

Lista de Exercícios 1 - Solução

Microelectronics Circuits

(Sedra & Smith – Seventh Edition - Oxford University Press - 2015)

Chapter 4 - Diodes

Ex. 4.3

Para os circuitos mostrados na Figura 4.3, usando diodos ideais, calcule os valores das tensões e das correntes mostradas.

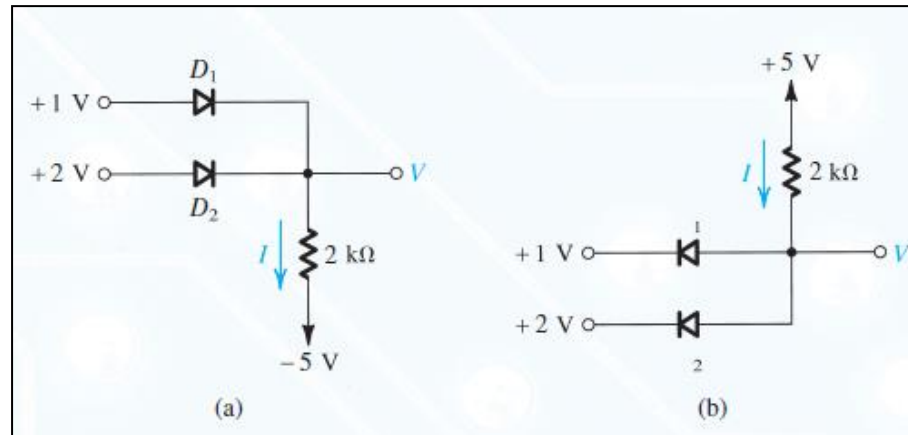


Fig. 4.3

OBS: Nestes circuitos um diodo conduz e outro está em corte. Por exemplo, no circuito (a) suponha que D_1 conduza e analise o que ocorre com D_2 e se o resultado é condizente com a hipótese adotada. Caso não seja, analise a hipótese contrária.

a) Qual diodo conduz ?

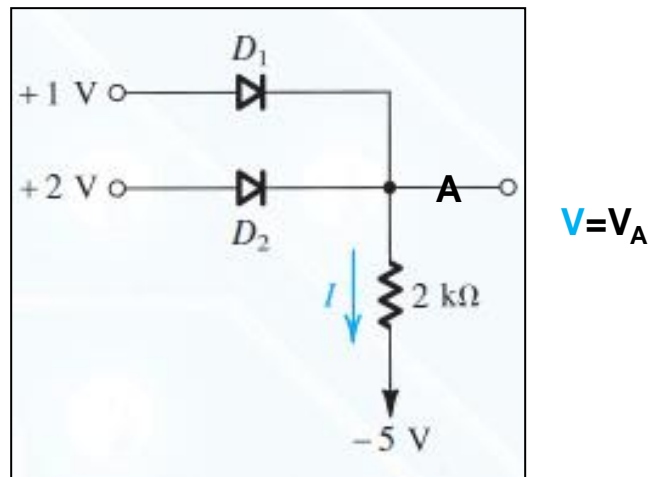


Fig. P4.3a

Se D_1 conduz, e o diodo é ideal, então o potencial em $V_A = 1$ V. Se $V_A = 1$ V o diodo D_2 estará diretamente polarizado e, portanto, conduzindo, o que resulta em $V_A = 2$ V porque o diodo é ideal. De $V_A = 2$ V o diodo D_1 estará reversamente polarizado, mas isso contradiz a hipótese que ele estava conduzindo. **Logo, essa hipótese conduz a um resultado não admissível !**

Se D_2 conduz, e o diodo é ideal, então o potencial em $V_A = 2$ V. Se $V_A = 2$ V o diodo D_1 estará reversamente polarizado. Logo, essa é a hipótese correta.

No resistor: $I = \frac{2 - (-5)}{2k}$ \longrightarrow $I = 3.5\text{mA}$

$$V_A = 2\text{ V}$$

b) Qual diodo conduz ?

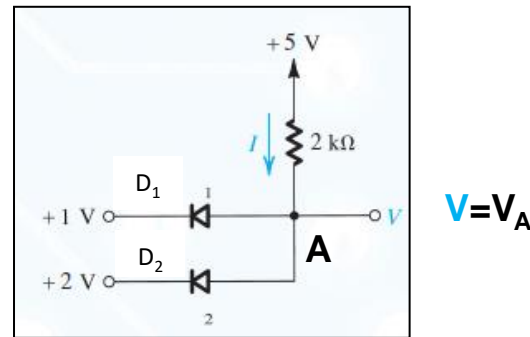


Fig. P4.3b

Se D_1 conduz, e o diodo é ideal, então o potencial em $V_A = 1$ V. Se $V_A = 1$ V o diodo D_2 estará diretamente polarizado e, portanto, conduzindo, o que resulta em $V_A = 2$ V porque o diodo é ideal. O potencial em A só pode ter um valor. **Logo, essa hipótese conduz a um resultado não admissível !**

Se D_2 conduz, e o diodo é ideal, então o potencial em $V_A = 2$ V. Se $V_A = 2$ V o diodo D_1 estará diretamente polarizado e, portanto, conduzindo, o que resulta em $V_A = 1$ V porque o diodo é ideal. O potencial em A só pode ter um valor. **Logo, essa hipótese conduz a um resultado não admissível !**

Se D_2 não conduz e D_1 conduz o potencial em $V_A = 1$ V. **Essa é a hipótese admissível !**

No resistor:
$$I = \frac{5 - (1)}{2k}$$
 \longrightarrow
$$I = 2\text{mA}$$

$$V_A = 1\text{V}$$

Ex. 4.23

O circuito na Figura P4.23 utiliza três diodos idênticos tendo $n=1$ e $I_s = 10^{-14}$ A.

- Calcule o valor da corrente I necessária para obter uma tensão de saída $V_o = 2V$.
- Se uma corrente de 1mA for drenada de terminal de saída por um carga, qual a variação na tensão de saída ?

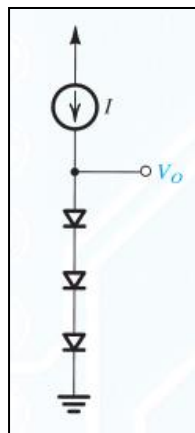


Fig. P4.23

a) Cálculo da corrente nos diodos

■ A tensão em cada diodo será $V_o / 3$.

■ Equação de Shockley:

$$I = I_s \left(e^{\frac{v}{nV_T}} - 1 \right) \longrightarrow I \cong I_s e^{\frac{V_D}{V_T}} \longrightarrow I \cong 10^{-14} e^{\frac{2/3}{0.025}} \longrightarrow \boxed{I \cong 3.81\text{mA}}$$

b) Cálculo da variação de tensão

Quando $V_0 = 2V$, resulta $I = 3.81mA$ $\longrightarrow 3.81 = I_s e^{\frac{2}{3VT}}$ (1)

Se a carga drena uma corrente de $1mA$ a corrente nos diodos será $I_2 = 3.81 - 1 = 2.81mA$

$\longrightarrow 2.81 = I_s e^{\frac{V_{D2}/3}{VT}}$ (2)

Dividindo as equações (2) e (1) resulta: $\frac{2,81}{3,81} = e^{(V_{D2}-2)/3} = e^{(\Delta V)/3}$ $\longrightarrow \Delta V = -22.8mV$

Ex. 4.27

No circuito da Fig. P4.27 o diodo D_1 tem uma área de junção 10 vezes maior que D_2 . O valor da tensão térmica é 25 mV.

- Determine a equação de V em função de I_2 .
- Determine V no circuito abaixo.
- Qual é o valor de I_2 se $V = 50\text{mV}$?

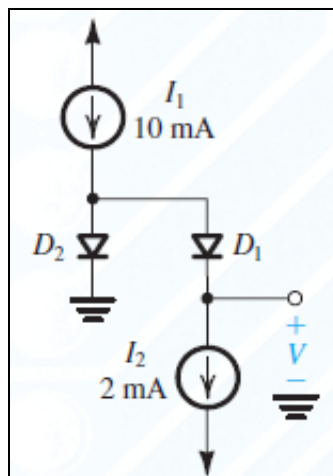


Fig. P4.27

(OBS: No livro do Sedra $I_2 = 3\text{mA}$)

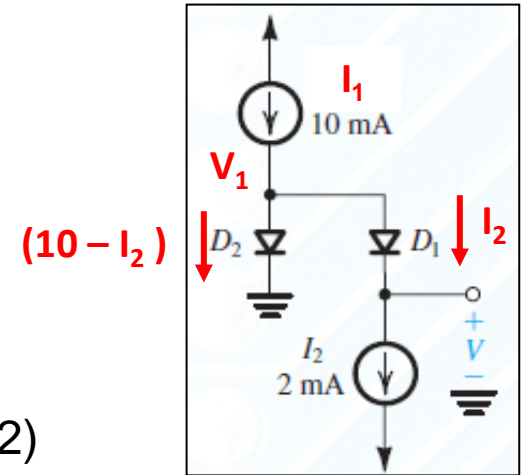
a) Cálculo de V em função de I_2

■ A corrente $I_{s1} = 10 I_{s2}$. A corrente no diodo D_1 é dada por:

$$I_1 = 10I_S e^{\frac{V_1 - V}{nV_T}} \quad (1)$$

■ A corrente no diodo D_2 é dada por:

$$I_1 = I_S e^{\frac{V_1}{nV_T}} = 10 - I_2 \quad \longrightarrow \quad I_1 = (10 - I_2) e^{\frac{-V_1}{nV_T}} \quad (2)$$



Substituindo (2) em (1) resulta:

$$I_1 = 10(10 - I_2) e^{\frac{-V_1}{nV_T}} e^{\frac{V_1 - V}{nV_T}} = 10(10 - I_2) e^{\frac{-V}{nV_T}} \quad \longrightarrow \quad V = -V_T \ln\left(\frac{I_2}{10(10 - I_2)}\right)$$

b) Cálculo de V

$$\text{Se } I_2 = 2\text{mA} \quad \longrightarrow \quad V = -V_T \ln\left(\frac{2}{10(10 - 2)}\right) \quad \longrightarrow \quad V = 92.2\text{mV}$$

c) Cálculo de I_2 se $V=50\text{mV}$

$$50 \times 10^3 = -V_T \ln\left(\frac{I_2}{10(10 - I_2)}\right) \quad \longrightarrow \quad I_2 = 10(10 - I_2) e^{-2} \quad \longrightarrow \quad I_2 = 5.76\text{mA}$$

Exercício 4

Um diodo retificador de 1A, 400V de silício possui os seguintes parâmetros de modelagem @ 27°C: $I_S=76,9\text{pA}$, $R_S=0,042\Omega$, $N=1,45$, $B_V=400\text{V}$ e $I_{BV}=5\text{mA}$.

Determinar um modelo linearizado, para a região de polarização direta, que tangencie a curva exponencial, conforme Fig. 5, no ponto $I_D = 500\text{mA}$.

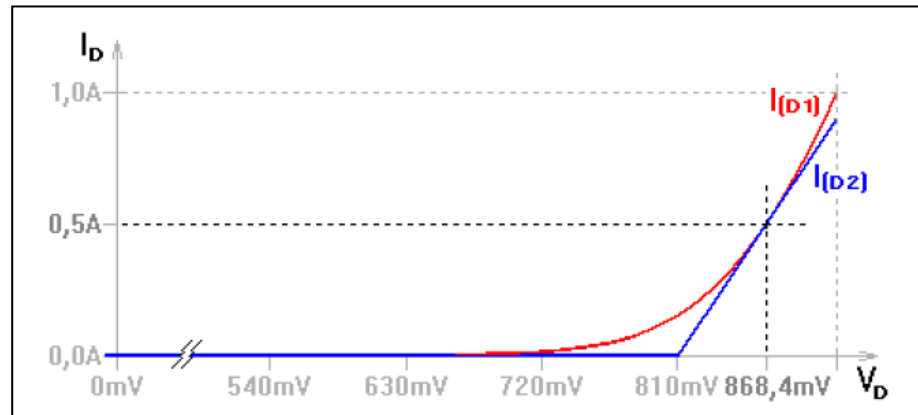
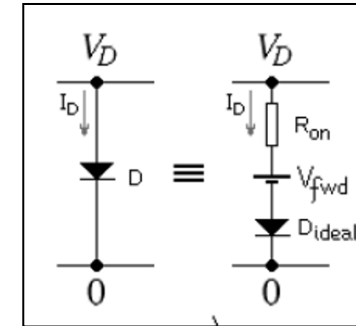


Fig. 4

1

Cálculo de V_D (1ª Solução)

$$V_D = V_{Di} + R_S \times I_D$$



Para o cálculo de V_D é necessário calcular V_{Di} .

$$I_D = I_S \left[\exp\left(\frac{V_D - R_S I_D}{N V_t}\right) - 1 \right] \quad \rightarrow \quad I_D = I_S \left[\exp\left(\frac{V_{Di}}{N V_t}\right) - 1 \right]$$

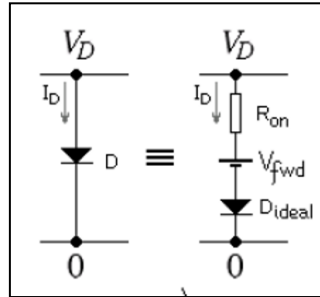
$$\rightarrow \quad V_{Di} = N \times V_t \times \ln\left(\frac{I_D}{I_S} + 1\right) = 1,45 \times 25,86495247 \text{ m} \times \ln\left(\frac{0,5}{76,9 \text{ p}} + 1\right) = 0,8474 \quad [\text{V}]$$

$$\rightarrow \quad V_D = V_{Di} + R_S \times I_D = 0,8474 + 0,042 \times 0,5 = 0,8684 \quad [\text{V}]$$

Cálculo de V_D , (2ª Solução)

Usar a equação de V_D :
$$V_D = N V_t \ln\left(\frac{I_D}{I_S} + 1\right) + R_S I_D$$

2

Cálculo de R_{on} e V_{fwd} 

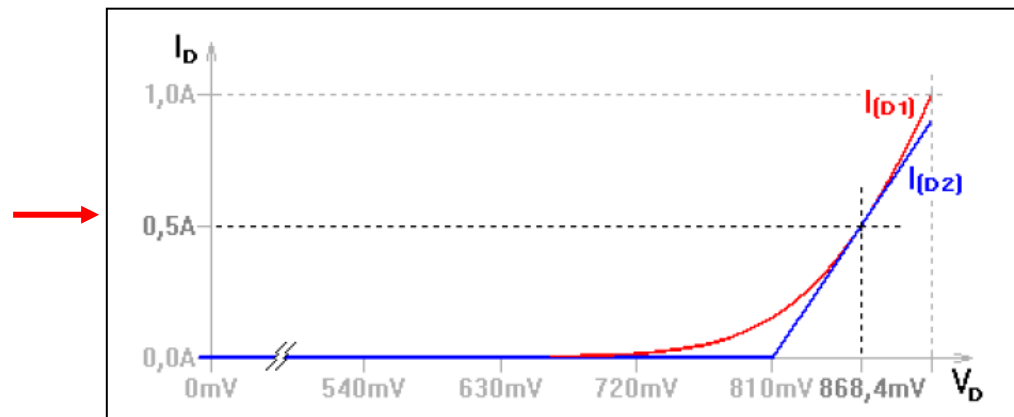
$$R_{on} = \frac{[NV_t + R_S(I_D + I_S)] \exp\left(\frac{R_S I_D}{NV_t}\right)}{I_D \exp\left(\frac{V_D}{NV_t}\right)}$$

$$V_{fwd} = V_D - R_{on} I_D$$

$$\rightarrow R_{on} = \frac{(1,45 \times 25,86502236m + 0,042 \times 0,5) \times \exp\left(\frac{0,042 \times 0,5}{1,45 \times 25,86495247m}\right)}{76,9p \times \exp\left(\frac{0,8684}{1,45 \times 25,86495247m}\right)} = 0,117 \quad [\Omega]$$

$$\rightarrow V_{fwd} = 0,8684 - 0,117 \times 0,5 = 0,80992 \quad [V]$$

A Figura abaixo mostra as curvas características dos dois modelos. Percebe-se que as curvas são praticamente coincidentes para $348 \text{ mA} \leq I_D \leq 652 \text{ mA}$.



Ex. 4.25

Dois diodos com corrente de saturação I_{s1} e I_{s2} são conectados em paralelo conforme fig. P4.25. Determine as correntes I_{D1} e I_{D2} em cada diodo e a tensão V_D .

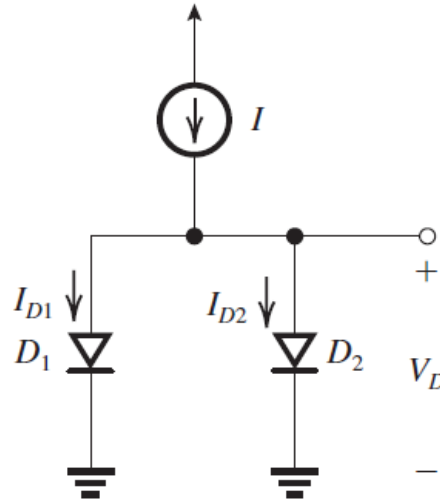


Fig. P4.25

a) Cálculo da I_{D1} e I_{D2}

$$\left. \begin{aligned} I_{D1} &\cong I_{s1} e^{\frac{V_D}{V_T}} \\ I_{D2} &\cong I_{s2} e^{\frac{V_D}{V_T}} \end{aligned} \right\} \longrightarrow I_{D1} + I_{D2} = (I_{s1} + I_{s2}) e^{\frac{V_D}{V_T}} \longrightarrow I = (I_{s1} + I_{s2}) e^{\frac{V_D}{V_T}}$$

$$I = (I_{S1} + I_{S2}) e^{\frac{V_D}{V_T}} \longrightarrow I = I_{S1} e^{\frac{V_D}{V_T}} \left(1 + \frac{I_{S2}}{I_{S1}}\right) \longrightarrow I = I_{D1} \left(1 + \frac{I_{S2}}{I_{S1}}\right)$$

$$\longrightarrow I_{D1} = \frac{I}{1 + \frac{I_{S2}}{I_{S1}}} = \boxed{I_{D1} = I \frac{I_{S1}}{I_{S1} + I_{S2}}}$$

$$I = (I_{S1} + I_{S2}) e^{\frac{V_D}{V_T}} \longrightarrow I = I_{S2} e^{\frac{V_D}{V_T}} \left(1 + \frac{I_{S1}}{I_{S2}}\right) \longrightarrow I = I_{D2} \left(1 + \frac{I_{S1}}{I_{S2}}\right)$$

$$\longrightarrow I_{D2} = \frac{I}{1 + \frac{I_{S1}}{I_{S2}}} = \boxed{I_{D2} = I \frac{I_{S2}}{I_{S1} + I_{S2}}}$$

b) Cálculo da tensão V_D

$$I = (I_{S1} + I_{S2}) e^{\frac{V_D}{V_T}} \longrightarrow \boxed{V_D = \ln \left(\frac{I}{I_{S1} + I_{S2}} \right)}$$