

Aluno \_\_\_\_\_

turma \_\_\_\_\_

## ELETRÔNICA ANALÓGICA – AULA 05

### CAPÍTULO 5 - DIODOS ESPECIAIS

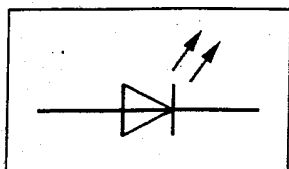
Desde o descobrimento da junção semicondutora PN, muitos estudos têm sido realizados com os materiais semicondutores, em busca de novos componentes, o diodo emissor de luz (LED) é um dos componentes descobertos através dessas pesquisas. Atualmente, na grande maioria dos aparelhos eletrônicos, as lâmpadas de sinalização estão sendo substituídas por esse componente semicondutor capaz de emitir luz.

O outro componente foi o diodo zener que veio atender a necessidade de utilização de dispositivos reguladores de tensão surgida com a crescente sofisticação dos equipamentos eletrônicos.

O presente capítulo tratará do LED e do diodo zener. Para ter sucesso no desenvolvimento dos conteúdos, e atividades aqui apresentados, é necessário ter conhecimentos relativos a diodo semicondutor, curvas características e a polarização dos diodos semicondutores.

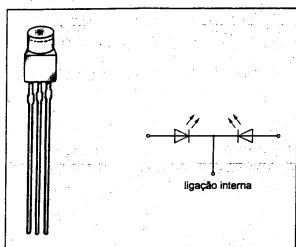
#### 5.1 Diodo emissor de luz

O diodo emissor de luz ou LED, do inglês light emitting diode, é um tipo especial de diodo semicondutor que emite luz quando é polarizado diretamente, O símbolo gráfico do LED é definido pela NBR 12526/92, e está apresentado a seguir,

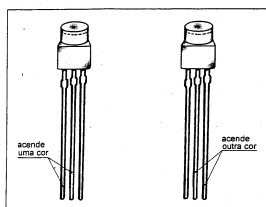


O LED é fabricado com uma combinação de elementos como o arsênio (AS), o gálio (Ga), que formam o arseneto de gálio e o fósforo (P). Dependendo da quantidade de fósforo depositada, eles poderão irradiar luz visível vermelha, amarela ou verde, que são as mais comuns, embora também possam ser encontrados os LEDs que irradiam luz laranja ou azul.

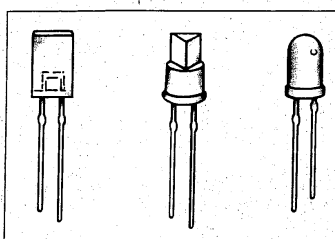
Há LEDs que emitem luz invisível ao olho humano, ou seja, a luz infravermelha e a luz ultravioleta. Outros emitem duas cores diferentes. São os LEDs bicolores que consistem de dois LEDs de cores diferentes encapsulados dentro de uma mesma cápsula de três terminais.



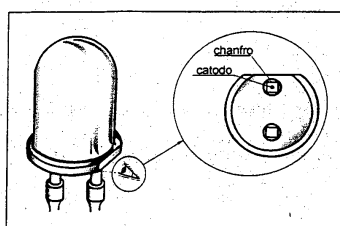
Um dos terminais é comum aos dois LEDs. Para que o componente irradie a cor desejada, basta polarizar diretamente o LED dessa cor.



Os LEDs são encontrados nas mais diversas formas e dimensões. Veja alguns exemplos na ilustração a seguir.



O catodo do LED é identificado por um "corte" (ou chanfro) na base do encapsulamento, ou pelo terminal menor.



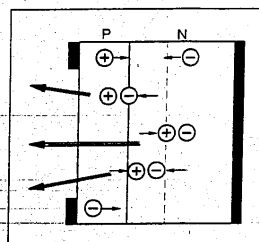
O LED apresenta as seguintes vantagens:

- Pequena tensão de alimentação (2 V) e baixo consumo (20 mA);
- Tamanho reduzido;
- Nenhum aquecimento;
- Alta resistência a vibrações;
- Grande durabilidade.

## 5.2 Funcionamento

Quando o LED é polarizado diretamente, entra em condução. Isso permite a circulação da corrente que se processa pela liberação dos portadores livres na estrutura dos cristais.

O deslocamento de portadores da banda de condução provoca a liberação de energia, ou seja, emissão de fótons em forma de luz. Esse efeito ocorre principalmente quando o tamanho da banda proibida é igual ao comprimento de onda ( $\lambda$ ) da luz emitida.



### 5.3 Características dos LEDs

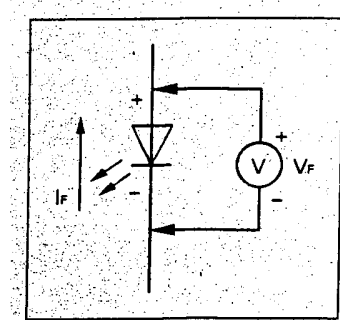
Os LEDs apresentam as mesmas características dos diodos semicondutores:

- Corrente direta máxima ( $I_{FM}$ );
- Corrente direta nominal ( $I_F$ );
- Tensão direta nominal ( $V_F$ );
- Tensão inversa máxima inversa máxima ( $V_R$ ).

A corrente direta máxima expressa pela notação  $I_{FM}$  é o parâmetro que define a corrente máxima de condução do LED sem prejuízo para sua estrutura.

A corrente direta nominal,  $I_F$  é um valor de corrente de condução indicado pelo fabricante no qual o LED apresenta um rendimento luminoso ótimo e que, normalmente, corresponde a 20mA.

A tensão direta nominal representada por  $V_F$ , é a especificação que define a queda de tensão típica do diodo no sentido da condução. A queda da tensão nominal ocorre no componente quando a corrente direta tem valor nominal ( $I_F$ ).



Para valores de corrente direta diferentes do valor nominal ( $I_F$ ), a tensão direta de condução sofre pequenas modificações de valor:

A tensão inversa máxima representada pela  $V_R$ , é a especificação que determina o valor de tensão máxima que o LED suporta no sentido inverso sem sofrer ruptura.

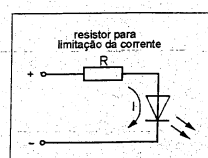
Nos LEDs, ela é pequena, da ordem de 5V, Porque esses componentes não são usados em retificação e sim para emitir luz. Portanto, na prática, só trabalham com polarização direta.

| LED     | Cor      | V <sub>F</sub> (V)* | I <sub>Fm</sub> (mA) |
|---------|----------|---------------------|----------------------|
| FLV 110 | vermelho | 1,7                 | 50                   |
| LD 371  | verde    | 2,4                 | 60                   |
| LD 351  | amarelo  | 2,4                 | 60                   |

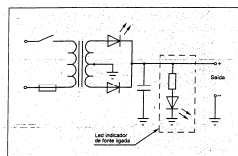
\* O valor de V<sub>F</sub> é obtido com I<sub>F</sub> = 20 MA.

#### 5.4 Utilização do LED em CC

A utilização do LED em corrente continua exige a fixação de sua corrente direta nominal (I<sub>F</sub>). A limitação da corrente pode ser feita através de um resistor.



A figura a seguir apresenta um circuito retificador de onda completa com um Led para indicar a existência de tensão na saída.



O valor do resistor limitador é dado por:

$$R = (V_{cc} - V_F) / I_F$$

Onde:

V<sub>cc</sub> é a tensão de saída da fonte,

V<sub>F</sub> é a tensão nominal de condução do LED, e

I<sub>F</sub> é a corrente nominal de condução do LED

Tomando-se como exemplo a fonte retificadora do esquema apresentado e os valores do LED FLV 110 e a tensão da saída da fonte como seno 10V, por exemplo, o valor do resistor seria:

$$R = \frac{V_{CC} - V_f}{I_f} = \frac{10 - 1,7}{0,02} = 415$$

Ou seja,  $R=390\Omega$  ou  $470\Omega$ . (em valores comerciais padronizados).

A potência do resistor seria aproximadamente:

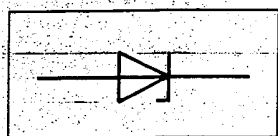
$$P_R = V_R \cdot I_R = (10 - 1,7) \cdot 0,02 = 166 \text{ mW}$$

Para trabalhar a frio.  $P_R = 0,5 \text{ W}$

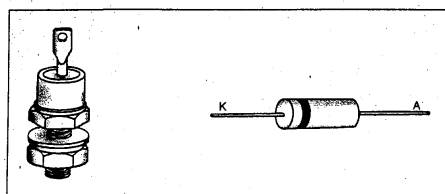
## 5.5 Diodo Zener

O diodo zener é um tipo especial de diodo utilizado como regulador de tensão. A sua capacidade de regulação de tensão é empregada principalmente nas fontes de alimentação de modo a fornecer uma tensão de saída fixa.

A norma NBR 12526/92 define seu símbolo gráfico conforme ilustração a seguir:



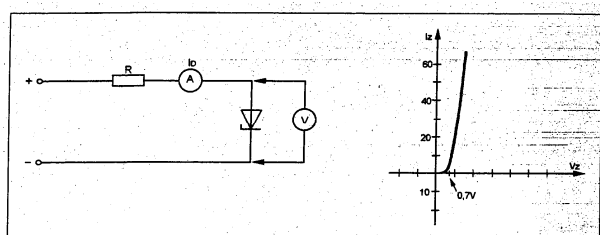
Os diodos zener de pequena potência podem ser encontrados em encapsulamento de vidro ou de plástico enquanto os de maior potência são geralmente metálicos para facilitar a dissipação de calor. Veja os dois tipos de zener nas ilustrações a seguir.



## 5.6 Comportamento do diodo zener

O comportamento do diodo zener depende fundamentalmente da forma como ele é polarizado.

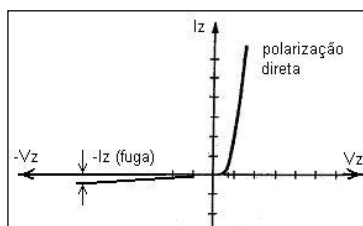
Com polarização direta, o diodo zener se comporta da mesma forma que um diodo semiconductor ou retificador, entrando em condução e assumindo uma queda de tensão típica.



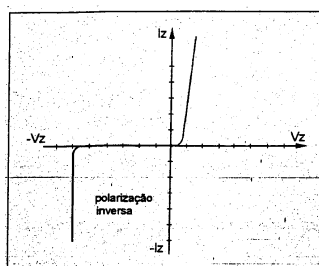
Observação:

Normalmente o diodo zener não é usado com polarização direta nos circuitos eletrônicos.

Na polarização inversa, até um determinado valor de tensão inversa, o diodo zener se comporta como um diodo comum, ficando em bloqueio. Nesse bloqueio, uma pequena corrente de fuga circula no diodo zener, tal como no diodo convencional. Em um determinado valor de tensão inversa, o diodo zener entra subitamente em condução apesar de estar polarizado inversamente.



A corrente inversa aumenta rapidamente e a tensão sobre o zener se mantém praticamente constante.



O valor de tensão inversa que faz o diodo zener entrar em condução é denominado de tensão zener ( $V_z$ ).

Enquanto houver corrente inversa circulando no diodo zener, a tensão sobre seus terminais se mantém praticamente no valor da tensão zener. É importante observar que no sentido inverso, o diodo zener difere do diodo semicondutor retificador convencional, ou seja, um diodo retificador nunca chega a conduzir intensamente no sentido inverso. Se isso acontecer, o diodo estará em curto e danificado.

O diodo zener, por sua vez, é levado proposadamente a conduzir no sentido inverso para que uma tensão zener constante seja obtida em seus terminais, sem que isso danifique o componente.

## 5.7 Características do diodo zener

As características elétricas importantes do diodo zener são:

- Tensão zener;
- Potência zener;
- Coeficiente de temperatura;
- Tolerância.

## 5.8 Tensão zener

A tensão zener ou tensão de ruptura depende do processo de fabricação e da resistividade da junção semicondutora. Durante a ruptura, o diodo zener fica com o valor de tensão zener sobre seus terminais. Esses valores são fornecidos pelos fabricantes nos catálogos técnicos.

## 5.9 Potência zener

A potência zener é a potência dissipada pelo diodo em condições funcionamento.

Na curva de ruptura, esse diodo apresenta a tensão zener em seus terminais e é percorrido por uma corrente inversa. A potência zener é dada pelo produto da tensão pela corrente, ou seja.  $P_z = V_z \cdot I_z$

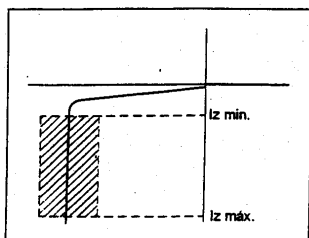
Os diodos zener são fabricados para determinados valores de que determinam a dissipação máxima que o componente pode suportar. Esses valores são fornecidos pelo fabricante.

Utilizando os valores de tensão zener e potência zener máxima, pode-se determinar a corrente máxima que o zener pode suportar, ou seja:

$$I_{z_{MÁX}} = \frac{P_{z_{MAX}}}{V_z}$$

## Observação

Esse valor de corrente zener máxima não pode ser excedido sob pena de danificar o diodo por excesso de aquecimento. A região de funcionamento do zener é determinada por dois valores de corrente porque sua tensão inversa é constante. Esses valores são:  $I_{z_{max}}$  e  $I_{z_{min}}$ .



O valor de  $I_{z_{max}}$  é definido pela potência zener:

$$I_{z_{max}} = \frac{P_{z_{max}}}{V_z}$$

O valor de  $I_{z_{min}}$  corresponde a 10% do valor de  $I_{z_{max}}$ , ou seja:

$$I_z \min = \frac{I_z \max}{10} = \frac{P_z \max}{10V_z}$$

Coeficiente de temperatura.

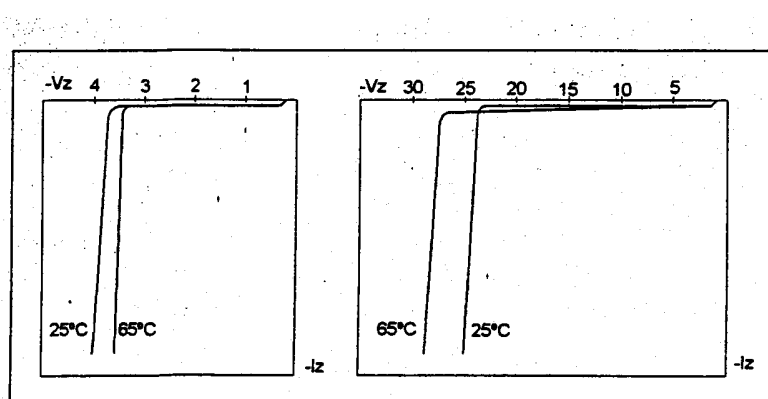
O desempenho dos componentes fabricados com materiais semicondutores sofre influência da temperatura (dependência térmica). Por isso, a tensão zener se modifica com a variação da temperatura do componente.

A influência dessa variação é expressa sob a forma de relação entre tensão e temperatura e define em quantos milivolts a tensão se modificação para cada grau centígrado de altera o da temperatura do componente, ou seja, mV/°C

Devido a uma diferença no princípio de funcionamento interno, os diodos zener são divididos em dois grupos:

- Até 5 V: a tensão sobre o zener diminui com o aumento da temperatura (-mV/°C)
- Acima de 5 V: a tensão sobre o zener aumenta como aumento da temperatura (+mV/°C).

As curvas características a seguir exemplificam a dependência térmica dos dois grupos de diodos zener.



#### Observação:

Os valores de tensão zener fornecidos pelos fabricantes são válidos à temperatura de 25°C.

## 5.9 Tolerância

A tolerância do diodo zener refere-se à variação que pode existir entre o valor especificado e o valor real de tensão inversa do diodo zener. Isso significa que um diodo zener de 10V + 5% pode ter uma tensão Inversa real, por exemplo, de 9,5 a 10,5V.

Para especificar a tolerância, os fabricantes utilizam diversos códigos. Por exemplo: para tolerância de 5%, a designação do diodo vem acompanhada pela letra A: 1N4742A; para tolerância de 10%, a designação do diodo vem sem letra no final: 1N4733.