

Apostila 2 – Diodos 2**COMPONENTES SEMICONDUTORES****1-Diodos**

Um diodo semiconductor é uma estrutura P-N que, dentro de seus limites de tensão e de corrente, permite a passagem de corrente em um único sentido. Detalhes de funcionamento, em geral desprezados para diodos de sinal, podem ser significativos para componentes de maior potência, caracterizados por uma maior área (para permitir maiores correntes) e maior comprimento (a fim de suportar tensões mais elevadas). A figura 1.1 mostra, simplificada, a estrutura interna de um diodo.

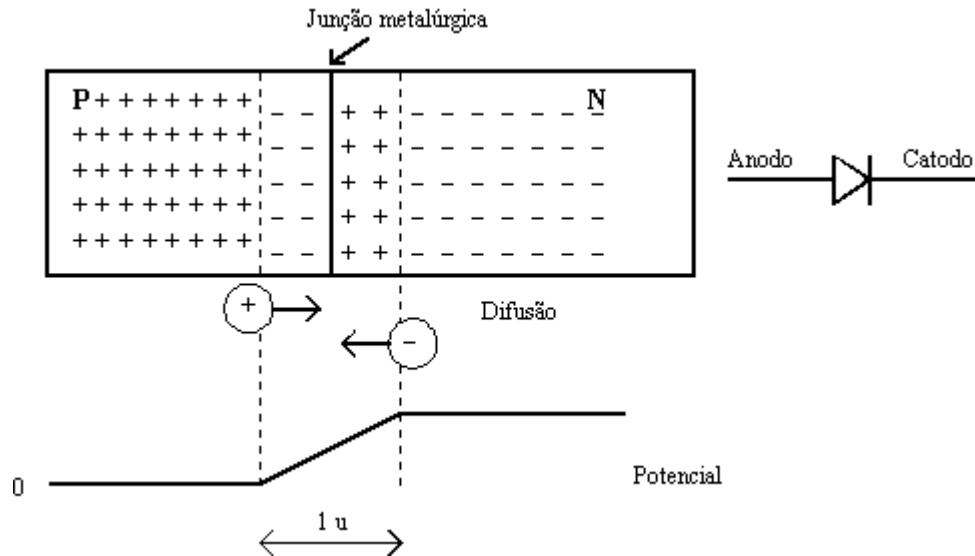


Figura 1.1. Estrutura básica de um diodo semiconductor

Aplicando-se uma tensão entre as regiões P e N, a diferença de potencial aparecerá na região de transição, uma vez que a resistência desta parte do semiconductor é muito maior que a do restante do componente (devido à concentração de portadores).

2- Polarização Reversa

Quando se polariza reversamente um diodo, ou seja, se aplica uma tensão negativa no ânodo (região P) e positiva no cátodo (região N), mais portadores positivos (lacunas) migram para o lado N, e vice-versa, de modo que a largura da região de transição aumenta, elevando a barreira de potencial.

Por difusão ou efeito térmico, uma certa quantidade de portadores minoritários penetra na região de transição. São, então, acelerados pelo campo elétrico, indo até a outra região neutra do dispositivo. Esta corrente reversa (I_F) muito pequena, independe da tensão reversa aplicada, variando, basicamente, com a temperatura. O diodo se comporta como uma resistência muito alta, ou como um circuito aberto.

Se o campo elétrico na região de transição for muito intenso, os portadores em trânsito obterão grande velocidade e, ao se chocarem com átomos da estrutura, produzirão novos portadores, os quais, também acelerados, produzirão um efeito de avalanche. Dado o aumento na corrente, sem redução significativa na tensão na junção, produz-se um pico de potência que destrói o componente.

3- Polarização Direta

Uma polarização direta ocorre quando um potencial positivo é aplicado ao lado P, e o terminal negativo da fonte é aplicado ao lado N. Assim, os elétrons do lado N ganham energia e são repelidos pelo terminal negativo da fonte, sendo atraídos pelo terminal positivo da fonte, através do lado P, atravessando a junção. No lado P, eles recombina-se com as lacunas, tornando-se elétrons de valência, mas continuam se deslocando para o terminal positivo da fonte.

Uma polarização direta leva ao estreitamento da região de transição e à redução da barreira de potencial. Quando a tensão aplicada superar o valor natural da barreira, cerca de 0,7V para diodos de Si, os portadores negativos do lado N serão atraídos pelo potencial positivo do ânodo e vice-versa, levando o componente à condução. Uma corrente elétrica de alta intensidade (I_D), fazendo que o diodo se comporte como um condutor ou uma resistência (R_D) muito pequena.

4- Curva característica do diodo

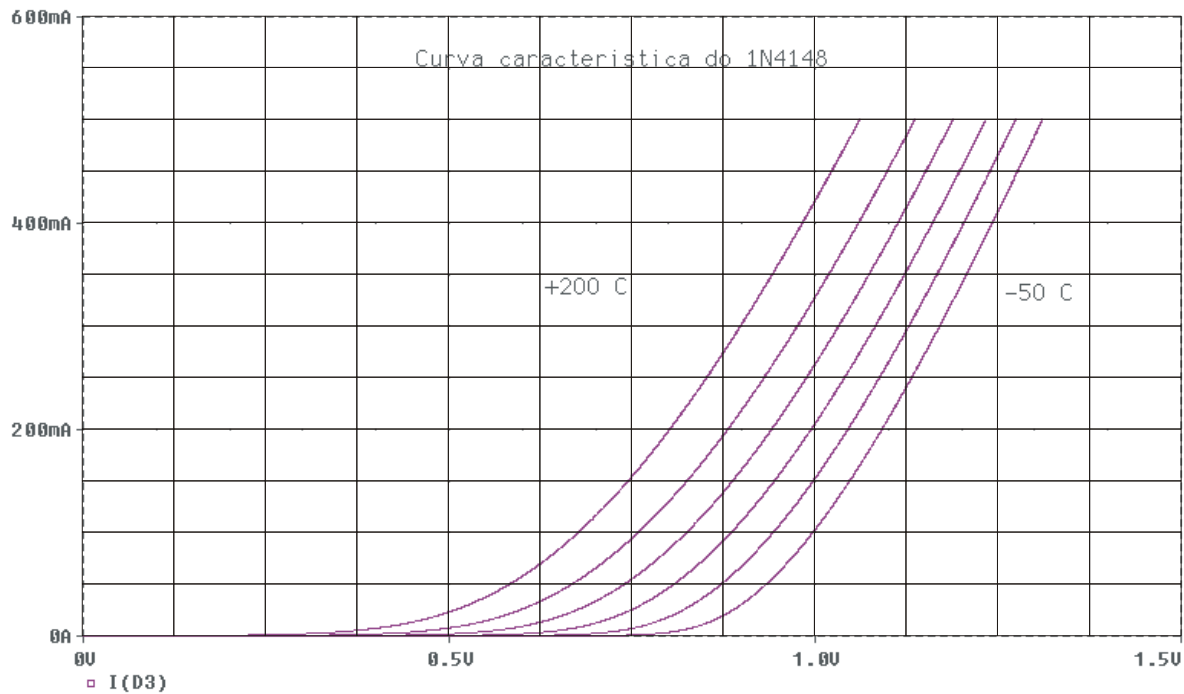


Figura 1.2 - Curva Característica do diodo 1N4148

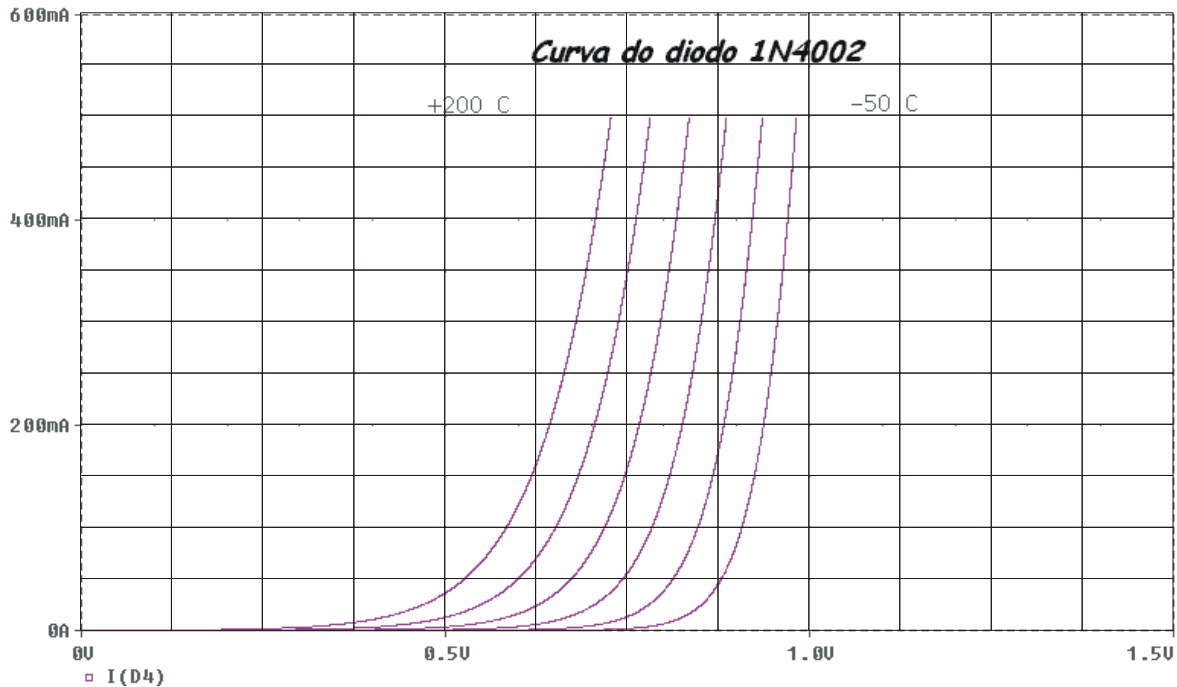


Figura 1.3 - Curva Característica do diodo 1N4002

5- Reta de carga

Uma ligação de um diodo em polarização direta a uma fonte de alimentação deve sempre ter um resistor em série como forma de limitar a corrente máxima que irá passar pelo diodo e evitar que ele se queime, como a figura abaixo:

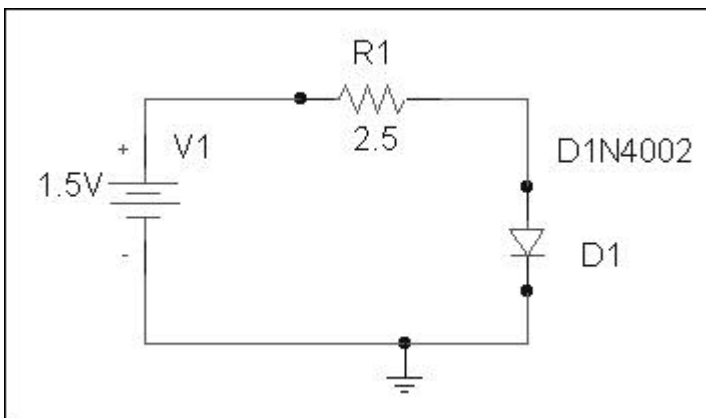


Figura 1.4 – Diodo polarizado diretamente com resistor limitador de corrente

Para sabermos os valores de tensão (V_D) e corrente (I_D) do diodo, ou seja, o seu ponto de trabalho ou ponto quiescente (Q) devemos traçar a reta de carga sobre a curva característica do diodo. Para se encontrar a reta de carga devemos proceder da seguinte forma:

1. Determinar a tensão de corte do diodo (quando o diodo esta aberto) : $V_C = V_{CC}$
2. Determine a corrente máxima no circuito, considerando o diodo como um curto-circuito: $I_{MAX} = V_{CC} / R$.
3. Une-se os dois pontos encontrados no gráfico, o ponto quiescente é a coordenada de encontro da CC do diodo com a reta de carga.
4. Pode-se calcular a potência dissipada no diodo pela equação: $P_D = V_D \cdot I_D$.

6- Especificações de diodos

1. Como a junção PN possui uma barreira de potencial, na polarização direta só existe corrente elétrica se a tensão aplicada ao diodo for maior que V_g (0,7V)
2. Na polarização direta existe uma corrente máxima que o diodo pode conduzir (I_D) e uma potência máxima de dissipação (P_D): $P_D = V \cdot I_D$
3. Na polarização reversa existe uma tensão máxima chamada de tensão de ruptura ou breakdown (V_{BR}).
4. Na polarização reversa existe uma corrente muito pequena denominada de corrente de fuga (I_F)

Mostraremos a seguir algumas características elétricas dos diodos mais comuns em circuitos eletrônicos. Informações completas podem ser obtidas em "HandBooks" ou em "sites" de fabricantes na Internet.

Diodo	I_{DM} (mA)	V_{BR} (V)	Uso
1N 914	75	75	Geral
1N 4148	200	75	Geral
1N 4001	1000	50	Retificação
1N 4002	1000	100	Retificação
1N 4003	1000	200	Retificação
1N 4004	1000	400	Retificação
1N 4005	1000	600	Retificação
1N 4006	1000	800	Retificação
1N 4007	1000	1000	Retificação
BY 249	7000	300	Retificação

Alguns endereços para pesquisa:

- <http://www.semiconductors.phillips.com>
- <http://www.sci.siemens.com>
- <http://www.national.com>

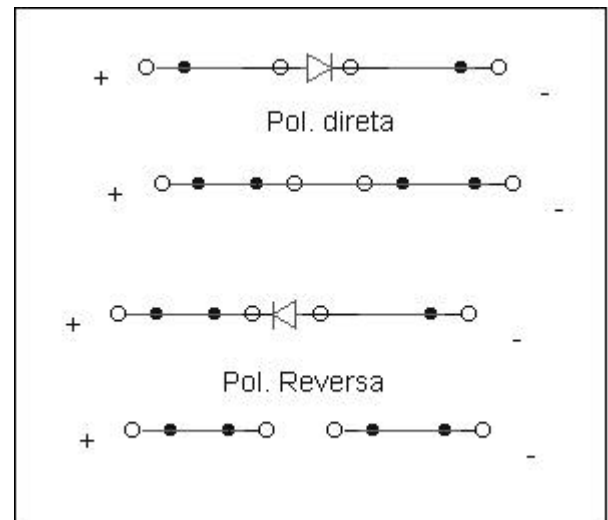
6- Modelos de diodos

Podemos considerar 3 tipos de modelos para resolver circuitos com diodos:

6.1 Diodo Ideal

Este é o tipo de modelo mais fácil de se trabalhar, ele considera um diodo polarizado diretamente como um curto-circuito, e um diodo polarizado reversamente como um circuito aberto. Como mostra a figura ao lado:

Figura 1.5 Modelo de diodo ideal



6.2 Diodo com V_g

Este modelo considera o valor de V_g quando o diodo está polarizado diretamente, como a figura abaixo:

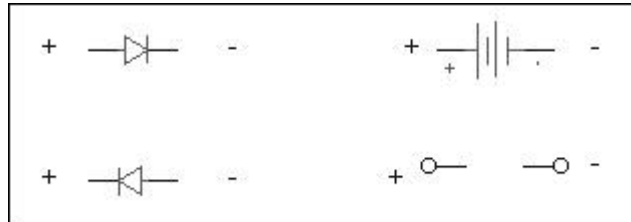
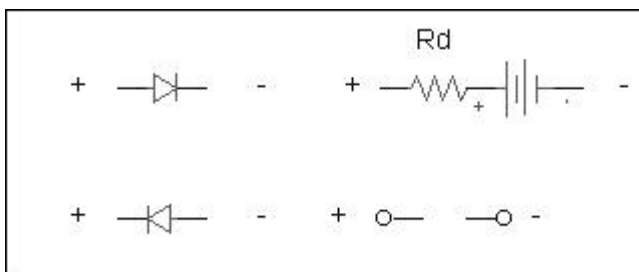


Figura 1.6 - Diodo com V_g .

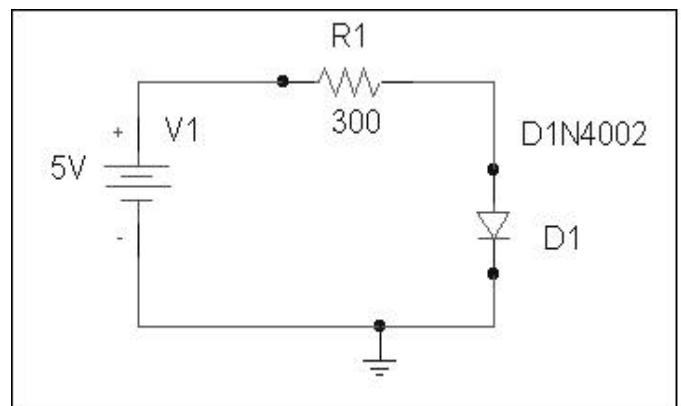
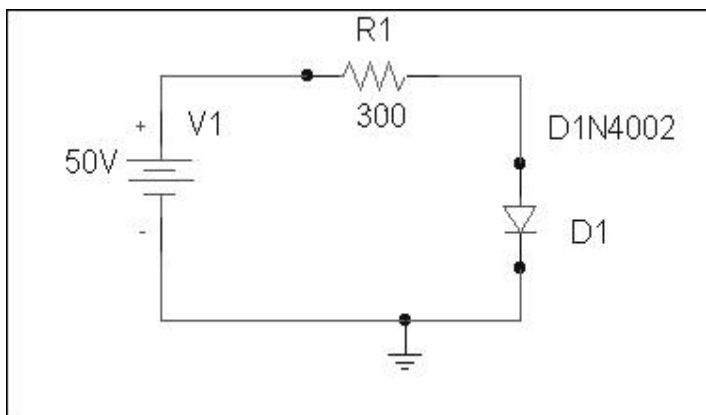
6.3 Modelo Linear:

Este modelo aproxima o diodo de uma fonte com valor V_g mais um resistor R_D para aproximar com uma inclinação a curva característica do diodo, como mostra a figura abaixo:



Exercícios propostos:

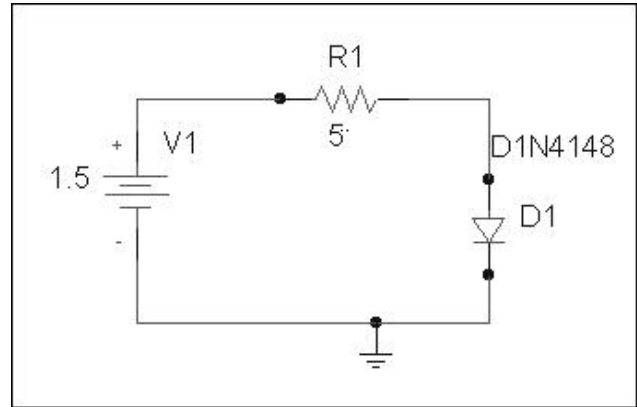
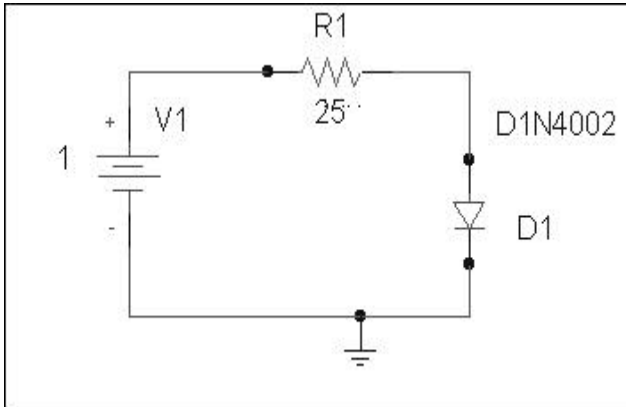
1-Para efeito de comparação determine a corrente, tensão e potência no diodo para os circuitos abaixo, utilizando-se os três modelos propostos:



Considere $R_D = 10 \Omega$ e $V_g = 0,7 \text{ V}$

- 2- O que é recombinação e por que ela ocorre?
- 3- O que é camada de depleção e por que ela se forma?
- 4- O que é a barreira de potencial? Qual seu valor para uma junção de Si?

- 5- Por que os portadores majoritários não circulam pelo diodo quando ele esta polarizado reversamente?
 6- O que é corrente de fuga?
 7- Explique quais são as principais especificações do diodo, destacando-as em sua curva característica.
 8- Determine a reta de carga e o ponto quiescente para os circuitos abaixo, use CC da apostila

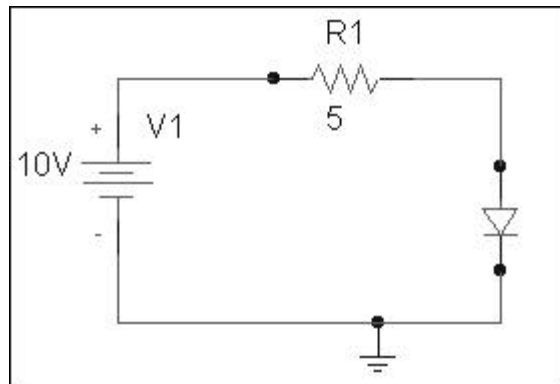


Tente estimar um valor para a temperatura ambiente de 25°C.

- 9- Use os três modelos nos circuitos acima, calculando também o valor de R_D .
 10- O circuito abaixo apresenta um problema. Identifique-o e proponha uma solução.

Dados do diodo:

I_{DM}	0,8 A
I_F	10 mA
V_{BR}	50 V
V_G	0,7 V
P_{DM}	0,6 W



Exercício 1 - Respostas (Obs.: as respostas não devem ser idênticas a estas)

1. O que faz com que os elétrons permaneçam estáveis em orbitas bem determinadas?

O fato de que para estar em uma orbita o elétron deve ter uma determinada energia que compense a força de atração eletrostática. A energia também não pode ser muita, para evitar que o elétron "fuja" da orbita.

2. Qual é a orbita de valência de um átomo e o que é valência?

A orbita de valência é a última orbita ocupada por um elétron no mínimo (a mais externa), e o nº de elétrons que existe nesta orbita é a valência do átomo.

3. O que é e como é formada a banda de condução de um átomo?

A banda de condução é formada por átomos que tiveram energia suficiente para escapar da banda de valência e saltar a banda proibida, indo para a banda de condução.

4. O que é banda proibida?

Cada banda tem níveis de energia determinados. Entre elas existem hiatos onde não encontramos elétrons, a estes hiatos de energia damos o nome de bandas proibidas.

5. O que define o comportamento elétrico dos materiais isolantes, condutores e semicondutores? Justifique.

O tamanho da banda proibida entre a banda de valência e a banda de condução. Quanto maior a banda proibida maior a energia necessária para termos elétrons na banda de condução. Isolantes tem uma banda proibida grande, condutores não tem uma banda de valência, semicondutores tem uma banda de valência muito pequena.

6. O que são elementos trivalentes, tetravalentes e pentavalentes?

São elementos que tem três, quatro ou cinco elétrons na camada de valência, respectivamente.

7. Utilizando uma Tabela Periódica de Elementos Químicos, classifique os seguintes elementos segundo as suas valências:

Silício - tetravalente, gálio - trivalente, arsênio - pentavalente, antimônio - pentavalente, fósforo - pentavalente, germânio - tetravalente, índio - trivalente, alumínio - trivalente; e boro - trivalente.

8. O que são lacunas e como elas se movimentam num material semiconductor?

O espaço deixado na banda de valência por um elétron que ganhou energia suficiente para ir para a banda de condução é chamada de lacuna. O movimento de uma lacuna ocorre quando elétrons de átomos vizinhos ocupam uma lacuna de um átomo adjacente, deixando uma nova lacuna em seu lugar original, a lacuna se move em sentido contrário ao elétron.

9. Como o silício é transformado em um material tipo N e tipo P?

Pela adição de átomos pentavalentes ou trivalentes, respectivamente.

10. É correto afirmar que os semicondutores tipo N e tipo P têm, respectivamente, cargas elétricas negativas e positivas? Por quê?

Não, porque eles tem o mesmo número de elétrons e de prótons, sendo assim eletricamente neutros.

11. Qual a diferença no modo de conduzir eletricidade dos semicondutores:

- Intrínseco - não existe um portador majoritário, tem elétrons e lacunas em igual número.
- Tipo P - a condução se dá principalmente por meio das lacunas existentes no material, os elétrons também participam na condução elétrica mas em menor número.
- Tipo N - o elétron é o portador majoritário, sendo o principal condutor de corrente elétrica, as lacunas também participam na condução elétrica mas em menor número.