

Objetivos

- Conhecer o funcionamento do diodo fotoemissor (LED)
- Construir um circuito divisor de tensão
- Medir a corrente a partir da tensão em um resistor.
- Observar o comportamento não ôhmico do LED

Introdução

Nas lâmpadas elétricas comuns, a luz é emitida por um filamento aquecido ou por uma descarga elétrica em um gás. Nos dois casos átomos adquirem energia com a passagem da corrente elétrica e emitem luz quando liberam esta energia. No LED (diodo fotoemissor) o processo é diferente e baseia-se nas propriedades dos materiais semicondutores.

Nos materiais condutores existem elétrons livres, isto é, elétrons que podem se movimentar facilmente dentro do material como se não estivessem ligados a nenhum átomo em particular. É o que acontece, por exemplo, nos metais. Os materiais que não possuem elétrons livres, isto é, em que todos os elétrons estão presos a átomos são isolantes.

Alguns materiais, chamados de semicondutores, estão em uma situação intermediária. Em temperaturas muito baixas, todos os seus elétrons estão presos a átomos, mas um pequeno aumento na temperatura faz com que alguns elétrons tornem-se livres diminuindo a resistência elétrica do material. Os átomos que ficam com um elétron a menos têm carga positiva e são chamados de “lacunas”. As lacunas também podem se mover dentro do material por meio de transferência de elétrons entre átomos vizinhos (estes não são elétrons livres).

Os semicondutores mais usados em dispositivos eletrônicos são o silício (Si), o germânio (Ge), o arseneto de gálio (GaAs) e o fosfeto de gálio (GaP).

O número de lacunas e o de elétrons livres em um semicondutor puro são iguais, mas se algumas impurezas forem adicionadas podemos ter semicondutores ou com excesso de elétrons livres, chamados de semicondutores do tipo N, ou com excesso de lacunas, chamados de tipo P. Os diodos e transistores são construídos pela junção de semicondutores do tipo P e do tipo N.

No diodo existe apenas uma junção N-P. Quando aplicamos uma diferença de potencial negativa do lado N e positiva do lado P, os elétrons livres do lado N e as lacunas do lado P são empurrados pelo campo elétrico em direção à junção (figura 1).

Quando um elétron livre chega na junção e encontra uma lacuna que veio do outro lado, eles podem recombinar, isto é, o elétron pode “cair” na lacuna. Assim, um átomo que tinha um elétron a menos fica neutro, deixando de ser uma lacuna, e o elétron deixa de ser livre.

Na recombinação há liberação de uma certa quantidade de energia na forma de um fóton, ou seja, ocorre a emissão de luz. A cor da luz depende apenas da energia que é liberada o que é determinado pela escolha do material semicondutor e das impurezas adicionadas. Os diodos fabricados com a finalidade de emitir luz são chamados de diodos fotoemissores ou LEDs. Como o

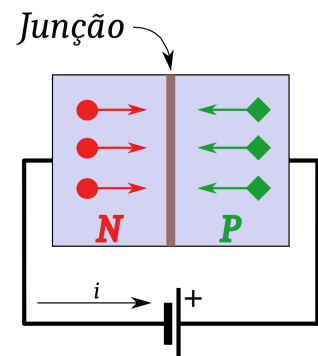



Figura 1: Diagrama representando um diodo polarizado

movimento dos portadores de carga (elétrons ou lacunas) tem que ser no sentido da junção, o LED só funciona quando a polaridade da ddp aplicada for correta.

Os LEDs apresentam diversas características interessantes:

- A luz produzida pelos LEDs comuns é monocromática, isto é, de apenas uma cor, o que os tornam bastante interessantes em sinalização (veja os LEDs presentes na fonte de corrente contínua).
- Quase toda a energia fornecida para o LED é transformada em luz e apenas uma pequena fração é perdida na forma calor, isto é, a eficiência do LED é muito grande. Na lâmpada incandescente ocorre o inverso, quase toda a energia é convertida em calor.
- Quando corretamente polarizados a vida útil dos LEDs é muito grande, de 100.000 horas ou mais.
- Os LEDs funcionam com baixas tensões (1,6 a 3,3 V) o que os tornam ideais para utilização em circuitos eletrônicos que também funcionam em baixa tensão.
- O LED pode acender e apagar muito rapidamente possibilitando sua utilização na transmissão de dados digitais, como acontece com o controle remoto de aparelhos eletrônicos.

Símbolo do diodo fotoemissor: 

Cuidados na utilização de um LED

Na figura 2 vemos um LED comum. O chanfro no lado esquerdo da base indica o terminal que deve ser polarizado negativamente para que o LED conduza e acenda.

A resistência elétrica do LED, quando polarizado diretamente (positivo no lado P da junção), é muito baixa e a corrente não segue uma relação linear com a ddp, mas cresce muito rapidamente. Assim é necessário tomar cuidado para que a corrente que passa pelo LED seja limitada. A maneira mais simples de se conseguir isso é colocando um resistor limitador em série com o diodo de modo a que a corrente não ultrapasse o valor permitido por este resistor.

A corrente com que um LED trabalha é dada pelo fabricante. Geralmente, esta corrente está entre 6 e 20 mA. Para quase todos os tipos de LED a tensão sobre ele é próxima de 2 V.

Exemplo: dimensionar o resistor limitador de corrente para "acender" um LED com uma fonte de 4,5 V, corrente contínua.

Supor que a corrente de funcionamento do LED seja de 10 mA e que a tensão seja de 2 V — escolhas adequadas para a maioria dos LEDs comerciais. Seguindo o diagrama da figura 3 vemos que a tensão da fonte será dividida entre o LED e o resistor: $U = U_R + U_L$.

Aplicando a lei de Ohm:

$$U = Ri + U_L \rightarrow R = \frac{U - U_L}{i}$$

Substituindo o valores dados: $R = \frac{4,5 - 2}{0,010} = 250 \Omega$. Como os resistores comerciais comuns não são encontrados com esta resistência, podemos utilizar um valor próximo como 270 Ω .

Material

- Placa para montagem
- Fonte de corrente contínua
- Multímetro
- Resistores: 270 Ω , 330 Ω e 560 Ω
- 2 lâmpadas incandescentes
- 1 LED
- 5 cabos banana-banana
- 10 conectores



Figura 2: Aparência de um LED

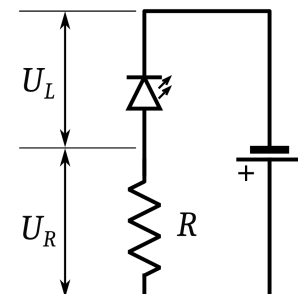
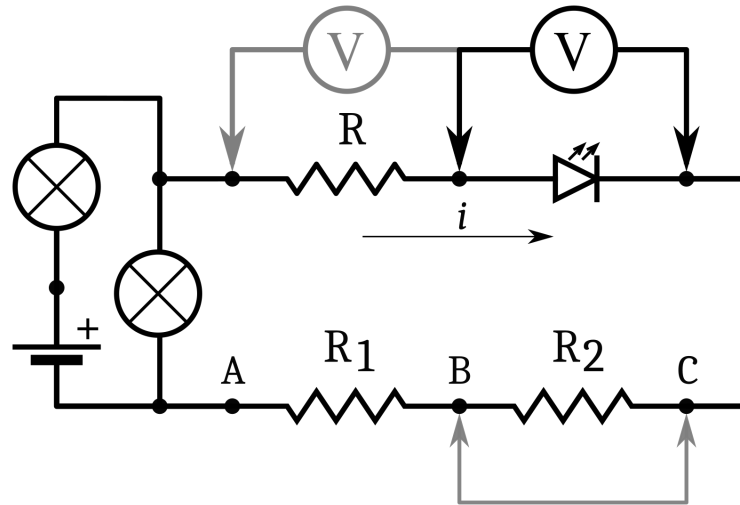


Figura 3: LED polarizado

Construindo o Gráfico Tensão (U) Versus Corrente (i) de um LED

Para determinar a curva de tensão \times corrente de um LED propomos o circuito abaixo.



A alimentação será composta pela fonte e por duas lâmpadas em série de modo que o circuito com o LED receberá aproximadamente a metade da tensão que selecionarmos na fonte. Isso permite trabalharmos com tensões menores do que a fonte fornece, além de fornecer uma proteção adicional ao risco de sobrecarregarmos e queimarmos o LED. A maior tensão aplicada ao circuito com o LED será, então, de $4,5\text{ V}$ quando selecionarmos $9,0\text{ V}$ na fonte.

A resistor R serve como limitador de corrente no LED e como referência para a medida de corrente. Como foi calculado no exemplo, vamos utilizar um resistor de $270\ \Omega$. Vamos medir a corrente que passa pelo LED usando a tensão medida nesse resistor, por isso é necessário medir a resistência real dele antes de incluí-lo no circuito.

Os resistores R_1 e R_2 servirão como limitadores de corrente que poderão ser "excluídos" do circuito ao serem colocados em curto por um cabo banana-banana. Assim se o cabo ligar os pontos B e C , como indicado na figura, o resistor R_2 deixa de limitar a corrente, e só o resistor R_1 participa do circuito. Ligando os pontos A e C , os três resistores "saem" do circuito. Sem o cabo os dois resistores estão no circuito. Desse modo, temos 4 resistências possíveis: $0\ \Omega$, R_1 , R_2 e $R_1 + R_2$.

Procedimento

1. Meça o valor da resistência do resistor de $270\ \Omega$. Esse é o valor R_L que você usará no cálculo da corrente.
2. Monte o circuito na placa de circuitos, sem utilizar, por enquanto o cabo de curto-circuito.
 - Lembre-se que é necessário deixar bornes livres para ligar os cabos banana-banana. Para facilitar, no diagrama estão indicados com pequenos círculos os pontos do circuito que devem ser bornes livres para a ligação da fonte, do multímetro e do cabo para curto-circuitar os resistores.
 - R deve ser o resistor de $270\ \Omega$ que você mediu no item anterior, utilize os outros como R_1 e R_2 .
 - Verifique a polaridade do LED. O lado chanfrado na base indica o terminal que deve ser ligado ao potencial mais baixo (o lado negativo da bateria).
3. Posicione o multímetro para medir a tensão no LED, como indicado na figura. Utilize sempre a escala de 20 V (20 VDC) para realizar as medidas.
4. Ligue a fonte em $3,0\text{ V}$ e meça a tensão no LED. Observe se o LED está aceso.
5. Sem modificar mais nada, mude os conectores do multímetro para medir a tensão no resistor R . Você só precisa mudar um cabo para isso, se não se incomodar com a presença de um sinal negativo na leitura. Esse sinal pode ser ignorado.
6. Use o cabo de curto-circuito primeiro em R_1 , depois em R_2 e depois nos dois, em cada caso meça a tensão no LED e no resistor R .
7. Repita as medidas anteriores para a fonte em $4,5\text{ V}$, $6,0\text{ V}$ e $9,0\text{ V}$. Para cada tensão na fonte você deve obter 4 pares de leituras.
8. Faça um gráfico $U \times i$ com os dados obtidos.

Questões

1. Mesmo supondo que as lâmpadas sejam perfeitamente idênticas, por que a tensão no circuito do LED não é *exatamente* a metade da tensão na fonte? Ela é sempre um pouco maior ou menor que a metade?
2. Por que não nos preocupamos em medir as resistências dos resistores R_1 e R_2 ?
3. A partir de que tensão o LED se acende?
4. O LED é um dispositivo ôhmico?
5. O que aconteceria se aplicássemos uma tensão baixa, como $3V$ por exemplo, no LED sem o resistor em série?
6. O que você espera que aconteça se o LED for substituído por diodo de silício? Se você for fazer o experimento, também substitua o resistor R de 270Ω por dois resistores de 270Ω em paralelo ($\approx 135\Omega$), uma vez que o diodo é feito para suportar correntes mais altas que o LED. Também utilize resistores de menor valor para R_1 e R_2 .