



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

Dispositivos e Circuitos Eletrônicos

AULA 03

Prof. Marcelino Andrade



Dispositivos e Circuitos Eletrônicos

CAPÍTULO 3


MAKRON
Books

Diodos

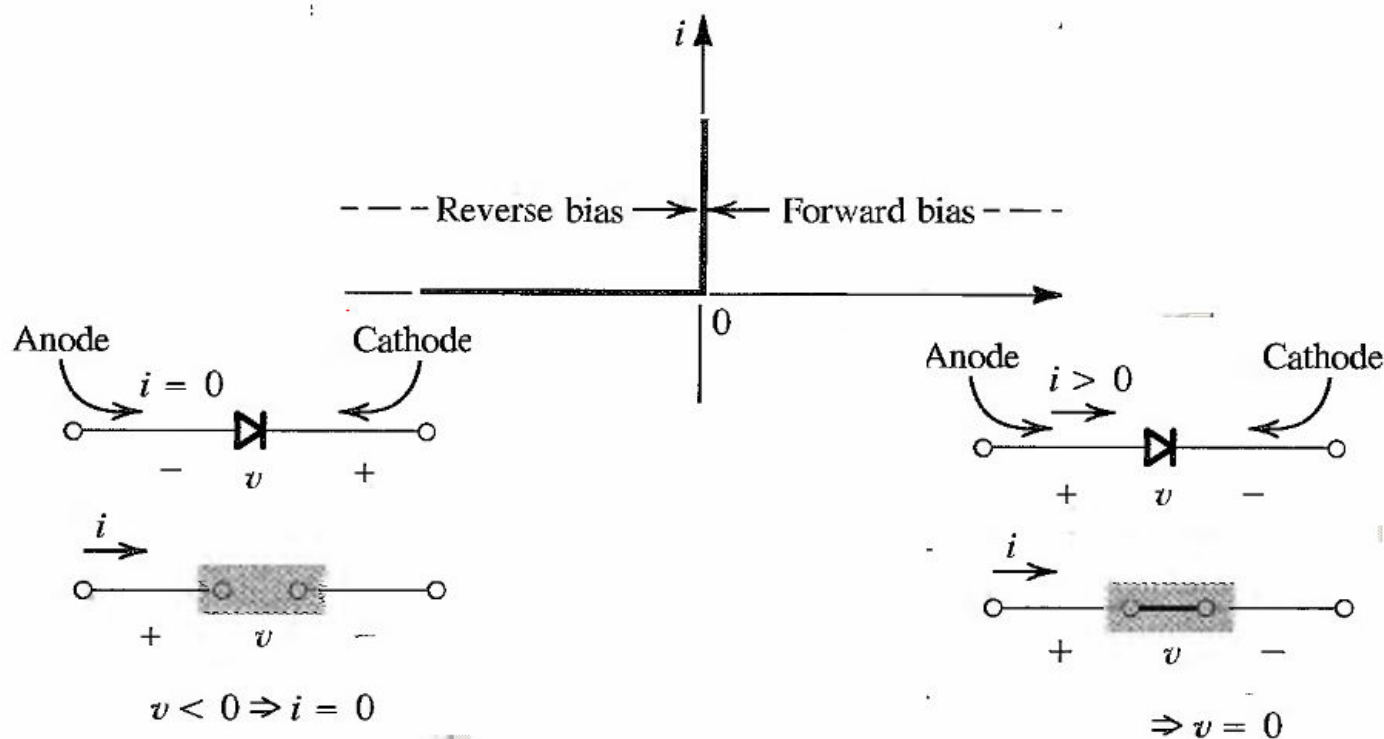
Aula Atual

- | | |
|---|--|
| Introdução | Os Diodos Zener |
| 3.1 O Diodo Ideal | 3.7 Circuitos Retificadores |
| 3.2 Características Elétricas dos Diodos de Junção | 3.8 Circuitos Limitadores e Grampeadores |
| 3.3 Operação Física dos Diodos | 3.9 Tipos Especiais de Diodos |
| 3.4 Análise de Circuitos com Diodos | 3.10 O Modelo do SPICE para Diodos e Exemplos de Simulação |
| 3.5 O Modelo para Pequenos Sinais e Suas Aplicações | Resumo |
| 3.6 Operação na Região de Ruptura Reversa — | Bibliografia |
| | Problemas |



O DIODO IDEAL

“O diodo ideal pode ser considerando o elemento não-linear mais fundamental...” Sedra/Smith.

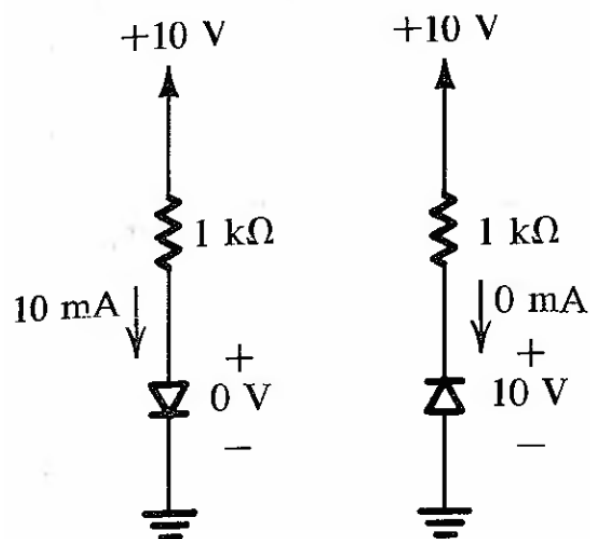




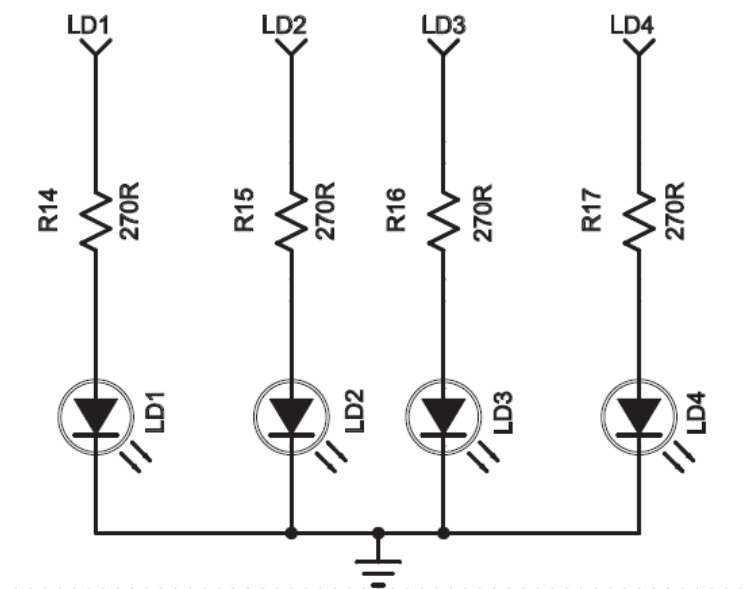
O DIODO IDEAL

Circuito externo para limitar a corrente no diodo!!!

Qual a corrente no LED Ideal para LD1=5v??



DIODO

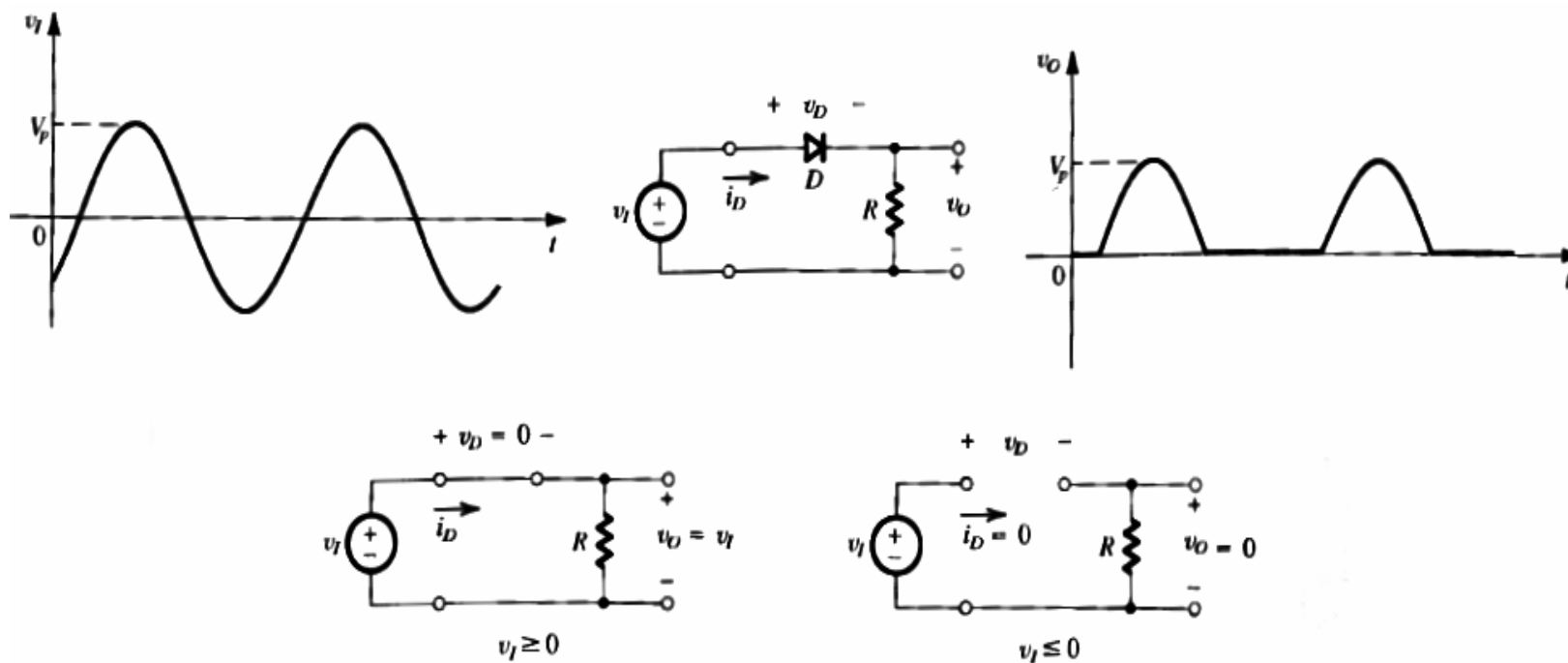


LIGHT EMISSION DIODE (LED)



Aplicação Simples

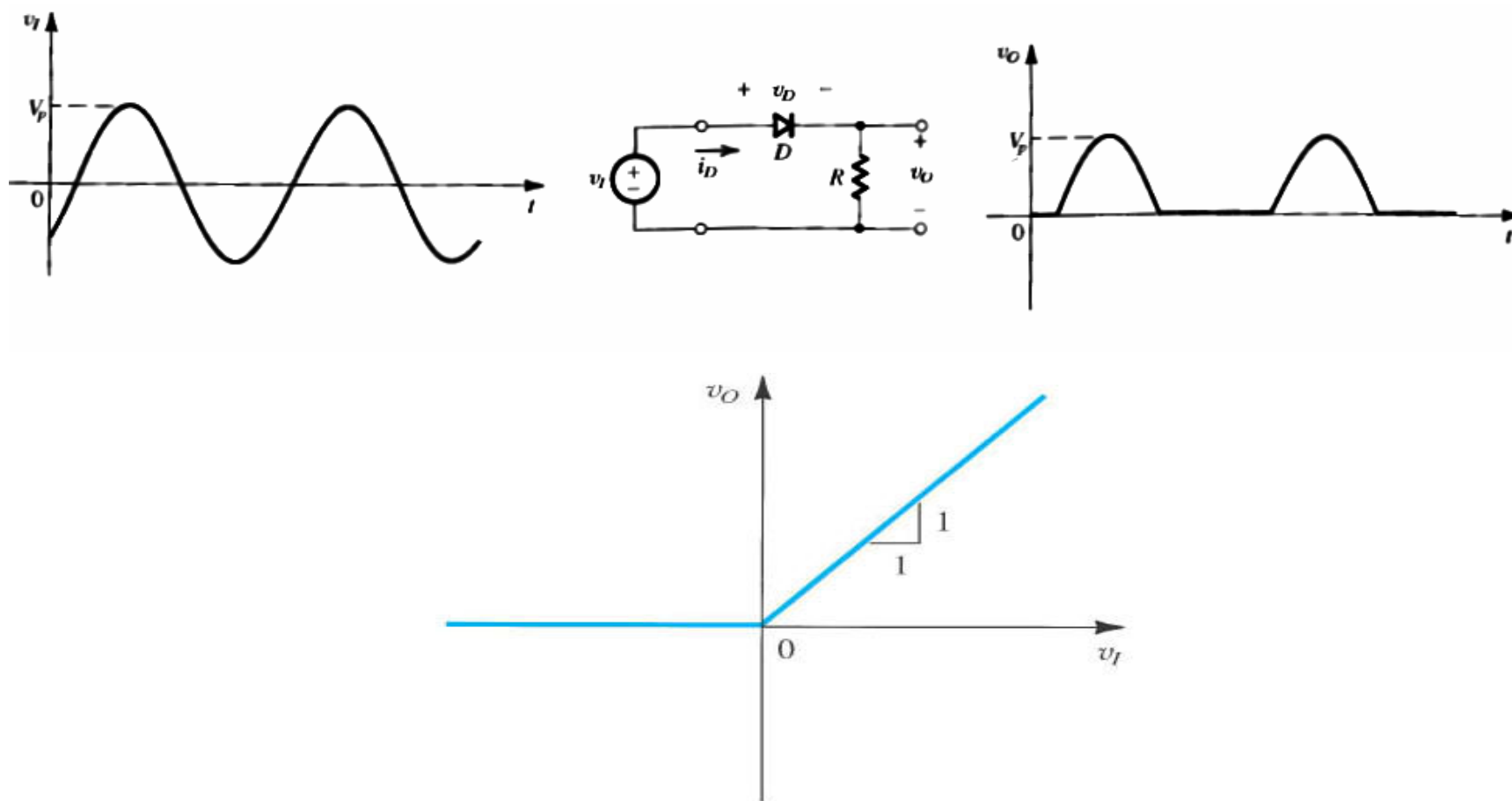
- O retificador





Aplicação Simples

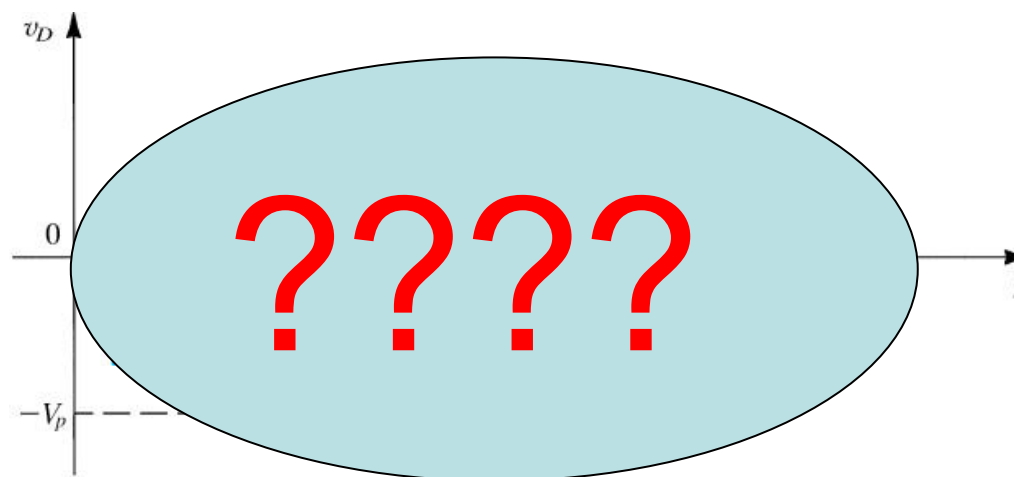
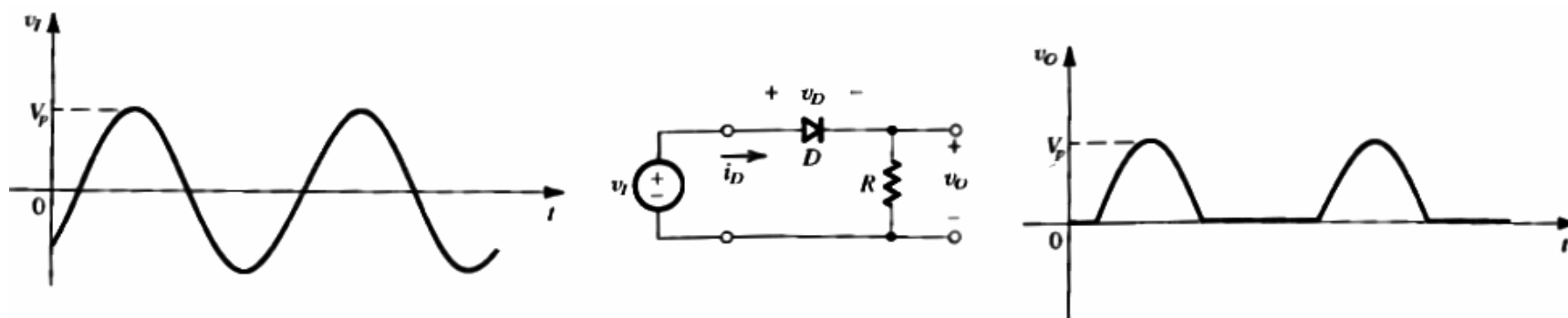
- Característica de transferência do Retificador





Aplicação Simples

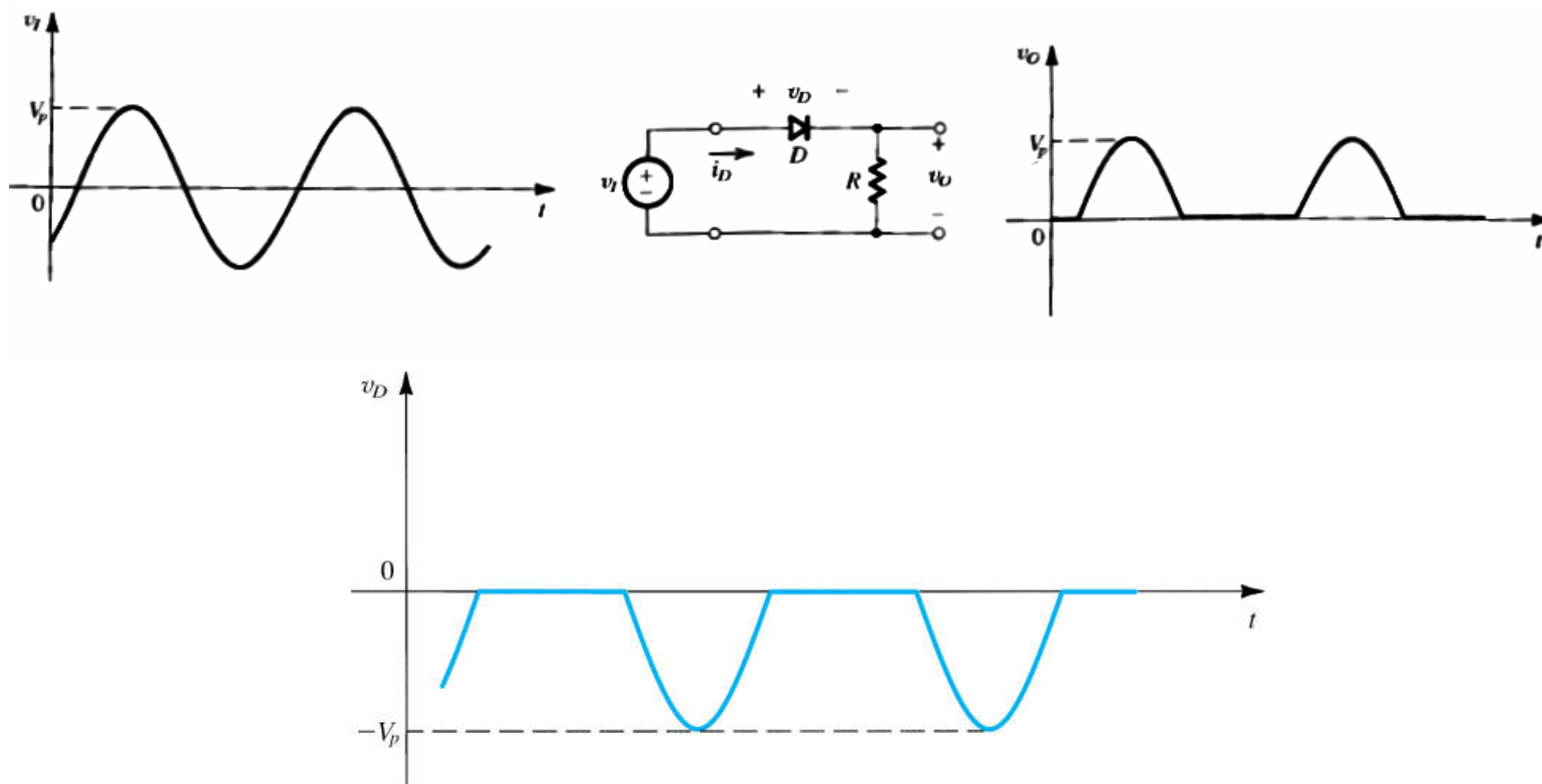
- A tensão no Diodo???





Aplicação Simples

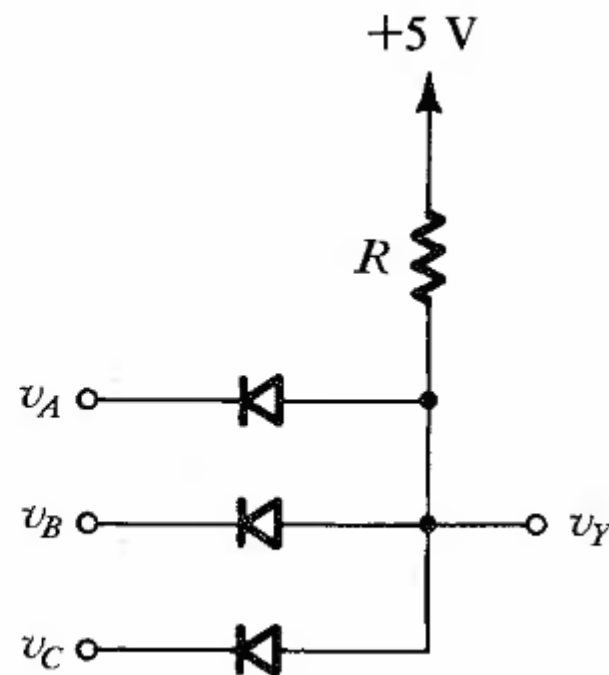
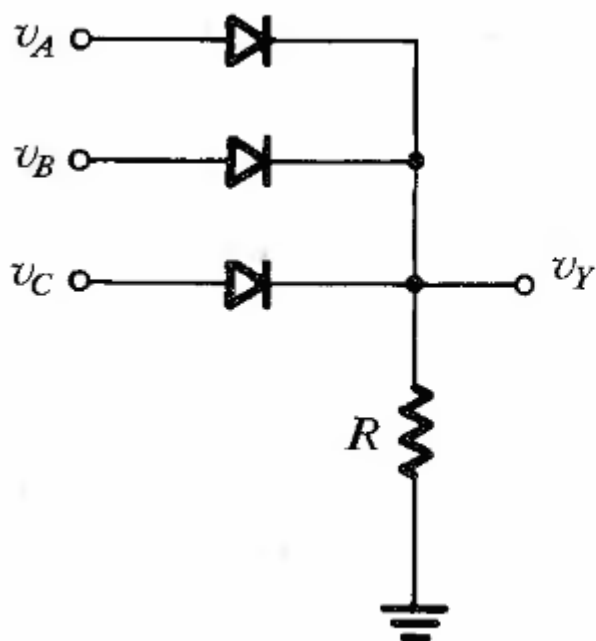
- A tensão no Diodo???





Aplicação Simples

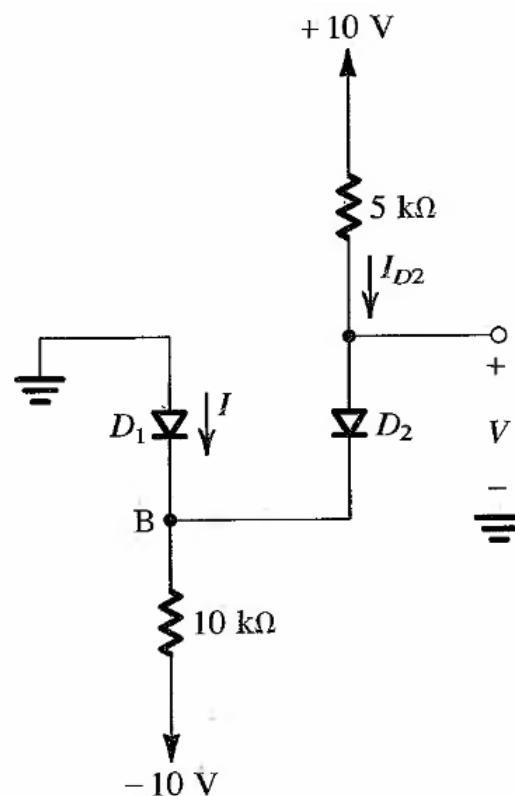
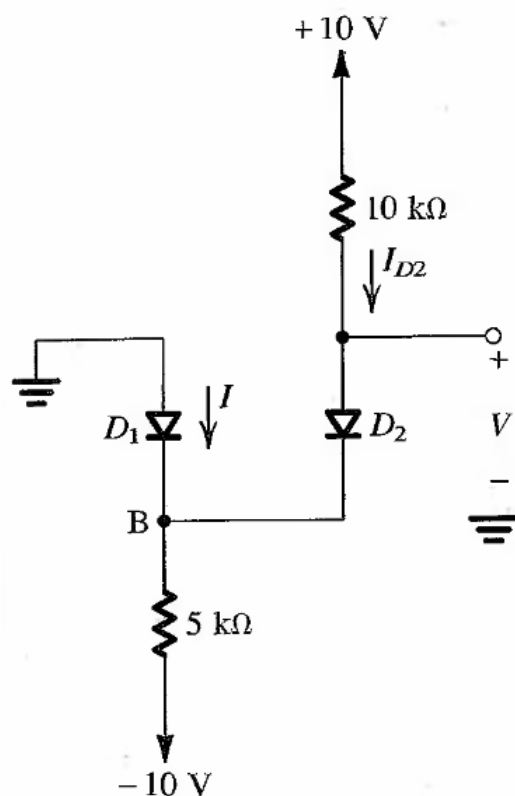
- Porta Lógica com Diodos: **Identifique a seguintes portas Lógicas, admitindo a lógica positiva....**





Aplicação Simples

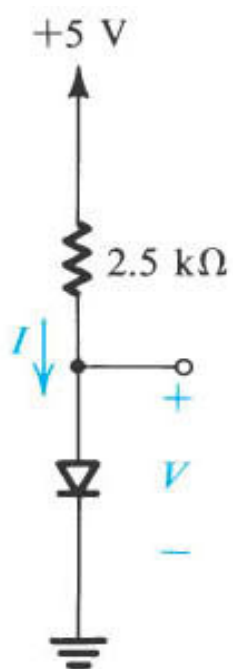
- Exercício: qual o valor de I e V ? Assuma o diodo como ideal.



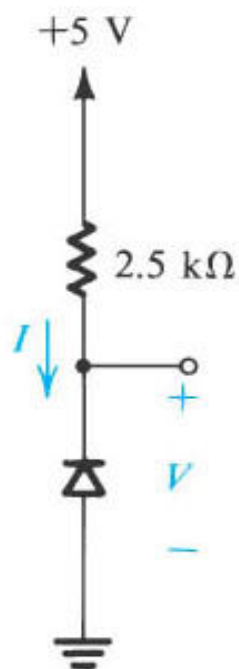


Aplicação Simples

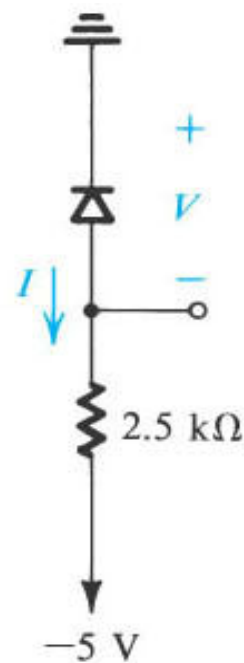
- Exercício: qual o valor de I e V ? Assuma o diodo como ideal.



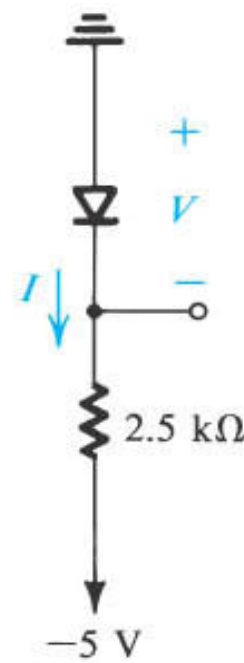
(a)



(b)



(c)

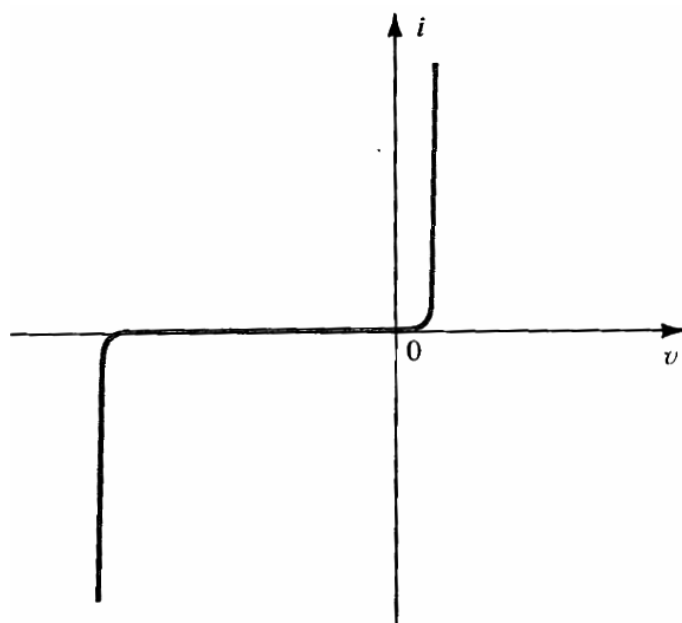


(d)

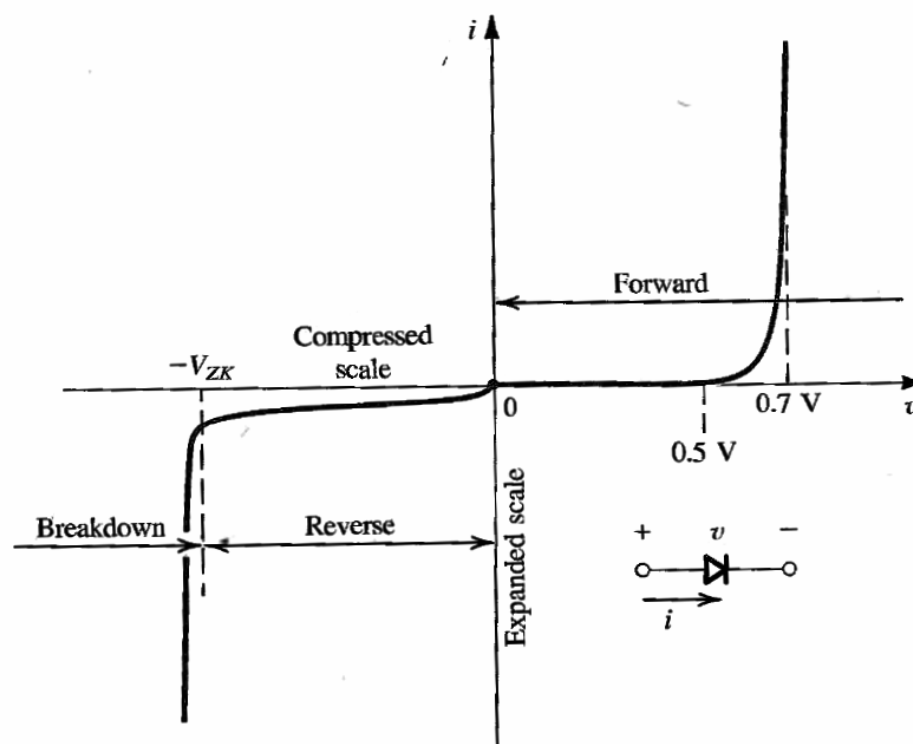


Diodo de Junção

- Características Elétricas do Diodo Real



Escala Aproximada

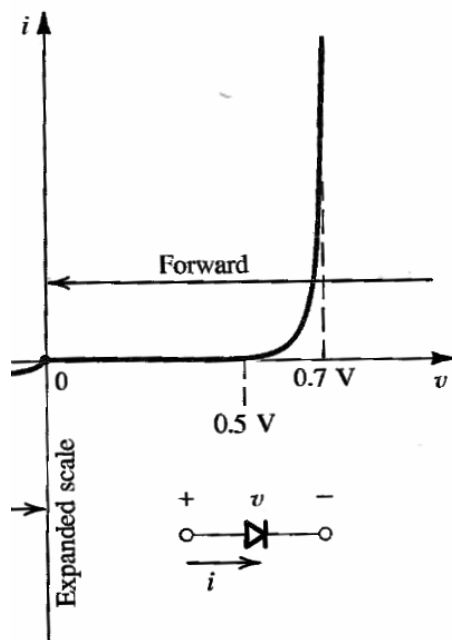


Fora de Escala



Diodo de Junção

- Região de Polarização Direta



Corrente Polarização Direta

$$i = I_S(e^{v/nV_T} - 1)$$

I_S = corrente de saturação ou escala e possui forte dependência da temperatura (dobra de valor a cada 5 C). Em Diodos de pequeno sinais essa corrente encontra-se na ordem de 10^{-15} A na temperatura de ambiente.

Tensão Térmica

$$V_T = \frac{kT}{q} \quad V_T \approx 25 \text{ mV} \quad (20^\circ\text{C})$$

k = Boltzmann's constant = 1.38×10^{-23} joules/kelvin

T = the absolute temperature in kelvins = $273 + \text{temperature in } ^\circ\text{C}$

q = the magnitude of electronic charge = 1.60×10^{-19} coulomb



Diodo de Junção

- Região de Polarização Direta: $i = I_S(e^{v/nV_T} - 1)$

$$i \gg I_S \rightarrow i \simeq I_S e^{v/nV_T} \rightarrow v = nV_T \ln \frac{i}{I_S}$$

A relação exponencial da corrente i com a tensão v se mantém por várias décadas de corrente (fator de até 10^7)

$$I_1 = I_S e^{V_1/nV_T} \quad I_2 = I_S e^{V_2/nV_T} \quad \frac{I_2}{I_1} = e^{(V_2 - V_1)/nV_T}$$

$$V_2 - V_1 = nV_T \ln \frac{I_2}{I_1} \quad V_2 - V_1 = 2.3nV_T \log \frac{I_2}{I_1}$$

Para variação de uma década na corrente, a tensão altera $2.3nV_T$



Diodo de Junção

- Região de Polarização Direta (Matlab):

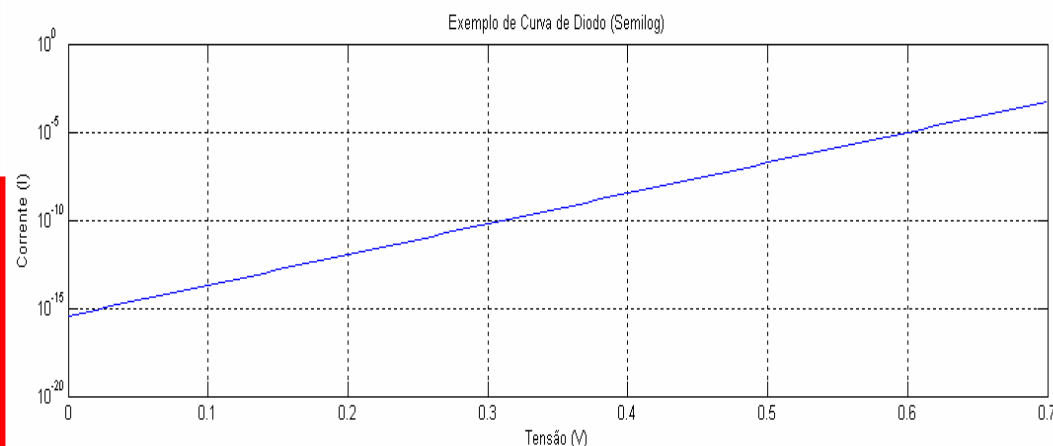
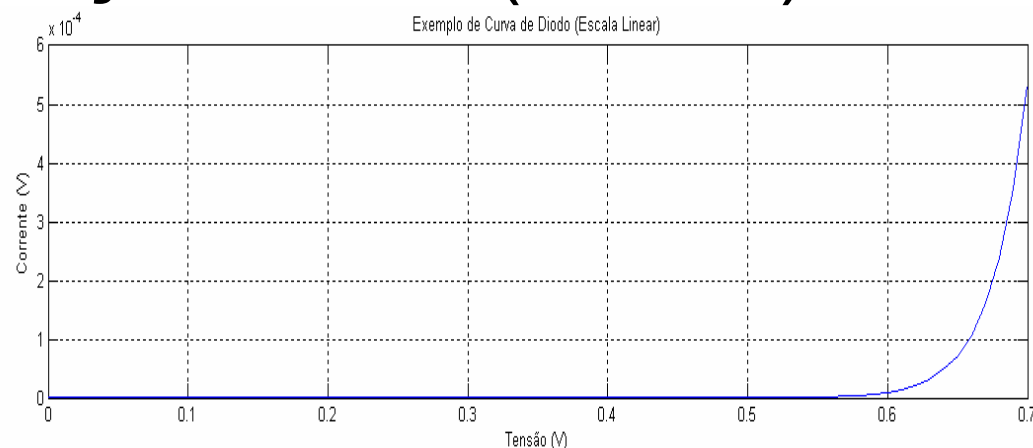
```
%Programa em Matlab
%Geração da Curva de um Diodo

v=0:.01:.7;
Is=10^-15;
n=1;
Vt=25*10^-3;
i=Is*exp(v/(n*Vt)-1);
subplot(2,1,1)
plot(v,i)
title('Exemplo de Curva de Diodo (Escala Linear)')
xlabel('Tensão (V)')
ylabel('Corrente (V)')
grid
subplot(2,1,2)
semilogy(v,i)
title('Exemplo de Curva de Diodo (Semilog)')
xlabel('Tensão (V)')
ylabel('Corrente (I)')
grid
```

$$V_2 - V_1 = 2.3nV_T \log \frac{I_2}{I_1} \quad V_T \approx 25 \text{ mV}$$

Para $n=1 \Rightarrow V_2 - V_1 \approx 60 \text{ mV}$

e $n=2 \Rightarrow V_2 - V_1 \approx 120 \text{ mV}$





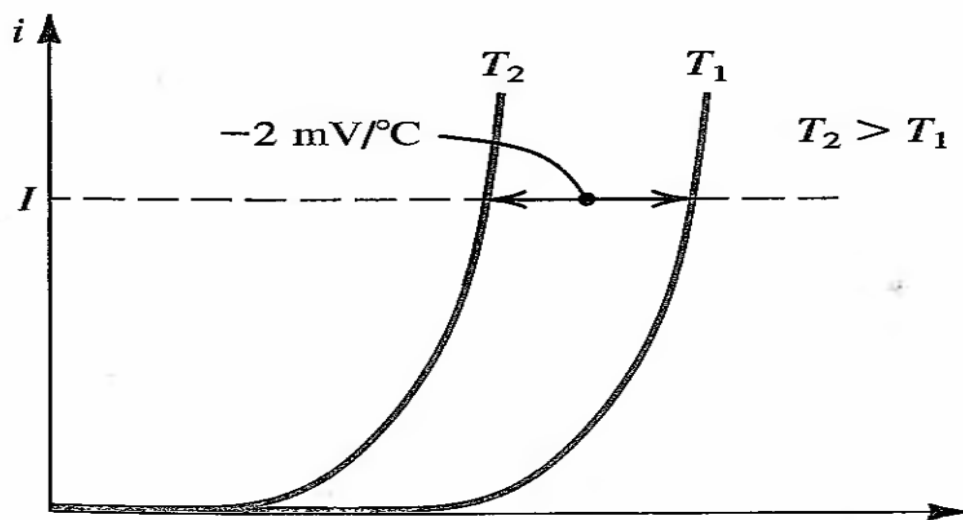
Diodo de Junção

- Região de Polarização Direta:

$$i = I_S(e^{v/nV_T} - 1)$$

$$I_S \quad V_T = \frac{kT}{q} \text{ Temperatura!!!}$$

Gráfico da Relação i-v com a Temperatura



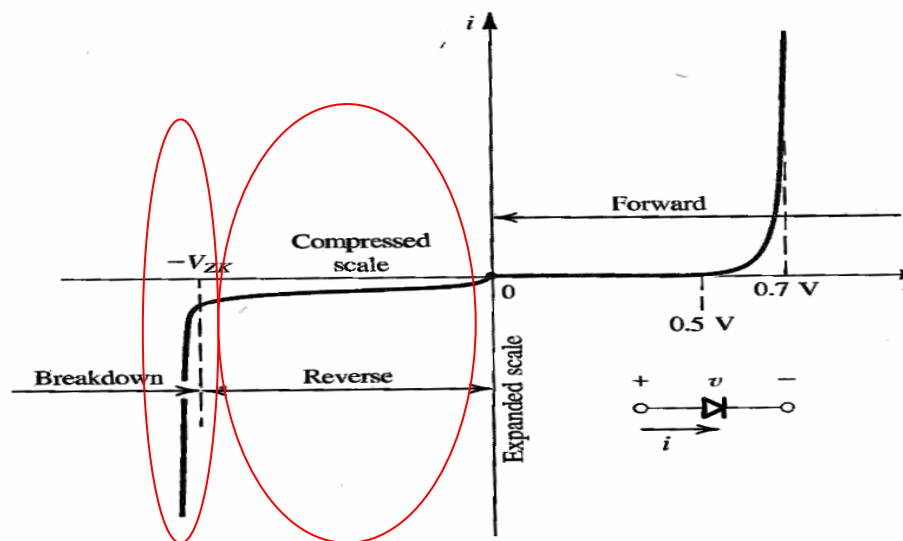


Diodo de Junção

- Região de Polarização Reversa e Ruptura:

Uma aproximação!?

$$i \simeq -I_S$$



Corrente Reversa: aumenta com o aumento da tensão reversa e muito dependente da temperatura. Regra prática: dobra a cada 10 °C

Região de Ruptura: após uma certa tensão ocorre um aumento súbito da corrente – estudada na secção 3.4.



Diodo de Junção

- REVISÃO

Junção polarizada diretamente:

$$I = I_s \left[e^{\frac{v}{\eta V_T}} - 1 \right] \approx I_s e^{\frac{v}{\eta V_T}}$$

(a) A 20 °C: $\eta = kT/q \approx 25\text{mV}$

(b) Para silício em temperatura ambiente, a faixa de operação de voltagens diretas é de em torno de 0,65V a 0,77V. Fica claro, então porque frequentemente se assume que a tensão na junção é de aproximadamente 0,7 V. Para o germânio, esta faixa é de 0,2 V a 0,3 V.

(c) Na temperatura ambiente, e para uma dada corrente direta, V_D decresce em torno de 2 mV/°C (2 mV para cada °C de aumento de temperatura).



Diodo de Junção

- REVISÃO

Junção polarizada reversamente:

(a) Em temperatura ambiente (20°C):

- Magnitude reversa de corrente: alguns nA para diodos de silício.
alguns μ A para diodos de germânio.

Note a superioridade do diodo de silício, no que diz respeito a corrente reversa.

(b) A corrente reversa na verdade é tipicamente algumas ordens de magnitude maior que o I_s (o valor que seria obtido da equação para $v < 0$), devido a correntes de fuga.

(c) Para temperatura ambiente:

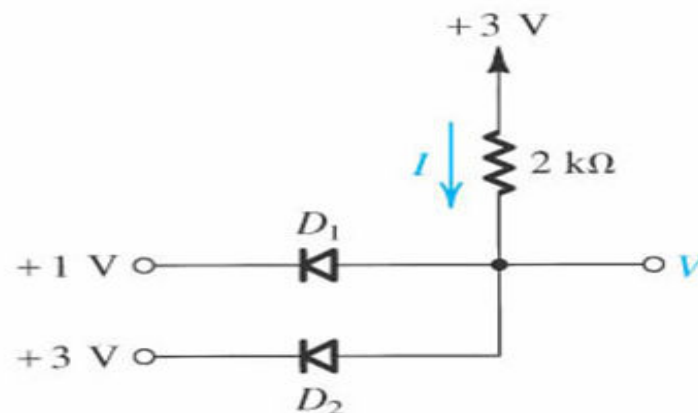
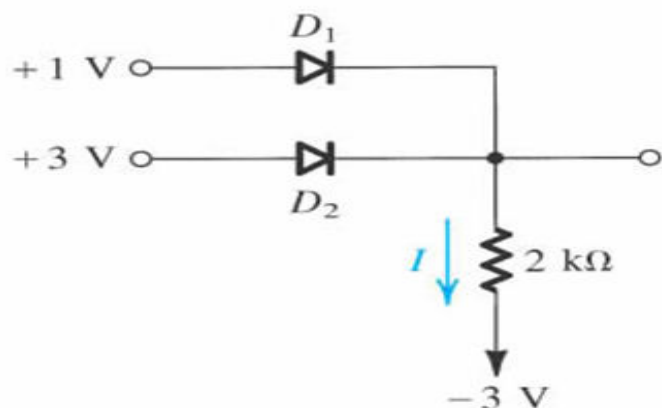
- A magnitude de corrente reversa aproximadamente dobra para cada aumento de temperatura de 6 °C em diodos de silício.
- A magnitude de corrente reversa aproximadamente dobra para cada aumento de temperatura de 10 °C em diodos de germânio.



Simulado de um Mini-Avaliação!?

Calcule os valores de I e V nos circuitos mostrados

I)



II)

Um diodo com $n = 1$ conduz 3 mA para uma tensão de junção de 0,7 V. Qual a corrente de saturação I_S ? Que corrente fluirá nesse diodo se a tensão de junção subir para 0,71 V? E para 0,8 V? Se a tensão de junção diminuir para 0,69 V? E para 0,6 V? Que aumento de tensão na junção aumenta a corrente por um fator de 10?



Exercícios

CAPÍTULO 3


MAKRON
Books

Diodos

Aula 03

- Introdução
- 3.1 O Diodo Ideal
- 3.2 Características Elétricas dos Diodos de Junção
- 3.3 Operação Física dos Diodos
- 3.4 Análise de Circuitos com Diodos
- 3.5 O Modelo para Pequenos Sinais e Suas Aplicações
- 3.6 Operação na Região de Ruptura Reversa

- Os Diodos Zener
- 3.7 Circuitos Retificadores
- 3.8 Circuitos Limitadores e Grampeadores
- 3.9 Tipos Especiais de Diodos
- 3.10 O Modelo do SPICE para Diodos e Exemplos de Simulação
- Resumo
- Bibliografia
- Problemas

Aula 04