



Princípios Básicos de Eletrônica

José Airton Nunes Fernandes



Cuiabá - MT
2015



Presidência da República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Diretoria de Integração das Redes de Educação Profissional e Tecnológica

© Este caderno foi elaborado pelo Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia do Pará / PA para a Rede e-Tec Brasil, do Ministério da Educação em parceria com a Universidade Federal de Mato Grosso.

Equipe de Revisão

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Coordenação Institucional
Carlos Rinaldi

**Coordenação de Produção de Material
Didático Impresso**
Pedro Roberto Piloni

Designer Educacional
Daniela Mendes

Designer Master
Neure Rejane Alves da Silva

Diagramação
Tatiane Hirata

Revisão de Língua Portuguesa
Marta Maria Covezzi

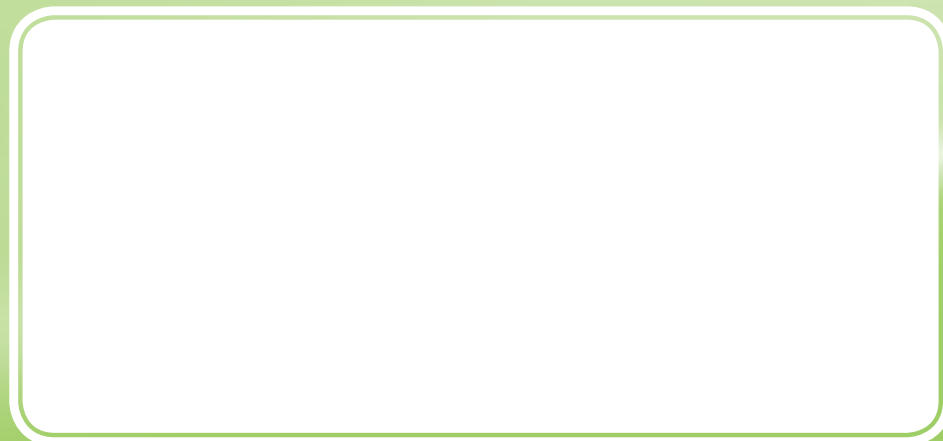
Instituto Federal Tecnológico do Pará – PA

Coordenador Institucional
Erick Alexandre de Oliveira Fontes

Coordenador de Curso
Antonio Roberto Oliveira

Equipe Técnica
Carlos Lemos Barboza
Darlindo Veloso
Gisely Regina Lima Rebelo
Wuyllen Soares Pinheiro

Projeto Gráfico
Rede e-Tec Brasil/UFMT



Apresentação Rede e-Tec Brasil

Prezado(a) estudante,

Bem-vindo(a) à Rede e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional de ensino, que por sua vez constitui uma das ações do Pronatec - Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego. O Pronatec, instituído pela Lei nº 12.513/2011, tem como objetivo principal expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) para a população brasileira, propiciando caminho de acesso mais rápido ao emprego.

É neste âmbito que as ações da Rede e-Tec Brasil promovem a parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (Setec) e as instâncias promotoras de ensino técnico como os institutos federais, as secretarias de educação dos estados, as universidades, as escolas e colégios tecnológicos e o Sistema S.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade e ao promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

A Rede e-Tec Brasil leva diversos cursos técnicos a todas as regiões do país, incentivando os estudantes a concluir o ensino médio e a realizar uma formação e atualização contínuas. Os cursos são ofertados pelas instituições de educação profissional e o atendimento ao estudante é realizado tanto nas sedes das instituições quanto em suas unidades remotas, os polos.

Os parceiros da Rede e-Tec Brasil acreditam em uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e da educação técnica - capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Agosto de 2015

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br



Indicação de Ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.



Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou "curiosidades" e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



Mídias integradas: remete o tema para outras fontes: livros, filmes, músicas, *sites*, programas de TV.



Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



Refleta: momento de uma pausa na leitura para refletir/escrever sobre pontos importantes e/ou questionamentos.





Palavra do Professor-autor

Prezado/a estudante,

Olá,

Apresenta-se a modalidade de Ensino Técnico a distância – Rede e-Tec Brasil – preenchendo uma lacuna na formação do povo brasileiro, oportunizando educação profissional a população menos favorecida. Educadores comprometidos com a educação brasileira estão empenhados em fornecer conhecimentos profissionais que possibilitem melhores condições de emprego e renda a estudantes de municípios próximos a um parque industrial, porém distantes de um centro educacional formador. Acreditamos que essa modalidade de ensino, além de elevar o nível de formação educacional, poderá prover aos municípios contemplados um leque maior de ofertas de emprego aos seus habitantes, visto que os avanços tecnológicos advindos da formação técnica qualificarão o local para a vinda de outras fábricas, abrindo espaço para expansão do seu parque industrial.

A educação a distância é uma modalidade de ensino hoje consolidada no nosso país e a rede Federal de Ensino, representada pelo IFPA, apresenta uma série de cursos de reconhecida importância e competência.

O curso de Metalurgia do IFPA, em crescente evolução tecnológica, acompanhando e adequando-se às mudanças evolutivas no seu setor, vem desenvolvendo metodologias capazes de atender a sua área. O número de indústrias no estado do Pará tem apresentado um quadro de aumento em muitos municípios, por conseguinte, há uma demanda cada vez maior de profissionais capacitados, no sentido de atender as suas necessidades. Aos técnicos do curso de Metalurgia é dada também a oportunidade de desenvolver atividades empreendedoras como profissional autônomo, nas quais é possível ao técnico, ao final do curso, possuir sua própria fábrica ou oficina metalúrgica.

No transcorrer do curso, você conhecerá as disciplinas importantes na sua formação. Nossa disciplina é introdutória no curso, estaremos juntos em mais um momento importante na sua formação como profissional. Vitoriosos na etapa de seleção, vamos agora dar os passos iniciais do nosso curso, do qual terei a satisfação de participar. Entendemos que a nossa disciplina será um



espaço de conhecimento e aprendizado de todos nós, no qual, cada um de sua maneira, no seu ritmo, trará sua contribuição ao processo educacional.

Pode ser que, para muitos estudantes, seja algo novo, desconhecido e, portanto, pareça difícil de aprender, mas temos certeza de que, superadas as dificuldades iniciais, todos se sentirão mais tranquilos e seguros para seguir as disciplinas até o final do curso.

Na realidade, esse processo de formação de conhecimento é baseado em diálogo, conversa, entendimento e interação, buscando uma escala evolutiva. Em alguns momentos, conversaremos sobre assuntos por mim levantados; em outros instantes, debateremos aspectos analisados por você. Para ambas as situações, as discordâncias, as dúvidas e os diferentes pontos de vista serão muito bem recebidos! Combinado assim?

Tenho a certeza de que aprenderemos muito. Ficarei muito feliz com a sua participação em todos os momentos.

BEM VINDO (A)!





Apresentação da Disciplina

Nesta disciplina, temos expectativas de que, com a sua colaboração, poderemos alcançar os objetivos propostos de modo que, ao concluir o curso de Técnico em Metalurgia, você seja capaz de identificar as aplicações dos Princípios Básicos de Eletrônica no seu dia a dia, bem como de que os conhecimentos adquiridos facilitem o entendimento e a compreensão de fenômenos físicos aplicados às suas práticas metalúrgicas. Dependendo do seu local de atuação, os conhecimentos adquiridos na disciplina poderão ser de grande utilização. Mostraremos nesse curso como é possível identificar as grandezas Eletrônicas Básicas, reconhecer a sua utilização e analisar a sua aplicação nos equipamentos e aparelhos. Conheceremos o diodo semicondutor e sua aplicação como retificador e iniciaremos o estudo da eletrônica digital até combinações lógicas.

Teoricamente, as análises acerca dos conteúdos serão operacionalizadas a partir do material didático apresentado, buscando associar os conceitos e os exercícios a realidades existentes no cotidiano, visando estabelecer uma linha interativa de diálogo que possibilite a montagem gradual dos conhecimentos. Nesse sentido, esperamos juntar o aprendizado adquirido, as atividades executadas e o aproveitamento de outros saberes anteriores ou não para a realização deste curso, de modo que seja possível rever, aproveitar e, se possível, aprofundar o que foi anteriormente apresentado.

Há necessidade de conhecimentos de Matemática e Física em maior quantidade e um pouco de Química. Os conhecimentos solicitados são relativos aos ministrados no Ensino Fundamental.

Sobre a avaliação verifique como será o procedimento na instituição à qual você está vinculado, mas atente à oportunidade de se autoestimular, interagir e permanecer visando à construção sólida de seu conhecimento profissional, entendendo que o momento da avaliação contribui para isso.



Sumário

Aula 1. Natureza elétrica dos materiais	13
1.1 Classificações dos materiais quanto à natureza elétrica.....	13
1.2 Física dos semicondutores.....	15
Aula 2. Grandezas elétricas	23
2.1 Identificação das Grandezas Elétricas.....	25
Aula 3. Medidas elétricas	33
3.1 Tipos de instrumentos de medida	34
Aula 4. Natureza elétrica dos sinais	41
4.1 Características do sinal alternado.....	42
Aula 5. Aplicação de diodo retificador	47
5.1 Transformador.....	48
Aula 6. Diodo retificador	57
6.1 Características atômicas dos semicondutores.....	57
6.2 Polarização da junção PN.....	60
6.3 Diodo retificador.....	61
6.4 Retificação e filtragem capacitativa.....	63
6.5 Tipos de circuitos retificadores.....	63
Aula 7. Funções lógicas - portas lógicas	71
7.1 Funções e portas lógicas: E, OU, NAO, NE e NOU	72
7.2 Função NÃO E ou NAND.....	80
Palavras Finais	96
Guia de Soluções	97
Referências	101
Currículo do Professor-autor	102



Aula 1. Natureza elétrica dos materiais

Objetivos:

- identificar os tipos de materiais elétricos;
- reconhecer a utilização dos materiais elétricos; e
- aplicar com segurança os materiais elétricos.

Presenciamos, todos os dias, a utilização dos materiais elétricos, porém os Condutores e Isolantes são mais facilmente percebidos.

No texto a seguir, apresentaremos pontos que poderão conduzir a essa conclusão.

Quando se trata de lidar com energia elétrica, é prudente tomar cuidado. Alguns materiais podem, ao serem utilizados de maneira errada, levar a pessoa que estiver manuseando-os a sofrer um choque elétrico. Às vezes, para evitar que os bebês levem choque elétrico, colocamos na tomada um protetor de plástico, que não deve ser qualquer um, é importante observar se ele é identificado, na embalagem, com o selo do Inmetro. Em outras ocasiões, verificamos que a tomada do ferro elétrico ficou preta ou ainda que o cabo da tomada de alguns equipamentos é mais grosso do que o de outros.

Todos esses pontos diferentes têm uma razão de ser, tentaremos mostrar as características dos materiais utilizados eletricamente.

Os materiais que nós encontramos no nosso dia a dia podem ser classificados quanto as suas propriedades elétricas.

1.1 Classificações dos materiais quanto à natureza elétrica

Os materiais podem ser classificados em 03 (três) tipos:



- Condutores;
- Isolantes;
- Semicondutores.

a - Condutores:

Dizemos que um material os elétrons são fracamente ligados ao núcleo e ao serem submetidos a uma diferença de potencial, passam a se locomover no interior do material, permitindo dessa forma a condução de corrente elétrica - passagem de corrente elétrica de um ponto para outro.

Podemos citar como exemplo o ouro, a prata, o cobre e outros.

b - Isolantes:

Dizemos que um material é os elétrons se encontram fortemente presos em suas ligações, evitando a circulação desses elétrons, não permitindo a condução de corrente elétrica.

Podemos citar como exemplo, a borracha, a mica, a porcelana etc.

c - Semicondutores:

Dizemos que um material é semicondutor se sua resistência se encontra entre a dos condutores e a dos isolantes. No seu estado natural, os semicondutores não conduzem corrente elétrica, para que ocorra a condução, faz-se necessário que o material sofra ação de um fator externo. Os principais semicondutores utilizados são: Silício (Si) e Germânio (Ge)

A principal característica dos semicondutores é a de possuir 04 (quatro) elétrons em sua última camada, que recebe o nome de camada de valência. Isto permite aos átomos do material semicondutor a formação entre si de ligações covalentes.

c.1 - Cristais semicondutores

Dizemos que uma substância é cristalina se ela possui uma estrutura cúbica, tendo seus átomos ocupando os vértices desse cubo.

O silício (Si) e o germânio (Ge) apresentam-se sob a forma cristalina, significando que seus átomos acham-se dispostos uniformemente em uma configuração periódica.



1.2 Física dos semicondutores

Estrutura atômica

Você já deve saber que podemos dividir uma substância em porções cada vez menores até chegar à menor das porções, que denominamos **molécula**.

A molécula é a menor porção em que um material pode ser dividido sem que com isso venha sofrer alterações em suas propriedades.

Se dividirmos a molécula em partes, chegaremos ao **átomo**, sendo que este não mais conservará as propriedades do material subdividido. O átomo é composto de outras partículas que são elétrons, prótons e nêutrons, conforme a figura abaixo:

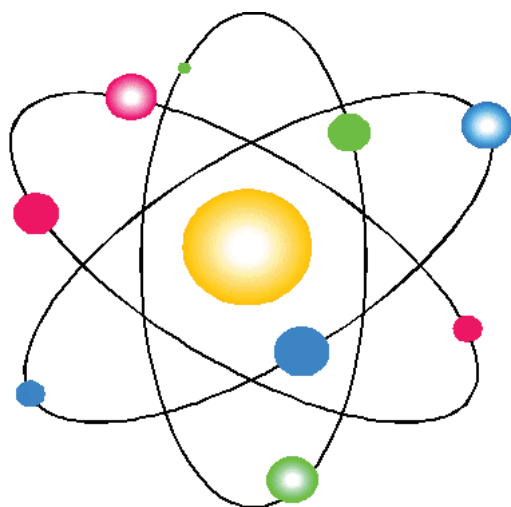


Figura 1
Fonte: autor

Os prótons (p) possuem cargas elétricas positivas.

Os elétrons (e) possuem cargas elétricas negativas.

Como vemos, o átomo é formado por camadas concêntricas ao núcleo. As camadas são níveis de energia. Chamamos de elétrons de valência os elétrons que pertencem à última camada (camada externa) do átomo.

a - Semicondutor tipo N

Se introduzirmos na estrutura cristalina de um semicondutor uma pequena quantidade de um material pentavalente, por exemplo, antimônio (Sb), tendo este 05 (cinco) elétrons na camada de valência, haverá a sobra de 01 (um)



elétron do antimônio (Sb), que não formará ligação covalente.

Ao átomo do antimônio (Sb), que deu esse elétron, chamamos de **doador**. O silício (Si) ou o germânio (Ge), dopados com elementos pentavalentes, são chamados de tipo N, sendo um material negativo.

Os portadores de carga no material tipo N são os elétrons.

b - Semicondutor tipo P

Se introduzirmos na estrutura cristalina de um semicondutor uma pequena quantidade de um material trivalente, por exemplo, índio (In), tendo este 03 (três) elétrons na camada de valência, faltará um elétron.

Essa falta de elétron comporta-se como uma carga positiva que chamamos de lacuna. Os semicondutores dopados com elementos trivalentes são chamados do tipo P e, ao elemento trivalente da dopagem, chamamos de **aceitador**.

Os portadores de carga no material tipo P são as lacunas.



Atividades de Aprendizagem

Vamos lá!

** Tente responder às questões abaixo, qualquer dúvida, retorne ao texto; continuando a dúvida, converse conosco.**

1. Com relação à condução de corrente elétrica, faça a diferença entre Condutores, Isolantes e Semicondutores.
2. Com relação à não condução de corrente elétrica, faça a diferença entre condutores, Isolantes e Semicondutores.
3. Com os dados obtidos nas questões anteriores, preencha a tabela abaixo:

MATERIAL	Condução de Corrente	Não Condução de Corrente
CONDUTORES		
ISOLANTES		
SEMICONDUCTORES		

4. Qual a diferença elétrica entre o material tipo P e tipo N?





5. O que são Lacunas?

Observe o cabo de alimentação dos eletrodomésticos que temos na nossa casa, verifique que os aparelhos possuem um fio que sai deles e chega até a tomada à qual é conectado através de um plugue, os plugues possuem duas pontas metálicas, essas pontas conduzem, pela parte interna do fio da tomada à corrente elétrica até o aparelho e possibilita o seu funcionamento. O fio que sai do aparelho é revestido por um material que nos protege de sofrer um choque elétrico, sendo que a parte interna do fio geralmente é de cobre.

Tenha cuidado com a sua segurança e a das pessoas próximas a você. Evite pegar em material energizado - ligado à rede de energia elétrica. É comum segurar a pessoa ao perceber que ela está levando um choque segurando um material elétrico. Não faça isso, você também ficará preso a ela. Verifique se é possível desligar a energia ou então procure se isolar eletricamente e, com um material isolante, tente empurrar a pessoa para largar o material energizado.

A tensão no estado do Pará, fornecida pela tomada comum, é de 127V; em outros estados, pode ser de 220V, portanto, é preciso ter cuidado ao conectar um equipamento à tomada pela primeira vez ou quando estiver em outro estado.

Através da leitura do texto acima, responda às questões abaixo:

1. Identifique se, no 1º parágrafo do texto acessório, consta material Condutor e Isolante.
2. Como devemos nos prevenir quanto ao choque elétrico?
3. Como devemos proceder quando presenciamos um caso de choque elétrico?
4. Antes de conectar qualquer aparelho elétrico à tomada, o que devemos verificar?

LEMBRETE: Para desligar da tomada o cabo de alimentação de qualquer aparelho elétrico puxe o plugue da tomada, e não o cabo de alimentação.



Os Semicondutores não seguem exatamente a mesma lógica de aplicação dos Condutores e dos Isolantes, embora, no seu estado natural, tenham características de isolante, passando a ter características de condutor após sofrer uma ação externa que, no nosso caso, será de polarização. Os semicondutores substituíram, na maioria dos casos, as Válvulas, componentes grandes que dissipam muito calor. É importante lembrar que o primeiro computador foi feito utilizando válvulas. Ocupava uma sala bem refrigerada, funcionava poucas horas e precisava ficar pelo menos 24 horas esfriando, para poder ser novamente ligado. Tinha menos capacidade de memória, pouca velocidade e muito menos funções que um Notebook atual.

Os semicondutores na forma de diodo, transistor e chips estão presentes internamente nos aparelhos de som, televisores, DVDs. Em alguns equipamentos, eles aparecem facilmente na forma de uma pequena luz que indica quando ele está ligado, o componente semiconductor utilizado no caso é o LED – Diodo Emissor de Luz - que tem sido atualmente usado também em lanterna, abajur, farol de carros.

O Brasil é recordista mundial em incidência de raios

Conforme o livro Relâmpagos, de Osmar Pinto e Lara Cardoso de Almeida Pinto, relançado no início deste ano, o país é campeão mundial na incidência do fenômeno. Os autores estimam que 50 milhões de raios ocorrem no Brasil a cada ano.

No último mês de março, um estudo divulgado pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (Elat), vinculado ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), apontou um aumento de 102,7% na incidência de raios desde 2005. Segundo a análise, na região pesquisada, houve um aumento de 2,7 milhões de raios, em 2005, para 7,5 milhões, em 2008. O levantamento foi realizado tendo como base nove estados das Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, única parcela do território brasileiro que pôde ser monitorada com precisão. (Redação Terra -06/06/2009)

No gráfico da próxima página, uma comparação da incidência de raios em alguns estados.



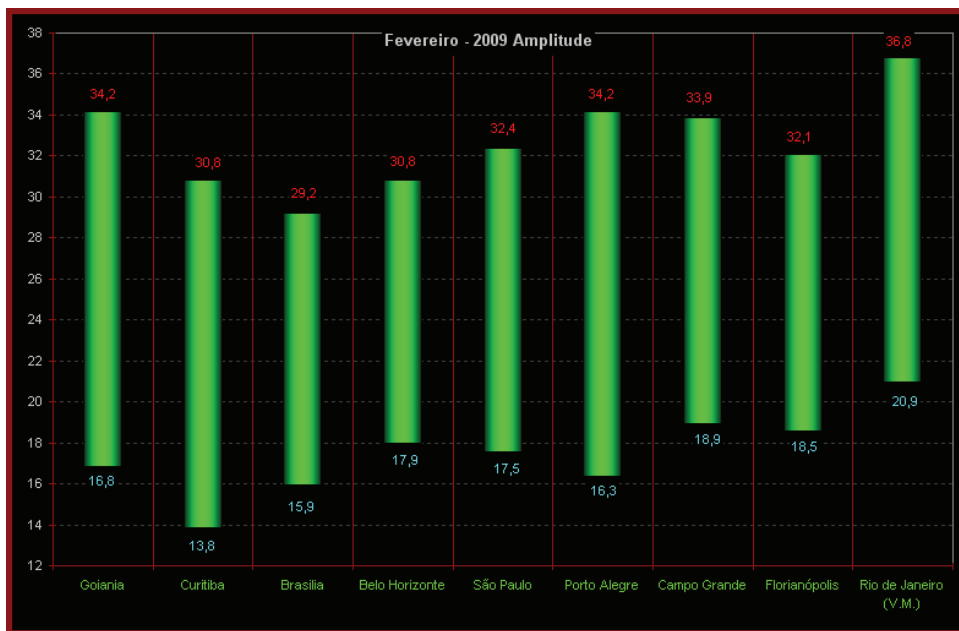


Figura 2
Fonte: INMET

Na maior parte do estado do Pará, há praticamente duas estações: A que chove mais e a que chove menos, a estação na qual chove mais é geralmente aquela em que ocorre maior incidência de Descarga Elétrica. Em algumas localidades, esse fenômeno recebe a denominação popular de corisco, faísca ou relâmpago.

Atividades de Aprendizagem



1. Partindo inicialmente do texto acima, faça uma pesquisa através do *site* satellite.cptec.inpe.br/raio, podendo, inclusive, ouvir pessoas próximas a você, e responda às questões abaixo:

- O que é um raio?
- Qual o seu poder destrutivo?
- Onde o raio costuma cair?
- Como o raio chega à sua casa?
- Qual a diferença entre raio e trovão?

2. Faça uma releitura na Aula 1 e verifique:





- a) Quais as palavras ou expressões que você desconhecia?
- b) Quais as palavras ou expressões que você conhecia, mas não sabia a sua aplicação técnica?
- c) Quais as palavras ou expressões utilizadas diariamente por você?
3. Observe o cabo de alimentação dos eletrodomésticos que temos na nossa casa, verifique que os aparelhos possuem um fio que sai deles e chega até a tomada à qual são conectados através de um plug. Os plugs possuem duas pontas metálicas, essas pontas conduzem, pela parte interna do fio, a corrente elétrica da tomada até o aparelho e possibilita o seu funcionamento. O fio que sai do aparelho é revestido por um material, borracha, por exemplo, que nos protege de sofrer um choque elétrico, sendo que a parte interna do fio que leva energia é geralmente de cobre. Ao desligar, nunca puxe o cabo pelo fio, utilize o plug para desconectar o cabo da tomada.

Analisando o texto acima, retire as aplicações de condutores e Isolantes Elétricos.

Condutores:

Isolantes:

Resumo

Conforme verificamos, da mesma maneira que um material pode suportar um peso maior ou ser mais flexível, há materiais que podem ou não podem conduzir energia elétrica, havendo ainda um tipo de material que normalmente é isolante, mas que pode passar a funcionar como condutor se for polarizado. Todos podem ser identificados em equipamentos eletroeletrônicos utilizados no nosso cotidiano.

Importante também frisar a necessidade da utilização correta dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) bem como de ferramentas isoladas eletricamente, quando manusear a rede de energia elétrica.



Atividades de Aprendizagem

1. Com relação à condução de corrente elétrica, faça a diferença entre Condutores, Isolantes e Semicondutores.





2. Com relação à não condução de corrente elétrica, faça a diferença entre Condutores, Isolantes e Semicondutores.
3. Cite duas aplicações de: Condutores, Isolantes e Semicondutores
4. Cite as maneiras de proteger os eletrodomésticos das descargas elétricas.

Nesta aula, identificamos os materiais elétricos e suas utilizações, essas informações serão as bases para o próximo conteúdo; aprenderemos a identificar as energias elétricas através de suas características.

Na próxima aula, iremos conhecer as grandezas elétricas presentes nas contas de energia elétrica e nos manuais de utilização dos eletrodomésticos; nesse caso, essas grandezas possibilitam que possamos, quando no ato de uma compra, escolher o equipamento mais econômico.





Aula 2. Grandezas elétricas

Objetivos:

- identificar as grandezas elétricas através de suas características;
- aplicar a Lei de Ohm utilizando as grandezas estudadas.

Vamos agora analisar o texto a seguir.

Todos nós temos características pessoais que permitem que sejamos identificados ou reconhecidos por outras pessoas, dentre essas particularidades, podemos citar, por exemplo: nome, altura, peso, cor e o nosso endereço etc.

Os circuitos Elétricos e Eletrônicos possuem componentes, chamados de grandezas elétricas, as grandezas são identificadas conforme suas características.

As grandezas podem causar e também sofrer ação dos efeitos elétricos dos demais elementos de um circuito.

As grandezas possuem características próprias e podem ser identificadas através de seu Símbolo, da sua Unidade e do efeito que provocam.

É também possível medir o valor da grandeza elétrica, realizar cálculos e projetar circuitos.

Vamos realizar a leitura abaixo observando a figura 3

Na figura abaixo, temos um tubo contendo água, um motor aciona uma roda cheia de palhetas, a ação da roda faz a água girar dentro do tubo. Podemos observar que, se o motor não for acionado, não haverá movimento da água dentro do tubo. Você concorda?

Verifique também que no motor tem dois terminais (+ e -), se ligarmos os



cabos que acionam as palhetas de uma maneira, o motor girará em um sentido e, se trocarmos a posição de ligar o motor (- e +), ele girará no sentido diferente do anterior. O que você acha? Concorda?

Imaginemos que, após o motor girar a água dentro do tubo nos dois sentidos, nós iremos colocar dentro do tubo umas borrachas redondas grandes, porém menores do que a largura do tubo, presas nas suas paredes laterais. Será que a água vai passar da mesma maneira que passava pelo tubo, antes da colocação das borrachas? As borrachas vão dificultar a passagem da água nos pontos onde elas estão colocadas, independentemente do sentido que da água?

Alguma dúvida quanto ao movimento da água dentro do tubo?

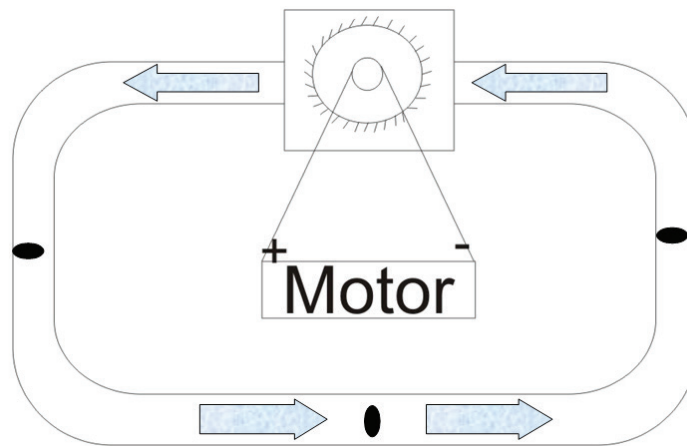


Figura 3 - Diagrama hidráulico

Fonte: autor

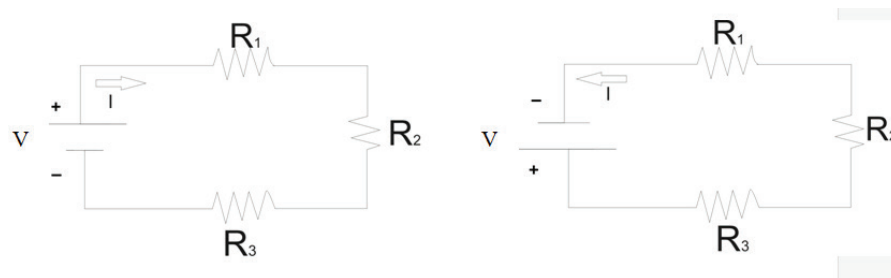


Figura 4 - Diagrama elétrico (a e b)

Fonte: autor

Onde R_1 , R_2 , e R_3 são resistores, V é a tensão que alimenta o percurso fechado, e I é a corrente que percorre os resistores.





Analisando as figuras acima, vamos juntos acompanhar o texto:

Quando substituímos o tubo d'água da figura 3 por um cabo elétrico que une R_1 , R_2 e R_3 e a V , nós formamos a figura 4.

Verifique: O tubo que anteriormente permitiu a passagem da água, deu lugar ao cabo que permite a passagem de corrente elétrica – I -, visto que os cabos são feitos de material condutor. Tudo bem?

Acima da letra I há uma seta que, no **diagrama a**, é para a direita e, no **diagrama b**, é para a esquerda. Verifique que em cada um dos diagramas a posição (+ e -) de V é diferente. Certo?

Atividade de Aprendizagem



1. Analisando o diagrama elétrico, faça abaixo a comparação com os componentes do diagrama hidráulico

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1 – CABO ELÉTRICO | () MOTOR |
| 2 – I | () BORRACHA |
| 3 – V | () TUBO |
| 4 - R | () ÁGUA |

Justifique abaixo as suas comparações.

2.1 Identificação das Grandezas Elétricas

Existem diversas grandezas elétricas consideradas importantes, no entanto, algumas delas são chamadas de grandezas Elétricas Básicas porque são essenciais. Veja abaixo quais são elas:

2.1.1 Tensão Elétrica

É a diferença de potencial entre dois pontos elétricos.

- **Características:**

Símbolo: V ;



Unidade: Volt(v);

Instrumento de medida: Voltímetro;

- **Dispositivo capaz de Fornecer tensão:**

Fonte de tensão ou fonte de alimentação (Pilha e Bateria são fontes de tensão).

- **CORRENTE ELÉTRICA:** É o deslocamento ordenado de elétrons.
- **Características:**

Símbolo: I

Unidade: Ampère (A);

Instrumento de Medida: Amperímetro;

- **Dispositivo capaz de fornecer corrente:**

Algumas fontes de alimentação fornecem correntes e tensão.

- **Tipos de Correntes:**

a) Corrente Contínua (CC ou DC): A corrente mantém sempre a mesma polaridade, ou seja, a corrente tem sempre o mesmo sentido. As Pilhas e as Baterias são fontes de Tensão que fornecem corrente contínua.

b) Corrente Alternada (CA ou AC): A corrente muda de polaridade periodicamente, alterna entre os sinais + e - . A tensão fornecida pelas tomadas residenciais é alternada.



Tensão Elétrica também pode ser contínua ou alternada.

- **RESISTÊNCIA ELÉTRICA:** É o fenômeno elétrico dos materiais que se opõem à passagem de corrente elétrica. O resistor é o componente que representa a resistência elétrica. É comum utilizar-se do nome de resistência para solicitar um resistor: **Troca a resistência, por favor?! Sua loja tem resistência de 100Ω? etc.** O resistor possui um valor de resistência.





Quando um resistor é percorrido por corrente elétrica, aquece devido ao efeito Joule:

Essa característica do resistor de aquecer é bastante utilizada em alguns equipamentos e dispositivos elétricos, por exemplo: chuveiro, ferro, secador de cabelo etc.

- **Características:**

Símbolo: R

Unidade: Ohms (Ω)

Instrumento de Medida: Ohmímetro

- **Componente que Expressa resistência elétrica:**

O Resistor é um componente encontrado comercialmente, que representa a resistência elétrica.

O Resistor pode ser de resistência fixa ou de resistência variável (potenciômetro, reostato, trimpot)

- **CONDUTÂNCIA ELÉTRICA:** É o fenômeno elétrico dos materiais de facilitar a passagem de corrente elétrica, sendo, portanto, o inverso da resistência.

- **Características:**

Símbolo: G >>>>>>>>>G=1/R; R = 1/G

Unidade: Siemens(S)

- **Componente e Instrumento de Medida:** Não há um componente elétrico comercial que represente a Condutância elétrica, bem como não há um instrumento de medida, pois não é possível medir diretamente a condutância.

- **POTÊNCIA ELÉTRICA:** É o produto entre a corrente elétrica consumida e a tensão elétrica fornecida.





- **Características:**

Símbolo: $P = V \times I$

Unidade: Watt(w)

- **Instrumento de Medida:** Wattímetro.



A potência elétrica pode ser utilizada para realizar trabalho mecânico. Por exemplo, um motor ligado à rede de energia elétrica recebe V e I e os transforma em energia mecânica capaz de movimentar um portão, encher um tanque d'água etc.

1ª LEI DE OHM

$$R = V / I \gggggg V = R \cdot I \gggggggg I = V / R$$

***1ª LEI DE OHM UTILIZANDO CONDUTÂNCIA**

Como $G = 1/R$ então: $V = I/G \gggg I = V \cdot G$ e $G = I / V$

POTÊNCIA ELÉTRICA DISSIPADA POR UM RESISTOR

Sabemos que $P = V \cdot I$ como $V = R \cdot I$

$$\text{Então: } P = R \cdot I \cdot I \gggg P = R \cdot I^2$$

Corrente Máxima que pode percorrer um resistor sem danificá-lo:

$$\text{Como } P = R \cdot I^2$$

$$\text{Logo } I^2 = P / R$$

$$\text{Então: } I = \sqrt{P / R}.$$

Agora é a sua vez!



Atividades de Aprendizagem



1. Utilizando a mesma sequência de procedimentos realizados acima, faça a dedução da Potência Dissipada por um resistor em função da tensão elétrica.

Sabemos que $P = V \cdot I$ como $I = V / R$

Então,

Tensão máxima que pode ser aplicada a um resistor sem danificá-lo

Como ;....

Logo

Então:...

2. Quais as diferenças entre as características de tensão e corrente elétrica?

3. Cite aparelhos elétricos que contêm aplicações do resistor.

4. O que é curto-circuito? Quais as suas consequências?

5. Identifique as grandezas e os seus valores existentes na afirmativa: O aparelho é de 1000 w.

6. Preencha a tabela abaixo:

GRANDEZAS	SÍMBOLO	UNIDADE	COMPONENTE	INSTR.MEDIDA
TENSÃO				
CORRENTE				
RESISTÊNCIA				
CONDUTÂNCIA				
POTÊNCIA				

7. Qual a resistência de uma secadora de roupa elétrica de 240V que solicita 23,3A?

8. Se um voltímetro tem 500Ω de resistência interna, determine a corrente quando ele indica 86 V.

9. Se um amperímetro tem $2m\Omega$ de resistência interna, determine a tensão





quando ele indica 16A.

10. Qual a condutância de um resistor de 39Ω ?
11. Qual a condutância de voltímetro que indica 150V quando 0,3mA passa por ele.
12. Qual a resistência de um aquecedor elétrico de 5600W e 240V?
13. Ache a resistência interna de um aquecedor de água de 2KW que solicita 8,33A.
14. Qual a corrente máxima de um resistor de $56K\Omega$ e 1W para conduzir com segurança?
15. Qual a tensão máxima que pode ser aplicada com segurança sobre um resistor de 91Ω e 1/2W?
16. Uma pessoa deseja comprar um ar condicionado para sua residência, na loja há aparelhos de 110 v e 220 v. Considerando que a potência elétrica é a mesma para os dois tipos de aparelho; qual dos dois aparelhos trará mais economia ao comprador? Justifique a sua resposta.
17. Dando sequência ao assunto anterior sobre Descarga Elétrica, leia a afirmativa: **Os raios causam o Surto Elétrico**. Pesquise sobre este assunto e responda:
 - a) O que é surto elétrico?
 - b) Quais os danos que um surto elétrico pode provocar em uma residência?
 - c) Além de ser provocado pelos raios, quais os outros distúrbios elétricos que podem provocar o surto elétrico?
18. Alguns dispositivos são utilizados para proteger equipamentos como telefone, fax, computador, impressora etc. Verifique a denominação desses dispositivos e qual a sua vantagem.



19. Os dados de um eletrodoméstico fornecido pelo fabricante são os seguintes:

127V / 220V

310W / 1150W

- a) Identifique as grandezas presentes nos dados do fabricante.
- b) Há relação entre os dados apresentados? Caso seja positiva a sua resposta, indique essa relação.
- c) É possível calcular outra grandeza utilizando os dados do fabricante? Caso positivo, indique a grandeza e os seus valores.

Resumo

O valor da corrente fornecida depende das características de onde será utilizada, ou seja, embora a tomada seja a mesma, a corrente aumenta ou diminui, conforme seja o equipamento que será conectado à tomada; sendo assim, um ferro será percorrido por uma corrente maior do a corrente de um aparelho de som.

É muito comum usarmos acessórios para conectar mais de um aparelho a uma mesma tomada, ou para permitir que um equipamento funcione longe da mesma, e até para adaptar um plug de três pinos para uma tomada de dois. É válido salientar que essas práticas não são corretas e podem provocar acidentes. Estamos, em nosso país, passando por uma modificação em termos de padrão de tomadas elétricas, essa mudança não permitirá mais tomada de dois pinos, a nova tomada terá três pinos, na qual o terceiro é o pino terra, o que trará mais segurança para os aparelhos conectados às tomadas.

Atividades de Aprendizagem

1. Quais as diferenças entre Tensão e Corrente?
2. Cite duas aplicações de Tensão e duas de Corrente.
3. Quais as diferenças entre Resistência e Condutância?
4. Cite duas aplicações de Potência.





Até aqui você pôde verificar que o conhecimento das grandezas elétricas possibilita economizar energia quando da compra de um eletrodoméstico, alguns equipamentos apresentam uma classificação da ANEEL- Agência Nacional de Energia- Órgão regulador ligado ao Governo Federal. Essa classificação é apresentada através de letras, geralmente: A, B, C e D, começando da mais econômica para a menos econômica, portanto, devemos procurar comprar equipamentos classificados com a letra A que, a princípio, parecem ser mais caros, porém o gasto de energia com equipamentos com outra classificação no transcorrer dos meses sairá muito mais caro.

Após identificar, é importante saber o valor das grandezas elétricas, portanto é o que aprenderemos na próxima aula: como medir as grandezas elétricas básicas.



Aula 3. Medidas elétricas

Objetivos:

- diferenciar os instrumentos de medida das grandezas elétricas básicas;
- reconhecer a utilização dos instrumentos de medida.

Utilizamos diariamente mecanismos ou dispositivos que nos fornecem medidas que podemos empregar, tais como distância, tamanho, temperatura, peso e altura.

Da mesma maneira, acontece com as grandezas elétricas. É muito importante saber o seu valor, a sua dimensão, pois, a partir desses dados, podemos calcular, projetar, avaliar ou identificar os seus efeitos. Aprendemos, na aula anterior, que o valor de uma grandeza elétrica é uma de suas características principais, verificamos ainda que há forma de identificá-las e de reconhecê-las.

Em um circuito elétrico, é possível efetuar medidas de: Resistência, Tensão e Corrente Elétrica entre outras grandezas elétricas. O instrumento que mede a Resistência Elétrica é o Ohmímetro, a Tensão Elétrica é medida pelo Voltímetro e o Amperímetro mede a Corrente Elétrica.

As medidas são necessárias quando se deseja verificar o comportamento de um circuito ou mesmo saber se o componente se encontra dentro de suas especificações.

Há um instrumento chamado de Multímetro ou Multiteste que contém mais de um instrumento de medida elétrica. Os modelos mais comuns contêm, no mínimo, o Ohmímetro, Voltímetro e Amperímetro.

Os multímetros podem ser analógicos ou digitais, os exemplos abaixo são de instrumentos analógicos.



Os instrumentos de medidas elétricas podem também ser encontrados nos painéis que compõem os equipamentos de controle e supervisão de processos metalúrgicos. Na maioria das vezes, a sua identificação se dá devido à unidade da grandeza monitorada que está grafada no medidor.



CUIDADOS ESPECIAIS

Antes de utilizar qualquer equipamento de medida, verifique se ele é adequado para o tipo de sinal (contínuo ou alternado) e se está ajustado para as especificações necessárias para a realização da medida.

Erro de Paralaxe: Ao realizar qualquer tipo de medida com instrumentos analógicos, posicione-se de frente para o instrumento. Não realize medidas olhando o equipamento de outra posição que não seja a frontal.

Os instrumentos de medida Analógicos são compostos de um **visor** contendo uma **agulha** e geralmente três escalas na quais se movimenta a **agulha**, um **cursor móvel**. Em alguns livros conhecidos, podemos verificar como o controle rotativo é utilizado para selecionar a grandeza a ser medida (R, V e I) junto com a sua natureza elétrica (CC ou CA) e o valor limite da grandeza conhecido como fundo de escala. Possui também **duas pontas de prova** ou pontas de teste, uma positiva (vermelha), que deve ser conectada ao terminal positivo do Multímetro (vermelho ou marcado com o sinal +), e outra negativa (preta), que deve ser conectada ao terminal negativo do multímetro. Ambas são conectadas ao componente de modo que possibilitem a medição.

3.1 Tipos de instrumentos de medida

- **Ohmímetro:** Para medir a resistência elétrica, é preciso que o resistor não esteja submetido a qualquer tensão elétrica.

Inicialmente, localizamos no Multiteste a parte destinada a medir resistência elétrica, geralmente as posições contêm multiplicadores (ver figura), a seguir zeramos o instrumento, curto-circuitando os terminais do ohmímetro e ajustando o botão até que $R=0\Omega$, depois se abrem os terminais e os conectamos em paralelo com o resistor e realizamos a medida.

É importante verificar o valor da resistência e sua tolerância pelo código de cor. Observar que as escalas de resistência crescem da direita para a esquer-

da, que as leituras mais precisas são feitas na região central da escala graduada. O procedimento do ajuste de zeros deve ser repetido a cada mudança de escala.

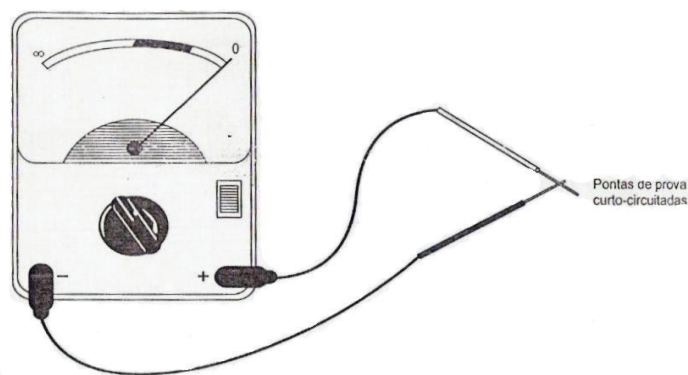


Figura 5 - Ohmímetro padrão

Fonte: autor

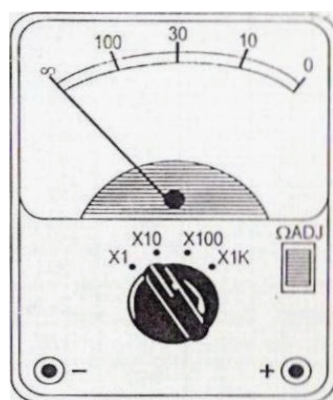


Figura 6 - Zerando o ohmímetro

Fonte: autor

- **Voltímetro:** Não preciso zerar o instrumento. Para realizar a medida é necessário que o componente ou o circuito esteja alimentado, ou seja, esteja submetido a uma tensão elétrica.

Antes de iniciar a medida, **verifica-se a natureza do sinal**, se é CC ou CA, e **localiza-se no instrumento** o local destinado aos valores de tensão conforme a natureza do sinal (em alguns multímetros o sinal CA está na cor vermelha). Observe também que **as escalas voltímetro** crescem da esquerda para a direita.

Posiciona-se o cursor no maior fundo de escala, escolhe-se uma das escalas existentes no visor e conectam-se as pontas de prova em paralelo com o



componente no qual se deseja realizar a medida, **observando atentamente as polaridades** nas medidas CC, conectar a ponta vermelha no terminal de maior potencial e a ponta preta no terminal de menor potencial. Quando o sinal for AC, não é preciso se preocupar com a polaridade das pontas de prova.

Leia o valor indicado no visor, verifique se é muito maior do que o fundo de escala escolhido, caso seja, a seguir diminua a posição do cursor até que o fundo de escala esteja próximo do valor medido, quanto mais próximos os dois, mais precisa é a medida.

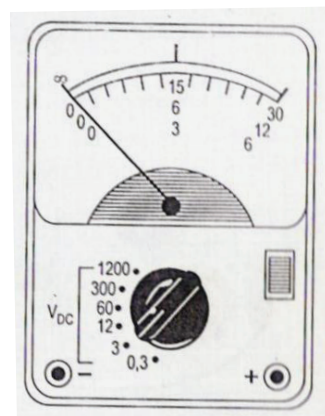


Figura 7 - Voltímetro padrão

Fonte: autor

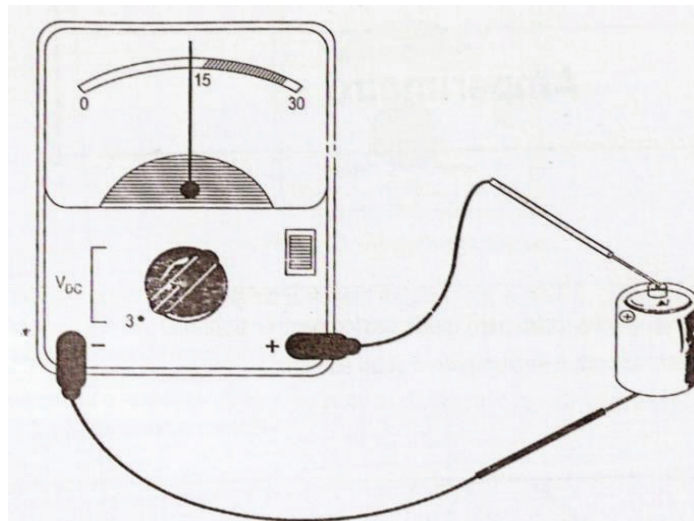


Figura 8 - Medida de tensão de uma pilha

Fonte: autor

- **Amperímetro:** Os primeiros procedimentos para a utilização do amperímetro são iguais aos do voltímetro; se o sinal for CC, a diferença é que as



pontas de prova são conectadas em série, para que a corrente passe por ele. Para isso, é necessário abrir o circuito.

Se a corrente for contínua CC, ao conectar as pontas de prova devem ser observadas as polaridades do circuito. Uma ponta de prova fica onde estava o terminal do componente e outra ponta de prova vai para onde abriu, melhor dizendo, para onde foi o outro terminal do componente.

Se o sinal for AC, o instrumento utilizado para medir corrente elétrica é o Alicate amperímetro, que realiza a medida sem precisar abrir o circuito.



Figura 9 - Alicate amperímetro

Fonte: www.lojadomecanico.com.br

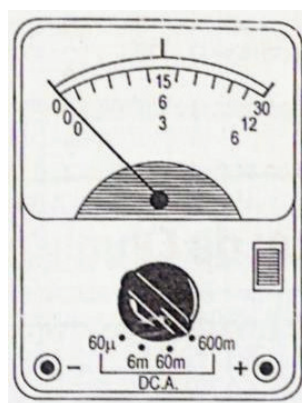


Figura 10 - Amperímetro

Fonte: autor

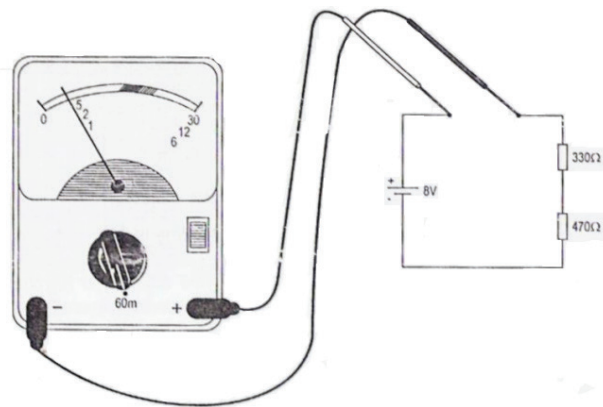


Figura 11 - Medida de corrente

Fonte: autor

- **Osciloscópio:** É um instrumento que permite visualizar o sinal alternado e suas diferentes formas de onda e, a partir desta visualização, medir tensão e período.

Os osciloscópios podem ser analógicos ou digitais.



Figura 12 - Osciloscópio digital

Fonte: www.fluke.com

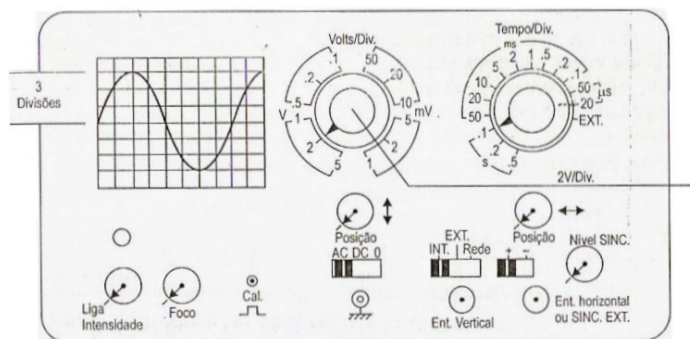


Figura 13 - Osciloscópio analógico

Fonte: autor



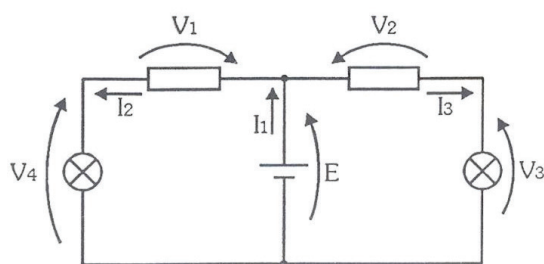


Resumo

Nas atividades dos Técnicos em Metalurgia, os mesmos encontrarão, nas indústrias, painéis nos quais constarão medidores de grandezas elétricas os quais são identificados pelas unidades, o que possibilitará ao profissional reconhecer o que está sendo medido e qual o seu valor. Nesta aula, você teve oportunidade de conhecer cada um deles, bem como a maneira de utilizá-los na função que você pretende exercer.

Atividades de Aprendizagem

1. Considere o circuito abaixo:



a) Refaça o seu diagrama elétrico, inserindo dois voltímetros para medirem as tensões E e V_4 :

b) Refaça o seu diagrama elétrico, inserindo dois amperímetros para medirem as correntes I_1 e I_3 :

2. Cite quatro características de cada instrumento de medida estudado:

- Ohmímetro:
- Voltímetro:
- Amperímetro:
- Osciloscópio

Muito bem!

Estamos avançando; após conhecer as grandezas elétricas básicas, vamos agora conhecer as formas de alimentar com as grandezas elétricas um equipamento.





Observamos que, em um circuito elétrico, a grandeza tensão provoca o aparecimento da corrente. A tensão pode ser proveniente de uma tomada que alimenta alguns equipamentos, mas pode ser também proveniente de outra fonte de energia como, por exemplo, uma pilha ou uma bateria, comumente usada em rádio e celulares. As características de fontes de alimentação de equipamentos serão estudadas na próxima aula.



Aula 4. Natureza elétrica dos sinais

Objetivos:

- identificar os sinais quanto à natureza elétrica; e
- reconhecer as características dos sinais elétricos.

Uns equipamentos são ligados diretamente à tomada, outros utilizam pilhas ou baterias, existem alguns equipamentos que são conectados à tomada, mas são alimentados diretamente pelo sinal que sai da tomada.

O sinal elétrico que alimenta o telefone celular, a lanterna, o relógio e o walkman, é um sinal que não muda de polaridade, sendo, portanto, um sinal contínuo. O sinal existente nas tomadas domiciliares e que alimenta os eletrodomésticos muda de polaridade temporariamente, esse sinal é chamado de alternado, pois alterna entre o sinal positivo e negativo.

- **SINAL CONTÍNUO** - CC: Não possui características que necessitem um estudo mais profundo. A recomendação é que verifiquemos a polaridade da fonte de alimentação antes de conectar qualquer instrumento de medida. As pilhas e as baterias fornecem um sinal CC, os circuitos utilizados nas aulas anteriores possuem alimentação CC.

Alguns equipamentos necessitam de um valor de tensão e de corrente contínua maior e de melhor qualidade do que os provenientes de pilhas e baterias. Nesse caso, é utilizada uma fonte de alimentação que, através do sinal alternado obtido na rede de energia elétrica (Tomada), transforma esse sinal em um sinal CC. Esse tipo de alimentação é fornecido por uma fonte de alimentação e pode ser encontrado de forma interna ou externa ao equipamento, ou seja, dentro ou fora dos aparelhos.

Nos computadores, na televisão e nos aparelhos de som, a fonte é interna.

Nos notebooks, na impressora, no teclado musical, a fonte é externa.



Em uma placa dados de um equipamento ou de um painel, o sinal CC é identificado por um traço –.

- **SINAL ALTERNADO - CA:** Possui várias características que requerem um estudo mais acurado, dentre essas podemos citar:

- Ciclo, Semiciclo, Período, Frequência, Frequência Radiana, Valor de Pico, Valor Pico a Pico e Valor Eficaz, que serão estudados nesta aula.

Há eletrodomésticos que são alimentados com o sinal alternado obtido ao ligar o mesmo à tomada da rede de energia elétrica, esse sinal apresenta um valor constante de tensão e a frequência. No estado do Pará, a tensão é de 127V, no padrão monofásico(uma fase e neutro),esse valor de tensão muda de um estado para o outro estado do nosso país, por exemplo, no Ceará, a tensão é de 220V. Devido a esse fato, os equipamentos que não são Bi-volt precisam ser adequados à tensão padrão antes de serem colocados em funcionamento. Para tal, existe uma tecla no equipamento que possibilita mudar a tensão de alimentação do mesmo conforme seja a tensão local, a frequência é de 60Hertz em todo o nosso país.

Em uma placa de dado dos equipamentos e dos painéis, o sinal CA é identificado pelo símbolo de uma senóide ~.

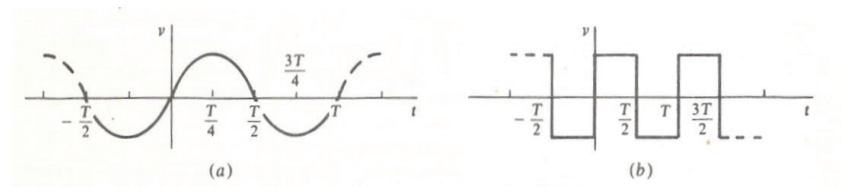


Figura 14 - Sinal alternado

Fonte: autor

4.1 Características do sinal alternado

- Ciclo: é a menor parte do sinal contendo a parte positiva e negativa;
- Semiciclo: é a metade de um ciclo;
- Período: é o tempo que o sinal leva para percorrer um ciclo.

Unidade: Segundo(s), mas pode ser também expresso em graus e radianos.

Símbolo: **T**



- Frequência: é o número de ciclo por segundo.

Unidade: Hertz (Hz);

Símbolo: **f**

OBSERVAÇÃO: O Período e a Frequência são grandezas inversamente proporcionais. Então $T = 1/f$ e $f = 1/T$.

- Frequência Radiana: expressa o número de radianos que o sinal percorreu em um período.

Unidade: rad/s

Símbolo: **w**

Fórmula de definição: $w = 2\pi/T$, onde: 2π é o comprimento de uma circunferência e T é o período.

Como $T=1/f$ logo $w = 2\pi f$.

- Valor de pico (V_p): É o maior valor que o sinal alcança (positivo ou negativo). É válido para tensão e para corrente.
- Valor pico a pico (V_{pp}): corresponde à amplitude total entre os dois pontos máximos do sinal (positivo e negativo). É, portanto, duas vezes o valor máximo independentemente do sinal.

$$V_{pp} = 2 V_p$$

- Valor Eficaz ou Valor r m s: o sinal alternado medido com o multímetro expressa o valor eficaz (r m s) e o medido com osciloscópio expressa o valor de pico ou pico a pico. RMS vem do inglês Root Mean Square (Raiz Média Quadrática). É também válido para tensão e para corrente.

OBSERVAÇÃO: Relação entre valor eficaz e valor de pico:

$$V_{ef} = V_p/\sqrt{2} \quad \text{logo} \quad V_p = \sqrt{2} \cdot V_{ef}$$



O sinal elétrico que chega às tomadas de nossa residências tem um valor eficaz de 127 v e uma frequência de 60Hz. Verifique os valores de: V_p , T e w .



Atividade de Aprendizagem

1. O funcionamento de um eletrodoméstico depende de como ele foi alimentado eletricamente, por exemplo, uma lanterna, para funcionar, precisa de que utilizemos pilhas, o ventilador precisa que conectemos o mesmo à tomada. Baseado nesta afirmativa, cite dois equipamentos alimentados:

- a) por sinal CC:
- b) por um sinal AC:
- c) por uma fonte de alimentação interna:
- d) por uma fonte de alimentação externa:

Resumo

A oportunidade ofertada nessa aula foi para que você identificasse os sinais quanto à natureza elétrica, bem como reconhecesse as características dos sinais elétricos. Além disso, foi possível verificar sobre a forma de alimentação dos equipamentos elétricos, que existe por meio de Sinal Contínuo (CC) e Sinal Alternado (CA).

Vale informar aqui que você pode ter mais informações sobre esse assunto no manual de todos os equipamentos autorizados pelo INMETRO – Instituto Nacional de pesos e medidas - que garante a seriedade do fabricante. Por uma questão de segurança, devemos, antes de qualquer coisa, não comprar equipamentos que não possuam o selo do INMETRO, depois, verificar no manual informações de como o equipamento é alimentado.



Atividades de Aprendizagem

1. Quais são as frequências de tensões periódicas que têm períodos de (a) 18,3 ps, (b) 42,3 s e (c) 1 d?
2. Achar os períodos de correntes periódicas que têm frequências de (a) 1,2 mHz, (b) 2,31 kHz e (c) 16,7 MHz.
3. Achar os períodos das tensões senoidais que têm frequências radianas de (a) $120 \pi T$ rad/s, (b) 0,625 rad , e (c) 62,1 krad/s.



4. Achar as frequências radianas de correntes senoidais que têm períodos de (a) $17,6 \mu\text{s}$, (b) $4,12 \text{ ms}$ e (c) 1 dia.

Olá!

Conseguimos identificar os materiais, as grandezas e os tipos de sinais elétricos. Vamos, nas próximas aulas, aplicar esses conhecimentos e saber como é possível transformar um sinal alternado em sinal contínuo. Inicialmente, iremos conhecer o transformador.





Aula 5. Aplicação de diodo retificador

Objetivos:

- identificar os componentes do diagrama em bloco de um circuito retificador com filtro; e
- reconhecer a aplicação do transformador no retificador.

Os equipamentos antigos usavam como componente elétrico as **Válvulas**. Esse componente caracteriza-se por ser grande e dissipar muito calor. As pessoas com mais de cinquenta anos lembram como eram os aparelhos de som antigamente. Certamente recordam o tamanho e que, às vezes, era necessário colocar um ventilador atrás dos equipamentos sonoros.

Como você tomou conhecimento na aula 1, o primeiro computador era valvular, ocupava um espaço grande e ficava muito tempo desligado para esfriar. Porém, em algumas aplicações, principalmente em telecomunicações, ainda se utilizam válvulas.

Após as válvulas, surgiram os componentes elétricos semicondutores, que são feitos de Silício ou de Germânio. O seu advento possibilitou, em seguida, a utilização de pastilhas semicondutoras, mais conhecidas como chips, o que permitiu associar mais de um componente em um só componente.

Os semicondutores oportunizaram o surgimento de componentes menores e que aquecem menos, dentre esses, encontra-se o Diodo Retificador.

Os equipamentos elétricos são alimentados quando os conectamos à rede de energia elétrica através de uma tomada. Alguns funcionam utilizando o sinal alternado proveniente da tomada, outros precisam que o sinal alternado seja transformado em sinal contínuo para que eles funcionem. Para que ocorra a mudança de AC para CC é necessária uma série de circuitos que, juntos, compõem a Fonte de Alimentação que faz essa conversão.



A Fonte de Alimentação pode ser interna ou externa. As fontes externas são às vezes chamadas de adaptadores, que são muito usados em impressoras e teclados. As fontes internas podem ser encontradas de várias maneiras, sendo mais comum encontrá-las compondo uma placa de circuito impresso que, em caso de defeito, pode ser facilmente substituída.

O Diodo Retificador é um componente importante na transformação do sinal alternado em sinal contínuo.

O Diodo possui um terminal (+) e outro (-). Retificar significa transformar o sinal AC em CC.

- Uma fonte de alimentação básica é composta de Transformador, Diodo Retificador, Filtro e Resistor:

O circuito retificador com filtro compõe uma fonte de alimentação, conforme a figura abaixo.

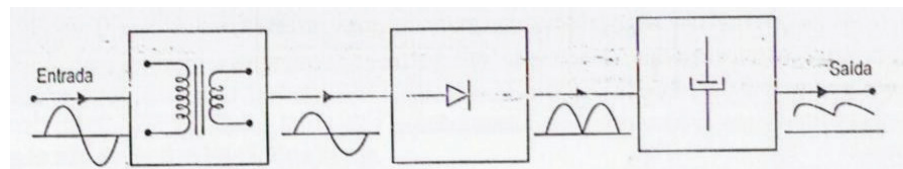


Figura 14 - Diagrama em bloco de um circuito retificador com filtro

Fonte: autor

Observando a figura, encontramos no primeiro bloco um transformador, o sinal antes e após o transformador é alternado, porém o sinal depois do transformador é menor do que o sinal antes do mesmo. A seguir, temos o retificador que transforma o sinal alternado em contínuo, veja, antes do retificador, o sinal é composto de uma parte acima do eixo (sinal positivo) e a outra parte fica abaixo do eixo (sinal negativo), portanto, sinal alternado muda, ora é + ora é -, depois do retificador, o sinal fica somente na parte positiva do eixo, não passa para a parte de baixo, portanto, o sinal é contínuo, pois possui somente o sinal positivo. Após o filtro, o sinal permanece contínuo, porém a ondulação é menor, e não fica colado ao eixo.

5.1 Transformador

É um componente que pode aumentar, diminuir e também manter constantes os valores de tensão e de corrente. Geralmente, o Transformador recebe





o sinal da rede de energia elétrica, no caso da fonte de alimentação, ele recebe 127 v e entrega ao circuito 12 v. Tendo, portanto, recebido um sinal alternado e entregue também um sinal alternado, porém de menor valor.

O transformador é constituído basicamente por dois enrolamentos que, utilizando um núcleo em comum, convertem primeiramente energia elétrica em magnética e em seguida energia magnética em elétrica.

O seu princípio de funcionamento baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, ou seja, em um enrolamento, a tensão variável aplicada origina uma corrente que, por sua vez, cria um campo magnético variável, induzindo uma corrente e, conseqüentemente, uma tensão no outro enrolamento próximo.

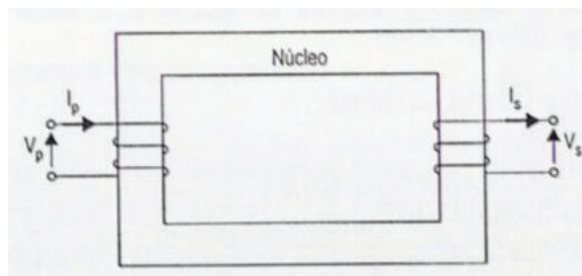


Figura 15 - Esquema básico de um transformador

Fonte: autor

Observando a figura, notamos que o transformador possui um enrolamento primário em que é aplicada a tensão a ser convertida (V_p), e um enrolamento secundário do qual é retirada a tensão de saída (V_s).

Cada enrolamento é composto por um determinado número de espiras responsáveis pela relação de conversão, ou seja, a tensão de saída será proporcional à relação do número de espiras e ao valor da tensão de entrada. Assim sendo, podemos escrever a relação:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

onde: V_p - tensão do primário

V_s - tensão do secundário



N_p - número de espiras do primário

N_s - número de espiras do secundário

Em um transformador ideal, a potência obtida no secundário é igual à potência aplicada ao primário, não existindo perdas. Efetuando essa igualdade, temos:

Logo:

$$P_p = P_s$$

$$\text{Como } V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s$$

$$\text{então: } \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

onde: P_p - potência do primário

P_s - potência do secundário

I_p - corrente do primário'

I_s - corrente que circula no secundário quando for ligada a uma carga

Igualando as equações da relação de correntes com a do número de espiras, podemos escrever:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Em um transformador real, a potência obtida no secundário é menor do que a potência aplicada ao primário, existindo perdas. Considerando essas perdas, podemos escrever:

$$P_p = P_s + P_d \text{ em que: } P_d = \text{potência perdida.}$$



Num transformador, as principais perdas ocorrem nos enrolamentos e no núcleo. Nos enrolamentos, devido à resistência ôhmica do fio, parte da energia é convertida em calor por efeito Joule, causando perdas denominadas perdas no cobre, pois o material que constitui o fio é de cobre.

No núcleo, temos perdas causadas pela reversão magnética cada vez que a corrente muda de sentido (ciclo de Histerese), pela dispersão de linhas de campo magnético e pelas correntes parasitas de Foucault que, induzidas no núcleo, o aquecem, reduzindo o campo principal.

Para evitar as correntes de Foucault, o núcleo é constituído por chapas laminadas, isoladas por um verniz e solidamente agrupadas, enquanto para diminuir as perdas por Histerese o material é composto de aço-silício. Para reduzir a dispersão de fluxo, todo o conjunto tem um formato apropriado, em que os enrolamentos primário e secundário, por meio de um carretel, são colocados na parte central, concentrando dessa maneira as linhas de campo magnético.

A figura 16 mostra um transformador com as características como é encontrado comercialmente.

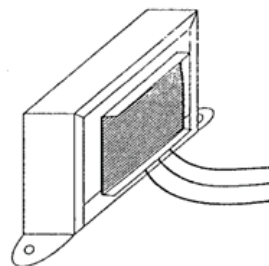


Figura 16 - Transformador comercial

Fonte: autor

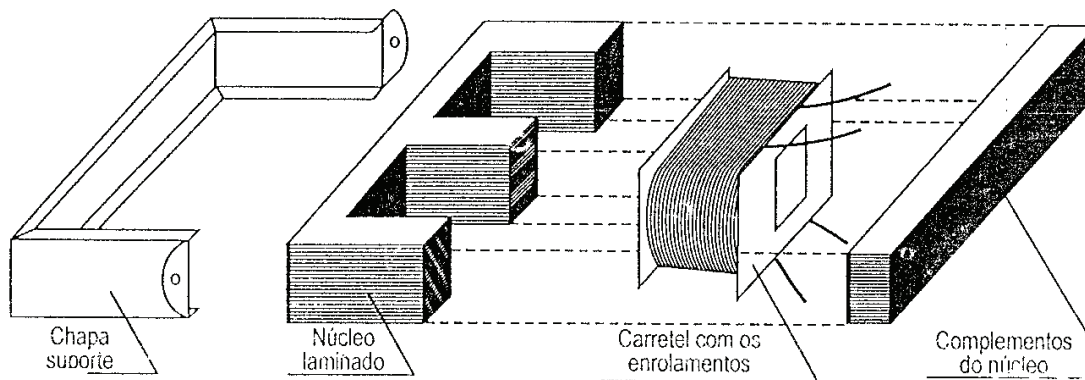


Figura 17 - Aspectos construtivos de um transformador

Fonte: autor





Como vimos, na prática, as perdas podem ser minimizadas, aumentando assim o rendimento do transformador (η), definido pela relação entre as potências do secundário e do primário. Sendo assim, podemos escrever:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \text{ ou, em Porcentagem: } \eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100$$

Encontramos diversos tipos de transformador que, de acordo com a aplicação à qual se destinam, possuem aspectos construtivos apropriados. Como exemplo, temos o transformador de alta tensão (Fly-back), cujo núcleo de ferrite e os enrolamentos possuem características apropriadas para trabalhar como elevador de tensão em frequências altas.

Uma outra característica importante é o tipo de enrolamento, que pode ser: simples, múltiplos ou com derivações. A figura 18 ilustra alguns tipos de enrolamento.

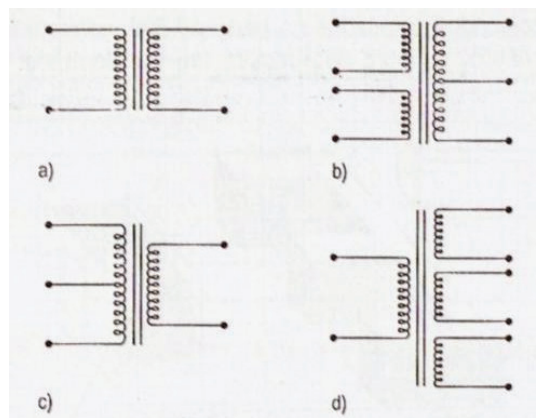


Figura 18 - Tipos de enrolamento

Fonte: autor

- (a) Primário e secundário com enrolamentos simples.
- (b) Primário com enrolamento duplo e secundário com derivação central.
- (c) Primário com derivação central e secundário com enrolamento simples.
- (d) Primário com enrolamento simples e secundário com múltiplos enrolamentos.

De acordo com o sentido do enrolamento, o transformador pode defasagem a tensão de saída em relação à tensão de entrada. Se o sentido do enrolamen-





to primário coincidir com o enrolamento secundário, teremos as tensões de entrada e saída em fase; caso contrário, elas estarão defasadas de 180° .

Para facilitar a identificação, na simbologia do transformador, costuma-se colocar um ponto definindo o sentido de enrolamento. A figura 19 ilustra estas situações.

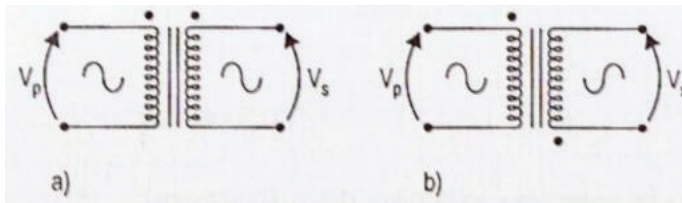


Figura 19 - (a) Transformador com enrolamentos de sentidos concordantes, (b) transformador com enrolamentos de sentidos opostos.

Fonte: autor

Num transformador com derivação central no secundário, como mostra a figura 20, em relação ao terminal central, terá duas tensões de mesma amplitude, porém defasadas de 180° . Em alguns casos de aplicação, como nos retificadores, essa defasagem se faz necessária para o devido funcionamento do circuito.

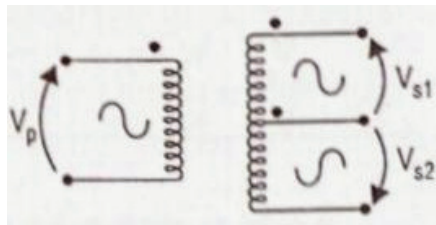


Figura 20 - Transformador com derivação central no secundário

Fonte: autor

Para exemplificar, vamos calcular o número de espiras necessário nos dois enrolamentos secundários do transformador visto na figura 20, para que as saídas sejam respectivamente 220V e 6V, considerando desprezíveis as perdas.

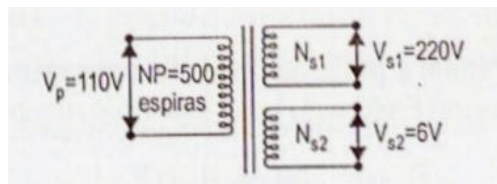


Figura 21

Fonte: autor





Atividades de Aprendizagem

1. Quais as partes que compõem o transformador?
2. Quanto à natureza do sinal elétrico, como é o sinal antes e após o transformador?
3. Cite exemplos numéricos de um transformador abaixador e de um transformador elevador.
4. Cite dois exemplos de tipos de enrolamentos dos transformadores.

Resumo

Tudo bem?

Nesta aula, mudou um pouco a dinâmica conceitual, pois passamos a estudar componentes que não são muito conhecidos e possuem nomes que não indicam diretamente a sua finalidade.

O transformador está presente em todas as ruas, nos postes da rede de energia elétrica, porém no caso da aplicação nos circuitos eletrônicos, os valores de tensão e de corrente que ele opera são inferiores aos encontrados nos transformadores dos postes, nesse caso, o transformador recebe valores da rede de alta tensão e entrega para a rede de distribuição residencial ou industrial conforme seja o caso, ou seja, nesse caso, a rede de alta tensão é o primário e a rede residencial ou industrial é o secundário.



Atividades de Aprendizagem

1. Quais as diferenças do transformador utilizado nos circuitos eletrônicos e os da rede de distribuição de energia?
2. Um transformador com derivação central no secundário abaixa de 127V para 12V, qual o valor da tensão do meio para uma das extremidades do secundário? Qual o valor da tensão entre as duas extremidades?
3. O valor da frequência da rede de distribuição é de 60Hz. Qual a frequência no primário e no secundário de um transformador de enrolamento simples?

Muito bem!

Veja que não é difícil, estudamos o transformador e, como estamos estudan-





do um circuito composto por mais de um componente, vamos, na próxima aula, aprender o diodo Retificador, que é o componente que vem logo após o transformador no diagrama em bloco da figura 14.

Certamente, você não terá muita dificuldade, acredito no seu esforço!





Aula 6. Diodo retificador

Objetivos:

- identificar o diodo através do seu símbolo;
- conceituar circuito retificador; e
- diferenciar os tipos de retificadores.

Olá!

Antes de chegarmos até o diodo retificador, conversaremos sobre o material utilizado na sua fabricação, verificaremos como é a sua estrutura atômica e como estão posicionados os elétrons.

6.1 Características atômicas dos semicondutores

No campo da eletrônica, dentre os materiais utilizados, encontramos os semicondutores que possuem características intermediárias entre os condutores e os isolantes. O material semiconductor mais utilizado é o silício (Si) que, na sua forma pura (intrínseca), apresenta uma estrutura cristalina, tendo quatro elétrons na camada de valência, sendo por isso tetravalente. Sua estrutura é vista na figura 22.

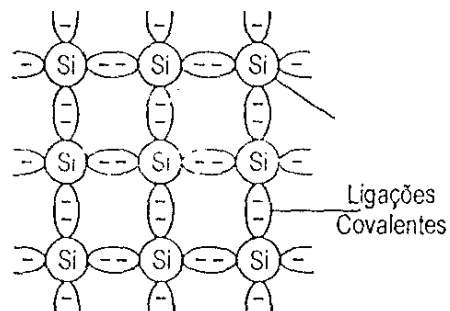


Figura 22 - Estrutura de um semicondutor intrínseco

Fonte: autor



A -273°C , não há elétrons livres ou fracamente ligados. O semicondutor intrínseco comporta-se como isolante perfeito. Elevando a temperatura, os átomos, recebendo energia, iniciarão um processo de agitação térmica quebrando a estabilidade, rompendo ligações covalentes, liberando elétrons e originando, na falta destes, lacunas ou buracos.

A partir do semicondutor intrínseco, podemos formar os materiais tipo P ou tipo N, adicionando impurezas, ou seja, outros materiais, por processo conhecido como dopagem. Esse semicondutor dopado passa a ser denominado material extrínseco. Para formarmos um material tipo P, adicionamos ao cristal de silício impurezas trivalentes, como, por exemplo, o alumínio (Al). Essa estrutura é vista na figura 23.

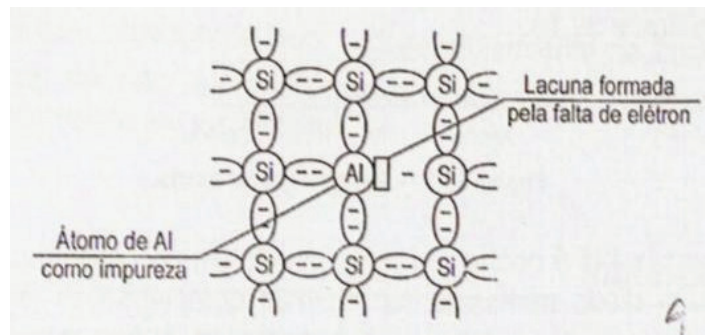


Figura 23 - Dopagem do semicondutor – impureza trivalente

Fonte: autor

Observando a figura, notamos que haverá três ligações completas de elétrons e uma quarta incompleta, por região do material, originando uma lacuna e um íon negativo fixo à estrutura do cristal, dando ao material características receptivas, ou seja, de atrair elétrons para completar a quarta ligação.

Nesse material, as lacunas serão em maioria e por isso denominadas de portadores majoritários. Existirão também elétrons como portadores minoritários que aparecerão pelo rompimento de ligações covalentes, provocadas pelo fornecimento da energia ao material. O material tipo P pode ser representado como mostra a figura 24.

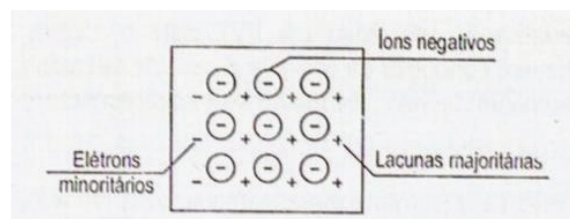


Figura 24 - Material semicondutor do tipo P

Fonte: autor





Para formar um material tipo N, adicionamos ao cristal do silício impurezas pentavalentes, como, por exemplo, o fósforo (P). Essa estrutura é vista na figura 25.

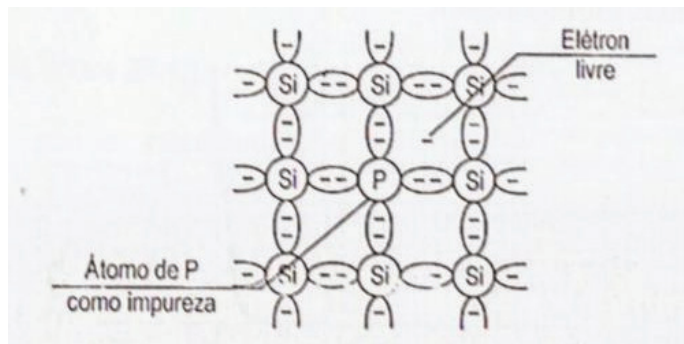


Figura 25 - Dopagem do semicondutor – impureza pentavalente

Fonte: autor

Observando a figura, notamos que haverá quatro ligações completas, um elétron livre, por região do material, e um íon positivo fixo à estrutura do cristal, dando ao material características doadoras, ou seja, de doar o elétron livre de maneira a ficar estável. Nesse material, os elétrons serão os portadores majoritários e as lacunas os minoritários. O material tipo N pode ser representado, como mostra a figura 26.

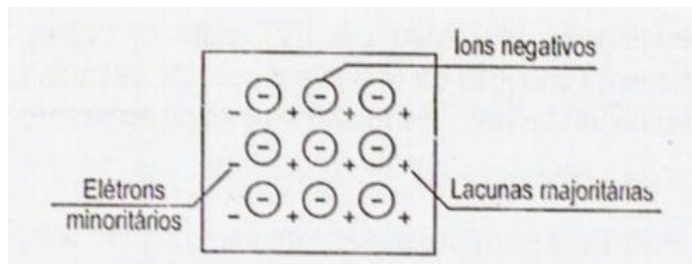


Figura 26 - Material semicondutor do tipo N

Fonte: autor

Para constituir os dispositivos semicondutores, é necessário unir os materiais tipo P e tipo N de maneira a formar a junção PN. Essa junção é vista na figura 27.

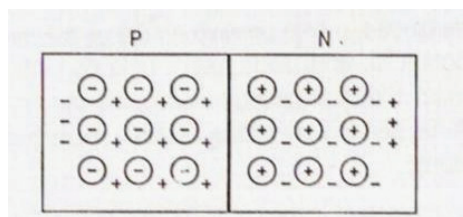


Figura 27 - Junção PN

Fonte: autor





Na junção PN não polarizada, isto é, sem conexão de fonte externa, haverá um deslocamento de elétrons da região N para a região P e, simultaneamente, um deslocamento de "lacuna" da região P para a região N, originando uma corrente, denominada corrente de difusão. Durante esse deslocamento de portadores de cargas, elétrons e lacunas recombina-se, anulando suas cargas, surgindo ao lado da junção uma região neutra, ou seja, de carga elétrica nula, denominada barreira de potencial (B.P.) ou camada de carga espacial (C.C.E.).

À medida que elétrons e lacunas vão se recombinando, teremos um aumento da barreira de potencial até atingir um ponto de equilíbrio, isolando um material do outro. A figura 28 mostra uma junção PN não polarizada com a barreira de potencial.

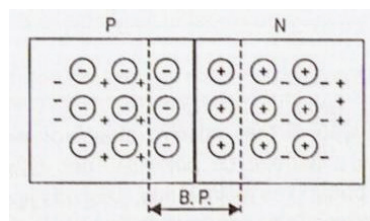


Figura 28 - Junção PN não polarizada

Fonte: autor

6.2 Polarização da junção PN

Podemos polarizar a junção PN de duas maneiras: diretamente ou reversamente. A polarização direta consiste em ligar o pólo positivo de uma fonte no lado P e o negativo no lado N, conforme mostra a figura 29.

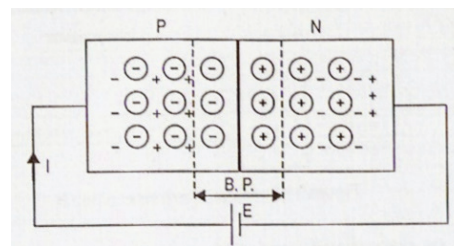


Figura 29 - Junção PN polarizada – polarização direta

Fonte: autor

Nesse tipo de polarização, o pólo positivo atrairá os elétrons livres do lado N, fazendo-os vencer a barreira de potencial, originando assim uma corrente de elétrons do pólo negativo, para o positivo da bateria. Simultaneamente sairá uma corrente de lacunas do pólo positivo para o negativo da bateria, sendo esta última adotada, para fins de análise, em circuitos com dispositivos semicondutores.





O material, nesse caso, tem características condutivas, pois circulando uma corrente, apresenta uma resistência ôhmica de valor baixo, na ordem de algumas dezenas de ohms. Devido aos íons formados na barreira, entre os terminais de junção, aparecerá uma diferença de potencial que, para o semicondutor de silício está compreendida entre 0,5 e 0,8V.

A polarização reversa consiste em ligar o pólo positivo de uma fonte no lado N e o negativo no lado P, conforme apresenta a figura 30.

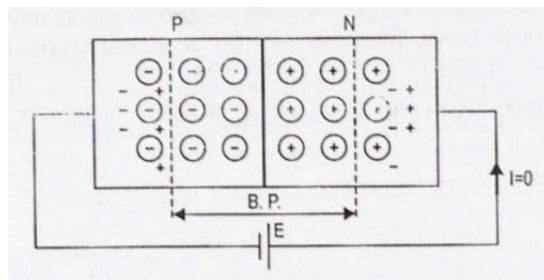


Figura 30 - Junção PN Polarizada

Fonte: autor

Polarização Reversa: nesse tipo de polarização, o pólo positivo atrairá os elétrons e o pólo negativo, as lacunas, aumentando assim a barreira de potencial, não havendo, portanto, condução de corrente elétrica devido aos portadores majoritários, existindo apenas uma corrente devido aos portadores minoritários, denominada de corrente de fuga que, para o semicondutor de silício, é da ordem da nanoampères (nA), tornando-se desprezível. O material nesse caso apresenta características isolantes, pois devido ao aumento da barreira de potencial, não haverá corrente, sendo sua resistência ôhmica de alto valor.

6.3 Diodo retificador

Com o devido encapsulamento e conexão de terminais, a junção PN torna-se um componente eletrônico conhecido como diodo semiconductor, ou simplesmente diodo, cuja simbologia é vista na figura 31.

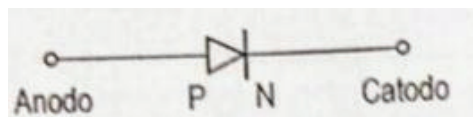


Figura 31 - Diodo

Fonte: autor



O lado P da junção PN é conhecido como anodo (A) do diodo e o lado N como catodo (K). Em polarização, o diodo apresenta as mesmas características já estudadas, ou seja, quando polarizado diretamente, conduz uma corrente de ânodo para o catodo, e quando polarizado reversamente, não conduz corrente. A figura 32 mostra as polarizações direta e reversa de um diodo, em que a corrente é limitada por um resistor.

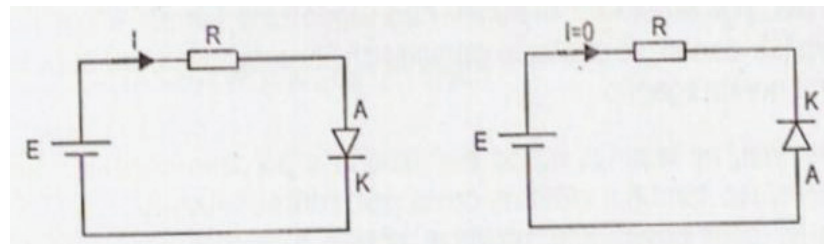


Figura 32 - Polarização direta e reversa do diodo

Fonte: autor

A curva característica de um diodo $I = f(V)$, vista na figura 32, mostra que, em polarização direta, só haverá condução de corrente depois de vencida a barreira de potencial. A partir daí, a corrente aumenta de valor, enquanto a tensão permanece praticamente constante (V_a).

Em polarização reversa, a corrente é praticamente nula até atingir um determinado valor de tensão (V_{RM}). A partir desse valor, inicia-se um processo de avalanche, aumento do número de portadores minoritários, aumentando a corrente reversa até um valor limite, permanecendo tensão praticamente constante. Essa propriedade é denominada Efeito Zener, sendo que os diodos fabricados especialmente para aproveitá-la em estabilização de tensão são denominados diodos Zener.

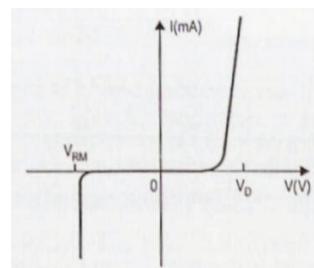


Figura 33 - Curva característica do diodo

Fonte: autor

Comercialmente, os diodos são especificados por parâmetros que indicam suas características máximas de trabalho, tais como: corrente direta máxima (IDM) e tensão reversa máxima (VRM), que são importantes para o dimen-





sionamento do componente em projetos. Além disso, os diodos em seus encapsulamentos apresentam uma faixa, indicando o terminal catodo para a devida ligação em um circuito.

6.4 Retificação e filtragem capacitativa

Os circuitos que utilizam dispositivos semicondutores necessitam ser alimentados com tensões contínuas para a devida polarização. Para poder aproveitar a rede elétrica, por se tratar de tensão alternada, necessitamos convertê-la em tensão contínua. Para tanto, utilizamos os circuitos retificadores que, juntamente com os filtros, possibilitam obter nas saídas tensões com característica de contínua pura.

Pela figura, notamos que o primeiro estágio é constituído por um transformador para normalmente reduzir a tensão de entrada. No segundo estágio, por meio de circuitos com diodos, é feita a retificação do sinal alternado. No terceiro estágio, o circuito de filtro, normalmente capacitivo, transforma a tensão contínua pura.

6.5 Tipos de circuitos retificadores

Da maneira geral, os circuitos retificadores classificam-se em dois tipos, sendo denominados: meia onda e onda completa.

6.5.1 Retificador de meia onda

O circuito retificador de meia onda sem filtro é visto na figura 34.

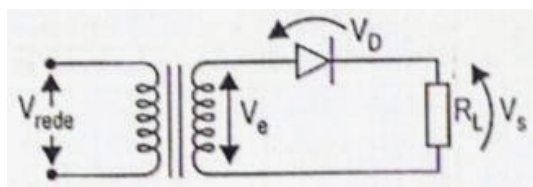


Figura 34 - Retificador de Meia Onda sem Filtro

Fonte: autor

Funcionamento:

Durante o semiciclo positivo da tensão de entrada, o diodo estará diretamente polarizado e conduzirá, fazendo a corrente circular pela carga (RL). Na saída aparecerá, neste caso, o próprio semiciclo.



No semiciclo negativo da tensão de entrada, o diodo estará reversamente polarizado, não conduzindo, fazendo com que a tensão de saída seja nula. No diodo, temos a tensão (V_D) que, durante a sua condução, é praticamente nula e, na sua não condução, é igual à da entrada, ou seja, negativa.

Após este estudo, podemos esboçar as formas de onda do circuito retificador de meia onda, que são vistas na figura 35.

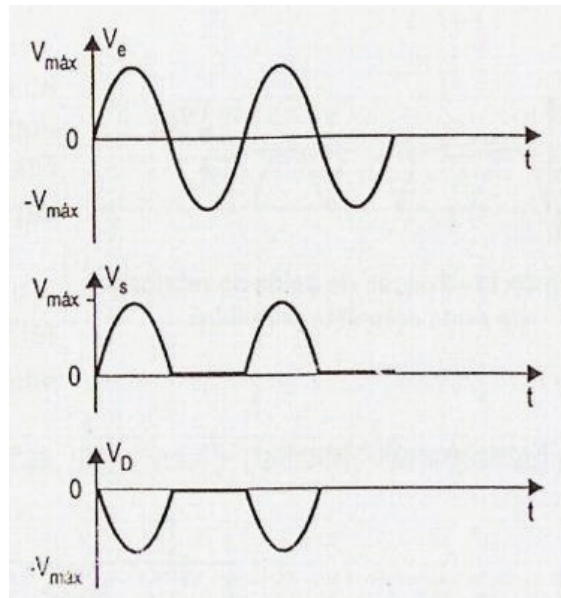


Figura 35 - Formas de onda de um retificador de meia onda

Fonte: autor

A tensão contínua de saída terá um valor DC igual a:

$$V_{DC} = \frac{V_{MAX}}{\pi} = 0,318V_s$$

Conhecendo a tensão DC podemos calcular IDC:

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L}$$

OBSERVAÇÕES:

No retificador de meia onda IDC é igual à corrente do diodo I_o ($I_{DC} = I_o$);

PIV é a tensão de pico inversa que o diodo pode suportar sem se danificar, no retificador de meia onda PIV, é igual à tensão de pico no secundário.





Geralmente, a tensão no secundário é dada em valor eficaz, portanto precisamos transformar de valor da tensão de eficaz para pico.

Sei que você já sabe fazer essa transformação, mas se for necessário reveja a aula 4.

Para poder aumentar o nível de tensão contínua na saída, colocamos um filtro capacitivo como mostra a figura 36.

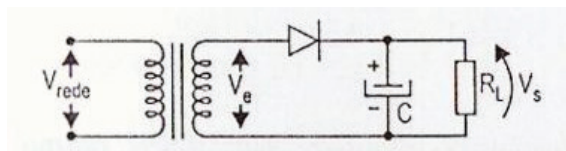


Figura 36 - Retificador de meia onda com filtro

Fonte: autor

A atuação do capacitor consiste em se carregar com a tensão de entrada durante o intervalo do semiciclo positivo, até atingir $V_{m\acute{a}x}$. A partir daí, como o potencial do capacitor é maior do que o da entrada, o diodo corta e o capacitor inicia um processo de descarga por meio da carga R_L até que um novo semiciclo positivo faça com que a tensão no anodo do diodo seja maior, reiniciando o processo de carga. A figura 37 mostra a tensão de saída do retificador de media atuação do filtro.

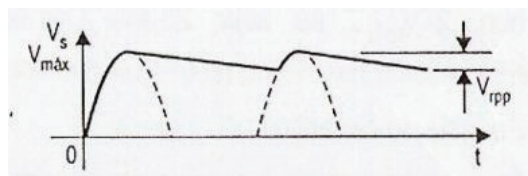


Figura 37 - Forma de onda da tensão

Fonte: autor

Por meio da figura, notamos que o filtro faz com que se eleve o nível DC da tensão de saída que, dependendo do valor do capacitor e da carga R_L , pode ser maior ou menor. A ondulação remanescente é denominada tensão de ripple, cujo valor pode avaliar a eficácia do circuito, na conversão da tensão alternada em contínua, para uma carga específica.

6.5.2 Retificador de onda completa

A retificação de onda completa pode ser obtida por meio de dois circuitos, sendo o que utiliza um transformador com derivação central e dois diodos, e o que utiliza um transformador sem derivação e quatro diodos ligados em ponte. O retificador de onda completa com dois diodos, sem filtro, é visto na figura 38.



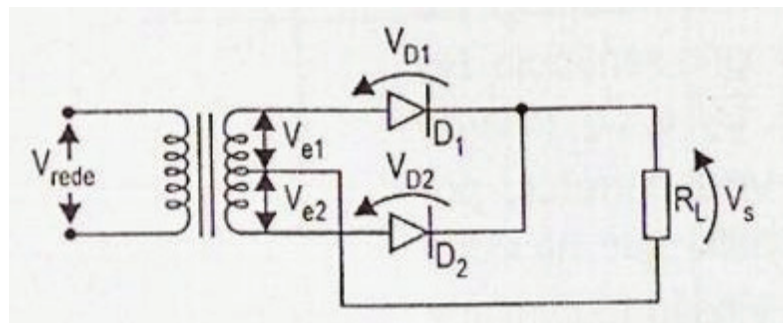


Figura 38 - Retificador de onda completa com derivação central

Fonte: autor

O transformador utilizado nesse circuito possui uma derivação central que defasa a tensão V_{e1} em relação a V_{e2} de 180° . Durante o semiciclo positivo de V_{e1} e o semiciclo negativo de V_{e2} , o diodo D_1 estará conduzido e o diodo D_2 estará cortado. Por D_1 circulará uma corrente que, passando por R_L , faz com que apareça na saída o próprio semiciclo positivo de V_{e1} .

Durante o semiciclo positivo de V_{e2} e negativo de V_{e1} , o diodo D_2 estará conduzindo e o diodo D_1 estará cortado. Por D_2 circulará uma corrente que, passando por R_L , faz com que apareça na saída o próprio semiciclo positivo de V_{e2} .

Após este estudo, podemos esboçar as formas de onda do circuito retificador de onda completa com dois diodos, sem filtro, que são vistas na figura 39.

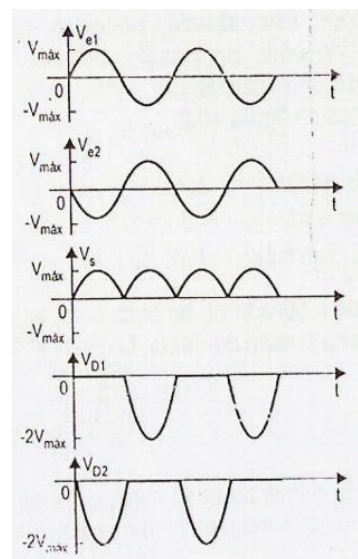


Figura 39 - Formas de onda de um retificador de onda completa

Fonte: autor





6.5.2.1 Funcionamento do retificador de onda completa com tomada central

Os diodos D1 e D2 na condução apresentam uma tensão praticamente nula entre seus terminais e na não condução, uma tensão de -2V máx pois quando um deles estiver cortado, o outro estará conduzindo, fazendo com que a tensão total do secundário do transformador seja aplicada sobre o cortado.

6.5.2.2 Cálculo de valores no retificador de onda completa com derivação central

1 - VD é igual a 2 x o VDC de meia onda,

$$\text{Logo : } V_{DC} = 0,636 V_s$$

2 – IDC = 2x I_o e possui a mesma fórmula do IDC de meia onda;

3 – PIV é igual ao de meia onda, porém, para não confundir, a tensão de pico no secundário será chamada de V_{sp}.

4 – Sendo, portanto, o V_s do cálculo de VDC é igual a V_{sp}: por 2

$$(V_s = \frac{V_{sp}}{2})$$

6.5.2.3 Retificador de Onda Completa em Ponte.

O retificador de onda completa com diodos em ponte, sem filtro, é visto na figura 40.

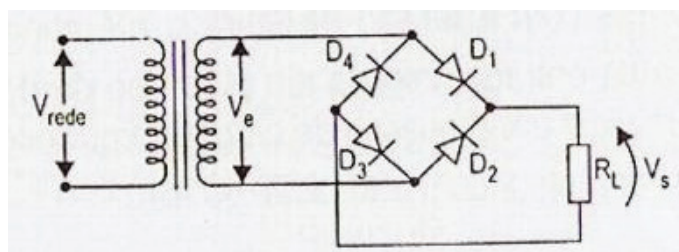


Figura 40 - Retificador em ponte

Fonte: autor

Atividades de Aprendizagem

1. No Retificador de meia onda, a tensão no secundário do transformador é 35Vac. Qual a tensão média(V_{cc})? Qual a corrente média através da resistência de carga? (considere R_L=500Ω)





2. No Retificador de meia onda com $R_L = 390\Omega$, a tensão no secundário é 73Vac. Qual a tensão de pico inversa (PIV)? A tensão média na carga (V_{cc}) e a corrente de cada diodo?
3. Um retificador de meia onda produz 40mA (cc) para uma resistência de carga de $2K\Omega$. Calcule a tensão cc de saída e a tensão de pico inversa do diodo.
4. Um retificador de meia onda opera com a tensão de 120V (rms) da linha comercial através de um transformador abaixador de 3:1. Calcule a tensão cc, a corrente cc e a tensão de pico inversa, sendo $R_L = 390\Omega$.
5. Um retificador de onda completa com tomada central com $R_L = 82\Omega$, tem a tensão no secundário de 43Vac. Calcule a tensão de carga cc, a corrente dos diodos e a corrente na carga e a PIV.
6. Repita o problema anterior para uma tensão no secundário de 58Vac e $R_L = 150\Omega$.
7. Um diodo tem como especificações: $I_o = 150mA$ e $PIV = 75V$. Este diodo é adequado para operar com uma tensão 60Vac no secundário de um retificador de onda completa com tomada central tendo $R_L = 180\Omega$.
8. Um retificador de onda completa com derivação central possui uma tensão cc de 80V. Calcule a PIV, a tensão ac no secundário.
9. Um retificador de onda completa com derivação central possui $I_o = 34mA$. Calcule I_{cc} , V_{cc} , PIV e a tensão ac no secundário sabendo que $R_L = 300\Omega$.

Resumo

Aprendemos, a partir desta aula, o efeito da união de um transformador abaixador com um diodo semiconductor, essa aplicação está presente em muitos equipamentos eletrônicos, ou seja, onde houver mudança de um sinal alternado para contínuo (AC- DC) haverá pelo menos um circuito retificador.



Atividades de Aprendizagem

1. Desenhe o símbolo do diodo semiconductor.
2. O que é um circuito Retificador?





3. Quais os componentes que formam um circuito Retificador?

4. Quais os tipos de circuitos Retificadores?

O conhecimento dos retificadores é um dos pontos básicos para avançar no estudo de eletrônica, cujo degrau seguinte é a era digital, caracterizada por equipamentos menores, mais rápidos e com várias funções. Toda essa tecnologia está ancorada no aprofundamento da eletrônica analógica, na qual os semicondutores são uns dos mais importantes fundamentos. A eletrônica digital é iniciada com o estudo das funções e das portas lógicas, passando pela álgebra binária, que utiliza apenas dois algarismos : 0 e 1. Este será o conteúdo da nossa próxima aula.





Aula 7. Funções lógicas - portas lógicas

Objetivos:

- diferenciar Funções Lógicas de Portas Lógicas;
- avaliar uma Tabela Verdade; e
- apontar as expressões Booleanas dos Circuitos Lógicos.

Caro/a estudante.

Em meados do século passado, G. Boole desenvolveu um sistema matemático de análise lógica.

Esse sistema é conhecido como Álgebra de Boole.

No início da era Eletrônica, todos os problemas eram resolvidos por sistemas analógicos, também conhecidos por sistemas lineares.

Com o avanço da tecnologia, esses mesmos problemas começaram a ser solucionados através da eletrônica digital. Esse ramo da eletrônica emprega nas suas máquinas, tais como: computadores, processadores de dados, sistemas de controle e de comunicação digital, codificadores, decodificadores, etc., apenas um pequeno grupo de circuitos lógicos básicos, que são conhecidos como portas OU, E, NÃO e flip-flops.

Através da utilização conveniente desses circuitos, podemos “implementar” todas as expressões geradas pela álgebra de Boole, que constituem uma poderosa ferramenta para os projetos das máquinas referidas acima.

Neste capítulo, trataremos dos blocos OU, E NÃO, deixando para o próximo, o estudo do Flip-Flop.



7.1 Funções e portas lógicas: E, OU, NAO, NE e NOU

Nas funções lógicas, temos apenas dois estados:

- o estado 0 (zero) e
- o estado 1 (um).

O estado zero (0) representará, por exemplo: portão fechado, aparelho desligado, ausência de tensão, chave aberta, não, etc.; o estado (1) representará, então: portão aberto, aparelho ligado, presença de tensão, chave fechada, sim etc.

Note então que, se representarmos por zero (0) uma situação, representaremos por um (1) a situação contrária.

Para qualquer bloco lógico, faremos o estudo somente desses dois estados. Deve-se salientar aqui que cada terminal de um bloco lógico pode assumir somente duas situações distintas: 0 ou 1.

- **Função “E” ou “AND”**

A função E é aquela que executa a multiplicação de ou mais variáveis binárias.

$$S = A.B \text{ onde se lê: } S = A \text{ e } B$$

Para melhor compreensão, representaremos a função E através do seguinte circuito:

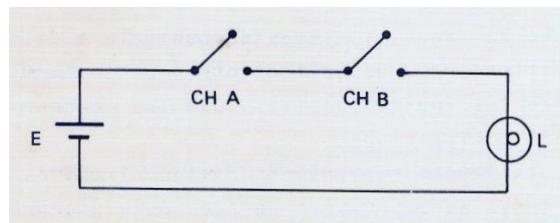


Figura 41 - Circuito Característico da Função E ou AND

Fonte: autor



Convenções:

chave aberta = 0

chave fechada = 1

lâmpada apagada = 0

lâmpada acesa = 1

Situações possíveis:

1º Se tivermos a chave A aberta (0) e a chave B aberta (0), nesse circuito não circulará corrente, logo, a lâmpada permanecerá apagada (0).

2º Se tivermos a chave A aberta (0) e a chave B fechada (1), logo a lâmpada permanecerá apagada (0). ($A = 0, B = 1, A.B = 0$)

3º Se tivermos a chave A fechada (1) e a chave B aberta (0), a lâmpada permanecerá apagada: ($A = 1, B = 0, A.B = 0$).

4º Se tivermos, agora, a chave A fechada (1) e a chave B fechada (1) a lâmpada irá acender, pois circulará corrente: ($A = 1, B = 1, A.B = 1$)

Analisando as situações, concluímos que, com 50, teremos a lâmpada acesa quando as chaves A e B estiverem fechadas (1 e 1).

- **Tabela da verdade**

Tabela da verdade é um mapa no qual colocamos todas as possíveis situações com seus respectivos resultados. Nesta tabela, iremos encontrar o modo como a função se comporta perante todas as situações possíveis.

Tabela da verdade de uma função E ou AND.

	A	B	S
1º	0	0	0
2º	0	1	0
3º	1	0	0
4º	1	1	1

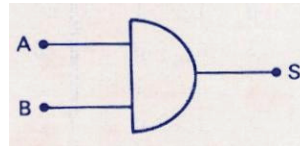
Tabela 1 - Tabela Verdade Função E ou And





- **Porta E ou AND**

A porta E é um circuito que executa a função E. Representaremos uma porta E através do símbolo abaixo:



(a)

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b)

Figura 42 - a – Símbolo – b Tabela Verdade Porta E ou And

Fonte: autor

A porta E executa a tabela da verdade da função E, ou seja, teremos a saída no “estado um” se, e somente se, as duas entradas forem iguais a um, e teremos a saída igual a zero nos demais casos.

Até agora, descrevemos a função E para duas Variáveis de entrada. Podemos estender esse conceito para qualquer número de entradas.

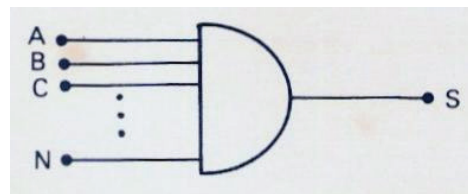


Figura 43 - Símbolo Porta E ou And para qualquer número de entradas

Fonte: autor

Teremos neste caso uma porta E de várias entradas e somente uma saída. A saída permanecerá no “estado um” se, e somente se, as N entradas forem iguais a um (1), e permanecerá no “estado zero” nos demais casos.

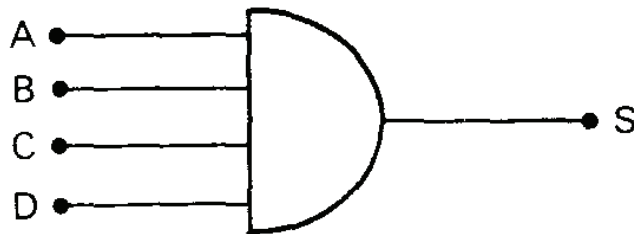
Para exemplificar, vamos mostrar uma porta E de quatro entradas e sua tabela da verdade.





Teremos neste caso uma porta E de várias entradas e somente uma saída. A saída permanecerá no "estado um" se, e somente se, as N entradas forem iguais a um (1), e permanecerá no "estado zero" nos demais casos.

Para exemplificar, vamos mostrar uma porta E de quatro entradas e sua tabela da verdade.



(a)

A	B	C	O	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

(b)

Figura 44 - a) Símbolo da porta E ,b) Tabela Verdade porta E de 4 entradas

Fonte: autor

Notamos que a tabela da verdade anterior mostra as dezesseis possíveis combinações das variáveis de entrada e seus respectivos resultados na saída.

O número de situações possíveis é igual a 2^n , onde n é o número de variáveis. No exemplo acima: $N = 2^4 = 16$, que são as dezesseis combinações possíveis



para 4 variáveis de entrada.

A função E também é conhecida como função "AND", nome derivado do inglês.

- **Função "OU" ou "OR"**

A função OU é aquela que assume valor um (1) quando uma ou mais variáveis da entrada forem iguais a um (1) e assume valor zero (0) se, e somente se, todas as variáveis de entrada forem iguais a zero (0).

É representada da seguinte forma:

$$S = A + B \text{ (lê-se } S = A \text{ ou } B, \text{ onde o símbolo } + \text{ é lido como OU)}$$

Para entendermos melhor a função OU, vamos representá-la pelo circuito abaixo:

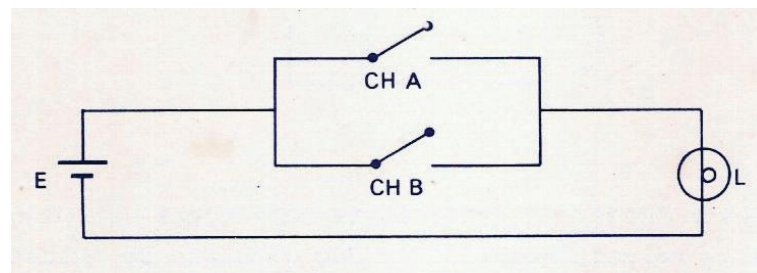


Figura 45 - Circuito característico de função Ou

Fonte: autor

Usaremos as mesmas convenções usadas pelo circuito representativo da função E.

Situações possíveis:

1º Se tivermos a chave A aberta (0) e a chave B aberta (0), no circuito não circulará corrente, logo, a lâmpada permanecerá apagada (0): (A=0, B=0, A+B=0).

2º Se tivermos a chave A aberta (0) e a chave B fechada (1), circulará uma corrente pela chave B e a lâmpada acenderá (1): (A=0, B=1, A+B=1).

3º Se tivermos a chave A fechada (1) e a chave B aberta (0), circulará uma



corrente pela chave A e a lâmpada acenderá (1): (A=1, B=0, A+B=1).

4º Se tivermos a chave A fechada (1) e a chave B fechada (1), circulará corrente pelas duas chaves e a lâmpada acenderá (1):(A=1, B=1, A+B=1). A soma $A+B=1$, a princípio estranha, e verdadeira, pois, como veremos mais a frente, trata-se de uma soma booleana: no sistema binário $1 + 1 = 10$; na álgebra de Boole $1 + 1 = 1$.

Notamos, pelas situações que teremos a lâmpada ligada, quando chA ou chB ambas as chaves estiveram ligadas.

- **Tabela da verdade da função OU.**

	A	B	S
1º)	0	0	0
2º)	0	1	1
3º)	1	0	1
4º)	1	1	1

Tabela 2 - Tabela Verdade da função OU

Nesta tabela da verdade, teremos todas as situações possíveis com os respectivos valores que a função OU assume.

- **Porta "OU" ou "OR".**

É a porta que executa a função "OU". Representaremos a porta OU através dos símbolos a seguir:

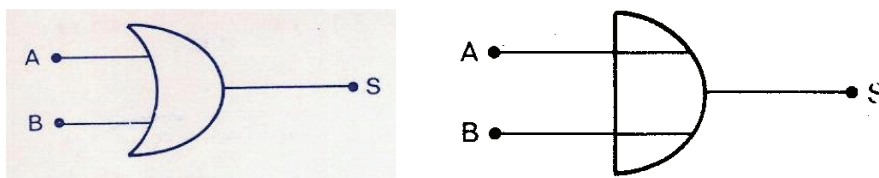


Figura 46 - Símbolos da Porta OU

Fonte: autor

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela 3 - Tabela Verdade da Porta OU



A porta OU executa a tabela da verdade da função OU, ou seja, teremos a saída no “estado um” quando uma ou mais variáveis de entrada forem iguais a um (1), e teremos a saída no estado zero (0) se, e somente se, todas as variáveis de entrada forem iguais a zero.

Podemos estender o conceito de portas OU para mais de duas variáveis:

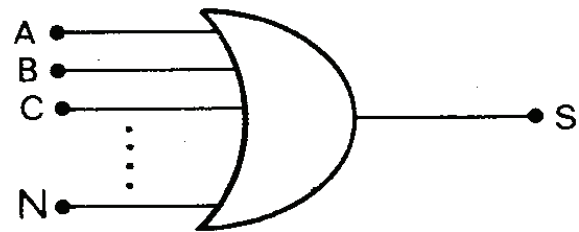
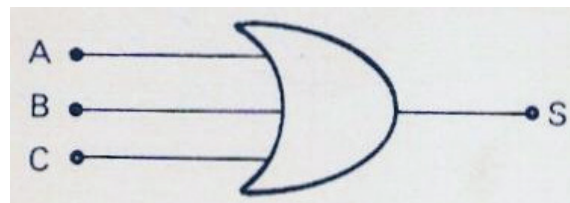


Figura 47
Fonte: autor

Exemplo de porta OU de 3 variáveis de entrada. Seu símbolo (a) e sua Tabela Verdade(b):

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(a)



(b)

Figura 48 - Tabela Verdade e Símbolo da Porta Ou com 3 entradas
Fonte: autor

As 3 variáveis de entrada possibilitam $2^3 = 8$ combinações possíveis.





A função OU também é conhecida como função OR, que é o nome derivado do inglês.

- **Função “NÃO” ou “NOT”**

A função “NÃO” ou função complemento é aquela que inverte o estado da variável, ou seja, se a variável estiver em zero, vai para um (1), e se a variável estiver em um (1), vai para zero.

É representada da seguinte forma:

$S = A$ ou $S = A'$ onde se lê: (A barra) ou (Não A)

Essa barra ou apóstrofe sobre a letra que representa a variável significa que esta sofrerá uma inversão. Também podemos dizer que: - A (“A barra”) significa a negação de A.

Para entendermos melhor a função NÃO, vamos representá-la pelo circuito a seguir:

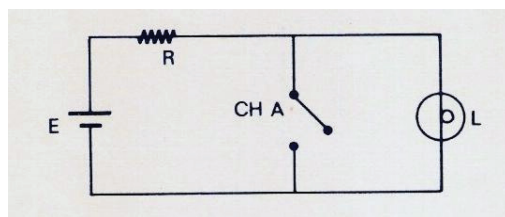


Figura 49 - Circuito Característico da Função NÃO

Fonte: autor

Usaremos as mesmas convenções dos circuitos anteriores:

Situações possíveis:

1º Quando a chave A estiver aberta (0), passará corrente pela lâmpada e esta acenderá (1): $A = 0, A = 1$.

2º Quando a chave A estiver fechada (1), curto - circuitaremos a lâmpada e esta se apagará (0): $A = 1, A = 0$.



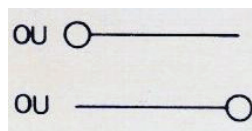
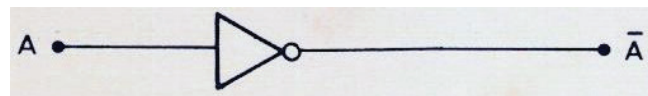
- **Tabela da verdade**

A	\bar{A}
0	1
1	0

Tabela 4 - Tabela Verdade Função Não

- **Inversor**

O inversor é o bloco lógico que executa a função NÃO: sua representação será:



Usada após um bloco lógico.

Usada antes de um bloco

Figura 50

Fonte: autor

Tabela da Verdade:

A	\bar{A}
0	1
1	0

Tabela 5 - Tabela Verdade do bloco Inversor

No caso do inversor, só poderemos ter uma entrada e uma saída.

A função NÃO ou complementar também é conhecida como função NOT, termo derivado do inglês.

- **Funções e Portas: NÃO E, NE ou NAND**

7.2 Função NÃO E ou NAND

Como o próprio nome “NÃO E” diz: essa função é uma composição da função E com a função NAND, ou seja, teremos a função E•invertida E re-





presentada da seguinte forma:

$S = (\bar{A} \cdot B)$, onde este traço indica que temos a inversão do produto $A \cdot B$.

- **Tabela da verdade da função NAND ou NE.**

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabela 6 - Tabela Verdade da função NAND

Pela tabela da verdade, podemos notar que esta função, realmente, é o inverso da função E.

- **Porta NAND ou NE**

A porta NAND é o bloco lógico que executa a função NAND. Sua representação será:

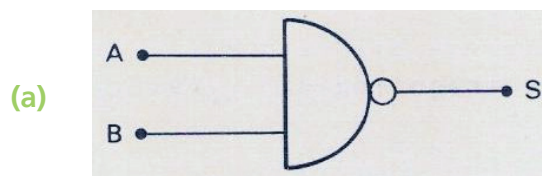


Figura 51
Fonte: autor

Esse bloco segue a tabela da verdade da função NAND abaixo:

(b)

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Podemos notar pela tabela da verdade que formamos uma porta NE ou NAND a partir de uma porta E ou AND e um bloco inversor ligado a sua saída.



(c)

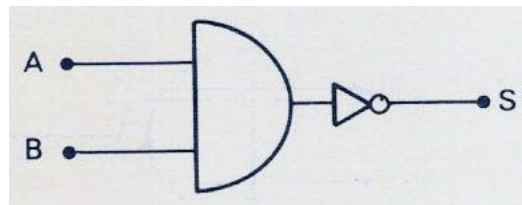


Figura 52 - a) e c) Símbolos e b) Tabela Verdade da Porta NAND

Fonte: autor

A porta NAND, como os outros blocos lógicos, pode ter duas ou mais entradas.

O termo NAND, derivado do inglês, é ainda a mais usual.

- **Função NÃO OU, NOU ou NOR**

Analogamente à função NAND, a função NOR é a composição da função NÃO com a função OU, ou seja, a função NOR será o inverso da função OU.

É representada da seguinte forma:

$S = \overline{(A+B)}$, onde este traço indica a inversão da soma booleana $(A + B)$.

- **Tabela da verdade da função NOU ou NOR.**

A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabela 7 - Tabela Verdade da Função NOR

Podemos notar pela tabela da verdade acima que a função NOR, realmente, é a função OU invertida.

- **Porta NOU ou NOR.**

A porta NOR é o bloco lógico que executa a função NOR. Sua representação será:



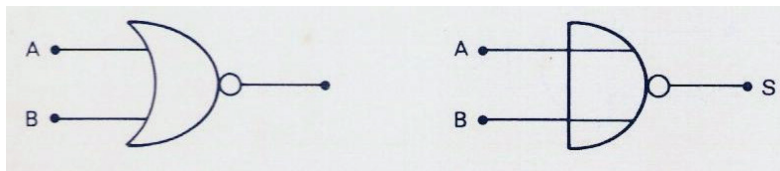


Figura 53 - Símbolos da Porta NOR

Fonte: autor

- Tabela da verdade para uma porta NOR de 2 entradas:

A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabela 8 - Tabela Verdade da Porta NOR

Podemos notar pela tabela da verdade que formamos uma porta NOU ou NOR a partir de uma porta OU e um bloco inversor ligado a sua saída.

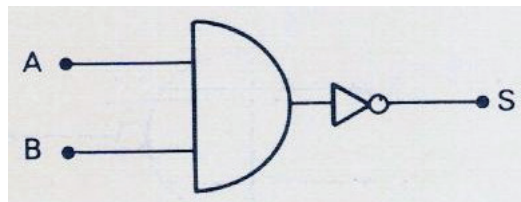


Figura 54

Fonte: autor

A porta NOR, assim como a porta OU, pode ter duas ou mais entradas. O termo NOR, derivado do inglês, é ainda o mais usual.

• Quadros Resumo

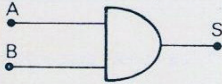

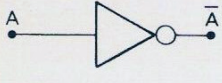
BLOCOS LÓGICOS BÁSICOS																		
Porta	Símbolo Usual	Tabela da Verdade	Função Lógica															
E AND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	S	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Função E: assume valor 1 quando todas as variáveis forem iguais a 1 e assume valor zero nos outros casos possíveis.
A	B	S																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OU OR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	Função OU: assume valor zero quando todas variáveis forem iguais a zero e assume valor 1 nos outros casos.
A	B	S																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
NÃO NOT INVERSOR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>\bar{A}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	\bar{A}	0	1	1	0	Função Não: inverte a variável aplicada à sua entrada.									
A	\bar{A}																	
0	1																	
1	0																	

Figura 55
Fonte: autor

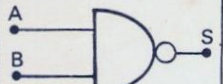
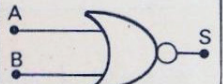
BLOCOS LÓGICOS DERIVADOS																		
Porta	Símbolo Usual	Tabela da Verdade	Função Lógica															
NE NAND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	S	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Função NE: Inverso da função E.
A	B	S																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
NOU NOR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	S	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	Função NOU: Inverso da função OU.
A	B	S																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																

Figura 56
Fonte: autor

- **Interligações entre circuitos e expressões**

Todo circuito lógico executa uma expressão booleana, e, por mais complexo que seja, é formado pela interligação das portas lógicas básicas. Por exemplo:

A porta E executa a expressão $S=A.B$, esquematicamente temos:

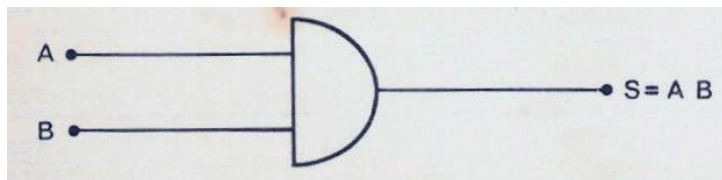


Figura 57
Fonte: autor

- **Expressões booleanas geradas por circuitos lógicos.**

Podemos escrever a expressão booleana que é executada por qualquer circuito lógico. Vejamos, por exemplo, qual a expressão que o circuito abaixo executa:

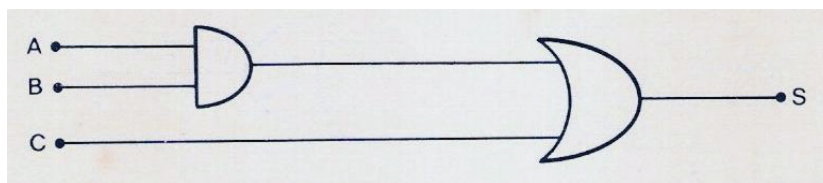


Figura 58
Fonte: autor

Vamos dividir o circuito em duas partes:

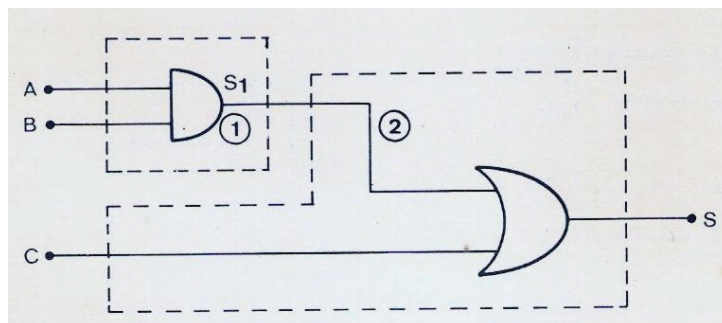


Figura 59
Fonte: autor

Na saída S1, teremos o produto A.B, pois este bloco é uma porta E, então, a expressão de S1 será: $S1 = A.B$. Esta saída S1 será injetada em uma das



entradas da porta OU pertencente à segunda parte do circuito. Na outra entrada da porta OU está a variável C, e a expressão da segunda parte do circuito será: $S = S1 + C$.

Para sabermos a expressão final, basta agora substituímos a expressão de S1 na expressão acima, ficamos, então, com: $S = (A.B) + C$, que é a expressão que o circuito executa.

Uma outra maneira mais simples para resolvermos o problema é a de colocarmos, nas saídas dos diversos blocos básicos do circuito, as expressões por esses executados da seguinte maneira:

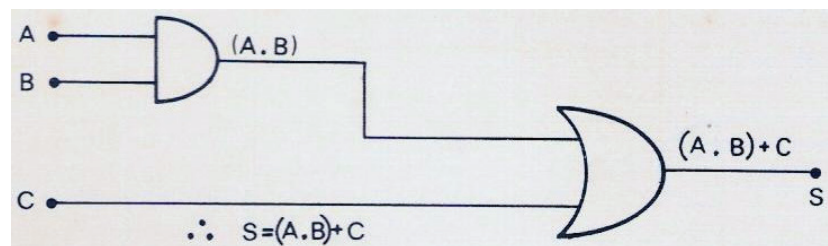


Figura 60
Fonte: autor

- **Exercícios resolvidos.**

a) Escrever a expressão booleana executada pelo circuito abaixo:

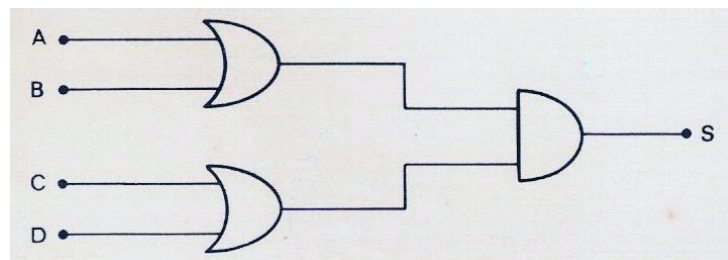


Figura 61
Fonte: autor

Vamos, agora, escrever as expressões de saída de cada bloco básico do circuito.

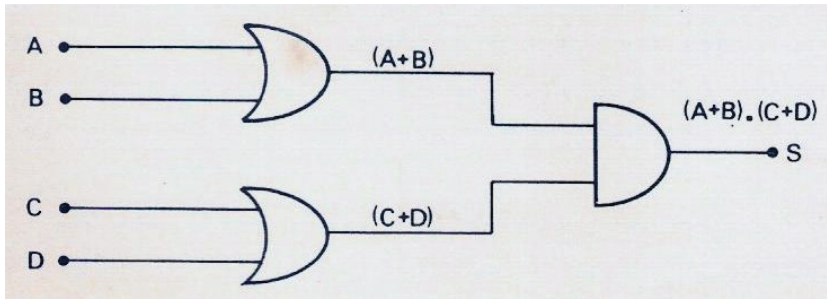


Figura 62
Fonte: autor

A Expressão será: $S = (A+B) \cdot (C+D)$

Determinar a expressão booleana característica do circuito abaixo:

(a)

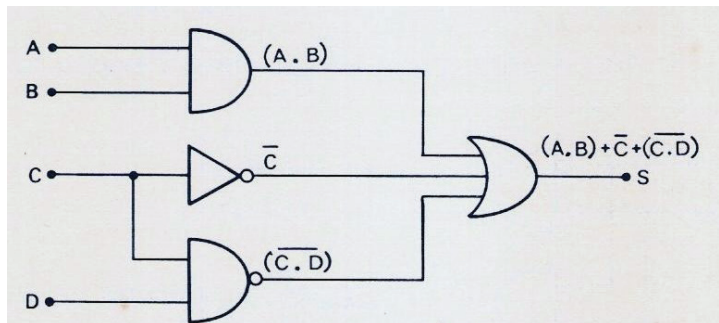
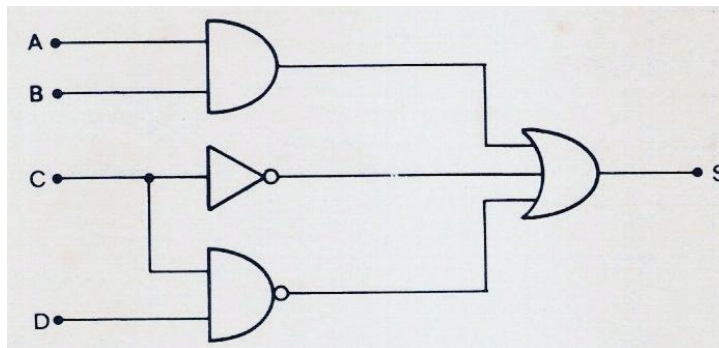


Figura 63
Fonte: autor

Segundo o processo do exercício anterior, teremos:

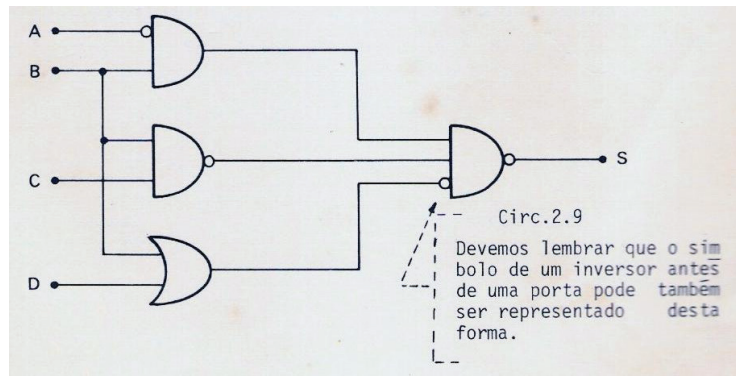


Figura 64

Fonte: autor

Podemos escrever, então:

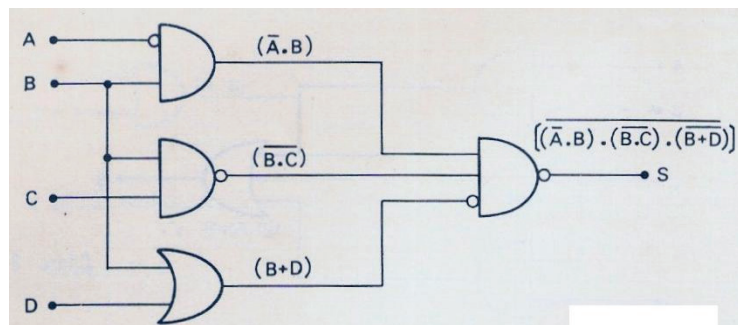


Figura 65

Fonte: autor

$$S = \overline{[(\bar{A} \cdot B) \cdot (B \cdot C) \cdot (B+D)]}$$

b) Resolução:

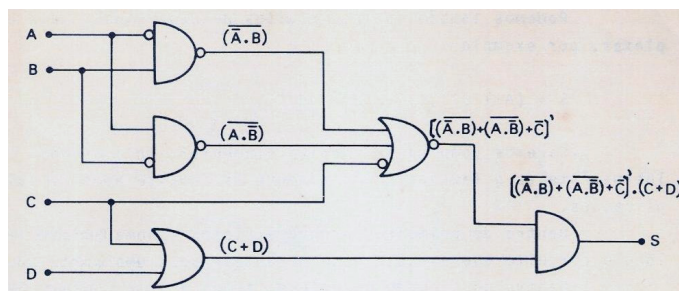
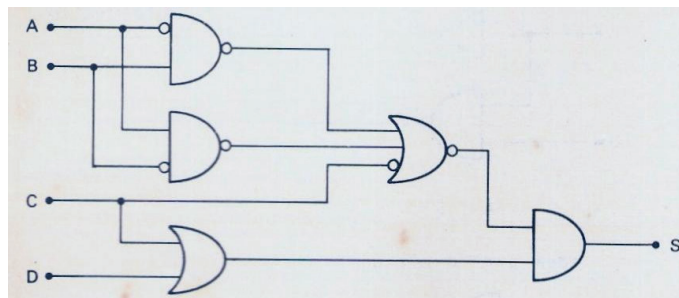


Figura 66

Fonte: autor





$$S = \left[(\overline{A \cdot B}) \cdot (\overline{A \cdot B}) + C \right] (C+D)$$

A apóstrofe, bem como a barra, também pode ser usada para representar a função NÃO.

- **Circuitos obtidos de expressões booleanas**

Vimos, até agora, que podemos obter uma expressão booleana que um circuito lógico executa.

Podemos também desenhar um circuito lógico que execute uma expressão booleana qualquer, ou seja, podemos desenhar um circuito a partir de sua expressão característica. Por exemplo, um circuito que execute a expressão: $S = A + B$

Este circuito será uma porta OU:

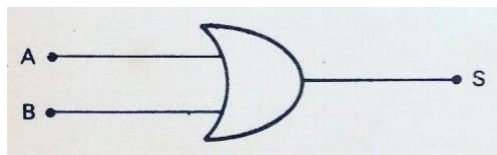


Figura 67
Fonte: autor

Onde: $S = A + B$

Podemos também obter circuitos de expressões mais complexas, por exemplo:

$$S = (A + B) \cdot C \cdot (B + D)$$

Faremos como na aritmética elementar, iniciaremos pelos parênteses e faremos primeiramente as somas e, após, as multiplicações.

Dentro do primeiro parêntese, temos a soma booleana $A+B$, logo, o circuito que executa esse parêntese será uma porta OU.

Dentro do segundo parêntese, temos a soma booleana $B+D$, logo, o circuito será uma porta OU, teremos até a 1:



$$S = (A + B) \cdot C \cdot (B + D)$$

$$(A+B) = 1$$

$$(B+D) = 2$$

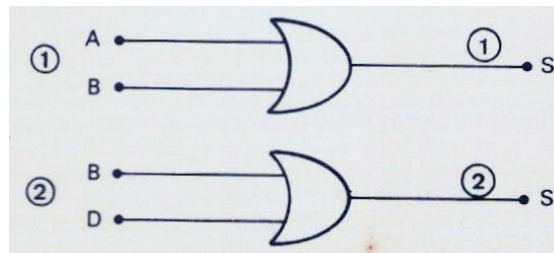


Figura 68
Fonte: autor

Agora, temos uma multiplicação booleana dos dois parênteses, juntamente com a variável C, e o circuito que executa esta multiplicação será uma porta E. Teremos, então:

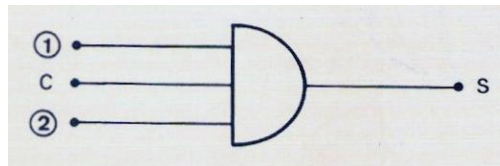


Figura 69
Fonte: autor

o circuito completo será:

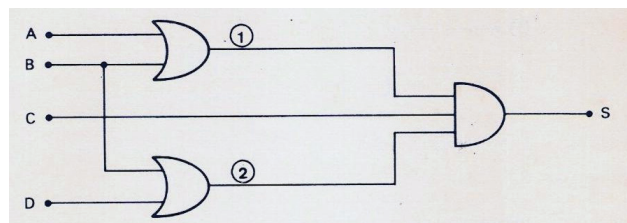


Figura 70
Fonte: autor

Podemos conferir e veremos que, realmente, esse circuito executa a expressão booleana.

$$S = (A + B) \cdot C \cdot (B + D)$$



Primeiramente, vamos dividir a expressão em partes:

$$S = \underbrace{A \cdot B \cdot C}_{(2)} + \underbrace{(A + B)}_{(1)} \cdot C$$

(3)

Figura 71
Fonte: autor

Começaremos pelo parêntese que é a expressão de uma porta OU:

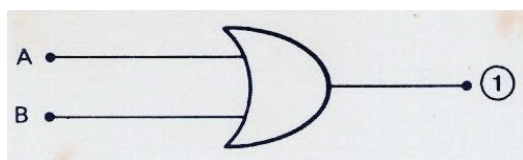


Figura 72
Fonte: autor

Logo a seguir, faremos o produto A.B.C:

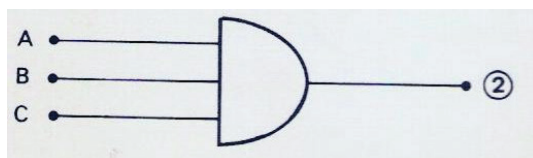


Figura 73
Fonte: autor

O próximo passo será o produto entre a variável C e a soma 1

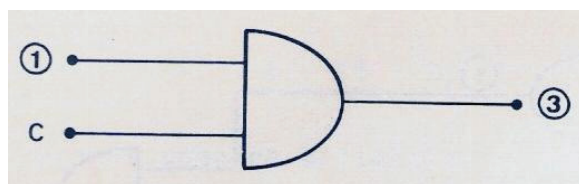


Figura 74
Fonte: autor

E, por fim, a soma 2 + 3

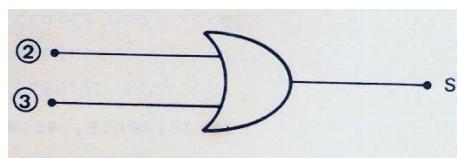


Figura 75
Fonte: autor

c) Idem para a expressão:

$$S = \left[(\overline{A + B}) + (\overline{C \cdot D}) \right] \cdot \overline{D}$$

$$S = \left[\underbrace{(\overline{A + B})}_{\textcircled{1}} + \underbrace{(\overline{C \cdot D})}_{\textcircled{2}} \right] \cdot \overline{D}$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{\textcircled{3}}$$

$$\underbrace{\hspace{15em}}_{\textcircled{4}}$$

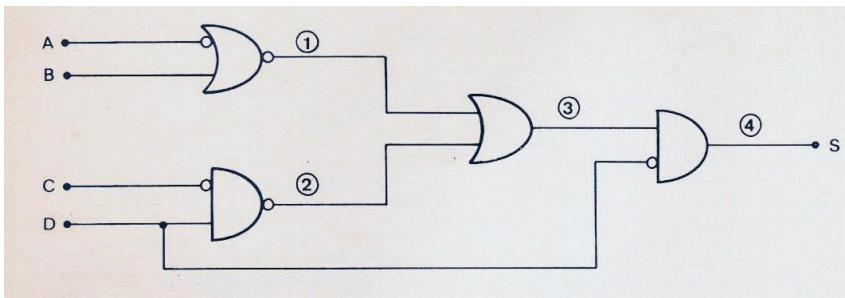


Figura 78
Fonte: autor

d) Idem para a expressão:

$$S = \left[\underbrace{(\overline{A \cdot B})}_{\textcircled{1}} + \underbrace{(\overline{C \cdot D})}_{\textcircled{2}} \right] \cdot E + \left[\underbrace{(A \cdot \overline{D} \cdot \overline{E})}_{\textcircled{3}} + \underbrace{(C \cdot D \cdot E)}_{\textcircled{4}} \right] \cdot \overline{A}$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{\textcircled{5}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\textcircled{6}}$$

$$\underbrace{\hspace{15em}}_{\textcircled{7}} \quad \underbrace{\hspace{15em}}_{\textcircled{8}}$$

$$\underbrace{\hspace{25em}}_{\textcircled{9}}$$

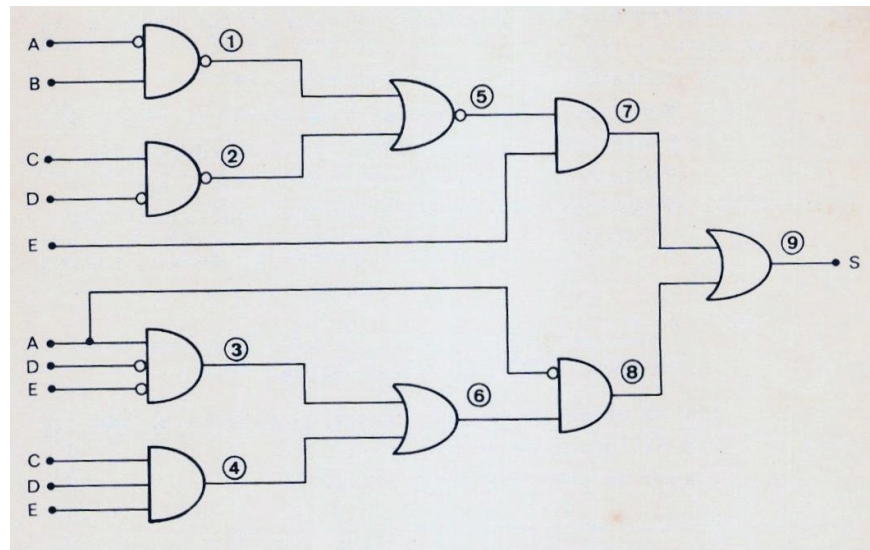


Figura 79

Fonte: autor

Resumo

Iniciamos com funções e depois repetimos as partes comuns entre as funções e as portas lógicas. Observem que as tabelas verdades são as mesmas, entendemos que dessa forma é mais fácil sedimentar o estudo e estabelecer comparações.



Atividades de Aprendizagem

Acreditamos na sua capacidade e no seu compromisso com a sua formação!

Fundamentado nos estudos realizados nesta aula, iremos agora realizar uma atividade em parceria, entre você e qualquer um de seus colegas de turma, dessa forma, realize os itens abaixo:

1. Desenhe um circuito lógico e solicite a um de seus colegas para encontrar a expressão Booleana do circuito.
2. Peça ao seu colega que crie uma expressão booleana para você desenhar o circuito lógico correspondente.
3. Comentem os acertos e erros encontrados na execução das atividades acima propostas.
4. Quais as diferenças entre funções lógicas e portas lógicas?
5. O que é Tabela Verdade?





6. Quantas situações são possíveis para uma porta qualquer que tenha cinco variáveis de entrada?
7. Quais as maneiras de representar o bloco inversor?
8. Qual a diferença entre os blocos básicos e os blocos derivados?





Palavras Finais

Estimado estudante!

Como você verificou, é o início, mas é importante frisar que este estudo é a base que sustenta as novas tecnologias, daí a sua importância.

Os processos de controle utilizam componentes baseados nas funções e portas lógicas e a oportunidade de estudá-las estiveram ao seu alcance no conteúdo disponibilizado.

Esta aula encerra a nossa disciplina, navegamos por uma sequência de assuntos, buscando relacionar os conhecimentos de eletrônica com situações presentes no nosso dia a dia, visando um melhor aproveitamento do seu estudo.

Dessa maneira acreditamos que contribuímos para o seu desenvolvimento pessoal e para a sua formação profissional.

Esperamos ter conseguido mediar satisfatoriamente esse processo educacional, no qual foi possível, sem a nossa presença física, atender, através desse material e de outras ferramentas metodológicas, os objetivos propostos por essa modalidade de ensino.

Sei que nos encontraremos em outras oportunidades, ficarei muito feliz, pois tenho a certeza de que iremos constatar que todos crescemos e melhoramos, de alguma forma, as nossas vidas.



Guia de Soluções

Aula 2

1. Qual a resistência de uma secadora de roupa elétrica de 240V que solicita 23,3A?

$$R = 10,3\Omega$$

2. Se um voltímetro tem 500Ω de resistência interna, achar a corrente quando ele indica 86 V.

$$R = 172\text{mA}$$

3. Se um amperímetro tem $2\text{m}\Omega$ de resistência interna, achar a tensão quando ele indica 16A.

$$R = 32\text{mV}$$

4. Qual a condutância de um resistor de 39Ω ?

$$R = 25,6\text{mS}$$

5. Qual a condutância de voltímetro que indica 150V, quando 0,3mA passa por ele.

$$R = 2\mu\text{S}$$

6. Qual a resistência de um aquecedor elétrico de 5600W e 240V?

$$R = 10,3\Omega$$

7. Ache a resistência interna de um aquecedor de água de 2KW que solicita 8,33A.

$$R = 28,8\Omega$$

8. Qual a corrente máxima de um resistor de $56\text{K}\Omega$ e 1W para conduzir com segurança?

$$R = 4,23\text{mA}$$



9. Qual a tensão máxima que pode ser aplicada com segurança sobre um resistor de 91Ω e $1/2W$?

$$R = 6,75V$$

Aula 4

1. Quais são as frequências de tensões periódicas que têm períodos de (a) $18,3\text{ ps}$, (b) $42,3\text{ s}$ e (c) 1 d ?

Resp. (a) $54,6\text{ GHz}$, (b) $23,64\text{ mHz}$, (c) $11,57\text{ }\mu\text{.Hz}$

2. Achar os períodos de correntes periódicas que têm frequências de (a) $1,2\text{ mHz}$, (b) $2,31\text{ kHz}$ e (c) $16,7\text{ MHz}$.

Resp. (a) $833,33\text{ s}$, (b) $432,9\text{ }\mu\text{s}$, (c) $59,88\text{ ns}$

3. Achar os períodos das tensões senoidais que têm frequências radianas de (a) $120\pi\text{ rad/s}$, (b) $0,625\text{ rad}$, e (c) $62,1\text{ krad/s}$.

Resp. (a) $16,66\text{ ms}$, (b) $10,05\text{ s}$, (c) $101,13\mu\text{s}$

4. Achar as frequências radianas de correntes senoidais que têm períodos de (a) $17,6\text{ }\mu\text{s}$, (b) $4,12\text{ ms}$ e (c) 1 dia .

Resp. $356,82\text{ krad/s}$, (b) $1,52\text{ krad/s}$, (c) $72,68\text{ }\mu\text{rad/s}$

Aula 6

1. No Retificador de meia onda, a tensão no secundário do transformador é 35Vac . Qual a tensão média (V_{cc})? Qual a corrente média através da resistência de carga? (considere $R_L=500\Omega$)

Resp: $V_{cc} = V_{DC} = 15,74V$; $I_{cc} = I_{DC} = 31,48\text{mA}$.

2. No Retificador de meia onda com $R_L= 390\Omega$, a tensão no secundário é 73Vac . Qual a tensão de pico inversa (PIV)? A tensão média na carga (V_{cc}) e a corrente de cada diodo?

Resp: $PIV = 103,25V$; $V_{cc} = V_{DC} = 32,83V$, $I_o = I_{DC} = 84,19\text{mA}$.





3. Um retificador de meia onda produz 40mA (cc) para uma resistência de carga de $2K\Omega$. Calcule a tensão cc de saída e a tensão de pico inversa do diodo.

Resp: $V_{cc} = I_{cc} \times R_L = 80V$; $PIV = 80 \times 0.707 = 56,56V_{ac}$

4. Um retificador de meia onda opera com a tensão de 120V (rms) da linha comercial através de um transformador abaixador de 3:1. Calcule a tensão cc, a corrente cc e a tensão de pico inversa, sendo $R_L = 390\Omega$.

Resp: $V_{ac} = 120:3 = 40V_{ac}$; $V_S = PIV = 56,57V$; $V_{cc} = 17,99V$; $I_{cc} = 46,13mA$

5. Um retificador de onda completa com tomada central com $R_L = 82\Omega$, tem a tensão no secundário de 43V_{ac}. Calcule a tensão de carga cc, a corrente dos diodos e a corrente na carga e a PIV.

Resp: $PIV = V_{sp} = 60,82V$; $V_S = 30,41V$; $V_{cc} = 93,34V$; $I_{cc} = 235,85mA$; $I_o = 117,93mA$

6. Repita o problema anterior para uma tensão no secundário de 58V_{ac} e $R_L = 150\Omega$.

Resp: $PIV = 82,04V$; $V_S = 41,02V$; $V_{cc} = 26,09V$; $I_{cc} = 173,93mA$; $I_o = 86,97mA$

7. Um diodo tem como especificações: $I_o = 150mA$ e $PIV = 75V$. Este diodo é adequado para operar com uma tensão 60V_{ac} no secundário de um retificador de onda completa com tomada central tendo $R_L = 180\Omega$.

Resp: Condição dada: $PIV_{calculado} < PIV_{especificado}$ e $I_o_{calculado} < I_o_{especificado}$;

Para o diodo que possui essas especificações ser adequado é preciso atender as duas condições acima.

$PIV = 84,86V$ (Não atende a condição que foi dada).

Para Antes de calcular I_o , saber os valores de outros parâmetros (V_S , V_{cc} e I_{cc}).



Após realizar os cálculos anteriores, temos $I_o = 75\text{mA}$ (atende as especificações)

O diodo não é adequado, pois uma das condições não foi atendida.

8. Um retificador de onda completa com derivação central possui uma tensão cc de 80V. Calcule a PIV, a tensão ac no secundário.

Resp: $V_s = 80 : 0,636 = 125,79\text{V}$; $V_{sp} = PIV = 2 \times V_s = 251,58\text{V}$; $V_{ac} = 251,58 \times 0,707 = 177,87\text{V}$

9. Um retificador de onda completa com derivação central possui $I_o = 34\text{mA}$. Calcule I_{cc} , V_{cc} , PIV e a tensão ac no secundário, sabendo que $R_L = 300\Omega$.

Resp: $I_{cc} = 2 \times I_o = 68\text{mA}$; $V_{cc} = I_{cc} \times R_L = 20,4\text{V}$; $V_s = 20,4 : 0,636 = 32,07\text{V}$;
 $V_{sp} = PIV = 64,14\text{V}$; $V_{ac} = 64,14 \times 0,707 = 45,35\text{V}$



Referências

O'MALLEY, John. **Análise de Circuitos**. McGraw-Hill. [S.l.], [S.d.].

CAPUANO, Francisco Gabriel e MARINO, Maria Aparecida Mendes. **Laboratório de Eletricidade e Eletrônica**. Editora Érica. [S.l.], [S.d.].

CAPUANO, Francisco Gabriel. **Exercícios de Eletrônica Digital**. Editora Érica. [S.l.], [S.d.].

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. Vol 1 e 2, McGraw-Hill. [S.l.], [S.d.].

MARKUS, Otávio e CIPELLI, Marcos. **Eletricidade Circuitos em Corrente Contínua**. Érica. [S.l.], [S.d.].

MARKUS, Otávio. **Eletricidade Circuitos em Corrente Alternada**. Érica. [S.l.], [S.d.].

Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais. Disponível em: <site satellite.cptec.inpe.br/raio>





Currículo do Professor-autor

José Airton Nunes Fernandes

Graduado em Engenharia Elétrica pela UFPa e no Curso Emergencial para Graduação de Professores da Parte de Formação Especial do Currículo do Ensino de 2º Grau – UFPa. Pós-graduado em Educação pelo Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos.

joseairtonfernandes@terra.com.br

