



Central de Treinamento e Aperfeiçoamento em Eletrônica



Apostila Eletroeletrônica **MÓDULO 1**

O Ensino Definitivo

www.ctaeletronica.com.br

Introdução

Esta apostila de Eletricidade para Eletrônica - Módulo 1 foi desenvolvida para dar ao aluno, seja do curso presencial, ou à distância em todo o Brasil, as bases iniciais de raciocínio em desenvolvimento e análise de defeitos, que se forem satisfatoriamente assimiladas, farão com que os demais módulos de eletroeletrônica, sejam facilmente absorvidos.

Recomendamos a todos que mantenham sua média acima de 85%, utilizando-se de todos os recursos disponíveis fornecidos pela escola, sejam dúvidas de blocos de exercícios e pesquisas complementares via internet, aulas de reforço e assessoria direta com um de nossos consultores na escola ou via e-mail.

Lembrem-se que a metodologia empregada é completamente diferente da metodologia de ensino de eletrônica convencional. Logo, pedimos aos alunos que já estudaram eletrônica, bem como técnicos e engenheiros, que cumpram todas as exigências feitas, para que a assimilação seja total.

Que as bençãos de Deus possam prospera-los neste novo projeto de ensino!

Sucesso a todos.

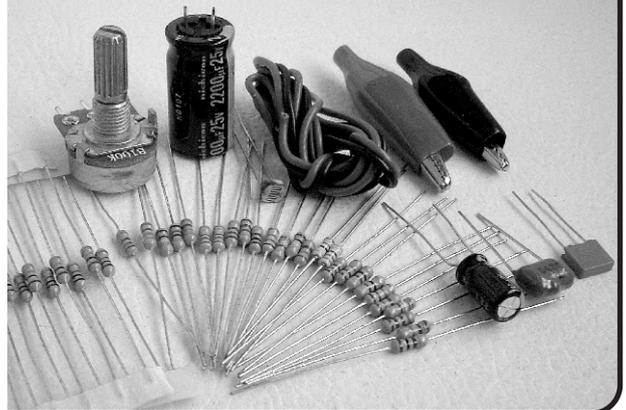
KIT'S PRÁTICOS - PARTE 1 - MÓDULO 1

Atenção: Além dos kit's mencionados nesta e na próxima página, a CTA Eletrônica ainda disponibilizará a partir da 9ª aula do módulo 1 a segunda parte da apostila e mais 1 kit que é o controlador automático de temperatura.

KIT M1-0

- 2 resistores 47 ohms 1/4W
- 2 resistores 100 ohms 1/4W
- 2 resistores 180 ohms 1/4W
- 2 resistores 330 ohms 1/4W
- 2 resistores 560 ohms 1/4W
- 6 resistores 1kohms 1/4W
- 2 resistores 1,2kohms 1/4W
- 2 resistores 2,2k ohms 1/4W
- 2 resistores 3,9kohms 1/4W
- 1 capacitor poliéster ou cerâmico 10k
- 1 capacitor poliéster ou cerâmico 47k
- 1 capacitor elet. 100uF x 25V ou mais
- 1 capacitor elet. 2200uF x 25V ou mais
- 1 LDR 100k
- 2 lâmpadas 12V-40mA ou LED's alto brilho
- 1 cabo vermelho análise
- 1 cabo preto análise
- 2 pinos banana (preto-vermelho)
- 2 garras jacaré (preta-vermelha)

Estes componentes apresentados abaixo, serão utilizados para as montagens gerais. Os terminais destes não deverão ser cortados, para ser aproveitados para outras montagens. As montagens dos kit's serão necessárias para responder a algumas questões dos blocos. Para identificar os componentes, utilize os desenhos reais e esquemas elétricos que constam nesta apostila.



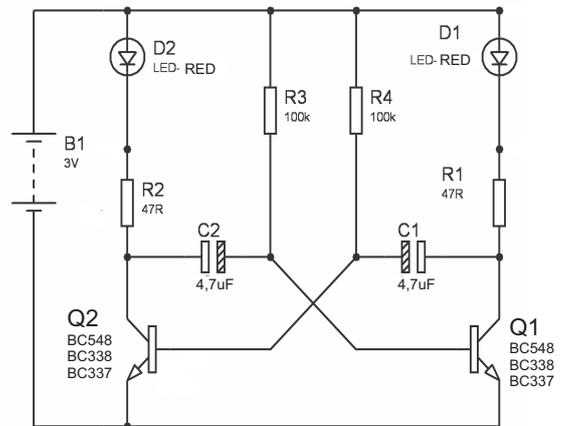
- 2 resistores 47 ohms 1/4W
- 2 resistores 100k ohms 1/4W
- 2 capacitores 4,7uF x 6V ou mais
- 2 LED's (podem ser vermelho ou verde)
- 2 BC 548B ou BC547 ou BC338 ou Bc337
- 2 baterias micro 1,5V - 1 PCI -1 pedaço de fio

KIT M1-1 Pisca-pisca (opcional)

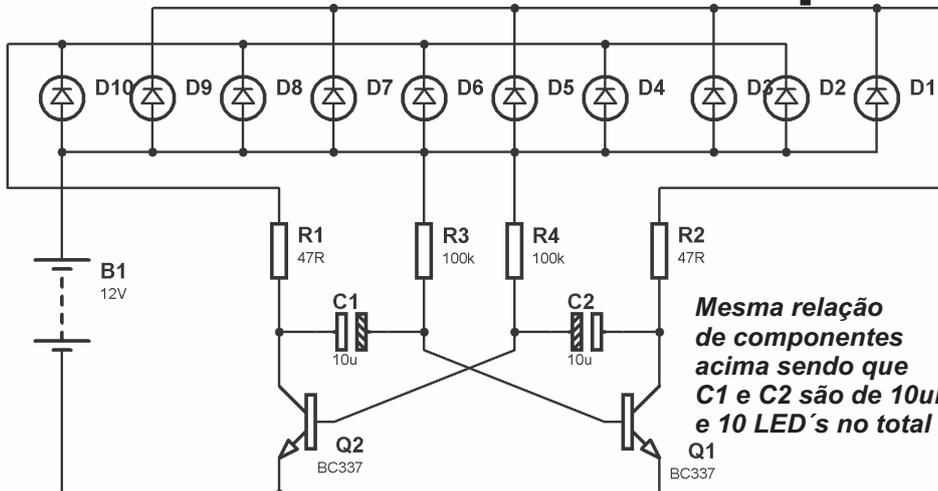
Este kit deverá ser montado na 2ª aula, e para isto os alunos do curso presencial, já deverão trazer o ferramental completo, inclusive com solda.



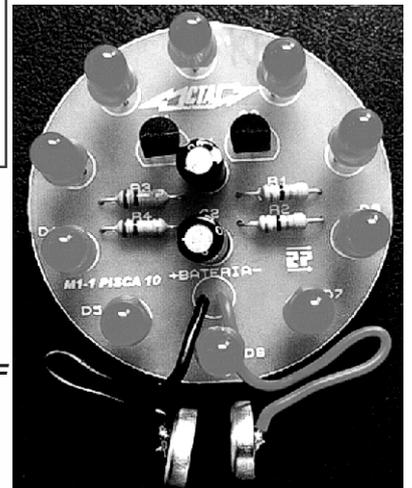
O tempo de soldagem da bateria deve ser muito curto, para não produzir aquecimento e estouro



KIT M1-1 Pisca-pisca 10



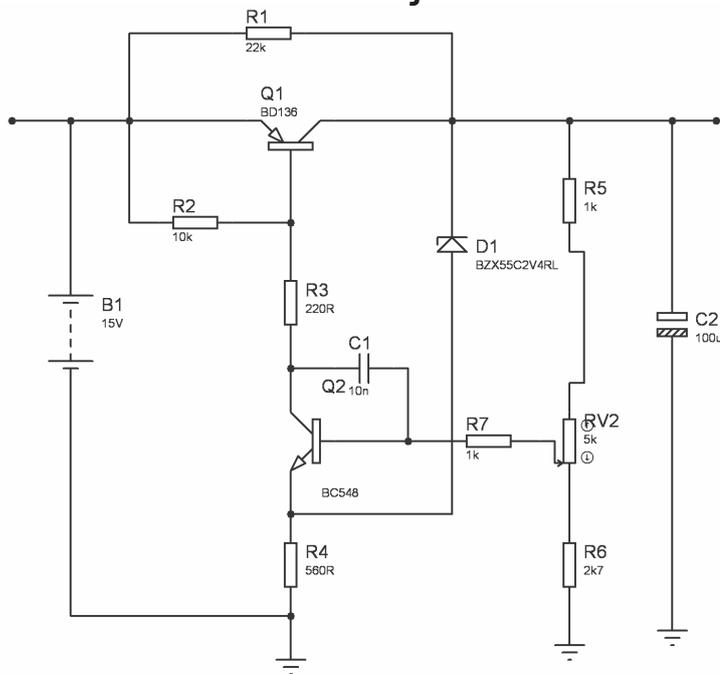
Mesma relação de componentes acima sendo que C1 e C2 são de 10uF e 10 LED's no total



KIT'S PRÁTICOS - PARTE 1 - MÓDULO 1

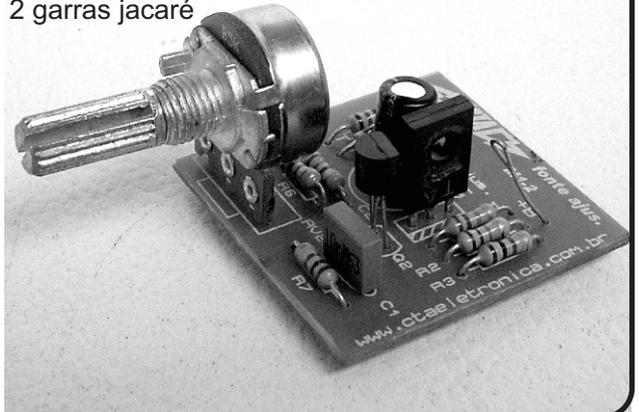
KIT M1-2

M1-2 Fonte Ajustável



Kit fonte de alimentação ajustável

- 1 resistor 22k ohms 1/4W
- 1 resistor 10k ohms 1/4W
- 1 resistor 220 ohms 1/4W
- 1 resistor 560 ohms 1/4W
- 2 resistores 1k ohms 1/4W
- 1 resistor 2,7k ohms 1/4W
- 1 potenciômetro 5k mini
- 1 capacitor poliéster ou cerâmico 10k
- 1 capacitor elet. 100uF x 25V ou mais
- 1 zener 2V4 1/2W
- 1 BD 136 ou BD 138 ou BD 140
- 1 BC 548 ou Bc546 ou BC 547
- 1 PCI M1-2
- 1 par de cabos flexível preto-verm
- 2 garras jacaré



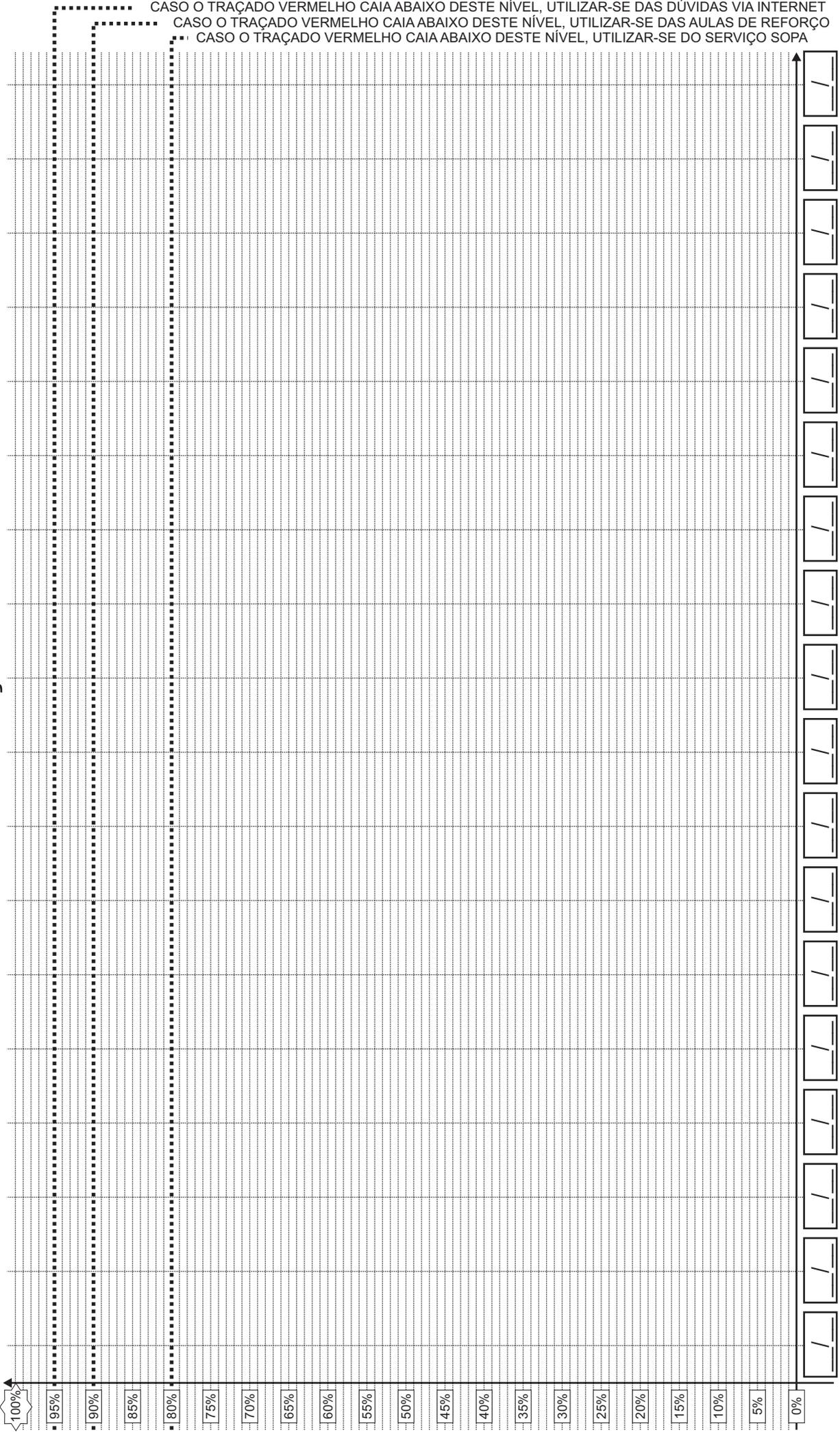
CONJUNTO DE FERRAMENTAS PARA PRÁTICA

O material mostrado abaixo, não faz parte do material didático fornecido pela escola CTA, logo deve ser adquirido em lojas especializadas. Sugerimos que o ferro de solda, tenha ponta cerâmica para uma maior durabilidade. Quanto ao multímetro, pode ser adquirido um digital, como mostrado na imagem (sugerido DT-830 amarelo ou preto). Os multímetros analógicos não são recomendados, pois alterarão algumas medições de circuitos resistivos de alto valor (acima de 100k). Toda a lista abaixo, será conferida pelo instrutor na 2ª aula e a montagem do PISCA-10 já será feito utilizando o ferramental.

- 01 multímetro digital simples
- 01 ferro de solda de 30W
- 01 fonte de 12V estabilizada, ou com várias saídas de tensão (200mA)
- 01 chave de fenda pequena
- 01 chave de fenda philips pequena
- 01 alicate de corte pequeno.
- 01 alicate de ponta pequeno
- 01 maleta para ferramentas - plástica



APROVEITAMENTO GERAL - TRAÇADO EM VERMELHO
APROVEITAMENTO BLOCOS DE EXERCÍCIOS - TRAÇADO EM AZUL
APROVEITAMENTO EM EQUIPE - TRAÇADO VERDE



DATA DA PROVA INTERMEDIÁRIA / / APROVEITAMENTO %

DATA DA PROVA FINAL / / APROVEITAMENTO %



PROGRAMA DO CURSO DE ELETRÔNICA GERAL - MÓDULO 1

Parte 1: AULA 1 até 8 - BLOCO 1 ao 32

A SEGUIR, MOSTRAMOS OS PRECEDIMENTOS DOS ALUNOS AULA A AULA, TANTO PARA O ENSINO PRESENCIAL, QUANTO PARA O ENSINO A DISTÂNCIA (EAD) EM QUALQUER LUGAR DO BRASIL.

1ª aula presencial - Apresentação do Manual de Orientação ao aluno; explicação detalhada do que é a aula de reforço; SOPA (Serviço de Orientação Pessoal ao Aluno); regras gerais da escola, sistema de notas, provas, montagens, ranking na internet. Em casa, repassar os conceitos matemáticos. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

1ª aula EAD (Ensino a Distância) - Ler as informações resumidas das normas da escola e após verificar se não há dúvidas sobre as técnicas de raciocínio lógico matemático.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-01, logo no dia seguinte à aula. Responder um bloco por dia até M1-04. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

2ª aula presencial: Teoria (ver no índice, as matérias que deverão ser ministradas). Apresentar todo o ferramental: Multímetro digital comum; Ferro de solda 110V - 30W; fonte de alimentação de 9V ou 12V; 2m. de solda; alicate de ponta; alicate de corte; chave de fenda philips; chave de fenda. Deverá também trazer em todas as aulas o kit de componentes básicos do módulo, para fazer as experiências e testes durante as aulas seguintes. Os alunos devem estudar a tabela de código de cores de resistores. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

2ª aula EAD (Ensino a Distância): Assistir à videoaula quantas vezes forem necessárias para assimilar vem a matéria e após é opcional ler a apostila. Entrar na internet para ler as informações dos links sugeridos.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-05, logo no dia seguinte à aula. Responder um bloco por dia até M1-08. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

Montagem: KIT M1-1: Pisca-Pisca 10 (presencial e EAD)

AVISO: Aluno deverá trazer o Kit de resistores, fonte de alimentação e multímetro digital (todo o material prático) para a aula seguinte. A visualização detalhada da montagem do kit pode ser vista neste link: <https://www.youtube.com/watch?v=PshPBb0vi6g>

3ª aula presencial: Teoria (ver no índice, as matérias que deverão ser ministradas).

Parte prática - fazer a identificação dos diversos resistores do kit de componentes. Montar um simples circuito com dois resistores, liga-lo à fonte e iniciar as medições com o multímetro digital. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

KIT M1-1: Término e reparos do pisca-pisca.

3ª aula EAD (Ensino a Distância): Assistir à videoaula e caso seja necessário, ler detalhadamente a matéria teórica da aula, tomando o cuidado de anotar em um caderno à parte (fazer um resumo). Entrar na internet para ler as informações dos links sugeridos.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-09, logo no dia seguinte à aula. Responder um bloco por dia até M1-12. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

4ª aula presencial: Teoria (ver no índice, as matérias que deverão ser ministradas). Circuito básico com lâmpadas. Análise de defeitos em circuito com lâmpadas, chave e resistores; tipos de resistores código de cores. Prática: Testar as fontes. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

KIT M1-2: Início da montagem da Fonte ajustável

4ª aula EAD (Ensino a Distância): Assistir à videoaula e caso seja necessário, ler detalhadamente a matéria teórica da aula, tomando o cuidado de anotar em um caderno à parte (fazer um resumo). Entrar na internet para ler as informações dos links sugeridos.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-13, logo no dia seguinte à

aula. Responder um bloco por dia até M1-16. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

5ª aula – Teoria (ver no índice, as matérias que deverão ser ministradas). Prática : o aluno ligará a fonte na rede elétrica e montará um circuito inicialmente apenas com 1 resistor, fazendo a medição de tensão nos vários pontos, inclusive abrindo pontos para ele verificar o que acontece quando o circuito fica em aberto. Em seguida fará a verificação de tensões com 2 resistores, inicialmente iguais e depois com valores diferentes. Não será necessário fazer muitas verificações, somente o suficiente para que o aluno se sinta seguro, para continuar a fazer verificações em casa. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

KIT M1-2: Término da montagem e reparos gerais

5ª aula EAD (Ensino a Distância): Assistir à videoaula e caso seja necessário, ler detalhadamente a matéria teórica da aula, tomando o cuidado de anotar em um caderno à parte (fazer um resumo). Entrar na internet para ler as informações dos links sugeridos.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-17, logo no dia seguinte à aula. Responder um bloco por dia até M1-20. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

6ª aula – Teoria (ver no índice, as matérias que deverão ser ministradas). Neste ponto do treinamento, o raciocínio matemático será fundamental para trazer rapidez no dimensionamento e na análise de defeitos. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

6ª aula EAD (Ensino a Distância): Assistir à videoaula e caso seja necessário, ler detalhadamente a matéria teórica da aula, tomando o cuidado de anotar em um caderno à parte (fazer um resumo). Entrar na internet para ler as informações dos links sugeridos.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-21, logo no dia seguinte à aula. Responder um bloco por dia até M1-24. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

7ª aula – Teoria (ver no índice, as matérias que deverão ser ministradas). Comprovação na prática de toda lógica das malhas série e série-paralelas. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

KIT M1-3: Início da montagem do Conversor Analógico Digital

7ª aula EAD (Ensino a Distância): Assistir à videoaula e caso seja necessário, ler detalhadamente a matéria teórica da aula, tomando o cuidado de anotar em um caderno à parte (fazer um resumo). Entrar na internet para ler as informações dos links sugeridos.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-25, logo no dia seguinte à aula. Responder um bloco por dia até M1-28. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

8ª aula - Teoria (págs. 50 a 54) : Lei de Ohm; Potência elétrica; Conversão e Potência de 10; Potenciômetro. A videoaula gravada sobre a aula presencial pode também ser requisitada pelo aluno presencial, desde que tenha gabaritado os blocos de exercícios da aula anterior.

KIT M1-3: Conversor analógico digital – término e reparos.

8ª aula EAD (Ensino a Distância): Assistir à videoaula e caso seja necessário, ler detalhadamente a matéria teórica da aula, tomando o cuidado de anotar em um caderno à parte (fazer um resumo). Entrar na internet para ler as informações dos links sugeridos.

Blocos de exercícios: responder o bloco M1-29, logo no dia seguinte à aula. Responder um bloco por dia até M1-32. Preenchido o gabarito, entrar na área restrita e gabarita-los de forma digital. Os alunos do EAD (Ensino à Distância) terão o mesmo procedimento dos alunos presenciais.

dos potenciômetros; Análise de defeitos em potenciômetros.

QUE DEUS ABENÇOE A TODOS!

PARTE 1 - APOSTILA DE ELÉTRICA PARA ELETRÔNICA (MÓDULO 1)

INDICE GERAL

AULA 1	3	AULA 5	41
Resumo das Normas Gerais do Manual do Aluno	3	Circuitos utilizando resistores	41
Tabuada	5	Análise de defeitos c/resistores	42
Adição - Números Fracionários	6	Malha com resistores diferentes	43
Subtração - Subtração com números negativos	10	Análise de defeitos série com resistores diferentes	45
Multiplicação	11	AULA 6	47
Divisão e porcentagem	12	Malhas com mais de 2 resistores	47
AULA 2	13	Exercícios propostos	48
Avanços da Microfísica	13	Análise de defeitos com mais de 2 resistores	52
Estrutura do Átomo	14	Exercícios propostos	53
Átomo	17	Exercícios Análise Defeitos - 1	56
Cargas elétricas	17	Exercícios Dimensionamento -1	57
Eletricidade - Elétrons Livres	19	Exercícios Análise Defeitos - 2	59
Condutores e isolantes	20	AULA 7	61
Pilhas e baterias	21	Cálculo rápido para paralelo	61
AULA 3	23	Cálculo rápido para valores diferentes	62
Tensão elétrica	23	Montagem prática	63
Diferença de potencial	24	Exercícios explanados - 1	64
Corrente Elétrica	25	Exercícios Dimensionamento - 1	66
Resistência Elétrica	26	Análise de Defeitos em malhas paralelas: análises explanadas	67
Resistências e lâmpadas	27	Vários exercícios de análise	72
Geração de Energia (solar)	29	Malhas paralelas com mais de 2 resistores	73
AULA 4	31	AULA 8	75
Circuito elétrico com lâmpada Usando o voltímetro (medida sobre o componente)	32	Lei de Ohm	75
Usando o voltímetro (medida em relação à massa)	33	Potência Elétrica	76
Análise de Defeitos básicos	33	Efeito Joule	77
Representação das Tensões	35	Potência de 10	77
Vários exercícios com lâmpadas	36	Resistores ajustáveis - tipos	79
Resistores - tipos	38	Potenciômetro linear	79
Tabela dos valores comerciais	38	Potenciômetro Logarítmico	79
Código de cores 5 e 6 faixas	40	Trimpots e outros	80



MANUAL DO ALUNO - MATEMÁTICA

Revisão de todo o Manual do Aluno

Resumo de conceitos básicos

matemáticos:

Soma/Subtração/Divisão/Multiplicação

RESUMO DAS NORMAIS GERAIS CONSTANTES NO MANUAL DO ALUNO

Pedimos aos alunos, lerem detalhadamente o Manual do Aluno (entregue no ato da matrícula), para que todo o treinamento possa ser aproveitado em 100%. Apresentamos a seguir um resumo dos aspectos mais importantes das regras deste manual:

- 1 - O aluno deverá escolher somente um dia na semana para sua aula de 3 horas, sendo colocado em uma determinada turma.
- 2 - Receberá ao fim da aula 4 blocos de exercícios, que deverá iniciar o trabalho de respostas já no dia seguinte.
- 3 - Após terminar um dos blocos, gabarita-los na internet, sendo que instantaneamente, receberá as respostas em seu e-mail.
- 4 - Para tirar dúvidas dos blocos, terá duas opções que são os colegas de equipe e internet no site www.ctaeletronica.com.br, entrando na área restrita e após clicando na opção "Blocos", abrindo uma tabela de seleção do módulo 1 ao 9. Procurar pelas perguntas anteriores dos alunos se sua dúvida já não foi postada e não havendo, preencher sua dúvida enviando-a. Em 24 horas corridas, em dias úteis você terá a resposta em seu e-mail e também publicada no site.
- 5 - Caso sua dúvida seja estrutural e não específica de uma dada questão, sugerimos ligar para escola e marcar aula de reforço.
- 6 - Caso o aproveitamento caia abaixo de 80%, procure imediatamente a recepção para falar de suas dificuldades.
- 7 - Os blocos de exercícios exigirão empenho diário e tempo de qualidade separado com cerca de 90 minutos para feitura de cada um. Não faça os blocos quando sobrar tempo, mas separe uma hora preferivelmente pela manhã, ou um pouco pela manhã e na hora do almoço para que sejam feitos... lembre-se que seu sucesso dependerá disto.
- 8 - Caso tenha que faltar em sua aula, por algum motivo, fale com um colega da aula e peça para trazer os blocos para você, para que os faça na semana seguinte. Caso tenha dificuldades, tire suas dúvidas através do site.
- 9 - O gabarito dos blocos, feito antes do dia da aula é fundamental para que os pontos gerados por eles, sejam cadastrados, mantendo um excelente aproveitamento. Lembre-se que os blocos não entregues até o dia da aula, terão queda no aproveitamento, indo desde 80% no máximo (até uma semana de atraso) à 50% (4 semanas de atraso ou mais). Caso venha retirar novos blocos na recepção, cada um terá um custo de R\$1,00.
- 10 - A medida que um conjunto de blocos é gabaritado, seu aproveitamento será somados aos demais e dividido pela quantidade já feita, perfazendo no máximo 100% de aproveitamento.
- 11 - Para gabaritar eletronicamente, você deve entrar no site www.ctaeletronica.com.br e com seu e-mail e senha, acessar sua área restrita. Após, escolher o bloco que deseja gabaritar. Assim que enviar, todo o preenchimento será mostrado (com as alternativas escolhidas onde você terá a opção de prosseguir ou voltar. Caso prossiga, não haverá mais como voltar a corrigir as questões.
- 12 - Sempre destacamos que a feitura dos blocos é fundamental para preparação para as avaliações intermediária e final. Apesar disto, o peso dos blocos no contexto geral é pequeno, seguindo os pesos abaixo:
Presença: (2);
Blocos de exercícios:(3);
Prova intermediária: (5);
Prova final: (10);
Chamada oral: (0,5);
Montagem semanal: (0,5);
Trazer todo o ferramental: (0,5);
Montagem final da equipe: (1,5)
Total de pesos: (23)
- 13 - Certificados: A CTA expede 3 tipos de Certificado:

CERTIFICADO DE BOM APROVEITAMENTO: para resultados de 69% a 83,4%.

CERTIFICADO DE ÓTIMO APROVEITAMENTO: para resultados de 84% a 93,4%.

CERTIFICADO DE EXCELENTE APROVEITAMENTO: para resultados de 94% a 100%.

Há também o CERTIFICADO MASTER EM ELETRÔNICA: será fornecido à partir de 84% nos 3 cursos.

14 - Ainda no Certificado, virá a carga horária do treinamento por módulo, que poderá ir de 50h até 200h (notas acima de 90% de bloco e prova final acima de 82%).

15 - Para entrar no treinamento o aluno deverá submeter-se a uma avaliação matemática com 24 contas envolvendo soma, subtração, divisão e multiplicação, devendo responde-las no tempo de 5 minutos.

16 - A aprovação para um curso seguinte (módulo 3 para o 4 ou 6 para o 7) estará condicionado a aproveitamento mínimo de 60%.

17 - Caso um novo cliente esteja interessado em ingressar em um módulo à partir do 2, deverá fazer avaliação (consultar a recepção para saber o valor) e tirar aproveitamento mínimo de 60%.

18 - Caso o aluno não atinja a nota mínima para Certificado (69,5%), poderá requisitar junto à secretaria uma declaração de participação (módulo I para módulo II ou módulo II para módulo III).

19 - Ranking de módulos - Os aproveitamentos dos alunos que estão constando dos blocos recebidos toda a semana, irão para a internet no ranking de módulos.

20 - RANKING GERAL - Os aproveitamentos finais dos alunos (com prova final) também irão para o RANKING GERAL, sofrendo um fator de atenuação como mostrado a seguir:

Aprov. módulo 1 de 100% x 0,6 (fator de atenuação) = 60%

Aprov. módulo 2 de 100% x 0,65 (fator de atenuação) = 65%

Aprov. módulo 3 de 100% x 0,7 (fator de atenuação) = 70%

Aprov. módulo 4 de 100% x 0,75 (fator de atenuação) = 75%

Aprov. módulo 5 de 100% x 0,8 (fator de atenuação) = 80%

Aprov. módulo 6 de 100% x 0,85 (fator de atenuação) = 85%

Aprov. módulo 7 de 100% x 0,9 (fator de atenuação) = 90%

Aprov. módulo 8 de 100% x 0,95 (fator de atenuação) = 95%

Aprov. módulo 9 de 100% x 1 (valor integral) = 100%

21 - PARTICIPAÇÃO NO RANKING GERAL: A participação neste ranking não é gratuita, para técnicos (não alunos), sendo R\$50,00 o investimento referente a feitura de uma prova (módulo 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9) para terem seus nomes e aproveitamento incluídos por 6 (seis) meses neste ranking; ex-alunos pagam a taxa de

R\$35,00 para realizarem a mesma prova e alunos tem a participação gratuita (com as parcelas em dia) até 6 (seis) meses, após a conclusão da última prova de seu módulo.

22 - Disponível na Internet: A cadastrar-se na CTA na recepção, poderá colocar-se “disponível” para “ser chamado para emprego” (desde que tenha seus pagamentos em dia). Ele poderá visualizar isto na internet, como um “pequeno quadrado” ao lado de seu nome.

23 - Quando um dos técnicos ou alunos é chamado para uma entrevista e não comparece, terá sua disponibilidade retirada, até que acerte com a empresa que o chamou, e esta entre em contato com a CTA Eletrônica, liberando o aluno.

24 - Empresas que não cumprirem o combinado dentro dos padrões CLT (Consolidação das Leis Trabalhistas), quando denunciadas pelos alunos, terão seu cadastro cancelado.

25 - Caso o aluno necessite fazer uma avaliação por ter faltado na primeira, terá um custo de R\$20,00 por avaliação.

26 - Em caso de greve de transportes, os alunos deverão entrar em contato com a escola 3 (três) horas antes do início da aula, para saber se houve um cancelamento da mesma, resolução que caberá a diretoria analisar e decidir.

27 - A CTA Eletrônica poderá ministrar aulas normalmente em vésperas ou após feriados (prolongados ou não), sendo que uma presença inferior a 50% não acarretará seu cancelamento.

28 - O aluno deverá pagar corretamente todas as suas obrigações nas datas especificadas, caso contrário o montante do débito vencido, receberá uma multa de 2%, mais correção diária de acordo com os índices vigentes.

29 - A desistência do Curso e consequente pedido de devolução dos cheques poderá ser feito por escrito à secretaria e estando o aluno em dia com seus pagamentos de acordo com as aulas ministradas para sua turma, de acordo com a tabela abaixo:

1 à 3 aulas ministradas = pagará 1/5 do valor (por módulo)

4 à 6 aulas ministradas = pagará 2/5 do valor (por módulo)

7 à 9 aulas ministradas = pagará 3/5 do valor (por módulo)

10 à 12 aulas ministradas = pagará 4/5 do valor (por módulo)

13 à 17 aulas ministradas = pagará 5 parcelas (por módulo)

30 - Fica ciente que o atraso de parcelas superior a 15 dias poderá acarretar a inclusão no SPC e após 30 dias ter o valor encaminhado para o setor jurídico.

CTA Eletrônica - Direção

REVISÃO DE CONCEITOS MATEMÁTICOS

Pedimos aos alunos, que façam uma revisão nas 4 operações de matemática, pois não será permitido o uso da calculadora até o final do módulo 2 (o instrutor avisará da liberação).

Pedimos também que os exercícios dos blocos, sejam feitos seguindo os critérios mostrados nas páginas a seguir, evitando trabalhar da forma convencional ou montar as contas para obtenção dos resultados. Quanto mais as contas forem feitas "de cabeça", melhor resultado o aluno terá nos exercícios de dimensionamento de eletrônica e análise de defeitos.

Mário Pinheiro

TABUADA

Antes de seguir adiante com sua revisão, verifique se lembra de toda a tabuada:

1 x 1 = 1
1 x 2 = 2
1 x 3 = 3
1 x 4 = 4
1 x 5 = 5
1 x 6 = 6
1 x 7 = 7
1 x 8 = 8
1 x 9 = 9
1 x 10 = 10

2 x 1 = 2
2 x 2 = 4
2 x 3 = 6
2 x 4 = 8
2 x 5 = 10
2 x 6 = 12
2 x 7 = 14
2 x 8 = 16
2 x 9 = 18
2 x 10 = 20

3 x 1 = 3
3 x 2 = 6
3 x 3 = 9
3 x 4 = 12
3 x 5 = 15
3 x 6 = 18
3 x 7 = 21
3 x 8 = 24
3 x 9 = 27
3 x 10 = 30

4 x 1 = 4
4 x 2 = 8
4 x 3 = 12
4 x 4 = 16
4 x 5 = 20
4 x 6 = 24
4 x 7 = 28
4 x 8 = 32
4 x 9 = 36
4 x 10 = 40

5 x 1 = 5
5 x 2 = 10
5 x 3 = 15
5 x 4 = 20
5 x 5 = 25
5 x 6 = 30
5 x 7 = 35
5 x 8 = 40
5 x 9 = 45
5 x 10 = 50

6 x 1 = 6
6 x 2 = 12
6 x 3 = 18
6 x 4 = 24
6 x 5 = 30
6 x 6 = 36
6 x 7 = 42
6 x 8 = 48
6 x 9 = 54
6 x 10 = 60

7 x 1 = 7
7 x 2 = 14
7 x 3 = 21
7 x 4 = 28
7 x 5 = 35
7 x 6 = 42
7 x 7 = 49
7 x 8 = 56
7 x 9 = 63
7 x 10 = 70

8 x 1 = 8
8 x 2 = 16
8 x 3 = 24
8 x 4 = 32
8 x 5 = 40
8 x 6 = 48
8 x 7 = 56
8 x 8 = 64
8 x 9 = 72
8 x 10 = 80

9 x 1 = 9
9 x 2 = 18
9 x 3 = 27
9 x 4 = 36
9 x 5 = 45
9 x 6 = 54
9 x 7 = 63
9 x 8 = 72
9 x 9 = 81
9 x 10 = 90

10 x 1 = 10
10 x 2 = 20
10 x 3 = 30
10 x 4 = 40
10 x 5 = 50
10 x 6 = 60
10 x 7 = 70
10 x 8 = 80
10 x 9 = 90
10 x 10 = 100

ADIÇÃO

A regra pede que comecemos o cálculo somando os números inteiros e maiores, permitindo assim que cheguemos a um resultado de 90% correto, mesmo antes de efetuar a continuidade das contas.

$$131 + 142 =$$

Como os dois exemplos possuem números superiores a 100, devemos somar primeiramente os números 100, resultando em 200 e logo em seguida as dezenas 30 + 40 resultando em 70 e após as unidades 1 + 2 resultando em 3. Assim somando-se os valores parciais teremos 200 + 70 + 3 que será igual a 273.

$$21 + 25 =$$

Assim tomaremos as dezenas redondas que no caso são 20 + 20 resultando em 40 e logo em seguida faremos a somatória das unidades 1 + 5 resultando em 6. Assim somando-se a primeira parcial 40 mais a segunda parcial 6, resultará em 46.

Ao somar unidades ou dezenas cujo valor for maior que 10, mantenha a **unidade** do valor dado e aumente 1 no valor da **dezena** ou **centena** final.

Numa adição temos:

123	←	parcela
+34	←	parcela
157	←	soma

Exemplo:

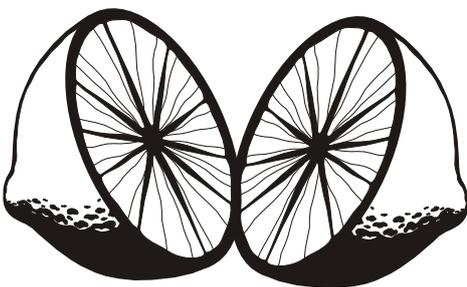
$$246 + 146 = (200 + 100 = 300)$$

$$(40 + 40 = 80)$$

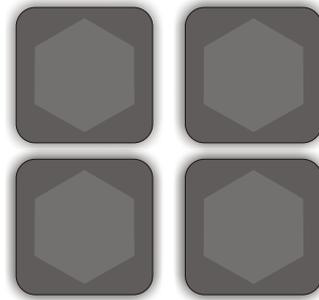
$$(6 + 6 = 12); \text{ portanto } 300 + 80 + 12 = 392$$

NÚMEROS FRACIONÁRIOS

O Limão foi dividido em 2 partes iguais. Cada parte representa $1/2$ (um meio)



Uma barra de chocolate foi dividida em 4 partes iguais. Cada parte representa $1/4$ (um quarto)



Em uma fração temos:

$$\frac{2}{4} \longrightarrow \begin{matrix} \text{Numerador} \\ \text{Denominador} \end{matrix}$$

- a) O numeral 4 é chamado **denominador** da fração e indica em quantas partes o inteiro foi dividido.
- b) O numeral 2 é chamado **numerador** da fração e indica quantas partes do inteiro foram consideradas

EX: Usando o exemplo da barra de chocolate: caso João coma 2 dos 4 pedaços, podemos dizer que ele comeu $2/4$ do chocolate.

2 = Numerador - número de pedaços que João comeu;

4 = Denominador - número de partes em que o chocolate foi dividido.

Veja a tabela abaixo sobre frações:

Exercícios:

- 01) Se uma parte da melancia é igual a $1/2$, quanto valerão duas metades?
- 02) Se uma parte do chocolate é igual a $1/4$, quanto valerão duas partes?
- 03) Se uma parte do chocolate é igual a $1/3$, quanto valerão três partes?
- 04) Se uma parte do queijo é igual a $1/4$, quanto valerão quatro partes?
- 05) Quantos inteiros temos com duas metades?
- 06) Quantas metades tem 4 inteiros?
- 07) Nas mãos você tem um total de 10 dedos. Cada dedo representa que fração desse total?
- 08) Sabendo-se que são necessários dois copos de água para encher uma jarra, qual será a fração de um dos copos?
- 09) Para encher uma xícara com farinha são

Leitura da fração

Quando o denominador é:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	100	1000
lê-se:	meio	terço	quarto	quinto	sexto	sétimo	oitavo	nono	décimo	onze avos	centésimo	milésimo

Exemplos:

$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{10}{100}$
Dois quartos	três doze avos	cinco décimos	dez centésimos

necessárias três colheres. Cada colher de farinha representa que fração do total de farinha que se pode colocar na xícara?

10) Uma equipe de basquete é formada por 5 jogadores. Um grupo de 3 jogadores representa que fração dessa equipe?

11) Numa partida de basquete, Oscar arremessou 15 vezes à cesta. Desses arremessos ele acertou 11. Qual a fração representada pelos arremessos que ele acertou? E qual a fração representada pelos arremessos que ele errou?

12) Se um ano está dividido em 12 meses, um semestre representa que fração do ano?

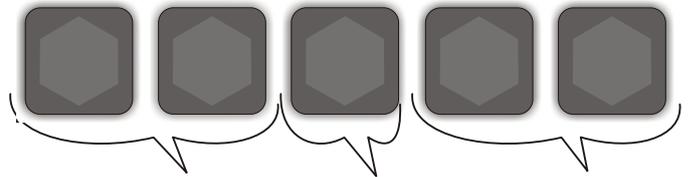
13) Em cada 10 carros, 7 são azuis. Qual a fração que os carros não azuis representam nessa contagem?

SUBTRAÇÃO DE MESMO DENOMINADOR:

Marcelo comeu 2/5 de um chocolate. Vanda comeu 1/5.

Que fração do chocolate sobrou?

Temos: $5/5 - 3/5 = 2/5$

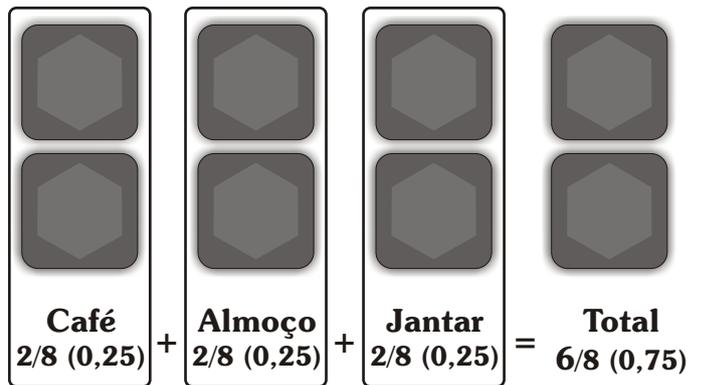


Chocolate - Marcelo - Vanda = Sobrou
 $5/5$ (1 inteiro) $2/5$ (0,4) $1/5$ (0,2) $2/5$ (0,4)

MULTIPLICAÇÃO DE MESMO DENOMINADOR:

Marcelo come 2/8 de um chocolate depois de suas refeições. Se hoje ele teve 3 refeições, o café, o almoço e o jantar, que fração do chocolate ele comeu hoje?

Temos: $3 \times 2/8 = 6/8$



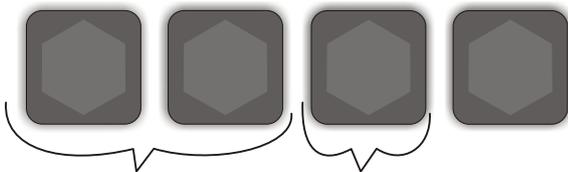
NÚMEROS FRACIONÁRIOS (tabela abaixo)

EXEMPLOS DE EXERCÍCIOS COM NUMEROS FRACIONÁRIOS

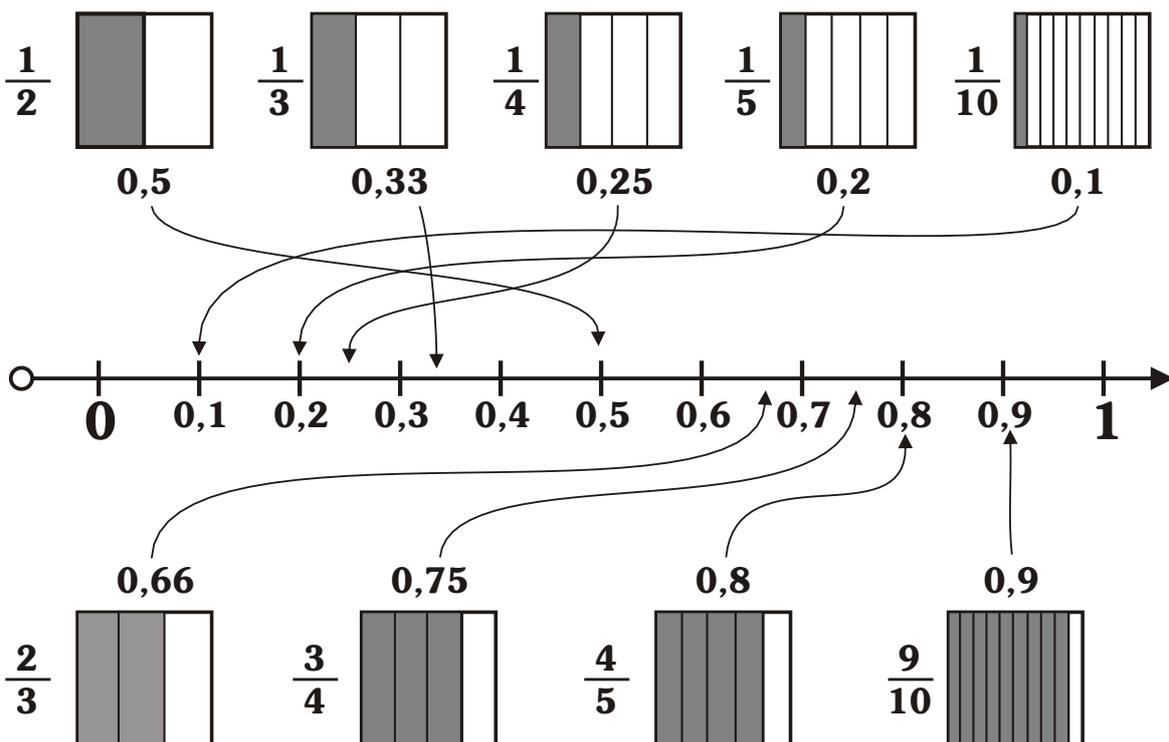
ADIÇÃO DE MESMO DENOMINADOR:

Marcelo comeu 2/4 de um chocolate. Vanda comeu 1/4. Que fração do chocolate eles comeram?

Temos: $2/4 + 1/4 = 3/4$



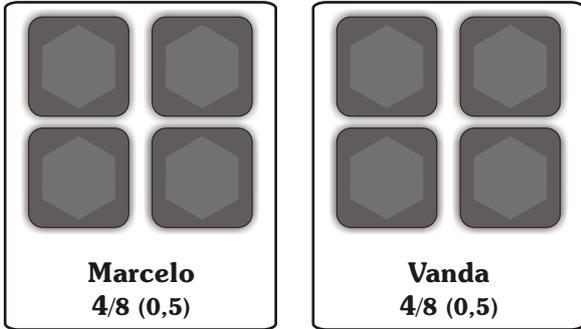
Marcelo + Vanda = Total 3/4
 $2/4$ (0,5) $1/4$ (0,25) (0,75)



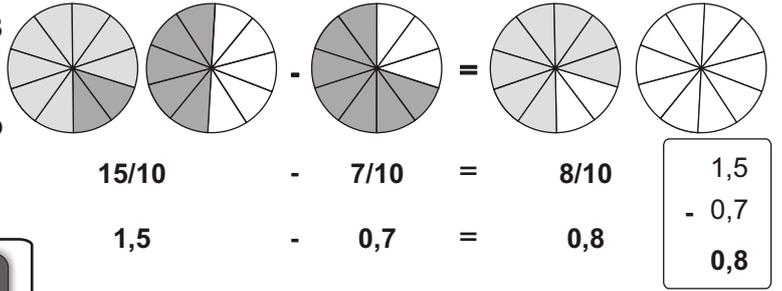
DIVISÃO DE MESMO DENOMINADOR:

Marcelo ganhou um chocolate dividido em 8 partes. Ele resolveu dividir seu chocolate em 2 partes iguais, uma ele comeu e a outra deu para Vanda comer. Quantos pedaços do chocolate cada um deles comeu?

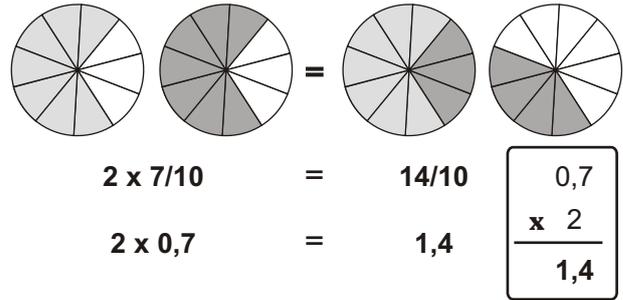
Temos: $8/8 : 2 = 4/8$



SUBTRAÇÃO:



MULTIPLICAÇÃO:



FRAÇÕES DECIMAIS

Sempre que o denominador de uma fração for 10, 100 ou 1000, lemos o numerador acompanhado das palavras décimos, centésimos ou milésimos respectivamente

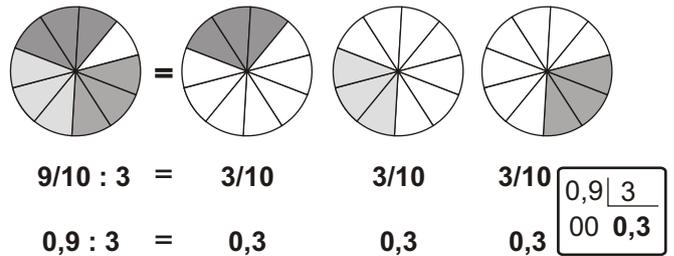
NÚMEROS DECIMAIS

Exemplos:

$$\frac{7}{10} \quad \frac{4}{100} \quad \frac{9}{1000}$$

sete décimos quatro centésimos nove milésimos

DIVISÃO:



DÉCIMOS

Sempre que o denominador de uma fração for 10, ou seja, o inteiro for dividido em dez partes iguais, teremos um décimo.

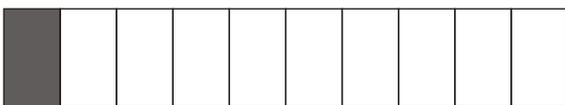
Podemos representar um décimo de duas formas:

@ Na forma de fração decimal = $\frac{1}{10}$

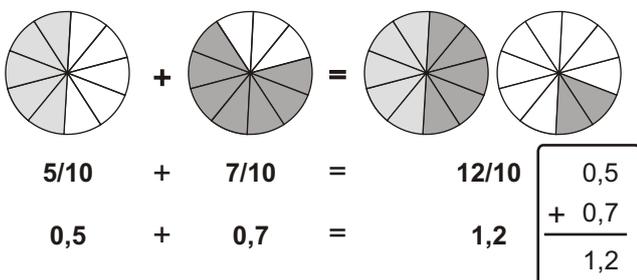
@ Na forma de número decimal = 0,1

EXEMPLOS DE EXERCÍCIOS COM NÚMEROS DECIMAIS

Exemplo:



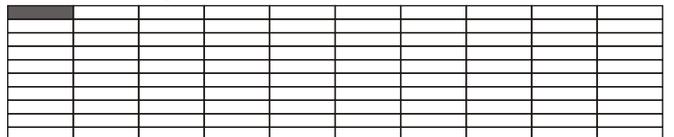
ADIÇÃO:



CENTÉSIMOS

Sempre que o denominador de uma fração for 100, ou seja, o inteiro for dividido em 100 partes iguais, teremos um centésimo.

Exemplo:



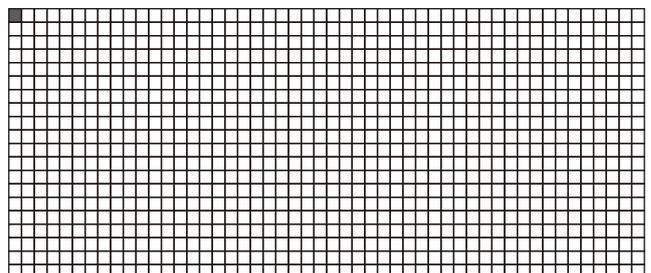
Podemos representar um centésimo de duas formas:

- Na forma de fração decimal $\frac{1}{100}$

- Na forma de número decimal 0,01

MILÉSIMOS

Exemplo:



Sempre que o denominador de uma fração for 1000, ou seja, o inteiro for dividido em 1000 partes iguais, teremos um milésimo.

Podemos representar um milésimo de duas formas:

- Na forma de fração decimal = $\frac{1}{1000}$

- Na forma de número decimal = 0,001

Problemas

01) Mamãe costurou 0,4 de um vestido pela manhã e 0,6 à tarde. Que parte do vestido já está costurada?

02) Gustavo ganhou 3 barras de chocolate do vovô e mais 1,5 de chocolate da vovó. Quanto chocolate ele ganhou ao todo?

03) Mamãe fez um bolo. Deu 0,4 para a vovó e 0,3 para a titia. Que parte do bolo mamãe deu?

04) Hugo ganhou 2,4 tabletes de chocolate. Deu 1,2 para andré. Com quantos Hugo ficou?

05) Mamãe fez um bolo e comeu 0,4. Quanto restou do bolo?

06) A professora passou 8 questões. Já fiz 4,6. Quanto falta para terminar a tarefa?

07) Salete gastou 0,3 de um pacote de açúcar para fazer um doce. Quanto ela gastará para fazer 15 doces iguais?

08) Vovô bebe 0,5 litro de leite por dia. Quantos litros beberá em 8 dias?

09) Uma peça de renda tem 3,8 metros. Quantos metros terão 4 peças?

10) Cem pirulitos custam R\$10,00. Quanto custa 1 pirulito?

TÉCNICAS PARA SOMA DE NÚMEROS DECIMAIS

A soma de números decimais segue o mesmo princípio dos números inteiros, sendo o grande problema a interpretação de onde vai colocada a vírgula final. Há várias formas de cálculo com números decimais, onde mostraremos alguns:

0,5 + 0,5 = (5 + 5 = 10) notem que o resultado obtido seria o mesmo que 10,0 bastará após puxar a vírgula uma casa para a esquerda, ficando então 1,00.

Uma outra forma de entender melhor como isto se processa é imaginar a somatória de dinheiro:

R\$0,50 + R\$0,50 (cinquenta centavos + cinquenta centavos); fica fácil definir que o resultado final seria R\$1,00.

Assim caso você tenha facilidade em calcular números decimais baseados em centavos, calcule assim e se para você o melhor será tirar a vírgula e transformar em número inteiro faça o mesmo.

0,7 + 0,8

(7 + 8 = 15) ou seja puxando a vírgula uma casa para a esquerda resultará em 1,5

ou ainda R\$0,70 + R\$0,80 = R\$1,50

3,5 + 4,3 =

(3 + 4 = 7)

(0,5 + 0,3 = 0,8)

(7 + 0,8 será igual a 7,0 + 0,8 = 7,8)

6,8 + 9,1 =

(6 + 9 = 15)

(0,8 + 0,1 = 0,9)

(15 + 0,9 será igual a 15,0 + 0,9 = 15,9)

5,6 + 4,7 =

(5 + 4 = 9)

(0,6 + 0,7 = 1,3 ou R\$0,60 + R\$0,70 = R\$1,30)

(9 + 1,3 = 10,3)

6,55 + 7,82 =

(6 + 7 = 13)

(0,55 + 0,82 > 0,50 + 0,80 = 1,30 ou 1,3 ; 0,05 + 0,02 = 0,07 > 1,3 + 0,07 = 1,37)

logo (13 + 1,37 > 13 + 1 = 14 + 0,37 = 14,37)

EXERCÍCIOS

Nos exercícios abaixo, tente resolver as contas de cabeça, não usando nada escrito e muito menos calculadora, utilizando unicamente o método da utilização de números inteiros (se possível cronometre o tempo de todos os exercícios).

Na sala de aula:

12 + 33 =

90 + 15 =

123 + 144 =

155 + 103 =

0,2 + 0,5 =

0,4 + 0,3 =

0,7 + 0,8 =

0,9 + 0,9 =

6,8 + 3,1 =

3,3 + 9,1 =

33 + 47 =

9 + 3,6 =

205 + 99 =

305 + 114 =

0,6 + 0,3 =

0,2 + 0,7 =

0,6 + 0,6 =

0,7 + 0,9 =

4,7 + 6,8 =

9,1 + 6,8 =

Em casa:

88 + 44 =

78 + 33 =

333 + 666 =

128 + 471 =

0,1 + 0,9 =

0,3 + 0,7 =

0,5 + 0,5 =

0,8 + 0,7 =

36 + 56 =

47 + 27 =

444 + 321 =

133 + 128 =

0,8 + 0,2 =

0,6 + 0,4 =

0,6 + 0,9 =

0,8 + 0,8 =

$4,7 + 3,1 =$
 $3,3 + 4,7 =$

$9,1 + 4,7 =$
 $4,7 + 9,1 =$

TÉCNICAS PARA SUBTRAÇÃO

O método é igual ao da adição, mas agora subtraindo:

Numa subtração temos:

123	←	minuendo
- 34	←	subtraendo
89	←	diferença

um número inteiro o resultado será o número inteiro logo abaixo com a complementação 0,9. Quando tiramos 0,4 de 9 como no exemplo acima o resultado será o número inteiro logo abaixo de 9, ou seja, 8 e o decimal será a complementação, para 1 que no caso será 0,6.

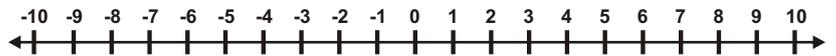
Podemos considerar a complementação de 0,7 sendo 0,3 e a complementação de 0,4 como sendo 0,6.

Subtração com números negativos

Identificar se o número maior é negativo; se for o resultado será negativo:

A conta será feita de forma convencional, ou seja, será feita a subtração permanecendo o sinal do maior!

$87 - 32 =$
 $(80 - 30 = 50)$
 $(7 - 2 = 5)$
 portanto $50 + 5 = 55$



$288 - 146 =$
 $(200 - 100 = 100)$
 $(80 - 40 = 40)$
 $(8 - 6 = 2)$
 portanto $100 + 40 + 2 = 142$

Caso o subtraendo seja maior do que o minuendo, a resultante da conta deverá ser negativa

$23 - 52 =$
 $20 - 50 = -30$
 $(3 - 2 = +1)$
 $-30 + 1 = -29$

$45 - 38 =$
 $(40 - 30 = 10)$
 $(5 - 8 = -3)$
 portanto $10 - 3 = 7$

$12 - 24 =$
 $(10 - 20 = -10)$
 $(2 - 4 = -2)$
 $-10 - 2 = -12$

$82 - 39 =$
 $(80 - 30 = 50)$
 $(2 - 9 = -7)$
 portanto $50 - 7 = 43$

$110 - 220 =$
 $(100 - 200 = -100)$
 $(10 - 20 = -10)$
 $-100 - 10 = -110$

SUBTRAÇÃO COM INTEIROS E DECIMAIS

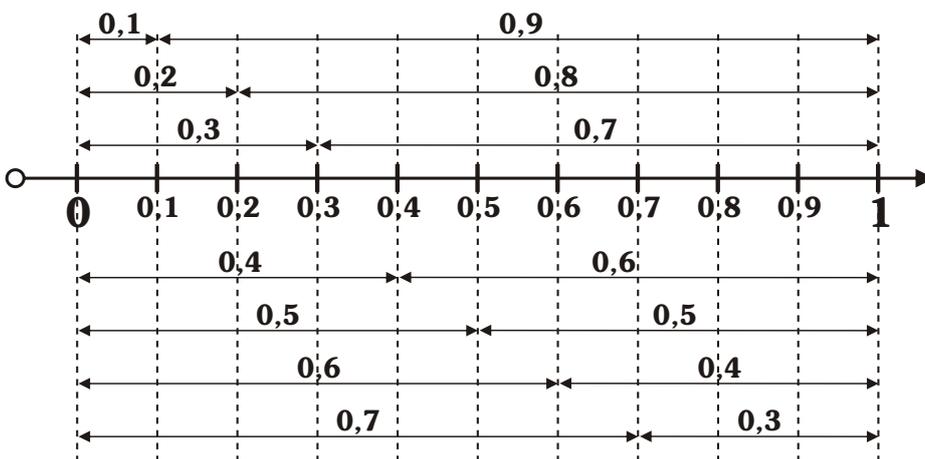
$12 - 3,4 =$
 $(12 - 3 = 9)$
 $9 - 0,4 = 8,6$

Na sala de aula:

$12 - 33 =$
 $90 - 15 =$
 $123 - 144 =$
 $155 - 103 =$

$33 - 47 =$
 $9 - 3,6 =$
 $205 - 99 =$
 $305 - 114 =$
 $0,2 - 0,5 =$
 $0,6 - 0,3 =$
 $0,4 - 0,3 =$
 $0,2 - 0,7 =$
 $0,7 - 0,8 =$
 $0,6 - 0,6 =$
 $0,9 - 0,9 =$
 $0,7 - 0,9 =$
 $6,8 - 3,1 =$
 $4,7 - 6,8 =$
 $3,3 - 9,1 =$
 $9,1 - 6,8 =$

A tabela abaixo ensina que quando tiramos 0,1 de



Em casa:

88 - 44 =	36 - 56 =
78 - 33 =	47 - 27 =
333 - 666 =	444 - 321 =
128 - 471 =	133 - 128 =
0,1 - 0,9 =	0,8 - 0,2 =
0,3 - 0,7 =	0,6 - 0,4 =
0,5 - 0,5 =	0,6 - 0,9 =
0,8 - 0,7 =	0,8 - 0,8 =
4,7 - 3,1 =	9,1 - 4,7 =
3,3 - 4,7 =	4,7 - 9,1 =

$4,7 \times 4 =$	$4,7 \times 4 =$
$(4 \times 4 = 16)$	$(4 \times 2 = 8 \times 2 = 16)$
$(0,7 \times 4 = 2,8)$	$(0,7 \times 2 = 1,4 \times 2 = 2,8)$
$16 + 2,8 = 18,8$	$16 + 2,8 = 18,8$

Método simplificado 2
 $125 \times 4 =$
 $125 \times 2 = 250 \times 2 = 500$
 (neste exemplo deve-se dobrar o valor e novamente dobrar o resultado).

$4,7 \times 4 =$
 $4,7 \times 2 = 9,4 \times 2 = 18,8$

Multiplicação

Para se realizar cálculos com multiplicação, utilizaremos o mesmo método que foi usado na adição, pois os cálculos serão feitos primeiramente pelas centenas, dezenas e somente após pelas unidades.

56 x 5 =
 (50 x 5 ou 5 x 5 que será igual a 25, depois basta introduzir o zero que foi retirado = 250)
 (6 x 5 = 30)
250 + 30 = 280

Multiplicação por 2

$516 \times 2 =$	$516 \times 2 =$
$(500 \times 2 = 1000)$	$(500 \times 2 = 1000)$
$(10 \times 2 = 20)$	$(16 \times 2 = 32)$
$(6 \times 2 = 12)$	$1000 + 32 = 1032$
$1000 + 20 + 12 = 1032$	

$12,8 \times 2 =$	$6,8 \times 2 =$
$(12 \times 2 = 24)$	$(6 \times 2 = 12)$
$(0,8 \times 2 = 1,6)$	$(0,8 \times 2 = 1,6)$
$24 + 1,6 = 25,6$	$12 + 1,6 = 13,6$

Multiplicação por 3

$253 \times 3 =$	$89 \times 3 =$
$(200 \times 3 = 600)$	$(80 \times 3 = 240)$
$(50 \times 3 = 150)$	$(9 \times 3 = 27)$
$(3 \times 3 = 9)$	$240 + 27 = 267$
$600 + 150 + 9 = 759$	

$19 \times 3 =$	$9,1 \times 3 =$
$(10 \times 3 = 30)$	$(9 \times 3 = 27)$
$(9 \times 3 = 27)$	$(0,1 \times 3 = 0,3)$
$30 + 27 = 57$	$27 + 0,3 = 27,3$

Multiplicação por 4

Método anterior	Método simplificado 1
$125 \times 4 =$	$125 \times 4 =$
$(100 \times 4 = 400)$	$(100 \times 2 = 200 \times 2 = 400)$
$(20 \times 4 = 80)$	$(25 \times 2 = 50 \times 2 = 100)$
$(5 \times 4 = 20)$	$400 + 100 = 500$
$400 + 80 + 20 = 500$	

Multiplicação por 5

A multiplicação por cinco é fácil, pois bastará dividir o valor por 2 e multiplicar o resultado por 10, ou seja acrescentar uma casa a direita.

Método anterior
 $65 \times 5 =$
 $(60 \times 5 = 300)$
 $(5 \times 5 = 25)$
 $300 + 25 = 325$

Método simplificado

$65 \times 5 =$
 $(65 : 2 \text{ } \text{ } 60 : 2 = 30 \text{ e } 5 : 2 = 2,5 \text{ } \text{ } 65 : 2 = 32,5)$
 $32,5 \times 10$ bastará jogar a vírgula para a direita 325

Multiplicação por 6

Para se encontrar o resultado da multiplicação por 6 devemos multiplicar o número desejado por 2 e depois por 3 ou vice-versa.

Método anterior
 $46 \times 6 =$
 $(40 \times 6 = 240)$
 $(6 \times 6 = 36)$
 $240 + 36 = 276$

Método simplificado

$46 \times 6 =$
 $40 \times 2 = 80; 6 \times 2 = 12; 80 + 12 = 92$
 $90 \times 3 = 270; 2 \times 3 = 6; 270 + 6 = 276$

Multiplicação por 7

Para se multiplicar por 7, devemos subdividir em centena, dezena e unidade e após somar os valores.

$47 \times 7 =$
 $(40 \times 7) = 280$
 $(7 \times 7) = 49$
 $280 + 49 = 329$

$12,8 \times 7 =$
 $(10 \times 7 = 70)$
 $(2 \times 7 = 14)$
 $(0,8 \times 7 = 5,6)$

$$70 + 14 + 5,6 = 89,6$$

$$20 + 2 + 0,6666 = 22,666$$

$$22 + 0,666 = 22,666$$

Multiplicação por 8

Deve-se utilizar o método convencional ou ainda dobrar o valor 3 vezes.

$$\begin{array}{l} 23 \times 8 = \\ (20 \times 8 = 160) \\ (3 \times 8 = 24) \\ 160 + 24 = 184 \end{array} \quad \begin{array}{l} 23 \times 8 = \\ (23 \times 2 = 46 \times 2 = 92 \times 2 = 184) \end{array}$$

Multiplicação por 9

O valor deve ser multiplicado por 10 e retirado dez por cento (resultado aproximado)

$$\begin{array}{l} \text{método convencional} \\ 39 \times 9 = \\ (30 \times 9 = 270) \\ (9 \times 9 = 81) \\ 270 + 81 = 351 \end{array} \quad \begin{array}{l} 39 \times 9 = \\ (39 \times 10 = 390) \\ (390 \times 10\% = 39) \\ 390 - 39 = 351 \end{array}$$

Na sala de aula:

$$\begin{array}{l} 12 \times 2 = \\ 90 \times 4 = \\ 123 \times 3 = \\ 155 \times 5 = \\ 0,2 \times 4 = \\ 0,4 \times 6 = \\ 0,7 \times 5 = \\ 0,9 \times 7 = \\ 6,8 \times 6 = \\ 3,3 \times 8 = \end{array} \quad \begin{array}{l} 33 \times 7 = \\ 9 \times 3,6 = \\ 205 \times 8 = \\ 305 \times 2 = \\ 0,6 \times 9 = \\ 0,2 \times 3 = \\ 0,6 \times 2 = \\ 0,7 \times 4 = \\ 4,7 \times 3 = \\ 9,1 \times 5 = \end{array}$$

Em casa:

$$\begin{array}{l} 88 \times 9 = \\ 78 \times 7 = \\ 333 \times 8 = \\ 128 \times 6 = \\ 0,1 \times 7 = \\ 0,3 \times 5 = \\ 0,5 \times 6 = \\ 0,8 \times 4 = \\ 4,7 \times 5 = \\ 3,3 \times 3 = \end{array} \quad \begin{array}{l} 36 \times 4 = \\ 47 \times 2 = \\ 444 \times 3 = \\ 133 \times 9 = \\ 0,8 \times 2 = \\ 0,6 \times 8 = \\ 0,6 \times 9 = \\ 0,8 \times 7 = \\ 9,1 \times 8 = \\ 4,7 \times 6 = \end{array}$$

DIVISÃO

Divisão por 2

$$\begin{array}{l} 68 : 2 = \\ (60 : 2 = 30) \\ (8 : 2 = 4) \\ 30 + 4 = 34 \end{array} \quad \begin{array}{l} 12,8 : 2 = \\ (10 : 2 = 5) \\ (2 : 2 = 1) \\ (0,8 : 2 = 0,4) \\ 5 + 1 + 0,4 = 6,4 \end{array} \quad \begin{array}{l} 12,8 : 2 \\ (12 : 2 = 6) \\ (0,8 : 2 = 0,4) \\ 6 + 0,4 = 6,4 \end{array}$$

Divisão por 3

Acha-se o número mais próximo capaz de ser dividido facilmente por 3

$$\begin{array}{l} 68 : 3 = \\ (60 : 3 = 20) \\ [8 : 3 = (6+2) : 3] \\ (6 : 3 = 2) \text{ e } (2 : 3 = 0,666) \end{array} \quad \begin{array}{l} 68 : 3 = \\ [(66 + 2) : 3] \\ (66 : 3 = 22) \\ (2 : 3 = 0,6666) \end{array}$$

Divisão por 4

Faz-se pelo método convencional ou divisão por 2 e novamente por 2.

$$\begin{array}{l} 68 : 4 = \\ (60 : 4 = 15) \\ (8 : 4 = 2) \\ 15 + 2 = 17 \end{array} \quad \begin{array}{l} 68 : 4 = \\ (68 : 2 = 34 : 2 = 17) \end{array} \quad \begin{array}{l} 17 : 4 \\ [(16 + 1) : 4] \\ (16 : 4 = 4) \\ (1 : 4 = 0,25) \\ 4 + 0,25 = 4,25 \end{array}$$

Divisão por 5

Acha-se a décima parte do valor a ser calculado e multiplica-se por 2.

$$\begin{array}{l} 68 : 5 \\ (68 : 10 = 6,8) \\ 6,8 \times 2 = 13,6 \end{array} \quad \begin{array}{l} 123 : 5 \\ (123 : 10 = 12,3) \\ 12,3 \times 2 = 24,6 \end{array} \quad \begin{array}{l} 12 : 5 \\ (12 : 10 = 1,2) \\ 1,2 \times 2 = 2,4 \end{array}$$

Divisão por 6

Dividir um valor por 6 nada mais é do que dividir por 2 e após por 3 ou vice-versa.

$$\begin{array}{l} 96 : 6 = \\ (90 : 3 = 30 \text{ e } 30 : 2 = 15) \\ (6 : 6 = 1) \\ 15 + 1 = 16 \end{array} \quad \begin{array}{l} 14 : 6 \\ (14 : 2 = 7) \\ [(6+1) : 3] \\ (6 : 3 = 2 \text{ e } 1 : 3 = 0,333) \\ 2 + 0,333 = 2,333 \end{array}$$

Divisão por 7

Para dividir por 7 basta pegar o valor e dividi-lo por 8 e somar mais 10% arredondando para cima

$$\begin{array}{l} 12 : 7 = \\ (12 : 8 = 1,5) \\ (1,5 + 10\% = 1,65) \\ \text{arredondando} = 1,7 \end{array} \quad \begin{array}{l} 36 : 7 = \\ (36 : 8 = 4,5) \\ (4,5 + 10\% = 4,95) \\ \text{arredondando} = 5 \end{array}$$

Divisão por 8

Basta dividir o valor por 2, novamente por 2 e novamente por 2.

$$\begin{array}{l} 134 : 8 \\ (134 : 2 = 67 : 2 = 33,5 : 2 = 16,75) \end{array} \quad \begin{array}{l} 180 : 8 = \\ (180 : 2 = 90) \\ (90 : 2 = 45) \\ (45 : 2 = 22,5) \end{array}$$

Divisão por 9

Calcula-se 10% do valor e acrescenta-se mais 10% do valor encontrado (valor arredondado)

$$\begin{array}{l} 136 : 9 \\ (136 \times 10\% = 13,6) \\ (13,6 + 1,36 = 15) \end{array} \quad \begin{array}{l} 42 : 9 \\ (42 \times 10\% = 4,2) \\ (4,2 + 0,42 = 4,62) \end{array}$$

PORCENTAGEM

Tudo começa a partir do número 100, ou por cento

$$\begin{array}{l} 10\% \text{ de } 100 = 10 \\ 22\% \text{ de } 100 = 22 \\ 43\% \text{ de } 100 = 43 \\ 10\% \text{ de } 95 = 9,5 \\ 10\% \text{ de } 58 = 5,8 \\ 10\% \text{ de } 130 = 13 \end{array}$$

Para maiores informações sobre matemática, entre no google e digite no buscador "matematica basica"

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-01 à M1-04. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos que alcançará um nível excelente em eletrônica.

AULA

2

Início dos conceitos elétricos

Avanços da Microfísica - Campo Eletromagnético

Estrutura do Átomo - Estado radiante X

Cargas Elétricas - Eletricidade

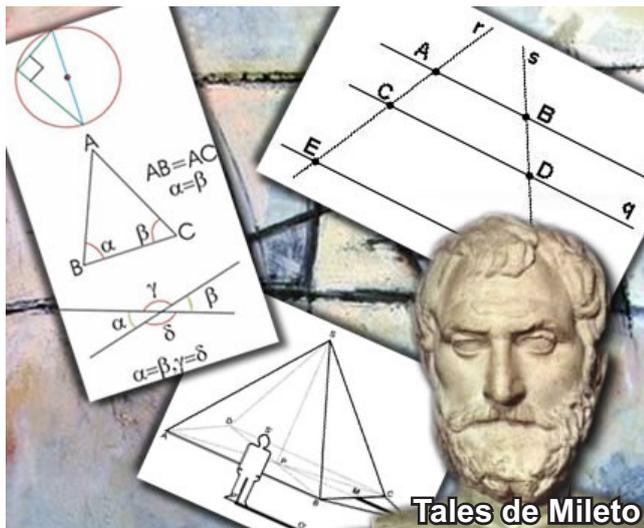
Condutores Semicondutores e Isolantes

Armazenamento de cargas: Pilhas e Baterias

AVANÇOS DA MICROFÍSICA

Primórdios da eletrônica

Os primeiros passos que deram início ao que hoje é conhecido como eletrônica, começaram com TALES DE MILETO, 600 anos antes de Cristo. O grande filósofo, que tinha a crença na unidade essencial da natureza, observou que esfregando um bastão de âmbar (mineral translúcido e amarelado, que em sua forma natural, é composto de resina fossilizada), acontecia um fenômeno de atração e repulsão quando aproximava esse bastão de outros objetos.



A experiência de TALES DE MILETO deu origem à descoberta das CARGAS ELÉTRICAS (princípio fundamental da eletricidade) e também ao surgimento da palavra ELÉTRON, que em grego significa âmbar amarelo (elektron).

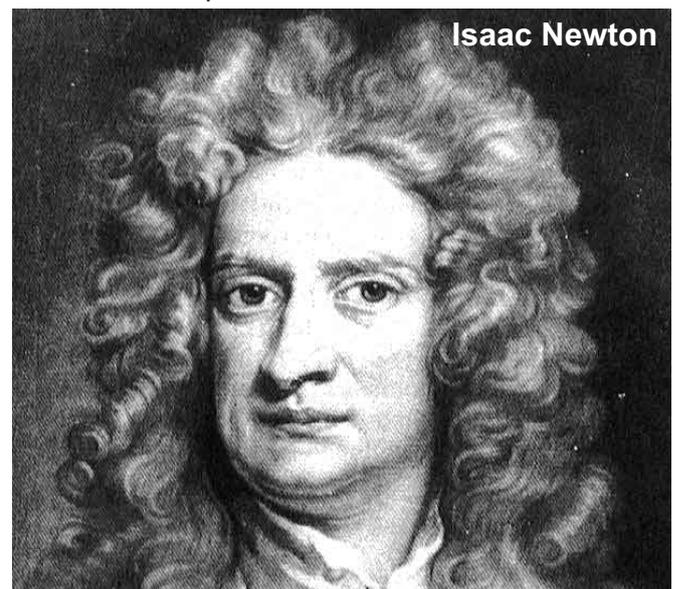
Seus apontamentos sobre as emanções luminosas são retomados no curso do tempo por HERÃO de Alexandria e outras grandes inteligências, culminando com o “raciocínio” de Descartes, no século XVII.

Inspirado na teoria atômica dos Gregos, mais precisamente na teoria anunciada por Demócrito, acreditava ser a matéria composta de diminutas partículas. A essas partículas deu o nome de ÁTOMOS (não divisível).

Analisando a estrutura atômica, 300 anos antes da descoberta do elétron, concluiu que na base do

átomo deveria existir uma partícula primitiva, chegando a desenhá-la com surpreendente rigor de concepção, como sendo um “redemoinho” ou imagem aproximada dos recursos energéticos que o constituem.

Logo após, ISAAC NEWTON realiza a decomposição da luz branca nas sete cores do prisma, apresentando ainda a idéia de que os fenômenos luminosos seriam correntes corpusculares, sem excluir a hipótese de ondas vibratórias a expandirem-se no ar.



Isaac Newton

HUYGHENS, prossegue na experimentação e defende a teoria do éter luminoso ou teoria ondulatória.

FRANKLIN teoriza sobre o fluido elétrico e propõe a hipótese atômica da eletricidade, tentando classificá-la como sendo formada de grânulos satis, perfeitamente identificáveis aos redemoinhos eletrônicos hoje imaginados.

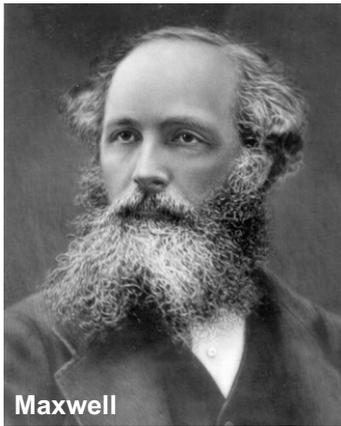


Huyghens

CAMPO ELETROMAGNÉTICO

Nos primórdios do século XIX, aparece THOMAS YOUNG, examinando as ocorrências da reflexão

interferência e difração da luz, fundamentando-se sobre a ação ondulatória, seguindo-lhe FRESNEL, consolidando essas deduções.



Maxwell

Sucedem-se investigadores e pioneiros, até que em 1869, MAXWELL afirma, sem que suas afirmações criem maior interesse nos sábios do seu tempo, que as ondulações de luz nasciam de um campo magnético associado a um campo elétrico, anunciando a correlação entre eletricidade e luz e

assegurando que as linhas de força extravasam dos circuitos, assaltando o espaço ambiente e expandindo-se como pulsações ondulatórias. Era criada assim a notável teoria ELETROMAGNÉTICA.



Hertz

Desde essa época, o conceito de "campo eletromagnético" assume singular importância no mundo até que HERTZ consegue positivar a existência das ondas elétricas, descobrindo-as e colocando-as a serviço da humanidade. Às vésperas do século XX, a ciência já considerava a natureza terrestre como per-

corrida por ondas inumeráveis que cruzavam todas as faixas do planeta sem jamais se misturarem.

Entretanto, certa indagação se generaliza:

Reconhecida a Terra como vasto magneto, composto de átomos e sabendo que as ondas provinham deles, como poderiam os sistemas atômicos gera-las, criando, por exemplo, o calor e a luz?



John Dalton

ESTRUTURA DO ÁTOMO

JOHN DALTON, professor inglês, foi o primeiro a anunciar a Hipótese Atômica, como segue:

- 1- A matéria é constituída por um número de substâncias denominadas ELEMENTOS.
- 2- Cada elemento é formado por átomos do

mesmo tamanho, formato e peso.

3- Todos os átomos do mesmo elemento são iguais, mas diferentes dos átomos de qualquer outro elemento.

4- Átomos são indivisíveis.

Publicada em 1869, foi ridicularizada e hostilizada, como era comum na época. Embora DALTON estivesse errado em afirmar que o átomo era indivisível e colocasse as substâncias básicas de modo não muito completo, seu trabalho é hoje reconhecido pela iniciativa.

DIMITRI MENDELEYEV, por volta de 1896, publicou sua tabela periódica dos elementos até então conhecidos. MENDELEYEV mostrou que os elementos dispostos em grupos sistemáticos ou periódicos baseado em seus pesos atômicos, apresentavam características semelhantes.

O que é verdadeiramente fascinante a respeito do trabalho de MENDELEYEV é que ele descobriu as lacunas em sua tabela que, dizia ele, representavam elementos que não haviam sido descobertos ainda.

Pela posição das lacunas, MENDELEYEV foi capaz de prever as propriedades dos elementos

então desconhecidos. Suas previsões foram posteriormente confirmadas.

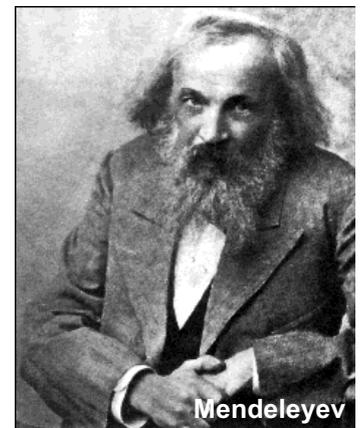
Em primórdios do século XIX, segue-se a descoberta de PLUCKER: conectando-se uma tensão entre dois eletrodos no interior de um cilindro de vidro quase evacuado, pode-se ver um brilho ou luminescência de cor púrpura sobre as paredes do tubo.

HITTORF, GOSDSTEIN e WILLIAN CROOKES investigaram posteriormente a experiência (o último usou o conhecido TUBO DE CROOKES com seu eletrodo CRUZ de MALTA) e estabeleceram que o brilho foi produzido pelo impacto de raios invisíveis sobre o vidro, e que esses raios progrediam do eletrodo negativo para o positivo.

O jovem pesquisador francês JEAN PERRIN, utilizando a ampola de Crookes e o eletroscópio, conseguiu positivar a existência do elétron como partícula elétrica, que viaja com rapidez vertiginosa.

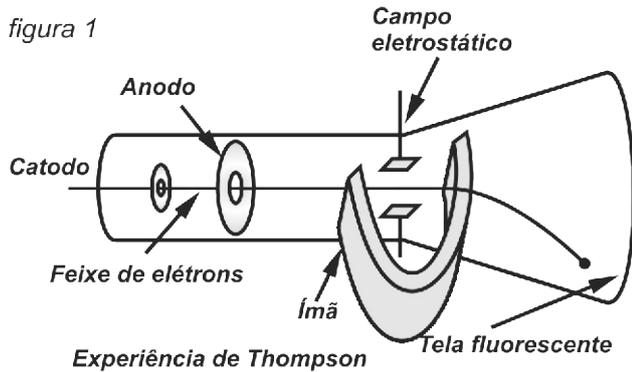
Pairava no ar a indagação sobre a massa e a expressão elétrica de semelhante partícula.

Em 1897, JOSEPH J. THOMSON (1856-1940) e seu assistente ERNEST RUTHERFORD utilizando-se da válvula de Crookes, conseguiram por meio de ímãs defletir a trajetória dos raios catódicos e, por meio de cálculos, determinaram o



Mendeleev

peso das partículas no feixe de luz, partindo da intensidade de corrente, da força magnética dos ímãs e do grau de deflexão do feixe de raios catódicos (veja figura 1).



Os cálculos de THOMSON demonstravam que as partículas eram cerca de 1850 vezes mais leves que o menor átomo conhecido (hidrogênio), imputando-lhe ainda com relativa segurança, sua carga negativa, pois era atraída pelo eletrodo positivo e à velocidade (aproximadamente à velocidade da luz).

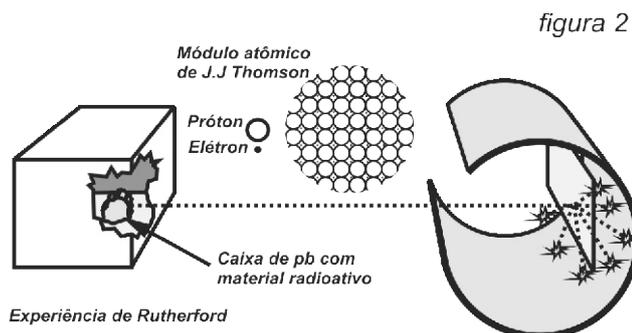
THOMSON chamou a partícula de CORPÚSCULO, porém ELÉTRON foi o nome consagrado.

MAX PLANK, distinto físico alemão, repara em 1900 que o lançamento de energia pelo átomo não procede em fluxo contínuo e sim por arremessos individuais ou, mais propriamente, através de grânulos de energia, estabelecendo a teoria dos QUANTAS DE ENERGIA.

Em 1908, ERNEST RUTHERFORD, que então já era um grande cientista, testou experimentalmente o modelo atômico proposto por THOMSON. Pediu para seus assistentes MARDEN e HANS GEIGER dispararem partículas "alfa" em placas de ouro (Au) com a espessura de 1/125.000 de centímetro. Tais partículas deveriam ter penetrado na lâmina de ouro e emergido do outro lado (figura 2). De fato isto sucedeu com a maioria das partículas, mas para a surpresa

dos cientistas, algumas delas foram repelidas (uma para cada 8 mil).

RUTHERFORD concluiu então que a maior parte da massa do átomo é concentrada num corpo



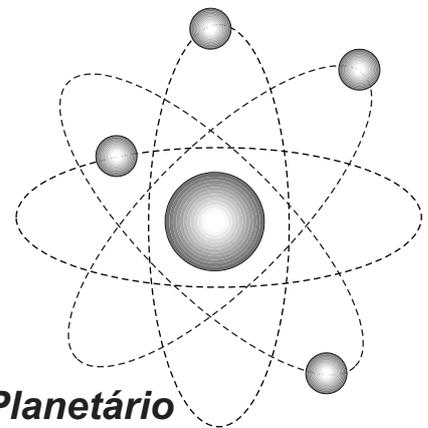
compacto em seu centro, que chamou de NÚCLEO.

Essa experiência foi relatada em 1911 pelos seus assistentes, dando início à ERA NUCLEAR.

Em 1913, NIELS BOHR deduziu que as descobertas de PLANCK explicariam que as órbitas dos elétrons em torno do núcleo não seriam apenas fixas como as órbitas do sistema solar, e que os elétrons poderiam saltar de camadas orbitais.

Procedendo mais por intuição que por observação, mentalizou o átomo como sendo um núcleo, cercado, no máximo, por 7 (sete) camadas concêntricas, plenamente isoladas entre si, no seio das quais os elétrons circulariam livremente em todos os sentidos.(fig.3)

figura 3



Módulo Planetário

Os elétrons localizados nas zonas periféricas são aqueles que mais facilmente se deslocam, patrocinando a projeção de raios luminosos, ao passo que os elétrons aglutinados em camadas profundas, quando saltam de camadas, deixam escapar os chamados "raios X".

Aplicada em vários setores da demonstração objetiva, a teoria de BOHR alcançou encorajadoras confirmações e com isso, dentro das possíveis definições terrestres, o cientista dinamarquês preparou o caminho mais amplo para o entendimento da luz.

Em 1932, Sir JAMES CHADWICK, cientista e colega de RUTHERFORD, descobriu uma partícula atômica, o nêutron, que como o nome indica é eletricamente neutra.

ESTADO RADIANTE ERAIOX

A ciência antiga acreditava que os átomos fossem corpúsculos eternos e indivisíveis



Elementos conjugados entre si, entrelaçavam-se e separavam-se plasmando formas diversas. Seriam como vasto, mas limitado capital de vida que a natureza podia dispor sem qualquer desperdício.

No último quarto do século XIX, porém, singulares alterações marcaram os passos da Física.

Retomando experiências iniciadas pelo cientista HITTORF, WILLIAN CROOKES valeu-se do tubo



de vidro fechado, no qual obtinha grande rarefação de ar, fazendo passar através dele uma corrente elétrica oriunda de grande potencial.

Semelhante tubo poderia conter dois ou mais eletrodos: cátodo e ânodo, negativo e positivo

respectivamente, formado por fios de platina e rematados em placas metálicas de substâncias e moldes variáveis.

Com a circulação de corrente, o grande físico notou que do cátodo partiam raios que atingindo a parede oposta do vidro, nela formava certa luminosidade fluorescente.

CROOKES classificou como sendo radiante o estado em que encontrava-se o gás contido no recipiente e declarou guardar a impressão de que conseguira reter os corpúsculos que armam a base física do Universo.

Mas depois dele, aparece ROENTGEN, que retomou as investigações e, projetando os raios catódicos sobre a tela metálica, colocou a própria mão entre o tubo e a pequena chapa recamada de substância fluorescente, observando que os ossos

se destacavam, em cor escura, na carne que se fizera transparente.

Os raios X e os Raios Roentgen foram desde então, trazidos a consideração do mundo.

QUÍMICA NUCLEAR

O contador Geiger (lê-se “gáiguer”), emergindo do cenário das experimentações da microfísica, demonstrou que de um grama de rádio desprendem-se por segundo 36 bilhões de fragmentos radioativos da corrente mais fraca de raios remanescente desse elemento, perfazendo um total de 20.000 km de irradiação por segundo.



No entanto, há tão grande quantidade de átomos; de rádio em cada grama desse metal, que somente no espaço de 16 séculos é que seu peso seria reduzido a metade.

Aprendendo-se que radioatividade expressa a morte dos sistemas atômicos, não seria possível apressar-lhes a desintegração controlada, com vistas ao aproveitamento de seu potencial energético?

RUTHERFORD lembrou que as partículas emanadas do rádio funcionam como projéteis rigorosos e enchendo um tubo com azoto, formam-se círculos eletrizados sobre a tela fosforescente.

Descobriu-se desse modo que os núcleos do azoto,

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1) As experiências de Tales de Mileto deram origem a descobertas da _____
- 2) Isaac Newton decompôs a _____ em _____ cores, através de um _____
- 3) Franklin propõe a hipótese _____ da eletricidade, como sendo formada por _____
- 4) Maxwell, em _____, afirma que as ondulações da luz nascem de um campo _____
- 5) _____ consegue comprovar a existência das ondas elétricas no século XIX.
- 6) John Dalton foi o primeiro a anunciar a Hipótese _____, que foi publicada em _____
- 7) Mendeleev criou a tabela _____ dos elementos, dispondo-os em _____ sistemáticos.
- 8) Crooks realizou experimentos com raios _____, dentro da “_____ de Crooks”.
- 9) Thompson determina o peso do _____, através de experimentos na Ampola de Crooks.
- 10) _____ afirma a existência do núcleo, lançando partículas _____ numa folha de ouro.
- 11) Bohr propõe um modelo _____ com elétrons girando em órbitas ao redor do _____
- 12) Roentgen descobre o _____ a partir de experiências com os raios _____

espancados em cheio pelas partículas radioativas alfa, explodiam, convertendo-se em hidrogênio e um isótopo (elemento de igual propriedade química e diferente peso atômico) do oxigênio.

Foi realizada assim, calculadamente, a primeira **TRANSMUTAÇÃO ATÔMICA** feita pelo homem, originando-se, desde então, a chamada **QUÍMICA NUCLEAR**, que culmina hoje com a artilharia atômica do **CICLOTRON**, estruturado por **LAWRENCE**, muito semelhante a um eletroímã, onde, acelerados por uma corrente de milhares de ampères, em tensão alternada altíssima, projéteis atômicos bombardeiam os elementos a eles expostos, que se transmutam em outros elementos químicos conhecidos, acrescidos dos chamados radio-isótopos, que o casal **JOLIOT-CURIE** obteve pela primeira vez arremessando sobre o alumínio a corrente menos penetrante de rádio, constituída de núcleos de hélio ou hélions. Surgiram assim os fecundos serviços da radioatividade artificial.

ÁTOMO

Apesar de átomo significar “indivisível”, o nome se tornou comum no meio científico e é utilizado até hoje para caracterizar a **MENOR PARTE EM QUE A MATÉRIA PODE SER DIVIDIDA SEM A PERDA DAS CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS QUE A COMPÕEM**.

O conceito de **MATÉRIA** também é definido como qualquer coisa que tenha massa e ocupe lugar no espaço. Assim, a terra e tudo o que nela há é classificado como matéria.

Toda a matéria é composta de materiais básicos chamados **ELEMENTOS**. Por exemplo, ferro oxigênio e carbono são elementos. O que diferencia os elementos é justamente o tipo de átomo que os constitui.

A tabela periódica possui 92 elementos naturais e mais 12 que foram sintetizados em laboratório.

É claro que, ao nosso redor, observamos muito mais

matérias diferentes do que estes 104 elementos estariam a nos mostrar.

E que determinadas combinações de átomos diferentes acabam gerando várias substâncias: água, sal, vidro, aço, etc.

Podemos afirmar então que **MOLÉCULA** é a menor parte em que uma substância pode ser dividida sem que perca suas características materiais. A menor parte em que podemos dividir a substância água, sem que ela perca suas características, é a molécula, formada pelos átomos de hidrogênio e oxigênio.

Esta combinação se dá na base de dois para um, ou seja duas partes de hidrogênio para uma parte de oxigênio.

Se dividirmos esta molécula chegaremos aos átomos de hidrogênio e oxigênio, que separados apresentam características completamente diferentes das da água.

Assim, **MOLÉCULA** é a menor parte da matéria que conserva as características da substância e **ÁTOMO** é a menor parte da matéria que conserva a característica do elemento.

O átomo pode ser quebrado em partículas menores, pois compõe-se de três partículas elementares chamadas de prótons, nêutrons e elétrons. Todos os átomos são formados por quantidades diferentes dessas partículas.

Na figura 4 podemos observar detalhes do que é o átomo. No núcleo, temos o agrupamento dos prótons (carga elétrica positiva) com os nêutrons (carga neutra) e, girando em órbitas das mais diversas, temos os elétrons.

Enquanto nêutrons e prótons têm o mesmo peso e tamanho, os elétrons são mais de mil vezes menores. Assim os elétrons conseguem deslocar-se a velocidades espantosas.

Este é o chamado modelo atômico de **BOHR**, nome do cientista que o propôs.

Podemos definir o átomo de oxigênio como possuindo oito elétrons e oito prótons, tendo o átomo de hidrogênio somente 1 elétron e 1 próton. O átomo mais complexo da natureza é o urânio possuindo 92 prótons e 92 elétrons (146 nêutrons). Como podemos ver, os átomos são elementos **NEUTROS**, pois possuem um balanceamento entre prótons e elétrons. Mas esta estabilidade pode ser desfeita criando uma série de fenômenos.

AS CARGAS ELÉTRICAS

Podemos dizer que uma das características do átomo é sua **CARGA**, que em geral é neutra. Quando ocorre um desbalanceamento entre a quantidade de prótons e a de elétrons, podemos ter um átomo carregado positivamente ou negativamente.

Assim a carga associada ao próton é positiva enquanto que a associada ao elétron é negativa.

Embora os elementos sejam de dimensões bem diferentes, o que conta na verdade é sua carga e

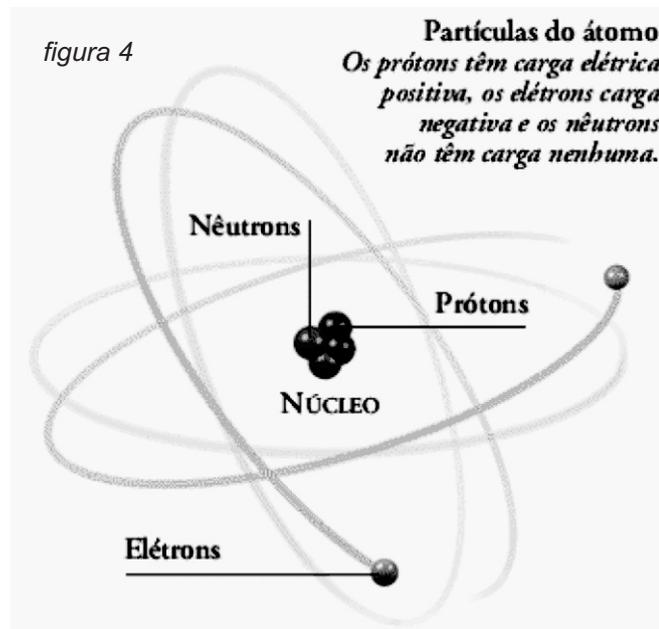
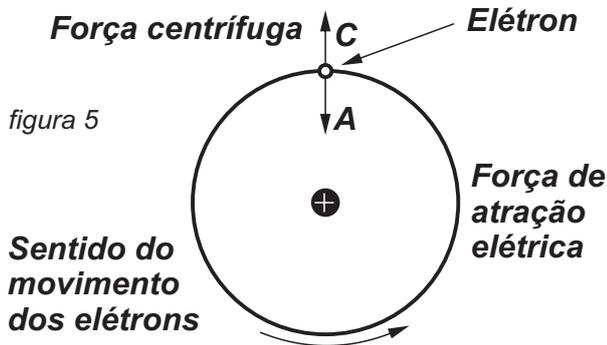


figura 4

não seu tamanho para caracterizar a “polaridade” de um corpo.
Os elétrons giram ao redor do núcleo com uma velocidade fantástica, mantendo o passo de giro

Fórmula da força de atração

$$F = K \times \frac{q1 \times q2}{d^2}$$



porque a força centrífuga (que impele o elétron para fora do átomo) equilibra-se com a força centrípeta (o próton atrai o elétron devido às polaridades diferentes), como mostramos na figura 5.

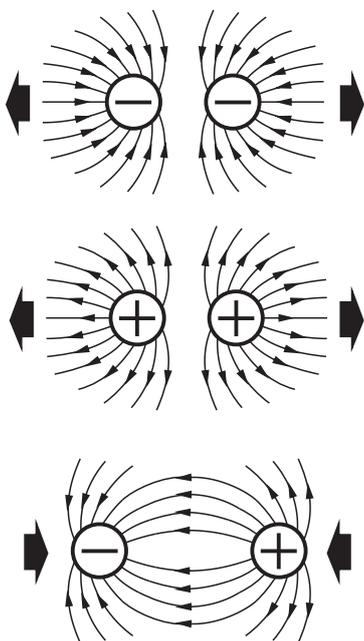
FORÇA ELETROSTÁTICA é a denominação dada à atração que o núcleo do átomo (através do próton) exerce sobre o elétron.

Para explicar esta atração, cada partícula deverá ter o que chamamos de campo eletrostático que permite que, a uma dada distância, haja a interação entre o campo de uma partícula com o da outra.

ELETROSTÁTICA é a parte da eletricidade que se encarrega do estudo das cargas elétricas estáticas, ou seja, aquelas que existem mas não apresentam movimento.

Charles A. Coulomb estabeleceu uma lei básica para explicar a atração ou repulsão das cargas elétricas:

**CARGAS IGUAIS SE REPELEM
CARGAS OPOSTAS SE ATRAEM**



A figura 6 ilustra muito bem o fenômeno. No primeiro exemplo, temos duas cargas negativas resultando numa repulsão entre elas. No segundo exemplo temos novamente duas cargas idênticas (positivas) que também se repelem. No terceiro exemplo podemos ver cargas diferentes, que acabam atraindo-se. Na figura 6, os traços que saem da partícula ou do átomo são chamadas **LINHAS DE FORÇA**.

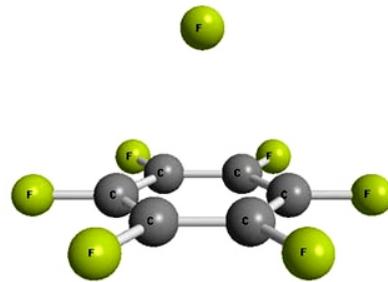
Um dado importante da **LEI DE COULOMB** é a expressão matemática que permite determinar a força de atração ou repulsão entre dois corpos carregados:

- F = força de atração ou repulsão
- q1 ou q2 = carga de um dos corpos
- d = distância entre os dois corpos
- K = constante da permissividade elétrica do material.

Para o ar K = 9.000.000.000 N x m² / C².

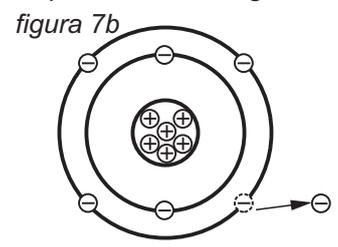
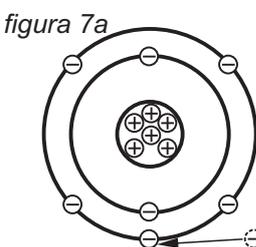
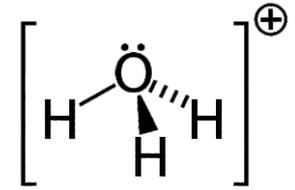
Os átomos equilibrados não apresentam carga elétrica residual, sendo chamados de neutros.

Os átomos são constantemente afetados por muitas forças exteriores, como calor, luz, campo eletrostático, reações químicas e campos magnéticos. Assim o estado de equilíbrio (neutralidade) pode ser afetado por uma ou mais dessas forças. Portanto, um átomo pode perder ou ganhar elétrons, passando a ser chamado de **ÍON**.



Caso o átomo perca elétrons que possuem cargas negativas, acaba ficando com uma carga positiva, passando a ser chamado de **ÍON POSITIVO** ou **CÁTION**. Caso ganhe elétrons acaba ficando com uma carga negativa, sendo chamado de **ÍON NEGATIVO** ou **ÂNION**.

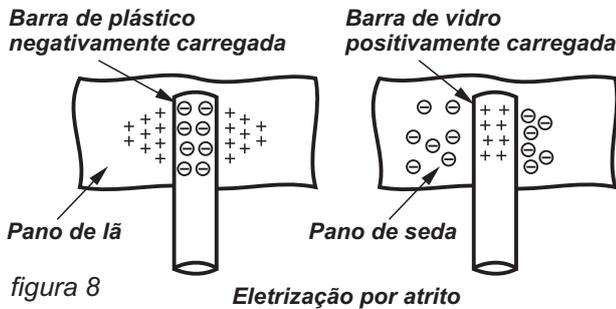
Na figura 7b, temos um átomo que possui 6 prótons e 6 elétrons, sendo que a figura mostra um elétron da camada superior saindo do átomo. Assim ficamos com 6 prótons e 5 elétrons, caracterizando uma carga positiva para o átomo (**ÍON positivo**). Na figura 7a, vemos o mesmo átomo anterior (6 prótons e 6 elétrons), sendo que agora está recebendo um elétron. Como a quantidade de elétrons é maior do que os prótons sua carga acaba



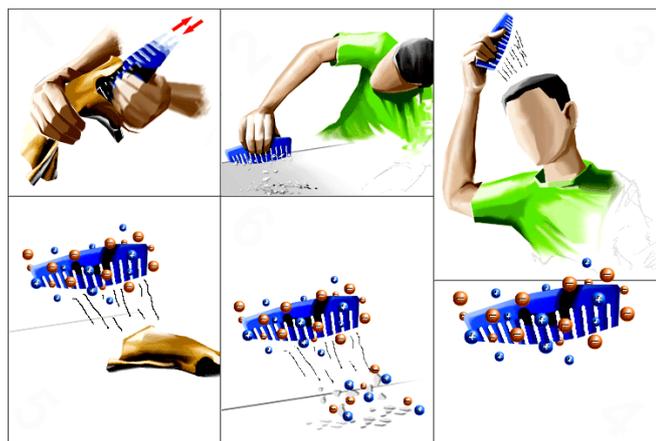
sendo negativa (ÍON negativo). Não é possível por processos simples desbalancear um átomo retirando ou acrescentando PRÓTONS, pois isso envolve fissão nuclear, e que pode desencadear uma reação violenta de desprendimento de energia até certo ponto incontrolável (bomba atômica). A retirada ou colocação de elétrons em átomos é um processo simples e ocorre com muita frequência na natureza. Existem elementos que possuem muita facilidade de desprendimento de elétrons da última camada do átomo, chamada de camada de valência. Aos elétrons dessa camada damos o nome de ELÉTRONS LIVRES, e a partir deles é possível a criação da CORRENTE ELÉTRICA.

ELETRIZAÇÃO DOS CORPOS

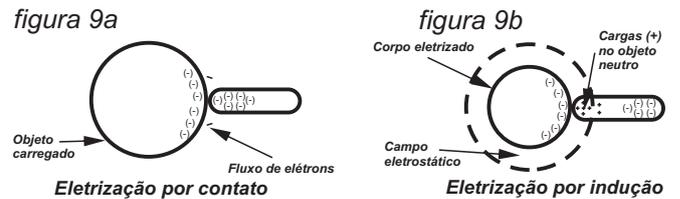
Um corpo que de alguma forma, adquire determinada carga elétrica (excesso ou falta de elétrons), pode ser neutralizado através de um



corpo de maiores dimensões. Um grande exemplo disto é o relâmpago, que é uma descarga (neutralização) de uma grande quantidade de cargas acumuladas pelas nuvens. Quando friccionamos um objeto em um outro, poderá ocorrer o processo de eletrização, sendo que um dos objetos cede elétrons e o outro os acumula. Quando penteamos o cabelo com um pente de plástico, os cabelos cedem elétrons ao pente, ficando o pente carregado negativamente e o cabelo positivamente. Na figura 8 apresentamos dois tipos de eletrização por fricção, ou seja, se friccionamos um bastão de



plástico em um pano de lã, os elétrons livres da lã irão para o bastão de plástico ficando este com uma carga negativa (o pano de lã ficará carregado positivamente). Ainda na mesma figura 8, caso haja a fricção de um bastão de vidro com um pano de seda, haverá a transferência de elétrons do vidro para a seda, ficando os dois corpos eletrizados. Outra forma de eletrização pode ser vista na figura 9a, onde o objeto carregado negativamente poderá, em contato com outro objeto, transferir cargas a ele, tornando-o também eletricamente negativo. Ainda existe a eletrização por carga ou indução, onde a partir de um corpo eletrizado, que acaba gerando um campo eletrostático, poderá induzir uma determinada eletrização a um outro corpo, fazendo



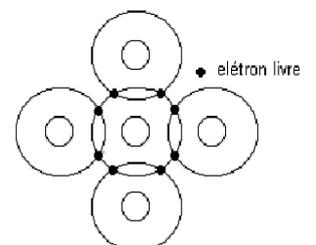
com que determinada quantidade de átomos do lado esquerdo adquira uma eletrização positiva, enquanto que do outro lado haja uma eletrização negativa (figura 9b). Nesse caso, as cargas elétricas não foram transferidas de um corpo para outro, mas somente deslocadas no mesmo corpo.

ELETRICIDADE

Vimos anteriormente que a eletrostática estuda a eletrização fixa, ou seja, cargas adquiridas ou perdidas por um corpo que mantém este estado constantemente. Quando um corpo carregado eletricamente contata outro com carga oposta, dá-se o que chamamos de neutralização das cargas. Mas para que isto exista, será necessário um DESLOCAMENTO DE ELÉTRONS que normalmente se dá do polo negativo para o polo positivo. Considerando que pelas leis naturais, haveria uma busca de neutralização das cargas elétricas de um corpo (ou mais corpos), podemos dizer que o processo de cancelamento das cargas produzirá um movimento de elétrons que se for bem aproveitado poderá produzir uma série de fenômenos: luz, som, brilho, calor, etc.

OS ELÉTRONS LIVRES

Na figura 10, mostramos um núcleo do átomo e em seu redor as órbitas de 7 camadas por onde giram os elétrons. Estes movimentam-se em todas as direções a uma velocidade incrivelmente alta. Sua trajetória circular é mantida devido a força



centrífuga (fuga do elétron do átomo) e a força de atração exercida pelo núcleo do átomo (o próton atrai os elétrons).

Em muitos materiais, esse equilíbrio de atração e repulsão pode ser facilmente quebrado, sendo que os elétrons da camada periférica acabam se desgarrando muito facilmente (caso dos metais). Como existem milhões e milhões

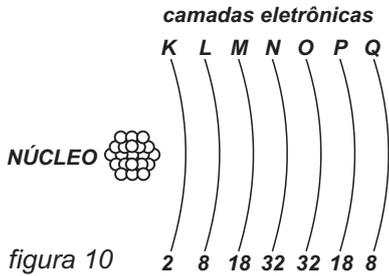


figura 10

de átomos agregados, quando um elétron escapa de um átomo, acaba indo para outro e este, por sua vez, libera um ou mais elétrons para outro átomo, o que garante uma troca constante de cargas, sendo que, no final das contas, a eletrização é nula.

As camadas de um átomo (órbitas) são 7 no total, sendo que cada uma poderá conter uma quantidade máxima de elétrons. Na camada "K" poderá haver um máximo de 2 elétrons. A camada "L" por sua vez abriga até 8 elétrons (a figura 10, mostra a quantidade máxima possível em cada camada).

Caso existisse um átomo que preenchesse todas as vagas das órbitas com elétrons, teríamos um átomo com 118 elétrons e 118 prótons. A órbita externa do átomo possui uma capacidade máxima de 8 elétrons e quando isto ocorre, o átomo é chamado de estável. Alguns gases nobres como o neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio, possuem 8 elétrons em sua camada de valência, sendo eles fortemente agarrados ao átomo.

Como sua camada de valência está completa, dificilmente esses átomos liberam elétrons. Portanto esses gases não se combinam com outros formando compostos.

Existem outros elementos cuja camada de valência está quase completa. Com isso têm dificuldades de liberação de elétrons. Esses materiais são chamados de **ISOLANTES**, pois não possuem elétrons livres suficientes para produzir uma corrente elétrica.

CONDUTORES

Existem átomos que na camada de valência (8 no máximo) quase não possuem elétrons (apesar da soma total de elétrons ser a mesma dos prótons), tendo uma facilidade enorme de desprendê-los. Materiais como cobre, prata, ouro, tem somente um elétron na camada de valência, esses elétrons



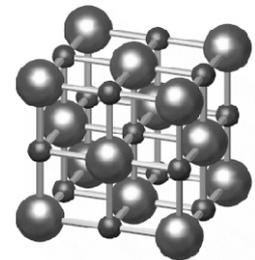
podem, facilmente, desprenderem-se do átomo. Esses materiais são chamados de condutor.

Se tivermos dois corpos eletrizados, um com carga positiva e outro com carga negativa, bastará interligá-los a um material "condutor" que as cargas de um corpo serão facilmente transferidas para o outro corpo, ou seja, um dos elétrons do material eletrizado negativamente pulará para a camada de valência do material condutor e este por sua vez terá facilidade de retirar um elétron e colocar em outro átomo e assim consecutivamente.

Essa troca de cargas (elétrons) ocorre de uma forma ordenada e com sentido bem definido (do corpo negativo para o corpo positivo).

SEMICONDUCTORES

Os semicondutores são elementos que possuem sua camada de valência com 4 elétrons, que podem desprender-se do átomo com certa dificuldade. Como eles não são isolantes (entre 5 e 8 elétrons na camada de valência), e nem condutores (1 a 3 elétrons na camada de valência), devem ser chamados de



SEMICONDUCTORES. Os materiais encontrados na natureza que melhor representam estas características são o **GERMÂNIO** e o **SILÍCIO**.

Os semicondutores são utilizados na fabricação de diodos, transistores, SCR's, etc. Veremos mais sobre esse assunto na segunda etapa deste curso.

ARMAZENAMENTO DE CARGAS ELÉTRICAS

Para que possa circular corrente de um potencial ao outro será necessário que existam dois corpos carregados com cargas opostas. Essa diferença de carga ou **POTENCIAL** entre dois corpos é chamada **DIFERENÇA DE POTENCIAL** ou **TENSÃO**.

PILHAS E BATERIAS

As pilhas ou baterias são artefatos capazes de transformar energia química em energia elétrica, ou seja, capazes de manifestar uma determinada **DIFERENÇA DE POTENCIAL** (figura 11).

A pilha foi inventada pelo italiano **ALEXANDRE**

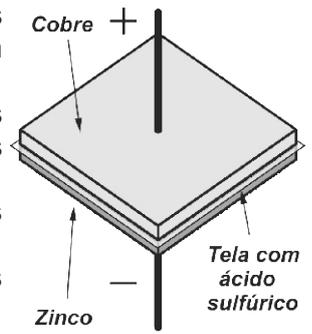


de VOLTA, e constituídos de dois eletrodos e um eletrólito (meio ácido).

Podemos classificar os geradores eletroquímicos em dois grandes grupos:

- a) geradores eletrolíticos primários
- b) geradores eletrolíticos secundários

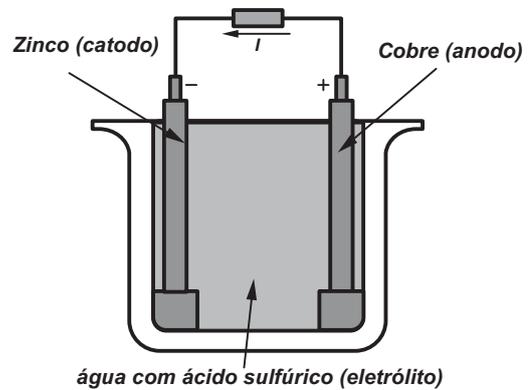
Os geradores primários são as conhecidas pilhas que não são recarregáveis, ou seja, com o passar do tempo a solução se deteriora internamente, tornando inviável seu reaproveitamento. Já os geradores secundários são capazes de serem recarregados, podendo durar muito tempo.



VOLTA, durante uma série de experiências com vários tipos de placas metálicas e soluções ácidas, aproximando-se uma chapa de zinco de uma chapa de cobre, tendo entre elas uma tela impregnada de ácido sulfúrico (figura ao lado). VOLTA observou que havia uma diferença de potencial entre os eletrodos, ficando do lado do cobre o potencial positivo, enquanto do lado do zinco o potencial negativo.

Colocando-se dois eletrodos, sendo um de cobre e outro de zinco, dentro de uma solução de água com ácido sulfúrico (figura 13), pôde-se observar que formava-se a mesma diferença de potencial da experiência anterior. Criou-se daí a chamada pilha de VOLTA, de onde posteriormente surgiu o nome VOLT, unidade de medida da diferença potencial entre dois corpos.

Assim, pode-se definir que todos os geradores eletroquímicos foram desenvolvidos a partir da pilha



Os geradores primários são:

Pilhas de zinco-carbono, alcalina, de mercúrio, de prata, de lítio, etc. Ou seja são todas as fontes de energia acumuladas, que não podem ser recarregadas, uma vez que a energia acumulada se acabe elas devem ser descartadas (jogadas no lixo apropriado para materiais químicos.)

Na figura acima podemos ver alguns exemplos de pilhas “comum”, utilizadas no nosso “dia a dia” viando fornecer “energia” para aparelhos eletrônicos em geral, tais como rádios, gravadores, controle remoto, etc.

baterias recarregáveis



bateria para automóvel



Os geradores secundários são:

Baterias recarregáveis de chumbo, de níquel-cádmio, etc.

Na figura acima podemos ver alguns exemplos de pilhas ou baterias recarregáveis, utilizadas em

aparelhos eletrônicos com fontes recarregáveis, em automóveis, "No-Break", etc. Essas baterias se diferem dos geradores primários, devido o fato dos geradores secundários poderem ser recarregados.

É verdade que as baterias de gel, e principalmente as com as placas "enroladas em espiral" (como é o caso das tais Optima), resistem melhor a vibrações, não sofrem dos problemas de evaporação do electrólito, podem trabalhar em qualquer posição e não apenas na posição mais habitual. De um modo geral, também resistem melhor a situações de descarga profunda e têm muitas vezes um maior número de ciclos de carga/descarga típico. Por todos estes factores, é normal que durem mais do que as baterias mais convencionais.

Para além das vantagens enumeradas acima, as baterias de gel têm igualmente (de um modo geral) uma menor resistência interna (que se traduz numa maior corrente de curto-circuito, para capacidades semelhantes) e é precisamente isso que faz com que se diga que uma bateria de 55 AH de gel é igual ou melhor do que uma de 88 AH das convencionais em termos de accionamento do motor de arranque, por exemplo. Um motor de arranque, no momento em que é acionado e até começar a rodar, funciona como se fosse um curto-circuito para a bateria. Por outro lado, quanto maior for a corrente que passa no motor de arranque, mais "força" ele terá para começar a rodar e, de seguida, mais "força" ele terá para accionar o motor do veículo. Mesmo já com o motor de arranque a girar, apresentando nesse caso já uma resistência eléctrica maior, a corrente que o atravessa será sempre inversamente proporcional à soma da resistência interna da bateria, da resistência dos cabos de ligação e da resistência apresentada pelo próprio motor de arranque. Sempre que um destes factores diminui, por exemplo a resistência interna da bateria, aumenta a corrente eléctrica que circula e, como foi dito acima, a "força" do motor de arranque.



Para maiores informações sobre as matérias da 2a. aula, acesse os links indicados abaixo:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| história da eletricidade | http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_eletricidade |
| estrutura do átomo | http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo |
| química nuclear | http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo |
| cargas elétricas | http://pt.wikipedia.org/wiki/Carga_el%C3%A9trica |
| eletrização | http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletriza%C3%A7%C3%A3o |
| pilhas | http://pt.wikipedia.org/wiki/Pilha |
| baterias | http://pt.wikipedia.org/wiki/Bateria_(qu%C3%ADmica) |

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1) O átomo é composto por _____, _____ e nêutrons.
- 2) A menor porção de uma substância, que ainda conserva suas propriedades, é _____
- 3) A carga elétrica do próton é _____ do elétron negativa e a do nêutron é _____
- 4) A força _____, é responsável pela atração dos _____ pelo núcleo.
- 5) Coulomb estabeleceu que cargas opostas se _____ e cargas _____ se repelem.
- 6) Íons são átomos ou moléculas que possuem _____ elétricas diferentes de zero.
- 7) O movimento dos _____ livres dos átomos dá origem à _____
- 8) Eletrização é o processo pelo qual um corpo pode _____ ou _____ elétrons.
- 9) Podemos eletrizar um corpo (sem contato físico) através de um _____ eletrostático.
- 10) Os elétrons que se desprendem com facilidade do átomo encontram-se na _____
- 11) Átomos com mais de 4 elétrons na última camada são chamados materiais _____
- 12) Átomos que possuem 4 elétrons na camada de valência são chamados de _____
- 13) Quando 2 corpos têm cargas diferentes, dizemos que entre eles existe uma _____
- 14) Os Metais são materiais cujo os átomos possuem _____ na última camada.
- 15) Alexandre Volta inventou a _____, que transforma _____ química em eletricidade.
- 16) Colocando 2 bastões (um de cobre e outro de zinco), numa solução ácida teremos uma _____
- 17) A Bateria do carro é um gerador _____ e a pilha comum é um gerador _____

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-05 à M1-08. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um nível excelente em eletrônica.

AULA

3

GRANDEZAS ELÉTRICAS

Tensão - Diferença de Potencial
Força Eletromotriz - Corrente Elétrica
Sentido da corrente - Resistência Elétrica
As unidades V - A - Ω

Na aula anterior, vimos um histórico muito interessante sobre o estudo dos fenômenos elétricos com seus pesquisadores e estudiosos. A partir desta aula, serão estudadas as grandezas elétricas, fundamentais para sua vida profissional. Conceitos como Tensão, Corrente e Resistência, devem ser muito bem assimilados, criando base forte para a continuação dos estudos.

Mário Pinheiro

TENSÃO ELÉTRICA

Tensão elétrica é a diferença de potencial (nível) elétrico entre dois pontos. Sua unidade de medida é o volt, em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta. Por outras palavras, a tensão elétrica é a "força" responsável pela movimentação de elétrons por um condutor. O potencial elétrico mede a força que uma carga elétrica experimenta no seio de um campo elétrico, portanto a tensão é a tendência que uma carga tem de manter-se em um determinado lugar.

Para facilitar o entendimento da tensão elétrica pode-se fazer um paralelo desta com a pressão hidráulica. Quanto maior a diferença de pressão hidráulica entre dois pontos, maior será o fluxo, caso haja comunicação entre estes dois pontos (veremos mais detalhes adiante).

Assim como falar metragem ou kilogramagem, voltagem está tecnicamente incorreto. Tanto no Brasil como em Portugal, embora usada coloquialmente e igualmente reconhecida, a palavra "voltagem", em linguagem técnica diz-se preferencialmente "diferença de potencial" ou "tensão".

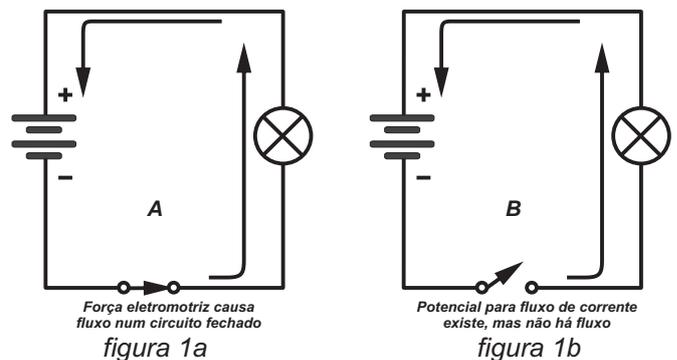
FORÇA ELETROMOTRIZ - DDP - TENSÃO

Para haver uma circulação de elétrons por um condutor e produzir algum trabalho (luz, imagem, som, etc), deverá existir uma força que empurre os elétrons de um lugar a outro. Podemos dar três nomes a essas forças:

FORÇA ELETROMOTRIZ

Como o nome já diz é a força capaz de MOVER ELÉTRONS. Se temos um circuito fechado como mostra a figura 1a, podemos dizer que a força produzida na bateria está criando uma movimentação de elétrons pela lâmpada e esta por

sua vez acaba acendendo (produzindo brilho). A força eletromotriz é a força que coloca os elétrons em movimentação em um circuito fechado.



DIFERENÇA DE POTENCIAL

A diferença de potencial (DDP) é a própria carga que uma bateria tem, independente de estar havendo circulação de corrente ou não. Tanto na figura 1a, como na figura 1b, podemos ver uma bateria que apresenta uma determinada diferença de potencial, apesar da figura 1b, não manifestar movimentação de elétrons em um sentido



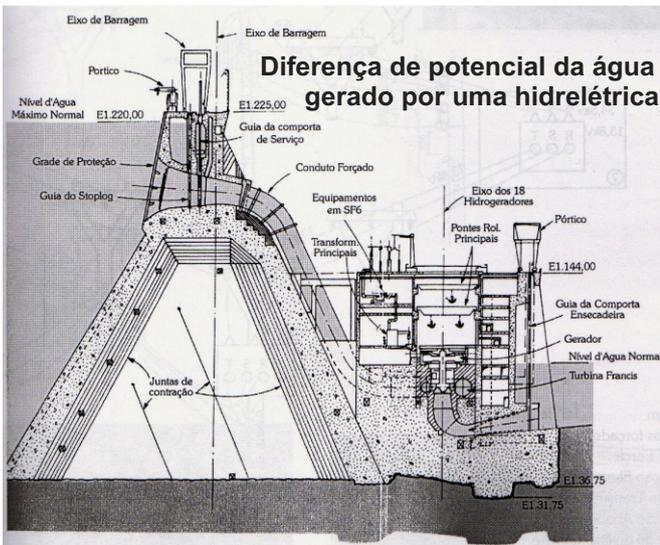
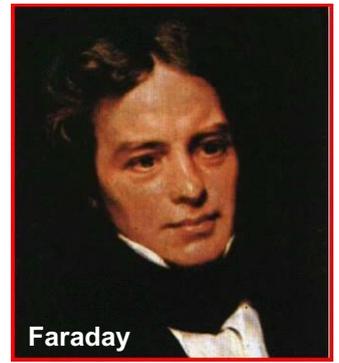
As nuvens podem acumular cargas elétricas e apresentar diferença de potenciais entre elas, produzindo assim os raios



A tensão ou diferença de potencial é uma força que poderá ou não provocar movimento

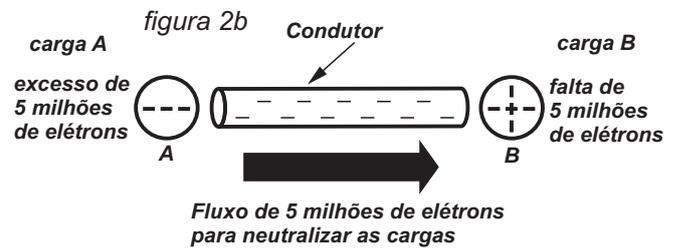
ordenado. Na figura 1b, não há corrente elétrica porque a chave está aberta, apesar da bateria continuar tendo seus eletrodos com cargas diferentes. Existem vários modos para que uma corrente possa manifestar-se

de elétrons até que os dois corpos estejam com cargas nulas. Este efeito ocorre devido aos materiais tenderem ao equilíbrio ou estabilização da tensão. Na figura 2b, já vemos que o corpo "A" apresenta agora 5 milhões de elétrons em excesso, enquanto que no corpo "B" existe uma falta de 5 milhões de elétrons. Interligando estes corpos haverá corrente no mesmo sentido (do corpo "A" para o corpo "B") com mais do dobro de intensidade, pois estão circulando agora 5 milhões de elétrons.



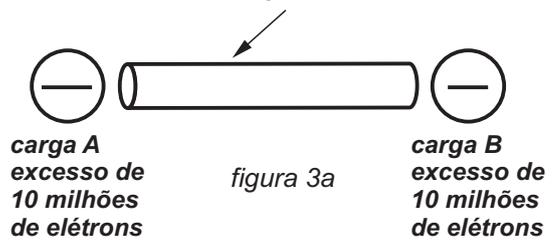
Diferença de potencial da água gerado por uma hidrelétrica

Diferença de potencial gerado pela transformação da energia solar em energia elétrica



Na figura 3, temos dois corpos carregados, sendo que em "A" temos um excesso de 10 milhões de elétrons e em "B" também um excesso de 10 milhões de elétrons. Apesar de haver um grande potencial tanto em um como em outro, estes potenciais são iguais ou seja, os dois corpos têm excesso de elétrons não existindo assim manifestação de corrente circulante.

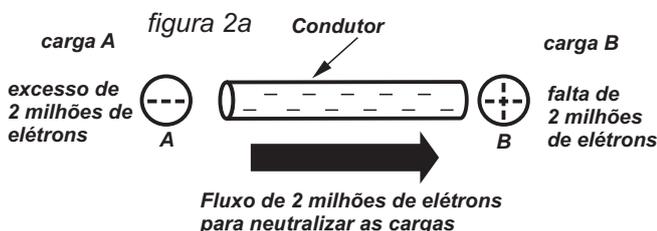
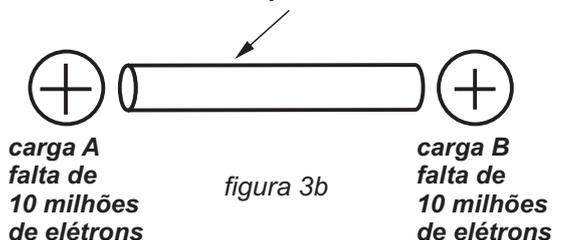
Não há corrente porque as duas cargas estão com mesmo potencial



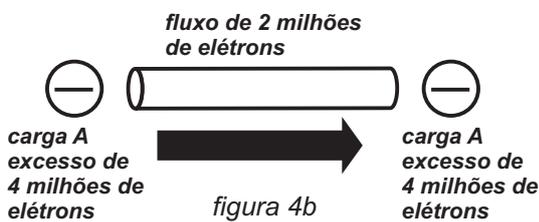
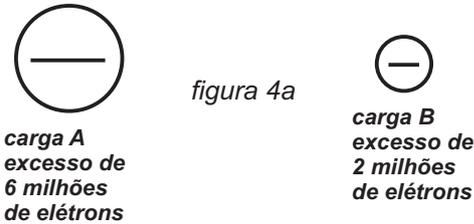
entre dois potenciais. Nas figuras seguintes, podemos ver como modificar a intensidade da corrente de um potencial para outro. Na figura 2a, vemos que existe um corpo "A" com 2 milhões de elétrons em excesso, enquanto, no corpo "B" temos 2 milhões de elétrons em falta. Ligando-se um condutor entre o corpo "A" e o corpo "B", haverá uma circulação de corrente de 2 milhões

Ainda na figura 3b, temos também dois corpos carregados que apresentam falta de elétrons (os dois com falta de 10 milhões de elétrons). Aqui também não haverá circulação de corrente, pois não há diferença de potencial.

Não há corrente porque as duas cargas estão com mesmo potencial

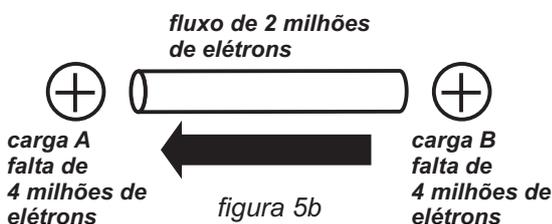
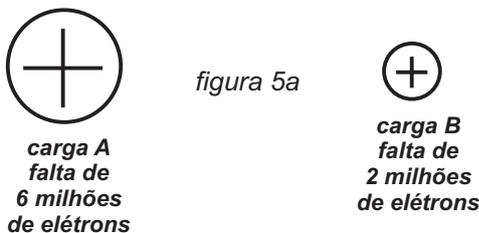


Na figura 4a, vemos um caso muito interessante com dois corpos carregados com potenciais negativos, mas com cargas diferentes. O corpo "A" apresenta excesso de 6 milhões de elétrons enquanto que o corpo "B" apresenta excesso de 2 milhões de elétrons. Os dois corpos possuem excesso de elétrons, mas o corpo "A" poderá fornecer elétrons para o corpo "B" até que tenha a mesma carga negativa.



Assim, vemos na figura 4b que, ao interligarmos os dois corpos por um condutor, haverá uma circulação de corrente de 2 milhões de elétrons do corpo "A" para o corpo "B", ficando os dois corpos com 4 milhões de elétrons cada. Apesar dos corpos não estarem neutralizados, não haverá mais corrente entre eles.

O mesmo pode-se dizer da figura 5a, onde vemos que o corpo "A" possui uma falta de 6 milhões de elétrons, enquanto que o corpo "B" possui uma falta de 2 milhões de elétrons. Interligando um fio entre os dois corpos, do corpo "B" irá circular uma corrente de 2 milhões de elétrons em direção ao corpo "A" (figura 5b), deixando-o menos positivo. Como o corpo "B" cedeu 2 milhões de elétrons, acaba ficando com falta de 4 milhões, o mesmo ocorrendo com o corpo "A" que possuía uma falta de 6 milhões passando agora a 4 milhões. Apesar de apresentarem uma carga positiva, eles estão com a



mesma DIFERENÇA DE POTENCIAL, não havendo mais circulação de corrente.

Apesar do termo ser comumente usado no lugar de diferença de potencial, TENSÃO indica a medida da diferença de potencial ou da força eletromotriz.

A unidade de medida da força eletromotriz ou diferença de potencial é o VOLT (maiores detalhes serão dados adiante).

A letra T é utilizada para simbolizar Tensão, já a letra U é utilizada para simbolizar a diferença de potencial (ddp) e a força eletromotriz utiliza a letra E. Mas como já sabemos as 3 grandezas significam a mesma coisa então:

$$U = T = E = V$$

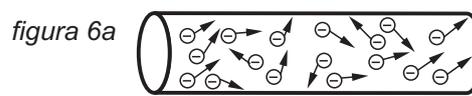
Exemplo : T = 12 volts ou 12 V.

CORRENTE ELÉTRICA

FLUXO DE ELÉTRONS

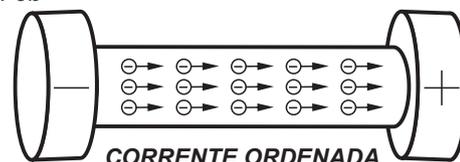
Já havíamos definido que corpos como os metais, possuem na camada de valência, menos de 4 elétrons, o que facilita o seu desprendimento do átomo (sendo que os melhores condutores possuem 1 elétron); da mesma forma, outro átomo próximo ao primeiro, poderá fornecer o elétron para esse que perdeu.

Podemos dizer que existe um fluxo ou deslocamento de elétrons, que é feito de forma aleatória, ou sem sentido definido, resultando em uma neutralidade geral, apesar das trocas e saltos dos elétrons. A figura 6a ilustra o que foi falado acima.



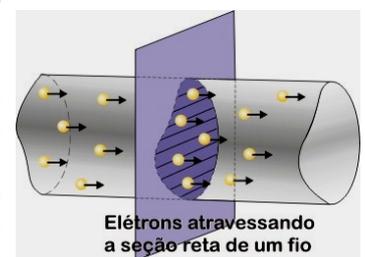
CORRENTE ALEATÓRIA

figura 6b



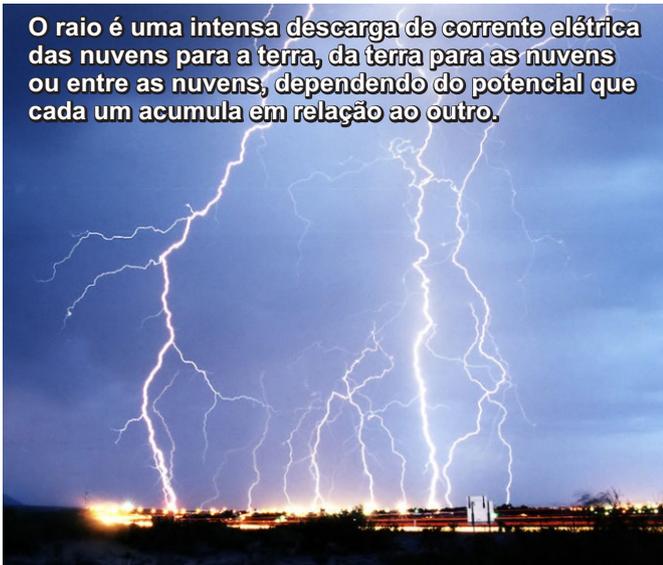
CORRENTE ORDENADA

Mas, quando dois corpos, contendo cargas opostas (diferença de potencial), são interligados com um condutor, haverá a saída de elétrons do corpo de carga negativa para os átomos do elemento condutor, que por sua vez expulsarão seus

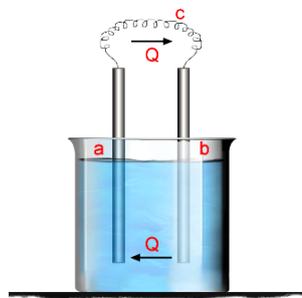


Elétrons atravessando a seção reta de um fio

O raio é uma intensa descarga de corrente elétrica das nuvens para a terra, da terra para as nuvens ou entre as nuvens, dependendo do potencial que cada um acumula em relação ao outro.



próprios elétrons para os átomos seguintes, e assim por diante. O objetivo dessa troca de cargas ou elétrons, é chegar até o potencial positivo, onde existe falta de elétrons (mais prótons do que elétrons).



Com isso, cria-se um sentido de corrente ordenada, que segue somente em um sentido, formando o que chamamos de CORRENTE ELÉTRICA (figura 6b). Já na figura 7,

podemos ver um pedaço de fio interligando o polo positivo ao negativo de uma bateria.

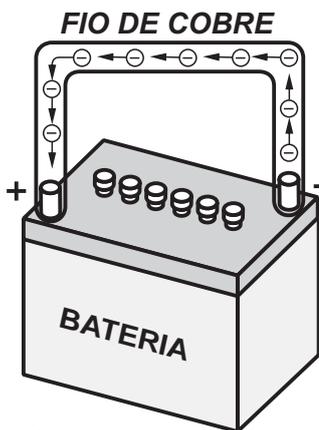


figura 7

até que a diferença entre os potenciais seja cancelada (bateria descarregada).

É claro que a bateria tem como objetivo produzir algum trabalho a partir de sua diferença de potencial e não só produzir uma corrente para o cancelamento das cargas da própria bateria. Assim, podemos dizer que a corrente da bateria poderá produzir o giro do “motor de arranque” ou ainda produzir a iluminação do carro.

ATENÇÃO: se ligarmos um fio de cobre diretamente nos terminais da bateria, como mostra a figura 16,

haverá uma FORTE circulação de corrente, que produzirá grande atrito interno no fio (pela grande movimentação de elétrons), produzindo um forte calor. Assim, não devemos fazer tal ligação.

Outra característica que podemos destacar com respeito a figura 16, é o sentido do fluxo de elétrons, que como já dissemos ocorre do potencial negativo para o positivo.

Na verdade até o final do século XIX, acreditava-se que o fluxo de elétrons ocorria do potencial positivo para o negativo e muita literatura foi escrita assim.

Com a válvula de CROOKES, descobriu-se que o sentido real era o inverso (do negativo para o positivo). Como os efeitos gerais e conclusões não eram modificados, definiu-se que o sentido Real da corrente elétrica é do polo negativo para o polo positivo e que o sentido convencional da corrente elétrica é do polo positivo para o polo negativo. A corrente elétrica é representada pela letra (I) e a unidade de medida da intensidade da corrente elétrica é o Ampère (A). Assim:

Exemplo $I = 2 \text{ A}$ (ampères)

Da mesma forma que o termo voltagem é incorreto, a expressão amperagem também torna-se incorreta. Desta forma devemos evitar falar “a amperagem é de...” e sim “a corrente é de...”.

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

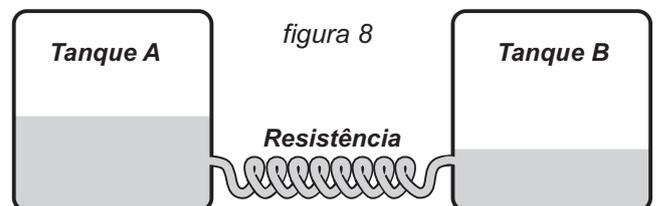
RESISTÊNCIA é a “propriedade” que um material possui de apresentar certa oposição à passagem da corrente elétrica, quando ligado entre dois corpos que apresentam uma diferença de potencial.

A resistência elétrica é medida utilizando a unidade “OHM” e representada pela letra grega ômega (Ω).

A teoria da RESISTÊNCIA é muito simples. Funciona como uma oposição à passagem do fluxo eletrônico, objetivando muitas vezes a produção de algum trabalho específico.

Observando a figura 8, vemos que existe uma diferença de potencial provocada pelo desnível de água entre o recipiente “A” e o recipiente “B”. A ligação entre eles é feita por uma serpentina que apresenta determinada resistência à circulação de água.

Haverá um fluxo de água do tanque A para B, sendo a intensidade deste fluxo determinada pela resistência ou oposição à passagem da água feita pela serpentina. Quanto mais voltas tiver a



serpentina, maior será sua resistência e menor será o fluxo de água.

Quanto maior for a resistência colocada entre os dois tanques, menor será a quantidade de água que se deslocará no mesmo intervalo de tempo entre um tanque e outro.



Resistência utilizada para aquecimento de água em grandes tanques

RESISTIVIDADE DOS CONDUTORES

O valor da resistência de um material condutor, está diretamente ligado a combinação de 4 fatores:

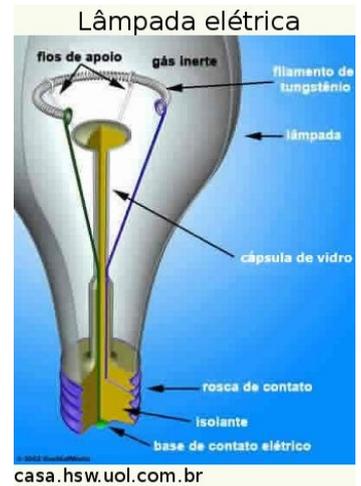
- O material condutor (resistividade)
- O comprimento do condutor
- A área da seção transversal
- A temperatura de trabalho do condutor

OHM (Ω) - UNIDADE DE RESISTÊNCIA

Com a finalidade de obter uma unidade de referência de comparação, com a qual pudesse especificar a resistência elétrica que um determinado metal ou circuito, apresenta à passagem de uma corrente elétrica, foi convenção internacionalmente que 1 ohm equivale à resistência oferecida à passagem da corrente elétrica por uma coluna de mercúrio, de diâmetro constante com 106,3 cm de altura e um

peso de 14,521 gramas a 0° C.

A seguir apresentamos uma tabela da resistividade de alguns elementos (materiais), para o aluno ter uma dimensão de como a resistência elétrica depende principalmente do material de que ela é feita. Nessa tabela salientamos o tungstênio, como um dos materiais de mais baixa resistividade.

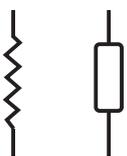


Elementos e ligas	Símbolo Químico	Número atômico	Peso específico em grama por cm ³	Ponto de fusão em °C	Resistividade em ohms-mm ² /M a 20°C
Platina	Pt	78	21,500	1750	0,1184
Tungstênio	W	74	18,700	2970	0,0710
Ferro Fundido	—	—	—	—	0,9200
Mercúrio	Hg	80	13,550	39	0,9567
Níquel	Ni	28	8,700	1452	0,0780
Ní Cromo (Cu 60% - Cr 12% - Fe 28%)	—	—	—	—	1,3700

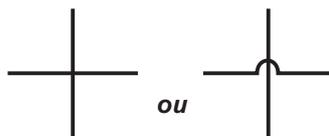
Esta tabela contém a resistividade de alguns condutores. Para se calcular, devemos multiplicar o comprimento (em metros) do condutor pelo valor da resistividade (Ω.mm²/M) e depois dividir pela área da seção transversal do condutor (mm²). Como exemplo vamos pegar um condutor de Níquel de 1mm² de 10 metros de comprimento na temperatura ambiente de 20°C

$$10M \times 0,0780 + 1 \text{ mm}^2 = 0,78 \Omega$$

Símbologia do resistor

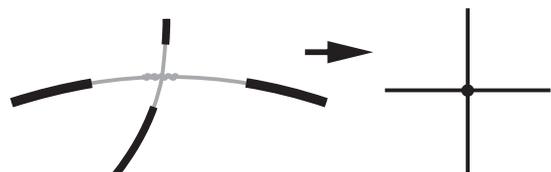


Símbolo de condutor



Símbolo do cruzamento de dois condutores sem que haja contato

Símbolo de condutor com 4 fios emendados



EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1) O movimento ordenado das cargas elétricas por um condutor é chamado de _____
- 2) A corrente por um condutor ligado a 2 corpos com a mesma carga elétrica será _____
- 3) O fluxo de elétrons sempre se dá do potencial _____ para o _____
- 4) Foi convenção que o sentido da corrente elétrica é do polo _____ para o _____.
- 5) A unidade de medida da corrente elétrica é o _____ e o seu símbolo é a letra _____
- 6) Os elétrons são _____ por cargas positivas e _____ por cargas negativas.
- 7) A força que faz os elétrons se moverem num circuito fechado é a _____
- 8) Mesmo sem circulação de elétrons temos uma _____ entre os terminais da bateria.
- 9) A força eletromotriz e a _____, são a mesma grandeza e sua unidade é o _____
- 10) A propriedade de um material oferecer _____ à corrente elétrica é a _____
- 11) A corrente elétrica será _____ proporcional ao valor da resistência do condutor.
- 12) A resistência elétrica será _____ proporcional ao comprimento do condutor.
- 13) Quanto maior a área transversal do condutor _____ será o valor da resistência.
- 14) Um condutor de níquel tem resistência _____ do que um de platina de mesmas dimensões.
- 15) O _____ é a unidade de medida da resistência e seu símbolo é a letra grega _____

QUESTÕES GERAIS DAS AULAS 2 E 3

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 01) Em que século foi concebida a ideia do campo eletromagnético? 02) Qual foi a primeira pessoa que publicou a teoria atômica de constituição da matéria? 03) O que é a ampola de Crookes, e a que ela deu origem? 04) Que experiência Rutherford fez em 1908 e qual foram seus resultados? 05) Quem postulou em 1913 que o átomo é composto de camadas (órbitas) onde circulam os elétrons? 06) O que Roentgen descobriu a partir dos Raios Catódicos no final do século XIX? 07) Para que serve o contador Geiger? 08) O que significa a palavra ÁTOMO? 09) Do que é composto o átomo? 10) O que é matéria? 11) Quais as diferenças e quais as semelhanças entre próton e elétron? 12) Qual a carga elétrica do nêutron? 13) O que é molécula? 14) Qual a carga elétrica do próton? 15) Qual é a menor parte da matéria que mantém as características dos elementos que a compõem? 16) Qual a carga elétrica do elétron? 17) O que é o núcleo do átomo? 18) O que é eletrosfera? 19) O que são íons? 20) Quem estabeleceu a lei básica sobre atração e repulsão de cargas elétricas? 21) O que é força eletrostática? 22) Qual é a LEI de COULOMB? 23) O que é um ÂNION? | <ol style="list-style-type: none"> 24) O que são “cargas” estáticas? 25) Qual a carga elétrica de um CÁTODO? 26) Qual a carga elétrica natural de um átomo? 27) O que são “elétrons livres”? 28) Cite um processo simples para eletrizar um corpo. 29) Que nome se dá a última camada de elétrons do átomo? 30) O que acontece com um átomo que “ganha” elétrons? 31) Como podemos deixar um átomo com carga positiva? 32) Quais elétrons do átomo podem “provocar” a corrente elétrica? 33) O que é eletrização por indução? 34) Por que ocorre o RELÂMPAGO? 35) O que é eletrização por contato? 36) Que “fenômeno” ocorre quando penteamos o cabelo com um pente plástico? 37) Quais são as camadas eletrônicas do átomo? 38) Qual a característica principal dos átomos pertencente às famílias dos metais? 39) O que são isolantes? 40) Por que os átomos “ganham” e “perdem” elétrons? 41) Quais as características dos semicondutores? 42) Quantos elétrons há na última camada dos átomos de um condutor? 43) Quais são os materiais Semicondutores mais usados na eletrônica? 44) Quem inventou a pilha? 45) Qual o princípio de funcionamento de uma bateria de carro? |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 46) Qual a diferença de gerador primário e gerador secundário? | elétrica? |
| 47) O que é corrente elétrica? | 55) Qual a unidade de medida da tensão elétrica? |
| 48) Qual o sentido da corrente elétrica? | 56) Como a bateria gera uma diferença de potencial (ddp)? |
| 49) Qual a diferença entre corrente elétrica e fluxo de elétrons? | 57) Qual a diferença entre força eletromotriz, diferença de potencial e tensão? |
| 50) Qual a unidade de medida da corrente elétrica? | 58) Como as cargas elétricas podem gerar campo elétrico e que relação isso tem com a tensão? |
| 51) Existe corrente elétrica de cargas positivas? | 59) Pode haver tensão elétrica sem corrente? |
| 52) O que deve acontecer se ligarmos um fio elétrico entre os 2 terminais de uma bateria? | 60) O que é resistência elétrica? |
| 53) O que é diferença de potencial? | 61) Qual a unidade de medida de resistência elétrica? |
| 54) O que é necessário para "gerar" corrente | |

Para maiores informações sobre as matérias da 3a. aula, acesse os links indicados abaixo:

<http://www.portalimpacto.com.br/docs/00000RenanVestAula09DiferencadePotencialEletrico.pdf>

experiências diversas:

<http://www.feiradeciencias.com.br/sala11/index11.asp>

resistências elétricas:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Resist%C3%Aancia_el%C3%A9trica

GERAÇÃO DE ENERGIA (apêndice)

Células solares têm avanço na indústria e no laboratório

Site Inovação Tecnológica
Agostinho Rosa - 28/09/2009

Protótipo das células solares empilhadas mecanicamente, onde a célula superior é transparente ao comprimento de onda captada pela célula que fica embaixo. [Imagem: IMEC]

O instituto de pesquisas IMEC, da Bélgica, apresentou de uma só vez dois avanços importantes, um dos quais inédito, na fabricação das células solares fotovoltaicas feitas de semicondutores.

As células solares semicondutoras representam o tipo mais tradicional de célula solar e, apesar dos crescentes avanços nas células solares orgânicas, continuam com larga vantagem em termos de eficiência na conversão da luz solar em eletricidade.

Como elas continuam muito caras, todos os avanços são importantes para a viabilização da energia solar fotovoltaica - que transforma a luz solar diretamente em eletricidade, - que vem cedendo espaço para a energia solar termovoltaica - que utiliza o calor do Sol para gerar vapor que movimenta uma turbina tradicional.

Eficiência pronta para uso

O primeiro avanço é uma célula solar de alta eficiência, com uma taxa de conversão de 18,4%, e fabricada em uma área muito grande, de 125 centímetros quadrados, já em um processo de produção industrial.

A célula solar possui um emissor raso, resultando em um melhor aproveitamento da luz solar na faixa azul do espectro, o que ajudou a elevar sua eficiência. Para os contatos frontais foi utilizada uma nova metalização à base de cobre, aplicada sobre aberturas no revestimento antirreflexivo. O cobre está sendo utilizado em substituição à prata, que é muito mais cara, resultando em uma célula solar mais barata.

Segundo os pesquisadores, a nova geometria do emissor aponta para a possibilidade da construção de células solares com uma espessura de apenas 40 micrômetros e eficiência superando os 20%.

Empilhamento inédito

O segundo avanço é um empilhamento mecânico de duas células solares, criando uma célula multijunção - cada junção semicondutora é projetada para capturar um comprimento de onda diferente. A primeira célula é feita de arseneto de gálio (GaAs) e a segunda de germânio (Ge).

Como, no primeiro avanço relatado acima, os pesquisadores já vislumbram a possibilidade de fabricar cada uma de suas células individuais com uma eficiência ultrapassando os 20%, duas células complementares empilhadas poderão resultar em rendimentos acima dos 40%.

Célula solar transparente

Mas como dá para empilhar duas células solares se o maior desafio dos engenheiros ao longo dos anos tem sido fabricar células nas quais nada fique no caminho da luz, permitindo que a maior quantidade possível de fótons atinja as junções semicondutoras que produzem a eletricidade?

A solução tem um conceito simples, embora sua realização somente agora tenha sido alcançada: a célula solar que vai na parte de cima, feita de GaAs, é superfina e transparente para a luz infravermelha. E a célula inferior, de Ge, captura esse comprimento de onda para gerar eletricidade.



A eficiência da célula superior de GaAs é de 23,4%, muito próxima às células estado da arte feitas com esse material, mas que não possuem a vantagem da transparência e nem a baixa espessura. A eficiência da célula de germânio é de 3,5%, o que é superior ao aproveitamento da luz infravermelha em outras células solares do mesmo material.

Ao contrário das células solares multijunção tradicionais, que são construídas em um mesmo bloco - diz-se que elas são "monoliticamente empilhadas" - a solução agora desenvolvida é mais flexível, já que as duas células são fabricadas independentemente e simplesmente empilhadas, cada uma mantendo os seus contatos elétricos. Isso mantém as portas abertas para a adição de uma terceira célula solar, de índio-gálio-fósforo, criando uma célula solar multijunção montada mecanicamente.

Aplicações de ponta

No estágio atual, a eficiência total da célula multijunção empilhada já atinge 26,9%, o que é bastante superior aos 18,4% do primeiro avanço, relatado acima. Ocorre que os dois não são diretamente comparáveis porque o primeiro avanço se refere a uma célula solar já em nível de produção industrial, enquanto as células empilhadas mecanicamente são ainda uma demonstração em escala de laboratório. Mas, mesmo aqui, os pesquisadores estão entusiasmados, afirmando que deverão ter uma célula empilhada de tripla junção já em 2010.

Os cálculos teóricos indicam que esta nova célula empilhada deverá ter uma eficiência de 1 a 2% acima das atuais células monolíticas (chegando a 40% de eficiência total com iluminação concentrada).

O empilhamento de células solares combina diferentes materiais semicondutores para capturar e converter uma parte maior do espectro eletromagnético do que é possível com um único material. Contudo, construí-las, sendo em uma única célula monolítica, ou no processo de empilhamento mecânico agora desenvolvido, é ainda uma tarefa complicada e cara, o que deverá manter essas células solares de alta eficiência voltadas para aplicações de ponta, principalmente na área espacial.

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-09 à M1-12. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um nível excelente em eletrônica.

ASPECTO REAL, NOME E SIMBOLOGIA DE ALGUNS COMPONENTES

DESENHO REAL	Nome - Símbolo	DESENHO REAL	Nome - Símbolo	DESENHO REAL	Nome - Símbolo
	capacitor cerâmico 		chave 		chave
	LDR 		lâmpada 		capacitor cerâmico tipo plate
	Potenciômetro 		bateria 		capacitor eletrolítico
	c) bateria 		resistor comum ou de carvão 		lâmpada
	resistor de fio 		Potenciômetro duplo 		fusível OU
	capacitor zebrinha 		lâmpada 		bateria
	resistor de fio 		capacitor de tântalo 		transformador
	trimpot 		capacitor de poliéster 		diodo
	resitor de fio ajustável 		Plug bipolar 		transistor

AULA

4

ANÁLISE DE CIRCUITOS

Circuito básico com uma lâmpada

Usando o Multímetro para medir tensões

Análise de Defeitos em malhas simples

Análise de Defeitos com duas ou mais lâmpadas

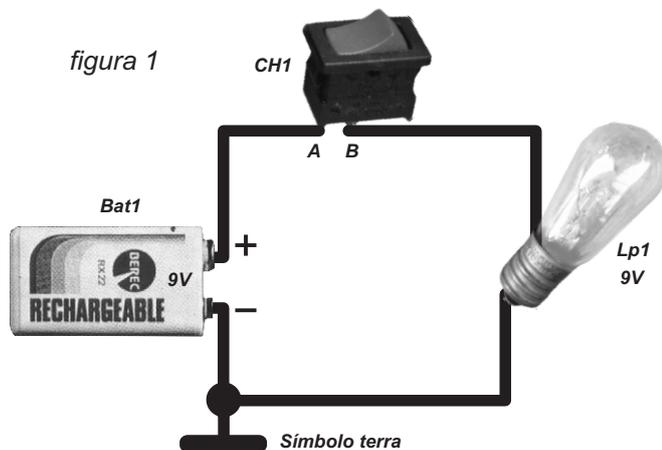
Resistores - tipos e código de cores

Nesta aula, começamos a analisar o circuito elétrico mais simples que existe, formado por uma fonte, chave e lâmpada. A partir deste circuito, passaremos a utilizar o multímetro em sua escala de tensão, de forma a obter as medições de tensão de vários pontos e de vários modos. Alertamos ao aluno que não possui habilidade no trato com o multímetro que acesse o site sugerido no final da lição. Ainda nesta, começaremos o estudo em um dos componentes mais importantes da área de eletroeletrônica: o resistor.

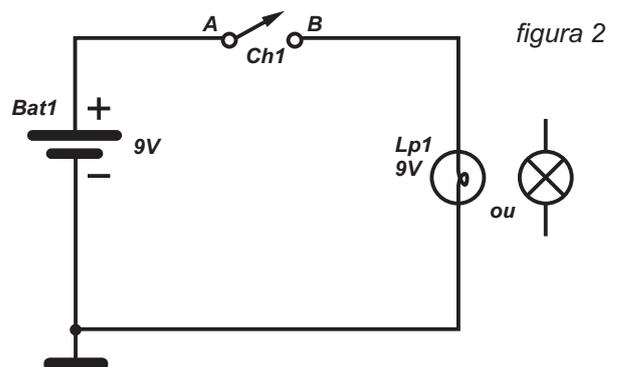
Mário Pinheiro

CIRCUITO ELÉTRICO BÁSICO COM UMA LÂMPADA

Ao aprender que de posse de uma diferença de potencial, podemos ter uma corrente elétrica circulante entre os dois pontos desta diferença de potencial, desde que seja colocada uma resistência entre eles, para que a corrente seja controlada. Podemos visualizar a figura 1, que é um circuito prático envolvendo as 3 grandezas abordadas anteriormente (diferença de potencial, corrente elétrica e resistência elétrica).



onde encontramos 9V. Logo em seguida, posicionamos as pontas do multímetro sobre a lâmpada. Vamos ressaltar aqui, que o multímetro na posição de medição de tensão, poderá ser chamado de voltímetro, que é somente uma das funções que ele executa. Assim, vemos que a tensão medida é de 0V (zero volt).



Mudando agora, as pontas do voltímetro para os terminais da chave "ch1", acabamos encontrando a tensão de 9V. Essa medição é estranha, pois dá a impressão que a diferença de potencial, saindo da bateria se deslocou para a chave!!!

NA VERDADE, ISSO REALMENTE ACONTECEU! POIS A CHAVE ABERTA É A MAIOR OPOSIÇÃO (OU RESISTÊNCIA) À PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA. QUANDO DESLIGAMOS A CHAVE LIGADSLIGA DE QUALQUER APARELHO, A TENSÃO DA FONTE NÃO DESAPARECE, MAS VAI PRESSIONAR O COMPONENTE QUE ESTÁ OFERECENDO A MAIOR RESISTÊNCIA À PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA.

USANDO O MULTÍMETRO PARA MEDIR TENSÕES

Temos uma bateria de 9V, que tem seu potencial positivo ligado ao terminal da chave, sendo o outro terminal dessa, ligado a uma lâmpada de 9V. O outro polo da lâmpada, completa o circuito até o potencial negativo da bateria. A representação esquemática do circuito pode ser vista na figura 2. Com a chave "ch1" aberta, teremos a diferença de potencial saindo dos terminais da bateria, mas esta d.d.p. (diferença de potencial) acaba não chegando à lâmpada. A figura 2, mostra-nos a situação com a chave aberta.

Para medir tensões contínuas com o voltímetro, primeiramente colocamos a chave de seleção em Vdc e usamos uma escala onde a tensão máxima

seja superior a tensão da fonte de alimentação do circuito. No caso que iremos estudar, terá como fonte de alimentação uma bateria de 9 volts, então usaremos a escala de 20Vdc para o voltímetro. Neste circuito (fig.3), podemos ver uma bateria ligada a uma lâmpada através de uma chave (Ch1).

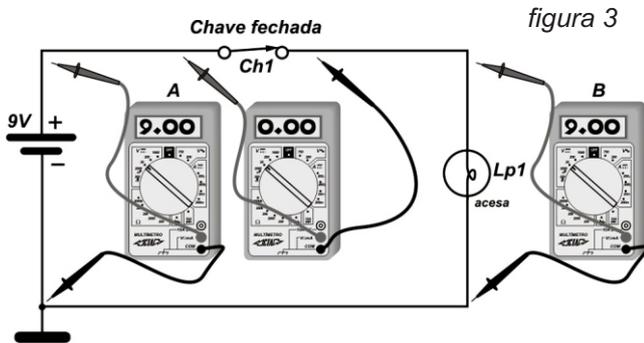


figura 3

Como a lâmpada está acesa, podemos afirmar que existe uma corrente passando pela lâmpada, e como é um circuito único, esta mesma corrente também deverá estar passando pela chave que está fechada; este circuito único damos o nome de circuito série, já que um componente vem depois do outro formando uma ligação serial, começando pelo polo positivo da bateria, condutor, chave Ch1, condutor, lâmpada Lp1, condutor e finalmente terminal negativo da bateria, fechando o circuito.

Para medir a tensão da bateria, devemos posicionar a ponta preta (-) do voltímetro no polo negativo da bateria e a ponta vermelha (+) no polo positivo da bateria, a leitura do display do voltímetro mostrará a tensão da fonte no nosso caso: 9.00, o que indica que a tensão da fonte está OK, e mede 9 Vdc (volts de tensão contínua), conforme figura acima.

Para medir a tensão sobre um componente, devemos posicionar uma ponta de cada lado do componente, ponta preta abaixo da lâmpada (um terminal) e ponta vermelha acima da lâmpada (outro terminal da lâmpada). Se a leitura for positiva, indica que a ponta vermelha está no terminal de maior tensão (terminal +) e a ponta preta no terminal de menor tensão (terminal -), o voltímetro mede tensão ou seja diferença de potencial e portanto não importa a tensão de um dos terminais e sim a diferença de tensão entre eles. Então, se a leitura for positiva, indica que os terminais do voltímetro estão colocados na ordem certa (ponta preta na menor tensão), mas caso a tensão indicada seja negativa, significará que as pontas estão trocadas e saberemos então que é a ponta vermelha que está na posição de menor tensão. No nosso caso, a tensão mostrada foi também 9.00, o que indica que a diferença de potencial sobre a lâmpada é de 9V e que a tensão menor está no terminal abaixo da lâmpada.

Por último, vamos medir a tensão sobre a chave "Ch1". Vamos colocar uma ponta em cada um dos terminais da chave sendo que a leitura deverá ser de "0.00", indicando que não há diferença de

potencial ou tensão sobre a chave.

Neste ponto, o aluno deverá perguntar do por que não existir tensão sobre a chave, se afirmamos existir corrente circulando por ela, visto que a lâmpada está acesa??? Bom, podemos realmente afirmar que a corrente está saindo do polo positivo da bateria passando pela chave e depois passa pela lâmpada fazendo a mesma acender e depois termina no polo negativo da bateria, mas como já comentamos, tensão é igual à diferença de potencial, e 0 Vdc (tensão sobre a chave) apenas indica que não há diferença de potencial sobre os terminais da chave.

Mas o que significa este zero sobre a chave? Significa que apesar de termos corrente, a chave é um "curto", ou seja um bom condutor de corrente e de resistência próxima de zero. Logo, esta resistência não se opõe à corrente elétrica e por isso não provoca queda de tensão sobre os terminais da chave (de um terminal ao outro há um curto). Dessa experiência, podemos então definir o "curto-circuito" como sendo um ponto de passagem de corrente com resistência de aproximadamente 0 ohm (zero ohm) e que não gera queda de tensão sobre os extremos, e para chave fechada, também teremos a mesma definição.

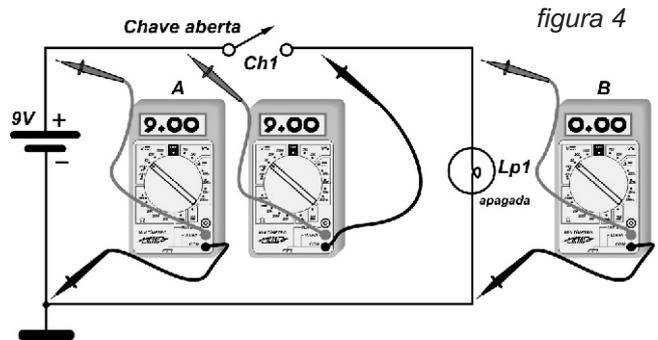


figura 4

Este segundo circuito (figura 4), aparentemente é igual ao primeiro, mas verificando melhor, veremos que a chave está aberta e a lâmpada apagada, indicando que não existe corrente passando pela lâmpada.

Medindo novamente a bateria, encontramos 9 Vdc, como esperado, mostrando que está em boas condições. Partindo agora para a tensão sobre a lâmpada, encontramos 0 Vdc, indicando que não existe corrente circulando por ela, pelo fato de não ter diferença de potencial. Disto, podemos chegar a uma outra conclusão: Quando não temos corrente em um componente também não temos queda de tensão sobre ele independente do valor de sua resistência.

Mas o inverso nem sempre é verdadeiro, pois, como vimos no circuito anterior, tínhamos 0 volt sobre a chave, e havia corrente circulando por ela (na verdade, a chave possui somente dois estados de trabalho, sendo um com resistência altíssima – aberta; ou com resistência de zero ohm – chave fechada).

E por último, medindo a tensão sobre a chave Ch1, vamos encontrar 9 Vdc, indicando que a chave aberta é como uma resistência de valor infinito (muito grande), onde não haverá passagem de corrente elétrica e toda tensão da bateria ficará sobre a chave.

Medição de tensão mantendo uma das pontas em um ponto único

Vimos na série de medições do circuito anterior, que deslocamos as duas pontas do multímetro para verificar as tensões SOBRE os terminais dos componentes, verificando quando os mesmos recebem a tensão da fonte ou não. Mas a partir de agora, manteremos a ponta de prova negativa do multímetro ou voltímetro (preta) em posição fixa no polo negativo da bateria ou fonte (figura 5).

Deveremos fazer isso, pois esta é a prática comum das medições dos equipamentos que saem de fábrica, e que tem suas tensões anotadas nos circuitos elétricos.

Agora não mais vamos medir a diferença de potencial sobre os componentes, e sim o potencial de cada ponto em relação a um potencial referência (geralmente o polo negativo da fonte) que vamos chamar de “terra”, sendo para nós o potencial de

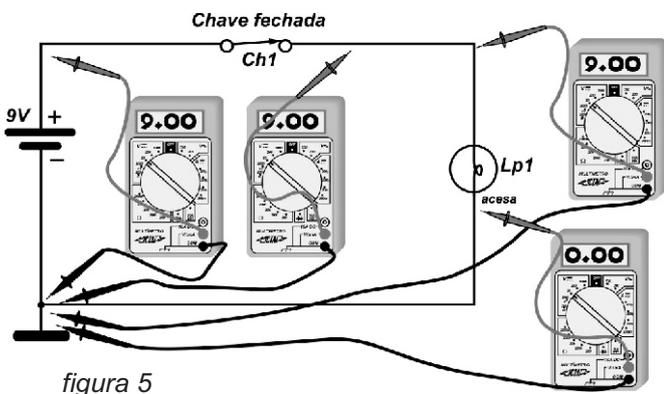


figura 5

referência que terá sempre o valor de zero volt. Se a leitura do voltímetro for positiva, vai indicar que o potencial medido será maior que o potencial “terra”. No caso de leitura negativa, indicará que estamos num potencial menor que o potencial terra. Neste caso, a análise será idêntica a do potencial positivo, mas devemos lembrar que a corrente terá seu sentido inverso.

Voltando ao circuito (figura 5), teremos a leitura da bateria que mostra “9,00”, indicando que a fonte está com 9 volts.

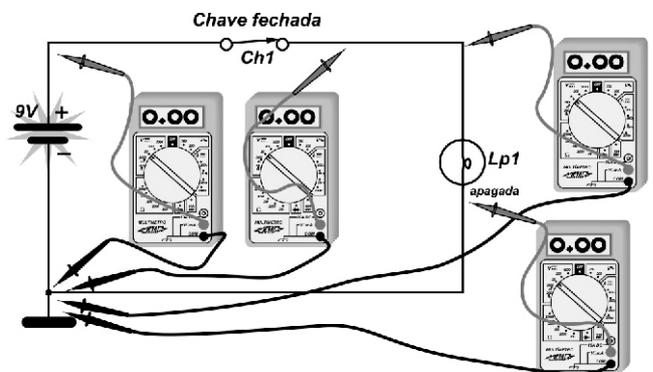
No polo superior da lâmpada, também encontramos 9Vdc indicando que este polo está “curto-circuitado” ao polo positivo da bateria (mesmo potencial). Já no polo inferior da lâmpada, teremos indicação “0,00”, indicando que este polo está no mesmo potencial do “terra” (polo negativo da bateria). Podemos calcular a diferença de potencial sobre a lâmpada ($9V - 0V = 9V$) e vamos encontrar 9Vdc, que foi a

tensão medida inicialmente no primeiro circuito. Na chave “Ch1” vamos medir no terminal esquerdo 9 Vdc e no terminal direito também 9Vdc, comprovando que realmente na chave foi aplicada tensão de 9 Vdc, mas a queda de tensão sobre ela (ddp) será de zero volt ($9V - 9V = 0V$), como já havíamos comprovado na primeira experiência (figura 3).

ANÁLISE DE DEFEITOS

No circuito proposto a seguir, temos uma bateria (ou fonte) cujo objetivo é criar uma diferença de potencial, produzindo uma corrente circulante pela lâmpada, fazendo-a acender. Vários defeitos foram propostos e a compreensão de cada um, formará a base de raciocínio de cada aluno.

1º Defeito: Lâmpada não acende (Ch1 ligada).

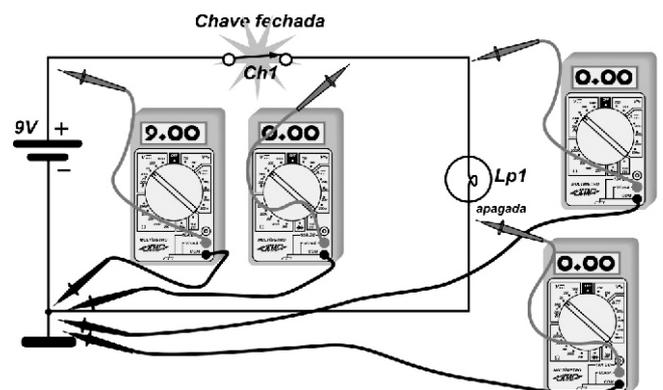


Como vemos na figura acima, começamos a análise verificando a tensão no polo positivo da bateria (ou fonte), onde encontramos 0V (devemos lembrar ao aluno, que a outra ponta do multímetro “preta” está no potencial negativo da bateria). Como não existe diferença de potencial entre os elementos da bateria, também não poderia haver corrente circulante pelo circuito, mantendo a lâmpada apagada. Se medirmos as tensões nos outros pontos, encontraremos sempre 0V.

CONCLUSÃO : Bateria descarregada.

2º Defeito: Lâmpada não acende (Ch1 ligada)

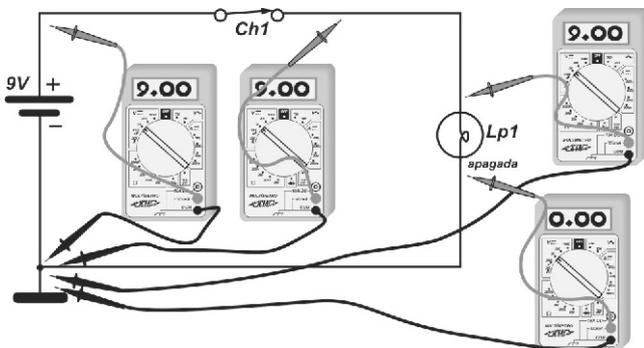
Como vemos pela figura abaixo, devemos começar



a análise verificando a tensão da bateria (ou fonte), onde encontramos 9V, que é considerada tensão normal, ou seja, há diferença de potencial para alimentação do circuito. Passamos então o voltímetro para o pino de entrada da chave “Ch1”, onde encontramos também 9V (normal). Passamos então para o pino de saída da chave, onde a tensão encontrada foi de 0V. Como foi indicado que a chave está ligada, deveria haver também 9V (chave fechada = curto) após a chave, e como não há esta tensão, já podemos determinar que essa chave, apesar de estar ligada, está interrompida internamente.

CONCLUSÃO : Chave interrompida (aberta apesar de ligada)

3° Defeito: Lâmpada não acende (Ch1 ligada)

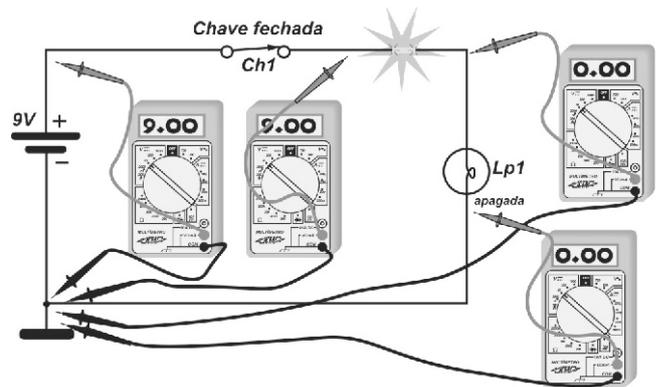


Como vemos pela figura acima, começamos novamente a análise verificando a tensão no terminal positivo da bateria (ou fonte), onde encontramos 9V (normal). Passamos então para a verificação da tensão na entrada da chave “Ch1” onde havia 9V (normal). Fomos então para o pino de saída da chave, onde também havia 9V (normal). Medindo a tensão no terminal de cima da lâmpada encontramos 9V (normal) e finalmente faltava medir o terminal de baixo da lâmpada onde encontramos 0V. Medindo 9V de um lado da lâmpada e zero volt do outro lado, temos 9V sobre os terminais da lâmpada, que deveria provocar seu acendimento. Como isto não ocorre podemos afirmar que a lâmpada está interrompida (“queimada” ou com filamento aberto).

CONCLUSÃO : Lâmpada “queimada” ou “aberta”.

4° Defeito: Lâmpada não acende (Ch1 ligada)

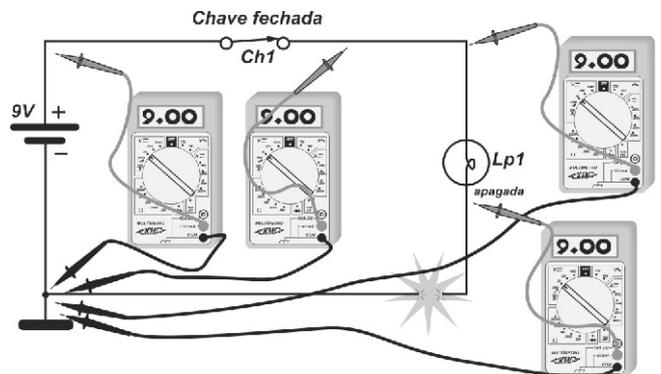
Como vemos pela figura a seguir, começamos a análise verificando a tensão no polo positivo da bateria (ou fonte), onde encontramos 9V (normal). Passamos então para a verificação da tensão na entrada da chave “Ch1” onde havia 9V (normal). Fomos então para o pino de saída da chave onde também havia 9V (normal). Medindo a tensão no terminal de cima da lâmpada encontramos 0V. Não poderia haver zero volt neste ponto, pois é o mesmo ponto de ligação da saída da chave. Neste



caso, devemos retornar com a ponta vermelha do voltímetro, até verificar onde está o ponto de interrupção da placa de circuito impresso ou do fio. Neste caso deve ser observado que logo após a chave temos 9V e na entrada da lâmpada que seria o “mesmo ponto” temos zero volt. Isto significa dizer que temos 9V sobre o ponto que está da saída da chave até a entrada da lâmpada. Movendo somente a ponta vermelha, se a análise está sendo feita em placa de circuito impresso de cobre, podemos descobrir o ponto exato da interrupção.

CONCLUSÃO : Fio ou trilha interrompida entre a chave e a lâmpada.

5° Defeito: Lâmpada não acende (Ch1 ligada)



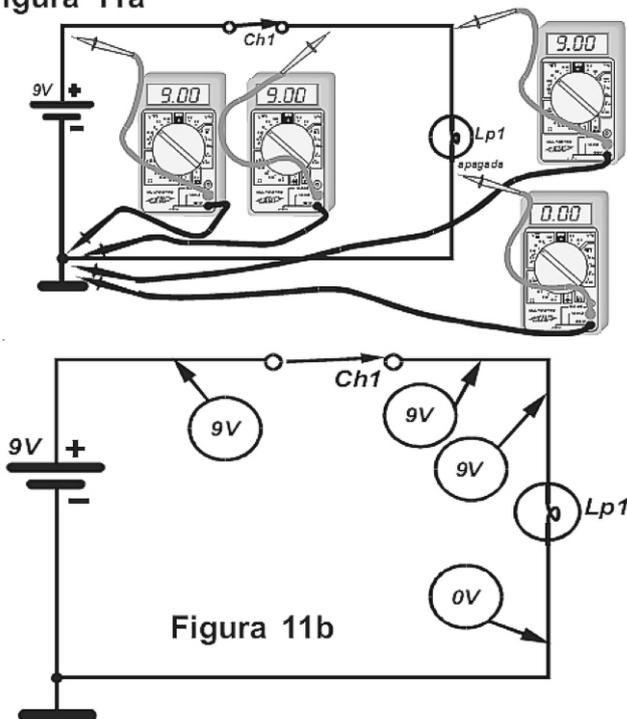
Como vemos na figura acima, começamos a análise verificando a tensão no polo positivo da bateria (ou fonte), onde encontramos 9V (normal). Passamos então para a verificação da tensão na entrada da chave “Ch1” onde havia 9V (normal). Fomos então para o pino de saída da chave onde também havia 9V (normal). Medindo a tensão no terminal de cima da lâmpada encontramos 9V (normal) e finalmente faltava medir o terminal de baixo da lâmpada onde também encontramos 9V. Notem que em um fio, não poderíamos medir uma queda de tensão de 9V, pois no ponto negativo da bateria temos zero volt e no lado de baixo da lâmpada (que é o mesmo ponto), também 9V. Fica claro que existe algum ponto interrompido, que deve ser encontrado, deslocando-se a ponta de prova vermelha, até encontrar a queda de tensão de 9V.

CONCLUSÃO : Fio interrompido entre a lâmpada e o terminal negativo da bateria (terra).

REPRESENTAÇÃO DE TENSÕES PARA ANÁLISE DE DEFEITOS

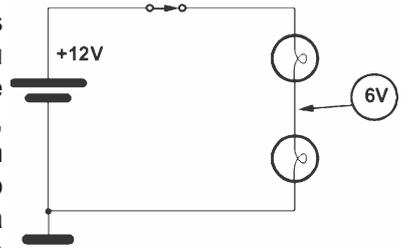
A figura 11b, mostra-nos uma representação mais simples do circuito da figura 11a, que utilizaremos no decorrer do curso para a indicação de tensões medidas para os defeitos analisados. As tensões dos círculos serão sempre indicadas em relação à massa (terra) e representarão a tensão indicada pelo voltímetro, quando colocada sua ponta positiva (vermelha) neste ponto, a ponta negativa (preta) do voltímetro está fixa no "terra" (polo negativo da fonte).

Figura 11a



CIRCUITO SÉRIE COM MAIS DE UMA LÂMPADA

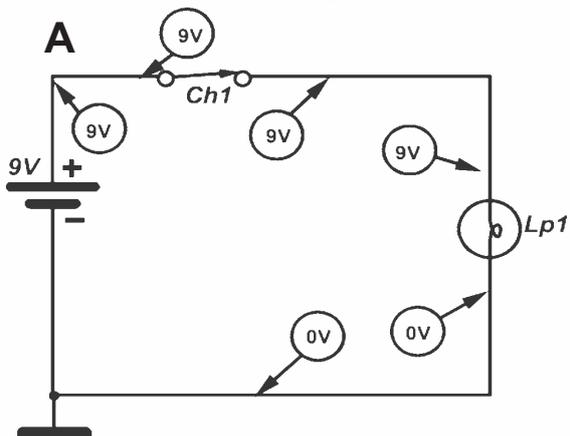
Podemos afirmar que quando temos duas lâmpadas ou dois resistores de mesmo valor, posicionados em série no circuito (série significa que a mesma corrente passa obrigatoriamente pelos dois ou mais componentes), receberão a tensão ou diferença de potencial da fonte, sendo esta dividida entre os componentes de forma proporcional. Na figura acima, apresentamos duas lâmpadas iguais, ligadas em série e a uma bateria. Fica claro que se houver tensão na fonte (bateria), essa passará para as lâmpadas gerando uma corrente, produzindo o acendimento destas. Se as lâmpadas forem feitas para trabalhar com uma tensão de 6 volts, cada uma delas receberá essa tensão, pois no extremo delas, teremos 12V aplicados no total, tendo uma "QUEDA DE TENSÃO" de 6V em cada lâmpada.



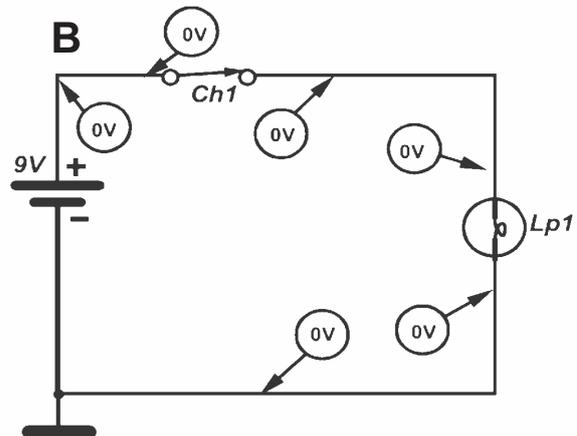
Apesar das lâmpadas serem consideradas "resistências" pois opõem-se a passagem de corrente elétrica, elas NÃO são especificadas por sua resistência (ohms) e sim pela sua tensão de trabalho (12V; 127V ou 220V) e também por sua potência na tensão correta (10W, 60W, 100W, etc.). Já a especificação básica dos resistores, será sua resistência em ohms e sua dissipação de potência máxima dada em watts. Voltando agora as medições sobre as quedas de tensões, podemos dizer que não importa se são lâmpadas ou resistores, o que importa é que se forem de valores iguais, sofrerão a mesma diferença de potencial, que neste caso será de 6V.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

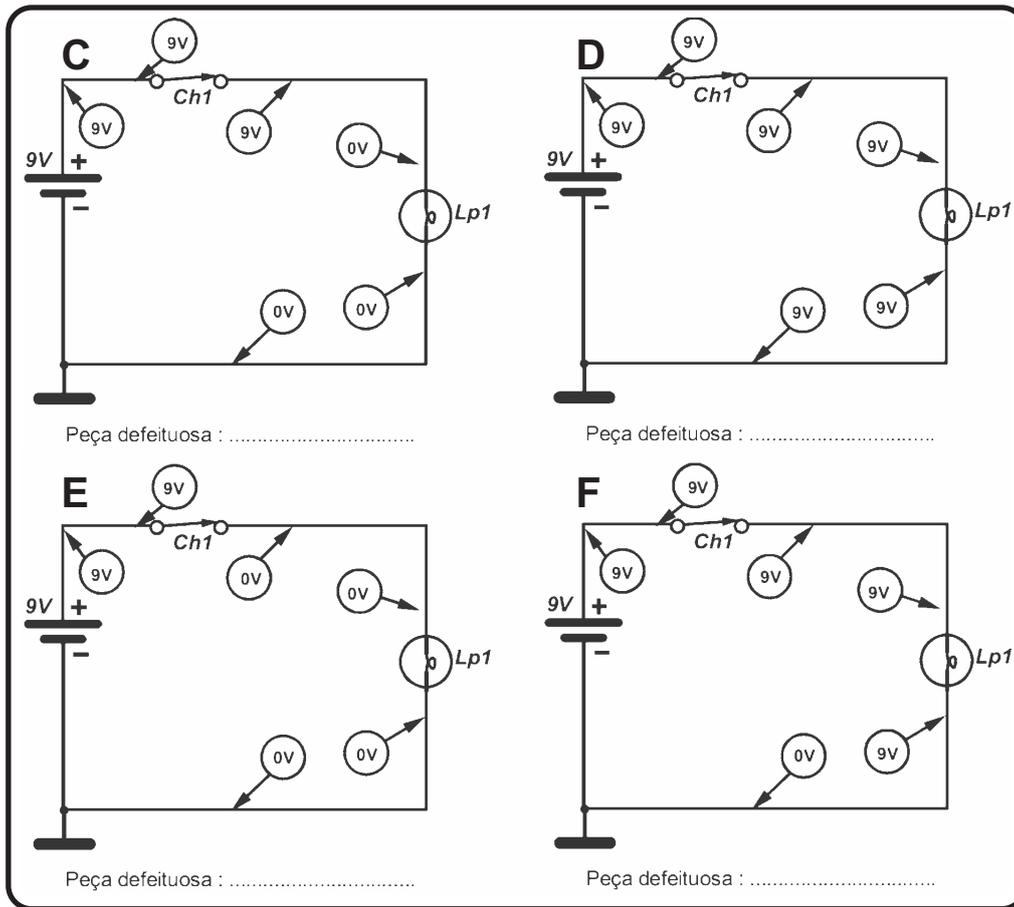
Nas figuras abaixo temos vários circuitos contendo uma bateria, uma chave e uma lâmpada, sendo eles interligados. São propostos vários defeitos, todos com a lâmpada apagada. Muitos deles já foram vistos anteriormente, mas será um excelente exercício de fixação da ideia de análise. Os círculos mostram as tensões medidas com o voltímetro (negativo fixo no terra).



Peça defeituosa :



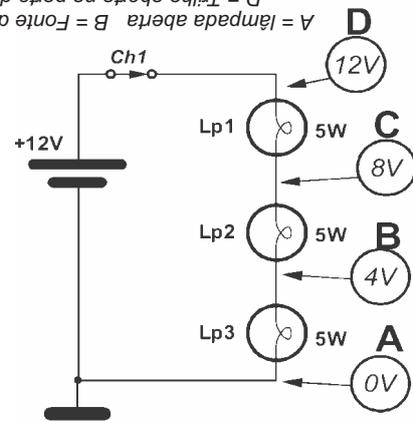
Peça defeituosa :



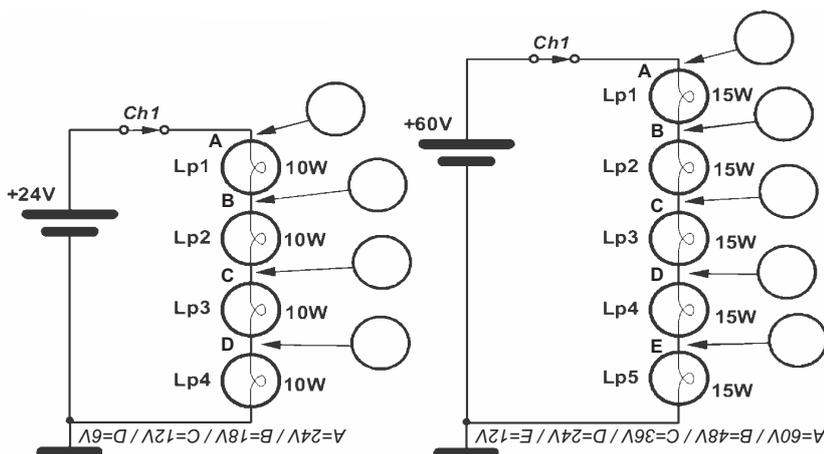
F = Trilha aberta abaixo da lâmpada, entre o ponto 9V e 0V.
 D = Trilha aberta na parte de baixo, antes do símbolo massa E = chave aberta - interrompida
 A = lâmpada aberta B = Fonte de alimentação sem tensão C = trilha aberta entre a chave e a lâmpada

EXEMPLO

Como temos 3 lâmpadas iguais, dividiremos a tensão da bateria por três; logo $12V : 3 \text{ partes} = 4V$ para cada lâmpada. Em seguida, coloca-se ao lado de cada lâmpada o valor da sua queda de tensão (4V neste caso). Para descobrir as tensões nos pontos A, B, C e D, devemos somar as quedas de tensões à partir do ponto A que é o ponto que está o negativo da bateria. Assim, a tensão no ponto B será a queda de tensão sobre Lp3, ou seja, 4V. No ponto C, teremos a soma das quedas de tensões nas lâmpadas Lp3 + Lp2 (4V + 4V), que será igual a 8V. E no ponto D temos a soma das quedas de Lp3 + Lp2 + Lp1 (4V + 4V + 4V = 12V).

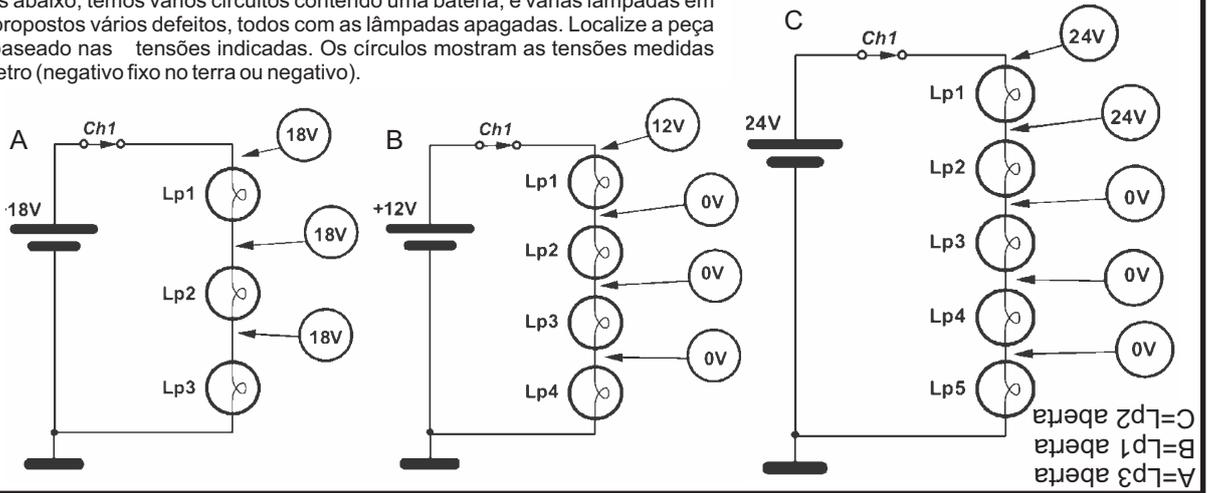


EXERCÍCIOS PROPOSTOS

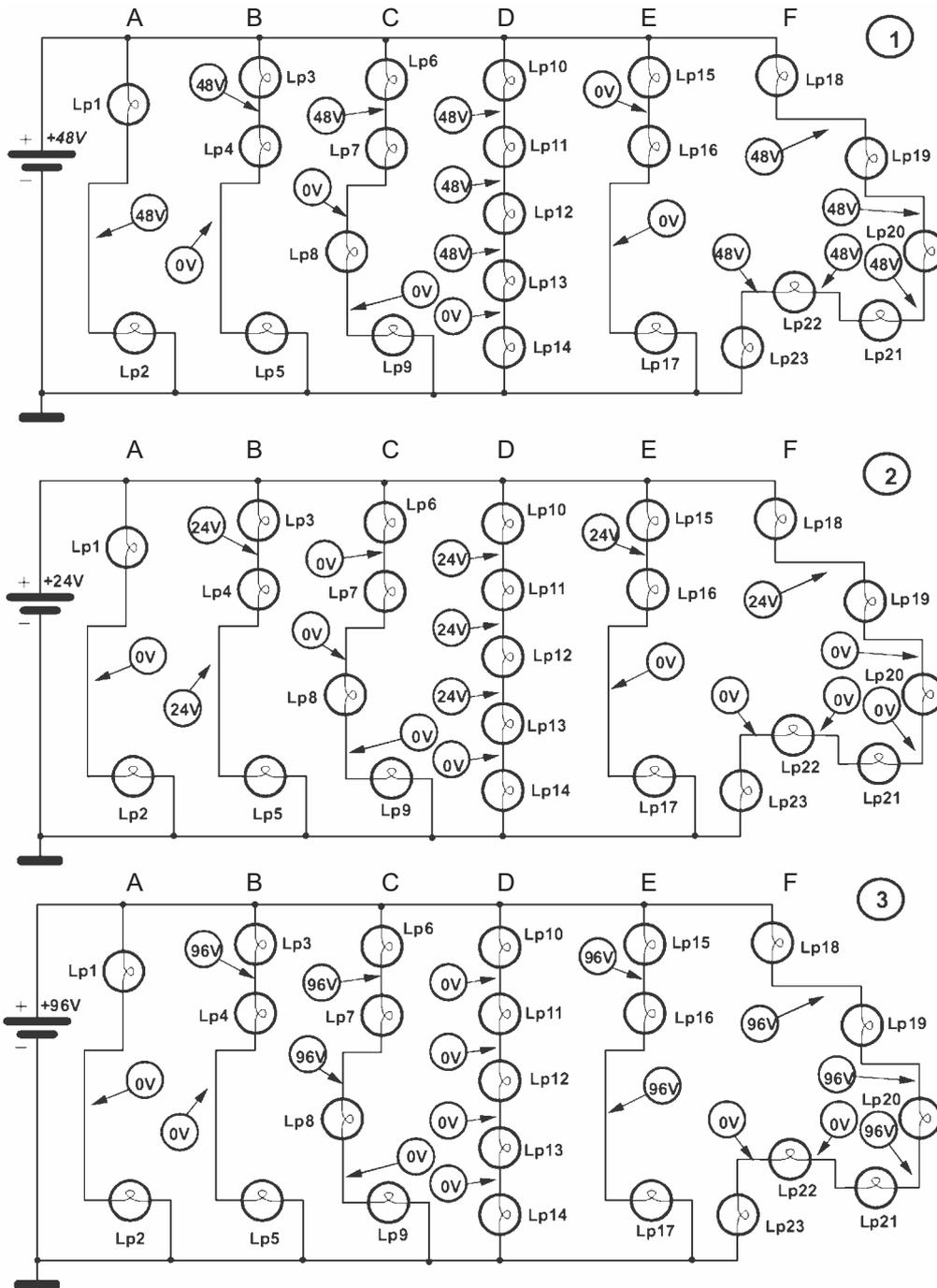


1) Nas figuras ao lado, temos vários circuitos contendo uma bateria, e várias lâmpadas em série. Nestes circuitos, você deverá dimensionar a queda de tensão sobre as lâmpadas e colocar dentro dos círculos em branco o valor que iremos encontrar, caso fossemos medir com o voltímetro (negativo fixo no terra) nesse ponto. Devemos considerar lâmpadas iguais entre si em cada circuito (mesma tensão e potência).

2) Nas figuras abaixo, temos vários circuitos contendo uma bateria, e várias lâmpadas em série. São propostos vários defeitos, todos com as lâmpadas apagadas. Localize a peça defeituosa, baseado nas tensões indicadas. Os círculos mostram as tensões medidas com o voltímetro (negativo fixo no terra ou negativo).



Nos circuitos ao lado, encontrar os componentes defeituosos, somente pelas tensões indicadas nos círculos. Note que haverá um defeito em cada circuito marcado pelas letras A até F



Respostas
 1A = Lp2 aberta; 1B = Lp4 aberta; 1C = Lp7 aberta; 1D = Lp13 aberta; 1E = Lp15 aberta; 1F = Lp23 aberta
 2A = Lp1 aberta; 2B = Lp5 aberta; 2C = Lp6 aberta; 2D = Lp13 aberta; 2E = Lp16 aberta; 2F = Lp19 aberta
 3A = Lp1 aberta; 3B = Lp4 aberta; 3C = Lp8 aberta; 3D = Lp10 aberta; 3E = Lp17 aberta; 3F = Lp21 aberta

RESISTORES

O RESISTOR é um componente eletrônico composto de um material condutor de eletricidade, mas com uma resistência elétrica maior que zero ohm. O valor dessa resistência elétrica pode variar de centésimos de 1 ohm até milhões de ohm (Mega ohm), tendo uma infinidade de valores, sendo que disponíveis comercialmente, seguem uma lógica da seguinte forma:

valores comerciais de resistores

0,1/ 0,12/ 0,15/ 0,18/0,22/ 0,27/ 0,33/ 0,39/ 0,47/ 0,56/ 0,68/ 0,82
 1 / 1,2 / 1,5 / 1,8 / 2,2 / 2,7 / 3,3 / 3,9 / 4,7 / 5,6 / 6,8 / 8,2
 10 / 12 / 15 / 18 / 22 / 27 / 33 / 39 / 47 / 56 / 68 / 82
 100/120 / 150/ 180/ 220/ 270 / 330 / 390 / 470 / 560 / 680 / 820
 1k /1,2k /1,5k /1,8k /2,2k /2,7k /3,3k /3,9k /4,7k /5,6k /6,8k /8,2k
 10k / 12k / 15k / 18k / 22k / 27k / 33k / 39k / 47k / 56k / 68k / 82k
 100k/120k/150k/180k/220k/270k/330k/390k / 470k /560k /680k /820k
 1M/1,2M/1,5M/1,8M/2,2M/2,7M/3,3M/3,9M/4,7M/5,6M/6,8M/8,2M
 10M/12M/15M/ 18M/ 22M/ 27M/ 33M/ 39M/ 47M/ 56M/ 68M/ 82M

O material e as dimensões desse resistor irá determinar o valor ôhmico de sua resistência e a potência que ele pode dissipar (quantidade máxima de calor que ele pode produzir sem que ele “queime” ou altere).

O resistor é um dos principais componentes eletrônicos e dificilmente iremos encontrar algum circuito eletrônico que não use pelo menos um resistor. Veja a tabela completa abaixo, de resistores que podemos encontrar no mercado:

Suas principais funções são:

1) Polarizar outros componentes eletrônicos, controlando a corrente que pode passar pelo mesmo.

Séries E6, E12, E24 (resistores de 4 faixas)

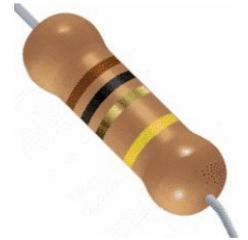
Série E6	1.0		1.5		2.2		3.3		4.7		6.8													
Série E12	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2												
Série E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

Séries E48, E96, E192 (resistores de 5 faixas)

[editar]

Série E48	1.00, 1.05, 1.10, 1.15, 1.21, 1.27, 1.33, 1.40, 1.47, 1.54, 1.62, 1.69, 1.78, 1.87, 1.96, 2.05, 2.15, 2.26, 2.37, 2.49, 2.61, 2.74, 2.87, 3.01, 3.16, 3.32, 3.48, 3.65, 3.83, 4.02, 4.22, 4.42, 4.64, 4.87, 5.11, 5.36, 5.62, 5.90, 6.19, 6.49, 6.81, 7.15, 7.50, 7.87, 8.25, 8.66, 9.09, 9.53
Série E96	1.00, 1.02, 1.05, 1.07, 1.10, 1.13, 1.15, 1.18, 1.21, 1.24, 1.27, 1.30, 1.33, 1.37, 1.40, 1.43, 1.47, 1.50, 1.54, 1.58, 1.62, 1.65, 1.69, 1.74, 1.78, 1.82, 1.87, 1.91, 1.96, 2.00, 2.05, 2.10, 2.15, 2.21, 2.26, 2.32, 2.37, 2.43, 2.49, 2.55, 2.61, 2.67, 2.74, 2.80, 2.87, 2.94, 3.01, 3.09, 3.16, 3.24, 3.32, 3.40, 3.48, 3.57, 3.65, 3.74, 3.83, 3.92, 4.02, 4.12, 4.22, 4.32, 4.42, 4.53, 4.64, 4.75, 4.87, 4.99, 5.11, 5.23, 5.36, 5.49, 5.62, 5.76, 5.90, 6.04, 6.19, 6.34, 6.49, 6.65, 6.81, 6.98, 7.15, 7.32, 7.50, 7.68, 7.87, 8.06, 8.25, 8.45, 8.66, 8.87, 9.09, 9.31, 9.53, 9.76
Série E192	1.00, 1.01, 1.02, 1.04, 1.05, 1.06, 1.07, 1.09, 1.10, 1.11, 1.13, 1.14, 1.15, 1.17, 1.18, 1.20, 1.21, 1.23, 1.24, 1.26, 1.27, 1.29, 1.30, 1.32, 1.33, 1.35, 1.37, 1.38, 1.40, 1.42, 1.43, 1.45, 1.47, 1.49, 1.50, 1.52, 1.54, 1.56, 1.58, 1.60, 1.62, 1.64, 1.65, 1.67, 1.69, 1.72, 1.74, 1.76, 1.78, 1.80, 1.82, 1.84, 1.87, 1.89, 1.91, 1.93, 1.96, 1.98, 2.00, 2.03, 2.05, 2.08, 2.10, 2.13, 2.15, 2.18, 2.21, 2.23, 2.26, 2.29, 2.32, 2.34, 2.37, 2.40, 2.43, 2.46, 2.49, 2.52, 2.55, 2.58, 2.61, 2.64, 2.67, 2.71, 2.74, 2.77, 2.80, 2.84, 2.87, 2.91, 2.94, 2.98, 3.01, 3.05, 3.09, 3.12, 3.16, 3.20, 3.24, 3.28, 3.32, 3.36, 3.40, 3.44, 3.48, 3.52, 3.57, 3.61, 3.65, 3.70, 3.74, 3.79, 3.83, 3.88, 3.92, 3.97, 4.02, 4.07, 4.12, 4.17, 4.22, 4.27, 4.32, 4.37, 4.42, 4.48, 4.53, 4.59, 4.64, 4.70, 4.75, 4.81, 4.87, 4.93, 4.99, 5.05, 5.11, 5.17, 5.23, 5.30, 5.36, 5.42, 5.49, 5.56, 5.62, 5.69, 5.76, 5.83, 5.90, 5.97, 6.04, 6.12, 6.19, 6.26, 6.34, 6.42, 6.49, 6.57, 6.65, 6.73, 6.81, 6.90, 6.98, 7.06, 7.15, 7.23, 7.32, 7.41, 7.50, 7.59, 7.68, 7.77, 7.87, 7.96, 8.06, 8.16, 8.25, 8.35, 8.45, 8.56, 8.66, 8.76, 8.87, 8.98, 9.09, 9.19, 9.31, 9.42, 9.53, 9.65, 9.76, 9.88

2) Provocar quedas de tensão através de divisores resistivos, alterando o valor das tensões e dos sinais que passem por ele.



Vimos anteriormente que o cobre é um bom condutor, mas se enrolarmos um fio muito fino sobre

uma porcelana (isolante) seu grande comprimento determinará uma resistência final que pode chegar a alguns mil ohms, como acontece com a resistência ôhmica dos fios de um transformador.

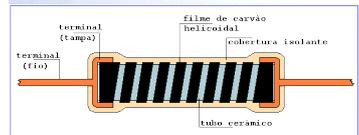
Outros materiais podem ser utilizados, que possuem resistências maiores possibilitando componentes com alta resistividade e pequenas dimensões.

RESISTORES DE CARBONO

O carbono não é nem bom nem mau condutor. Seu comportamento com respeito a circulação de corrente seria de um semiconductor. Isso o torna material ideal para a confecção de resistores, combinando o grânulo de carbono e um material isolante pulverizado em **d e t e r m i n a d a s** proporções é possível obter variadas gamas de resistências.



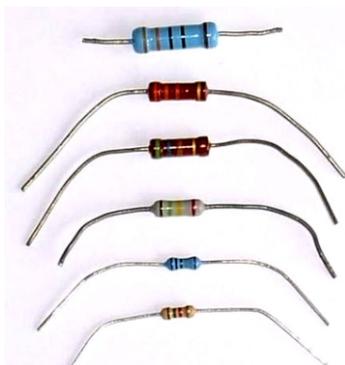
A figura ao lado mostra em corte a estrutura desse tipo de resistor.



Os grânulos de carbono, o material isolante e a

pasta que dará a forma, são misturados e moldados na forma de uma barra. Nessa barra são inseridos fios condutores e o conjunto é vedado com uma cobertura não condutora.

Os resistores de carbono são os mais utilizados pela sua facilidade construtiva,



justificando seu preço final. Geralmente são empregados em circuitos de baixa corrente, onde seu posicionamento não permitirá que ele possa pegar fogo por corrente excessiva. São encontrados com valores abaixo de 1 ohm até mais de 20 Mega ohms.

RESISTORES DE FIO

O resistor de fio normalmente utiliza-se de um fio de níquel-cromo enrolado em um suporte tubular de porcelana e depois revestido de uma camada isolante (normalmente verde) onde escreve-se o valor do resistor, sua potência e tolerância.

A figura 2, mostra o aspecto físico de um resistor de fio. Este tipo de resistor é empregado em circuitos de alta corrente, onde grandes quantidades de potência precisam ser dissipadas. A faixa de valores destes resistores pode variar de menos de 1 ohm até vários milhares de ohm.

Também podemos utilizar a técnica do fio para a produção de resistores de precisão, sendo esses utilizados em equipamentos de medição.

RESISTORES DE FILME DEPOSITADO

Um outro tipo de resistor que cresceu de uso é o de filme de película. A construção desse resistor pode ser vista na figura 3: Nesses dispositivos, a película resistiva é depositada sobre uma barra não-condutora. O valor da resistência é determinado por um sulco espiral cavado através da película. Isso é o que dá aquela aparência de uma longa faixa espiral chata



figura 2

ao redor do resistor. O sulco ajusta o comprimento e a largura da faixa, de modo que o valor desejado seja conseguido. Vários tipos de resistores de filme depositado são encontrados. O tipo mais comum é o resistor de filme de carbono. Nele, uma película de carbono é depositada sobre uma barra de cerâmica. Também são comuns vários tipos de filme metálico. Um deles utiliza película de níquel-cromo (nicromo) sobre uma barra de óxido de alumínio. Outro emprega filme de óxido de estanho sobre barra de vidro.

Temos outros tipos de resistores, como o SMR

(Surface Mounted Resistor), ou resistor montado em superfície, mostrado na figura 4 e também um conjunto de resistores montado em um invólucro SIL (Single In Line) ou linha simples de resistores, que mantém o padrão de formato igual ao dos terminais de circuitos integrados DIL (Dual in line) mostrados na figura 5.



figura 3



figura 4



figura 5

Podemos definir as especificações em resistência (ohms), tolerância (em porcentagem), e potência (em watts). Pelo simples exame visual do resistor é possível descobrir suas especificações.

RESISTÊNCIA: já foi estudada anteriormente e é determinada pelo comprimento, área seccional e resistividade do material usado. Temos a especificação de resistência feita diretamente no corpo do resistor ou através de anéis coloridos.

TOLERÂNCIA: a resistência final do resistor dificilmente é exata ao valor indicado em seu corpo.

Podemos ter tolerâncias que vão desde 0,1% até 20% dependendo da aplicação do resistor. Os resistores mais comuns, apresentam tolerância típica de 5%, o que representa para um resistor de 1.000 ohms uma variação de 50 ohms para mais (1050 ohms) ou para menos (950 ohms).

POTÊNCIA: a especificação de potência, diz respeito a máxima potência (calor) que um resistor pode dissipar sem queimar-se ou alterar seu valor.

Potência é uma grandeza que determina a quantidade de energia por segundo que um componente suporta dissipar ou absorver. Nos resistores, essa energia dissipada será em forma de calor, e sua unidade é o watt, como veremos mais adiante em detalhes.

A figura 6, mostra o tamanho de alguns resistores, indicando sua potência de dissipação. Os resistores de carbono, em geral, possuem baixa especificação de potência (como mostrado na figura), Já os resistores de fio podem suportar potências dissipadas bem maiores.

CÓDIGO DE CORES PARA RESISTORES

Os fabricantes utilizam-se de várias formas para representar as especificações principais dos resistores, sendo que a mais utilizada é o código de cores, que consiste em um conjunto de anéis coloridos (4 a 6), onde cada um deles representa uma informação do valor do resistor.

Vamos abaixo mostrar como é composto esse código para resistores de 4 anéis, sendo que os demais serão vistos no transcórre do curso.

Os três primeiros anéis informam o valor ôhmico do resistor, da seguinte forma:

- O primeiro e o segundo indicam os dois primeiros dígitos na formação do código.
- O terceiro anel irá indicar, por qual valor o número formado pelos dois primeiros será multiplicado.

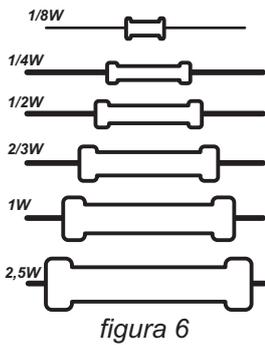


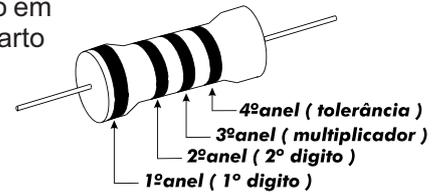
figura 6

c) O quarto anel indica a tolerância do valor do resistor (representa em porcentagem, o quanto o valor do resistor pode variar).

EXEMPLO DE

INTERPRETAÇÃO DO CÓDIGO

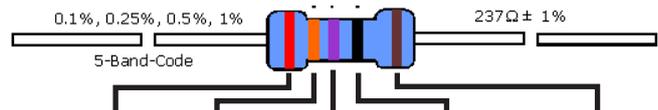
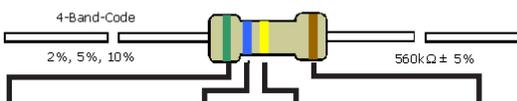
Considerando que o primeiro dígito é 1 (marrom) e o segundo é 0 (preto), formam o número 10, que será multiplicado por 10 (marrom), ou simplesmente terá um “zero” acrescido ao valor 10, resultando em um valor ôhmico de 100. O quarto anel, que é ouro, representa que o valor poderá variar para mais ou para menos em 5%,



Para maiores informações sobre as matérias da 4a. aula, acesse os links indicados abaixo:

- multímetro: http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/fisica/kit7_eletricidade_fontes_%20multimetro/orienta_prof_eletricidade.pdf
- como usar o multímetro <http://forum.zwame.pt/showthread.php?t=289032>
- resistores <https://pt.wikipedia.org/wiki/Resistor>

COR DO ANEL	1ºANEL	2ºANEL	3ºANEL	4ºANEL
PRETO	—	0	1	—
MARROM	1	1	10	1%
VERMELHO	2	2	100	2%
LARANJA	3	3	1000	—
AMARELO	4	4	10000	—
VERDE	5	5	100000	0,5%
AZUL	6	6	1000000	0,25%
VIOLETA	7	7	10000000	0,1%
CINZA	8	8	—	—
BRANCO	9	9	—	—
OURO	—	—	0,1	5%
PRATA	—	—	0,01	10%



COLOR	1st BAND	2nd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
Black	0	0	1Ω	
Brown	1	1	10Ω	± 1% (F)
Red	2	2	100Ω	± 2% (G)
Orange	3	3	1KΩ	
Yellow	4	4	10KΩ	
Green	5	5	100KΩ	± 0.5% (D)
Blue	6	6	1MΩ	± 0.25% (C)
Violet	7	7	10MΩ	± 0.10% (B)
Grey	8	8		± 0.05%
White	9	9		
Gold			0.1	± 5% (J)
Silver			0.01	± 10% (K)

COLOR	1st BAND	2nd BAND	3rd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
Black	0	0	0	1Ω	
Brown	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
Red	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
Orange	3	3	3	1KΩ	
Yellow	4	4	4	10KΩ	
Green	5	5	5	100KΩ	± 0.5% (D)
Blue	6	6	6	1MΩ	± 0.25% (C)
Violet	7	7	7	10MΩ	± 0.10% (B)
Grey	8	8	8		± 0.05%
White	9	9	9		
Gold				0.1	± 5% (J)
Silver				0.01	± 10% (K)

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-13 à M1-16. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um nível excelente em eletrônica.

AULA

5

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE DEFEITOS

Circuito série utilizando resistores

Dimensionamento de malha com um resistor

Análise de Defeitos em malha com um resistor

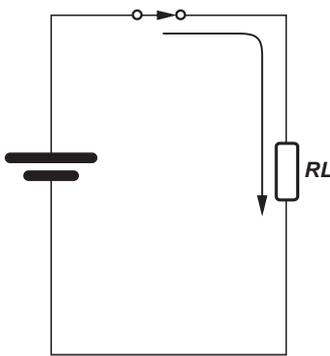
Dimensionamento de malha com dois resistores

Análise de Defeitos em malha com dois resistores

Começamos a partir desta aula, o dimensionamento das tensões dos circuitos e também análise de defeitos, através da lógica proporcional, exclusivo da CTA Eletrônica. Alertamos ao aluno que dificuldades que surgem à partir de agora, podem não ser provenientes apenas de assimilação da matéria de eletrônica, mas principalmente por deficiência matemática no que chamamos de "contas de cabeça". Desta forma, caso sinta que há demora em dimensionar circuitos ou localizar componentes defeituosos, continue treinando contas de matemática sugeridas, ou revise todas feitas até então.

Mário Pinheiro

CIRCUITOS ELÉTRICOS UTILIZANDO RESISTORES

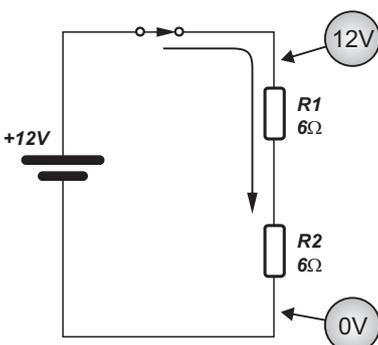


Anteriormente tínhamos visto circuitos formados por lâmpadas, cujo objetivo era produzir luz. A partir de agora, veremos cargas que não produzem luz, mas trabalharão com o intuito de limitar a corrente do circuito, podendo ser interpretados de várias

maneiras, sendo inclusive resumos de circuitos muito maiores e mais complexos. No circuito mostrado acima, podemos dizer que se existir tensão na bateria, e considerando que a chave está fechada, esta tensão irá até os terminais do resistor, por onde circulará corrente, produzindo algum trabalho.

DIMENSIONAMENTO COM 2 RESISTORES

Na figura 1 temos um circuito elétrico, cuja carga foi subdividida em duas partes tornando-se R1 e R2. Temos os valores destes resistores indicados na figura (6 ohms cada), resultando em uma resistência total de 12 ohms.

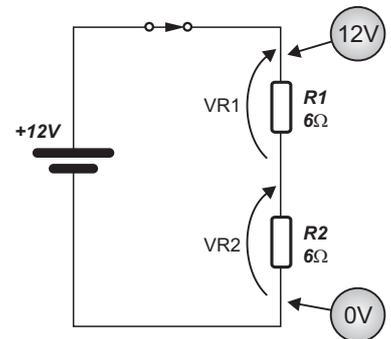


Como temos 12 volts aplicados a uma resistência (equivalente) de 12 ohms, esta relação deve ficar clara quando tivermos resistências em série a resistência total equivalente será

SEMPRE a soma simples de todas as resistências em série (isto só vale para circuito série).

Neste circuito fica evidente que a corrente circulante será a mesma para os 2 resistores, então poderemos encontrar a queda de tensão sobre os resistores.

Já que a corrente circulando por R1 e R2 é a mesma e R1 é igual a R2 (6 ohms cada), podemos concluir que a tensão aplicada sobre R1 (VR1) será igual a tensão aplicada sobre R2 (VR2), conforme figura 2. Já que a fonte é de 12 volts, temos que dividir 12 V para 2 resistores ($12 / 2 = 6V$), onde obteremos 6 volts para cada resistor (figura 3).



Assim a resultante é uma queda de tensão de 6 volts sobre R1 e 6 volts sobre R2.

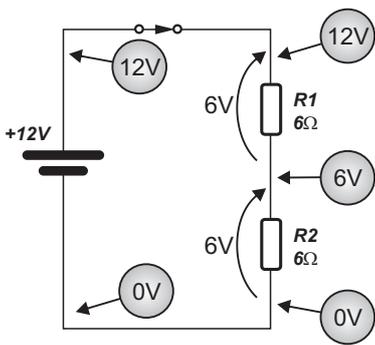
Somando-se as quedas de tensões sobre R1 e R2, obtemos uma tensão total de 12 volts que é a mesma da fonte.

Considerando que **MAIOR TENSÃO** cairá sobre a **MAIOR RESISTÊNCIA**, podemos dizer que duas **RESISTÊNCIAS IGUAIS** receberão quedas de **TENSÕES IGUAIS**.

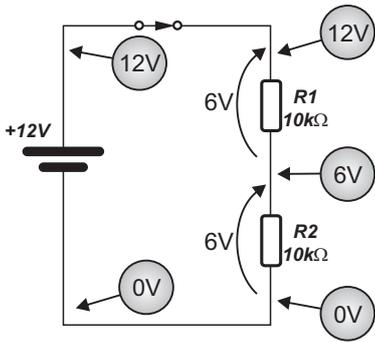
Não importará aqui qual **O VALOR DO RESISTOR** e sim sua **RELAÇÃO COMPARATIVA**.

Na figura 3 temos um circuito que apresenta 2 resistores iguais de 6 ohms. Como estes resistores são iguais, acabam recebendo a mesma queda de tensão (6 volts sobre cada).

Na figura 4, também temos um circuito com resistores de valores iguais (10k), indicando que



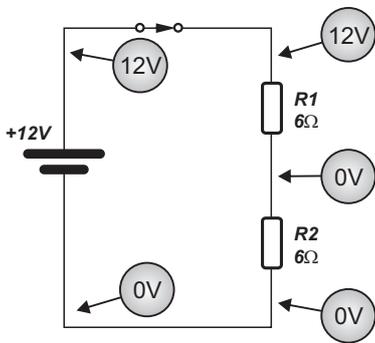
recebem a mesma queda de tensão apesar de terem valores maiores comparados ao exemplo da figura 3. Fica fácil então definir que a tensão no ponto (A) do exemplo da figura 4 é de 6 volts em relação à massa. Caso os resistores sejam maiores que 100k ou maiores que 1Mohm, sendo eles iguais, a tensão medida entre eles poderá ser menor que $1/2V_{cc}$, mais isso provocado pela resistência interna do multímetro. Veremos detalhes nos resistores em paralelo.



detalhes nos resistores em paralelo.

ANÁLISE DE DEFEITOS COM 2 RESISTORES IGUAIS

Na figura ao lado, podemos ver o circuito mencionado anteriormente, agora apresentando um defeito. Sabemos que a tensão entre os resistores deverá ser de 6V - mesma queda de tensão em R1 e R2 - mas o que foi medido, foi igual a zero volt. Lembre-se que a ponta preta do voltímetro (multímetro), deverá estar posicionada no



negativo da bateria.

Assim, tendo zero volt entre os resistores (medição feita em relação à massa, mostra-nos que toda a tensão da fonte está sobre R1 (12V do lado de cima e 0V do lado de baixo), enquanto o resistor R2 apresenta zero volt sobre ele, ou seja, 0V do lado de cima e 0V do lado de baixo.

Comparando as quedas de tensão sobre R1 e R2 vemos que R1 recebe toda a tensão da fonte, enquanto que R2 não recebe nenhuma tensão, ou zero.

Considerando que a MAIOR TENSÃO cairá sobre o maior resistor, vemos que o resistor R1 é muito maior do que R2... mas quanto maior?

Para saber isso, basta comparar as duas quedas de tensão, ou seja, 12V sobre R1 e 0V sobre R2.

Quantas vezes 12V é maior que 0V... a resposta rápida da maioria das pessoas, seria 12.

Mas se perguntarmos: quantas vezes 12 é maior

que 1... a resposta será 12.

Na verdade, se compararmos 12V com 0V, podemos afirmar que 12V será INFINITAMENTE MAIOR do que 0V. Assim, comparando as tensões dos valores abaixo, chegamos às seguintes conclusões:

12V para 8V - 12V é 1,5 vezes maior.

12V para 6V - 12V é 2 vezes maior.

12V para 3V - 12V é 4 vezes maior.

12V para 2V - 12V é 6 vezes maior.

12V para 1V - 12V é 12 vezes maior.

12V para 0,6V - 12V é 20 vezes maior.

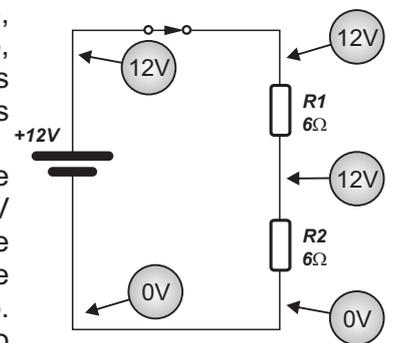
12V para 0,12V - 12V é 100 vezes maior.

Assim, podemos afirmar que o defeito é R1 aberto ou possuindo uma resistência muito alta, infinitamente maior do que R2.

Na figura ao lado, temos outro defeito, onde agora medimos 12V entre os resistores.

Podemos notar que há uma queda de 12V sobre R2 - tensão de 12V do lado de cima e 0V do lado de baixo. Já a queda de tensão sobre R1 é de 0V, ou seja, 12V em cima e 12V na parte de baixo.

Já podemos concluir neste caso que a queda de tensão sobre R2 é infinitamente maior do que R1, onde podemos afirmar que R2 está aberto.

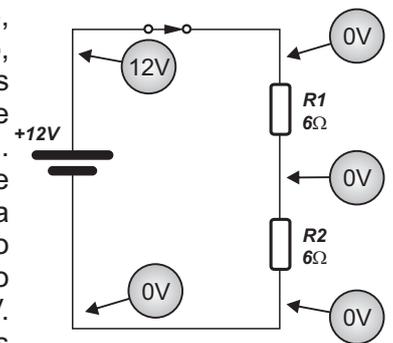


Na figura ao lado, temos outro defeito, onde não temos tensão aplicada sobre os resistores R1 e R2.

Note que do lado de cima de R1 há uma tensão de 0V, o mesmo ocorrendo do lado de baixo com 0V. Assim não temos queda de tensão sobre R1. Temos 0V do lado de cima de R2 e também 0V do lado de baixo de R2, ou seja, zero volt sobre o resistor.

Verificamos que existe tensão na fonte de alimentação, com 12V na saída dela. Mas após a chave, vemos que a tensão medida é de zero volt. Assim, podemos considerar que a chave, ou trilha próxima a ela está interrompida (circuito aberto).

Observe que de um lado da chave existe uma tensão medida de 12V e do outro lado, zero volt. Podemos então afirmar que a maior resistência do circuito - apesar de estar ligada - é a da chave. Logo ela está "aberta" ou danificada (resistência interna dos contatos muito alta).



MALHA SÉRIE COM RESISTORES DIFERENTES

Na figura abaixo, temos um novo circuito, agora apresentando dois resistores de valores diferentes: R1 com 10k ohm e R2 com 20k ohm.

Como dissemos anteriormente, **MAIOR TENSÃO** cairá sobre a **MAIOR RESISTÊNCIA** e disto já podemos concluir que R2 sendo maior, receberá maior tensão. Como R2 tem valor duas vezes maior que R1, podemos dizer também que este receberá duas vezes mais tensão em relação a R1. Vemos isto especificado como queda de tensão "1x" (sobre R1) e "2x" (sobre R2).

Como a tensão total aplicada sobre os resistores é de 12 volts, podemos dizer que sobre R1 cairá 4 volts, sendo que sobre R2 cairá 8 volts. Somando-se estes dois valores de queda de tensão obtidos, deveremos ter como resultante uma tensão total de 12 volts (a mesma tensão da fonte).

O cálculo matemático rápido para se chegar nas quedas de tensões de forma rápida é a seguinte:

A relação entre os valores dos resistores devem ser somadas (1x + 2x), resultando em "3x". Para saber o valor de "x" deveremos dividir a tensão da fonte pelo coeficiente de "x" que é 3, de onde obtemos 4 volts, que será a queda de tensão em cada unidade de 10k.

$1x + 2x = 3x$ $x = 12V \div 3 = 4V$	$V_{R1} = 1x$ $V_{R1} = 4V$	$V_{R2} = 2x$ $V_{R2} = 8V$
-----------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

Assim poderemos dizer que a tensão sobre R1 (VR1) será igual a 1x, ou seja 1 x 4V, resultando na tensão de 4 volts.

A tensão sobre R2 (VR2) será igual a 2x, ou seja, 2 x 4V, resultando na tensão de 8 Volts.

É IMPORTANTE QUE VOCÊ ENTENDA A ESTRUTURA LÓGICA DO CÁLCULO, NÃO PARTINDO PARA MEMORIZAÇÃO DE FÓRMULAS, MESMO QUE ESTAS PAREÇAM SIMPLES.

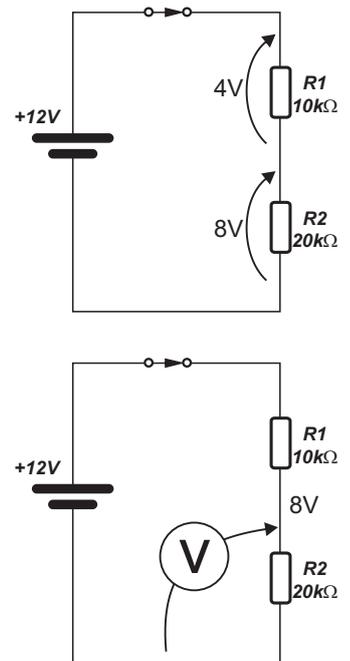
Na figura 6a, temos o circuito especificado anteriormente, onde temos uma queda de tensão de 4V sobre o resistor R1 e de 8V sobre o resistor R2. Na maioria dos esquemas não trabalharemos com a tensão sobre os resistores e sim em relação à massa. Assim teremos vários pontos de medição, sendo que na figura anterior, temos o ponto "A" apresentando uma tensão de 8 volts. Podemos dizer que a tensão no ponto "A" será igual a

tensão VR2 (VA=VR2).

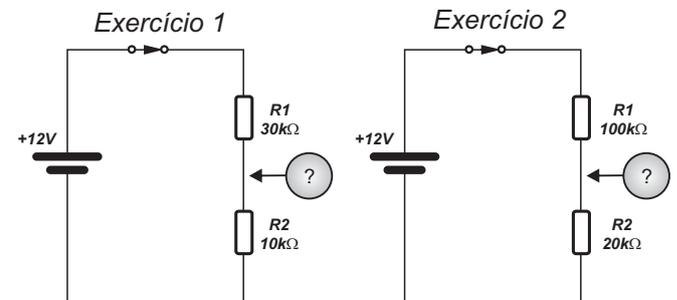
A figura 6b é idêntica a figura 6a, mudando apenas a identificação do ponto massa, colocado logo abaixo da fonte. Assim poderemos dizer que a tensão sobre R2 é igual a tensão no ponto A. Logo a queda de tensão sobre R1 será de "1x" e a queda sobre R2 de "2x". Isto significa dizer que teremos a tensão de 12 volts dividida por 3 unidades resultando em 4 volts por unidade:

Assim dizemos que VA possui a mesma tensão que VR2 que em proporção seria igual a "2x". Logo, teremos 4V multiplicado por "2x" resultando em uma tensão de 8 Volts.

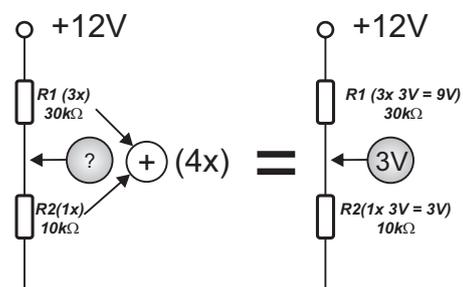
Obs: É muito importante tentar encontrar as tensões pedidas nos circuitos abaixo, utilizando as técnicas de proporções e raciocínio lógico. Só após encontradas as tensões dos 2 exercícios, deveremos seguir adiante verificando suas respostas:



EXERCÍCIOS COM RESISTORES DIFERENTES



1º Exercício: Temos 2 resistores em série, sendo R1 de 30K e R2 de 10K. Sabemos que a queda de tensão sobre R1 (30K) deverá ser 3 vezes maior que R2 (10K). Assim teremos um total de 4 unidades de resistência (3x + 1x = 4x). Dividindo a tensão de 12 volts por 4, teremos como resultante uma tensão de 3 volts (12V / 4x = 3V por x), conforme figura seguinte:

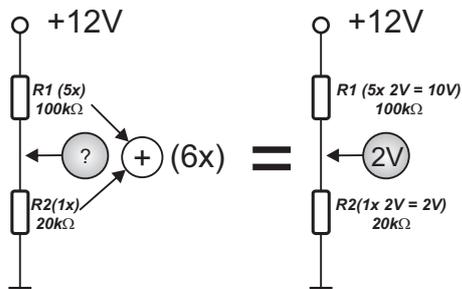


Como sobre R1 temos uma proporção de 3 unidades, deveremos multiplicar pela tensão, resultando em uma queda de 9 volts.

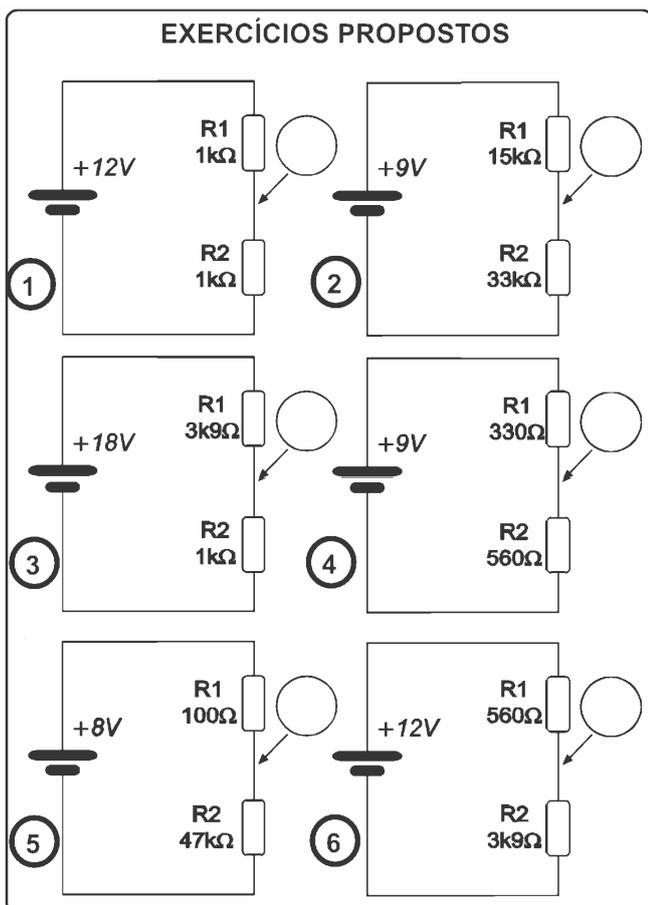
Em R2 temos apenas uma proporção de 1 unidade, que resultará em uma queda de 3 volts.

Como a tensão no ponto "A" é a mesma sobre R2 teremos 3 volts (3V).

2º Exercício: Neste exercício temos R1 (100k) com um valor 5 vezes (5x) maior se comparado com R2 (20k = 1x), conforme figura abaixo:



Nos exercícios propostos a seguir, tente encontrar as tensões de cada uma das 6 malhas:



Exercício 1: Temos uma tensão de 12V distribuída por dois resistores iguais. Bastará dividir a tensão da fonte por 2, onde obtemos 6V que é a tensão entre os dois resistores.

Exercício 2: Temos agora uma tensão de alimentação de 9V, e dois resistores de valores diferentes. Para facilitar o cálculo, vamos dizer que

R2 possui o dobro do valor de R1. Com isto, teremos a tensão de alimentação dividida por 3 (R2 com 2x e R1 com 1x), onde obtemos como resultado, 3V.

Note que esta tensão ficará sobre o menor valor que no caso é R1. Assim, bastará subtrair a tensão de queda em R1 (3V) da fonte de alimentação, resultando como resposta, 6V. Poderemos também considerar diretamente a tensão sobre R2 que será de 3V x 2 = 6V.

Exercício 3: Temos uma fonte de alimentação de +18V e dois resistores, sendo o valor de R1 (3,9k), com cerca de 4x o valor de R2 (1k). Assim, a tensão da fonte será dividida por 5, resultando em uma tensão de 3,6V - tensão de queda no menor resistor (1k). Como a tensão pedida é igual à queda sobre R2, já temos o resultado de 3,6V.

Exercício 4: Temos novamente uma fonte de alimentação com 9V e dois resistores de valores próximos. Para saber a diferença entre eles, bastará dividir o maior valor pelo menor valor, de onde obtemos a relação de R2 1,7 vezes maior que R1. Como temos R1 valendo "1x" devemos somar as proporções, ou seja, 1,7x + 1x, resultando em 2,7, valor que será utilizado para dividir a fonte de alimentação que é de 9V. Assim, dividindo 9V por 2,7x, teremos o valor de 3,33V. Esta será a queda do menor valor, que no caso é R1. Assim, subtraindo 3,33V da fonte +9V, teremos como resultante a tensão de 5,67V entre os resistores.

Exercício 5: Neste circuito, temos uma tensão de alimentação de +8V e valores estranhos, ou seja, R1 possui um valor de 100 ohms, mas R2 de 47k. Isto significa dizer que R2 possui um valor muitas vezes maior que R1. Se o valor de R1 fosse de 1k, R2 seria 47 vezes maior; mas como R1 possui um valor de 100 ohms (10 vezes menor que 1k), o valor de R2 será 470 vezes maior que R1. Dividindo agora a fonte de 8V por 471 vezes, teremos como resultante a tensão de 0,017V, que praticamente pode ser desconsiderada. Assim, a tensão do ponto entre os resistores, será praticamente de 8V.

Exercício 6: Neste, temos uma fonte de alimentação de 12V e dois resistores, sendo R2 bem maior do que R1. arredondando o valor de R2, teremos 4k, que será aproximadamente 8 vezes o valor de R1. Fazendo o cálculo exato, teremos 3900 divididos por 560, que dará 7, ou seja, o resistor R2 será 7 vezes maior que R1. Assim a tensão da fonte será dividida por 8, ou seja, teremos o valor de 1,5V, queda sobre o menor resistor. Assim, bastará subtrair este valor da fonte, onde obteremos 10,5V.

ANÁLISE DE DEFEITOS

Como estamos utilizando RESISTORES FIXOS para nossa análise de dimensionamento e defeitos, devemos esclarecer alguns pontos práticos importantes:

1) *Dificilmente resistores de carvão alteram seu valor para menos, a não ser em casos de descargas elétricas*

ou altas correntes circulantes, onde o corpo ou tinta acabam ficando carbonizados e a partir disto tornam-se condutores de corrente elétrica.

2) Resistores de carvão são revestidos de uma película de carbono, onde um corte helicoidal nessa película determinará a resistência final deste. Resistores de baixo valor apresentam uma película um pouco mais grossa, logo mais resistente a ação do calor e umidade.

3) Alterações em resistores de carvão serão mais comum em resistores de alto valor (normalmente acima de 10k).

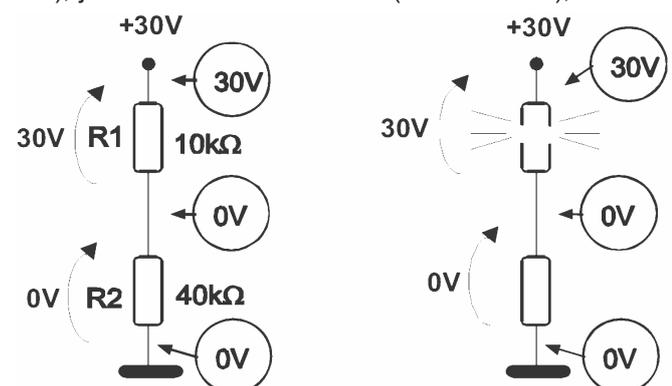
4) Resistores de Metal film, também chamados de SAFETY RESISTOR ou resistores de segurança, apresentam possibilidade bem maior de sofrerem alterações (para valores maiores), pois são resistores não inflamáveis sofrendo mais quando submetidos a aquecimentos ou condições climáticas desfavoráveis. Nestes resistores encontramos "alterações de valores" tanto em baixos como altos valores.

ATENÇÃO : Como a possibilidade prática de alteração de um resistor para um valor menor é muito pequena (menor de 0,5%), as análises de defeito deverão levar em consideração alterações de resistores PARA MAIS, causando obviamente maior queda de tensão nestes.

Os circuitos mostrados a seguir apresentam tensões indicadas em círculos, medidas para o defeito constatado:

Solução: Neste circuito temos uma tensão de 30 volts aplicada aos resistores R1 de 10k e R2 de 40k. Temos uma tensão de 30V logo acima de R1 sendo que abaixo encontramos uma tensão de 0V, então calculando a queda de tensão sobre R1 ($30 - 0 = 30V$), vamos chegar a 30V que é a mesma tensão da fonte, já sobre R2 teremos uma queda de tensão de 0V ($0 - 0 = 0V$), conforme figura.

Isto indica que não existe corrente passando por R2, como toda a tensão da fonte está sobre R1 podemos concluir que R1 está interrompido ou aberto, como mostra a figura seguinte (maior resistência maior tensão).
Solução: Neste circuito temos a tensão de alimentação de 30 volts no ponto acima de R1, e logo abaixo dele encontramos 28 volts, podemos calcular a queda de tensão sobre R1 e acharemos 2V ($30 - 28 = 2V$), já sobre R2 teremos 28V ($28 - 0 = 28V$), como o



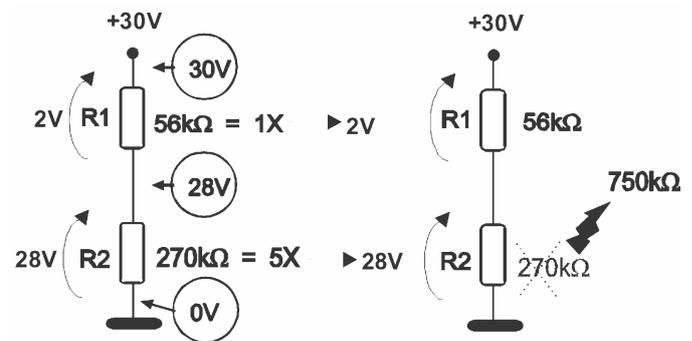
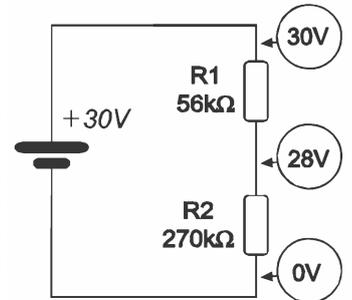
resistor R2 é próximo de 5 vezes maior que R1 teremos a proporção de $R1 = 1x$ e $R2 = 5x$, mas a tensão sobre R2 não acompanha a proporção de 5x e sim de 14x ($28V / 2V = 14x$), conforme figura abaixo:

Assim tomando como base o valor de R1 (56k) e multiplicando por 14x, chegaremos ao valor aproximado de 750k para R2, conclusão do defeito R2 alterou seu valor para 750k Ohms.

Tente encontrar os componentes defeituosos nos 4 circuitos abaixo:
RESOLUÇÃO DOS DEFEITOS:

Exercício 2

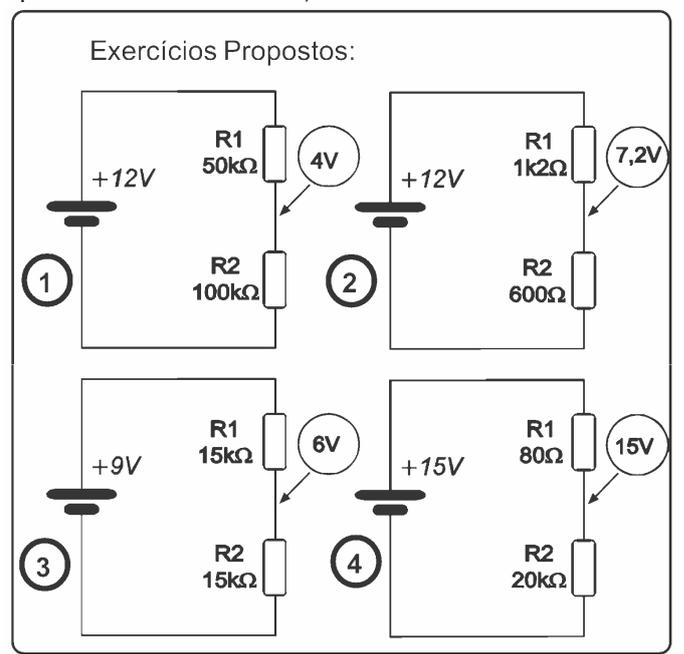
Exercício 1: Temos uma tensão de alimentação de 12V e uma carga formada por 2 resistores de valores diferentes, sendo R1 de 50k e R2 de 100k. Antes de começar a análise do defeito propriamente dita, devemos ter a idéia de quanto seria a tensão entre os resistores. Como R2 possui o dobro do valor em relação à R1, teremos uma



tensão de 8V entre eles.

Passamos agora para a análise do defeito, constatando que a tensão para o defeito medida entre os resistores é de 4V. Ela está menor do que deveria ser.

Trabalhando somente com a tensão para o defeito, podemos afirmar que sobre o resistor de cima há uma queda de tensão de 8V, ficando somente 4V sobre o



resistor de baixo. Já poderíamos concluir que o resistor de cima é o dobro do valor em relação ao resistor de baixo, mas o que vemos nos valores é o contrário.

Temos que ter a capacidade de imaginar que o que valerá é a tensão que está sendo medida, que no caso é 4V, logo o resistor de cima é o dobro do valor do resistor de baixo. Assim, considerando que resistores não alteram para valores menores, afirmamos que o resistor de cima, R1 alterou seu valor para maior, e mais precisamente para o dobro do valor em relação ao resistor de baixo, ou seja, 200k.

Exercício 2: Neste exercício, temos uma tensão de alimentação também de 12V e dois resistores de valores diferentes, sendo R1 com 1200 ohms (1,2k) o dobro do valor se comparado ao resistor R2 com 600 ohms. Calculando a tensão normal da malha, chegaremos à conclusão que a tensão entre eles deveria ser de 4V; mas, encontramos 7,2V.

Somente a partir desta tensão de 7,2V, já podemos afirmar que o valor do resistor R2, é com certeza, maior do que o valor de R1. Apesar disso, o que vemos é o contrário.

Se dividirmos a queda de tensão de 7,2V sobre o resistor R2, pela queda de tensão sobre o resistor R1 com 4,8V, teremos a relação de 1,5 vezes. Assim, já podemos afirmar que o resistor R2, apresenta uma queda de tensão 1,5 vezes maior que R1, ou seja, seu valor também é de 1,5 vezes maior que R1.

Considerando que o valor de R1 não esteja alterado - o circuito pode apresentar dois defeitos simultâneos, que não é o caso aqui - seu valor é de 1,2k que se for multiplicado por 1,5x, resultará em 1,8k ou 1800 ohms que será o valor de alteração de R2. Logo, R2 está alterado para 1,8k.

Exercício 3: Neste, temos uma fonte de alimentação de 9V e dois resistores de valores iguais, ou seja, 15k. Fica fácil determinar qual seria a tensão entre os resistores, ou seja, 4,5V.

Mas a tensão medida entre eles, apresenta-se com 6V, indicando uma queda de tensão de 3V sobre R1 e de 6V

sobre R2.

Apartir desta primeira colocação, já podemos afirmar que o valor de R2 será o dobro de R1, devido a proporção de tensão ser esta.

Considerando então que o valor de R1 está normal com 15k e que R2 está recebendo o dobro de tensão, já podemos afirmar que R2 sofreu uma alteração para 30k.

É muito importante que o aluno tenha idéia de verificar primeiramente a tensão da fonte e após, quanto seria a metade desta. Quando constata a tensão entre os resistores, o aluno já deverá saber se está maior ou menor que o $1/2V_{cc}$ da fonte de alimentação, sabendo assim, somente pela tensão medida, qual o resistor que possui o valor maior e menor.

Exercício 4: Neste exercício, temos uma tensão de 15V aplicada à dois resistores de valores bem diferentes, sendo R1 com 80 ohms e R2 com 20k ohms. Notem que o valor de R2 é muitas vezes maior do que R1. Para sermos mais precisos, podemos dizer que se R1 tivesse um valor de 1k, o R2 seria 20 vezes maior. Se R1 tivesse um valor de 100 ohms, o valor de R2 seria 200 vezes maior. Como o valor de R1 ainda é menor que 100 ohms, R2 é mais de 200 vezes maior que R1. Para ser mais exato, R2 é 250 vezes maior que R1.

Sabendo que o valor do resistor de baixo é bem superior ao valor do de cima, já podemos afirmar que a tensão normal resultante, deveria ser bem próxima a alimentação de 15V.

Para termos uma idéia mais precisa da tensão da malha, deveremos dividir 15V por 250 (ou 251), onde obteremos a tensão de 0,06V. Subtraindo esta tensão de 0,06V da fonte de +15V, teremos a tensão de 14,94V, que no multíteste poderá ser apresentada como sendo de praticamente 15V. Assim, a grosso modo, poderemos considerar que a malha está em boas condições, ou seja, não há defeito.

Mas se quisermos fazer uma análise mais detalhada, poderemos verificar se a queda de tensão sobre R1 está realmente com 0,06V de queda. Caso a queda sobre R1 seja 0V, o resistor R2, de 20k, estaria aberto.

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-17 à M1-20. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um nível excelente em eletrônica.

ATENÇÃO: EM CASO DE DÚVIDA NA FEITURA DOS EXERCÍCIOS DOS BLOCOS, É FUNDAMENTAL QUE ACESSANDO O SITE, AS DÚVIDAS DE ALGUMAS QUESTÕES POSSAM SER LIDAS, OU CASO AINDA NÃO EXISTAM, POSTADAS PARA RECEBIMENTO DAS RESPOSTAS EM MENOS DE 24 HORAS.

Para maiores informações sobre as matérias da 5a. aula, indicamos para o aluno adquirir os volumes de Análise de Defeitos (12 volumes), comprando um a um. Para esta aula, até a aula 8 bastará ter o volume 1. Além disso pedimos para acessar o link abaixo:

Dúvidas dos blocos de módulo 1: <http://www.ctaeletronica.com.br/web/blocos.asp?paNModulo=1>

AULA
6

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE DEFEITOS

Circuito série utilizando múltiplos resistores

Dimensionamento de malhas com mais de dois resistores - tensões em relação à massa.

Análise de Defeitos em malhas com mais de dois resistores - tensões em relação à massa.

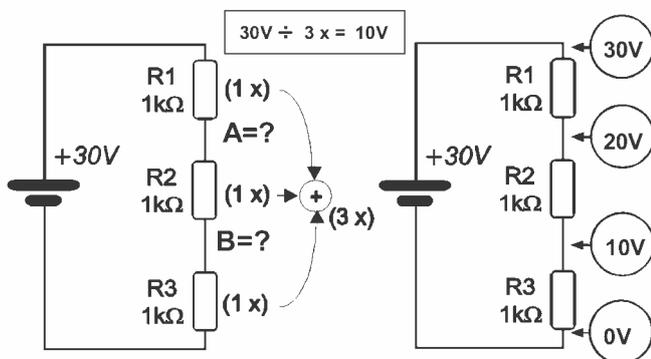
Continuamos aqui a análise de dimensionamento e análise de defeitos, agora com malhas contendo mais de dois componentes. Continuamos a frisar que a matemática das quatro operações e seu domínio "de cabeça" são condições fundamentais para o sucesso neste treinamento, que visa fundamentalmente o desenvolvimento de técnicas de raciocínio.

Mário Pinheiro

DIMENSIONAMENTO E DEFEITOS EM MALHAS COM MAIS DE 2 RESISTORES

MALHAS COM MAIS DE 2 RESISTORES

Na figura abaixo, vemos um circuito alimentado pela tensão de +30 volts, apresentando 3 resistores de igual valor. O cálculo para determinar as tensões dos pontos "A" e "B" deve seguir o mesmo princípio já explicado anteriormente para 2 resistores: as quedas de tensão serão proporcionais ao valor dos resistores.



Como temos 3 resistores de valores iguais, podemos dizer que cada um deles valerá "1x". Assim somando-se as proporções destes, teremos o valor de "3x" (1x + 1x + 1x) e que dividindo 30 volts por este valor, resultará em uma tensão de 10 volts (30V / 3x = 10V) sobre cada um dos resistores, ou sobre cada "1x". Ficamos então com 10 volts sobre R3 que é a mesma tensão do ponto "B" e 20 volts no ponto "A" que é a tensão de queda sobre R2, somada a tensão de queda sobre R3.

Devemos lembrar que "RELAÇÃO À MASSA" ou "REFERÊNCIA", queremos dizer que a "ponta preta" do voltímetro deverá estar posicionada no negativo da fonte (MASSA). Assim teremos 10V no ponto "B" que é o mesmo da queda de tensão sobre R3.

Mantendo a ponta preta no ponto negativo ou referência, iremos medir agora a tensão ponto "A",

que será de 20V representando a somatória entre a queda de tensão sobre R2 + R3.

Notem que o cálculo de dimensionamento poderá ser feito com 3, 4 ou mais resistores em série, mantendo a lógica da distribuição das tensões por proporções.

À seguir temos 2 circuitos que devem ter suas tensões especificadas nos vários círculos em branco, onde devemos ter os seguintes cuidados para a feitura dos cálculos:

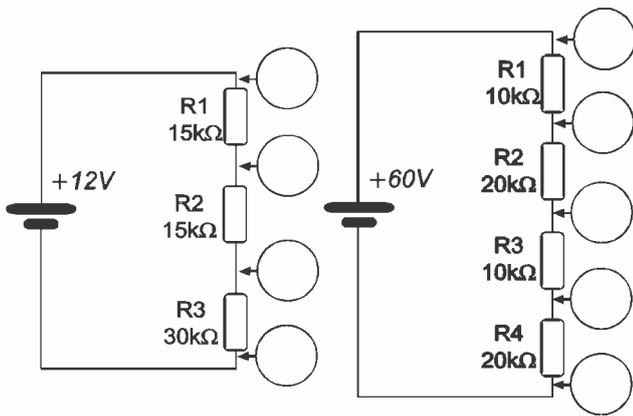
1) OS CÁLCULOS DEVEM SER FEITOS PREFERIVELMENTE DE "CABEÇA" EVITANDO O USO DE CALCULADORAS. Assim, o raciocínio matemático será **EXERCITADO** juntamente com a análise de dimensionamento e defeitos.

2) EM CASOS DE RESULTADOS "QUEBRADOS" PODEM SER ACEITOS "ARREDONDAMENTOS", AGILIZANDO O CÁLCULO. Notem que resultados "arredondados" não podem ser considerados errados, pois na prática, resistores (de uma forma geral) apresentam resistências variando em uma tolerância de 5%.

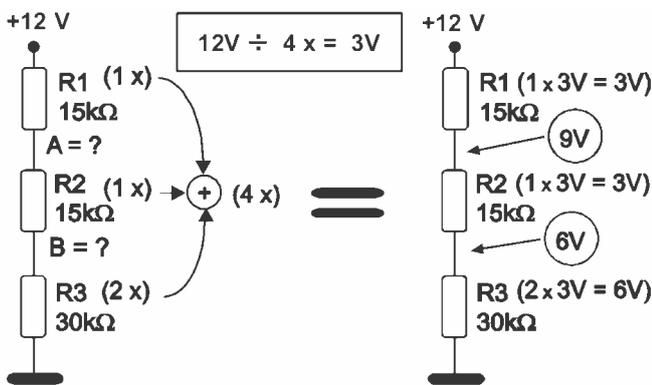
3) TODOS OS CÍRCULOS INDICADOS REPRESENTAM TENSÕES QUE DEVEM SER MEDIDAS EM RELAÇÃO A REFERÊNCIA NEGATIVA (ponta preta do multímetro no negativo ou referência massa).

DIMENSIONE OS CIRCUITOS A SEGUIR

1) No circuito 1, temos uma tensão de 12 volts aplicada a uma malha de 3 resistores, que apresentam valores de 15k, 15k e 30k. Considerando o valor 15k como "1x", o valor de R3 que é 30k, valerá "2x" proporcionalmente. Assim, somando-se os valores teremos uma proporção total de "4x". Dividindo 12 volts por 4, obteremos 3



volts. Distribuindo as quedas de tensões nos resistores teremos 3 volts de queda de tensão sobre R1 e R2, e 6 volts de queda de tensão sobre



R3, como mostramos na figura abaixo:

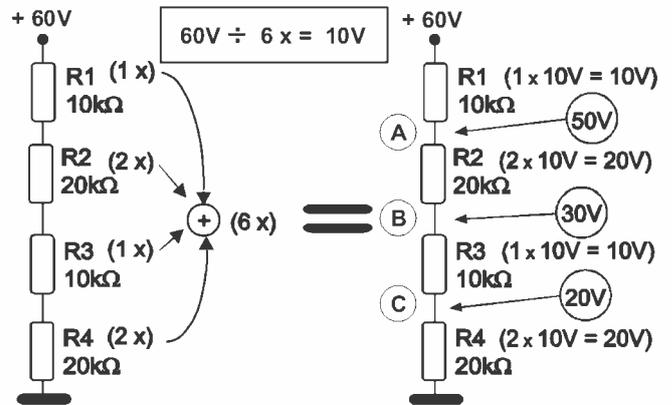
Assim no ponto "B", teremos uma tensão de 6 volts, que será a mesma queda de tensão de R3, e no ponto "A" a somatória entre as tensões de queda de R3 + R2, resultando em 9 Volts. Outra forma de fazer o cálculo da tensão no ponto "A" é subtrair a queda de tensão de R1 (3 volts) da fonte de +12 volts, resultando diretamente em 9 volts (12V - 3V = 9V).

Outra maneira rápida de achar as tensões neste circuito, é visualizar que R1 e R2 somados apresentarão valor igual ao de R3. Isto significa dizer que teríamos dois resistores iguais, resultando na divisão da tensão da fonte por 2 = 6 volts, tensão esta que ficaria no ponto "B". Já para o ponto "A", bastaria dividir esta tensão por 2 (3 volts) e somar com a tensão do ponto "B" (6 volts), resultando na tensão de 9 volts.

A observação seria um dos melhores recursos para o dimensionamento das tensões nas malhas.

2) Neste circuito podemos ver uma tensão de +60 volts aplicada a 4 resistores, sendo eles de 10k, 20k, 10k e 20k. Antes de iniciarmos o cálculo, já podemos afirmar que teremos acima do ponto "B" uma resistência equivalente de 30k, o mesmo ocorrendo para os resistores abaixo deste ponto. Já poderíamos dizer de pronto que a tensão no ponto "B" seria de 30 volts.

A mesma lógica poderia ser usada para achar as tensões dos outros pontos, pois considerando que temos 30 volts sobre o resistor R1 + R2, e que R2 possui o dobro do valor de R1, já teríamos uma tensão de 10 volts sobre R1, que subtraindo da tensão de alimentação (+60 volts) resultaria em



uma tensão de 50 volts.

Fazendo o cálculo convencional, podemos dizer que os resistores R1 e R3, receberão a queda de tensão proporcional de "1x" e que R2 e R4 uma queda proporcional de "2x" cada um. Assim, somando-se as quedas de tensões proporcionais teríamos "6x" que dividindo a tensão da fonte (60 volts) resultaria em 10 volts.

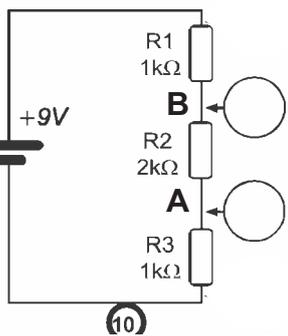
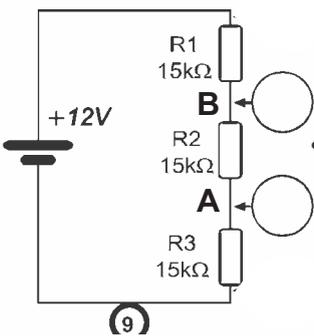
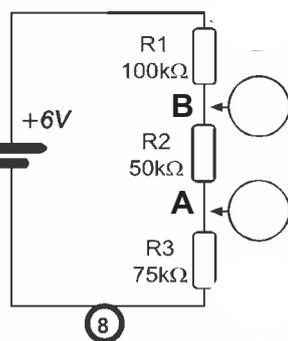
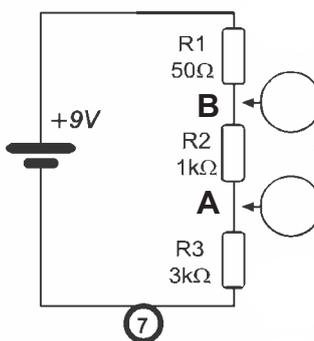
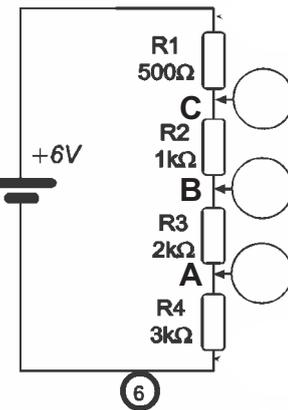
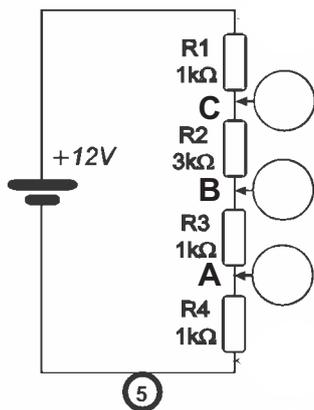
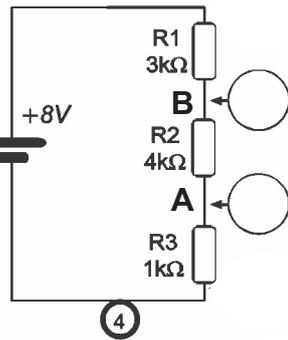
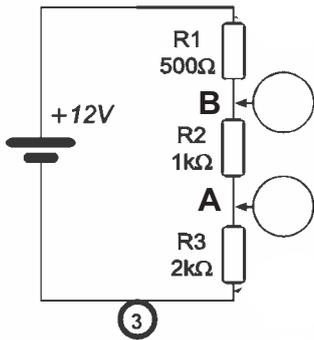
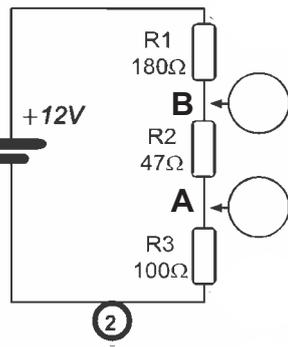
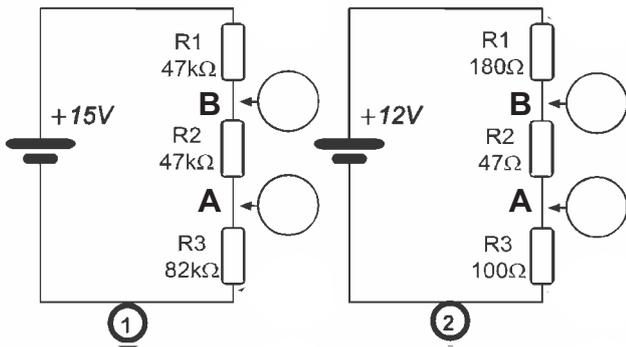
Então para R1 e R3 teremos uma queda de tensão (VR1 e VR2) em cada um de 10 volts (1 x 10 volts), já sobre R2 e R4 (VR2 e VR4) teremos 20 volts (2 x 10 volts) de queda de tensão em cada um. Como queremos ter as tensões em relação à massa, podemos dizer que a tensão no ponto "C" (VR4) será de 20 volts, enquanto a tensão no ponto "B" (VR4+VR3) será de 30volts. Finalmente a tensão no ponto "A" (VR4 + VR3 +VR2) será igual a 50 volts.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Na sequência, apresentamos 10 exercícios que devem ser feitos antes de serem lidos as resoluções dos mesmos. É muito importante que o aluno entenda que estes procedimentos desenvolverão seu raciocínio para o dia a dia, seja para análise de defeitos, seja para projetos.

Exercício 1: Temos uma tensão de alimentação de +15V e três resistores, sendo R1 e R2 de 47k e R3 de 82k. Podemos dizer que a tensão no ponto A será muito próxima a 7,5V, pois os resistores R1 e R2 somados, resultarão em uma resistência de 94k, sendo que o resistor R3 apresenta um valor de 82k. Fazendo os cálculos com arredondamentos, podemos dizer que o valor de R1 e R2, são os menores, logo, serão nossa referência "1x". Já para R3 de 82k, consideraremos como sendo o dobro do valor em relação a R1 ou R2. Logo teremos uma somatória proporcional de "4x". Dividindo a tensão

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



da fonte por 4, teremos como resultante o valor de 3,75V, que será a queda de tensão sobre R1 e também sobre R2. O restante da tensão, ou seja, 7,5V ficará sobre R3.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R3) será de 7,5V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 11,25V (somatória da queda de tensão sobre R3 = 7,5V e mais queda sobre R2 = 3,75V).

Como complementação ao exercício, vamos fazer os cálculos exatos para malha, sendo que para isto, vamos dividir o valor de 82k por 47k, resultando em um valor de 1,75 vezes. Assim nossa malha terá "1x" para R1, "1x" para R2 e "1,75x" para R3. Somando estas proporções, chegaremos ao valor de "3,75x", valor que dividirá a tensão da fonte de 15V. Assim, teremos como resultado o valor de 4V sobre os menores resistores (no caso, R1 e R2) e para o resistor R3, bastará multiplicar o valor de 4V por 1,75, que será igual a 7V de queda sobre este.

Podemos definir então mais precisamente as tensões dos pontos. Começando pela ponto A, teremos a tensão de 7V, que é a queda de tensão sobre R3. No ponto B, teremos a somatória da queda de tensão sobre R3 e R2 (7V + 4V) resultando em uma tensão de 11V.

Como você pode ver, o primeiro calculo, feito com arredondamentos, ficou próximo ao cálculo exato. O importante em tudo é que você saiba, o quanto está "arredondando" e claro, saber o que está fazendo.

Exercício 2: Temos uma tensão de alimentação de +12V e três resistores, sendo R1 com 180 ohms, R2 com 47 ohms e R3 com 100 ohms. Apesar dos valores serem diferentes, deverei visualizar qual é o menor, o valor intermediário e o maior.

Fazendo os cálculos com arredondamentos, podemos dizer que o menor valor será de R2 com 47 ohms (1x), vindo logo em seguida R3 com o dobro do valor, ou seja, 100 ohms (2x). Já o valor de R1 será de 3,5 vezes o valor de de R2 (valores aproximados). Logo, teremos uma somatória proporcional de "6,5x". Dividindo a tensão da fonte por 6,5 vezes, teremos como resultante o valor aproximado de 1,8V, que será a queda de tensão sobre o menor valor, que no caso é R2. Esta tensão deverá ser dobrada para termos a queda de tensão sobre R3, que dará 3,6V. Finalmente ficaremos com o valor que sobrou da fonte, como queda de tensão sobre R1, ou seja 6,6V.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R3) será de 3,6V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 5,4V (somatória da queda de tensão sobre R3 = 3,6V e mais queda sobre R2 = 1,8V).

Caso queira fazer os cálculos exatos, faça, lembrando que você não deverá usar a calculadora para tal, permitindo assim que seu cérebro possa

treinar não somente cálculos, mas o raciocínio lógico.

Exercício 3: Temos uma tensão de alimentação de +12V e três resistores, sendo R1 com 500 ohms, R2 com 1kohms e R3 com 2kohms. Apesar dos valores serem diferentes, deverei visualizar qual é o menor, o valor intermediário e o maior.

Os cálculos não necessitarão de arredondamentos. Desta forma, podemos dizer que o menor valor será de R1 com 500 ohms (1x), vindo logo em seguida R2 com o dobro do valor, ou seja, 1kohms (2x). Já o valor de R3 será de 4 vezes o valor de de R1. Logo, teremos uma somatória proporcional de "7x". Dividindo a tensão da fonte por 7 vezes, teremos como resultante o valor aproximado de 1,7V, que será a queda de tensão sobre o menor valor, que no caso é R1. Esta tensão deverá ser dobrada para termos a queda de tensão sobre R2, que dará 3,4V. Finalmente ficaremos com o valor que sobrou da fonte (devido ao arredondamento), como queda de tensão sobre R3, ou seja 6,9V.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R3) será de 6,9V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 10,3V (somatória da queda de tensão sobre R3 = 6,9V e mais queda sobre R2 = 3,4V).

Neste exercício, as tensões finais ficaram muito próximas aos cálculos exatos. Não se preocupe no momento com os valores exatos, pois lembre-se que na prática, há tolerâncias de componentes que levarão à pequenos desvios nas tensões finais.

É importantíssimo que você monte na prática, circuitos semelhantes a estes que estão sendo comentados, procurando saber as tensões antes de fazer as medições práticas.

Exercício 4: Temos uma tensão de alimentação de +8V e três resistores, sendo R1 com 3kohms, R2 com 4kohms e R3 com 1kohms. Apesar dos valores serem diferentes, deverei visualizar qual é o menor, o valor intermediário e o maior.

Os cálculos não necessitarão de arredondamentos. Desta forma, podemos dizer que o menor valor será de R3 com 1kohms (1x), vindo logo em seguida R1 com o três vezes o valor, ou seja, 3kohms (3x). Já o valor de R2 será de 4 vezes o valor de de R1. Logo, teremos uma somatória proporcional de "8x". Dividindo a tensão da fonte por 8 vezes, teremos como resultante o valor aproximado de 1V, que será a queda de tensão sobre o menor valor, que no caso é R3. Esta tensão deverá ser triplicada para termos a queda de tensão sobre R1, que dará 3V. Finalmente ficaremos com o valor de R2 com 4V.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R3) será de 1V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 5V (somatória da queda de tensão sobre R3 = 1V e mais queda sobre R2 = 4V).

Neste exercício, não houve arredondamento e tudo pode ser calculado de forma rápida. Lembre-se que na prática, os valores comerciais são quebrados (1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2), causando um aumento na dificuldade dos cálculos. Apesar disto, o aluno não deve perder a lógica da análise das tensões finais, sejam elas exatas ou aproximadas.

Exercício 5: A partir daqui, surge mais um resistor na malha e claro, mais um ponto de medição que chamaremos de "C". Temos uma tensão de alimentação de +12V e quatro resistores, sendo R1 com 1kohms, R2 com 3kohms, R3 com 1kohms e R4 com 1kohms. Podemos visualizar que 3 dos resistores, possuem o mesmo valor, sendo estes a referência (valor menor), sendo o quarto com valor 3 vezes maior.

Os cálculos não necessitarão de arredondamentos. Desta forma, podemos dizer que o menor valor será de R1, R3 e R4 com 1kohms (1x) cada, e R2 com três vezes o valor, ou seja, 3kohms (3x). Logo, teremos uma somatória proporcional de "6x". Dividindo a tensão da fonte por 6 vezes, teremos como resultante o valor de 2V, que será a queda de tensão sobre os menores valores, ou seja, sobre R1, R3 e R4. Esta tensão deverá ser triplicada para termos a queda de tensão sobre R2, que dará 6V.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R4) será de 2V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 4V (somatória da queda de tensão sobre R4 = 2V e mais queda sobre R3 = 2V). Para saber agora a tensão no ponto C, bastará somar as quedas de tensão sobre os resistores R4, R3 e R2. Como R2 possui uma queda de 6V, e já tínhamos no ponto B uma tensão de 4V, teremos no ponto C uma tensão de 10V, que é a somatória das quedas de R4, R3 e R2 (2V + 2V + 6V).

Neste exercício, não houve arredondamento e tudo pode ser calculado de forma rápida. Lembre-se também que tudo foi medido em relação à massa, sendo que somente a ponta vermelha do multímetro é deslocada para os pontos.

Exercício 6: Temos uma tensão de alimentação de +6V e quatro resistores, sendo R1 com 500 ohms, R2 com 1kohms, R3 com 2kohms e R4 com 3kohms. Podemos visualizar que todos os resistores possuem valores diferentes, sendo que temos que achar o menor valor, que no caso é R1 com 500 ohms.

Os cálculos não necessitarão de arredondamentos. Assim, após R1, o maior valor na sequência, será de R2 com 2 vezes o valor de R1. Depois vem R3 com 4 vezes o valor de R1 e finalmente R4 com 6 vezes o valor de R1. Logo, teremos uma somatória proporcional de "13x". Dividindo a tensão da fonte por 13 vezes, teremos como resultante o valor de

0,45V, que será a queda de tensão sobre o menor valor, que no caso é R1. A tensão de queda sobre R2, será de 0,9V e sobre R3, 1,8V. Quando o valor da divisão é arredondado, dá-se preferência por verificar-se quanto sobrou da tensão da fonte de alimentação, para determinarmos a queda no último resistor. Assim, somando as tensões até aqui (0,45V sobre R1; 0,9V sobre R2 e 1,8V sobre R3), ficamos com 3,15V; tirando agora este valor de +6V, ficamos com 2,85V, que será a tensão sobre o resistor R4.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R4) será de 2,85V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 4,65V (somatória da queda de tensão sobre R4 = 2,85V e mais queda sobre R3 = 1,8V). Para saber agora a tensão no ponto C, bastará somar as quedas de tensão sobre os resistores R4, R3 e R2. Como R2 possui uma queda de 0,9V, e já tínhamos no ponto B uma tensão de 4,65V, teremos no ponto C uma tensão de 5,55V, que é a somatória das quedas de R4, R3 e R2 (2,85V + 1,8V + 0,9V).

Neste exercício, houve algum arredondamento, complicando um pouco mais o cálculo. Continuamos alertando que um pouco mais de tempo que se perde, forçando a mente para os cálculos, será de grande valia na análise de defeitos mais complexos.

Exercício 7: Temos uma tensão de alimentação de +9V e três resistores, sendo R1 com 50 ohms, R2 com 1kohms e R3 com 3kohms. Apesar dos valores serem diferentes, deverei visualizar qual é o menor, o valor intermediário e o maior.

Para os cálculos não necessitarão arredondamentos. Desta forma, podemos dizer que o menor valor será de R1 com 50 ohms (1x), vindo logo em seguida R2 com o 20 vezes mais valor, ou seja, 1kohms (20x). Já o valor de R3 será de 3 vezes maior que R2 que já é 20 vezes maior que R1. Assim, basta multiplicar 20 vezes por 3, resultando para R3 um valor 60 vezes maior que R1. Logo, teremos uma somatória proporcional de "81x". Dividindo a tensão da fonte por 81 vezes, teremos como resultante o valor aproximado de 0,1V, que será a queda de tensão sobre o menor valor, que no caso é R1. Esta tensão deverá ser multiplicada por 20 para termos a queda de tensão sobre R2, que dará 2V. Se agora multiplicarmos o valor de 0,1V (na verdade o valor é de 0,1111...) por 60, teremos como resultante 6V sobre o resistor R3. Se somarmos agora as quedas de tensão sobre cada um dos resistores, teremos 6V + 2V + 0,1V, que dará 8,1V, sendo que a fonte é de 9V. Fica claro que o arredondamento, tirou décimos preciosos de cada resultado. Assim, o correto seria uma queda de tensão de 0,12V para R1, 2,3V para R2 e 6,6V para R3.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R3) será de 6,6V. Já a tensão

no ponto B (em relação à massa) será de 8,9V (somatória da queda de tensão sobre R3 = 6,6V e mais queda sobre R2 = 2,3V).

Neste exercício, as tensões acima, ficaram muito próximas aos cálculos exatos. Não se preocupe no momento com os valores exatos, pois lembre-se que na prática, há tolerâncias de componentes que levarão à pequenos desvios nas tensões finais.

É importantíssimo que você monte na prática, circuitos semelhantes a estes que estão sendo comentados, procurando saber as tensões antes de medi-las.

Exercício 8: Temos uma tensão de alimentação de +6V e três resistores, sendo R1 com 100kohms, R2 com 50kohms e R3 com 75kohms. Apesar dos valores serem diferentes, deverei visualizar qual é o menor, o valor intermediário e o maior.

Os cálculos não necessitarão de arredondamentos. Desta forma, podemos dizer que o menor valor será de R2 com 50 kohms (1x), vindo logo em seguida R3 com 1,5 vezes o valor de R1, ou seja, 75 kohms (1,5x). Já o valor de R1 será de 2 vezes o valor de R2. Logo, teremos uma somatória proporcional de "4,5x". Dividindo a tensão da fonte por 4,5 vezes, teremos como resultante o valor aproximado de 1,33...V, que será a queda de tensão sobre o menor valor, que no caso é R2. Esta tensão deverá ser dobrada para termos a queda de tensão sobre R1, que dará 2,66...V. Finalmente ficaremos com o valor que sobrou da fonte (devido ao arredondamento), como queda de tensão sobre R3, ou seja, 2V.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R3) será de 2V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 3,33...V (somatória da queda de tensão sobre R3 = 2V e mais queda sobre R2 = 1,33...V).

Neste exercício, as tensões finais ficaram muito próximas aos cálculos exatos.

Exercício 9: Temos no circuito, uma tensão de alimentação de 12V e 3 resistores de valores iguais, sendo que podemos dizer que cada um deles valerá "1x". Assim somando-se as proporções destes, teremos o valor de "3x" (1x + 1x + 1x) e que dividindo 12 volts por este valor, resultará em uma tensão de 4 volts (12V / 3x = 4V) sobre cada um dos resistores, ou sobre cada "1x". Ficamos então com 4 volts sobre R3 que é a mesma tensão do ponto "A" e 8V no ponto "B" que é a tensão de queda sobre R2, somada a tensão de queda sobre R3.

Exercício 10: Temos uma tensão de alimentação de +9V e três resistores, sendo R1 e R3 de 1k e R2 de 2k. Fazendo os cálculos exatos das proporções, podemos dizer que o valor de R1 e R3, são os menores, logo, serão nossa referência "1x". Já para R2 de 2k, consideraremos como sendo o dobro do valor em relação a R1 ou R3. Logo teremos uma somatória proporcional de "4x".

Dividindo a tensão da fonte por 4, teremos como resultante o valor de 2,25V, que será a queda de tensão sobre R1 e também sobre R3. O restante da tensão, ou seja, 4,5V ficará sobre R2.

Assim, já podemos definir que a tensão do ponto A (mesma tensão sobre R3) será de 2,25V. Já a tensão no ponto B (em relação à massa) será de 6,75V (somatória da queda de tensão sobre R3 = 2,25V e mais queda sobre R2 = 4,5V).

Nos exercícios seguintes, de 11 à 16, daremos abaixo somente as tensões resultantes (algumas arredondadas). Alertamos aos alunos que procurem chegar aos resultados antes de visualizar

as respostas.

Exercício 11: A = 8,3V; B = 10,8V; C = 11,6V

Exercício 12: A = 1,15V; B = 2,3V; C = 3,45V

Exercício 13: A = 3,1V; B = 6,2V; C = 7,5V

Exercício 14: A = 0,8V; B = 2,4V; C = 4V

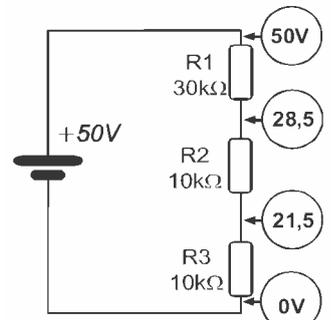
Exercício 15: A = 2,5V; B = 7,5V; C = 12,5V

Exercício 16: A = 2,1V; B = 2,8V; C = 7,8V

ANÁLISE DE DEFEITOS

A análise de defeitos em circuitos série com 3 ou mais resistores, segue o mesmo raciocínio empregado para circuitos série com 2 resistores, ou seja devemos verificar as quedas de tensões sobre os resistores e comparar com a proporção dos seus valores "Ôhmicos", o resistor que apresentar proporção maior de queda de tensão em referência ao valor de sua resistência estará alterado ou "aberto", já que para nossas análises o resistor sempre irá alterar para mais (de acordo com o que foi visto anteriormente).

Para melhor exemplificar vamos considerar um circuito série com 3 resistores, o 1° de 30K e 2° e 3° de 10K cada um. As tensões marcadas no círculo referem-se ao circuito com defeito:

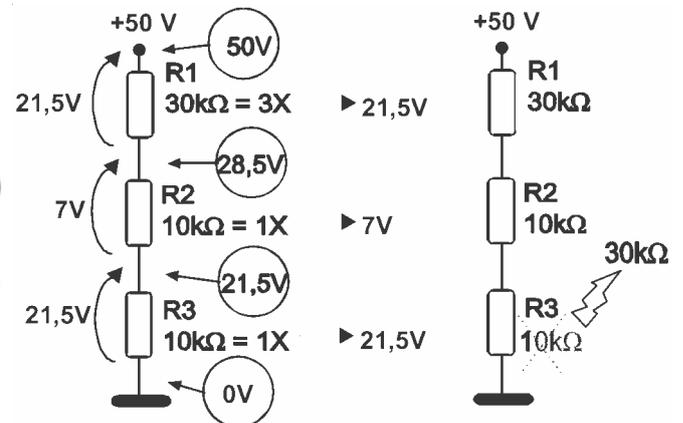


Na figura ao lado temos o circuito série que está apresentando um defeito, primeiramente temos que

calcular as quedas de tensão sobre os componentes desta malha e só depois iremos analisar qual componente está com defeito.

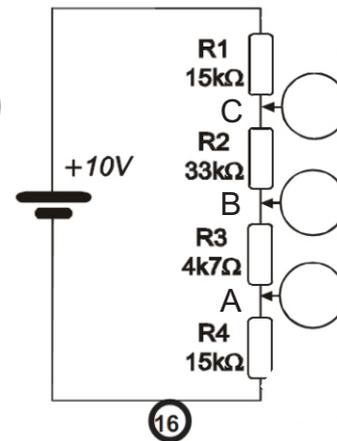
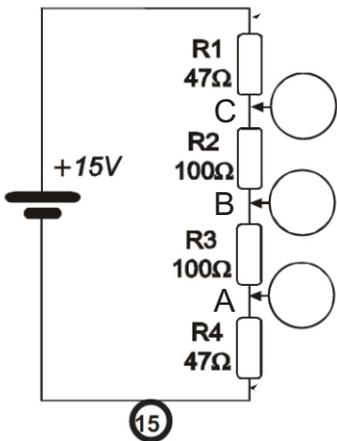
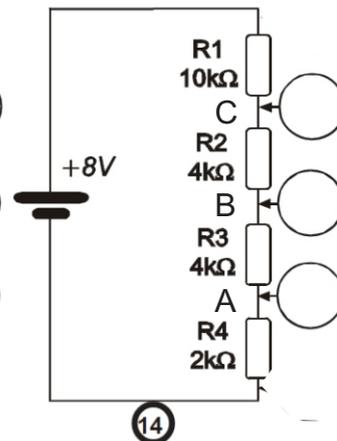
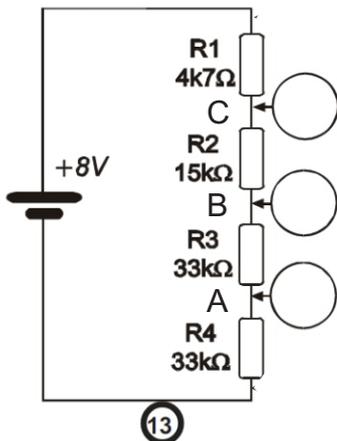
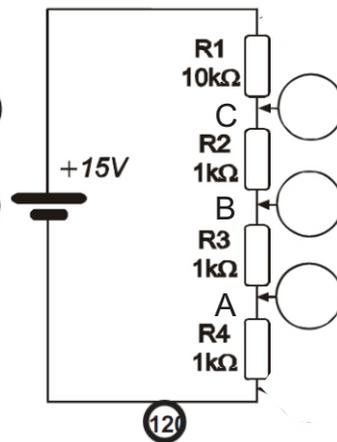
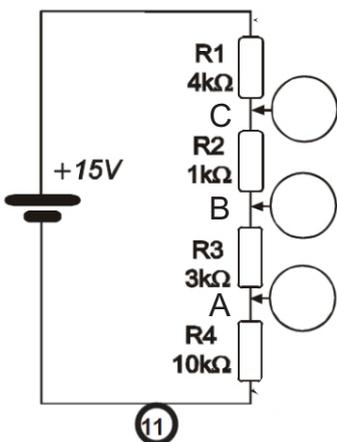
Este procedimento deve sempre ser observado para qualquer análise de defeito, sempre analisaremos as tensões sobre os componentes e não a tensão em relação a "massa".

Temos uma malha de 3 resistores onde aplicamos uma tensão de 50 volts. Temos sobre R1 uma queda de tensão de 21,5 volts (50 - 28,5 volts);



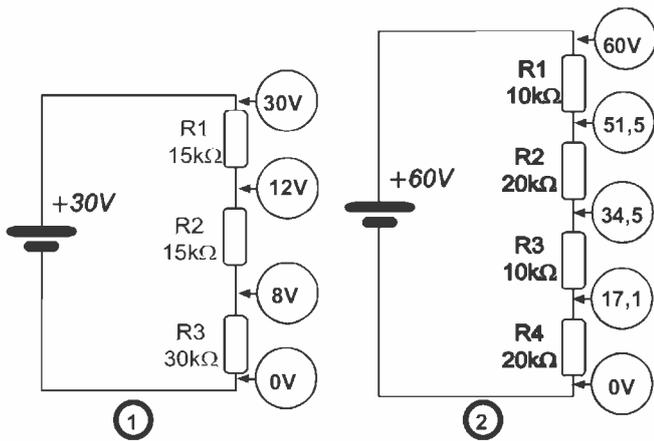
sobre R2 uma queda de 7 volts (28,5 - 21,5 volts) e sobre R3; 21,5 volts (21,5 - 0 volt).

Vemos que o resistor R3 de 10k, possui a mesma



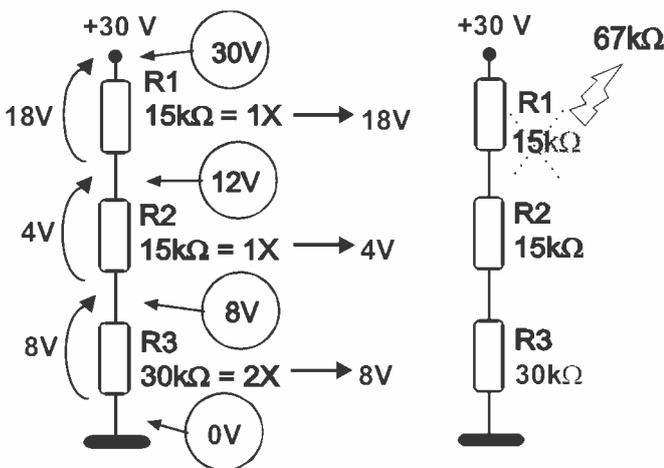
queda de tensão que R1 de 30k. Já o resistor R2, mantém uma relação adequada em proporções se comparado a R1 (1X e 3X). Logo, podemos concluir que o resistor R3 está alterado, como mostrado na figura acima. Além disto, podemos ainda determinar para quanto foi o valor desta "alteração", pois ele possui a mesma queda de tensão que R1 de 30k. Logo fica óbvio que este resistor R3 alterou seu valor para cerca de "3x", passando para 30k, como podemos observar na mesma figura.

Abaixo temos dois circuitos série com defeitos, o aluno deve tentar localizar o componente defeituoso de cada circuito, utilizando as técnicas



abordadas.

1) Solução : No circuito "1", temos uma tensão de 30 volts aplicada a 3 resistores: R1 com 15k; R2 com 15k e R3 com 30k. Já podemos visualizar que a tensão indicada logo abaixo de R1 (12 volts), representa uma queda de tensão de 18 volts sobre R1 (30 volts - 12 volts). Como ele é um dos resistores de menor valor na malha e está

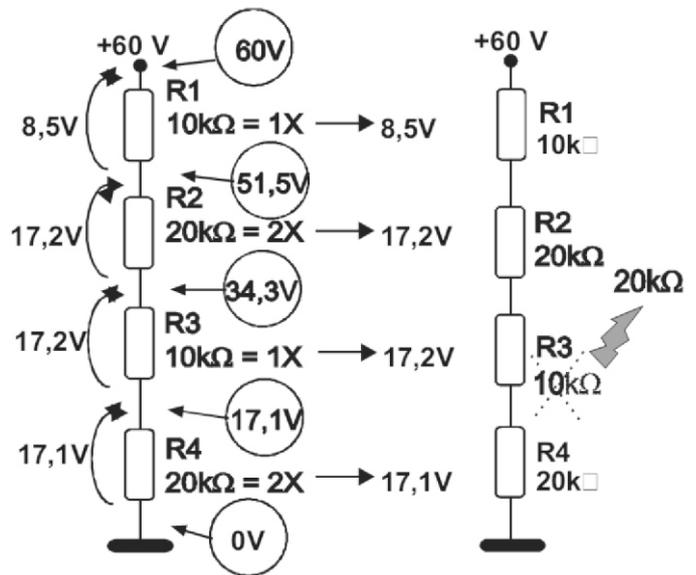


recebendo a maior queda de tensão, já podemos defini-lo como o resistor alterado.

Como a tensão de queda sobre R1 (18 volts) chega a ser de 4,5 vezes maior do que sobre R2 (4 volts), podemos dizer que seu valor (15k) alterou para cerca de 67k, como na figura acima.

2) Solução : No circuito "2", temos uma tensão de 60 volts aplicada a 4 resistores: R1 com 10k; R2 com 20k; R3 com 10k e R4 com 20k. Podemos observar que a queda de tensão sobre R2 é igual a queda de tensão sobre R4 e como suas resistências são iguais podemos concluir que eles estão "bons", já a queda de tensão sobre R3 é bem maior que sobre R1, que tem valor igual a R3, já podemos concluir que R3 está alterado, para ter maior certeza podemos ainda observar que a tensão sobre R2 é o dobro que a sobre R1, mantendo a proporção de suas resistências (2x e 1x), indicando que R1 e R2 realmente estão "bons", e o mesmo pode ser observado com R4:

Assim, na figura acima, mostramos o resistor R3 como causa da alteração do circuito. Sua especificação de queda de tensão é de "2x" significando que este resistor está recebendo o



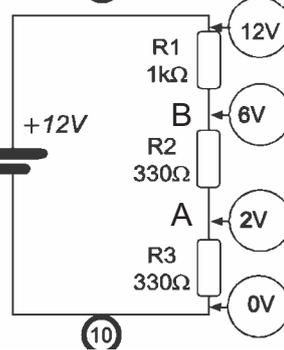
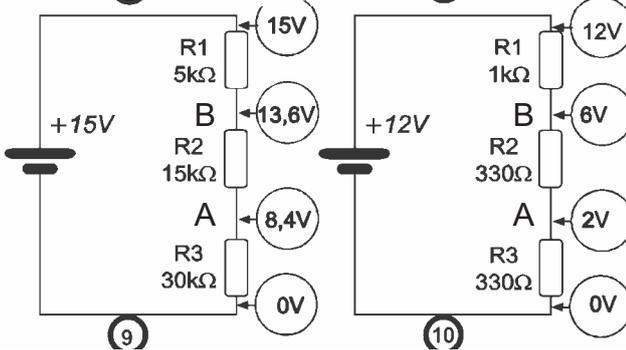
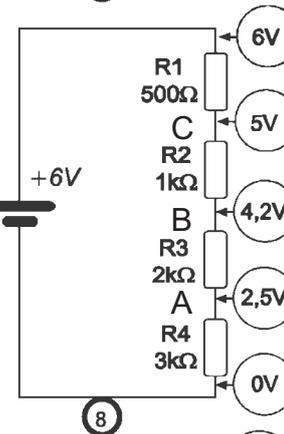
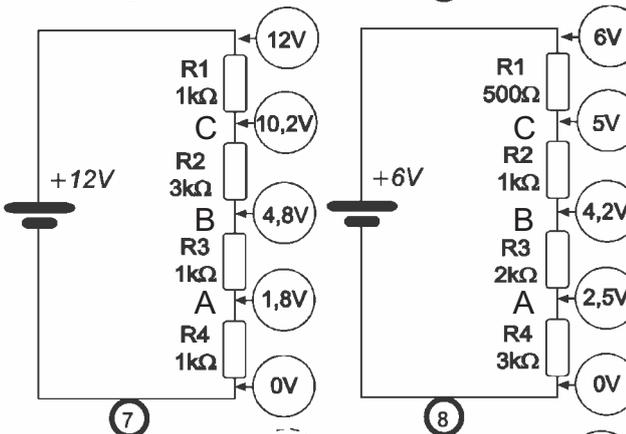
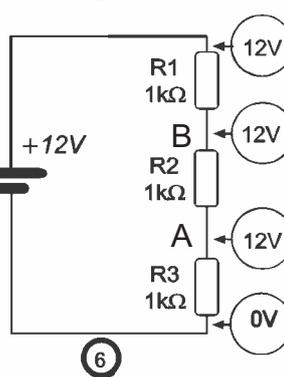
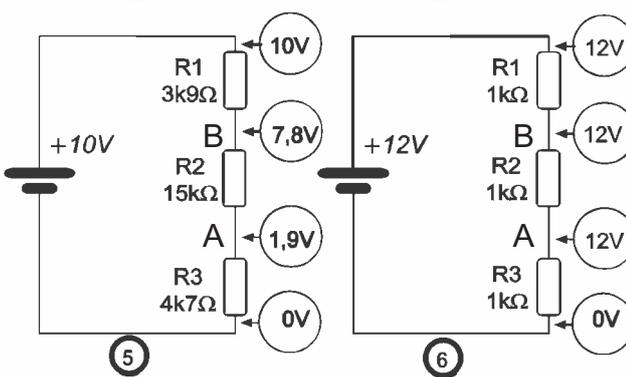
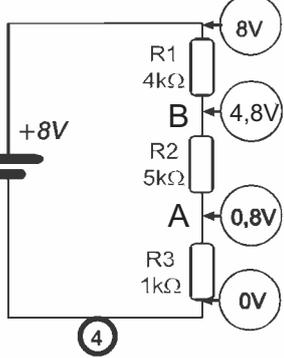
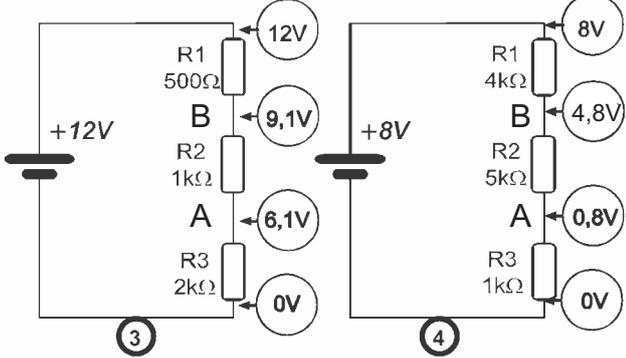
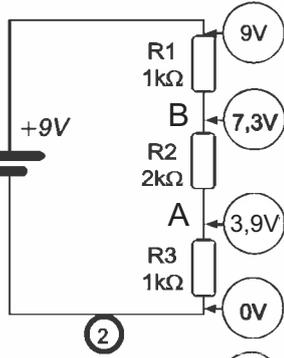
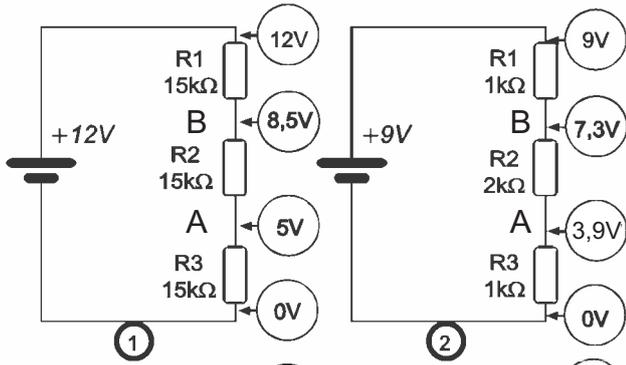
dobro da tensão em relação a R1 de 10k. Logo fica fácil concluir que R3 alterou para 20k.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Nos exercícios a seguir, será feita a análise de cada um deles. Antes de ler qual o componente defeituoso, é de vital importância que você consiga determinar o defeito. Mãos à obra!!!

Exercício 1: Neste exercício temos uma tensão de alimentação de 12V e três resistores iguais, facilitando nosso cálculo. Vemos que a tensão no ponto A, deveria ser de 4V e no B de 8V. Mas, encontramos no ponto A uma tensão de 5V, enquanto que no B uma tensão de 8,5V. Observando agora a queda de tensão sobre R3, podemos dizer que está com 5V (no circuito normal teria 4V). Já para R2 temos uma queda de tensão de 3,5V, o mesmo ocorrendo para R1. Bem, considerando que todos os resistores possuíam o mesmo valor e agora um deles está alterado ou aberto, fica claro afirmar que se R1 e R2 apresentam a mesma queda de tensão, possuem também o mesmo valor. Como R3 apresenta uma tensão maior do que R1 ou R2, está com valor maior. Assim, já podemos concluir que o resistor R3 está

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



alterado.

Para saber para quanto R3 alterou, vamos considerar a queda de tensão sobre o resistor R1 ou R2, que estão bons... tendo cada um deles, uma queda de 3,5V. Comparando esta tensão de queda (R1 ou R2) à tensão de queda sobre R3, que é de 5V, vemos que resultará em uma relação 1,43 vezes maior. Isto significa dizer que o valor de R3 ficou 1,43 vezes maior do que R1 ou R2, ou seja, basta pegar o valor deles, que é de 15k e multiplicar por 1,43, que acharemos para quanto alterou R3. Assim, concluímos que R3 teve seu valor de 15k, alterado para 21,5k.

Exercício 2: Neste exercício temos uma tensão de alimentação de 9V e três resistores, sendo dois iguais, o que facilita nosso cálculo. Temos o valor de R1 igual ao valor de R3 (devem ter as mesmas quedas de tensão) e o valor de R2 com o dobro (o dobro da queda de tensão). Assim, dividindo 9V por 4, teremos 2,25V sobre os resistores de menor valor. Mas, encontramos no ponto A, uma tensão de 3,9V, enquanto que no B, uma tensão de 7,3V, ou seja, já temos uma queda de tensão sobre R3, maior do que deveríamos ter. Antes de acusarmos este componente, devemos ver se as quedas de tensões sobre os outros resistores estão proporcionais. Encontramos sobre R2 (valor de 2k) uma queda de 3,4V e sobre o resistor R1, uma queda de 1,7V. Note que as quedas de tensão sobre R1 e R2 estão proporcionais, mas sobre R3, que possui o mesmo valor de R1, a queda é de 3,9V. Assim, já podemos concluir que R3 está alterado.

Para saber para quanto o valor foi alterado, vamos considerar a queda de tensão sobre o resistor R1, que está bom, tendo uma queda de tensão sobre ele de 1,7V. Comparando esta tensão de queda sobre R1 à tensão de queda sobre R3, que é de 3,9V, teremos uma relação de 2,3 vezes maior. Isto significa dizer que o valor de R3 ficou 2,3 vezes maior do que R1 ou R2, ou seja, basta pegar o valor dele que é de 1k e multiplicar por 2,3, que acharemos para quanto foi alterado R3. Assim, afirmamos que R3, cujo valor era de 1k, sofreu uma alteração para 2,3k.

Exercício 3: Neste exercício temos uma tensão de alimentação de 12V e três resistores, sendo todos diferentes. Apesar disto, os valores são inteiros, facilitando o cálculo. Temos o valor de R1 com 500 ohms (1x), R2 com 1k (2x) e R3 com 2k (4x). Assim, dividindo 12V por 7, teremos 1,7V sobre o resistor de menor valor, que no caso é R1. Sobre R2 deverá haver uma queda de tensão de 3,4V e sobre R3, 6,8V. Mas, encontramos no ponto A uma tensão de 6,1V, enquanto que no B uma tensão de 9,1V, ou seja, temos uma queda de tensão sobre R3 menor que o normal. Verificando as tensões

medidas, notamos que a queda sobre R2, que deveria ser de 3,4V, também encontra-se menor, com 3V. Mas, observando a tensão sobre R1, vemos que tem quase 3V, ou mais precisamente 2,9V, quando deveria ter uma tensão de 1,7V. Desta forma, como ele está recebendo maior tensão proporcional em relação aos outros resistores, ele está alterado.

Para saber para quanto o valor foi alterado, vamos considerar a queda de tensão sobre o resistor R2, que está bom, tendo sobre ele uma queda de 3V. Comparando esta tensão sobre R2 (3V) à tensão de queda sobre R1, que é de 2,9V, vemos que resultará em uma relação de 0,96 vezes, ou seja, como o valor de R2 é 1k este valor será multiplicado por 0,96, resultando em 960 ohms (pouco menos de 1k).

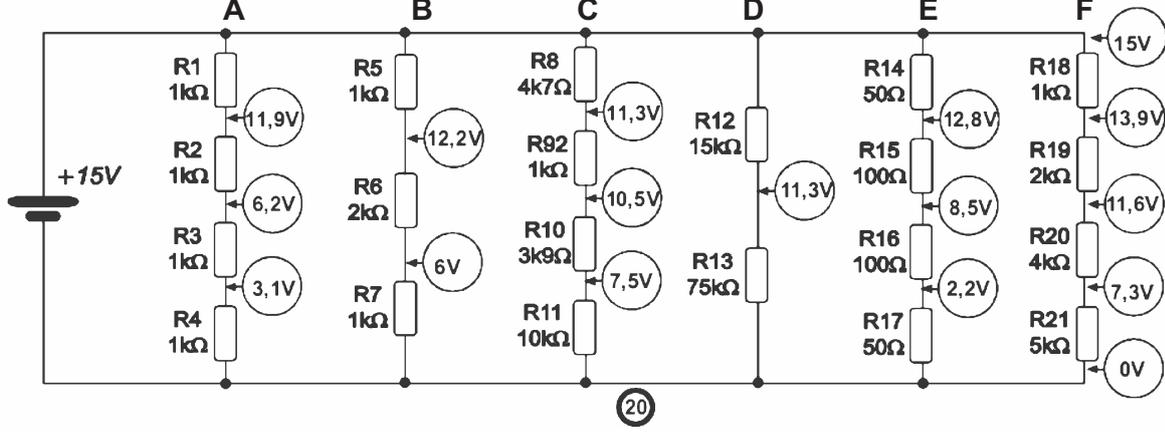
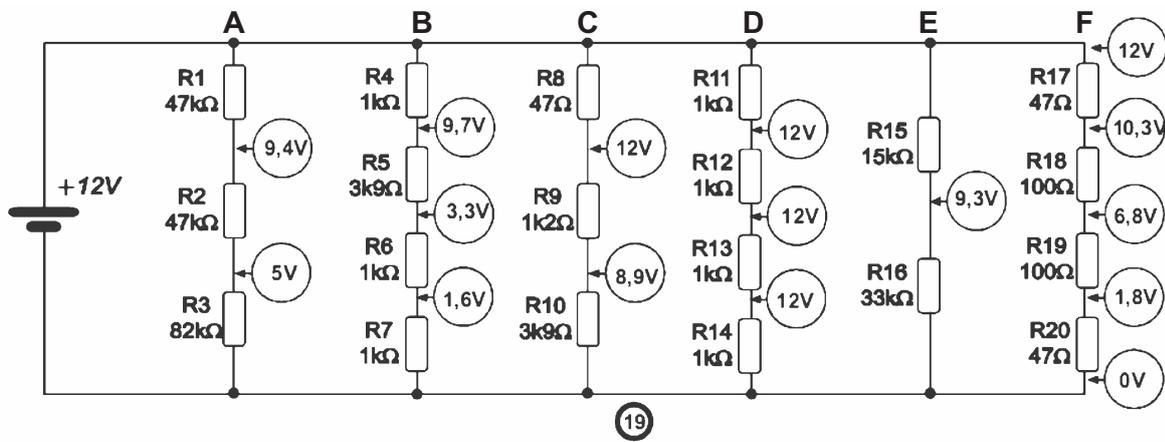
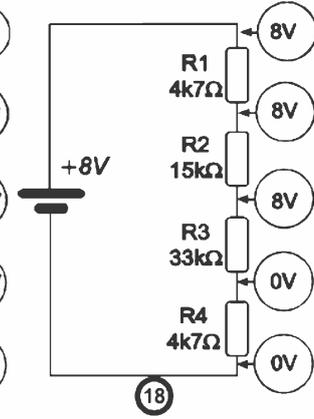
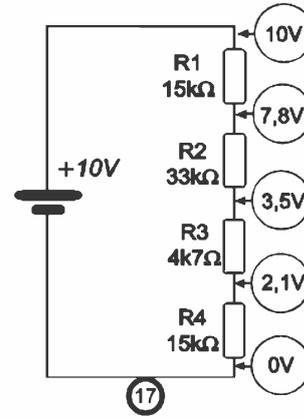
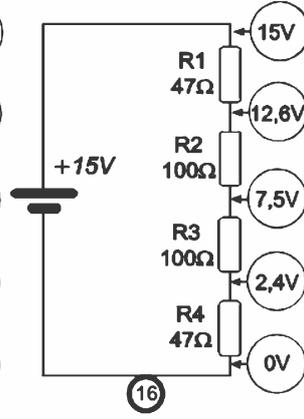
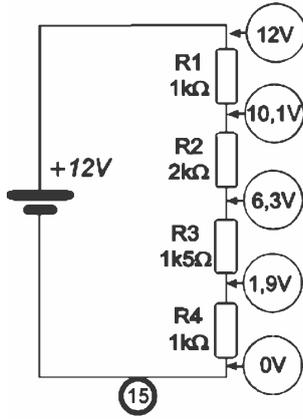
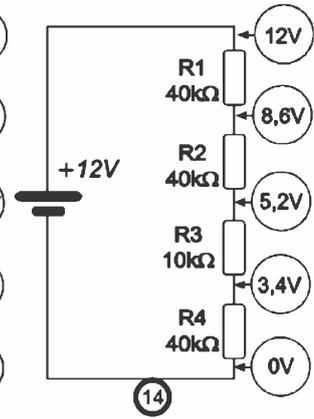
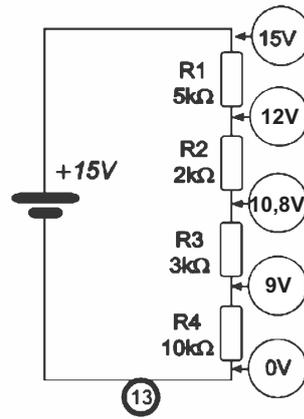
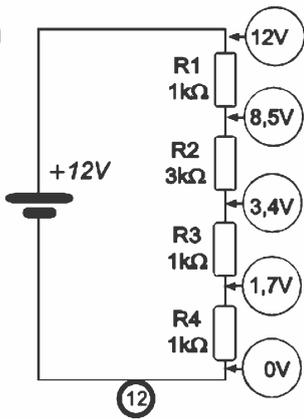
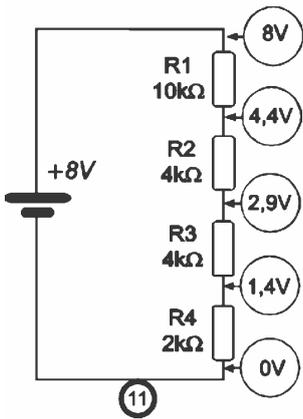
Exercício 4: Neste exercício temos uma tensão de alimentação de 8V e três resistores, sendo que o menor é R3 com 1k (1x); R1 com 4k será 4 vezes maior e R2 com 5k, será 5 vezes maior. Assim, a somatória das proporções será de 10 vezes. Dividindo 8V por 10, teremos 0,8V sobre o resistor de menor valor, que no caso é R3. Como o valor mostrado para o defeito também é de 0,8V, já podemos afirmar que a queda de tensão sobre R3 está normal, o que significa dizer que sobre todos os outros resistores também será. Logo, o circuito mostrado não apresenta defeito.

Exercício 5: Neste exercício temos uma tensão de alimentação de 10V e três resistores, sendo todos diferentes. Como os valores não são redondos (valores comerciais), dificulta um pouco o cálculo. Vamos logo procurando identificar o menor valor que no caso é R1 com 3,9k (1x). Logo após, temos R3 com 4,7k (1,2x) e finalmente R2 com 15k (4x). Assim, teremos a fonte de alimentação de 10V dividida por 6,2x resultando em 1,6V. Esta deverá ser a tensão sobre R1 (3,9k). Tomando como base a tensão de alimentação de 10V e subtraindo 1,6V, deveríamos ter no ponto B uma tensão de 8,4V, mas na verdade, está indicando que a tensão no ponto é de 7,8V, o que significa uma queda de tensão de 2,2V sobre R1. Assim, já sabemos que a queda de tensão sobre R1 aumentou, o que nos leva a crer em sua alteração. Basta somente confirmar se as quedas nos demais estão corretas. Temos 5,9V de queda em R2 (valor de 15k) e 1,9V de queda em R3 (valor de 4,7k). Vemos que estas tensões estão proporcionais e realmente podemos afirmar que R1 alterou.

Para saber para quanto o valor foi alterado, vamos considerar a queda de tensão sobre o resistor R3, que está bom, e sobre ele, está havendo uma queda de 1,9V. Comparando esta queda de tensão sobre R3 (1,9V) à tensão de queda sobre R1, que é de 2,2V, vemos que dará uma relação de 1,16 vezes, ou seja, o valor de R1

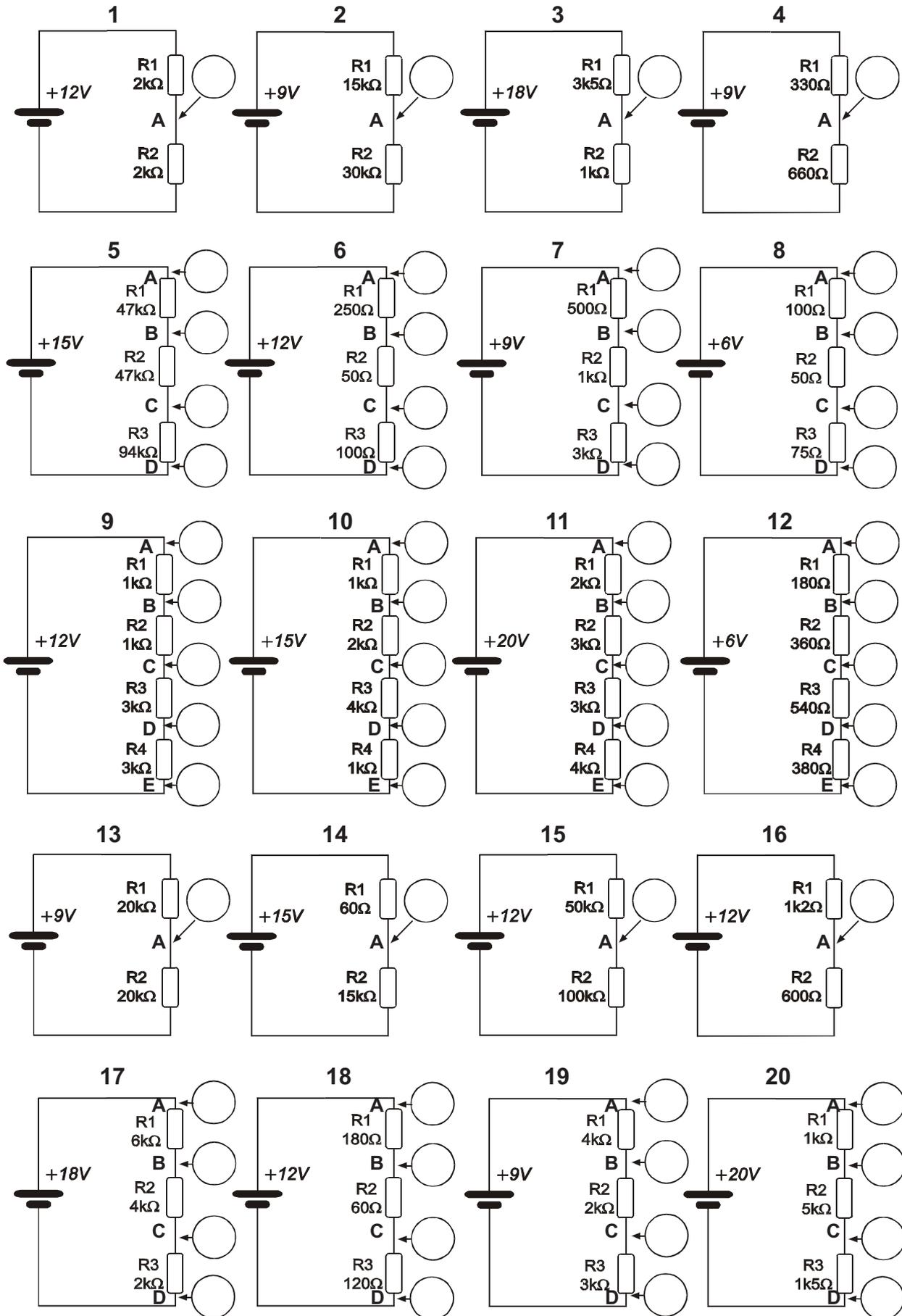
Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-21 à M1-24. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um nível excelente em eletrônica.

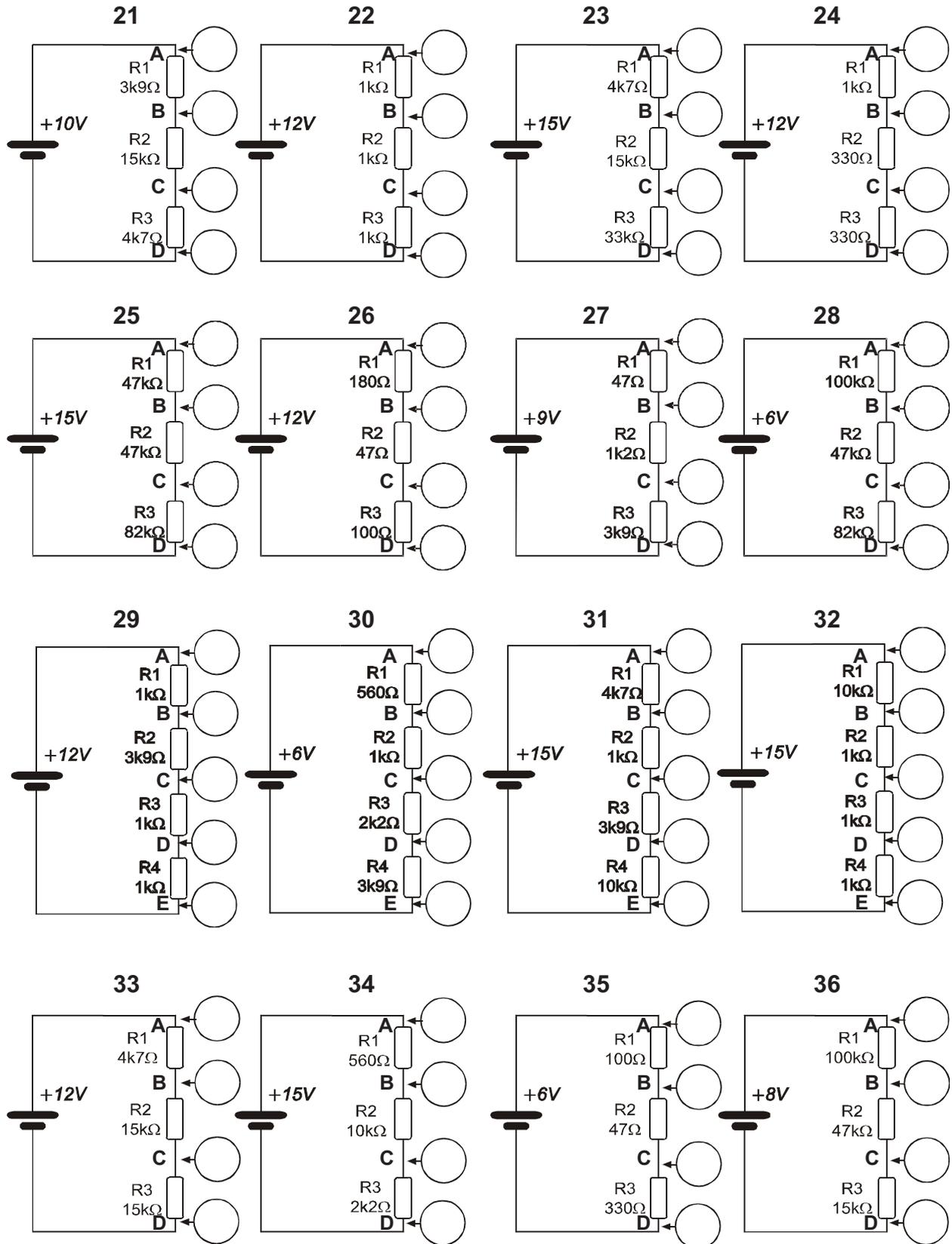
Nos próximos exercícios, serão passadas apenas as respostas com o número dos componentes defeituosos, não passando a análise das tensões. O aluno deverá fazer as verificações com muita atenção e somente após encontrado o componente defeituoso, conferir as respostas passadas a seguir.



Exercício 20D: R12 alterado para 24k.
 Exercício 20E: R16 alterado para 140 ohms.
 Exercício 20F: R21 alterado para quase 7k.
 Exercício 19D: R14 aberto.
 Exercício 19E: R16 alterado para 51k.
 Exercício 19F: R19 alterado para 1300ohms.
 Exercício 20A: R2 alterado para 1,8k.
 Exercício 20B: R7 alterado para 2,4k.
 Exercício 20C: não há defeito.
 Exercício 16: não há defeito.
 Exercício 17: R3 alterado para 10k.
 Exercício 18: R3 aberto.
 Exercício 19A: R2 alterado para 72k.
 Exercício 19B: R4 alterado para 1,4k.
 Exercício 19C: R9 alterado para 1,4k.
 Exercício 15: R3 alterado para 2k.
 Exercício 14: R3 alterado para quase 21k.
 Exercício 13: R4 alterado para 15k.
 Exercício 11: R4 alterado para quase 4k.

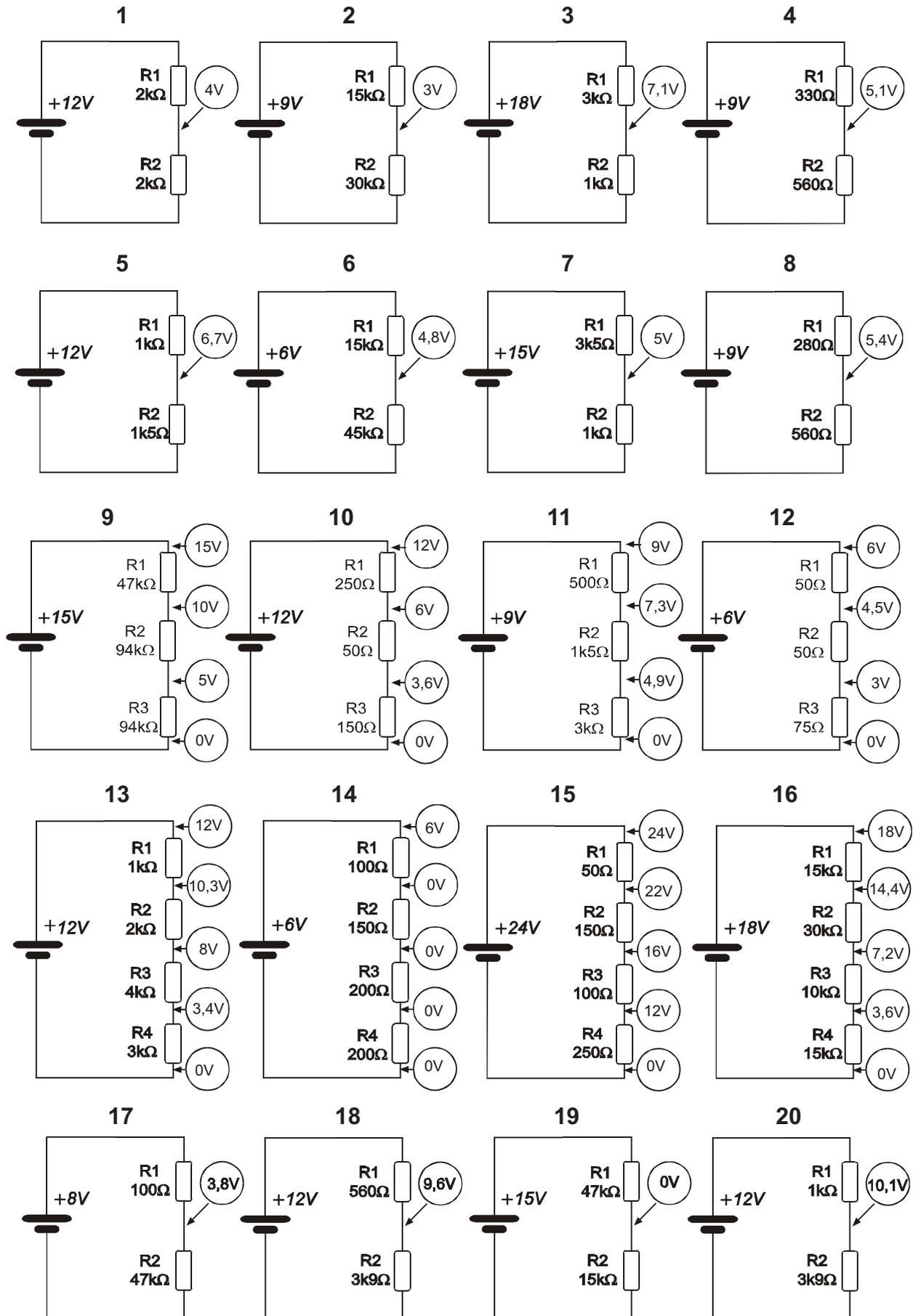
Nos próximos exercícios, dimensione as tensões dos círculos (em relação ao negativo). Estes exercícios de dimensionamento, são utilizados apenas como complementação e sua feitura não será exigida pelo instrutor. Apesar disso, faça-os, tire dúvidas com sua equipe ou colegas de sala, para saber se chegou satisfatoriamente aos resultados.

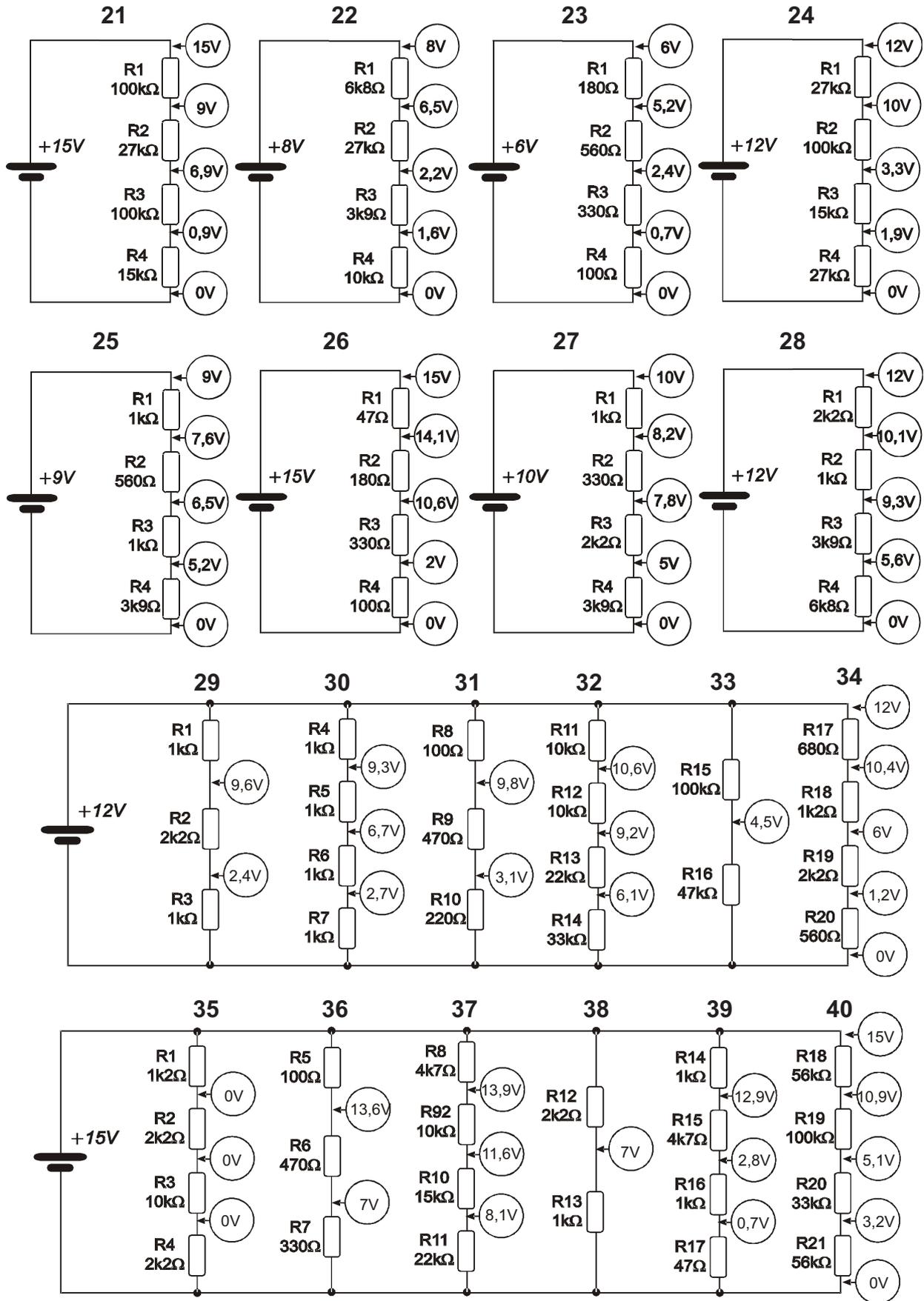




Respostas:
 [1 A=6V] [2 A=6V] [3 A=4V] [4 A=6V] [5 A=15V] [6 A=12V] [7 A=9V] [8 A=8V] [9 A=12V] [10 A=15V] [11 A=20V] [12 A=12V] [13 A=6V] [14 A=6V] [15 A=12V] [16 A=18V] [17 A=18V] [18 A=12V] [19 A=9V] [20 A=20V] [21 A=10V] [22 A=12V] [23 A=15V] [24 A=9V] [25 A=12V] [26 A=12V] [27 A=12V] [28 A=6V] [29 A=12V] [30 A=6V] [31 A=15V] [32 A=15V] [33 A=12V] [34 A=15V] [35 A=6V] [36 A=8V] [37 A=3V] [38 A=0,7V] [39 A=0V] [40 A=1,5V] [41 A=1,5V] [42 A=1,5V] [43 A=1,5V] [44 A=1,5V] [45 A=1,5V] [46 A=1,5V] [47 A=1,5V] [48 A=1,5V] [49 A=1,5V] [50 A=1,5V] [51 A=1,5V] [52 A=1,5V] [53 A=1,5V] [54 A=1,5V] [55 A=1,5V] [56 A=1,5V] [57 A=1,5V] [58 A=1,5V] [59 A=1,5V] [60 A=1,5V] [61 A=1,5V] [62 A=1,5V] [63 A=1,5V] [64 A=1,5V] [65 A=1,5V] [66 A=1,5V] [67 A=1,5V] [68 A=1,5V] [69 A=1,5V] [70 A=1,5V] [71 A=1,5V] [72 A=1,5V] [73 A=1,5V] [74 A=1,5V] [75 A=1,5V] [76 A=1,5V] [77 A=1,5V] [78 A=1,5V] [79 A=1,5V] [80 A=1,5V] [81 A=1,5V] [82 A=1,5V] [83 A=1,5V] [84 A=1,5V] [85 A=1,5V] [86 A=1,5V] [87 A=1,5V] [88 A=1,5V] [89 A=1,5V] [90 A=1,5V] [91 A=1,5V] [92 A=1,5V] [93 A=1,5V] [94 A=1,5V] [95 A=1,5V] [96 A=1,5V] [97 A=1,5V] [98 A=1,5V] [99 A=1,5V] [100 A=1,5V]

Nos próximos exercícios, encontre os componentes defeituosos, pelas tensões indicadas nos círculos (em relação ao negativo). Estes exercícios de análise de defeitos, são utilizados apenas como complementação e sua feitura não será exigida pelo instrutor. Apesar disso, faça-os, tire dúvidas com sua equipe ou colegas de sala, para saber se chegou satisfatoriamente aos resultados.





Respostas: 1 R1 alterado para 4k; 2 R1 alterado para 60k; 3 R2 alterado para 2k; 4 R1 alterado para 430 ohms; 5 R1 alterado para 1,2k; 6 R2 alterado para 60k; 7 R2 alterado para 1,75k; 8 R1 alterado para 370 ohms; 9 R1 alterado para 94k; 10 R2 alterado para 100 ohms; 11 R1 alterado para 1k; 12 R3 alterado para 100ohms; 13 R1 alterado para 1,5k; 14 R1 aberto; 15 R4 alterado para 300 ohms; 16 R3 alterado para 15k; 17 R1 alterado para 52k; 18 R1 alterado para 1kohm; 19 R1 aberto; 20 R2 alterado para 5k3; 21 R2 alterado para 35k; 22 R1 alterado para 9,4k; 23 R4 alterado para 133 ohms; 24 R3 alterado para 26,1k; 25 R2 alterado para 780 ohms; 26 R3 alterado para 430ohms; 27 R1 alterado para 1,5k; 28 R3 alterado para 4,5k; 29 R2 alterado para 26,1k; 30 R6 alterado para 1,5k; 31 R8 alterado para 150k; 32 R14 alterado para 43k; 33 R16 alterado para 60k; 34 R18 alterado para 1,8k; 35 R1 alterado para 1,5k; 36 R7 alterado para 500 ohms; 37 R11 alterado para 34,7k; 38 R13 alterado para 1,9k; 39 R17 alterado para 333 ohms; 40 R18 alterado para 72k.

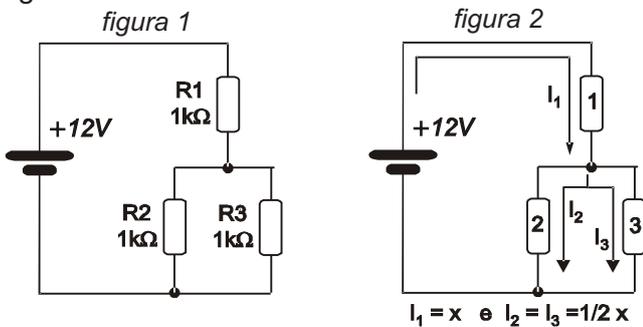
AULA
7

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE DEFEITOS EM MALHAS PARALELAS

- Malhas série-paralelas com 3 resistores
- Malhas série-paralelas com mais de 3 resistores
- Vários exercícios de dimensionamento
- Vários exercícios de análise de defeitos

MALHAS SÉRIE-PARALELAS

Na figura 1, temos um circuito alimentado por uma tensão de 12 volts, tendo como carga 3 resistores: R1 com 1k; R2 com 1k e R3 também com 1k. Fica fácil concluir que haverá corrente circulante pela malha e que a corrente que passa por R1, deverá se dividir para passar por R2 e R3, como mostramos na figura 2.



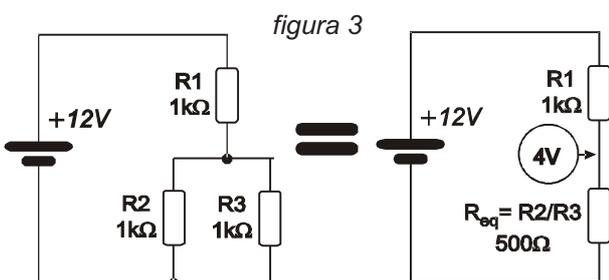
Sabemos que 2 ou mais resistores dispostos em série, na somatória, acabam dificultando a passagem da corrente:

QUANTO MAIS RESISTORES EM SÉRIE, MAIOR SERÁ A OPOSIÇÃO À PASSAGEM DA CORRENTE.

Quando trabalhamos com resistores associados em paralelo, notamos que passamos a ter mais caminhos para a passagem da corrente, facilitando a circulação desta.

Assim, podemos dizer que duas resistências associadas em paralelo, produzirão uma resistência de valor MENOR que o MENOR valor associado.

A figura 3, mostra eletricamente como se comportaria um circuito série e paralelo. Para saber a tensão entre os resistores R1, R2 e R3,



deveremos primeiramente calcular o valor do circuito paralelo entre R2 e R3. Como são valores iguais, já podemos concluir que oferecerão metade da resistência à passagem da corrente. Assim, teremos 1k dividido por 2, resultando em uma resistência de 500 ohms.

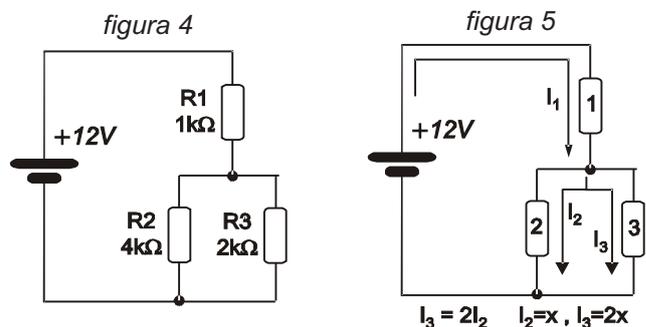
Ficaremos portanto, com uma resistência equivalente R2/R3 de 500 ohms como mostramos na figura 3.

Faremos a verificação normal da tensão da malha, baseando agora nos dois valores obtidos em série: R1 com 1k e Req (R2/R3) com 500 ohms.

Assim, chegaremos a uma queda de tensão de 4 volts sobre a resistência equivalente R2/R3 e de 8 volts sobre R1. Logo a tensão abaixo de R1 será a mesma queda da malha paralela, ou seja, 4 volts.

CÁLCULO PARALELO RÁPIDO PARA RESISTÊNCIAS DIFERENTES

Na figura 4, temos uma malha paralela com 2 resistores de valores diferentes (2k e 4k). Neste caso, a corrente que passa por R1 (I1) e também irá se dividir entre R2 e R3 (figura 5), mas, como os resistores são de valores diferentes, a corrente que circula por cada um deles será diferente.

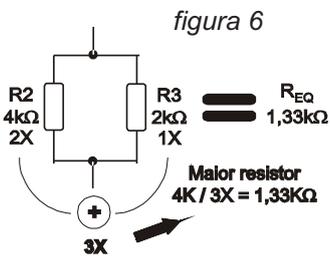


Como R2 (4k) tem o dobro do valor de R3 (2k), as correntes também deverão obedecer a proporção entre eles (1 para 2). Mas, como a corrente é inversamente proporcional ao valor da resistência (maior resistência, menor corrente) diremos portanto, que a corrente circulante por R2 (resistência maior) será a metade da corrente circulante por R3 (resistência menor).

Portanto, se a corrente que circula por um circuito aumenta, significará que a resistência total do circuito diminui. Então, quando temos uma resistência em paralelo com a outra, já sabemos que a corrente circulante irá aumentar, já que agora a corrente terá 2 caminhos para percorrer ao invés de um único. Então a resistência equivalente sempre será menor do que as resistências isoladas (que compõem a malha paralela).

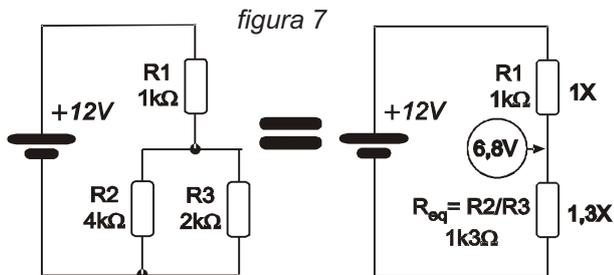
No caso anterior em que os 2 resistores tinham o mesmo valor, a resistência equivalente era exatamente a metade do valor de cada resistor, mantendo a relação de proporcionalidade $1x + 1x = 2x$, então $R_{eq} = R/2x$. Obedecendo a mesma lógica, mas levando em consideração a proporção do valor dos resistores ($1x$ e $2x$) vamos obter $1x + 2x = 3x$. Agora resta saber qual resistor será dividido pela soma da proporção! Como o resistor que deverá ter seu valor diminuído em maior proporção é o resistor "maior", deveremos tomar **sempre o resistor de maior valor**, que neste caso é o R2, ficando assim: $R_{eq} = R2/3x = 4k/3 = 1,33k\Omega$.

Resumidamente podemos ver como é feito o cálculo, quando as resistências da malha paralela são diferentes. Em primeiro lugar, determina-se a proporção entre os valores. No caso de R3, que vale 2k, apresentará a unidade mais baixa, valendo "1x", sendo que em R2, teremos o dobro do valor em relação a R3, valendo "2x". Somando-se as proporções, chegamos a "3x".



(conforme figura 6).

Agora, voltando ao circuito da fig.4, com R1, R2 e R3 e depois substituindo a malha R2/R3 pelo resistor equivalente (R_{eq}) de 1,3kΩ, ficaremos com o circuito mostrado na figura 7.



Aplicando o cálculo de proporção em malha série, obteremos para $R1 = 1x$ e para $R_{eq} = 1,3x$, totalizando $2,3x$ que fazendo a divisão de 12 V obteremos 5,2 V para cada "x", resultando em 6,8 V para 1,3 x e consequentemente a mesma tensão

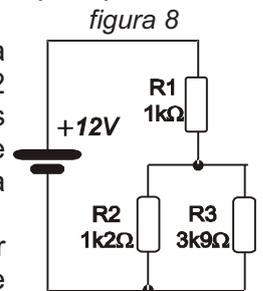
para o ponto abaixo de R1.

ESTE CÁLCULO DEVERÁ SER FEITO SEM O AUXÍLIO DA CALCULADORA, PARA QUE O RACIOCÍNIO MATEMÁTICO, ALIADO À LÓGICA DE PROPORÇÕES, POSSA LEVAR O ALUNO A LOCALIZAR TENSÕES EM MALHAS SÉRIE-PARALELAS EM POUCOS SEGUNDOS.

Observação: Caso o aluno queira montar os circuitos na PRÁTICA para constatar as tensões fornecidas nas respostas dos exercícios, deverá antes de tudo, tomar cuidado com os multímetros utilizados para as verificações destas tensões, devido a variação de impedância (resistência interna) de cada voltímetro. Se o voltímetro tiver impedância baixa de entrada (abaixo de 1MW) as tensões medidas por ele sofrerão alterações devido a resistência interna do voltímetro introduzida no circuito.

Vamos resolver outro exemplo para melhor entendimento:

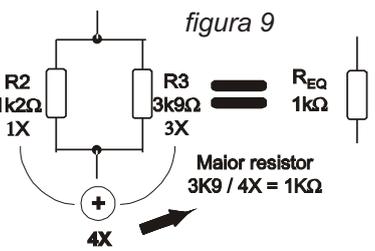
Ao lado temos uma malha com 3 resistores, sendo R2 em paralelo com R3, e estes dois, em série com R1. Este circuito é alimentado por uma fonte de 12 volts.



O primeiro passo é resolver apenas a malha paralela de R2 e R3, como vemos na figura 9. Portanto, vamos verificar a proporção entre R2 e R3.

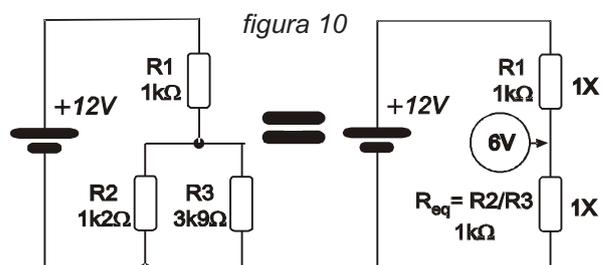
O resistor R2 é de menor valor e portanto valerá 1x; já R3 tem aproximadamente 3 vezes o valor de R2, valendo 3x.

Somando-se os valores proporcionais de R2 e R3 ($1x + 3x = 4x$), obteremos o valor total de 4x.



Agora, fazendo a divisão do maior resistor dessa malha ($3k9\Omega$) pelo total da proporção (4x), teremos como resistência equivalente: $R_{eq} = 3k9 / 4 = 1k\Omega$ (podemos verificar que este valor de 1K é um valor aproximado).

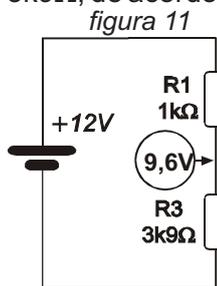
Depois de encontrar o valor do resistor equivalente, devemos voltar ao circuito original (R1, R2 e R3) e substituir a malha paralela (R2 e R3), pelo resistor



equivalente, como mostrado na figura 10:
 Agora, para finalizar, devemos resolver este circuito série formado por R1 e Req. R1 será 1x e Req também será 1x (valores aproximadamente iguais), obtendo um total de 2x, fazendo a divisão da “fonte de 12V” por 2x, obteremos 6V para cada “x” e conseqüentemente teremos 6V no ponto abaixo de R1, que será o mesmo acima da malha paralela.

MONTAGEM PRÁTICA

Para o aluno verificar a veracidade do método do resistor equivalente, transformando malhas série-paralelas em malhas série apenas, vamos sugerir 2 montagens que irão comprovar o método (ou não!!!). Para isso, vamos pegar a nossa fonte de tensão de 12 volts (ou 9V) e ligamos 2 resistores em série, que vamos chamar de R1= 1kΩ e R3 = 3k9Ω, de acordo com a figura 11:



Neste circuito, temos apenas uma malha série, e o cálculo para encontrar a tensão (teórica) entre os resistores é bem simples, onde devemos aplicar o cálculo das proporções R1 = 1x e R3 = 4x (valor aproximado), então dividindo 12V por 5x (soma total das proporções)

obteremos 2,4 volts para cada “x” e 9,6V sobre R3 (4x) e conseqüentemente 9,6 V entre os resistores. Agora, o aluno deverá montar na prática o mesmo circuito e medir com o voltímetro, primeiramente a fonte, para ter certeza que ela tem realmente 12 volts. Caso não tenha 12V, devemos recalculamos o valor das tensões sobre os resistores (a proporção entre os resistores 1x e 4x, se manterá), então a tensão “teórica” sobre R3 (e no ponto entre R1 e R3) irá mudar de acordo com a tensão da fonte.

Depois de medida a fonte e recalculada a tensão “teórica” entre os resistores, devemos medir com o voltímetro a tensão entre os resistores (ponta negativa do voltímetro no polo negativo da fonte e ponta positiva do voltímetro no ponto entre os 2 resistores).

A tensão medida pelo voltímetro deverá ser aproximadamente igual a tensão “teórica” calculada pelo aluno, com uma diferença inferior a 10% (margem de erro devido a tolerância dos resistores e a impedância do voltímetro), caso tenha dado certo este experimento, devemos continuar com a próxima montagem (caso tenha dado errado, tente refazer os cálculos e medir novamente. Caso ainda não obtenha sucesso, o aluno deverá recorrer aos colegas de equipe ou qualquer colega de sala de aula. Caso o problema seja mais grave, marque um aula de reforço para sanar as dúvidas.

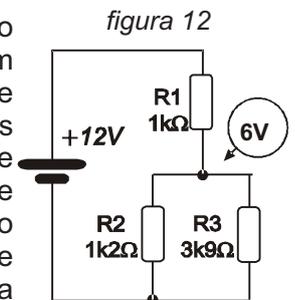
2a MONTAGEM

A primeira montagem veio a comprovar o método

das proporções para malha série. Mas isso já deveria ter sido comprovado em exercícios práticos anteriores! Mesmo assim, ela serve como uma comprovação a mais. Vamos agora para a segunda montagem, onde vamos comprovar a eficiência do método de resistor equivalente.

Nesta segunda montagem, vamos aproveitar a primeira montagem completa e apenas acrescentar o resistor R2 = 1k2Ω, em paralelo com R3, de acordo com a figura 12.

Neste caso, foi acrescentado um resistor em paralelo com R3. Com isso a corrente circulante terá agora, dois caminhos a percorrer: R2 e R3. Então a corrente circulante pelo circuito “deverá” aumentar, já que ficou mais fácil a sua circulação. Isto é compatível com a teoria do resistor equivalente, que substituirá R2/R3, já que o resistor equivalente sempre será menor que cada resistor isoladamente (da malha paralela), e portanto menor resistor implica em maior corrente (lembrando que no capítulo inicial sobre corrente e resistor, já tínhamos concluído que a corrente é inversamente proporcional à resistência).



Voltando a parte prática, neste caso não precisaremos medir a tensão da fonte, já que na montagem anterior fizemos esta medida e já temos o valor real da fonte nesta segunda montagem, que será a mesma da primeira montagem. Quanto ao cálculo do resistor equivalente e da tensão “teórica” no ponto entre os resistores, também não será necessário ser calculada, já que na página anterior (figura 10), já tínhamos feito esse mesmo exercício e calculamos o resistor equivalente (1KΩ), e a tensão no meio dos resistores que era de 6V para uma fonte de 12V, ou seja, metade da fonte, mantendo a proporção entre os resistores (1x e 1x). Portanto nesta segunda montagem a tensão “teórica” é de metade da fonte.

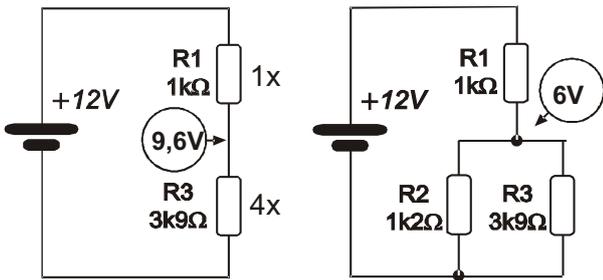
Basta agora o aluno medir com o voltímetro a tensão entre os resistores (como foi feito na montagem anterior) e comparar a tensão medida com a tensão “teórica” Caso estas tensões sejam as mesmas (com uma tolerância máxima de 10%), o método do resistor equivalente para malhas séries está correto, comprovando a eficácia dessa metodologia.

CONCLUSÃO

Podemos aqui, fazer algumas considerações sobre malhas paralelas. Na figura abaixo temos os dois circuitos das montagens:

No primeiro circuito, temos apenas uma malha série, onde as tensões sobre os resistores são proporcionais aos valores das resistências elétricas

dos resistores, então obteremos sobre R3 (4x maior que R1) 9,6V enquanto sobre R1 teremos apenas 2,4V.



No segundo circuito, teremos o mesmo circuito nº 1, acrescido de um resistor R2 em paralelo a R3. Podemos observar que, neste segundo caso, apesar da fonte permanecer a mesma (12V) a tensão sobre R3 diminuiu, e a tensão sobre R1 aumentou, este resultado (comprovado na prática) veio a confirmar tudo o que vínhamos estudando na teoria, ao colocarmos um resistor em paralelo, aumentamos a passagem de corrente pelo circuito facilitando a passagem de corrente, e conseqüentemente aumentando a corrente total do circuito. Este fato, pode ser comprovado com a queda de tensão sobre R1, onde maior corrente provocará maior queda de tensão sobre R1.

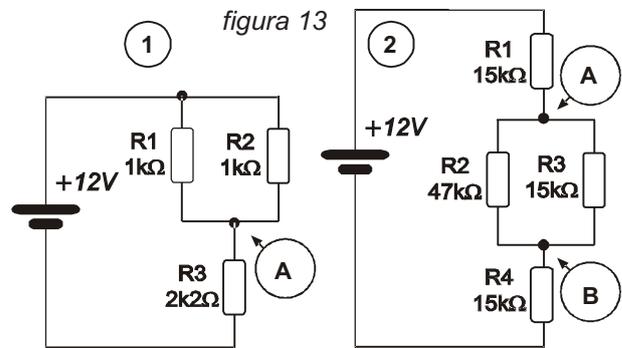
Quanto à malha paralela R2 e R3, podemos observar o efeito oposto, apesar da corrente total do circuito ter aumentado. A malha série agora, terá uma resistência equivalente (R2/R3) menor que o valor de R3, e neste caso podemos observar o efeito de menor resistor, menor tensão. Neste ponto podemos concluir ainda que o resistor equivalente de uma malha paralela terá sempre resistência menor, se comparado a cada resistor isoladamente, ou seja, $R_{eq} < R2$ e $R_{eq} < R3$.

Estas conclusões sobre malhas série e paralelo e as tensões envolvidas nestas malhas (corrente maior, implica em tensão maior - e resistência maior implica em corrente menor), levaram o cientista Georg Simon Ohm, no século XIX, a enunciar uma lei da física que envolve Resistência, Corrente e Tensão. Essa física que envolve Resistência, Corrente e Tensão, é uma lei "empírica" depois chamada de Lei de Ohm, que no capítulo seguinte iremos estudar mais detalhadamente.

Cabe aqui ainda salientar que este método de calcular o resistor equivalente (pela proporção), não é um método aproximado e sim exato. Qualquer divergência entre os valores calculados e obtidos na prática se deve as tolerâncias dos resistores e "erros" introduzidos devido a impedância dos aparelhos de medição, ou mesmo pelo arredondamento dos cálculos matemáticos.

EXERCÍCIOS

Para melhor fixação do método de transformar malhas de resistores em paralelo, em malhas de resistores apenas em série, vamos tomar mais dois exemplos de exercícios com resistores em série com resistores em paralelo.



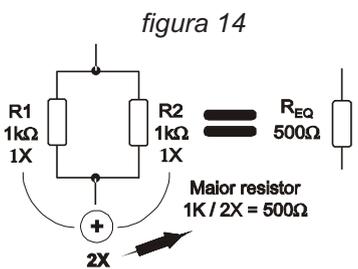
Estas malhas são chamadas de malhas série-paralelo, pela razão do próprio nome. Antes de olhar a resolução destes exercícios o aluno deve tentar resolve-los primeiro, e só depois olhar as respostas para cada um. Caso o aluno ainda tenha dúvidas, deverá reler este capítulo novamente, acompanhando o raciocínio do método.

Nos exercícios acima, o aluno deverá aplicar o método do resistor equivalente, transformando as malhas série-paralelo em malhas apenas série e depois disso, através das proporções entre os resistores, encontrar as tensões corretas (em relação ao negativo da fonte) nos círculos indicados pelas letras. .

EXERCÍCIO 1

Neste exercício temos uma malha paralela composta por R1 e R2, que está em série com R3. O primeiro passo é substituir a malha paralela por um resistor equivalente.

Na figura 14, podemos ver a aplicação do método das proporções, onde R2, terá o "peso" de 1x e R1 comparado com R2, terá também o "peso" de 1x

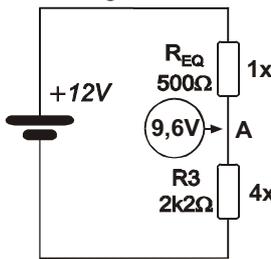


(resistências iguais). Somando 1x + 1x obteremos o total de 2x. Agora, pegando o resistor de maior valor (R1) e dividindo por 2x teremos: $1k / 2 = 500$, portanto a Req será igual a 500Ω.

Depois de resolvida a malha paralela, devemos substitui-la no circuito, formando apenas uma malha série com os resistores R3 e Req (conforme figura 15). Depois, devemos encontrar as proporções entre R3 e Req, Como Req (500Ω) é o resistor de menor valor receberá a proporção de 1x, e R3 que tem aproximadamente o quádruplo de Req

($2k2\Omega$), receberá a proporção de 4x, ficando então 2 resistores em série com as proporções de 1x e 4x, totalizando 5x.

figura 15



Agora, devemos dividir a tensão da fonte, tensão total aplicada sobre os 2 resistores, pelo valor total das proporções (5x), chegando ao valor aproximado de 2,4 volts ($12/5 = 2,4$).

Já temos todas as tensões envolvidas neste circuito. Sobre R3 (4x), teremos 9,6 volts ($4 \times 2,4V$) e sobre Req (1x) teremos 2,4 volts que será a mesma tensão sobre R1 e R2 (malha paralela). Portanto, concluindo o exercício, a tensão no ponto "A" será a mesma que a tensão sobre R3 que é 9,6 V.

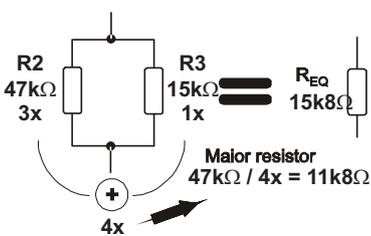
EXERCÍCIO 2

Neste exercício temos uma malha paralela formada por R2 e R3. Esta malha está em série com R1 e R4, onde estes resistores estão ligados a uma fonte de 12 volts.

O primeiro passo deve ser sempre resolver as malhas paralelas (quantas existirem) primeiro. Neste caso, temos apenas uma, formada por R2 e R3.

Para resolver a malha paralela, devemos primeiramente encontrar o resistor de menor resistência desta malha, e a ele atribuir o valor proporcional de 1X. No caso deste exercício, o resistor de menor valor é R3 ($15k\Omega$). O segundo passo, é calcular a proporção do segundo resistor em relação ao de menor valor, que neste exercício é R2 ($47k\Omega$) Fazendo os cálculos, obteremos

figura 16



que R2 é aproximadamente 3 vezes maior que R3, portanto $R2 = 3x$. Na figura 16 temos esta malha paralela.

Depois de calculado as proporções, podemos somar o total proporcional desta malha que será de 4x ($1x + 3x$). Agora, basta dividir o maior resistor da malha paralela pelo total da proporção. Neste exercício, o resistor de maior valor de resistência é R2 ($47k\Omega$) e dividir pela proporção total, ficando $47k/4X = 11,8k$. Portanto, o valor da resistência equivalente de R2/R3 será $11K8\Omega$ (figura 16).

Depois de calculado as resistências equivalentes das malhas paralelas, devemos substituir estas resistências no circuito original, formando uma malha exclusivamente série, conforme a figura 17.

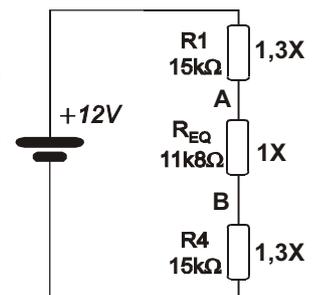
O próximo passo, será calcular as proporções do circuito série resultante. Em primeiro lugar,

pegaremos o resistor de menor valor e atribuiremos o valor de 1x, neste caso será o Req ($11k8$), depois disso atribuiremos aos outros resistores do circuito, seus valores proporcionais em relação ao menor resistor. Neste caso teremos, $Req = 1x$, $R1 = 1,3x$ ($15k / 11,8k = 1,27$) e $R4 = 1,3x$ (mesmo valor).

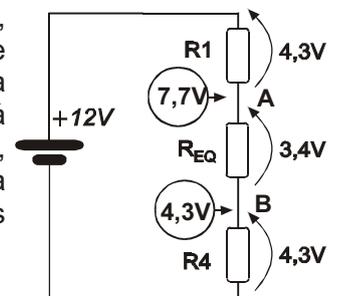
Depois de calculado as proporções, devemos somá-las, encontrando o valor total de 3,6x ($1 + 1,3 + 1,3$), e este valor deverá dividir a tensão total sobre a malha série (valor de 12V da fonte), chegando ao valor de 3,3 volts ($12 / 3,6 = 3,3$) para cada "x".

O próximo passo, será calcular as tensões de cada componente (R1, Req e R4), para R1 (1,3x) teremos o valor de 4,3V ($1,3 \times 3,3$), que será o mesmo valor de R4. Para Req que vale 1x teremos 3,3V. Finalmente devemos colocar o valor das tensões dos componentes

figura 17



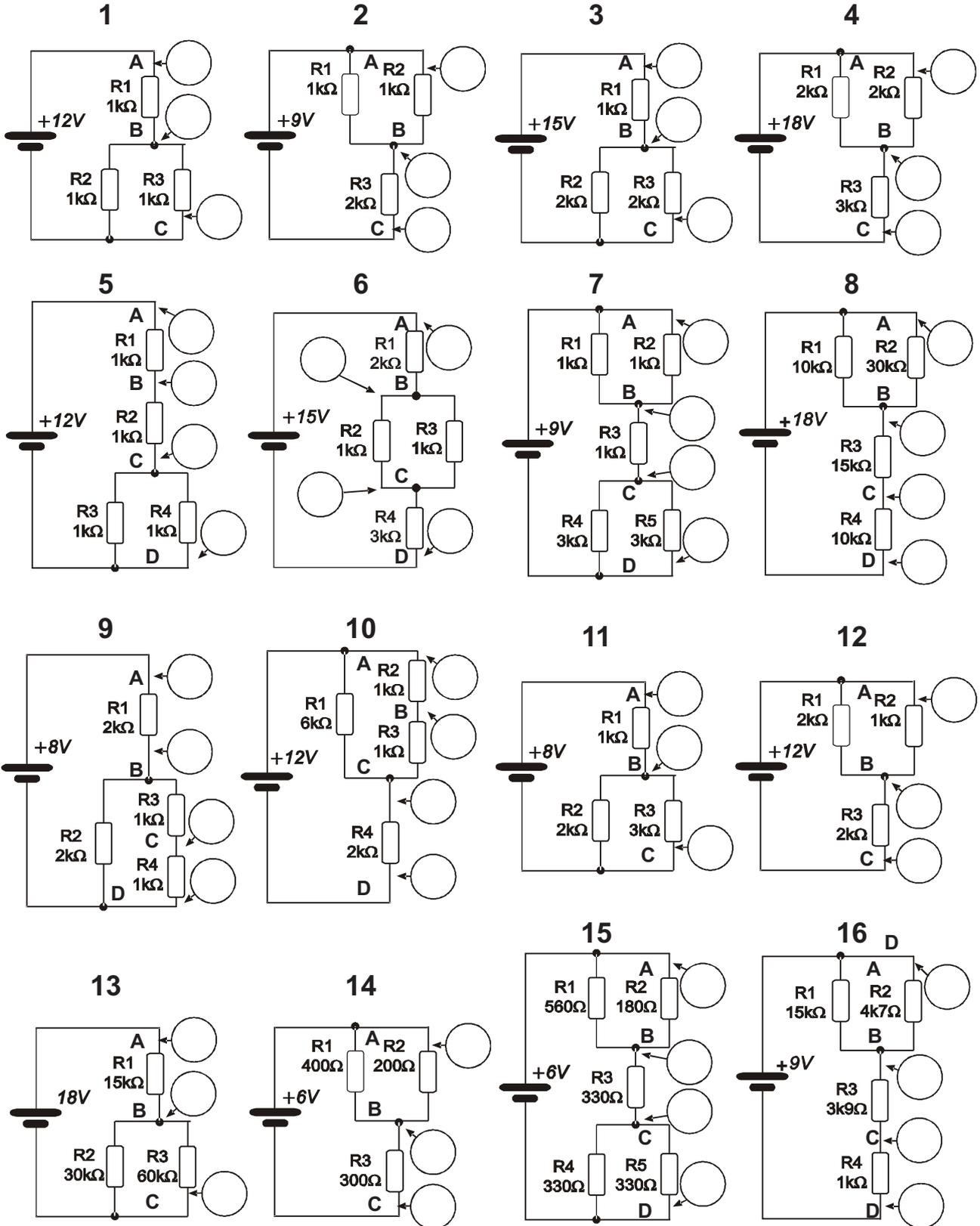
sobre os mesmos componentes na malha. Conforme figura 18, teremos 4,3V sobre R1, 3,4V sobre Req (R2/R3) e finalmente 4,3V sobre R4. Agora colocando as tensões nos pontos A e B, teremos, inicialmente abaixo de R4, zero volt (terra). Somando 4,3V da tensão de R4, ficamos com 4,3V ($0V + 4,3V$) no ponto "B"; do ponto "B", somando 3,4V da malha paralela R2/R3 (Req) ficamos com 7,7V ($4,3V + 3,4V$) no ponto "A"; para completar, somamos mais 4,3V de R1 e obtemos 12V que é a tensão da fonte que está ligada acima de R1, confirmando a consistência das tensões calculadas.



Até aqui, é de grande importância, que o aluno tenha compreendido a necessidade de utilizar-se do raciocínio matemático para a resolução dos diversos problemas propostos, onde nem sempre as contas são fáceis de serem feitas "de forma mental". Mas, por experiência, podemos afirmar que o aluno que dedica-se a desenvolver os cálculos matemáticos como proposto, tem após alguns meses, obtido resultados fantásticos no seu dia a dia, desenvolvendo-se muito bem no dimensionamento de circuitos e análise de defeitos.

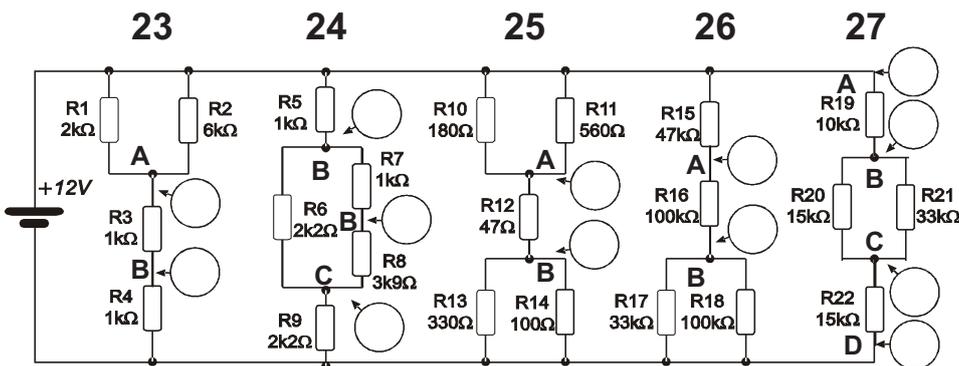
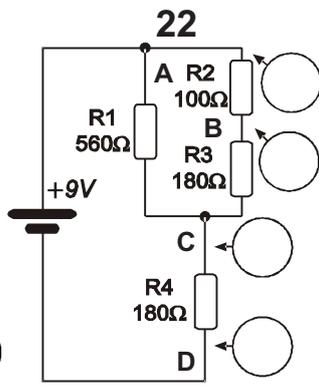
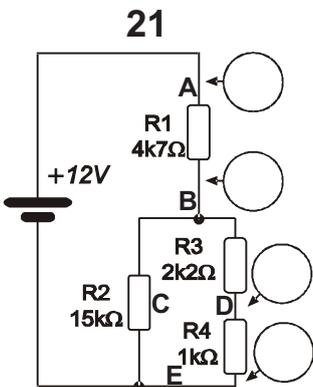
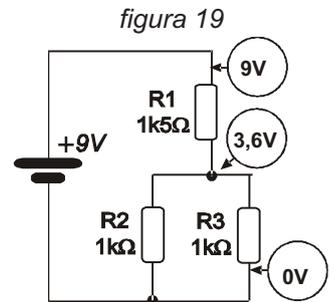
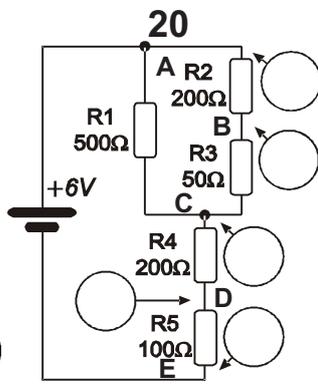
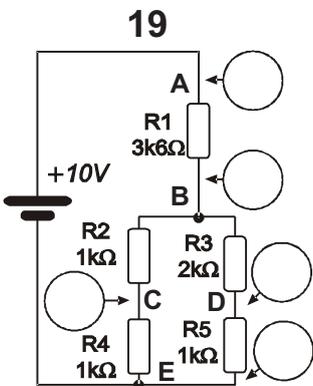
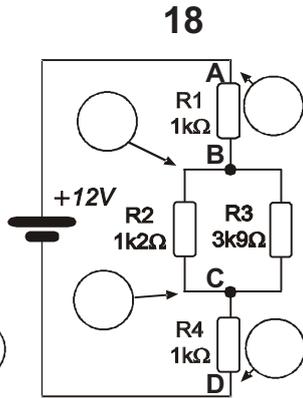
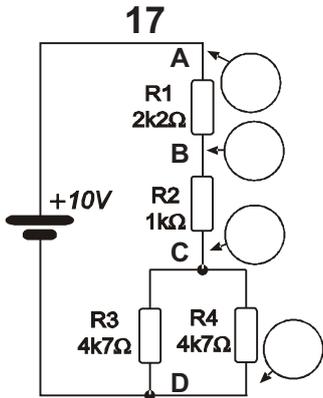
A seguir, sugerimos alguns exercícios para o aluno fazer em casa ou durante as aulas para fixar os seus conhecimentos. Caso o aluno tenha dúvidas para resolvê-los, deverá reler este capítulo, e após procurar ajuda dos colegas.

EXERCÍCIOS DE DIMENSIONAMENTO PROPOSTOS

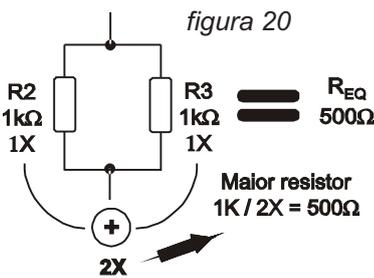


Respostas: [1] A=12V B=4V C=0V [2] A=9V B=7,2V C=0V [3] A=15V B=7,5V C=0V [4] A=18V B=13,5V C=0V [5] A=12V B=7,2V C=2,4V D=0V [6] A=15V B=9,5V C=8,2V D=0V [7] A=9V B=7,5V C=4,5V D=0V [8] A=12V B=13,8V C=5,5V D=0V [9] A=8V B=2,6V C=1,3V D=0V [10] A=12V B=9,4V C=6,8V D=0V [11] A=8V B=4,3V C=1V D=0V [12] A=10V B=6V C=4,2V D=0V [13] A=12V B=8V C=4V D=0V [14] A=6V B=4,1V C=0V [15] A=6V B=4,7V C=1,6V D=0V [16] A=9V B=5,2V C=1V D=0V [17] A=10V B=6V C=4,2V D=0V [18] A=12V B=8V C=4V D=0V [19] A=10V B=2,5V C=1,3V D=0,8V E=0V [20] A=6V B=4,3V C=3,9V D=1,3V E=0V [21] A=12V B=4,3V C=1,3V D=0V [22] A=9V B=7,4V C=4,4V D=0V [23] A=6,8V B=3,4V [24] A=9,5V B=8,7V C=5,6V [25] A=5,7V B=3,5V [26] A=8,5V B=1,7V [27] A=12V B=8,5V C=5,1V D=0V

continuação dos exercícios de dimensionamento



ANÁLISE DE DEFEITOS EM MALHAS PARALELAS

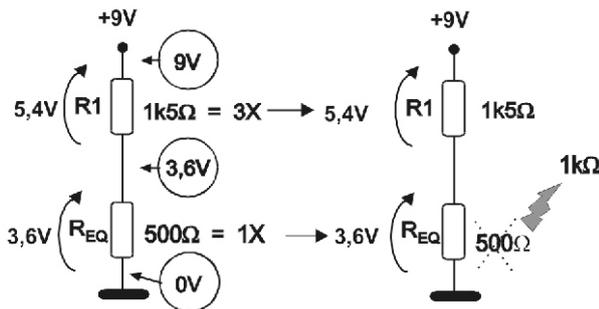


A análise de defeitos em malhas série-paralelas, segue o mesmo raciocínio da

análise de defeitos em malhas exclusivamente série, com uma única diferença, as malhas paralelas deverão inicialmente ser substituídas por resistores equivalentes que substituirão as malhas paralelas, tornando o circuito apenas série. A partir desse ponto, deveremos também colocar as tensões sobre os componentes (resistores) do circuito e a partir da análise de proporção, encontrar o componente defeituoso.

Para melhor demonstrar o método, vamos resolver alguns exemplos.

1º EXEMPLO



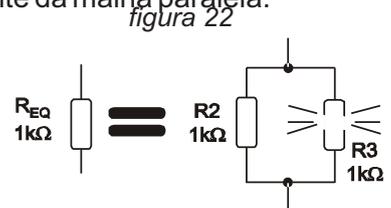
Neste 1º exemplo da figura 19, temos uma malha série-paralelo, com R2 (1k) paralelo com R3 (1k também), em série com R1 (1k5). Também podemos ver nesta figura, os círculos onde estão marcadas as tensões medidas neste circuito, em relação à "massa" (polo negativo da bateria de 9V). A análise de defeitos consiste em determinar se as tensões medidas são compatíveis com o circuito teórico, e caso não seja, identificar o componente defeituoso.

Em primeiro lugar, vamos verificar se a tensão da fonte (9V) está correta, o que podemos confirmar verificando a tensão acima de R1, onde encontramos 9V que é realmente a tensão da fonte. Para analisarmos o circuito, utilizando o método das proporções devemos primeiramente encontrar um circuito série para aplicarmos este método, como o circuito analisado em questão é misto (série-paralelo), não podemos aplicar o método diretamente neste circuito, devendo primeiramente transformá-lo num circuito série equivalente. Para isso, devemos identificar as malhas paralelas e transformá-las em resistores equivalentes.

Neste circuito, temos apenas uma malha paralela, formada por R2 e R3, como podemos ver na figura 20.

O próximo passo, será encontrar o resistor equivalente a R2 e R3. Vamos pegar o "menor" resistor da malha que pode ser R3, já que o "valor" de R2 e R3 são os mesmos. Vamos então, determinar para R3 o valor de 1x e para R2 o mesmo (proporção de 1 para 1). Agora, somando as proporções desta malha, encontraremos o valor de 2x (1+1). Para encontrarmos o resistor equivalente (Req), devemos tomar o resistor de "valor" maior (R2, mas poderia ser R1) e depois dividi-lo por 2x, encontrando o valor de 500Ω (1k / 2) para a resistência equivalente da malha paralela.

O próximo passo, será substituir R2/R3 pelo resistor e equivalente encontrado, e assim, finalmente chegarmos a uma

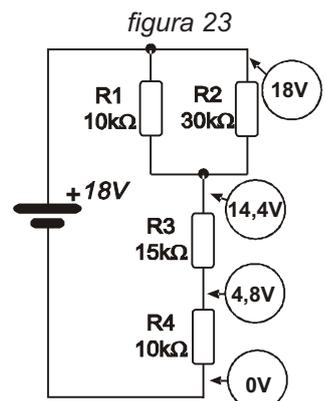


malha exclusivamente série e poder aplicar o método das proporções (figura 21).

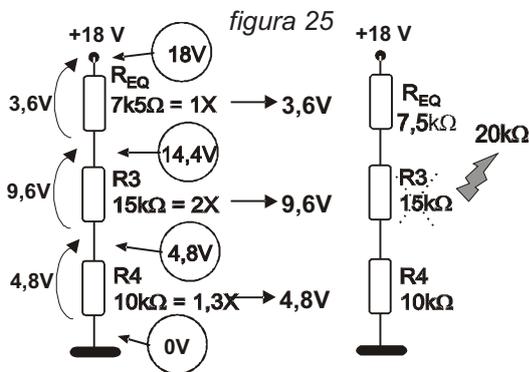
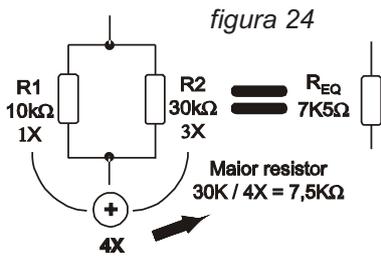
Para aplicar o método das proporções, devemos primeiramente colocar as tensões sobre os componentes, e depois esquecer as tensões marcadas nos círculos. Sobre Req, teremos 3,6V, fazendo a diferença entre a tensão acima dele e a tensão abaixo dele (3,6V - 0V). Já sobre R1, teremos 5,4V (9V - 3,6V). Vamos agora verificar as proporções de R1 e Req. O menor resistor da malha (Req) recebe sempre o valor de 1x, então teremos Req = 1x e R1 = 3x (proporção entre R1 e Req).

Uma vez colocadas as tensões sobre os resistores e encontradas as proporções teóricas entre eles, podemos comparar as tensões com as proporções e verificar se elas também obedecem a mesma proporção. Para Req temos 3,6V em 1x, e para R1 temos 5,4V em 3x. Caso as tensões obedecessem a mesma proporção teríamos R1 = 10,8V (3 x 3,6V). Como isto não ocorreu, indica que R1 ou Req está alterado. Como um resistor não altera para menos (dificilmente), podemos concluir que R1 está bom e Req alterou para mais (figura 21), e levando em conta a proporção da tensão sobre Req em relação a tensão sobre R1, podemos estimar o valor para o qual Req alterou, sendo este em torno de 2/3 de R1 e portanto Req deve ter alterado para mais ou menos 1kΩ.

Se este exercício fosse sobre malhas série teríamos terminado o exercício aqui, mas neste caso Req não é um resistor do circuito e sim um resistor "virtual"



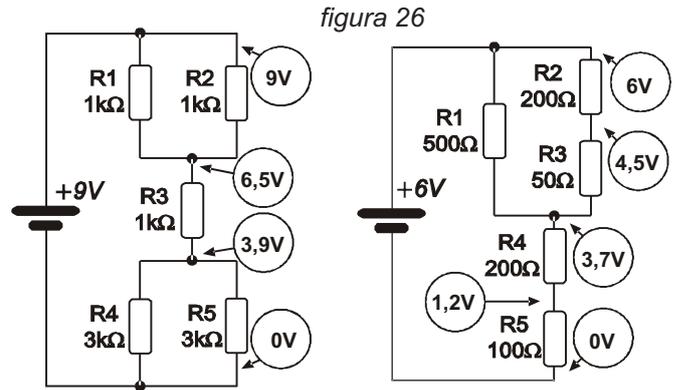
utilizado para simplificar a resolução do exercício. Portanto devemos voltar a malha paralela inicial com R2 e R3, e encontrar qual resistor da malha está danificado. Pela figura 22, podemos ver os “valores” de R2 e R3 comparado com o valor de Req calculado (1k), nos levará a conclusão que R3 está aberto, resultando para essa malha o valor apenas de R2 (1k). Olhando melhor para a malha, podemos verificar que em vez de R3 aberto poderia ser R2, já que ambos tem o mesmo valor... Mas podemos afirmar com certeza, que temos um dos 2 resistores abertos



(R2 ou R3). Na prática, quando tivermos analisando casos como este, e quisermos realmente saber qual dos 2 resistores está aberto, podemos desligar o lado de um deles do circuito e medir novamente a tensão sobre a malha, se a tensão não alterar, é porque este é o componente defeituoso, mas se a tensão se alterar, é porque o componente defeituoso é o componente que permaneceu ligado a malha. Quando temos malhas paralelas simples (apenas 2 resistores em paralelo), na prática, não devemos nos preocupar em saber qual dos 2 resistores está alterado (ou aberto), porque preventivamente devemos trocar os 2 resistores, já que se um deles alterou provavelmente pode ter comprometido o segundo resistor (em casos de valores baixos e alta corrente).

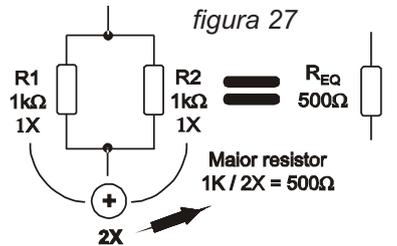
2º EXEMPLO

Neste exercício também temos uma malha série paralela, como podemos observar na figura 23. Temos agora R1 (10K) paralelo com R2 (30K), e esta malha paralela em série com R3 e R4, onde estão ligados a uma fonte de 18V. Seguindo o mesmo raciocínio do exemplo anterior, depois de confirmado a tensão da fonte (18V acima de R2), vamos separar as malhas paralelas, que neste caso é apenas uma (R1/R2) e encontrar o resistor equivalente para esta malha, como

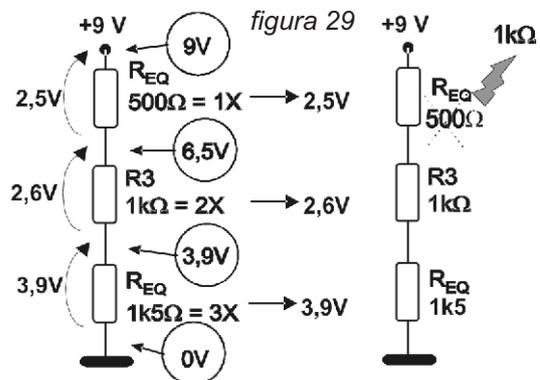
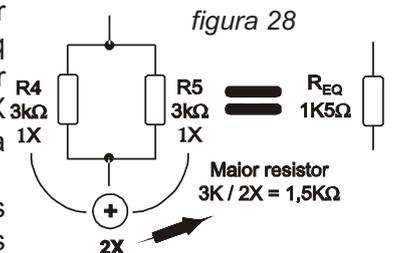


podemos ver na figura 24. Vamos primeiro encontrar o resistor de menor “valor”, que é R1 (10K), então R1 = 1X, portanto R2 (30K) receberá a proporção de 3X (R2 = 3 x R1). Somando as proporções, obteremos uma total de 4X (1X + 3X), valor este que deverá dividir o resistor de maior “valor” (R2). Ficando assim como resultante Req = 7k5Ω, resistor este que deverá substituir a malha paralela no circuito principal, resultando num circuito apenas série.

Agora substituindo Req no circuito e aplicando as proporções para os resistores vamos primeiramente achar o resistor de menor valor (Req) e atribuir a ele 1X, e depois aplicar a cada resistor restante a proporção em relação ao menor resistor, ficando Req = 1X (menor resistência), R3 = 2X e R4 = 1,3X (figura 25).



Calculando as tensões sobre os resistores, vamos encontrar R4 = 4,8V (4,8V - 0V); R3 = 9,6V (14,4V -



4,8V) e finalmente Req = 3,6V (18V - 14,4V). Agora comparando a proporção dos valores dos resistores com as tensões sobre eles, vamos verificar que a tensão sobre R4 mantém a mesma proporção que a

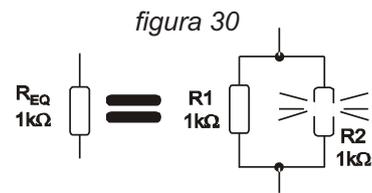
tensão sobre Req ($4,8V = 1,3 \times 3,6V$); com isto podemos concluir que Req e R4 estão “bons”, mas comparando a tensão sobre R3 com a tensão sobre Req, podemos perceber que não obedece a proporção do “valor” dos resistores, indicando que R3 está alterado. Para treinarmos o cálculo proporcional, podemos descobrir que R3 alterou o seu valor para aproximadamente $20k\Omega$, porque a queda de tensão sobre R3 é o dobro da queda de tensão sobre R4, que vale $10k\Omega$.

Para melhor fixar o método, vamos aplicar dois exercícios para localizar o componente defeituoso, o aluno deverá tentar resolver o exercício antes de olhar a resolução do mesmo. Caso tenha dificuldades, deverá reler o capítulo e acompanhar a resolução dos exemplos anteriores.

Nos circuitos a seguir, localize o componente defeituoso, de acordo com as tensões indicadas:

EXERCÍCIO 1

Neste exercício temos um circuito série-paralelo.



Primeiramente, vamos localizar as malhas paralelas e calcular o resistor equivalente. Neste, temos duas malhas paralelas. A primeira

é formada por R1/R2, como podemos ver na figura 27, colocamos os valores proporcionais de $R1 = 1x$ e $R2 = 1x$ (valores iguais a 1k), depois somamos as proporções encontrando um total de $2x$, que dividirá o maior resistor (1k), encontrando o valor de $Req = 500\Omega$.

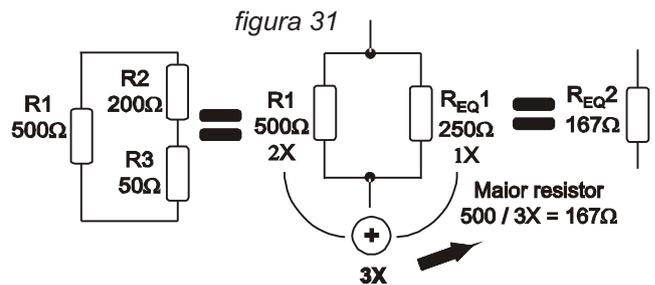
A segunda malha paralela deste exercício, é formada por R4/R5, conforme figura 28, colocando seus valores proporcionais encontraremos os valores $R4 = 1x$ e $R5 = 1x$. Somando as proporções teremos neste caso também $2x$ que dividirá o maior resistor (3k), encontrando o valor de $Req = 1k5\Omega$, para esta segunda malha paralela.

Agora que já temos os resistores equivalentes das malhas paralelas, vamos substituir no circuito principal formando uma malha série, conforme figura 29.

Aplicando o método das proporções, vamos encontrar para o primeiro $Req = 1x$ (menor resistor), $R3 = 2x$ e para o segundo $Req = 3x$. Vamos em seguida, colocar as quedas de tensões sobre os resistores, encontrando para eles respectivamente: 2,5V; 2,6V e 3,9V. Comparando as proporções teóricas com as quedas de tensão, vamos encontrar para o resistor equivalente de baixo ($R4/R5$), a queda de tensão proporcional a queda de tensão sobre R3 ($2,6V = 2x$ e $3,9V = 3x$), se dividirmos as tensões pela proporção dos resistores, vamos encontrar o mesmo valor ($2,6 / 2 = 3,9 / 3 = 1,3$),

indicando que estes resistores estão “bons”. Já o primeiro Req ($R1/R2$), não tem sua proporção mantida, indicando que esta malha está defeituosa. Como já tínhamos falado anteriormente, esta malha paralela é uma malha simples (formada apenas por 2 resistores), e portanto não precisaríamos descobrir qual dos 2 resistores está alterado ou aberto, mas para exercitarmos, vamos descobrir se o resistor em questão está aberto ou alterado e se é possível saber qual dos dois ($R1$ ou $R2$).

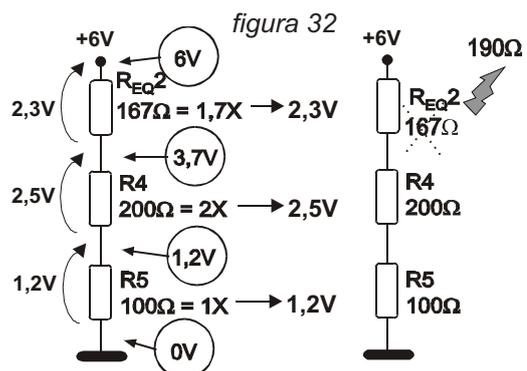
Inicialmente, temos que saber para quanto o resistor equivalente alterou. Pela figura 29, podemos ver através das proporções, que o Req alterou para aproximadamente $1k\Omega$, pois sua queda



de tensão é quase a mesma que R3, que também vale $1K\Omega$. Na figura 30, temos a malha em questão, e podemos verificar, que o resistor equivalente alterado é compatível com R2 aberto. Caso R2 esteja aberto, a malha ficará apenas com R1, cujo valor é exatamente $1k\Omega$; notem que se R1 abrir, teremos a mesma situação, pois R1 e R2 tem o mesmo valor de resistência, portanto, sem desligarmos um dos resistores do circuito não podemos afirmar com certeza qual dos 2 resistores está defeituoso, mas podemos afirmar que o defeito dele, seja R1 ou R2 é que o resistor está “aberto”.

Cabe aqui ainda fazer uma última indagação, será que existe alguma outra possibilidade de defeito que não seja R1 ou R2 aberto?

A resposta é sim, pois se R1 alterar, por exemplo para $4k\Omega$, e R2 alterar para $1k5\Omega$, teremos $R2 = 1x$ e $R1 = 2,7x$, totalizando $3,7x$. Agora dividindo $4k$ por $3,7$ obteremos o valor aproximado de $1k\Omega$. Portanto, este caso ou qualquer outro que mantenha como resistor equivalente $1k\Omega$, serve de resposta teórica para este exercício. Mas, teremos que supor que os dois resistores R1 e R2 alteraram,



e isto na prática é um pouco difícil, principalmente quando o resistor altera muito. Caso, na prática, os 2 resistores alterem, um deles poderá alterar muito, mas o outro normalmente altera só um pouco (menos de 20%). Concluímos então que praticamente em malhas paralelas, deveremos ter apenas um resistor defeituoso, apesar que preventivamente é aconselhável a troca dos 2 resistores da malha, quando a corrente da malha for intensa.

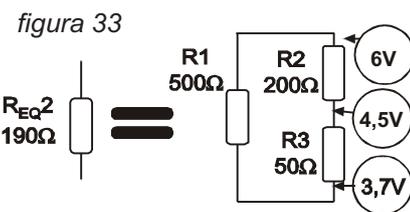
EXERCÍCIO 2

Neste exercício, também temos um circuito série-paralelo, mas só temos uma malha paralela, e esta não é uma malha paralela simples, mas complexa, formada por R1, R2 e R3. Ela é dividida em duas partes: do lado esquerdo temos R1 que está em paralelo aos resistores R2 e R3 que estão em série.

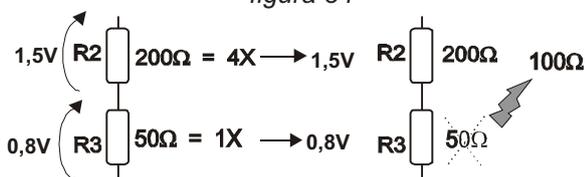
A resolução deste exercício, deve ser feito da mesma forma que os outros, ou seja, primeiro separar as malhas paralelas, calcular o resistor equivalente e depois substituir no circuito principal e por fim calcular as proporções do circuito série, chegando ao componente (resistor) defeituoso.

A malha paralela deste exercício, pode ser vista na figura 31. Em primeiro lugar, devemos transformar esta malha paralela “complexa” em uma malha paralela “simples”, formada por apenas 2 resistores paralelos. Vamos olhar para o lado direito da malha e vamos encontrar 2 resistores (R2 e R3) em série dentro da malha, onde precisamos substituir estes 2 resistores por um único resistor equivalente. Para calcular o resistor equivalente, transformando a malha em um circuito exclusivamente série, basta somarmos os valores de todos os resistores desta malha: $R2 + R3 = 200 + 50 = 250 \text{ ohms} = Req1$.

Pronto, após termos calculado o resistor equivalente (Req1), devemos copiar a malha paralela, só que substituindo a parte



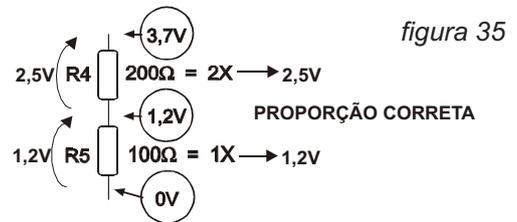
substituindo a parte série pelo resistor equivalente, como vemos na figura 31 (no centro). Agora, a malha paralela “complexa” foi transformada numa malha “simples” equivalente. O próximo passo será transformar esta malha paralela “simples” em um único resistor equivalente, como já fizemos nos exercícios anteriores; ao menor resistor (Req1) atribuímos 1x e para o maior, a proporção de 2x ($R1 = 2 \times Req1$), somando uma proporção total de 3x. Dividindo o maior resistor (R1) por 3 x obteremos 167 ohms, que será o valor do resistor equivalente total (Req2) da malha paralela (figura 31).



Agora, vamos substituir este resistor equivalente (Req2) no circuito principal, formando um circuito exclusivamente série, conforme figura 32.

Podemos observar nesta figura primeiramente a malha série, com as tensões sobre os resistores. Em R5 temos 1,2V, em R4: 2,5V e sobre Req2 temos 2,3V. Já do lado direito da mesma malha série, temos as proporções teóricas sobre os valores dos resistores; R5 (menor resistor) recebeu 1x, R4 (dobro de R5) recebeu 2x e Req2 ficou com 1,7x (sua proporção referente a R5). Podemos ver ainda na primeira malha a comparação entre o valor das tensões nos resistores comparado ao valor proporcional de cada um deles. R4 que vale 2x tem uma queda de tensão (2,5V) realmente o dobro (2x) da tensão sobre R5 (1,2V), que vale 1x, comprovando que R4 e R5 devem estar “bons”; Já Req2 (1,7x) tem sobre ele uma queda de tensão maior que sua proporção, indicando que ele deve estar alterado (figura 32).

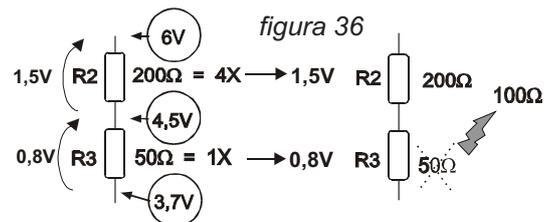
Como esta malha paralela alterada (Req2), não é uma malha simples (apenas 2 resistores), não podemos



simplesmente dizer: “que a malha está alterada e pronto”. Devemos tentar localizar qual componente está defeituoso. Assim, antes de mais nada saber para qual “valor” de resistência alterou Req2.

Pela proporção das quedas de tensão, podemos estimar o valor de Req2, sendo 190 ohms (ainda na figura 32).

Depois de já calculado o valor para o qual alterou o

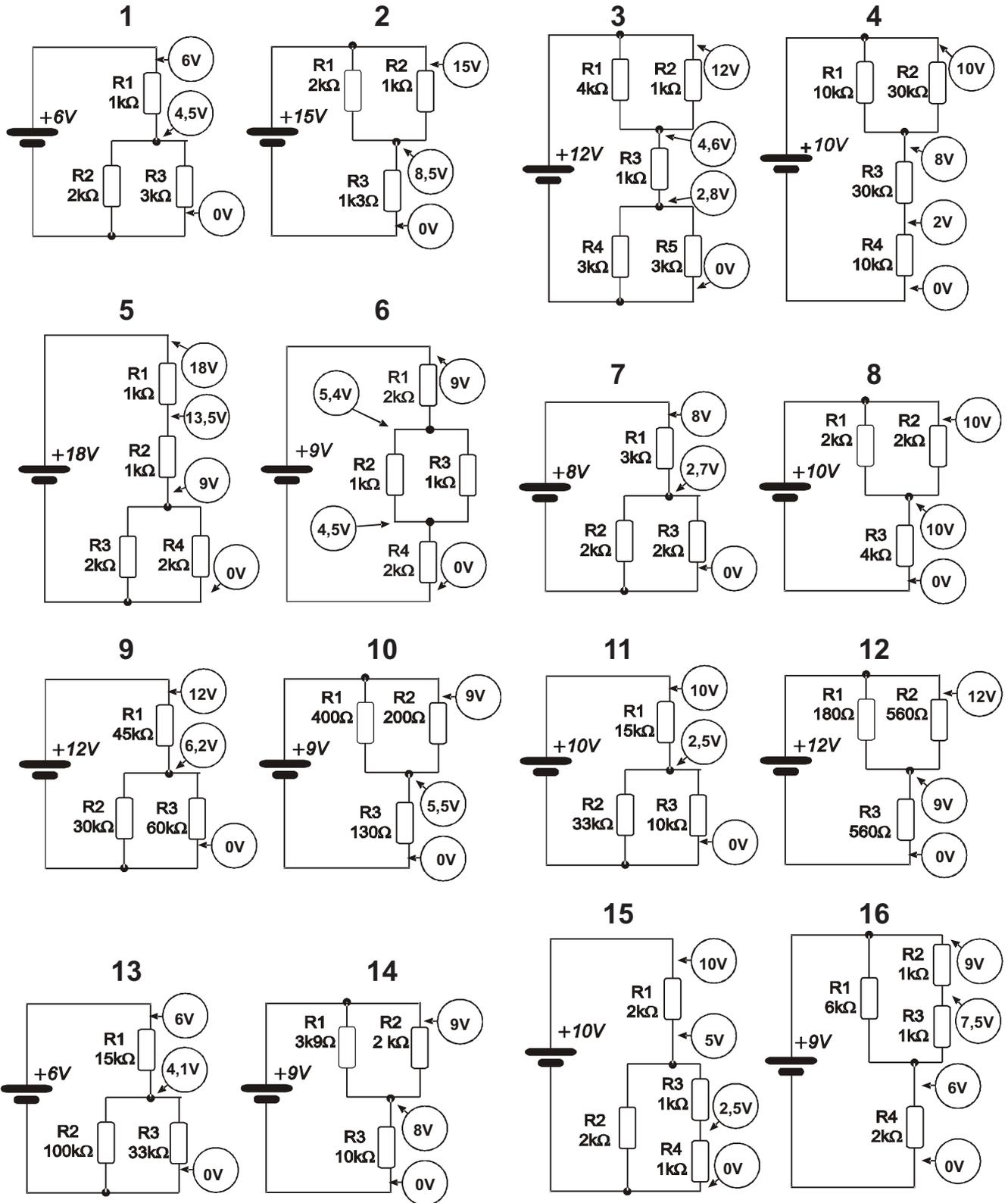


resistor equivalente da malha (Req2), devemos voltar a malha paralela original e compararmos com este valor, como mostra a figura 33.

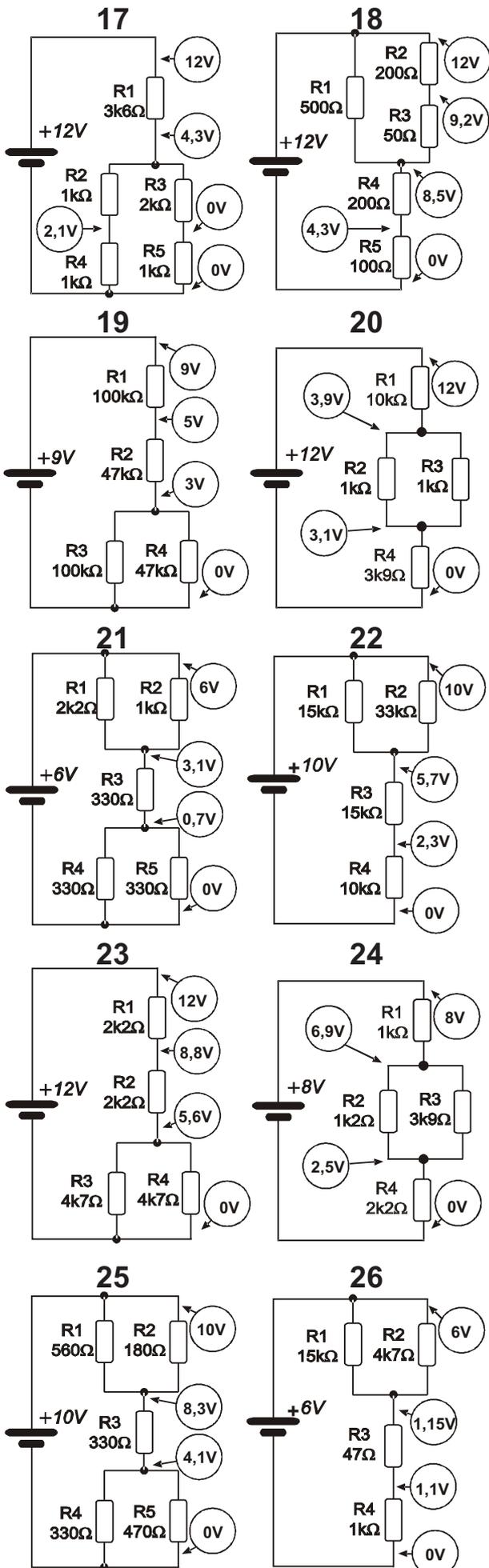
Voltando a malha paralela, vamos verificar que ela é composta de 2 partes; primeiro um resistor R1 paralelo a uma malha série; segundo uma malha série, formada por R2 e R3. Agora resta saber qual das 2 partes está com “defeito”. A primeira parte a ser analisada deve ser a malha série, devido a maior facilidade de análise; depois se a malha estiver correta voltamos para o resistor paralelo (R1).

A sub-malha série, formada por R2 e R3 pode ser vista na figura 34, onde podemos calcular as quedas de tensão sobre os componente R2 com 1,5V (6V - 4,5V) e sobre R3 com 0,8V (4,5V - 3,7V); comparando com as proporções teóricas dos resistores (4x e 1x) podemos observar que a queda de tensão sobre R3 é

Nos circuitos abaixo, localize o componente defeituoso à partir das tensões indicadas nos círculos

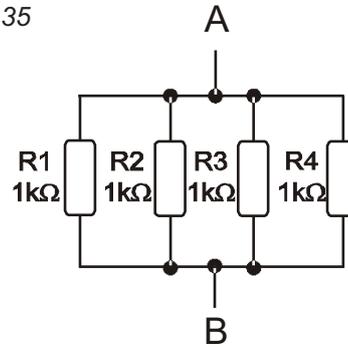


Respostas: 1 - R2 aberto; 2 - R1 aberto; 3 - R2 aberto; 4 - R2 aberto; 5 - R3 ou R4 aberto; 6 - R4 alterado para 2,5k; 7 - R2 ou R3 alterado para 6k; 8 - R3 aberto; 9 - R2 alterado para 240k; 10 - R3 alterado para 200 ohms; 11 - R1 alterado para 22k; 12 - R2 aberto; 13 - R2 aberto; 14 - sem defeito; 15 - R2 aberto; 16 - R4 alterado para 3k; 17 - R3 aberto; 18 - R5 alterado 200 ohms; 19 - R4 alterado para 300k; 20 - R2 ou R3 aberto; 21 - R3 alterado para 560 ohms; 22 - R1 alterado para 40k; 23 - R3 ou R4 alterado para 20k; 24 - R2 aberto; 25 - R5 aberto; 26 - R1 alterado para 100k



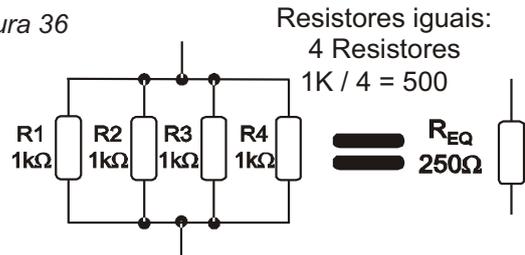
metade da queda de tensão sobre R2, não compatível com a proporção de 1 para 4, indicando que R3 alterou, já que R2 não pode alterar para menos. Podemos ainda estimar o valor desta alteração de R3 que foi para mais ou menos 100 ohms (figura 34). Então a resposta do exercício será R3 alterado. Podemos depois de resolver este exercício, um tanto trabalhoso, nos perguntar, se não existe um jeito mais

figura 35



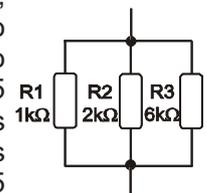
simples de resolver este exercício? A resposta é sim! Exercícios com malhas complexas, subdivididas em malhas série, podem ser analisados por partes, ou seja, analisaremos cada sub-malha série isoladamente e com isto podemos eliminar vários resistores “bons” e só depois, se não acharmos o resistor “defeituoso” nestas malhas série, é que analisaremos as malhas complexas.

figura 36



Vamos retomar o exercício anterior que é formado por R1, R2 e R3, (malha paralela), R4 e R5, em série com esta malha. Vamos em primeiro lugar identificar as sub-malhas série deste circuito; primeiro, R4 em série com R5; segundo, R2 em série com R3. Vamos começar com R4 e R5 e conferir as quedas de tensões sobre eles em comparação com suas proporções, como mostra a figura 35. R5, de menor valor recebe 1x e R4, fica com 2x. A queda de tensão sobre R4 é de 2,5V, justamente o dobro da queda de tensão sobre R5 (1,2V), indicando que as tensões obedecem as proporções das resistências, indicando que R4 e R5 devem estar “bons”.

figura 37



Agora vamos para a segunda sub-malha série, formada por R2 e R3, conforme figura 36. Nesta malha R3 de menor valor, recebe 1x e R2 recebe 4x (4x maior), comparando agora as quedas de tensões, teremos para R2, 1,5 V, que é dobro da queda de tensão de R3 (0,8V) não “batendo” com a proporção de 4 vezes (4X). Como R2 não pode alterar para menos, indica que R3 alterou para 100 ohms, para manter a proporção das quedas de tensões (1

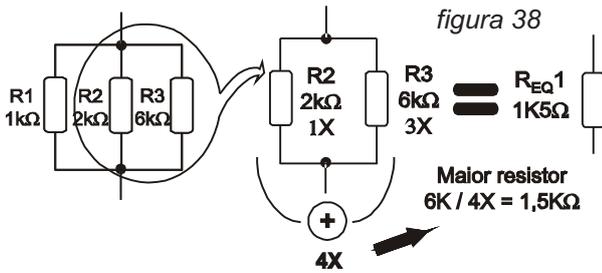


figura 38

MAIS DE 2 RESISTORES

Podem existir circuitos elétricos que possuam mais de 2 elementos paralelos, como 3 ou 4 resistores em paralelo. Vamos verificar como podemos encontrar o resistor equivalente para essas malhas. Na figura 35, temos quatro resistores em paralelo, sendo a corrente circulante entre os pontos A e B, dividida ao passar pelos resistores. Como são resistores iguais, a corrente que passa em cada um deles é igual e portanto teremos a divisão da corrente total do circuito por 4. Podemos então concluir que este resistor equivalente (R_{eq}) será 4 x menor que cada resistor, conforme figura 36.

para 2).

Podemos verificar que este segundo método de análise é mais simples, mas para ele ser aplicado ao circuito em questão, deve possuir várias sub-malhas série que nos possibilite uma análise direta das mesmas.

A seguir daremos uma série de exercícios propostos para serem resolvidos em classe

Deste exemplo podemos tirar uma regra geral: Quando tivermos uma malha paralela só com resistores iguais, o valor do R_{eq} será o valor de um deles dividido pelo número total de resistores.

Agora, vamos ver uma malha paralela com 3 resistores de valores diferentes:

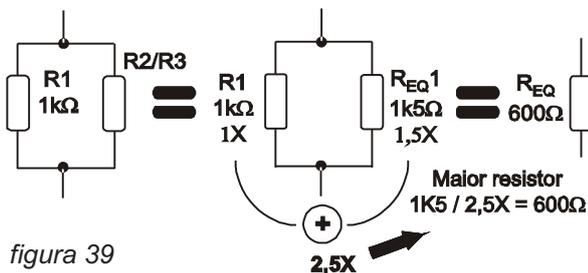


figura 39

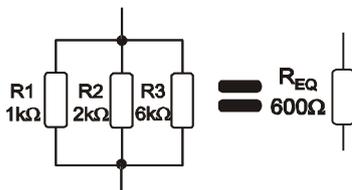
para melhor fixação dos métodos de análise aqui apresentado.

Nesta malha (figura 37), estamos vendo o processo de como calcular o resistor equivalente para mais de 2 resistores em paralelo (de valores diferentes). Primeiramente, vamos calcular o resistor equivalente para 2 resistores, e depois vamos simplificando a malha de 2 em 2 resistores, até chegarmos a um único resistor equivalente, como vemos na figura 38.

Nesta figura, podemos ver que em primeiro lugar pegamos R2 e R3 e calculamos o resistor equivalente (R_{eq1}) para estes 2 resistores paralelos.

Já na figura 39, podemos ver que foi substituído na malha principal o R_{eq} a R2/R3, e depois continuamos a calcular o resistor equivalente da malha restante, até sobrar um único resistor.

MALHAS PARALELAS COM



Para maiores informações sobre as matérias da 7a. aula, indicamos para o aluno adquirir os volumes de Análise de Defeitos (12 volumes), comprando um a um. Desde a 5a. aula, até a aula 8 bastará ter o volume 1. Além disso, pedimos para acessar o link abaixo:

Dúvidas dos blocos de módulo 1: <http://www.ctaeletronica.com.br/web/blocos.asp?paNModulo=1>

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-25 à M1-28. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um nível excelente em eletrônica.

ATENÇÃO: EM CASO DE DÚVIDA NA FEITURA DOS EXERCÍCIOS DOS BLOCOS, É FUNDAMENTAL QUE ACESSANDO O SITE, AS DÚVIDAS DE ALGUMAS QUESTÕES POSSAM SER LIDAS, OU CASO AINDA NÃO EXISTAM, POSTADAS PARA RECEBIMENTO DAS RESPOSTAS EM MENOS DE 24 HORAS.

AULA

8

LEI DE OHM - POTÊNCIA - RESISTORES VARIÁVEIS

A lei de Ohm e suas diversas interpretações

A potência elétrica e o efeito Joule

Potência de 10 e a nomenclatura de Grandezas

Resistores variáveis e ajustáveis:

Potenciômetros - Trimpots

LEI DE OHM

Como já tínhamos comentado no capítulo anterior, no século XIX, o cientista Georg Simon Ohm,

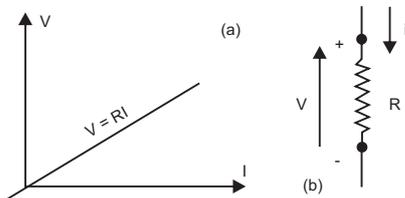


Georg Simon Ohm

enunciou uma lei da física que envolve Resistência, Corrente e Tensão. Ele chegou a estas conclusões através de muitos experimentos práticos, e conseguiu uma “equação” que pode relacionar a queda de tensão sobre uma resistência com a corrente que passa por ela. Essa “lei” é empírica

e na época em que foi enunciada não podia ser comprovada matematicamente por nenhum cálculo, só podia ser comprovada na prática. Só muitos anos depois essa “lei” pode ser comprovada teoricamente pela física e por cálculos diferenciais complexos.

Essa “lei” básica, é fundamental nos processos envolvendo as grandezas chamadas TENSÃO, CORRENTE e RESISTÊNCIA, ou seja, se



aplicarmos 1 volt sobre uma resistência de 1 ohm, haverá a circulação de corrente de 1 ampère.

Na LEI DE OHM a corrente é diretamente proporcional a tensão aplicada (quando uma aumenta a outra também aumenta) e inversamente proporcional a resistência (quando uma aumenta a outra diminui).

A LEI DE OHM é expressa na seguinte fórmula:

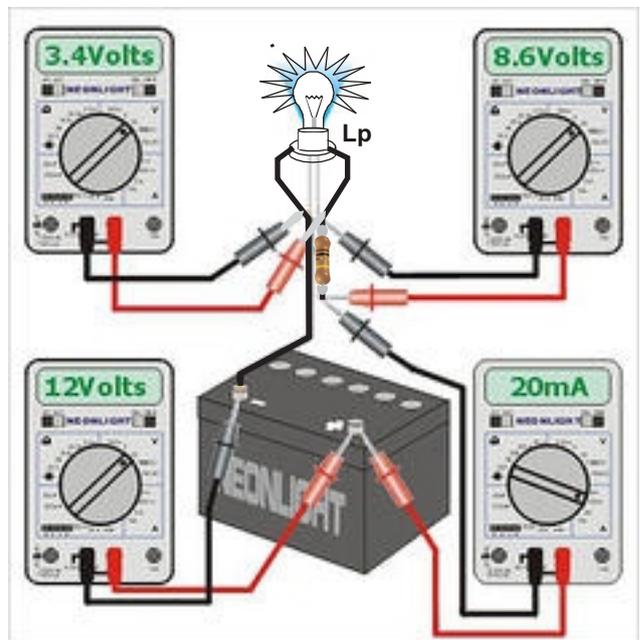
$$V = R \times I$$

Desta mesma “lei” podemos derivar estas outras expressões:

$$I = V / R \quad \text{e} \quad R = V / I$$

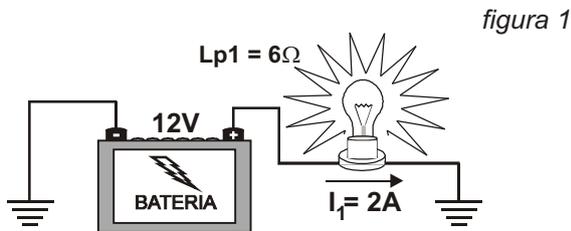
Na figura abaixo, mostramos a manifestação da lógica da lei de ohm, através de uma série de medições de tensão e corrente em um circuito formado por uma bateria, lâmpada e um resistor.

Como a lâmpada possui uma tensão de trabalho de aproximadamente 3V (no circuito está funcionando com 3,4V), será necessário existir um resistor em série com a lâmpada que terá maior valor que esta (pouco mais do dobro), e nele haverá a queda do restante da tensão da fonte. Para medirmos a

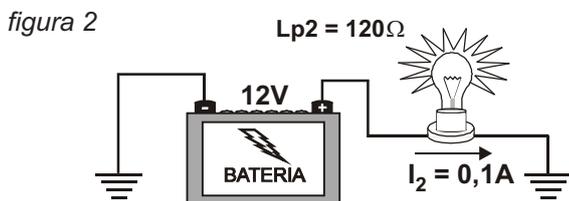


corrente que circula pelo circuito, deveremos colocar a ponta vermelha do multímetro, no polo positivo da bateria e com a ponta preta do, fechar a ligação do circuito, obrigando a corrente da malha a circular não somente pelo circuito, mas também pelo multímetro, permitindo a medição da corrente total da malha.

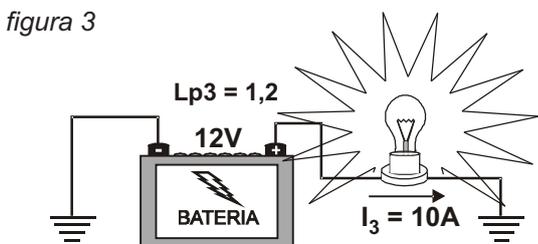
Trabalhando agora com um circuito semelhante ao anterior, vamos fazer diversas considerações. Fica claro que se ligarmos uma lâmpada cuja resistência seja de 6 ohms em uma bateria de 12V, circulará uma corrente de 2A (figura 1). O raciocínio é simples, pois se aplicássemos uma tensão de 12V sobre uma resistência de 12 ohms, haveria uma corrente circulante de 1A; como a resistência equivale à metade da tensão, maior corrente irá circular, e será o dobro.



Caso a resistência seja maior do que a especificada acima, a corrente resultante será menor, tantas vezes quanto for a relação entre a resistência e a tensão. Como exemplo, podemos dizer que uma resistência de 120 ohms será dez vezes maior que a comparação com a tensão de 12V, gerando uma corrente dez vezes menor que o padrão (No caso de 12 volts sobre 12 ohms = 1 ampère) que será de 0,1A, como mostra a figura 2. Neste exemplo, podemos ver que a corrente circulante é 10 vezes menor, portanto o brilho da lâmpada (Lp2) deve também ser menor.

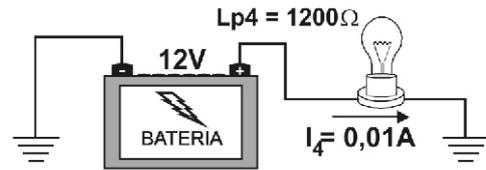


Já para uma lâmpada com resistência de 1,2 ohm, a corrente será dez vezes maior, ou seja, 10A, como podemos ver na figura 3, e neste caso, o brilho da lâmpada (Lp3) será maior que no 1º caso, cuja resultante de corrente era de 2A (figura 1).



Agora, podemos pegar outro exemplo com uma lâmpada de resistência de 1.200 ohms, como mostra a figura 4. Para calcularmos a corrente circulante na lâmpada podemos utilizar a fórmula da lei de Ohm para cálculo de corrente: $I = V / R$, então substituindo os

valores de V e R teremos $I = 12V / 1200 \text{ ohms} = 0,01A$.



Podemos perceber pela figura 4, que a lâmpada está apagada, o que é compatível com a corrente calculada, pois temos uma corrente circulante de apenas 0,01 A, o que não é suficiente para “incandescer” o filamento e “criar” luminosidade. Portanto, apesar de circular corrente pela lâmpada, ela permanece apagada.

POTÊNCIA ELÉTRICA

Outra grandeza elétrica muito importante é a POTÊNCIA. Essa grandeza não é exclusiva da eletricidade, pois abrange várias áreas do nosso dia a dia.

A definição de Potência é a quantidade de energia (Trabalho) dissipada (ou absorvida) por intervalo de tempo. Agora, aplicando essa definição para a eletrônica teremos, em primeiro lugar que definir a energia elétrica de um componente eletrônico?

A corrente elétrica é a quantidade de cargas elétricas que se movem por segundo ($I = Q/s$), e a tensão elétrica é o potencial elétrico. Como o potencial elétrico (campo elétrico) multiplicado pela carga elétrica gera a energia elétrica, temos então uma relação para Energia, Tensão e Corrente, e portanto teremos $V \times I = V \times Q/s = En/s = \text{Potência}$. Resumindo estas relações podemos definir Potência Elétrica (P):

$$P = V \times I$$

A unidade da potência é o watt, simbolizado pela letra “W” (letra maiúscula).

As lâmpadas em geral, apresentam duas especificações que são a tensão de trabalho e a potência que as mesmas fornecem. Isto quer dizer que, se quisermos saber qual será a corrente de uma lâmpada de 6W por uma tensão de trabalho de 12V:

$$P = V \times I$$

$$6W = 12V \times I$$

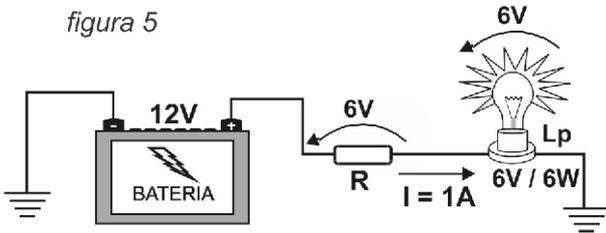
$$I = 6W / 12V = 0,5A$$

Pela expressão acima conseguimos calcular a corrente circulante por uma lâmpada de 6 watts

ligada a uma fonte de 12 volts, que é de 0,5 ampère. Muitas vezes, será necessário colocarmos resistências em série com a carga para não só limitarmos a corrente, como também gerar uma menor queda de tensão sobre a carga.

Como exemplo, podemos citar uma bateria que possui uma tensão de 12V e queremos ligar a ela uma lâmpada de 6V por 6W, como mostramos na figura 5.

figura 5



Fica fácil definir por dedução, que se o valor da tensão é igual a potência, resulta em uma corrente de 1A, ou seja, para o acendimento correto dessa lâmpada deveria circular uma corrente de 1A.

Como a tensão da fonte é o dobro da tensão de trabalho da lâmpada, devemos colocar uma resistência que limite a passagem da corrente, que por coincidência deverá receber a mesma tensão aplicada à lâmpada (6V).

Como estamos aplicando 6V sobre a lâmpada e pela mesma circula 1A, usando a lei de Ohm, já sabemos de antemão que sua resistência é de 6 ohms (pela proporção aplicada). Portanto o valor do resistor a ser utilizado em série com a lâmpada deverá ser também de 6 ohms.

O problema agora será calcular a potência dissipada por este resistor, que também não é difícil, pois já sabemos que a tensão sobre o mesmo será de 6V e a corrente de 1A, ou seja, 6 watts. Como segurança, o resistor deverá ter uma potência de 30% a mais do que o especificado para o trabalho.

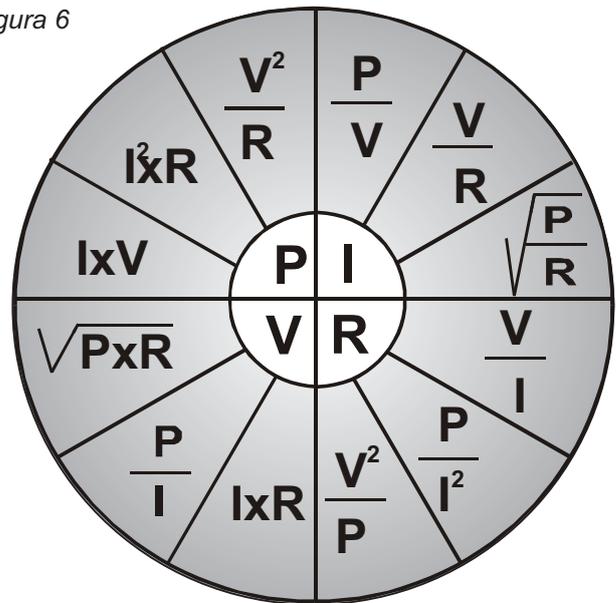
Um resumo da LEI DE OHM (inclusive com o cálculo de potência) pode ser visto na figura 6.

RESUMO DA LEI DE OHM

As relações de potência, tensão, corrente, resistência estão todas descritas no diagrama da figura 6. Notem que utilizando apenas uma frase que diz "Quem Vê... RI" ou "quem V = R . I" consegue-se ter a fórmula inicial para obter as outras:

Exemplos: $V=RxI$ e $P=VxI$

figura 6



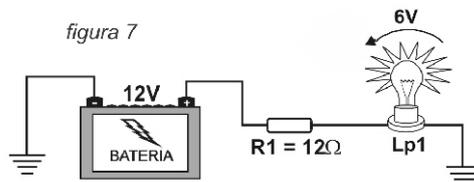
EFEITO JOULE

O efeito Joule nada mais é do que o efeito de aquecimento provocado em um resistor ou resistência, quando submetido a uma tensão que gera por ela uma corrente circulante, esta corrente circulante provocará o aquecimento do resistor (ou resistência). Ao aquecer o resistor começa a dissipar calor para o meio (ar, água ou o material no qual está preso o resistor). Então, podemos dizer que a energia elétrica que o resistor recebe está se transformando em calor (energia térmica ou cinética).

EXERCÍCIOS

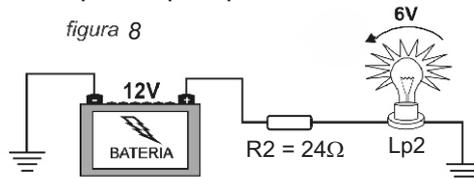
1) No circuito abaixo (figura 7), calcule a corrente circulante e a potência dissipada pela lâmpada Lp1 e pelo resistor R1:

figura 7



2) No circuito abaixo (figura 8), calcule o valor de R2, a queda de tensão sobre R2 e a potência dissipada pela lâmpada Lp2 e pelo resistor R2:

figura 8



POTÊNCIA DE 10

A potência de 10 é utilizada para simplificar a "escrita" de números muito grandes ou muito pequenos. Ela utiliza algumas regras para uniformidade das representações dos números;

baseia-se no fato que o número da potência de 10 é simplesmente igual ao número de “zeros”. Exemplo $10^3 = 1000$ (3 “zeros”).

Os números expressos em potência de 10 e que obedecem as regras de apresentação numérica em potência de 10 é chamado de **NOTAÇÃO CIENTÍFICA**.

A notação científica, é o modo conveniente de utilizar-se na solução de problemas que envolve grandezas físicas (eletricidade, mecânica, astronomia, etc.)

Em notação científica, o coeficiente da potência de 10 é sempre expresso em um número maior ou igual a “1” e menor que “10”, e obedece as seguintes regras:

Regra nº 1 - Para escrever números maiores que “1” na forma de um número pequeno, utilizamos potência de “10”, ou seja, desloca-se a casa decimal para a esquerda tantos algarismos quanto o desejado, e a seguir multiplica-se o nº obtido por 10, elevado a uma potência igual ao número de casas deslocadas.

Ex: $3.000 = 3,0 \times 1000 = 3 \times 10^3$ (a vírgula é deslocada 3 casas para a esquerda, sendo o expoente 3).
 $150,32 = 1,5032 \times 100 = 1,5032 \times 10^2$

Regra nº 2 - Para escrever números menores do que 1, como um número inteiro, multiplicado por uma potência de 10, desloca-se a casa decimal para a direita, tantos algarismos quantos forem necessários. A seguir multiplica-se o nº obtido por 10 elevado a uma potência NEGATIVA igual ao número de casas decimais deslocadas.

Ex: $0,006 = 6,0 \times 0,001 = 6 \times 10^{-3}$ (a vírgula é deslocada para a direita 3 casas, a potência ou expoente é de -3).

Regra nº 3 - Para converter um número expresso com uma potência negativa de 10, em um número decimal, desloca-se a vírgula para a esquerda tantas casas quanto o valor do expoente.

Ex: $7,14 \times 10^{-9} = 0,00000000714$

Regra nº 4 - Para converter um número expresso com uma potência de 10 positiva em um número decimal, desloca-se a casa decimal para a direita, tantas casas ou posições quanto o valor do expoente.

Ex: $6,15 \times 10^6 = 6.150.000$ (o expoente é 6, deslocando-se a vírgula 6 casas para a direita).

Regra nº 5 - Para multiplicar dois ou mais números expressos como potência de 10, multiplica-se os coeficientes e somam-se os expoentes para se obter o novo expoente de 10.

Ex: $3 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^7 = (3 \times 5) \times (10^{-3+7}) = 15 \times 10^4$

Agora, vamos pegar o valor de 15×10^4 e passar para notação científica, pegando o coeficiente “15” e passando para um número menor que “10” e maior que “1” ficando com $1,5 \times 10^5$.

Regra nº 6 - Para dividir uma potência de 10, utiliza-se a fórmula:
 $1/10^n = 10^{-n}$

Podemos assim mover qualquer potência de 10 do numerador para o denominador ou vice e versa, simplesmente mudando o sinal expoente.

Ex: $15/2 \times 10^{-1} = 15/2 \times 10^1 = 7,5 \times 10$

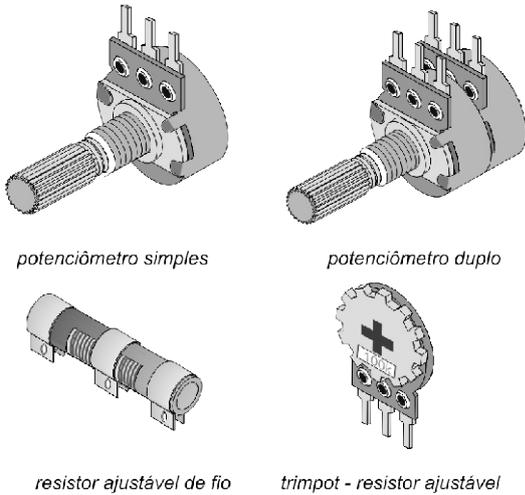
Frequentemente, exprimimos uma resposta utilizando-se um prefixo em vez de utilizar uma notação científica.

Os prefixos métricos são os seguintes:

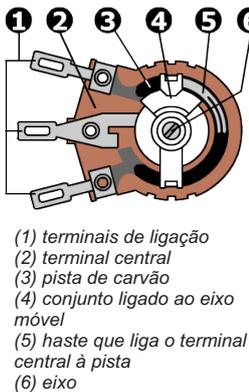
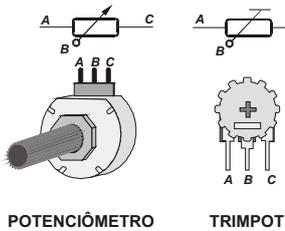
TERA (T)	= 10^{12}	=	1.000.000.000.000	=
GIGA (G)	=	1 0⁹	=	
1.000.000.000				
MEGA (M)	= 10^6	=	1.000.000	
KILO (k)	= 10^3	=	1.000	
mili (m)	= 10^{-3}	=	0,001	
micro (μ)	= 10^{-6}	=	0,000.001	
nano (n)	= 10^{-9}	=	0,000.000.001	
pico (p)	= 10^{-12}	=	0,000.000.000.001	

TABELA PRÁTICA									
Tera	Giga	Mega	Kilo	UNIDADE	mili	micro	nano	pico	
T	G	M	k	0	m	μ	n	p	
Divide por 1000 ($\times 10^{-3}$) cada prefixo					Multiplica por 1000 ($\times 10^3$) cada prefixo				
←					→				
Exemplo:		$10.000\text{mV} = 0,010\text{KV}$			$100.000\text{V} = 100.000.000\text{mV}$				
		dividiu por 10^6			unidade			multiplicou por 10^3	

RESISTORES AJUSTÁVEIS E VARIÁVEIS



Em algumas aplicações necessitamos alterar a resistência de determinado circuito para obter uma condição precisa. Temos assim os resistores ajustáveis que estão dentro do equipamento e são de ajuste semi-fixo ou de fábrica, ou seja, após ajustados, dificilmente precisarão ser mexidos. A figura 9b, mostra a forma física desses componentes e seu aspecto simbólico. Os resistores ajustáveis também são chamados de TRIMPOT.



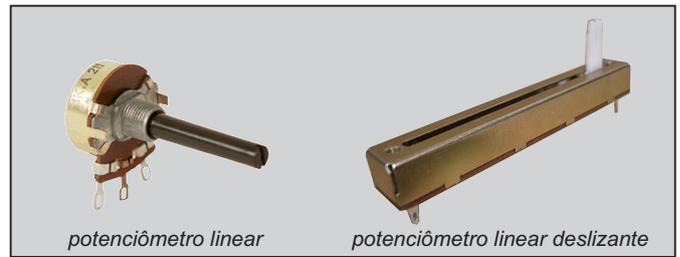
Já os potenciômetros são chamados de variáveis pois são constantemente alterados de valor permitindo ao usuário ajustar várias funções. Os potenciômetros de volume, brilho, contraste, etc. são resistores variáveis muito conhecidos do público em geral (figura 9a). Apesar de serem muito úteis eles estão sendo substituídos por comandos do microprocessador (inclusive os resistores ajustáveis internos).

POTENCIÔMETROS

O valor do potenciômetro é dado a partir de sua resistência máxima (de extremo a extremo) sendo que o cursor ou parte móvel, poderá ser posicionada tendo ela uma resistência em relação a um dos extremos e outra resistência em relação ao outro extremo.

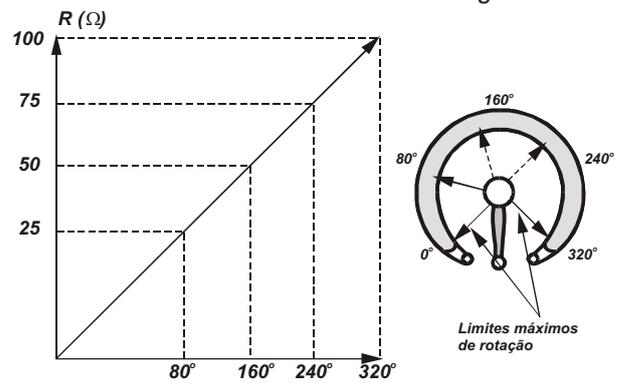
POTENCIÔMETRO LINEAR

O potenciômetro linear é aquele que apresenta uma variação uniforme de sua resistência entre o cursor



e os extremos, com sua resistência variando linearmente de acordo com a rotação de seu cursor. O potenciômetro linear é dominante na grande maioria das aplicações de potenciômetros.

Na figura 10, mostramos a esquerda, a tabela de variação de valor ôhmico por graus de rotação, e a direita o cursor do potenciômetro e suas posições relativas em graus.



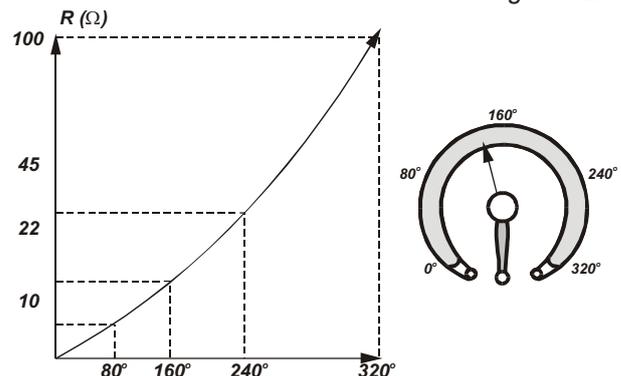
POTENCIÔMETRO LOGARÍTMICO

O potenciômetro logarítmico é aquele que resulta em uma variação exponencial de sua resistência em relação ao ângulo de rotação de seu eixo. Essa variação foi muito usada para controle de volume de diversos equipamentos, já que o ouvido humano tem uma percepção logarítmica. Veja na figura 11 o levantamento gráfico da variação de resistência em função da rotação do eixo; o resultado será uma curva exponencial.

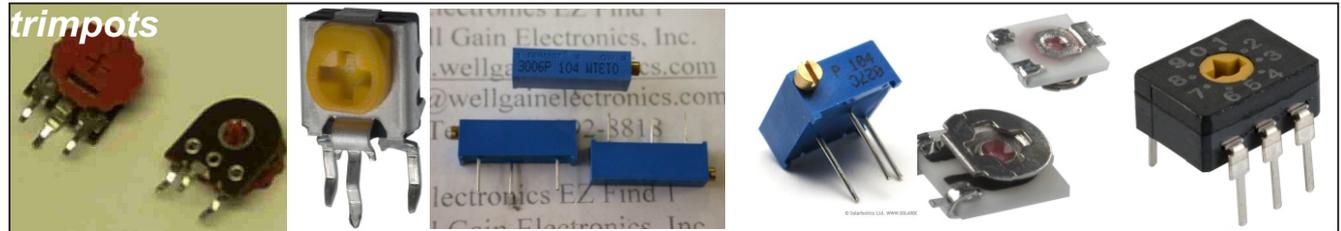


Em alguns aparelhos mais antigos, o potenciômetro de volume, cujo valor era logarítmico, era acoplado à chave liga/desliga do aparelho.

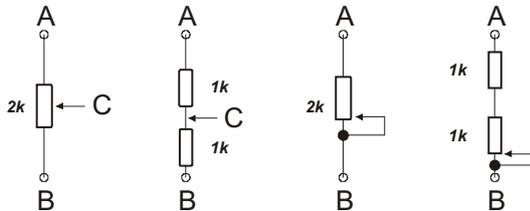
figura 12



Na figura 12 mostramos vários tipos de resistores ajustáveis e variáveis.

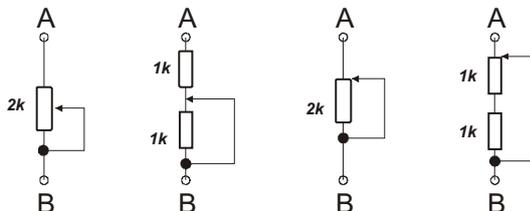


COMO INTERPRETAR O POTENCIÔMETRO COMO DOIS RESISTORES



Com o cursor em aberto ele valerá entre A e C a metade do valor total e entre C e B mais metade do valor total.

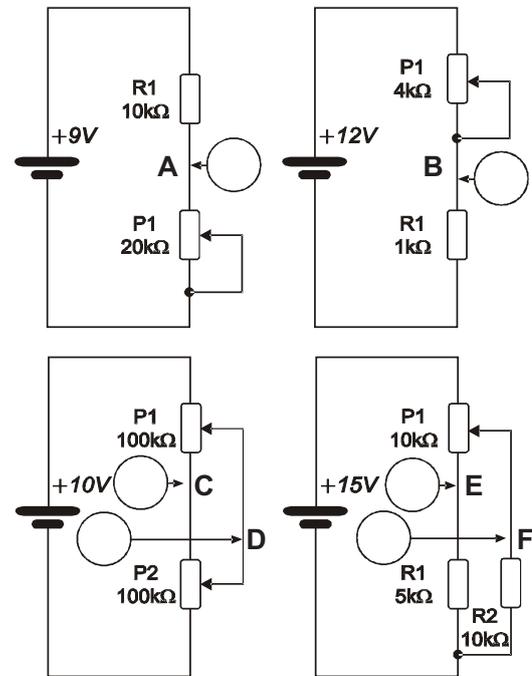
Neste caso o cursor está todo para baixo, indicando que entre os pontos A e B o potenciômetro valerá o teu valor total



Neste caso a parte de baixo do potenciômetro foi eliminada pelo cursor, passando a valer só a parte de cima (A à B = 1k ohms)

Neste caso toda a extensão do potenciômetro foi eliminada, sendo a resistência entre A e B de 0 ohms (curto)

Exercícios: coloque as tensões corretas nos circuitos



A = 4,5V B = 4V C = 5V D = 5V E = 3,75V F = 7,5V

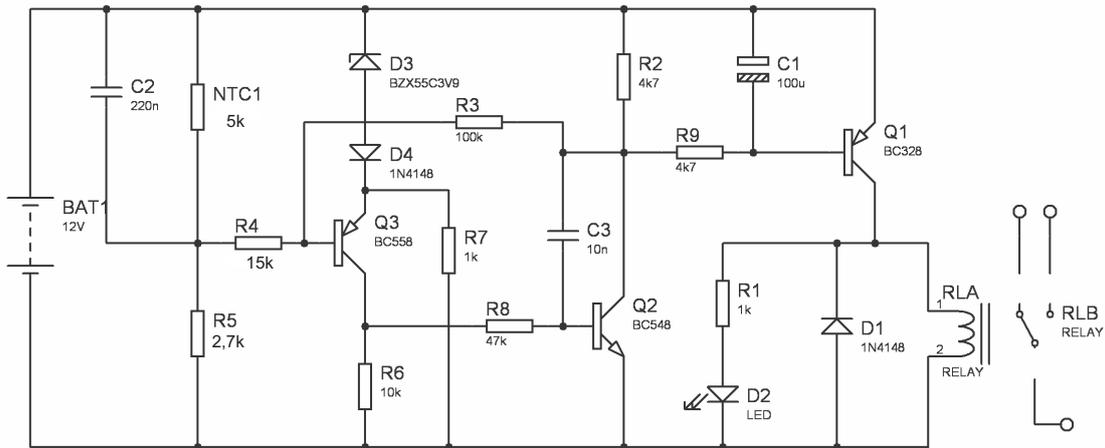
Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-29 à M1-32. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

Para maiores informações sobre as matérias da 8a. aula, indicamos para o aluno adquirir os volumes de Análise de Defeitos (12 volumes), comprando um a um. Além disso, pedimos para acessar os links abaixo:

- Lei de Ohm <http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/ohm/ohm.htm>
- <http://www.eletronika.net/wp/lei-de-ohm>
- trimpot <http://pt.wikipedia.org/wiki/Trimpot>
- potenciômetros <http://pt.tech-faq.com/potentiometer.shtml&prev=hp&rurl=translate.google.com>
- tipos de potenciômetros <http://www.arsolcomp.com.br/potenciometro>

KIT'S PRÁTICOS - PARTE 2 - MÓDULO 1

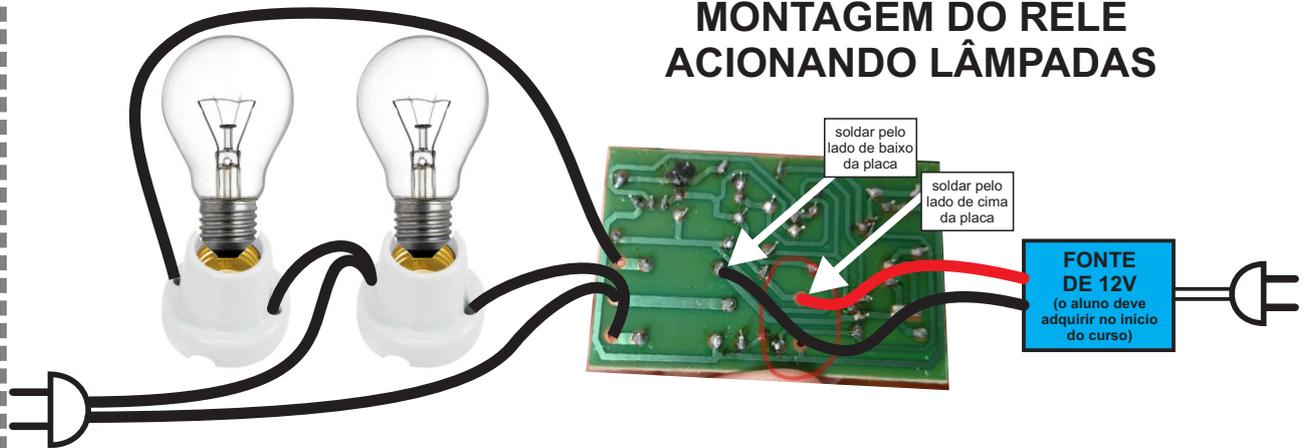
M1-4 CONTROLADOR DE TEMPERATURA



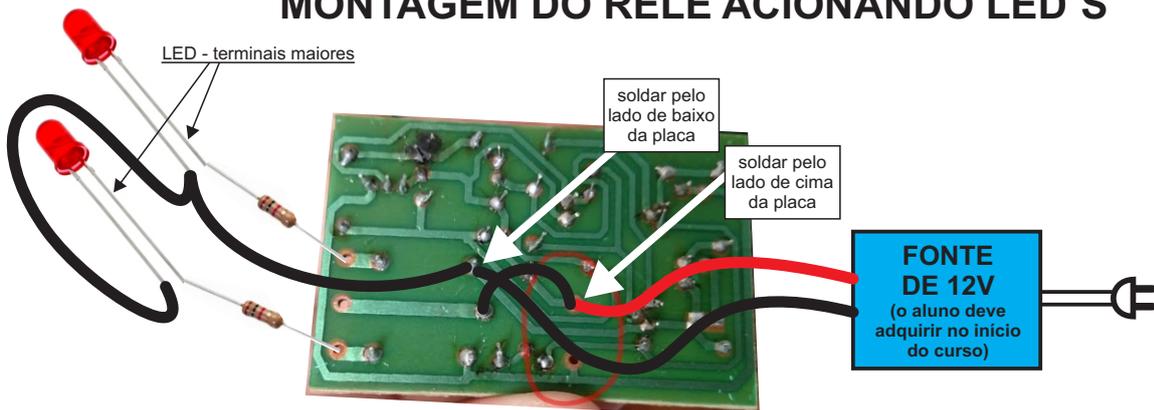
2 resistores 4,7k ohms 1/4W
2 resistores 1k ohms 1/4W
1 resistor 100k ohms 1/4W
1 resistor 10k ohms 1/4W
1 resistor 47k ohms 1/4W
1 resistor 15k ohms 1/4W
1 resistor 2,7k ohms 1/4W
1 NTC (Negative Temperature) 5k
1 capacitor poliester ou cerâmico 10k
1 capacitor poliester ou cerâmico 220k

1 capacitor elet. 100uF x 25V ou mais
1 LED
2 diodos 1N4148 ou equiv.
1 zener 3,9V 1/2W
1 BC 328 ou BC 327
1 BC 548 ou Bc546 ou BC 547
1 BC 558 ou Bc556 ou BC 557
1 rele de 12V mini - 10A
1 PCI M1-4

MONTAGEM DO RELÉ ACIONANDO LÂMPADAS



MONTAGEM DO RELÉ ACIONANDO LED'S



PARTE 2 - APOSTILA DE ELÉTRICA PARA ELETRÔNICA (MÓDULO 1)

INDICE GERAL

AULA 9	91	AULA 13	129
Dimensionamento com malhas série - potenciômetros		O capacitor fixo e a capacitância	
Dimensionamento com malhas série-paralelas - potenciômetros		Os capacitores ajustáveis e variáveis	
Dimensionamento e análise de tensões com dois potenciômetros		Codificação dos capacitores	
Análise de defeitos com potenciômetros		Associação dos capacitores série e paralelo	
Potenciômetros especiais		Carga e descarga do capacitor	
AULA 10	99	AULA 14	139
Termistores: NTC e PTC (temperatura) exercícios com NTC e PTC		Capacitores Eletrolíticos	
Varistores: VDR - variação por tensão exercícios com VDR		Capacitores polipropileno/poliéster Metalizados	
Resistores Foto-sensíveis - LDR exercícios com LDR		Capacitores de tântalo	
		Dimensionamento e Defeitos em malhas série-paralelas com capacitores	
AULA 11	109	AULA 15	147
Indução Eletromagnética		O alicate de corte e bico; a chave de fenda e philips	
Geração de corrente contínua		Ferro de soldar e solda - técnicas de soldagem	
Corrente Alternada		Como fazer Placas de Circuito Impresso - PCI	
Geração de Energia AC		Componentes utilizados em eletrônica	
Formas de onda - Ciclo - Período Frequência		Utilizações básicas do Multímetro Digital	
Volts de pico e pico-a-pico			
Tensão eficaz da tensão alternada		AULA 16	155
AULA 12	121	As diversas combinações da lâmpada série	
Como converter período em frequência		Um circuito prático para montar uma lâmpada série	
Funcionamento básico do osciloscópio		Como usar o multímetro como voltímetro e amperímetro	
A escala horizontal - TIME/DIV		O Voltímetro “analógico” e o “analógico eletrônico”	
Controles dos canais verticais VOLTS/DIV		Revisão dos Conceitos de Tensão e Corrente (Lei de Ohm)	
Várias medições de amplitude e frequência			

AULA
9

ANÁLISE COM POTENCIÔMETROS

Dimensionamento com malhas série

Dimensionamento com malhas série-paralelas.

Análise de defeitos com potenciômetros

ANÁLISES COM RESISTORES VARIÁVEIS/AJUSTÁVEIS

Os resistores variáveis ou ajustáveis, podem ser vistos na figura 1, onde podemos destacar o seguinte:

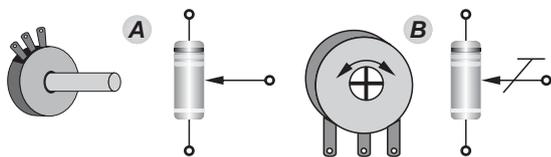


Figura 1a: Resistores variáveis também chamados de potenciômetros. São resistores que continuamente são manipulados e servem para alterar determinada condição (Ex: volume, brilho, contraste, etc.).

Figura 1b: Resistores ajustáveis também chamados de TRIMPOTs. São componentes ajustados de fábrica sendo que após algum tempo de uso, necessitam de alguma nova calibragem, compensando acomodações de determinados componentes. Encontram-se em geral, dentro dos aparelhos, sendo que sua manipulação poderá ser feita somente por pessoal técnico habilitado.

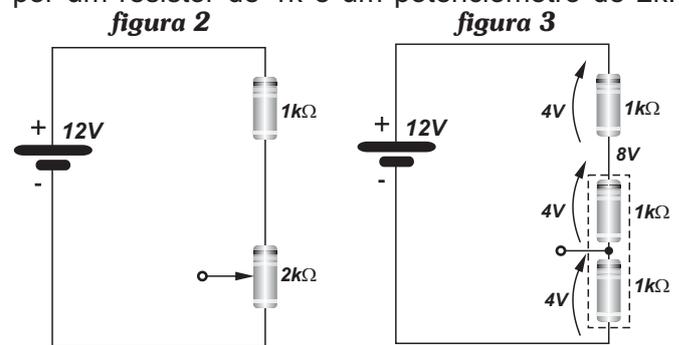
Estes resistores variáveis mecanicamente, estão deixando de ser utilizados nos equipamentos atuais, devido aos controles serem feitos por Chaves "UP & DOWN", ligadas a um microprocessador, que memoriza determinado comando.

Os resistores ajustáveis também estão sendo substituídos pelos EVR's (Electronic Voltage Resistor's), que nada mais são do que memórias resistivas que estarão ligadas ao microprocessador, ou integrados de processamento geral, que registram ou gravam determinada tensão. Através de determinados códigos de acesso, estes ajustes poderão ser modificados.

APESAR DOS POTENCIÔMETROS E TRIMPOTS ESTAREM DESAPARECENDO COMO COMPONENTES INDIVIDUAIS, SUA LÓGICA DE FUNCIONAMENTO TORNA-SE FUNDAMENTAL

PARA ENTENDER O FUNCIONAMENTO DE SEMICONDUTORES E PRINCIPALMENTE TRANSISTORES.

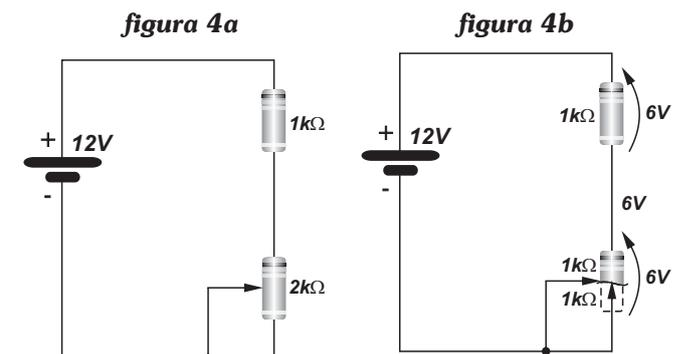
Na figura 2, podemos ver os circuito série formado por um resistor de 1k e um potenciômetro de 2k.



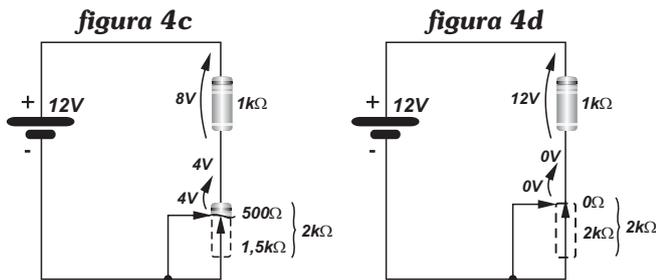
Devemos sempre considerar o valor fornecido para o potenciômetro como valendo para toda sua pista. Estando o cursor no meio do potenciômetro, seu valor será metade do especificado para cima, e metade para baixo (potenciômetro linear). Assim, teremos no caso da figura 2, dois resistores de valores iguais em 1k (veja figura 3).

Se colocarmos tensões do circuito da figura 3, teremos que trabalhar com 3 resistores de 1k, sendo que cada um receberia uma tensão de 4 volts, significando que no cursor do potenciômetro haveria um potencial de 4 volts e logo acima deste, um potencial de 8 volts.

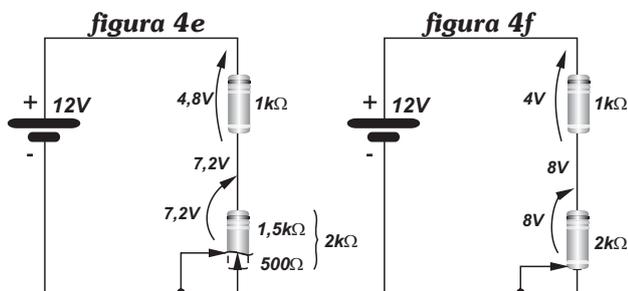
Na figura 4a, temos o cursor do potenciômetro ligado à referência negativa, significando que apenas metade desse componente seria válido para os circuito. A figura 4b, mostra detalhes do que aconteceria com o potenciômetro.



Estando o cursor no centro do potenciômetro, podemos dizer que o potencial negativo, ou seja, zero volt, será ligado também ao cursor. Metade do potenciômetro estaria "curto-circuitado" ao negativo, e a outra metade de 1k, manteria-se em série com resistor de cima. Assim, teríamos dois resistores em série iguais, e cada um recebendo a mesma queda de tensão, que no caso é de 6 volts. Deslocando agora o cursor do potenciômetro para cima, vemos que o valor deste para o circuito, fica somente em 500 ohms, sendo que o restante (1,5 k) fica "curto-circuitado" pelo cursor. Assim temos o resistor de 1k em série com o resistor de 500 ohms (potenciômetro), resultando em uma tensão de 4 volts entre os componentes.



Na figura 4d, temos o cursor totalmente virado para o lado de cima, onde a resistência equivalente para potenciômetro agora de zero ohm (o potencial negativo da fonte está sendo transferido para o lado de baixo do resistor de 1k). Assim, a tensão de 12 volts fica sobre o resistor de 1k e a tensão entre os dois componentes passa a ser de zero volt. Na figura 4e, vemos o deslocamento do cursor do potenciômetro para baixo até deixar $\frac{3}{4}$ do potenciômetro atuante no circuito. Assim, teremos em série com um resistor de 1k, um resistor de 1,5k, onde calculando as proporções, teremos a fonte de 12 volts dividida por 2,5, resultando em 4,8 volts. Esta tensão cairá no menor valor resistivo, que no caso é o resistor de 1k, sendo que o restante da tensão (7,2 volts) cairá sobre o potenciômetro. Assim, a tensão no ponto central dos dois componentes passa a ser de 7,2 volts.

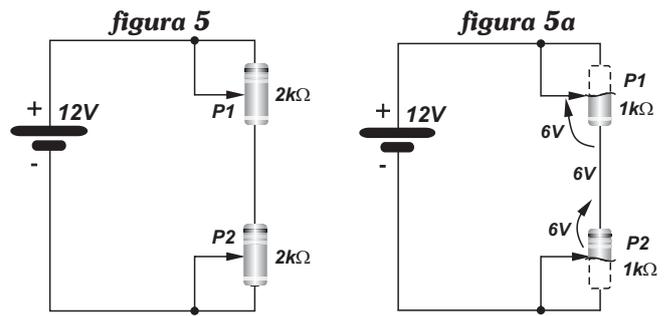


Finalmente na figura 4f, temos o resistor de 1k em série com valor completo do potenciômetro (2k), gerando uma tensão de 8 volts entre os componentes.

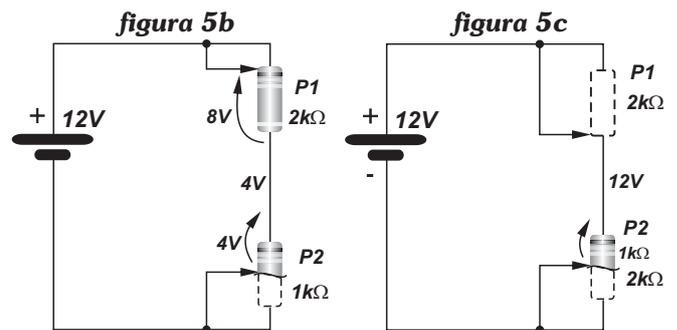
Na figura 5, temos um novo circuito, onde podemos ver dois potenciômetros de 2k em série, formando

um circuito divisor de tensão.

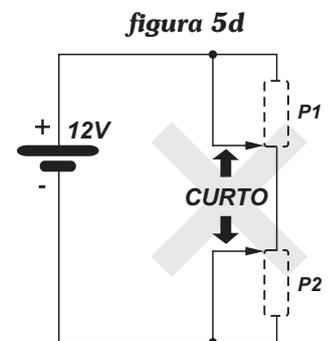
Na figura 5a, mostramos que no caso do cursor do centro, haverá para cada potenciômetro um valor



equivalente de 1k, sendo que a tensão de queda será idêntica para os dois (6 volts). Assim, a tensão entre os dois potenciômetros será de 6 volts. Na figura 5b, podemos ver que deslocando o cursor do potenciômetro P1 para cima, terá como resultante para P1 o valor de 2k que ficará em série com a resultante de 1k do potenciômetro P2. Assim, teremos uma tensão de queda de 4 volts para P2 e de 8 volts para P1. a tensão entre os componentes fica em 4 volts.

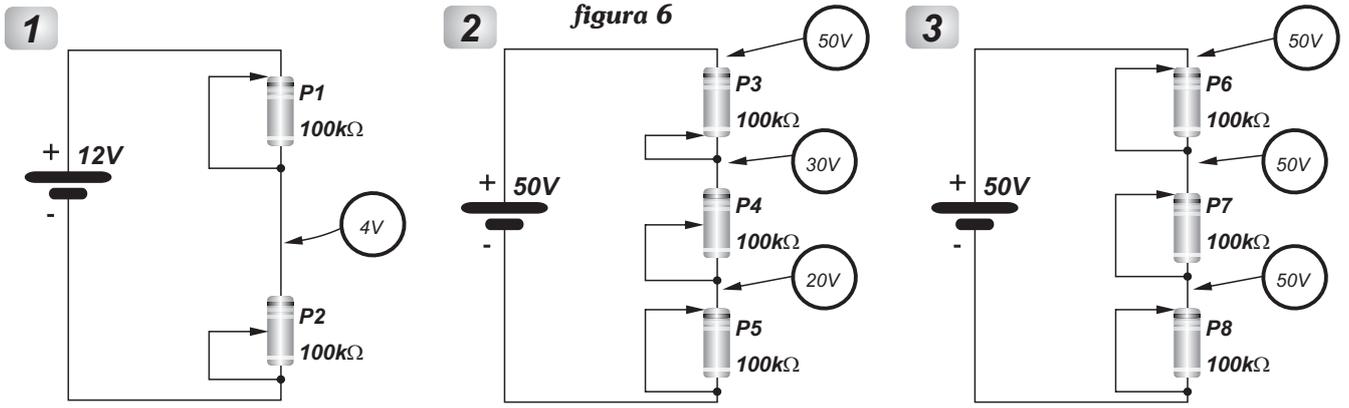


Na figura 5c, deslocando o cursor do potenciômetro P1 totalmente para baixo, levando a tensão de 12 volts, para o ponto central entre os dois componentes. Toda a tensão da fonte ficará aplicada na metade do valor do potenciômetro P1. Na figura 5d, temos um deslocamento do cursor do potenciômetro P1, totalmente para baixo, e do cursor P2 totalmente para cima, indicando que a fonte foi colocada em curto, situação que não pode ocorrer; caso ocorra, haverá uma corrente muito alta, que danificará o ponto de contato dos cursores com a pista dos potenciômetros, ou até queima da fonte por corrente excessiva.



ANÁLISE DE DEFEITO COM POTENCIÔMETROS SÉRIE

Na figura 6, podemos ver três proposições de



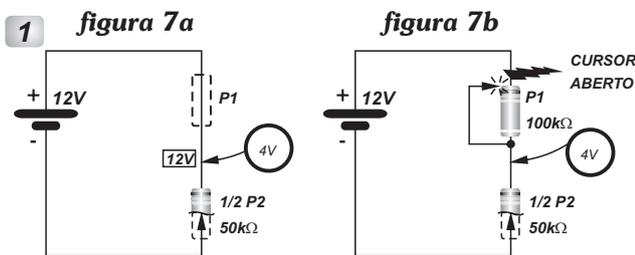
defeitos utilizando potenciômetros ligados em série. Tente encontrar os componentes defeituosos apenas pela análise das tensões nos círculos.

existe proporção entre eles, mas a tensão de queda de 20 volts sobre o potenciômetro P5, indica que o cursor dele está aberto, como mostra a figura 8b.

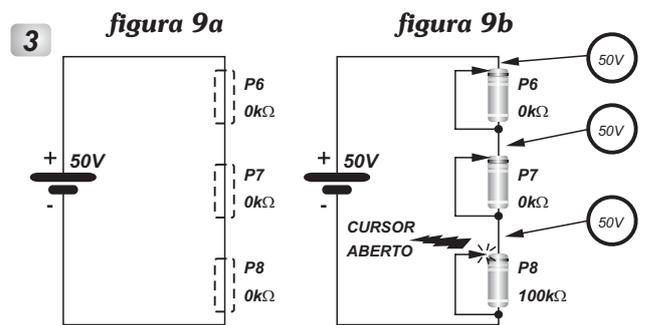
Respostas dos exercícios

1) Na figura 7a, podemos ver que o potenciômetro P1 está "curto-circuitado" devendo gerar uma tensão de 12 volts abaixo dele (como indicado no quadrado). Mas, a tensão medida para este ponto foi de 4 volts, indicando que apesar do potenciômetro estar com cursor posicionado para "curto", na verdade não está, sendo válido para os circuito, o que o valor completo do potenciômetro. A figura 7b, mostra bem o que está acontecendo, pois podemos dizer que o cursor do potenciômetro, não está contatando sua pista ficando em aberto (o cursor).

3) No exercício de análise de defeito 3, temos 3 potenciômetros de mesmo valor e todos "curto-circuitados". É claro que circuito não pode ser feito, pois apresentaria curto na fonte de alimentação, produzindo corrente altíssima, como ilustrado na figura 9a. Apesar disso, o circuito não apresentou consumo excessivo, onde encontramos 50 volts em todos pontos de medição. Podemos afirmar então que o cursor do último potenciômetro P8, está aberto, pois recebe toda a queda de tensão da fonte de alimentação.



2) Neste defeito, temos o potenciômetro P3 ajustado para máxima resistência, P4 ajustado para média resistência, enquanto P5 está ajustado para mínima resistência, como podemos ver pela figura 8a. Assim, deveremos ter zero volt logo acima de P5 e 16,6 volts do lado de cima de P4 e 20 volts acima de P5 e 30 volts acima de P4. Como temos uma queda de tensão de 20 volts sobre P3 e queda de tensão de 10 volts sobre P4, podemos dizer que até aqui,



ANÁLISES SÉRIE-PARALELAS COM POTENCIÔMETROS

Na figura 10, temos uma malha série-paralela envolvendo dois potenciômetros de 200k cada um, e 2 resistores de 100k (cada).

Na figura 10a, podemos dizer que os cursores dos potenciômetros estão no centro, sendo que assim, deveremos encontrar as tensões nos pontos A, B e C.

Podemos interpretar os potenciômetros como dois resistores de 100k, mantendo a ligação dos cursores dos potenciômetros. Assim, temos como resultante a figura 10b, onde são configuradas malhas série-paralelas, até certo ponto simples. Somando o valor resistivo de R1 com o lado superior do potenciômetro P1, teremos um valor equivalente de 200k. O mesmo poderemos fazer, somando o valor resistivo de baixo de P2 (100k) com valor de R2 (também 100k) resultando em 200k

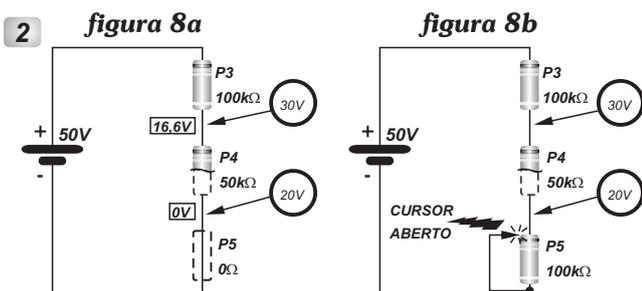


figura 10

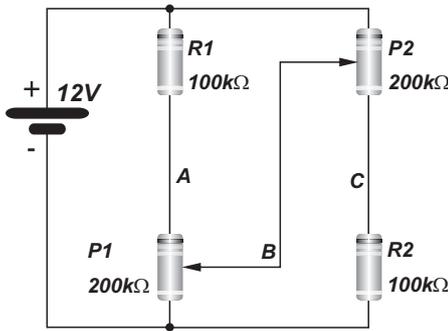
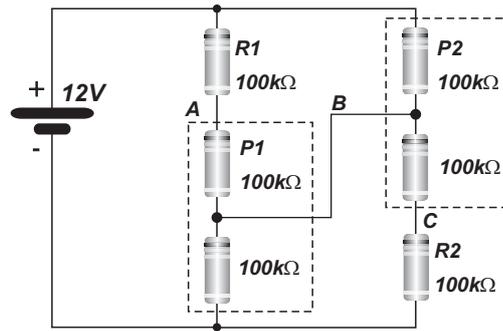


figura 10a



de resistência equivalente.

Assim, conseguimos formar a malha da figura 10c, que apresenta no lado de cima, um resistor de 200k em paralelo com 100k, resultando em 66,6k. O mesmo acontecerá para malha de baixo, ou seja, teremos um valor de 100k em paralelo com 200k, gerando também uma equivalência de 66,6k.

figura 10b

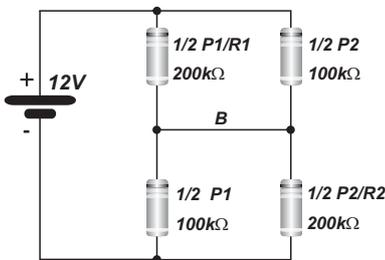
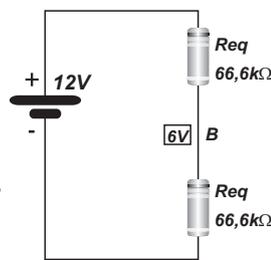
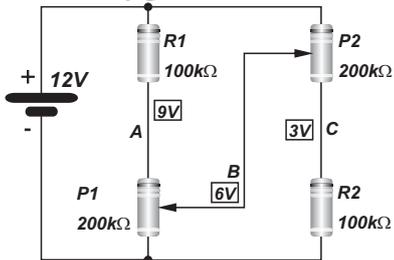


figura 10c



Assim, a tensão resultante no meio dos resistores, fica definida em 6 volts, que é a mesma tensão do ponto B. Sabendo dessa tensão, podemos calcular a tensão no ponto A e C. Assim, na figura 10d, temos 6 volts no cursor de P1, sendo que o lado de cima dele, possui uma resistência de 100k ligada em série com R1, também de 100k. Isso significa que

figura 10d



teremos a mesma tensão entre as resistências, ou seja, 3 volts para cada. Assim, fica definido para o ponto A, a tensão de 9 volts.

O cálculo da tensão do ponto B, funciona da mesma maneira, pois temos o lado de baixo de P2 com 100k em série com R2, também de 100k. Assim haverá uma queda em cada um de 3 volts, ficando definida esta tensão para o ponto C.

Na figura 11, vemos que o cursor de P1, foi deslocado totalmente para cima, o que desequilibra a malha. Assim, devemos definir as

novas tensões para os pontos A, B e C.

Podemos concluir de imediato, que as tensões do pontos A e B são iguais (como mostrado na figura 11b), o que significa dizer que o potenciômetro P1 tem sua resistência

total de 200k ligada ao negativo. Para o lado positivo, fica somente R1 com seu valor de 100k. Do lado direito da malha,

continuamos a ter o potenciômetro P2 ligado com cursor no ponto central, indicando que teremos 100k para cima e 100k para baixo. O lado de baixo de P2 com 100k, será somado ao resistor R2 de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

A figura 11c, mostra resultante das malhas paralelas de cima (100k com 100k) resultando em uma resistência equivalente de 50k, e no lado de baixo, onde temos dois resistores equivalentes de 200k, ligados em paralelo. A malha paralela de baixo resultará em uma resistência equivalente de 100k.

figura 11b

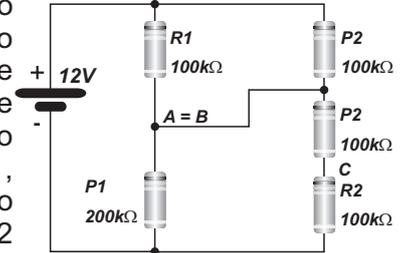


figura 11c

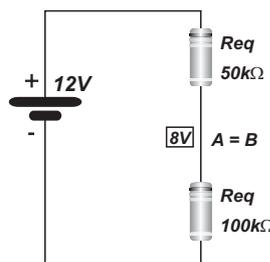
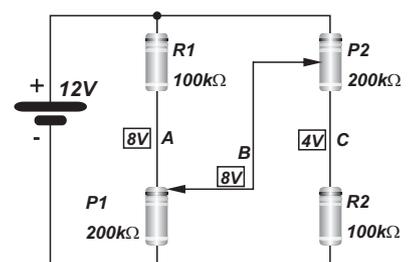


figura 11d

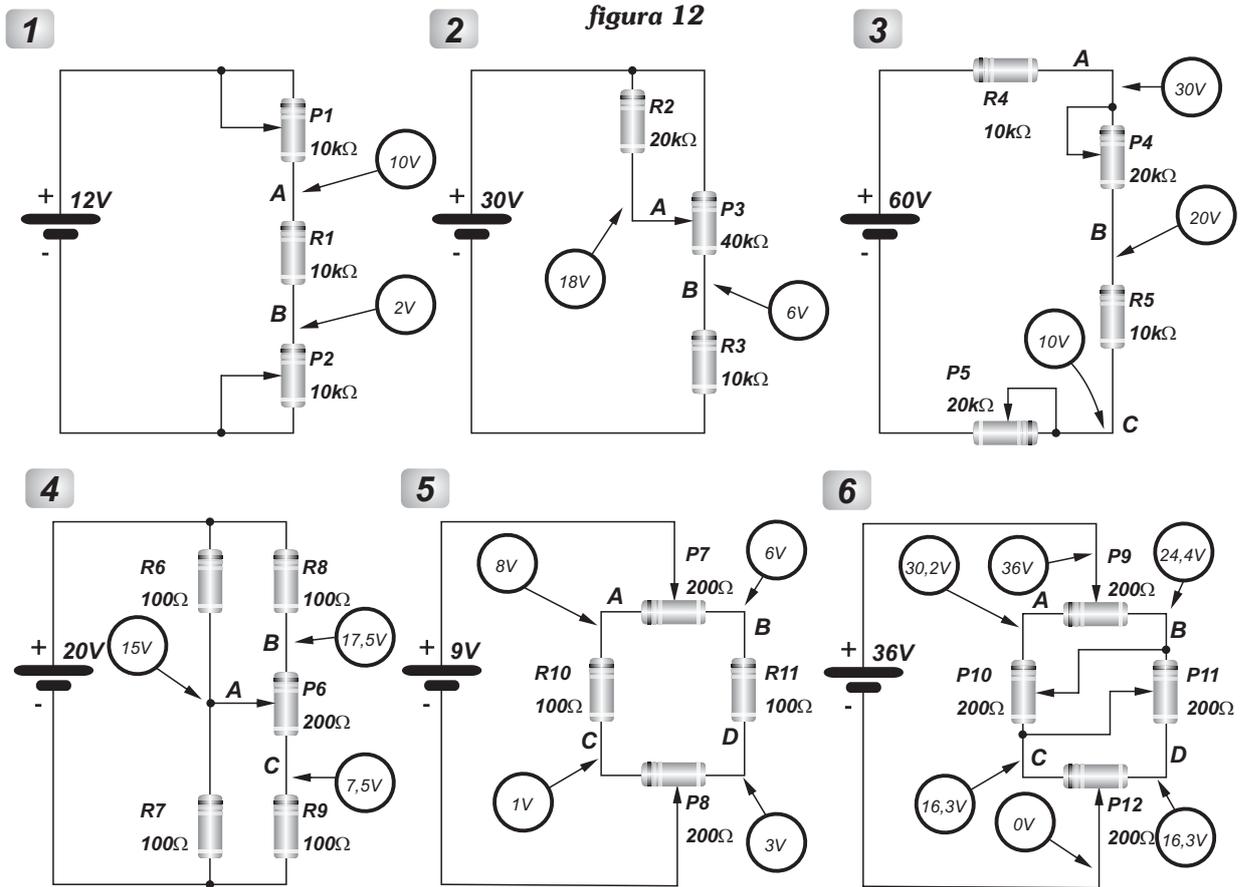


Para o cálculo da tensão resultante na malha, ficamos com uma tensão de 8 volts entre os dois resistores equivalentes, correspondendo aos pontos A=B (figura 11d).

Assim, fica faltando definir apenas a tensão no ponto C que no caso será metade da tensão de 8 volts, pois teremos a mesma queda de tensão no lado de baixo de P2 (100k) e sobre R2. Fica definido então, 4 volts para o ponto C.

ANÁLISES DE DEFEITOS SÉRIE-PARALELAS COM POTENCIÔMETROS

Na figura 12, temos uma série de circuitos



propostos, cada um apresentando um determinado componente defeituoso. Descubra qual componente, analisando as tensões indicados nos círculos.

que antes era de 10k (veja figura 13) alterou para 20k (quatro vezes maior do que P1).

Respostas dos defeitos propostos

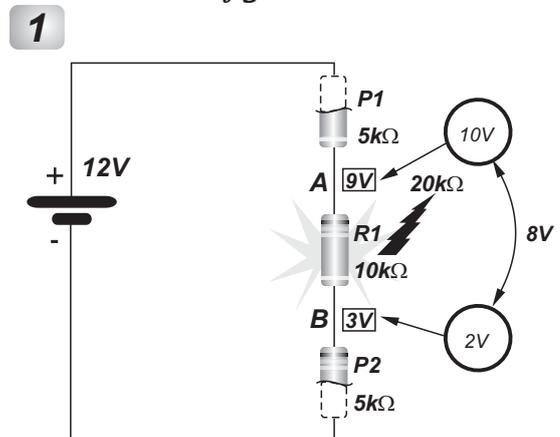
1) O primeiro circuito é composto de dois potenciômetros (10k cada) com os cursor no centro, indicando uma resistência equivalente para cada um de 5k. Considerando que o resistor R1 possui um valor de 10k, significa dizer que este receberá uma queda de tensão e duas vezes maior em relação a um dos potenciômetros. Assim, teremos que dividir a tensão de alimentação por quatro, resultando em 3 volts.

Dimensionando o circuito, sabemos que acima de P2, deveria haver uma tensão de 3 volts (ponto B). Como a queda de tensão sobre R1 deverá ser de 6 volts, somando-a aos 3 volts já existentes no ponto B, teremos no ponto A uma tensão de 9 volts.

Como encontramos para o defeito no ponto A uma tensão de 10 volts, e no ponto B uma tensão de 2 volts, fica fácil concluir que a diferença de potencial sobre o resistor R1 aumentou, indicando também que sua resistência aumentou. Assim temos como componente defeituoso R1 alterado.

Como a queda nesse resistor alterado é de 8 volts e no resistor P1 de 5k, temos apenas dois volts, significa dizer que esse resistor será quatro vezes maior do que o resistor P1 (5k). Assim o resistor R1

figura 13



2) Nesse circuito, temos o resistor R2 ligado ao polo positivo e também ao cursor do potenciômetro P3. Na figura 14a, podemos ver como interpretaríamos o problema, dividindo o potenciômetro P3 em 2 resistores de 20k. Assim, forma-se uma malha paralela com R2 e o lado superior de P3, e uma malha série considerando o lado inferior de P3 e R3. Teremos portanto, uma equivalência de 10k na malha de cima (R2 paralelo com P3). Teremos então em série, uma resistência equivalente de 10k do lado de baixo de P3, com 20k, e R3 com 10k. Assim, podemos dividir a fonte por 4, onde iremos obter a

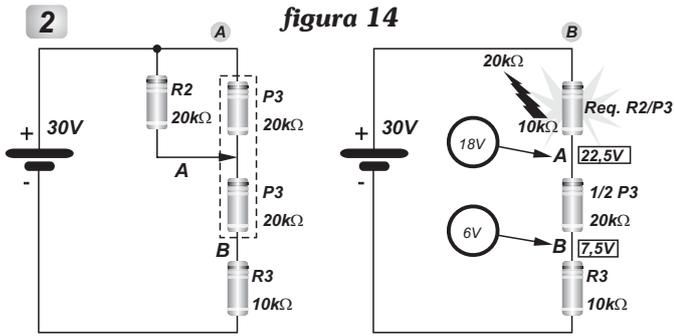


figura 14

tensão de 7,5 volts.

Como mostra a figura 14b, já podemos definir a tensão no ponto B que é de 7,5 volts. Somando a esta tensão a queda resultante em metade de P3 que é de 15 volts, resultaria uma tensão de 22,5 volts no ponto A.

Como medimos a tensão no ponto A com 18 volts e a tensão no ponto B com 6 volts, já sabemos que a proporção entre metade de P3 de R3 está correta, mas, a queda de tensão sobre a resistência equivalente de cima está errada (queda de tensão de 12 volts sobre ela). Assim, podemos definir que houve uma alteração na resistência equivalente de cima para 20k.

A definição exata se está aberto o resistor R2 ou o lado de cima do potenciômetro P3, só seria possível se desligássemos o resistor R2 do circuito.

3) Nesse defeito, temos uma tensão de 60 volts aplicada a 2 resistores de 10k e 2 potenciômetros de 20k. A figura 15, mostra-nos que os cursores dos potenciômetros estão no centro, indicando que suas resistências equivalentes são de 10k.

Assim fica fácil calcular a malha composta por quatro resistores de igual valor (10k), resultando em uma queda de tensão de 15 volt sobre cada componente (veja tensão indicada nos quadrados). Considerando que as tensões indicadas nos círculos estão proporcionais apenas nos resistores de baixo (10 volts para cada um), vemos que o resistor de cima houve uma queda de tensão de 30 volts, o que já indica que R4 é o responsável pelo problema. Sobre ele, temos três vezes mais tensão do que nos demais; concluímos que sua resistência foi para 30k.

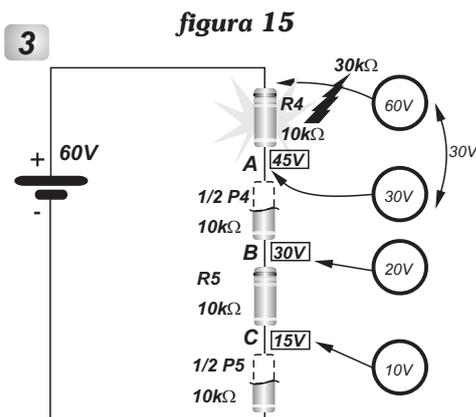


figura 15

4) Apesar de parecer complexa, esta uma malha é simples, apresentando tensões balanceadas. Notem que do lado esquerdo temos dois resistores de igual valor que resultaria em uma tensão no ponto A de 10 volts. Temos do lado direito da malha, uma sequência de resistores de valores iguais (desmembrando o potenciômetro), determinando que a malha de cima é idêntica à malha de baixo, confirmando 10 volts para o ponto A. Fica faltando definir a tensão no ponto B onde temos dois resistores iguais, recebendo cada um, metade da tensão aplicada à malha (5 volts para cada). Somando a tensão de 5 volts à tensão do ponto A, obtemos 15 volts no ponto B. Como existe a mesma configuração de resistores para o ponto C, fica fácil definir sua tensão em 5 volts. Como a tensão indicada no círculo para o ponto A subiu, já fica fácil concluir que o defeito está na malha de baixo. Como temos mantida a proporção de queda entre metade de P6 e R9, onde cada um recebeu 7,5 volts, podemos afirmar que o resistor R7 está aberto (veja na figura 16).

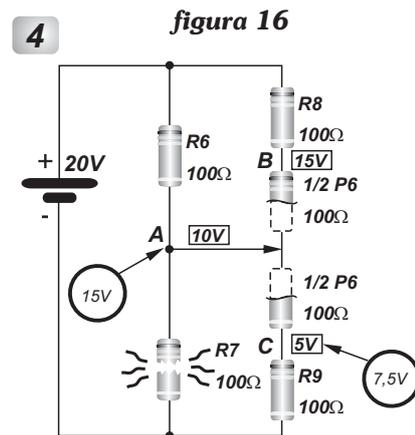
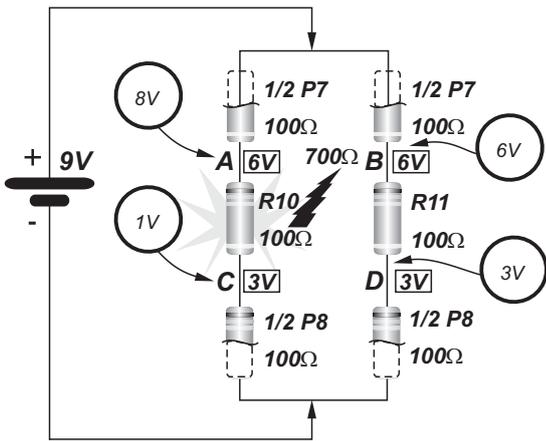


figura 16

5) Neste circuito, temos dois potenciômetros de 200 ohms e dois resistores de 100 ohms. Fazendo a divisão dos potenciômetros em resistores simples, acabamos obtendo o circuito da figura 17, onde temos metade de P7 em série com R10 e metade de P8. Assim, acabamos tendo três resistores iguais de 100 ohms, sendo que cada um receberá uma tensão de 3 volts (fonte de alimentação de 9 volts/3). O mesmo ocorrerá na malha da direita, onde também temos três resistores iguais. Notem que as tensões indicadas nos círculos, para a malha formada por metade de P7, R11 de metade de P8 estão normais. Mas, a tensão indicada no ponto A está muito alta (8 volts), enquanto que em C está mais baixa (1 volt). Assim temos uma queda de tensão sobre R10 de 7 volts, o que já indica problema nesse resistor (está alterado). Como temos uma queda de tensão de um volt sobre o resistor de 100 ohms (metade de P7) fica claro que a tensão de 7 volts sobre R10 define seu valor em 700 ohms.

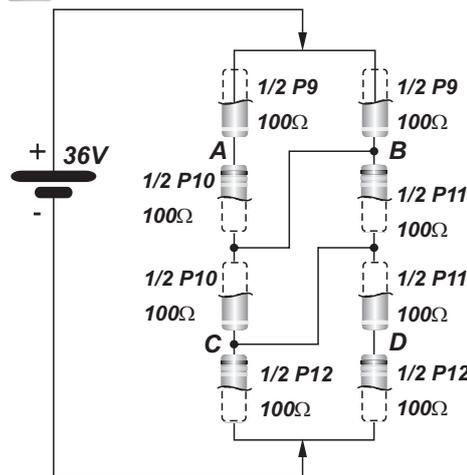
5

figura 17



6

figura 18a



6) No circuito defeituoso proposto em "6" temos quatro potenciômetros, interligados de forma muito interessante, o que dificulta em muito sua análise. Deveremos redesenhar o circuito, para que possamos encontrar as tensões normais e daí sim, encontrar o componente defeituoso. Na figura 18a, temos a diagramação dos potenciômetros, vistos de forma repartida, facilitando sua interpretação. Assim, temos três malhas paralelas e duas malhas série.

Na figura 18b, já temos as malhas séries simplificadas, que melhoram a visualização das malhas paralelas. Na parte de cima, temos em paralelo, o resistor de 200 ohms e 100 ohms, resultando em 66,6 ohms. Na malha paralela central, temos dois resistores de 100 ohms que resultam em uma equivalência de 50 ohms e na malha de baixo, o mesmo cálculo feito para malha de cima (66,6 ohms). A figura 18c, define os resultados desta malha complexa. De posse dos valores dos resistores, já podemos calcular as tensões de quedas nestes, onde vemos que Req3 receberá uma queda de 13 volts, sendo a mesma tensão no ponto C. Tendo valor menor, Req2 receberá também menor tensão (10 volts) e que somada a tensão no ponto C, resultará em 23 volts no ponto B. Podemos então visualizar as tensões indicadas para o defeito, onde notamos de pronto, que a malha defeituosa é Req3, pois recebe maior queda de tensão (16,3 volts).

Para "matar" o defeito, deveremos desmembrar a equivalência da malha de baixo, para que possamos visualizar o defeito. Como temos 16,3 volts no ponto C e a mesma tensão no ponto D, já podemos concluir que a metade do potenciômetro P12 e está aberta.

Recomendamos sempre aos alunos redesenharem os circuitos propostos, tentando simplifica-los, como foi mostrado nas figuras de dimensionamento e análise de defeitos. Esta prática é somente para o aprendizado e após um tempo não será mais necessária, podendo o aluno criar essas simplificações todas "de cabeça".

figura 18b

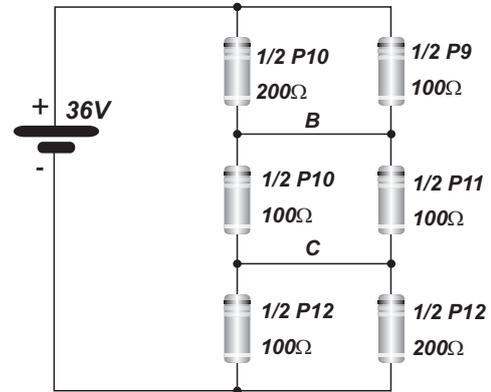


figura 18c

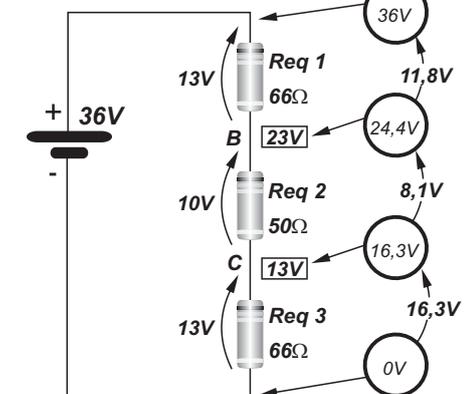
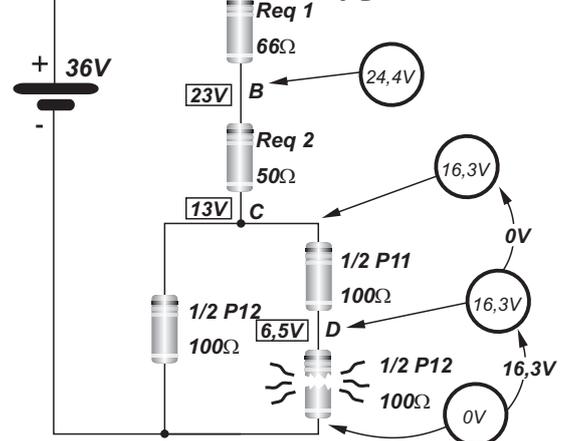
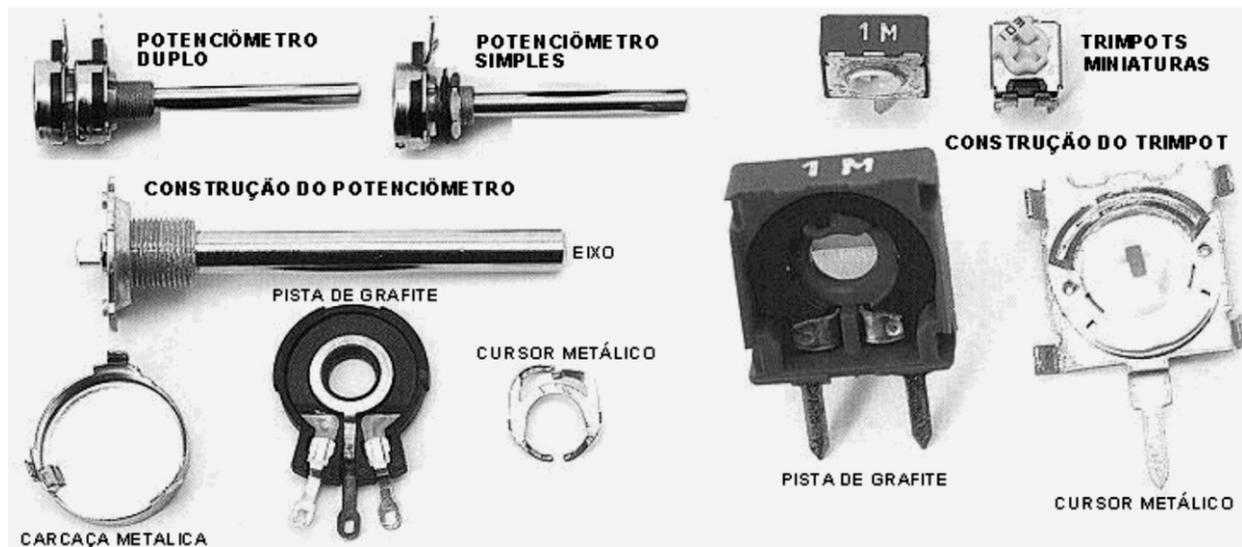
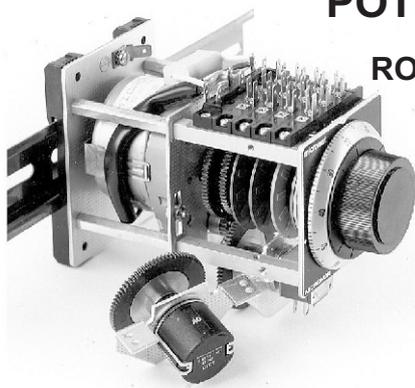


figura 18d

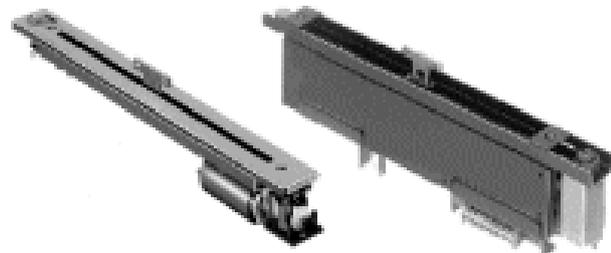




POTENCIÔMETROS MOTORIZADOS



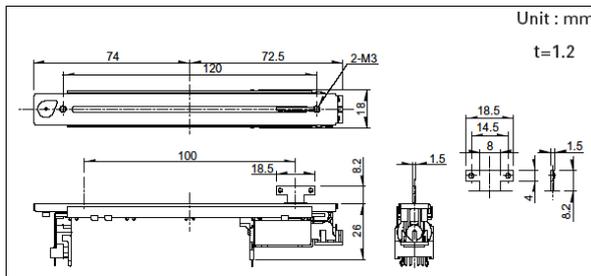
ROTATIVO



DESLIZANTES (SLIDES)

POTENCIÔMETROS DIGITAIS

As tensões são armazenadas em códigos e após convertidas em tensão analógica



pesquisas na internet sobre potenciômetros:
maior fabricante:

http://www.alps.com/WebObjects/catalog.woa/E/HTML/Potentiometer/Potentiometer_list1.html

potenciômetros profissionais ou motorizados:

http://www.alps.com/WebObjects/catalog.woa/E/HTML/Potentiometer/Audio/Audio_list1.html

potenciômetros digitais (circuitos integrados):

http://hem.passagen.se/communication/pic/af_block.gif

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitaura dos blocos de exercícios M1-33 à M1-36. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitaura dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

AULA
10

RESISTORES NÃO LINEARES

NTC e PTC - variação por temperatura

VDR - variação por tensão

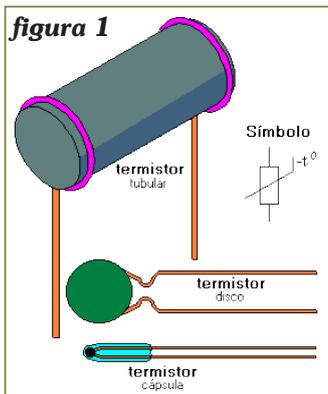
LDR - variação por luz

Até agora estivemos em contato com resistores lineares, que significa dizer que suas características de resistividade não variam sob variações de TENSÃO, CALOR (temperatura) ou LUZ, que incidem sobre eles.

Existem porém, componentes resistivos em que não se aplica a LEI de OHM, pois a característica ôhmica desses componentes alteram de acordo com as variações de tensão, temperatura ou luz a que são submetidos.

TERMISTORES

São semicondutores produzidos por mistura de óxido de diversos materiais como: cobalto, níquel,



manganês, titânio, lítio, etc. e sintetizados em elevadas temperaturas.

Os termistores variam sua resistência de acordo com a variação de temperatura.

Estes subdividem-se em dois grupos: NTC e PTC. Veremos a seguir estes dois grupos. Na figura 1, vemos vários formatos de termistores, e seus aspectos reais na figura 2.

NTC
NEGATIVE TEMPERATURE
COEFFICIENT

NTC (coeficiente de temperatura negativo) é um resistor não linear que diminui sua resistividade elétrica, quando submetido a um regime de elevação de temperatura.

Exemplos de valores disponíveis de resistências a 25°C: 100, 220, 470, 1k, 2k2, 4k7, 10k. A expressão

que descreve a dependência da resistência de um NTC pela temperatura é dada a seguir:

$$R = R_0 \times e^k$$

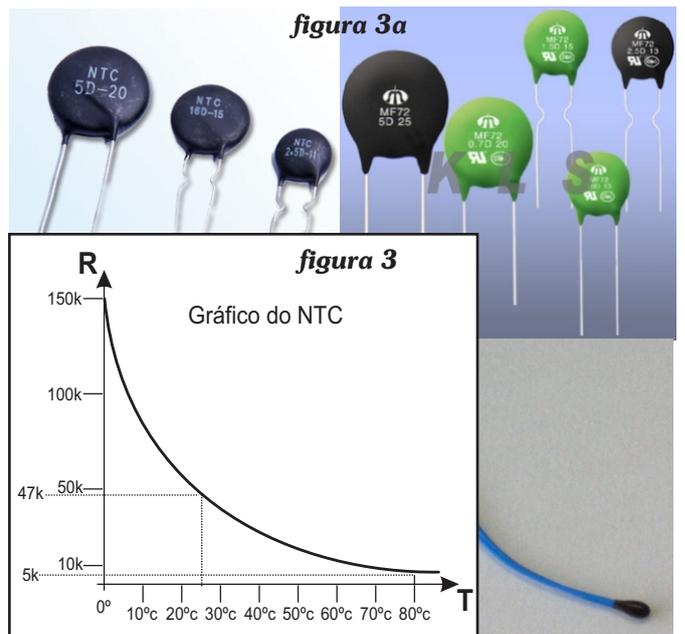
R = Resistência do termistor numa temperatura T

R₀ = Resistência do termistor numa temperatura T₀.

k = C / T - 1/T₀

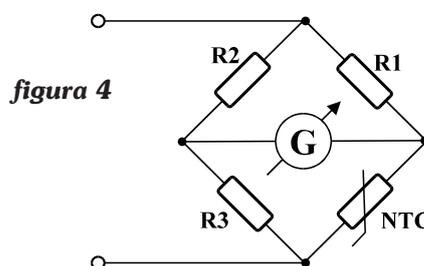
C = Constante do material empregado na construção do NTC.

Na figura 3, podemos ver a escala de mudança de temperatura e resposta do NTC e na figura 3a o aspecto desse componente.



Na figura 4, temos uma ponte de resistores, sendo um deles um NTC. Aplicando uma tensão estável nos extremos dessa ponte, não haveria diferença de potencial nos extremos do medidor. Mas caso haja

Medição de temperatura (Termômetro)



tensões, fazendo com que circule corrente pelo medidor. Com a temperatura aumentando, haverá a diminuição da resistência do NTC, fazendo a tensão do lado direito da ponte cair. Caso haja diminuição na temperatura, haverá um aumento da resistência do NTC e conseqüentemente uma elevação da tensão do lado direito da ponte.

Na figura 5, vemos outro circuito, onde o NTC está colocado em um líquido, monitorando o nível deste líquido.

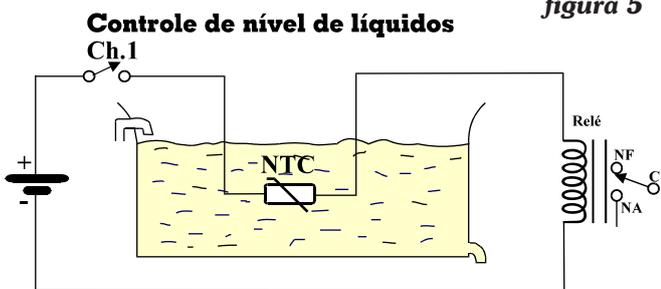


figura 5

Enquanto o NTC estiver mergulhado no líquido sua temperatura será mais baixa e conseqüentemente sua resistência alta; caso o nível do líquido abaixe e “descubra” o NTC, fará com que a temperatura do mesmo aumente e por conseqüência sua resistência caia, acionando o relé, que indicará que o nível do líquido está baixo e poderá acionar uma “bomba” d’água ou outro mecanismo qualquer. Quando o nível voltar a subir, “encobrirá” novamente o NTC, fazendo a temperatura do mesmo cair lentamente até que sua resistência volte a ser “alta”, desenergizando o relé.

Já na figura 6, temos um NTC em série com um relé, que devido a alta resistência do NTC não tem

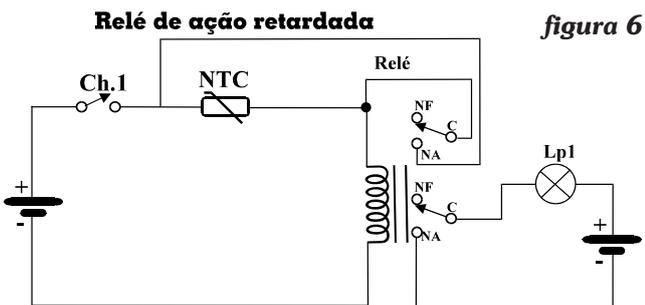


figura 6

tensão suficiente para acionamento do relé. Com o passar do tempo o NTC pode aquecer por diversos motivos (temperatura de determinado motor) fazendo sua resistência cair lentamente até que os contatos do relé são fechados, onde ao mesmo tempo ele fecha sua própria alimentação e independente da temperatura sobre o NTC, ele continuará energizado, até que o usuário desarme o sistema.

Note que os contatos do relé estão na posição NF (Normalmente Fechados) indicando que sem a polarização da bobina, os contatos estarão nesta posição. Com isto, a lâmpada está apagada e a

pequena tensão que está sobre a bobina do relé, não é ligada a nada. Mas, com a diminuição da resistência do NTC (por aumento de calor aplicado), aumenta a tensão sobre a bobina do relé, até que os contatos vão para a posição NA (Normalmente Abertos), sendo que através da chave de cima do relé, alimentação da bateria seja levada diretamente ao relé, mantendo-o bem atracado. Ao mesmo tempo, a lâmpada é acesa (que representa o acionamento de uma carga – ou até desacionamento).

Na figura 7, temos um resistor de fio em série com um NTC, que por sua vez, está em série com um relé. Na posição dos contatos do relé temos uma lâmpada apagada. Com a corrente circulante haverá o aquecimento do NTC, sua resistência vai diminuindo, até que o relé consegue ser energizado, mudando a posição de contato, acendendo a lâmpada e abrindo o curto do resistor R1. Com o resistor R1 em série com o NTC, teremos uma diminuição na corrente circulante, que por sua vez, fará o NTC aquecer menos, e este aumentará sua resistência até que o relé seja desenergizado, mudando novamente a posição dos contatos e assim, reiniciando o ciclo e fazendo a lâmpada ficar piscando.

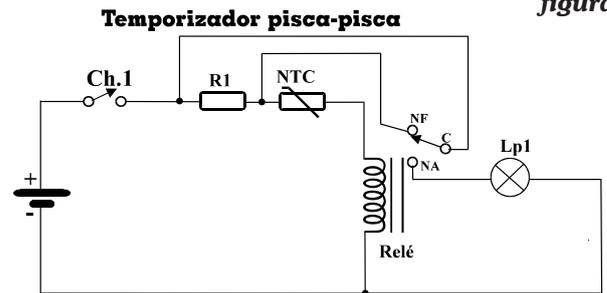
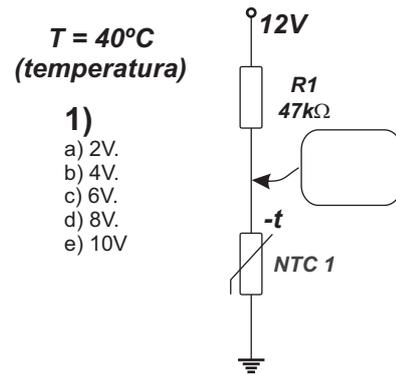


figura 7

EXERCÍCIOS COM NTC

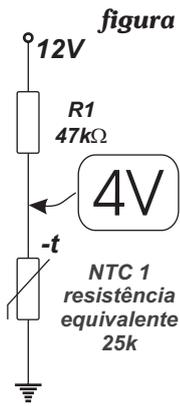
1) Na figura 8a, temos um exercício que possui um resistor de 47k em série com um NTC, submetidos a um ambiente com temperatura de 40 graus. A tensão de alimentação do circuito é de 12V. Indique qual a tensão que deverá ser medida entre os dois componentes.

figura 8a



- 1)
 a) 2V.
 b) 4V.
 c) 6V.
 d) 8V.
 e) 10V

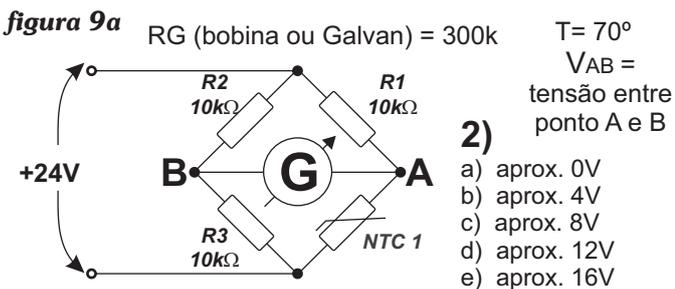
Resp: Você deverá procurar na tabela, a temperatura de 40 graus, fazendo um traçado vertical do ponto onde está indicado 40 graus até a curva característica do NTC.



Após ter achado o ponto onde esta reta vertical encontra a curva, traçar uma reta horizontal, encontrando o valor em resistência ôhmica. Sabendo qual é o valor da resistência equivalente do NTC, este ficará em série com o resistor.

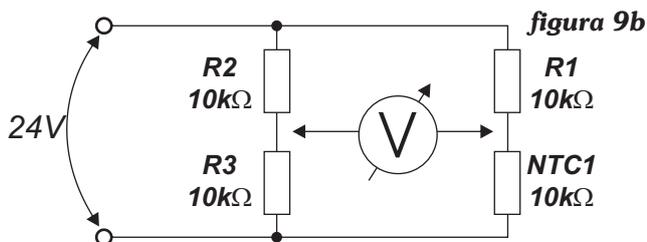
Como temos a resistência equivalente de 25 k (aproximadamente) a resposta será de 4V.

2) Na figura 9a, temos um circuito que possui uma tensão de +24V sendo aplicada a duas malhas série com 3 resistores de 10k e um NTC. Temos um galvanômetro ligado entre essas duas malhas (medidor analógico). O aluno deve responder qual a tensão medida pelo galvanômetro entre os pontos A e B, para a temperatura de 70 graus centígrados.



- 2)
- a) aprox. 0V
 - b) aprox. 4V
 - c) aprox. 8V
 - d) aprox. 12V
 - e) aprox. 16V

Resp: Você deverá procurar na tabela, a temperatura de 70 graus, fazendo um traçado vertical do ponto onde está indicado 70 graus até a curva característica do NTC. Após ter achado o ponto onde esta reta vertical encontra a curva, traçar uma reta horizontal, encontrando o valor em resistência ôhmica. Sabendo qual é o valor da resistência equivalente do NTC, este ficará em série com o resistor R1.



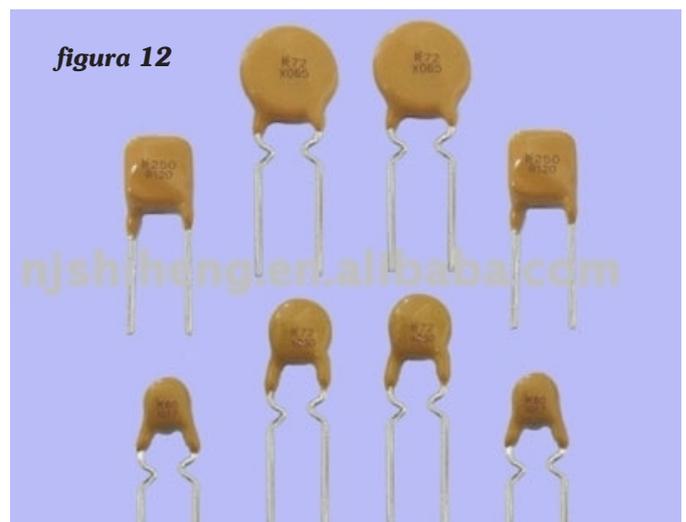
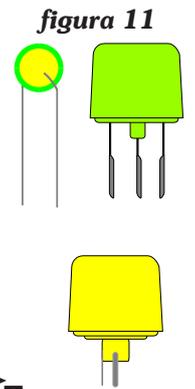
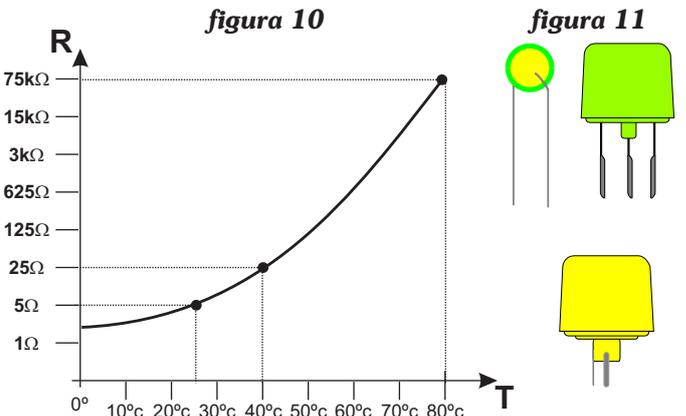
Como o resistor R1, possui valor de 10k e a resistência equivalente do NTC também é de 10k, teremos na malha a tensão de 12V (24V / 2). Apesar disto, o que está se pedindo é a tensão entre os pontos A e B. Como a outra malha é composta de

dois resistores iguais de 10k, teríamos a tensão também de 12V (caso fosse medido em relação à massa). Assim, tendo uma tensão de 12V na malha R1/NTC e de 12V na malha R2/R3, podemos afirmar que não haverá diferença de potencial entre as malhas, sendo a tensão indicada de zero volt.

PTC (POSITIVE TEMPERATURE COEFFICIENT)

O PTC (coeficiente de temperatura positivo) é um resistor não linear que aumenta sua resistência quando submetido a um aumento da temperatura incidente sobre ele. A variação de resistência com sua temperatura é exatamente inversa ao do NTC, como mostra o gráfico da figura 10.

Ele pode possuir formas diversas, como indicado na figura 11. Na figura 12, temos outro aspecto do PTC.



Uma das utilizações mais conhecidas na área de televisão é sua excitação da bobina desmagnetizadora, onde podemos dizer que inicialmente, sua resistência será muito baixa, circulando uma forte corrente pelo PTC, que criará um campo para desmagnetização da "máscara de

sombra” da televisão (esta máscara é chamada em inglês de shadow mask). Com o aquecimento do próprio PTC, haverá um aumento de sua resistência e em consequência disto apenas uma corrente residual irá circular pela bobina desmagnetizadora (figura 13).

Sistema de desmagnetização automática

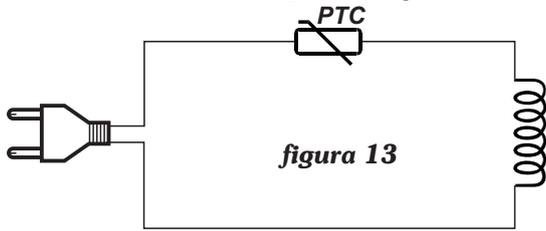


figura 13

Esta máscara de sombra é utilizada em cinescópios em cores, para permitir que os 3 feixes de elétrons incidam corretamente na pigmentação dos fósforos R, G ou B, ou seja, cada feixe de elétrons deverá atingir somente nos fósforos respectivos a determinada cor. Isso somente é possível se houver um anteparo com milhares de furos. Como este anteparo perfurado (shadow mask) é metálico, sofre magnetizações que podem ser provenientes de ímãs ou até o campo magnético terrestre. Sendo assim, a bobina desmagnetizadora foi criada para neutralizar estas magnetizações (veja posição desta bobina na figura 14).

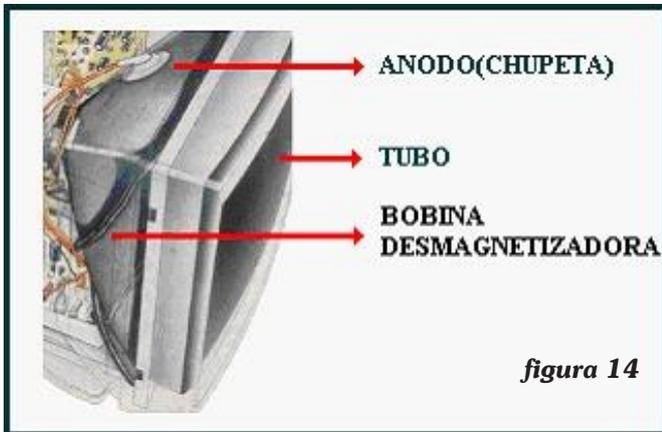


figura 14

Na figura abaixo (figura 15), podemos ver uma bobina desmagnetizadora manual, que servirá para eliminar magnetizações mais intensas, que a bobina que está no tubo não é capaz de tirar.

Um circuito muito interessante, ainda utilizada para desmagnetização (figura 16), é a combinação entre um PTC e um NTC. Podemos dizer que à temperatura ambiente o valor do PTC é de baixíssimo valor enquanto que o



figura 15

NTC, possui um valor muito alto. Quando ligamos o conjunto à rede elétrica, a corrente circulante será intensa, e começará o aquecimento do PTC, que estando com o corpo junto ao NTC, vai também aquecendo-o. Começa então um processo um aumento de resistência do PTC e uma diminuição de resistência do NTC, através do calor produzido pelo PTC. O objetivo final é permitir uma corrente residual mínima circulando pela bobina desmagnetizadora, ficando uma corrente mínima circulando pelo NTC (que com o aquecimento apresenta uma resistência muito baixa).

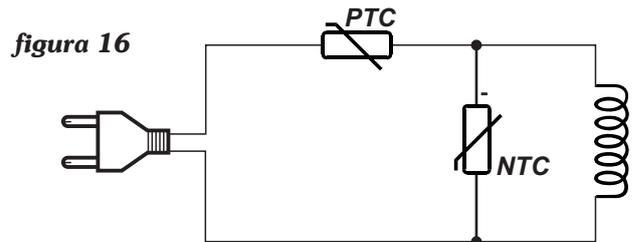
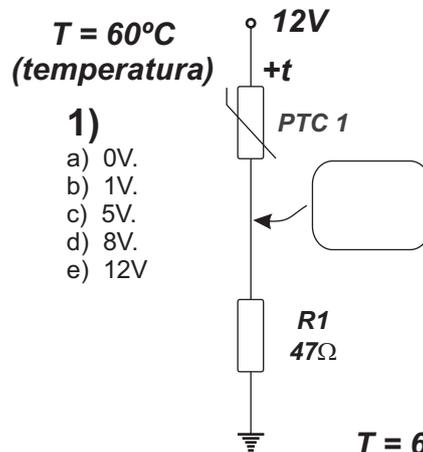


figura 16

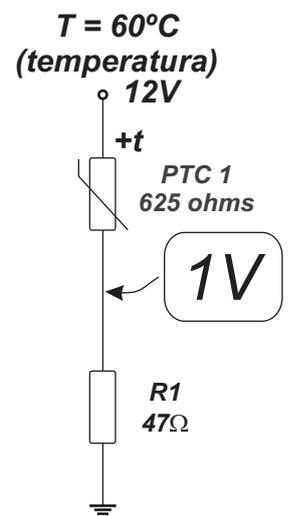
EXERCÍCIOS COM PTC

1) Temos um exercício que apresenta um PTC em série com um resistor de 47 ohms, submetidos a um ambiente com temperatura de 60 graus. A tensão de alimentação do circuito é de 12V. Indique qual a tensão que deverá ser medida entre os dois componentes.



- 1)
 a) 0V.
 b) 1V.
 c) 5V.
 d) 8V.
 e) 12V

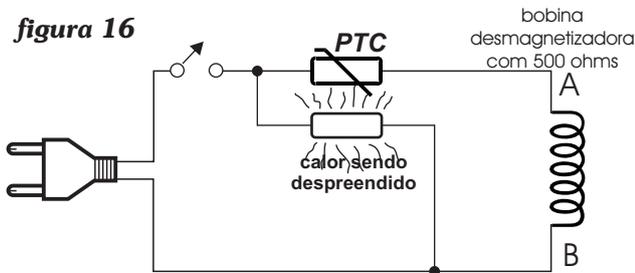
Resp: Você deverá procurar na tabela, a temperatura de 60 graus, fazendo um traçado vertical do ponto onde está indicado 60 graus até a curva característica do PTC. Após ter achado o ponto onde esta reta vertical encontra a curva, traçar uma reta horizontal, encontrando o valor em



resistência ôhmica. Sabendo qual é o valor da resistência equivalente do PTC, este ficará em série com o resistor.

Como temos a resistência equivalente de 600 ohms (aproximadamente) a resposta será de aproximadamente 1V.

2) Vemos abaixo, um circuito de desmagnetização de cinescópio em cores (figura 16). Temos uma tensão de rede de 110Vac ligado a uma chave geral do equipamento. Além disso, temos um PTC em série com a bobina desmagnetizadora de 500 ohms. Temos também no conjunto do PTC, um resistor que fica ligado diretamente a rede elétrica, com o objetivo de se manter quente, provendo a temperatura ideal ao PTC para mante-lo em máxima resistência. Pedese no exercício as tensões entre os pontos A e B em dois tempos distintos: logo que ligamos a chave e após 5 segundos da chave ligada.



No instante que ligamos

VAB =

- a) 110V
- b) 90V
- c) 70V
- d) 30V
- e) 5V

Após 5s. ligado

VAB =

- a) 110V
- b) 90V
- c) 70V
- d) 30V
- e) 5V

Resp: Para saber qual a resistência do PTC à temperatura ambiente, você deverá procurar na tabela, a temperatura de 25 graus, fazendo um traçado vertical do ponto onde está indicado 25 graus até a curva característica do PTC. Após ter achado o ponto onde esta reta vertical encontra a curva, traçar uma reta horizontal, encontrando o valor em resistência ôhmica. Sabendo qual é o valor da resistência equivalente do PTC, este ficará em série com a bobina desmagnetizadora.

Como temos a resistência equivalente de 5 ohms (aproximadamente) para a temperatura ambiente, e tendo a bobina o valor de 500 ohms, praticamente toda a tensão da rede estará sobre a bobina desmagnetizadora.

Passados 5 segundos, haverá um forte aquecimento do PTC, levando-o a temperatura de 80 graus ou mais. A partir deste dado, você deverá traçar uma reta vertical, indo deste a temperatura de

80 graus até a curva do PTC, e traçando novamente uma reta horizontal, encontrará a resistência para esta temperatura. Considerando agora que temos aproximadamente 75k, já podemos afirma que entre os pontos A e B, praticamente não haverá tensão.

VARISTORES

VDR

É um resistor não linear fabricado a partir de óxidos metálicos, tendo funcionamento semelhante a dois diodos zener's (componentes a serem estudados na próxima apostila) ligados em série e opostos, como mostra a figura 17. O aspecto real destes componentes podem ser vistos na figura 18.

A corrente através do varistor depende da tensão existente entre seus terminais. Observando o gráfico da figura 19, podemos ver que o aumento da

figura 17

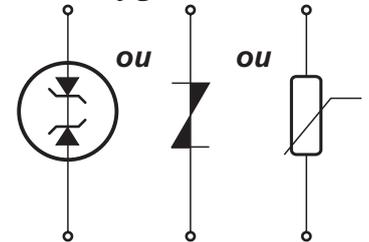


figura 18

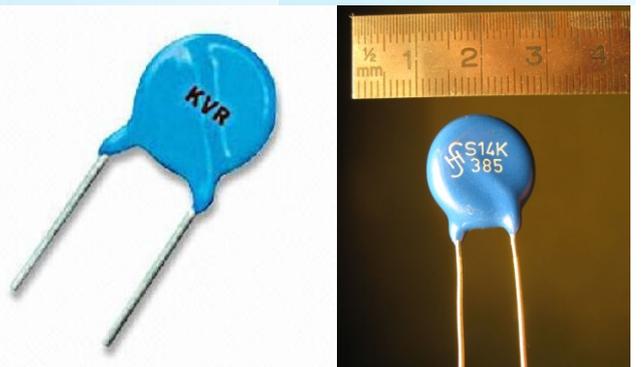
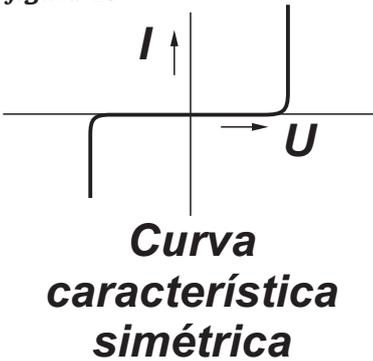


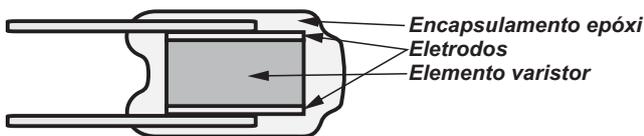
figura 19



tensão tanto para a direita como para a esquerda (polaridade positiva de um lado/negativa de outro e vice-versa), representam uma corrente de zero ampère; à partir de determinada tensão (que é a mesma para os dois lados) haverá um aumento

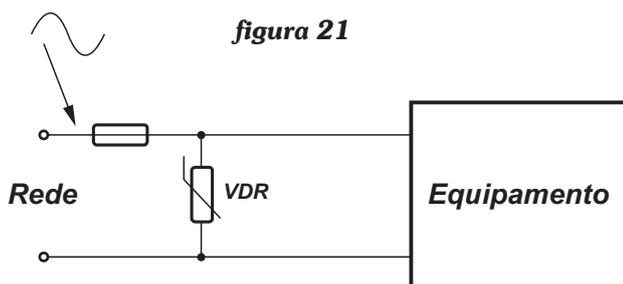
abrupto de corrente circulante pelo varistor, impedindo que a tensão entre seus terminais aumente além dessa especificação. O objetivo do VDR (Voltage Dependent Resistor) é proteger, limitando a tensão sobre determinadas áreas, ou seja, enquanto a tensão sobre os terminais do VDR não atingirem a tensão de trabalho especificada para ele, não haverá circulação de corrente através dele, mantendo-o mesmo “inerte” no circuito, como altíssima resistência. Mas, caso a tensão sobre ele atinja o valor de trabalho, o mesmo se comportará como um estabilizador impedindo que a tensão no circuito ultrapasse seu valor.

figura 20



Sua composição interna pode ser vista na figura 20. Na figura 21, vemos uma das aplicações do VDR. Nesta figura o VDR está sendo usado como protetor para a entrada da tensão de rede, caso essa suba exageradamente, o VDR irá “drenar” corrente por ele impedindo que a tensão suba para a carga, limitando portanto, a tensão levada ao equipamento. Nos casos em que a tensão aumenta acima do limite do VDR, e este começa a drenar uma corrente alta, provocará seu aquecimento excessivo, podendo leva-lo ao curto, e assim provocar a queima do fusível (exemplo: ligar na rede de 220Vac um equipamento que foi projetado para funcionar somente em redes de 110Vac).

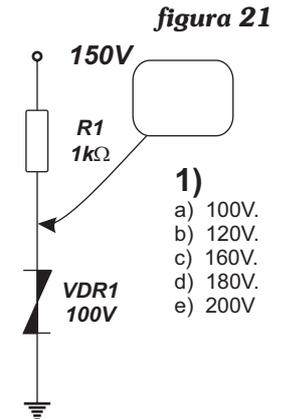
figura 21



Proteção de equipamentos eletrônicos

EXERCÍCIOS COM VDR

1) Na figura 21, podemos ver um circuito com uma tensão de alimentação de +150V, sendo aplicados ao resistor R1 e VDR1. Considerando que o VDR1 é de 100V, determine a tensão no ponto pedido.

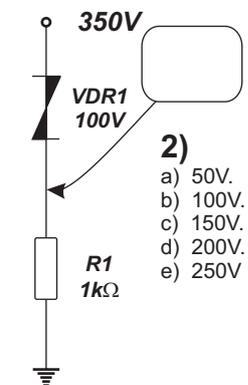


- 1)
a) 100V.
b) 120V.
c) 160V.
d) 180V.
e) 200V

Resp: Considerando que o VDR é de 100V, necessitará de uma tensão mínima de 100V sobre seus terminais para que possa limitar essa tensão. Como a alimentação é de 150V, com a corrente limitada por R1, fica fácil dizer que a tensão do ponto será de 100V, tensão essa limitada pelo VDR.

figura 22

2) No circuito da figura 22, temos uma tensão de alimentação de 350V aplicada a uma conjunto série de VDR de 100V e um resistor de 1k. Qual será a tensão do ponto indicado.

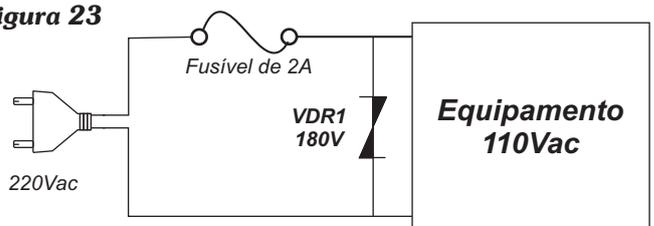


- 2)
a) 50V.
b) 100V.
c) 150V.
d) 200V.
e) 250V

Resp: Considerando que o VDR é de 100V, necessitará de uma tensão mínima de 100V sobre seus terminais para que possa limitar essa tensão. Como a alimentação é de 350V, com a corrente limitada por R1, fica fácil dizer que a tensão do ponto será de 350V menos a tensão de queda sobre o VDR (100V) que resultará em 250V.

3) Neste circuito (figura 23) temos um equipamento que funciona com 110Vac, ou seja, temos na rede uma tensão que ora apresenta um pico de 150V com dada polaridade e após temos outro pico de 150V que inverte a polaridade. O que acontecerá se o circuito for ligado a rede de 220Vac como mostra a figura.

figura 23

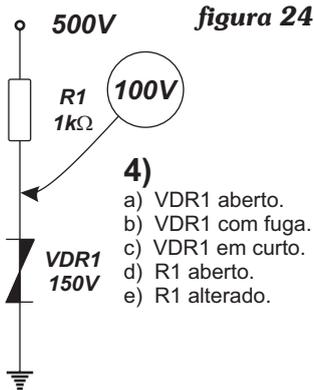


Resp: Como a rede elétrica da 220Vac, possui picos de tensão que atingem 300V, já podemos afirmar que será uma tensão excessiva. Nos exercícios anteriores, tínhamos resistores que limitavam a corrente e o VDR mantinha a tensão máxima

especificada para ele. O problema é que agora o VDR vai limitar a tensão sobre seus terminais em 180V, mas entrará 300V de pico, que o fará aquecer demasiadamente e muito rapidamente, até que entre em curto (em questão de menos de 1 segundo), abrindo o fusível do equipamento.

Esta é uma das aplicações mais importantes do VDR, ou seja, proteger equipamentos contra tensões excessivas de entrada.

4) Nesta malha (figura 24), temos uma tensão aplicada de +500V, onde temos uma tensão sobre o VDR de 100V, quando deveria ser de 150V. Determine qual o componente defeituoso.



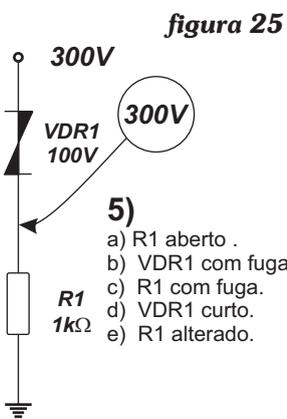
- 4)
 a) VDR1 aberto.
 b) VDR1 com fuga.
 c) VDR1 em curto.
 d) R1 aberto.
 e) R1 alterado.

Resp: Neste circuito, podemos afirmar que temos uma tensão de 100V sobre VDR1, ou seja, 4 vezes menos tensão que a queda sobre R1, onde já podemos calcular uma

resistência equivalente de 250 ohms para o VDR1. Mas, o problema é que ele deveria estabilizar uma tensão de 150V sobre seus terminais, o que não está ocorrendo. Logo, está com uma fuga, com resistência de 250 ohms.

Ainda poderia ser R1 alterado, mas deveria ser muito alterado, em torno de 3M ohms, para permitir a medição de tensão de 100V, isto considerando que o multímetro usado seria um DT-850 (multímetros com impedância de entrada de 1M ohm). Nos exercícios desse tipo, sempre faremos a opção pelo VDR.

5) Neste circuito, temos uma tensão de alimentação de 300V e um VDR de 100V, em série com um resistor de 1k. Em vez de termos uma medição de tensão de 200V, medimos no circuito 300V. Qual o defeito?



- 5)
 a) R1 aberto.
 b) VDR1 com fuga.
 c) R1 com fuga.
 d) VDR1 curto.
 e) R1 alterado.

Resp: fica claro aqui, que temos um curto no VDR1, pois a tensão medida é a mesma da fonte. Muitos ainda diriam que poderia ser R1 aberto, mas isso não será possível, pois se em um dos lados do VDR, existe a tensão de 300V,

quando coloco o multímetro do outro lado, a tensão cairá, até que o VDR possa ser polarizado, que ocorrerá 100V abaixo de 300V, ou seja, a tensão medida deverá ser 200V.

RESISTORES FOTO-SENSÍVEIS

LDR – Light Dependent Resistor

Os LDR são células foto-resistivas, e são também conhecidas como foto-resistores LDR ou fotocondutores. Elas possuem a característica de variar sua resistência elétrica inversamente ao fluxo luminoso recebido, ou seja, quanto maior a quantidade de luz recebida, menor será sua resistência elétrica. A forma do LDR, pode ser vista na figura 26 e aspecto real na figura 28.

O material básico utilizado na fabricação é o sulfeto de cádmio (figura 27), convenientemente dopado de impurezas, de modo a aumentar-lhe a sensibilidade.

Quando no escuro, a superfície sensível possui poucos elétrons na sua banda de condução e portanto, elevada resistividade elétrica.

Ao receber um fluxo luminoso, a superfície sensível é excitada aumentando o número de elétrons na banda de condução e assim reduzindo sua resistividade elétrica. São encapsulados em invólucro transparente para aumentar a vida útil, imunizando o componente a agentes atmosféricos e permitindo que o fluxo de luz incida na superfície sensível do componente.

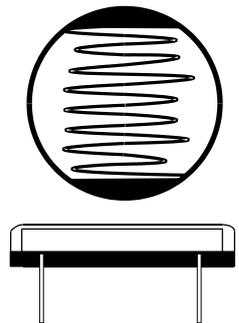


figura 26

cadmium sulphide track

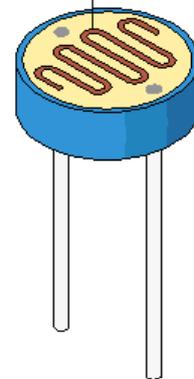
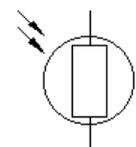


figura 27



circuit symbol

figura 28

Como sensores optoeletrônicos encontram aplicações em diversas áreas tais como: contadores de peças, dispositivos de alarmes, indicadores de

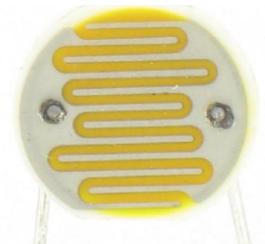


figura 29

LDR 's

	Diam. 7mm	Diam. 12mm	Diam. 8mm	Diam. 12mm
Dark Resistance:	>20 MΩhm	>20 MΩhm	>20 MΩhm	>20 MΩhm
Ambient Resist.:	8.4 KΩhm	5.6 KΩhm	18.2 KΩhm	3.0 KΩhm
PL 11W @ 0cm:	300 Ωhm	130 Ωhm	850 Ωhm	72 Ωhm

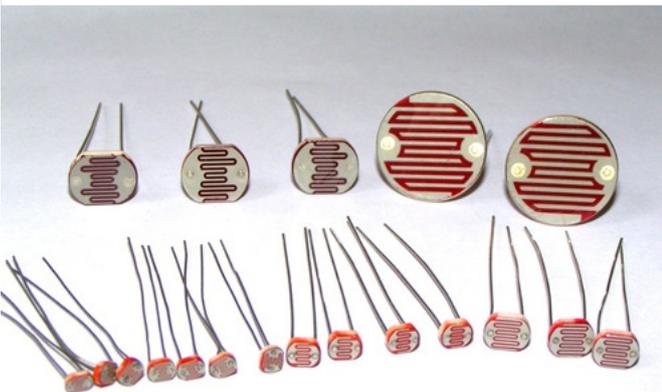


figura 30

nível, relés fotoelétricos para iluminação (interruptor crepuscular), controle automático de brilho para televisores, medidores de nível de poluição, etc.

Exemplo de valores com luz : 75 ohms a 40kohms. Exemplo de valores sem luz: 5 Mohm. Na figura 29, temos vários tamanhos de LDRs, bem como na figura 30.

Na figura 31, podemos ver um LDR sendo iluminado por uma lâmpada. Nessa configuração, o LDR terá uma baixa resistência, energizando assim, o relé que mudará seus contatos. Com isso, Lp1 apagará e Lp2 acenderá. Com Lp1 apagada a luz que incide sobre o LDR cessará e este por sua vez, irá aumentar, gradualmente, sua resistência, até que o relé seja desenergizado; mudando seus contatos e reiniciando o ciclo, fazendo assim as lâmpadas ficarem piscando.

figura 31

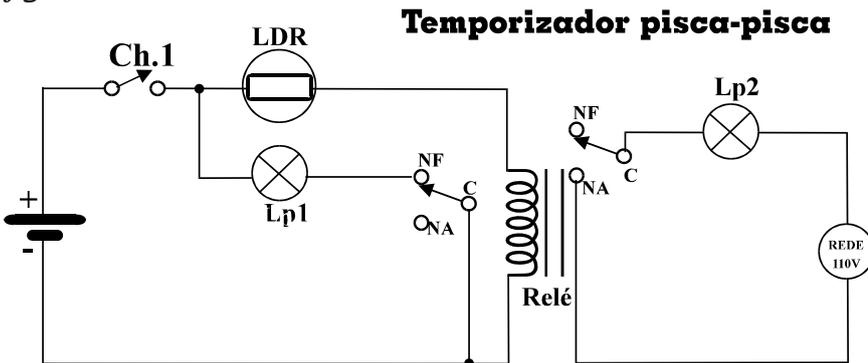
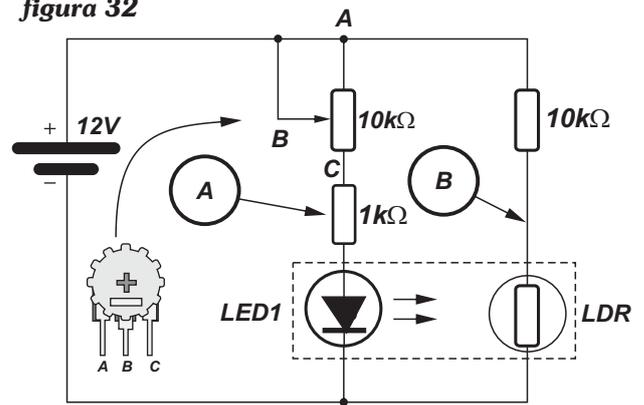


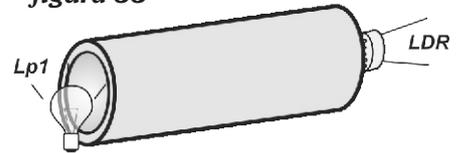
figura 32



Na figura 32, podemos ver um circuito formado por um LED (diodo emissor de luz) e um LDR, sendo ele e o LED colocados dentro de um tubo preto (figura 33), para que não haja incidência de luz externa. É importante observar que temos um potenciômetro de 10k e um resistor de 1k em série com o circuito.

Quando temos o potenciômetro no máximo ajuste de resistência, teremos um valor de 11k

figura 33



como resistência total em série com o LED, permitindo a ele um acendimento mínimo. Quando ajustamos o potenciômetro para a mínima resistência, teremos 1k (do valor do resistor fixo) em série com o LED (levando-o a um brilho máximo).

Sugerimos que o aluno execute esta montagem e meça as tensões nos pontos "A" e "B" para várias posições do trimpot (no centro, no mínimo, no máximo, etc.). E depois faça uma tabela comparando o valor resistivo do trimpot com as tensões medidas em "A" e "B". Na figura 28 temos o detalhe da montagem do LDR e do LED dentro de um tubo.

Depois de montada a tabela o aluno deverá fazer um relatório simples explicando o funcionamento do circuito e colocando suas conclusões. Siga as seguintes instruções para os testes:

- 1 – Coloque o trimpot ou potenciômetro na máxima resistência (10k) e meça a tensão no ponto A em relação ao negativo e anote. Após, tire a ponta vermelha do multímetro do ponto A e coloque-a no ponto B (mantendo a ponta preta do multímetro no ponto negativo). Anote esta tensão. O resultado da tensão do ponto B, deverá ser alto, ou seja, indicando que a resistência interna do LDR é alta, e com isso, fazendo com que ele receba uma diferença de potencial também alta.

2 - Coloque o trimpot ou potenciômetro na mínima resistência (10k) e meça a tensão no ponto A em relação ao negativo e anote. Após, tire a ponta vermelha do multímetro do ponto A e coloque-a no ponto B (mantendo a ponta preta do multímetro no ponto negativo). Anote esta tensão. O resultado da tensão do ponto B, deverá ser baixa, ou seja, indicando que a resistência interna do LDR é baixa, e com isso, fazendo com que ele receba uma diferença de potencial também baixa.

3 - Coloque o trimpot ou potenciômetro na média resistência (5k) e meça a tensão no ponto A em relação ao negativo e anote. Após, tire a ponta vermelha do multímetro do ponto A e coloque-a no ponto B (mantendo a ponta preta do multímetro no ponto negativo). Anote esta tensão. O resultado da tensão do ponto B, deverá ser médio, ou seja, indicando que a resistência interna do LDR é média ou parecida com o resistor que está em série com ele. Caso isso não ocorra, altere a resistência do trimpot ou potenciômetro, até que a tensão medida no ponto B seja média (próxima a 6V).

Esta montagem representa um foto-acoplador, muito utilizado em circuitos que queremos transferir "sinais" (ou controle) em circuitos isolados entre si em relação a alimentação (os pontos terra ou massa não são comuns).

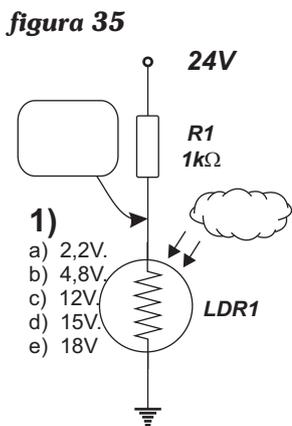
LDR Resistências	
	100Ω
	1kΩ
	5MΩ

EXERCÍCIOS COM LDR

1) Neste exercício (figura 35), podemos ver que existe uma fonte com 24V, alimentando um circuito formado por um resistor de 1 k e um LDR comum. Considerando que o tempo está nublado (intensidade de luz média), qual seria a tensão medida no ponto indicado (em relação a massa).

Resp: Como vemos pela tabela indicada, o LDR altera sua resistência de acordo com a luminosidade incidente. Como está nublado, a luz incidente é média e faz com que a resistência do componente gire em torno de 1kohms.

Desta forma teremos um circuito série formado por R1 com 1k ohms, resultando em uma tensão no ponto de 12V.



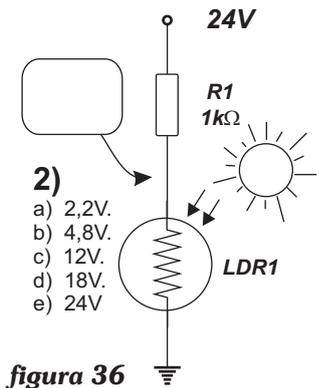
2) Neste exercício (figura 36), podemos ver que existe uma fonte com 24V, alimentando um circuito formado por um resistor de 1k e um LDR comum. Considerando que o tempo está ensolarado (intensidade de luz alta), qual seria a tensão medida

no ponto indicado (em relação à massa).

Resp: Como vemos pela tabela indicada, o LDR altera sua resistência de acordo com a luminosidade incidente. Como está ensolarado, a luz incidente é alta e faz com que a resistência do componente gire em torno de 100 ohms.

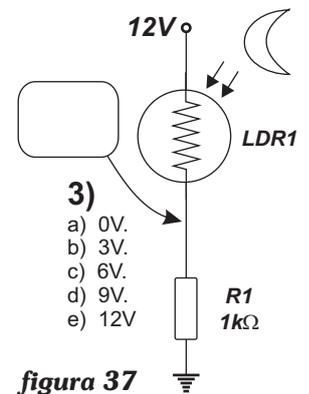
Desta forma teremos um circuito série formado por R1 com 1k ohms e LDR com 100 ohms.

Considerando que o valor do resistor é 10 vezes maior do que o valor ôhmico do LDR, dividiremos a tensão da fonte (24V) por 11, resultando em aproximadamente 2,2V.



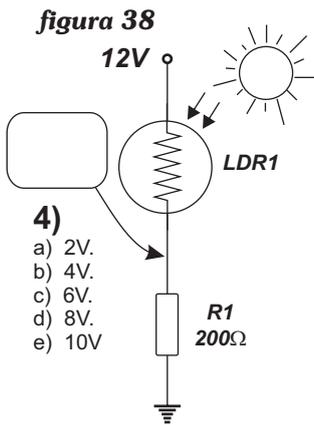
3) Neste exercício (figura 37), podemos ver que existe uma fonte com 12V, alimentando um circuito formado por um LDR comum e um resistor de 1k ohm. Considerando que é de noite (intensidade de luz baixa), qual seria a tensão medida no ponto indicado (em relação a massa).

Resp: Como vemos pela tabela indicada, o LDR altera sua resistência de acordo com a luminosidade incidente. Como está de noite, a luz incidente é muito baixa fazendo com que a resistência do componente gire em torno de 5 Mohms. Desta forma teremos um circuito série formado pelo LDR com 5 Mohms e um resistor de 1kohms. Considerando que o valor do LDR 5000 vezes maior do que o valor ôhmico do resistor, dividiremos a tensão da fonte (24V) por 5000, resultando em aproximadamente 0,005V, ou quase zero. Como esta seria a queda no menor valor resistivo, que no caso é o resistor de 1kohms, podemos dizer que a tensão será de zero volt.



4) Neste exercício (figura 38), podemos ver que existe uma fonte com 12V, alimentando um circuito formado por um LDR comum e um resistor de 200 ohms. Considerando que é de dia e sol (intensidade de luz alta), qual seria a tensão medida no ponto indicado (em relação a massa). Resp: Como vemos pela tabela indicada, o LDR altera sua resistência de acordo com a luminosidade incidente. Como está de dia e ensolarado, a luz incidente é muito alta fazendo com que a resistência do componente gire

em torno de 100 ohms. Desta forma teremos um circuito série formado pelo LDR com 100 ohms e um resistor de 200 ohms. Considerando que o valor do LDR é metade do valor ôhmico do resistor, dividiremos a tensão da fonte (12V) por 3, resultando em 4V. Como esta seria a queda no menor valor, que no caso é o LDR com 100 ohms, podemos dizer que a tensão no ponto será a queda sobre R1 que é de 8V.

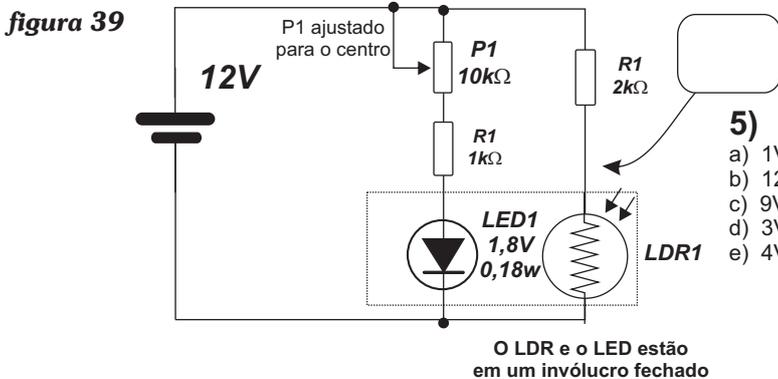


- 4)
a) 2V.
b) 4V.
c) 6V.
d) 8V.
e) 10V

5) Este circuito é bem mais complexo (figura 39), onde temos o conjunto da esquerda formado por P1 de 10k ohms, R1 de 1k ohms e diodo LED (diodo emissor de luz) onde não sabemos sua resistividade. Apesar de não saber a resistividade do LED, sabemos que ao ser polarizado por uma tensão de 1,8V e circulando por ele uma corrente em torno de 10mA (0,01A), ele acenderá com boa intensidade. Para que tenhamos esta corrente, bastará calcular o seguinte:
a) ele deverá ser colocado em uma dada tensão de

alimentação (aqui no caso é 12V) sendo que sobre ele deverá haver somente 1,8V. Desta feita, deveremos colocar um resistor em série com ele que deverá absorver 10,2V gerando uma corrente pela malha (resistor e diodo LED) de 0,01 A. Devemos portanto, calcular o valor do resistor que ficará em série com o diodo LED, pegando a tensão que ficará sobre ele 10,8V e dividindo pelo valor da corrente, que será de 0,01 A, resultando em um valor de 1080 ohms, ou 1kohms. Assim, o valor de R1 determinará a corrente máxima para o circuito, desde que o potenciômetro seja colocado no mínimo valor. Fica claro afirmar que o potenciômetro poderá ser ajustado de zero ohms (corrente limitada apenas por R1) ou 10kohms, resultando em um total de 11kohms na malha em série com o LED.

Como o potenciômetro P1 está ajustado para o centro, temos uma resistência equivalente para o potenciômetro de 5k que somado ao resistor R1, resultará em uma resistência total para a malha de 6k. Com isto teremos um acendimento de pouco menos de metade de sua intensidade. Já a malha formada pelo circuito da direita, apresenta um resistor de 2k e um LDR, que apresenta as mesmas características dos circuitos anteriores. Como a intensidade de acendimento do LED é abaixo da luminosidade normal (que corresponderia ao dia nublado), teremos uma determinada resistência para o LDR. Determine qual a tensão medida no ponto indicado no circuito (em relação à massa).



- 5)
a) 1V.
b) 12V.
c) 9V.
d) 3V.
e) 4V

Resp: considerando que temos um acendimento do LED abaixo do normal (equivalente a luz de um dia nublado e esta incidência de luz, faz com que o LDR tenha uma resistência em torno de 1k, ficaremos com um resistor de 2k, em série com um resistor de 1k (LDR), onde nos leva a afirmar que a tensão medida no ponto será de 4V.

sites para consulta na internet:

- <http://brunoum.sites.uol.com.br/>
- www.eletrica.ufpr.br/piazza/materiais/Gustavo&Ishizaki.pdf
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Varistor> (em inglês)
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Varistor>
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/LDR>

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feita dos blocos de exercícios M1-37 à M1-40. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feita dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

AULA
11

CORRENTE CONTÍNUA E ALTERNADA

Indução Eletromagnética

Geração de corrente contínua e alternada

Formas de onda - Ciclo - Período - Frequência

Volts de pico e pico-a-pico

Tensão eficaz da tensão alternada

GERAÇÃO DE ENERGIA

A maioria dos circuitos eletrônicos utiliza-se da corrente contínua, ou seja, aquela que produz algum trabalho através do deslocamento dos elétrons em um único sentido. É claro que para isso necessitamos de uma tensão ou diferença de potencial também contínua, ou seja, que mantém a polaridade constante, como vimos na aula 2 e 3 deste curso.

Vimos anteriormente que uma das formas de criar diferença de potencial, ou tensão, seria através de processos químicos, como as pilhas e baterias. Apesar destas serem fontes de tensão ou corrente eficazes, e muito importantes para a maioria dos equipamentos eletrônicos de pequenas dimensões, a geração de energia de maior porte está baseado nas grandes hidrelétricas, onde transforma-se movimentos mecânicos (força da água) em tensões ou diferenças de potencial, para alimentar cidades ou regiões inteiras.

Veremos inicialmente como criar as tensões contínuas a partir de um movimento mecânico e após as tensões alternadas.

A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Tivemos inicialmente algumas noções sobre magnetismo e indução eletromagnética. Assim podemos definir INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA, como sendo o processo de induzir uma tensão num condutor em movimento, quando ele está imerso em um campo magnético. As condições necessárias para produzir uma indução eletromagnética são mostradas na figura 1. Temos um ímã, que produz linhas de força entre o polo Norte e o polo Sul. Se o condutor for

movido na direção indicada ele vai cortar algumas linhas de campo criadas pelo ímã; isto produzirá nos extremos do condutor, uma tensão com polaridade indicada na figura.

Enquanto o condutor estiver em movimento e o campo magnético existir, essa tensão vai ser mantida e o condutor poderá ser encarado como uma fonte de tensão; poderemos colocar uma carga ou resistência entre seus terminais, por onde circulará uma corrente. Para sabermos qual o sentido da geração do campo eletromagnético, vamos utilizar a **regra da mão direita** (figura 1a); para aplicar essa regra, devemos dispor os dedos da mão direita da seguinte maneira: o polegar deve apontar para o sentido do movimento da corrente, enquanto os demais dedos, definirão o sentido da rotação do campo magnético que está sendo criado. Também existe a **regra da mão esquerda**, que dá maiores detalhes da força e campo magnético, além da velocidade (veja no google detalhes sobre esta regra).

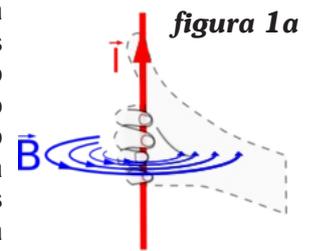


figura 1a

O valor da tensão induzida depende de vários fatores. O primeiro determina que a tensão seja afetada pelo valor do fluxo magnético, assim um fluxo magnético maior implica num maior número de linhas de força que serão cortadas pelo condutor. Se isso ocorrer, uma tensão maior será produzida. A força eletromotriz induzida também depende da velocidade do condutor em movimento. Quanto maior a velocidade um maior número de linhas será cortado pelo condutor a cada segundo. Mais uma vez, isso significa um aumento na tensão induzida. O comprimento do condutor também influi nessa tensão: um comprimento maior implica num maior número de linhas que serão cortadas pelo condutor e portanto, numa tensão mais elevada. O ângulo do condutor em relação às linhas de campo também influencia o valor da tensão induzida. Se o condutor estiver exatamente perpendicular às linhas de força, o condutor cortará o máximo de linhas que seu comprimento permite. Um ângulo diferente de 90° e de seus múltiplos implica num número menor de linhas a serem cortadas e num menor valor de tensão induzida. Quando o condutor estiver paralelo a estas linhas de força, essa tensão é zero.

Todas as condições ditas acima, resumem-se em uma única regra:

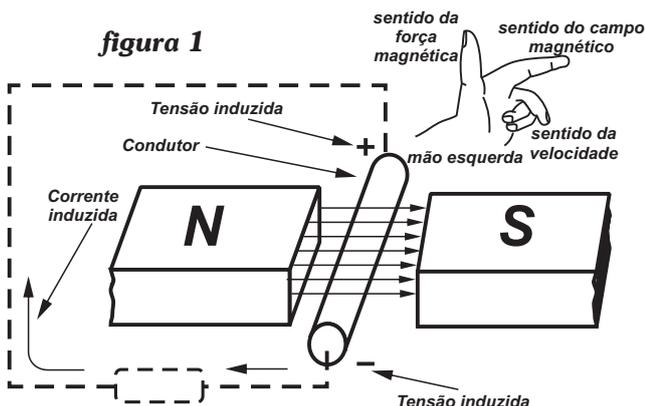
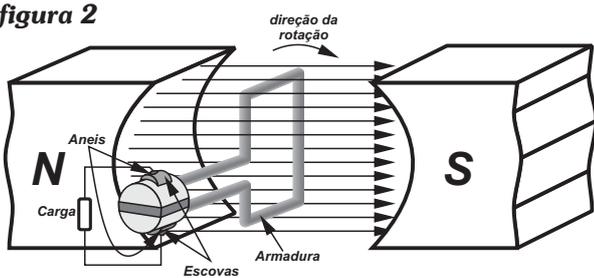


figura 1

A TENSÃO INDUZIDA EM UM CONDUTOR EM MOVIMENTO, QUANDO IMERSO EM UM CAMPO MAGNÉTICO, É DIRETAMENTE PROPORCIONAL AO NÚMERO DE LINHAS DE FORÇA QUE O CONDUTOR CORTA POR UNIDADE DE TEMPO.

GERAÇÃO DE ENERGIA CORRENTE CONTÍNUA e formação de gráficos

figura 2



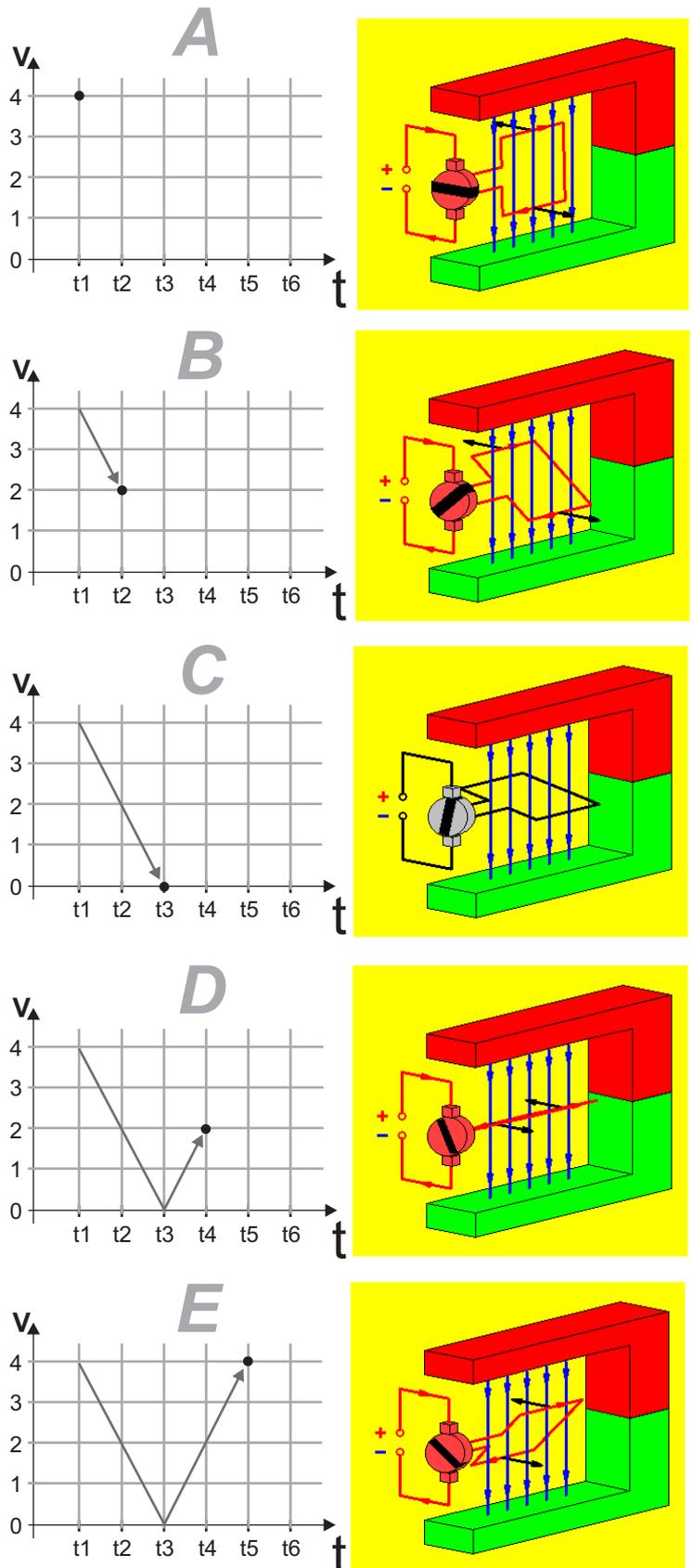
A forma mais básica de geração de energia através de processos eletromecânicos, utiliza um condutor ou bobina (vários fios enrolados) imersos em um campo magnético produzido por um ímã, como mostra a figura 2. Para que possamos entender o trabalho de geração da energia ou tensão, vamos acompanhar a figura 3.

Podemos ver que em 'A', haverá a maior incidência de campo sobre o fio, gerando uma tensão que chega a alcançar 4V no tempo t1. A medida que o condutor vai girando, cruza menos linhas de força do campo magnético, e com isso há menor indução de tensão. Na figura 'B', instante t2, podemos ver que a intensidade da tensão nos extremos do fio cai para 2V.

Na figura 'C' (instante t3), praticamente os fios não estão cortando as linhas de força do campo magnético, resultando em uma tensão de zero volt.

Notem que neste ponto, além dos fios não cruzarem linhas de força, há uma interrupção (desenho preto) dos contatos do «coletor», que leva a tensão dos fios para fora do rotor. Vemos na figura D, que o giro do rotor ou enrolamento, novamente começa a cruzar as linhas de força e novamente começa a ser induzida uma tensão nos extremos dos fios, de mesma polaridade anterior, ou seja, positivo do lado de cima e negativo no lado de baixo; assim no instante t4, teremos uma tensão de 2V nos terminais dos fios (rotor). Na figura 'E', estamos agora chegando ao ponto máximo do cruzamento das linhas de força, chegando novamente a 4V. Note que a tensão induzida mostrada no gráfico, começou com 4V, caindo até

figura 3



zero volt e voltando novamente a subir. Com isso não houve mudança de polaridade na tensão induzida para fora do motor, que por este motivo é chamada de TENSÃO CONTÍNUA. Podemos também afirmar que apesar de ser contínua ela

figura 4



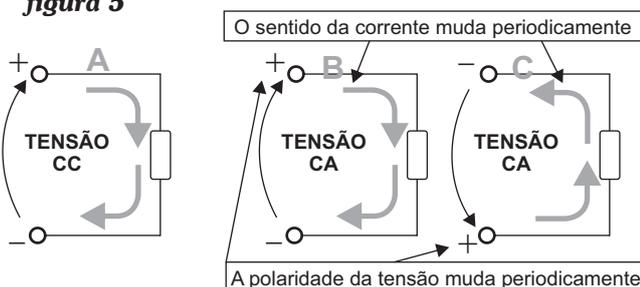
variou no tempo (+4V até zero e de zero até 4V). Caso o rotor gire de forma constante, começa a ser criada uma repetição de variação de tensão no tempo. Na figura 4, considerando que o desenho feito em t1, t2, t3... possa ser visto como em uma memória por onde passou, poderemos visualizar o que chamamos de **FORMA DE ONDA**, que no caso é **TRIANGULAR**, ou seja, mantém uma diminuição ou aumento constante no tempo, ou seja, uma queda ou aumento de 4V a cada dois tempos (duas divisões de tempo), ou ainda 2V por cada divisão de tempo. Poderemos chamar este tempo de segundo ou milissegundo, ou outra forma de medição. Ainda podemos afirmar que a **FORMA DE ONDA TRIANGULAR** é de **TENSÃO CONTÍNUA**, que muitos também chamam de **CORRENTE CONTÍNUA**, ou seja, apesar de diminuir e aumentar ininterruptamente, mantém a polaridade constante.

CORRENTE ALTERNADA

Uma das formas de corrente mais utilizada é a alternada, onde podemos achar facilmente nos interruptores e tomadas de todas as residências. A maior parte da transmissão da energia elétrica também é feita por esta modalidade de corrente. Ela também é utilizada na maioria das transmissões e recepções de rádio e televisão. A corrente alternada também é a responsável pela produção de som em um alto-falante.

Mas o que seria essa corrente? Já abordamos a corrente anteriormente e vimos que ela se desloca do potencial negativo para o positivo (sentido real). Assim, podemos dizer que "alternando" a polaridade da fonte ou diferença de potencial, conseguiremos produzir uma diferença de potencial "alternada" e conseqüentemente a geração de corrente também "alternada". Resumindo, podemos dizer que corrente alternada

figura 5



ora circula em um sentido e ora em outro sentido. Na figura 5, podemos ver em "A" que o circuito manifesta uma corrente constante (CC ou Corrente Contínua), que circula do potencial negativo para o positivo (sentido real), e como as setas indicam na figura, do potencial positivo para o negativo (sentido convencional).

Já em "B" vemos que momentaneamente a tensão de um gerador CA (Corrente Alternada), possui uma determinada polaridade em seus terminais, fazendo a corrente circular do positivo para o negativo (sentido convencional). Mas em "C" vemos que houve uma inversão na polaridade do gerador, sendo que agora, o potencial negativo está em cima e o positivo embaixo, resultando em uma corrente que passa pelo resistor de baixo para cima (sentido convencional).

MOTIVOS DA PREFERÊNCIA PELA TENSÃO OU CORRENTE ALTERNADA:

As linhas de transmissão normalmente utilizam-se da corrente alternada, por vários motivos:

- 1 - É mais fácil gerar e transmitir corrente alternada
- 2 - É mais fácil converter uma tensão CA para um valor mais baixo ou mais alto, com o uso de transformadores.

Além disso, quando necessitamos de uma corrente contínua, podemos facilmente modificá-la de CA para CC.

3 - Sempre que desejamos altas potências, a escolha recai sobre CA. A maioria dos motores de alta potência utiliza corrente alternada.

4 - Podemos transformar a corrente alternada em ondas eletromagnéticas e usá-las para transmitir programas de rádio, televisão ou ainda utilizá-las para telecomunicações.

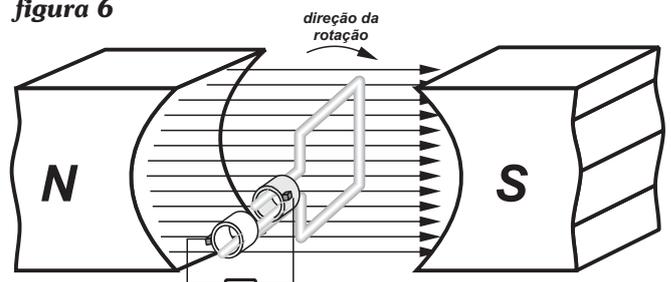
A GERAÇÃO DA CORRENTE ALTERNADA

Apesar de existirem vários meios de obter corrente alternada, o mais comum é o dispositivo eletromecânico conhecido como alternador ou gerador de corrente alternada.

Basicamente, um gerador produz corrente alternada pela rotação de uma bobina mergulhada em um campo eletromagnético. A rotação produz uma força eletromotriz alternada entre os terminais dessa bobina, devido ao movimento do condutor em relação ao campo magnético.

Note que a diferença existente entre o gerador de

figura 6



corrente contínua (figura 7) e o gerador de corrente alternada (figura 8) é o coletor, parte que contata os enrolamentos do rotor com os terminais externos do motor.

No gerador de corrente contínua ele é segmentado, sendo um terminal do enrolamento ligado a um lado e o outro terminal ligado ao outro lado. Já, para o gerador de corrente alternada, existem dois coletores independentes, cada um ligado a um dos fios do enrolamento.

figura 7

rotor CC

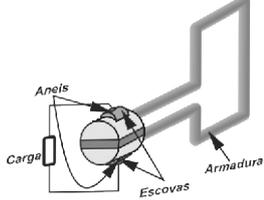
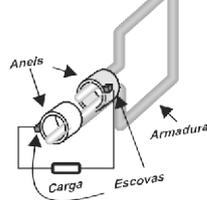


figura 8

rotor CA



Apesar de comentar sobre como é gerada a energia, fica claro que necessitamos girar o rotor no meio do campo magnético. Essa rotação pode ser obtida por diversos meios: uma queda d'água (muito utilizado no Brasil em usinas hidrelétricas), por motores a gasolina ou a diesel e ainda por

meio de vapor, como ocorre em usinas termelétricas. O fenômeno responsável pela presença de tensão num gerador CA é a indução eletromagnética.

UM SIMPLES GERADOR DE CORRENTE ALTERNADA

Podemos construir um gerador de CA bastante simples, como mostra a figura 9 (lado direito da página). O gerador é constituído por uma espira, chamada de armadura, que gira no interior de um campo eletromagnético.

Este campo apresenta as linhas de força indo do pólo norte para o pólo sul. Vemos que os extremos da espira acaba indo à coletores, ou seja, anéis onde vão ligadas escovas que transferirão a energia induzida para fora.

Vemos que o sentido de rotação é sempre o mesmo, mas vemos que a espira que está no lado superior vai da esquerda para a direita (no mesmo sentido das linhas de força). Depois que essa espira se deslocar indo para baixo, vemos que seu sentido muda indo da direita para a esquerda, colocando um potencial inverso em seu coletor.

Para medir o que está sendo gerado em tensão, vamos tomar como base a forma de onda mostrada abaixo, seguindo as figuras mostradas em A, B, C e assim por diante:

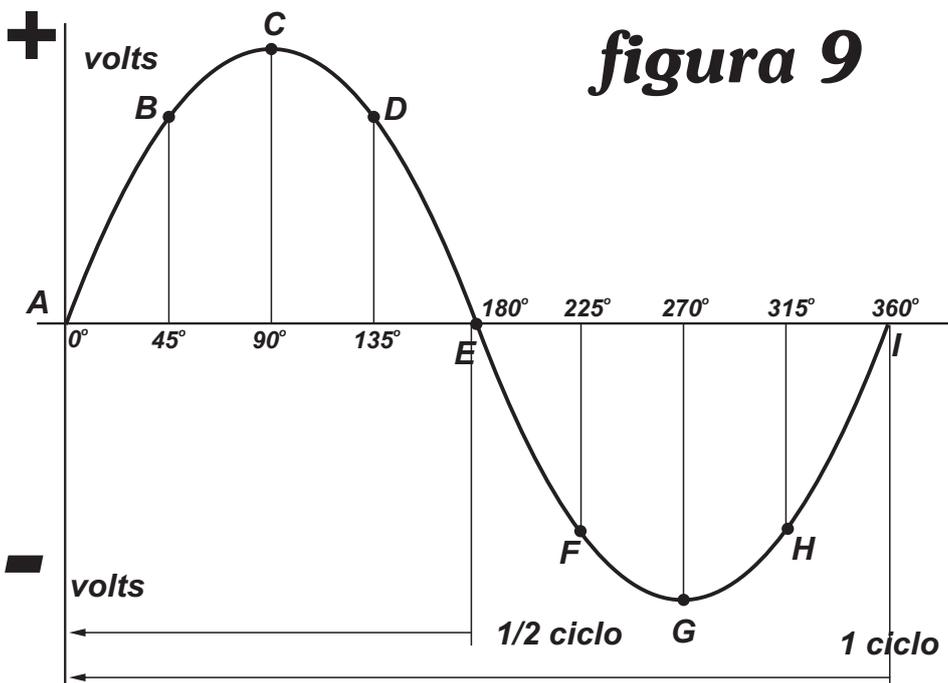
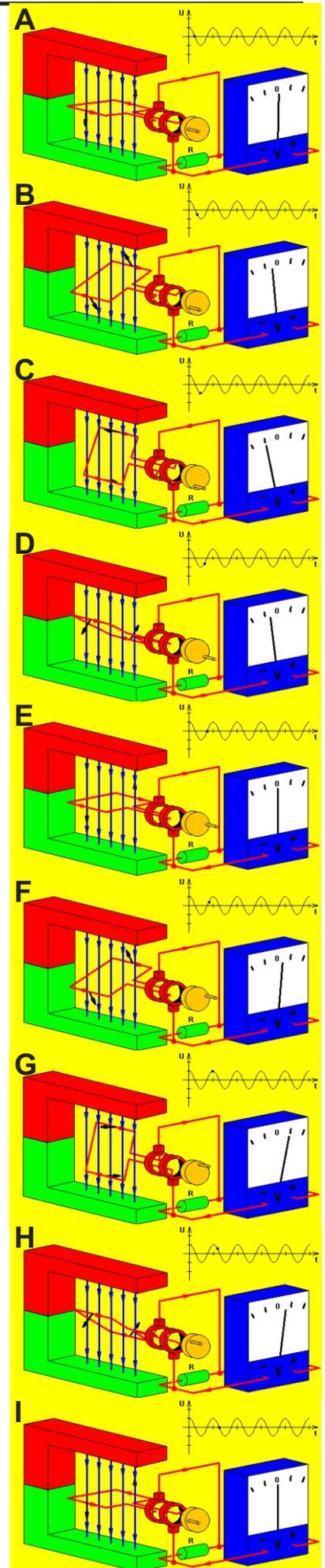


figura 9



A: Nessa primeira posição não temos nenhuma indução produzida, indicado pelo ponteiro do multímetro que não se deslocou do centro, Na forma de onda, temos o ponto A, indicado como sendo 0 grau, ou seja, início de um ciclo, onde também podemos ver que a tensão deste ponto é de zero Volt.

B: Nessa segunda posição «B» vemos que houve um deslocamento de 45 graus da espira, saindo da posição horizontal até uma posição diagonal, onde cortou as linhas de força, gerando com isto uma indução e uma captação de tensão (volts). Vemos pela forma de onda que o ponto «B» já representa uma boa tensão induzida nos terminais do rotor. C: A espira chegou agora ao ponto máximo de captação de tensão que corresponde a um ângulo de 90 graus. Na forma de onda, teremos a máxima tensão captada, ou seja, de um ponto ao outro dos terminais do rotor teremos a tensão positiva máxima. É importante lembrar que um dos terminais do rotor deverá ser tomado como referência de medição, para que o outro terminal possa indicar a quantidade de variação da tensão induzida. Desta forma, o gráfico da figura 9, vai variando em sentido positivo (um de seus terminais), até chegar ao ponto máximo. A forma de onda vai aparecendo, devido a mantermos memorizada as variações de tensão que vão ocorrendo.

D: Agora, a espira continua seu movimento, indo para um ângulo de 135 graus, recebendo menor indução do campo magnético e com isto diminuindo a tensão nos terminais do rotor. Note que a forma de onda começa a ter sua amplitude diminuída. E: A espira chega a metade de seu deslocamento ou na metade do ciclo, que chamamos de 180 graus. Agora, a espira de referência que começou do lado direito, encontra-se agora no lado oposto, ou esquerdo. A tensão induzida nos terminais agora é a mesma do início do ciclo, ou seja, zero volt. F: Vemos agora que a espira começa a entrar novamente no campo magnético, só que cruzando as linhas de força em outro sentido, criando agora uma polaridade negativa, inversa à anterior. Note que a outra espira (nossa referência) está também começando a cruzar as linhas de força e recebendo indução com polaridade positiva, mas como ela é nossa referência, diremos que a tensão somente irá variar na espira que no momento encontra-se do lado esquerdo.

Assim, estamos criando agora, no deslocamento definido como 225 graus, uma indução com polaridade negativa, que

no gráfico, passará para o lado de baixo da referência. Na verdade, o traço horizontal que separa a variação positiva da variação negativa (que começou a ser feita) é a referência zero, e a partir dela podemos medir a tensão para cima e para baixo.

Quando a variação da tensão cruza o traço ou eixo horizontal, temos uma TENSÃO ou CORRENTE ALTERNADA, ou que varia de polaridade (tensão) ou sentido (corrente).

G: No ponto G, chegamos a tensão máxima induzida no enrolamento, que obviamente possui polaridade invertida ao ponto máximo da forma C. Temos agora um deslocamento de 270 graus (polaridade oposta aos 90 graus). Chegamos portanto, ao ponto de maior tensão negativa na forma de onda.

H: A medida que a espira continua a se deslocar, chegamos ao ponto H, onde temos um deslocamento de 315 graus e a indução captada pela espira diminui (menor tensão). Vemos que a forma de onda está quase completando um ciclo, I: Finalmente a espira chega a um ponto onde não há indução e a tensão captada é zero Volt. Note que a espira deu uma volta completa, considerada 360 graus, voltando ao zero grau (ponto inicial). Vemos que neste processo de indução sobre a espira, foi criada uma tensão que começou do zero volt, indo a um máximo positivo até novamente zerar. Após a espira recebeu uma tensão de polaridade invertida e variou até um máximo negativo, voltando novamente a zero volt. Vemos agora que a FORMA DE ONDA GERADA é SENOIDAL, pois sua variação de tensão ocorre de forma mais lenta quando chega aos pontos máximos positivos e negativos. Funciona como um pêndulo e a função matemática que a exemplifica é chamada de SENO, daí surgindo o nome de senoidal.

A figura 10, mostra com pouco mais de detalhes o movimento da espira dentro do campo magnético (figura da esquerda) e as resultantes em tensão que são geradas na forma de onda senoidal mostrada à direita.

Além da forma de onda SENOIDAL, ainda

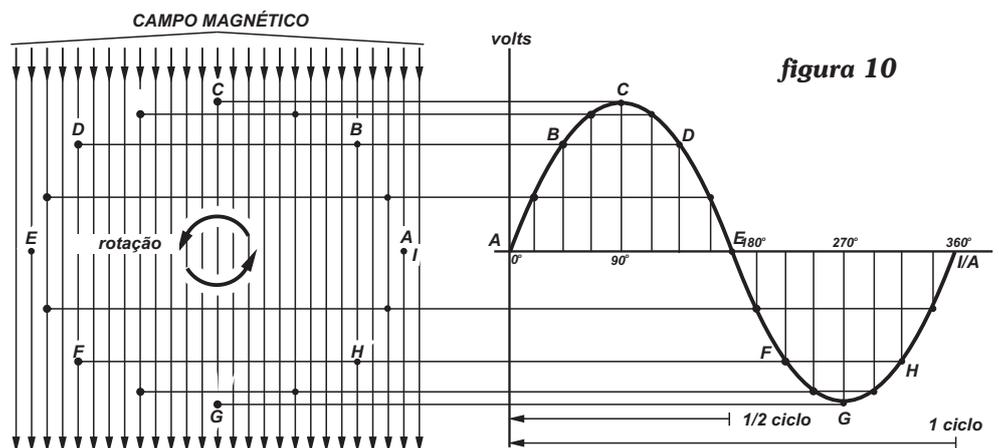
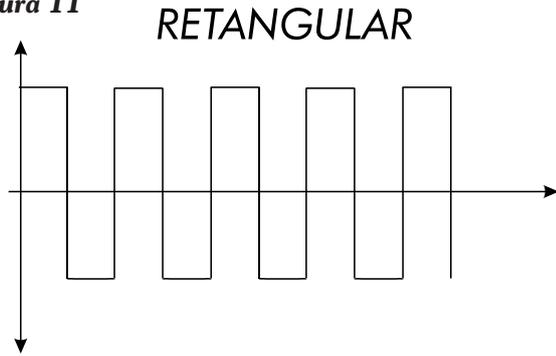


figura 10

poderemos ter outros tipos de variações de tensões ou correntes "alternadas" como mostramos nas figuras seguintes.

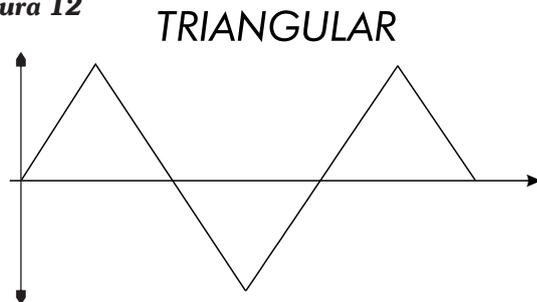
A forma de onda retangular ou quadrada, como mostramos na figura 11, serve para circuitos comutadores; sua principal característica é apresentar uma tensão constante durante determinado tempo e após inverter esta tensão bruscamente.

figura 11



A forma de onda triangular manifesta-se pela variação linear de sua tensão, não havendo pontos de maior ou menor variação como é comum na senoidal, como mostramos na figura 12.

figura 12



Finalmente a onda dente-de-serra, manifesta-se por dois períodos de variação bem distintos, sendo um mais rápido e outro mais lento. Sempre que essas ondas cruzam o eixo horizontal, existe a inversão da diferença de potencial aplicada e consequentemente da tensão.

DENTE DE SERRA

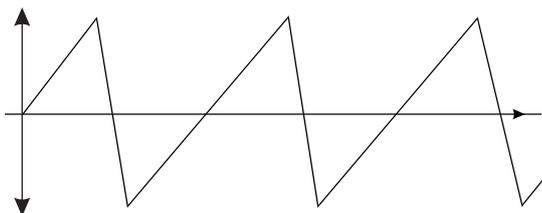
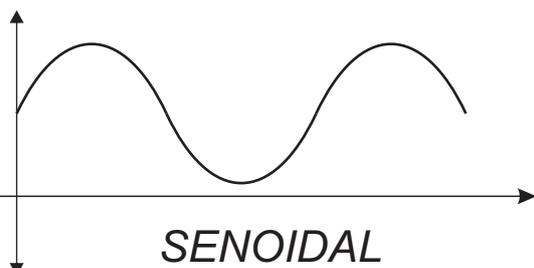
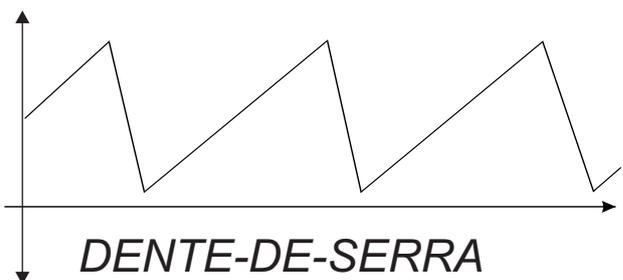
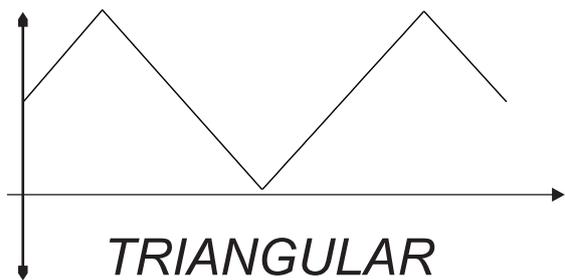
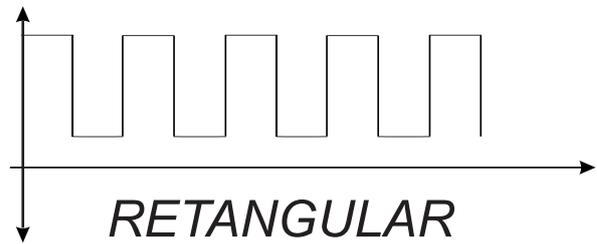


figura 13

Todas as formas de onda mostradas acima, são ALTERNADAS, ou seja, manifestam inversão da polaridade da TENSÃO, ou invertem o sentido da CORRENTE.

Na figura 14 abaixo, podemos ver as mesmas formas de onda, que variam mantendo uma polaridade CONSTANTE, apesar das variações de TENSÃO ou sentido de CORRENTE.

figura 14



CICLO

É uma parte completa da forma de onda que se repete sucessivamente. Na figura 15, podemos visualizar vários exemplos, através de tipos

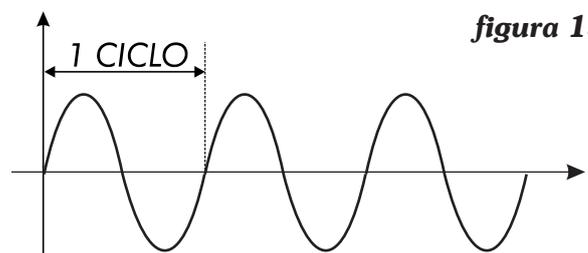
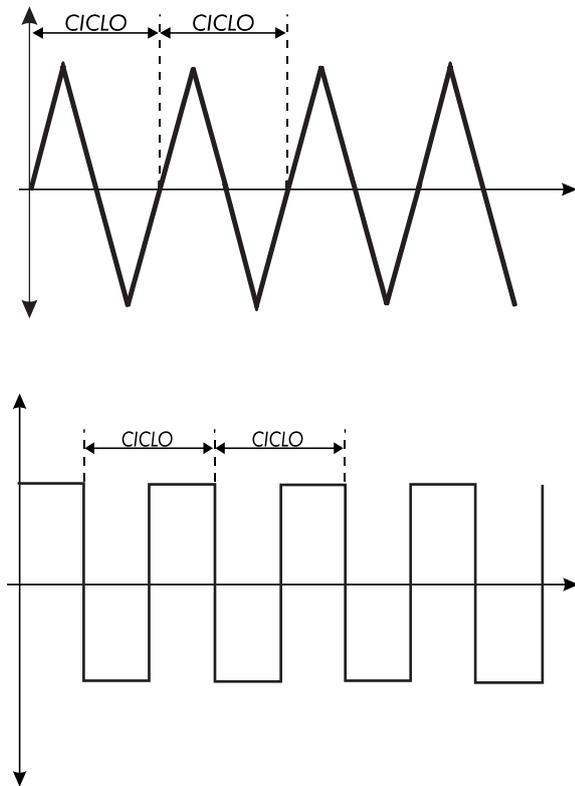
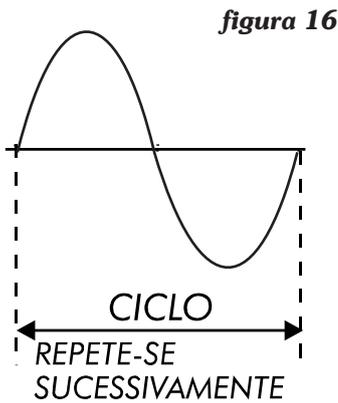


figura 15

diferentes de forma, o que representa o ciclo como mostra a figura 16



Um ciclo de uma forma de onda em corrente alternada é composto por dois semi-ciclos, sendo um positivo e outro negativo como vemos na figura 17.

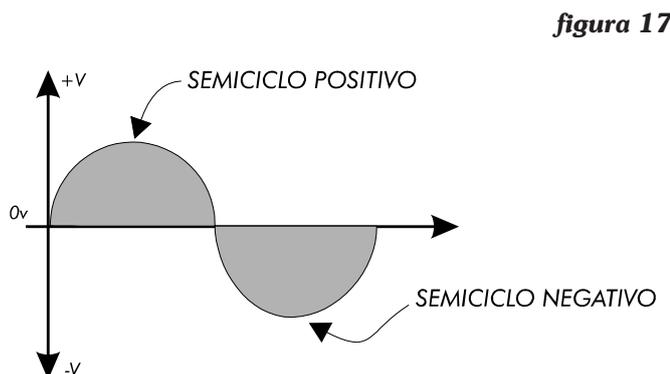


figura 17

PERÍODO

É o tempo necessário para excursão completa de um ciclo da forma de onda, ou seja, é o tempo que o ciclo demora para se completar.

Na figura 18, vemos que o período de tempo é o mesmo que a medida do ciclo sendo interpretada em segundos. O período de tempo é representado pela letra "T" e sua unidade de medida é o segundo (s).

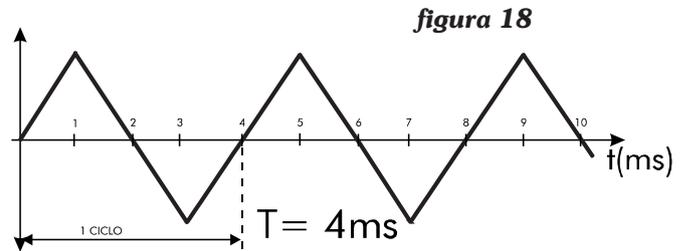


figura 18

FREQUÊNCIA

Será a quantidade de ciclos que ocorrem no período de tempo de 1 segundo. É representada pela letra "f" e sua unidade de medida é o Hertz. Veja na figura 19 que a forma de onda apresentou 4 variações completas ou 4 ciclos no intervalo de tempo de 1 segundo, onde podemos afirmar que sua frequência é de 4Hz.

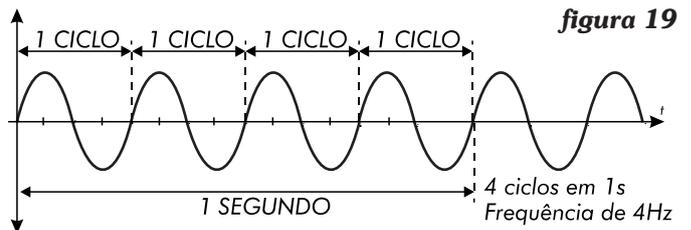


figura 19

Através do que foi mencionado anteriormente, podemos perceber que quanto maior for o período de tempo para um ciclo, menor será sua frequência, pois menos ciclos desse sinal caberão em 1 segundo. As duas grandezas, período e frequência, comportam-se de maneira inversamente proporcional.

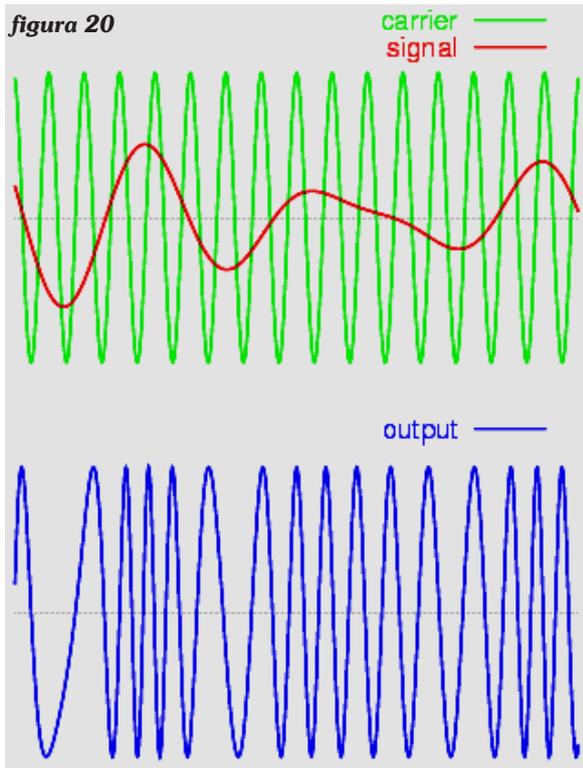
Podemos então definir a frequência como sendo o inverso do período e período como sendo o inverso da frequência, de acordo com as fórmulas:

$$f = 1 / T \quad \text{e} \quad T = 1 / f$$

Podemos ter alguns ciclos de determinado sinal por segundo, da mesma forma que podemos ter centenas, milhares, milhões ou bilhões de ciclos por segundo.

A palavra Hertz, ou simplesmente Hz, significa ciclos por segundo, onde os sinais ou variações de tensão ou corrente, poderão ser representados em Hz (ciclos por segundo), kHz (mil ciclos por segundo), MHz (milhões de ciclos por segundo) ou até GHz (bilhões de ciclos por segundo). Podemos dizer que nos computadores atuais, cujo «clock» é de 2GHz, significa dizer que o oscilador principal, trabalha com uma frequência máxima de 2 bilhões de variações por segundo. As variações podem ser apresentadas em ondas simples, também chamadas de fundamental (uma frequência específica), ou uma combinação entre frequências altas e baixas. Uma

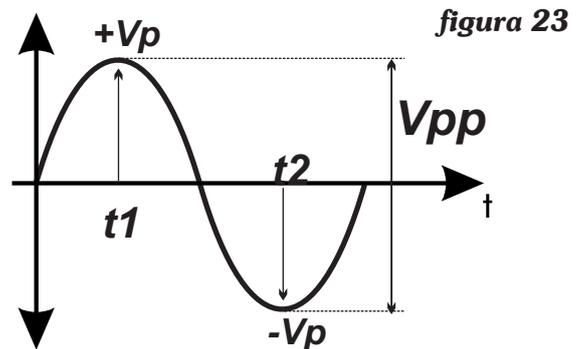
amostra do que é esta combinação, é mostrada na figura 20, uma modulação em FM, onde uma onda de sinal audível, faz variar a uma alta frequência.



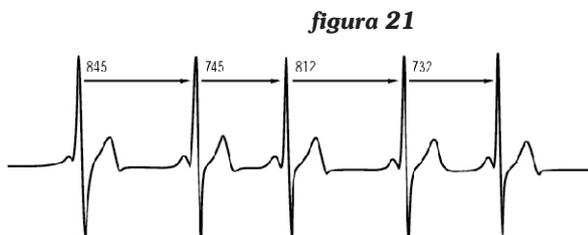
Como a tensão alternada varia constantemente, existem vários valores para indicar sua amplitude; observe a figura 22.

Vemos que a tensão senoidal não apresenta um aumento de amplitude linear. No instante zero (t_0), temos a tensão de zero volt. Logo em seguida, no instante t_1 , temos um aumento de tensão razoável que se aproxima da metade do valor máximo. No instante t_2 , a tensão chega a um nível próximo ao máximo, e após vemos que dos instante t_3 , chega ao valor máximo.

O valor máximo que a tensão senoidal atinge a cada ciclo é chamado de TENSÃO DE PICO (V_p). Na figura 23, vemos que existe um potencial de pico, e no semiciclo seguinte um potencial também de pico, mas invertido ($-V_p$). Se medirmos graficamente da tensão de pico positivo para a tensão de pico negativo, teremos a indicação de tensão de pico a pico, ou V_{pp} .



Temos também variações que podem ser captadas e mostradas, como a frequência cardíaca, que é de 1 ciclo ou mais por segundo, como mostramos na figura 21.



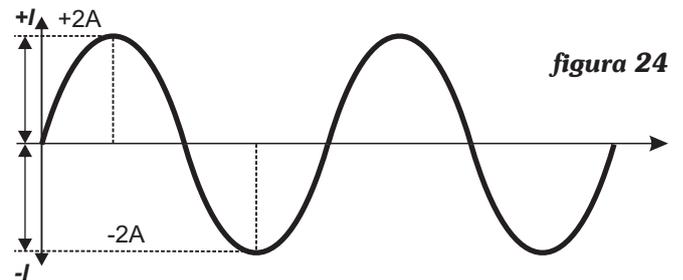
A tensão de pico-a-pico apesar de ser uma tensão máxima é somente uma visualização gráfica, pois como vemos na figura, temos no instante t_1 uma tensão máxima positiva ($+V_p$) e quando estamos em outro instante (t_2) temos a tensão máxima negativa ($-V_p$).

Assim, podemos dizer que $V_{pp} = 2 \times V_p$, ou seja que a tensão de pico a pico será o dobro da tensão de pico, ou ainda que $V_p = 1/2 V_{pp}$, ou seja, que a tensão de pico será a metade da tensão de pico-a-pico.

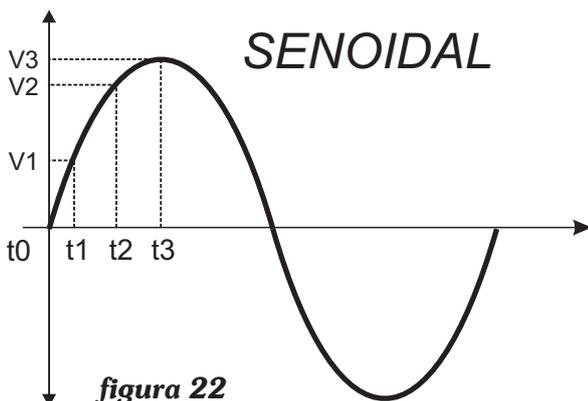
Uma tensão senoidal aplicada a uma carga resistiva irá gerar uma corrente também com variação senoidal como mostramos na figura 24.

ANÁLISE DA FORMA DE ONDA SENOIDAL

O conhecimento detalhado da forma de onda senoidal é de vital importância, pois além da rede elétrica, diversas outros circuitos trabalham com ela. Analisamos anteriormente alguns parâmetros que caracterizam a forma de onda como ciclo, período e frequência. Vamos estudar agora a amplitude da forma de onda.



Podemos dizer que haverá uma tensão de 4 amperes de pico-a-pico, mas na verdade a corrente máxima da malha será de 2 amperes, circulando em um sentido e mais 2 amperes circulando em sentido inverso.



DIFERENÇA DE FASES ENTRE DUAS ONDAS

Baseados na análise de fases da figura 10 desta aula, podemos dizer que duas formas de onda, **DE MESMA FREQUÊNCIA**, podem ser comparadas em **FASE**, ou seja, o deslocamento que há entre elas. Podemos dizer

que na rede trifásica, existe um defasamento de 120° entre cada uma das fases da rede, como mostramos na figura 24A

AS TRÊS FASES DA REDE TRIFÁSICA

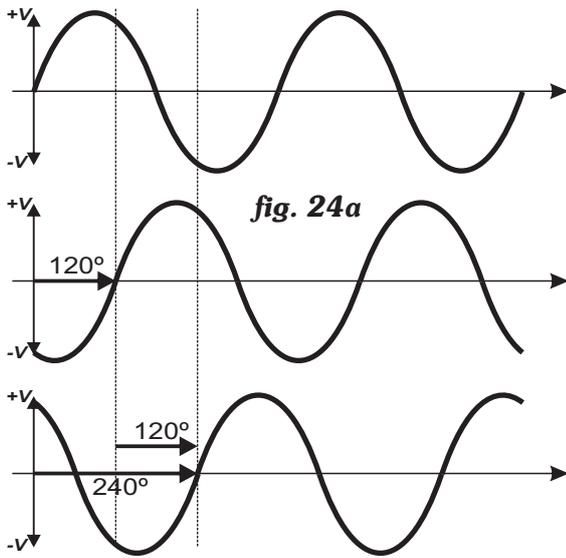


fig. 24a

Como forma mais simples de comparação, podemos usar somente duas formas de onda, como na figura 24b, onde estão defasadas em 90° . Na figura 24c, temos duas ondas defasadas em 180° e na figura 24d, duas ondas defasadas em 270° .

COMPARAÇÃO DE DUAS ONDAS DEFASADAS EM 90°

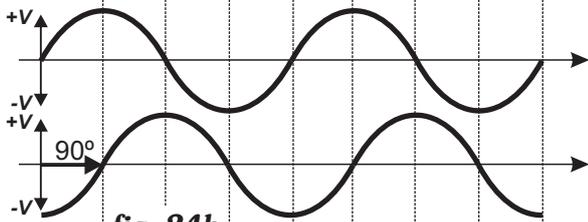


fig. 24b

COMPARAÇÃO DE DUAS ONDAS DEFASADAS EM 180°

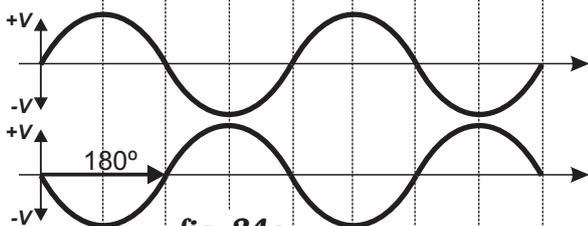


fig. 24c

COMPARAÇÃO DE DUAS ONDAS DEFASADAS EM 270°

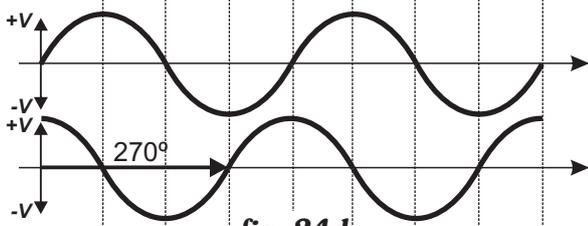


fig. 24d

COMPARAÇÃO ENTRE TENSÃO-CORRENTE CONTÍNUA E TENSÃO-CORRENTE ALTERNADA

Quando temos uma tensão contínua de +10V aplicada a um resistor de 10 ohms, produzirá uma corrente também contínua, com valor de 1A (um ampere). Como a tensão

mantém seu potencial sempre constante (enquanto a bateria estiver carregada) em +10V, a corrente também se manterá constante em 1A. O circuito é mostrado na figura 25 e os gráficos mostram que no decorrer do tempo a amplitude da tensão mantém-se constante em 10V. Já no gráfico de baixo, temos a resultante em corrente em 1A.

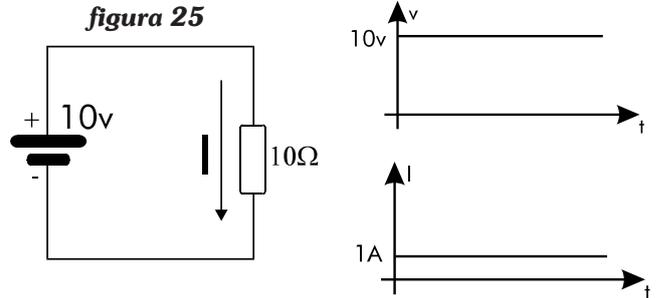


figura 25

Podemos também considerar de maneira fácil qual seria a dissipação de potência sobre o resistor para o caso anterior, mostrado na figura 25.

Quando temos o valor da tensão aplicada de +10V (constante) e também a corrente circulante (constante) de 1A, teremos uma potência dissipada também constante de 10W.

A figura 26, mostra detalhadamente como isso se processa, pois temos 3 gráficos, todos eles mostrando eixos horizontais para a tensão, corrente e também a dissipação de potência, que se mantém constante à medida que o tempo passa.

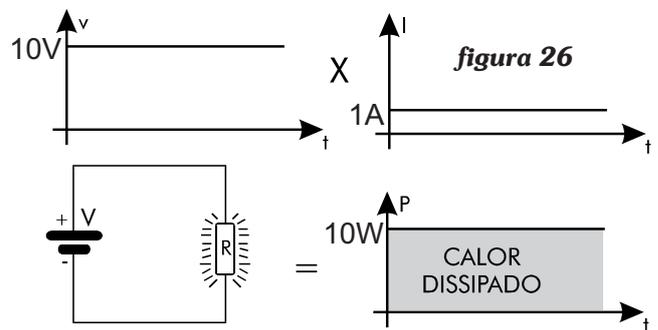


figura 26

TENSÃO ALTERNADA E TENSÃO EFICÁZ

Vamos agora, trabalhar com tensões alternadas e também o produto dela, que é a corrente alternada. Para isto usaremos como gerador (indicado na figura 27 como um círculo com uma senoide interna), o circuito utilizado na figura 9 desta aula, que gerará uma tensão alternada. Ao ser aplicada uma tensão senoidal ao resistor do circuito anterior, irá circular também uma corrente de forma senoidal como mostra a figura 28.

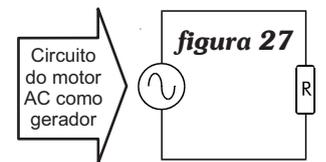


figura 27

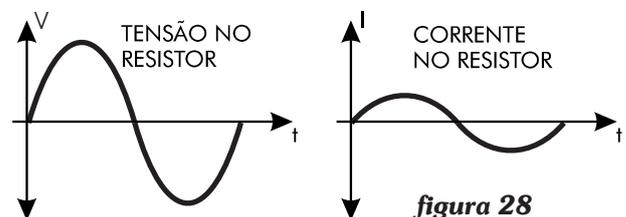


figura 28

Como a tensão e a corrente variam de forma senoidal, fica claro que a potência dissipada irá variar da mesma forma. Como temos pontos em que a tensão aplicada ao resistor é zero volt, não gerando corrente, fica claro que a potência dissipada também será momentaneamente de zero watt. A figura 29, ilustra bem as formas de onda senoidal, corrente e dissipação de potência.

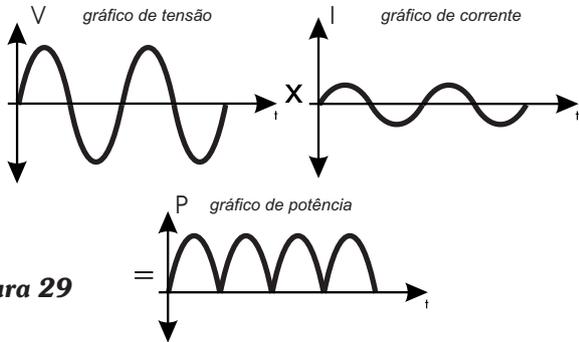
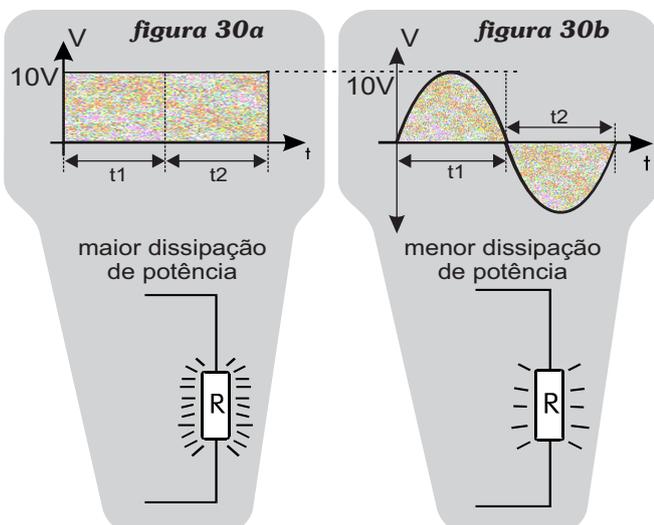


figura 29

Notem que a dissipação de potência não sofre inversão, simplesmente provocando aquecimento no resistor, não importando o sentido da corrente. Assim o gráfico de dissipação de potência será uma manifestação em função do tempo, ocorrendo sempre que existe tensão e corrente circulante pelo resistor, não podendo ter polaridade negativa ou positiva (como na tensão) ou ainda sentido para um lado ou outro (como na corrente).

Na figura 30, podemos também afirmar que um resistor ligado a uma fonte de 10Vdc, irá aquecer mais do que um resistor ligado a uma fonte de 10Vac (Tensão alternada). Podemos ver pelo intervalo de tempo t1 - na onda contínua (figura 30a) - que o resistor recebe uma tensão constante de 10V. O mesmo ocorre no intervalo t2.

Já para a onda senoidal (figura 30b), no intervalo de tempo t1, vemos que a tensão começa do zero volt, subindo rapidamente, até que exatamente no meio do intervalo de tempo t1 atinge o nível máximo. Logo em seguida, a amplitude da tensão sobre o resistor começa a cair até chegar em zero volt. Temos portanto, sobre o resistor, uma tensão de 10V somente em um determinado ponto, tendo antes ou depois tensões menores que +10V. Quando a polaridade se inverte - tempo t2 - partimos do zero volt e temos um aumento de tensão até que no meio deste tempo, atingimos 10V. Após a tensão, começa novamente a cair até atingir a zero volt. Assim, apesar de termos a tensão de 10V aplicado ao resistor, isto ocorre em um único tempo, sendo a tensão, antes ou depois, menor.



Portanto, para que um resistor em corrente alternada produza o mesmo trabalho (dissipação de potência) que em corrente contínua, a tensão de pico alternada tem que ser maior do que a tensão contínua em aproximadamente 41,4%. Assim, uma tensão alternada de 14,14Vp produz o mesmo trabalho que uma contínua de 10V. Logo 14,14Vp de uma AC é tão EFICAZ quanto uma tensão de 10Vdc, em termos de produção de trabalho.

Uma tensão AC de 14,14Vp equivale a uma tensão EFICAZAC de 10V.

A tensão eficaz também é conhecida como RMS (root mean square) ou raiz média quadrática.

Podemos definir tensão eficaz de uma tensão alternada, como sendo o valor necessário para produzir o mesmo trabalho que uma tensão contínua em um resistor sob as mesmas condições de circuito.

Quando dizemos que a tensão de nossa rede elétrica é de 110Vac, estamos especificando a tensão eficaz. Isto significa que a rede elétrica chega a produzir picos positivos e negativos de 150V.

O voltímetro na escala "AC" mede tensão eficaz senoidal (RMS) de frequência baixa ou em torno de 60Hz (60 ciclos por segundo). A tensão indicada pelas empresas de energia elétrica para as residências também é dada em valores eficazes.

$$V_{rms} = V_p \times 0,707$$

$$V_p = V_{rms} \times 1,41 \text{ ou } V_{rms} / 0,707$$

Na figura 31, vemos como o pico da senoide pode ser cortada do seu valor eficaz ao de pico, preenchendo as laterais que não possuem energia.

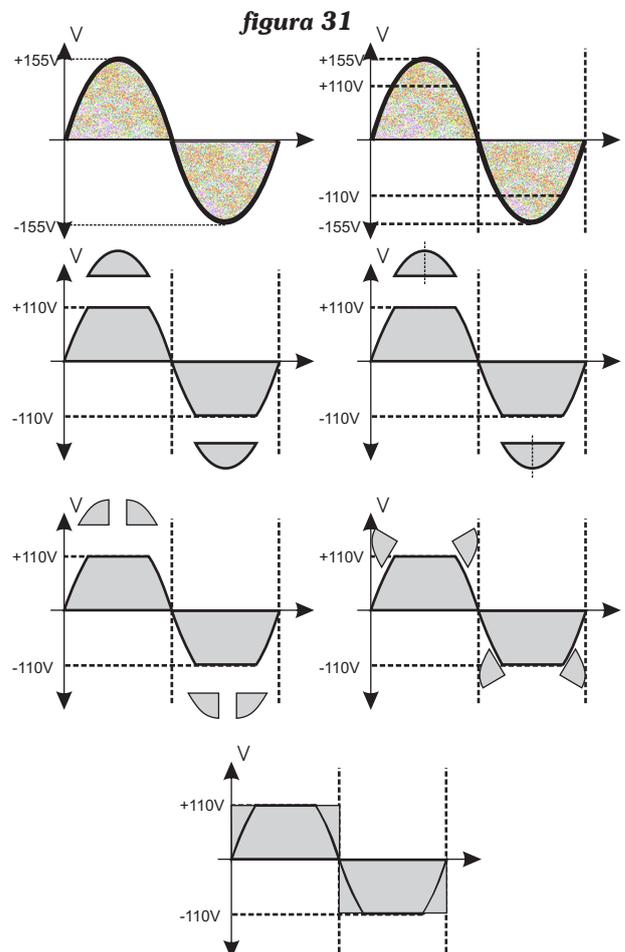


figura 31

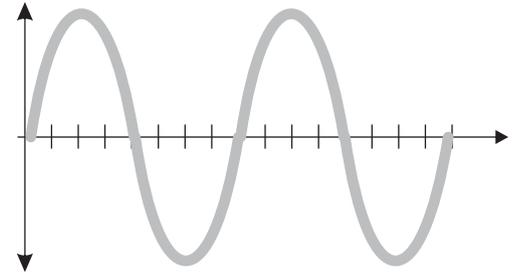
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1 - O exercício proposto à direita pede para que seja desenhada uma forma de onda senoidal com 2 ciclos completos. Fica fácil desenhar a onda senoidal com 2 ciclos, sendo que o problema maior será interpretar que cada divisão equivalha a 1/8 de ciclo.

Resposta: podemos dizer que se cada divisão possui 1/8 de ciclo, cada ciclo terá 8 divisões.

Assim, como temos que desenhar 2 ciclos, o desenho total deverá preencher 16 divisões.

Desenhe ao lado uma forma de onda senoidal que contenha 2 ciclos. (Cada divisão equivale a 1/8 de ciclo).



2 - O exercício proposto à direita, diz que devemos desenhar uma forma senoidal, cujo tempo do ciclo é de 12ms e sua amplitude é de 200Vpp.

Resposta: Vemos que cada divisão em sentido vertical, possui um valor de 50V, ou seja, 50V por divisão, tanto para o lado positivo, quanto para o lado negativo.

Já a escala horizontal, que indica tempo, diz que temos marcações de 10 em 10 ms, ou seja, cada divisão horizontal vale 1ms.

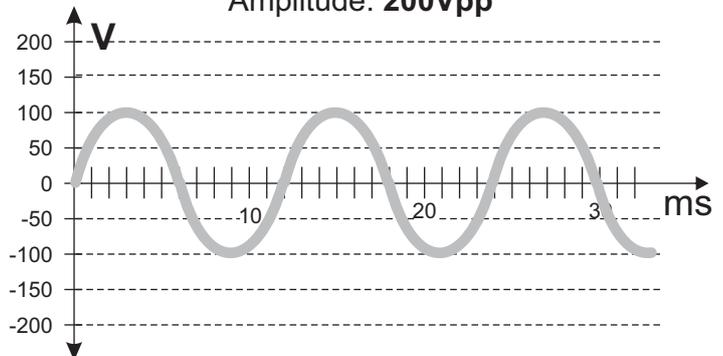
Considerando que a forma de onda tem 200Vpp, podemos dizer que ela terá 100V na direção positiva e mais 100V na direção negativa. Assim a forma irá de +100V à -100V.

considerando que temos um período de tempo de 12ms por ciclo, a forma de onda começará do zero e atingirá o ponto máximo positivo +100V em 3 divisões.

Após começará a decrescer, alcançando novamente o nível zero em mais 3 divisões (meio ciclo em 6 divisões).

Novamente começará a aumentar agora com polarização inversa - no gráfico aumentando para baixo, atingindo a tensão de -100V em 3 divisões. Logo em seguida, começará novamente a decrescer, atingindo o nível zero em mais 3 divisões. Desta forma, o ciclo completo é feito em 12 divisões ou 12ms. A quantidade total de ciclos que podem ser desenhados é limitado somente pelo espaço que o desenho permite.

Forma de Onda : senoidal
 Período de tempo (do ciclo) : 12ms
 Amplitude: 200Vpp

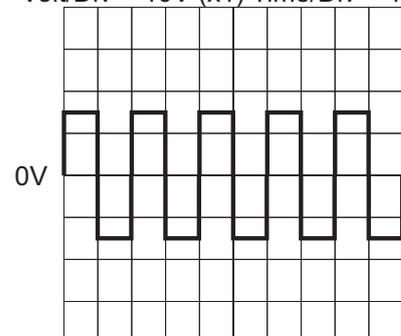


3 - Este exercício, refere-se às telas utilizadas em equipamentos de medição chamados OSCILOSCÓPIOS. Estes possuem na tela, 10 divisões em sentido horizontal e 8 divisões em sentido vertical (maiores detalhes sobre este instrumento, pode ser vista na próxima lição).

Volt/Div = isto indica quantos volts vale cada divisão da tela, em sentido vertical, no caso a indicação é de 10V e considerando que o sinal vai do eixo zero até o potencial mais positivo em 1,5 divisão, bastará multiplicar isso por 10V onde obteremos o total de 15V de pico, ou simplesmente +15Vp. Agora considerando que o sinal também vai para o nível abaixo do zero da referência e com mesma amplitude, ou seja, -15Vp, teremos um total de 30Vpp (30 Volts pico-a-pico).

Time/Div = indica quanto tempo foi determinado para cada divisão na tela, em sentido horizontal. Assim, para o exercício proposto, cada divisão valerá 1ms e agora devemos visualizar qual o período de tempo do ciclo da forma de onda. Vemos que a forma de onda completa seu ciclo em duas divisões, resultando em um período de tempo de 2ms, ou 0,002s. Para sabermos qual é a frequência, deveremos transformar o tempo em frequência e para isto bastará dividir 1 por 0,002s, resultando em 500Hz. Há outra forma de encontrar-se a frequência a partir do período de tempo de forma muito mais simples. Esta técnica, veremos na próxima lição.

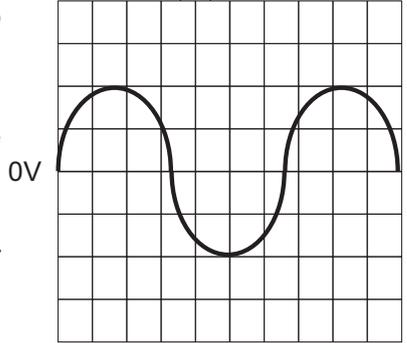
Volt/Div = 10V (x1) Time/Div = 1ms



4 - Volt/Div = isto indica quantos volts vale cada divisão da tela, em sentido vertical, no caso a indicação é de 10V e considerando que o sinal vai do eixo zero até o potencial mais positivo em 2 divisões, bastará multiplicar isso por 10V onde obteremos o total de 20V de pico, ou simplesmente +20Vp. Agora, considerando que o sinal também vai para o nível abaixo do zero da referência e com mesma amplitude, ou seja, -20Vp, teremos um total de 40Vpp (40 Volts pico-a-pico).

Time/Div = indica quanto tempo foi determinado para cada divisão na tela, em sentido horizontal. Assim, para o exercício proposto, cada divisão valerá 10ms e agora devemos visualizar qual o período de tempo do ciclo da forma de onda. Vemos que a forma de onda completa seu ciclo em 6,5 divisões, resultando em um período de tempo de 65ms, ou 0,065s. Para sabermos qual é a frequência, deveremos transformar o tempo em frequência e para isto bastará dividir 1 por 0,065s, resultando em 15,4Hz.

Volt/Div = 10V (x1) Time/Div = 10ms

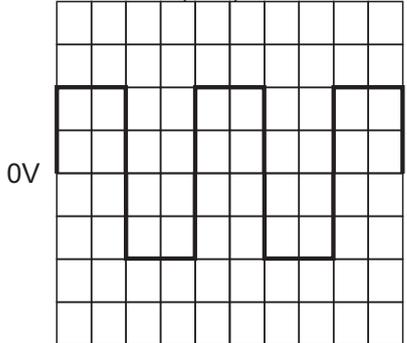


5 - Volt/Div = isto indica quantos volts vale cada divisão da tela, em sentido vertical, no caso a indicação é de 2V. Mas, há uma indicação entre parênteses dizendo que esta tensão deve ser multiplicada por 10 (x10). Este é um recurso que a maioria das pontas de osciloscópio trazem permitindo atenuar o sinal em 10x, fazendo com que cada divisão passa a valer mais 10x (veja mais detalhes na próxima lição).

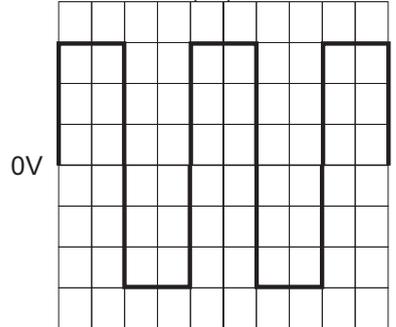
Considerando que o sinal vai do eixo zero até o potencial mais positivo em 2 divisões, bastará multiplicar isso por 2V e também por 10 (x10), onde obteremos o total de 40V de pico, ou simplesmente +40Vp. Agora, considerando que o sinal também vai para o nível abaixo do zero da referência e com mesma amplitude, ou seja, -40Vp, teremos um total de 80Vpp (80 Volts pico-a-pico).

Time/Div = indica quanto tempo foi determinado para cada divisão na tela, em sentido horizontal. Assim, para o exercício proposto, cada divisão valerá 50us e agora devemos visualizar qual o período de tempo do ciclo da forma de onda. Vemos que a forma de onda completa seu ciclo em 4 divisões, resultando em um período de tempo de 200us, ou 0,0002s. Para sabermos qual é a frequência, deveremos transformar o tempo em frequência e para isto bastará dividir 1 por 0,0002s, resultando em 5.000Hz, ou 5kHz (substituímos 3 zeros pelo k, que vale 1000).

Volt/Div = 2V (x10) Time/Div = 50μs



Volt/Div = 20V (x1) Time/Div = 0,5μs



6 - Volt/Div = isto indica quantos volts vale cada divisão da tela, em sentido vertical, no caso a indicação é de 20V. Considerando que o sinal vai do eixo zero até o potencial mais positivo em 3 divisões, bastará multiplicar isso por 20V, onde obteremos o total de 60V de pico, ou simplesmente +60Vp. Agora, considerando que o sinal também vai para o nível abaixo do zero da referência e com mesma amplitude, ou seja, -60Vp, teremos um total de 120Vpp (120 Volts pico-a-pico).

Time/Div = indica quanto tempo foi determinado para cada divisão na tela, em sentido horizontal. Assim, para o exercício proposto, cada divisão valerá 0,5us e agora devemos visualizar qual o período de tempo do ciclo da forma de onda. Vemos que a forma de onda completa seu ciclo em 4 divisões, resultando em um período de tempo de 2us, ou 0,000002s (0,002ms). Para sabermos qual é a frequência, deveremos transformar o tempo em frequência e para isto bastará dividir 1 por 0,000002s, resultando em 500.000Hz, ou 500kHz (substituímos 3 zeros pelo k, que vale 1000).

pesquisas na internet sobre geradores e corrente contínua e alternada:

captação de energia aeólica: <http://ambiente.hsw.uol.com.br/energia-eolica1.htm>

<http://sonia076.multiply.com/reviews/item/13>

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/usinas-hidretricas2.htm>

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-eletrico2.htm>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Forma_de_onda

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Frequencia>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Oscilosc%C3%B3pio>

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-41 à M1-44. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

AULA
12

FORMAS DE ONDA E OSCILOSCÓPIO

Como converter período em frequência

Funcionamento básico do osciloscópio

A escala horizontal - TIME/DIV

Controles dos canais verticais - VOLTS/DIV

Várias medições de amplitude e frequência

CONVERSÃO DE TEMPO PARA FREQUÊNCIA

Todas as medições feitas em osciloscópios, nos darão períodos de tempo para determinados ciclos e estes deverão ser interpretados em frequências. Os osciloscópios mais modernos, chamados de digitais, como mostrado na figura 1, possuem indicação de tempo do ciclo da forma de onda, amplitude, e também a frequência do sinal. Em alguns osciloscópios analógicos, chamados READ OUT (leitura para fora), que não são comuns, também há na tela a indicação do tempo, amplitude e frequência.

O osciloscópio básico, encontrado no mercado, é analógico, possui dois canais (permite observação de dois sinais) e uma frequência de trabalho de 20 MHz (frequência máxima, sem que ocorra distorção no sinal, principalmente perda de amplitude). Assim, quando o sinal aparece na tela, deve ser definido em amplitude e frequência. Vamos a seguir mencionar a melhor forma de transcrição de período para frequência.

Quando temos um período de tempo de 100ms no ciclo completo, que equivale a 0,1 s (segundo), bastará dividir 1 por 0,1, que encontraremos o resultado em frequência, que no caso será de 10 Hz.

Mas há uma outra forma para achar a frequência que será verificando no tempo de 100ms, quantos valores de '100' cabem em '1000' onde teremos como resultante '10'.

Após deveremos transformar os 'ms' em Hz, seguindo a seguinte lógica:

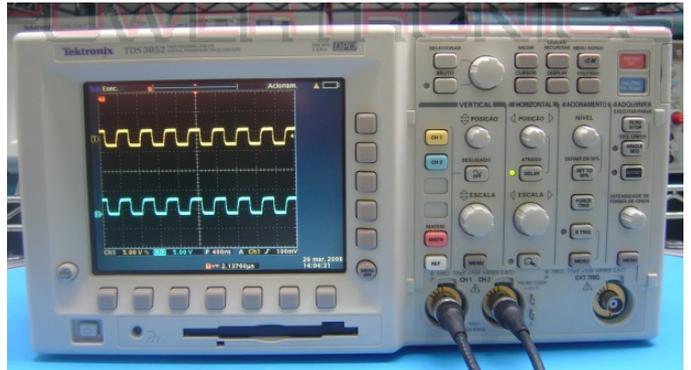
- ms (milissegundos) = Hz**
- us (microssegundos) = kHz**
- ns (nanossegundos) = MHz**

Assim, ficará mais fácil determinar qual será a frequência para determinado tempo do ciclo.

EXEMPLOS:

20ms= _____ Hz?

Devemos verificar primeiramente, quantos



números '20' caberão em '1000'.

Deverei em primeiro lugar, saber quantos '20' cabem em '100' e somente depois em '1000'.

Assim, poderei dizer que em '100' cabem 5 valores '20' e em '1000' uma quantidade de 50 valores.

Com isso já temos a resultante '50', sendo que agora deve ser definido a grandeza em Hz, kHz ou MHz.

Como temos o valor dado em ms (milissegundos), deveremos usar a grandeza Hz, resultando em um valor de 50Hz.

Assim um período do ciclo de 20ms, resulta em uma frequência de **50Hz**.

50us= _____ Hz?

Devemos primeiramente, determinar quantos '50' cabem em 100, que no caso serão '2' e após determinar quantos cabem em '1000', que serão 10 vezes mais, ou '20'.

Após, tendo a medição em us (microssegundo) resultará em 'kHz'.

Assim, um período do ciclo de 50us, resulta em uma frequência de 20kHz.

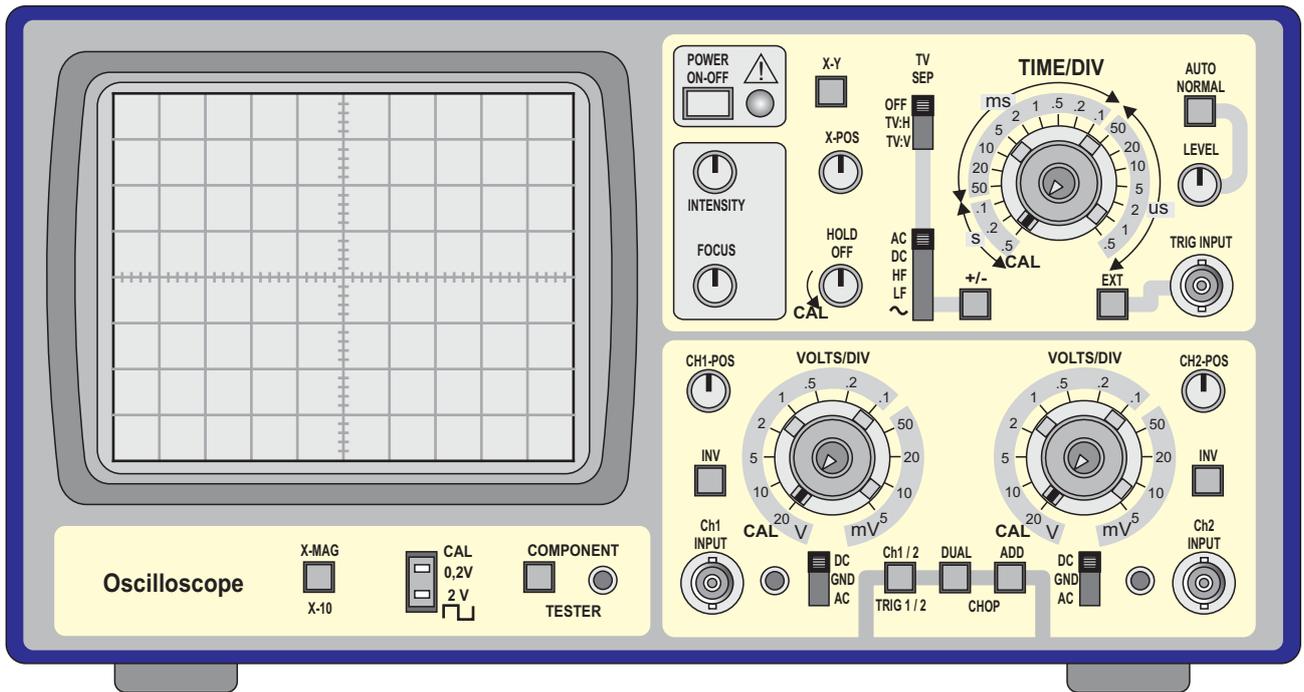
0,5us= _____ Hz?

Devemos primeiramente, determinar quantos '0,5' cabem em 10, que no caso serão '20'. Após quantos cabem em 100, resultando em '200' e finalmente em 1000 que no caso resultará em '2000'.

Após, tendo a medição em us (microssegundo) resultará em 'kHz'.

Assim, um período do ciclo de 0,5us, resulta em uma frequência de 2000kHz ou 2MHz.

INTERPRETAÇÕES DE AMPLITUDES E FREQUÊNCIAS COM O OSCILOSCÓPIO



Na figura 2, podemos ver o aspecto frontal de um osciloscópio, onde veremos alguns aspectos básicos, para que possamos utilizá-lo para medições de amplitudes e frequências das mais diversas.

FUNCIONAMENTO BÁSICO DO OSCILOSCÓPIO

De acordo com a figura 3, o osciloscópio é um equipamento que possui um tubo que emite um feixe de elétrons, que por sua vez é lançado na tela fosforescente, produzindo brilho (spot) quando o feixe choca-se com a tela (screen). Caso fosse considerada a emissão do feixe, haveria um único ponto parado no centro da tela. Para que apareçam as formas de onda, deverá haver um deslocamento uniforme do feixe, da esquerda para a direita, em uma certa velocidade. Isto é feito por placas de deflexão (plates) metálicas, que aplicando ao feixe de elétrons um potencial, sendo de um lado positivo (atraindo os elétrons que possuem carga negativa) e na outra placa um potencial negativo. Assim, pela repetição constante da variação de tensão, começa a formar um traço no sentido horizontal da tela (deslocamento X).

A velocidade deste deslocamento (movimento de um lado a outro), pode ser ajustado pelo circuito TIME BASE (base de tempo) à partir do controle TIME/DIV. Além disso, poderemos deslocar a entrada posição do feixe no sentido horizontal (X-POS), mais para a direita ou esquerda, permitindo colocar a forma de

onda sobre o desenho das divisões da tela. Quando injetamos um sinal na entrada CH1 INPUT, permitimos que o sinal vá até o Y-amplifier (amplificador Y). O 'Y' representará o deslocamento em sentido vertical.

No circuito Y-amplifier, o sinal poderá ser atenuado com o controle VOLTS/DIV, para que possa não somente ser mensurado corretamente, mas também ser apresentado com uma amplitude que preencha mais da metade da tela.

Ainda poderemos deslocar a imagem em sentido vertical, atuando no controle Y-POS.

Esta é uma visão muito simples de como um osciloscópio trabalha. Mas, nas linhas seguintes, iremos definir melhor as medições das formas de onda e alguns controles específicos e que usaremos muito em nosso dia a dia.

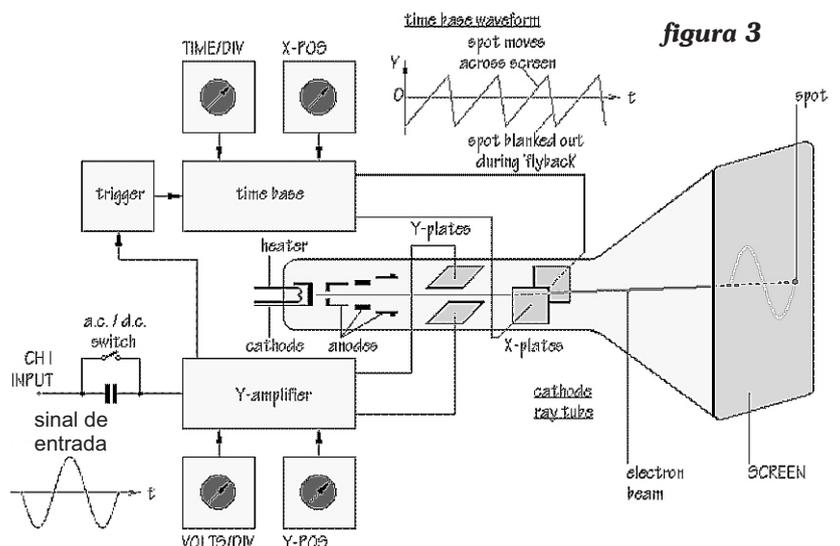
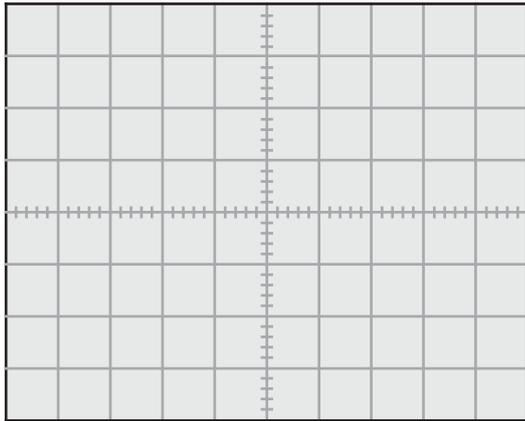


figura 3

A TELADO OSCILOSCÓPIO

figura 4



8 DIVISÕES VERTICAIS
(medição de amplitude - tensão)

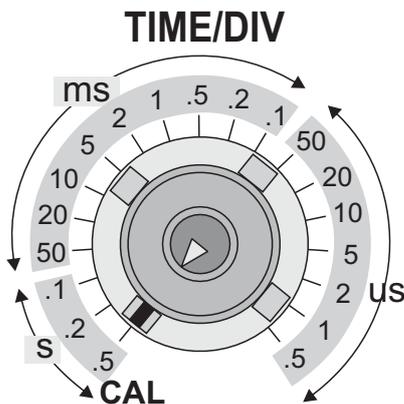
10 DIVISÕES HORIZONTAIS
(medição de tempo e frequência)

A tela de um osciloscópio, possui 10 divisões em sentido horizontal, e cada uma destas divisões estará vinculada à medição da chave TIME/DIV, que veremos mais adiante.

No sentido vertical, teremos 8 divisões, sendo estas vinculadas à medição da chave VOLTS/DIV, que normalmente em um osciloscópio básico, são duas. Ainda existe uma subdivisão em 5 partes, que pode ser vista na linha horizontal central e na vertical também central, permitindo uma maior precisão na leitura.

A ESCALA HORIZONTAL - TIME/DIV

figura 5



Como vemos pela figura 5, o osciloscópio possui uma chave de tempo, que determinará a velocidade que o feixe se deslocará em sentido horizontal. Esta chave possui mais de 16 posições, sendo que na figura, ela está na última posição do sentido 'anti-horário' (.5s, ou 0,5 segundos), isto significará que o feixe se deslocará bem lentamente, ou seja, 0,5s (meio segundo) por divisão, levando 5 segundos para percorrer de um lado ao outro da tela.

É importante destacar, que a chave TIME/DIV, possui na parte de cima, um potenciômetro (normalmente com botão vermelho ou outra cor de

destaque), que sempre deve ser posicionado na posição CAL, que significa calibrado, ou escala calibrada, caso contrário o tempo de deslocamento do feixe será menor do que o especificado na chave. Na figura 6, podemos ver agora que a chave foi deslocada para 50ms, sendo que o potenciômetro CAL continua na mesma posição.

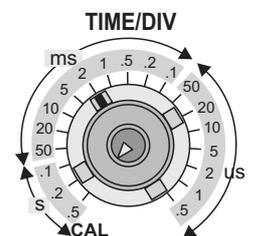
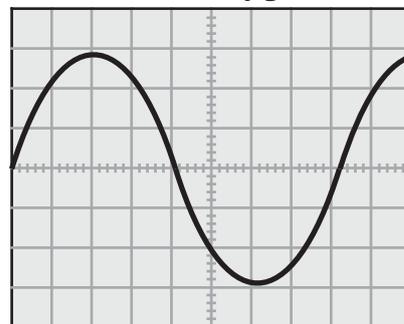
Com isso o feixe de elétrons deslocar-se-á agora com velocidade de 50ms por divisão, ou seja, 500ms (meio segundo) de um lado ao outro da tela (10 divisões). Caso façamos isso, haverá um movimento visível do ponto em deslocamento (leva meio segundo para ir de um lado ao outro).

Na figura 7, podemos ver agora que a chave foi posicionada em .2ms (0,2 milissegundos), ou 0,2ms por divisão, o que fará o feixe ir de um lado a outro da tela em 2ms (2 milissegundos). Assim, em um segundo, o feixe irá deslocar-se

aproximadamente 500 vezes na tela, não mais sendo visível o ponto, mas agora um traço. A escolha entre uma frequência baixa de varredura horizontal (.5s à 2ms), ou uma frequência mais alta (à partir de 1ms), dependerá da frequência a ser observada.

Como exemplo, podemos dizer que ao medir a rede elétrica, que possui 60Hz, o período de tempo dela será $1/60 = 16,6\text{ms}$. Colocando a chave TIME/DIV na posição de 2ms, o ciclo preencherá pouco mais de 8 divisões, como mostrado na figura 8. Como

figura 8

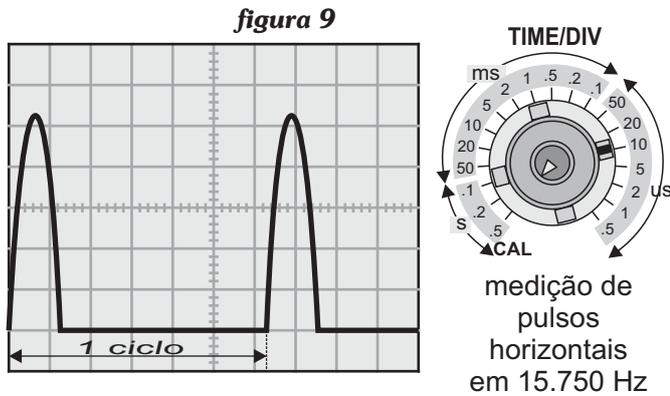


medição da rede elétrica em 60 Hz

ainda não comentamos sobre o posicionamento da escala VOLTS/DIV, deve-se tomar cuidado, pois a amplitude da rede elétrica é em torno de 300Vpp. Assim, a escala de tensão deve ser posicionada corretamente (falaremos mais adiante).

Os televisores mais antigos (de cinescópio), trabalham com uma frequência horizontal em torno

de 15.750Hz. Esta frequência faz trabalhar um componente chamado por Transformador de Saída Horizontal, muito conhecido por 'Fly-back' (lê-se flai-béque), cujos pulsos são de alta intensidade e ocorrem no retorno horizontal (por isso do nome fly-back ou voo no retorno).



Como dissemos, sendo a frequência de 15.750Hz, o período de tempo deste ciclo será de 63,5us, e para sua melhor observação, deveremos colocar a chave TIME/DIV em 10us, onde a forma de onda abrangerá cerca de pouco mais de 6 divisões, como vemos na figura 9.

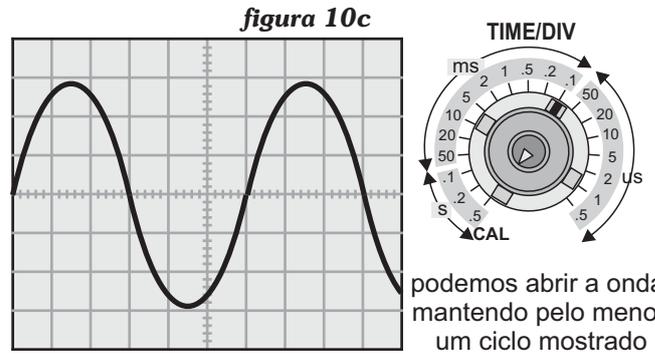
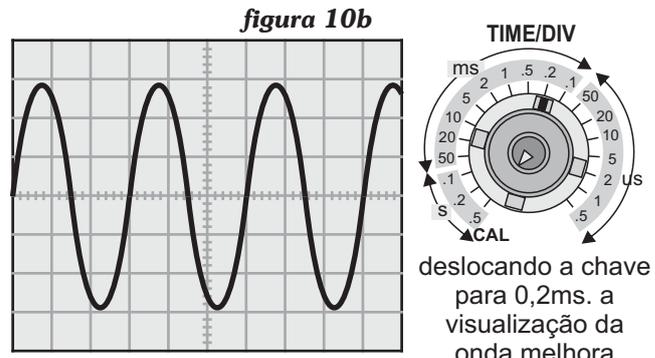
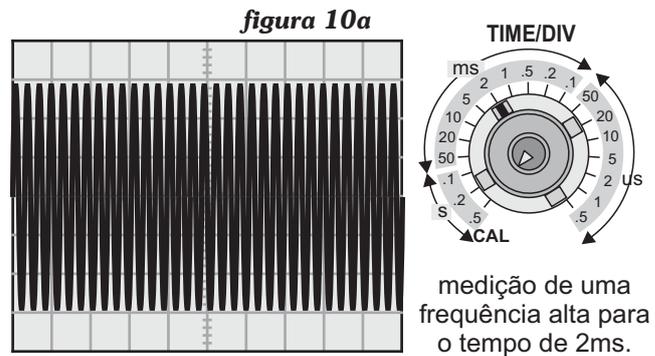
Aqui, **cuidado extremo** deve ser tomado com respeito a amplitude deste sinal, pois se ele for medido no coletor do transistor de saída horizontal (o responsável pela excitação do circuito), poderão ser gerados pulsos com intensidade maior que 700Vp (logo não há como esta tensão ser visualizada de forma normal).

FREQÜÊNCIA DESCONHECIDA

Podemos visualizar uma forma de onda desconhecida, e a partir de sua imagem podemos ajustar o controle TIME/DIV para a melhor visualização e leitura de sua frequência.

Como exemplo, vamos utilizar a figura 10a, onde temos a chave TIME/DIV, posicionada para o tempo de 2ms. Podemos ver que existe uma onda que parece ser senoidal, mas não há certeza, pois os ciclos estão muito próximos.

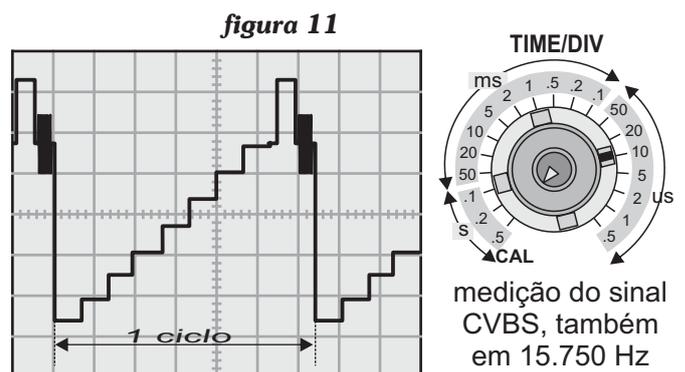
Virando a chave TIME/DIV em sentido horário (diminuindo o tempo de varredura e aumentando a velocidade de deslocamento dela), até chegar em 0,2ms (estamos 'esticando' a onda 10 vezes), já podemos visualizar sem problemas a onda (figura 10b) e também já podemos até verificar qual será a frequência do sinal, cujo ciclo abrange 3 divisões, ou seja, 0,2ms x 3 divisões, resultará em 0,6ms do tempo do ciclo. Utilizando a técnica que já foi ensinada para encontrar-se a tensão, podemos dizer que caberão 1,6 em 1; ou 16 em 10; 160 em 100 e 1600 em 1000. Com isso temos o valor de 1600. Como estamos utilizando 'ms' a resposta em unidade de frequência será de Hz. Assim, teremos uma variação senoidal com 1.600Hz ou 1,6kHz.



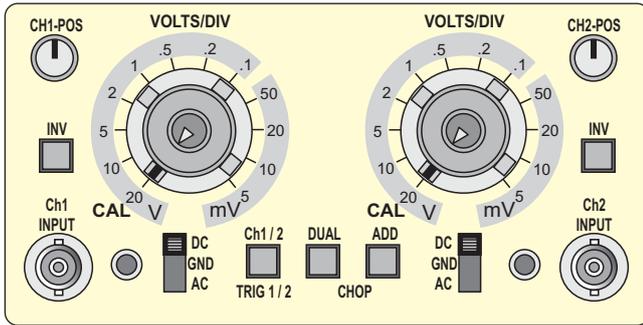
Vemos que ainda existe a figura 10c, onde a chave TIME/DIV está na posição de 0,1ms. Como o ciclo da onda se completa em 6 divisões, temos 0,6ms para o ciclo, o mesmo resultado anterior.

Na verdade, a figura 10c foi mostrada para que o aluno saiba que quanto mais esticada a forma de onda puder ser, desde que um ciclo caiba na tela, melhor precisão teremos para o cálculo de frequência.

Na figura 11 temos um sinal mais complexo, que está presente nas conexões de vídeo (CVBS). Para verificar sua frequência, temos que achar um ponto de referência inicial e verificar quantos ciclos tem até a finalização do ciclo (no caso com 6,3 divisões).



A ESCALA VERTICAL - VOLTS/DIV



Em determinada posição do frontal do osciloscópio, teremos as entradas verticais (ver figura 12), que podem ser duas ou mais (alguns osciloscópios mais antigos possuem somente uma entrada vertical). Estas entradas permitem que o sinal seja atenuado ou amplificado, de maneira a ser visualizado corretamente na tela.

A maioria dos osciloscópios possuem na chave VOLTS/DIV a entrada máxima de tensão de 5V, o que multiplicado por 8 divisões em sentido vertical, permitiria uma visualização de um sinal com no máximo 40V. Notem que no osciloscópio mostrado acima, as duas entradas verticais apresentam 20V por divisão, que multiplicado por 8 divisões, permitirá a visualização de um sinal com mais de 40V (osciloscópio convencional)?



A resposta será utilizar uma ponta de prova que possua resistores de alto valor para atenuar o sinal que vai ao osciloscópio. Assim, na figura 13, podemos ver que isso é feito por uma pequena chave, que quando colocada para frente da ponta, fica na posição by-pass (ou direto), sem que haja atenuação. Mas, deslocando-a para trás, o sinal passa a ser atenuado pela ponta 10 vezes, e com isso o osciloscópio que antes poderia mostrar na tela

formas de onda com até 40V, agora pode mostrar até 400V.

Ainda assim, poderíamos dizer que seria pouco, pois vimos anteriormente, que alguns sinais, principalmente no circuito de saída horizontal do televisor com tubo, podem apresentar amplitude superiores a 700Vp.

Todos os osciloscópios ainda possuem um potenciômetro de atenuação vertical, normalmente situado junto à chave VOLTS/DIV. A figura 14, mostra o detalhe deste potenciômetro. Há de se destacar que ele deverá sempre estar posicionado no ponto

'CAL' para que a leitura de VOLTS por divisão seja feita de forma correta. Mas, no caso comentado anteriormente, quando temos uma amplitude máxima na tela de 400V (com ponta atenuadora x10), e ainda necessitamos visualizar sinais com amplitude maior, devemos girar o potenciômetro em sentido horário, que a amplitude vertical será atenuada até um ponto máximo de 2,5 vezes. Quando utilizamos este artifício, perdemos a precisão na medição de amplitude.

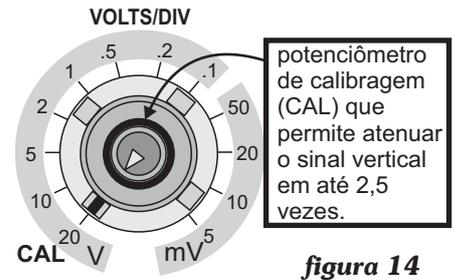


figura 14

CONTROLES DOS CANAIS VERTICAIS

Como vemos pela figura 15, temos vários controles e comandos no osciloscópio de dois canais. Vamos ver

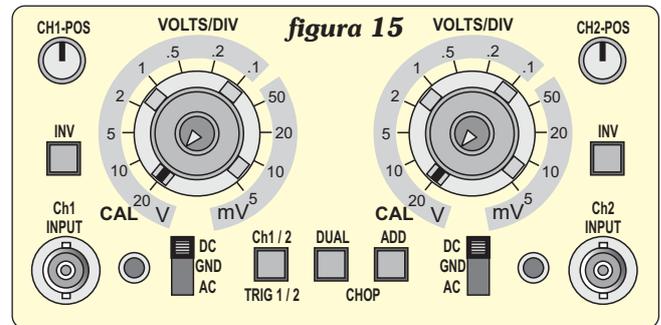


figura 15

resumidamente o que são eles:

CHAVE VOLTS/DIV: permite atenuar o sinal que vai entrar em cada um dos canais do osciloscópio. Dizemos que a sensibilidade do osciloscópio tem a ver com a amplitude mínima da divisão que no caso aqui é de 5mV.

CHAVE DC-GND-AC: é uma das chaves mais importantes, pois é a forma com que lançamos o sinal tensão para dentro do osciloscópio. DC (Direct Coupling) permite que tanto o sinal quanto a tensão entre no osciloscópio. Desta forma podemos verificar tensões contínuas e medi-las sem problema. AC (Alternating Coupling) ou acoplamento de sinais, permite apenas que entrem variações, sendo a componente contínua do sinal (se houver) fica bloqueada. Finalmente o GND (Ground) coloca a entrada do osciloscópio à massa, permitindo a visualização do ponto de referência. **CH1-POS** ou **CH2-POS:** permitem deslocar os feixes em sentido vertical de um e outro canal, para que a leitura seja realizada de forma correta, ou ainda separar os feixes do canal 1 do 2.

CHAVE INV: inverte a forma de onda do canal, tanto em sinal como em tensão.

CHAVE CH1/CH2: permite que seja escolhido observar ou o sinal do canal 1 (chave para cima) ou o sinal do canal 2 (chave pressionada).

CHAVE DUAL: permite observar os dois canais simultaneamente. Normalmente a varredura dos feixes é feita de forma alienada, ou seja, ora é mostrado o canal 1 e ora o canal 2, mas isso é feito tão rapidamente que parece que os feixes aparecem simultaneamente.

CHAVE ADD: permite somar o sinal do canal 1 ao sinal do canal 2.

CHAVE CHOP: quando estamos observando os dois canais em uma frequência de varredura horizontal abaixo de 1ms, a varredura dos feixes ALT acaba permitindo a visualização alternada entre eles. Quando o CHOP (chopper - comutador) é acionado, uma frequência em torno de 250kHz, comutará os canais 1 e 2 e com isso o efeito da alternância desaparecerá.

OS CUIDADOS COM A AMPLITUDE DOS SINAIS

O maior cuidado que o aluno-técnico deve ter com o osciloscópio é quanto ao nível de sinal que será possível injetar na entrada vertical. Normalmente o nível máximo vem especificado na tomada BNC (tomada de entrada de cada um dos canais). Note que nos osciloscópios que possuem a tensão máxima de 5V, que multiplicado por 8 divisões resultam em 40V máximo na tela, a entrada ainda suportará praticamente 10 vezes mais que isso, ou cerca de 400Vp. É claro que é bom não abusar. Assim, antes de ir colocando a ponta em determinados locais, verifique se a entrada a CHAVE VOLTS/DIV, está posicionada na maior amplitude e se mesmo assim, comportará o sinal que entrará.

MEDIÇÕES DE TENSÕES COM ENTRADA DC

Devemos trabalhar com o acoplamento vertical do osciloscópio (DC-GND-AC), normalmente em DC, como mostra a figura apesar de muitos manuais pedirem para trabalhar em AC. Trabalhar com a entrada em DC, permite que possamos medir não

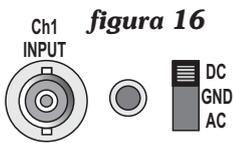


figura 16

somente sinais, mas também as tensões, onde praticamente descartamos utilizar o multímetro (este será utilizado somente em medições ou calibrações muito precisas).

Apesar disto veremos algumas medições e suas interpretações:

Medição da rede elétrica: sabendo que a rede elétrica apresenta uma tensão eficaz de 110Vac, podemos afirmar, que ela será uma senoide com 155Vp (155 volts de pico). Como ela é uma alternada, ou seja, inverte sua polaridade, o osciloscópio mostrará uma senoide que ora está 155Vp acima do eixo zero, e ora a -155Vp abaixo do eixo zero, ou seja, teremos uma amplitude de 310Vpp. Para fazer esta medição, sabemos que a maioria dos osciloscópios possuem somente a escala máxima em 5V e na tela comportará 40V. Utilizando a ponta x10 do osciloscópio, como na

figura 17

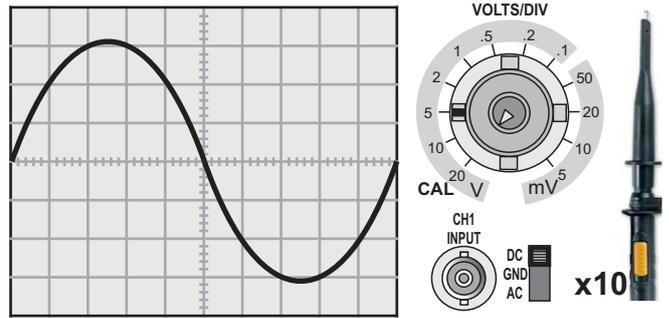


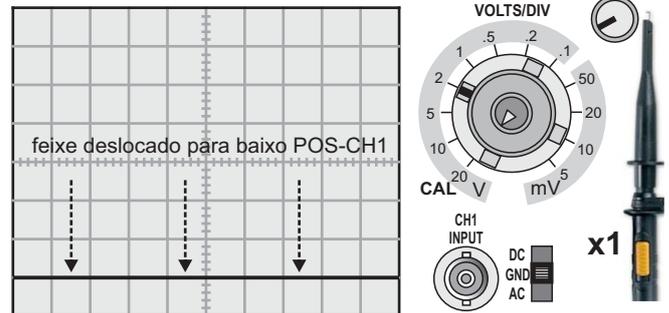
figura 17, teremos então o preenchimento de pouco mais de 3 divisões verticais para cima e para baixo do eixo zero, em um total de pouco mais de 300Vpp. Como a rede elétrica não possui tensão contínua, podemos medi-la usando acoplamento direto (DC) ou acoplamento capacitivo (AC).

MEDINDO UMA TENSÃO DE +12V COM RIPPLE

Vamos agora medir uma tensão de +12V, que normalmente é feita com um voltímetro (multímetro), utilizando o osciloscópio, como mostrado nas figuras a seguir.

Sabendo também que a tensão não é alta, mas

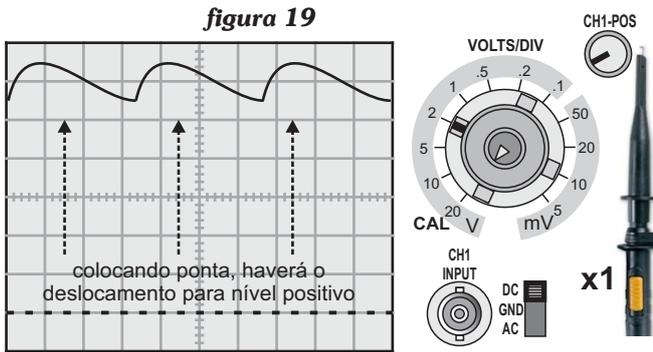
figura 18



apenas 12V, devemos posicionar a ponta do osciloscópio na posição direta (x1). Como vamos medir uma tensão contínua, necessitaremos colocar o acoplamento do osciloscópio (DC-GND-AC) em DC.

Notem que se fizermos assim, quando posicionarmos a ponta do osciloscópio no ponto de medição (+12V) haverá um deslocamento do feixe para cima e se a CHAVE VOLTS/DIV estiver ajustada para 1V, deslocará 12 divisões. Como temos somente 8 divisões em sentido vertical, deveremos colocar a CHAVE VOLTS/DIV em uma escala maior, ou seja, 2V por divisão. O problema é que ainda haverá o deslocamento para cima em 6 divisões (6 x 2V = 12V), ultrapassando o lado superior da tela. Assim, utilizando o potenciômetro de posição vertical (CH1-POS), deveremos girá-lo em sentido anti-horário e com isso o feixe poderá ser posicionada na divisão em baixo da tela. Sobram então 7 divisões para cima, cada uma tensa 2V, o que garante uma medição até no máximo 14V, visível na tela.

Assim, com a chave de acoplamento vertical na posição DC, e com o feixe deslocado para baixo, a forma de onda aparecerá levemente acima e a baixo da última divisão, como mostra a figura 19.



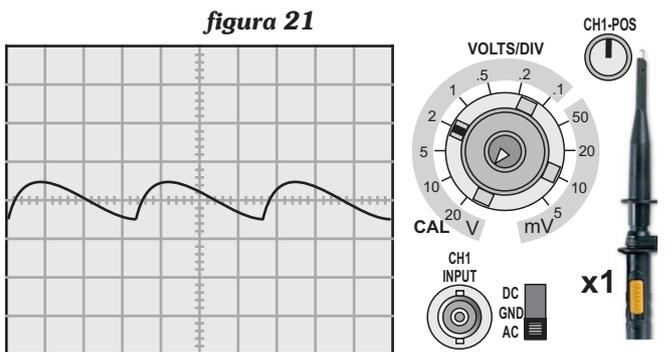
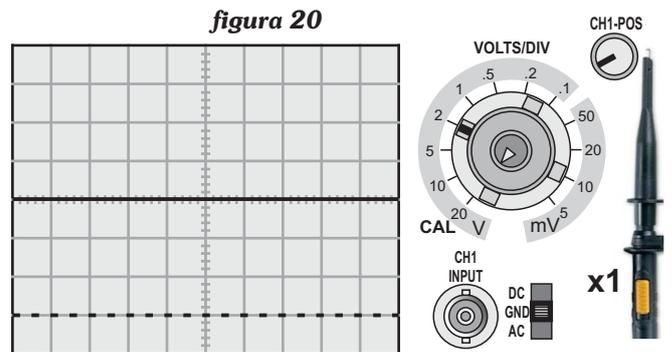
A imagem mostrada em tracejado, no canto baixo da tela, indica somente onde estaria o feixe, antes de aparecer a forma de onda na parte de cima. Caso a ponta seja retirada ou a chave a acoplamento DC-GND-AC, seja colocada na posição GND, aparecerá novamente o feixe na posição do tracejado.

ONDULAÇÃO NATENSÃO CONTÍNUA

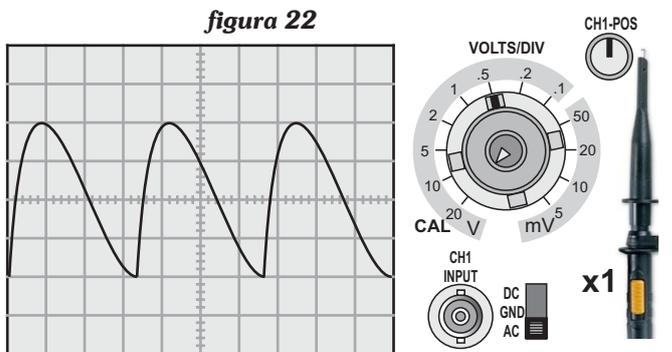
O que vemos na onda mostrada na figura 19 é um tanto estranha, pois parece uma dente-de-serra sem o pico positivo (achatada). Esta forma de onda, aparece normalmente nas tensões de fontes, que não são bem filtradas, ou que a ação de filtrar bem (tornar mais reta possível) não é necessária. Esta ondulação que aparece na tensão que deveria ser contínua, é chamada de ripple (ondulação) e pode ter maior ou menor intensidade de acordo com o consumo (valor da carga utilizada) ou ainda do capacitor (veremos na próxima lição) com capacitância reduzida ou com fuga.

MEDIÇÃO DAAMPLITUDE DO RIPPLE

Muitas vezes será necessário medir a amplitude do ripple e para isso deveremos posicionar o osciloscópio como mostra a figura 20. Primeiramente, vamos colocar o acoplamento do sinal (DC-GND-AC) em GND (ou tirar a ponta do osciloscópio do ponto de medição) e veremos que a onda se transformará em uma linha, que irá para a posição do ponto tracejado. Após, ajustando o potenciômetro de CH1-PÓS, devemos levar o traço para cima, até que fique bem centralizado na tela, bem em cima da linha central de referência da tela do osciloscópio. Desta forma, agora iremos posicionar a chave de acoplamento (DC-GND-DC) para a posição AC, como mostra a figura 21 e o sinal aparecerá acima e abaixo da referência do traço. Veja que a amplitude pico-a-pico da onda permanece a mesma, mas a tensão contínua da fonte que é de 12V foi bloqueada. Para uma medição mais precisa desta forma de onda (ripple), devemos ampliar a onda em sentido vertical,



e para isto utilizaremos a CHAVE VOLTS/DIV, colocando-a em uma menor tensão por divisão, como mostra a figura 22. Desta forma, o sinal que antes ocupava cerca de 1 divisão, quando a CHAVE VOLTS/DIV estava na posição 2V, agora ocupa 4 divisões, com a chave VOLTS/DIV na posição 0,5V. Logo, podemos afirmar que a amplitude do ripple é de 2Vpp (2 volts pico-a-pico).



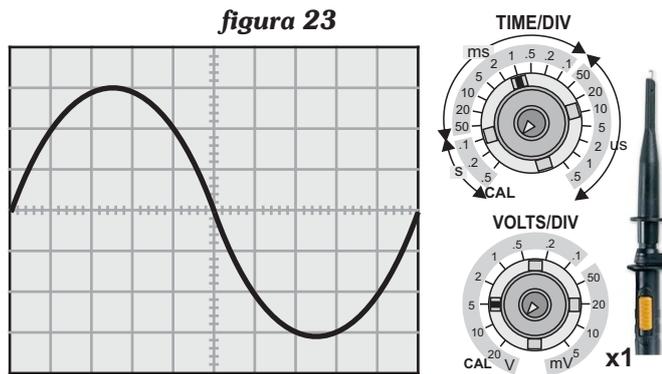
VISUALIZAÇÃO SIMULTÂNEA: FREQUÊNCIA E AMPLITUDE.

Na análise das formas de onda, vimos como medir a frequência de um determinado sinal e somente após sua amplitude. Mas isso será feito simultaneamente para os sinais que aparecem na tela. Na figura 23, vemos uma onda senoidal, que possui uma dada amplitude e frequência. Vemos que a ponta de prova do osciloscópio encontra-se na posição x1, e a chave VOLTS/DIV encontra-se na posição de 5V. Considerando assim, que cada divisão possui 5V, teremos que multiplicar pela quantidade de divisões que o sinal ocupa em sentido vertical, que é de 6 divisões, resultando então em

30Vpp (30 volts pico-a-pico). Vemos também que o ciclo da forma de onda, ocupa exatamente 10 divisões, indo de um lado a outro. É importante voltar

Transformando isso em volts, teríamos 0,02Vpp. Ainda deveremos observar qual será a tensão contínua do sinal, e para isto deveremos verificar qual a amplitude máxima do sinal, tanto para o pico positivo quanto para o negativo. Partindo do ponto de referência (eixo zero da tensão), onde na figura está tracejado, podemos dizer que até chegar à forma de onda, temos 1,5 divisões. Considerando que cada divisão possui 10mV, teremos um total de 15mV até o início da forma de onda. Até o ponto mais negativo do sinal, teremos 3,5 divisões, que multiplicado por 10mV, teremos 35mV.

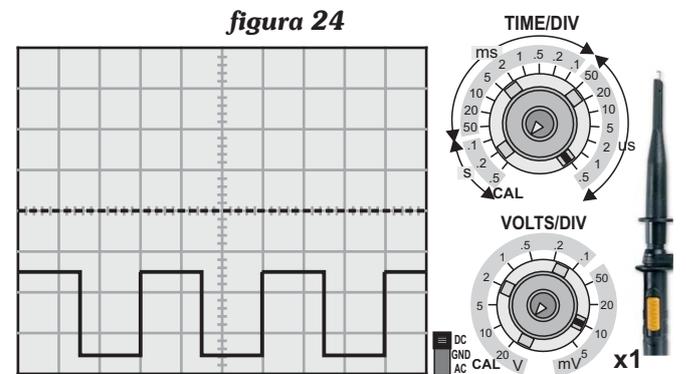
Assim, teremos uma variação de sinal que vai de -15mV até -35mV. Calculando a média de variação desde sinal, somando os dois valores e dividindo por 2 (forma de onda possui os semiciclos iguais), teremos -25mV, que será a tensão média de. Podemos também especificar que a tensão de pico do sinal, será a máxima amplitude alcançada pelo



a ressaltar que os potenciômetros de calibragem (CAL), tanto da chave VOLTS/DIV, quanto da chave TIME/DIV, devem estar na posição CAL, caso contrário, tanto a medição da amplitude, quanto a medição de frequência terão valores errados.

Voltando à medição de frequência, como o sinal ocupa 10 divisões e a chave VOLTS/DIV, encontra-se na posição de 1 ms, podemos afirmar que o ciclo do sinal abrange um total de 10ms. Fazendo a transformação de período de tempo em frequência, podemos dizer que em 100 cabem 10 vezes o valor de 10ms e que em 1000 cabem 100 vezes o valor de 10ms. Logo temos o valor de 100 e considerando que a medição é feita em 'ms' teremos como resultante o valor de 100Hz. Assim, todo o sinal possui uma amplitude de 30Vpp com 100Hz de frequência.

Na figura 24, temos uma forma de onda quadrada, que está abaixo do eixo de referência. Vamos começar inicialmente por verificar qual a amplitude deste sinal e para isto vamos observar primeiramente, qual a seleção da ponta de prova, que vemos estar em x1 (posição de medição direta). A chave VOLTS/DIV está na posição de 10mV, indicando que o sinal possui uma pequena amplitude. Podemos também verificar que o sinal abrange em sentido vertical, duas divisões, que multiplicado pela amplitude da escala (10mV) resultará em 20mVpp (20 milivolts pico-a-pico).



mesmo, em sentido positivo ou negativo. Assim, a tensão de pico do sinal será de -35mV. Agora, passaremos a verificar a frequência do sinal e para isto, bastará verificar quantas divisões o ciclo do sinal abrange, que no caso é de 3 divisões. Notamos que a chave TIME/DIV está na posição 0,5us (0,5 microssegundos) que multiplicado por 3 resultará em 1,5us de período de tempo para o ciclo. Sendo assim, teremos 6,666 porções de 1,5us que cabem em 10; ou 66,66 que cabem em 100 e 666,6 porções que cabem em 1000. Logo a frequência será de 666,6kHz.

pesquisas na internet sobre formas de onda e osciloscópio:

características e funcionamento: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Oscilosc%C3%B3pio>
<http://www.del.ufms.br/tutoriais/oscilosc/oscilosc.htm>

filme sobre utilização do osciloscópio: <http://www.youtube.com/watch?v=YC5FXTeqGPs>

<http://comprar.todaoferta.uol.com.br/osciloscopio-para-pc-frequencimetro-gerador-PDS62FEV4P#rmcl>

comprar osciloscópio (para PC) <http://www.controllerbrasil.com.br/>

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-45 à M1-48. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

AULA

13

CAPACITORES FIXOS E VARIÁVEIS

O capacitor fixo e a capacitância

Os capacitores ajustáveis e variáveis

Codificação dos capacitores

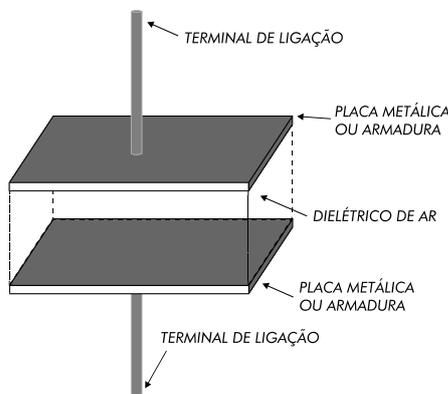
Associação dos capacitores série e paralelo

Carga e descarga do capacitor

O CAPACITOR

É um componente elétrico que tem a função de armazenar cargas elétricas e através dessa característica, encontra uma vasta aplicação em eletroeletrônica.

figura 1



Ele é basicamente constituído de duas placas como mostramos na figura 1, também chamadas de armaduras, que são separadas por um material isolante conhecido como dielétrico. Partindo desse material isolante, acabam surgindo diversos tipos de capacitores, todos com o mesmo princípio de

funcionamento básico, como mostramos na figura 2, com valores fixos ou variáveis. A simbologia do capacitor **não polarizado** pode ser vista na figura 3.

O capacitor é um componente com a finalidade de armazenar cargas elétricas, sendo sua capacidade de armazenamento chamada de **CAPACITÂNCIA**.

A capacitância depende de vários fatores como: distância entre as placas, área das placas (superfície das

figura 3

SIMBOLOGIA PARA CAPACITOR NÃO POLARIZADO

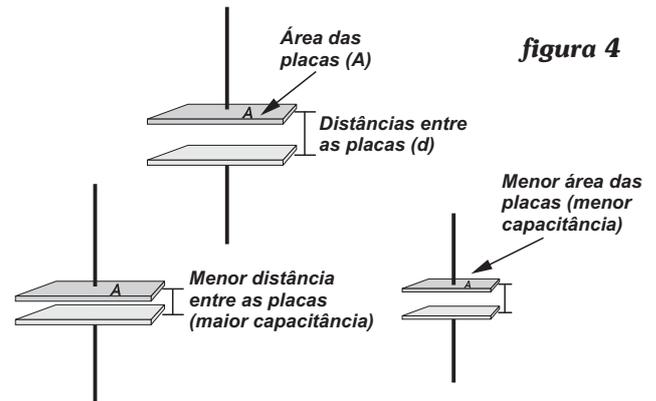
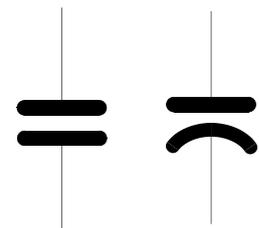


figura 4



figura 2

placas), quantidade de placas e tipo de dielétrico utilizado. A figura 4 mostra como varia a capacitância de um capacitor. A capacitância varia de forma diretamente proporcional à área das placas e a constante dielétrica (K); e de forma inversamente proporcional à distância das placas. Abaixo, mostramos a fórmula com o comportamento da capacitância de acordo com as dimensões do capacitor e material do dielétrico:

$$C = \frac{A}{d} \times K$$

Na figura 5, mostramos a tabela com exemplos de vários materiais e suas respectivas constantes dielétricas.

figura 5

Constantes dielétricas	
<i>Substâncias</i>	<i>Constantes (k)</i>
Ar	1
Baquelite	4 a 8,5
Fibra	5,5
Vidro	6 a 8
Guita percha	3 a 5
Mica	3 a 7
Parafina	2 a 2,5
Porcelana	4 a 6
Quartzo	4,5 a 5
Borracha	2 a 3,6
Madeira	2 a 6
Álcool	15 a 26
Cera de Abelha	3 a 3,2
Óleo	4,5 a 4,8
Papel	2 a 3,2
Verniz	4,5 a 5,5
Água destilada	81

A unidade de medida utilizada para expressar a capacidade de armazenamento de carga elétrica por um capacitor é o FARAD (F).

Um determinado capacitor terá a capacitância de 1 Farad quando ele armazenar uma carga correspondente a 1 Coulomb com uma tensão de 1V.

Em circuitos eletrônicos, a capacitância utilizada apresenta valores bem inferiores a 1F (1 Farad). Criou-se assim a necessidade de utilizar-se submúltiplos, como mostrado abaixo:

- (mili-Farad) $1mF = 0,001F$
- (micro-Farad) $1 \mu F = 0,000001 F$
- (nano-Farad) $1 nF = 0,000000001 F$
- (pico-Farad) $1 pF = 0,000000000001 F$

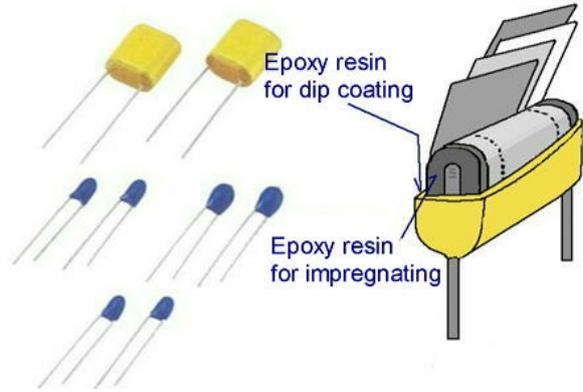
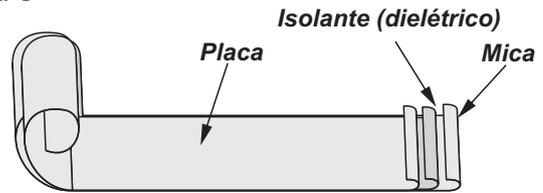
TIPOS DE CAPACITORES

Existem inúmeros tipos de capacitores, para atender a necessidades específicas de cada área da elétrica ou eletrônica.

Em geral, os capacitores são classificados segundo seu dielétrico, ou seja, o tipo de material isolante utilizado entre as armaduras, onde podemos citar por exemplo, a mica, cerâmica, papel, plástico, óleo, solução eletrolítica, etc.

A técnica básica de construção de capacitores é a mesma para todos os tipos, pois todos possuem duas placas de material condutor separadas por um

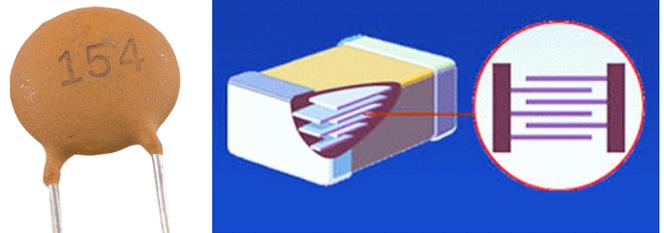
figura 6



isolante. No caso específico do papel e do plástico, esse conjunto é enrolado afim de conseguir um menor volume. Essas placas enroladas geram um efeito parasita muitas vezes indesejável: a indutância, que não é característica exclusiva dos capacitores citados. Afigura 6, mostra o aspecto de como as duas placas e o material isolante são acondicionados.

No entanto, em alguns circuitos, torna-se inviável trabalhar com esses tipos de capacitores; Assim, a saída é utilizar capacitores com características indutivas muito baixas, como os capacitores cerâmicos, SMD (montados em superfície) e um tipo de capacitores de poliéster, chamados Schico.

figura 7



Existe um outro tipo de capacitor, cuja tecnologia básica de construção foge um pouco do convencional, que é o capacitor eletrolítico (figura 8). O eletrolítico é basicamente constituído por uma folha de alumínio ou alumínio-estanho, separadas por um material poroso, impregnado de uma solução eletrolítica. Todos esse conjunto é enrolado e colocado dentro de um invólucro metálico, onde são colocados terminais de forma radial ou axial.

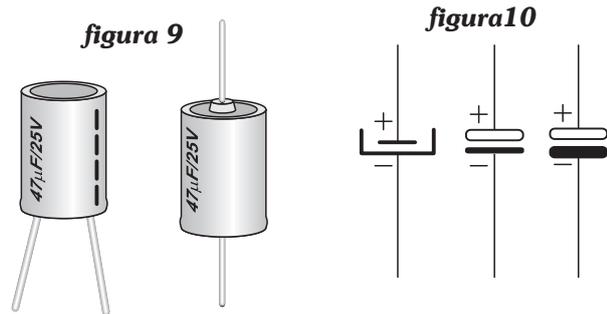
Feito isso, o eletrolítico não tem ainda a capacitância nominal desejada, sendo necessário a aplicação de uma tensão entre seus

figura 8



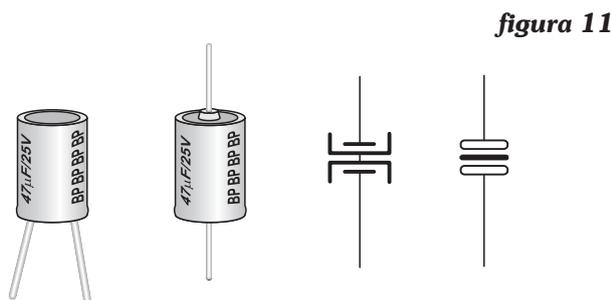
terminais, tendo polaridade definida. Quando essa tensão é aplicada, haverá internamente uma reação química onde será formada uma fina camada de óxido depositada na folha de alumínio, sendo que essa camada irá constituir o dielétrico. Como essa camada é bem fina, na realidade mais fina que o mais fino dielétrico utilizado nos capacitores convencionais, os capacitores eletrolíticos apresentam grande capacitância em pequeno volume.

Podemos ver o aspecto físico dos capacitores eletrolíticos na figura 9, e na figura 10, sua diagramação simbólica.



Nem só vantagens apresenta o capacitor eletrolítico; visto que necessita aplicar uma tensão para formar seu dielétrico, caso haja inversão da polaridade, haverá uma fuga interna tão grande que ele aquecerá a ponto de estourar como uma panela de pressão. Isto também poderá acontecer se sua tensão de trabalho for excedida.

Para trabalhar com tensões alternadas, alguns fabricantes lançaram o capacitor eletrolítico bipolar, que possui características semelhantes ao convencional, mas com vantagem de poder ser ligado a tensões alternadas. A figura 11 mostra o aspecto físico, muito semelhante ao eletrolítico e também seu aspecto simbólico.

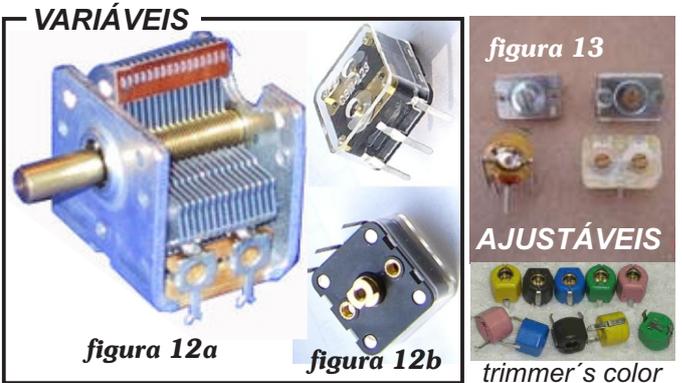


CAPACITORES AJUSTÁVEIS -VARIÁVEIS

São capacitores que podem ter sua capacitância variada, sendo muito úteis em circuito de sintonia (escolha de canais ou emissoras) e osciladores (circuitos que criam ondas senoidais para mais diversas aplicações). São divididos em dois tipos básicos: variável e ajustável.

O primeiro tipo é utilizado onde necessita-se de uma constante variação de capacitância (por exemplo na sintonia de emissoras em um receptor de rádio) e o segundo já utilizado em situações onde não é

necessário uma grande variação da capacitância. Normalmente são capacitores colocados internamente nos equipamentos, para serem manipulados exclusivamente pelos técnicos reparadores. A figura 12a, mostra o aspecto de um capacitor variável do tipo metálico de grande dimensões (dielétrico de ar), que foi muito utilizado até o início da década de 80.



Os trimmer's modernos são codificados através de cores em seu corpo, seguindo a tabela abaixo:

7mm incolor 1,5pF 5pF	9mm azul 2,5pF 13pF
7mm amarelo 2,8pF 9pF	9mm verde 3,5pF 26pF
7mm verde 3,5pF 18pF	9mm incolor 4pF 38pF
7mm vermelho 3,5pF 27pF	9mm amarelo 5,5pF 60pF
7mm violeta 3,5pF 36pF	9mm laranja 6,5pF 75pF
7mm laranja 3,5pF 45pF	

A figura 12b já nos mostra um capacitor variável de pequenas dimensões (dielétrico de plástico), que passou a ser utilizado em rádios portáteis de pequenas dimensões no final da década de 60 ainda é utilizado em alguns sintonizadores. Na figura 13 temos a apresentação de capacitores ajustáveis, também conhecidos por "trimmer"; esses foram muito usados na década de 60 e 70.

CODIFICAÇÃO DE CAPACITORES

Como já foi mencionado anteriormente, existem diversos tipos de capacitores (poliéster, eletrolítico, cerâmico, tântalo, óleo, papel, mica, etc) e devido as características de cada um, vão ser utilizados em uma função específica. É de vital importância que o técnico saiba "ler" o valor de capacitor, assim como também outros parâmetros com respeito a ele. Em geral os parâmetros que mais vão interessar ao técnico são: capacitância, tensão de trabalho, tolerância e em alguns casos o coeficiente térmico. E justamente devido a grande diversidade dos tipos de capacitores, também existem inúmeras formas de apresentar os dados mencionados. Vejamos alguns exemplos a seguir:

a) código de cores

Apesar de haver sido muito utilizado na década de 70 e

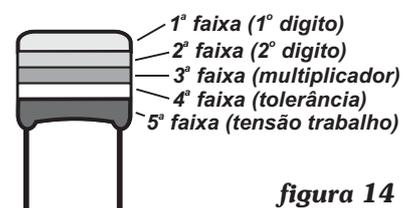


figura 14

80 está sendo abandonado. Funciona de forma muito semelhante ao código usado para os resistores (veja figura 14).

Na figura 15 temos a tabela de interpretação das cores.

Supondo que um capacitor apresente-se com as faixas nas seguintes cores: 1-amarela; 2-violeta; 3-vermelha; 4-branca; 5-azul.

O primeiro dígito na formação do valor será 4 (amarelo); o segundo 7 (violeta). Eles formam o número 47 que será multiplicado por 100 (vermelha), resultando em 4700. Esse valor será dado em "pF" (pico-Farad) que representará 4.700pF ou 4,7kpF ou 4,7nF; a tolerância será de 10% (branca); a tensão de trabalho de 630V (azul).

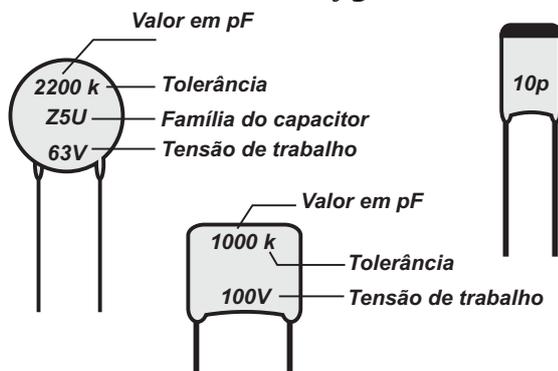
figura 15

COR DA FAIXA	1ª e 2ª FAIXA	3ª FAIXA	4ª FAIXA	5ª FAIXA
PRETO	0	1	± 20%	-
MARROM	1	10	-	-
VERMELHO	2	100	-	250V
LARANJA	3	1000	-	-
AMARELO	4	10.000	-	400V
VERDE	5	100.000	-	-
AZUL	6	-	-	630V
VIOLETA	7	-	-	-
CINZA	8	-	-	-
BRANCO	9	-	± 10%	-

b) Inscrição direta no corpo

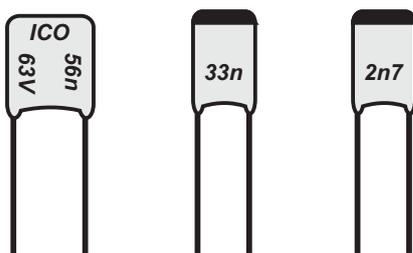
Existem capacitores que o valor já vem direto escrito em pF que é a menor medida para os capacitores (figura 16).

figura 16



Outros em nanofarad (figura 17) que seria uma representação intermediária de valores dos capacitores.

figura 17



Também existem uma representação em uF, que apesar de ser feita normalmente para capacitores eletrolíticos, também é utilizada para codificar alguns capacitores de poliéster (figura 18). Apesar da leitura parecer simples, deve-se ter cuidado para não se enganar com os valores.

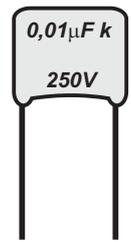


figura 18

Na figura 16, vemos que após o valor "1000" existe a inscrição "k" que não é um multiplicador e sim a tolerância. Assim, a leitura deverá ser feita em pico-Farad.

c) Inscrição no corpo codificada

Alguns tipos de capacitores (principalmente cerâmicos) utilizam um código de difícil interpretação para quem não os conhece. Esses podem ser vistos nas figuras a seguir.

Exemplo de interpretação do código: o capacitor da figura 19, apresenta a inscrição 104, ou seja os dois primeiros algarismos indicam "1" e "0" e o terceiro é o número "4" que indica o número de zeros que acompanha os dois primeiros, resultando em um valor de 100.000, ou 100.000pF ou ainda 100nF, tendo tolerância de 5% e tensão de trabalho de 100V; NPO representa a família do capacitor, que dentre outras coisas informa como varia a capacitância com a temperatura (coeficiente térmico).

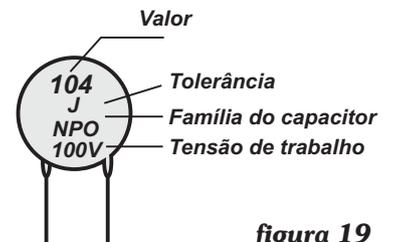


figura 19

Já o capacitor apresentado na figura 20, tem como dois primeiros algarismos o "2", formando o número "22" onde após terá o acréscimo de dois zeros, resultando em um valor de 2.200 pF ou 2,2 nF; sua tolerância será de 10% e tensão de trabalho de 100V que é representado pelo número "1" (1=100V; 2 = 250V; 5 = 500V); outras tensões são colocadas por extenso. A família que o capacitor pertence, dependerá da cor do segmento, que pode ser interpretada pela tabela da figura 21.

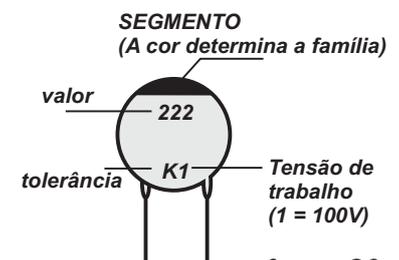


figura 20

figura 21

TABELA DE IDENTIFICAÇÃO DOS SEGMENTOS	
CLASSE I	CLASSE II
—	AZUL Y5E
—	PRATA Y5F
LARANJA N150	VERMELHO Y5P
VERDE N330	VIOLETA Z5U
LARANJA N1500	PRETO Z5V
CINZA P350/ N1000	— Z4V

C	$\pm 0,25pF$
D	$\pm 0,05pF$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$
S	$-20\% + 50\%$
Z	$-20\% + 80\%$
P	$0 + 100\%$

ATENÇÃO:
SUGERIMO
S AOS
ALUNOS
QUE
POSSUEM A
PUBLICAÇÃO
O ANÁLISE
DE

DEFEITOS, ESTUDAR O
VOLUME 2
(PÁGINA 56 ATÉ 61).
ASSOCIAÇÃO SÉRIE

Nesse tipo de associação, devido a carga dos capacitores estar sendo dividida, teremos um resultado de capacitância menor que o menor valor d e

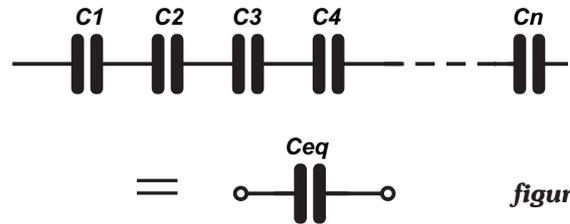
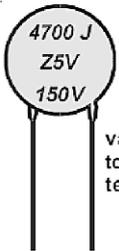


figura 22

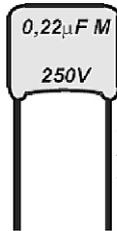
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

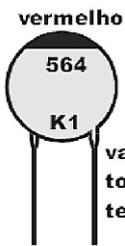
Nos capacitores abaixo, identifique os valores de sua capacitância, tolerância e tensão máxima de trabalho:



valor:
 tolerância:
 tensão:



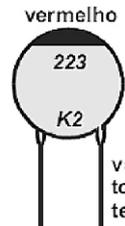
valor:
 tolerância:
 tensão:



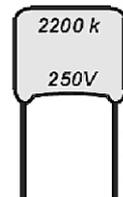
valor:
 tolerância:
 tensão:



valor:
 tolerância:
 tensão:



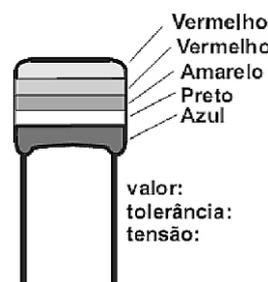
valor:
 tolerância:
 tensão:



valor:
 tolerância:
 tensão:



valor:
 tolerância:
 tensão:



valor:
 tolerância:
 tensão:

- 1) valor: 4700pF ou 4,7nF tolerância: 5% tensão: 150V
- 2) valor: 2200pF ou 2,2nF tolerância: 10% tensão: 250V
- 3) valor: 560nF ou 0,56µF tolerância: 10% tensão: 100V
- 4) valor: 1000pF ou 1nF tolerância: 10% tensão: 400V
- 5) valor: 22000pF ou 22nF tolerância: 10% tensão: 250V
- 6) valor: 2200pF ou 2,2nF tolerância: 10% tensão: 250V
- 7) valor: 470pF ou 0,47nF tolerância: 10% tensão: 250V
- 8) valor: 220000pF ou 220nF tolerância: 20% tensão: 630V

capacitor em série. Para que possamos calcular este valor, façamos o cálculo da figura 22 ou utilizamos do mesmo cálculo feitos na associação paralela de resistores, vistos

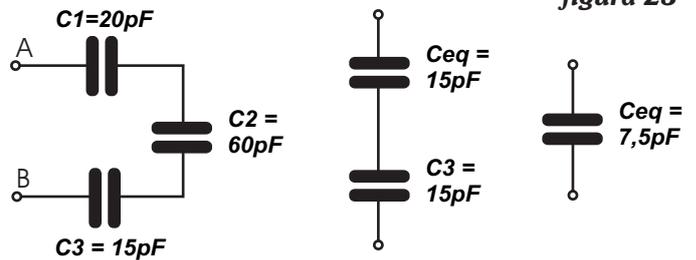


figura 23

anteriormente. Apesar desta fórmula acima apresentada fornecer meios para o cálculo de capacitores em série, lembramos que o meio mais rápido e prático de se calcular capacitores equivalente é o método utilizado para cálculo de resistores em paralelo estudado nos capítulos anteriores, como vamos exemplificar abaixo: Na figura 23 podemos ver 3 capacitores (C_1, C_2 e C_3) ligados em série entre os pontos "A" e "B", poderíamos utilizar a fórmula indicada na figura 22, mas para melhor compreensão da aplicação

dividir o capacitor de maior capacitância (C2) por 4x, chegando ao valor de $C_{eq1} = 15pF$.

O próximo passo é substituir C_{eq1} na malha série como mostra o circuito do meio da figura 23; como sobraram ainda 2 capacitores (C_{eq1} e C3), devemos calcular novamente o capacitor equivalente. Como os dois capacitores tem o mesmo valor de capacitância, basta dividir este valor por 2 (total de 2x) para encontrarmos $C_{eq} = 7,5pF$.

Para confirmar se o cálculo pela fórmula da figura 22 estaria correto, vamos refazer os cálculos, só que agora aplicando a fórmula:

$1/C_{eq} = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3$, ficando neste caso com $1/C_{eq} = 1/20 + 1/60 + 1/15 = 1/C_{eq}$, depois de reduzido as frações ao mesmo denominador teremos $1/C_{eq} = 3/60 + 1/60 + 4/60 = 8/60 = 1/C_{eq}$, agora invertendo as frações: $C_{eq}/1 = 60/8 = 7,5pF = C_{eq}$.

Como pode-se observar os 2 métodos de cálculo de capacitores em série são equivalentes e chega-se ao mesmo resultado. Queremos aqui salientar que a fórmula da figura 22, também pode ser aplicada a associação de resistores em paralelos, basta substituir os capacitores da fórmula por resistores:

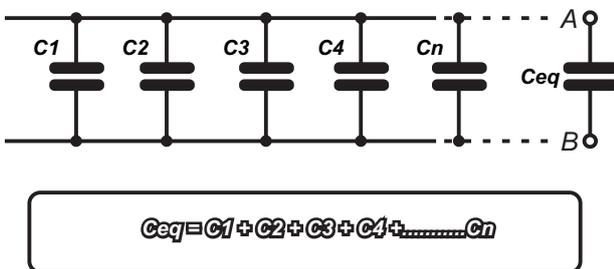
$$1/R_{eq} = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + \dots + 1/Rn$$

ASSOCIAÇÃO PARALELA

A associação paralela dos capacitores levará a um valor final de capacitância maior que o maior valor do capacitor associado. Isto porque na associação paralela, as cargas dos capacitores associados irão se somar.

Para que possamos calcular este valor, basta somar os valores dos capacitores associados e chegaremos ao resultado final. Uma analogia pode ser feita com o cálculo de resistência equivalente de resistores ligados em série. Um exemplo disso pode ser visto na figura 24.

figura 24



Para fixar o método vamos pegar um exemplo de 3 capacitores em paralelo, como mostra a figura 25.

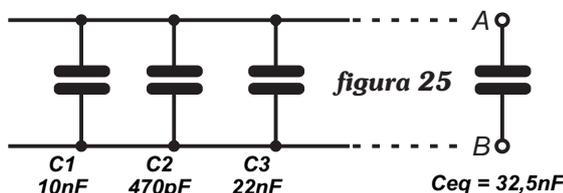


figura 25

Nesta figura (25) podemos ver C1, C2 e C3 em paralelo entre os pontos “A” e “B”, o método de cálculo para encontrar o capacitor equivalente da malha paralela é o mesmo utilizado em resistores série, bastando somar os valores das capacitâncias dos capacitores, ficando então com: $C_{eq} = C1 + C2 + C3$, onde substituindo teremos $C_{eq} = 10Kpf + 470pF + 22Kpf$, resultando $C_{eq} = 32,47 Kpf$ ou $32,47nF$; arredondamos o valor para $32,5nF$.

TENSÃO DE ISOLAÇÃO

A tensão de isolação total de malhas de capacitores associados, dependerá do valor da capacitância de cada capacitor e também se os capacitores estão associados em série ou paralelo.

Para capacitores em paralelo, a tensão aplicada a cada capacitor será a mesma já que todos os capacitores estão ligados no mesmo ponto. Portanto a tensão de isolação equivalente da malha paralela será a menor tensão, dentre as tensões de todos os capacitores. Por exemplo se tivermos 3 capacitores em paralelo como a figura 26, e a tensão de C1=250V, de C2=100V e de C3=500V, a tensão de isolação máxima da malha será de 100V, ficando com um capacitor equivalente de $32,5pF \times 100V$, não podendo ser ligada nenhuma tensão (V_p) superior a esta nesta malha.

Agora para capacitores em série, as quedas de tensão sobre os capacitores dependerá do valor de cada capacitor, mas em geral se associarmos só capacitores iguais em série, a tensão de isolação da malha será igual a multiplicação do número de capacitores em série pelo valor da tensão de isolação de 1 capacitor, mas vale lembrar que este cálculo só vale para capacitores em série de mesmo valor de capacitância e tensão.

Para exemplificar vamos supor que tenhamos 3 capacitores em série de 10Kpf cada um, e de tensão de isolação de 500V cada; teremos então neste caso uma tensão de isolação total de 1500V (3×500). Mas para manter um limite de segurança, devemos dividir a tensão de isolação total por 2, ficando apenas com 750V de tensão de isolação desta malha série, resultando num capacitor equivalente para esta malha de $3,3nF \times 750V$.

CAPACITOR EM CORRENTE CONTÍNUA

Na figura 26, podemos ver uma malha série de resistores com capacitores em paralelo em cada resistor.

Podemos ver ainda, que as tensões indicadas nos círculos estão proporcionais aos resistores, levando-nos a conclusão de que os capacitores C1, C2 e C3 nada influem nesta malha.

De fato podemos afirmar isto, pois considerando que a fonte (+30V) é estável, os capacitores se carregam com as quedas distribuídas nos resistores, e após esta carga funcionam como chaves abertas.

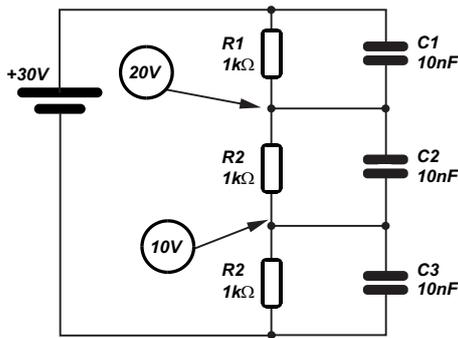
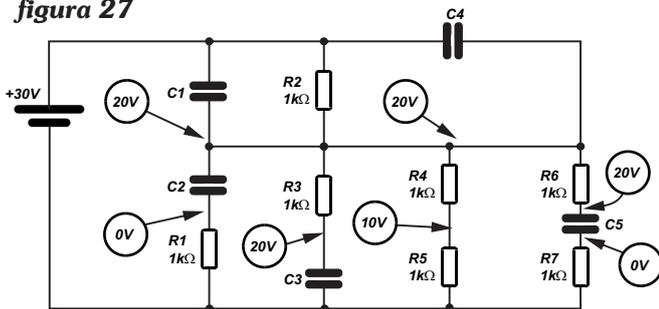


figura 26

O mesmo pode ser visto na figura 27, que aparentemente é complexa, mas se considerarmos que após as cargas dos capacitores eles funcionam como chaves abertas, teremos uma corrente circulante somente nos resistores R2, R4 e R5.

figura 27

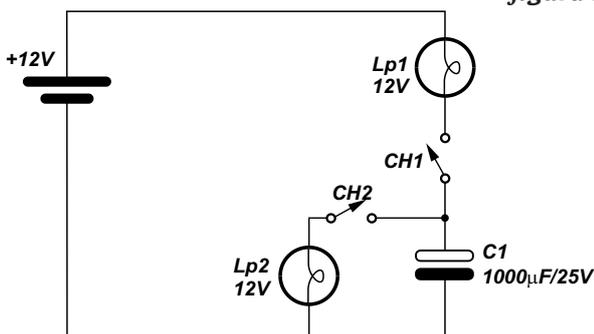


Consideraremos então, para o dimensionamento de tensão, o cálculo baseado nestes três resistores. As demais tensões serão reflexos das quedas dos resistores R2, R4 e R5, sendo que para chegar a estas tensões basta imaginar os capacitores como chaves abertas.

Nestes dois exemplos anteriores, pudemos ver que os capacitores ligados em fontes de tensão contínua, após serem carregados passam a funcionar como chaves abertas, passando a não mais fazer parte do circuito. Mas como será o seu comportamento, no exato momento em que eles são ligados ao circuito, o que acontece enquanto eles estão se carregando?, e o que também acontecerá se a fonte for desligada do circuito?

Para responder estas perguntas vamos tomar como exemplo a figura 28, que é um circuito composto de uma fonte de 12 volts ligada a um capacitor, através de uma chave Ch1 e uma lâmpada Lp1; em paralelo a este capacitor (C1) temos uma segunda lâmpada Lp2 em série com outra chave Ch2.

figura 28

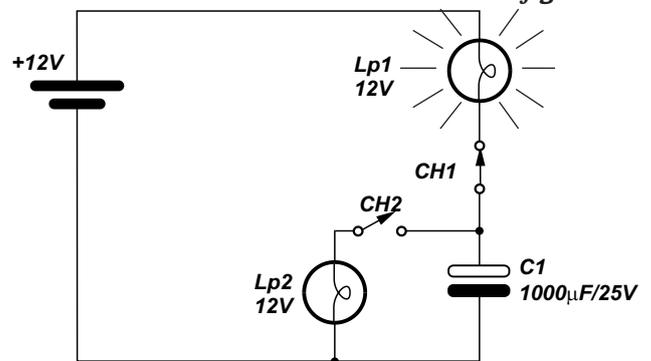


Podemos ver neste circuito que inicialmente as 2 chaves estão abertas e por isso não há corrente circulante mantendo as 2 lâmpadas apagadas e o capacitor C1 descarregado, com zero volt de tensão sobre ele.

Agora vamos fechar Ch1, permitindo a circulação de corrente pela lâmpada Lp1, e carregando C1, conforme a figura 29.

Podemos ver por esta figura (29) que enquanto o capacitor C1 se carrega haverá elétrons “saindo” do polo negativo da fonte, carregando a parte debaixo do capacitor com uma carga negativa, ao mesmo tempo devido ao potencial da fonte alguns elétrons da parte de cima do capacitor irão para o polo positivo da fonte, gerando corrente elétrica que passará pela lâmpada fazendo a mesma acender. Notem que a corrente sai do polo positivo da bateria passando pela lâmpada Lp1, fazendo ela acender, passa pela chave Ch1 e carrega o capacitor C1, mas ela não passa pelo capacitor, ela simplesmente termina na placa de cima do capacitor, carregando a mesma com uma tensão positiva (falta de elétrons). Esse potencial positivo da placa de cima irá atrair elétrons do polo negativo da fonte, gerando uma corrente de mesma intensidade agora da placa de baixo do capacitor em direção ao polo negativo da bateria, carregando a placa de baixo do capacitor com uma carga igual a placa de cima, só que com potencial negativo (sobra de elétrons).

figura 29



Aparentemente tudo se passa como se a corrente “atravessasse” por dentro do capacitor, mas isso na verdade não ocorre. Para efeito de cálculos, vamos supor que o capacitor enquanto está descarregado é um “curto”, permitindo a passagem de corrente por ele. Mas, depois quando ele vai se carregando, esse “curto”, passa a ser uma resistência que vai aumentando o seu valor e diminuindo a corrente circulante “pelo capacitor”, até que ele se carregue completamente e passa a ser uma chave aberta, não permitindo mais corrente circulante por ele.

Voltando a figura 29, no instante que a chave Ch1 fechou o capacitor estava descarregado, funcionando como um “curto”, gerando uma forte corrente fazendo a lâmpada Lp1 acender, quando o capacitor foi se carregando a corrente foi diminuindo e o brilho da lâmpada também foi diminuindo até ela se apagar e o capacitor se carregar completamente

com 12volts.

Depois de passar um bom tempo com a chave Ch1 fechada, vamos abrir de novo a Ch1, voltando novamente ao estado da figura 28, sendo que agora a tensão sobre o capacitor não é mais de zero volt e sim de 12 volts, já que o capacitor tem a propriedade de acumular as cargas, mantendo a tensão de 12 volts sobre ele.

Vamos agora fechar a chave Ch2, que liga o capacitor a lâmpada Lp2, e vamos "observar" o que vai acontecer, como mostra a figura 30.

Agora o capacitor C1 estará ligado a outro circuito,

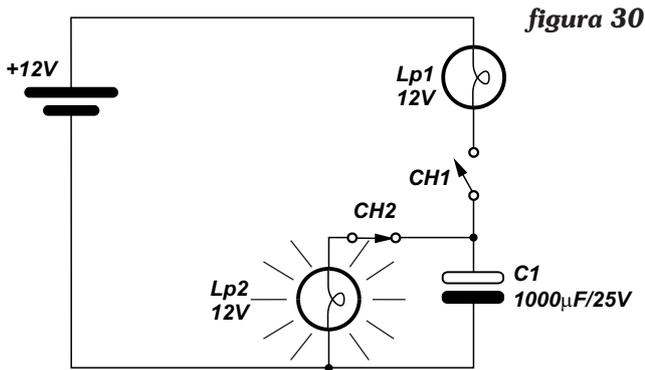


figura 30

sem nenhuma fonte de alimentação, e neste caso, a carga acumulada por ele irá se descarregar, gerando corrente da placa de cima (positivo) para a placa de baixo (negativa) passando pela lâmpada Lp2, fazendo a mesma acender. Inicialmente a diferença de potencial entre as placas é de 12 volts, gerando um brilho "forte" na lâmpada. Mas, com o passar do tempo, as cargas vão se neutralizando e a corrente diminuindo, fazendo o brilho da lâmpada também diminuir até que todos os elétrons em excesso da placa de baixo passem para a placa de cima (sentido da corrente real), até que cesse a

diferença de potencial e a corrente, apagando a lâmpada. Então a diferença de potencial (tensão) no capacitor volta a zero volt, deixando o capacitor completamente descarregado. Podemos resumir o comportamento do capacitor, trabalhando em tensões contínuas em 3 etapas:

1°) Capacitor descarregado, ligado a uma fonte de tensão contínua, se comportará como um curto até ele se carregar.

2°) Quando ele estiver se carregando ele se comportará como um resistor variável que vai aumentando sua resistência quanto mais carregado estiver, até sua carga de completar.

3°) Depois de carregado, ele se comportará como uma chave aberta, e assim permanecerá enquanto estiver ligado a uma tensão contínua.

O capacitor carregado, depois de desligado da fonte, se comportará como uma bateria, gerando corrente para um circuito "fechado", até sua carga "esgotar" e ele voltar a ficar descarregado. Devemos lembrar que as duas primeiras etapas são transitórias e demoram apenas frações de segundo; praticamente o tempo todo o capacitor será uma "chave aberta" num circuito de corrente contínua.

O tempo de carga e descarga do capacitor será proporcional ao valor de sua capacitância e também da resistência equivalente ao circuito em série com ele e a fonte de tensão ou corrente. Veremos mais detalhes sobre a carga do capacitor na apostila de módulo 2 de eletroeletrônica.

Na análise de defeitos com capacitores e resistores em circuito de corrente contínua o único defeito possível do capacitor é curto ou fuga, fazendo o mesmo se comportar como um resistor, permitindo a passagem de corrente por ele, alterando as tensões.

EXERCÍCIOS DE DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE DEFEITOS COM CAPACITORES

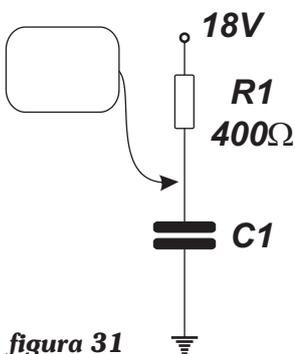


figura 31

será a maior possível, pois ele é a resistência infinitamente maior do circuito. Podemos também afirmar que a queda de tensão sobre R1 será mínima ou praticamente zero volt, pois sua resistência (400 ohms) é infinitamente inferior a resistência interna do capacitor.

Logo, a tensão medida no ponto, será de 18V.

No exercício da figura 31, pede-se que se coloque a tensão no ponto mencionado. Para resolver isso, devemos considerar que o capacitor, após a fonte acionada - como é o caso - será como um circuito em aberto, ou uma alta resistência. Assim, podemos dizer que a queda de tensão sobre o capacitor

No exercício mostrado na figura 32, pede a tensão no ponto logo acima do resistor R6. Da mesma forma que vimos no exercício anterior, o capacitor deve ser considerado como a maior resistência do circuito e claro, sobre ele haverá a maior queda de tensão. Já para o resistor R6, será considerado entre os dois componentes (resistor e capacitor) como o componente infinitamente de menor valor, o que gerará uma queda de tensão muito baixa, ou de zero volt.

Considerando então que toda a queda de tensão está caindo sobre o capacitor, a tensão medida no ponto de baixo será de 0V.

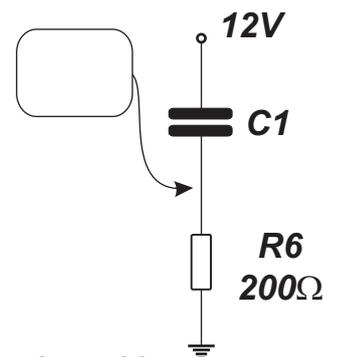
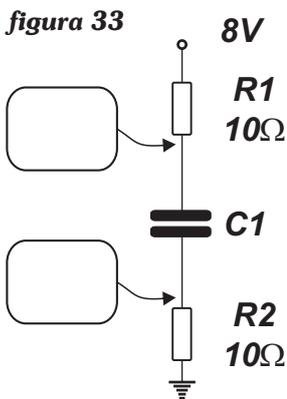


figura 32

O aluno deverá ter capacidade de olhar para o capacitor, ligado a uma tensão contínua e ver nele um valor de resistência interna muito alta, superior a 30 mega-ohms. Desta forma, deverá sempre encarar o capacitor como um circuito aberto, quando a



de tensão ocorrerá sobre o capacitor e sendo assim, teremos 8V sobre o C1, e nenhuma tensão sobre os resistores R1 e R2.

Logo, a tensão entre C1 e R2, será de zero volt, e a tensão entre R1 e C1 será de 8V, ou seja, toda a tensão estará sobre o capacitor (8V acima dele e zero volt abaixo dele).

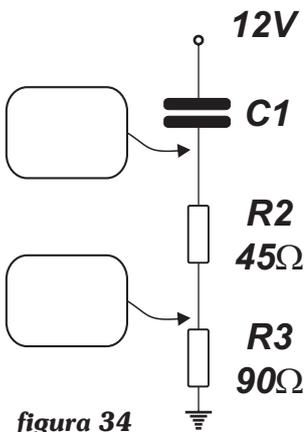


figura 34

12V e abaixo dele, haverá zero volt (queda de 12V sobre o capacitor).

ANÁLISE DE DEFEITOS COM CAPACITORES

Na figura 35, começamos a fazer a análise de defeitos de malhas envolvendo capacitores. Temos no circuito, uma tensão de zero volt entre o resistor R1 e o capacitor C1.

Como temos zero volt entre os dois componentes, já poderíamos afirmar que o resistor R1 está aberto ou ainda o capacitor C1 está em curto.

Com o resistor R1 aberto, toda a queda de tensão da fonte estaria sobre ele. O problema é que o capacitor, estando bom, também seria um circuito aberto, ou seja, teríamos dois componentes com altíssima resistência ou abertos.

Isso significaria que a ponta do multímetro - a

vermelha - estaria colocada no 'nada' ou no ar, como fica normalmente quando as pontas não estão conectadas a nada. Daí, o que aparece no display do multímetro, seria uma tensão muito próxima a zero, mas sujeita a todo tipo de interferência. Assim, caso o resistor R1 estiver aberto, teremos na medição uma tensão de zero volt, mas chamada de tri-state (ou terceiro estado), que é chamado 'em aberto'.

No circuito mostrado na figura 33, temos agora três componentes, sendo dois resistores e um capacitor. Novamente vamos definir que a resistência do capacitor é infinitamente maior do que as outras duas. Assim, teremos para o circuito, uma 'resistência' do capacitor muito alta se comparado aos outros dois. Assim, toda a queda

Na figura 34, temos novamente um capacitor em série com dois resistores. Novamente, a resistência interna do capacitor será infinitamente maior que dos resistores, causando a queda de toda a tensão da fonte sobre o capacitor. Isto significa dizer que a tensão entre C1 e R2 será de zero volt. A tensão entre R2 e R3 será de zero volt. Logo, acima de C1 haverá uma tensão de

zero volt. Logo, acima de C1 haverá uma tensão de

12V, significaria que o capacitor C1 estaria em curto. Veja que se o defeito fosse o capacitor em curto, também resultaria em uma tensão de zero volt entre os dois componentes (ponta preta do multímetro no potencial negativo). Caso seja o curto do capacitor, haverá uma medição firme de tensão, que praticamente não variará. Novamente afirmamos que a falta de variação, ou variação mínima, não nos dará certeza de que realmente é o capacitor em curto, mas somente mudando a ponta vermelha para o potencial positivo e medindo com a ponta preta entre os componentes, resultando em uma tensão medida de 12V. Pedimos aos alunos que de posse de um ou dois resistores e um capacitor, possam simular os circuitos propostos e no caso do curto do capacitor, simplesmente colocar um curto entre seus terminais, fazendo a partir disto todas as medições propostas anteriormente.

No circuito mostrado na figura 36, acredito que a análise se torne mais simples. Temos um circuito com um capacitor (C1) e um resistor (R1), sendo que a tensão medida entre eles é de 4V. Quando temos uma tensão de alimentação de +12V e uma tensão medida entre dois componentes de 4V, podemos afirmar que a queda de tensão no componente de cima é de 8V e no componente de baixo é de 4V. Como temos um valor de resistência definido para R6, com 200 ohms, já podemos afirmar que o componente de cima possui o dobro do valor, ou seja, 400 ohms (queda de tensão em dobro).

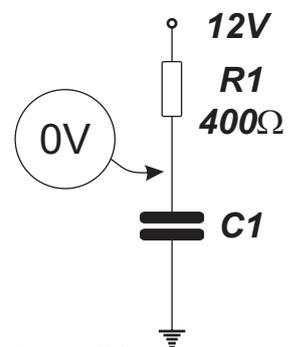


figura 35

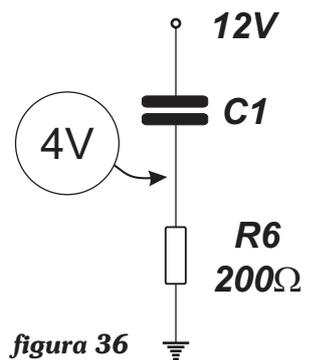
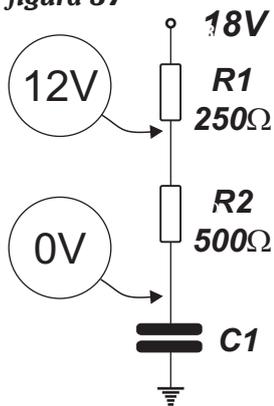


figura 36

Considerando agora que o capacitor deveria apresentar uma resistência acima de 20 mega-ohms, já podemos dizer que ele está com fuga, e como dissemos acima, esta fuga seria de 400 ohms.

No circuito mostrado na figura 37, temos um circuito formado por dois resistores e um capacitor, sendo que a tensão de alimentação é de 18V. Temos uma medição de 12V entre o resistor R1 e R2 e uma tensão de zero volt entre R2 e C1. Vemos que está ocorrendo uma queda de tensão sobre os resistores de forma proporcional, ou seja, como o resistor R2 possui o dobro do valor do resistor R1, ele está recebendo o dobro da tensão que está sobre R1. Notem que acima de R1, há 18V, e que abaixo deste,

figura 37



temos 12V, ou seja, uma queda de tensão de 6V. Considerando que acima de R2 há 12V e abaixo zero volt, temos uma queda de tensão de 12V. Mas essa queda de tensão sobre os resistores somente seria possível caso houvesse uma ligação à massa, na parte de baixo dos resistores, ou seja, o capacitor C1 em curto.

Veja que quanto mais componentes no circuito, mais fácil vai ficando para determinar qual seria o componente defeituoso. Prova disto é o primeiro exercício da figura 35, pois caso houvesse mais um resistor em série, ficaria mais fácil determinar se seria o capacitor em curto ou o resistor aberto. Faz-se necessário que o aluno, monte os exercícios propostos na prática e após faça os exercícios dos blocos e em caso de dúvidas, entre na internet e pergunte sobre alguma dúvida prática, utilizando os exercícios dos blocos.

No circuito da figura 38, vemos um circuito formado por um capacitor e dois resistores, sendo que o capacitor está ligado ao potencial positivo. Vemos também que, considerando que o capacitor possua

um alto valor de resistência (sem defeito), deveria apresentar sobre ele toda a queda de tensão da fonte de alimentação.

Mas vemos que entre C1 e R2 há uma tensão de 6V, enquanto que entre R2 e R3, há uma tensão de 4V. Considerando que R3 possui o dobro do valor de resistência que R2 (90 ohms e 45 ohms), podemos ver que as quedas de tensão entre eles está normal, pois a queda sobre R3 é de 4V (90 ohms) e a queda sobre R2 é de 2V (45 ohms). Mas estas quedas proporcionais, somente seriam possíveis caso houvesse circulação de corrente na malha. Para isso, está havendo uma queda de tensão de 6V sobre o capacitor C1, a mesma queda de tensão que está havendo em R2 + R3. Como os valores de resistências entre R2 e R3 é de 135 ohms, a fuga no capacitor C1 também será do mesmo valor, ou seja, 135 ohms.

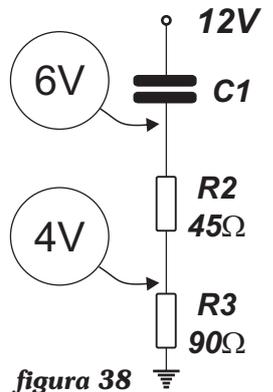


figura 38

Na figura 39, vemos outro defeito, agora com o circuito tendo dois resistores e um capacitor, sendo que esse encontra-se entre os dois resistores.

A tensão da fonte de alimentação é de +15V e a tensão encontrada entre R1 e C1 é de 10V. Entre C1 e R2 a tensão é 10V. Assim, há circulação de corrente pelos resistores R1 e R2, ou seja, há uma queda de tensão de 5V sobre R1, cujo valor é de 10 ohms e uma queda de 10V sobre o resistor R2. A queda de tensão sobre os resistores está proporcional e considerando que a tensão acima e abaixo de C1 é de 10V, já nos leva a afirmar que C1 está em curto.

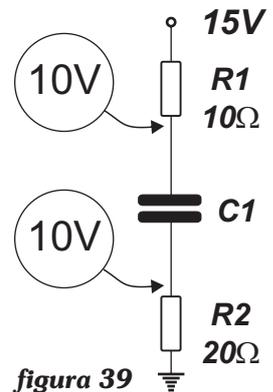


figura 39

Atenção: caso o aluno queira saber detalhes sobre cálculos de acoplamentos de capacitores entrar no link: <http://blogdopicco.blogspot.com/2009/03/capacitores.html>

Material de apoio: Curso de Análise de Defeitos Volume 2

Pesquisas na internet sobre capacitores fixos, variáveis e ajustáveis:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Capacitor>

<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/capacitor.htm>

aulaselg.br.tripod.com/Aula_10B.pdf

www.lps.usp.br/lps/arquivos/conteudo/grad/.../Capacitores.ppt

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feita dos blocos de exercícios M1-49 à M1-52. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feita dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

AULA

14

TIPOS DE CAPACITORES

Capacitores Eletrolíticos

Capacitores polipropileno/poliéster Metalizados

Capacitores de tântalo

Dimensionamento e Defeitos em malhas série-paralelas com capacitores

HCV - CAPACITORES ELETROLÍTICOS DE ALUMÍNIO - POLARIZADOS

Tol 20% - série unilateral

Capacitores eletrolíticos de alumínio para aplicações gerais, em circuitos que requeiram um alto produto CV em dimensões reduzidas e baixas perdas (veja figura 1).

Características principais:

- * Espectro de capacitância (Série E6): 0,1 a 6800uF
- * Espectro de tensão nominal: 6,3Vdc a 350Vdc.
- Tolerância da capacitância: 20%. Temperatura de operação: -40 a +85°C.

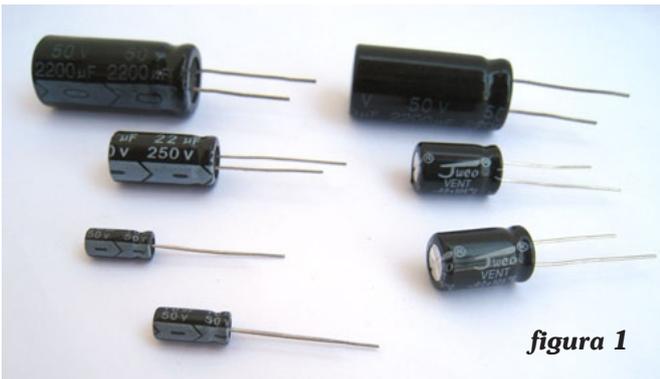


figura 1

ULTRAMINI -CAPACITORES ELETROLÍTICOS DE ALUMÍNIO - POLARIZADOS

Dimensão única 4x7 mm - série unilateral
Capacitores eletrolíticos de alumínio, especialmente desenvolvidos para atender a demanda de circuitos em contínua miniaturização. Adequados principalmente para equipamentos de elevado grau de compactação, tais como videocassetes, video-câmeras, auto-rádios,



figura 2

calculadoras e outros (veja figura 2). Características principais:

- * Espectro de capacitância: 0,1uF a 22uF
- * Espectro de tensão nominal: 6,3Vdc a 50Vdc.
- * Temperatura de operação: -40 a 85°C.

- * Tolerância da capacitância: 20%.
- * Baixas perdas.

ALTO CV-FONTE - CAPACITORES ELETROLÍTICOS DE ALUMÍNIO - POLARIZADOS

Capacitores eletrolíticos de alumínio desenvolvidos especialmente para aplicações em fontes de alimentação e circuitos que requeiram alto produto CV e baixas perdas. Série SLS (figura 3)

- * Espectro de capacitância: 47uFa22.000uF
- * Espectro de tensão: 16Vdc a 450Vdc.
- * Temperatura de operação: -40 a +85°C.
- * Especiais para montagem de circuito impresso.
- * Terminais rígidos com sistema auto-travável (diâmetro 25 a 30mm), e com terminais auxiliares (diâmetros de 35 e 40mm), para atender alta resistência à vibração após montagem.
- * Ventil de segurança na caneca.



figura 3

Série RTT

- * Espectro de capacitância: 100uFa15000uF
- * Espectro de tensão: 10Vdc a 200Vdc.
- * Temperatura de operação: -40 a +85°C.
- * Três terminais radiais; especialmente indicado para montagem em circuito impresso, e alta resistência a vibrações após a montagem. Série SLB (figura 4).
- * Espectro de capacitância: 220uF a 15000uF
- * Espectro de tensão: 16Vdc a 200 Vdc.
- * Temperatura de operação: -40 a +85°C.
- * Terminais rígidos com sistema auto-travável, especiais para montagem em circuito impresso, e alta resistência à vibração após montagem.
- * Ventil de segurança na caneca.



figura 4



MINI SUPER - CAPACITORES ELETROLÍTICOS DE ALUMÍNIO - POLARIZADOS

Capacitores eletrolíticos de alumínio desenvolvidos especialmente para circuitos que exijam baixíssimas perdas e volume reduzido. Apresentam performance semelhante aos capacitores de tântalo com baixa corrente de fuga e baixo fator de perdas (figura 5).

Características principais:

- * Baixa corrente de fuga.
- * Baixo fator de perdas.
- * Dimensões reduzidas.
- * Unilateral.
- * Baixo custo.
- * Espectro de capacitância: 0,1µF a 100µF
- * Espectro de tensão: 10Vdc a 63Vdc.



CAPACITORES ELETROLÍTICOS PROFISSIONAIS (alta confiabilidade)

Capacitores com eletrodos de folha de alumínio rugosa, encapsulados em caneca tubular de alumínio com isolamento externa. Série de construção axial, com folha de alumínio, apresentando camada de óxido reforçada a fim de garantir alta confiabilidade (figura 6).

Características principais:

- * Longa vida.
- * Terminais axiais.
- * Espectro de capacitância: 1µF a 4700µF
- * Espectro de tensão: 10Vdc a 350Vdc.



- * Temperatura de operação: -40 a +85°C.
- * Tolerância da capacitância: -10 a +50%.

TAC - CAPACITORES DE POLIPROPILENO METALIZADO - NÃO POLARIZADOS

(para aplicações em corrente alternada)

Capacitores de dielétrico de polipropileno metalizado, que lhes confere características de auto-regeneração, baixas perdas e grande estabilidade térmica, além de possuírem elevada resistência de isolamento. Especialmente projetados para operar em regime alternado, suportam correntes elevadas devido ao seu baixo fator de perdas. São capacitores altamente compactos, em construção seca, sem impregnantes, o que elimina o problema de vazamentos. Indicados para aplicação em motores, como capacitores de partida e permanentes, em aparelhos de ar condicionado, reatores de lâmpadas a vapor e correção do fator de potência de pequenas cargas. Apresentam-se encapsulados em canecas de alumínio, seladas em epóxi, com terminais em fio ou encaixe (figura 7).



figura 7

CAPACITOR DE POLIPROPILENO - NÃO POLARIZADO

Capacitor com dielétrico de polipropileno, banhado por imersão em resina de epóxi auto-extinguível (figura 8).

Características:

- *Especiais para regime de pulsos com alta taxa de subida.* Baixo fator de perdas.

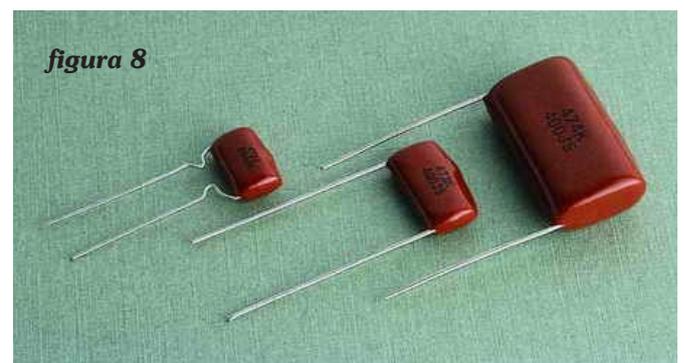


figura 8

- * Auto-regenerativo.
- * Alta resistência de isolamento.
- * Terminais radiais de cobre estanhado.
- * Espectro de capacitância: 0,01µF a 1µF
- * Espectro de tensão: 250V a 400V.
- * Tolerâncias de capacitância: 5% (J); 10% (K) e 20% (M).

TACF - CAPACITOR DE POLIPROPILENO - NÃO POLARIZADO

Capacitor com dielétrico de polipropileno, banhado por imersão em resina de epóxi auto-extinguível.

Características:

- * Especiais para regime de pulsos com alta taxa de subida.
- * Baixo fator de perdas.
- * Auto-regenerativo.
- * Alta resistência de isolamento.
- * Terminais radiais de cobre estanhado.
- * Espectro de capacitância: 1000pF a 0,1µF
- * Espectro de tensão: 630V a 1,6kV
- * Tolerâncias de capacitância: 5% (j), 10% (k).

MAFICO - CAPACITORES DE POLIÉSTER - NÃO POLARIZADO

Capacitores com dielétrico de poliéster e armaduras de folha de alumínio revestidos com resina de epóxi. Devido a sua construção, este capacitor apresenta dimensões reduzidas e excelentes características quanto a isolamento externa, resistência a umidade e robustez mecânica. Ideal para operar nas áreas de rádio e TV

Características principais:

- * Terminais radiais.
- * Alta resistência de isolamento.
- * Espectro de capacitância: 1nF a 100nF
- * Tolerância de capacitância: 5%; 10% e 20%.
- * Tensão nominal de 63V

MAC-FITA CAPACITORES DE POLIÉSTER METALIZADO - NÃO POLARIZADO

(versão de alta confiabilidade)

Capacitores de poliéster metalizado com alto desempenho para a utilização principalmente nas áreas de telecomunicações, informática, controles industriais e instrumentação.

Características principais:

- * Auto-regenerativo.



- * Extremidades vedadas com epóxi.
- * Suporta condições climáticas extremas.
- * Espectro de capacitância: 0,01µF a 6,8µF
- * Tolerância de capacitância: 5%; 10% e 20%.
- * Espectro de tensão: 100, 250, 400 e 630V

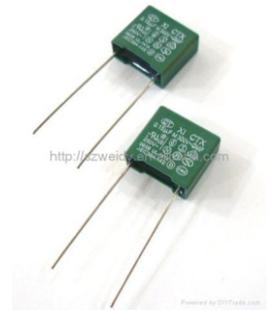
MINI CANECA PLÁSTICA CAPACITOR DE POLIÉSTER METALIZADO

(alta confiabilidade) figura 9.

Características principais:

- * Caneca plástica auto extinguível.
- * Alta confiabilidade.
- * Indicado para operar sob condições rigorosas de temperatura e umidade.
- * Dielétrico de poliéster metalizado.
- * Auto-regenerativos.
- * Terminais radiais.
- * Dimensão única: 4,1 x 8 x 10,5 (mm).
- * Espectro de capacitância: 1nF a 100nF.
- * Tolerância de capacitância: 10% e 20%.
- * Espectro de tensão: 100, 250 e 400V

figura 9



CANECA PLÁSTICA CAPACITOR DE POLIÉSTER METALIZADO - NÃO POLARIZADO

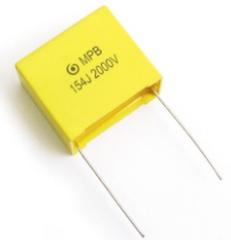
(alta confiabilidade).

Capacitores de poliéster metalizado, encapsulados em caneca plástica especial, não higroscópica, auto-extinguível, resistente a solventes (MIL STD202, Método 215) e com vedação de resina epóxi. Indicado para utilização sob regime severo de temperatura e umidade nas áreas de telecomunicações, informática, controles industriais e instrumentação (figura 10).

Características principais:

- * Auto-regenerativos.
- * Terminais radiais.
- * Baixo fator de perdas.
- * Espectro de capacitância: 0,0082µF a 6,8µF
- * Tolerância de capacitância: 5%; 10% e 20%.
- * Espectro de tensão: 100, 250 e 400 e 630V

figura 10



SCHICO- CAPACITOR DE POLIÉSTER METALIZADO - NÃO POLARIZADO

Características principais:

- * Dielétrico de poliéster metalizado.
- * Construído em forma de camadas.
- * Auto-regenerativo.
- * Alta resistência de isolamento.
- * Baixíssima indutância própria.
- * Baixo fator de perdas.
- * Dimensões reduzidas.
- * Terminais radiais.

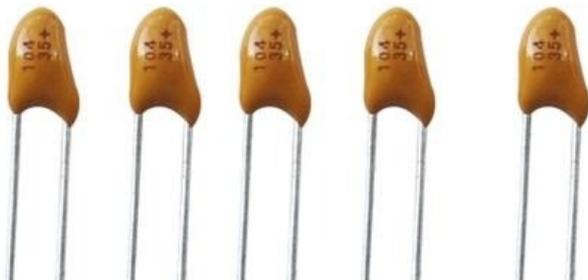
- * Espectro de tensão: 100 e 250V.
- * Espectro de capacitância: 0,01 uF a 2,2 uF
- * Distância entre terminais: 7,5; 10 e 15mm.
- * Tolerância de capacitância: 5% (J) e 10% (K).

CAPACITORES ELETROLÍTICOS DE TÂNTALO HERMETICAMENTE SELADOS - POLARIZADOS

Capacitor eletrolítico de tântalo, anodo sintetizado e eletrólito seco. Encapsulado em caneca tubular com isolação externa de poliéster retrátil hermeticamente selado. Terminais axiais e polo negativo conectado à caneca (figura 11). Características principais:

- * Excelente resistência a choques e vibrações.
- * Resistência contra ataques químicos contra o encapsulamento e terminais.
- * Elevada estabilidade dos parâmetros elétricos.
- * Longa vida operacional - alta confiabilidade.
- * Baixa corrente de fuga.
- * Baixo fator de dissipação.

figura 11



CAPACITORES ELETROLÍTICOS DE TÂNTALO BANHADO - POLARIZADOS

Os capacitores eletrolíticos de tântalo são designados especificamente para aplicações em circuito impresso e que requeiram baixa corrente de fuga e fator de perdas.

- Características principais:
- * Construção seca (tântalo sólido).
 - * Temperaturas da categoria de -55°C a 85°C.
 - * Longa vida operacional.
 - * Encapsulamento em epóxi, terminais radiais - economia de espaço.
 - * Resistência a ataques químicos contra o encapsulamento e os terminais.
 - * Elevada estabilidade dos parâmetros elétricos.

CAPACITORES ELETROLÍTICOS DE TÂNTALO CANECA - POLARIZADO

Capacitor eletrolítico de tântalo, ânodo polarizado e eletrólito seco. Encapsulado em caneca tubular, com isolação externa de poliéster retrátil, selado com epóxi.

Terminais axiais, polo negativo conectado à caneca (figura 12).

figura 12



tântalo SMD

- * Excelente resistência a choques e vibrações.
- * Resistência a ataques químicos contra o encapsulamento e os terminais.

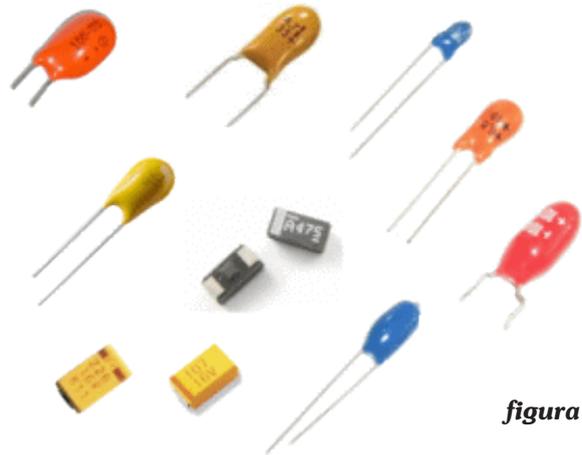


figura 13

- * Elevada estabilidade dos parâmetros elétricos.
- * Longa vida operacional.

CAPACITORES CERÂMICOS MULTICAMADAS - NÃO POLARIZADO

A variação da capacitância com a temperatura é praticamente linear. Valor de capacitância altamente estáveis. A capacitância e o fator de perda independem da tensão aplicada ao componente. Feitos para aplicações em circuitos ressonantes, filtros, acoplamento e filtragem de circuitos em RF Supressão de interferências eletromagnéticas em baixas tensões (código X7R e Z5U).

Outras características:

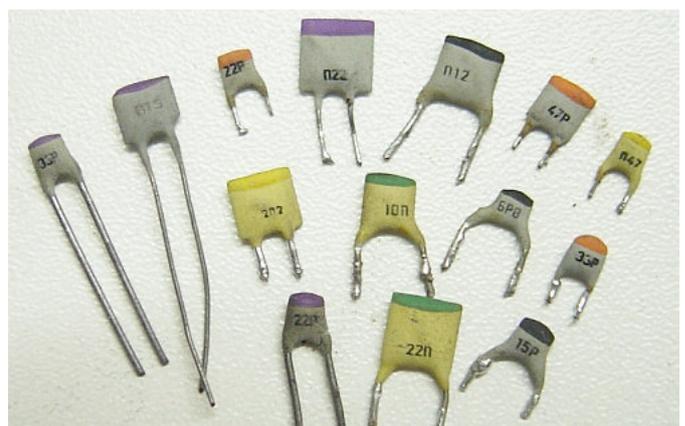
- * Faixa de temperatura de operação: -55 + 125°C (COG e X7R) e + 10a +850C (Z5U).
- * Tensão nominal: 100V (COG); 63/100V (X7R) e 63V(Z5U).

CAPACITORES CERÂMICOS "PLATE" - NÃO POLARIZADOS

Utilizando cerâmica de alta constante dielétrica e avançadas técnicas de produção, os capacitores cerâmicos "plate" (lê-se "pleit"), possuem dimensões reduzidíssimas, tornando-os ideais para placas de circuito impresso com alta densidade de componentes. Possuem excepcional estabilidade, baixas perdas e excelente desempenho em altas frequências (figura 14).

Outras características:

figura 14



- * Espectro de capacitância: 0,56pF a 22nF -
- * Temperatura de operação: - 55°C a 85°C.
- * Tensão nominal: 63 e 100V
- * distância de terminais: 2,54mm (1e) e 5,08mm (2e).

A figura 15, mostra a construção interna de um capacitor eletrolítico.

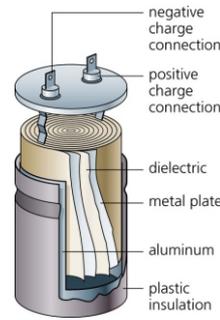


figura 15

DIMENSIONAMENTO COM CAPACITORES E MALHAS SÉRIE-PARALELAS

No circuito mostrado na figura 16, temos uma malha com 3 resistores iguais e um capacitor, que está em paralelo com R2. Como devemos considerar os capacitores como circuitos abertos em condições normais e em polarização contínua, ele praticamente não fará diferença no circuito mostrado.

Assim, bastará calcular a malha como 3 resistores em série, o que resultará de baixo para cima em 5V, entre R2 e R4 e 10V entre R1 e R2.

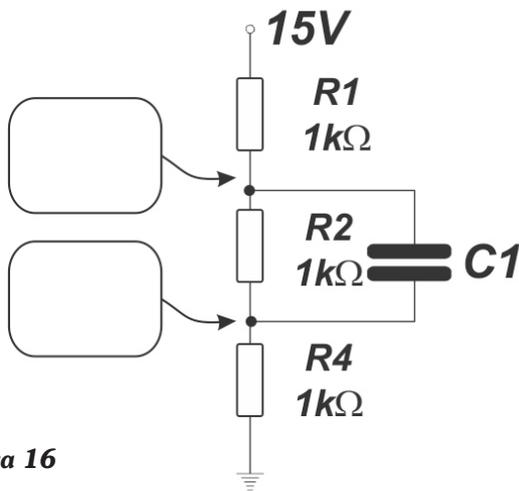


figura 16

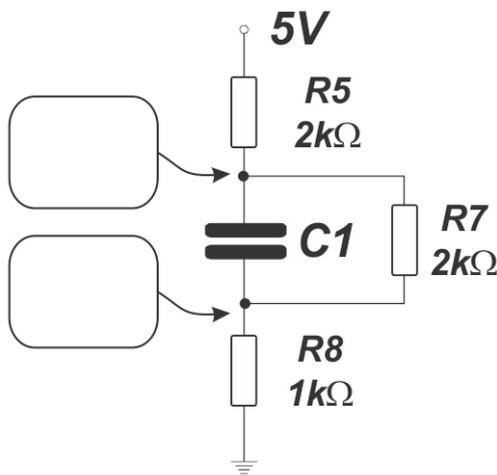


figura 17

No circuito mostrado na figura 17, temos a mesma configuração do circuito anterior, apesar de parecer diferente. Na verdade temos três resistores em série, sendo R5 de 2k, R7 de 2k e R8 de 1 k. Como o capacitor C1 está em paralelo com R7, ele não alterará as tensões da malha. Assim, temos o R8 como referência, valendo R5 o dobro do valor e R7 também. Assim, a tensão de 5V deverá ser dividida por 5, que dará 1 volt, ou seja a tensão entre R7 e R8 resultará em 1 V. Como há uma queda de tensão de 2V sobre R7, resultará em 3V entre R5 e R7.

No circuito mostrado na figura 18, temos agora o capacitor C1 em paralelo com R14 (1 k), tendo mais dois resistores de 500 ohms em série com 1 k. Como o capacitor é considerado um circuito aberto, teremos os resistores em série, sendo que o menor é R15 e os dois outros (R14 e R16) com valor de 1 k (cada). Assim, haverá uma queda de tensão de 2V sobre R15 e 4V sobre R14 e também sobre R16. Assim teremos uma tensão de 4V entre R15 e R16 e 6V entre R14(C1) e R15.

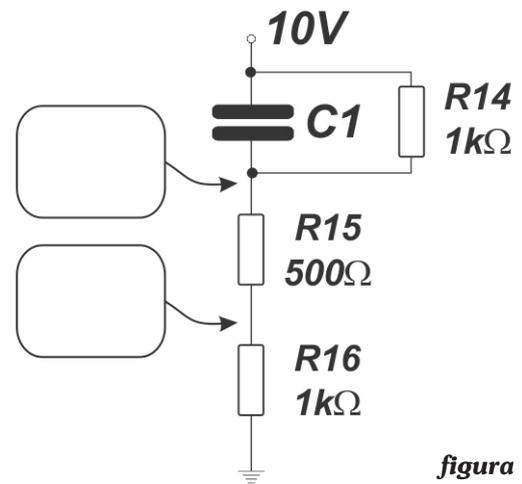


figura 18

No circuito da figura 19, temos três resistores e novamente um capacitor C1, em paralelo com R19. Como C1 é um circuito aberto, não fará diferença na malha, pois está em paralelo com R19. Assim, o cálculo da malha será feito somente nos resistores série R17, R19 e R20. Como temos R17 com 500 ohms e também R20 com mesmo valor, referência

como resistores menores, o R19 será 6 vezes maior, resultando em uma proporção de 8 vezes. Dividindo a tensão da fonte, 16V por 8 obteremos 2V sobre R17 e R20, e o restante da tensão (6 vezes) sobre R19, que terá 12V. Assim, teremos entre R19 e R20 a tensão de 2V e entre R17 e R19 a tensão de 14V.

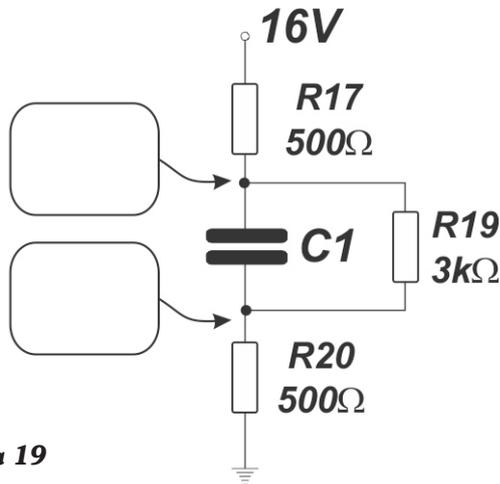


figura 19

No circuito mostrado na figura 20, temos agora o capacitor C1 em paralelo com R14 (2,5k), tendo mais dois resistores de 250 ohms em série com 250 ohms. Como o capacitor é considerado um circuito aberto, teremos os resistores em série, sendo que o menor será R15 e também R16, com 250 ohms cada um. O valor de R14 será 10 vezes maior com 2,5kohms. Assim, a tensão da fonte de alimentação será dividida por 12 (somatória das

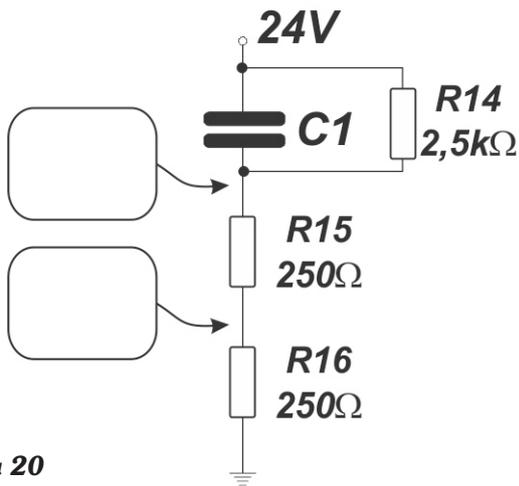


figura 20

proporções), resultando em 2V sobre R15 e R16 que são os menores valores e 20V sobre R14 que é o maior valor. Desta forma, a tensão entre R15 e R16, será de 2V e a tensão entre R14 e R15 será de 4V.

Este é o circuito de análise mais simples (figura

21), pois o capacitor C1 não está em paralelo com nenhum resistor, mas em série com os demais. Considerando que ele é um circuito aberto, não haverá corrente circulante pela malha, sendo que toda a tensão da fonte cairá sobre C1. Assim, entre R22/R23 e o capacitor C1, haverá uma tensão de 15V e entre R21 e R22/R23, haverá a mesma tensão da fonte que é de 15V.

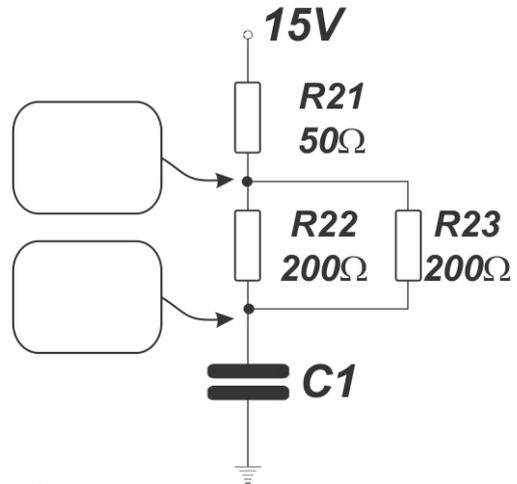


figura 21

ANÁLISE DE DEFEITOS NAS MALHAS DE RESISTORES E CAPACITORES

Começamos a análise pela figura 22, que apresenta uma tensão de +15V, alimentando 3 resistores em série e um capacitor que encontra-se em série com um dos resistores (R2). Lembramos que a análise da malha, deverá levar em conta que os resistores podem abrir ou alterar de valor, enquanto que os capacitores poderão apresentar fuga (determinada resistência constante entre suas armaduras), ou um curto total.

Temos uma tensão de 15V entre R1 e R2/C1 (mesma tensão da fonte) e uma tensão de zero volt entre R2/C1 e R4. Podemos afirmar que toda a tensão da fonte está no conjunto R2 e C1 (ligados em paralelo). Isto significa dizer que a resistência

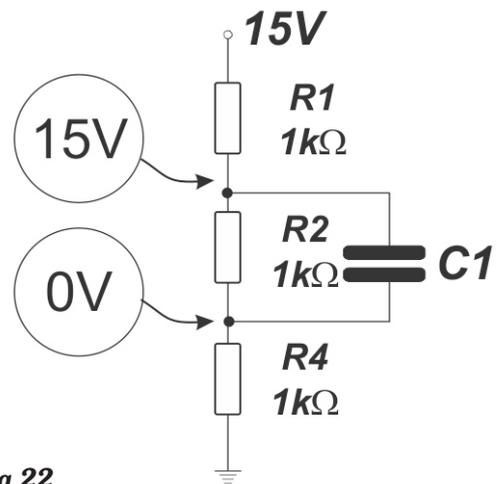


figura 22

entre estes dois componentes em paralelo é infinitamente maior do que a resistência de R1 ou R4. Como o capacitor já é normalmente um circuito aberto para corrente contínua, fica claro que o resistor R2 abriu, sendo que toda a queda de tensão da fonte está sobre ele.

Analisando agora o circuito da figura 23, vemos que o circuito continua o mesmo, tendo três resistores em série e um capacitor em paralelo com R7. Já podemos ver pelas tensões que todos os resistores estão recebendo a mesma queda de tensão, ou seja, 3V cada (sobre R5, R7 e R8). Mas, observando seus valores, vemos que R5 e R7 são iguais em 2k, mas R8, que também recebe 3 Volts possui metade do valor dos resistores de cima. Logo, fica fácil concluir que R8 alterou de valor para 2k, como os demais.

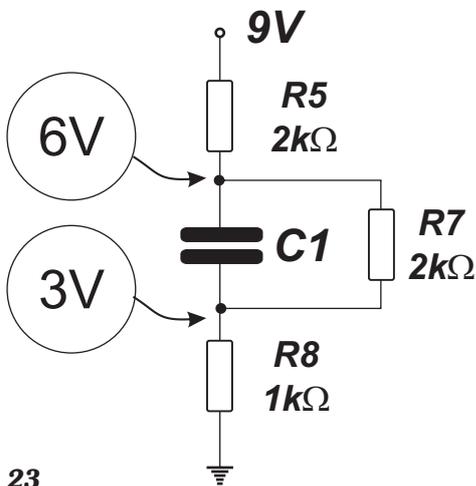


figura 23

Neste circuito (figura 24), temos uma alimentação de 8V e podemos ver a mesma tensão nos outros dois pontos, entre R9 e R10/C1 e entre R10/C1 e R12. Como toda a tensão do circuito está sobre R12, já podemos afirmar que ele está aberto.

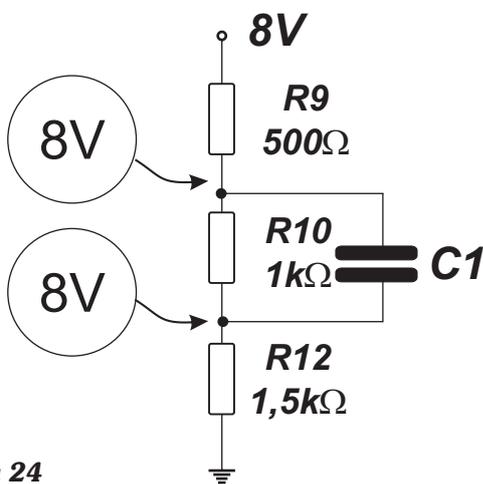
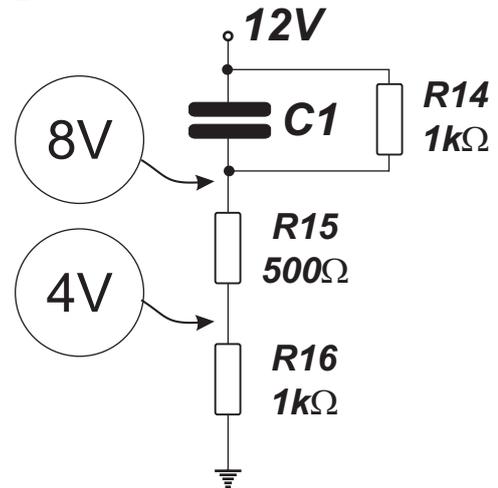


figura 24

No circuito da figura 25, temos novamente três resistores em série e o capacitor C1 em paralelo com R14. Temos na malha dois resistores iguais (R14 e R16) com 1k cada, e o resistor R15 com metade deste valor. As tensões medidas, mostram que os resistores recebem a mesma queda de tensão. A queda sobre R16 de 1k é de 4V. A queda sobre R15 que é de 500 ohms é também de 4V, o que já sugere que este resistor está alterado para 1k.

figura 25



No circuito da figura 26, temos uma tensão de alimentação de 18V, e novamente uma malha formada por 3 resistores em série. Vemos que dois dos resistores possuem valores iguais, R17 e R20 com 500 ohms, sendo que entre eles há o R19 que apresenta um valor de 3k. Temos uma tensão de 9V entre R17 e R19/C1 e a mesma tensão de 9V entre R19/C1 e R20. Temos portanto a mesma queda de tensão sobre R17 e R20 (9V em cada), mas no resistor R19 que possui valor bem maior não há queda de tensão. Como a tensão sobre R17 e R20 está proporcional, o resistor R19 não poderia estar em curto, mas sim o capacitor C1 em curto, o que está acontecendo.

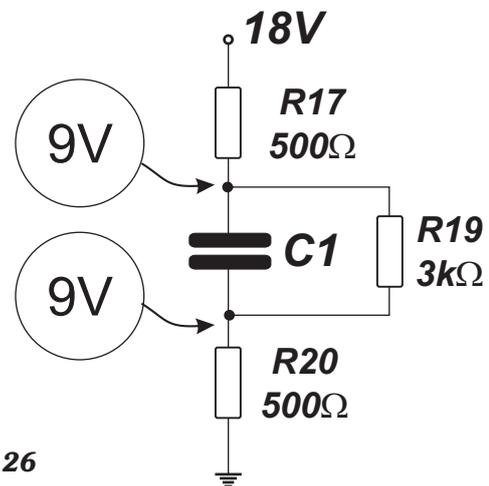


figura 26

No circuito mostrado na figura 27, temos uma malha resistiva formada por R22 e R23 em paralelo (100 ohms de equivalência), que estão em série com R21 de 50 ohms e C1. Como o capacitor é considerado um circuito aberto, toda a queda de tensão da fonte, ou seja, 5V deveria estar sobre ele, mas encontramos somente 2V. Temos então 2V sobre C1, 2V sobre R22/R23 (equivalência de 100 ohms) e 1V sobre R21. Vemos que as quedas sobre os resistores está proporcional (1V para cada 50 ohms). Assim, podemos afirmar que o capacitor C1 apresenta uma fuga interna de 100 ohms.

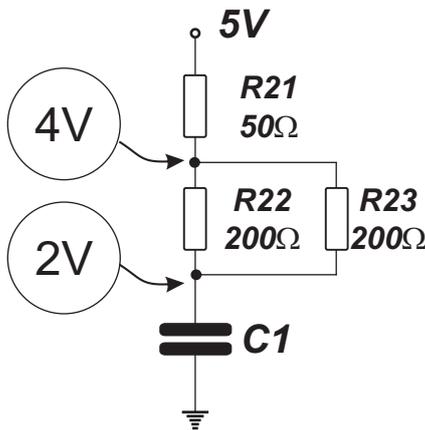


figura 27

No circuito da figura 28, temos uma tensão de alimentação de 24V, sendo esta distribuída por uma

malha série formada por R14, R15 e R16. Podemos observar que o valor de R14 é 10 vezes maior do que R15 e R16, sendo estes referência, com 250 ohms cada. Quando observamos as tensões sobre os resistores,

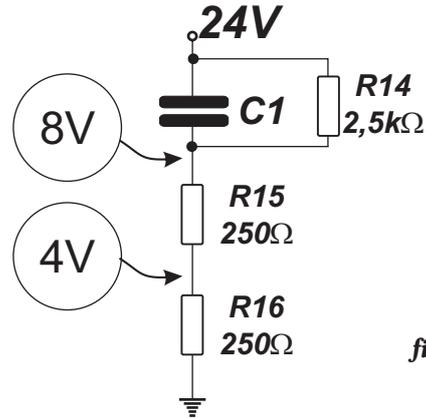


figura 28

vemos que os resistores menores, recebem uma tensão de 4V cada (valores iguais, < quedas de tensões iguais). Mas vemos que R14, sendo 10 vezes maior, recebe apenas 16V. Como temos uma queda de 16V na malha de cima, formada por C1 e R14, já podemos afirmar que a resistência equivalente desta malha será de 1 k, pois (é 4 vezes maior que a queda de tensão sobre R16 ou R15). Assim, podemos afirmar que o capacitor C1 apresenta-se com fuga, sendo esta fuga pouco menor que 2k.

CAPACITORES LORENZETTI

Produto utilizado para a partida de motor monofásico e compressor na linha de refrigeração, atuando em regime intermitente de partida, fornecendo a energia reativa necessária e reduzindo a corrente de partida. Pode ser fornecido com tampa e suporte para fixação.

- Alta confiabilidade
- Volume reduzido
- Faixa de capacitância: 21...1080µF
- Faixa de tensão: 110...250V
- Freqüência: 50...60Hz
- Temperatura ambiente: -10...70°C
- Altitude: 2000m
- Categoria climática: 10/070/21 - IEC 60068-1
- Certificação: UL 810 - EUA e Canadá
- Caneca: Termoplástico V0 UL94
- Regime de trabalho: Intermitente
- Expectativa de vida: Classe II - conforme ANSI E1ARS 463
- Dielétrico: Óxido de alumínio
- Terminais: Tipo fast-on duplo ou simples de 6,3mm
- Aplicação: Partida de motores e compressores para refrigeração

Material de apoio: Curso de Análise de Defeitos Volume 2

Pesquisas na internet sobre tipos de capacitores:

<http://www.mspc.eng.br/eletrn/cap120.shtml>

<http://capacitor-blm.blogspot.com/2009/07/eletrostatica-e-tipos-de-capacitores.html>

<http://www.scribd.com/doc/14130739/17-CEFET-SC-Alguns-Detalhes-Praticos-de-Componentes-Eletronicos>

<http://www.guiadohardware.net/termos/capacitor-eletrolitico>

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feita dos blocos de exercícios M1-53 à M1-56. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feita dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

AULA
15

FERRAMENTAL - PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO E O MULTÍMETRO DIGITAL

O alicate de corte e bico; a chave de fenda e philips
Ferro de soldar e solda - técnicas de soldagem
Como fazer Placas de Circuito Impresso - PCI
Componentes utilizados em eletrônica
Utilizações básicas do Multímetro Digital

MONTAGEM PRÁTICA DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS

Esta aula foi preparada para auxiliar os alunos que ainda não tiveram contato com a área de eletrônica, e querem conhecer os componentes, auxiliar as montagens dos kits e ainda aprender como se faz as placas de circuito impresso, comum a todos os aparelhos eletrônicos.

FERRAMENTAS BÁSICAS

- alicate de corte
- alicate de bico ou de ponta
- chave de fenda
- chave philips
- ferro de soldar 30 ou 40 watts
- solda

MATERIAL PARA CONFEÇÃO DE CIRCUITO IMPRESSO

- perfurador de placa
- caneta
- pacote de Percloroeto de Ferro
- riscador
- bandeja
- placa de circuito impresso
- régua (opcional)

MULTÍMETRO DIGITAL

Este equipamento de medição funciona com bateria e possui 2 pontas de prova, e tem como objetivo atuar em todo o processo de estudo além de trabalho prático na medição de tensões, corrente e resistência. É UM APARELHO DE FUNDAMENTAL IMPORTÂNCIA, devendo obrigatoriamente fazer parte do material de todos os alunos.

ALICATE DE CORTE

É uma ferramenta fundamental para corte e descascar de fios. Na figura 1, podemos vê-lo sendo usado para descascar fios, onde existirá uma técnica de auxílio com o dedo que garantirá a pressão ideal para que corte somente a capa plástica protetora. Ele também poderá ser usado para cortar terminais de componentes após a soldagem na placa.

ATENÇÃO: o alicate de corte geralmente é de pequenas dimensões devendo ser utilizado para corte de fios de pouca bitola (pouco diâmetro do fio). Para corte de fios de bitola maior, como o fio rígido de instalações elétricas, deve-se utilizar alicates de corte

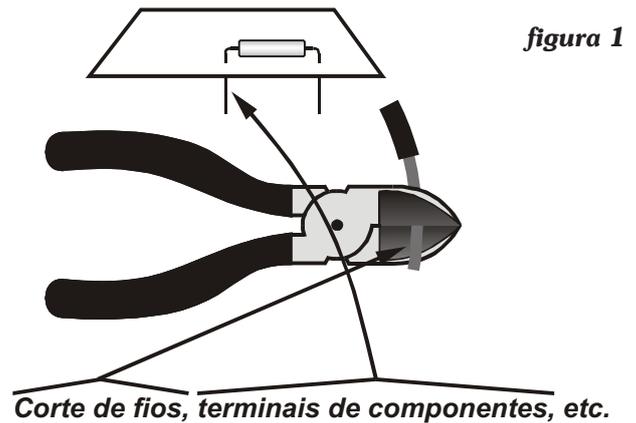


figura 1

Corte de fios, terminais de componentes, etc.

maiores ou o chamado alicate universal.

ALICATE DE BICO

É ferramenta fundamental para entortar terminais de componentes com o objetivo de colocá-los nos furos da placa de circuito impresso. Também poderá ser utilizado para posicionar componentes em lugares difíceis da maneira mostrada na figura 2.

ATENÇÃO: o alicate de bico também é geralmente de pequenas dimensões devendo ser utilizado para dobrar fios ou terminais de pouca bitola (pouco diâmetro do fio). Para serviços com bitola maior, como o fio rígido de instalações elétricas deve-se utilizar o chamado alicate universal.

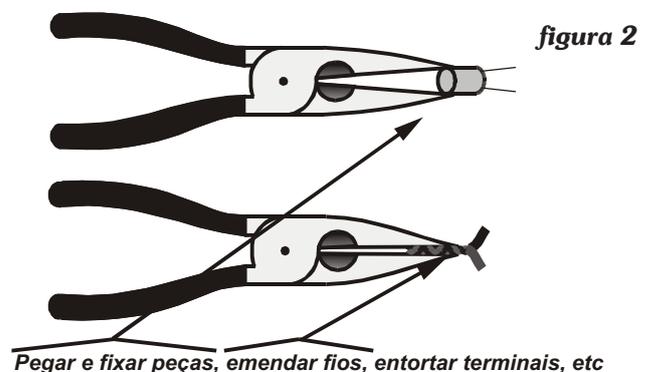


figura 2

Pegar e fixar peças, emendar fios, entortar terminais, etc

CHAVE DE FENDA

A chave de fenda é uma das ferramentas mais conhecidas do público, mesmo leigo. Foi feita para girar parafusos de fenda simples, como mostrado na figura 3.

A utilização da chave de fenda deverá respeitar o

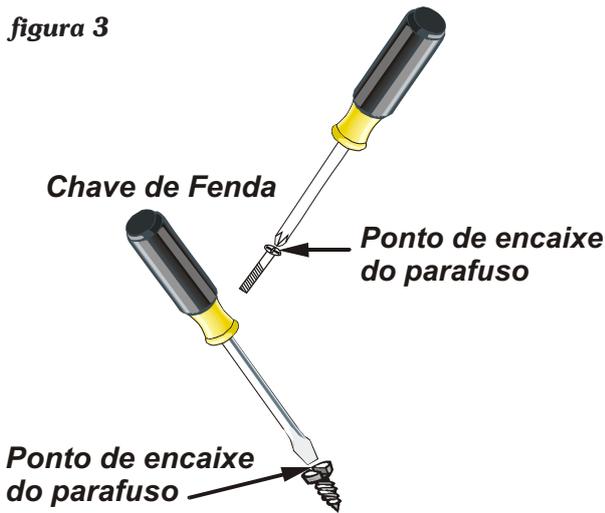
diâmetro da cabeça do parafuso que se quer retirar. De um modo geral, podemos dizer que girando em sentido horário, apertaremos o parafuso em seu local de fixação e girando em sentido inverso (anti-horário), soltaremos ele desse local.

ATENÇÃO: NUNCA GIRAR A CHAVE DE FENDA SE O PARAFUSO NÃO RESPONDER AO GIRO (tanto para apertar como soltar).

Caso haja dificuldade de retirada de um parafuso qualquer, apoiar bem o equipamento, forçando a chave de fenda em direção ao parafuso, criando grande força com pequenos trancos de mão no sentido anti-horário (soltar parafuso).

Chave Philips

figura 3



CHAVE PHILIPS

figura 4

A chave de fenda philips, possui 4 barras que se encaixam no furo do parafuso (figura 4). É de uso mais complexo do que a chave de fenda comum, pois sua má utilização destrói a cabeça do parafuso (além de destruir com o tempo a própria chave).

ATENÇÃO: NUNCA GIRAR A CHAVE DE FENDA SE O PARAFUSO NÃO RESPONDER AO GIRO (tanto para apertar como soltar).

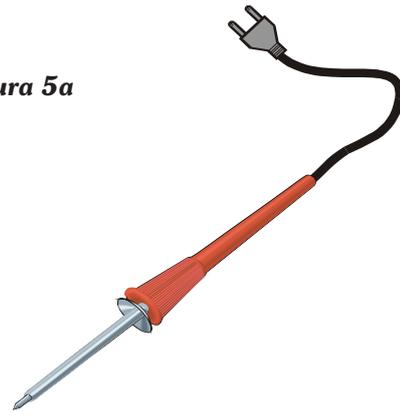
Caso haja dificuldade de retirada de um parafuso qualquer, apoiar bem o equipamento, forçando a chave de fenda em direção ao parafuso, criando grande força com pequenos trancos de mão no sentido anti-horário (soltar parafuso).

FERRO DE SOLDAR E SOLDA

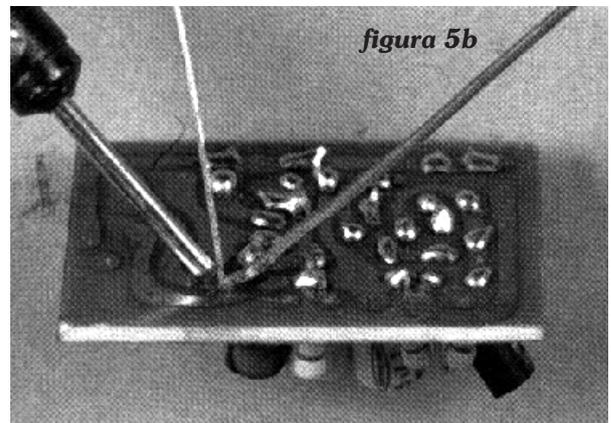
O ferro de soldar é outra ferramenta de vital importância para a área de eletrônica (figura 5a). Sua potência poderá variar desde alguns watts até algumas centenas (tipo machadinhas). A potência do ferro de soldar dependerá da bitola dos componentes e também se estes são soldados em uma área metálica (onde será necessário mais calor). Podemos dizer que para as aplicações convencionais de eletrônica, um ferro de 30 a 40 watts seria suficiente.

A solda, é uma liga metálica composta de estanho e chumbo, altamente sensível ao calor, sendo levada ao estado líquido a temperaturas maiores de 1000C. A solda possui internamente um fluxo que visa facilitar a soldagem.

figura 5a

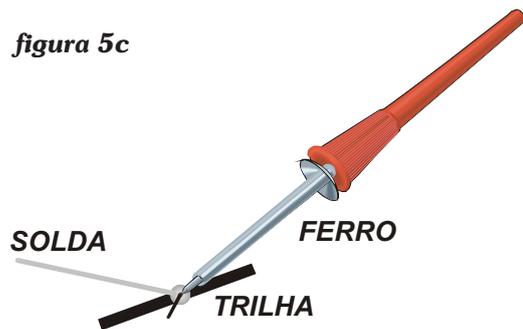


Na figura 5b, mostra claramente como deve ser soldado o terminal do componente. Com a ponta do ferro, aquece-se tanto a placa de circuito impresso como o terminal a



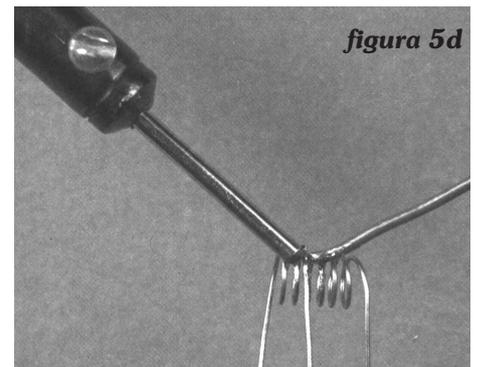
ser soldado. Após 1 ou 2 segundos aquecendo a placa e o terminal, encosta-se a solda do lado oposto à ponta do ferro de soldar (veja o detalhe na figura 5c), até que a

figura 5c



solda derreta-se uniformemente tanto no terminal como na ilha da PCI.

ATENÇÃO: uma soldagem bem feita reflete o capricho do técnico. **SEJA CAPRICHOSO !!!** Na figura 5d, podemos ver a soldagem de um terminal de um fio em uma bobina.



CONFECÇÃO DE PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Mostraremos a seguir os passos para a confecção de placas de circuito impresso, e na sequência, detalhes de alguns componentes que fazem parte do laboratório.

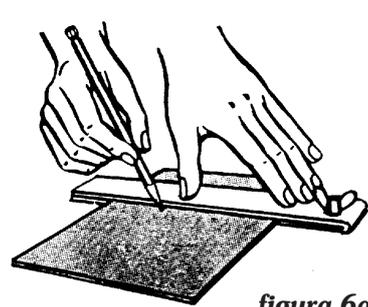


figura 6a

De posse do projeto que você quer montar, tenha em mãos as dimensões (comprimento e largura) da placa de circuito impresso. Passe as medidas para o lado cobreado e após corte com o riscador nas dimensões corretas, como mostrado na

figura 6a.

Tire uma fotocópia do desenho do lado cobreado da placa de circuito impresso, recortando suas extremidades (figura 6b). Coloque o desenho do traçado do circuito sobre o lado cobreado da PCI (placa de circuito impresso), fixando com "durex" em duas extremidades (figura 6c). Faça a perfuração dos furos, sendo que o papel deverá ser como guia de perfuração (figura 6d). Para uma melhor centralização do furo, aproxime o punção do papel para centraliza-lo, antes da perfuração (ver em observação da figura 6d).

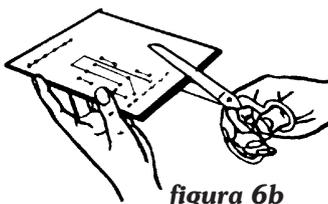


figura 6b

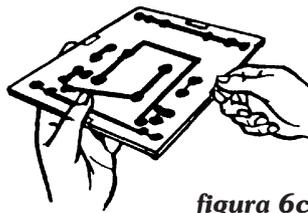


figura 6c

Retire o papel da placa de circuito impresso como mostrado na figura 6e. Com uma esponja de aço (tipo Bom-Bril), retire a camada de oxidação que a placa possui, até que fique bem brilhante (figura 6f).

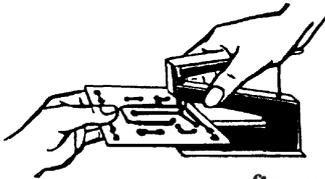


figura 6d

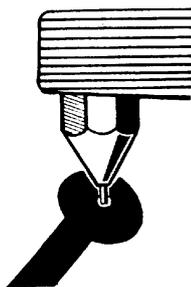


figura 6e

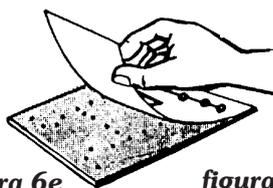
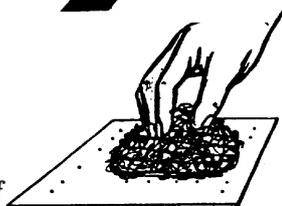


figura 6f



Utilizando um fio plástico, amarre a placa de um ou dos dois lados (figura 6i) para que ela possa ser colocada no ácido com a pintura para baixo como mostra a figura 6j; após aguarde de 10 a 20 minutos.

figura 6g

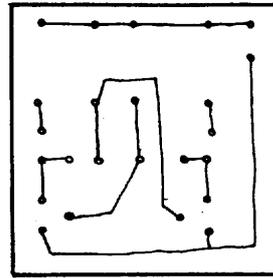
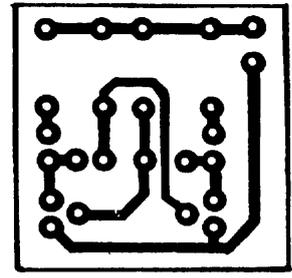


figura 6h



Verificar se a corrosão foi completa através de uma observação visual e lavar a placa com água corrente (figura 6k). Utilizando álcool, remova a tinta preta da placa como mostra a figura 6l.

figura 6i



figura 6j



PRONTO, você verá sua placa de circuito pronta para receber os componentes.

Para maiores informações recomendamos a leitura completa do manual que vem com os KIT de Confecção de circuito Impresso.



figura 6k

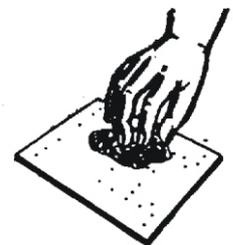


figura 6l

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

Antes de começar o desenho na placa, certifique-se que esta não está manchada.

2) Mantenha sua caneta de traçagem sempre tampada, quando não estiver em uso. Sua ponta, seca com facilidade em contato com o ar.

3) O Percloroeto de Ferro é um ácido, logo, todo o cuidado com sua manipulação deve ser tomado. Caso este caia na roupa deve ser lavado imediatamente com água e sabão, pois ao secar, não mais sairá.

4) A proporção do ácido deverá ser 300 a 400 gramas para cada litro de água. Apesar de falarmos em litro de água, a quantidade de água deve ser a suficiente para preencher até 4mm do fundo da bacia até a superfície da água.

5) Após a utilização do ácido com a água, guardar ambos em um vasilhame de vidro, NÃO ESQUECENDO DE COLOCAR A INSCRIÇÃO: CUIDADO - ÁCIDO. Guardar em lugar em que crianças não terão acesso.

APRESENTAÇÃO DE COMPONENTES

A apresentação dos componentes, presta-se apenas como reconhecimento visual, já que suas aplicações e funcionamento são vistos no decorrer do curso de eletrônica geral.

RESISTORES

RESISTOR

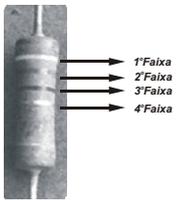


figura 7a

SIMBOLOGIA

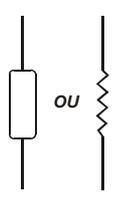


figura 7b

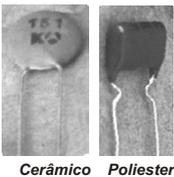
Os resistores de carvão são como apresentado na figura 7a, sendo sua simbologia mostrada na figura 7b. Estes componentes tem seu valor codificado por anéis de cores, cuja tabela pode ser vista na pág.23. Alguns

resistores de fio ou de segurança, trazem seus valores impressos em seus corpos.

CAPACITORES

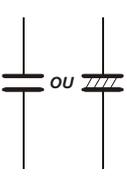
Apesar de existirem muitos tipos de capacitores, podemos resumir em dois tipos os não polarizados: cerâmico (mostrado na figura 8a) e o poliéster (mostrado em 8b). Sua simbologia é idêntica e são mostradas na figura 8c.

figura 8a 8b CAPACITORES



Cerâmico Poliéster

figura 8c SIMBOLOGIA



CAPACITOR ELETROLÍTICO



figura 8d

SIMBOLOGIA

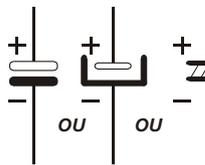


figura 8e

Os capacitores polarizados são também chamados de eletrolíticos, em geral com maiores dimensões que os anteriores e de formato cilíndrico (figura 8d). Apesar de possuírem simbologia semelhante aos anteriores, possuem uma indicação de polaridade positiva e negativa (figura 8e). ESTES NÃO PODEM SER INVERTIDOS.

POTENCIÔMETRO OU RESISTOR VARIÁVEL

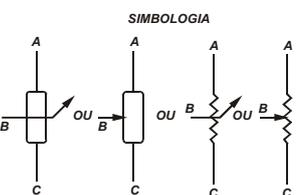
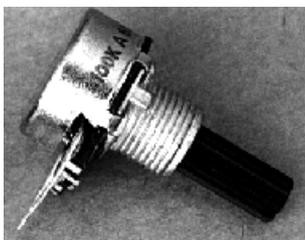


figura 9

Possuem características semelhantes aos resistores comuns, com a diferença que possibilitam alteração de seus valores. Em nossa fonte, o potenciômetro será utilizado para variar a tensão de saída de alimentação. Sua montagem mecânica é relativamente complexa, pois ele é fixado no painel e na placa de circuito impresso, logo não podendo ficar torto. Vemos o potenciômetro na figura 9.

RESISTOR TÉRMICO - TIPO NTC

É um resistor que possui um corpo muito parecido com o capacitor.

Este componente diferencia do resistor comum apenas por ter o valor de sua resistência variável de acordo com sua temperatura.

Podemos ver sua forma física e sua simbologia na figura 10. NÃO POSSUI POLARIDADE, podendo ser invertido, quando da soldagem na placa.

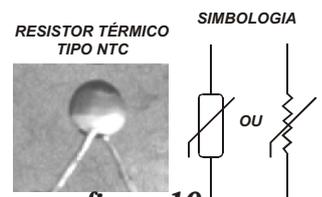


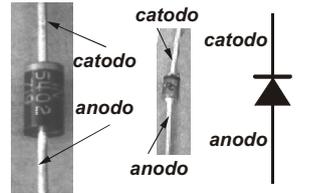
figura 10

DIODOS

Elementos semicondutores que terão várias aplicações. Podemos ver dois tipos de diodos na figura 11a, onde deveremos observar em seu corpo uma "lista" que indicará a posição de como o componente deverá ser colocado na PCI.

Na figura 11b vemos sua simbologia, onde o traço, indica a posição da "lista".

figura 11a figura 11b DIODO SIMBOLOGIA



DIODO ZENER

Muito semelhante ao diodo comum, sendo muitas vezes difícil de reconhecer quando é zener ou quando é comum (a não ser pelo código). A figura 12a, mostra seu aspecto físico, enquanto a figura 12b, mostra sua simbologia. No caso da figura 12a, podemos ver uma inscrição "5V6" indicando que é de 5,6V.

ATENÇÃO: ESTE COMPONENTE NÃO PODERÁ SER INVERTIDO.

DIODO ZENER SIMBOLOGIA

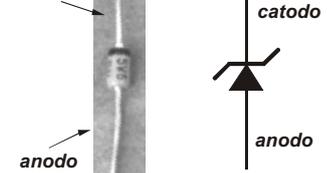


figura 12a figura 12b

DIODO LED (Light Emitting Diode) Diodo emissor de Luz

O diodo LED é muito conhecido do público em geral, pois é um componente que na maioria das vezes, fica visível no aparelho, para indicar alguma função. Nos dias atuais é utilizado amplamente em semáforos. Sua forma física, pode ser vista na figura 13a, onde temos a destacar um pequeno corte em uma de suas laterais, indicando o terminal, que será representado com um traço (figura

DIODO LED (diodo emissor de luz)

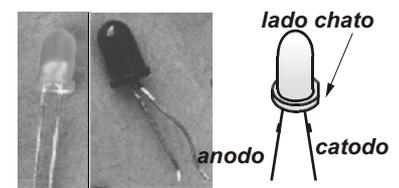


figura 13a

SIMBOLOGIA

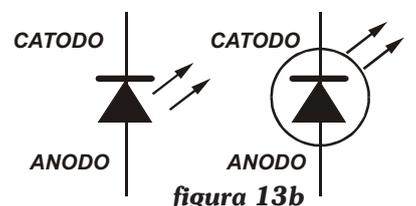


figura 13b

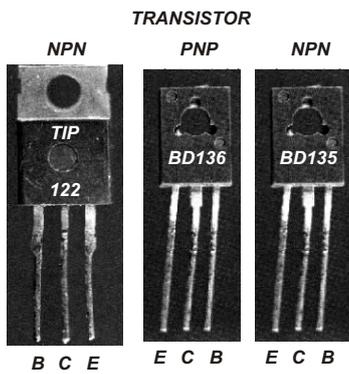


figura 14a

destas formas na figura 14a. Possui três terminais, sendo base, emissor e coletor, suas simbologias

NPN

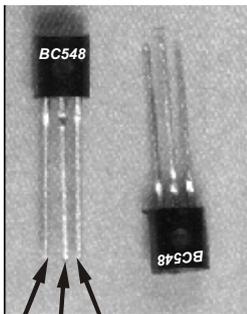


figura 14a

podem ser vistas nas figuras 14be 14c.

Este componente deve ter seus terminais ligados de forma correta na placa de circuito impresso, sendo que sua inversão poderá levá-lo à queima.

CHAVE LIGA-DESLIGA

CHAVE LIGA-DESLIGA

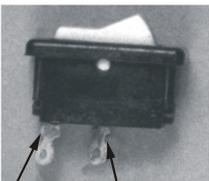


figura 15a

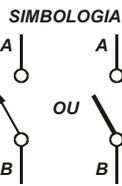


figura 15b

A chave liga-desliga é muito conhecida pois é acessível ao usuário do aparelho, onde apresenta variadas formas, sendo uma delas mostrada na figura 15a e simbologia em 15b. Para nossa montagem, essa chave permitirá que o aparelho possa ser ou não ligado.

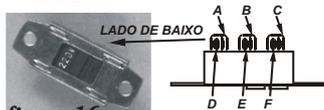


figura 16a

SIMBOLOGIA

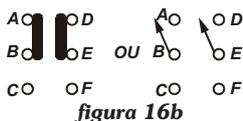


figura 16b

figura 16b.

FUSÍVEL e seu SUPORTE

O fusível tem como objetivo proteger o aparelho contra possíveis sobrecargas de corrente. Possui variadas formas, sendo utilizado para montagem um tubo de vidro pequeno que pode ser visto na figura 17a e sua

13b) chamado de catodo ou "K".

TRANSISTOR

O nome transistor também é muito conhecido da maioria das pessoas. É um componente utilizado para várias funções, assim como possui variadas formas. Mostramos algumas

figura 14b

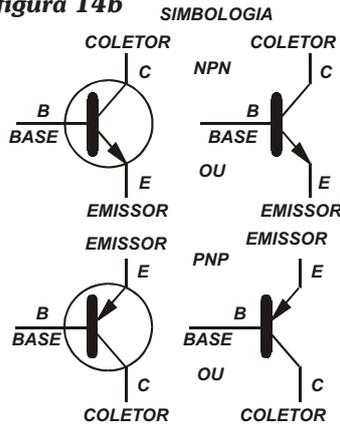


figura 14c

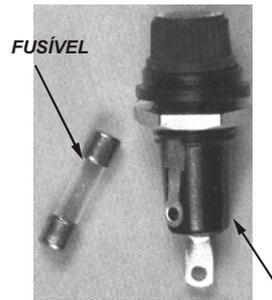


figura 17a

SIMBOLOGIA

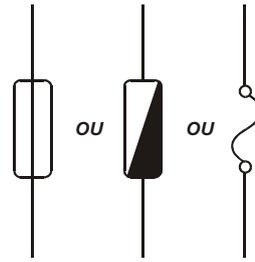


figura 17b

simbologia na figura 17b. O suporte de rosca do fusível possui dimensões maiores do que o fusível e serve apenas para que o usuário possa ter fácil acesso a ele (o tipo rosca permite que a substituição seja feita sem necessidade de abrir o aparelho).

TRANSFORMADOR

O transformador permite transformar a tensão de entrada de rede em uma tensão bem mais baixa. Seu aspecto físico pode ser visto na figura 18a, enquanto sua simbologia pode ser vista na figura 18b. Podemos ter transformadores com 3 fios (figura 18b), 2 fios (figura 18c) ou ainda com mais fios, dependendo da aplicação.

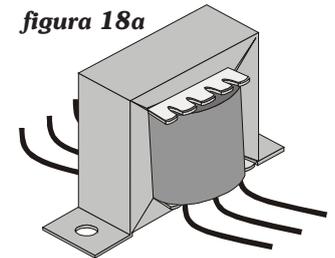


figura 18a

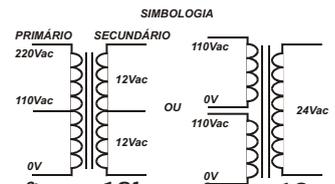


figura 18b

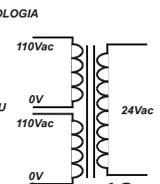


figura 18c

ALTO-FALANTE

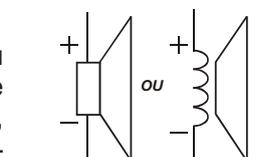


figura 19b

ALTO-FALANTE

O alto-falante já é um velho conhecido do público, possuindo dois terminais para sua ligação. Apesar de funcionar com qualquer posição que se ligue o fio, deveremos respeitar seu ponto de ligação "positivo" e "negativo". Na figura 19a, temos o aspecto físico do alto-falante e na figura 19b, sua simbologia.



figura 20a

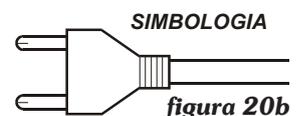


figura 20b

CABO DE FORÇA

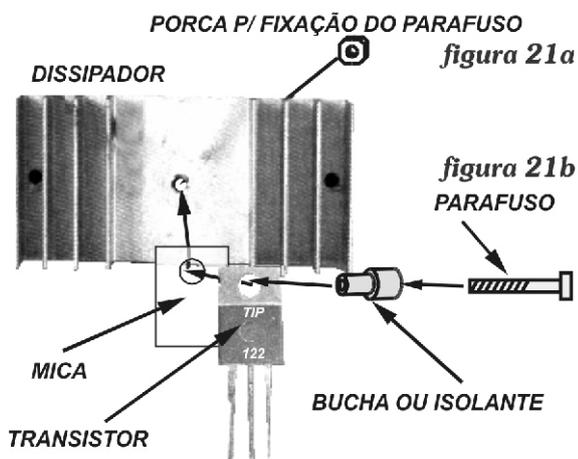
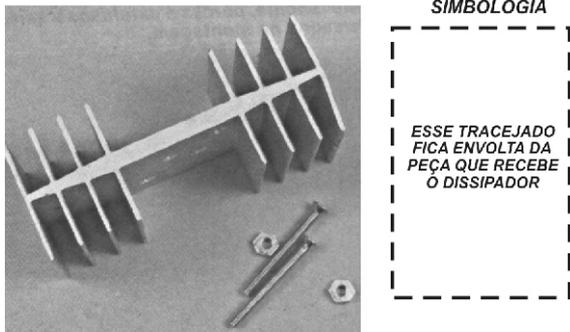
O cabo de força permitirá levar a energia elétrica da tomada para dentro do aparelho. Não tem polaridade definida sendo seu aspecto visto na figura 20a e sua simbologia na figura 20b.

DISSIPADOR DE CALOR

O dissipador feito de alumínio (figura 21a), deverá ser

utilizado em componentes que apresentam uma dissipação de potência (calor), bem acima do que poderiam suportar sozinhos. São dispositivos que servem para proteger em geral outros componentes. Sua simbologia é baseada em um tracejado que em geral vai em torno do componente que tem seu calor dissipado.

DISSIPADOR DE CALOR



Normalmente é utilizado junto a transistores ou circuitos integrados.

Na figura 21b, podemos ver como um dissipador deverá ser colocado no componente que vai dissipar potência. A mica é um material isolante que deverá receber pasta térmica em seus dois lados. A bucha ou isolante do parafuso, não permitirá que o parafuso faça contato com o transistor.

FIAÇÃO

Diversas cores de fios poderão ser utilizadas na montagem da fonte de alimentação ou ainda no amplificador. Os fios servirão para interligar determinados componentes que devem ficar fora da placa de circuito impresso (veja figura 21c).



figura 21c

MULTÍMETRO DIGITAL

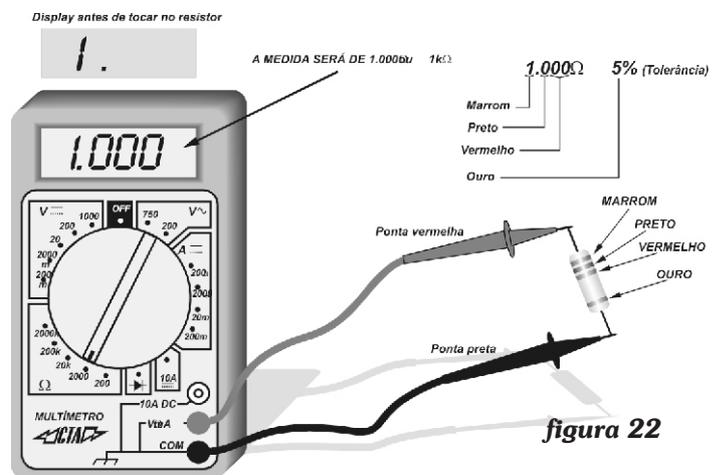
O multímetro digital é um medidor de várias grandezas como TENSÃO (ou diferença de potencial), CORRENTE e RESISTÊNCIA.

Sua utilização exige cuidado, sendo que medições erradas poderão leva-lo a queima.

Exemplos de medição

MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA

Para a medição de resistências ou resistores, não poderão ser feitas com o componente alimentado pelo circuito. Qualquer tentativa de medição de resistência com alimentação no circuito, poderá leva-lo a queima. A escala de resistência é caracterizada com a letra

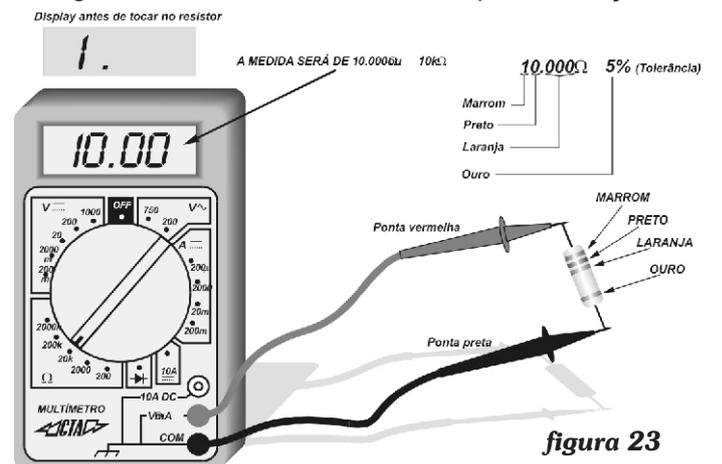


ômega ou ohms, e sua interpretação pode ser de 199 ohms (200 - lado direito) até 1999k (2000k - lado esquerdo) que representa uma medição de até 1,9 milhões de ohms.

Antes da medição, é bom fazer a verificação de continuidade das pontas, bastando para tal colocar um dos pontos metálicos com o outro. Imediatamente o display indicará o número "1" à esquerda.

Medindo um resistor do KIT com as cores marrom, preto e vermelho, e posicionando a escala como indicada na figura 22 (2k), teremos a medição de 1.000, ou seja, 1k (maiores informações poderão ser pedidas ao professor).

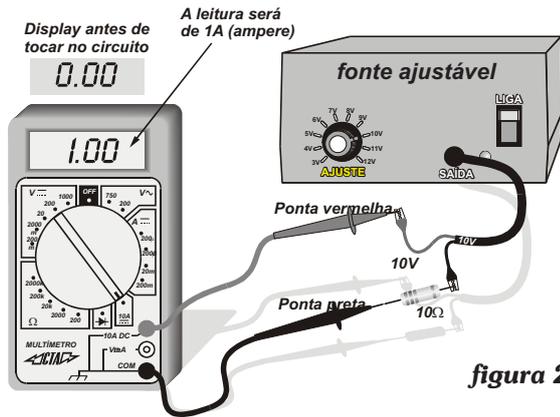
Na figura 23, mostramos mais um exemplo de medição



de resistência (não esquecer de curto-circuitar as pontas antes da medição) onde usamos agora um resistor das cores marrom, preto e laranja, que teremos indicado no display 10.00 ou seja 10.000 ohms ou 10k (k valerá 3 zeros).

MEDIÇÃO DE CORRENTE

Para medir corrente que circula pelo circuito, devemos interrompe-lo, para que esta passe pelo multímetro. As medições de corrente não são comuns para análises de defeitos, mas comuns em projetos e desenvolvimento. A figura 24, mostra uma fonte de alimentação, ajustada para 10 volts, estando ligada a uma resistência de 10 ohms.

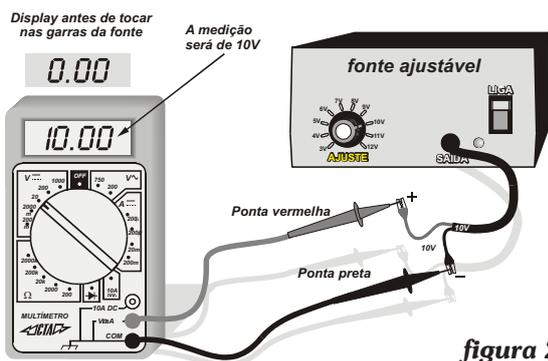


Para saber qual é a corrente circulante, devemos ligar o ponto positivo do multímetro ao ponto positivo da fonte e o ponto negativo do multímetro ao lado aberto do resistor. Assim teremos a corrente circulante por dentro do multímetro, como mostra a figura 24. A indicação será de 1.00 ou seja 1 Ampère.

Devemos tomar cuidado com as pontas do multímetro, pois na posição normal dos cabos, a medição MÁXIMA que pode ser feita não ultrapassará a 200mA, ou 0,2A. Como medimos neste exemplo 1A, teremos que trocar o "borne" vermelho do multímetro para o furo de cima que indica "10A".

A figura 25, mostramos a mesma fonte de alimentação com 10V, ligada agora a um resistor de 100 ohms. Notem que o "borne" do multímetro poderá ficar na posição normal "+", pois a corrente será inferior a 200mA ou 0,2A. No caso de aplicarmos 10V sobre um resistor de 100ohms, deveremos medir cerca de 100mA.

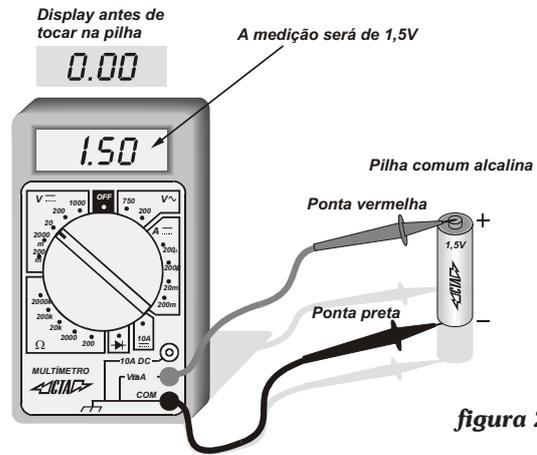
ATENÇÃO: Recomendamos aos alunos que somente façam medições de corrente quando tiverem conhecimentos mais aprofundados (final da módulo 1 de



eletrônica).

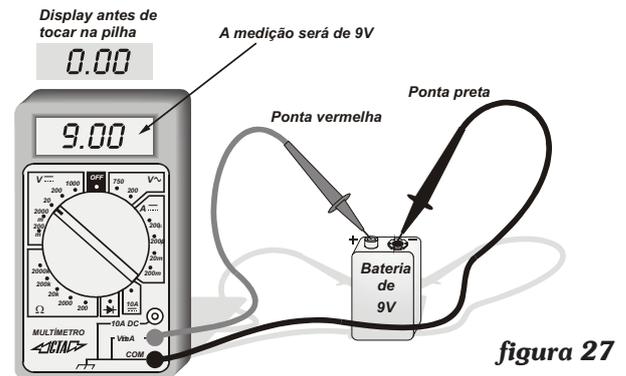
MEDIÇÃO DE PILHAS E BATERIAS

Podemos fazer medição de tensões contínuas, como as que estão presentes na fonte de alimentação, em pilhas e baterias.

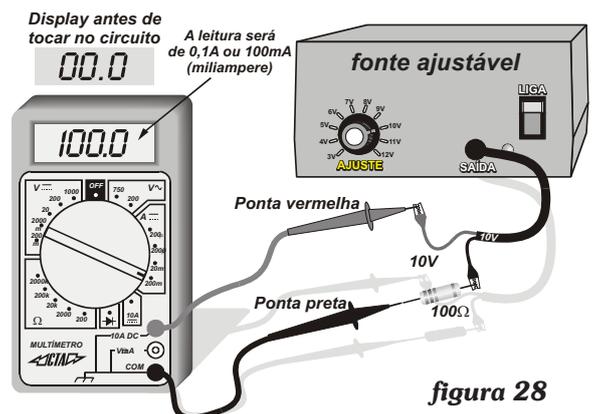


Na figura 26, devemos posicionar a escala do multímetro com a indicação do símbolo "V ---".

Como foi selecionado 20V como escala MÁXIMA, a leitura sobre uma pilha deverá dar 1.50 ou 1,5V. Caso a pilha medida indica menos do que 1,1V, já deverá ser substituída.



Caso a escala escolhida para medir a pilha tenha sido a escala abaixo (200mV) teremos como resultante uma tensão maior do que suporta a medição resultando em uma indicação de sobrecarga ou 1 a esquerda do display. Na figura 27 vemos o mesmo para a medição de uma bateria de 9V.



Na figura 28 podemos ver o multímetro medindo a tensão de saída da fonte de alimentação, montada no módulo 1. Posicionando a escala do multímetro em 20V máximos, podemos medir desde 1,5v ajustando até chegar a 12V. Assim teremos uma indicação mais precisa feita com o multímetro.

MEDIÇÃO DA REDE ELÉTRICA

Esta é uma medição perigosa, que necessita ser feita com acompanhamento do instrutor. Como a tensão da rede é alternada, deveremos colocar o multímetro na escala de Vac. Para a medição de redes de até 127Vac, deverá ser colocado o multímetro na escala de 200V máximos (figura 29). Caso não saiba qual a tensão da rede, poderá ser utilizada a escala do multímetro em 750Vac.

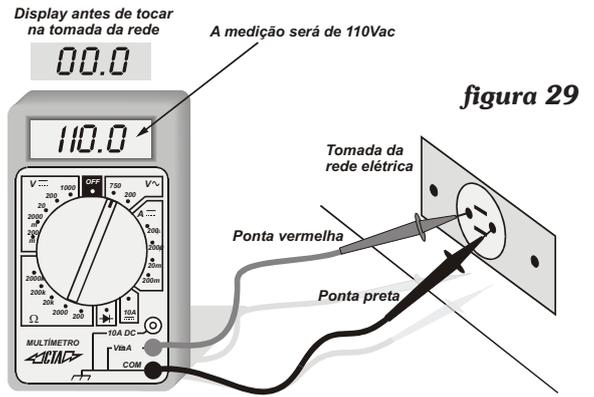


figura 29

MULTÍMETROS DIGITAIS DA INSTRUTHERM

Display: Cristal líquido (LCD) de 3 3/4 com indicação máxima de 3999
 Categoria: CAT-II 400V
 Escala automática: 4V a 400V
 Tensão DC: 4V, 40V, 400V
 Precisão: ±0,8% da leitura + 1 dígito
 Tensão AC: 4V, 40V, 400V
 Precisão: ±1,2% da leitura + 3 dígitos
 Medição de resistência
 Teste de Continuidade
 Indicação de bateria fraca
 Desligamento automático: 15 min.
 Temperatura de operação: 0°C a 50°C
 Temperatura de armazenagem: -40°C a 60°C
 Alimentação: 4 pilhas de 1,5V tamanho "AAA"
 Dimensões: 66 x 126 x 28mm
 Peso: Aprox. 150g (incluindo bateria)
 Fornecido: 1 par de pontas de prova, 4 pilhas de 1,5V tamanho "AAA" e Manual de Instruções
 Opcionais (Vendido Separadamente): Estojo para transporte mod. ES-01, Maleta para Transporte Mod.MA-800 e Maleta para Transporte Mod.MA-810

Display duplo de cristal líquido (LCD) com 3 1/2 dígitos com iluminação e indicação máxima de 4000
 Categoria: CAT III - 1000V
 TRUE RMS
 Escalas:
 - Tensão DC: 400mV, 4V, 40V, 400V, 1000V
 - Resolução: 0,1mV, 1mV, 10mV, 100mV, 1V

- Precisão: 400mV: ±0,5% de leitura ±2 dgts
- 4V, 40V, 400V: ±1,2% de leitura ±2 dgts
- 1000V: ±1,5% de leitura ±2 dgts
- Tensão AC: 400mV, 4V, 40V, 400V, 750V
- Resolução: 0,1mV, 1mV, 10mV, 100mV, 1V
- Precisão: 400mV: ±2,0% de leitura ±30 dgts
- 4V, 40V, 400V: ±0,8% de leitura ±3 dgts
- 750V: ±2,0% de leitura ±4 dgts
- Corrente DC: 400mA, 4000m, 40mA, 400mA, 20A
- Resolução: 0,1mA, 1mA, 10mA, 100mA, 10mA
- Precisão: 400m, 4000m, 40mA, 400mA: ±1,5% de leitura ± 3 dgts
- 20A: ±2,5% de leitura ± 5 dgts
- Corrente AC: 400mA, 4000m, 40mA, 400mA, 20A
- Resolução: 0,1mA, 1mA, 10mA, 100mA, 10mA
- Precisão: 400m, 4000m, 40mA, 400mA: ±1,8% de leitura ± 5 dgts
- 20A: ±3,0% de leitura ±7 dgts
- Resistência: 400W, 4W, 40W, 400W, 4MW, 40MW
- Resolução: 0,1W, 1W, 10W, 100W, 1kW, 10kW
- Precisão: 400W: ±1,2% de leitura ±4 dgts
- 4W, 40W, 400W, 4MW: ±1,0% de leitura ±2 dgts
- 40MW: ±2,0% de leitura ±3 dgts
- Capacitância: 40nF, 400nF, 4mF, 40mF, 100mF
- Resolução: 10pF, 0,1nF, 1nF, 10nF, 0,1µF
- Precisão: 40nF: ±5,0% de leitura ± 7 dgts
- 400nF, 4mF, 40mF: ±3,5% de leitura ±5 dgts
- 100µF: ±5,0% de leitura ±5 dgts
- Frequência: 9,999Hz, 99,99Hz, 999,9Hz, 9,999kHz, 99,99kHz, 999,9kHz, 9,999MHz-
- Resolução: 0,001Hz, 0,01Hz, 0,1Hz, 1Hz, 10Hz, 100Hz, 100Hz, 1kHz
- Precisão: 9,999Hz, 99,99Hz: ±1,2% de leitura ±5 dgts
- 999,9Hz, 9,999kHz, 99,99kHz, 999,9kHz: ±1,2% de leitura ±3 dgts
- 9,999MHz: ±1,5% de leitura ±4 dgts
- Ciclo de trabalho (Duty Cycle): 0,1% a 99,9%
- Resolução: 0,1%
- Precisão: ±1,2% de leitura ±2 dgts
- Temperatura: -20° a 1000°C (-4° a 1832°F)
- Resolução: 0,1°C/°C (0,1°F/°F)
- Precisão: ±3% de leitura ±3°C/°F
- Diodo: 0,3mA
- Resolução: 1mV
- Precisão: ±10% de leitura ±5 dgts
- Categoria de sobre tensão: CAT III
- Interface serial RS-232: Software compatível com windows 95/98/2000
- Escala de medição: 2 vezes por segundo, nominal
- Teste de diodo, continuidade audível e capacitância
- Polaridade: Automática, (-) indicação de polaridade negativa
- Data Hold: Congela a leitura no display
- Indicação de sobre escala: "OL" é exibido no display
- Indicação de bateria fraca: O símbolo da bateria é exibido no display
- Desligamento automático: 10 minutos
- Temperatura de operação: 0° a 50°C (32° a 122°F)
- Umidade de operação: <70% UR
- Temperatura de armazenagem: -20° a 60°C (-4° a 140°F)
- Umidade de armazenagem: <80% UR
- Categoria de Segurança: CAT-II 1000V
- Alimentação: 1 bateria de 9V
- Dimensões: 197 x 88 x 41mm
- Peso: 635g (incluindo holster)
- Fornecido: 1 par de pontas de prova, 1 bateria de 9V, cabo RS-232, software, holster, sensor de temperatura S-02 e manual de instruções
- Opcionais: Certificado de calibração, Maleta para Transporte Mod.MA-800 e Maleta para Transporte Mod.MA-810

kit para fazer placas: <http://www.reidosom.com.br/placasci.htm>
 ferramentas: http://www.pares.com.br/index.php?pag=list_categoria&b_grupo=Ferramentas
<http://www.twenga.com.br/dir-Jardim-Bricolagem,Ferramenta-eletrico-portateis,Ferro-de-solda>
 Multímetros digitais (fabricantes e importadores)
www.fluke.com.br/prpt/products/categorydmm
www.instrutherm.com.br
www.minipa.com.br
www.icel-manaus.com.br

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feita dos blocos de exercícios M1-57 à M1-60. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feita dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.

AULA

16

LÂMPADA SÉRIE - VOLTÍMETRO E AMPERÍMETRO REVISÃO DOS CONCEITOS DE TENSÃO E CORRENTE

As diversas combinações da lâmpada série

Um circuito prático para montar uma lâmpada série

Como usar o multímetro como voltímetro e amperímetro

O Voltímetro “analógico” e o “analógico eletrônico”

Revisão dos Conceitos de Tensão e Corrente (Lei de Ohm)

Esta aula, irá abordar a lâmpada série, equipamento indispensável para a análise de defeitos em circuitos eletrônicos, além do funcionamento básico interno do multímetro e algumas técnicas de dimensionamento de grandezas.

LÂMPADA SÉRIE

A lâmpada em série é um dispositivo de segurança de grande valor para o técnico de manutenção de aparelhos eletroeletrônicos, sejam estes simples rádios ou sofisticadas fontes chaveadas. Ela é baseada no conceito de que uma resistência colocada em série a um circuito irá limitar a sua corrente circulante, a lâmpada em série evita que no caso de um equipamento apresentar um consumo excessivo ou curto-circuito, a corrente não ultrapasse a um limite de segurança predefinido, garantindo que nenhum dano seja causado.

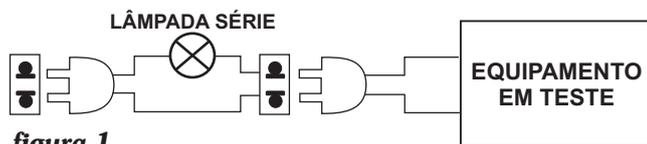


figura 1

Na figura 1 vemos como seria a ligação básica da lâmpada em série a um aparelho em análise. A utilização da lâmpada incandescente comum como elemento em série deve-se ao fato da mesma apresentar potências de dissipação compatíveis com as necessárias para a ligação dos principais equipamentos eletrônicos, além de serem de fácil obtenção, baixo custo e apresentarem características especiais como será visto em seguida.

Quanto a potência da lâmpada a ser utilizada, esta depende da potência do aparelho, devendo ser aproximadamente três vezes maior. Desta forma, a resistência equivalente média da lâmpada será 3 vezes inferior à resistência equivalente do aparelho, fazendo com que a queda de tensão na lâmpada (caso não haja defeito no equipamento) seja de aproximadamente 25% da tensão de alimentação, não comprometendo o funcionamento normal do

equipamento. Como a queda de tensão na lâmpada nesta situação é baixa, o seu brilho será muito fraco ou inexistente. Na ocorrência de algum defeito que faça o consumo subir além do normal, teremos uma diminuição da resistência interna do aparelho, provocando um aumento da corrente circulante, aumento este que poderá ser, nocivo aos componentes do circuito, principalmente os semicondutores. Neste ponto é que entra em ação a lâmpada em série, limitando a corrente circulante e, devido a elevação de sua queda de tensão, apresentando um brilho maior. Portanto, além de proteger o equipamento de um consumo insuportável, a lâmpada também age como um indicador, sendo que quanto maior for o consumo maior será o acendimento da lâmpada. Supondo que pretendemos usar a lâmpada em série com algum equipamento cuja potência normal seja de 160W, chegaremos pela regra de cálculo anterior ao valor de 420W. Devido a este valor de potência ser incomum para lâmpadas incandescentes, deveremos fazer uma associação "em paralelo" de duas lâmpadas de 200W, ou então de uma lâmpada de 100W com duas de 150W obtendo assim 400W. Infelizmente, a utilização da lâmpada em série é ainda pouco conhecida dos técnicos em geral, embora seja uma prática usada à muitos anos não só no Brasil mas também em outros países. Podemos dar como exemplo um aparelho de televisão que esteja com o fusível aberto; isto pode ser provocado por vários motivos como sobretensão da rede elétrica, curto na fonte de alimentação e até deficiências no próprio fusível. O mais interessante que acontece é que quando o técnico descobre o fusível interrompido, troca-o e em seguida liga o equipamento, o que na maioria das vezes provoca a instantânea interrupção do mesmo. Novamente o fusível é substituído e antes de ligar o televisor utiliza-se da escala "ôhmica" do multímetro para a verificação de qual componente está em curto, começando obviamente pelos diodos da fonte de alimentação.

Caso seja encontrado algum componente em curto o mesmo é substituído e volta a se ligar o aparelho na rede elétrica. O grande problema é que se houverem outros curtos, novamente o fusível será "queimado". A lâmpada em série além de evitar

queimas constantes de fusíveis, ainda evita que seja utilizada a escala "ôhmica" para a medição dos componentes tornando a busca mais rápida e precisa.

A ESTRUTURA BÁSICA DE UM EQUIPAMENTO

Na análise de consumo excessivo de qualquer equipamento, deverá ser levado em consideração que este se constitui em uma carga (RL = Resistance Load) ou simplesmente resistência de carga, que transformará a energia captada da rede (ou de outra fonte) em som, luz, calor, etc. (observe a figura 2a). Uma melhoria da esquematização básica podemos ver na figura 2b, onde temos a fonte de alimentação (retificação, filtragem e

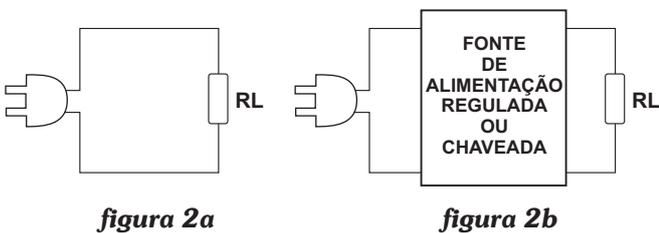


figura 2a

figura 2b

estabilização) separada da carga final. Quando temos um problema em qualquer equipamento eletrônico, temos quatro condições fundamentais:

- 1) Curto ou consumo excessivo, que na maioria das vezes levará a queima do fusível. Isto se manifesta pela diminuição da resistência equivalente da RL.
- 2) Circuito aberto ou inoperante. Não provoca a queima do fusível mas mantém parte ou todo o aparelho inoperante.
- 3) Processamento de sinal interrompido. Normalmente causado por alguma interrupção de sinal, não se caracterizando por falta nem excesso de consumo. Nestes casos a maioria dos circuitos funciona separadamente, mas no agrupamento destes acaba apresentando deficiências.
- 4) Circuito que aparentemente se apresenta sem consumo como se estivesse aberto, mas na realidade esconde algum curto, é comum ocorrer este fato nos televisores atuais que trabalham com fontes chaveadas, pois no caso de consumo excessivo ou curto a fonte é desarmada dando a impressão de circuito aberto.

COMO CONCLUIR SE UM CIRCUITO ESTÁ COM CONSUMO EXCESSIVO OU ABERTO?

A utilização da lâmpada em série acabou passando ao abandono devido a interpretação mal feita de consumo excessivo ou pouco consumo. De forma geral os poucos técnicos que utilizam a lâmpada em série ainda o fazem de modo errado pois utilizam apenas uma lâmpada de 60 ou 100 watts, o que restringirá muito o campo de aplicação e na maioria

das vezes o confundirá. Podemos dizer que se ligarmos um amplificador de baixa potência à uma lâmpada de 60 watts, não haverá a esperada proteção, pois em geral o consumo do amplificador em repouso não ultrapassaria os 5 watts. Já a mesma lâmpada utilizada para uma televisão com um consumo médio de 100 Watts, apresentaria um grande brilho, ou simplesmente não funcionaria, confundindo a análise técnica.

Há de se deixar claro que a correta utilização da lâmpada em série está centrada em se saber o **CONSUMO MÉDIO DO EQUIPAMENTO** e após definir a potência da lâmpada em 3 vezes a mais que este consumo; só assim a análise será bem sucedida.

Como exemplo, podemos utilizar a figura 3 que mostra em (a), uma carga de 60 watts de consumo médio em série com uma lâmpada também de 60 watts. Fica claro que a tensão sobre a carga será próxima da tensão sobre a lâmpada. Devemos salientar que a resistência equivalente da lâmpada depende da temperatura de seu filamento, podendo variar até 10 vezes o seu valor, portanto se a corrente no filamento for baixa sua resistência diminui não mais sendo proporcional a sua potência, e neste caso apesar da potência da carga ser igual a potência nominal da lâmpada, devido a baixa corrente por ela sua resistência estará mais "fria" e portanto seu valor menor, ficando com uma queda de tensão um pouco menor que a carga.

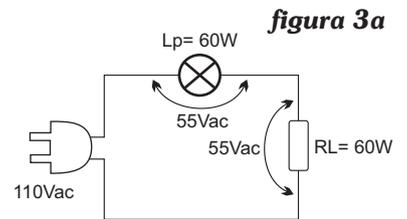


figura 3a

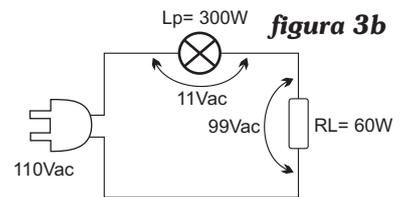


figura 3b

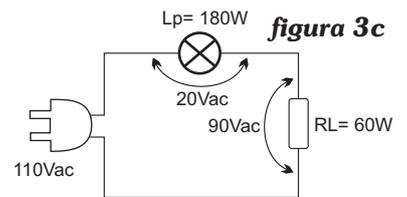
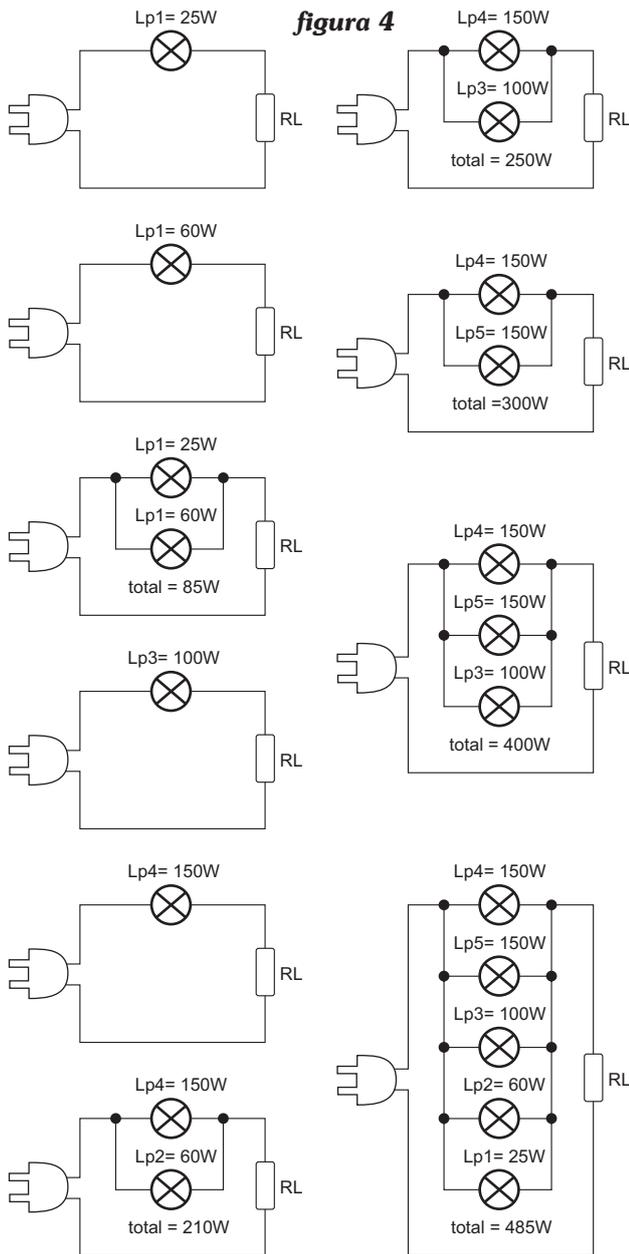


figura 3c

Neste caso teremos sobre a carga apenas 70Vac, e isto implicará em um funcionamento deficiente da carga e um acendimento excessivo da lâmpada que indicaria consumo acima do normal. Na realidade não está havendo um consumo acima do normal, mas sim uma aplicação errada da potência da lâmpada sobre determinada carga.

Na figura 3 (b), podemos ver que a carga de 60 watts, foi ligada em série com uma lâmpada de 300 watts. Como a lâmpada em série possui uma potência 5 vezes MAIOR que a carga, sua resistência equivalente é também muitas vezes MENOR do que a carga. Isto faz com que a carga receba uma tensão quase normal (99Vac) o que a faria funcionar normalmente e a lâmpada em série por sua vez não acenderia indicando consumo



“normal”.

Apesar de parecer o correto não é, pois qualquer desvio de consumo na carga por alguma deficiência não seria notado na indicação da lâmpada em série. O pior é que ligações erradas feitas pelo próprio técnico levariam o componente substituído assim como outros à queima.

Na figura 3c vemos a ligação ideal da lâmpada em série à carga. Considerando a carga com 60 watts, a lâmpada ideal seria de 180 watts. A tensão sobre a carga ficaria em torno de 90 Volts enquanto que a tensão sobre a lâmpada ficaria com 20Vac. Com a tensão de entrada mais baixa que o normal (90Vac), o equipamento poderia apresentar algumas deficiências, mas funcionaria relativamente bem e estaria protegido contra eventuais curtos ou consumo excessivo.

O técnico que ainda não leu as matéria publicadas nas revistas da CTA Eletrônica sobre a montagem da lâmpada em série, talvez não tenha entendido como conseguir uma variedade enorme de potências indo desde 40 watts até mais de 400 watts; bastará ter 5 lâmpadas com as potências de 25 watts, 60 watts, 100 watts, 150 watts e 150 watts.

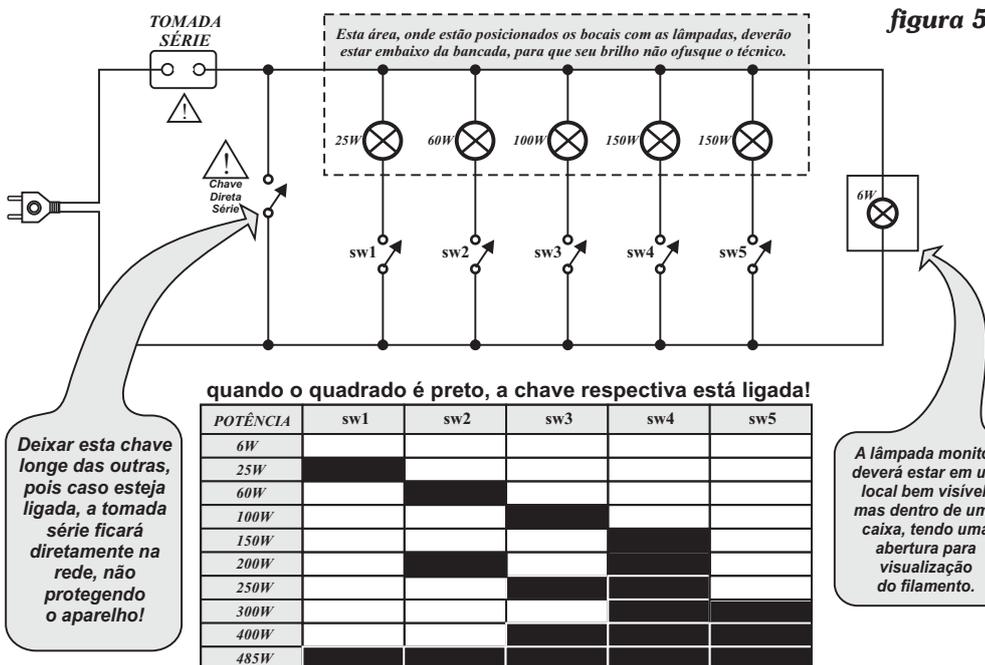
Quando as lâmpadas são colocadas em paralelo temos as somatórias das potências destas, resultando nas combinações mostradas na figura 4 (25W, 60W, 85 W, 100W, 150W, 210W, 250W, 300W,400W e 485W).

Na figura 5, podemos ver o esquema definitivo do circuito das lâmpadas em série, onde podemos destacar a lâmpada monitor (à direita da figura) que possui uma potência muito baixa: 6W.

Esta potência foi escolhida para que, ao acender, ela não cause ofuscamento e prejuízo à visão do técnico, servindo como lâmpada de sinalização de consumo. O que queremos dizer é que, aplicando uma tensão de rede à uma lâmpada de 100W e

olharmos para ela, seremos ofuscados, não ocorrendo isso para a lâmpada de 6W. Ainda podemos ver na figura uma chave chamada de «sem proteção» cujo objetivo será fazer calibrações no equipamento, sem necessidade de mudar de tomada.

Finalmente a tabela abaixo do esquema, diz respeito às chaves que são acionadas e combinadas, geram as potências que queremos (basta somar as potências das lâmpadas.



VOLTÍMETRO E AMPERÍMETRO

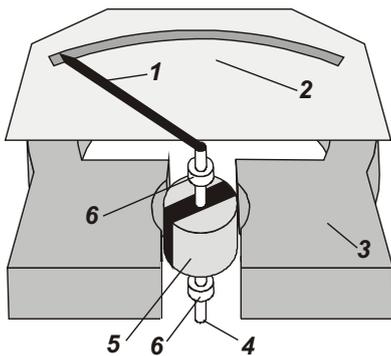
Vamos apresentar aqui, o funcionamento básico interno do multímetro, equipamento de medição muito utilizado pelos técnicos de manutenção. Ele tem inúmeras escalas de medição; dentre elas vamos destacar as duas mais importantes para o nosso curso: o voltímetro e o amperímetro.

MEDIDORES DE CORRENTE E TENSÃO

Quando uma corrente circula através de um condutor, ao redor dele aparece um campo magnético, cuja intensidade varia de forma diretamente proporcional a essa corrente; esse efeito pode ser aproveitado para inúmeras aplicações, inclusive para fabricação de medidores de corrente.

Se colocarmos uma espira dentro de um campo magnético fixo (produzido por ímãs) e provocarmos uma circulação de corrente por essa espira, ao redor da mesma irá aparecer um campo eletromagnético, que irá interagir com o campo fixo, devido as forças de atração e repulsão; essa interação forçará uma movimentação dessa espira. Quanto maior for a corrente circulante por essa espira, maior será o campo magnético produzido pela mesma, e dessa forma, maior será a força de interação entre essa espira e os ímãs, produzindo com isso uma maior movimentação. Se essa espira for presa a um ponteiro e se fizermos uma escala adequada, esse sistema poderá indicar a corrente circulante por determinado circuito. Na realidade, não é usada apenas uma espira e sim um conjunto delas, formando uma bobina. Os medidores de corrente

figura 1



- 1 - Ponteiro
- 2 - Placa da escala
- 3 - Ímã permanente
- 4 - Mancal de rubi
- 5 - Núcleo da bobina
- 6 - Mola de retorno

que se baseiam nesse princípio são chamados de galvanômetros de bobina móvel (veja figura 1). Quando o instrumento é destinado a medir correntes pequenas, da ordem de microamperes, eles são chamados de galvanômetros e para correntes maiores, de ordem de mili ou até amperes, são chamados de amperímetros. Para medir corrente, necessitamos colocar o instrumento em série com o circuito (observe a figura 2), sendo que esse não poderá influenciar em nada o funcionamento normal do circuito. Por isso o amperímetro ideal deve

ter sua resistência interna igual a zero, o que não acontece

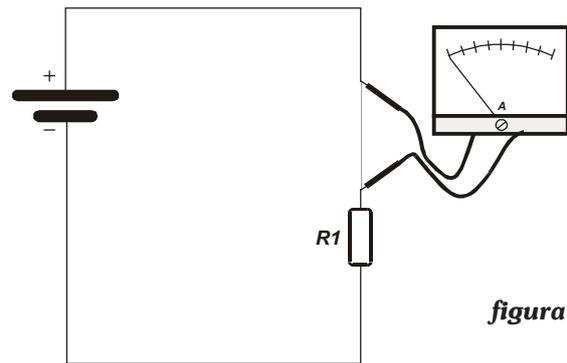
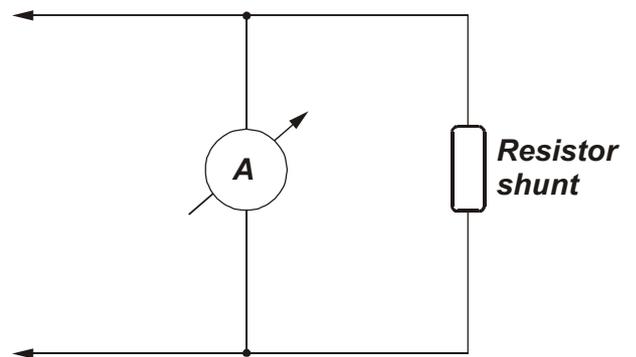


figura 2

na prática.

A máxima corrente que um galvanômetro pode medir sem que haja danos ao seu funcionamento, é chamada de fundo de escala. Em algumas aplicações pode ser que o fundo de escala não nos agrade, pois necessitaremos de instrumentos que meçam correntes maiores. A partir daí torna-se necessário que o fundo de escala do aparelho seja alterado; para fazer isso, deveremos colocar um resistor em paralelo com o galvanômetro visando desviar o excesso de corrente, componente denominado de resistor de desvio ou "shunt" (veja

figura 3



$$R_s = \frac{R_A \times I_A}{I_s}$$

R_s = Resistor shunt
 R_A = Resistência do amperímetro
 I_A = Corrente máxima que o amperímetro mede (final de escala)
 I_s = Corrente que será desviada pela resistência shunt

figura 3).

Não podemos colocar um resistor de qualquer valor, para correto funcionamento da escala do amperímetro; veja exemplo da figura 3.

Para um amperímetro com resistência interna de 1 ohm e fundo de escala de 10mA, qual seria o valor do resistor "shunt" necessário para alterar o fundo da escala para 30mA?

A fórmula da figura 3, parece uma fórmula

complicada, mas ela não passa da análise de proporção da corrente em função da resistência, pela lei de Ohm.

Em primeiro lugar vamos substituir a resistência equivalente da bobina móvel do galvanômetro, conforme mostra a figura 4.

O resistor RA é a resistência equivalente do galvanômetro.

$$\begin{aligned}
 RA &= 1\Omega \\
 IA &= 10mA \\
 IS &= 20mA \\
 Rs &= \frac{1 \times 10mA}{20mA} = \frac{10}{20} = 0,5\Omega
 \end{aligned}$$

Quando o amperímetro for ligado em série com um circuito e passar uma corrente total (Itot) pelo amperímetro, ela irá "entrar" pelo amperímetro até "chegar" no galvanômetro aí ela irá se "dividir",

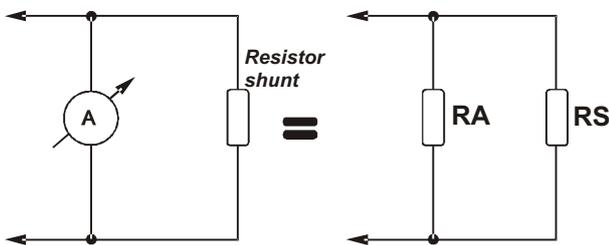


figura 4

passando uma parte da corrente (Ia) por Ra e outra parte da corrente (IS) passará por RS, como mostra a figura 5. Aplicando a lei de

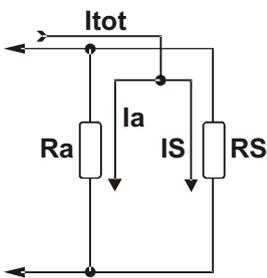


figura 5

Ohm nesse circuito, teremos a mesma tensão sobre Ra e RS, então teremos $V=Ra \times Ia$; $V = Ra \times Ia = RS \times IS$; portanto $Ra \times Ia = RS \times IS$. Agora isolando RS e dividindo os dois lados da igualdade por IS ficamos com a fórmula da figura 3.

Voltando agora ao nosso exemplo, que para um fundo de escala de 10mA teremos que colocar um resistor de 0,5W em paralelo com a bobina. Então para outro fundo de escala, 100mA por exemplo deveríamos colocar um segundo resistor paralelo a bobina e assim por diante até formarmos várias escalas de amperímetros, bastando comutar os resistores pela chave SW1.

$$Rs = \frac{RA \times IA}{IS}$$

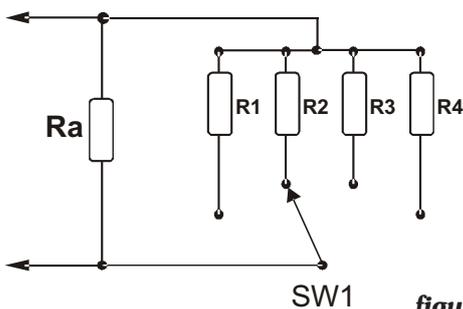
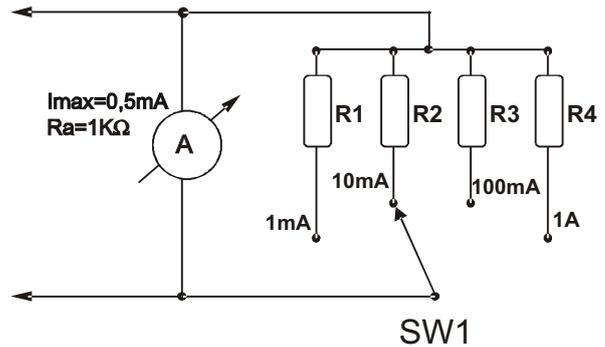


figura 6

Com isto teremos um amperímetro comercial, que faz parte do multímetro, que pode medir várias "gamas" de corrente contínua, como vemos na figura 6.

Exercício proposto

O desenho abaixo representa um amperímetro, calcule os valores de R1, R2, R3 e R4 para os fundos de escala indicados (1mA, 10mA, 100mA e 1A) para o galvanômetro que suporta uma corrente máxima de 0,5mA e tem uma resistência equivalente de 1KΩ.



MEDIDORES DE TENSÃO-VOLTÍMETROS

Utilizando-se um amperímetro, torna-se possível a construção de um voltímetro, bastando para isso associar um resistor de alto valor em série.

Vimos anteriormente que o instrumento que irá medir corrente em um circuito não pode interferir no funcionamento normal dele, ou seja, deverá possuir

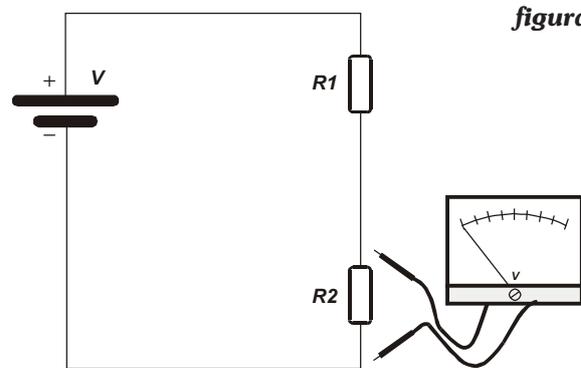


figura 7

resistência interna igual a zero; por sua vez, o voltímetro ideal deverá ter uma resistência interna infinita. Ambas situações citadas anteriormente são

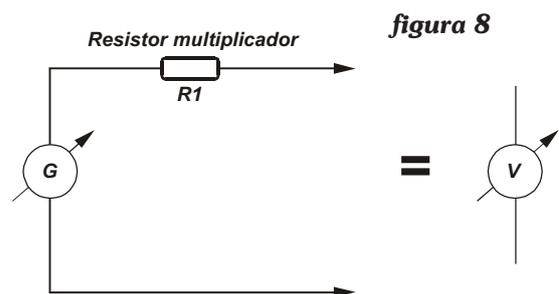


figura 8

difíceis de se conseguir na prática.

Para medir a corrente circulante por um determinado ponto do circuito, torna-se necessário colocar o amperímetro em série com o mesmo; já no caso da tensão, o voltímetro, tem que ser colocado em paralelo com o componente que deseja-se medir a queda de tensão (veja figura 7).

Utilizando a mesma lógica utilizada no amperímetro e aplicando o método das proporções sobre circuitos série (figura 8), podemos calcular os valores dos resistores que deverão ser colocados para formar várias escalas de tensões.

VOLTÍMETRO ANALÓGICO

Este multímetro, cuja aparência externa pode ser vista na figura 9, apresenta uma resistência interna relativamente baixa, ou seja, necessita tirar determinada corrente do circuito para a excitação de sua bobina móvel. A figura 10 mostra detalhes básicos do voltímetro analógico que é parte do circuito do multímetro, e assim podemos saber como este equipamento funciona.

Quando este multímetro mede determinada tensão em um circuito elétrico ou eletrônico, necessita que esta tensão faça circular uma corrente internamente por ele, fazendo deflexionar a bobina móvel que tem o ponteiro indicador preso a ela.

Assim quanto maior for a resistência interna da bobina, maior será a sensibilidade do multímetro e consequentemente “carregará” menos o circuito.

figura 9

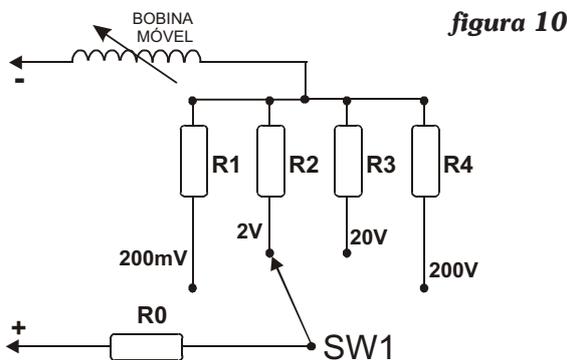


figura 10

Quando comutamos a chave SW1 mudamos o circuito série, alterando a proporção da resistência R0, e consequentemente a porcentagem da tensão medida que irá polarizar a mesma e com isto a corrente circulante pela bobina móvel será proporcional a esta queda de tensão, alterando qual escala estaremos medindo.

MULTÍMETRO DIGITAL

Este multímetro, tem um “display” diferente do multímetro analógico, pois nele não temos um ponteiro que marca a tensão medida e sim um “display” digital que mostra diretamente o número correspondente a escala da tensão medida (figura 11); Então ele não possui bobina móvel sendo que a corrente retirada do circuito é mínima, “carregando” menos o circuito e com isto fornecendo uma tensão mais precisa mesmo em malhas de resistores de maior valor.

O circuito é composto por um divisor resistivo (vemos a chave e suas diversas escalas), onde teremos determinada tensão que será amplificada, para após excitar um decodificador analógico-digital que fornecerá a tensão em forma de dígitos. Este circuito pode ser visto na figura 12.

figura 11

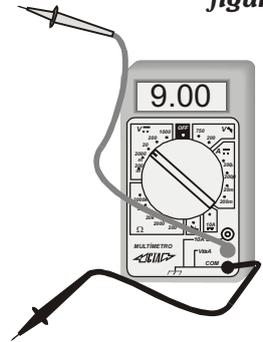
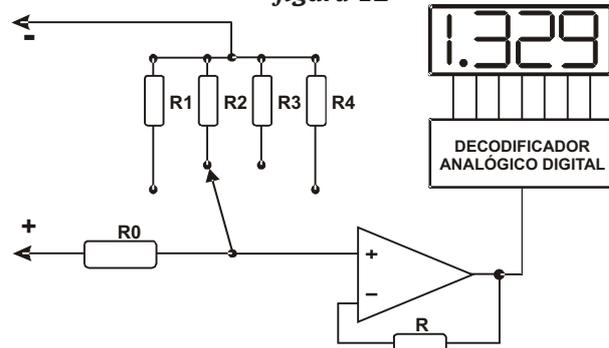


figura 12



Independente se a grandeza medida é tensão, corrente ou resistência, haverá a necessidade da utilização constante de uma bateria para a amplificação das tensões e polarização do decodificador analógico-digital além do display.

Notem que o display está sendo excitado pelo “operacional”, cuja impedância de entrada é muito alta e com isto não irá “desviar corrente do circuito medido para a polarização do mesmo. A impedância (resistência interna) desse voltímetro será dada pelo valor de R0, que geralmente é da ordem de 1 Megaohm.

MULTÍMETRO ANALÓGICO ELETRÔNICO

figura 13



Este multímetro também trabalha a partir de indicação feita por ponteiro,

e sua aparência externa é muito parecida com o multímetro analógico, como podemos observar na figura 13.

Este multímetro difere do analógico convencional por não necessitar da corrente do circuito a ser medido para excitar bobina móvel. O circuito pode ser visto na figura 14.

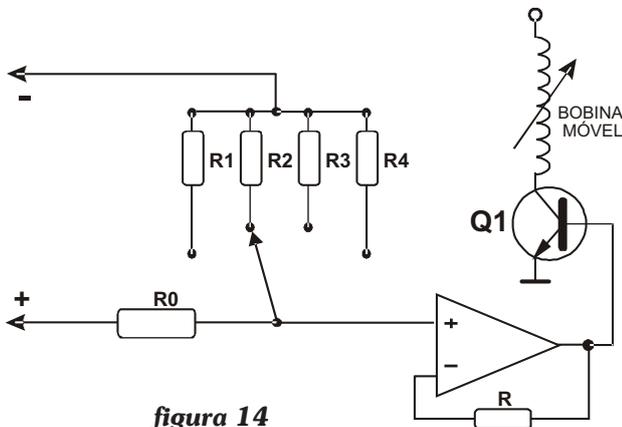


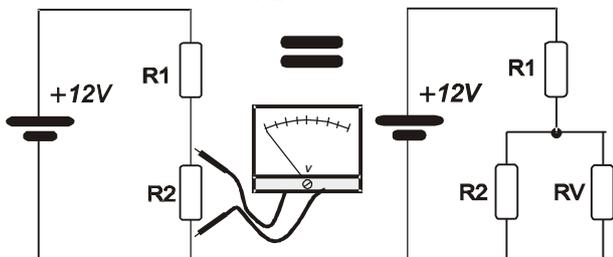
figura 14

Como vemos, a tensão medida passa por um divisor resistivo para posteriormente passar por um amplificador operacional que elevará as tensões de saída. Esta tensão amplificada excitará uma bobina móvel pela condução ou corte do transistor Q1. Para que o circuito funcione adequadamente, se faz necessária uma tensão constante de alimentação que em geral vem de uma fonte de alimentação ligada a rede elétrica, ou uma bateria.

ERROS INTRODUZIDOS POR VOLTÍMETROS ANALÓGICOS

O circuito da figura 15a, mostra um divisor resistivo composto por R1 e R2, onde queremos medir a tensão do ponto entre os resistores. Notem que ao posicionarmos o multímetro estaremos acoplado a resistência RV em paralelo com R2, como mostramos na figura 15b. Assim teremos uma resistência equivalente que dependendo do valor da

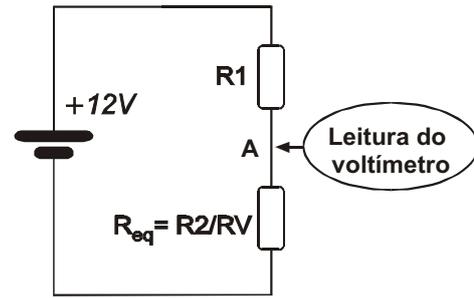
figura 15



resistência interna do multímetro, poderá ser baixa alterando consideravelmente a tensão medida no ponto A (figura 16). Como exemplo, utilizaremos para verificação da medição TEÓRICA e REAL (que depende do multímetro) o exemplo da figura 17, que apresenta um circuito com 2 resistores de 10k, com

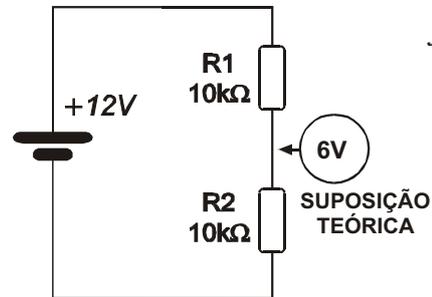
uma tensão TEÓRICA medida no ponto "A" de 6 volts.

Medindo esta tensão com o multímetro analógico, **figura 16**



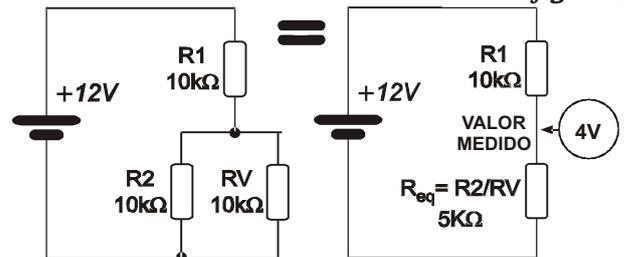
colocaremos uma resistência "RV" em paralelo com o resistor R2 como vemos na figura 18. Supondo que o valor da resistência interna do multímetro seja de 10k (figura 18a), haverá a criação de uma

figura 17



resistência equivalente, onde o resistor R2 de 10k ficará em paralelo com a resistência interna do multímetro (RV = 10k). Assim teremos como resistência equivalente um valor de 5k (figura 18b). Logo, a tensão realmente medida por este

figura 18



multímetro deverá ser de 4Volts e não de 6 volts como era de se esperar (figura 18b).

CONCLUSÃO: quando formos medir tensão com um voltímetro, principalmente analógico, devemos lembrar que a tensão medida não é a tensão real do circuito e sim a tensão do circuito modificado pelo voltímetro, e que em alguns casos, como o do nosso exemplo, podemos estar introduzindo um erro significativo nas medidas de tensão.

MEDIDAS COM VOLTÍMETRO DIGITAL

Agora vamos ver o que acontece quando estamos utilizando um voltímetro digital.

Na figura 19, podemos ver como funcionaria um

multímetro digital, podemos perceber que o raciocínio de análise é o mesmo, neste caso também estaremos introduzindo uma resistência RV em paralelo com R2 ao colocar o voltímetro para medir o mesmo circuito anterior.

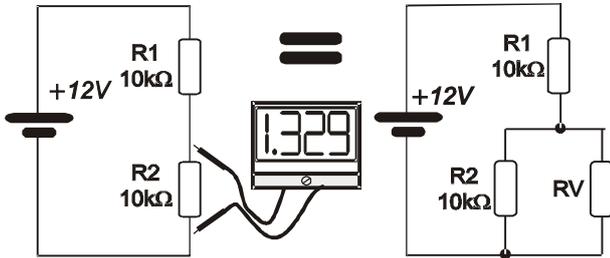


figura 19

A figura 20a, especifica que a resistência interna do multímetro (RV) está em torno de 1Mohm, representando uma resistência muito maior do que a apresentada pelo R2. Assim podemos calcular a resistência equivalente do circuito em torno de 9,9k (figura 20b), ou seja, praticamente 10k, o que não

alterará quase nada a medição feita, que seria teoricamente de 6V e agora será de 5,98V, introduzindo um erro de menos de 1%.

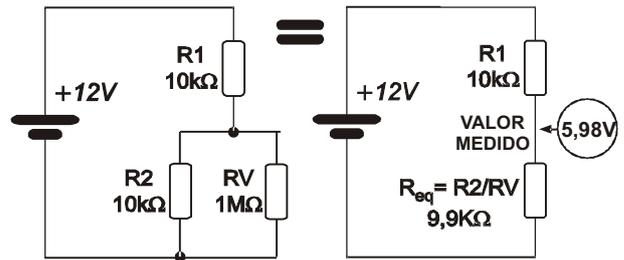


figura 20a

figura 20b

Assim, alertamos aos técnicos, hobbystas e estudantes que utilizem multímetros de alta impedância

interna (a maioria dos multímetros digitais apresentam grande impedância interna: 1 a 10Mohm). Caso o técnico goste de utilizar multímetros analógicos, deverá verificar que a sensibilidade destes seja igual ou superior a 50kohms por volt DC.

REVISÃO DE CONCEITOS ELÉTRICOS - TENSÃO/CORRENTE

TENSÃO ELÉTRICA

Vamos novamente repassar os conceitos de Tensão e Corrente, para que o aluno fixe bem essas informações.

Tensão elétrica é a diferença de potencial (nível) elétrico entre dois pontos. Por outras palavras, a tensão elétrica é a "força" responsável pela movimentação de elétrons por um condutor. O potencial elétrico mede a força que uma carga elétrica experimenta no seio de um campo elétrico, portanto a tensão é a tendência que uma carga tem de manter-se em um determinado lugar. Assim como falar metragem ou kilogramagem, "voltagem" está tecnicamente incorreto. Tanto no Brasil como em Portugal, embora usada coloquialmente e igualmente reconhecida, a palavra "voltagem", em linguagem técnica diz-se preferencialmente "diferença de potencial" ou "tensão".

FORÇA ELETROMOTRIZ - DDP - TENSÃO

Para haver uma circulação de elétrons por um condutor e produzir algum trabalho (luz, imagem, som, etc), deverá existir uma força que empurre os elétrons de um lugar a outro. Podemos dar três nomes a essas forças:

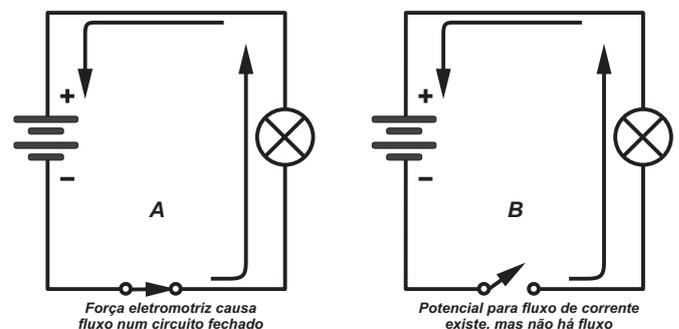
FORÇA ELETROMOTRIZ

Como o nome já diz é a força capaz de MOVER ELÉTRONS. Se temos um circuito fechado como

mostra a figura 1a, podemos dizer que a força produzida na bateria está criando uma movimentação de elétrons pela lâmpada e esta por sua vez acaba acendendo (produzindo brilho). A força eletromotriz é a força que coloca os elétrons em movimentação em um circuito fechado.

DIFERENÇA DE POTENCIAL

A diferença de potencial (DDP) é a própria carga que uma bateria tem, independente de estar havendo circulação de corrente ou não. Tanto na figura 1a, como na figura 1b, podemos ver uma bateria que apresenta uma determinada diferença de potencial, apesar da figura 1b, não manifestar movimentação de elétrons em um sentido ordenado.



Na figura 1b, não há corrente elétrica porque a chave está aberta, apesar da bateria continuar tendo seus eletrodos com cargas diferentes. Existem vários modos para que uma corrente possa

manifestar-se entre dois potenciais. Quando temos corpos eletrizados, mas com mesma polaridade ou diferença de potencial, não haverá circulação de corrente. Apesar do termo ser comumente usado no lugar de diferença de potencial, TENSÃO indica a medida da diferença de potencial ou da força eletromotriz. A unidade de medida da força eletromotriz ou diferença de potencial é o VOLT. A letra T é utilizada para simbolizar Tensão, já a letra U é utilizada para simbolizar a diferença de potencial (ddp) e a força eletromotriz utiliza a letra E. Mas como já sabemos as 3 grandezas significam a mesma coisa então:

$$U = T = E = V$$

Exemplo: T = 12 volts ou 12 V.

CORRENTE ELÉTRICA

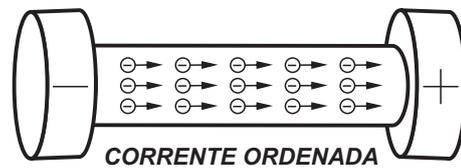
FLUXO DE ELÉTRONS

Já havíamos definido que corpos como os metais, possuem na camada de valência, menos de 4 elétrons, o que facilita o seu desprendimento do átomo (sendo que os melhores condutores possuem 1 elétron); da mesma forma, outro átomo próximo ao primeiro, poderá fornecer o elétron para esse que perdeu. Podemos dizer que existe um fluxo ou deslocamento de elétrons, que é feito de forma aleatória, ou sem sentido definido, resultando em uma neutralidade geral, apesar das trocas e saltos dos elétrons. Afigura abaixo, ilustra o que foi falado acima.



Mas, quando dois corpos, contendo cargas opostas (diferença de potencial), são interligados com um condutor, haverá a saída de elétrons do corpo de carga negativa para os átomos do elemento condutor, que por sua vez expulsarão seus próprios elétrons para os átomos seguintes, e assim por diante. O objetivo dessa troca de cargas ou elétrons, é chegar até o potencial positivo, onde existe falta de elétrons (mais prótons do que elétrons). Com isso, cria-se um sentido de corrente ordenada, que segue somente em um sentido, formando o que chamamos de CORRENTE ELÉTRICA, como mostramos na figura seguinte.

Já sabemos que a diferença de potencial ou diferença de cargas elétricas acumuladas entre o potencial negativo e positivo foi criada a partir de um processo eletroquímico.



Essa interligação permitirá que o excesso de elétrons que existe no potencial negativo possa se deslocar através do condutor, dirigindo-se para o potencial positivo, até que a diferença entre os potenciais seja cancelada (bateria descarregada). É claro que a bateria tem como objetivo produzir algum trabalho a partir de sua diferença de potencial e não só produzir uma corrente para o cancelamento das cargas da própria bateria. Assim, podemos dizer que a corrente da bateria poderá produzir o giro do "motor de arranque" ou ainda produzira iluminação do carro. **ATENÇÃO:** se ligarmos um fio de cobre diretamente nos terminais da bateria, como mostra a figura 16, haverá uma FORTE circulação de corrente, que produzirá grande atrito interno no fio (pela grande movimentação de elétrons), produzindo um forte calor. Assim, não devemos fazer tal ligação.

Outra característica que podemos destacar com respeito a figura 16, é o sentido do fluxo de elétrons, que como já dissemos ocorre do potencial negativo para o positivo.

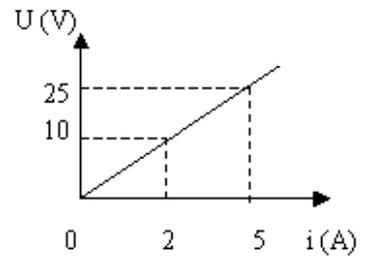
Na verdade até o final do século XIX, acreditava-se que o fluxo de elétrons ocorria do potencial positivo para o negativo e muita literatura foi escrita assim. Com a válvula de CROOKES, descobriu-se que o sentido real era o inverso (do negativo para o positivo). Como os efeitos gerais e conclusões não eram modificados, definiu-se que o sentido Real da corrente elétrica é do polo negativo para o polo positivo e que o sentido convencional da corrente elétrica é do polo positivo para o polo negativo. A corrente elétrica é representada pela letra (I) e a unidade de medida da intensidade da corrente elétrica é o Ampere (A). Assim:

Exemplo I = 2A (ampères)

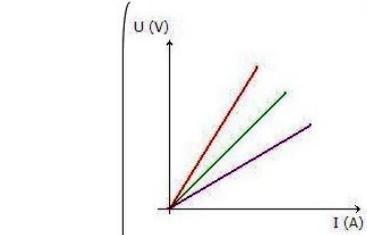
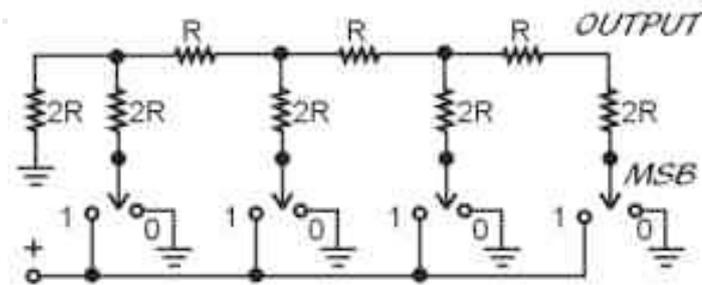
Exercícios

1. Determine a ddp que deve ser aplicada a um resistor de resistência 6 ohms para ser atravessado por uma corrente elétrica de 2A.
2. Um chuveiro elétrico é submetido a uma ddp de 220V, sendo percorrido por uma corrente elétrica de

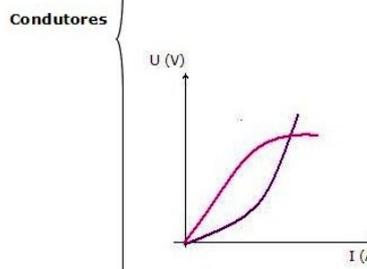
- Qual é a resistência elétrica do chuveiro?
- Nos extremos de um resistor de 200Ω , aplica-se uma ddp de $24V$. Qual a corrente elétrica que percorre o resistor?
- Uma lâmpada incandescente é submetida a uma ddp de $110V$, sendo percorrida por uma corrente elétrica de $5,5A$. Qual é, nessas condições, o valor da resistência elétrica do filamento da lâmpada.
- Um resistor ôhmico, quando submetido a uma ddp de $20V$, é percorrido por uma corrente elétrica de $4 A$. Para que o resistor seja percorrido por uma corrente elétrica de $3A$, que ddp deve ser aplicada a ele?
- A curva característica de um resistor ôhmico é dada acima. Determine sua resistência elétrica R
- A curva característica de um resistor ôhmico é dada acima. Determine sua resistência elétrica R e o valor de i_2 .



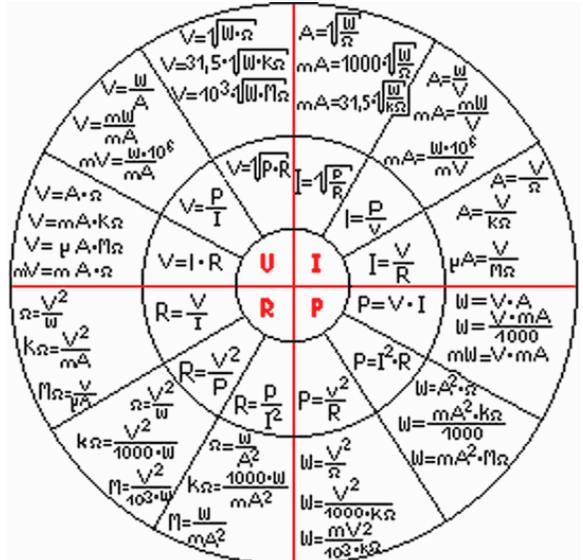
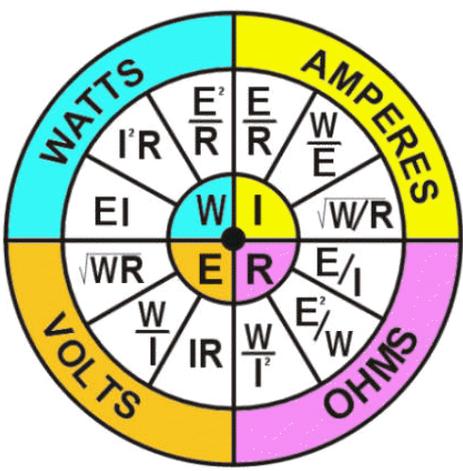
Fio condutor		Interruptor	
Resistência		Amperímetro	
Reóstato		Voltímetro	
Pilha ou gerador		Campainha	
Gerador		Motor	
Lâmpada			



Ôhmicos ou lineares - são condutores que obedecem à lei de Ohm. Nestes condutores a d.d.p. aplicada nos terminais do condutor é directamente proporcional à intensidade da corrente que o percorre. Chama-se também linear, pois a representação gráfica da d.d.p. em função da intensidade é uma linha recta que passa na origem



Não-ôhmicos - são condutores que não obedecem à lei de Ohm. Nestes condutores a d.d.p. aplicada nos terminais do condutor não é directamente proporcional à intensidade da corrente que o percorre. A representação gráfica da d.d.p. e a intensidade é uma linha recta que passa na origem



ATENÇÃO: alertamos aos alunos que estudar para a prova final, não é um procedimento correto, pois o aprendizado deve representar somente o que o aluno verdadeiramente assimilou durante os 4 meses de estudo na apostila e blocos de exercício. Além disso, estudar horas antes da prova, produz grande cansaço físico e mental, fazendo com que sua performance caia. Pedese apenas para que revise os exercícios que porventura tenha errado na feitura inicial.

Atenção: após a leitura e/ou estudo detalhado desta aula, parta para a feitura dos blocos de exercícios M1-61 à M1-64. Não prossiga para a aula seguinte sem ter certeza que seu resultado nos blocos é acima de 85%. Lembre-se que o verdadeiro aprendizado, com retenção das informações desta aula, somente será alcançado com todos os exercícios muito bem feitos. Portanto, tenha paciência pois será no dia-a-dia da feitura dos blocos alcançará um excelente nível em eletrônica.