



**TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR**

**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE
Apostila 3**



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

2

Sumário

INTRODUÇÃO.....	3
31 - descrever o funcionamento de um Transformador.....	6
Tipos de Transformadores.....	7
Características de Funcionamento.....	8
Autotransformador.....	9
Transformador Regulador.....	9
Transformadores de proteção.....	9
Transformadores para instrumentos.....	10
Transformadores Trifásicos.....	10
32 - estabelecer a diferença entre corrente contínua e corrente alternada.....	13
Corrente contínua (CC).....	13
Conceito.....	13
Corrente Alternada	14
Geração de CA.....	14
Frequência de CA.....	15
Valor Eficaz.....	15
Alternador.....	16
Reatância Indutiva.....	17
Reatância Capacitiva.....	18
Defasamento.....	19
33 - definir os conceitos de Corrente Efetiva e Tensão Efetiva e relaciona-los com Corrente de Pico e Tensão de Pico.....	21
34 - desenhar o circuito de uma Fonte de corrente continua, usando diagrama de blocos.....	22
O Transformador	22
Fontes – Circuito usando diagrama de blocos.....	22
Circuitos básicos de fontes.....	23
Fontes estabilizadas.....	25
Fonte de alimentação - AT e ATX.....	26
35 - descrever o funcionamento de uma válvula diodo.....	28
História.....	30
Válvula Diodo	34
36 - descrever o funcionamento de uma válvula tríodo.....	35
Simbologia.....	35
Curvas variação da corrente de placa.....	38
Tipos de tríodos antigos.....	41
Pêntodo.....	42
Tétrodo.....	43
37 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão.....	44
Dopagem.....	44
38 - descrever o funcionamento de um diodo semicondutor em um circuito.....	46



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

3

INTRODUÇÃO

O Clube de Radioamadores de Rio do Sul, compilou a presente apostila com o objetivo único de oferecer material didático de apoio aos aficionados à prática do radioamadorismo, sem fins lucrativos ou com qualquer conotação comercial.

O conteúdo visa exclusivamente a utilização para aprimoramento pessoal do interessado não sendo permitida a reprodução para comercialização.

Para executar o Serviço de Radioamador se faz necessário que o interessado seja titular de Certificado de Operador de Estação de Radioamador - COER.

8.3. PROVA DE CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE

O candidato deve ser capaz de:

- 1 - descrever um modelo simples para o tomo e as moléculas; *(Apostila 1)*
- 2 - descrever a propriedade Carga Elétrica associada às partículas do átomo; *(Apostila 1)*
- 3 - descrever o processo de Ionização e Recombinação; *(Apostila 1)*
- 4 - explicar como o conceito de Carga pode ser usado para descrever o estado elétrico de um corpo; *(Apostila 1)*
- 5 - definir Corrente Elétrica e sua unidade o Ampère; *(Apostila 1)*
- 6 - definir o conceito de Diferença de Potencial associado à energia de uma carga mencionar sua unidade; *(Apostila 1)*
- 7 - definir o conceito de Resistência Elétrica; *(Apostila 1)*
- 8 - estabelecer a diferença entre Condutores e Isolantes;
- 9 - associar a boa condutividade dos metais com a sua estrutura molecular; *(Apostila 1)*
- 10 - associar os conceitos de diferença de Potencial (V), Corrente (I) e Resistência (R) e suas unidades; *(Apostila 1)*
- 11 - usar a equação $V = R I$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas; *(Apostila 1)*
- 12 - usar a equação $V = R I$ em um circuito de uma única malha; *(Apostila 1)*
- 13 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com a Diferença de Potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo; *(Apostila 1)*
- 14 - determinar o valor da Resistência de um resistor mediante a associação de suas cores de código com as cores de uma tabela de código fornecida; *(Apostila 1)*
- 15 - calcular o valor da Resistência Equivalente quando vários resistores são associados em série e em paralelo; *(Apostila 1)*
- 16 - definir formalmente a relação entre Resistência, Resistividade, Comprimento e Área de Seção Reta de um resistor; *(Apostila 1)*
- 17 - associar o valor de uma corrente elétrica com a necessidade de um diâmetro mínimo para o condutor elétrico que a transporta; *(Apostila 1)*
- 18 - descrever o papel de um Fusível em um circuito elétrico; *(Apostila 2)*
- 19 - descrever um procedimento simples de medida de resistência com o uso de Ohmímetro; *(Apostila 2)*
- 20 - descrever com palavras ou figuras o uso de um Amperímetro para a determinação da corrente elétrica em um circuito simples; *(Apostila 2)*



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 3)**

4

- 21 - descrever com palavras ou figuras o uso do Voltímetro na determinação da diferença de potencial entre pontos de um circuito simples; *(Apostila 2)*
- 22 - descrever um Capacitor; *(Apostila 2)*
- 23 - descrever o processo de Carga e Descarga de um Capacitor; *(Apostila 2)*
- 24 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a ação de uma força magnética; *(Apostila 2)*
- 25 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a visualização do conceito de linha de campo magnético; *(Apostila 2)*
- 26 - descrever as linhas do Campo Magnético de um ímã da Terra, e de um Solenóide; *(Apostila 2)*
- 27 - descrever o funcionamento de um eletroímã simples e de seu uso em um relé; *(Apostila 2)*
- 28 - descrever o fenômeno da Indução Magnética em um solenóide; *(Apostila 2)*
- 29 - descrever a ação de uma bobina em um circuito de corrente contínua; *(Apostila 2)*
- 30 - definir o conceito de Auto-indução; *(Apostila 2)*
- 31 - descrever o funcionamento de um Transformador; *(Apostila 3)*
- 32 - estabelecer a diferença entre corrente contínua e corrente alternada; *(Apostila 3)*
- 33 - definir os conceitos de Corrente Efetiva e Tensão Efetiva e relaciona-los com Corrente de Pico e Tensão de Pico; *(Apostila 3)*
- 34 - desenhar o circuito de uma Fonte de corrente contínua, usando diagrama de blocos, no qual conste os seguintes elementos: transformador, ponte de retificação de diodos, capacitor de filtragem e regulador de tensão e descrever o papel de cada um destes elementos; *(Apostila 3)*
- 35 - descrever o funcionamento de uma válvula diodo; *(Apostila 3)*
- 36 - descrever o funcionamento de uma válvula tríodo; *(Apostila 3)*
- 37 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão; *(Apostila 3)*
- 38 - descrever o funcionamento de um diodo semicondutor em um circuito; *(Apostila 3)*
- 39 - descrever o funcionamento de um transistor no papel de uma Resistência de controle da corrente; *(Apostila 4)*
- 40 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal; *(Apostila 4)*
- 41 - definir o conceito de modulação de uma onda; *(Apostila 4)*
- 42 - descrever a Modulação por Amplitude (AM) e a Modulação por Freqüência (FM) de uma onda;
- 43 - estabelecer a diferença conceitual entre modulação de Dupla Faixa Lateral (DSB) e de Faixa Lateral Simples (SSB); *(Apostila 4)*
- 44 - estabelecer a diferença entre linha de transmissão balanceada e linha de transmissão desbalanceada; *(Apostila 4)*
- 45 - descrever o funcionamento de uma antena;
- 46 - descrever o funcionamento e principais características de uma antena dipolo e de uma antena vertical de 1/4 de onda;
- 47 - calcula as dimensões de uma antena dipolo de fio para uma freqüência determinada quando se conhece o fator de velocidade para o fio;
- 48 - identificar o tipo de polarização para vários tipos de antenas mais usadas;
- 49 - definir o conceito de Relação de Onda Estacionária em uma linha de transmissão;
- 50 - descrever as camadas da Ionosfera responsáveis pela reflexão dos sinais de rádio;



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

5

- 51 - descrever o processo de reflexão dos sinais de rádio na ionosfera, estabelecendo as principais características dos modos de propagação e suas relações com a hora do dia;
- 52 - descrever o uso de satélites artificiais em telecomunicações;
- 53 - descrever um experimento destinado a produzir uma oscilação forçada;
- 54 - definir e empregar conceitos usados na descrição de osciladores forçados: Excitador, Oscilador, Amplitude, Frequência de excitação, Frequência natural de oscilação e Amortecimento;
- 55 - distinguir Oscilação Forçada de Oscilação Livre;
- 56 - citar exemplos de Oscilação Forçada;
- 57 - definir o conceito de Ressonância;
- 58 - formular a condição para a ocorrência de Ressonância quando existe Oscilação Forçada;
- 59 - definir os conceitos Comprimento de Onda, Frequência, Velocidade de Propagação e Amplitude de uma onda;
- 60 - citar experimentos com os quais pode-se determinar as grandezas acima mencionadas;
- 61 - usar a equação $C = \lambda f$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas;
- 62 - distinguir Ondas Transversais de Ondas Longitudinais e dar exemplos;
- 63 - definir o conceito de Interferência (Superposição de ondas de mesmo Comprimento de Onda) e citar exemplos;
- 64 - estabelecer as condições para a existência de Interferência Construtiva e Interferência Destrutiva;
- 65 - descrever a geração de uma Onda Estacionária a partir de uma Onda Incidente e de uma Onda Refletida;
- 66 - definir os conceitos de Polarização Linear, Polarização Circular e Polarização Elíptica;
- 67 - descrever a ocorrência de Reflexo e Refração quando uma onda ao se propagar encontra um outro meio de características diferente do primeiro meio;
- 68 - descrever o Efeito Doppler;
- 69 - calcular a frequência de recepção quando o Efeito Doppler ocorre para:
 - a. receptor móvel e emissor parado;
 - b. receptor parado e emissor móvel.

8.4. PROVA DE RECEPÇÃO AUDITIVA E TRANSMISSÃO DE SINAIS EM CÓDIGO MORSE

Textos, em linguagem clara, com 125 caracteres (letras, sinais e algarismos), para candidatos à classe "B".

8.5. PROVA DE CONHECIMENTOS TÉCNICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

O candidato, além do citado no item 8.3, deve ser capaz de:

- 1 - associar a boa estrutura dos metais com a sua estrutura molecular;
- 2 - definir formalmente a relação entre resistência, resistividade, comprimento de onda e área de seção reta de um resistor;
- 3 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão;
- 4 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal;
- 5 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com diferença de potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo.

Bons estudos

CRARSUL



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

6

31 - descrever o funcionamento de um Transformador

Os transformadores elétricos são dispositivos cujo funcionamento baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética.

Eles permitem alterar uma ddp variável, aumentando ou diminuindo seu valor, conforme a necessidade.

Constituem-se de um núcleo único de ferro laminado, envolto por duas bobinas opostas, denominadas circuitos primário e secundário, conforme mostra a figura.

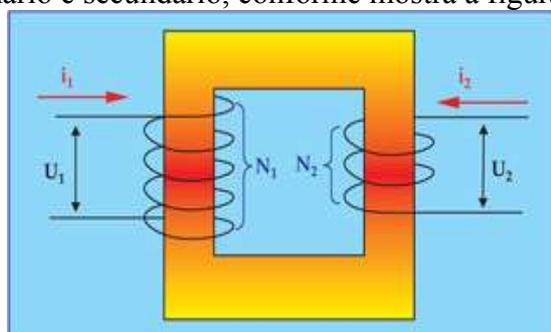
• Para o **circuito primário**

U_1 = tensão alternada

(fornecida pela
cessionária)

i_1 = corrente alternada

N_1 = número de espiras



• Para o **circuito secundário**

U_2 = tensão alternada

(utilizada pelo consumidor)

i_2 = corrente alternada

N_2 = número de espiras

Transformadores têm a função de converter correntes alternadas de determinadas tensões em outras de diferentes tensões. Simultaneamente, a corrente é mudada.

O transformador se compõe, basicamente, de um núcleo de ferro, fechado, sobre o qual estão montadas duas bobinas, isoladas entre si. O **núcleo de Ferro** é constituído de determinado número de chapas de ferro silicioso, isoladas em um dos lados.

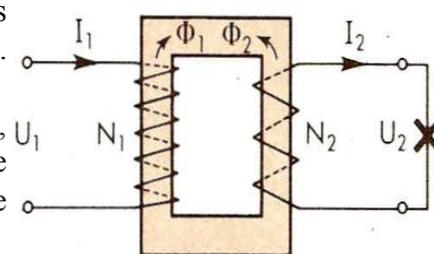
Pela laminação, as correntes parasitas são mantidas pequenas. A liga de ferro-silício dá como resultado um material que apresenta elevada permeabilidade e que perde o seu magnetismo logo após o desligamento da bobina indutora.

Quando empregado em altas frequências, a laminação não é suficiente. Neste caso, é necessário empregar materiais magnéticos especiais, chamados de Ferrites, que são isolantes elétricos.

A primeira bobina - **enrolamento primário**, ou de entrada - recebe a corrente alternada, que deve ser transformada. No núcleo se forma um campo magnético, que constantemente varia, com o que as espiras de um segundo enrolamento - **o enrolamento secundário** ou de saída - são continuamente cortadas e, por isto, aparece no mesmo, uma força eletromotriz.

Segundo as leis da indução, a tensão secundária que se forma, tal como a tensão de auto-indução, tem um sentido contrário à tensão primária que a originou, isto é, a tensão secundária está defasada em relação à tensão primária de 180° . Ligando-se uma carga, ou consumidor, o enrolamento secundário também cria um campo magnético no núcleo (Φ_2), de sentido contrário ao campo magnético primário (Φ_1). O fluxo total é, por isso, enfraquecido, e, com ele, a tensão de auto-indução do enrolamento primário.

Como resultado, **a absorção da corrente primária cresce com aumento de carga.**



Transformador monofásico
 Φ_1 = fluxo magnético primário

Φ_2 = fluxo magnético secundário



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

7

A grandeza da tensão secundária depende da relação entre o número de espiras primárias e secundárias. Se o enrolamento secundário tem o mesmo número de espiras do enrolamento primário, então a tensão em ambos os enrolamentos tem o mesmo valor (relação entre espiras 1 : 1).

Se o enrolamento secundário tem o dobro do número de espiras do enrolamento primário, a tensão secundária é duas vezes maior a que D tensão. primária (relação de espiras 1 : 2).

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ Nos transformadores, as tensões variam na mesma proporção, como as espiras.

Como o transformador não possui partes móveis, aparecem apenas perdas de aquecimento e no ferro. Por isto, este tipo de equipamento possui um bom rendimento. Se forem desprezadas perdas de importância secundária, vale a relação: potência primária **P1** = potência secundária **P2**.

Quando a tensão secundária tem o dobro do valor da tensão primária, então, para a mesma potência, a corrente secundária pode apenas ter a metade do valor da corrente primária.

Desta relação resulta que as correntes variam no sentido inverso do número de espiras.

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$ Nos transformadores, as correntes variam no sentido inverso do número de espiras.

No transformador aparecem dois tipos de perdas:

1. Perdas no Ferro (perdas de inversão de magnetização e de correntes parasitas).

Permanecem praticamente constantes em serviço e já existem em vazio.

2. Perdas no cobre (perdas no enrolamento).

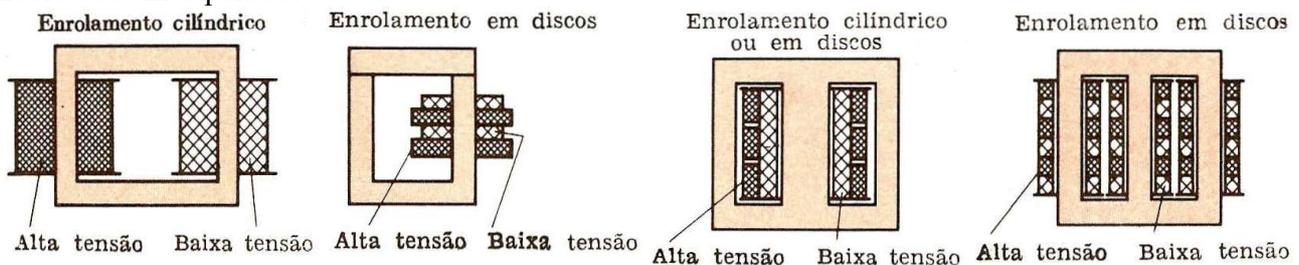
Estas perdas são mínimas em vazio (transformador sem carga) e aumentam com a carga.

Nos transformadores é necessário distinguir entre o bom rendimento à plena carga (para 1 kVA cerca de 0,9, para 1 kVA cerca de 0,98) e o rendimento em . serviço contínuo com carga variável. (Durante o dia e à noite, em dia útil e no domingo.)

Tipos de Transformadores

Dependendo do tipo de núcleo, distinguem-se os transformadores tipo anel e encouraçado.

Os enrolamentos podem ser executados na forma cilíndrica ou em discos. O enrolamento em discos tem a vantagem de que as diferenças de potencial entre as diversas bobinas é menor, e, assim, torna-se mais fácil substituir bobinas com defeito. Além disto, a refrigeração é mais vantajosa. O enrolamento de tensão mais elevado é chamado de enrolamento de tensão superior, e o de tensão mais baixa, de tensão inferior. Sua montagem pode ser feita sobre a mesma perna ou coluna do núcleo ou em separado.



Transformador com Núcleo de Anel

Transformador com Núcleo encouraçado

Transformador trifásico



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

8

Nos transformadores pequenos, o calor desenvolvido internamente é retirado pelo ar circundante. Entretanto, transformadores para potências elevadas ou tensões elevadas, para melhorar a isolação e a refrigeração, são imersos em óleo, e o transformador é dito "transformador em óleo".

O transformador é colocado dentro de um tanque, cuja parede externa possui radiadores de calor, para melhorar as condições de refrigeração. Como o líquido isolante se dilata quando aquecido, há necessidade de um espaço livre no tanque para esta expansão. Em transformadores de potência acima de 2000 kVA, o óleo aquecido é, por vezes, refrigerado mediante a sua retirada do tanque por meio de bomba, e passado por refrigeradores esfriados com água.

O comando do transformador é feito por meio de disjuntores.

Na ligação de alta tensão, a separação do transformador da rede deve ser feita por um seccionador, que torne visível a separação ou abertura. Seccionadores não podem ser manobrados sob carga.



Características de Funcionamento

A corrente em vazio de um transformador vem a ser aquela corrente primária, que circula quando o enrolamento secundário está sem carga (=5 a 15% da corrente nominal).

A potência útil absorvida em vazio representa praticamente as perdas no ferro.

Pela denominação de corrente de curto-circuito, é indicada a corrente primária, que flui no instante do curto-circuitamento do enrolamento secundário.

Por tensão de curto-circuito, qualifica-se a tensão que faz circular a corrente nominal, através do enrolamento, quando um outro enrolamento é curto-circuitado (normalmente, de 3 a 10% da tensão nominal). A potência útil medida neste instante corresponde, praticamente, às perdas no enrolamento (= perdas no cobre).

A tensão de indução, gerada num enrolamento transformador, depende

1. Do número de espiras N .

2. Da freqüência f .

3. Do fluxo magnético Φ .

O cálculo da tensão induzida é feito segundo a seguinte equação:

$$U_1 = \frac{4,44 \cdot \Phi_{\max} \cdot f \cdot N_1}{10^8} \text{ [Volt]}$$

ou, por transformação

$$N_1 = \frac{U_1 \cdot 10^8}{4,44 \cdot \Phi_{\max} \cdot f} \text{ (espiras)}$$

Observação: transformadores de redes apresentam normalmente uma densidade de fluxo de 10000 a 16000 gauss, em freqüência nominal.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 3)

9

Exemplo: O enrolamento primário de um transformador tem 880 espiras e é ligado à rede de 220 V. Qual o número de espiras que o enrolamento secundário deve ter, para que a tensão secundária tenha o valor de 5V?

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}; \quad N_2 = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1} = \frac{5 \cdot 880}{220} = 20 \text{ espiras}$$

Exemplo: Para um transformador de 220/125 V, tem-se à disposição um núcleo de ferro de 40x22 mm. Calcular o número de espiras, para um rendimento igual à unidade ($n=1$) e ambos os enrolamentos para $8=10000$ gauss e $f=50$ Hz.

$$N_1 = \frac{U_1 \cdot 10^8}{4,44 \cdot \Phi \cdot f} = \frac{220 \cdot 10^8}{4,44 \cdot 88000 \cdot 50} = 1126 \text{ espiras}$$

$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1} = \frac{125 \cdot 1126}{220} = 640 \text{ espiras}$$

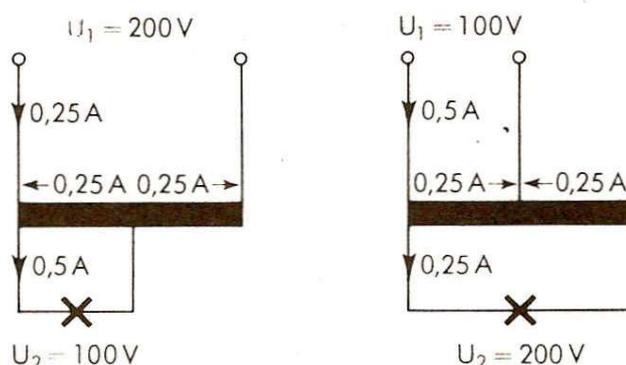
Autotransformador

Os auto-transformadores (figura ao lado) distinguem-se dos transformadores normais pelo fato de possuírem apenas um enrolamento, que é, ao mesmo tempo, primário e secundário. Apresentam uma grande vantagem, quanto a sua maior potência (pois há economia de perdas no ferro e no cobre). Esta vantagem é tanto maior quanto mais próxima de 1 : 1 estiver a relação de transformação.

Vale a relação:

$$P_{at} = P_{tr} \frac{U_s}{U_s - U_i}$$

onde P_{at} = potência do autotransformador
 P_{tr} = potência plena do tipo de transformador
 U_s = tensão superior
 U_i = tensão inferior



Transformador Regulador

O transformador regulador é usado, freqüentemente, para o ajuste luminoso de teatros, cinemas e salas, assim como na partida de motores de corrente alternada, mono e trifásicos.

O enrolamento secundário apresenta um elevado número de derivações, que permitem ajustar a tensão secundária. Em outros casos, o enrolamento secundário é dotado de um dispositivo que efetua a regulagem continuamente, sem degraus.

Além disto, existem transformadores reguladores com bobinas ajustáveis, e com circuitos magnéticos paralelos (transformadores de elevada dispersão e transformadores de solda).

Transformadores de proteção

Transformadores de proteção possuem dois enrolamentos, primário e secundário, eletricamente separados. Geralmente, ainda são separados, mesmo na sua posição sobre o núcleo, não sendo montados sobre a mesma perna.

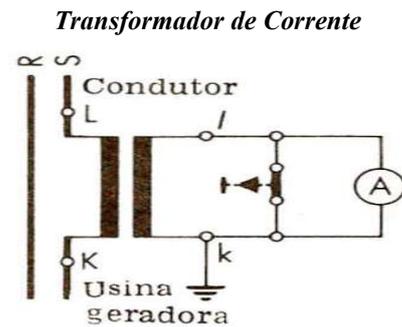
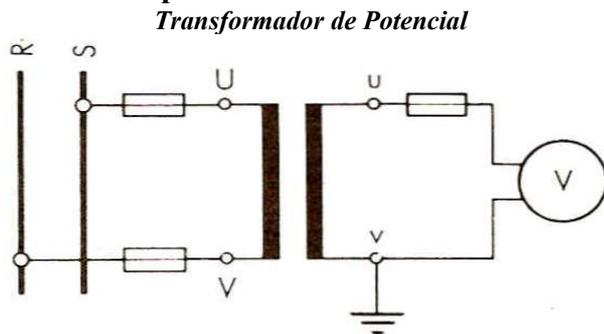
Transformadores deste tipo destinam-se à proteção contra tensões de contato perigosas, separando eletricamente o consumidor da rede de alimentação. A tensão secundária pode ser menor ou igual à tensão primária da rede de alimentação.



TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 3)

Transformadores para instrumentos

Nas instalações de alta tensão, os instrumentos não são instalados diretamente, porém ligados através de **transformadores para instrumentos**. Assim, o circuito de medição é separado da alta tensão e, simultaneamente, as grandezas medidas são reduzidas. Distinguem-se **transformadores de corrente e de potencial**.



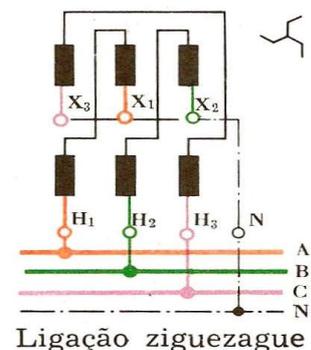
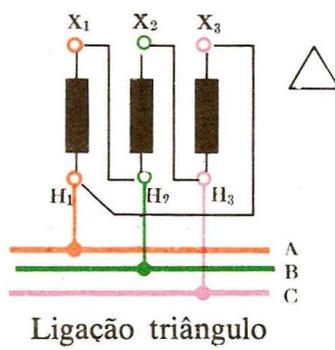
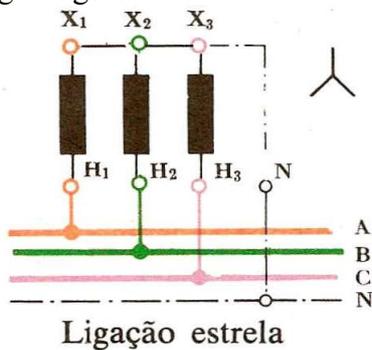
Os transformadores de potencial são instalados para a leitura de tensões elevadas. A tensão secundária é normalmente padronizada.

Transformadores de corrente são colocados no circuito para a medição de correntes elevadas e em instalações de alta tensão. A corrente no enrolamento secundário alcança normalmente o valor de 5 A.

Observação: Se o amperímetro de um transformador de corrente é desligado, o enrolamento secundário deve ser previamente colocado em curto-circuito para que, em face da ausência do campo do enrolamento secundário o núcleo do transformador de corrente não se aqueça demais. Este curto-circuitamento pode ser efetuado mediante uma botoneira ligada em paralelo com o amperímetro. Para efetuar a leitura, é preciso pressionar a botoneira, abrindo-se, assim, o circuito paralelo.

Transformadores Trifásicos

Transformadores trifásicos são transformadores monofásicos interligados, cujos enrolamentos são, entretanto, montados num núcleo comum. Por isto, estes transformadores se compõem de três enrolamentos primários e três secundários, interligados em estrela ou em triângulo. No lado secundário do transformador é também empregada uma outra ligação derivada, a ligação zigzague.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

11

No lado primário do transformador de distribuição, usa-se a ligação estrela ou triângulo, dependendo do sistema, com derivação, em cada fase, para ajustar o valor da tensão secundária. Do lado secundário, a ligação estrela apenas é recomendada quando a carga é simétrica nas 3 fases. No caso de carga assimétrica, a ligação triângulo distribui a assimetria sobre duas fases, fazendo com que o primário tenha uma distribuição praticamente simétrica de carga. Se do lado secundário houver necessidade de um sistema trifásico de 4 condutores, então, nos casos de carga desequilibrada, recomenda-se a ligação zigzague.

Cada enrolamento de fase, e com isto, simultaneamente, a carga desequilibrada por fase, é, neste caso, subdividido, igualmente, sobre duas fases, que se seguem, de um sistema trifásico. Com isto, obtém-se uma distribuição de cargas tal como na ligação estrela com 4 condutores ou na ligação triângulo.

Os transformadores trifásicos são subdivididos em grupos, de acordo com as normas internacionais da IEC, assim como da DIN e da ABNT, (Tabela abaixo).

Designação VDE		Diagrama vetorial (Defasamento)		Diagrama Ligação		Símbolo IEC das ligações
Gr. de ligaç.	Ligação	Tensão superior	Tensão inferior	Tensão superior	Tensão inferior	
A	A ₁					Dd 0
	A ₂					Yy 0
	A ₃					Dz 0
B	B ₁					Dd 6
	B ₂					Yy 6
	B ₃					Dz 6
C	C ₁					Dy 5
	C ₂					Yd 5
	C ₃					Yz 5
D	D ₁					Dy 11
	D ₂					Yd 11
	D ₃					Yz 11



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

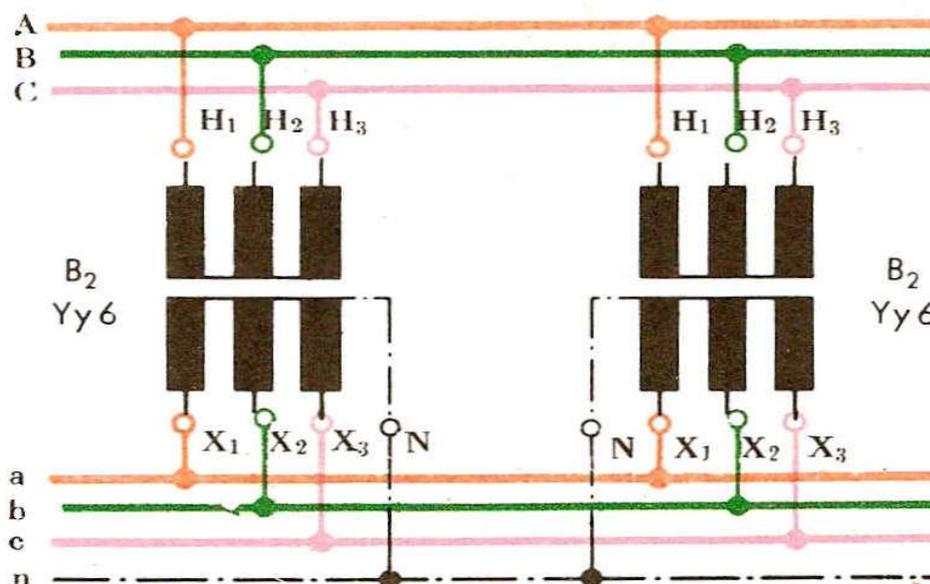
12

Ligação paralela dos transformadores trifásicos

Os transformadores apenas podem ser ligados em paralelo, quando apresentam:

1. Mesmas tensões nominais no lado primário e no secundário.
2. Mesma relação de tensões.
3. Mesmo grupo de ligação.
4. Mesma seqüência de fase. Esta é obtida, ligando-se terminais de mesma designação.
5. Mesma tensão de curto-circuito. Permite-se um desvio até 10%. Para valores diferentes da tensão de curto-circuito o transformador com tensão de curto-circuito, menor ficará com maior carga.
6. A relação entre as potências nominais não deve ser maior que 1 : 3.

Ligação paralela de dois transformadores, sem indicação de dispositivos de comando e de proteção





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

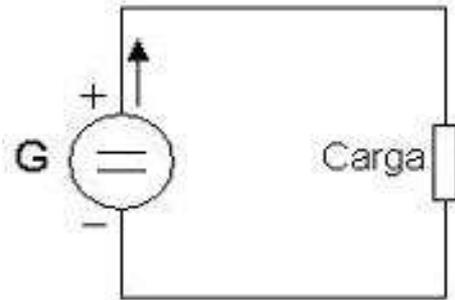
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

13

32 - estabelecer a diferença entre corrente contínua e corrente alternada Corrente contínua (CC)

Conceito

Corrente contínua (CC ou, em inglês, DC - direct current), também chamada de corrente galvânica é o fluxo constante e ordenado de elétrons sempre em uma direção. Esse tipo de corrente é gerado por baterias de automóveis ou de motos (6, 12 ou 24V), pequenas baterias (geralmente 9V), pilhas (1,2V e 1,5V), dínamos, células solares e fontes de alimentação de várias tecnologias, que retificam a corrente alternada para produzir corrente contínua.



Normalmente é utilizada para alimentar aparelhos eletrônicos (entre 1,2V e 24V) e os circuitos digitais de equipamento de informática (computadores, modems, hubs, etc.).

Este tipo de circuito possui um pólo negativo e outro positivo (é polarizado), cuja intensidade é mantida. Mais corretamente, a intensidade cresce no início até um ponto máximo e aí se mantém contínua sem alterar. Quando desligada, diminui até zero e se extingue.

As primeiras experiências de eletrodinâmica foram feitas com corrente contínua. As primeiras linhas de transmissão também usavam CC. Posteriormente passou-se a usar Corrente alternada devido às dificuldades de conversão (elevação/diminuição) da tensão em CC. No entanto com o desenvolvimento da tecnologia (inversores), voltou-se a usar CC nas linhas de transmissão. Atualmente é usada corrente contínua em alta tensão (CCAT) na linha de transmissão de Itaipu: 600 kV.

Utilização em Linhas de Transmissão

O custo de uma linha de transmissão é essencialmente o peso dos cabos utilizados, compostos de alumínio, aço e ligas. O cabo também define essencialmente as perdas, que são proporcionais ao quadrado da corrente. O sistema em corrente alternada é trifásico, necessitando de três conjuntos de cabos. Para corrente contínua, necessita-se somente de dois conjuntos de cabos, um para cada pólo. Alternativamente pode-se usar somente um pólo, usando o terra como retorno.

Uma linha em corrente contínua pode interligar dois sistemas em corrente alternada, que podem estar fora de sincronismo ou em frequências diferentes (veja por exemplo Itaipu). Estas linhas também aumentam a estabilidade do sistema, pelo desacoplamento entre sistemas, e pela possibilidade de controle do fluxo de potência. Este controle também permite o chaveamento suave, evitando o surgimento de transitórios indesejáveis.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

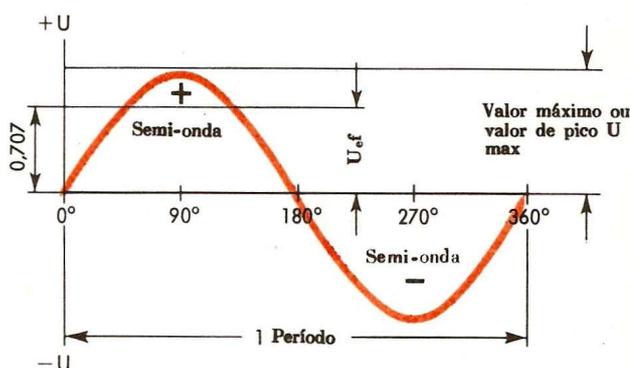
CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 3)

14

Corrente Alternada

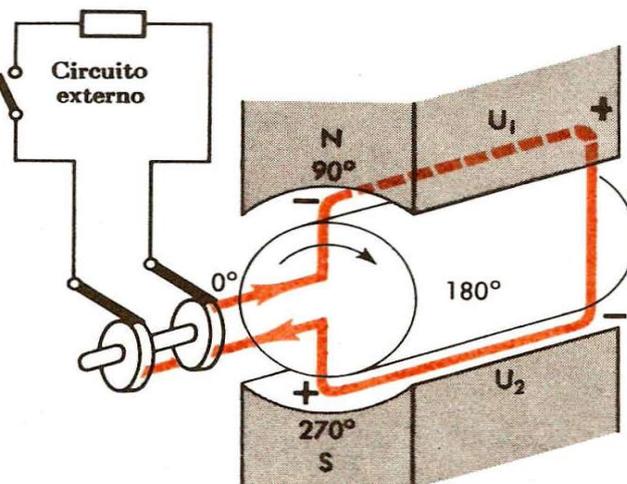
Chama-se **corrente alternada** aquela que muda de sentido. Por exemplo, nos metais a corrente é constituída por elétrons que se deslocam. Então, num metal, a corrente alternada é aquela em que os elétrons se deslocam, ora num sentido, ora noutro, executando um movimento de vai-vem, ou seja, circula em dois sentidos variando de zero a um máximo no sentido positivo e depois no sentido negativo. Uma oscilação completa da Corrente Alternada chama-se Ciclo.



Geração de CA

Entre os pólos norte e sul de um sistema magnético é colocada uma espira de material condutor (bobina). O início e o fim da bobina são ligados a dois **anéis coletores**, isolados um do outro.

Quando o rotor é girado, então, segundo a lei da indução, origina-se uma tensão e, estando o circuito externo fechado, circulará uma corrente. Esta corrente altera constantemente a sua grandeza e após cada meia volta completa do rotor, em virtude do deslocamento contrário do rotor no campo, inverte também o seu sentido.



História

A corrente alternada surgiu quando Nikola Tesla foi contratado por J. Westinghouse para construir uma linha de transmissão entre Niágara e Búfalo, em NY. Thomas Edison fez o possível para desacreditar Tesla, mas o sistema polifásico de Tesla foi adotado. A Corrente Alternada é a forma mais eficaz de se transmitir uma corrente elétrica por longas distâncias. Nela os elétrons invertem o seu sentido várias vezes por segundo.

Na primeira metade do século XX havia sistemas de Corrente Alternada de 25 Hz no Canadá (Ontário) e no norte dos EUA. Em alguns casos alguns destes sistemas (por exemplo, nas quedas de Niágara) perduram até hoje por conveniência das fabricas industriais que não tinham interesse em trocar o equipamento para que operasse a 60 Hz. As baixas frequências facilitam construção de motores de baixa rotação.

Há também sistemas de 16,67 Hz em ferrovias da Europa (Suíça e Suécia).

Sistemas AC de 400 Hz são usados na indústria têxtil, aviões, navios, espaçonaves e em grandes computadores.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

15

No Brasil a variação (frequência) da rede elétrica é de 60 Hz. Na América do Sul, além do Brasil, também usam 60 Hz o Equador, Peru, Venezuela e a Colômbia. Em outros países, por exemplo, a Argentina, a Bolívia, o Chile e o Paraguai, bem como na Europa é usada a frequência de 50Hz.

Nos casos de alimentação de vias férreas geralmente se encontra a frequência de $16\frac{2}{3}$ Hz.

Frequência de CA

Em uma máquina de corrente alternada, que apenas possui um -par de pólos, desenvolve-se, numa rotação completa, um período. Se a máquina completa 50 rotações em 1 segundo (isso, corresponde a $n = 3\ 000$ rpm), resultam 50 períodos por segundo.

O número de períodos efetuados em 1 segundo é chamado de "frequência".

A frequência da corrente alternada é medida em "hertz" (Hz). Seu valor depende da rotação e do número de pares de pólos.

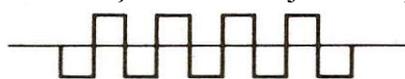
$$\text{Frequência} = \frac{\text{pares de pólos} \cdot \text{rotação por minuto}}{60} \quad f = \frac{p \cdot n}{60} \quad [\text{Hz}]$$

Exemplo: Qual a frequência que resulta de uma máquina de corrente alternada de seis pólos, quando sua velocidade é de 1000 rotações por minuto? $f = \frac{p \cdot n}{60} = \frac{3 \cdot 1000}{60} = 50 \text{ Hz.}$

Às vezes, também, são encontradas tensões alternadas com formatos de onda diferente do representado e que não são chamadas de tensões senoidais. Na técnica das telecomunicações, estas ondas, muitas vezes, aparecem por deformações não desejadas do período senoidal.



Tensão em dente-de-serra



Tensão retangular



Tensão trapezoidal

No setor das correntes elevadas, tanto a tensão alternada quanto a corrente alternada seguem uma variação senoidal.

Valor Eficaz

O valor eficaz de uma corrente alternada senoidal é obtido, multiplicando-se o seu valor máximo por 0,707. Este seria o valor da corrente alternada que desenvolveria, em um determinado condutor, o mesmo calor que uma corrente contínua.

Todos os **instrumentos de medição** para corrente alternada indicam o **valor eficaz**.

Visto pelo valor inverso, o valor máximo é 1,41 vezes o valor eficaz.

Exemplo: Qual a máxima tensão que um capacitor deve suportar quando é ligado a uma rede de corrente alternada de 220 V?

$$U_{ef} = U_{max} \cdot 0,707; \quad U_{max} = \frac{U_{ef}}{0,707} = \frac{220}{0,707} = 310 \text{ V.}$$



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

16

Alternador

Alternador é uma máquina que transforma energia mecânica em energia elétrica. O nome **alternador** é devido ao tipo de corrente elétrica gerada: corrente alternada. O alternador é um gerador síncrono, assim, num circuito fechado flui uma corrente alternada que se torna maior quanto mais alta for a rotação e quanto mais forte for o campo magnético.

É utilizado em diversas áreas, desde geradores de energia portáteis, em automóveis e até nas usinas hidrelétricas.

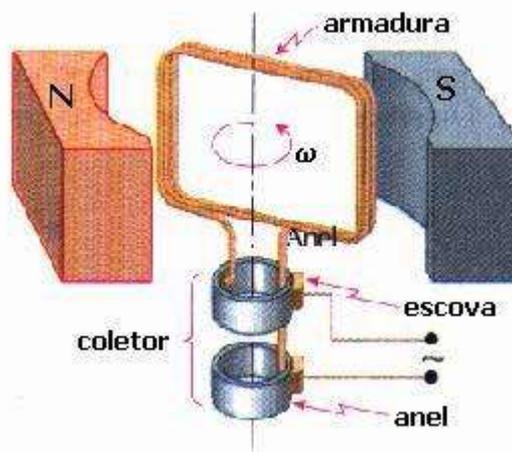
O alternador funciona de acordo com o fundamento da Indução eletromagnética, ele aproveita o mesmo princípio físico básico, onde a corrente elétrica flui através do rotor criando um campo magnético que induz a movimentação dos elétrons nas bobinas do estator, que resultará em corrente alternada. É importante saber que a intensidade desta tensão/corrente não é constante. Após cada giro de 360 graus, o ciclo da tensão se repete. Por isso, num giro uniforme consegue-se uma alteração periódica da tensão, que pode ser representada como onda senoidal com meia-onda positiva e meia negativa.

O esquema ao lado representa um gerador de corrente alternada, denominado alternador.

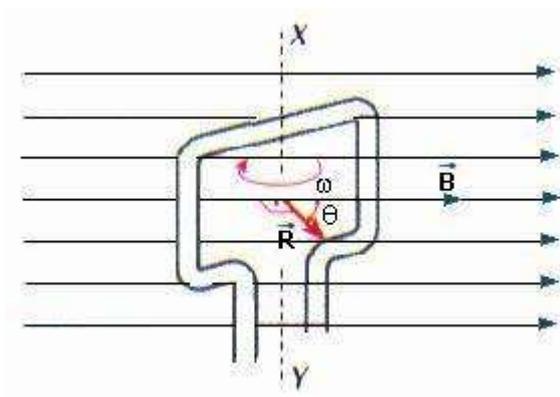
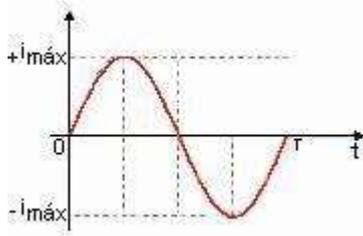
O conjunto de espiras é chamado armadura e seus terminais são coletados a anéis metálicos.

Em cada anel apóia-se uma escova, geralmente de grafite; a corrente é entregue ao circuito através dessas escovas.

Denomina-se coletor o conjunto formado pelos anéis e escovas.



A espira girando em campo magnético uniforme, com velocidade angular constante gera uma corrente alternada induzida.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

17

Numa usina hidrelétrica, a rotação da armadura é originada pela energia mecânica de uma turbina. Essa energia pode ser obtida através da energia potencial do desnível de uma queda d'água ou através da energia de uma máquina a vapor.

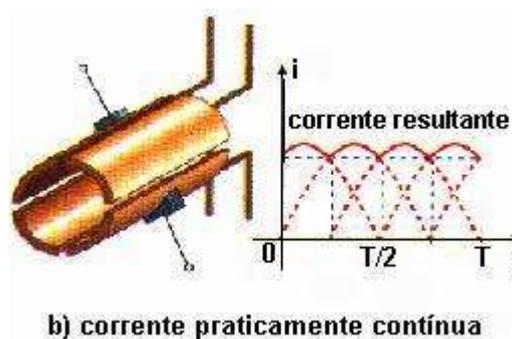
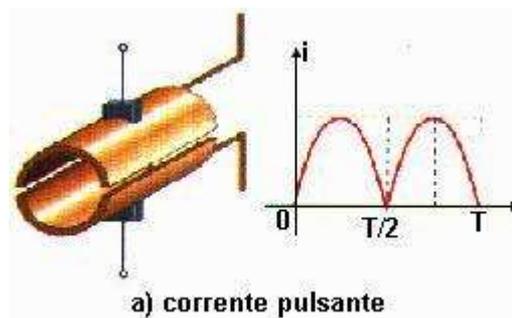
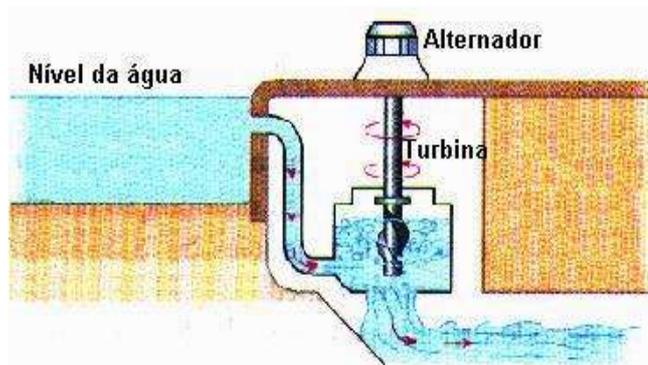
Um grande avanço tecnológico foi obtido na construção de muitos acessórios que aperfeiçoaram o funcionamento dos alternadores.

Chegou-se, então, aos enormes geradores das grandes centrais elétricas, que possibilitaram a utilização da energia elétrica em larga escala. Por mais complicados que sejam esses geradores, seu funcionamento baseia-se no **alternador**.

Neste alternador, a substituição do par de anéis por um comutador é um artifício simples, que permite manter a corrente em um mesmo sentido.

O comutador é um anel metálico dividido em dois setores, cada um ligado aos terminais da armadura. Em cada meia-volta da armadura, o comutador troca o terminal ligado ao circuito externo. Isso origina uma corrente de mesmo sentido, apesar de variar de intensidade. Tal corrente é denominada corrente pulsante.

Aumentando-se o número de setores do comutador, o que é possível através do aumento do número de armaduras, obtemos uma corrente praticamente contínua no circuito externo. Dizemos que a corrente está retificada e o aparelho constitui um dínamo.



Reatância Indutiva

Uma bobina oferece uma resistência maior à passagem da corrente alternada do que ofereceria à da corrente contínua.

Isto porque a resistência ôhmica R (resistência da matéria-prima) é acrescida de mais um segundo valor de resistência, a assim chamada reatância indutiva X_L . Esta existe porque a corrente alternada origina, na bobina, uma tensão de auto-indução que atua no sentido contrário da tensão de alimentação. A reatância indutiva atua, portanto, como uma força anti-eletromotriz. O valor de X_L pode ser aumentado bastante nas bobinas, montando-se as mesmas sobre um núcleo de ferro.

Todas as cargas de corrente alternada, que funcionam baseadas no princípio da indução, são chamadas de **cargas indutivas** (bobinas, enrolamentos de motores, transformadores); consumidores sem indução são chamados de **cargas resistivas** (lâmpadas incandescentes, aquecedores etc).



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 3)

18

CÁLCULO DA REATÂNCIA INDUTIVA.

A reatância indutiva depende:

1. Da frequência da corrente alternada.
2. Da indutância da bobina.

Quanto maior a frequência e a indutância, tanto maior a reatância.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad [\Omega] \quad \text{ou} \quad X_L = \omega \cdot L \quad [\Omega]$$

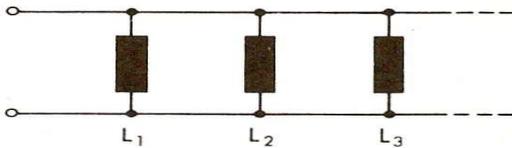
L = indutância em henrys (H), ω (ômega) = velocidade angular = $2 \pi f$,
 X_L = reatância indutiva.

Ligação série de bobinas

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots \quad [H]$$

A indutância total de uma Ligação série de bobinas é igual à soma das indutâncias parciais.

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \quad L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \quad [H]$$



Ligação paralela de bobinas

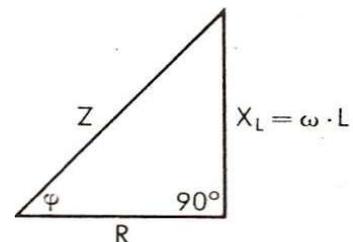
A indutância total de uma ligação paralela de bobinas é menor que a menor das indutâncias parciais.

Impedância Indutiva

A resistência total de cargas indutivas alimentadas por corrente alternada é designada caso de a carga possuir apenas resistência e reatância indutiva, o valor da impedância, por meio de cálculo, é obtido pela "soma geométrica" da resistência ôhmica R e da reatância indutiva X_L .

A impedância Z pode ser calculada com o auxílio do "Teorema de Pitágoras" ou, graficamente, pelo triângulo de resistências.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad [\Omega]$$



Reatância Capacitiva

O capacitor não permite a passagem da corrente elétrica. Com exceção de um pequeno impulso de corrente de carga na sua ligação, não flui corrente.

Entretanto, se o capacitor é ligado a uma fonte de corrente alternada, ele sofre inversão de carga, cada vez que a polaridade da corrente se inverte.

No circuito de corrente, a corrente de carga fica, assim, permanentemente, num vaivém. Um consumidor ligado nesse circuito de corrente (por exemplo, uma lâmpada incandescente) é continuamente atravessado pela corrente.

A capacitância de um capacitor alimentado por tensão alternada dá origem, portanto, a uma corrente I , influenciando, assim, sobre a resistência do circuito de corrente. $\left(R = \frac{U}{I} \right)$

Este efeito resistivo motivado pela capacitância de um capacitor é chamado de "reatância capacitiva X_C ".



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 3)

19

CALCULO DA REATANCIA CAPACITIVA.

A reatância capacitiva depende:

1. Da frequência da corrente alternada
2. Da capacitância do capacitor.

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad [\Omega] \quad \text{ou} \quad X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad [\Omega]$$

C = Capacitância em farad, ω (ômega) = $2 \pi f$; X_c = reatância capacitiva.

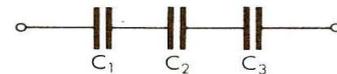
Quanto maior a frequência e a capacitância, tanto menor a reatância capacitiva.

Tabela de capacitância e correspondentes reatâncias capacitivas em $f=60$ Hz

C em μF	0,05	0,1	0,5	1	2	5	10
X_c em Ω	53200	26600	5320	2660	1330	532	266

Ligação série de capacitores

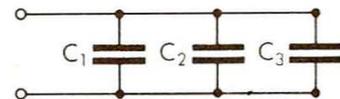
$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad [F]$$



A Capacitância total de capacitores ligados em série é menor que a capacitância do menor capacitor individual

Ligação paralela de capacitores

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3$$



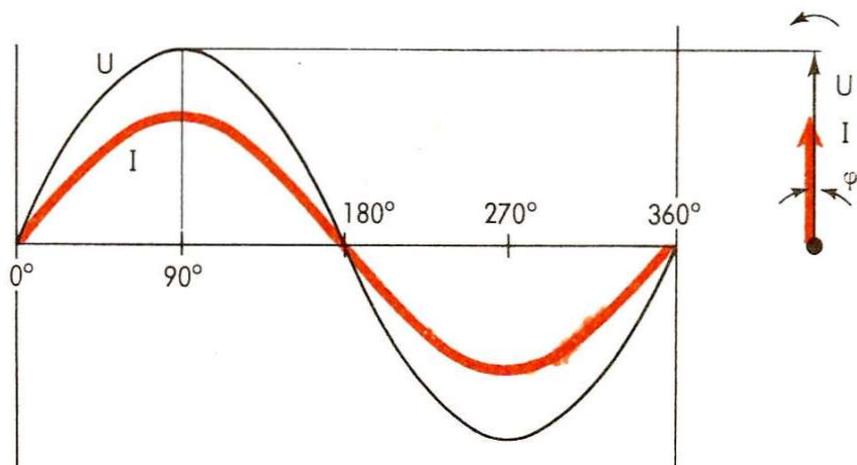
A capacitância total de capacitores ligados em paralelo é igual à soma das capacitâncias individuais.

Defasamento

A - Carga Ôhmica

Ligando-se uma fonte de corrente alternada a um resistor ôhmico (por exemplo, uma lâmpada incandescente), a tensão variará senoidalmente, da mesma forma como a tensão que a originou.

Sendo o valor da tensão, num determinado instante, igual a zero, então, neste instante, também, não circulará corrente.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 3)

20

Quando a tensão alcança o seu valor máximo, o mesmo estará acontecendo da corrente. Isto faz com que se defina: tensão e corrente estão em igualdade de fase (figura acima).

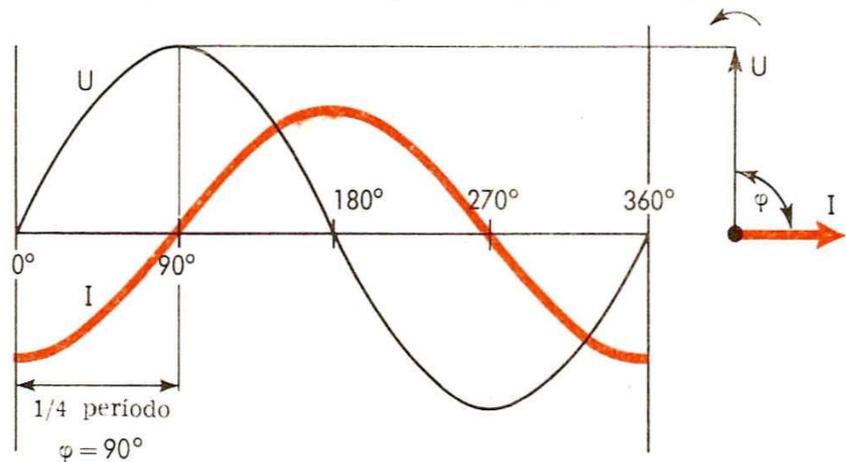
Quando a carga é ôhmica, corrente e tensão crescem e decrescem simultaneamente. $\varphi = 0^\circ$

B - Carga Indutiva

Quando uma carga indutiva é ligada a uma fonte de corrente alternada, aparecerá uma diferença de fase entre a tensão e a corrente, devido ao fato de a corrente sofrer um atraso no seu deslocamento, pela ação da auto-indução.

Essa diferença de fase é indicada como ângulo, em graus.

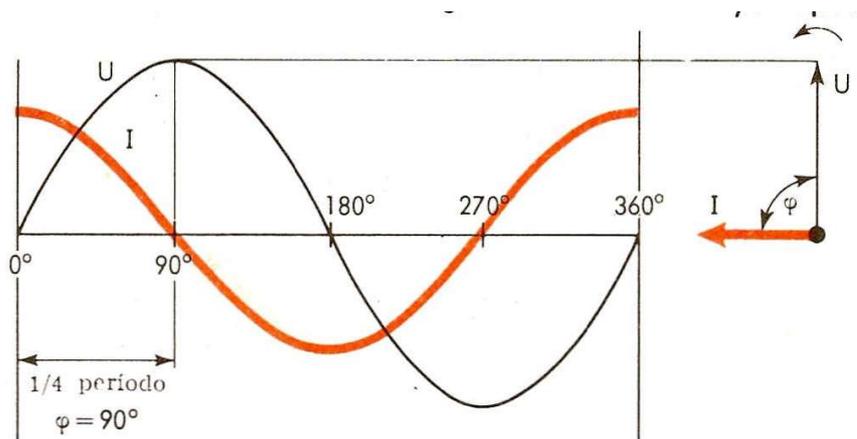
Quando a carga é indutiva pura, o que significa que o circuito de corrente não apresenta resistência ôhmica, a diferença de fase alcança 90° .



No caso de resistência indutiva pura, a corrente está atrasada de 90° , ou $1/4$ de período em relação à tensão. $\varphi = +90^\circ$

C - Carga Capacitiva

Uma carga capacitiva (capacitores) motiva, num circuito de corrente alternada, um defasamento entre tensão e corrente, no sentido contrário ao defasamento de carga indutiva. Somente quando a tensão chega ao seu valor nulo, o capacitor alcança o valor da tensão de crista.



No caso de carga capacitiva pura a corrente está adiantada em relação à tensão de 90° ou $1/4$ de período. $\varphi = -90^\circ$

Quando, em um circuito, cargas ôhmicas indutivas e capacitivas são reunidas, seus valores individuais devem ser geometricamente somados, levando em consideração o defasamento angular resultante.



A soma pode ser determinada graficamente ou por cálculo. Deve-se observar sempre que bobinas e capacitores têm defasamentos angulares de sentidos contrários.

Na ligação em série as resistências são somadas.

$$\mathbf{Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}} \quad \text{adiantamento : } \varphi = \text{positivo} \quad \mathbf{Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}} \quad \text{atraso : } \varphi = \text{negativo}$$

$$\mathbf{Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}} \quad \varphi = \text{negativo}$$

Na ligação paralela os valores da condutividade são somados geometricamente.

$$\mathbf{Y = \sqrt{G^2 + B_L^2}} \quad \varphi = \text{positivo} \quad \mathbf{Y = \sqrt{G^2 + B_C^2}} \quad \varphi = \text{negativo}$$

$$\mathbf{Y = \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2}} \quad \varphi = \text{positivo}$$

$$Y = \text{Valor de crista} = \frac{1}{Z} \quad (\text{siemens})$$

$$B_L = \text{Condutividade indutiva} = \frac{1}{X_L} \quad (\text{siemens})$$

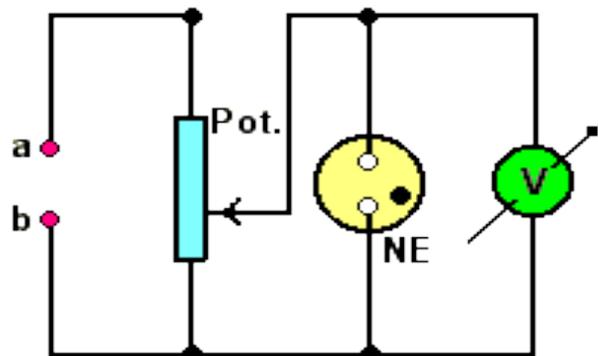
$$G = \text{Condutividade ativa} = \frac{1}{R} \quad (\text{siemens})$$

$$B_C = \text{Condutividade capacitiva} = \frac{1}{X_C} \quad (\text{siemens})$$

33 - definir os conceitos de Corrente Efetiva e Tensão Efetiva e relaciona-los com Corrente de Pico e Tensão de Pico

Para se determinar sob que tensão uma lâmpada néon (por exemplo, uma NE-2) acende, preparou-se o circuito ao lado esquematizado.

Se ligarmos os terminais (a,b) a uma rede elétrica domiciliar e movermos lentamente para cima o cursor do potenciômetro, isso aumentará pouco a pouco a tensão fornecida à lâmpada e essa acenderá no momento que o voltômetro (popularmente, voltímetro) eletromagnético (bobina móvel) indicar 50 V.



Repetindo-se o experimento, desta vez porém conectando-se aos terminais (a,b) uma fonte de tensão constante adequada, a lâmpada acenderá quando a agulha do medidor indicar cerca de 70 V.

Qual é, pois, na realidade, a tensão sob a qual a lâmpada néon acende?



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

22

A resposta

Entre os extremos de qualquer trecho de circuito alimentado por tensão alternada, o valor absoluto dessa tensão varia 120 vezes por segundo (*), de zero até um valor máximo denominado 'amplitude' ou valor **máximo da tensão** (ou, ainda, **tensão de pico**).

O voltímetro de bobina móvel (eletromagnético) conectado em paralelo com esse trecho de circuito, indicará certo valor intermediário, denominado **valor real** ou **efetivo** (rms), que é $2^{1/2}$ (raiz quadrada de 2) = 1,41... vezes menor que o valor da amplitude (máximo).

Se, por exemplo, um voltímetro de sistema eletromagnético indica 50 V, isso significa que em alguns momentos a tensão alcança o valor $50 \times 1,41...$, ou seja, cerca de 70 V, com a qual se acende a lâmpada sob tensão contínua. Assim, vemos que os dois experimentos não apresentam nenhuma contradição.

Esse simples experimento, como dissemos, facilmente realizável em condições escolares, é útil para evidenciar esses pormenores e facilitará bastante a compreensão entre uma tensão alternada e tensão constante.

Obviamente esse não é o único experimento que põe em destaque tal diferença entre AC e DC.

Quando um determinado aparelho ligado na rede elétrica domiciliar "ronca", por algum problema, essa é a frequência do som que ouvimos. Os transformadores (com falta de ajuste e aperto), as campainhas eletromecânicas, as bombinhas de aquário, os reatores de lâmpadas fluorescentes (com problemas) produzem sons nessa frequência.

34 - desenhar o circuito de uma Fonte de corrente contínua, usando diagrama de blocos

No qual conste os seguintes elementos: transformador, ponte de retificação de diodos, capacitor de filtragem e regulador de tensão e descrever o papel de cada um destes elementos.

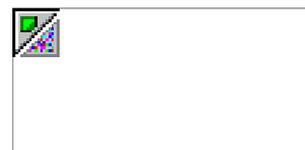
O Transformador

Os transformadores elétricos são dispositivos cujo funcionamento baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética.

Eles permitem alterar uma ddp variável, aumentando ou diminuindo seu valor, conforme a necessidade.

Constituem-se de um núcleo único de ferro laminado, envolto por duas bobinas opostas, denominadas circuitos primário e secundário. No início desta apostila apresentamos informações detalhadas sobre Transformadores.

Transformadores são componentes quase sempre presentes em fontes de alimentação. Nas demonstrações a seguir, representaremos os mesmos por qualquer um dos dois símbolos indicados na figura ao lado. Analogamente, indutores podem ser representados por ambas as formas.



Fontes – Circuito usando diagrama de blocos

A maioria dos circuitos eletrônicos requer correntes contínuas para a operação. Aparelhos que usam a rede elétrica precisam de um circuito para converter a tensão alternada para tensão ou tensões contínuas necessárias.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

23

Mesmo em aparelhos que usam pilhas ou baterias, pode haver necessidade de conversão da tensão destas para níveis de operação dos circuitos.

Uma fonte ideal não deve apresentar perdas, a tensão fornecida deve ser contínua pura, sem ondulações e constante, independente da variação da carga. É evidente que isso não existe na prática, mas a evolução dos circuitos (de fontes ou quaisquer outros) ocorre sempre no sentido da aproximação com o ideal.

Circuitos básicos de fontes

O processo fundamental da fonte é a **retificação**, isto é, a transformação da corrente alternada em contínua. Isto é feito normalmente por diodos, componentes que só permitem a passagem da corrente em uma direção.

Na figura ao lado, o exemplo mais simples de fonte: o transformador reduz ou eleva a tensão da rede para o valor desejado e um único diodo só permite a passagem dos semiciclos positivos. Por isso, chamado **retificador de meia-onda**.

O resultado é uma corrente contínua pulsante, de valor de pico teoricamente igual ao valor de pico da tensão do secundário do transformador.

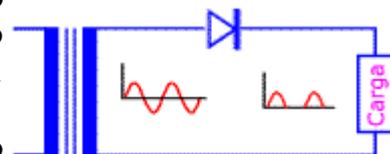


Figura 1

O circuito anterior é pouco eficiente e de elevada ondulação, pois a metade do ciclo não é aproveitada. Na figura 02, ao lado, um circuito de **onda completa**, que usa ambos os semiciclos.

O secundário do transformador é duplo, com ligação em cascata, devendo cada lado ter a tensão desejada na saída da fonte.

A ondulação da corrente de saída é visivelmente menor que a do circuito de meia-onda.

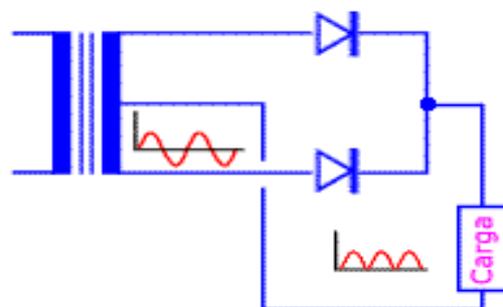


Figura 2

O circuito da Figura 02 foi o pioneiro, dos tempos em que os diodos eram válvulas termiônicas, que ocupavam considerável espaço e representavam certo custo. É relativamente pouco usado nos dias atuais.

Na Figura 03, uma **ponte de diodos** faz o mesmo trabalho de retificação em onda completa sem necessidade de duplo secundário no transformador. A contrapartida é o uso de quatro diodos em vez de dois.

Entretanto estes retificadores fornecem apenas correntes contínuas pulsantes, que são inadequadas para a maioria dos circuitos.

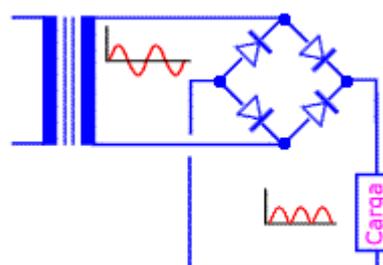


Figura 3



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

24

Filtros

Uma corrente contínua pulsante pode ser considerada a soma de um **componente CA** e de um **componente CC**. Ver exemplo na Figura 04 ao lado.

Uma corrente alternada quadrada (linha azul na parte superior) é somada a uma corrente contínua de valor V_m (linha verde no meio).

O resultado é uma corrente contínua pulsante (linha vermelha na parte inferior) de valor médio V_m . Ou seja, o componente CC desloca para cima o componente CA no valor V_m .

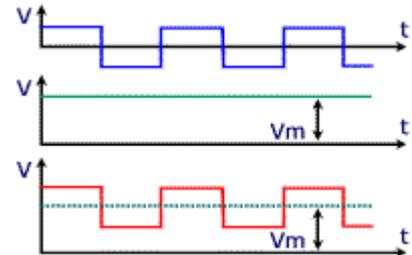


Figura 4

Fica evidente, portanto, que uma fonte deve dispor de **filtro** para reduzir o valor do componente CA ao nível aceitável pelo circuito que ela alimenta.

O parâmetro para indicar a qualidade da corrente pulsante é chamado **fator de ondulação** e é dado por

$$r = V_{ef} / V_m \quad \#A.1\#$$

Onde V_{ef} é o valor eficaz do componente CA e V_m , valor médio conforme já visto ("r" se deve à palavra inglesa equivalente "ripple").

É claro que o filtro deve reduzir **r** para o menor valor possível (nulo, no caso ideal). Na Figura 05, acima, um filtro simples e bastante usado: um capacitor é colocado na saída do retificador.

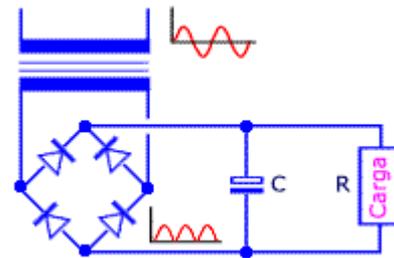


Figura 5

O componente CA após o retificador (meia-senóide de pico V_p) carrega o capacitor em parte do ciclo e ele se descarrega em outra parte, resultando componente CA de formato perto do triangular, conforme linha azul da Figura 6.

O fator de ondulação aproximado para o filtro capacitivo é dado por

$$1 / (2 \sqrt{3} f R C) \quad \#III.2\#$$

Onde f é a frequência da entrada do retificador e R , a resistência da carga. Isso significa que a ondulação diminui com o aumento do valor do capacitor e aumenta com o aumento da corrente da carga (R menor).

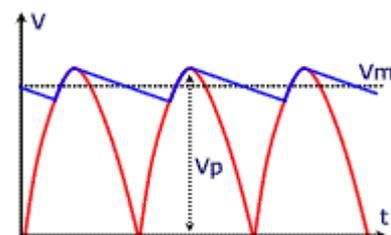


Figura 6



E a tensão de saída V_m é dada de forma aproximada por

$$V_p - I / (2 f C) \quad \text{\#III.3\#}$$

Onde I é a corrente na carga.

A Figura 7 mostra um **filtro LC**, isto é, um indutor seguido de um capacitor.

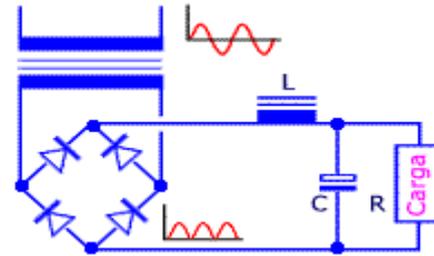


Figura 7

E a Figura 8 dá a comparação típica da variação da tensão de saída em função da carga para ambos os dois tipos de filtros.

Notar que, no filtro puramente capacitivo, a tensão decresce linearmente com a carga e, no LC, tende a uma estabilização teórica mas com um menor valor.

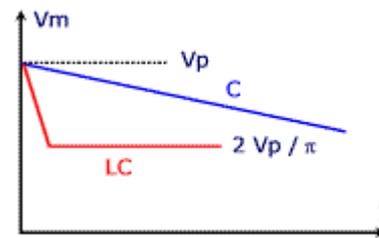


Figura 8

O arranjo dado na Figura 9 é uma combinação dos tipos anteriores e bastante utilizado.

A ondulação é consideravelmente reduzida pela existência de dois capacitores e a característica de regulação de tensão em relação à corrente de carga é similar à do filtro puramente capacitivo.

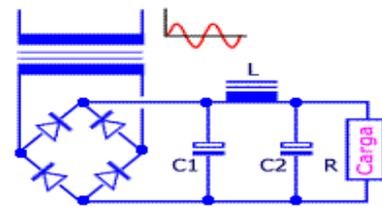


Figura 8

Fontes estabilizadas

Conforme vimos anteriormente, o filtro LC apresenta uma região de tensão constante, independente da corrente da carga. Mas isso ocorre apenas em teoria.

Se a tensão da rede variar, a saída da fonte também varia, qualquer seja o filtro usado. Transformadores, indutores e diodos polarizados diretamente não têm resistência elétrica nula e, portanto, a tensão da fonte sempre muda com a variação da corrente da carga.

Se o circuito alimentado exigir uma tensão razoavelmente constante, um simples filtro não poderá garantir isso. Na Figura 10, uma das primeiras técnicas usadas para a estabilização da fonte.

Um componente ativo (transistor) é inserido em série com a carga. O diodo zener fornece uma tensão de referência constante dentro da faixa de variação prevista.

Essa tensão (constante) e a de saída (supostamente variável) são aplicadas em um circuito controlador, que faz a comparação de ambas e polariza a base do transistor. Se, por exemplo, a corrente da carga aumenta, a tensão de saída tende a diminuir e o circuito de controle ajusta a polarização da base do transistor, fazendo-o conduzir mais e, portanto, restabelecendo o valor anterior.

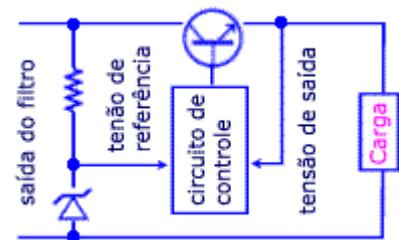


Figura 10



TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 3)

26

O circuito de controle pode proporcionar outras funções, como o ajuste da tensão de saída e proteção contra sobrecargas ou curtos-circuitos.

Na Figura 11 exemplo de uma fonte estabilizada e regulável.

T1, D1, D2 e C1 formam o conjunto transformador, retificador de onda completa e filtro capacitivo. Q6 é o transistor de potência que controla a saída da fonte. A polarização da sua base é controlada por Q5, de baixa potência como os demais. Q3 e Q4 formam um amplificador diferencial que recebe tensão da

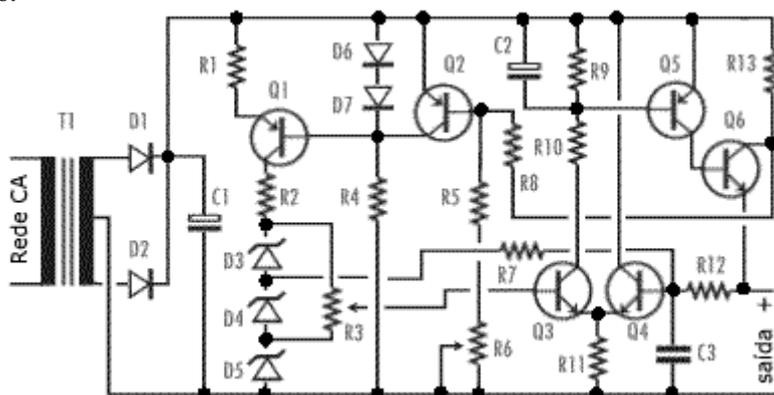


Figura 11

saída e a de referência da série de zeners D3, D4 e D5. O coletor de Q3 atua na base de Q5, fazendo a estabilização da tensão de saída, que pode ser ajustada pelo potenciômetro R3. Q2 recebe a queda de tensão em R13 (resistor de baixo valor, em série com a carga) e, junto com Q1, faz uma espécie de limitação de corrente, que pode ser ajustada por R6.

As fontes que operam conforme o diagrama da figura 11, anterior, são chamadas **fontes lineares** porque o transistor em série com a carga funciona como um regulador aproximadamente linear.

Na realidade, ele se comporta com um resistor variável, cujo valor é automaticamente ajustado para compensar as variações da carga.

Uma desvantagem importante desse tipo de construção é potência dissipada no transistor, equivalente ao produto da queda de tensão no mesmo pela corrente. Ou seja, o processo de regulação gera calor, reduzindo a eficiência energética.

Mas as fontes lineares também têm vantagens: são simples, o fator de ondulação (ripple) é baixo, a característica de regulação é boa, o tempo de resposta a variações da carga é pequeno, produzem pouca interferência em outros circuitos.

Entretanto, a baixa eficiência, o volume e peso de dissipadores e transformadores motivaram o desenvolvimento de outros tipos de fontes, mais compactas e eficientes.

Fonte de alimentação - AT e ATX

Nos computadores, usa-se um tipo de fonte conhecido como "Fonte Chaveada". Trata-se de um padrão que faz uso de capacitores e indutores no processo de conversão de energia. A vantagem disso é que há menos geração de calor, já que um mecanismo da fonte simplesmente desativa o fluxo de energia ao invés de dissipar um possível excesso.

Além disso, há menor consumo, pois a fonte consegue utilizar praticamente toda a energia que "entra" no dispositivo.

Por se tratar de um equipamento que gera campo eletromagnético (já que é capaz de trabalhar com frequências altas), as fontes chaveadas devem ser blindadas para evitar interferência em outros aparelhos e no próprio computador.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

27

Tensões fornecidas pelas fontes

Os dispositivos que compõem o computador requerem níveis diferentes de tensão para seu funcionamento. Por isso, as fontes de alimentação fornecem, essencialmente, quatro tipos de tensão (em Volts - V):

5 V - utilizada na alimentação de chips, como processadores, chipsets e módulos de memória;

- **5 V** - aplicada em dispositivos periféricos, como mouse e teclado;

12 V - usada em dispositivos que contenham motores, como HDs (cujo motor é responsável por girar os discos) e drives de CD ou DVD (que possui motores para abrir a gaveta e para girar o disco);

- **12 V** - utilizada na alimentação de barramentos de comunicação, como o antigo ISA (Industry Standard Architecture).

Os valores descritos acima são usados no padrão de fonte conhecido como AT (Advanced Technology).

No entanto, o padrão ATX (Advanced Technology Extended), quando lançado, apresentou mais uma tensão: a de 3,3 V, que passou a ser usada por chips (principalmente pelo processador), reduzindo o consumo de energia.

As fontes ATX também trouxeram um recurso que permite o desligamento do computador por software. Para isso, as fontes desse tipo contam com um sinal TTL (Transistor-Transistor Logic) chamado Power Supply On (PS_ON).

Quando está ligada e em uso, a placa-mãe mantém o PS_ON em nível baixo, como se o estivesse deixando em um estado considerado "desligado".

Se a placa-mãe estiver em desuso, ou seja, não estiver recebendo as tensões, deixa de gerar o nível baixo e o PS_ON fica em nível alto. Esse sinal pode mudar seu nível quando receber ordens de ativação ou desativação dos seguintes recursos:

Soft On/Off - usado para ligar/desligar a fonte por software. É graças a esse recurso que o Windows ou o Linux consegue desligar o computador sem que o usuário tenha que apertar um botão do gabinete;

Wake-on-LAN - permite ligar ou desligar a fonte por placa de rede;

Wake-on-Modem - possibilita ligar ou desligar a fonte por modem.

O sinal PS_ON depende da existência de outro: o sinal 5VSB ou Standby. Como o nome indica, esse sinal permite que determinados circuitos sejam alimentados quando as tensões em corrente contínua estão suspensas, mantendo ativa apenas a tensão de 5 V. Em outras palavras, esse recurso é o que permite ao computador entrar em modo de descanso. É por isso que a placa de vídeo ou o HD podem ser desativados e o computador permanecer ligado.

O sinal Power Good

O sinal Power Good é uma proteção para o computador. Sua função é comunicar à máquina que a fonte está apresentando funcionamento correto. Se o sinal Power Good não existir ou for interrompido, geralmente o computador desliga automaticamente. Isso ocorre porque a interrupção do sinal indica que o dispositivo está operando com voltagens alteradas e isso pode danificar permanentemente um componente do computador. O Power Good é capaz de impedir o funcionamento de chips enquanto não houver tensões aceitáveis.

O Power Good é um recurso existente já no padrão AT. No caso do padrão ATX, seu sinal recebe o nome de Power Good OK (PWR_OK) e sua existência indica a disponibilização das tensões de 5 V e de 3,3 V.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

28

Potência das fontes de alimentação Se um dia você já teve que comprar ou pesquisar o preço de uma fonte de alimentação para seu computador, certamente pode ter ficado em dúvida sobre qual potência escolher. No Brasil, é muito comum encontrar fontes de 300 W (watts), no entanto, dependendo de seu **hardware**, uma fonte mais potente pode ser necessária. Para saber quando isso é aplicável, deve-se saber quanto consome cada item de seu computador. A tabela abaixo mostra um valor estimado:

ITEM	CONSUMO
Processadores topo de linha (como Pentium 4 HT e Athlon 64)	60 W - 110 W
Processadores econômicos (como Celeron e Duron)	30 W - 80 W
Placa-mãe	20 W - 100 W
HDs e drives de CD e DVD	25 W - 35 W
Placa de vídeo sem instruções em 3D	15 W - 25 W
Placa de vídeo com instruções em 3D	35 W - 110 W
Módulos de memória	2W - 10 W
Placas de expansão (placa de rede, placa de som, etc)	5 W - 10 W
Cooler	5 W - 10 W
Teclado e mouse	1 W - 15 W

35 - descrever o funcionamento de uma válvula diodo

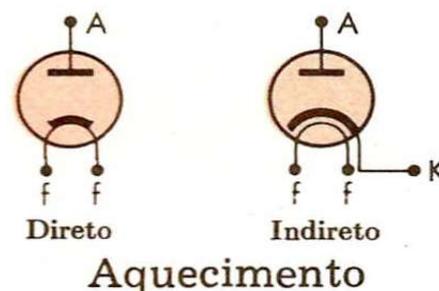
As válvulas eletrônicas ou a vácuo são usadas, sobretudo, para as seguintes finalidades:

1. Para a retificação de correntes alternadas.
2. Para a amplificação de tensões alternadas e potências alternadas.
3. Para a formação de oscilações elétricas.

Num bulbo de vidro desprovido de ar, encontram-se dois eletrodos. O cátodo é ligado ao pólo negativo e o ânodo ao pólo positivo da fonte de corrente anódica. Quando o cátodo é aquecido, este liberta elétrons, que são atraídos pelo ânodo positivo.

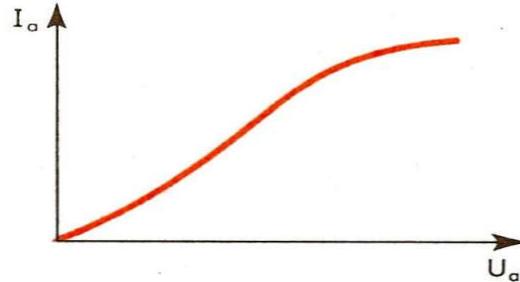
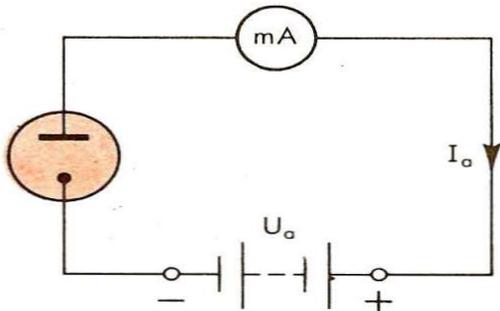
Desenvolve-se, assim, um fluxo de elétrons na válvula. No circuito externo, a corrente do ânodo flui do ânodo para o cátodo. Para facilitar a emissão dos elétrons do cátodo, este é recoberto com uma camada de bário, e aquecido por via direta e indireta

Quando a tensão do ânodo se eleva, e leva-se também a corrente no ânodo, sendo limitada a emissão do cátodo.





TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 3)



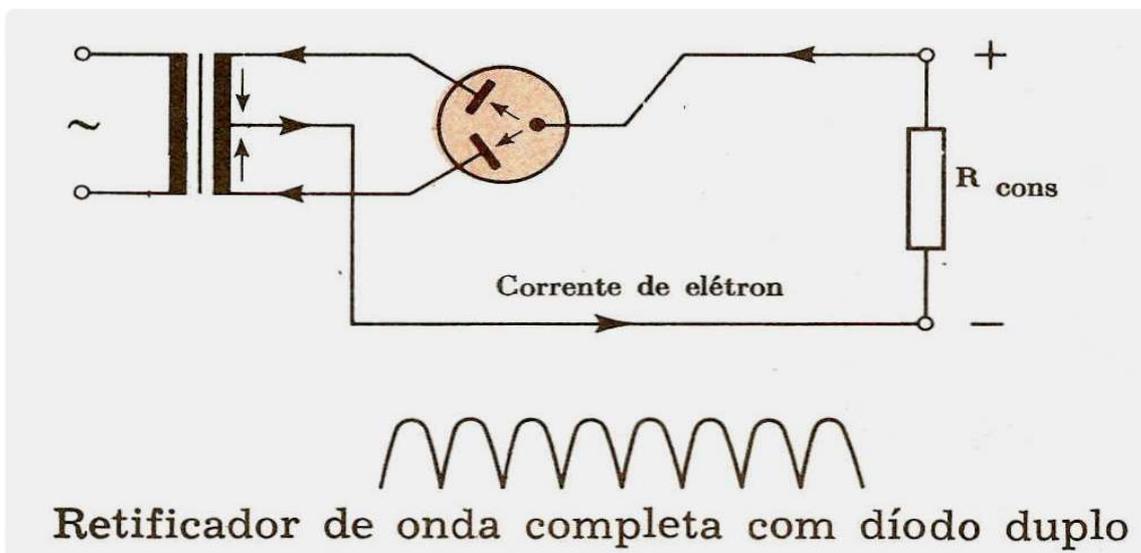
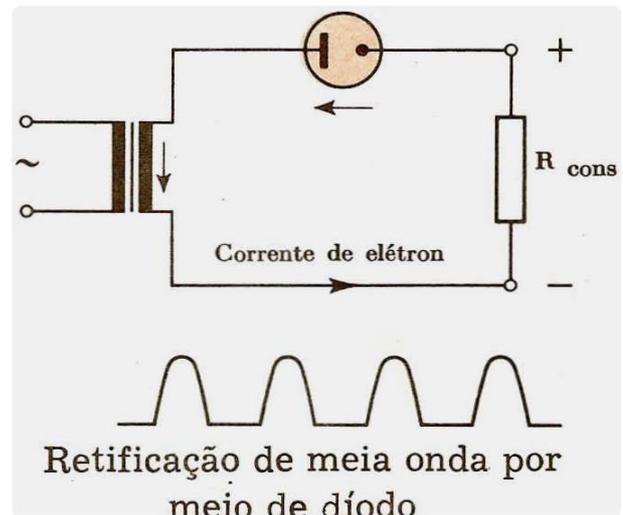
Variação da corrente anódica em função da tensão anódica

Quando a fonte de corrente tem sua polaridade invertida, fazendo com que o ânodo se torne negativo, então os elétrons são impulsionados de retorno ao *cátodo*; nestas condições não pode haver corrente no ânodo (setor de bloqueio).

Disto se conclui que a corrente anódica apenas pode circular durante **um meio ciclo** (meia onda), tendo, assim, efeito retificante.

O diodo a vácuo ou válvula de dois pólos destina-se à retificação de correntes alternadas.

Considerando que **as válvulas a vácuo trabalham praticamente sem inércia**, pode-se retificar tanto correntes alternadas industriais quanto de frequência elevada



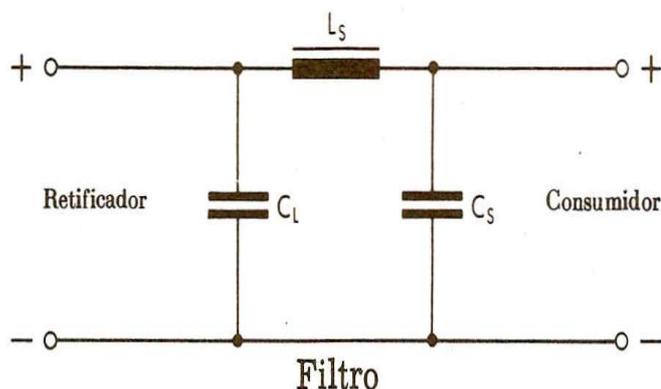


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

30

Nos retificadores de rede, a redução das flutuações provenientes da corrente pulsante, que resulta da retificação, é obtida pelo acréscimo de um conjunto capacitivo-indutivo como representa a figura ao lado. O capacitor C_1 é chamado capacitor de carga, pois ele se carrega em presença do valor máximo, perdendo carga durante os intervalos. A reatância L e o capacitor C_s melhoram este efeito, de modo que no fim deste filtro a corrente é praticamente uma corrente contínua.



História

As válvulas eletrônicas (em inglês *vacuum tube*, *valve* ou simplesmente *tube*) funcionam sob um princípio chamado de **termiônica ou termoiônica** que foi originalmente descoberto por Thomas Edison.

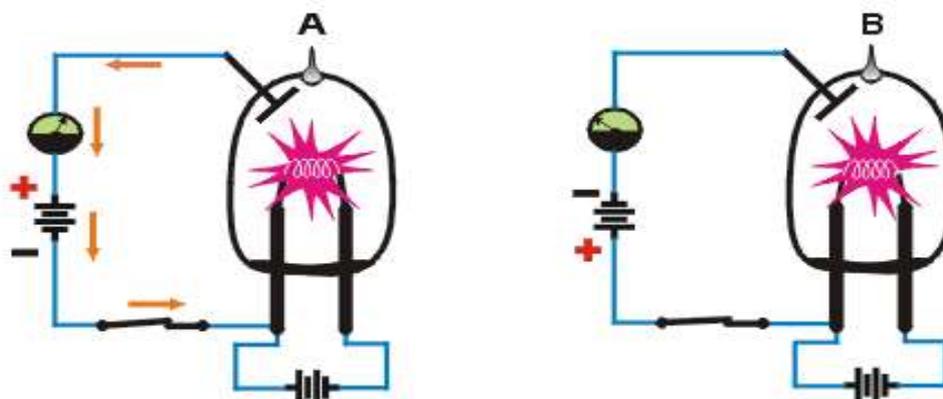
Dentre as dezenas de invenções e patentes, Edison ficou conhecido e respeitado no mundo todo, entre outras coisas, por ter inventado a lâmpada elétrica.

Este dispositivo consistia num bulbo de vidro do qual havia se retirado o ar para formar vácuo e sustentado por duas hastes de metal mantinha-se suspenso um filamento de carvão que, ao ser atravessado por uma corrente elétrica contínua, aquecia-se até sua incandescência, produzindo assim a luz.

Após algum tempo de uso porém, notava-se que aparecia uma mancha escura no lado interno do bulbo de vidro, o que acarretava a diminuição da eficiência da lâmpada e conseqüentemente da luz irradiada.

Tentando compreender o motivo disso, Edison começou a investigar tal fenômeno na tentativa de eliminar a formação dessa camada escura.

Em 1883, numa de suas experiências, ele colocou dentro do bulbo e próximo do filamento uma placa metálica com uma conexão externa e montou sua experiência conforme ilustrado na figura abaixo.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

31

Na primeira tentativa, conforme a **figura-A**, Edison ligou a placa ao terminal positivo da bateria (com a lâmpada acesa) e observou que uma corrente elétrica circulava pelo galvanômetro, indicando que essa corrente estava atravessando o vácuo em direção a placa.

Numa outra experiência, **figura-B**, ele ligou a placa ao terminal negativo da bateria e dessa vez não observou nenhuma corrente pelo aparelho.

Edison constatou que a corrente aparecia no galvanômetro somente se o filamento estivesse na incandescência e se a placa fosse ligada ao pólo positivo da bateria, do contrário, se o filamento estive frio ou a placa fosse ligada ao pólo negativo da bateria, não se observava nenhuma corrente.

Embora achasse interessante tal fenômeno, Edison foi incapaz com os conhecimentos da época de explicar tal efeito e tratou de relatar isso em suas anotações, para então se dedicar ao aprimoramento de sua lâmpada.

Por volta de 1884, um eletricitista da Companhia de Iluminação Elétrica Edison no Reino Unido, Sr. J.A. Fleming visitou Edison e este lhe demonstrou o efeito que acabara de descobrir.

Ao voltar para a Inglaterra, Fleming repetiu as experiências de Edison, sempre constatando o que fora observado por este.

Daquele ano em diante até 1900, muitos outros cientistas se dedicaram a explicar esse fenômeno que passou a ser chamado de Efeito Edison e junto com as explicações de J.J.Thompson, sobre a existência do elétron, concluiu-se que o fenômeno que Edison havia observado era um efeito chamado de *Efeito Termiônico*.

Embora não compreendesse plenamente tal efeito, Fleming tinha certeza de uma coisa: que a corrente elétrica só podia fluir num único sentido naquela experiência e tratou de desenvolver um dispositivo mais aprimorado, que rapidamente veio a equipar os receptores de rádio da época.



Como esse dispositivo só permitia a passagem da corrente num único sentido ele o comparou a uma válvula mecânica e, pelo fato de possuir dois elementos, ficou batizado o nome de válvula díodo eletrônica. Estava inventada a válvula eletrônica.

Mas, afinal, o que é o efeito termiônico? Vamos explica-lo utilizando para isso a **Figura-2**. Temos nessa figura uma ampola de vidro de onde se retirou o ar formando-se vácuo com duas placas separadas por uma distância X.

Chamaremos as placas de 'K' e 'A', sendo que a placa 'K' está ligada ao pólo negativo da bateria e a placa 'A', através do interruptor S1, ao pólo positivo. Agora se aquecermos a placa 'K' os elétrons das camadas de valência dos respectivos átomos irão saltar de sua órbita, pois adquiriram energia térmica para isso e ficarão na região do espaço envolta da placa 'K'. Ao fecharmos o interruptor S1 o potencial positivo da placa 'A' começará a atrair os elétrons para si, criando uma corrente elétrica que poderá ser observada pelo amperímetro.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

32

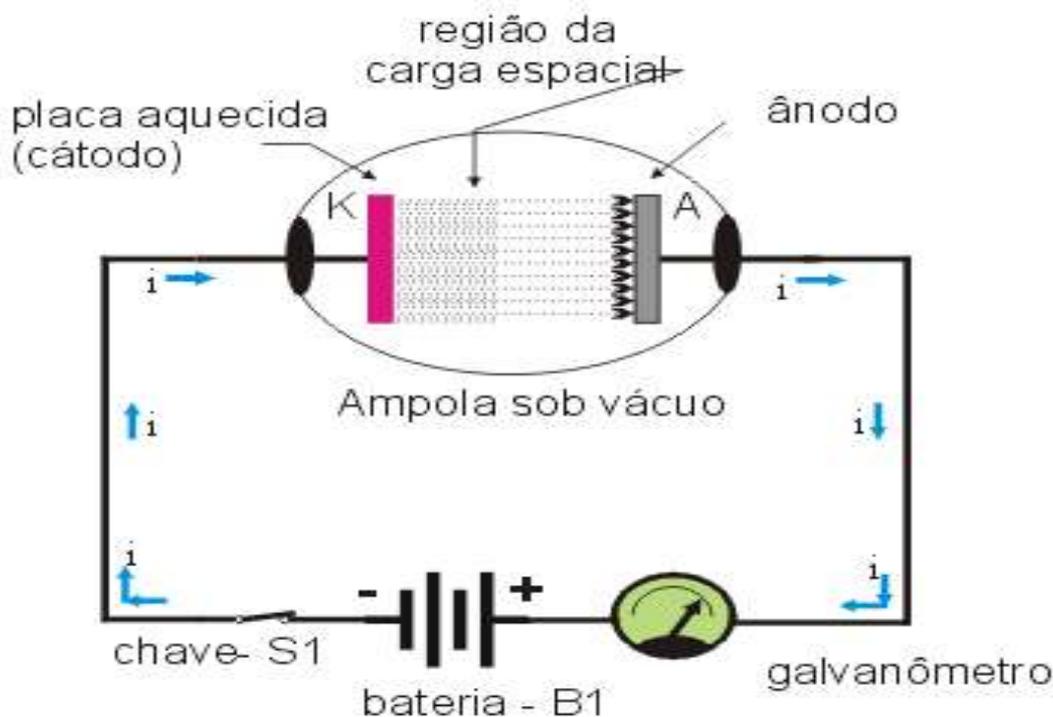


Figura 2

Notem que para haver um fluxo de corrente entre o cátodo¹ e o ânodo² é preciso respeitar três condições distintas, ou sejam:

- 1 - Entre o cátodo e o ânodo deve existir uma diferença de potencial.
- 2 - O ânodo deve estar polarizado positivamente em relação ao cátodo.
- 3 - O cátodo deve estar suficientemente aquecido.

Quando o cátodo está suficientemente aquecido, os elétrons das órbitas de valência adquirem energia suficiente para saltarem de suas órbitas, tornando-se elétrons livres (semelhante o que ocorre nos metais, só que neste caso os elétrons livres³ estão no vácuo). Não existindo uma *ddp* positiva no ânodo, e tão logo os elétrons saiam de suas órbitas, eles liberam a energia adquirida em forma de luz e calor e voltam a um nível de energia mais baixo nos átomos do material do cátodo.

A pronúncia correta é cátodo, mas está em desuso há muito tempo; o mais usado é catodo. A palavra cátodo vem do grego que significa 'descida'.

A pronúncia correta é ânodo, mas está em desuso há muito tempo; o mais usado é anodo.

À medida que os elétrons saltam de suas órbitas de valência para a região próxima do cátodo, liberam energia e voltam novamente aos átomos do cátodo, pode-se dizer que existe na região do cátodo uma população de elétrons, a qual dá-se o nome de *região de carga espacial*, figura-2. Quando aplicamos uma *ddp* entre cátodo e ânodo, de tal forma que o ânodo fique positivo em relação ao cátodo, os elétrons começam a ser atraídos para o ânodo, iniciando um fluxo de corrente entre os dois eletrodos chamada de corrente intereletródica.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

33

A intensidade da corrente entre os dois eletrodos é influenciada da seguinte forma:

A - Se a tensão do anodo for mantida suficientemente baixa, a corrente dependerá exclusivamente da temperatura do catodo; aumentando essa temperatura, a carga espacial será mais larga e intensa, formando uma verdadeira barreira de potencial negativo entre os eletrodos, impedindo que os elétrons atinjam o anodo. Dizemos neste caso que a corrente é limitada pela carga espacial.

B - Se a temperatura for mantida baixa e o valor da tensão do anodo for elevada, os elétrons serão atraídos rapidamente para o anodo, ficando muito poucos elétrons na região de carga espacial. Dizemos então nesta situação que a corrente é limitada pela temperatura.

O que ocorre na verdade é que o fluxo de corrente elétrica através dos eletrodos é determinada tanto pela tensão do anodo como pela temperatura do catodo. Mantendo-se a temperatura do catodo constante o suficiente para que haja a emissão termiônica, aproximadamente 200°C , à medida que aumentamos o valor da tensão do anodo notamos que a corrente circulante aumenta de maneira gradativa. Após atingir certo valor, entretanto, qualquer aumento na tensão do anodo não implicará num aumento significativo da corrente. Um valor de corrente de saturação é atingido e todos os elétrons, ou quase todos, são atraídos ao anodo.

Qualquer aumento na corrente intereletródica só será observado se aumentarmos a temperatura do catodo. Neste caso, mantendo-se a tensão de anodo alta e aumentando a temperatura, observa-se um aumento no fluxo de corrente, mas até certo ponto. Acontece que com esse aumento de temperatura a região de carga espacial tende a aumentar sua influência sobre os elétrons que saem do catodo, formando uma verdadeira barreira de carga negativa na região próxima desse eletrodo.

Os elétrons que saem do catodo não tem todos a mesma energia cinética e assim, os elétrons com menos energia simplesmente não tem força suficiente para atravessar a barreira da carga espacial, sendo repelidos de volta ao catodo pela carga negativa existente ali. Assim se atinge uma espécie de saturação também por excesso de temperatura.

Nas aplicações práticas das válvulas eletrônicas a temperatura do catodo é mantida suficientemente alta e constante, estabelecendo assim uma carga espacial intensa. A tensão do anodo varia conforme o tipo da válvula, mas de qualquer maneira, nem todos os elétrons são atraídos a esse eletrodo, existindo sempre uma carga espacial na válvula, de tal forma que se diz haver um catodo virtual de onde o anodo tira os elétrons para formar a corrente intereletródica.

Nas considerações que fizemos, usando a figura-2, não foi explicado como se mantém o catodo aquecido, isto por que nós nos dedicamos exclusivamente a explicar o efeito termiônico. Para se conseguir o aquecimento do catodo nas válvulas faz-se uso de um filamento (semelhante aos das lâmpadas elétricas), por onde corre uma corrente elétrica. Tal filamento deve ter uma característica importante: emitir uma quantidade generosa de elétrons quando aquecido.

As primeiras válvulas fabricadas industrialmente, por volta da II Guerra Mundial, usavam filamentos feitos de volfrâmio, que só emitiam quantidades generosas de elétrons quando aquecidos à temperatura acima de 2000°C , exigindo uma corrente muito alta para os filamentos. Com o tempo, esse problema foi resolvido com o emprego de diferentes materiais para a fabricação do filamento sendo que hoje em dia se empregam óxido de metais de terras raras para recobrirem o filamento. Estes materiais, que recobrem o filamento, proporcionam uma emissão copiosa de elétrons, entre 700°C a 1000°C de temperatura.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

34

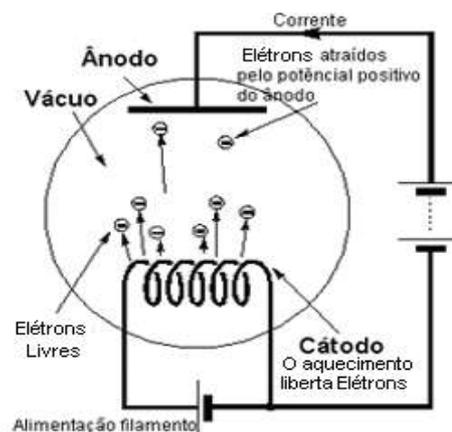
Válvula Diodo

A válvula, como componente eletrônico, é considerado um componente ultrapassado e obsoleto.

Além do volume e do consumo de energia para aquecimento, uma outra desvantagem das válvulas em relação aos semicondutores são as tensões altas que precisam para operar. O filamento é aquecido com tensão baixa (5V, 12V), mas a placa requer valores muito maiores. Valores típicos para aparelhos comuns situam-se entre 100 a 300 V. Válvulas de alta potência requerem alguns milhares de volts.

A válvula diodo é a mais simples das válvulas eletrônicas, pois contém apenas dois eletrodos. Embora tenha uma infinidade de aplicações, é usada basicamente como retificadora em fontes de alimentação. A denominação "válvula", provem da característica fundamental do diodo, que é permitir a circulação de corrente somente em um sentido, atuando como um interruptor.

As válvulas têm um tempo de aquecimento de alguns minutos, tempo este necessário para que o filamento aqueça o cátodo e a emissão termoiônica inicie.



Se utilizarmos díodos semicondutores na fonte de alimentação a alta-tensão aparece nas placas das válvulas instantaneamente, estando o cátodo ainda frio e, portanto, sem condições de estabelecer um fluxo elétrico para a placa. Por outro lado, se utilizarmos válvulas retificadoras a alta-tensão só surgirá nas placas das válvulas quando a própria retificadora atingir um nível de aquecimento suficiente.

Existe, desta forma, um equilíbrio entre o aquecimento das válvulas e alta-tensão nas placas.

Em outras palavras, a alta-tensão de placa só atinge seu valor nominal quando o cátodo estiver suficientemente aquecido.

A expectativa de vida útil de uma válvula aumenta consideravelmente quando usamos válvulas retificadoras no lugar de díodos semicondutores nas fontes de alimentação.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

35

36 - descrever o funcionamento de uma válvula tríodo

Com a invenção da válvula tríodo em 1907, por L. de Forest, estava inaugurada a era da eletrônica. Aperfeiçoando a válvula díodo, inventada por Fleming poucos anos antes, Forest construiu o primeiro dispositivo eletrônico capaz de amplificar tensões elétricas.

A válvula tríodo, um dispositivo de três eletrodos, é o primeiro resultado do aperfeiçoamento do díodo à vácuo. A inclusão de um terceiro eletrodo, estrategicamente colocado entre o cátodo e a placa, constituiu o primeiro dispositivo eletrônico, em torno do qual pode ser implementado qualquer circuito eletrônico, seja um amplificador um oscilador ou um filtro.

Esse terceiro eletrodo é denominado grade ou, mais especificamente, grade de controle, cuja função é controlar a corrente que circula entre o cátodo e a placa.

Sendo um eletrodo "aberto", a grade de controle, em princípio, não está incluída, sob o aspecto de corrente contínua, no circuito cátodo-placa.

A grade de controle, salvo em aplicações especiais, é sempre polarizada negativamente em relação ao cátodo. A título de ilustração, a válvula tríodo se assemelha, em termos de princípio de operação, ao transistor de efeito de campo (FET).

Simbologia

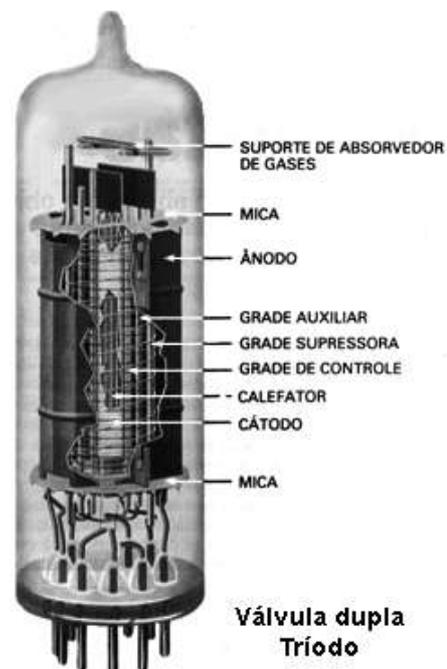
A figura ao lado apresenta a simbologia tradicional encontrada em diagramas esquemáticos e na literatura em geral para tríodos e duplo-tríodos, sendo este último nada mais que dois tríodos completamente independentes montados no mesmo invólucro.

Em raríssimos casos o filamento é desenhado dentro do símbolo do tríodo. Geralmente são desenhados na fonte de alimentação com seus respectivos pinos.

Os tríodos simples são, via de regra, tríodos de potência de aquecimento direto, capazes de entregar alguns watts a um alto-falante através de uma impedância adequada (transformador de saída).

São usados principalmente em estágios de potência single-ended de amplificadores para alta fidelidade.

O único tipo fabricado atualmente é a 2A3. Geralmente, tem tensão de filamento igual a 2,5V sob corrente contínua ou alternada.

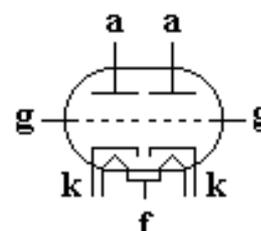


Tríodos



Direto — Aquecimento — Indireto

Duplo-Tríodo





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 3)

36

Os tríodos simples para aplicações gerais em áudio são de aquecimento indireto, tendo tensão de filamento igual a 6,3V sob corrente contínua ou alternada.

Os duplo-tríodos representam a quase totalidade destes dispositivos fabricados atualmente.

São válvulas miniaturas de 9 pinos e têm filamentos independentes com um ponto em comum.

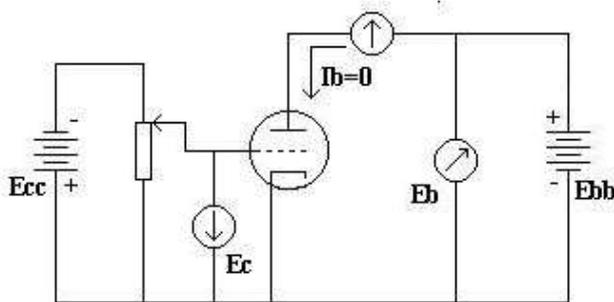
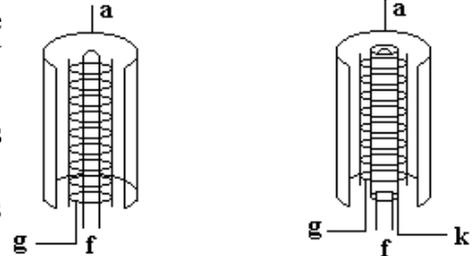
Portanto, podem ser ligados em paralelo a uma fonte de tensão de 6,3V ou em série a uma fonte de 12,6V, contínua ou alternada.

Vamos agora verificar como o tríodo se comporta sob o aspecto de corrente contínua, ou seja, admitindo que a grade de controle está polarizada por um potencial cc sem nenhuma corrente alternada.

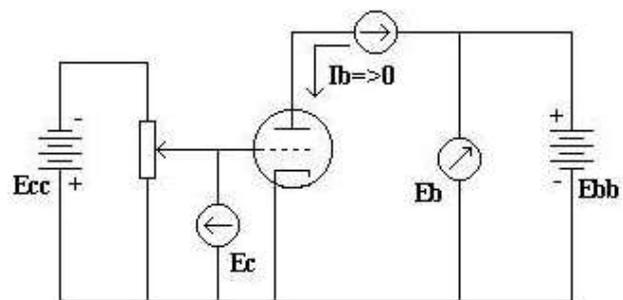
A introdução da grade de controle inserida entre cátodo e placa permite o controle efetivo da corrente que circula entre estes eletrodos.

É fácil constatar a eficiência deste controle quando admitimos que a grade está polarizada negativamente em relação ao cátodo.

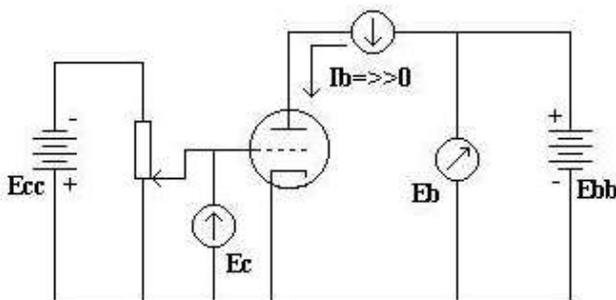
As figuras na sequência apresenta um circuito básico a tríodo com a grade polarizada com três valores de tensão negativa e um com tensão positiva e mantendo a tensão de placa fixa. Este circuito incorpora, agora, uma fonte de polarização negativa ajustável denominada Ecc. Nos circuitos práticos, a tensão de grade de controle E_c é obtida diretamente através de Ebb e não de Ecc. Na verdade, todas as tensões necessárias para polarizar os eletrodos de uma válvula são obtidas através de Ebb.



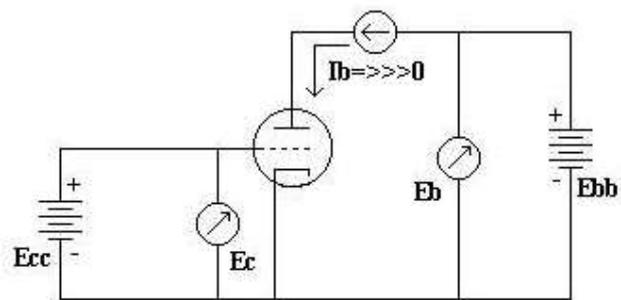
(A) Grade fortemente negativa: $I_b=0$ (corte)



(B) Grade medianamente negativa: $I_b=>0$



(C) Grade próxima de zero: $I_b=>>>0$



(D) Grade positiva: $I_b=>>>>0$ (saturada)



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

37

A figura (A) mostra o tríodo com uma tensão de polarização de grade fortemente negativa. Quando isto ocorre, não circula nenhuma corrente no circuito cátodo-placa. Diz-se, então, que o tríodo está no ponto de corte. Isto é evidente, pois estando a grade muito negativa é de se esperar que todos, ou quase todos, os elétrons emitidos pelo cátodo sejam repelidos pela grade.

A figura (B) mostra a grade de controle com uma tensão de polarização razoavelmente negativa. Nesta situação, o fluxo de corrente no circuito cátodo-placa é significativo.

Na figura (C) a tensão de negativa de polarização e grade é muito pequena, na verdade próxima de zero, e o fluxo de elétrons no circuito cátodo-placa é muito intenso. Em uma situação como esta, o tríodo está próximo do ponto de saturação.

Na figura (D), a grade está polarizada positivamente. Isto significa que todos os elétrons emitidos pelo cátodo são acelerados em direção à placa, não encontrando, neste percurso, nenhum elemento que limite o fluxo.

Nesta situação, a grade de controle perde sua função primordial e, a partir deste ponto, um aumento no sentido positivo da tensão de polarização de grade não significará um aumento na corrente de placa. A válvula está saturada.

Os limites de operação da válvula tríodo (ponto de corte e de saturação), bem como das demais válvulas, varia conforme o tipo.

Por exemplo, o duplo tríodo ECC82 entra em corte com $E_b=240V$ e $E_c=-18V$, enquanto a ECC83 entra em corte com $E_b=240V$ e $E_c=-3,5V$.

Nesta análise preliminar, mantivemos a tensão de placa E_b fixa, variando a tensão de polarização da grade de controle.

Observamos que para cada variação da tensão de grade E_c corresponde uma variação na corrente de placa I_b .

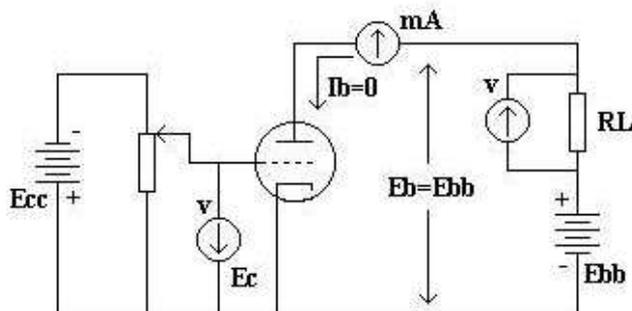
A esta altura podemos perguntar: quando a corrente de placa I_b varia o que acontece com a tensão de placa E_b ?

Para que esta questão possa ser avaliada é necessário modificar os circuitos mostrados nas figuras anteriores, inserindo um resistor em série com a placa e, em paralelo com este, um voltímetro.

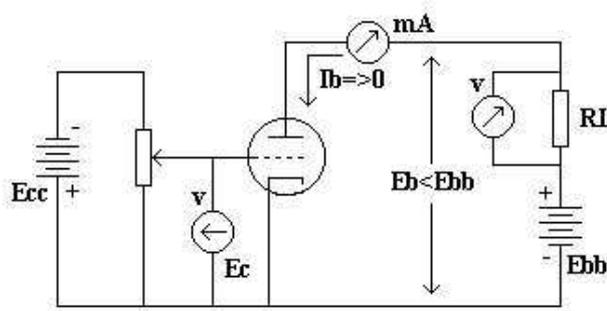
Este resistor é denominado resistor, ou resistência, de carga de placa.

Não confundir com "resistência de placa" (r_p), que é um parâmetro das válvulas tríodo e pêntodo e será abordado em breve.

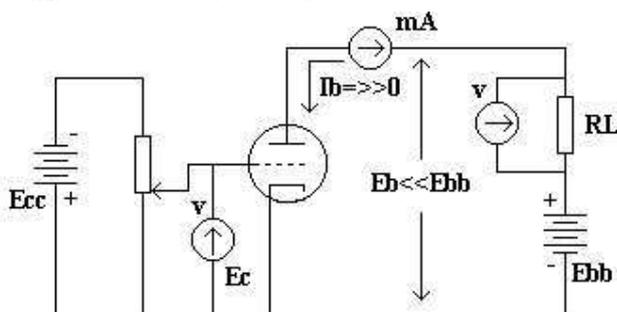
As figuras seguintes ilustram o que acontece com E_b e I_b , em termos de corrente contínua, quando variamos a tensão de polarização da grade de controle E_c obtida através de uma fonte.



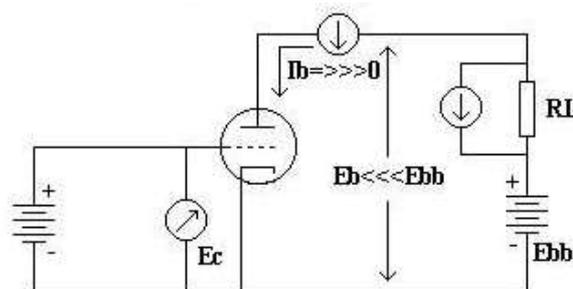
(A) Grade fortemente negativa: $I_b=0$, e nenhuma queda de tensão em RL. A tensão de placa E_b é igual a E_{bb} . O triodo está no corte.



(B) Grade medianamente negativa: $I_b \Rightarrow 0$ e alguma queda de tensão sobre RL. A tensão de placa E_b é inferior a E_{bb} . O triodo conduz normalmente.



(C) Grade próxima de zero: $I_b \Rightarrow \gg 0$ e queda de tensão sobre RL grande. A tensão de placa E_b é bastante inferior a E_{bb} . Triodo perto da saturação.



(D) Grade positiva: $I_b \Rightarrow \gg \gg 0$. A queda de tensão sobre RL é quase igual a E_{bb} . O triodo está saturado.

Curvas variação da corrente de placa

Os desenhos contidos nas figuras acima são auto-explicativos. Assim, podemos tirar outras conclusões do que foi exposto até aqui. Os circuitos mostrados nessas figuras se prestam para levantar experimentalmente as curvas características do triodo promovendo apenas uma modificação, que é colocar um reostato em paralelo com E_{bb} de modo ser possível variar E_b .

Vimos que existe um forte inter-relacionamento entre a tensão de polarização de grade E_c e a corrente de placa I_b e tensão de placa E_b . Assim, podemos construir um conjunto de curvas características para demonstrar a variação da corrente de placa I_b em função da variação da tensão de polarização de grade E_c ou tensão de placa E_b . Na verdade, as curvas características são de duas categorias:

- 1) curvas característica de placa e
- 2) curvas características de transferência.

Uma família de curvas características de placa da válvula ECC83 estão representadas na figura abaixo, que mostra a relação entre corrente de placa I_b e tensão de placa E_b com a tensão de polarização de uma grade EC constante.



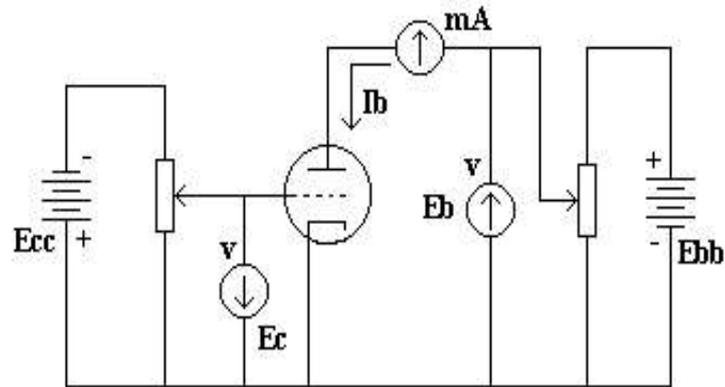
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

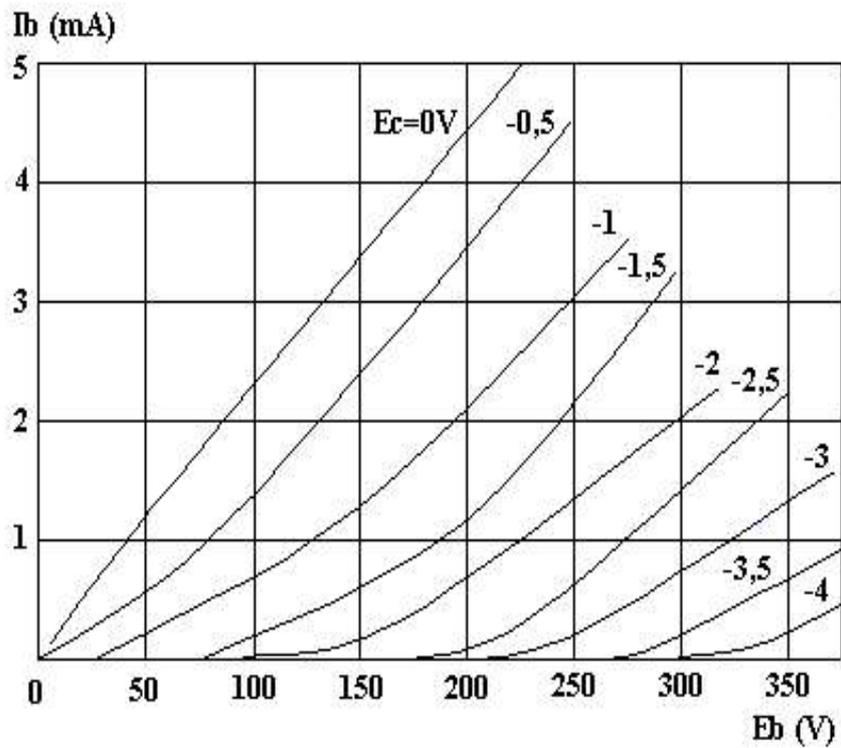
CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE

(Apostila 3)

39



Curvas características de placa duplo-tríodo ECC83





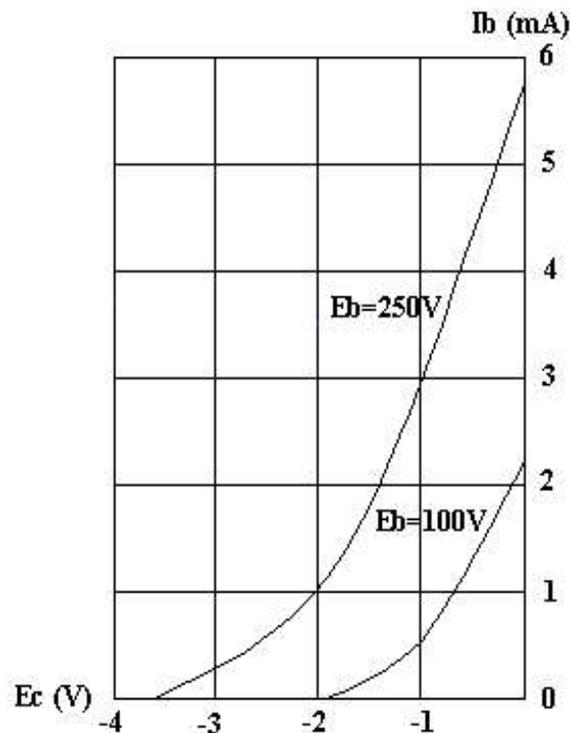
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

40

A figura na sequência, por outro lado, mostra a relação entre corrente de placa I_b e tensão de grade E_c para um valor constante de E_b da mesma válvula.

Visto que estas curvas mostram o efeito que as variações de tensão no circuito de grade provocam no circuito de placa são elas denominadas características de transferência ou mútua.



Curvas características de transferência duplo-tríodo ECC83

É muito importante ressaltar que estas famílias de curvas características representam as características "médias" de um determinado tipo de válvula.

Como as válvulas são dispositivos extremamente delicados, surgem imperfeições em alguns dos exemplares produzidos.

Não obstante, as famílias de curvas características são úteis e suficientemente precisas para se determinar graficamente o ponto de trabalho, a tensão de polarização de grade e as demais características de operação da válvula.

Um das diferenças entre as válvulas e os transistores está no valor das tensões de polarização.

A tensão da grade é sempre menor que a do catodo.

Quanto menor, menos corrente passa dentro da válvula. Como o sinal a ser amplificado é uma tensão alternada, ele faz a tensão da grade de controle variar.

Desta forma a corrente dentro da válvula varia e a tensão na placa da mesma também.

Assim o sinal que entrou na grade sai mais forte na placa.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 3)

41

Tipos de triodos antigos

Vários tipos de triodos primitivos de origem americana:

a) Tipo 205D fabricado pela WE em 1924

b) Tipo UV 201-A usando filamento de tungstênio puro

c) Tipo UX-201-A com filamento recoberto por óxido

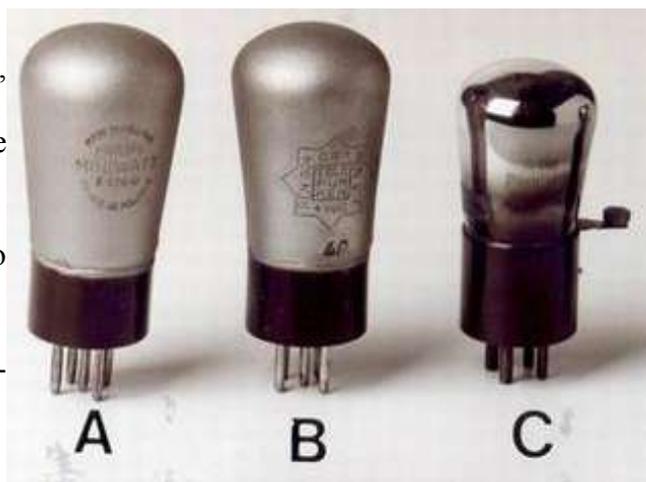


Vários tipos de triodos de origem européia, fabricados entre 1920-1930:

a) Tipo E424N, Philips usado como detector e amplificador

b) Tipo REN 904, Telefunken semelhante ao tipo E424N

c) Tipo A131, Philips usado em estágios de rádio-freqüência



Atualmente ainda são fabricadas válvulas de potência para radiofreqüência. Este tipo de válvula termiônica é utilizada em amplificadores de radiofreqüência e em transmissores de menos de um kilowatt até muitos kilowatt.

Estas válvulas são de construção moderna e aliam alta potência à robustez mecânica. A placa ou ânodo deste tipo de dispositivo é fabricada com grafite ou metais sinterizados. Isto se deve para suportar altas temperaturas e altas dissipações térmicas.

Algumas válvulas de alta potência possuem em suas composições ligas que contém alguns tipos de materiais cerâmicos e metálicos. Além da utilização em emissoras de radiodifusão e televisão algumas espécies de válvulas de potência ainda fabricadas são utilizadas em equipamentos de eletromedicina, como bisturís eletrônicos e equipamentos de diatermia para tratamento fisioterápico.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

42

Pêntodo

As modificações na estrutura dos eletrodos do tétrodo para formar o tétrodo foram para encorajar a formação de uma carga espacial entre a grade de blindagem e o ânodo.

Esta carga espacial evitou que os elétrons secundários originários do ânodo alcançassem a grade de blindagem.

O mesmo efeito pode ser obtido inserindo-se uma grade mantida no ou próximo ao potencial do cátodo entre a grade de blindagem e o ânodo. Como a função desta terceira grade é suprimir a emissão de elétrons secundários, ela é chamado grade supressora.

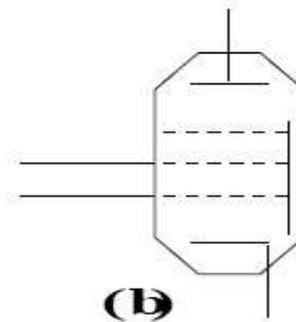
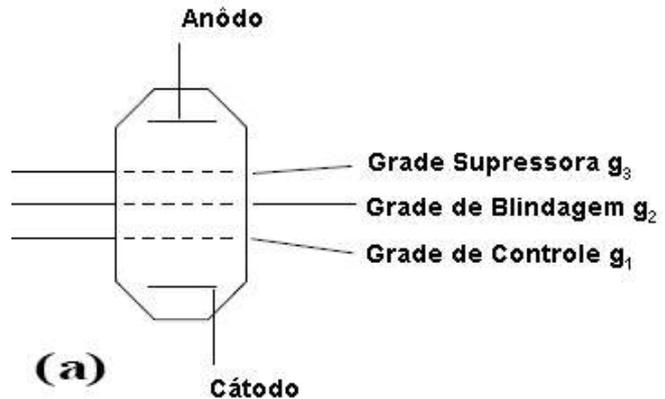
Ela é enrolada com um passo maior do que a grade de controle e a grade de blindagem.

O símbolo de um pêntodo é mostrado na figura ao lado (a).

Em virtude de a grade supressora ser normalmente operada no potencial do cátodo, ela é às vezes conectada internamente ao cátodo, conforme mostrado na figura ao lado(b).

Em 1926, B. Tellegan, trabalhando nos laboratórios da Philips, na Holanda inventa o pentodo, ou seja, uma válvula com um quinto eletrodo o qual era colocado entre a grade e a placa. Assim, denominado de grade supressora. Este novo arranjo estrutural permitiu atenuar os efeitos da emissão secundária encontrada no tetrodo, pois a grade supressora geralmente ligada ao cátodo, devido ao seu potencial negativo com relação à placa retarda a velocidade dos elétrons fazendo que os retornem a placa e, portanto não mais influenciando em suas características.

Nos pentodos de potência, a supressora torna possível ainda se obter maior amplificação de saída com menor tensão excitadora de grade bem como de placa. Estas excepcionais características são devidas ao grande ciclo de tensão de placa, pois esta poderá ser tão reduzida ou mesmo menor ainda do que a tensão do "screen" sem contudo representar perda considerável sobre o rendimento ou ganho do sinal.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

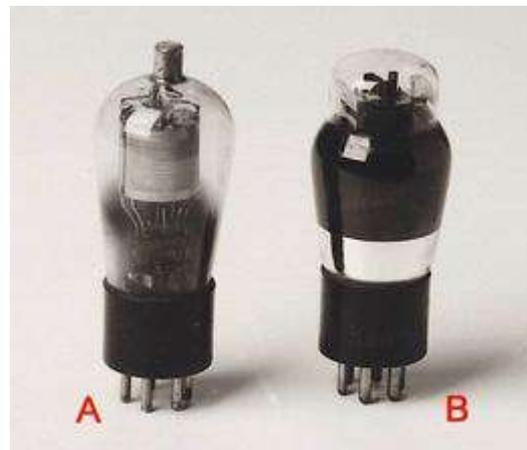
CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE

(Apostila 3)

43



Válvulas tipo pentodo de origem européia fabricadas pela Philips entre 1928-1935:
a) tipo B433 primeira válvula tipo pentodo fabricada no mundo
b) tipo AF-3 pentodo de um variável para RF com soquete tipo P



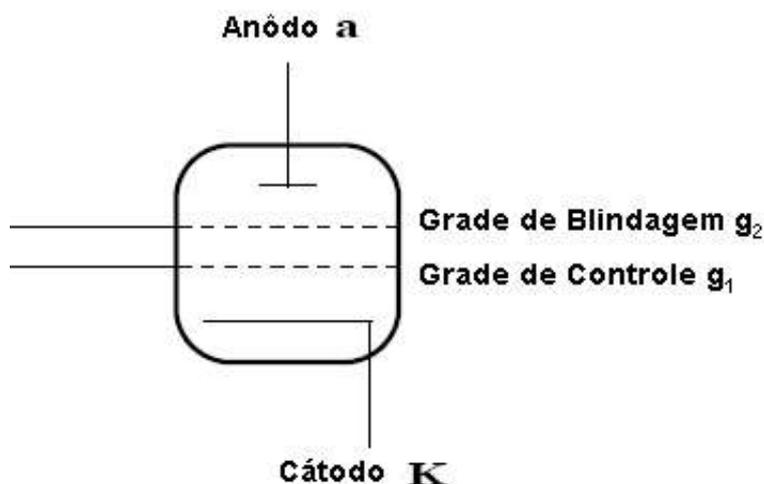
Válvulas Pentodo fabricadas nos EUA entre 1928-1935:
a) type 51
b) type 2A5

Tétrodo

O desempenho de um tríodo é limitado pelas capacitâncias intereletródicas.

Foi por esta razão que uma segunda grade, a grade de blindagem, foi inserida entre a grade de controle e o ânodo, e assim formou-se o tétrodo. A grade de blindagem reduz a capacitância grade para ânodo de cerca de 5 pF (típicos de um tríodo da época) para 0,01 pF. (A capacitância de grade para ânodo de um tríodo moderno é tipicamente 1,5 pF.)

O símbolo de circuito de um tétrodo é mostrado na figura ao lado.



Em virtude do efeito de blindagem das duas grades, a tensão de ânodo tem pouco efeito sobre a emissão de elétrons do cátodo. A grade de controle é mantida em baixo potencial negativo, por exemplo, até -10 V, que é variado pelo sinal aplicado para controlar a corrente de ânodo. A grade de blindagem é mantida em um potencial positivo constante mais alto, ou seja, +80 V, para acelerar os elétrons em direção ao ânodo.



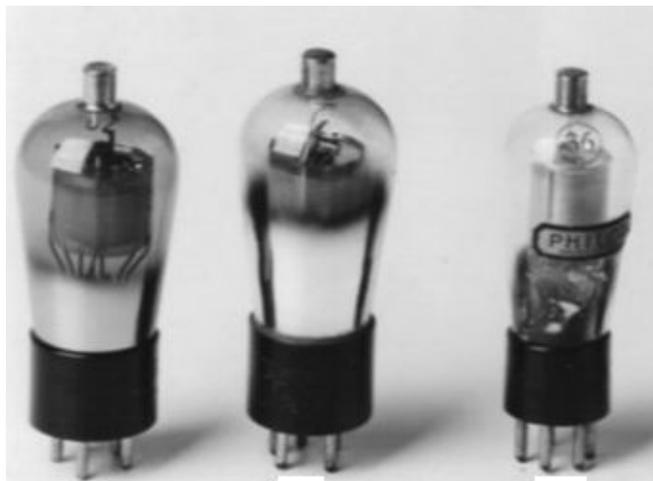
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 3)

44



A

B

C

*Diversos tipos de tétrodos de origem americana,
fabricados entre 1925-1933:*

a) Tipo 124

b) Tipo 35

c) Tipo 36



*Tétrodo de origem européia tipo A442
usado em estágios de RF, fabricado pela
Philips em 1928*

37 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão

Dopagem

De modo geral, um semicondutor é um material com capacidade variável de conduzir corrente elétrica. A maioria dos semicondutores é feita de um condutor pobre que teve **impurezas** (átomos de outro material) adicionadas a ele. O processo de adição de impurezas é chamado de **dopagem**.



No caso dos LEDs, o material condutor é normalmente **arseneto de alumínio e gálio** (AlGaAs). No arseneto de alumínio e gálio puro, todos os átomos se ligam perfeitamente a seus vizinhos, sem deixar **elétrons** (partículas com carga negativa) livres para conduzir corrente elétrica. No material dopado, átomos adicionais alteram o equilíbrio, adicionando elétrons livres ou criando **buracos** onde os elétrons podem ir. Qualquer destas adições pode tornar o material um melhor condutor.

Um semicondutor com elétrons extras é chamado **material tipo-N**, já que tem partículas extras carregadas **negativamente**. No material tipo-N, elétrons livres se movem da área carregada negativamente para uma área carregada **positivamente**.

Um semicondutor com buracos extras é chamado **material tipo-P**, já que ele efetivamente tem partículas extras carregadas positivamente. Os elétrons podem pular de buraco em buraco, movendo-se de uma área carregada negativamente para uma área carregada positivamente. Como resultado, os próprios buracos parecem se mover de uma área carregada positivamente para uma área carregada negativamente.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

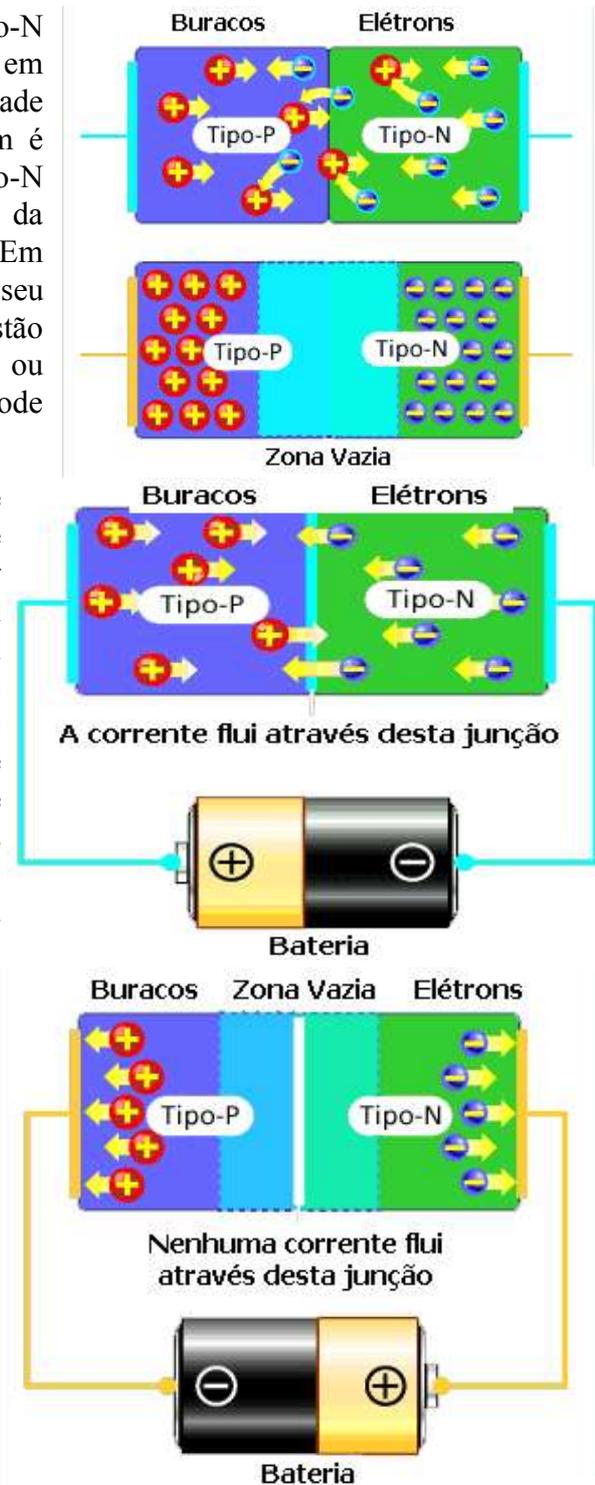
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 3)

45

Um diodo é composto por uma seção de material tipo-N ligado a uma seção de material tipo-P, com eletrodos em cada extremidade. Essa combinação conduz eletricidade apenas em um sentido. Quando nenhuma voltagem é aplicada ao diodo, os elétrons do material tipo-N preenchem os buracos do material tipo-P ao longo da junção entre as camadas, formando uma zona vazia. Em uma zona vazia, o material semiconductor volta ao seu estado isolante original - todos os buracos estão preenchidos, de modo que não haja elétrons livres ou espaços vazios para elétrons, e assim a carga não pode fluir.

Para se livrar da zona vazia, você precisa que elétrons se movam da área tipo-N para a área tipo-P e que buracos se movam no sentido inverso. Para fazer isto, você conecta o lado tipo-N do diodo ao terminal negativo do circuito e o lado tipo-P ao terminal positivo. Os elétrons livres no material tipo-N são repelidos pelo eletrodo negativo e atraídos para o eletrodo positivo. Os buracos no material tipo-P se movem no sentido contrário. Quando a diferença de potencial entre os eletrodos é alta o suficiente, os elétrons na zona vazia são retirados de seus buracos e começam a se mover livremente de novo. A zona vazia desaparece e a carga se move através do diodo. Se você tentar mover a corrente no sentido oposto, com o lado tipo-P conectado ao terminal negativo do circuito e o lado tipo-N conectado ao pólo positivo, a corrente não fluirá. Os elétrons negativos no material tipo-N são atraídos para o eletrodo positivo. Os buracos positivos no material tipo-P são atraídos para o eletrodo negativo. Nenhuma corrente flui através da junção porque os buracos e os elétrons estão cada um se movendo no sentido errado. A zona vazia então aumenta.

Quando o terminal positivo do circuito está ligado à camada tipo-N e o terminal negativo está ligado à camada tipo-P, elétrons livres são coletados em um terminal do diodo e os buracos são coletados em outro. A zona vazia se torna maior.



A interação entre elétrons e buracos nesta configuração tem um interessante efeito colateral - ela gera luz.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

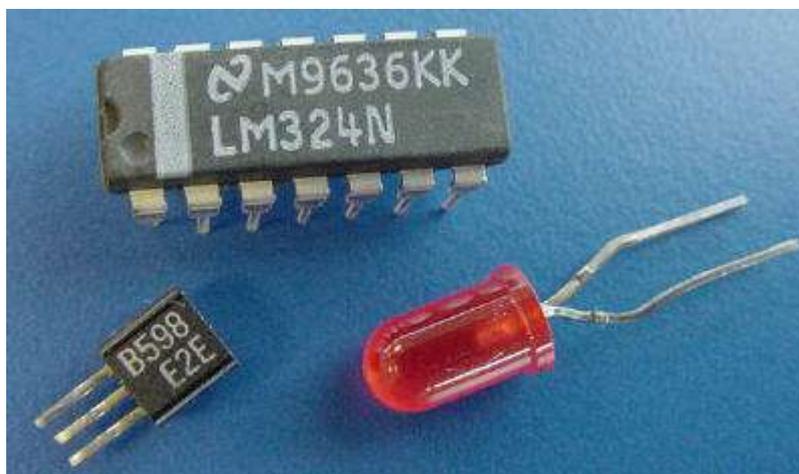
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

46

38 - descrever o funcionamento de um diodo semiconductor em um circuito

Os semicondutores têm tido um impacto incrível em nossa sociedade. Eles são encontrados nos chips de microprocessadores e em transistores. Tudo que é computadorizado ou que utiliza ondas de rádio depende de semicondutores.

Atualmente, a maioria dos chips semicondutores e transistores é produzida com **silício**. Você já deve ter ouvido expressões como "Vale do Silício" e "economia do silício", exatamente por isso o silício é o coração de qualquer aparelho eletrônico.



**Em sentido horário, de cima para baixo:
um chip, um LED e um transistor
são todos feitos de material semiconductor**

Um diodo age de forma a deixar passar corrente quando polarizado no sentido direto, e a bloquear a condução de corrente ao ser polarizado no sentido inverso. Com esta propriedade ele opera como elemento retificador (além de outras aplicações).

O silício é um semiconductor, termo que identifica o nível de condutividade para diferenciá-lo dos metais, e dos isolantes. A condutividade dos metais é ordens de grandeza maior do que a dos semicondutores. Já os isolantes são várias ordens de grandeza mais resistivos do que os semicondutores. Entretanto, a caracterização de um material semiconductor não é dada apenas pela sua condutividade. A característica fundamental de um semiconductor é possuir o que chamamos de banda proibida, que é uma região (em energia) que os elétrons não podem ocupar. Isto permite criarmos uma barreira de potencial para os elétrons (como a junção p-n) ao unirmos dois semicondutores com diferentes níveis de dopagem (outra característica dos semicondutores).

A barreira de potencial fica localizada no interior do dispositivo, e os elétrons precisam ultrapassar esta barreira para que a corrente possa passar. Podemos imaginar os elétrons como sendo carros, e uma montanha como sendo a barreira de potencial. É fácil descer a serra, mas para subir é necessário energia extra. No diodo também existe um sentido direto de passagem fácil de corrente e um sentido inverso que bloqueia a corrente.

Na verdade a situação é bem mais complicada e envolve a condução de dois tipos de portadores: os elétrons e os buracos.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

47

Os diodos, assim como qualquer componente eletrônico, operam em determinadas correntes elétricas que são especificadas em seu invólucro ou são dadas pelo fabricante em folhetos técnicos. Além da corrente, a tensão inversa (quando o diodo está polarizado inversamente) também é um fator que deve ser analisado para a montagem de um circuito e que tem suas especificidades fornecidas pelo fabricante. Se ele for alimentado com uma corrente ou tensão inversa superior a que ele suporta, o diodo pode danificar, ficando em curto ou em aberto. Utilizando de um ohmímetro ou um multímetro com teste de diodo, pode-se verificar se ele está com defeito. Colocando-se as ponteiros de prova desses aparelhos nas extremidades do diodo (catodo e anodo), verifica-se que existe condução quando se coloca a ponteira positiva no anodo e a negativa no catodo, além de indicar isolamento quando ocorre o inverso. Assim o diodo está em perfeitas condições de operação e com isso é possível a localização do catodo e do anodo, porém se os aparelhos de medição indicarem condução dos dois caminhos do diodo, ele está defeituoso e em curto. Se os aparelhos de medição indicarem isolamento nos dois caminhos, ele também está defeituoso e em aberto.

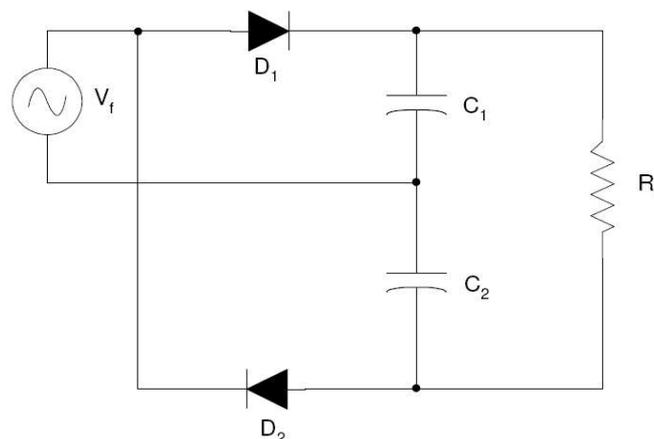
O fenômeno da condutividade em um só sentido é aproveitado como um chaveamento da corrente elétrica para a retificação de sinais senoidais, portanto, este é o efeito diodo semicondutor tão usado na eletrônica, pois permite que a corrente flua entre seus terminais apenas numa direção. Esta propriedade é utilizada em grande número de circuitos eletrônicos e nos retificadores.

Os retificadores são circuitos elétricos que convertem a tensão CA (AC) em tensão CC (DC). CA vem de Corrente alternada, significa que os elétrons circulam em dois sentidos, CC (DC), Corrente contínua, isto é circula num só sentido.

Além dos circuitos retificadores básicos, é possível elaborar outros tipos de circuitos de função específica com o diodo retificador.

Uma circuito retificador apresenta a desvantagem de fornecer um valor de tensão máximo limitado ao valor de pico da tensão CA aplicada à sua entrada. Com a adição de capacitores, que são dispositivos de armazenamento de energia, e de um número maior de diodos, é possível obter um circuito multiplicador de tensão, ou seja, um circuito que fornece uma tensão CC a partir de tensão CA, com um valor duas ou mais vezes maior que o valor de pico CA.

Circuito construído a partir de dois retificadores de meia-onda em conjunto com dois capacitores para proporcionar um valor de tensão combinado. Também denominado de detetor de pico-a-pico, fornece uma tensão CC de saída de duas vezes o valor da tensão de pico CA de entrada.



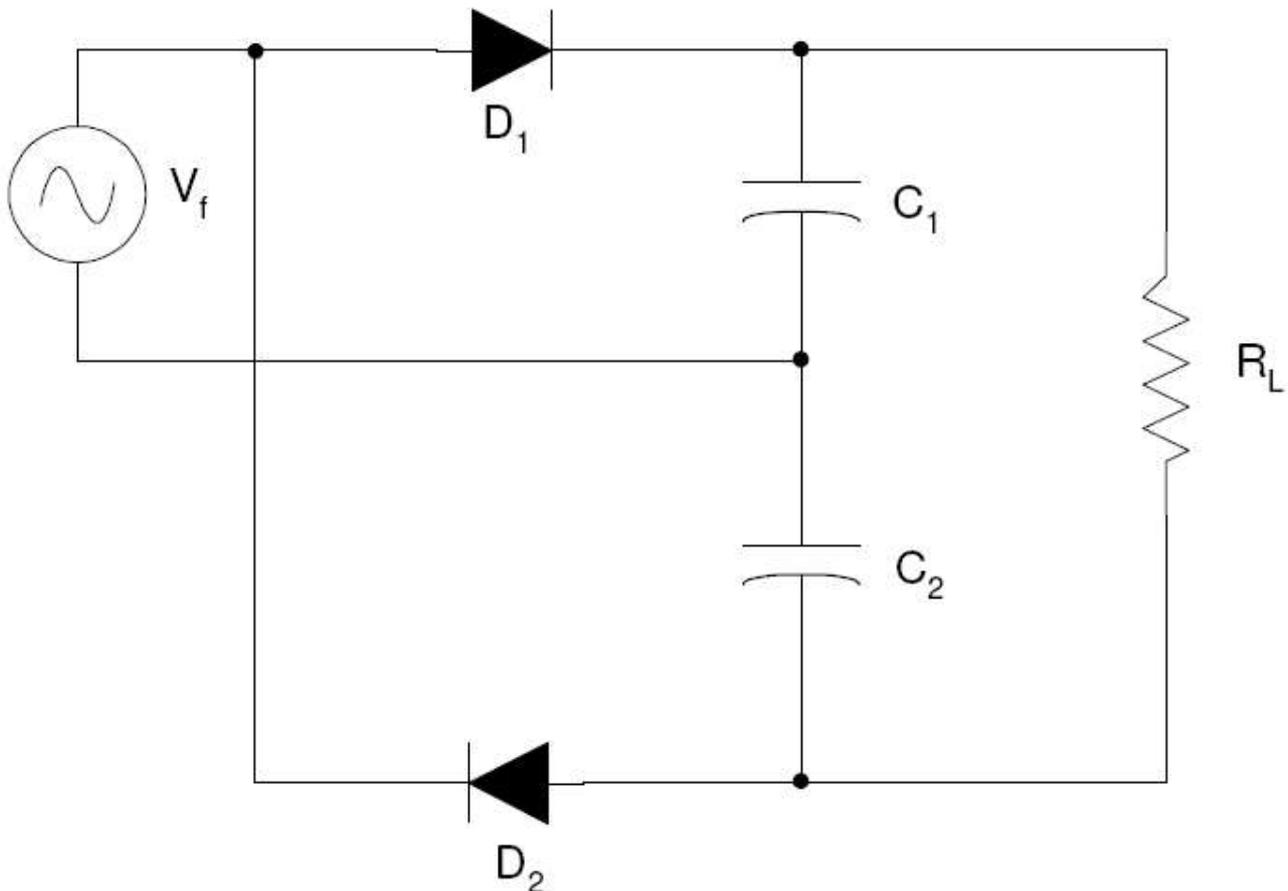


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 3)

48

Seu funcionamento se baseia no seguinte: em um semiciclo da tensão V_f , o diodo D_1 está polarizado diretamente, conduzindo a corrente, e o diodo D_2 está polarizado reversamente, bloqueando a passagem da corrente elétrica. Conseqüentemente, o capacitor C_1 está com a polaridade correta, carregando, e o capacitor C_2 com a polaridade invertida, descarregando, em série com a carga R_L . No semiciclo oposto, ocorre o contrário: diodo D_1 polarizado reversamente, bloqueando, diodo D_2 polarizado diretamente, conduzindo, capacitor C_1 com polaridade invertida, descarregando em série com a carga, e o capacitor C_2 com polaridade correta, carregando.



Em alternância com os semiciclos, um diodo conduz e outro bloqueia, e um capacitor carrega enquanto outro descarrega na carga a energia armazenada do semiciclo anterior.

Observar que o valor dos capacitores (capacitância) deve ser o maior possível, pois se a carga consumir um valor elevado de corrente não será possível manter o valor de tensão estável entre cada semiciclo, ocasionando ondulação.