

CAPITULO 3

Diodo Ideal Aula 5

Prof. Sedra
PSI3321

Eletrônica I – PSI3321 Programação para a Primeira Prova

Aula	Matéria	Cap./página
1ª 16/02	Introdução, Revisão de circuitos com Amp. Op. O 1º Amp Op Comercial. Encapsulamento do Amp Op, O Amp Op ideal, Análise de circuitos com Amp Ops ideais. Exemplo 2.2	Listas de Circ. Elét. Cap. 2 - p. 38-46 Apêndice B, p.810-14
2ª 19/02	Somador; Configuração não inversora, seguidor, amplificador de diferenças. Exercício 2.15	Sedra, Cap. 2 p. 46-53
3ª 23/02	Amplificador de instrumentação, Funcionamento dos Amp Ops Não-Ideais. Exemplo 2.3 e 2.4	Sedra, Cap. 2 p. 53-59
4ª 26/02	Operação dos Amp Ops em grande excursão de sinal, imperfeições cc, circuitos integrador e diferenciador. Exemplo 2.6.	Sedra, Cap. 2 p. 59-73
5ª 01/03	Diodo ideal, características do diodo real, equação de corrente do diodo, exercícios.	Sedra, Cap. 3 p. 89-96
6ª 04/03	Análise gráfica (reta de carga), modelos simplificados de diodos, exercícios	Sedra, Cap. 3 p. 96-99
7ª 08/03	Modelo para pequenos sinais, modelos de circuitos equivalentes para pequenas variações (próximas do ponto quiescente), exercícios (exemplos 3.6 e 3.7)	Sedra, Cap. 3 p. 100-103
8ª 11/03	Operação na região de ruptura reversa, diodo zener, Projeto de um regulador Zener, exercícios (exemplo 3.8)	Sedra, Cap. 3 p. 104-106
9ª 15/03	Diagrama de blocos de uma fonte de alimentação c.c., circuito retificador de meia onda, circuito retificador de onda completa com enrolamento secundário com tomada central, exercícios: 3.22.	Sedra, Cap. 3 p. 106-109
10ª 18/03	Aula de Exercícios	

Semana Santa (21/03 a 25/03/2016)

1ª. Semana de provas (28/03 a 01/04/2016)

Data: xx/xx/2016 (xxxx feira) - Horário: xx:xxh

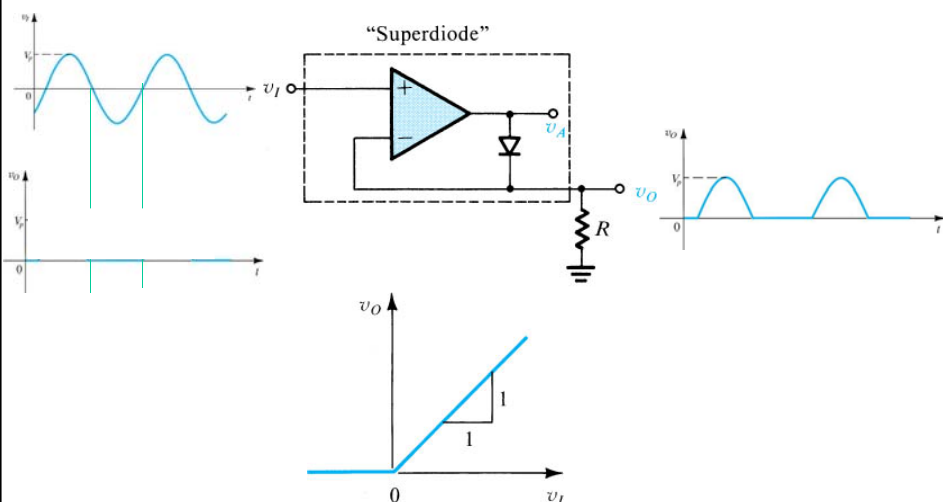
5ª Aula: Apresentar o Diodo na sua forma Ideal

Ao final desta aula você deve estar apto a:

- Reconhecer um diodo e seus terminais e explicar como ele funciona (idealmente)
- Explicar as diferenças entre um diodo real e um diodo ideal
- Determinar o estado de funcionamento de um diodo e calcular valores estimados de tensões e correntes em circuitos com diodos empregando modelos idealizados
- Explicar como funcionam portas lógicas com diodos
- Identificar as três regiões de operação de um diodo real
- Usar a lei do diodo para prever seu comportamento na região de operação direta
- Determinar tensões e correntes em circuitos com diodo empregando a lei do diodo
- Explicar o comportamento do diodo real em função da temperatura
- Realizar análises gráficas de comportamento de circuitos com diodos quando submetidos a variações de parâmetros

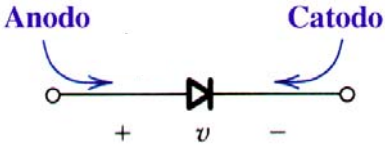
Prof. Sédio
P. A. M. P.

Um diodo e um AO (O superdiodo)

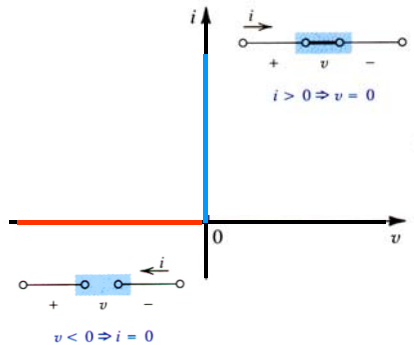
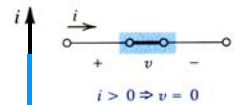
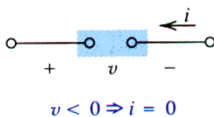
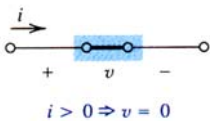
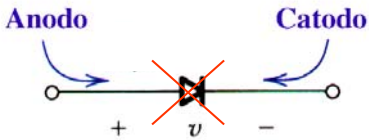


Prof. Sédio
P. A. M. P.

O Diodo

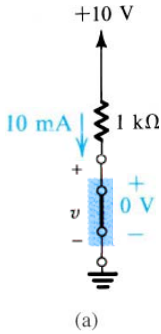


Um Modelo para o Diodo O DIODO IDEAL



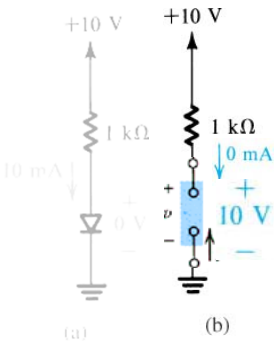
Aplicando o Modelo IDEAL em circuitos com Diodos

Qual a tensão sobre o diodo e a corrente que flui por ele?



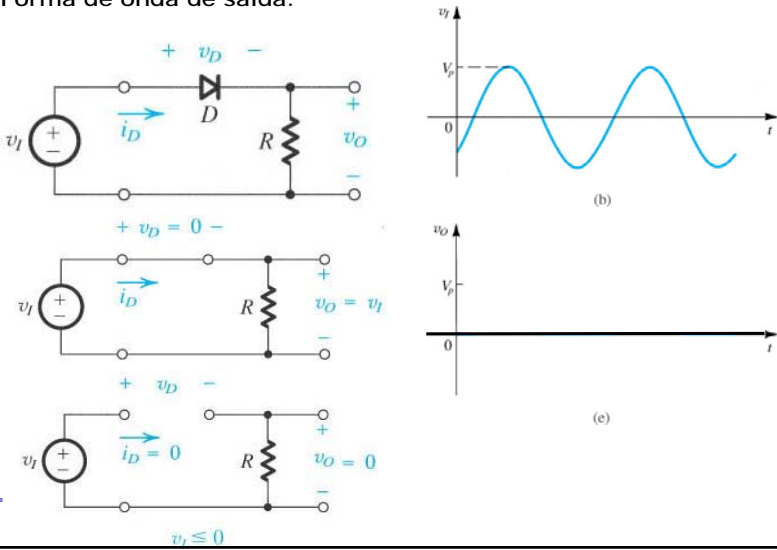
Aplicando o Modelo IDEAL em circuitos com Diodos

Qual a tensão sobre o diodo e a corrente que flui por ele?



Aplicando o Modelo IDEAL para o Diodo

Figura 3.3 (a) Circuito retificador. (b) Forma de onda de entrada. (c) Circuito equivalente para $v_I > 0$. (d) Circuito equivalente para $v_I < 0$. (e) Forma de onda de saída.

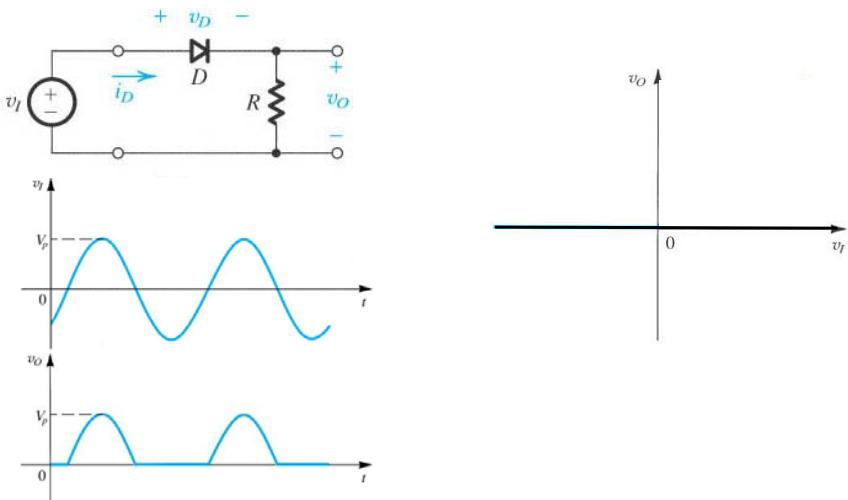


Prof. Sédson PALMEIRA

115

Aplicando o Modelo IDEAL para o Diodo

Exercício 3.1 Para o circuito da Figura acima abaixo a característica de transferência de v_O versus v_I .

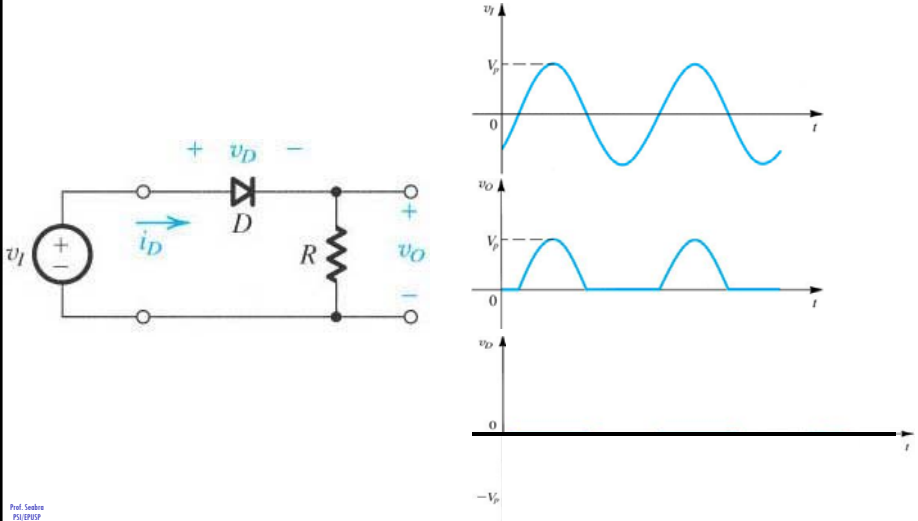


Prof. Sédson PALMEIRA

116

Aplicando o Modelo IDEAL para o Diodo

Exercício 3.2 Para o circuito na Figura abaixo esboce a forma de onda de v_D



Prof. Sédson PALMISTO

117

Aplicando o Modelo IDEAL para o Diodo

EXEMPLO 3.1

A Figura 3.4(a) mostra um circuito de carga de bateria de 12 V. Se a amplitude de v_s , senoidal, for de 24 V de pico, determine a fração de tempo de cada ciclo durante o qual o diodo conduz. Determine também o valor de pico da corrente no diodo e a tensão de polarização reversa máxima que aparece sobre o diodo.

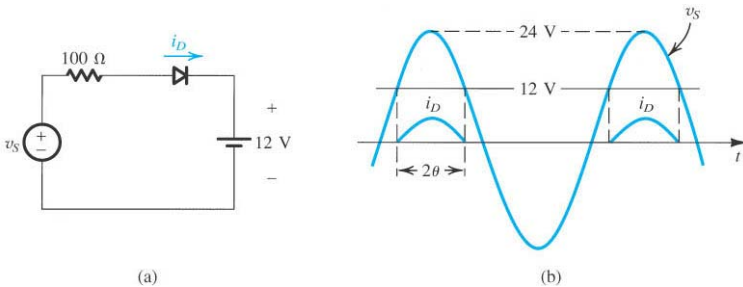


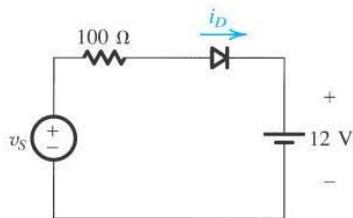
Figura 3.4

Prof. Sédson PALMISTO

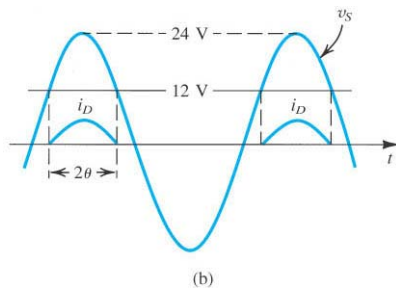
118

SOLUÇÃO Exemplo 3.1

O diodo conduz quando v_S excede o valor de 12 V, conforme mostra a Figura 3.4(b). O ângulo de condução é de 2θ , onde θ é dado por



$$24 \cos \theta = 12$$



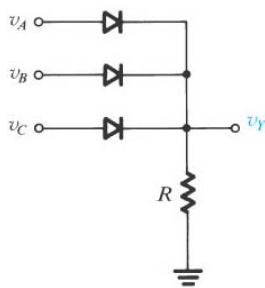
Portanto, $\theta = 60^\circ$ e o ângulo de condução é de 120° ou um terço de um ciclo. O valor de pico da corrente no diodo é dado por

$$I_d = \frac{24 - 12}{100} = 0,12 \text{ A}$$

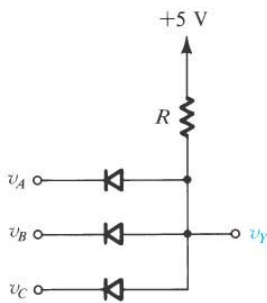
A tensão reversa máxima sobre o diodo ocorre quando v_S está no seu pico negativo e é igual a $24 + 12 = 36 \text{ V}$.

Portas Lógicas com Diodos

Quais as funções lógicas executadas em a) e em b)?



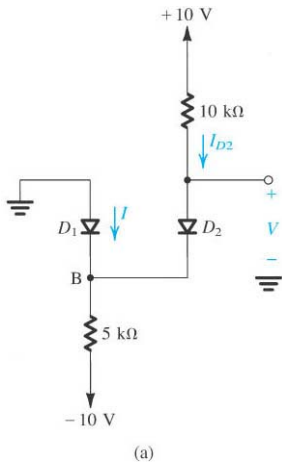
(a)



(b)

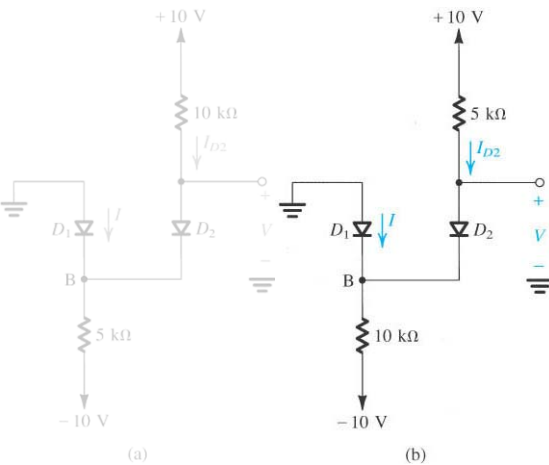
EXEMPLO 3.2

Supondo os diodos ideais, calcule os valores de I e V nos circuitos da Figura 3.6.



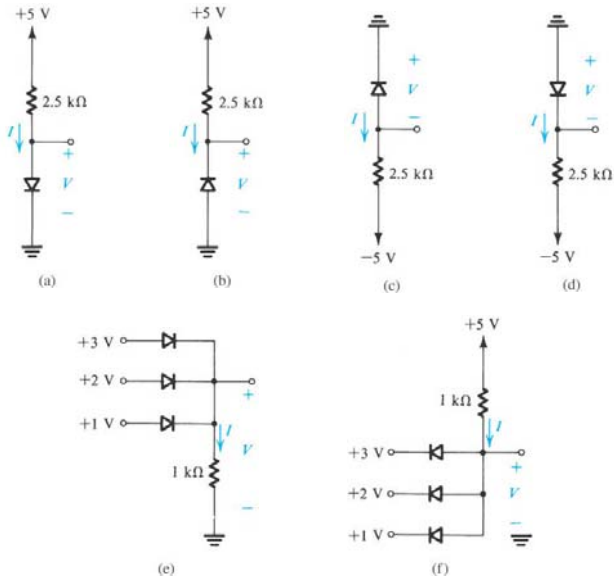
EXEMPLO 3.2

Supondo os diodos ideais, calcule os valores de I e V nos circuitos da Figura 3.6.

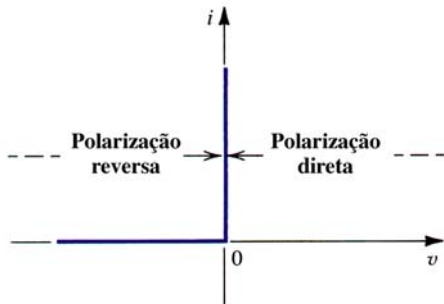


Façam exercícios 3.4 e 3.5.

$I, V?$



Diodo Ideal



Diodo Real

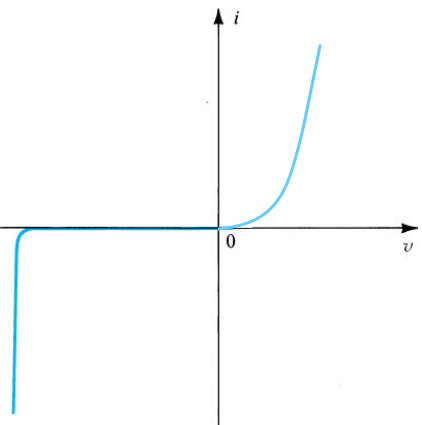
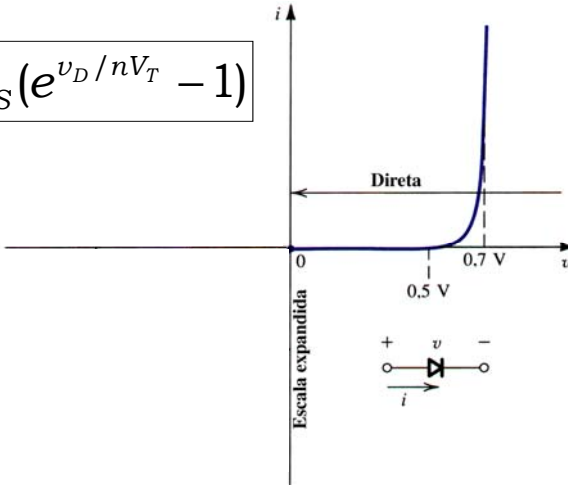


Figura 3.7 The i - v characteristic of a silicon junction diode.

Diodo Real



$$i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$$



Diodo Real

Equação da Corrente no Diodo (lei do diodo):

$$i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$$

Corrente no diodo Tensão no diodo

I_S = Corrente de saturação

n = fator de idealidade ($1 \leq n \leq 2$)

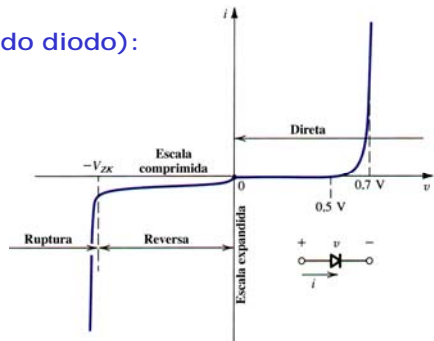
Tensão Térmica

$V_T = k T/q$ k = Constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

$$V_T = 25,8 \text{ mV} \quad (25^\circ\text{C})$$

$$V_T = 25 \text{ mV}$$

T = Temperatura em kelvin = $(273 + T(^{\circ}\text{C}))$
 q = carga do elétron = $1,6 \times 10^{-19}$ C



Diodo Real

Apresentando a Lei do Diodo de outra forma:

$$i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$$

$$v_D = nV_T \ln\left(\frac{i_D}{I_S} + 1\right)$$

$$v_D \cong nV_T \ln(i_D/I_S)$$

$$V_2 - V_1 = 2,3 nV_T \log \frac{I_2}{I_1}$$

Diodo Real

Exemplo 3.3: Um diodo de silício, feito para operar com 1 mA, apresenta uma queda de tensão direta de 0,7 V para uma corrente de 1 mA. Avalie o valor da constante I_S nos casos em que n seja 1 ou 2. Que constantes de escalamento ($n=1$; $n=2$) você aplicaria para um diodo de 1 A do mesmo fabricante que conduz uma corrente de 1 A para uma queda de 0,7 V?

$$i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$$

$$I_D = I_S e^{V_D/nV_T} \longrightarrow I_S = I_D e^{-V_D/nV_T}$$

Diodo Real

Exemplo 3.3:

Para o diodo de 1 mA:

Diodo Real

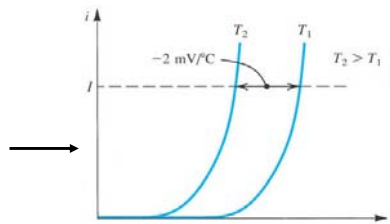
A dependência com a Temperatura

$i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$ Os valores de I_S e V_T dependem da Temperatura

- Variação com V_T : kT/q !!!
Portanto para o mesmo V_D , I_D diminui com o aumento da Temperatura
- “ I_S ” ($I_S + I_{fuga}$) dobra a cada 10°C de aumento da Temperatura
Portanto para o mesmo V_D , I_D aumenta com o aumento da Temperatura

$$I_{S_{T_2}} = I_{S_{T_{ref}}} 2^{\left(\frac{T_2 - T_{ref}}{10}\right)}$$

- Na soma dos efeitos, para o mesmo V_D , I_D aumenta com a temperatura, ou, para o mesmo I_D ,



Exercício 3.9: O diodo no circuito da Figura E3.9 é de um dispositivo grande, capaz de conduzir altas correntes. Sua corrente de fuga reversa é razoavelmente independente da tensão. Se $V = 1\text{ V}$ a 20° C , calcule o valor de V a 40° C e a 0° C .

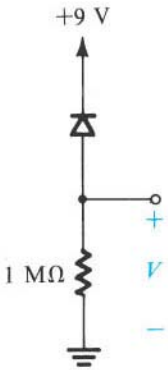
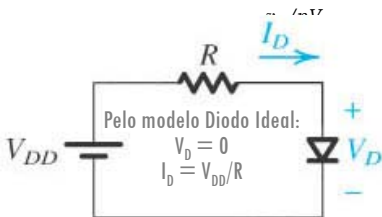
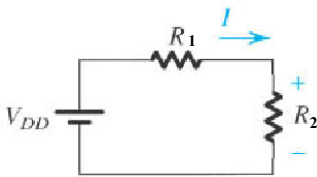


Figura E3.9

Diodo Real

A Análise pelo Modelo Exponencial



- Aplicando a lei das malhas:

$$V_{DD} = R \cdot I_D + V_D$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

(1) } Sistema de equações

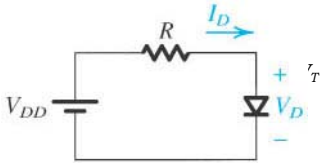
-

(2) }

Diodo Real

Exemplo 3.4: A Análise pelo Modelo Exponencial

Exemplo 3.4: Determine os valores da corrente I_D e da tensão V_D para o circuito abaixo com $V_{DD} = 5\text{ V}$ e $R = 1\text{ k}\Omega$. Suponha que a corrente do diodo é de 1 mA para uma tensão de $0,7\text{ V}$, e que a queda de tensão varia de $0,1\text{ V}$ para cada década de variação na corrente.



$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

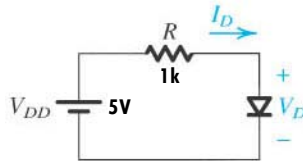
$$V_{D2} - V_{D1} = 2,3nV_T \log \frac{I_{D2}}{I_{D1}}$$

Diodo Real

Exemplo 3.4: A Análise pelo Modelo Exponencial

Exemplo 3.4: A solução tem que ser iterativa!!!

Para $I = 1\text{ mA}$, $V_{D1} = 0,7\text{ V}$:



$$I_{D2} = \frac{V_{DD} - V_{D1}}{R} = \frac{5 - 0,7}{1} = 4,3\text{ mA}$$

Para $I = 4,3\text{ mA}$, qual o novo V_{D2} ?

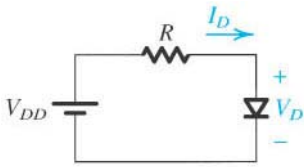
Lembre-se que: $V_{D2} - V_{D1} = 2,3nV_T \log \frac{I_{D2}}{I_{D1}}$ e neste exercício $2,3nV_T = 0,1\text{ V}!!!$

$$V_{D2} = 0,7 + 0,1 \log \frac{I_{D2}}{I_{D1}} = 0,763 \longrightarrow I_{D3} = \frac{5 - 0,763}{1} = \boxed{4,237\text{ mA}}$$

$$V_{D3} = 0,763 + 0,1 \log \left[\frac{4,237}{4,3} \right] = \boxed{0,762\text{ V}}$$

Diodo Real

Exemplo 3.4: A Análise Gráfica



$$I_D = I_S e^{v_D/nV_T}$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

Sistema de equações

