



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CURSO TÉCNICO DE TELECOMUNICAÇÕES
Unidade Curricular: Eletrônica Analógica I

DIODOS

Professor Ministrante:
Pedro Armando da Silva Jr.

São José, abril de 2009.

SUMÁRIO

1 – Diodos

| | |
|--|----|
| 1.1 – Introdução..... | 2 |
| 1.2 – Curva característica do diodo..... | 3 |
| 1.3 – Tipos de diodos..... | 6 |
| 1.4 – Análise de circuitos a diodos (retificador e led) em CC..... | 10 |
| 1.5 – Exercícios sobre diodos..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2 – Referências Bibliográficas..... | 25 |
|--|-----------|

1 – DIODO

1.1 - INTRODUÇÃO

Os diodos são componentes fabricados com materiais semicondutores na maioria dos casos de silício (Si). Há também diodos de germânio (Ge). Os diodos conduzem corrente elétrica apenas num único sentido, oferecendo uma altíssima resistência à sua circulação no sentido inverso. Seu símbolo e apresentação mais comum estão na Fig. 1.1.

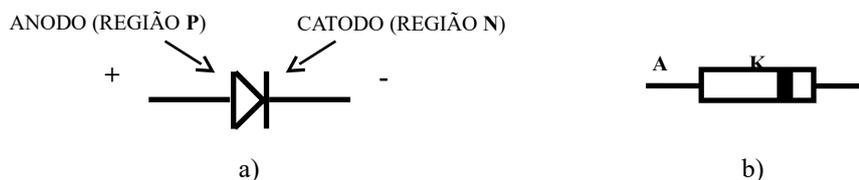


Fig. 1.1 - Diodo: a) simbologia; b) apresentação comercial mais comum.

Para fabricar um diodo uma barra de material semicondutor (Si ou Ge) é dopada (misturada) com outras 2 substâncias apropriadas, sendo que cada uma é misturada em uma extremidade da barra. Disso surgem 2 regiões distintas (vide Fig. 1.2a):

a) **região N**: onde sobram elétrons (denominados elétrons livres ou **portadores de carga negativa**); e

b) **região P**: onde há falta de elétrons (a falta de elétrons é chamada buraco, lacuna ou **portadores de carga positiva**).

Tanto no símbolo quanto no próprio corpo do diodo, o terminal onde vemos um traço está conectado à **região N**, e é denominado **catodo (K)**. Como, normalmente, será ligado ao ponto onde a tensão é menor, alguns se referem a este terminal como o **negativo** do diodo. O outro terminal está conectado a **região P**, representado pelo triângulo no símbolo e sem marcação sobre o componente. É denominado **ânodo (A)** ou **positivo**. O diodo conduz sempre no sentido para o qual aponta o triângulo, ou seja, a corrente (I_f) entra pelo ânodo(A) e sai pelo catodo (K).

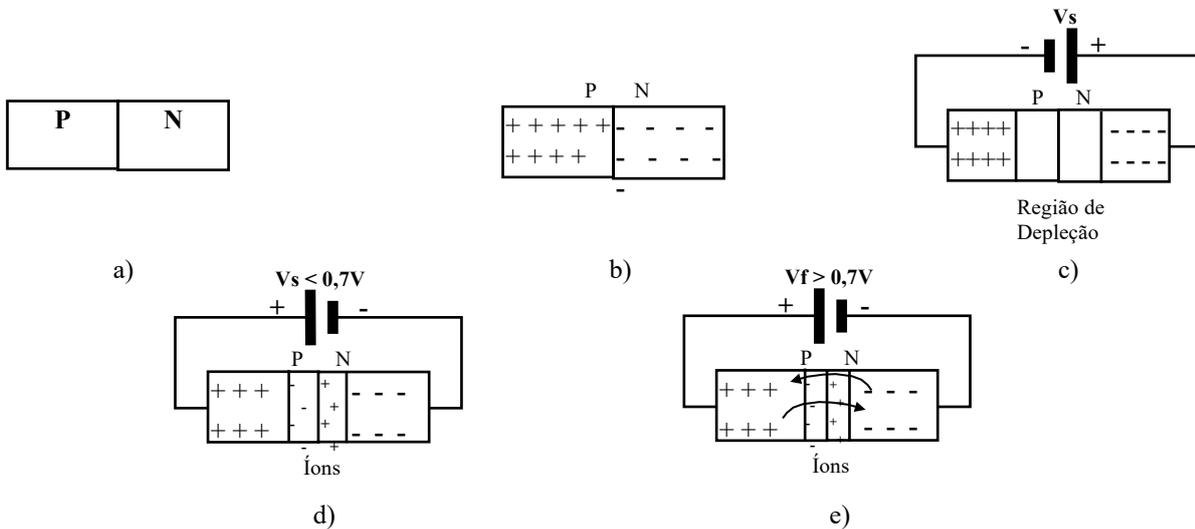


Fig. 1.2 - O diodo semicondutor: a) as regiões N e P; b) os portadores de carga majoritários de cada região; c) a polarização reversa; d) a tentativa de polarização direta; e) a polarização direta.

Numa junção semicondutora, sem qualquer tensão elétrica aplicada, os portadores de carga se espalham livremente, ficando os elétrons livres no material N e as lacunas no material P (Fig. 1.2b). Quando uma tensão positiva é aplicada no material N os elétrons são atraídos por este potencial, enquanto as lacunas são atraídas para o potencial negativo na outra extremidade da barra semicondutora. No centro da barra abre-se uma região onde não há portadores de carga, impedindo a circulação de corrente (Fig. 1.2c). Esta é a região de depleção da junção semicondutora.

Quando uma tensão negativa é aplicada no material N os elétrons deste são repelidos por este potencial, enquanto as lacunas do material P são atraídas. O potencial positivo do material P, por sua vez, repele suas lacunas e atrai os elétrons do material N. Logo, a tendência é de que haja uma troca de portadores entre as duas regiões N e P. Contudo, assim que os primeiros portadores abandonam seus materiais na região central, próxima à junção, formam-se **íons** que acabam por criar uma região eletricamente carregada (Fig. 1.2d). Esta é a **barreira de potencial** da junção que impede a continuidade do processo de troca de portadores, ou seja, cessa a corrente elétrica. Porém, se a tensão externa aplicada ao diodo for maior que a tensão da barreira de potencial, os portadores atravessarão, havendo condução de corrente (Fig. 1.2e).

1.2 - CURVA CARACTERÍSTICA DO DIODO

Portanto, para que o diodo conduza devemos **POLARIZÁ-LO DIRETAMENTE**, ou seja, aplicar uma tensão positiva ao anodo e negativa ao catodo (vide Fig. 1.3a). Neste caso, além da corrente I_f - denominada corrente direta, surgirá uma tensão V_f praticamente constante sobre o diodo, denominada tensão de barreira ou tensão direta. Para diodos de Si esta tensão é de 0,7 V, enquanto para os de Ge ela é de 0,3 V.

Se invertermos o sentido do diodo ele ficará **POLARIZADO REVERSAMENTE** (Fig. 1.3b), e a corrente I_f não circulará. Ao invés disso, circulará uma corrente I_r (praticamente nula), denominada corrente reversa ou corrente de fuga, e cujo valor

será entre **mil e um milhão de vezes menor** que I_f .

Contudo, na prática, o diodo possui limitações. Se aumentarmos a tensão da fonte na Fig. 1.3b, haverá um ponto no qual a corrente I_r aumentará repentinamente. Este é o ponto de ruptura do diodo, e a tensão na qual isto ocorre é a tensão zener ou tensão de ruptura. Se limitarmos esta corrente I_r através de um resistor colocado em série com o diodo, por exemplo, o diodo não será destruído. Veremos uma aplicação deste fenômeno mais adiante.

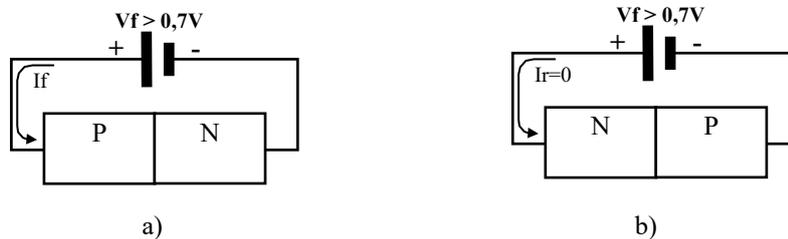


Fig. 1.3 - a) Diodo polarizado diretamente; b) diodo polarizado reversamente.

A Fig. 1.4a apresenta a curva característica do diodo. Esta curva mostra o que ocorre com a corrente de um diodo de silício à medida que variamos a tensão aplicada sobre ele, desde um valor muito negativo até um valor positivo. Note que para que fosse possível enxergar a corrente reversa I_r , seria necessário aumentar a escala do gráfico no semi-eixo de correntes negativas. As Figs. 1.4b e 1.4c apresentam os circuitos para levantamento desta curva.

Através da análise desta curva podemos verificar um comportamento **NÃO LINEAR** do diodo, ou seja, não existe uma única equação que expresse a relação entre a tensão e a corrente do diodo para toda a curva. (note que o resistor ôhmico tem um comportamento linear {a equação $I = V / R$ é aplicada para qualquer valor V })

1.2.1 - Aproximações do Diodo

Na prática, quando se calcula um circuito a diodos, não se utiliza sua curva completa, mas aproximações, ou seja, simplificações. A seguir são apresentadas as três aproximações existentes para os diodos de silício.

1.2.1.1 - Terceira Aproximação

A Fig. 1.4d apresenta a terceira aproximação do diodo, na qual ele é visto como uma chave ideal em série com uma fonte de tensão de $0,7V$ (V_D) e um resistor (resistência direta, R_D). Portanto, a passagem de um determinado valor de corrente, além da queda de tensão da barreira de potencial, causa uma queda de tensão adicional igual ao produto de seu valor pelo valor da resistência direta do diodo.

Esta aproximação é utilizada sempre que as tensões envolvidas no circuito estão próximas (no máximo dez vezes superiores) à soma das tensões de barreira de

todos os diodos em série numa malha do circuito e, além disso, a resistência equivalente do circuito em série com o diodo é próxima de R_D .

Por exemplo, se um diodo de silício cuja R_D seja $0,5\Omega$ for percorrido por uma corrente de $1,2A$, a queda total de tensão sobre o mesmo será de:

$$V_d = V_D + I_D \cdot R_D = 0,7 + 1,2 \cdot 0,5 = \underline{1,3V}$$

1.2.1.2 - Segunda Aproximação

A Fig. 1.4e apresenta a segunda aproximação do diodo, na qual ele é visto como uma chave ideal em série com uma fonte de tensão de $0,7V$ (V_D), ou seja, admite a passagem de qualquer valor de corrente, provocando uma queda de tensão sobre si sempre constante e igual à barreira de potencial.

Esta aproximação é utilizada sempre que as tensões envolvidas no circuito são próximas (no máximo dez vezes superior) à soma das tensões de barreira de todos os diodos em série numa malha do circuito e, ao mesmo tempo, a resistência equivalente do circuito em série com o diodo é muito maior que R_D (no mínimo dez vezes superior).

Por exemplo, se um diodo de silício cuja R_D seja $0,5\Omega$ estiver num circuito cuja resistência série equivalente for de, no mínimo, 5Ω , e for percorrido por uma corrente de $1,2A$, a queda total de tensão sobre o mesmo poderá ser calculada por:

$$V_d = V_D = \underline{0,7V}$$

1.2.1.3 - Primeira Aproximação (Diodo Ideal)

A Fig. 1.4d apresenta a primeira aproximação do diodo, na qual ele é visto como uma chave ideal, ou seja, admite a passagem de qualquer valor de corrente sem que haja qualquer queda de tensão sobre si.

Esta aproximação é utilizada sempre que as tensões e resistências série equivalentes envolvidas no circuito são muito maiores (cerca de dez vezes superior, ou mais) que a soma das tensões de barreira e resistências diretas de todos os diodos em série numa malha do circuito.

Por exemplo, imagine um diodo de silício cuja R_D seja $0,5\Omega$ inserido num circuito cuja resistência série equivalente seja de, no mínimo, 5Ω , e cuja tensão de alimentação seja de $7V$, ou mais. Se o diodo for percorrido por uma corrente de $1,2A$, a queda total de tensão sobre o mesmo poderá ser calculada por:

$$V_d = \underline{0,0V}$$

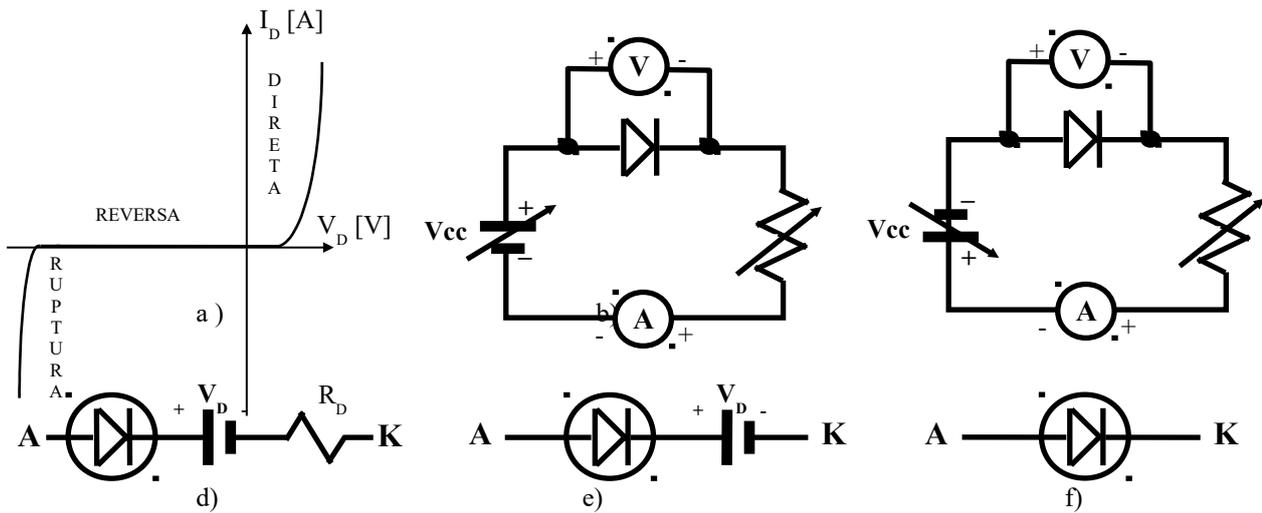


Fig. 1.4 - Diodo semicondutor: a) curva característica $I_D \times V_D$ típica de um diodo de silício; b) circuito para levantar a curva do diodo (polarização direta); c) circuito para levantar a curva do diodo (polarização inversa); d) circuito equivalente para a terceira aproximação do diodo; e) circuito equivalente para a segunda aproximação do diodo; f) circuito equivalente para a primeira aproximação do diodo (diodo ideal).

1.3 TIPOS DE DIODOS

Há inúmeros tipos de diodos. Os diodos retificadores e de pequeno sinal, por exemplo, são otimizados para a retificação. O diodo zener é otimizado nas suas propriedades de ruptura, muito importantes porque são a chave da regulação de tensão. Mas há, também, diodos optoeletrônicos, varactores, diodos Schottky e outros diodos. Vamos, agora, estudar alguns deles.

1.3.1 - Diodo Retificador

Dentre os diversos tipos de diodos, o mais comum é o diodo retificador. Sua função é permitir a passagem de corrente pelo circuito somente num sentido, quando polarizado diretamente. Se for polarizado reversamente, a tensão aplicada sobre ele deverá ser menor que sua tensão zener, de modo a evitar a condução de uma corrente elevada. No circuito da Fig. 1.5 temos uma fonte de tensão contínua alimentando uma carga resistiva através de um diodo semicondutor. Qual será a corrente resultante? Para responder a tal pergunta vamos verificar a resposta de cada componente em função da corrente e da "tensão sobre o diodo".

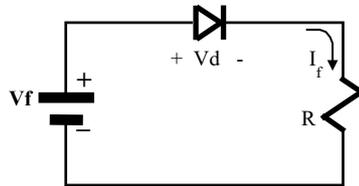


Fig. 1.5 - Circuito de polarização de um diodo.

Primeiramente equacionando a malha do circuito temos:

$$V_f = V_d + V_r \quad (1.1)$$

$$V_f = V_d + I_f \cdot R \quad (1.2)$$

No caso do diodo já conhecemos sua curva de resposta característica (vide Fig. 1.4) da corrente em função da tensão aplicada.

No caso do resistor temos que calcular sua resposta. Vamos, então, considerar duas situações:

a) que toda a tensão da fonte fique sobre o resistor, ou seja, $V_d = 0V$ Neste caso a corrente I_f será:

$$V_f = V_d + I_f \cdot R \quad (1.3)$$

$$I_f = V_f / R \quad (1.4)$$

b) que a tensão sobre o resistor seja nula, ou seja, que a tensão da fonte fique toda sobre o diodo ($V_d = V_f$), neste caso a corrente I_f será:

$$V_f = V_d + I_f \cdot R \quad (1.5)$$

$$V_f = V_f + I_f \cdot R$$

$$I_f \cdot R = 0 \quad \Rightarrow \quad I_f = 0A \quad (1.6)$$

Os pontos obtidos nas considerações a) e b), acima, são os pontos extremos de um reta que se denomina **RETA DE CARGA** do circuito, a qual depende do valor de R.

Superpondo ambas as curvas, a do diodo e a reta de carga, sobre um mesmo gráfico é possível determinar o ponto de equilíbrio ou ponto quiescente (Q), conforme se observa na Fig. 1.6. Este é o ponto de operação do circuito, pois é o único ponto que satisfaz a ambas as curvas resposta.

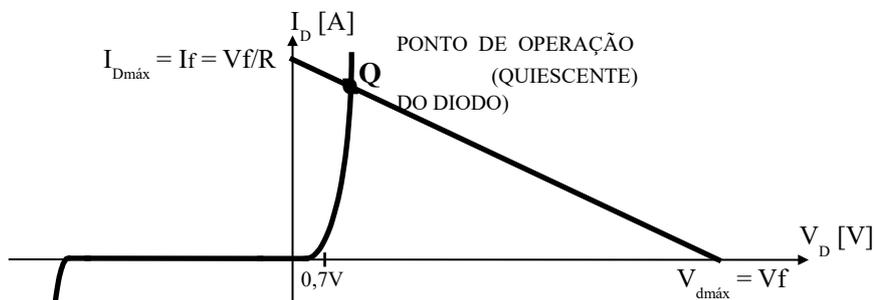


Fig. 1.6 - Curvas de resposta do diodo e do circuito (reta de carga) da Fig. 1.5 superpostas.

1.3.1.1 - Especificações dos Diodos Retificadores

Os diodos possuem diversas características, sendo as seguintes as mais importantes: corrente média direta máxima ($I_{f\text{m\acute{a}x}}$); tensão reversa máxima (PIV); corrente reversa (I_r). A tabela da Fig. 1.7 apresenta estas e outras características típicas de alguns diodos comerciais.

| Código do Diodo | Material | Corrente Média I_f [A] | Tensão Inversa de Pico (PIV) [V] |
|-----------------|----------|--------------------------|----------------------------------|
| BY127 | Si | 1 | 800 |
| BYZ13 | Si | 6 | 200 |
| BYZ13/1200 | Si | 20 | 600 |
| BYY15 | Si | 40 | 400 |
| BYX14/1200 | Si | 150 | 600 |
| 1N914 | Si | 0,05 | 20 |
| 1N1183 | Si | 35 | 50 |
| 1N3070 | Si | 0,1 | 175 |
| 1N4001 | Si | 1 | 50 |
| 1N4002 | Si | 1 | 100 |
| 1N4007 | Si | 1 | 800 |
| SKE 1/08 | Si | 1 | 800 |
| SKE 2/04 | Si | 2 | 400 |
| SKE 12/06 | Si | 12 | 600 |
| OA31 | Si | 12 | 85 |

Fig. 1.7 - Características de alguns diodos retificadores comerciais.

1.3.1.2 - Aplicações dos Diodos Retificadores

Inúmeras são as aplicações do diodo retificador. Substitui com vantagens os seus correspondentes a vácuo e a gás em quase todas as aplicações, além de poder

preencher funções que lhe são próprias. A aplicação mais importante é a retificação em fontes de alimentação contínua, em dobradores de tensão, em instrumentos de medida, etc.. Entre outras aplicações, podemos citar: como chave, em circuitos lógicos usados em computadores digitais; em circuitos limitadores e grampeadores; em circuitos de polarização de transistores; em receptores de A. M. e F. M., como, conforme o caso, detetores, misturadores, discriminadores; em circuitos de amortecimento e proteção, etc..

1.3.3 - Diodos Emissores de Luz (LED)

Num diodo com polarização direta, os elétrons livres atravessam a junção e combinam-se com as lacunas. À medida que esses elétrons caem de um nível mais alto de energia para um mais baixo, eles irradiam energia. Nos diodos comuns essa energia é dissipada na forma de calor. No diodo emissor de luz (LED), a energia é irradiada na forma de luz. Os LEDs substituíram as lâmpadas de incandescência em várias aplicações devido a sua baixa tensão, vida longa, e rápido chaveamento liga-desliga.

Os diodos comuns são feitos de silício, envoltos num material opaco que bloqueia a passagem da luz. Os LEDs são diferentes. Usando-se elementos como o gálio, o arsênio e o fósforo, um fabricante pode produzir LEDs que irradiam no vermelho, verde, amarelo, azul, laranja ou infravermelho (invisível). Os LEDs que produzem radiação visível são úteis em instrumentos, calculadoras etc.. Os LEDs infravermelhos encontram aplicação em sistemas de alarme contra roubo e outras áreas que exijam radiação invisível.

Os LEDs tem uma queda de tensão típica de 1,5 V (infravermelhos) a 2,5 V (azuis) para correntes entre 10 e 50 mA. A queda de tensão exata depende da corrente, da cor e da tolerância do LED. A menos que seja feita alguma recomendação em contrário, use uma queda nominal de 2 V quando estiver verificando defeitos ou analisando os circuitos com LEDs de modo geral. Se você tiver que fazer algum projeto, precisa consultar as folhas de dados, porque as tensões do LED têm uma grande tolerância.

A Fig. Fig. 1.19 mostra o símbolo esquemático de um LED; as setas para fora simbolizam a luz irradiada. O brilho de um LED depende da corrente. Idealmente, a melhor forma de se controlar o brilho é vincular o LED a uma fonte de corrente. A melhor coisa para se obter uma fonte de corrente é uma grande tensão de alimentação seguida de uma grande resistência em série. Neste caso, a corrente no LED é dada por:

$$I_{LED} = (V_s - V_{LED}) / R_s \quad (1.38)$$

Admitindo uma queda no LED de 2 V, você pode calcular a corrente do LED neste circuito:

$$I_{LED} = (10V - 2V) / 680\Omega = 11,8 \text{ mA}$$

Tipicamente, a corrente do LED está entre 10 e 50 mA porque essa faixa produz luz suficiente para a maioria das aplicações. Quanto maior a tensão da fonte, menor o efeito que V_{LED} produz. Em outras palavras, um alto valor de V_s encobre a variação na tensão do LED.

Por exemplo, um TIL222 é um LED verde com uma queda mínima de 1,8 V e uma queda máxima de 3V para uma corrente de aproximadamente 25 mA. Se você ligar um TIL222 a uma fonte de 20V e a um resistor de 750 Ω , a corrente varia de 22,7 a 24,3 mA. Isto implica um brilho que é essencialmente o mesmo para todos os TIL222. Por outro lado, suponha que o seu circuito utilize uma fonte de 5 V e um resistor de 120 Ω . A corrente varia então de cerca de 16,7 a 26,7 mA; isto causa uma variação sensível no brilho. Portanto, para se obter um brilho aproximadamente constante com LEDs, utilize tanto uma fonte de tensão como uma resistência em série o maior possível, logicamente respeitando os limites de dissipação de energia (potência) sobre o resistor.

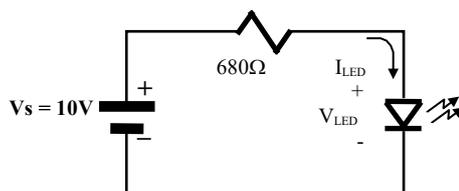


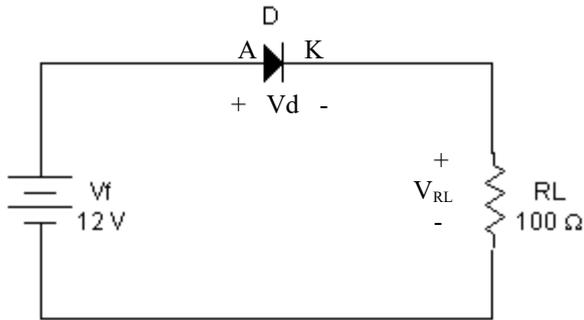
Fig. 1.19 - Um circuito com um LED.

1.4 – ANÁLISE DE CIRCUITOS A DIODOS (retificador e LED) em CC

Os diodos são componentes NÃO LINEARES, portanto, deve-se verificar sempre se cada diodo no circuito está conduzindo ou não. É bom lembrar que um diodo está conduzindo sempre que a tensão direta tende a ser maior que 0,7V (Silício). Além disto deve-se determinar qual aproximação é mais apropriada.

Para a análise dos circuitos a seguir vamos adotar a 2ª aproximação, tensão de condução direta para os diodos retificadores $V_D=0,7V$ (Silício) e tensão de condução direta para os diodos LED $V_{LED}=2,0V$.

Circuito 1:



Observando-se o circuito acima verificamos que o diodo está diretamente polarizado, então aplicando a equação de malha:

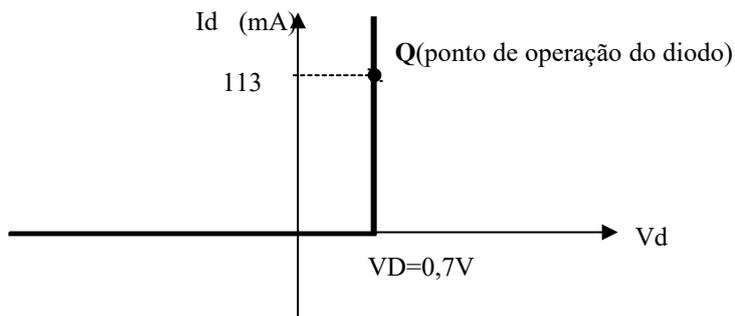
$$V_f = V_d + V_{RL}$$

Onde : $V_f = 12V$; $V_d = 0,7V$ (tensão de condução direta do diodo)

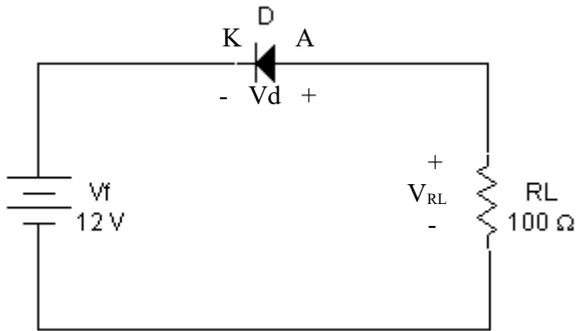
Assim obtem-se: $V_{RL} = 11,3V$

$$I_f = I_d = I_{RL} = V_{RL} / R_L = 11,3V / 100\Omega = 113mA$$

Note que neste caso quem limita a corrente do diodo é a resistência em série com o mesmo.



Circuito 2:



Observando-se o circuito acima verificamos que o diodo está inversamente polarizado, então aplicando a equação de malha:

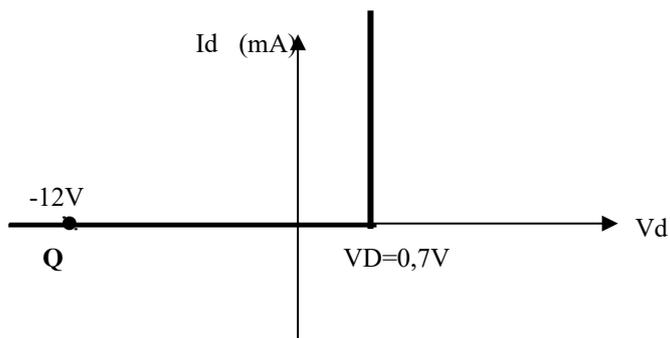
$$V_f = -V_d + V_{RL}$$

Onde : $V_f = 12V$; $I_f = I_d = I_{RL} = 0A$ (pois o diodo está polarizado reversamente)

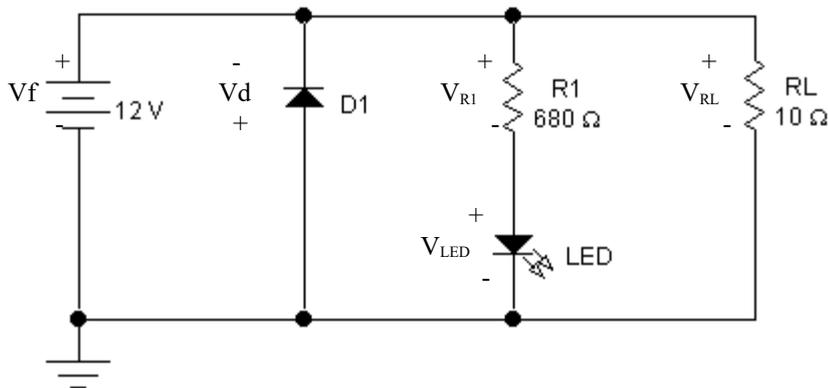
Assim obtem-se: $V_{RL} = 0V$

$$V_d = -12V$$

Note que a tensão aplicada sobre o diodo não pode atingir o valor máximo, V_{RR} .



Circuito 3:



A obtenção dos valores de corrente e tensão nos componentes deste circuito se torna bastante fácil se realizada da seguinte forma:

a) Diodo D1: está em paralelo com a fonte, então $V_d = V_f = -12V$. O diodo está polarizado reversamente e $I_{D1} = 0A$. A função deste diodo é proteger a carga de inversão de polaridade: caso isto ocorra a tensão sobre a carga não passará de $0,7V$.

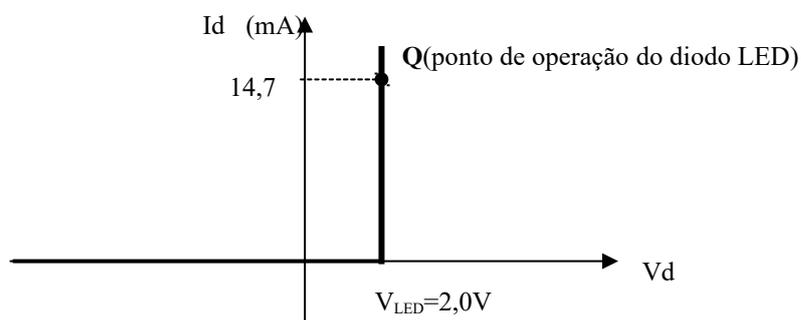
b) Resistor R1 e o Diodo LED: estão em paralelo com a fonte então podemos obter a seguinte equação: $V_f = V_{R1} + V_{LED}$

Onde : $V_f = 12V$; $V_{LED} = 2,0V$ (tensão de condução direta do diodo LED)

Assim obtém-se: $V_{R1} = 10,0V$

$$I_{LED} = I_{R1} = V_{R1} / R1 = 10,0V / 680\Omega = 14,7mA$$

A função de R1 é limitar a corrente no diodo LED.



A função deste circuito é sinalizar quando a fonte está conectada à carga.

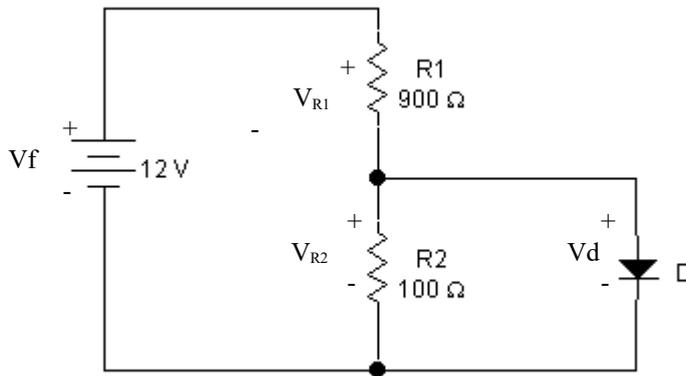
c) Resistor RL: está em paralelo com a fonte, então $V_{RL} = V_f = 12V$

Assim obtém-se: $I_{RL} = V_{RL} / RL = 12,0V / 10\Omega = 1,2A$

d) Fonte Vf: a corrente da fonte é obtida através da seguinte equação:

$$I_f = I_{D1} + I_{R1} + I_{RL} = 0,0 + 0,0147 + 1,2 = 1,2147A$$

Circuito 4



Inicialmente não se pode afirmar se o diodo está ou não conduzindo. Para analisar o circuito tem-se duas formas:

Supor que o diodo não está conduzindo. Assim,

$$I_{R1} = I_{R2} = I_f = V_f / (R1 + R2) = 12V / 1K\Omega = 12mA$$

e

$$V_{R2} = R2 * I_{R2} = 100\Omega * 12mA = 1,2V$$

Como $V_d = V_{R2} = 1,2V$ e este valor é superior a tensão direta de condução do diodo podemos afirmar que o diodo está conduzindo e:

$V_d = V_{R2} = 0,7V$ (pois o diodo limita esta tensão no seu valor de tensão de condução direta).

Então devemos refazer os cálculos,

$$V_{R1} = V_f - V_d = 12V - 0,7V = 11,3V;$$

$$I_f = I_{R1} = V_{R1} / R1 = 11,3V / 900\Omega = 12,6mA;$$

$$I_{R2} = V_{R2} / R2 = 0,7V / 100\Omega = 7mA;$$

$$I_d = I_{R1} - I_{R2} = 12,6mA - 7mA = 5,6mA.$$

Supor que o diodo está conduzindo. Assim,

$V_d = V_{R2} = 0,7V$ (pois o diodo limita esta tensão no seu valor de tensão de condução direta).

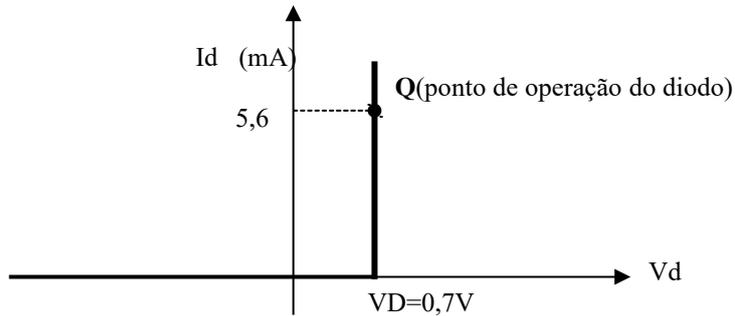
Então,

$$I_{R2} = V_{R2} / R2 = 0,7V / 100\Omega = 7mA;$$

$$V_{R1} = V_f - V_d = 12V - 0,7V = 11,3V;$$

$$I_f = I_{R1} = V_{R1} / R1 = 11,3V / 900\Omega = 12,6mA;$$

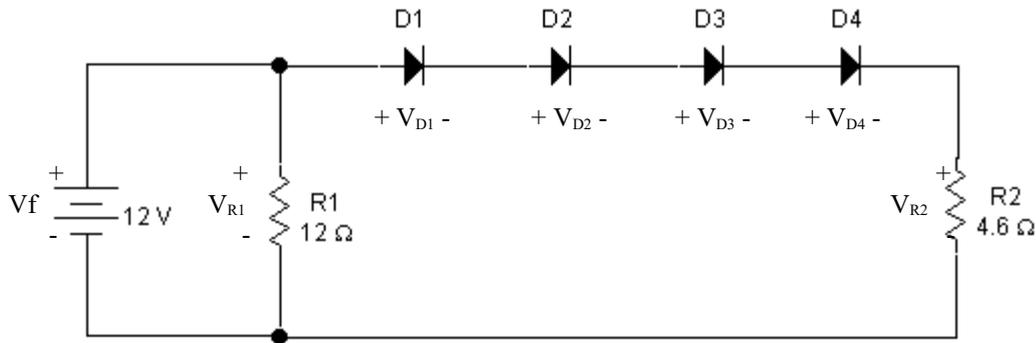
$$I_d = I_{R1} - I_{R2} = 12,6mA - 7mA = 5,6mA.$$



Note que, se o valor de I_d for negativo, significa que não há corrente suficiente em $R2$ para gerar a tensão necessária para o diodo estar conduzindo. Neste caso, a afirmação inicial está errada. Portanto, deve-se refazer os cálculos considerando o diodo como um circuito aberto (não conduzindo).

A função do diodo é proteger o resistor $R2$, impondo uma tensão máxima igual a sua tensão direta ($0,7V$). Podemos limitar em tensões mais altas substituindo o diodo D por uma associação em série de diodos (2 diodos em $1,4V$, 3 diodos em $2,1V$, etc).

Circuito 5



A obtenção dos valores de corrente e tensão nos componentes deste circuito se torna bastante fácil se realizada da seguinte forma:

Resistor R1: está em paralelo com a fonte, então: $V_{R1} = V_f = 12V$.

e: $I_{R1} = V_{R1} / R1 = 12V / 12\Omega = 1A$

Diodos D1, D2, D3, D4 e Resistor R2: estão em paralelo com a fonte. Como a soma das tensões de condução direta dos quatro diodos é menor do que 12V (tensão da fonte) podemos afirmar que os mesmos estão em condução. então podemos obter a seguinte equação:

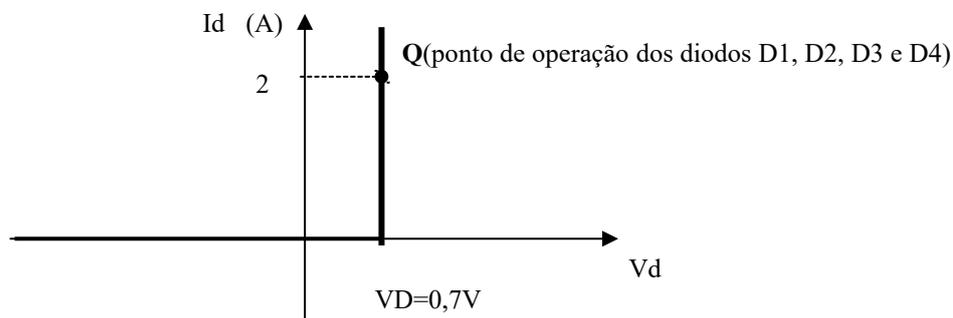
$$V_f = V_{D1} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{R2}$$

Onde : $V_f = 12V$; $V_{D1} = V_{D2} = V_{D3} = V_{D4} = 0,7V$ (tensão de condução direta do diodo)

Assim, obtém-se: $V_{R2} = V_f - V_{D1} - V_{D2} - V_{D3} - V_{D4} = 9,2V$;

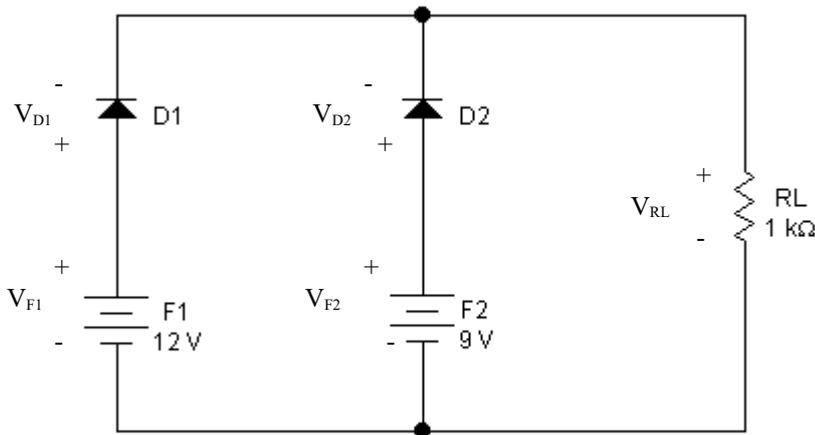
$$I_{R2} = I_{D1} = I_{D2} = I_{D3} = I_{D4} = V_{R2} / R2 = 9,2V / 4,6\Omega = 2A$$

e: $I_f = I_{R1} + I_{D1} = 1,2A + 2A = 3,2A$.



Estes diodos são chamados de diodos de queda. Esta estrutura permite obter-se uma tensão diferente da fonte para alimentar outra carga. Note que se a carga for fixa isso pode ser realizado com um resistor. Porém, se a carga for variável, deve-se utilizar diodos pois, a tensão sobre estes varia pouco com a alteração da corrente.

Circuito 6



Pode-se afirmar que:

Se o diodo D1 está conduzindo, então: $V_{RL} = V_{F1} - V_{D1} = 12V - 0,7V = 11,3V$

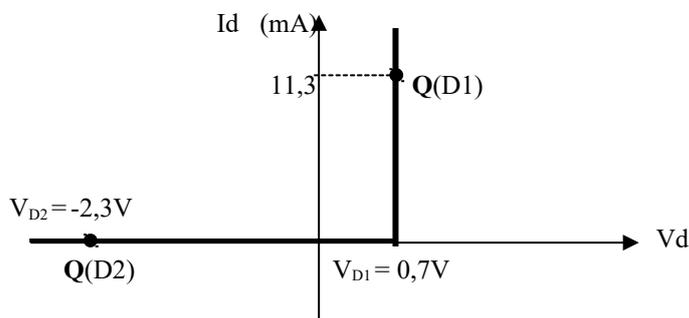
Se o diodo D2 está conduzindo, então: $V_{RL} = V_{F2} - V_{D2} = 9V - 0,7V = 8,3V$.

Observe que não se pode ter dois potenciais elétricos diferentes simultaneamente em um nó. O ramo formado pela fonte F1 e o diodo D1 impõem uma tensão maior portanto, está conduzindo. Então:

$$I_{RL} = I_{D1} = I_{F1} = V_{RL} / R_L = 11,3V / 1K\Omega = 11,3mA;$$

$$V_{D2} = -V_{RL} + V_{F2} = -11,3V + 9V = -2,3V(\text{polarizado reversamente});$$

$$I_{D2} = I_{F2} = 0A.$$



Note que os diodos estão funcionando como um circuito com lógica ou:

| | | | |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|
| $V_{D1(\text{anodo})} > V_{D2(\text{anodo})}$ | D1 conduz | $I_{D1} = I_{RL}$ | $I_{D2} = 0$ |
| $V_{D1(\text{anodo})} < V_{D2(\text{anodo})}$ | D2 conduz | $I_{D1} = 0$ | $I_{D2} = I_{RL}$ |
| $V_{D1(\text{anodo})} = V_{D2(\text{anodo})}$ | D1 e D2 conduzem | $I_{D1} = I_{RL} / 2$ | $I_{D2} = I_{RL} / 2$ |

Como os catodos estão ligados no mesmo nó, o anodo que tiver a tensão mais alta estará conduzindo portanto, denomina-se este circuito é ativo alto.

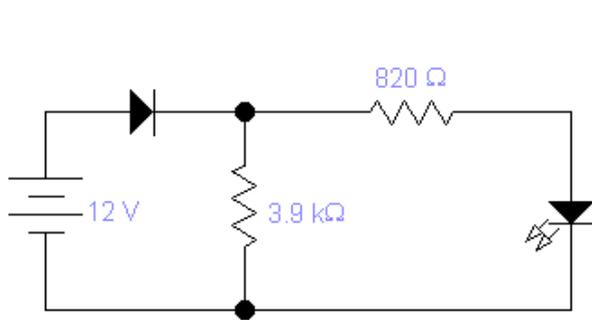
1.5 - EXERCÍCIOS SOBRE DIODOS

- 1) Represente a estrutura interna de um diodo anotando o tipo de material de cada região, o tipo de carga de cada uma, os respectivos terminais (anodo e catodo), as letras que representam cada terminal e o símbolo esquemático.
- 2) Represente a curva característica de um diodo de silício, nomeando suas diversas regiões.
- 3) Supondo que a resistência R_D do diodo seja de $0,1\Omega$, calcule o valor no qual o resistor variável do circuito da Fig. 1.4.b deverá ser regulado para que a corrente através do diodo seja de $1,0A$ quando a fonte estiver ajustada para $5V$ (utilize a aproximação adequada para o diodo).
- 4) Recalcule o valor do resistor utilizando as duas outras aproximações do diodo. A que conclusão você chega?
- 5) Recalcule o valor do resistor variável da Fig. 1.4.b novamente, agora considerando que a tensão da fonte esteja ajustada para $30V$.
- 6) Qual será a corrente I_f da Fig. 1.5 caso $V_s = 9V$ e $R = 220\Omega$?
- 7) Qual é a principal aplicação dos retificadores de tensão?
- 8) O que é um LED e quais são suas principais aplicações práticas?
- 9) Polarize o LED da Fig.1.19 com $10mA$, utilizando uma fonte de $15V$.

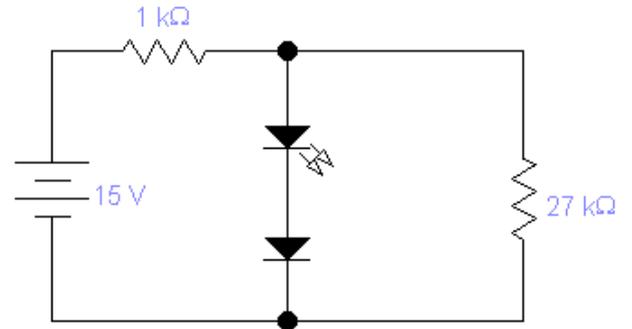
10) Para os circuitos abaixo calcule as correntes e as tensões nos resistores e diodos.

Dados: Queda de Tensão no DIODO = 0,7V (polarizado)

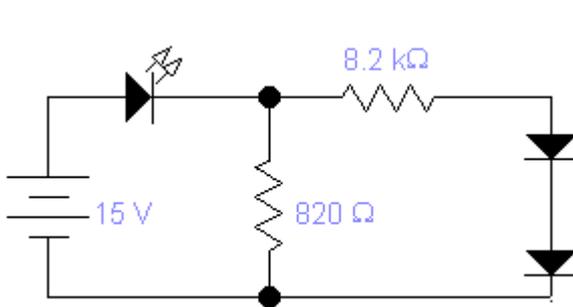
Queda de Tensão no LED = 2,0V (polarizado)



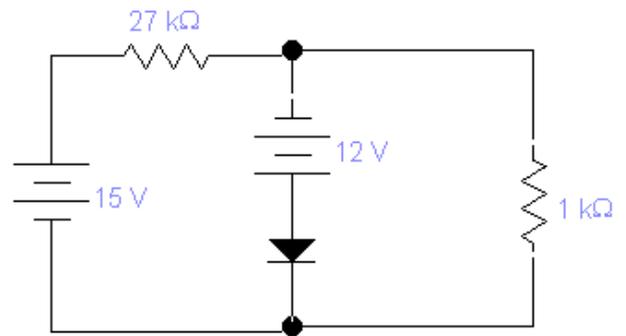
(10.1)



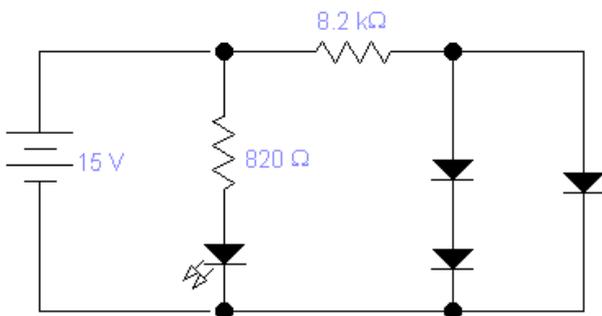
(10.2)



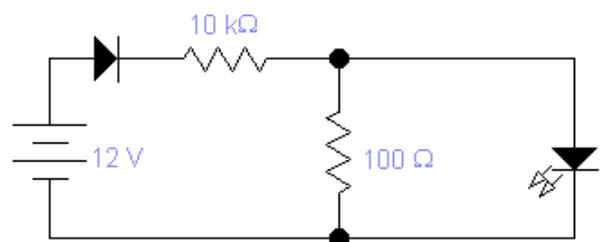
(10.3)



(10.4)



(10.5)



(10.6)

2 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MILLMAN, J., HALKIAS, C. **Eletrônica – Dispositivos e Circuitos**. Vol. 1, São Paulo, MacGraw-Hill do Brasil, 1981.

SEDRA, A. S., SMITH, K. C. **Microeletrônica**. São Paulo, MAKRON Books, 2000.

MALVINO, A. P. **Eletrônica** Vol. 2. 4ª Ed, São Paulo, MAKRON Books, 1995