

PRÁTICO EM ELETRÔNICA

José Fernando Xavier Faraco

Presidente da FIESC

Sérgio Roberto Arruda

Diretor Regional do SENAI/SC

Antônio José Carradore

Diretor de Educação e Tecnologia do SENAI/SC

Marco Antônio Dociatti

Diretor de Desenvolvimento Organizacional do SENAI/SC



Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional de Santa Catarina

PRÁTICO EM ELETRÔNICA

Florianópolis – 2004

É autorizada reprodução total ou parcial deste material por qualquer meio ou sistema desde que a fonte seja citada

Equipe Técnica:

Organizadores:

Afonso Celso Schmitz Junior
Adilson Jair Cardoso

Coordenação:

Adriano Fernandes Cardoso
Osvair Almeida Matos
Roberto Rodrigues de Menezes Junior

Produção Gráfica:

César Augusto Lopes Júnior

Capa:

César Augusto Lopes Júnior

Solicitação de Apostilas: Mat-didat@sc.senai.br

S474p

SENAI. SC. Prático em Eletrônica.
Florianópolis: SENAI/SC, 2004. 90 p.

1. Eletrônica.
I. Título.

CDU: 621.38

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional de Santa Catarina
www.sc.senai.br

Rodovia Admar Gonzaga, 2765 – Itacorubi.
CEP 88034-001 - Florianópolis - SC
Fone: (048) 231-4290
Fax: (048) 234-5222

SUMÁRIO

1 Tensão, Corrente e Resistência Elétrica	7
1.1 Tensão Elétrica	7
1.2 Corrente Elétrica	9
1.3 Resistência Elétrica	9
2 Equipamentos de Bancada	10
2.1 Gerador de função	10
2.2 Osciloscópio	11
3 Lei de Ohm	15
4 Resistores: Classificação e Identificação	16
4.1 Características dos Resistores	16
4.2 Simbologia	17
4.3 Tipos de Resistores	17
4.4 Código de Cores para Resistores	18
5 Capacitor	21
5.1 Capacitância	21
5.2 Tipos de Capacitores	22
5.3 Código de Cores para Capacitores	23
5.4 Reatância Capacitiva	24
5.5 Relação de Fase Entre Tensão e Corrente num Capacitor	25
5.6 Associação De Capacitores	25
5.7 Associação Paralelo	25
6 Semicondutores	26
6.1 Estrutura Química dos Semicondutores	26
6.2 Dopagem	27
6.3 Diodo Semicondutor	28
6.4 Retificação de meia onda	31
6.5 Retificador De Onda Completa	33
7 Fontes de Tensão não Reguladas	37
7.1 Filtros nas Fontes de Alimentação	37
7.2 O Capacitor como Elemento de Filtro	37
8 Reguladores de Tensão Integrados da Família 78xx e 79xx	40
8.1 Regulador de Tensão 78xx	40
8.2 Regulador de Tensão 79xx	42
9 Transistor Bipolar	43
9.1 Tipos de Transistores Bipolar	43
9.2 Teste de Transistores	44
9.3 Transistor como Chave	44
9.4 Determinação dos Resistores	44
9.5 Transistor como Amplificador	45
9.6 Determinação Dos Resistores Polarizadores	45
10 Transistor de Efeito de Campo (J-FET)	47
10.1 Princípio de Funcionamento	47
10.2 Parâmetros Básicos	48
10.3 Simbologia	48
10.4 Polarização	48
10.5 Circuito Típico	49
11 Transistor de Unijunção	50
11.1 Simbologia	50
11.2 Princípio De Funcionamento	50
11.3 Oscilador de Relaxação	51

12 Timer 555.....	52
12.1 Princípio De Funcionamento	52
12.2 Multivibrador Monoestável	53
12.3 Multivibrador Astável	54
13 Amplificador Operacional.....	56
13.1 Amplificador Inversor	56
13.2 Amplificador não Inversor	57
14 Tiristores.....	58
14.1 SCR	58
14.2 TRIAC	58
14.3 DIAC	59
15 Componentes Eletrônicos Especiais	60
15.1 Termistores	60
15.2 PTC (Positive Temperature Coeficient)	60
15.3 NTC (Negative Temperature Coeficient)	61
15.4 LDR.....	61
15.5 Fotodiodo.....	62
15.6 Fototransistor	62
15.7 Diodo Emissor de Luz (LED)	62
15.8 Varistor	63
16 Eletrônica Básica - Laboratório.....	64
Referências Bibliográficas	89

1 TENSÃO, CORRENTE E RESISTÊNCIA ELÉTRICA.

1.1 Tensão Elétrica

É a força que impulsiona os elétrons num circuito fechado, também é chamada de ddp (diferença de potencial).

A unidade no S.I. é o Volt, com o símbolo V, podendo ainda ser representada por "E" ou "U".

Diz-se que a tensão é CC (corrente contínua) quando permanece constante no tempo, não mudando de valor com o decorrer do tempo.

Exemplo: Pilha, bateria, etc.

Quando a tensão muda de valor periodicamente no tempo, é então denominada de tensão CA (corrente alternada).

Exemplo: Tensão elétrica fornecida pela Celesc (220V/60Hz).

A tensão da rede possui uma forma de onda senoidal, respeitando a relação: $V = V_{\max} \cdot \sin(\alpha)$; onde:

V = Tensão instantânea

V_{\max} = Tensão de pico

Entre 0 e 180° (π radianos) a tensão varia de zero a V_{\max} e volta a zero, fazendo com que a corrente seja variável e flua em um determinado sentido. Entre 180° (π radianos) e 360° (2π radianos) ocorre a mesma variação de amplitude, entretanto com sinal contrário, forçando uma corrente em sentido contrário ao anterior. Esta inversão de fluxo de corrente caracteriza uma onda alternada.

A amplitude em qualquer ponto da senoide pode ser determinada bastando para isto conhecermos a V_{\max} e o ângulo onde se deseja conhecer a amplitude.

Para o estudo da tensão alternada é ainda necessária a definição de alguns parâmetros.

1.1.1 Período

É o intervalo de tempo que a forma de onda leva para descrever um ciclo, ou seja, é o intervalo de tempo compreendido entre o início da forma de onda e o final da mesma.

1.1.2 Freqüência

Equivale ao número de vezes que a forma de onda se repete em um intervalo de tempo. A unidade de freqüência é o Hertz, representado por Hz, que define o número de vezes que a forma de onda se repete em um período de um segundo.

A relação entre período e freqüência é:

$$f = \frac{1}{T}$$

Onde:

f – freqüência em Hertz

T – período em segundos

1.1.3 Valor Médio

O valor médio de uma onda periódica é um quociente entre área e tempo - a área sendo aquela entre a forma de onda correspondente e o eixo dos tempos durante um período, e o tempo sendo um período. As áreas acima do eixo dos tempos são positivas e as áreas abaixo negativas. As áreas devem ser algebricamente somadas, para se obter a área total.

No caso da senóide, que é periódica e simétrica, seu valor médio é igual a zero, pois as áreas acima e abaixo do eixo dos tempos são iguais.

Por definição temos que o valor médio é dado por:

$$V_{\text{medio}} = \frac{1}{T} \left(\int_0^T f(x) dx \right)$$

1.1.4 Valor Eficaz

Embora as correntes e tensões periódicas variem com o tempo, é conveniente associá-las a valores específicos chamados valores eficazes.

Por definição, o valor eficaz de uma corrente ou tensão periódica é equivalente ao valor de uma tensão ou corrente contínua positiva que produz a mesma perda de potência média em um resistor.

A relação entre o valor eficaz e a tensão periódica é:

$$V_{\text{eficaz}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \quad (\text{somente para senóide})$$

O valor eficaz de uma forma de onda periódica é determinado através da expressão:

$$V_{\text{eficaz}} = \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T (f(x))^2 . dx}$$

1.1.5 Tensão de Pico (V_p)

A definição de tensão de pico é bastante utilizada durante a realização de medidas com osciloscópio, sendo referente a maior tensão medida dentro de um período da forma de onda. No caso da senóide é o valor V_{max} .

1.1.6 Tensão Pico-a-Pico (V_{pp})

A definição de tensão pico-a-pico é também muito utilizada em medidas com osciloscópio, sendo referente à diferença entre a maior tensão positiva e a maior tensão negativa medida dentro de um período da forma de onda.

1.1.7 Tensão Alternada no Multímetro

Diferentemente do osciloscópio, a tensão alternada medida com o multímetro é a tensão rms ou eficaz, sendo desconsiderada a tensão de pico. Entretanto um cuidado especial deve ser tomado com relação a frequência que se está medindo a sua forma de onda; normalmente os multímetros digitais do mercado tem sua faixa de frequências restrita a 400 Hz (senoidal). As medidas feitas fora destas especificações serão erradas.

1.2 Corrente Elétrica

É o movimento dos elétrons num circuito fechado. A unidade no S.I. é o Ampère, com o símbolo I.

A corrente será denominada CC, quando circular num único sentido. Se inverter o sentido de circulação periodicamente, será denominada CA.

A corrente CC possui dois sentidos de circulação, a saber:

- *Convencional*: Vai do polo positivo (+) da fonte, para o polo negativo (-) da fonte.
- *Eletrônico*: Vai do polo negativo (-) da fonte, para o polo positivo (+) da fonte.

1.3 Resistência Elétrica

É a propriedade dos materiais de se oporem à circulação da corrente elétrica.

A unidade no S.I. é o Ohm, com o símbolo Ω . Em virtude da letra grega ômega (Ω) não ser muito comum em máquinas de escrever, ela é normalmente substituída pelas letras R, K e M; respectivamente ohms, kilohms e megaohms.

Exemplo: $10R = 10 \Omega$

$10K = 10 K \Omega$

$10M = 10 M \Omega$

2 EQUIPAMENTOS DE BANCADA

São equipamentos destinados a alimentação e medição dos mais diversos circuitos eletrônicos, sendo utilizados tanto nos testes de protótipos bem como em manutenção e reparação de equipamentos defeituosos.

2.1 Gerador de função

É um equipamento que gera formas de onda quadrada, senoidal, triangular, dente de serra, etc. Estas formas de onda irão simular os sinais de entrada nos circuitos eletrônicos, com a finalidade de determinar se o circuito em questão está desempenhando sua função de maneira correta ou não.

Com a ajuda do gerador de funções fica mais fácil e preciso determinar a parte do circuito que está inoperante.

Como exemplo de gerador de funções iremos utilizar o SGF2000B da Servus Tecnologia e informática.

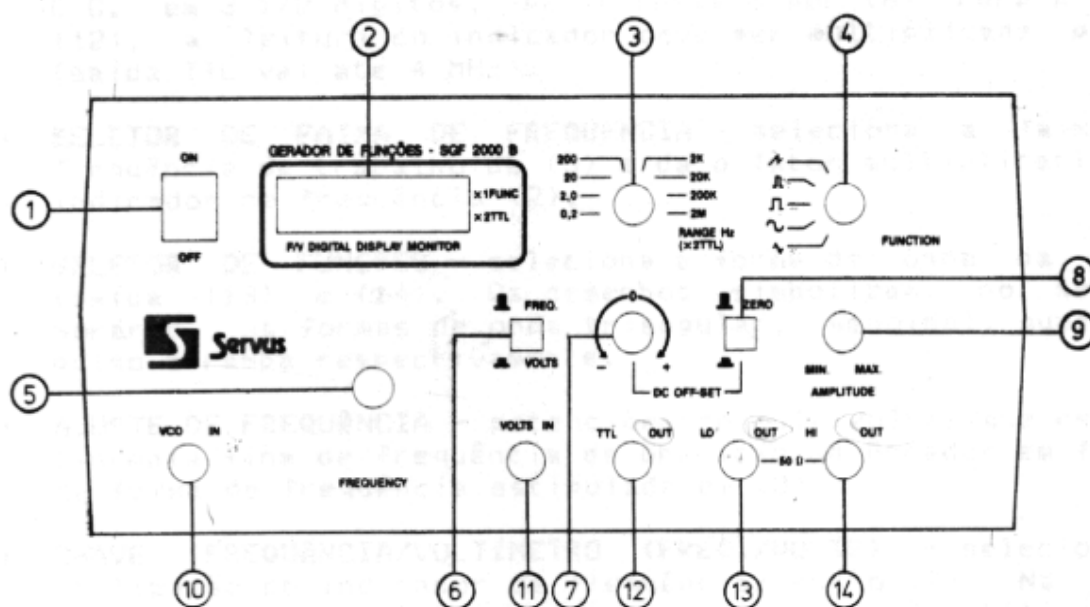


Figura 1 – Painel frontal do gerador de funções

Descrição das partes componentes do painel frontal

1. *Chave Liga-Desliga*: Tem por função energizar o equipamento, permitindo que o mesmo possa funcionar.
2. *Indicador de frequência/tensão*: Tem por função indicar a frequência do sinal gerado, sendo isto feito em display de leds com 3 dígitos. No caso de se utilizar a saída TTL deve-se multiplicar o valor lido no display por dois (2). O display indica também a leitura de tensão, neste caso a indicação será feita em 3 1/2 dígitos.
3. *Seletor de faixa de frequência*: Seleciona a máxima frequência gerada pelo equipamento, ou seja, seleciona o fundo de escala.
4. *Seletor de funções*: Seleciona a forma de onda que será gerada e entregue em uma das saídas do equipamento.
5. *Ajuste de frequência*: Proporciona um ajuste fino de frequência dentro da faixa selecionada em (3).

6. *Chave frequência/voltímetro*: Seleciona se o display irá mostrar a frequência do sinal gerado ou se irá mostrar o valor de tensão cc lida.
7. *Ajuste de nível de tensão cc (dc off set)*: Determina o valor da tensão de referência, ou seja, determina se o sinal gerado irá ser colocado sobre 0Vcc (zero volts cc) ou qualquer outro valor de tensão positiva ou negativa.
8. *Chave de liberação do ajuste de nível de tensão cc*: Chave que libera ou não o ajuste de off set. Quando não liberado, o sinal de saída será sempre simétrico e em torno do nível zero.
9. *Ajuste de amplitude*: Determina o valor da tensão do sinal gerado.
10. *Entrada de modulação de frequência (Vco)*: Entrada de tensão cc que irá modificar a frequência do sinal gerado em função da amplitude da tensão presente neste terminal.
11. *Entrada do voltímetro cc (Volts)*: Entrada para medição de tensão, que irá ser realizada pelo voltímetro interno ao equipamento, quando selecionado por (6).
12. *Saída de pulso compatível TTL*: Saída que permite excitar circuitos em nível TTL, sendo assim a tensão nunca será superior a 5 Vcc.
13. *Saída em baixa tensão (Lo out)*: Saída do sinal gerado, com amplitude que varia de -1 V à +1 V.
14. *Saída em alta tensão (Hi out)*: Saída do sinal gerado, com amplitude que varia de -10 V à +10 V.

2.2 Osciloscópio

É um equipamento destinado a medição de tensões cc e ca. As grandezas medidas serão lidas sob a forma de figuras em uma tela. Estas figuras são formadas unicamente pelo movimento rápido de um ponto na horizontal e vertical, semelhante a um aparelho de TV.

O painel do Osciloscópio e a função de seus controles

Os controles do osciloscópio podem ser divididos em três grupos principais:

- Controles de ajuste do traço ou ponto na tela;
- Controles e entrada de atuação vertical;
- Controles e entrada de atuação horizontal;

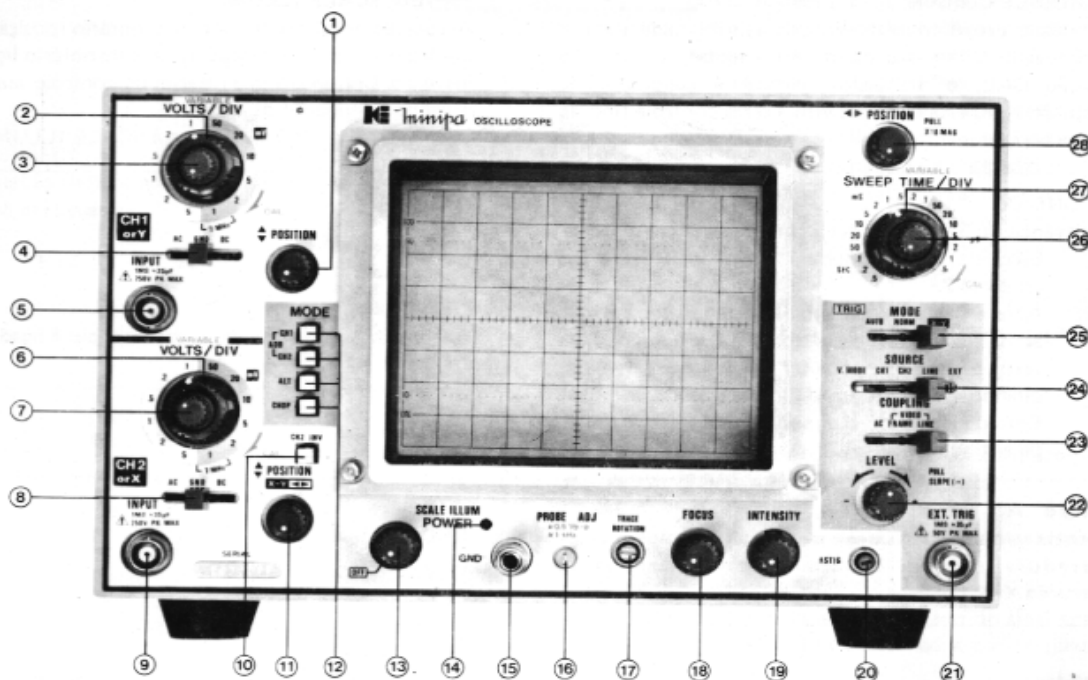


Figura 2 – Painel frontal do osciloscópio

Controles de ajuste do traço ou ponto na tela

19 – *Brilho ou luminosidade (Brightness ou intensity)*: Ajusta a luminosidade do ponto ou traço. Em alguns osciloscópios está acoplado a chave liga/desliga. Deve-se evitar brilho excessivo, pois a tela pode ser danificada.

18 – *Foco (focus)*: Ajusta a nitidez do ponto ou traço luminoso, podendo ser ajustado para se obter um traço fino e nítido na tela. O brilho e o foco são ajustes básicos que são realizados sempre que se usa o osciloscópio.

Ñ – *Iluminação da retícula (scale illumination)*: Permite iluminar as divisões traçadas na tela.

Controles e entrada de atuação vertical

5/9 – *Entrada de sinal vertical (input)*: Nesta entrada é conectada a ponta de prova do osciloscópio. As variações de tensão aplicadas nesta entrada aparecem sob a forma de figuras na tela do osciloscópio.

4/8 – *Chave de seleção do modo de entrada (ca-cc ou ac-dc)*: Esta chave é selecionada de acordo com o tipo de forma de onda a ser observada. Em alguns osciloscópios esta chave tem três posições (ca-0-cc ou ca-GND-cc). A posição "0" ou "GND" é usada para a realização de ajustes do osciloscópio em algumas situações.

3/7 – *Chave seletora de ganho vertical (V gain ou V/div)*: Através desta chave seletora é possível aumentar ou diminuir a amplitude de uma projeção na tela do osciloscópio. Para permitir um maior detalhamento da forma de onda.

2/6 – *Ajuste fino do ganho vertical (fine - variable ou vernier)*: Tem a mesma função da chave seletora de ganho vertical, mas, enquanto esta viria a amplitude em passos, o ajuste fino permite a variação linear da amplitude.

1/11 – *Posição vertical (position)*: Permite movimentar a projeção mais para cima ou mais para baixo na tela. A movimentação não interfere na forma da figura projetada na tela.

Controles de atuação horizontal

27 – *Chave seletora na base de tempo (H. sweep)*: É o controle que permite variar o tempo de deslocamento horizontal do ponto na tela. Através deste controle pode-se ampliar ou reduzir horizontalmente uma figura na tela. Em alguns osciloscópios esta chave seletora tem uma posição identificadora como EXT (externa) possibilitando que o deslocamento horizontal do ponto seja controlado por um circuito externo ao osciloscópio, através de uma entrada específica. Quando a posição externa é selecionada não há formação do traço na tela, obtendo-se apenas um ponto.

26 – *Ajuste Fino (Variable)*: Este controle permite um ajuste mais preciso do tempo de deslocamento do ponto na tela. Atua em conjunto com a chave seletora da base de tempo.

28 – *Posição horizontal (H. position)*: É o ajuste que permite centrar horizontalmente a forma de onda na tela. Girando-se o controle a forma de onda desloca-se para a esquerda ou para a direita.

Controles e entrada de sincronismo

São controles que permitem fixar a forma de onda na tela. Estes controles são utilizados principalmente na observação de sinais alternados. Estes controles serão analisados por ocasião da utilização do osciloscópio na medida de tensão ca.

Os controles de sincronismo são:

21 – Chave seletora de fonte de sincronismo;

25 – Chave de modo de sincronismo;

22 – Controle do nível de sincronismo;

24 – Chave seletora de fonte.

Seleciona onde será tomado o sinal de sincronismo necessário para fixar a imagem na tela do osciloscópio. Normalmente possui quatro posições:

CH1 - Sincronismo controlado pelo sinal do canal 1

CH2 - Sincronismo controlado pelo sinal do canal 2

Rede - Sincronismo baseado na frequência da rede de alimentação do osciloscópio

Externo - Sincronismo controlado por equipamento externo ao osciloscópio.

25 – Chave de modo de sincronismo

Normalmente esta chave tem duas ou três posições:

Auto - Nesta posição o osciloscópio realiza o sincronismo automaticamente, em função da fonte de sincronismo selecionada;

Normal + e Normal – Nestas posições o sincronismo é ajustado manualmente através do controle de nível de sincronismo (level).

Pontas de Prova

São utilizadas para interligar o osciloscópio aos pontos de medida. Uma das extremidades é conectada a uma das entradas do osciloscópio através de um conector e a extremidade livre é conectada aos pontos de medida.

A extremidade livre tem uma garra jacaré, denominada terra da ponta de prova, que deve ser conectada ao terra do circuito, e uma ponta de entrada de sinal que deve ser conectada no ponto que se deseja medir.

Existem dois tipos de ponta de prova:

- Ponta de prova 1:1
- Ponta de prova 1:10

A ponta 1:1 aplica à entrada do osciloscópio a mesma tensão da forma de onda que é aplicada a ponta de medição, enquanto que a 1:10 atenua em dez vezes esta tensão.

Osciloscópios de duplo traço

Seu funcionamento e ajustes são semelhantes ao osciloscópio simples, com a diferença que alguns dos controles são duplos, um para cada canal.

3 LEI DE OHM

Essa lei determina a relação entre a corrente, tensão e resistência elétrica.

Segundo a lei de ohm a corrente é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional à resistência. Matematicamente teremos:

$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{ampère})$$

Desta fórmula básica retiramos mais duas. Quando desejamos saber a resistência e conhecemos a tensão e a corrente, a fórmula será:

$$R = \frac{V}{I} \quad (\text{ohm})$$

Quando desejamos saber o valor da tensão presente em um resistor, e conhecemos o valor do resistor e da corrente que circula pelo mesmo, a fórmula será:

$$V = R.I \quad (\text{volt})$$

Combinação das resistências

Para satisfazer certas condições em circuitos devemos recorrer a combinações de resistências, estas podem ser em série, paralela ou mista.

Características das ligações em série:

- A corrente é a mesma para todas as resistências;
- A soma das tensões sobre os resistores é igual a da fonte;
- A tensão normal sobre o resistor é proporcional ao valor da resistência;
- As várias resistências podem ser substituídas por uma única resistência.

Características das ligações em paralelo:

- As resistências estão sujeitas a mesma tensão aplicada a associação;
- A Σ das correntes que passa em cada resistência, é igual a corrente da associação;
- Nesta associação a resistência equivalente é menor que a menor resistência da associação;
- O inverso da resistência equivalente é igual a Σ do inverso da resistência da associação em paralelo.

Potência elétrica: é uma grandeza freqüentemente utilizada para cálculos de circuitos.

Potência é o trabalho realizado em função do tempo, é obtido do produto da tensão e da corrente em circuito CC.

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad P = I^2 \cdot R \quad \rightarrow \quad P = \frac{V^2}{R} \quad (\text{watt})$$

4 RESISTORES: CLASSIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO

São componentes utilizados em eletrônica com a finalidade de limitar a corrente elétrica. A figura 03 mostra alguns resistores.



Figura 3 – Resistores de 4 e 5 anéis

Obs: Pelo controle da corrente é possível reduzir ou dividir tensões.

4.1 Características dos Resistores

Os resistores possuem características elétricas importantes, através das quais se distinguem uns dos outros:

4.1.1 Resistência Ôhmica

É o valor específico de resistência do componente. Os resistores são fabricados em valores padronizados, estabelecido por norma, nos seguintes valores base:

10 - 12 - 15 - 18 - 22 - 27 - 33 - 39 - 47 - 56 - 62 - 68 - 82

A faixa completa de valores de resistência se obtém multiplicando-se os valores base por:

0,01 - 0,1 - 1 - 10 - 100 - 1K - 10K - 100K

4.1.2 Percentual de Tolerância

Os resistores estão sujeitos a diferenças no seu valor específico de resistência, devido ao processo de fabricação. Estas diferenças situam-se em cinco (5) faixas:

- a) Mais ou menos 20% de tolerância;
- b) Mais ou menos 10% de tolerância;
- c) Mais ou menos 5% de tolerância;
- d) Mais ou menos 2% de tolerância;
- e) Mais ou menos 1% de tolerância.

Os resistores com 20%, 10% e 5% de tolerância são considerados comuns, os de 2% e 1% são considerados de precisão.

O percentual de tolerância indica a variação que o componente pode apresentar em relação ao valor padronizado impresso em seu corpo.

4.1.3 Potência

Define a capacidade de dissipação de calor do resistor, sendo esse valor uma função da tensão e da corrente a que ele está submetido.

4.2 Simbologia

A figura 04 mostra a representação de resistores em circuitos eletrônicos.

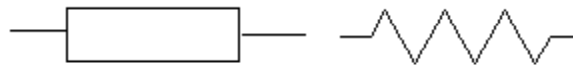


Figura 4 – Simbologia de um resistor

4.3 Tipos de Resistores

Existem três tipos de resistores quanto a constituição:

- a) Resistores de filme de carbono;
- b) Resistores de carvão;
- c) Resistores de fio.

Resistor de Filme de Carbono

Também é conhecido como resistor de película, sendo constituído por um corpo cilíndrico de cerâmica que serve como base para uma fina camada espiral de material resistivo (filme de carbono) que determina seu valor ôhmico.

O corpo do resistor pronto recebe um revestimento que dá acabamento na fabricação e isola o filme de carbono da ação da umidade.

Suas principais características são a precisão e estabilidade do valor resistivo.

4.3.1 Resistor de Carvão

É constituído por um corpo cilíndrico de porcelana. No interior da porcelana são comprimidas partículas de carvão que definem a resistência do componente. Os valores de resistência não são precisos.

4.3.2 Resistores de Fio

Constitui-se de um corpo de porcelana ou cerâmica que serve como base. Sobre o corpo é enrolado um fio especial (por exemplo, níquel-cromo) cujo comprimento e seção determinam o valor do resistor. Os resistores de fio têm capacidade para trabalhar com maiores valores de corrente, produzindo normalmente uma grande quantidade de calor quando em funcionamento.

Cada um dos tipos tem, de acordo com a sua constituição, características que os tornam mais adequados que os outros em sua classe de aplicação.

Quanto à construção os resistores são divididos em três grupos:

- Resistores fixos
- Resistores ajustáveis
- Resistores variáveis

4.3.3 Resistores Fixos

São resistores cujo valor ôhmico já vem definido de fábrica, não sendo possível alterá-los.

4.3.4 Resistores Ajustáveis

São resistores que permitem que se atue sobre seu valor ôhmico, alterando-o conforme for necessário. Uma vez definido o valor, o resistor é lacrado e não se atua mais sobre o mesmo.

É utilizado em pontos de ajuste ou calibração de equipamentos.

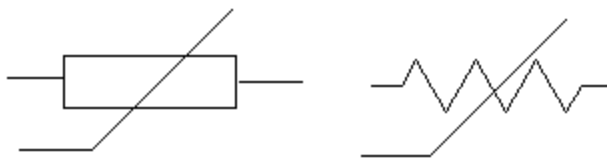


Figura 5 – Simbologia do resistor ajustável

Em baixa potência temos também esse tipo de resistor, sendo denominado de trimpot, podendo ser de uma ou várias voltas (multivoltas).

4.3.5 Resistores Variáveis

São resistores que permitem que se atue sobre o seu valor ôhmico, sendo utilizados onde se necessite de um constante ajuste da resistência. A denominação utilizada para os mesmos é potenciômetro.

Estes resistores são empregados, por exemplo, no controle de volume de televisores, rádios, etc.

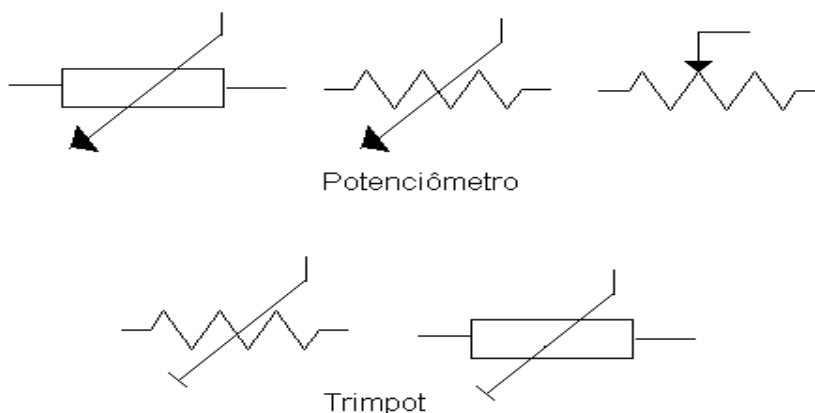


Figura 6 – Simbologia de potenciômetro e trimpot

4.4 Código de Cores para Resistores

O valor ôhmico dos resistores e sua tolerância podem ser impressos no corpo do componente, através de anéis coloridos.

A cor de cada anel e a sua posição com relação aos demais anéis, corretamente interpretada fornece dados que distinguem os resistores.

A disposição das cores em forma de anéis possibilita que o valor do componente seja lido de qualquer posição.

4.4.1 Interpretação Do Código De Cores.

Existem no mercado atualmente resistores de quatro e cinco anéis, neste item estudaremos a decodificação do código de cores para esses componentes.

Resistores de Quatro Anéis.

O código se compõe de três anéis utilizados para representar o valor ôhmico, e um para representar o percentual de tolerância.

O primeiro anel a ser lido é aquele que estiver mais próximo de uma das extremidades do componente. Seguem na ordem o 2º, 3º, e 4º anel colorido.



Figura 7 – Resistores de 4 anéis

Sendo assim:

- 1º anel = 1º número significativo;
- 2º anel = 2º número significativo;
- 3º anel = multiplicador (número de zeros);
- 4º anel = tolerância.

Tabela 1 – Decodificação de resistores de 4 anéis

COR	NÚMERO SIGNIFICADO	MULTIPLICADOR	TOLERÂNCIA
Preto	0	X 1	
Marrom	1	X 10	
Vermelho	2	X 100	
Laranja	3	X 1K	
Amarelo	4	X 10K	
Verde	5	X 100K	
Azul	6		
Violeta	7		
Cinza	8		
Branco	9		
Ouro		X 0,1	±5%
Prata		X 0,01	±10%
Sem Cor			±20%

Exemplo

1º anel - amarelo = 4
2º anel - violeta = 7
3º anel - vermelho = 2 zeros (00)
4º anel - ouro = + / - 5 % de tolerância
4700 Ohms + / - 5% = 4k7Ω + / - 5%

Casos especiais de cores

Resistores de 1 A 10 Ohms.

Para representar resistores de 1 a 10 Ohms, o código estabelece o uso da cor dourado no terceiro anel. Esta cor no terceiro anel indica a existência de uma vírgula entre os dois primeiros números.

Exemplo

Marrom, cinza, dourado, dourado.

1,8 Ohms $\pm 5\%$

Resistores abaixo de 1 Ohm.

Para representar resistores abaixo de 1 Ohm o código determina o uso do prateado no terceiro anel. Esta cor no terceiro anel indica a existência de um 0 (zero) antes dos dois primeiros números.

Exemplo

Marrom, cinza, prata, ouro.

0,18 Ohms $\pm 5\%$

Resistores de Cinco Anéis.

Em algumas aplicações são necessários resistores com valores mais precisos, que se situam entre os valores padronizados. Estes resistores têm seu valor impresso no corpo através de cinco anéis coloridos.

Nestes resistores, os Três primeiros anéis são dígitos significativos, o quarto anel representa o número de zeros (fator multiplicativo) e o quinto anel é a tolerância.

Tabela 2 – Decodificação de resistores de 5 anéis

COR	NÚMERO SIGNIFICADO	MULTIPLICADOR	TOLERÂNCIA
Preto	0	X 1	
Marrom	1	X 10	$\pm 1\%$
Vermelho	2	X 100	$\pm 2\%$
Laranja	3	X 1K	
Amarelo	4	X 10K	
Verde	5	X 100K	
Azul	6		
Violeta	7		
Cinza	8		
Branco	9		
Ouro		X 0,1	$\pm 5\%$
Prata		X 0,01	$\pm 10\%$
Sem Cor			$\pm 20\%$

Exemplo

Laranja, branco, branco, laranja, marrom.

39900 Ohms $\pm 1\%$

5 CAPACITOR

O capacitor é um componente capaz de armazenar cargas elétricas, sendo largamente empregado nos circuitos eletrônicos.

É composto basicamente de duas placas de material condutor, denominadas de armaduras, isoladas eletricamente entre si por um material isolante chamado dielétrico.

Quando um capacitor é conectado a uma fonte de tensão, o campo elétrico fará com que os elétrons da armadura que estiver ligada ao positivo da fonte de alimentação seja por esta atraídos e conseqüentemente os elétrons presentes na armadura que estiver ligada ao negativo da mesma fonte de alimentação sejam por ela repelidos.

Quando a tensão de um capacitor atingir 99,3% da tensão da fonte a que ele esteja submetido, diz-se que o capacitor está carregado, nesta situação mesmo que se desconecte o capacitor da fonte de tensão ele permanecerá com uma tensão em seus terminais de valor praticamente igual ao da fonte de tensão que o carregou.

5.1 Capacitância.

É a grandeza que exprime a quantidade de cargas elétricas que um capacitor pode armazenar. Seu valor depende de alguns fatores:

Área da Armadura.

Quanto maior a área das armaduras, maior a capacitância.

Espessura do Dielétrico.

Quanto mais fino o dielétrico, mais próximas estarão as armaduras. O campo elétrico gerado entre as armaduras será maior e conseqüentemente a capacitância será maior.

Natureza do Dielétrico.

Quanto maior a capacidade de isolamento do dielétrico, maior a capacitância do capacitor.

5.1.1 Unidade de Medida.

A unidade de medida da capacitância é o Farad representado pela letra F, entretanto a unidade Farad é muito grande, o que leva ao uso de submúltiplos tais como:

microfarad = $\mu\text{F} = 10^{-6}$

nanofarad = $\text{nF} = 10^{-9}$

picofarad = $\text{pF} = 10^{-12}$

5.1.2 Tensão de Trabalho.

É a máxima tensão (em volts) que o capacitor pode suportar entre suas armaduras sem danificá-lo. A aplicação de uma tensão no capacitor superior a sua tensão de trabalho máxima, pode provocar o rompimento do dielétrico fazendo com que o capacitor entre em curto, perdendo suas características.

5.2 Tipos de Capacitores

Os capacitores podem ser classificados basicamente em quatro tipos:

5.2.1 Capacitores Fixos Despolarizados.

Apresentam um valor de capacitância específico, não podendo ser alterado. Por ser despolarizado podem ser utilizados tanto em C A como em C C .

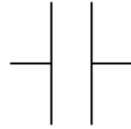


Figura 8 – Capacitores despolarizados

5.2.2 Capacitores Ajustáveis.

São capacitores que permitem que se atue sobre sua capacitância, alterando-a dentro de certos limites, por exemplo 10pF a 30pF.

São utilizados nos pontos de calibração dos circuitos, como por exemplo, na calibração de estágios osciladores de receptores ou transmissores de ondas de radio.

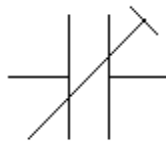


Figura 9 – Capacitores ajustáveis

5.2.3 Capacitores Variáveis

São capacitores que também permitem que se atue na sua capacitância, sendo utilizados em locais onde a capacitância é constantemente modificada. Como por exemplo, nos circuitos de sintonia de rádios receptores.

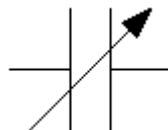


Figura 10 – Capacitores Variáveis

5.2.4 Capacitores Eletrolíticos

São capacitores fixos cujo processo de fabricação permite a obtenção de altos valores de capacitância com pequeno volume.

O fator que diferencia os capacitores eletrolíticos dos demais capacitores fixos é o dielétrico. Nos capacitores fixos comuns o dielétrico é de papel, mica, cerâmica ou ar.

O dielétrico dos capacitores eletrolíticos é um preparado químico chamado de eletrólito que oxida pela aplicação de tensão elétrica.

Esses capacitores apresentam polaridade, que deverá ser observada, a não observância dessa polaridade implica na total destruição do componente.

Sendo assim estes capacitores não podem ser aplicados em circuitos alimentados por tensão C.A.

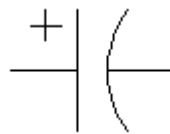


Figura 11 – Capacitores eletrolíticos

5.3 Código de Cores para Capacitores

Para capacitores de poliéster, o valor da capacitância vem impressa no corpo do componente em forma de anéis coloridos.

A interpretação do código de cores para capacitores é feita de maneira análoga ao código de cores para resistores. A figura 12 mostra o código e a ordem de interpretação.

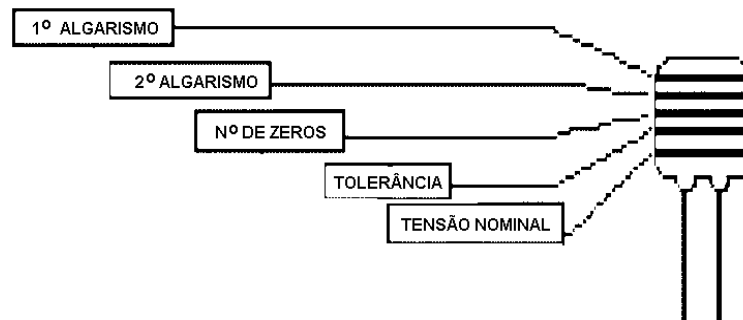


Figura 12 – Código de cores de capacitores

Para estes capacitores o valor da capacitância é dado em picofarads.

Tabela 3 – Código de cores para capacitores

COR	1º ALGARISMO	2º ALGARISMO	Nº DE ZEROS	TOLERÂNCIA	TENSÃO
Preto	0	0		±20%	
Marrom	1	1	0		
Vermelho	2	2	00		250V
Laranja	3	3	000		
Amarelo	4	4	0000		400V
Verde	5	5	00000		
Azul	6	6			600V
Violeta	7	7			
Cinza	8	8			
Branco	9	9		±10%	
Ouro			X 0,1		
Prata			X 0,01		
Sem Cor					

Exemplo

Amarelo, violeta, laranja, branco, azul.
 4 7 000 + / -10% 630V
 47000pF = 47nF

Laranja, branco, amarelo, branco, vermelho.
 3 9 0000 + / - 10% 250V
 390000pF = 390nF = .39µF

5.4 Reatância Capacitiva

Quando um capacitor é alimentado com tensão C A, a corrente que circula por esse capacitor será limitada pela reatância capacitiva (X_c).

Sendo assim a reatância capacitiva é a grandeza que se opõe a passagem de corrente C A por um capacitor, e é medida em ohms. Matematicamente teremos:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

Onde:

- X_c = reatância capacitiva em ohms;
- $2\pi = 6,28$
- f = frequência em Hertz;
- C = capacitância em Farads.

Exemplo

A reatância capacitiva de um capacitor de 100 F aplicado a uma rede C A de frequência 60Hz é:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot 60 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}$$

$$X_c = 26,539 \Omega$$

5.5 Relação de Fase Entre Tensão e Corrente num Capacitor

Devido ao fato da reatância capacitiva dos capacitores estarem diretamente relacionadas com a frequência dos sinais a que são submetidos irá surgir uma defasagem da ordem de 90° entre tensão e corrente, estando esta adiantada dos referidos 90° graus elétricos.

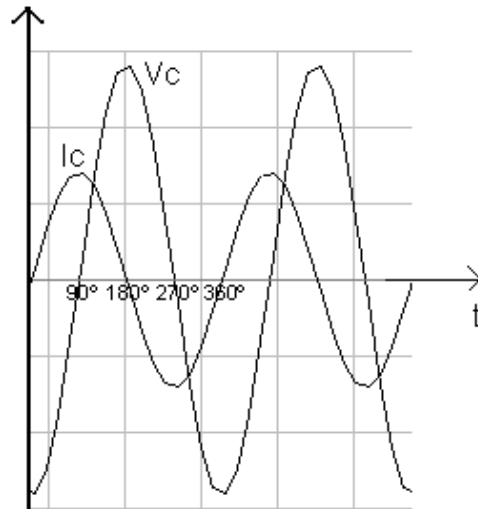


Figura 13 – Relação entre tensão e corrente em um capacitor

5.6 Associação De Capacitores

Os circuitos série, paralelo e série-paralelo constituídos de capacitores possuem as mesmas formas que os circuitos constituídos de resistores.

5.6.1 Associação Série

A fórmula matemática que exprime a capacitância equivalente (C_{eq}) é:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

5.7 Associação Paralelo

A fórmula matemática que exprime a C_{eq} num circuito paralelo é dada por:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

6 SEMICONDUTORES

São materiais que podem apresentar características de isolante ou de condutor, dependendo da forma como se apresenta a sua estrutura química.

6.1 Estrutura Química dos Semicondutores

Os semicondutores se caracterizam por serem constituídos de átomos que tem quatro elétrons na camada de valência (tetravalentes).

A figura 14 e 15 mostram a configuração de dois átomos que dão origem a materiais semicondutores.

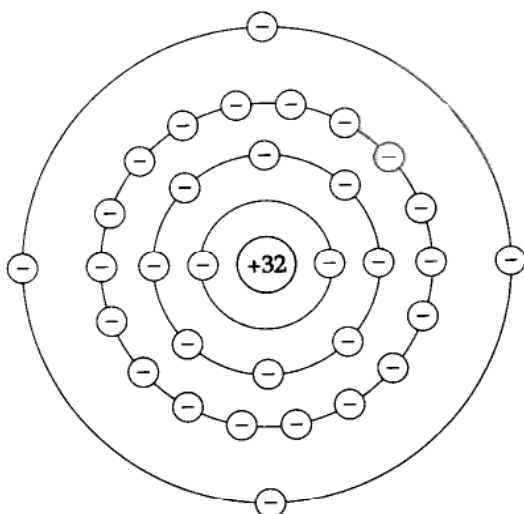


Figura 14 – Germânio

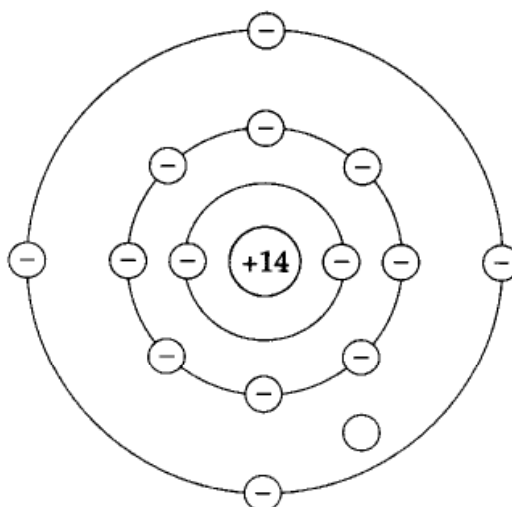


Figura 15 – Silício

Os átomos que possuem quatro elétrons na ultima camada tem tendência a se agruparem segundo uma formação cristalina.

Neste tipo de ligação cada átomo se combina com quatro outros, fazendo com que cada elétron pertença simultaneamente a dois átomos.

Este tipo de ligação química é denominada de ligação covalente, e é representada simbolicamente por dois traços que interligam dois núcleos.

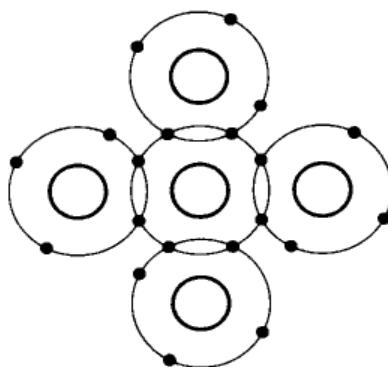


Figura 16 – Ligação covalente

As estruturas cristalinas de elementos tetravalentes são eletricamente isolantes.

6.2 Dopagem

A dopagem é um processo químico que tem por finalidade introduzir átomos estranhos a uma substância na sua estrutura cristalina.

Cristal “N”

Quando o processo de dopagem introduz na estrutura cristalina uma quantidade de átomos com mais de quatro elétrons na última camada, forma-se uma nova estrutura cristalina denominada cristal N.

Exemplo

A introdução de átomos de fósforo que possui cinco (5) elétrons na última camada.

Dos cinco elétrons externos do fósforo apenas quatro encontram um par no cristal que possibilite a ligação covalente.

O quinto elétron por não encontrar um par para formar uma ligação, tem a característica de se libertar facilmente do átomo, passando a vagar livremente dentro da estrutura do cristal, constituindo-se um portador livre de carga elétrica.

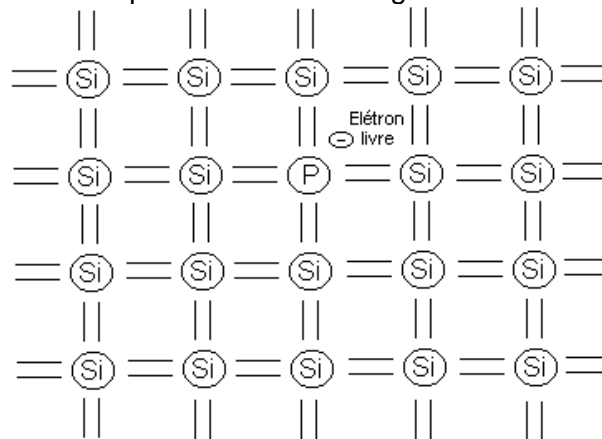


Figura17 – Material Tipo N

Cristal “P”

A utilização de átomos com menos de quatro elétrons na última camada para o processo de dopagem dá origem a um tipo de estrutura chamada cristal P.

Exemplo

O átomo de índio que tem três elétrons na última camada, dá origem a um cristal P.

Quando os átomos de índio são colocados na estrutura do cristal puro verifica-se a falta de um elétron para a formação de ligações covalentes, esta falta é denominada de lacuna, sendo representada por uma carga elétrica positiva na estrutura química.

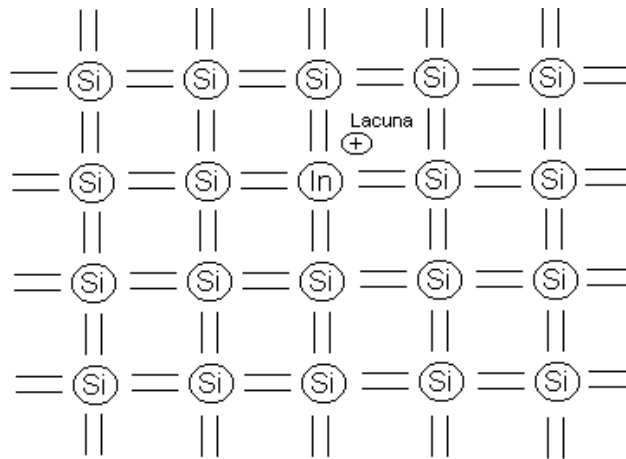


Figura 18 – Material Tipo P

Obs: A lacuna não é propriamente uma carga positiva, mas sim, a ausência de uma carga negativa.

6.3 Diodo Semicondutor

O diodo semicondutor é um componente que apresenta a característica de se comportar como um condutor ou como um isolante elétrico dependendo da forma como a tensão seja aplicada a seus terminais.

6.3.1 Estrutura Básica

O diodo se constitui na junção de duas pastilhas de material semicondutor: uma de cristal do tipo P e outra de cristal do tipo N.

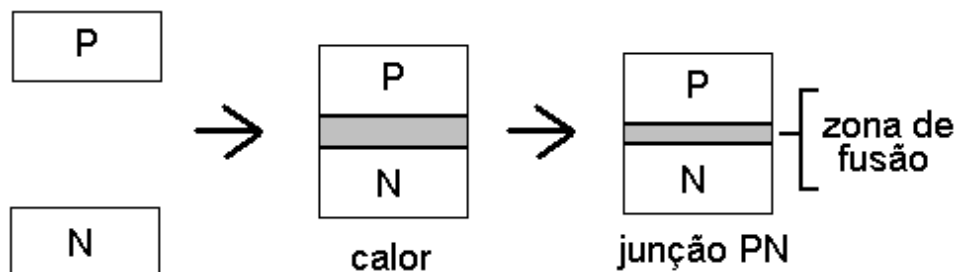


Figura 19 – Junção PN (Diodo)

6.3.2 Comportamento Dos Cristais Após A Junção

Após a junção das pastilhas que formam o diodo ocorre um processo de "acomodamento" químico entre os cristais.

Na região da junção alguns elétrons livres saem do material N e passam para o material P, recombina-se com as lacunas das proximidades.

O mesmo ocorre com algumas lacunas que passam do material P para o material N e se recombina com os elétrons livres.

Forma-se na junção uma região onde não existem portadores de carga, porque estão todos recombinados, neutralizando-se. Esta região é denominada de região de depleção, e verifica-se que nela existe uma diferença de potencial proporcionada pelo deslocamento dos portadores de um cristal para o outro.

Essa barreira de potencial é da ordem de 0,7V para diodos de silício e de 0,3V para os diodos de germânio.

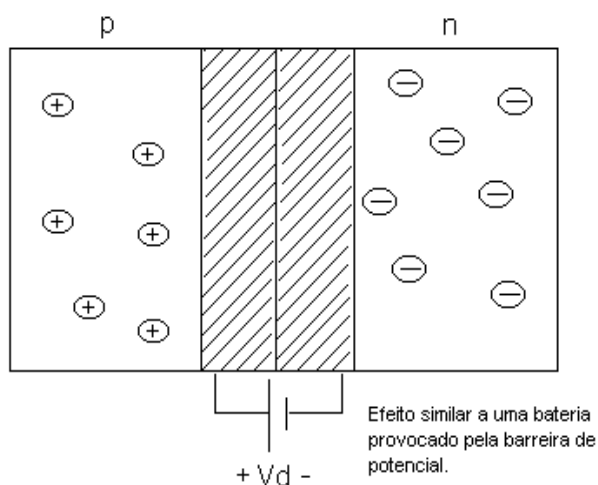


Figura 20 – Junção PN (Diodo)

6.3.3 Aplicação de Tensão Sobre o Diodo

A aplicação da tensão sobre o diodo estabelece a forma como o componente se comporta eletricamente.

A tensão pode ser aplicada ao diodo de duas formas diferentes, denominadas tecnicamente de:

- Polarização direta;
- Polarização inversa.

Polarização Direta

A polarização do diodo é considerada direta quando a tensão positiva da fonte de alimentação é aplicada ao cristal P e a tensão negativa da referida fonte é aplicada ao cristal N.

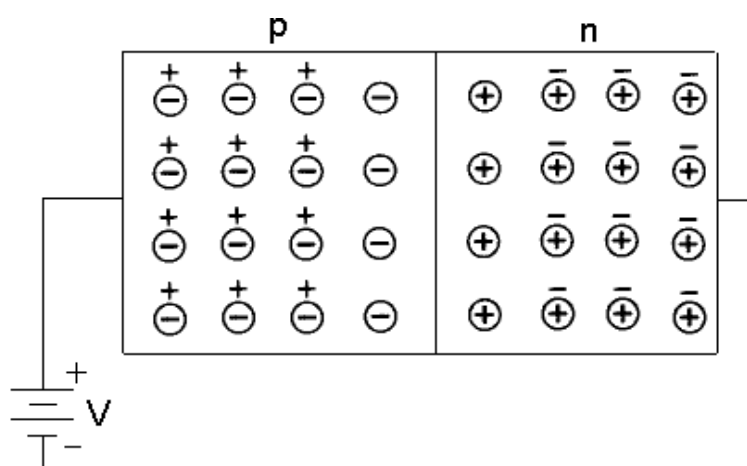


Figura 21 – Polarização Direta na Junção PN

Efeitos da Polarização Direta Sobre o Diodo

O pólo positivo da fonte repele as lacunas do cristal P em direção ao polo negativo, enquanto os elétrons livres do cristal N são repelidos pelo polo negativo em direção ao positivo da fonte.

Se a tensão da bateria externa for maior que a tensão da barreira de potencial as forças de atração e repulsão provocadas pela fonte de tensão externa permitem aos portadores adquirir velocidade suficiente para atravessar a região onde há ausência de portadores.

Nesta situação o diodo permite a circulação de corrente no circuito e, diz-se que o diodo está em condução ou saturado.

É importante observar que a seta do símbolo do componente indica o sentido de circulação (convencional) da corrente elétrica.

Polarização Inversa

A polarização inversa de um diodo consiste na aplicação de tensão positiva no cristal N e negativa no cristal P.

Nesta condição os portadores livres de cada cristal são atraídos pelos potenciais da bateria para os extremos do diodo.

Observa-se que a polarização inversa provoca um alargamento da região de depleção, porque os portadores são afastados da junção.

Portanto conclui-se que a polarização inversa faz com que o diodo impeça a circulação de corrente no circuito elétrico ao qual ele está inserido. Diz-se que nesta situação o diodo está cortado ou em bloqueio.

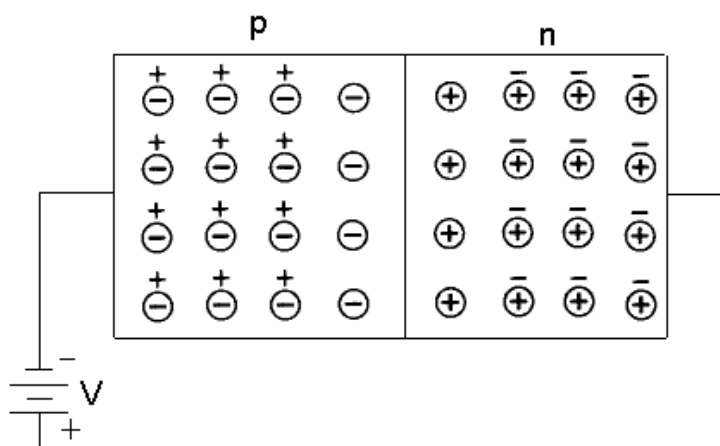


Figura 22 – Polarização inversa na Junção PN

Simbologia

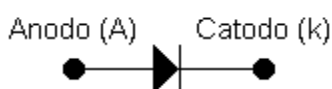


Figura 23 – Simbologia do diodo

6.3.4 Parâmetros Máximos Do Diodo

Os parâmetros máximos estabelecem os limites da tensão e corrente que podem ser aplicados ao diodo, sem provocar danos a sua estrutura.

Corrente Máxima Direta

A corrente máxima de cada diodo é dada pelo fabricante em folhetos técnicos.

Este é o valor máximo admissível para a corrente, devendo-se trabalhar com valor em torno de 20% inferiores ao máximo, para garantir a vida útil do componente.

Tensão Reversa Máxima

As tensões reversas colocam o diodo em corte. Nesta situação toda tensão aplicada ao circuito fica sobre o diodo.

Cada diodo tem a estrutura preparada para suportar um determinado valor de tensão reversa, que nunca deverá ser ultrapassado, sob pena da destruição do componente.

Aqui também é aconselhável trabalhar-se com valores em torno de 20% inferiores ao valor máximo.

6.3.5 Teste De Diodos Semicondutores

Os testes realizados para se determinar as condições de um diodo se resumem a uma verificação da resistência do componente nos sentidos de condução e bloqueio.

A tensão de polarização para teste do diodo será fornecida pelo próprio multímetro.

Sendo assim o diodo será considerado em bom estado, quando polarizado diretamente, apresentar uma resistência baixa (na casa das dezenas de ohms) e, quando polarizado inversamente, apresentar uma resistência alta (vários K ohms).

Se nas duas polarizações o diodo apresentar uma baixa resistência, significa que o mesmo está em curto. Mas se nas duas polarizações o diodo apresentar uma alta resistência, diz-se que ele está aberto.

6.4 Retificação de meia onda

Retificação é o nome dado ao processo de transformação de corrente alternada em corrente contínua.

Na retificação de meia onda é aproveitado pela carga apenas um semiciclo da tensão de entrada. Este tipo de retificador é empregado em equipamentos que não necessitam de uma tensão contínua pura, como por exemplo, os carregadores de bateria.

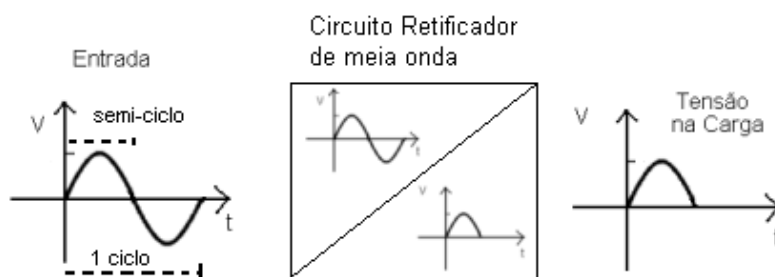


Figura 24 – Retificador de meia onda

Princípio De Funcionamento

Tomando-se como referência o circuito da figura 22, teremos duas situações:

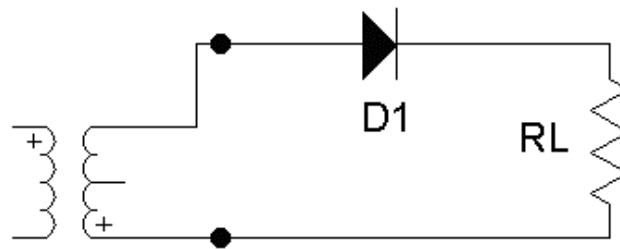


Figura 25 – Esquema retificador de meia onda

Primeiro Semiciclo: A tensão é positiva no ponto "A" em relação ao ponto "B". Esta polaridade da tensão de entrada coloca o diodo em condução, permitindo a circulação de corrente, e a tensão na carga assume a mesma forma da tensão de entrada.

Segundo Semiciclo: Durante o segundo semiciclo a tensão no ponto "A" em relação ao ponto "B" é negativa. Esta tensão coloca o diodo em corte, impedindo a circulação de corrente, e a tensão de entrada ficará totalmente aplicada aos terminais do diodo.

Observa-se que, para cada ciclo da tensão de entrada, apenas um semiciclo passa para a carga, enquanto o outro fica sobre o diodo.

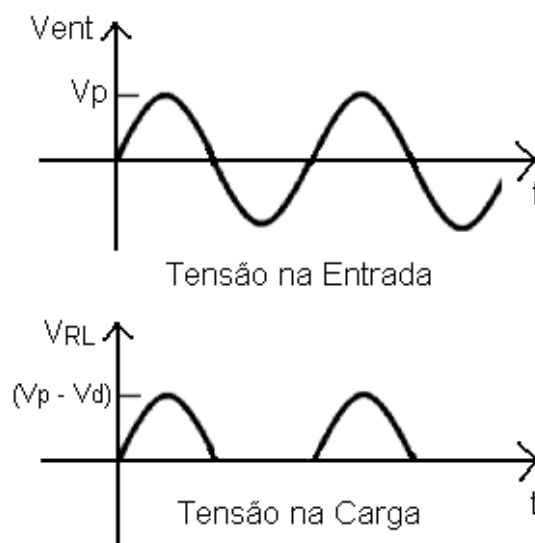


Figura 26 – Forma de ondas do retificador de meia onda

Tensão De Saída

A tensão de saída de uma retificação é contínua, embora seja pulsante.

Na retificação de meia onda alternam-se os períodos de existência e inexistência da tensão na carga e, conseqüentemente, o valor da tensão cc média sobre a carga está muito abaixo do valor efetivo ca aplicado a entrada do circuito.

A tensão na saída é dada por:

$$V_{cc} = \frac{(E_m - V_o)}{\pi}$$

Onde:

V_{cc} = tensão contínua média sobre a carga;

E_m = tensão de pico da CA aplicada ao circuito ($E_m = V_{ef} \times 1,42$);

V_o = tensão típica do diodo (0,3 ou 0,7);

π = constante (3,14)

Corrente De Saída.

Na retificação de meia onda a corrente de saída também é pulsante, uma vez que a tensão na carga é pulsante. Isto implica que a corrente na saída é uma média entre os períodos de existência e inexistência de corrente.

A corrente média na carga é dada por:

$$I_{cc} = \frac{V_{cc}}{RL}$$

O cálculo da corrente média na saída é muito importante porque serve como ponto de partida para a escolha do diodo que será utilizado no circuito.

6.5 Retificador De Onda Completa

É um processo de conversão de corrente alternada em corrente contínua que faz um aproveitamento dos dois semiciclos da tensão ca.

O retificador de onda completa é o mais empregado nos equipamentos eletrônicos porque fornece uma tensão contínua mais pura em relação àquela fornecida pelo retificador de meia onda.

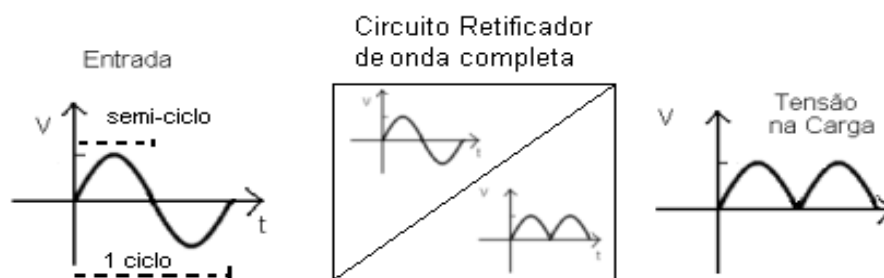


Figura 27 – Retificador de onda completa

A retificação de onda completa com diodos retificadores pode ser realizada de duas formas distintas:

- Empregando um transformador com derivação central e dois diodos;
- Empregando quatro diodos ligados em ponte.

6.5.1 Retificação de Onda Completa Center Tape

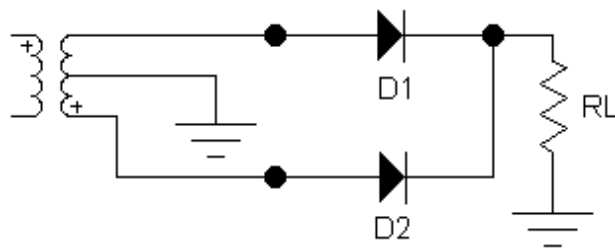


Figura 28 – Esquema retificador de onda completa derivação central

Princípio De Funcionamento.

O princípio de funcionamento pode ser facilmente compreendido, considerando-se cada um dos semiciclos da tensão de entrada isoladamente.

Primeiro Semiciclo: Considerando-se o terminal central do secundário do transformador como referência verifica-se a formação de duas polaridades opostas nos extremos das bobinas, conforme mostra a figura 25. Nesta situação o diodo D1 estará diretamente polarizado e o diodo D2 estará inversamente polarizado. Em outras palavras, D1 está saturado e D2 está cortado.

Segundo Semiciclo: No segundo semiciclo da tensão de entrada ocorre uma inversão na polaridade do secundário do transformador. Nesta condição o diodo D2 entra em condução e D1 em corte.

A corrente circula pela carga, passando através de D2 que está em condução, no mesmo sentido que no primeiro semiciclo.

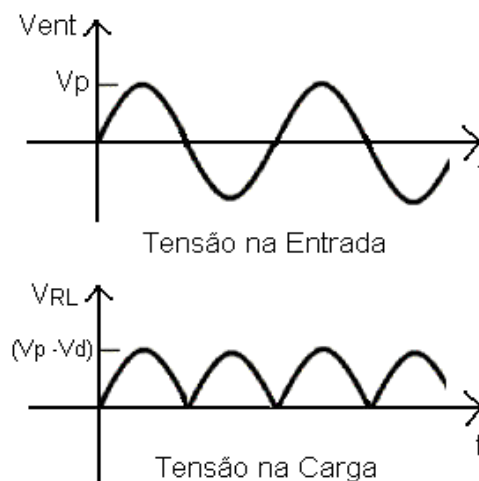


Figura 29 – Forma de ondas do retificador de onda completa derivação central

Tensão de Saída

A retificação de onda completa center tape entrega a carga dois semiperíodos de tensão para cada ciclo da tensão de entrada, sendo assim a tensão na carga é uma média dos valores fornecidos pelos pulsos da tensão.

A tensão média na carga é dada por:

$$V_{cc} = 2 \cdot \frac{(E_m - V_o)}{\pi}$$

Onde: E_m = tensão máxima entre a referência e um dos extremos do secundário do transformador.

É importante lembrar que a tensão reversa sobre os diodos é igual a duas vezes a tensão E_m .

Corrente De Saída: A corrente média na saída depende da tensão média na saída, e é dada por:

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

Relação Entre A Frequência De Entrada E Saída: Na retificação de meia onda a carga recebe um semiciclo de tensão e corrente em cada ciclo da tensão de entrada, sendo assim a frequência do sinal de saída será a mesma do sinal de entrada.

No retificador de onda completa, cada semiciclo de tensão ca é transformado em dois semiciclos de tensão sobre a carga. Desta forma, a frequência do sinal na saída do retificador de onda completa será sempre o dobro da do sinal de entrada.

Retificação De Onda Completa Em Ponte: Este tipo de retificador entrega a carga uma onda completa sem necessidade de utilizar um transformador com derivação central.

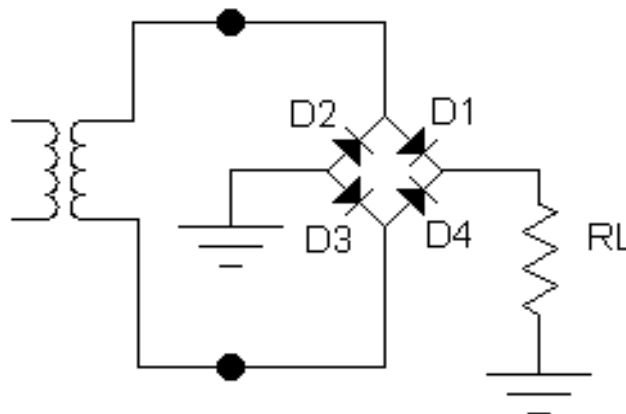


Figura 30 – Esquema retificador de onda completa em ponte

Este retificador funciona de maneira análoga ao retificador com tomada central (center tape).

No primeiro semiciclo irá aparecer uma tensão sobre a ponte retificadora com polaridade tal que colocará D1 e D3 em saturação, enquanto D2 e D4 permanecerão cortados. A corrente circulará pela carga via D1 e D3.

No segundo semiciclo a polaridade da tensão sobre a ponte retificadora sofrerá uma inversão, colocando D2 e D4 em saturação e, D1 e D3 no corte.

Sendo assim a corrente circulará pela carga através de D2 e D4, no mesmo sentido do semiciclo anterior.

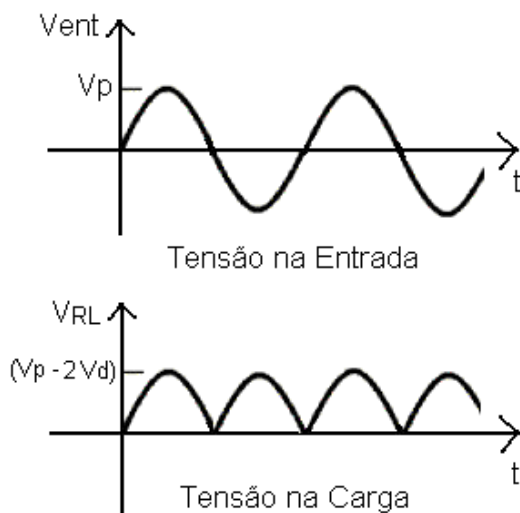


Figura 31 – Forma de ondas do retificador de onda completa em ponte

Tensão de Saída

A ponte retificadora fornece na saída o mesmo tipo de forma de onda que a retificação com tomada central. Há, contudo, uma diferença em termos da tensão de pico sobre a carga, devido ao fato de que na ponte retificadora em cada semiciclo existem dois diodos em série.

Desta forma o pico de tensão sobre a carga é 1,4V menor que o pico de tensão na entrada da ponte (para diodos de silício).

A tensão cc média de saída é dada pela equação:

$$V_{cc} = 2 \cdot \frac{(E_m - 2 \cdot V_d)}{\pi}$$

Para tensões acima de 20Vca na entrada da ponte pode-se desprezar a queda de tensão nos diodos, ficando a equação reduzida para:

$$V_{cc} = 0,9 \times V_{ca}$$

Corrente De Saída: A corrente de saída é dada pela mesma equação utilizada na retificação com tomada central:

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

7 FONTES DE TENSÃO NÃO REGULADAS

São fontes de alimentação que fornecem à carga um valor de tensão cc pura. Este tipo de fonte não está protegida contra variações da tensão de entrada e nem contra variações de corrente na carga.

7.1 Filtros nas Fontes de Alimentação

As tensões contínuas puras se caracterizam por apresentarem polaridade definida e valor constante ao longo do tempo.

As tensões fornecidas pelos circuitos retificadores, tanto de meia onda como onda completa são pulsantes. Embora tenham polaridade definida, não são ideais para alimentação de circuitos eletrônicos, haja visto que seu valor sofre constante variação pulsando conforme a tensão senoidal aplicada ao diodo.

O filtro em uma fonte de alimentação tem por finalidade eliminar esses pulsos e assim tornar a tensão cc de saída mais pura.

7.2 O Capacitor como Elemento de Filtro

A capacidade de armazenamento de energia dos capacitores pode ser utilizada como recurso para realizar o processo da filtragem da tensão de saída de um retificador.

O capacitor é conectado diretamente nos terminais de saída da retificação, ficando em paralelo com a carga.

Quando o diodo estiver conduzindo irá circular corrente pela carga e também pelo capacitor, carregando-o com tensão igual ao valor fornecido pela fonte. Quando o diodo estiver cortado o capacitor irá se descarregar pela carga, fornecendo assim tensão a mesma.

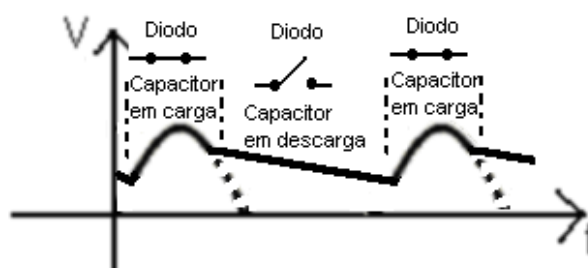


Figura 32 – Forma de onda da tensão na carga

7.2.1 Tensão De Ondulação

O capacitor utilizado como filtro estará sofrendo sucessivos processos de carga e descarga.

Nos períodos de condução do diodo o capacitor sofre carga e sua tensão aumenta.

Nos períodos de corte do diodo o capacitor se descarrega e a sua tensão diminui.

A forma de onda da tensão de saída não chega a ser uma tensão contínua pura, apresentando uma variação entre um valor mínimo e um valor máximo denominado ondulação ou ripple.

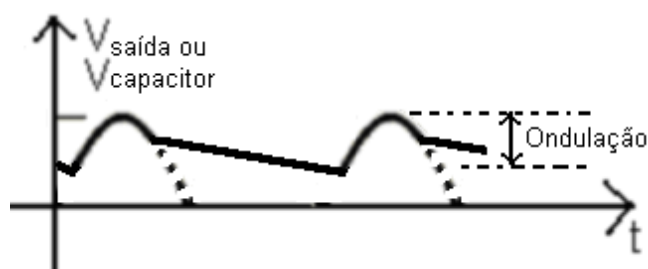


Figura 33 – Ondulação ou ripple

A tensão de ondulação na saída de uma fonte também é denominada de componente ca de saída da fonte. Quanto menor for a componente ca de uma fonte, melhor será esta fonte.

7.2.2 Determinação do Capacitor de Filtro

A tensão de saída de uma retificação com filtro é dada por:

$$V_{cc} = E_m - \frac{V_{onopp}}{2}$$

Onde:

E_m = tensão cc máxima de saída;

V_{onopp} = componente ca de saída (ripple).

Pela equação verifica-se que a tensão de saída depende da tensão de ondulação. A tensão de ripple depende do tipo de retificador, do capacitor de filtro e da corrente na carga.

Observa-se que o ripple depende de vários fatores que estão relacionados entre si. Esta dependência torna difícil a formulação de uma equação exata que determine o valor do capacitor a ser utilizado como filtro para uma tensão preestabelecida. Entretanto, devido a grande tolerância de valor dos capacitores eletrolíticos (até 50%) pode-se formular uma equação simplificada para o seu cálculo. Esta equação pode ser utilizada para cálculo de capacitores de filtro para até 20% de ondulação de pico a pico sem introduzir um erro significativo.

$$C = \frac{T \cdot I_{\max}}{V_{\text{ripple}}}$$

Onde:

- C = valor do capacitor de filtro em μF ;
- T = período aproximado de descarga do capacitor;
- I_{max} = corrente máxima na carga em mA;
- V_{ripple} = tensão pico a pico de ondulação em V.

Obs: Valor de tensão para 60Hz

Meia onda----- tensão = 16,6ms;

Onda completa----- tensão = 8,33ms.

Além da capacitância do capacitor de filtro deve-se especificar a sua tensão de isolamento. A tensão de isolamento deve ser superior ao maior valor de tensão que o capacitor irá realmente funcionar.

Exemplo

Determinar o capacitor de filtro para uma fonte retificadora de meia onda, com tensão de saída 12V, com uma corrente de 150mA, com ripple de 2V_{pp}.

$$C = \frac{T \cdot I_{\max}}{V_{\text{ripple}}} \quad C = \frac{16,6\text{ms} \cdot 150\text{mA}}{2\text{V}} \quad C = 1.245 \mu\text{F}$$

Como a tensão de saída é de 12V devemos utilizar um capacitor com tensão de isolamento de pelo menos 16V.

8 REGULADORES DE TENSÃO INTEGRADOS DA FAMÍLIA 78XX E 79XX

8.1 Regulador de Tensão 78xx

É um regulador de tensão fixa positivo, permitindo correntes de saída de até 1,5A. Possui proteção interna contra curto circuito e sobreaquecimento.

8.1.1 Pinagem

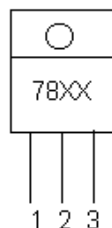


Figura 34 – Regulador 78XX

Onde:

- Pino 1 - Entrada;
- Pino 2 - Comum (GND);
- Pino 3 - Saída.

Especificações

- Máxima potência dissipada sem dissipador de calor - 2W.
- Máxima potência dissipada com dissipador de calor - 15W.
- Corrente de consumo interno - 4,5mA
- Regulação - +/- 8%

Tabela 4 – C.I.'s

C.I.	VINmin (V)	VINmáx (V)	Vo (V)	Vo(tol) (%)	Icc (mA)
7805	7	25	5	8	750
7806	8	25	6	8	550
7808	10,5	25	8	8	450
7885	10,5	25	8,5	8	450
7812	14,5	30	12	8	350
7815	17,5	30	15	8	230
7818	21,	33	18	8	200
7818	27	38	24	8	150

Onde:

- Icc - Corrente de curto circuito de saída;
- Vo(tol) - Tolerância da tensão de saída.

8.1.2 Aplicações Do 78xx

Regulador de Tensão Fixa

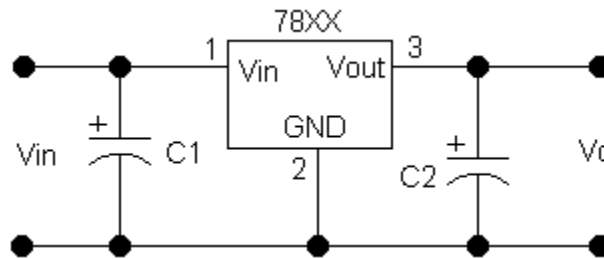


Figura 35 – Regulador de tensão fixa

Onde:

- $C1 = 0,33 \mu F$
- $C2 = 0,1 \mu F$

Regulador Fixo com Divisão de Potência

Se a tensão de entrada for muito elevada em relação à tensão de saída, pode-se conectar um resistor em série com a entrada dividindo assim a potência dissipada entre o resistor e o regulador.

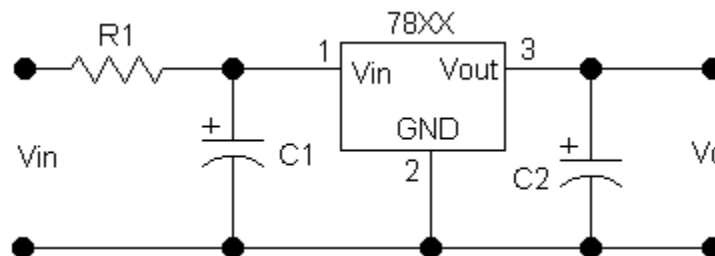


Figura 36 – Regulador de tensão fixa com divisão de potência

$$P_{ci_{\max}} = \frac{(V_i - V_o)}{I_{o_{\max}}}$$

$$P_{Ri} = \frac{(V_i - V_L)}{I_{o_{\max}}}$$

Regulador de Tensão de Alta Corrente

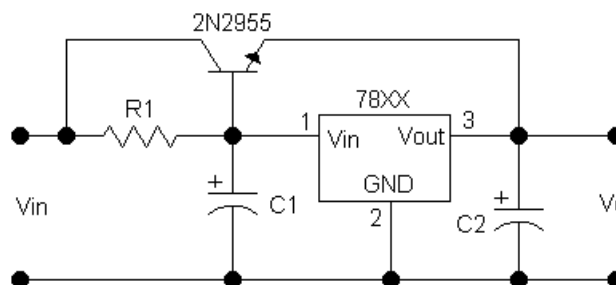


Figura 37 – Regulador de tensão de alta corrente

Neste circuito a corrente máxima fica apenas limitada pelas características do transistor utilizado. Com o transistor indicado podemos alcançar correntes de até 10A. O resistor R tem como valor típico 4,7 Ohms. Os capacitores permanecem os mesmos valores já citados anteriormente.

8.2 Regulador de Tensão 79xx

É análogo ao regulador 78XX, diferindo apenas na pinagem e na tensão fornecida, uma vez que este regulador foi desenvolvido para fornecer tensões fixas negativas.

8.2.1 Pinagem

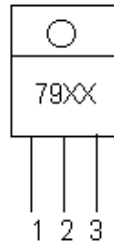


Figura 38 – Regulador 79XX

Onde:

- Pino 1 - Comum (GND);
- Pino 2 - Entrada;
- Pino 3 - Saída.

8.2.2 Circuito Típico

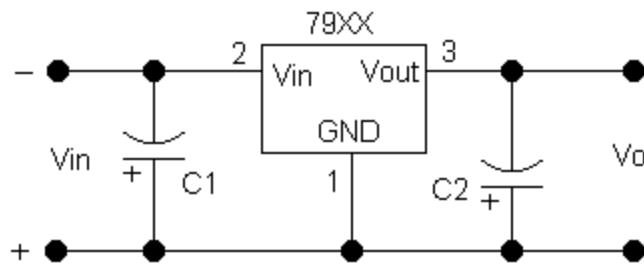


Figura 39 – Regulador de tensão fixa negativa

9 TRANSISTOR BIPOLAR

O transistor bipolar é um componente eletrônico constituído por materiais semicondutores, capaz de atuar como controlador de corrente, o que possibilita o seu uso como amplificador de sinais ou como interruptor eletrônico.

A estrutura básica do transistor bipolar se compõe de duas pastilhas de material semicondutor, de mesmo tipo, entre as quais é colocada uma terceira pastilha, mais fina de material semicondutor com tipo diferente de dopagem.

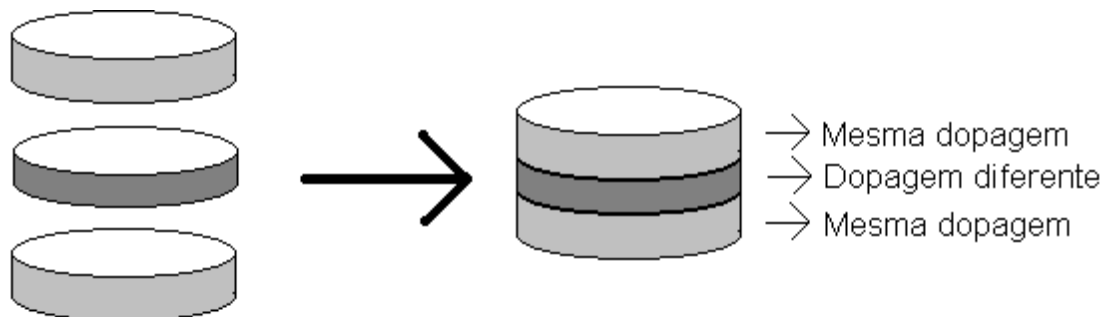


Figura 40 – Constituição do transistor bipolar

9.1 Tipos de Transistores Bipolar

A configuração da estrutura, em forma de sanduíche, permite que se obtenha dois tipos distintos de transistores de transistores:

- Um com pastilhas externas do tipo N e interna do tipo P, denominado NPN;
- Outro com pastilhas externas do tipo P e interna do tipo N, denominado PNP.

Simbologia

A diferença entre os símbolos dos transistores é apenas no sentido da seta no terminal de emissor.

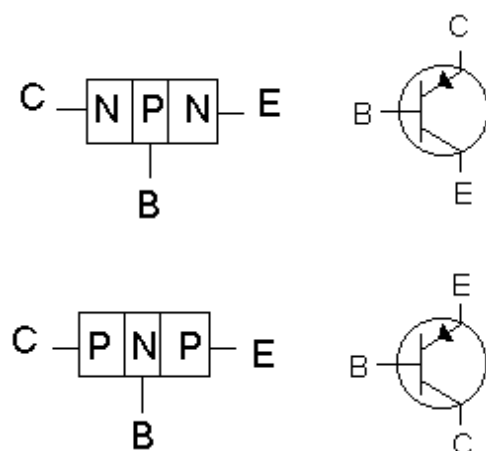


Figura 41 – Simbologia dos transistores bipolares

9.2 Teste de Transistores

Analisando-se a estrutura dos transistores observa-se que entre a BASE e o COLETOR forma-se uma junção PN, que para fins de teste pode ser tratada como um diodo.

Da mesma forma, entre BASE e EMISSOR forma-se outra junção PN, que para fins de teste pode ser tratada como um diodo.

Sendo assim testar um transistor é verificar se há um curto ou abertura entre cada par de terminais (BE, BC e CE).

9.3 Transistor como Chave

O transistor como chave é utilizado na substituição de interruptores, com a vantagem de não possuir contatos mecânicos e poder ser chaveado por frequências elevadas.

O transistor funcionando como chave opera na região de corte e saturação, sendo assim irá trabalhar segundo a lógica tudo ou nada.

A região de corte é caracterizada por:

$$\begin{array}{l} \text{junção BE} \quad \} \\ \text{Junção BC} \quad \} \end{array} \rightarrow \text{inversamente polarizadas.}$$
$$V_{CE} = V_{CC}$$

A região de saturação é caracterizada por:

$$\begin{array}{l} \text{junção BE} \quad \} \\ \text{junção BC} \quad \} \end{array} \rightarrow \text{diretamente polarizadas.}$$
$$V_{BE} > V_{CE}$$

Assim para que um transistor atue como chave basta que se aplique corrente ou não ao terminal base.

9.4 Determinação dos Resistores

O resistor R_C é calculado em função da corrente de coletor desejada. O valor de R_C é dado por:

$$R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} \qquad P_{R_C} = \frac{V_{CC}^2}{R_C}$$

O resistor R_B tem por função limitar a corrente de base. Adota-se para I_B um valor igual a 10% de I_C , e é calculado segundo a equação:

$$R_B = \frac{V_B - V_{BE}}{0,1.I_C} \qquad P_{R_B} = \frac{(V_B - V_{BE})^2}{R_B}$$

A escolha da chave (transistor) é feita da seguinte forma:

$$V_{CE} > V_{CC} \quad I_C > \frac{V_{CC}}{R_C} \quad P_{DT} > \frac{V_{CEsat} \cdot V_{CC}}{R_C} \quad \rightarrow \text{Na prática}$$

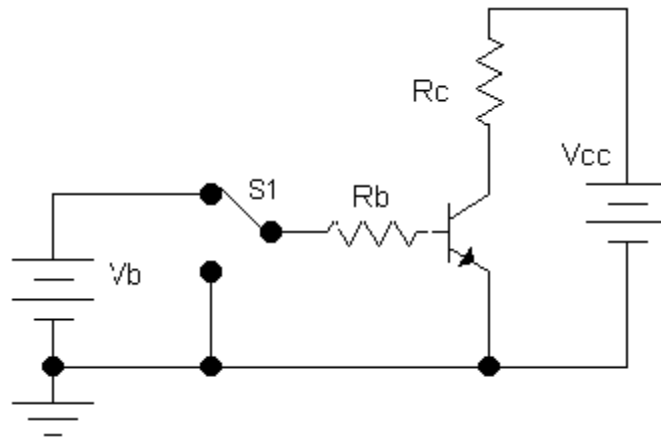


Figura 42 – Polarização do transistor bipolar com chave

9.5 Transistor como Amplificador

O transistor como amplificador tem seu emprego na amplificação de sinais que poderão ser fornecidos por sensores ou quaisquer outras fontes de sinais de baixa intensidade.

Como amplificador o transistor atua na região ativa, que é caracterizada por:

- Junção BE diretamente polarizada;
- Junção BC inversamente polarizada;

$$V_{BE} < V_{CE} < V_{CC}.$$

9.6 Determinação Dos Resistores Polarizadores

Para simplificar a análise matemática, podemos considerar algumas aproximações e estimativas, que em nada prejudicam os resultados obtidos, tais como:

$$I_C = I_E \quad \beta > 100$$

A tensão sobre o resistor de coletor R_C e a tensão de alimentação estão relacionadas entre si. Neste tipo de estágio adota-se normalmente uma tensão no resistor de coletor igual ou próximo a metade da tensão de alimentação.

$$V_{RCO} = \frac{V_{CC}}{2}$$

A corrente I_{CO} nestes estágios assumem, normalmente, valores que variam entre 1 a 10mA.

$$R_C = \frac{V_{RCO}}{I_{CO}}$$

Os resistores de base tem por função fornecer a tensão de base do transistor.

Para que a junção base-emissor conduza, a tensão fornecida a base deve ser a tensão de condução da junção mais a tensão V_{RE} .

Para que variações de corrente na base não interfiram na polarização do circuito, adota-se para a corrente no divisor tensão (I_D) um valor igual a 10% de I_{CQ} .

$$R_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{RB2}}{I_D} \quad P_{RB1} = \frac{(V_{CC} - V_{RB2})}{R_{B1}}$$

$$R_{B2} = \frac{V_{RE} + V_{BE}}{I_D} \quad P_{RB2} = \frac{(V_{RE} + V_{BE})^2}{R_{B2}}$$

$$I_D = 0,1 \cdot I_{CQ}$$

O capacitor $C1$ tem por finalidade melhorar o ganho de tensão CA, que é sensivelmente prejudicado pela inclusão de R_E .

No circuito amplificador a entrada de sinal será feita na base, através de um capacitor de acoplamento, e o sinal será retirado do coletor também através de um capacitor de acoplamento.

A resistência de emissor é dimensionada pelas seguintes equações:

$$R_E = \frac{(0,1 \cdot V_{CC})}{I_{CQ}} \quad P_{RE} = \frac{(0,1 \cdot V_{CC})^2}{R_E}$$

A escolha do transistor é feita da seguinte forma:

$$V_{CE} > V_{CC} \quad I_C > \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \quad P_{DT} > \frac{(V_{CC})^2}{(R_C + R_E)}$$

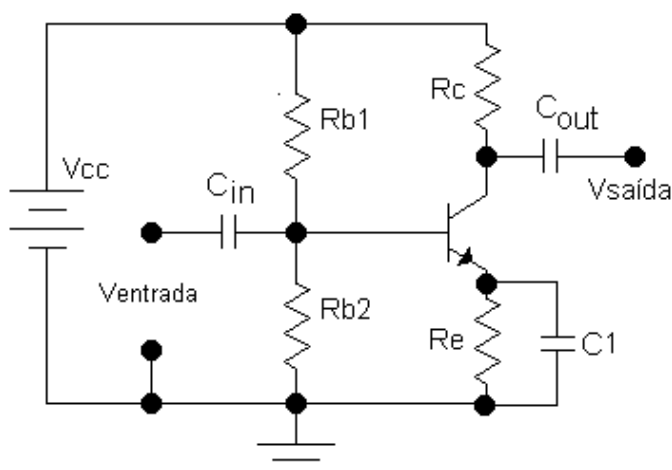


Figura 43 – Polarização do transistor bipolar por divisor de tensão na base

10 TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO (J-FET)

O transistor de efeito de campo é um dispositivo que opera como amplificador de tensão, ou seja, a corrente de saída de seu dreno é controlada pela tensão de entrada aplicada entre a porta e a fonte.

Os J-FET são constituídos por um bloco de semicondutor tipo P ou tipo N, no qual são colocados dois de seus terminais, um operando como dreno (DRAIN) e outro operando como fonte (SOURCE).

Na região entre a fonte e o dreno, bem como no lado oposto aos terminais, são difundidas regiões com impurezas opostas, de modo a formar um canal estreito entre a fonte e o dreno. Nessas regiões difundidas é colocado o terceiro terminal, denominado (GATE).

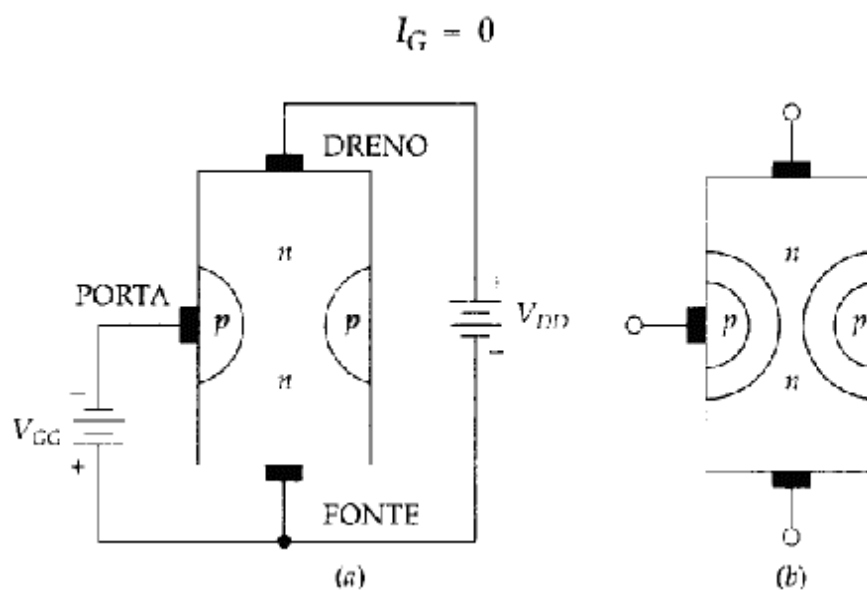


Figura 44 – a) Polarização comum; b) camadas de depleção

10.1 Princípio de Funcionamento

Aplicando-se uma tensão entre dreno (D) e fonte (S), uma corrente circulará através do canal. Aplicando-se, então uma outra tensão à porta (G), de modo a polarizar inversamente a junção P-N, formada entre o terminal porta e o canal, haverá um alargamento da região de depleção. Como consequência, vai ocorrer um estreitamento do canal, ou seja, um aumento da resistência entre o dreno (D) e fonte (S) e, assim, uma diminuição da corrente que circula por esses elementos. Como a porta opera como uma junção polarizada inversamente, a corrente que circula por este elemento é muito pequena. Dessa forma, podemos variar a corrente de dreno sem que seja necessário absorver corrente da porta.

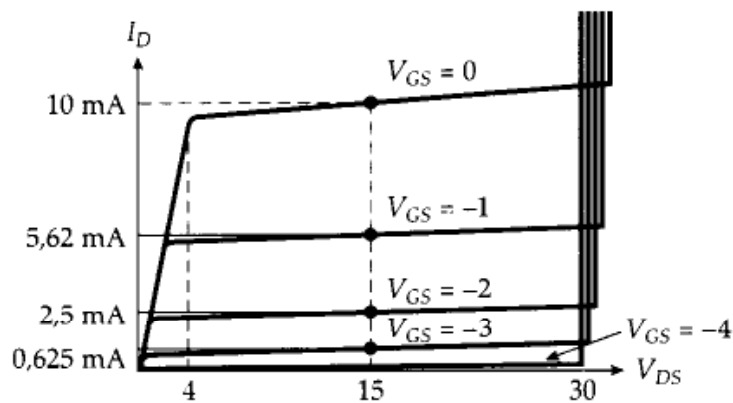


Figura 45 – Curvas características do transistor J-fet

10.2 Parâmetros Básicos

Os parâmetros do transistor são as características que o distingue dos demais, sendo esses dados fornecidos pelos fabricantes do componente nos folhetos técnicos ou data books.

- *V_p - Tensão de pinçamento (pinch-off)*: valor de tensão entre dreno e fonte (V_{ds}) em que a corrente de dreno se torna independente do aumento de V_{ds} . Para o caso especial de porta com potencial nulo ($V_{gs} = 0$ V) este valor é conhecido como V_{po} .
- *V_{gs off} - Tensão de porta de corte*: Tensão que aplicada a porta do J-FET corta a circulação da corrente de dreno. Na maioria dos casos a tensão $V_{gs off}$ é igual ao valor da tensão V_{po} .
- *R_{ds on} - Resistência de condução do canal*: é a resistência de condução que o canal apresenta na faixa da região ôhmica do transistor. É geralmente especificado nos data books como um valor de 20 ohms a algumas centenas de ohms, para uma tensão $V_{gs} = 0$ V.
- *BV_{gds} - Tensão de ruptura porta-canal*: É um dado fornecido nos folhetos técnicos, do comportamento, que define a máxima tensão admitida pela junção P-N porta canal de forma que não haja ruptura.

10.3 Simbologia

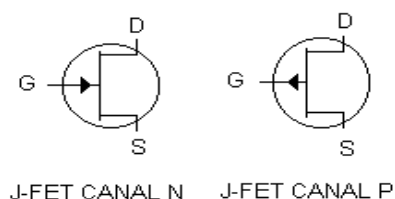


Figura 46 – Simbologia

10.4 Polarização.

Como existe o canal incrustado ao material, mesmo que a tensão V_{gs} seja zero, haverá uma corrente percorrendo o canal.

Sendo assim quanto maior for a tensão reversa (V_{gs}), menor será a corrente do canal. Com isso podemos concluir que o terminal de porta (G) deva ser polarizado inversamente em relação ao terminal fonte (S).

JFET
CANAL P: Porta positiva.
CANAL N: Porta negativa.

10.5 Circuito Típico

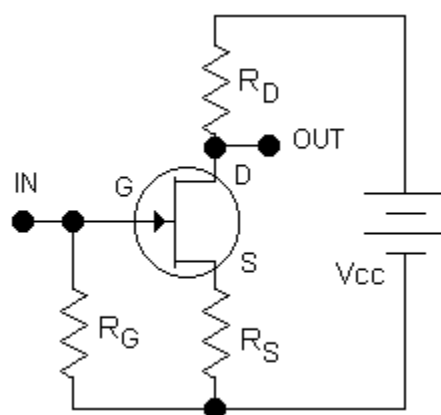


Figura 47 – Circuito Típico

11 TRANSISTOR DE UNIJUNÇÃO

O transistor de unijunção consiste num dispositivo eletrônico de estado sólido, com características elétricas que permitem sua aplicação basicamente em circuitos de temporização e osciladores de baixas frequências.

A estrutura básica do UJT é muito simples, possuindo uma única junção semicondutora, como o próprio nome sugere. Apresente três terminais, emissor (E), base 1 e base 2.

O unijunção é formado por uma única barra de silício, do tipo N, levemente dopada. Em seus extremos estão ligados os terminais referentes a base 1 e base 2. E numa região central, altamente dopada, constituída de material tipo P, é conectado o terminal de emissor.

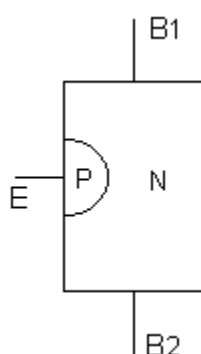


Figura 48 – Camadas do Transistor de Unijunção

11.1 Simbologia

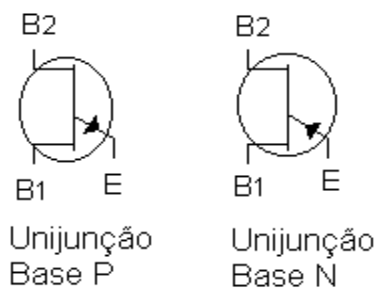


Figura 49 – Simbologia

11.2 Princípio De Funcionamento

Ao aplicarmos uma tensão nos terminais de base, uma pequena corrente I_s irá circular pelo componente, uma vez que esses terminais estão ligados por uma barra semicondutora. Assim que uma tensão de valor apropriado (V_p) é aplicada no terminal de emissor, polariza diretamente o diodo formado entre este e barra semicondutora, a resistência ôhmica da barra cai drasticamente, permitindo o surgimento da corrente I_c , diz-se que nesta situação o transistor foi disparado.

A corrente I_s se manterá assim enquanto a tensão aplicada ao emissor polarizar diretamente emissor barra semicondutora.

11.3 Oscilador de Relaxação

É a aplicação mais usual para o transistor de unijunção, sendo que sua configuração básica é mostrada abaixo.

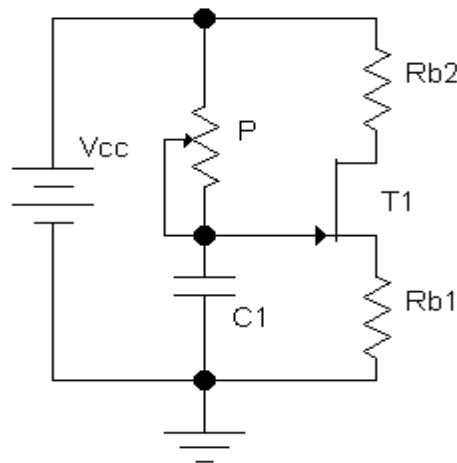


Figura 50 – Oscilador de Relaxação

Os componentes Re e C1 formam o circuito de tempo que vai determinar a frequência de operação do oscilador. R1 e R2 polarizam as bases do transistor determinando seu ponto de disparo, ou seja, as características do sinal gerado.

A frequência de oscilação é dada pela fórmula matemática:

$$f = \frac{1}{R.C}$$

Onde:

- f - frequência da oscilação em hertz (Hz);
- R - resistência de Re em ohms (ohm);
- C - capacitância de C1 em farads (frequência).

O sinal poderá ser retirado tanto no emissor como nas duas bases, sendo que cada um terá sua forma de onda específica conforme é visto abaixo.

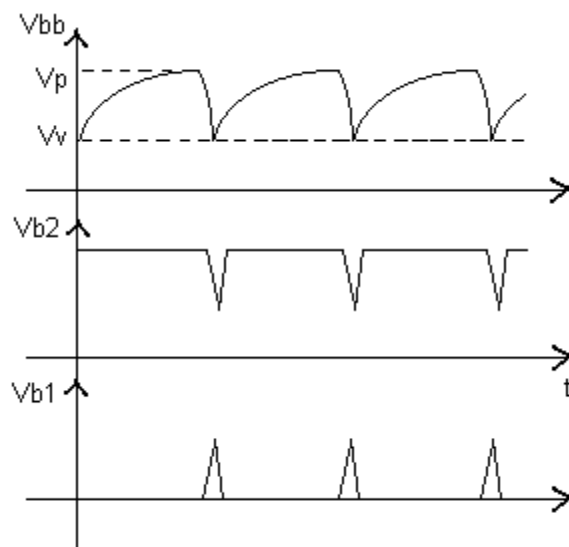


Figura 51 – Formas de onda do oscilador de relaxação

12 TIMER 555

Trata-se de um circuito integrado projetado para aplicações gerais de temporização, bastante fácil de se encontrar no mercado e de funcionamento simples.

Este CI foi introduzido no mercado pela Signetics e hoje a maioria dos fabricantes de semicondutores o produz. Seu sucesso foi devido a sua grande versatilidade, podendo ser utilizado em circuitos monoestáveis ou astáveis.

Sua tensão de alimentação situa-se entre +5 e +18 volts sendo portanto compatível com a família TTL, além de ser ideal para utilização em circuitos alimentados por bateria. Sua saída é capaz de fornecer ou drenar correntes de até 200 mA, permitindo o comando direto de relês, lâmpadas, etc. Em repouso (saída baixa) seu consumo é de 10 mA.

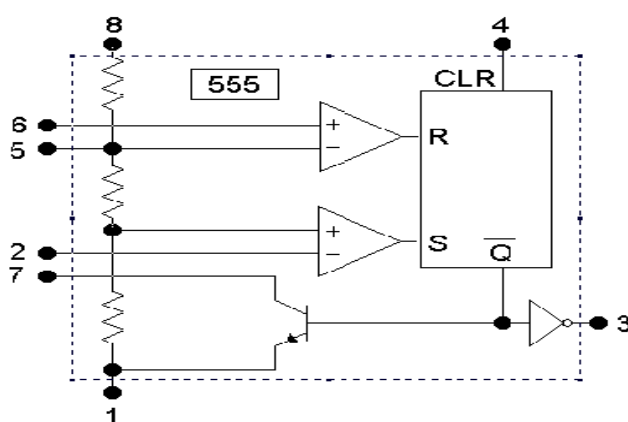


Figura 52 – Circuito interno esquemático do 555

Como podemos observar, o 555 é composto por:

- Dois comparadores de tensão
- Um flip-flop RS
- Um estágio de saída inversor de potência
- Um transistor de descarga
- Três resistores de valores iguais que fornecem as tensões de $1/3$ e $2/3$ de V_{cc} através de um divisor de tensão.

12.1 Princípio De Funcionamento

Podemos notar que o comparador superior tem uma entrada chamada Limite (Não inversora - pino 6) e uma entrada chamada Controle (Inversora - pino 5). Na maioria das aplicações a entrada de controle não é usada, de modo que a sua tensão é permanentemente igual a $2/3 V_{cc}$.

Sempre que a tensão aplicada a entrada limite for superior à tensão de entrada de controle (normalmente $2/3 V_{cc}$) a saída do comparador será alta. Isto provocará um Reset no flip-flop RS.

O comparador inferior possui a entrada Disparo ou Disparador (Inversora - pino 2) e uma tensão de $1/3 V_{cc}$ na entrada Não Inversora. Quando a tensão na entrada de disparo é ligeiramente inferior à $1/3 V_{cc}$ a saída do comparador vai para nível alto, provocando um Set no flip-flop RS.

O transistor de descarga é conectado ao pino Descarga (pino 7). Como podemos observar, este transistor é comandado pela saída Q/ do flip-flop: uma saída alta satura o transistor enquanto que uma saída baixa o leva ao corte.

O flip-flop RS também comanda a Saída do 555 (pino 3) pois sua saída Q/ passa através do inversor de potência e é enviada à este pino. Existe ainda a possibilidade de Resetar o flip-flop através do pino Reset ou Reciclagem (pino 4). Normalmente este pino é conectado diretamente a Vcc, mas quando ligado ao terra, força nível baixo na saída do 555.

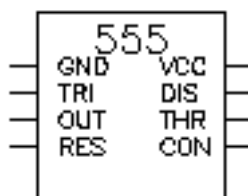


Figura 53 – Pinagem

Pinos:

- | | |
|------------------|---------------|
| 1 - GND (terra); | 5 - Controle; |
| 2 - Disparo; | 6 - Limite; |
| 3 - Saída; | 7 - Descarga; |
| 4 - Reset; | 8 - +Vcc. |

12.2 Multivibrador Monoestável

A figura 51 mostra o 555 ligado numa configuração monoestável ou também chamada One Shot.

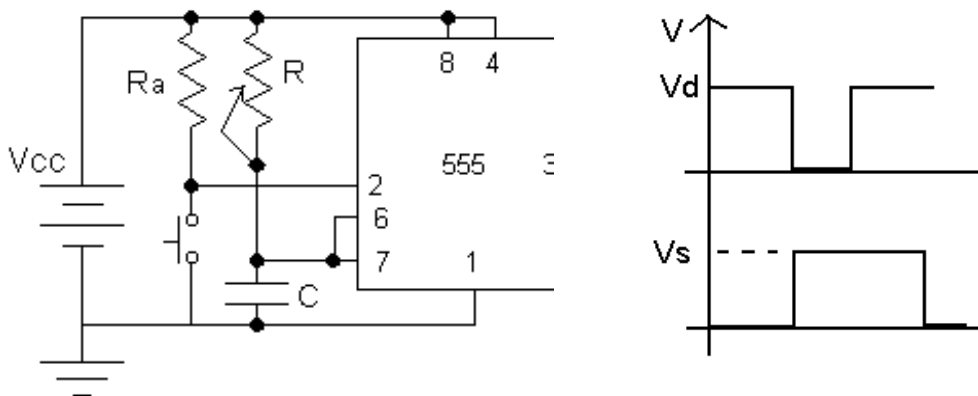


Figura 54 – Monoestável; a) Circuito; b) Forma de onda

12.2.1 Funcionamento

Quando pressiona-se a chave, a entrada de disparo fica inferior a $1/3 V_{cc}$ e a saída do comparador inferior sobe setando o FFP. Com isto sua saída Q/ vai para zero, cortando o transistor de descarga, permitindo que o capacitor de temporização inicie seu processo de carga através de R. Neste instante a saída vai para nível alto.

Quando a tensão do capacitor atingir um valor ligeiramente maior que $2/3 V_{cc}$ a saída do comparador superior vai para nível alto, resetando o FFP. Sendo assim, sua saída Q/ vai a nível alto, provocando a saturação do transistor e conseqüentemente a descarga rápida do capacitor de temporização. Neste instante a saída volta a nível baixo.

O circuito permanece nesta condição até que a chave seja pressionada novamente. Devido a isto é chamada de condição Não Ativada ou Estável.

O período em que o circuito permanece em seu estado Ativado ou Não Estável é dado pelo tempo que o capacitor leva para carregar-se até a tensão de $2/3 V_{cc}$, determinado pela constante RC do circuito, ou seja, pelos valores de R e corrente.

A expressão que determina este tempo é: $t = 1,1 \cdot R \cdot C$

Onde o resultado é dado em segundos.

12.3 Multivibrador Astável

A figura 52 mostra o 555 ligado em configuração astável.

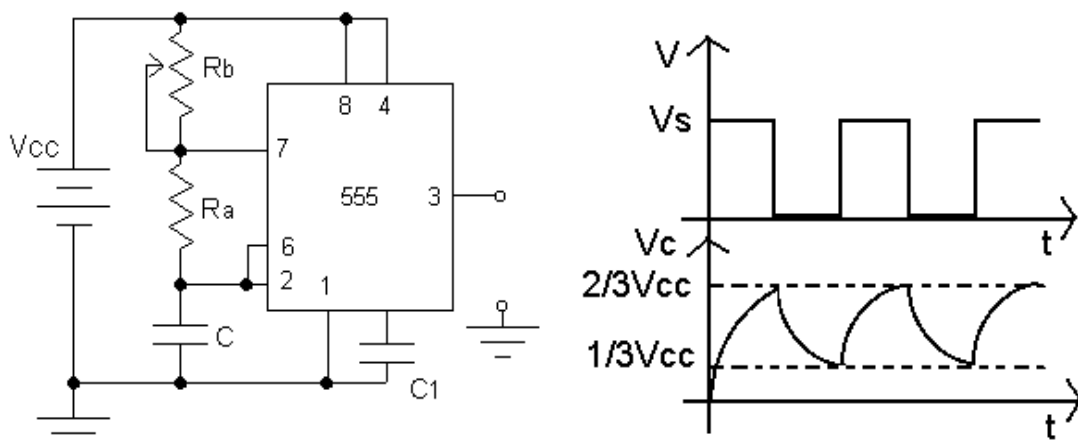


Figura 55 – Astável; a) Circuito; b) Forma de onda

12.3.1 Funcionamento

Inicialmente consideramos o capacitor descarregado. Nesta condição temos que o comparador tem a entrada inversora menor que a não inversora ($1/3 V_{cc}$) e, portanto, sua saída será alta, provocando um Set no FFP. Assim sendo, Q/ será zero, provocando o corte do transistor de descarga e, conseqüentemente permitindo o início da carga do capacitor de temporização através de Ra e Rb. Neste instante a saída vai para nível alto.

Quando a tensão no capacitor atinge um valor pouco superior a $1/3 V_{cc}$, a saída do comparador inferior vai para zero, sem que haja nenhuma interferência no processo de carga do capacitor.

Quando a tensão no capacitor atingir um valor pouco superior a $2/3 V_{cc}$ o comparador superior terá sua entrada não inversora com uma tensão maior que a entrada inversora ($2/3 V_{cc}$). Assim sendo, sua saída será alta, provocando um Reset no FFP.

Agora Q/ será alto, saturando o transistor de descarga e levando a saída a nível baixo. Neste instante o capacitor inicia seu período de descarga através de R_a .

Quando sua tensão passar a ser ligeiramente inferior a $1/3 V_{cc}$, o comparador inferior terá sua saída alta, reiniciando o ciclo.

A expressão que determina os tempos alto e baixo para o circuito são:

$$T_{alto} = 0,693.(R_a + R_b).C$$

$$T_{baixo} = 0,693.R_a.C$$

A frequência do sinal de saída pode ser determinada através destes dois tempos.

$$f_{osc} = \frac{1,44}{(2.R_a + R_b)C}$$

13 AMPLIFICADOR OPERACIONAL

O Amplificador Operacional (abreviadamente A.O.) é certamente um dos integrados de aplicações lineares mais usados e mais versáteis da atualidade. Além de ser de fácil emprego, não requer cálculos cansativos e ajustes para sua polarização, ao contrário dos transistores. Essa versatilidade e seu vasto campo de aplicações tornaram seu conhecimento uma necessidade para todo técnico e engenheiro que atuam no campo da eletrônica, mesmo que o componente não faça parte do seu dia-a-dia.

O A.O. recebeu esta denominação pelo fato de ter sido utilizado inicialmente para executar operações matemáticas em computação analógica, tais como: somar, subtrair, integrar, diferenciar, etc.

Atualmente, o componente em forma de CI é empregado em um sem número de aplicações lineares ou não lineares na eletrônica em geral, mas principalmente em sistemas de controle e regulação, instrumentação, processamento e geração de sinais.

Trata-se na realidade de um amplificador CC linear, com elevado ganho de tensão e que usa externamente uma rede de realimentação negativa ou positiva (em função da aplicação) para controlar suas características de operação.

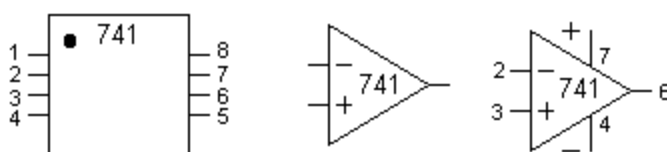


Figura 56 – Simbologia 741

Pinos:

- | | |
|---------------|------------------------|
| 1 - offset N1 | 5 - offset N2 |
| 2 - In (-) | 6 - Out |
| 3 - In (+) | 7 - Vcc (+) |
| 4 - Vcc (-) | 8 - Nc (Não conectado) |

13.1 Amplificador Inversor

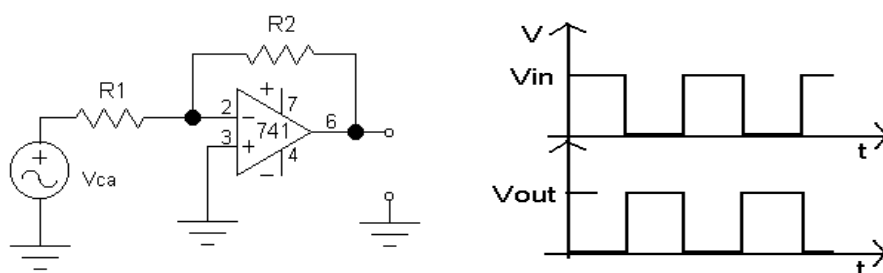


Figura 57 – Amplificador Inversor

A tensão de saída será igual ao produto da tensão de entrada pelo ganho, estando a saída defasada de 180° elétricos em relação à entrada.

A expressão matemática que define o ganho é dada por:

$$G = -\frac{R_2}{R_1} \qquad V_o = -V_i \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

Convém ressaltar que o sinal de "-" refere-se apenas a inversão da tensão.

13.2 Amplificador não Inversor

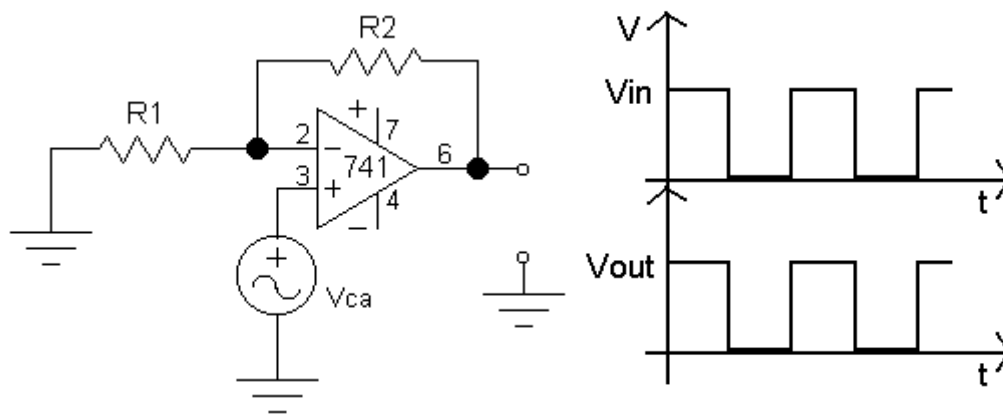


Figura 58 – Amplificador não Inversor

A tensão de saída será igual ao produto da tensão de entrada pelo ganho, estando tensão de saída em fase com a tensão de entrada.

A expressão matemática que define o ganho é dada por:

$$G = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \qquad V_o = V_i \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

14 TIRISTORES

É o membro mais importante da família de semicondutores de quatro camadas. Devido às excepcionais características elétricas e mecânicas, o tiristor é o substituto em estado sólido de contadores e reles de grande capacidade de corrente.

14.1 SCR

O SCR (Silicon Controlled Rectifier - Retificador Controlado de Silício) é um dispositivo semicondutor de três terminais, unidirecional e chaveado, usado para controlar potência CC e AC. Observando a figura 56, podemos notar que o SCR é composto de quatro camadas de material semicondutor numa estrutura P-N P-N.

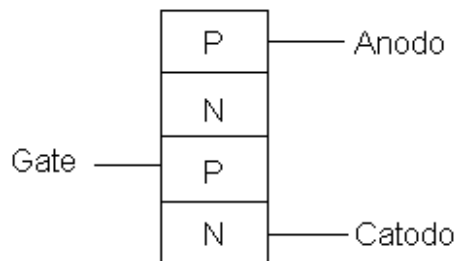


Figura 59 – Camadas do SCR

O SCR atua como um diodo gatilhado, ou seja, é necessário um pulso no terminal Gate para fazer com que o SCR entre em condução. Depois de disparado o SCR, não é necessário manter a tensão no Gate do dispositivo. O SCR permanecerá saturado até que a corrente de Ânodo para Cátodo caia a um valor inferior a corrente de manutenção, ou quando a tensão entre Ânodo e Cátodo caia a zero (0).

Simbologia



Figura 60 – Simbologia SCR

14.2 TRIAC

O TRIAC (Bidirecional Triode Thyristor) é também um dispositivo de três terminais e equivalente a dois SCRs ligados em anti-paralelo. A principal diferença do TRIAC em relação ao SCR é a capacidade de conduzir corrente em ambos os sentidos, devido à configuração de sua estrutura interna.

Portanto, é um dispositivo ideal para o controle de cargas que exigem o fluxo de corrente bidirecional, ou cargas de CA.

Tendo em vista que os terminais do TRIAC se comportam ora como cátodo e ora como ânodo, a designação dos terminais é convencionalmente chamada de: terminal principal 1 e terminal principal 2. O dispositivo é considerado diretamente polarizado, quando T2 for positivo em relação à T1.

O TRIAC pode ser disparado do mesmo modo que o SCR, no entanto, o gatilho do TRIAC pode receber tensões diretas e reversas. Para melhor funcionamento, recomenda-se que a polaridade do pulso seja a mesma de T2. Assim, quando utilizado em CA, no semiciclo positivo (T2 positivo), o gatilho deve ser um pulso positivo, e no semiciclo negativo (T2 negativo), o gatilho deve receber um pulso negativo. Quando este procedimento é adotado, os pulsos necessários podem ser de menor amplitude, devido a uma maior sensibilidade no terminal de gatilho.

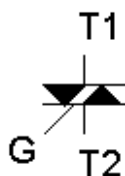


Figura 61 – Simbologia TRIAC

14.3 DIAC

O DIAC (Diode Switch AC) é um diodo de condução controlada nos dois sentidos, ligados apenas pela tensão aplicada aos seus terminais. Basicamente são constituídos de duas seções P-N P-N em antiparalelo.

A corrente pode fluir em ambos os sentidos. Trata-se, portanto, de um dispositivo bidirecional. Quando uma seção PN está no estado de condução, a outra se encontra em polarização reversa e vice-versa.

O DIAC não possui terminal de controle, tendo em vista que sua mudança de estado é controlada apenas pela tensão aplicada. Pelo fato de ser um dispositivo designado apenas para aplicações no controle de gatilho de Triacs, suas especificações são para baixas correntes (da ordem de 100 mA) e baixas tensões.

Os valores típicos das tensões para ligar o DIAC, estão entre 20 e 40V.



Figura 62 – Simbologia DIAC

15 COMPONENTES ELETRÔNICOS ESPECIAIS

15.1 Termistores

Este é um dispositivo muito importante para os circuitos que trabalham em locais de grande amplitude térmica.

O termistor é um resistor dependente da temperatura, ou seja, seu valor de resistência varia com a temperatura a que está submetido. Esta variação não é linear.

Na fabricação dos termistores é difícil conseguir uniformidade. As características de um termistor pode variar com o tempo e com a temperatura. Se a temperatura for elevada aumenta o processo de difusão, portanto, não é fácil utilizar um termistor como transdutor de precisão.

Os termistores não podem suportar temperaturas muito elevadas, por isso seu emprego é muito limitado. Geralmente, a temperatura máxima que um termistor pode suportar é, aproximadamente, 400°C.

Os termistores pode ser de dois tipos: PTC e NTC.

15.2 PTC (Positive Temperature Coefficient)

Os PTCs são resistores cuja resistência elétrica aumenta com o aumento da temperatura.

Dados que devem acompanhar todo termistor:

- A resistência (W) a 25°C;
- A máxima tensão admissível;
- A corrente máxima suportável.

Os dados para se reconhecer um termistor são fornecidos pelo fabricante.

Ex: P50/80/30/01

Onde:

- P = Termistor PTC;
- 50 = Sigla da nomenclatura de fabricação;
- 80 = Corrente máxima em mA;
- 30 = Coeficiente de variação (30%/°C);
- 01 = Sigla da nomenclatura de fabricação.

O teste deste componente é feito da seguinte forma: com um ohmímetro mede-se a resistência do componente a temperatura ambiente, em seguida aproxima-se do componente uma fonte de calor e deverá ser notado um acréscimo na resistência ôhmica do mesmo.

Os termistores PTC são utilizados mais freqüentemente em:

- Termostatos;
- Proteção de bobinados de motores;
- Estabilização de temperatura de um líquido.

Simbologia

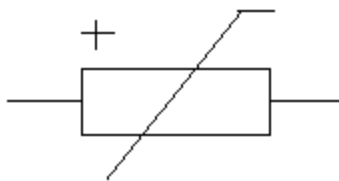


Figura 63 – Simbologia do termistor PTC

15.3 NTC (Negative Temperature Coefficient)

Os NTCs são resistores formados por semicondutores cerâmicos feitos de óxidos metálicos, cuja resistência elétrica diminui com o aumento da temperatura.

Os NTCs são usados em faixas de temperatura que estão entre 0°C e 400 °C.

Estes componentes se destacam nas aplicações tais como:

- Medidores de temperatura;
- Proteção de circuitos;
- Circuitos de alarme.

Para testá-los deve-se medir a sua resistência a temperatura ambiente, em seguida, aproximar o componente de uma fonte qualquer de calor. Observar no multímetro que o valor da resistência diminui, com o aumento da temperatura.

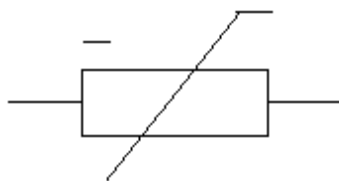


Figura 64 – Simbologia do termistor NTC

15.4 LDR

O LDR (Light Dependent Resistor - Resistor Dependente de Luz), é o um resistor cuja resistência elétrica diminui com o aumento da luz incidente na sua superfície sensível. Este efeito fotoelétrico (fotocondutividade) se baseia no seguinte princípio: quando um semicondutor recebe a luz, incide sobre ele fótons com energia suficiente para arrancar elétrons da banda de valência e passar a banda de condução. A resistência de uma célula LDR depende do número de fótons incidentes e, portanto, da intensidade luminosa.

Por não necessitarem de amplificadores os LDRs simplificam em muito os circuitos de controle industriais, uma vez que podem atuar diretamente sobre os relés de comutação.

Para testar este componente, usa-se o multímetro em ohms. Primeiramente mede-se sua resistência na presença de luz em seguida tapa-se a região sensível e deverá se observar que a resistência aumenta sensivelmente.

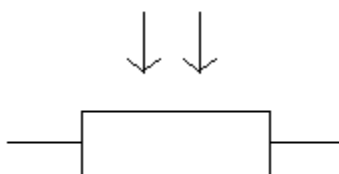


Figura 65 – Simbologia do LDR

15.5 Fotodiodo

Trata-se de uma junção P-N, com uma abertura, com lente, para a entrada dos raios de luz. Quando polarizado inversamente, a luz libera mais portadores minoritários e consequentemente há um aumento da corrente de fuga.

Para testar este componente, coloca-se o multímetro em uma alta escala de resistência e mede-se com e sem luz incidente sobre a abertura. A medida efetuada com luz deve ter valor consideravelmente inferior à medida sem luz.



Figura 66 – Simbologia do fotodiodo

15.6 Fototransistor

Componente com a mesma estrutura do transistor bipolar convencional, porém é deixada uma abertura com lente, na região da junção base-coletor. Com a incidência de luz, diminui consideravelmente a resistência desta junção.

A principal diferença entre um fotodiodo e um fototransistor reside no fato de que no fototransistor a corrente é mais intensa, uma vez que o transistor já fornece uma amplificação deste sinal.

Para testar este componente, mede-se o valor da resistência entre coletor-emissor, com e sem luz. A medida efetuada com luz deve apresentar valor bem mais baixo do que a medida efetuada com a superfície sensível escurecida.

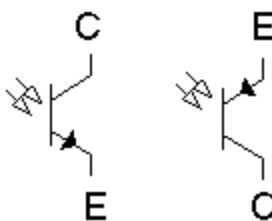


Figura 67 – Simbologia do fototransistor

15.7 Diodo Emissor de Luz (LED)

O LED (Light Emission Diode - Diodo Emissor de Luz) é um componente utilizado para sinalização. Sua junção P-N, é acrescida de certas ligas, como por exemplo o arsênio de gálio, que tem a propriedade de emitir luz, quando diretamente polarizado.

O LED substitui as tradicionais lâmpadas piloto, com as vantagens de não aquecer, possuir vida útil muito maior, apresentar baixo consumo, etc.

Para testar o LED deve-se ligá-lo a uma fonte de tensão CC, não esquecendo de ligar em série com o mesmo um resistor que limite a corrente em 20mA.



Figura 68 – Símbolo do Led

15.8 Varistor

Os varistores de óxido de zinco ou SIOV são componentes bipolares passivos, destinados a proteger circuitos de surtos ou transientes de tensão.

A resistência dos varistores diminui sempre que a tensão aplicada aos seus terminais atinge um valor limite, fazendo com que o componente passe a conduzir corrente e consequentemente mantendo a um nível mais baixo o valor da tensão.

É muito utilizado na proteção de contatos de interruptores para evitar as sobretensões, em circuitos retificadores com diodos de silício e na entrada de equipamentos eletrônicos com a finalidade de protege-los de possíveis sobretensões.



Figura 69 – Símbolo do varistor

16 ELETRÔNICA BÁSICA - LABORATÓRIO

Experiência 1 – Manuseio do Osciloscópio

- 1.1 – Ajuste o osciloscópio para 2V/Div e 0,2mS/Div. O sincronismo pelo canal 1 (CH-1), MODE AUTO, INPUT em GND;
- 1.2 – Ajuste o gerador de funções para 1Khz e conecte a ponta de prova a saída do gerador (ponta de prova ligada ao canal 1);
- 1.3 – Atue no controle POSITION e posicione o traço sobre alinha central da tela do osciloscópio;
- 1.4 – Passe a chave INPUT para AC (o gerador fornece tensão alternada);
- 1.5 – Ajuste a amplitude do gerador para 8Vpp (4Vp). Desenhe a forma de onda na TELA 01;
- 1.6 – Meça o período e calcule a frequência da forma de onda anotando os valores na TABELA 01;
- 1.7 – Gire o VARIABLE vertical (amplitude) no sentido anti-horário e verifique o que ocorre com a forma de onda;
- 1.8 – Recoloque o VARIABLE na posição CAL;
- 1.9 – Gire o VARIABLE horizontal (tempo/período) no sentido anti-horário e verifique o que ocorre com a forma de onda;
- 1.10 – Recoloque o VARIABLE na posição CAL;
- 1.11 – Atue no POSITION vertical (amplitude) e verifique o que ocorre com a forma de onda:

- Girando no sentido horário?
- Girando no sentido anti-horário?

- 1.12 – Atue no POSITION horizontal (tempo/período) e verifique o que ocorre com a forma e onda:

- Girando no sentido horário?
- Girando no sentido anti-horário?

- 1.13 – Centralize a forma de onda na tela;
- 1.14 – Modifique a escala de tensão para 1V/Div;
- 1.15 – Houve alguma modificação na forma de onda mostrada na tela? Desenhe a forma de onda na TELA 02;
- 1.16 – Faça uma nova leitura e verifique a amplitude real da forma de onda, comparando o resultado com o valor do item 5. O que podemos concluir?
- 1.17 – Volte a escala para 2V/Div;
- 1.18 – Modifique a escala de tempo para 0,5mS/Div;
- 1.19 – Houve alguma modificação na forma de onda mostrada na tela? Desenhe a forma de onda na Tela 3;
- 1.20 – Faça nova leitura do período e calcule a frequência comparando os valores com aqueles da Tabela 1;
- 1.21 – Retorne a escala de tempo para 0,2mS/Div;
- 1.22 – Atue no knob INTENSITY. O que ocorre com a forma de onda:

- Girando no sentido horário?
- Girando no sentido anti-horário?

- 1.23 – Volte a posição original de ajuste;
- 1.24 – Atue no FOCO e verifique o que ocorre com a forma de onda:

- Girando no sentido horário?
- Girando no sentido anti-horário?

1.25 – Ajuste o FOCO para a melhor posição e retire a chave de sincronismo de CH-1. O que ocorre com a forma de onda?

Experiência 2 – Medidas com multímetro em tensão alternada

- 2.1 – Ajuste o gerador para 60Hz, 10Vpp, através do osciloscópio;
 2.2 – Calcule a tensão eficaz e anote na Tabela 2;
 2.3 – Com o multímetro em AC meça a tensão do gerador e anote o resultado na Tabela 2;
 2.4 – Com o multímetro em DC, meça novamente a tensão do gerador e anote o resultado na Tabela 2;
 2.5 – Meça a tensão da rede com multímetro e anote na Tabela 3;
 2.6 – Meça a tensão da rede com o osciloscópio e anote na Tabela 3;

Caso não seja possível medir a onda completa na tela solicite a presença do professor.

2.7 – Calcule a V_{RMS} através da tensão de pico da rede e anote na Tabela 3.

Resultados obtidos:

Tabela 1

PERÍODO (s)	
FREQUÊNCIA (Hz)	

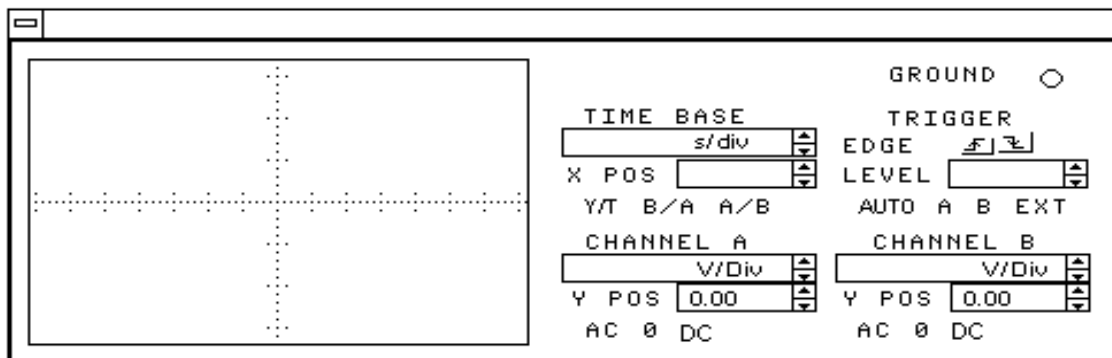
Tabela 2

Vpico (V)	
Veficaz (V)	
Vmultímetro (V)	

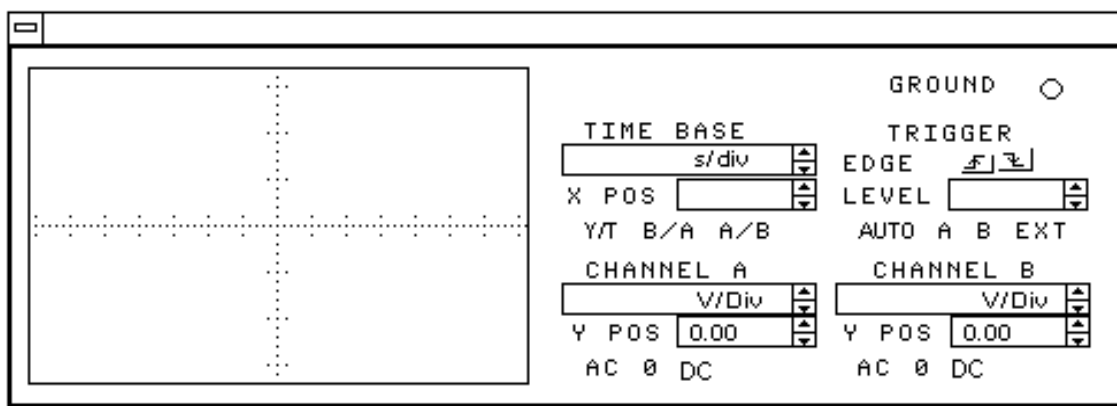
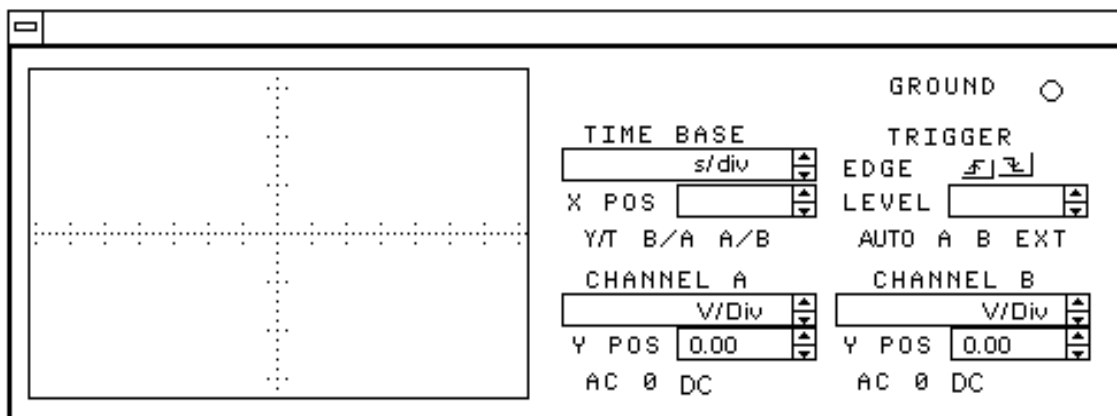
Tabela 3

Vpico (V)	
Veficaz (V)	
Vmultímetro (V)	

Tela 1



Tela 2



Objetivos

- Realizar o levantamento da curva característica de um diodo.
- Traçar a característica em um sistema de eixos.
- Determinar tensões e correntes no diodo a partir da curva.
- Testar diodos semicondutores.

Equipamentos

- Fonte de CC ajustável;
- V1 - multímetro;
- m1 - miliamperímetro 0 - 100mA;
- m2 - microamperímetro 0 - 100μA.

Material

- Resistores - R1 - 100Ohm/1W
- Semicondutor - 1N 4007
- P1 - Potenciômetro de fio de 500 Ohm.

3.1 – Teste do diodo semicondutor

Uma vez que o diodo semicondutor conduz em apenas um único sentido, para determinarmos se o componente se encontra em bom estado, basta polarizarmos o mesmo direta e inversamente.

Para isto, utilizamos o ohmímetro da seguinte forma:

3.1.1 – Conectamos a ponteira vermelha ao ânodo e, a ponteira preta ao cátodo do diodo.

Feito isto anotar o valor da resistência encontrada.

$R_{\text{DIOLO}} = \text{_____ } \Omega$

3.1.2 – Conectamos a ponteira preta ao ânodo e, a ponteira vermelha ao cátodo do diodo.

Feito isto anotar o valor da resistência encontrada.

$R_{\text{DIOLO}} = \text{_____ } \Omega$

Com base nos resultados acima determine a condição do diodo:

() BOM () RUIM.

3.2 – Levantamento da curva característica

3.2.1 – Monte o circuito da figura 4

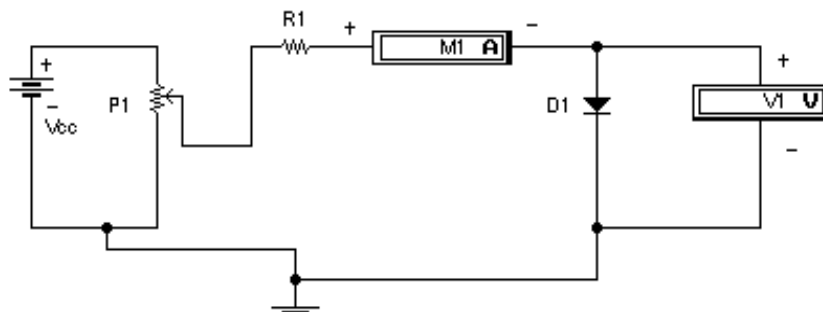


Figura 4

3.2.2 – Gire o conversor do potenciômetro totalmente para o lado da massa.

3.2.3 – Ajuste o voltímetro na menor escala de tensão CC (para leituras entre 0 e 1V)

Obs: Faça o ajuste do zero cuidadosamente.

3.2.4 – Ajuste uma fonte de CC para 10V e conecte na entrada do circuito.

3.3 *Levantamento da característica direta.*

Obs: O levantamento será feito com base na tabela 4

Tabela 4 – Característica Direta

Tensão no diodo (V1)	0,1V	0,2V	0,3V	0,4V	0,5V	0,6V	0,7V	0,8V	0,9V
Corrente no diodo (mA)									

3.3.1 – Ajuste o potenciômetro de forma a obter uma tensão de 0,1Vs sobre o diodo.

3.3.2 – Leia e anote na tabela o valor de corrente no diodo (I_d)

3.3.3 – Repita os passos 3.2.1 e 3.2.2 para os valores restantes de tensão no diodo da tabela 4.

Obs: Se a escala do miliamperímetro for insuficiente nas últimas medições, substitua por um miliamperímetro de escala menor.

3.3.4 – Desligue a fonte de alimentação.

3.4 – *Levantamento da característica inversa*

3.4.1 – Monte o circuito da figura 05.

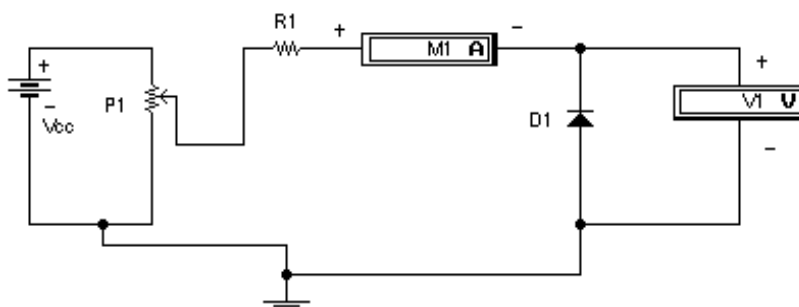


Figura 5

Obs: posicione o seletor do multímetro para uma escala de 25VDC ou maior.

3.4.2 – Ajuste uma fonte de alimentação para tensão de saída 0V e conecte na entrada do circuito.

Obs: O levantamento será feito com base na tabela 5.

Tabela 5 – Característica Inversa

Tensão no diodo (V1)	0V	5V	10V	15V	20V	25V
Corrente no diodo (mA)						

3.4.3 – Ajuste a tensão da fonte de forma a obter 5V sobre o diodo.

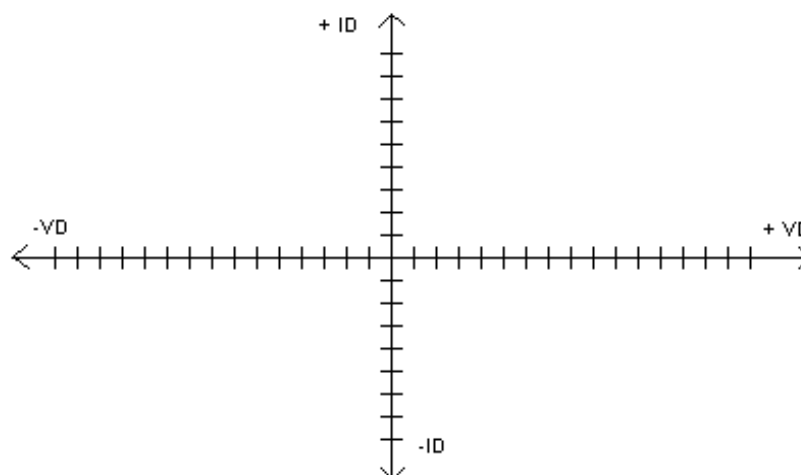
3.4.4 – Leia e anote na tabela o valor da corrente inversa no diodo.

3.4.5 – Repita os passos 3.3 e 3.4 para os valores restantes de tensão inversa na tabela.

3.4.6 – Desligue a fonte de alimentação.

3.5 – Traçado da curva característica

3.5.1 – Coloque no gráfico abaixo os valores obtidos nas tabelas 1 e 2.



Experiência 4 – Retificação De Meia Onda

Objetivos

- Determinar o rendimento de uma retificação de meia onda
- Observar as formas de onda no circuito retificador de meia onda.

Equipamentos

- Multímetro;
- Osciloscópio duplo-traço.

Material necessário

R1 - 560Ω , $\frac{1}{2}$ W

Semicondutores

D1 - Diodo semicondutor 1N4007

Diversos

Transformador 220/12-0-12 - 205mA

4.1 – Verificação da tensão de saída

4.1.1 – Monte o circuito da figura7.

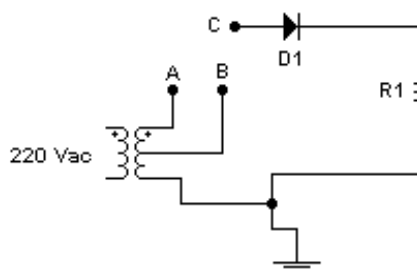


Figura 7

- 4.1.2 – Interligue os pontos A e C do circuito
 4.1.3 – Ligue o transformador.
 4.1.4 – Meça a tensão CA aplicada ao circuito retificador (ponto C e terra).
 4.1.5 – Meça a tensão contínua sobre a carga com o multímetro.
 4.1.6 – Determine o rendimento da retificação de meia onda.

Rendimento = $(V_{cc} / V_{ca}) * 100 = \underline{\hspace{2cm}}\%$

- 4.1.7 – Desligue o transformador.
 4.1.8 – Retire a conexão entre os pontos A e C e ligue os pontos B e C.
 4.1.9 – Repita os itens 4.1.4 a 4.1.8 registrando os valores a seguir.

$V_{ca} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ $V_{cc} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ Rendimento = $\underline{\hspace{2cm}} \%$

4.2 – Verificação das formas de onda

- 4.2.1 – Monte o circuito da figura 08.

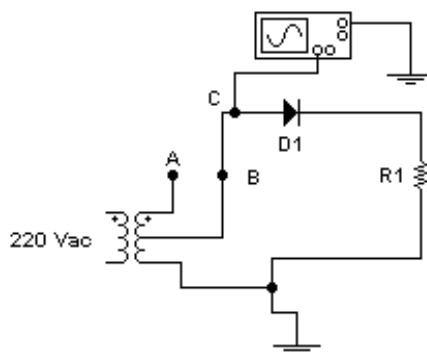
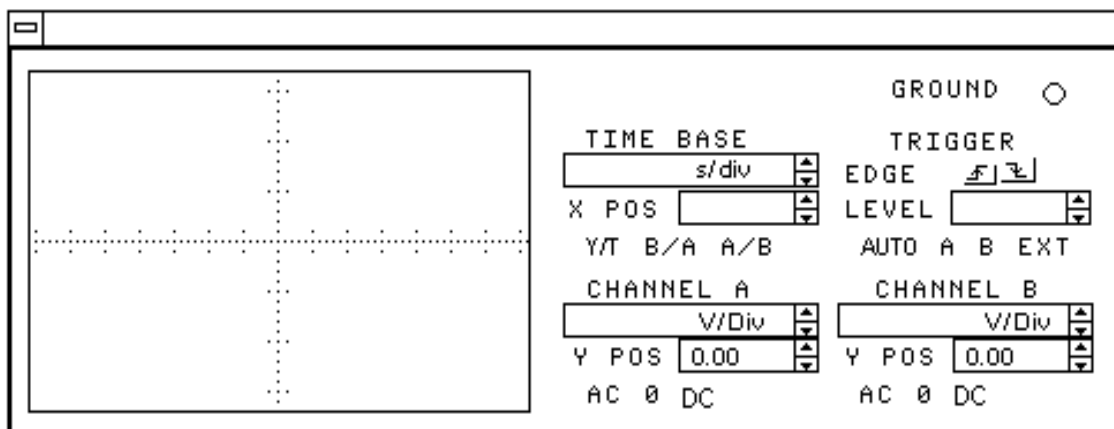


Figura 8

- 4.2.2 – Conecte o canal 1 do osciloscópio ao circuito, de forma a observar a tensão entre a derivação central do trafo e o terra.
 4.2.3 – Sincronize o osciloscópio pelo canal 1 e ajuste a base de tempo de forma a obter 2 ciclos completos da CA na tela.
 4.2.4 – Registre a forma de onda no gráfico abaixo e complete o solicitado.



- 4.2.5 – Conecte o canal 2 (modo DC) na carga.

Obs: Não é necessário conectar o terra do canal dois uma vez que o terra do canal 1 é comum aos dois canais.

4.2.6 – Registre a forma de onda da tensão no gráfico abaixo, e complete o solicitado.

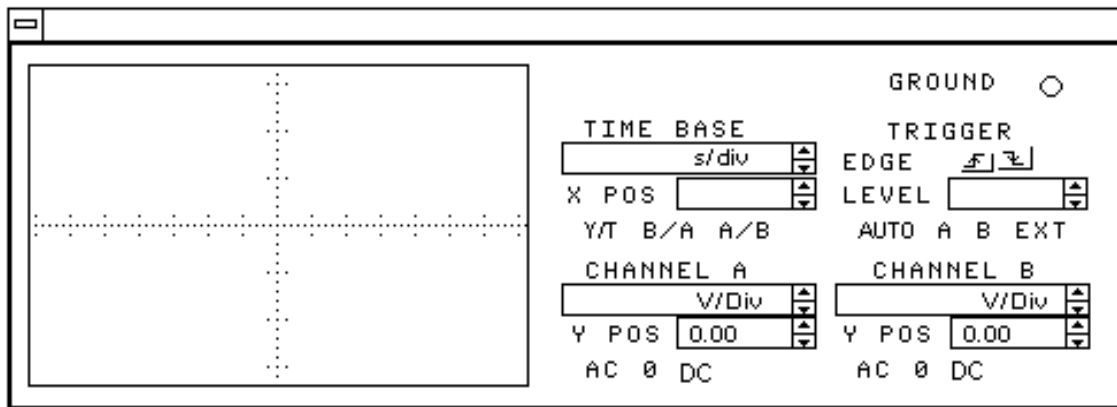


Figura 10

4.2.7 – Desconecte os dois canais do osciloscópio do circuito.

4.2.8 – Conecte a ponta de prova do canal 1 sobre o diodo. Terra da ponta de prova no cátodo e ponta de sinal no ânodo.

4.2.9 – Registre a forma de onda no gráfico abaixo.

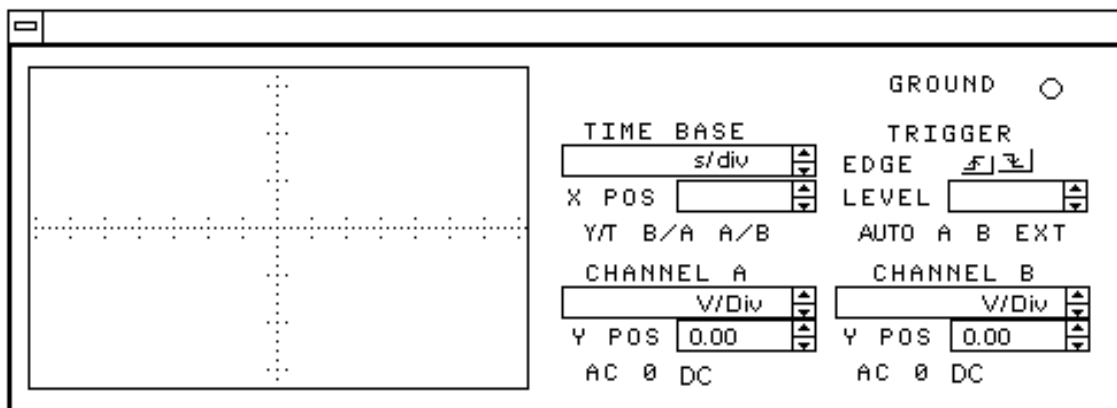


Figura 11

Experiência 5 – Retificação De Onda Completa

Objetivos

- Determinar o rendimento de uma retificação de onda completa.
- Observar as formas de onda no circuito retificador de onda completa.

Equipamentos

- Multímetro;
- Osciloscópio duplo traço.

Materiais necessários

Resistores

$R_1 = 560\Omega$, $\frac{1}{2} W$

Semicondutores

$D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = 1N\ 4007$.

Diversos

Transformador 220/12-0-12V - 250mA.

5.1 – Verificação da tensão de saída (center tape)

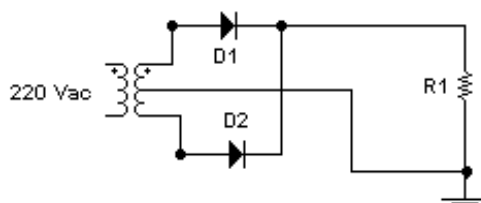


Figura 12

5.1.2 - Alimente o transformador.

5.1.3 - Meça e registre a tensão CC de saída usando o multímetro.

$V_{cc} = \underline{\hspace{2cm}}\ V$

5.1.4 - Meça a tensão CA entre o terminal central do transformador e um dos extremos.

$V_{ca} = \underline{\hspace{2cm}}\ V$

5.1.5 - Determine o rendimento do circuito retificador de onda completa com tomada central (center tape).

Rendimento = $\underline{\hspace{2cm}}$ %

5.2 – Verificação das formas de onda

5.2.1 - Conecte o canal 1 do osciloscópio entre o terminal central do trafo (terra) e um dos extremos.

5.2.2 - Sincronize pelo canal 1 e ajuste a base de tempo de forma a obter 2 ciclos completos CA na tela.

5.2.3 - Conecte a entrada de sinal da ponta de prova no canal 2 sobre a carga.

5.2.4 – Reproduza na tela abaixo as imagens projetadas pelo osciloscópio.

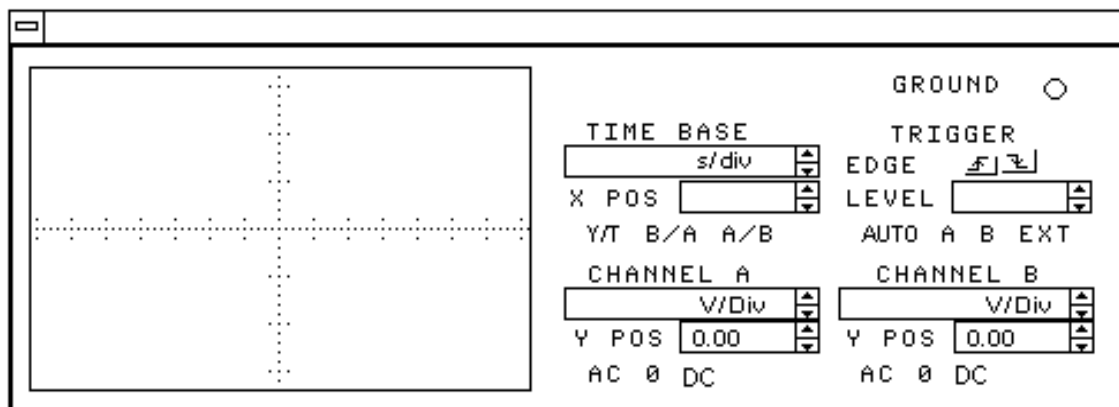


Figura 13

5.3 – Verificação da tensão de saída (ponte)

5.3.1 – Monte o circuito da figura 14.

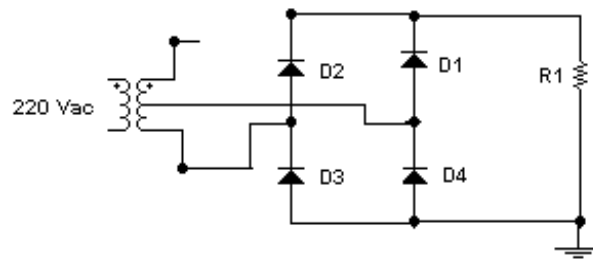


Figura 14

5.3.2 – Meça e registre a tensão CC de saída usando o multímetro.

$V_{co} = \text{_____ V}$

5.3.3 – Determine o rendimento da retificação de onda completa em ponte.

Rendimento = _____ %

5.4 – Verificação das formas de onda

5.4.1 - Conecte o canal 1 do osciloscópio entre o terminal central do trafo e um de seus extremos.

5.4.2 - Sincronize pelo canal 1 e ajuste a base de tempo de forma a obter 2 ciclos completos CA na tela.

5.4.3 - Conecte a entrada de sinal da ponta de prova do canal 2 sobre a carga

Obs: Desligue o canal 1.

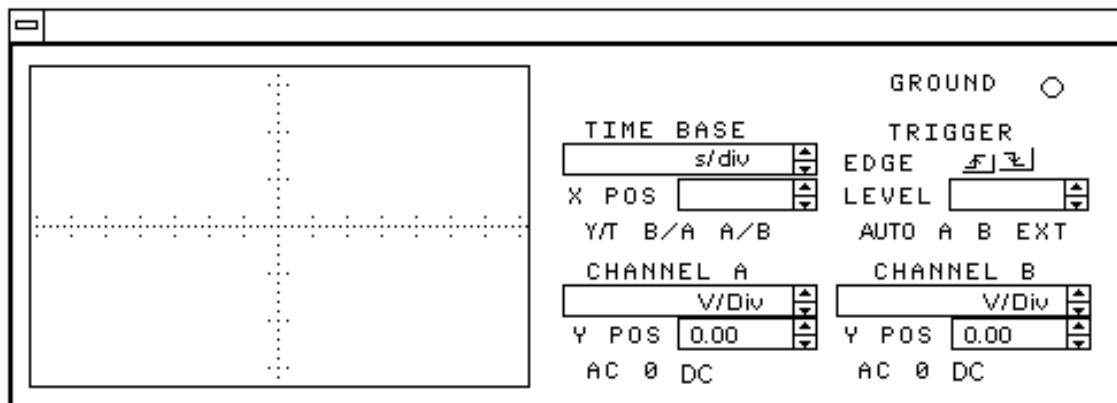


Figura 15

Experiência 6 – Filtro Em Fonte De Alimentação

Objetivos

- Verificar o comportamento da tensão de saída de um circuito com filtro;
- Verificar as formas de onda na saída de um circuito retificador com filtro;
- Verificar os fatores que influenciam na tensão de ripple;
- Medir a tensão de ripple com um osciloscópio.

Equipamentos

- Osciloscópio duplo-traço
- Multímetro.

Materiais necessários

Semicondutores

$D_1 = D_2 = 1N\ 4007$

Resistores

$R_1 = 470\ \Omega\ \frac{1}{2}\ W$

Capacitores

$C_1 = C_2 = 220\mu F \times 16V$

Diversos

- Transformador 220/12-0-12 250mA
- $P_1 = 1k\Omega$ - Potenciômetro de fio

6.1 – Verificação da tensão de saída

6.1.1 – Monte o circuito da fig. 16

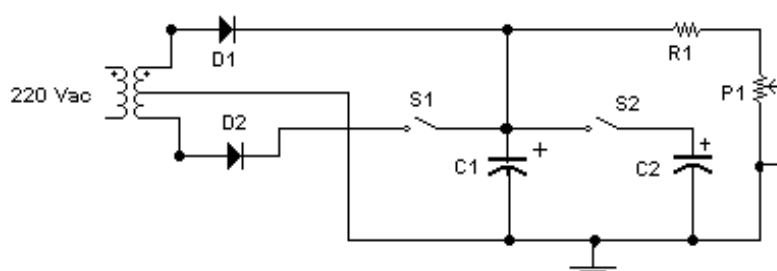


Figura 16

6.1.2 – Mantenha S_1 e S_2 aberta.

6.1.3 – Ajuste P_1 para a máxima resistência.

6.1.4 – Alimente o circuito.

6.1.5 – Meça a saída da fonte utilizando o multímetro.

$V_o = \underline{\hspace{2cm}}\ V$

6.1.6 – Utilizando o osciloscópio meça e registre no gráfico abaixo a tensão de ripple.

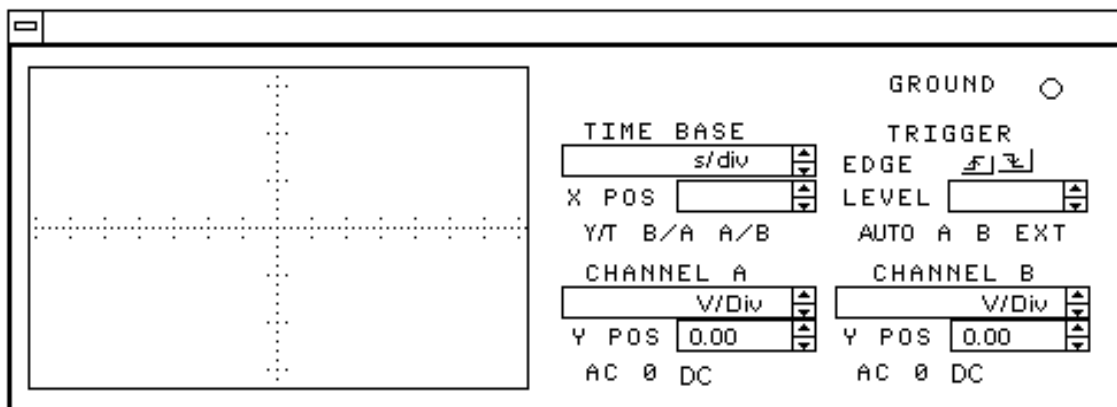


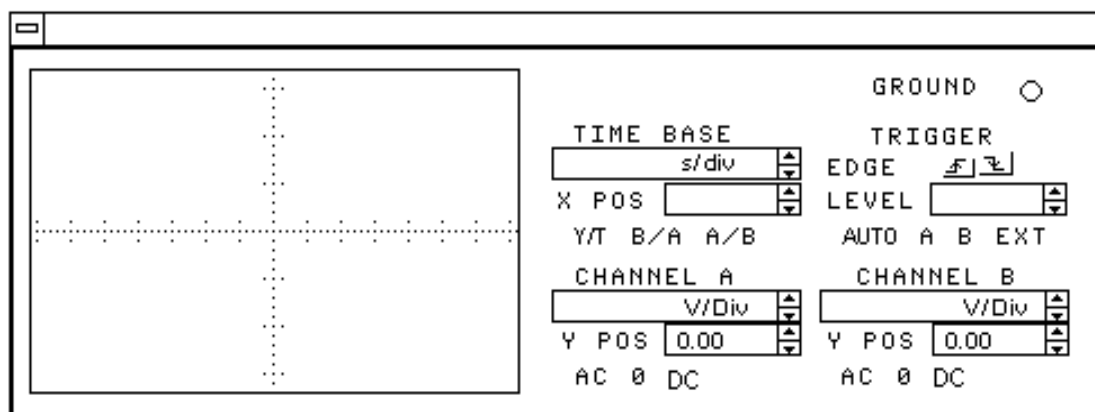
Figura 17

6.1.7 – Feche S_2 e repita os itens 6.1.5 e 6.1.6 -

6.1.8 – Abra a chave S_2 .

6.1.9 – Atue em P_1 e observe o que ocorre com a tensão de ripple.

6.1.10 – Ajuste P_1 para a mínima resistência e registre a forma de onda do ripple no gráfico abaixo.



$V_o = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ $V_{o6.1.5} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

6.1.12 – Feche a chave S_2 e repita o item 6.1.10 -

6.1.13 – Ligue a chave S_1 .

6.1.14 – Meça a tensão de saída da fonte utilizando o multímetro.

$V_o = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

6.1.15 - Utilizando o osciloscópio meça e registre no gráfico abaixo a tensão de ripple.

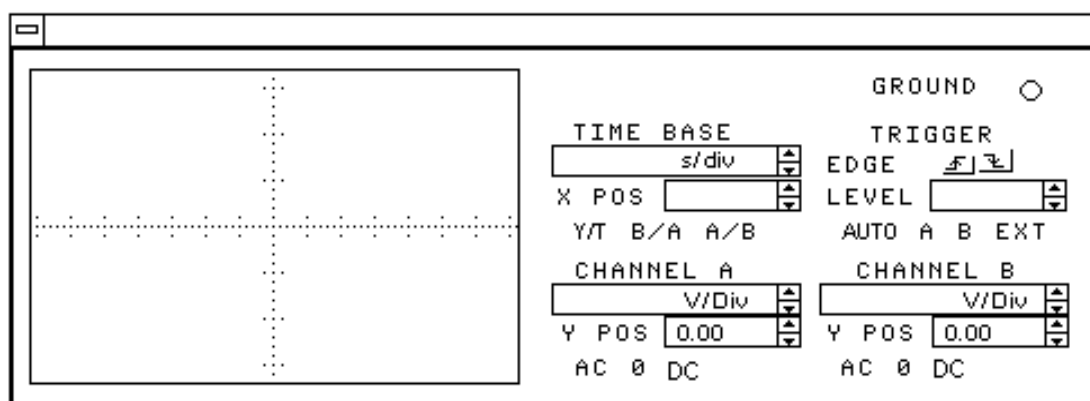


Figura 19

6.1.16 – Atue em P_1 e observe o que ocorre com a tensão de ripple.

6.1.17 – Ajuste P_1 para a mínima resistência e registre a forma de onda do ripple no gráfico abaixo.

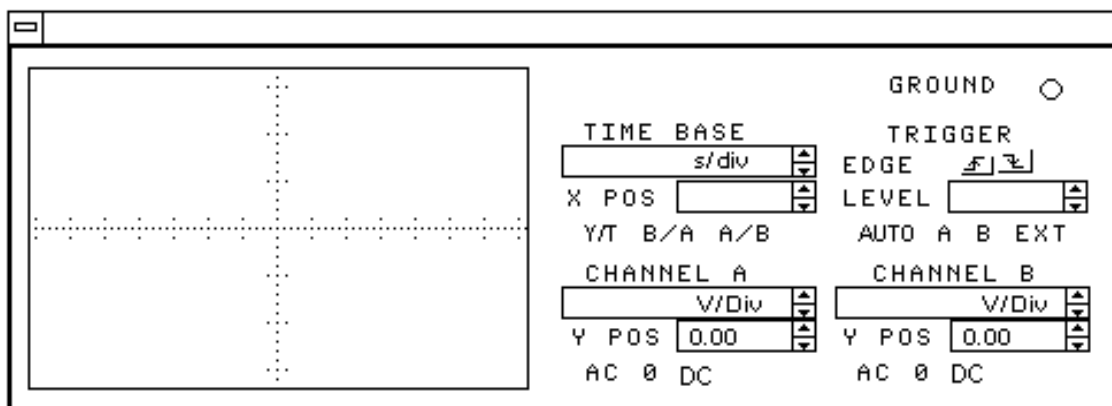


Figura 20

6.1.18 – Meça com o multímetro a tensão de saída e compare com a medida do item 6.1.11.

$$V_{01.16} = \text{_____ V} \quad V_{01.11} = \text{_____ V}$$

Experiência 7 – Regulador Fixo De Tensão

Objetivos

- Verificar a tensão de saída do circuito, quando a variação na tensão de entrada.
- Verificar a tensão de saída do circuito regulador, quando há variação da corrente de carga.

Equipamentos

- Fonte de tensão CC variável;
- Osciloscópio duplo traço.

Material necessário

Circuito integrado

CI₁ - 7805

Resistor

R₁ 470Ω ½ W

Capacitores

C₁ = 100nF

C₂ = 100nF

Diversos

P₁ = 1K Potenciômetro de fio

7.1 – Monte o circuito da figura 21.

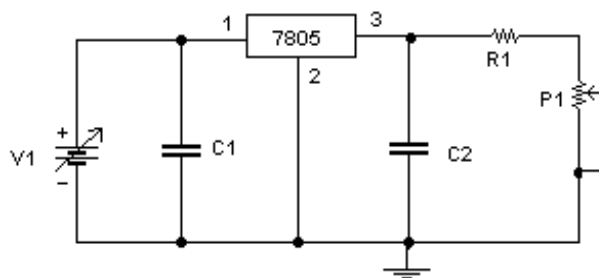


Figura 21

7.2 – Ajuste V1 para 0V

7.3 – Ajuste P₁ para a máxima resistência

7.4 – Ligue o canal 1 do osciloscópio para medir a tensão em V₁

7.5 – Ligue o canal 2 do osciloscópio para medir a tensão na carga.

7.6 – Ligue V₁ e preencha a tabela abaixo.

Tabela 6

Tensão em V1 (V)	Tensão na carga (V)
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

7.7 – Atue em P₁ e observe a tensão na carga.

7.8 – A tensão na carga variou?

() SIM () NÃO

Experiência 8 – Transistor Bipolar

Objetivos

- Verificar a relação entre os parâmetros I_B , I_C , V_{CE} e V_{RC} .

Equipamentos

- Multímetro Digital;
- Osciloscópio;
- Fonte CC ajustável.

Resistores

- $R_1 = 10K\Omega$ $\frac{1}{4}$ W;
- $R_2 = 1K\Omega$ $\frac{1}{4}$ W;
- $R_3 = 560\Omega$ $\frac{1}{4}$ W;
- $R_4 = 390\Omega$ $\frac{1}{4}$ W;

Semicondutores

T_1 = BC 549 Transistor NPN de silício.

Diversos

- $P_1 = 220k\Omega$ Potenciômetro de carvão (linear);
- Ferro de Solda

8 – Comprovação da relação entre os parâmetros I_B , I_C , V_{RC} e V_{CE} .

8.1 – Monte o circuito da figura 22.

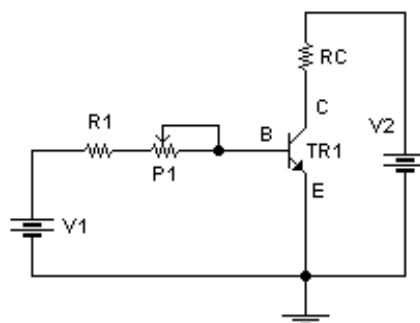


Figura 22

8.2 – Ajuste V_1 para $1,5V_{CC}$ e V_2 para $12V_{CC}$.

8.3 – Ajuste I_B através do potenciômetro P_1 , de forma a obter $V_{CE} = 6V$

8.4 – Meça e registre o valor da tensão V_{RC} .

$V_{RC} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Obs: É correto afirmar que $V_2 = V_{CE} + V_{RC}$.

SIM () NÃO () ????

8.5 – Meça e registre o valor da corrente I_B .

$I_B = \text{_____} \mu\text{A}$

8.6 – Determine o valor de I_C e β .

$I_C = \text{_____} \text{A}$ $\beta = \text{_____}$

8.7 – Movimente alternadamente o cursor de P_1 de forma que I_B varie até $10\mu\text{A}$ acima e abaixo do valor atual, enquanto observa a V_{CE} do transistor.

Obs: V_{CE} depende de I_B () SIM () NÃO

8.8 – Repita o item 1.7, só que agora acompanhando o que ocorre com V_{RC} .

Obs: V_{RC} depende de I_B () SIM () NÃO

8.9 – Ajuste I_C para o valor determinado no item 7.6 -

8.10 – Substitua R_C por R_3 e meça a I_C .

$I_C = \text{_____} \text{A}$

8.11 – Substitua R_3 por R_4 e meça a I_C .

$I_C = \text{_____} \text{A}$

8.12 – A corrente I_C variou? Justifique sua resposta.

8.13 – Aproxime do transistor o ferro de soldar, sem encostar, e diga o que acontece com a corrente I_C .

Experiência 9 – Transistor Como Chave

Objetivos

- Verificar seu funcionamento como chave através de uma carga ligada ao seu coletor.

Equipamentos

- Multímetro Digital;
- Osciloscópio;
- Fonte CC ajustável.

Material necessário

Resistores

- R_B - 4K7 x 1/8" W
- R_C - 560 Ω x 1/8" W

Semicondutores

- BC 548 Transistor NPN de Silício
- Led Vermelho Comum

Transistor como interruptor eletrônico

9.1 – Monte o circuito da figura 23.

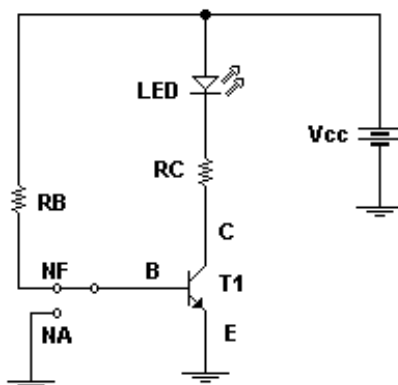


Figura 23

9.2 – Ajuste a fonte de tensão para $10V_{CC}$.

9.3 – Conecte a base de T_1 com o terra.

9.4 – Alimente o circuito.

9.5 – Registre a situação do LED.

9.6 – Meça a tensão V_{CE} .

$V_{CE} = \text{_____ V}$

9.7 – Ligue a base de T_1 ao resistor R_B .

9.8 – Registre a condição do LED.

9.9 – Meça a tensão V_{CE} .

$V_{CE} = \text{_____ V}$

Experiência 10 – Transistor Como Amplificador.

Objetivos

- Determinar o ganho de tensão de um amplificador transistorizado a partir de valores medidos.
- Determinar o ganho de corrente de um amplificador transistorizado a partir de valores medidos.
- Determinar os fatores que distorcem o sinal de saída.

Equipamentos

- Multímetro;
- Gerador de sinais;
- Osciloscópio de duplo traço;
- Placa EB200

10.1 – Monte o circuito da figura 24.

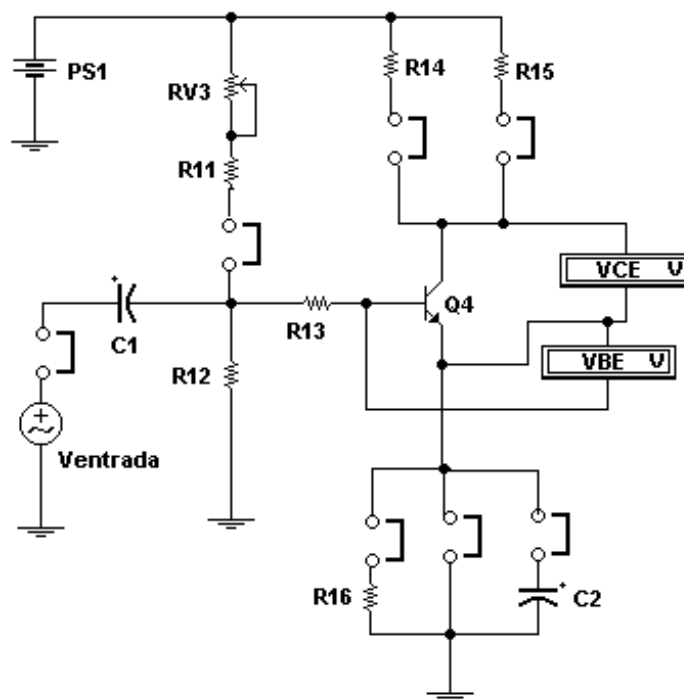


Figura 24

10.2 – Ajuste P_{S1} para $10V_{CC}$.

10.3 – Ajuste R_{V3} para obter $V_{CE} = 5V$, que é aproximadamente da tensão de realimentação.

10.4 – Meça as seguintes tensões:

$V_{BE} = \underline{\hspace{2cm}}$ $V_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$ $V_{R16} = \underline{\hspace{2cm}}$ $V_{R13} = \underline{\hspace{2cm}}$

10.5 – Calcule I_C , I_B e β .

$I_C = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_B = \underline{\hspace{2cm}}$ $\beta = \underline{\hspace{2cm}}$

10.6 – Conecte o gerador de sinais ao capacitor C_1

10.7 – Ajuste o gerador de sinais para uma onda senoidal de 2KHz.

10.8 – Monitore o sinal de entrada com o canal 1 do osciloscópio e a tensão no coletor com o canal dois do osciloscópio.

10.9 – Ajuste a amplitude do sinal de entrada para obter um sinal de saída de $4V_{PP}$ sem distorção na saída.

10.10 – Registre a forma de onda do sinal de entrada e do sinal de saída na figura 25.

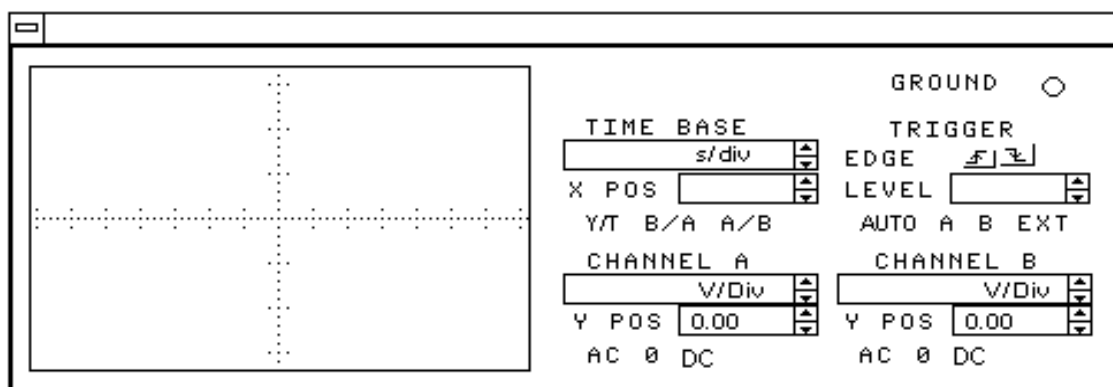


Figura 25

10.11 – Substitua o resistor R_{14} pelo resistor R_{15} e repita o item 10.10 na figura 26.

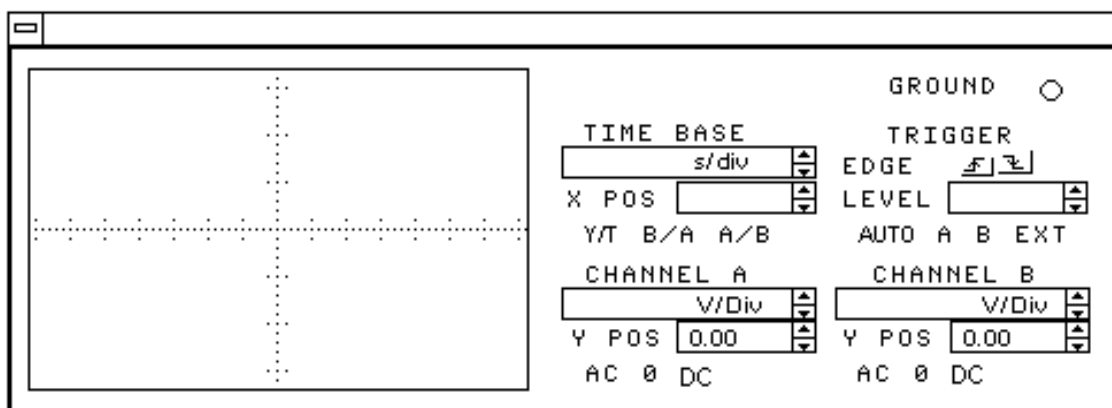


Figura 26

10.12 – Desconecte o capacitor C_2 e registre o que ocorre com o ganho de tensão.

10.13 – Reconecte o capacitor C_2 .

10.14 – Desconecte temporariamente o gerador de sinais. Ajuste o valor de R_{V3} para uma V_{CE} de 8V.

10.15 – Reconecte o gerador de sinais, e registre a forma de onda na figura 27

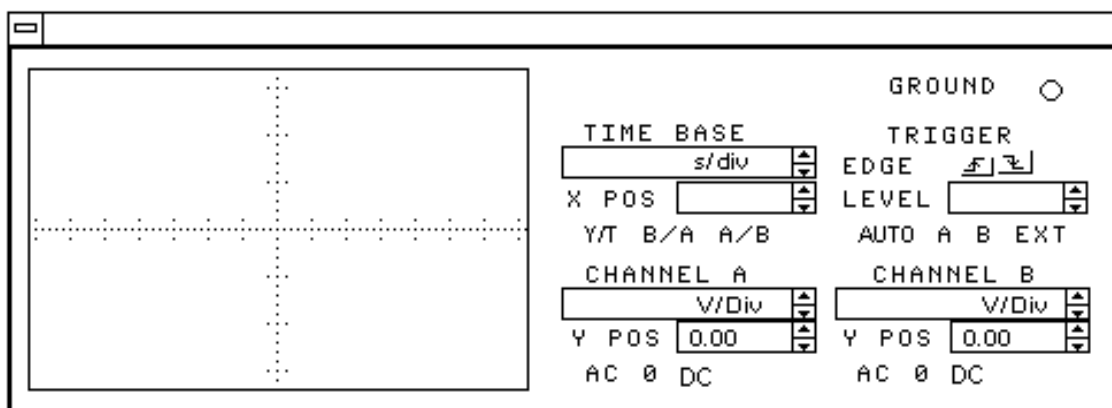


Figura 27

10.16 – Desconecte o gerador de sinais. Ajuste R_{V3} para obter um ponto de operação com $V_{CE} = 2,5V$.

Obs: Faça um curto circuito em R caso não consiga atingir os 2,5V desejados.

10.17 – Reconecte o gerador de sinais e registre a forma de onda na figura 28.

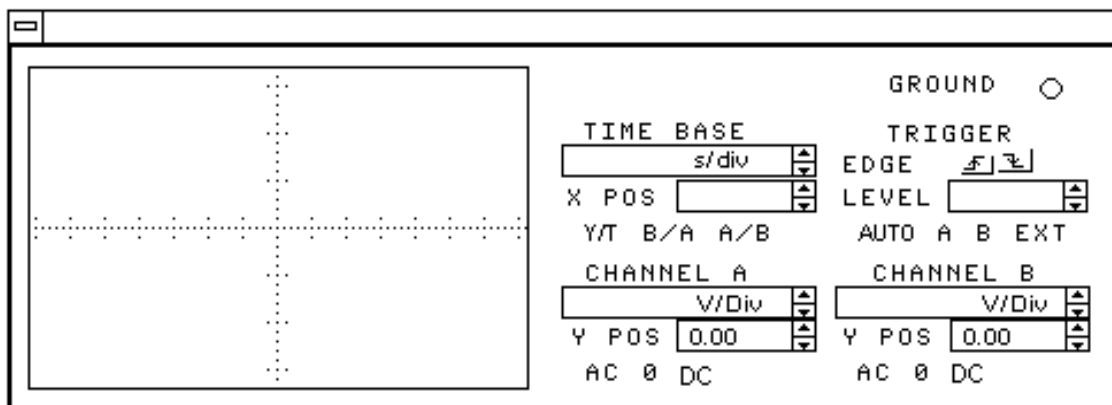


Figura 28

- 10.18 – Desconecte o gerador de sinais e ajuste R_{V3} para obter uma V_{CE} de 5V.
 10.19 – Aumente em 100% o valor da tensão de entrada fornecida pelo gerador.
 10.20 – Reconecte o gerador de sinais e registre a forma de onda na figura 29.

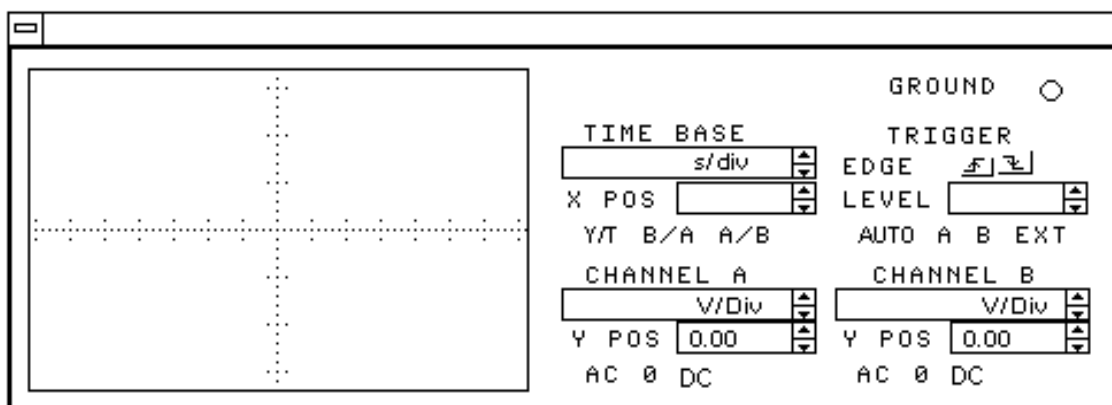


Figura 29

Experiência 11 – Transistor Unijunção.

Objetivos

- Montar um oscilador de relaxação;
- Observar as formas de onda geradas por este circuito.

Equipamentos

- Osciloscópio de duplo traço;
- Fonte CC.

Resistores

- $R_1 = 10K\Omega \frac{1}{4} W$
- $R_2 = 470\Omega \frac{1}{4} W$
- $R_3 = 100\Omega \frac{1}{4} W$

Capacitor

$C_1 = 47\mu F$

Semicondutor

$T_1 = 2N 2646$ - transistor unijunção

Diversos

$P_1 = 1M\Omega$ - potenciômetro

11.1 – Monte o circuito da figura 30

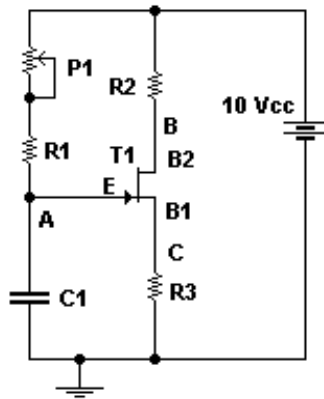


Figura 30

11.2 – Monitore com o auxílio do osciloscópio as formas de onda nos pontos A, B e C.

11.3 – Registre as formas de onda nas figuras 31, 32 e 33 respectivamente.

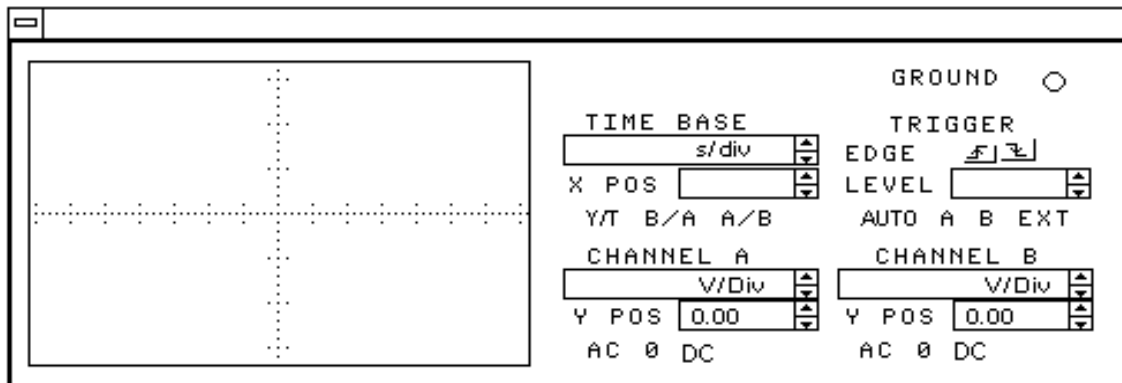


Figura 31

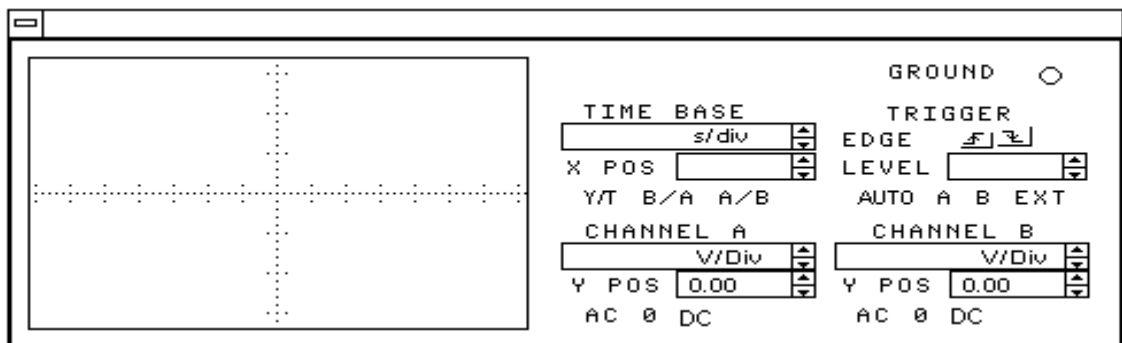


Figura 32

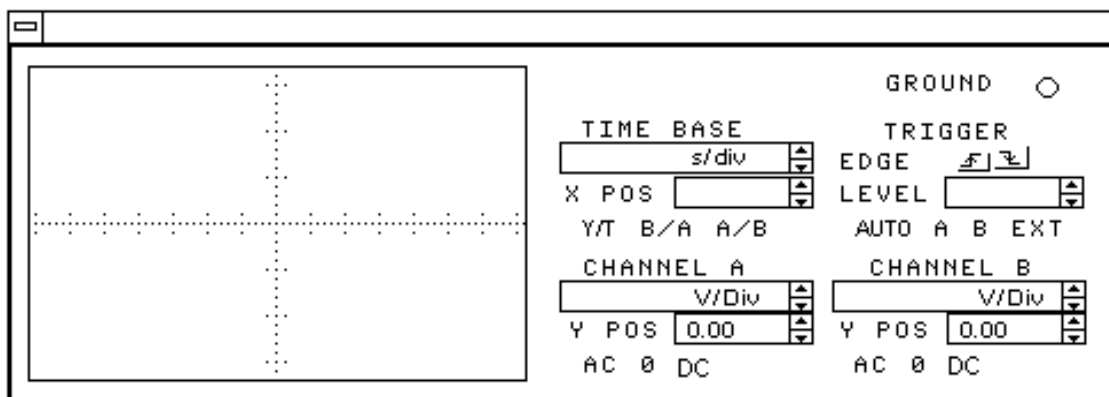


Figura 33

Experiência 12 – Temporizador

Objetivos

- Projetar e montar um temporizador.
- Projetar e montar um multivibrador astável.

Temporizador

12.1 – Monte o circuito da figura 34:

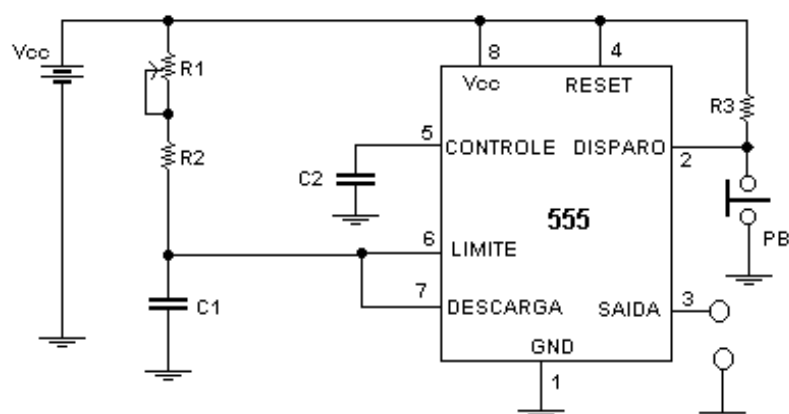


Figura 34

12.2 – Determinar o valor dos resistores e do capacitor para que o circuito possua um intervalo de tempo de 5 segundos.

12.3 – Monitore o tempo alto e compare com o calculado.

Multivibrador astável

12.4 – Monte o circuito da figura 35:

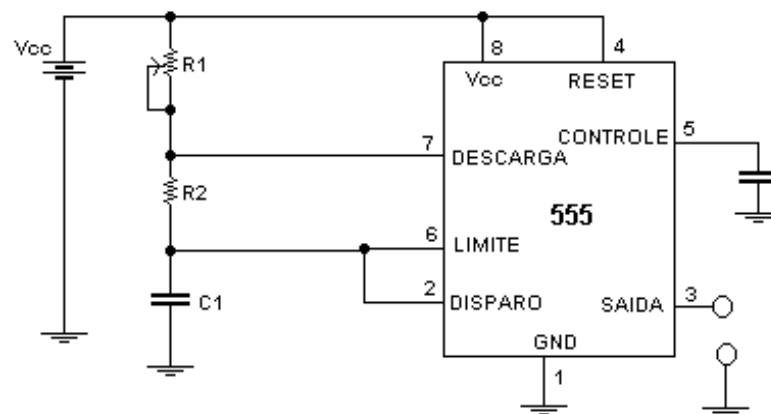


Figura 35

12.5 – Determine o valor dos resistores e do capacitor para que o circuito opere com um frequência de 2 Hz.

12.6 – Com o osciloscópio meça a forma de onda da saída

Experiência 13 – Amplificador Operacional

Objetivos

- Projetar e montar um amplificador inversor.
- Projetar e montar um amplificador não inversor

Amplificador inversor

13.1.1 – Monte o circuito da figura 36 e calcule o ganho:

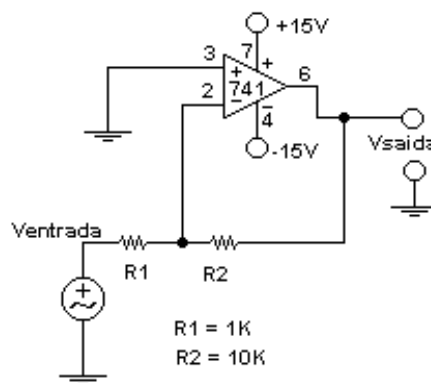


Figura 36

13.1.2 – Aplique um sinal senoidal de $1V_{pp}$ e 1 KHz.

13.1.3 – Monitore o sinal de entrada com o canal 1 do osciloscópio e o sinal de saída com o canal 2 do osciloscópio.

13.1.4 – Registre as formas de onda na figura 37

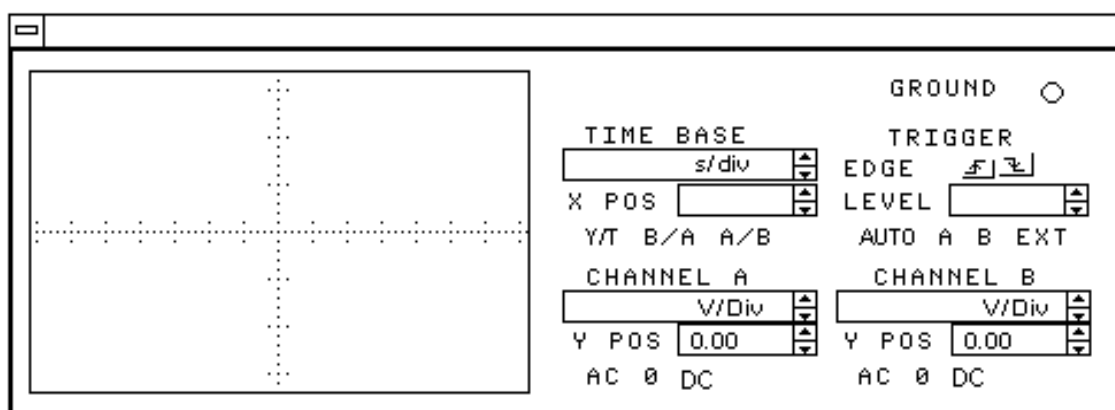


Figura 37

13.1.5 – Determine o ganho e compare com o calculado.

Amplificador não inversor

13.2.1 – Monte o circuito da figura 38 e calcule o ganho:

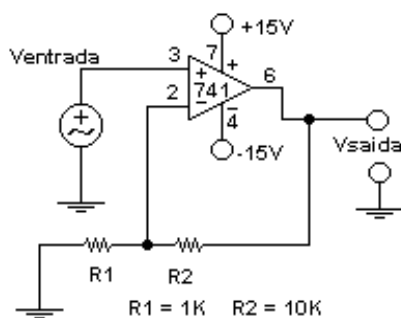


Figura 38

13.2.2 – Aplique um sinal senoidal de $1V_{pp}$ e 1KHz.

13.2.3 – Monitore o sinal de entrada com o canal 1 do osciloscópio e o sinal de saída com o canal 2 do osciloscópio.

13.2.4 – Registre as formas de onda na figura 39:

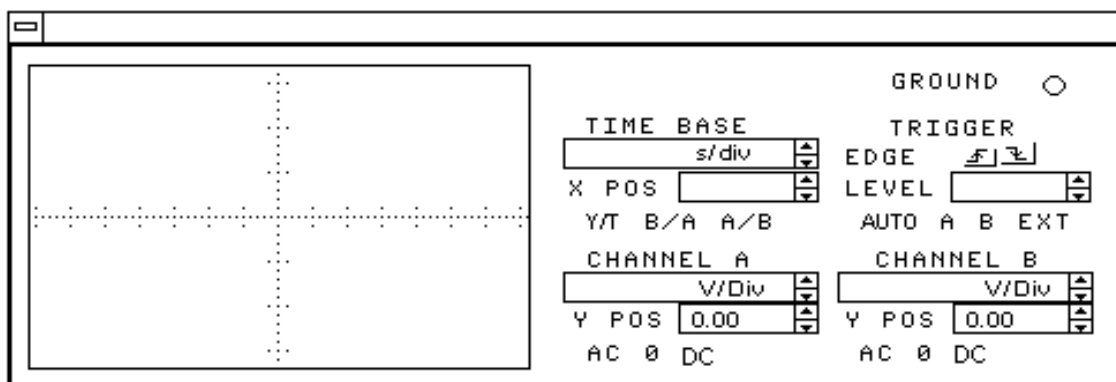


Figura 39

Experiência 14.1 – Dimer

14.1.1 – Monte o circuito da figura 40.

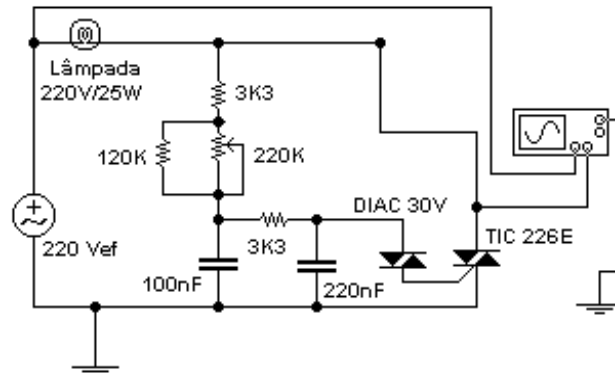


Figura 40

14.1.1 – Varie o potenciômetro. O que acontece com o brilho da lâmpada

14.1.2 – Com o auxílio do instrutor meça as tensões da rede e do TRIAC com o osciloscópio.

Experiência 14.2 – Fotocélula

14.2.1 – Monte o circuito da figura 41.

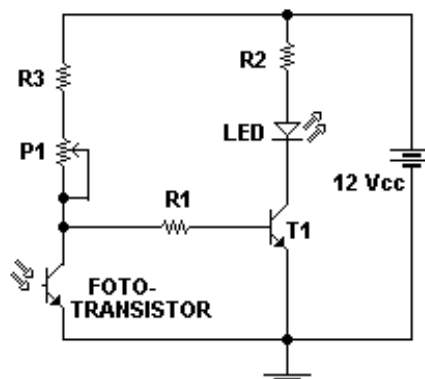


Figura 41

14.2.2 – Regule P1 para que o LED fique apagado

14.2.3 – Tampe o fototransistor. O que acontece? Por quê?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIPELLI, Antônio Marco Viari; SANDRINI, Wladir João. **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**. Erica Editora

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica Volume 1 e 2**. Editora Makron Books

MINS, Forrest M. **Eletrônica Iniciação Prática**. 3 ed. Editora Makron Books

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica no Laboratório**. Editora Makron Books