



WBA1101_v1.0

Fundamentos de eletrônica



Semicondutores e os circuitos eletrônicos

Componentes dos circuitos

Bloco 1

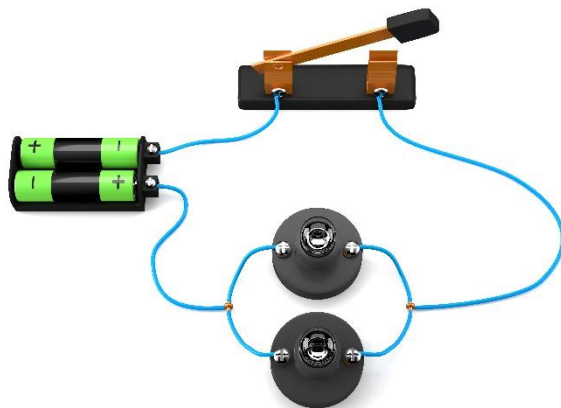
Nathalia dos Santos Silva Nolepa





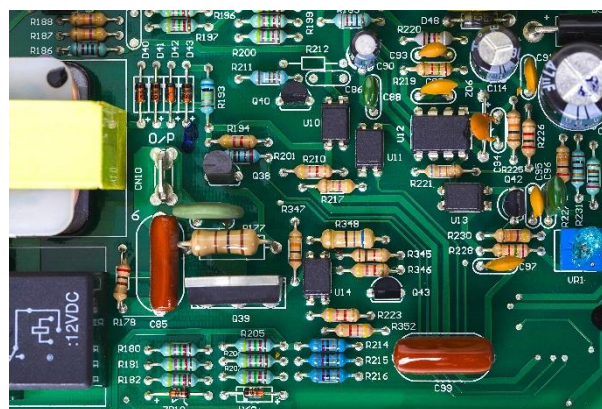
Circuitos para análise

Figura 1 – Circuito com pilha



Fonte: haryigit/iStock.com.

Figura 2 – Placa de circuito

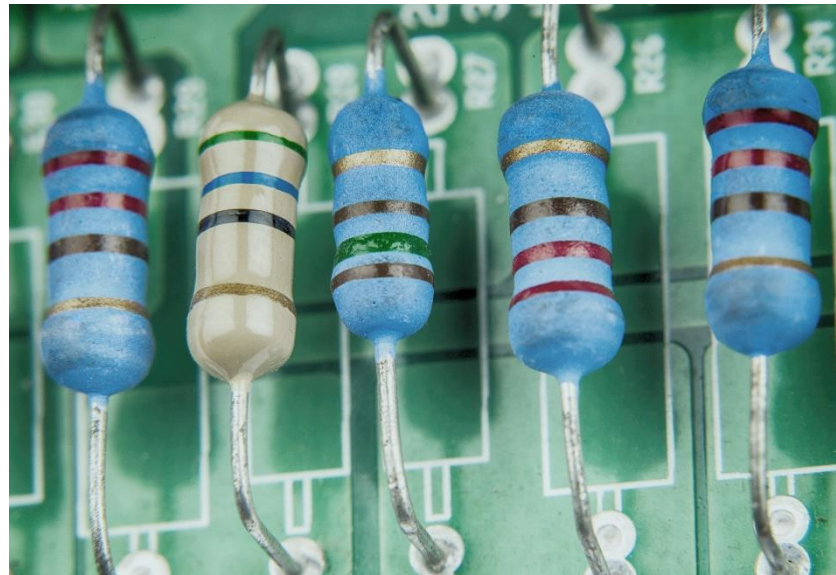


Fonte: Neziha Kalı Ertuğrul/iStock.com.

➤ Resistores

- Chuveiro.
- Secador de cabelo.
- Torradeira.
- Forno elétrico.

Figura 3 – Resistor



Fonte: MarcoMarchi/iStock.com.

► Fontes

- Pilhas.
- Fonte de notebook.
- Carregador de celular.
- Fontes de energia elétrica:
 - Hidrelétrica.
 - Solar.
 - Eólica.

Eletrônica:
Corrente Contínua

Figura 4 – Pilhas



Fonte: MicroStockHub/iStock.com.

➤ Capacitor e indutor

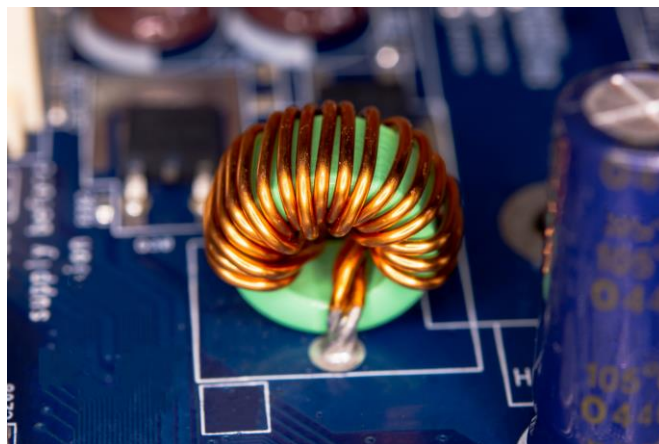
- São diferentes da bateria, pois o armazenamento de energia só ocorre enquanto o circuito está energizado.

Figura 5 – Capacitor



Fonte: yurazaga/iStock.com.

Figura 6 – Indutor



Fonte: yurazaga/iStock.com.

Variam a tensão e a corrente do circuito ao longo do tempo.

Semicondutores e os circuitos eletrônicos

Semicondutores

Bloco 2

Nathalia dos Santos Silva Nolepa





Semicondutores

Figura 7 – Características dos semicondutores

Possuem propriedades elétricas **especiais**.

Executam funções eletrônicas **específicas**.

Diodos e transistores **substituíram** as válvulas a vácuo.

Vantagens:

- São pequenos.
- Baixo consumo de energia.
- Inexistência de tempo de aquecimento.

Um pequeno chip de silício pode conter **inúmeros circuitos**, cada um com diversos componentes.

Os circuitos em miniatura **revolucionaram** a eletrônica e suas indústrias.

Fonte: elaborada pela autora.

➤ Propriedades dos semicondutores

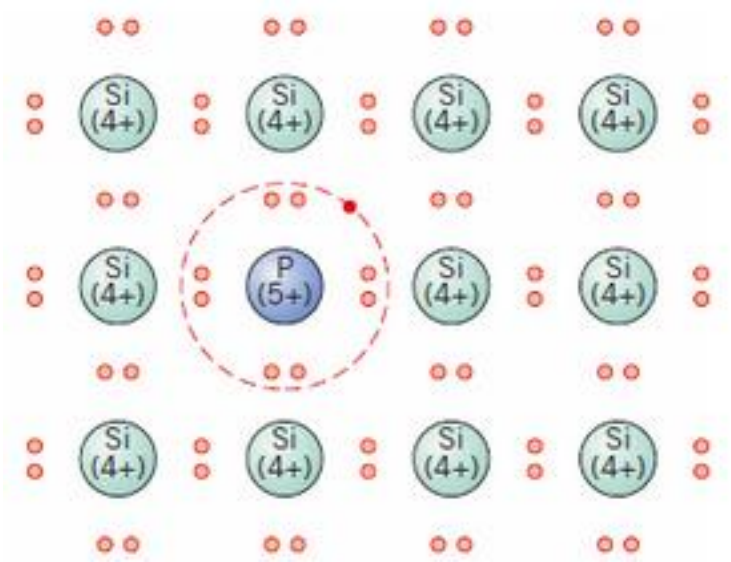
- A energia térmica pode gerar elétrons livres e lacunas.
- Elétrons livres e lacunas se recombinaam.
- Um elétron livre que se deslocou gera uma lacuna!
- Portanto (MALVINO; BATES, 2016):

Um cristal de silício puro sempre tem o mesmo número de lacunas e elétrons livres.

- O processo de **dopagem** do cristal consiste no aumento do número de elétrons livres e de lacunas.

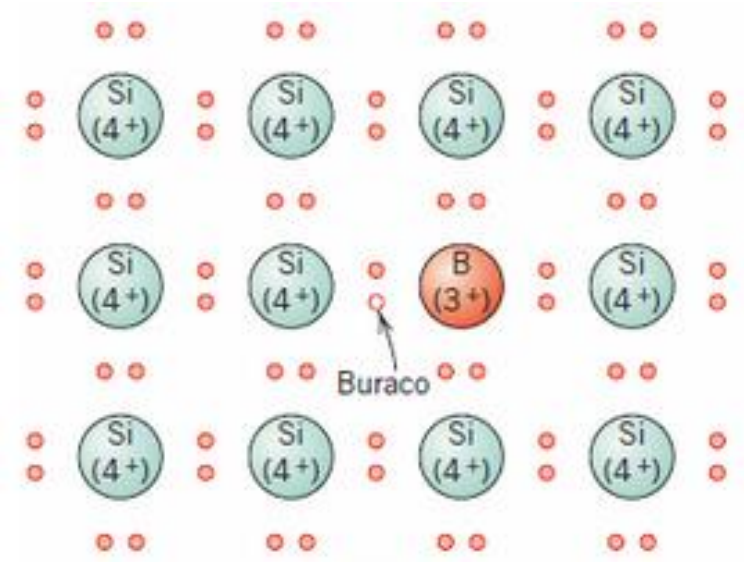
➤ Dopagem do tipo N e dopagem do tipo P

Figura 8 – Inserção de átomo de Fósforo



Fonte: Callister Jr. e Rethwisch (2020, p. 592).

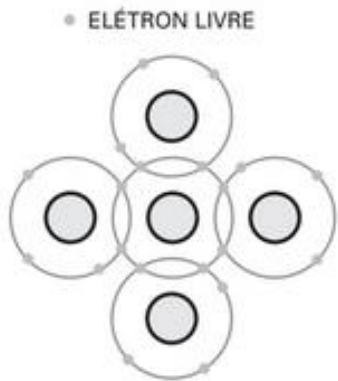
Figura 9 – Inserção de átomo de Boro



Fonte: Callister e Rethwisch (2020, p. 593).

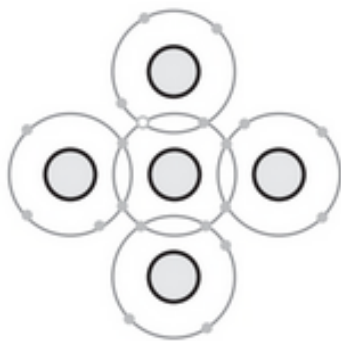
➤ Dopagem tipo N e tipo P

Figura 10 – Elétrons na órbita de valência



Dopagem do tipo N

- O silício fundido recebe átomos **pentavalentes**:
 - 5 elétrons na órbita de valência.
 - Doadores de impureza.
- Cada átomo desse é ligado à 4 átomos de silício, ficando um elétron livre para se deslocar.

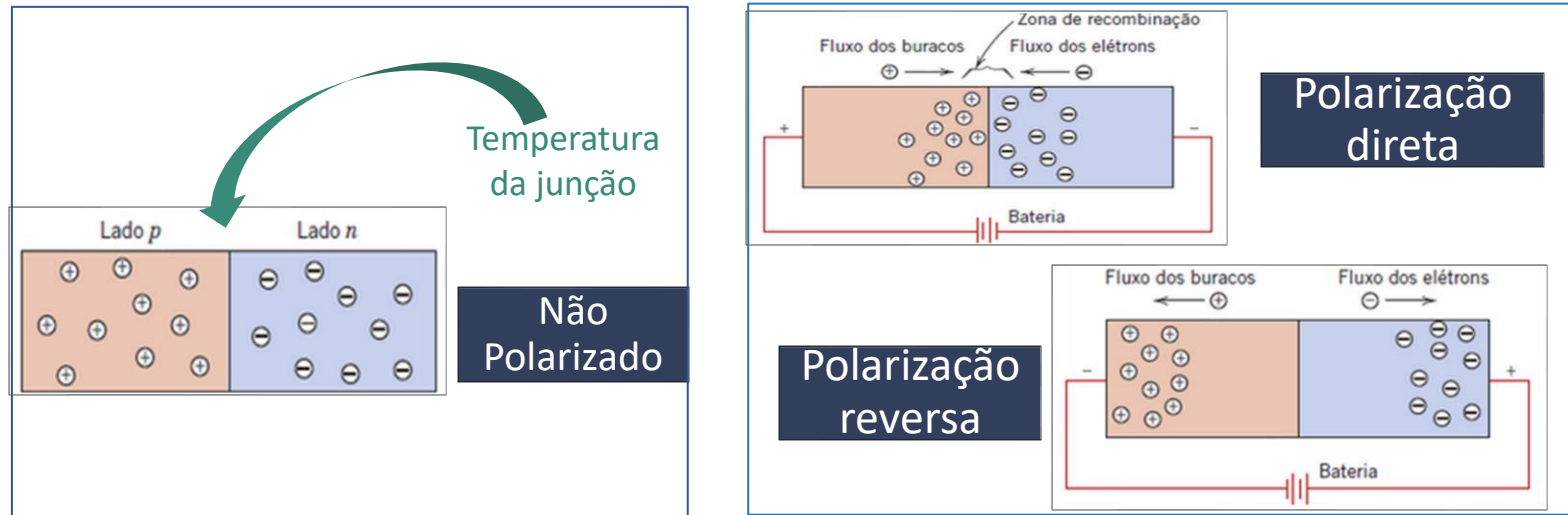


Dopagem do tipo P

- O silício fundido recebe átomos **trivalentes**:
 - 3 elétrons na órbita de valência.
- Cada átomo deste é ligado a 3 átomos de silício, ficando apenas 7 elétrons na camada de valência, podendo 1 lacuna ser preenchida por recombinação.

Diodo

Figura 11 – Polarização do diodo



Fonte: Callister Jr. e Rethwisch (2020, p. 602).

- Quando o diodo está conduzindo: $T_{junção} > T_{ambiente}$
- ↑ na temperatura da junção impacta em (MALVINO; BATES, 2016):
 - + elétrons livres e lacunas e ↓ barreira potencial.

A barreira de potencial diminui 2 mV para cada grau Celsius de aumento.

$$\Delta V = (-2mV / ^\circ C) \Delta T$$

Semicondutores e os circuitos eletrônicos

Diodo e transistores

Bloco 3

Nathalia dos Santos Silva Nolepa



➤ Características e especificações dos diodos

- Para haver polarização direta:

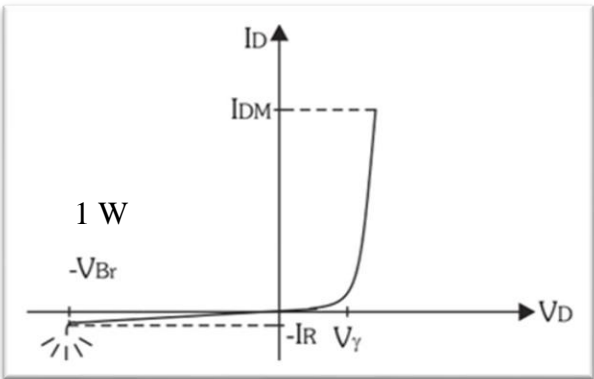
$$V_D \geq V_V$$

- Corrente máxima e potência máxima de dissipação:

$$P_{MD} = V_D \cdot I_{DM}$$

- Tensão reversa máxima e corrente de fuga.

Figura 12 – Curva do diodo



Fonte: Marques, Choueri e Cruz (2012, p. 41).

Tabela 1 – Especificações do fabricante para o diodo 1N4001

Corrente direta máxima	I_{DM}	1 A
Corrente de fuga	I_R	10 μ A
Tensão de ruptura	V_{BR}	50 V
Potência máxima	P_{MD}	1 W

Fonte: adaptada de Marques, Choueri e Cruz (2012).

► Transistor

Vantagens em relação às antigas válvulas

- Menor tamanho e mais leve.
- Mais resistente e mais eficiente.
- Menor tensão de alimentação.

Finalidades e aplicações

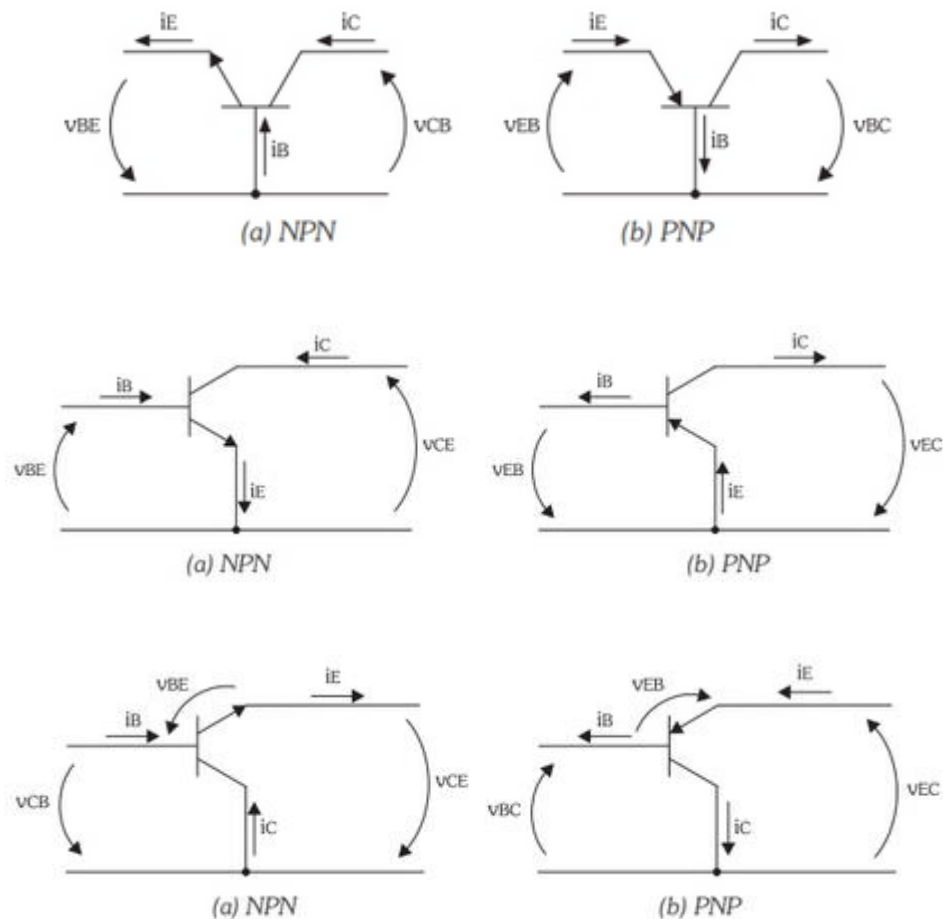
- Chave aberta/Chave fechada.
- Amplificador.

► Transistor – Amplificador

- \uparrow corrente de base:
 - $\uparrow\uparrow$ corrente do coletor.
- \downarrow corrente de base:
 - $\downarrow\downarrow$ corrente do coletor.
- Uma pequena variação na corrente de base reflete grande variação na corrente do coletor.
- Efeito de amplificação: **ganho de corrente**.

Características dos transistores

Figura 13 – Configurações



Base Comum (BC)

$$\alpha = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_E} \Big|_{V_{CB} = \text{cte}}$$

$$\alpha = \frac{i_C}{i_E}$$

Emissor Comum (EC)

$$h_{FE} = \beta = \frac{i_C}{i_B}$$

Coletor Comum (CC)

$$h_{FE} = \beta = \frac{i_C}{i_B}$$

Limites dos transistores

- BV_{CBO} → Tensão de ruptura entre coletor e base, com emissor aberto.
- BV_{CEO} → Tensão de ruptura entre coletor e emissor, com base aberta.
- BV_{CES} → Tensão de ruptura entre coletor e emissor, com base e emissor curto-circuitados.

Potência máx. de coletor	Tensão máx. de coletor	Corrente máx. de coletor
↙	↑	↗
$P_{C\max} = V_{CE\max} \cdot I_{C\max}$		

Em relação às correntes do transistor: $I_E = I_C + I_B$

Teoria em Prática

Bloco 4

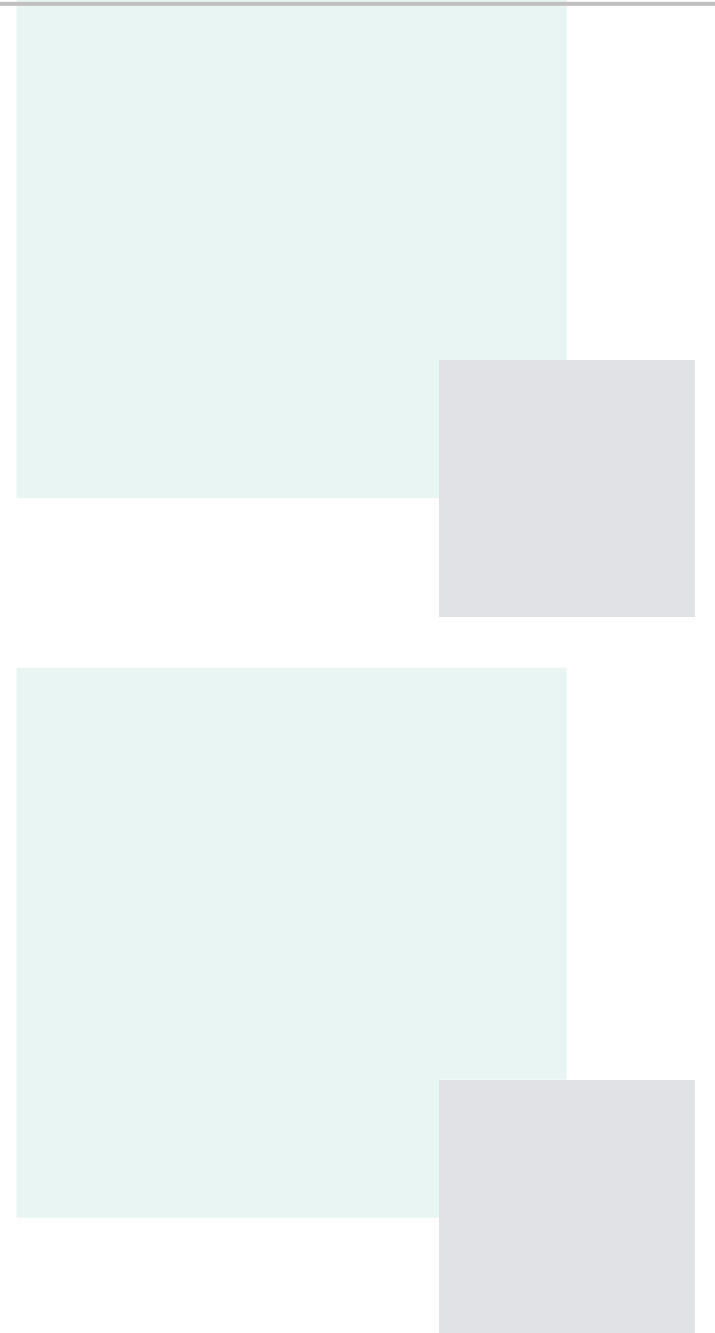
Nathalia dos Santos Silva Nolepa



➤ Reflita sobre a seguinte situação

Você é profissional de uma indústria de equipamentos eletrônicos, e faz parte do seu dia a dia avaliar o comportamento de alguns semicondutores. Um circuito montado em série, com um resistor, para polarização direta com um diodo está com um comportamento não esperado e isso impacta o funcionamento dos demais componentes.

Você precisa **identificar o problema** e **propor uma solução**. Para isso, você reuniu as informações do circuito, com alguns dados que consultou no *datasheet* do fabricante, e as organizou na tabela a seguir.



Reflita sobre a seguinte situação

Tabela 2 – Especificações do circuito e do diodo

Fonte do circuito	12 V
Resistor	8 Ω
Corrente direta máxima	1,2 A
Corrente de fuga	10 μ A
Tensão de ruptura	50 V
Potência máxima	1 W

Fonte: elaborada pela autora.



Norte para a resolução

1. No caso prático, pode-se iniciar medindo a fonte de tensão, se a tensão descrita está sendo fornecida de fato para o diodo.
2. Em relação aos cálculos, o enunciado descreve que a polarização é direta. Então, nesse caso, as variáveis envolvidas para a análise são:
 - A corrente direta não pode ser maior do que a suportada pelo diodo.
 - Para considerar a tensão, lembre-se de que o diodo de silício precisa de 0,7 V para vencer seu potencial elétrico.

► Norte para a resolução

$$V_D = R \cdot I_D$$

$$(12 - 0,7) = 8 \cdot I_D$$

$$\frac{11,3}{8} = I_D$$

$$I_D = 1,41 \text{ A}$$

3. Como o I_{DM} , que é a corrente máxima suportada, é 1,2 A, já detectamos que a corrente direta está maior do que a suportada.

► Norte para a resolução

4. Para resolver essa situação, é preciso inserir uma resistência maior antes do diodo. Então, vamos calculá-la a partir da corrente máxima que o diodo suporta:

$$V_D = R \cdot I_D$$

$$(12 - 0,7) = R \cdot 1,2$$

$$\frac{11,3}{1,2} = R$$

$$R = 10 \, \Omega$$

Dicas do(a) Professor(a)

Bloco 5

Nathalia dos Santos Silva Nolepa





Leitura Fundamental

Prezado aluno, as indicações a seguir podem estar disponíveis em algum dos parceiros da nossa Biblioteca Virtual (faça o login através do seu AVA). Algumas indicações também podem estar disponíveis em sites acadêmicos como o Scielo, repositórios de instituições públicas, órgãos públicos, anais de eventos científicos ou periódicos científicos, acessíveis pela internet.

Isso não significa que o protagonismo da sua jornada de autodesenvolvimento deva mudar de foco. Reconhecemos que você é a autoridade máxima da sua própria vida e deve, portanto, assumir uma postura autônoma nos estudos e na construção da sua carreira profissional.

Por isso, te convidamos a explorar todas as possibilidades da nossa Biblioteca Virtual e além! Sucesso!





Indicação de leitura 1

Os Capítulos 2 e 3 do livro indicado contêm explicações bem didáticas e até com bom humor sobre como funcionam os semicondutores na prática.

Referência

MARQUES, A. E. B.; CHOUERI JR., S.; CRUZ, E. C. A. **Dispositivos Semicondutores: Diodos e Transistores**. 13. ed. São Paulo: Érica, 2012. p. 20-48.



Indicação de leitura 2

O Capítulo 6 do livro indicado trata sobre os transistores de junção bipolar, passando por curvas que descrevem seu comportamento, a interpretação de resultados e até a análise de defeito. O material é bem completo para o assunto e apresenta curiosidades, analogias e exemplos práticos, o que facilita o aprendizado.

Referência

MALVINO, A.; BATES, D. J. **Eletrônica**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. v. 1.



Dica da Professora

Você sabe como é uma fábrica de semicondutores?

- Uma reportagem de produção norte-americana, da CNBC, mostra os modernos equipamentos e as instalações da maior fábrica do ramo do mundo, a Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSCM).
- O vídeo está disponível no YouTube com o seguinte título: *Secretive Giant TSMC's \$100 Billion Plan to Fix the Chip Shortage*.
- O objetivo é descrever formas de melhorar a escassez de chips.
- O vídeo não tem legenda direta em português, mas ela pode ser inserida pela própria interface do player, na opção detalhes – legenda – traduzir automaticamente – português.



Referências

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais:** uma introdução. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

MALVINO, A.; BATES, D. J. **Eletrônica**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. v. 1

MARQUES, A. E. B.; CHOUERI JR., S.; CRUZ, E. C. A. **Dispositivos Semicondutores:** Diodos e Transistores. 13. ed. São Paulo: Érica, 2012.

Bons estudos!

