

CAPITULO 3

Modelos simplificados para Diodos Aula 6

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 | |

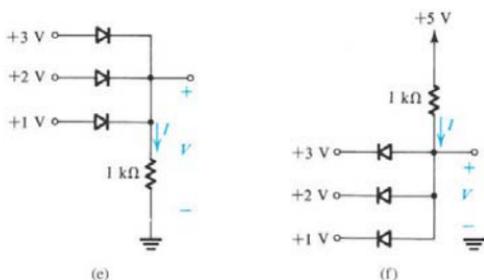
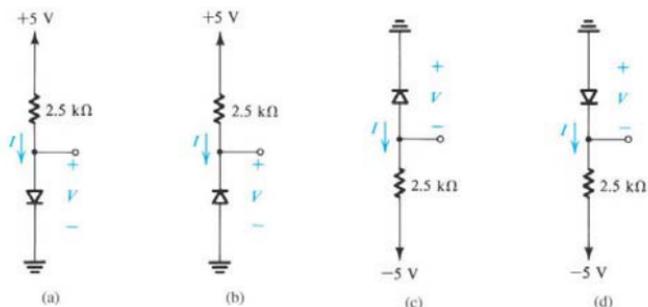
Semana Santa (21/03 a 25/03/2016)

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

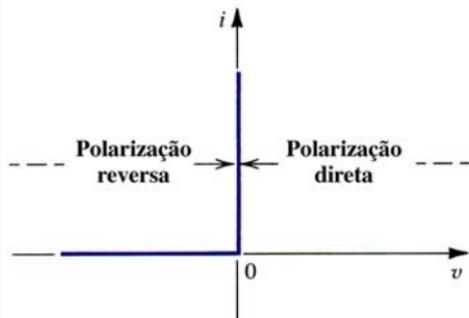
Data: xx/xx/2016 (xxxx feira) – Horário: xx:xxh

Façam exercícios 3.4 e 3.5.

I, V ?



Diodo Ideal



Diodo Real

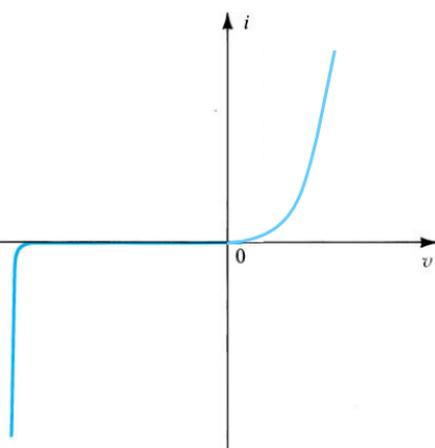
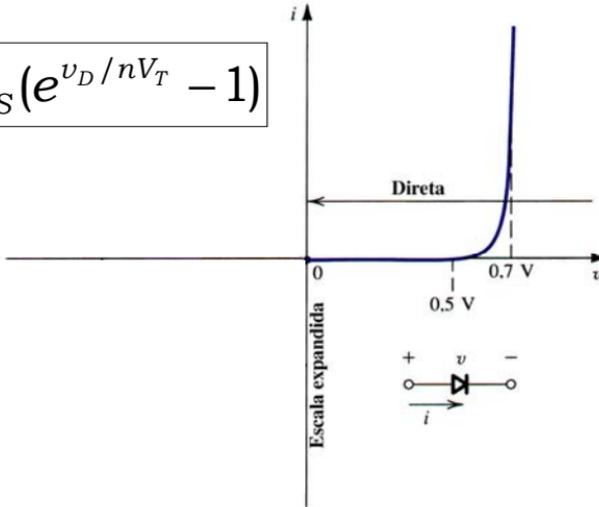


Figura 3.7 The i - v characteristic of a silicon junction diode.

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

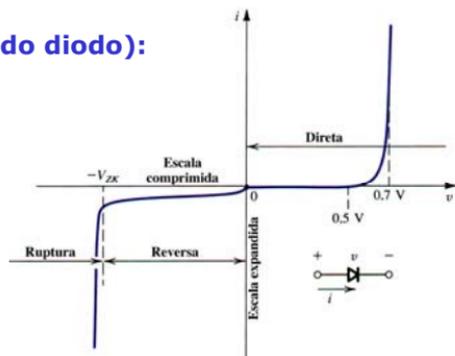
$V_T = k T/q$ k = Constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

T = Temperatura em kelvin = $(273 + T(^{\circ}\text{C}))$

q = carga do elétron = $1,6 \times 10^{-19}$ C

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

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



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

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 !!!

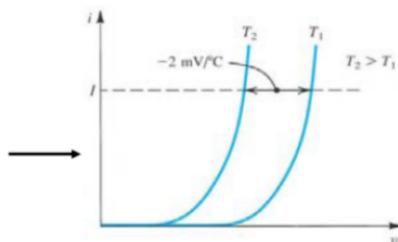
Portanto para o mesmo V_D , I_D diminui com o aumento da Temperatura

- " 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 ,



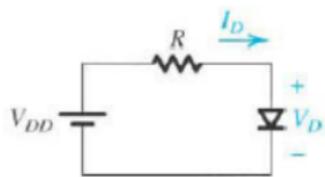
- V_D diminui 2mV a cada 1°C de aumento da Temperatura

Prof. Sábato
FIS 307

130

Diodo Real

A Análise por Modelos Linearizados para o regime CC



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

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

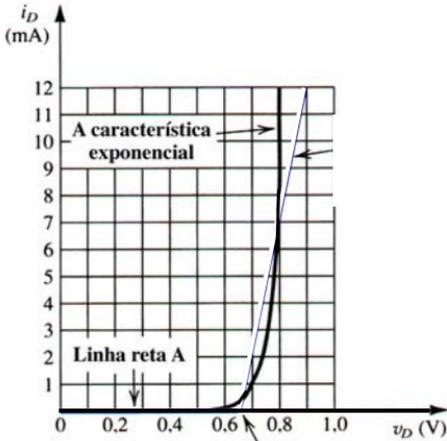
} Sistema de equações

Nosso problema advém da equação do diodo ser não linear. E se conseguirmos linearizá-la?

Diodo Real

A Análise por Modelos Linearizados (CC)

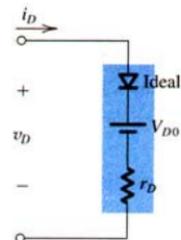
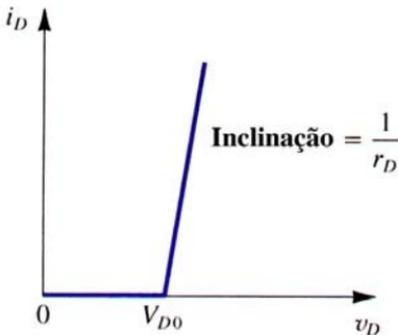
Aproximação da Curva Característica por Retas



Diodo Real

A Análise por Modelos Linearizados (CC)

O Modelo com V_{D0} e r_D



Resumindo

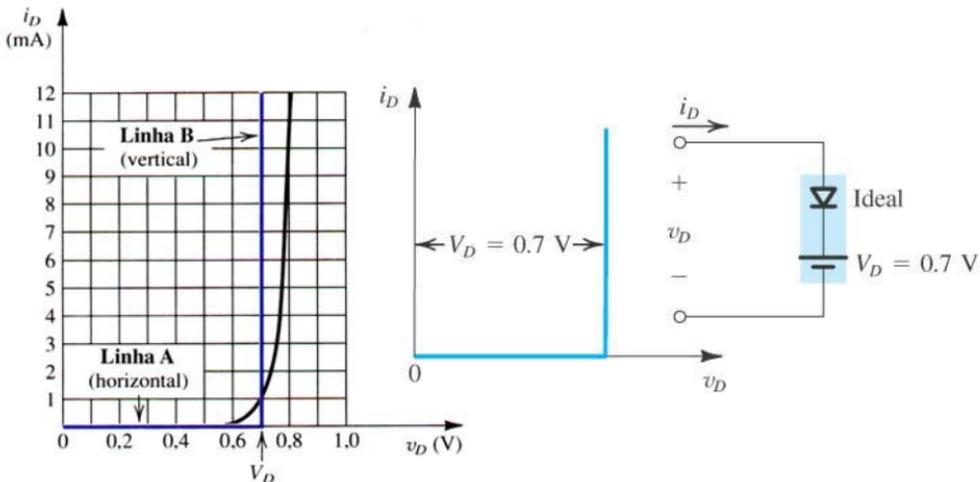
| | Exata | Livro ($r_D = 20\Omega$) | Ref em 1mA e $r_D = 11\Omega$ | Ref em 4mA e $r_D = 11\Omega$ |
|-------|--------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| V_D | 0,762V | 0,735V (-4%) | 0,733V (-4%) | 0,752V (-2%) |
| I_D | 4,28mA | 4,26mA (-1%) | 4,27mA (-1%) | 4,25mA (-1%) |

Em engenharia, erros menores que 10% são aceitáveis e melhores que 5% são muito bons!

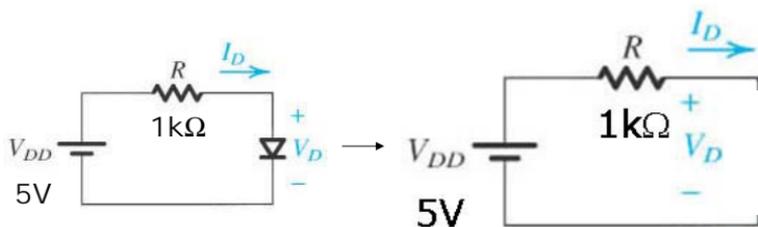
Será então que não exageramos na dose?

Um modelo mais simples...

O Modelo só com V_D



Exemplo 3.4 de novo!:



Solução: $V_D = 0,7V$ e $I_D = 4,3mA$

Exemplo 3.4 de novo!:

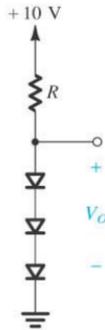
Resumindo

| | Exata | Livro | Ref em 4mA | Modelo só V_D |
|-------|--------|--------------|--------------|-----------------|
| V_D | 0,762V | 0,735V (-4%) | 0,752V (-2%) | 0,7V (-8%) |
| I_D | 4,28mA | 4,26mA (-1%) | 4,25mA (-1%) | 4,3mA (+1%) |

Modelo Diodo Ideal (Chave aberta, chave fechada):

$$V_D = 0; I_D = 5mA (17\%)$$

Exercício 3.12 Projete o circuito da Figura E3.12 para proporcionar uma tensão de saída de 2,4 V. Suponha que os diodos disponíveis tenham 0,7 V de queda com uma corrente de 1 mA e que $\Delta V = 0,1$ V/década de variação na corrente.



Fazer os exercícios 3.11 e 3.13!