



kroton
paixão por educar

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
1º semestre- 2016

Eletrônica e Instrumentação
Eng^a Mecânica– 6º/ 7ºsemestres

Prof^o. Ms.Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com
cmalheiro@aedu.com

<http://cristianotm.wix.com/aulas>

1



Aula 3

Bibliografia Básica

Link Biblioteca:

<http://187.86.214.60/pergamum/biblioteca/index.php?id=ANHAN>

10. Instrumentação Industrial conceitos, aplicações e análises - 7 / 2010 - (E-book)

on-line

FIALHO, Arivelto Bustamante. Instrumentação industrial : conceitos, aplicações e análises. 7. São Paulo Érica 2010 1 recurso online ISBN 9788536505190.

Exemplares | Marc

1. FIALHO, Arivelto B. **Instrumentação Industrial: conceitos, aplicações e análises**. 3ª edição. São Paulo: Érica, 2010. (**E-Book**)

2. CRUZ, Eduardo Cesar Alves. **Eletrônica Aplicada**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Érica, 2013. (**11 exemplares**)

3. BOYLESTAD, Robert L. NASHESKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 12ª edição. São Paulo: Pearson, 2013. (**17 exemplares**)





Aula 3

Diodo Semicondutor

Processo de Dopagem dos Semicondutores

Dopagem: processo utilizado para a adição de outros elementos químicos de forma reduzida à algum elemento, como o silício.

Semicondutor Tipo P

Portadores majoritários:

p^+

Portadores minoritários:

e^-

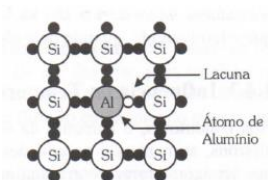


Figura 1.12 - Geração de lacuna por dopagem trivalente.

3

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Processo de Dopagem dos Semicondutores

Dopagem: processo utilizado para a adição de outros elementos químicos de forma reduzida à algum elemento, como o silício.

Semicondutor Tipo N

Portadores majoritários:

e^-

Portadores minoritários:

p^+

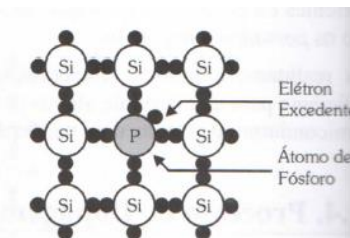


Figura 1.13 - Geração de elétron livre por dopagem pentavalente.

4

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Junção PN- Diodo

Cristal único da união de um semicondutor P com um N. Desta forma, temos um diodo de junção ou ainda diodo.

Semicondutor Tipo N + Semicondutor Tipo P:

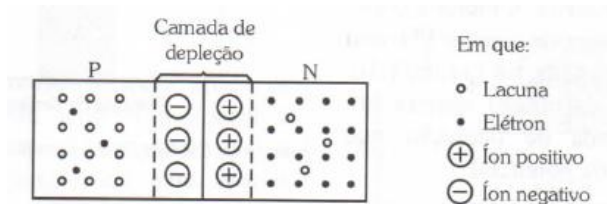


Figura 1.14 - Junção PN e a barreira de potencial.

5

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Junção PN- Diodo

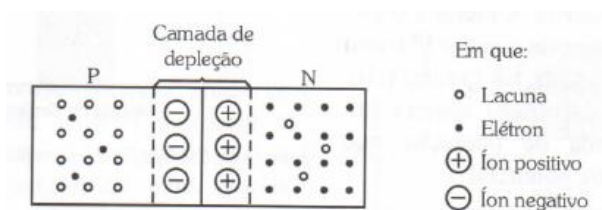


Figura 1.14 - Junção PN e a barreira de potencial.

6

kroton
paixão por educar

Processo de difusão de cargas com deslocamento de cargas de regiões de elevada concentração para regiões de baixa concentração.



Aula 3

Diodo Semicondutor

Junção PN- Diodo



Figura 1.14 - Junção PN e a barreira de potencial.

Nesse processo, os e- do lado N vão para o P, esses e- criam regiões de íons positivos (cátions) próximos a junção.

No lado P, quando os elétrons ocupam as lacunas que também se encontram próximas da junção (recombinação elétron- lacuna), eles criam íons negativos (ânions).

7

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Junção PN- Diodo



Figura 1.14 - Junção PN e a barreira de potencial.

A região com a formação dos íons, passa a ter características especiais pois ficam livres de portadores de carga (elétrons e lacunas), e é chamada de camada de depleção, pois formam uma barreira de potencial.

À temperatura ambiente, a barreira de potencial vale aproximadamente 0,6V para o semicondutor silício e aproximadamente 0,3V para o germânio.

8

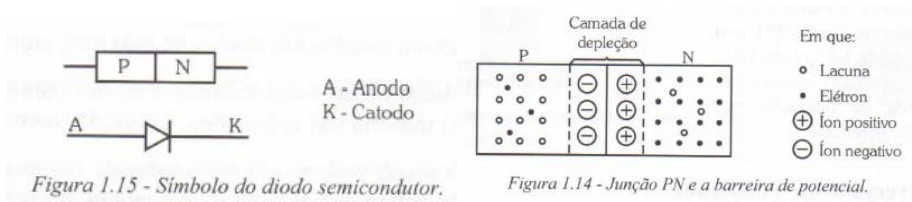
kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Junção PN- Diodo



Terminal P- ânions- íons negativos – ânodo;

Terminal N- cátions- íons positivos- cátodo

9

kroton
paixão por educar

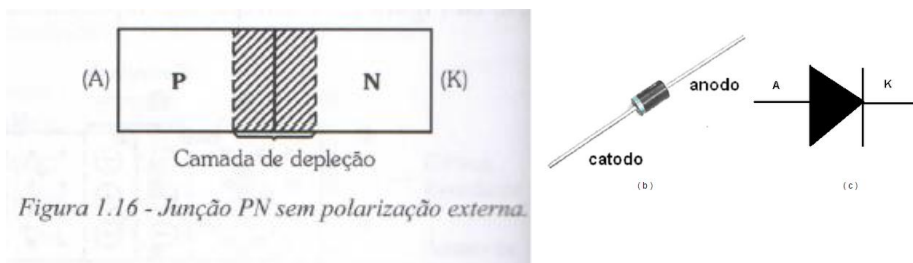


Aula 3

Diodo Semicondutor

Polarização do Diodo

Sem estar polarizado:



10

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Polarização do Diodo

Diodo Reversamente Polarizado: comporta-se como uma resistência muito alta, ou seja, circuito aberto.

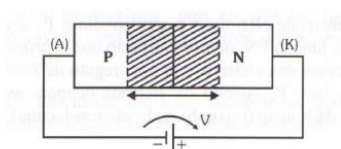


Figura 1.17 - Junção PN com polarização reversa.

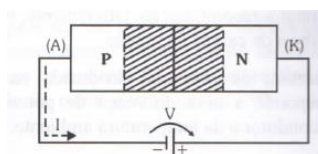


Figura 1.18 - Corrente reversa no diodo.

Atua de forma a impedir a circulação de portadores majoritários de carga através da junção. Surge corrente reversa.

11

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Polarização do Diodo

Diodo Diretamente Polarizado: comporta-se como uma resistência muito baixa, ou seja, curto-circuito.

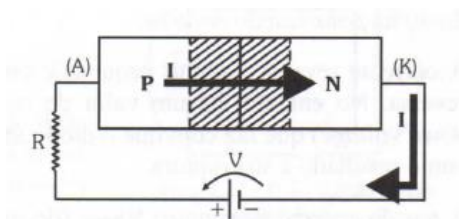


Figura 1.19 - Junção PN com polarização direta.

12

kroton
paixão por educar

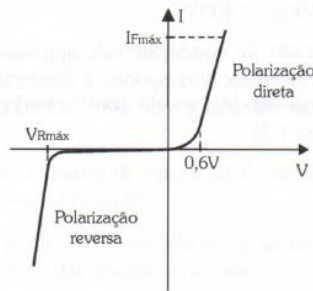


Aula 3

Diodo Semicondutor

Curva Característica do Diodo

No primeiro quadrante: I e V positivas- polarização direta;
No terceiro quadrante: I e V negativas- polarização reversa.



IF- forward current- corrente direta máxima!

Figura 1.20 - Curva característica de um diodo de silício.

13



Aula 3

Diodo Semicondutor

Curva Característica do Diodo

Exercício: Esboce a curva característica do diodo 1N4004, sabendo que ele é de silício e que suas principais especificações, obtidas em um manual são:

- $I_{FMÁX} = 1A$;
- $V_{RMÁX} = 400V$

14





Aula 3

Diodo Semicondutor

Curva Característica do Diodo

Exercício: Esboce a curva característica do diodo 1N4004, sabendo que ele é de silício e que suas principais especificações, obtidas em um manual são:

- $I_{FMÁX} = 1A$;
- $V_{RMÁX} = 400V$

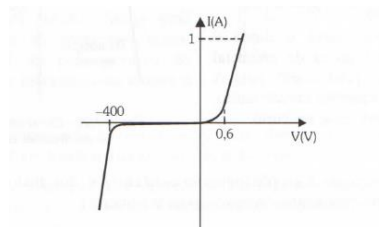


Figura 1.21 - Esboço da curva característica do diodo 1N4004.

15

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Reta de Carga do Diodo

Determinação analítica do ponto de operação, por meio da reta de carga.

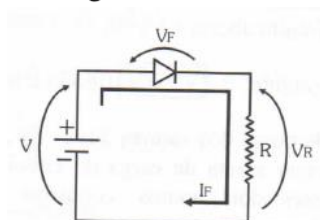


Figura 1.22 - Polarização direta de um diodo.

$V > 0,6V$; Logo $V_R = V - V_F$

Desta forma:

$$I_F = \frac{V_R}{R}$$

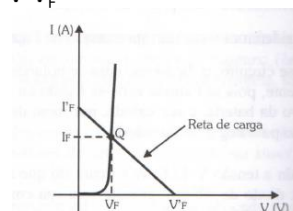


Figura 1.23 - Reta de carga e ponto quiescente

16

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Reta de Carga do Diodo

Determinação gráfica do ponto de operação, por meio da reta de carga.

- Reta: traçar dois pontos, escolhe-se os pontos com grandezas nulas.
Primeiro ponto- Diodo em curto: corrente máxima (I'_F)

$$I'_F = \frac{V}{R} \quad \text{Diodo em curto!}$$

17



Aula 3

Diodo Semicondutor

Reta de Carga do Diodo

Determinação gráfica do ponto de operação, por meio da reta de carga.

- Reta: traçar dois pontos, escolhe-se os pontos com grandezas nulas
Segundo ponto - Diodo em aberto: tensão máxima (V'_R)

$$V_R = V \quad \text{Diodo aberto!}$$

18



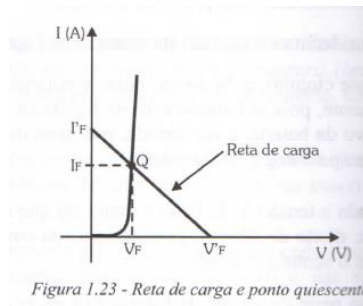


Aula 3

Diodo Semicondutor

Reta de Carga do Diodo

De posse destes dois valores, pode-se construir a reta de carga. O ponto Q entre a reta de carga e a curva característica do diodo é o ponto de operação ou ponto quiescente.



19

kroton
paixão por educar

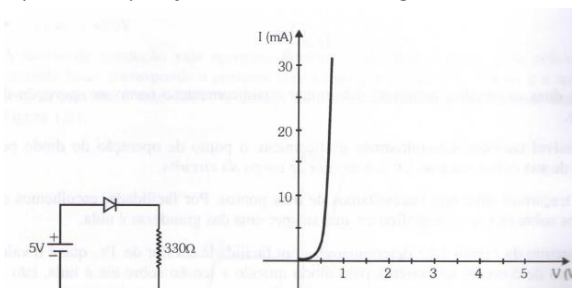


Aula 3

Diodo Semicondutor

Exercício: Considere o circuito e a curva característica do diodo:

- Determine o ponto de operação do diodo de forma analítica.
- Determine o ponto de operação do diodo de forma gráfica.



20

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Exercício: Considere o circuito e a curva característica do diodo:

- a) Determine o ponto de operação do diodo de forma analítica.

Solução:

$$V_F = 0,6V;$$

$$V_R = 4,4V;$$

$$I_F = 13,33mA$$

21



Aula 3

Diodo Semicondutor

Exercício: Considere o circuito e a curva característica do diodo:

- b) Determine o ponto de operação do diodo de forma gráfica.

Primeiramente, calcule os dois pontos para traçar a reta de carga:

- Corrente máxima no diodo: $I'_F = \frac{V}{R} = \frac{5}{330} \Rightarrow I'_F \cong 15mA$
- Tensão máxima no diodo: $V'_F = V \Rightarrow V'_F = 5V$

22





Aula 3

Diodo Semicondutor

Exercício: Considere o circuito e a curva característica do diodo:

b) Determine o ponto de operação do diodo de forma gráfica.

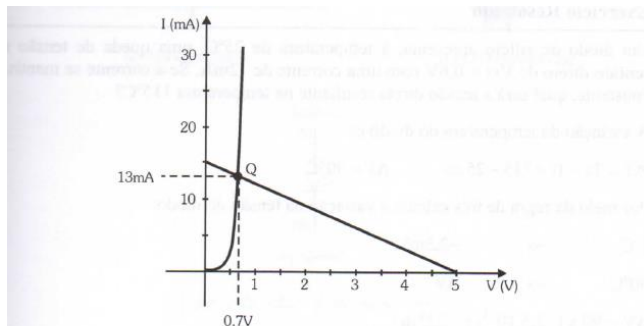


Figura 1.26 - Retas de carga e ponto quiescente.

23

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Efeito da Temperatura no Diodo:

Sofre influência da Temperatura. A temperatura máxima do Si está por volta de 150°C e Ge (100°C)

Para cada aumento de 1°C na temperatura, A tensão direta no diodo diminui cerca de 2,5mV, ou seja, a taxa de variação da tensão em função da temperatura é de -2,5 mV/°C

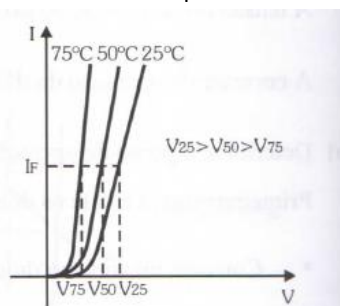


Figura 1.27 - Efeito da temperatura no diodo.

24

kroton
paixão por educar



Aula 3

Diodo Semicondutor

Exercício:

Um diodo de silício apresenta, à temperatura de 25°C, uma queda de tensão no sentido direto de **VF1=0,6V** com uma corrente de 12mA. Se a corrente se mantiver constante, qual será a tensão direta resultante na temperatura 115°C?

Resposta: **VF2=0,375V.**

25



Aula 3

Diodo Semicondutor

Lista 1 de Exercícios:

Realizar os exercícios propostos: 1.1 à 1.3 página 33 e 1.4 à 1.5 página 34. Enunciado + respostas à mão, individual e na folha padrão.

Entrega: 18/03/2015 até as 20hs.

26





Bibliografia desta aula:

1. FIALHO, Arivelto B. **Instrumentação Industrial: conceitos, aplicações e análises**. 3ª edição. São Paulo: Érica, 2010.

27



28