

## ***6 Diodos e LEDs***

### **6.1 Diodo**

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

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

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

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

Um diodo é composto por uma seção de material tipo-N ligado a uma seção de material tipo-P, com eletrodos em cada extremidade. Essa combinação conduz eletricidade apenas em um sentido. Quando nenhuma voltagem é aplicada ao diodo, os elétrons do material tipo-N

preenchem os buracos do material tipo-P ao longo da junção entre as camadas, formando uma zona vazia ou zona morta. Em uma zona vazia, o material semiconductor volta ao seu estado isolante original - todos os buracos estão preenchidos, de modo que não haja elétrons livres ou espaços vazios para elétrons, e assim a carga não pode fluir.

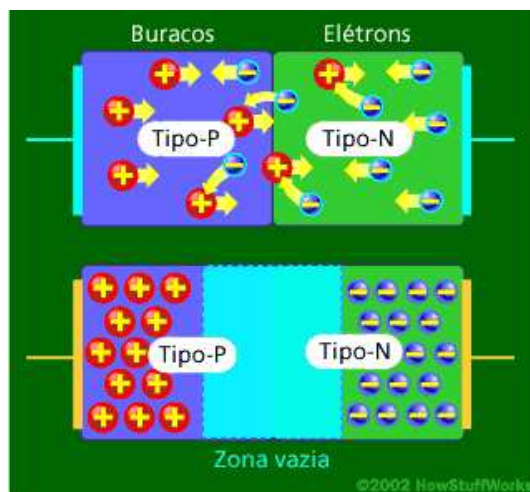


Figura 46: Na junção, elétrons livres do material tipo-N preenchem buracos do material tipo-P, criando uma camada isolante, chamada de zona vazia ou zona morta.

Para se livrar da zona vazia, você precisa que elétrons se movam da área tipo-N para a área tipo-P e que buracos se movam no sentido inverso. Para fazer isto, você conecta o lado tipo-N do diodo ao terminal negativo do circuito e o lado tipo-P ao terminal positivo. Os elétrons livres no material tipo-N são repelidos pelo eletrodo negativo e atraídos para o eletrodo positivo. Os buracos no material tipo-P se movem no sentido contrário. Quando a diferença de potencial entre os eletrodos é alta o suficiente, os elétrons na zona vazia são retirados de seus buracos e começam a se mover livremente de novo. A zona vazia desaparece e a carga se move através do diodo, conforme mostrado na Figura 47.

Se você tentar mover a corrente no sentido oposto, com o lado tipo-P conectado ao terminal negativo do circuito e o lado tipo-N conectado ao pólo positivo, a corrente não fluirá. Os elétrons negativos no material tipo-N são atraídos para o eletrodo positivo. Os buracos positivos no material tipo-P são atraídos para o eletrodo negativo. Nenhuma corrente flui através da junção porque os buracos e os elétrons estão cada um se movendo no sentido errado. A zona vazia então aumenta. Este comportamento está ilustrado na Figura 48.

A existência da zona vazia e a interação entre elétrons e buracos tem um efeito interessante: só é possível fazer a corrente elétrica passar em um sentido. Isto faz do diodo um

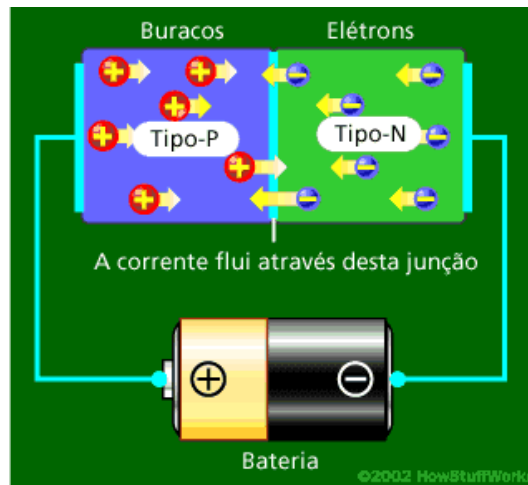


Figura 47: Quando o terminal negativo é preso à camada tipo-N e o terminal positivo é preso à camada tipo-P, elétrons e buracos começam a se mover e a zona vazia desaparece.

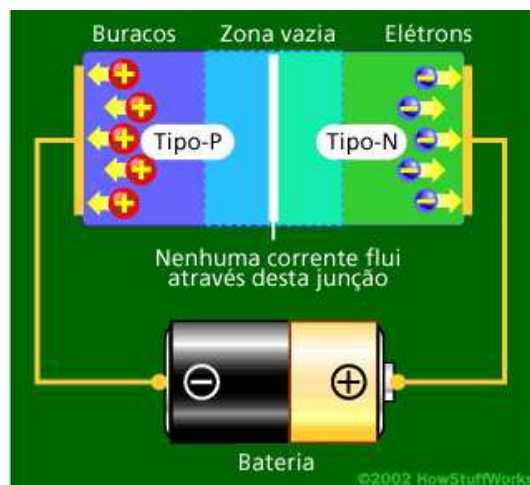


Figura 48: Quando o terminal positivo está ligado à camada tipo-N e o terminal negativo está ligado à camada tipo-P, elétrons livres são coletados em um terminal do diodo e os buracos são coletados em outro. A zona vazia se torna maior.

componente eletrônico que só conduz corrente em um sentido. Para isso é preciso que a diferença de potencial entre seus terminais ultrapasse um determinado valor, conhecido como barreira potencial (aproximadamente 0.3V ou 0.7V), o qual é suficiente para desfazer a zona vazia. Neste caso temos a polarização direta do diodo. A polarização é indireta quando se inverte o potencial nos terminais do diodo e ocorre o bloqueio da corrente elétrica, conforme explicado anteriormente.

Pelo fato de que os diodos fabricados não são ideais (contém impurezas), a condução de corrente elétrica pelo diodo na polarização direta sofre uma resistência menor que  $1\ \Omega$ , que

é quase desprezável. O bloqueio da corrente elétrica na polarização inversa também não é total, havendo uma pequena corrente que é conduzida na ordem de microampéres, chamada de corrente de fuga, que também é quase desprezável. Vale ressaltar que caso a polarização inversa ultrapasse um determinado valor pode haver a destruição do diodo (disrupção) com o aparecimento de uma corrente elétrica, conhecida como corrente de avalanche. A Figura 49 mostra a curva característica de um diodo, onde pode-se ver a relação entre a tensão e corrente nos terminais do mesmo.

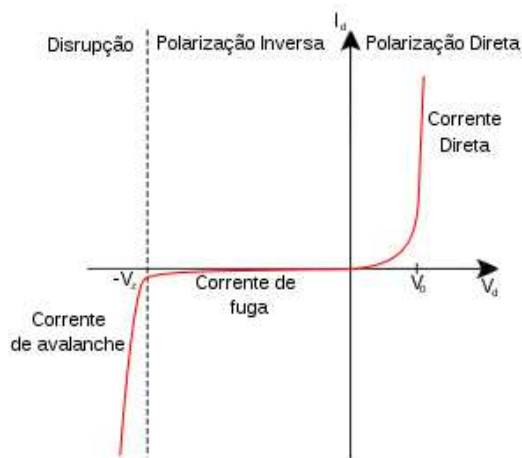


Figura 49: Curva característica do diodo.

A Figura 50 traz a simbologia normalmente usada para representar um diodo, a indicação do sentido da passagem da corrente quando o diodo está diretamente polarizado e alguns exemplos deste componente eletrônico.



Figura 50: Símbolo tipicamente usado para diodo e alguns exemplares reais.

## 6.2 LED

LED é a sigla em inglês para Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz. O LED é um diodo semicondutor (junção P-N) que quando energizado emite luz visível. A luz é monocromática e é produzida pelas interações energéticas do elétron.

A luz é uma forma de energia que pode ser liberada por um átomo. Ela é feita de uma grande quantidade de pequenos pacotes tipo partículas que têm energia e momento, mas nenhuma massa. Estas partículas, chamadas fótons, são as unidades básicas da luz.

Os fótons são liberados como um resultado do movimento de elétrons. Em um átomo, os elétrons se movem em orbitais ao redor do núcleo. Elétrons em orbitais diferentes têm quantidades diferentes de energia. De maneira geral, os elétrons com mais energia se movem em orbitais mais distantes do núcleo.

Para um elétron pular de um orbital mais baixo para um mais alto, algo deve aumentar seu nível de energia. Inversamente, um elétron libera energia quando “cai” de um orbital mais alto para um mais baixo. Essa energia é liberada na forma de um fóton. Uma grande queda de energia libera um fóton de alta energia, que é caracterizado por uma alta frequência.

Como vimos na última seção, elétrons livres se movendo através de um diodo podem cair em buracos de uma camada tipo-P. Isto envolve uma “queda” a partir da banda de condução para um orbital mais baixo, quando então os elétrons liberam energia na forma de fótons. Isso acontece em qualquer diodo, mas você pode apenas ver os fótons quando o diodo é composto por um material específico. Por exemplo, os átomos em um diodo de silício padrão são arrumados de forma que os elétrons “saltem” uma distância relativamente curta. Como resultado, a frequência do fóton é tão baixa que é invisível ao olho humano - está na porção infravermelha do espectro de luz. Certamente, isto não é necessariamente algo ruim: LEDs infravermelhos são ideais para controles remotos, entre outras coisas.

Diodos emissores de luz visível (VLEDs), como os que iluminam um relógio digital, são feitos com materiais que possuem uma grande distância entre a banda de condução e as orbitais mais baixas. A distância determina a frequência do fóton - em outras palavras, ela determina a cor da luz. Portanto, a cor da luz emitida depende do cristal e da impureza de dopagem com que o componente é fabricado. O LED que utiliza o arsenieto de gálio emite radiações infra-vermelhas. Dopando-se com fósforo, a emissão pode ser vermelha ou amarela,

de acordo com a concentração. Utilizando-se fosfeto de gálio com dopagem de nitrogênio, a luz emitida pode ser verde ou amarela.

Enquanto todos os diodos liberam luz, a maioria não o faz muito eficientemente. Em um diodo comum, o próprio material semicondutor termina absorvendo parte da energia da luz. Os LEDs são fabricados especialmente para liberar um grande número de fótons para fora. Além disso, eles são montados em bulbos de plásticos que concentram a luz em uma direção específica. Como você pode ver na Figura 51, a maior parte da luz do diodo ricocheteia pelas laterais do bulbo, viajando na direção da ponta redonda.

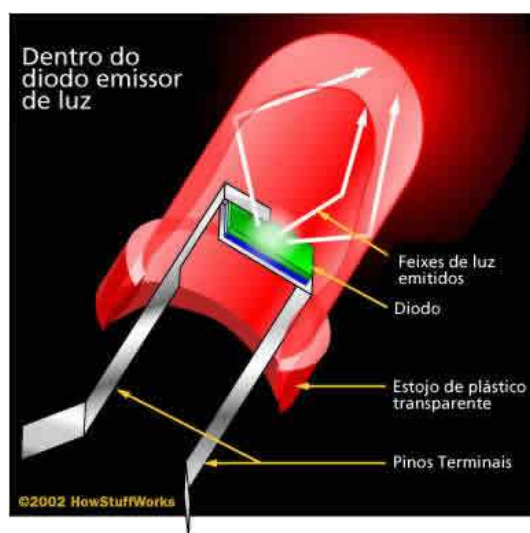


Figura 51: Estrutura típica de um led.

Atualmente, com o uso de outros materiais, consegue-se fabricar leds que emitem luz azul, violeta e até ultra-violeta. Existem também os leds brancos, mas esses são geralmente leds emissores de cor azul, revestidos com uma camada de fósforo do mesmo tipo usado nas lâmpadas fluorescentes, que absorve a luz azul e emite a luz branca. Com o barateamento do preço, seu alto rendimento e sua grande durabilidade, esses leds tornam-se ótimos substitutos para as lâmpadas comuns, e devem substituí-las a médio ou longo prazo.

### 6.2.1 Aspectos Físicos e Simbologia

Em geral, os leds operam com nível de tensão de 1,6 a 3,3V, e uma corrente mínima de 10 mA. É interessante notar que a tensão é dependente do comprimento da onda emitida. Assim, os leds infravermelhos geralmente funcionam com menos de 1,5V, os vermelhos com

1,7V, os amarelos com 1,7V ou 2.0V, os verdes entre 2.0V e 3.0V, enquanto os leds azuis, violeta e ultra-violeta geralmente precisam de mais de 3V. A potência necessária está na faixa típica de 10 a 150 mW, com um tempo de vida útil de 100.000 ou mais horas. Como o led é um dispositivo de junção P-N, sua característica de polarização direta é semelhante à de um diodo semicondutor. Sendo um componente que necessita que a polarização seja observada, a maioria dos fabricantes adota um “código” de identificação para a determinação externa dos terminais A (anodo) e K (catodo) dos leds.

Nos leds redondos, duas codificações são comuns: identifica-se o terminal K como sendo aquele junto a um pequeno chanfro na lateral da base circular do seu invólucro, ou por ser o terminal mais curto dos dois. Existem fabricantes que adotam simultaneamente as duas formas de identificação. Nos leds retangulares, alguns fabricantes marcam o terminal K com um pequeno alargamento do terminal junto à base do componente, ou então deixam esse terminal mais curto. A Figura 52 mostra o símbolo utilizado para representar leds em esquemáticos de circuito assim como a indicação dos terminais de catodo e anodo utilizado pelos fabricantes. Na mesma figura ainda podem ser vistos alguns exemplos de leds isolados e displays de 7-segmentos.

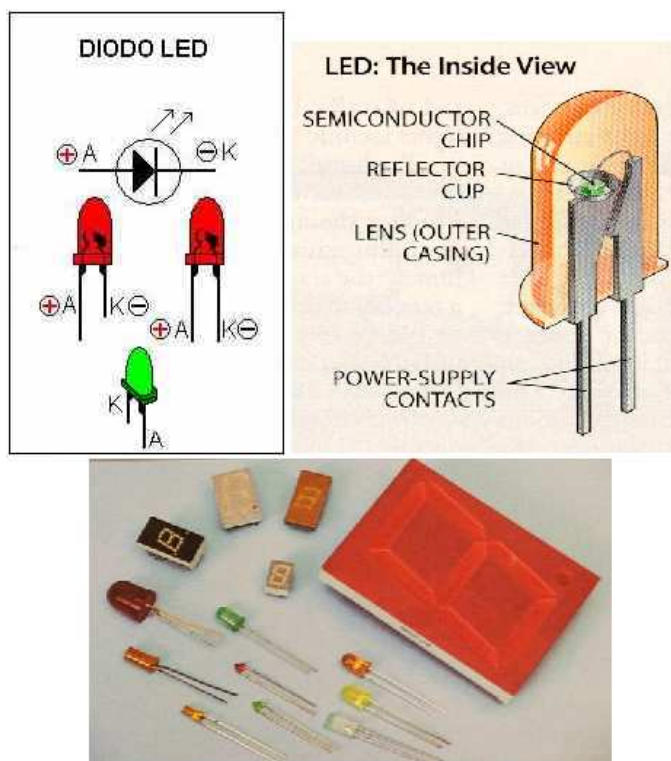


Figura 52: LEDs.

Mas, pode acontecer do componente não trazer qualquer referência externa de identificação dos terminais. Nesse caso, se o invólucro for semi-transparente, pode-se identificar o catodo (K) como sendo o terminal que contém o eletrodo interno mais largo do que o eletrodo do outro terminal (anodo). Além de mais largo, às vezes o catodo é mais baixo do que o anodo.

Os diodos emissores de luz são empregados também na construção dos displays alfanuméricos. Geralmente, os LEDs são utilizados em substituição às lâmpadas de sinalização ou lâmpadas pilotos nos painéis dos instrumentos e aparelhos diversos. Para fixação nesses painéis, é comum o uso de suportes plásticos com rosca. Como o diodo, o LED não pode receber tensão diretamente entre seus terminais, uma vez que a corrente deve ser limitada para que a junção não seja danificada. Assim, o uso de um resistor limitador em série com o LED é comum nos circuitos que o utilizam. Tipicamente, os LEDs grandes (de aproximadamente 5 mm de diâmetro, quando redondos) trabalham com correntes da ordem de 12 a 30 mA e os pequenos (com aproximadamente 3 mm de diâmetro) operam com a metade desse valor.