

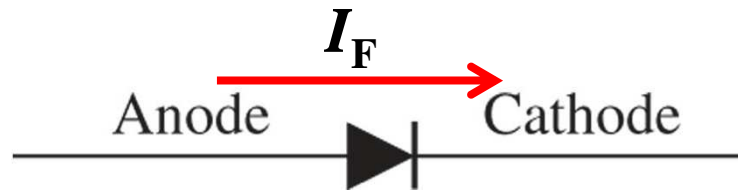
Circuitos com díodos: exercícios

Circuitos com díodos

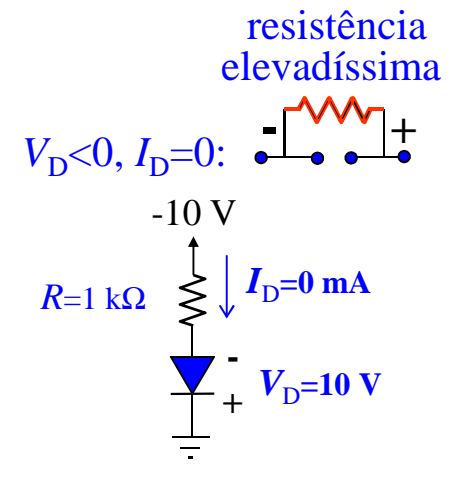
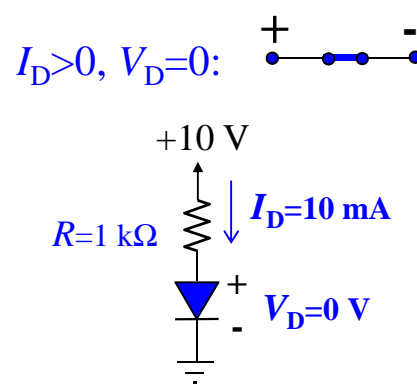
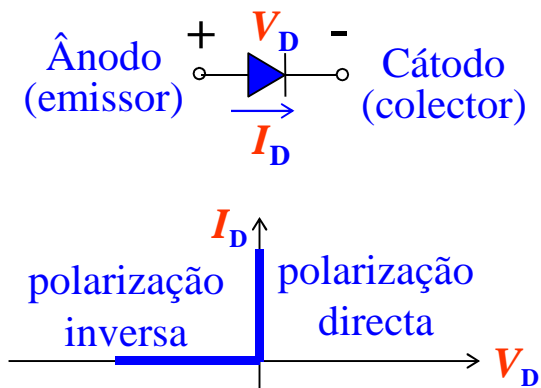
Até agora foram estudados circuitos lineares. Contudo, há várias funções que só podem ser desempenhadas por elementos/circuitos não-lineares. Os exemplos incluem a geração de uma corrente directa a partir de uma corrente alternada, bem como de outras formas de onda. Como veremos os circuitos digitais são, também, circuitos não-lineares.

O elemento não-linear mais simples e fundamental de um circuito não linear é o díodo rectificador. Tal como uma resistência, um díodo tem dois terminais. Porém, e ao contrário de uma resistência que apresenta uma relação corrente-tensão linear, o díodo apresenta uma característica I-V não-linear.

Símbolo do díodo

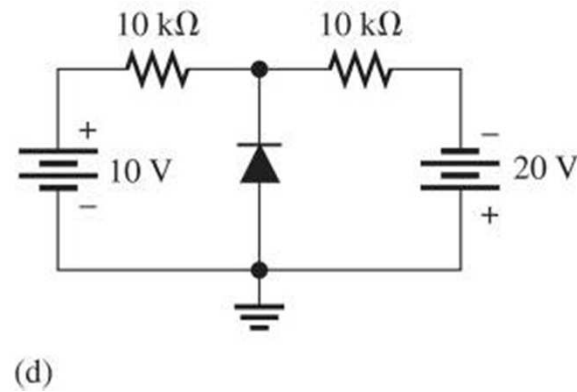
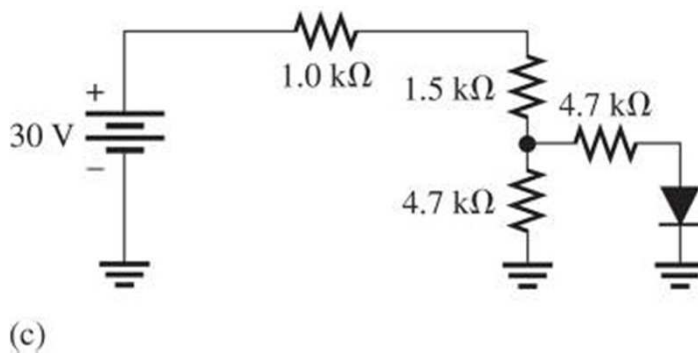
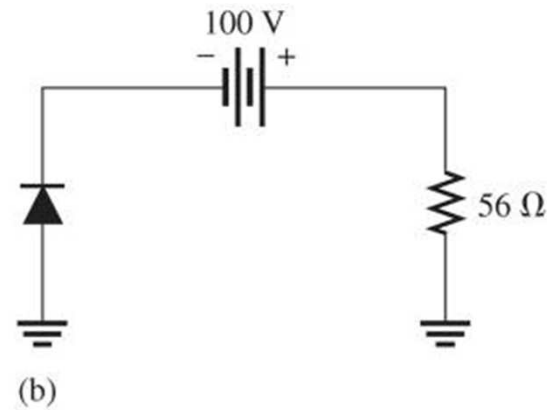
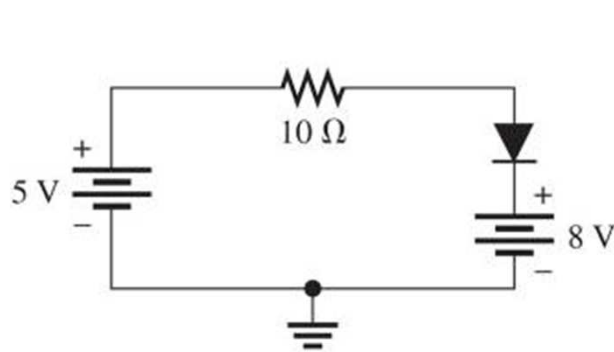


Díodo IDEAL



Exercícios

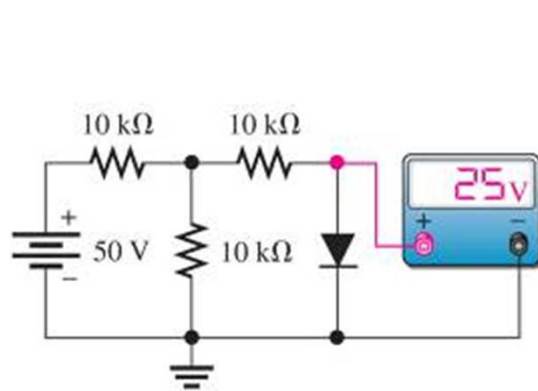
Determinar as correntes e as tensões aos terminais dos díodos. Considere que quando em condução a tensão aos terminais do díodo é 0,7 V.



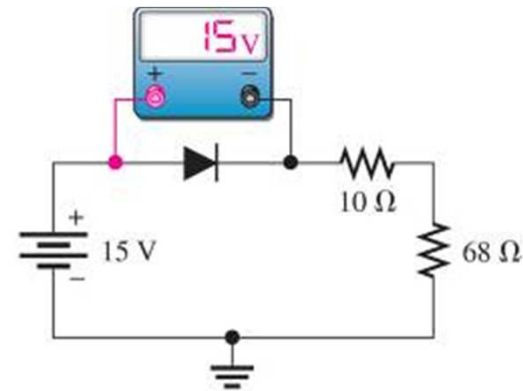
- (a) $V_R = 3 \text{ V}$
- (b) $V_F = 0.7 \text{ V}$
- (c) $V_F = 0.7 \text{ V}$
- (d) $V_F = 0.7 \text{ V}$

Exercícios

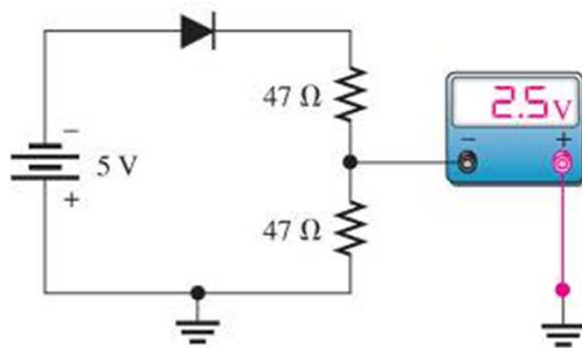
Considere os circuitos da figuras abaixo. Verificar se o valor indicado pelo voltímetro está correto.



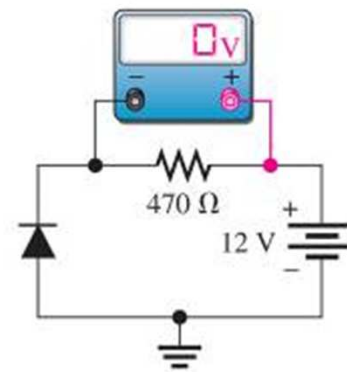
(a)



(b)



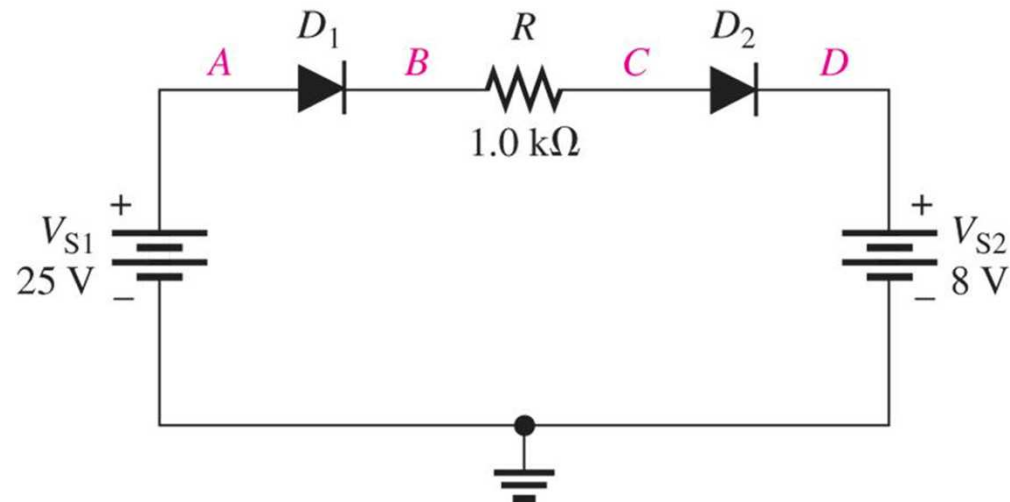
(c)



(d)

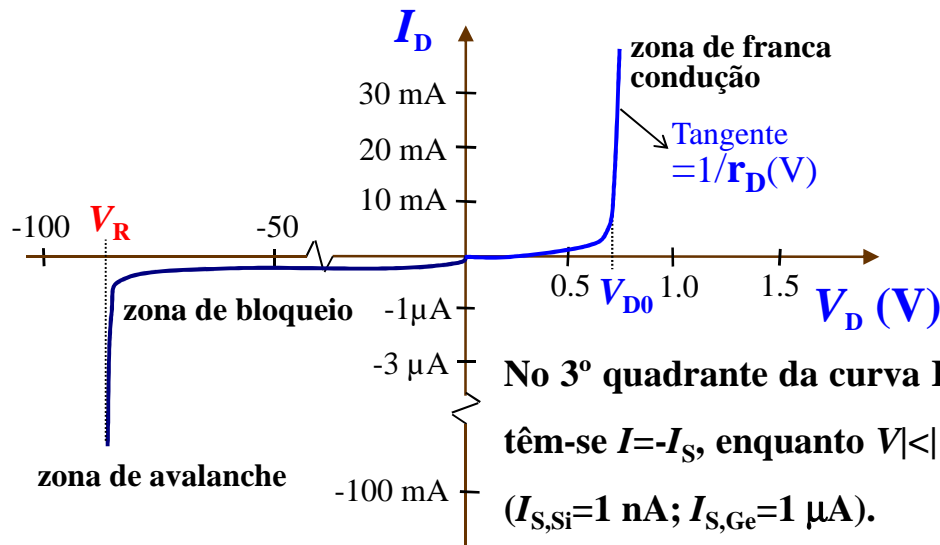
Exercícios

Determinar a tensão nos pontos A, B, C e D relativamente à terra /comum.
Considere que quando em condução a tensão aos terminais do díodo é 0,7 V.



$$V_A = 25 \text{ V}; V_B = 24.3 \text{ V}; V_C = 8.7 \text{ V}; V_D = 8 \text{ V}$$

Característica Corrente-Tensão de uma Junção p-n de Si



A curva característica típica de um diodo de junção p-n apresenta três regiões distintas:

- região de polarização directa ($V > 0$)
- região de polarização inversa ($V < 0$)
- região de ruptura ou avalanche ($V \leq -V_R$)

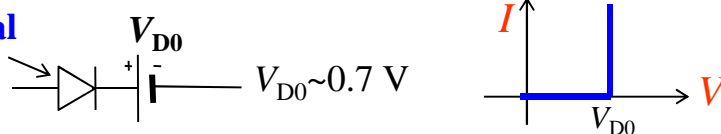
V_R : Tensão de ruptura

No 1º quadrante da característica I-V, a corrente é dada, aproximadamente, por:

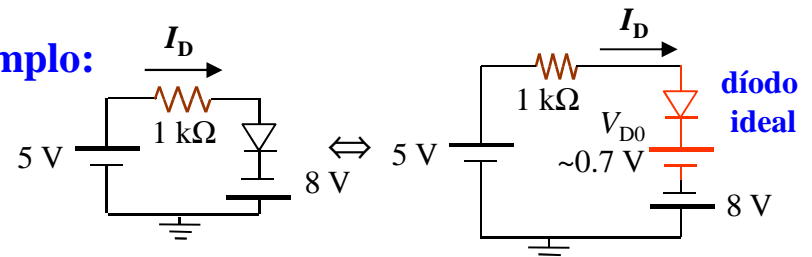
$$I(V) \cong I_S \left[\exp\left(\frac{eV}{2k_B T}\right) - 1 \right], \text{ com } I_S \propto \exp\left(-\frac{eV_{D0}}{2k_B T}\right)$$

Modelo aproximado de um diodo de junção p-n

díodo ideal

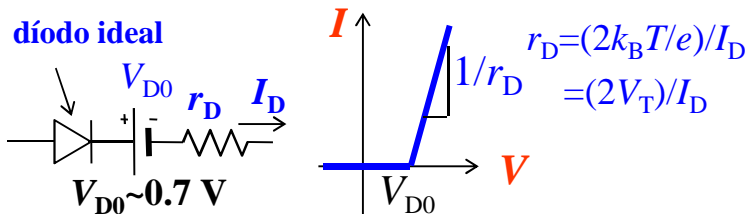


Exemplo:

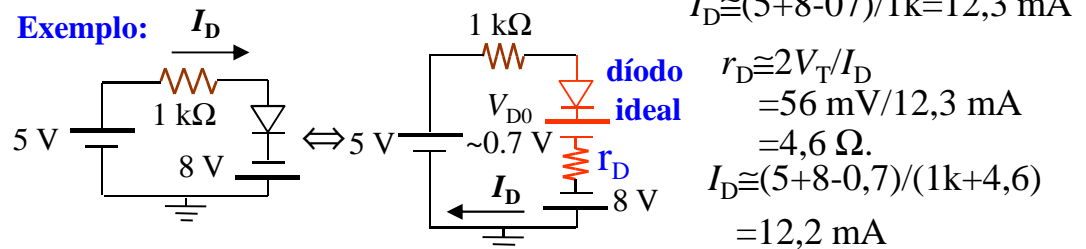


Modelo de pequeno sinal de um diodo de junção p-n

díodo ideal



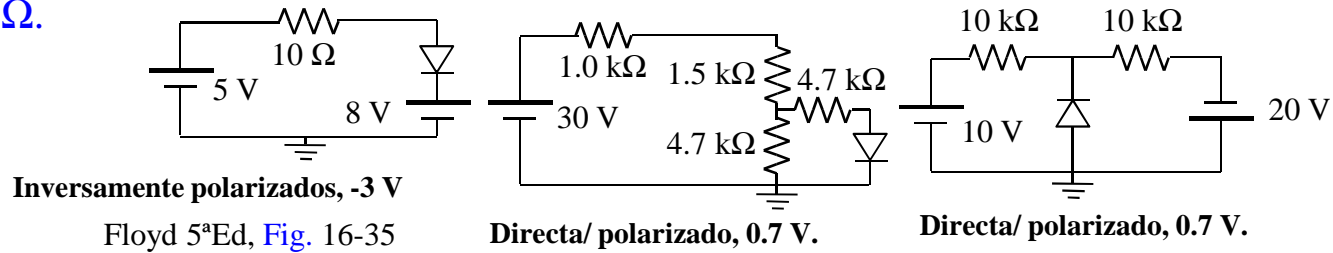
Exemplo:



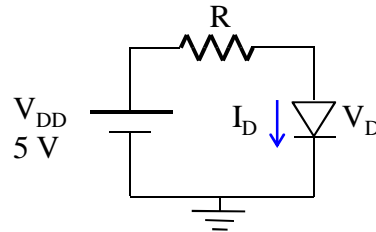
No que se segue, admite-se que, quando em condução, o diodo apresenta aos seus terminais uma queda de tensão constante e igual a 0,7 V, podendo ou não ter-se em conta a sua resistência dinâmica.

Exercícios

Ex. 1: Determine se os díodos estão polarizados directa ou inversamente, e calcule a tensão aos seus terminais. Use $r_D=0 \Omega$.



Ex. 2: Determine a corrente I_D e a tensão aos terminais do díodo V_D ? Tome $V_{D0}=0.65 \text{ V}$, $r_D=20 \Omega$, e $R=1 \text{ k}\Omega$.

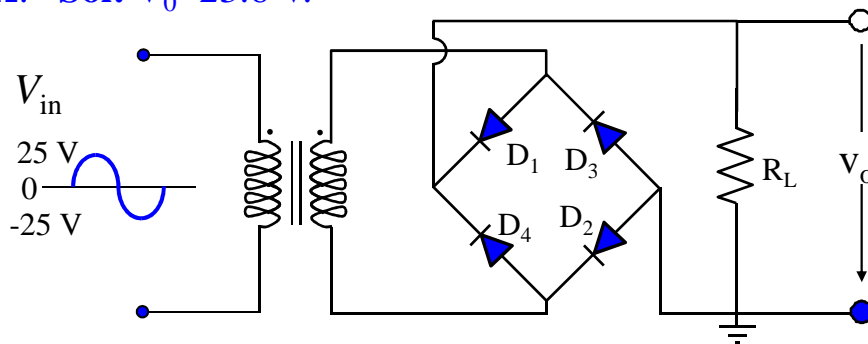


$$I_D = \frac{V_{DD} - V_{D0}}{R + r_D} = 4.26 \text{ mA}$$

$$V_D = V_{D0} + r_D I_D = 0.735 \text{ V}$$

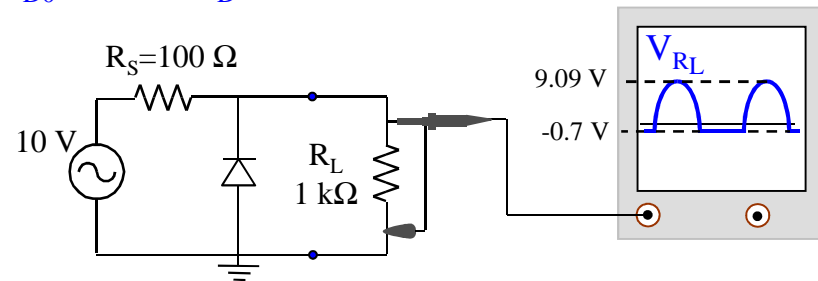
Sedra & Smith 3ªEd, Fig. 3.10, 3.14

Ex. 3: Explique o funcionamento do circuito. Determine a tensão aos terminais de R_L . Assuma $V_{D0}=0.7 \text{ V}$ e $r_D=0 \Omega$. **Sol:** $V_0=23.6 \text{ V}$.



Floyd 5ªEd, Fig. 17-18

Ex. 4: Considere o circuito abaixo. O que é que espera observar no osciloscópio? Assuma que a base de tempo permite visualizar um ciclo e meio. Tome $V_{D0}=0.7 \text{ V}$ e $r_D=0 \Omega$. **Sol:**



Floyd 5ªEd, Fig. 17-29

Exercícios

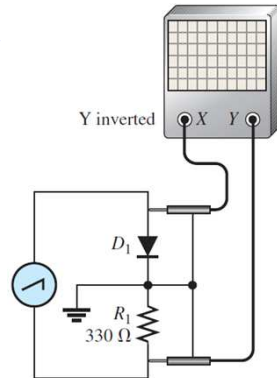
Ex. 5: Explique como pode obter a característica corrente-tensão de um diodo correspondente à polarização directa.



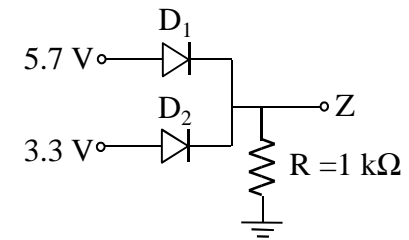
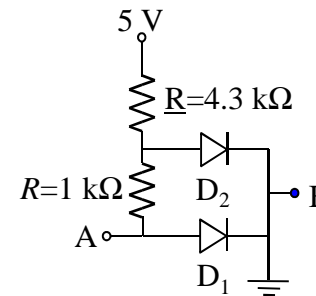
The diode forward $V-I$ characteristic curve can be plotted on the oscilloscope using the circuit

shown below. Channel 1 senses the voltage across the diode and channel 2 senses a signal that is proportional to the current. The scope must be in the X-Y mode. The signal generator provides a 5 Vpp sawtooth or triangular waveform at 50 Hz, and its ground must not be the same as the scope ground. Channel 2 (the Y channel) must be inverted for the displayed curve to be properly oriented.

Floyd 5ªEd, Fig. 16-7 (13)

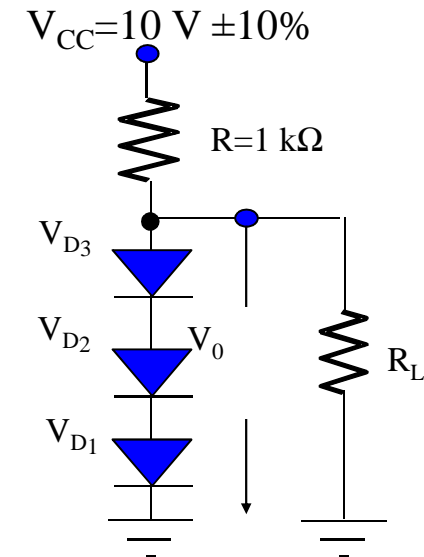


Ex. 6: Qual a tensão em A e em B, e em Z? Considere $V_{D0}=0.7\text{ V}$ e $r_D=0\ \Omega$.



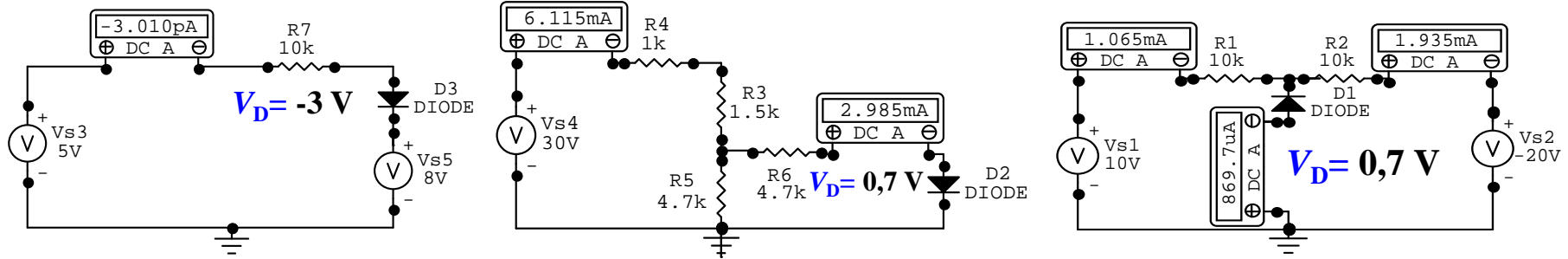
Ex. 7: O conjunto dos três díodos garante uma tensão de 2.1 V. Determine R_D , a variação percentual da tensão regulada, em aberto e com uma carga de 1 kΩ, quando a tensão de alimentação varia $\pm 10\%$.

Sol: $I=(V_{CC}-2.1)/R=7,9\text{ mA}$, $R_D=V_T(293\text{ K})/I=6,3\ \Omega$; $R_{3D}=18,9\ \Omega$. A resistência dos 3 díodos e R formam um divisor de tensão. A variação da tensão ΔV_0 devido a ΔV_{CC} é $1 \times 18,9 / (1000 + 18,9) = 18,5\text{ mV}$ (0,9%). Quando se liga a carga, a corrente através dos díodos decresce de 2,1 mA, resultando num decréscimo da tensão aos terminais dos 3 díodos $\Delta V_0 = -2,1\text{ mA} \times 18,9 = -39,7\text{ mV}$, ou 13,2 mV por diodo.



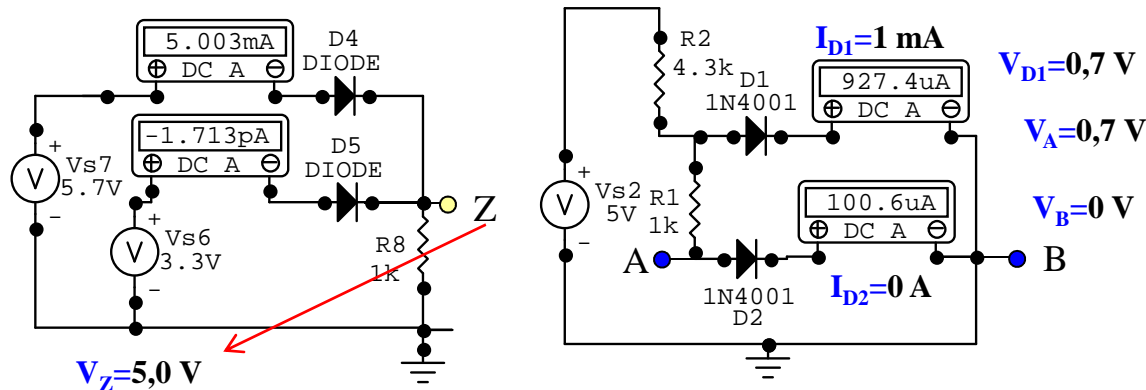
Resolução dos exercícios

Res. Ex. 1: Para cada diódo determine V_D .



Análise do último circuito: da equação das malhas para a malha da esquerda $10=RI_1+0,7$ (admitindo que o diódo está em condução), resulta $I_1=0,93$ mA; da equação das malhas para a malha da direita $20=RI_2+0,7$ (admitindo que o diódo está em condução), resulta $I_2=1,93$ mA; da lei nos nodos obtém-se $I_D=1$ mA. **Nota:** Os valores determinados analiticamente diferem dos apresentados acima, uma vez que o simulador considera os diódos reais.

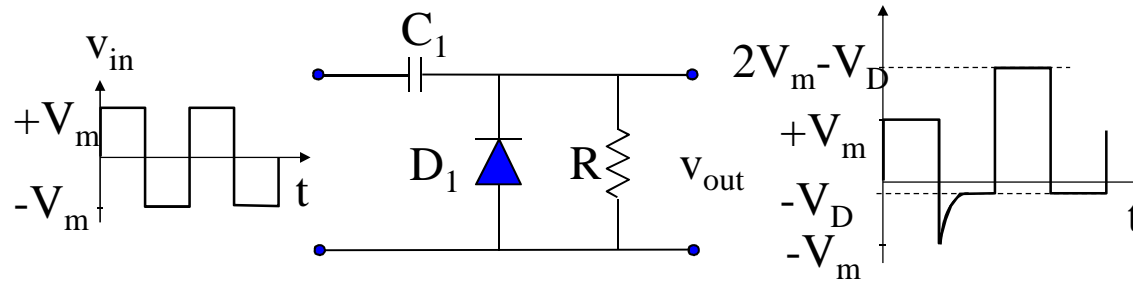
Ex. 6: Qual a tensão em A e em B, e em Z? Considere $V_{D0}=0.7$ V e $r_D=0$ Ω .



$V_{D2}=V_A=0,7$ V, porque apenas o diódo 1 pode estar em franca condução.

Exercícios

Represente/trace/esboce a forma de onda aos terminais de R e descreva o funcionamento do circuito:



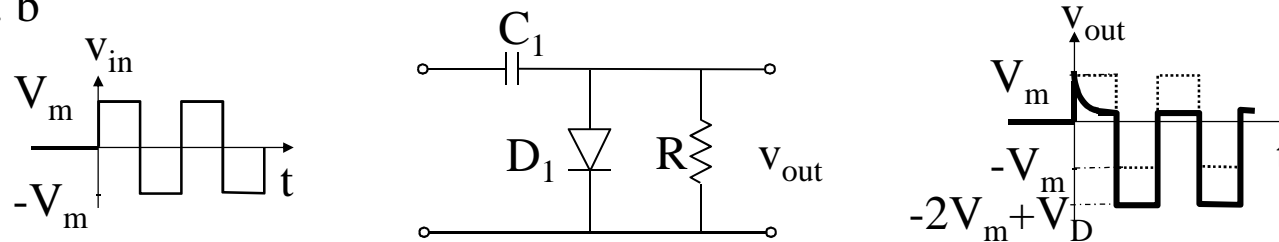
Funcionamento do circuito: Quando a tensão de entrada passa de zero a $+V_m$, a tensão no cátodo do diodo, sobe de zero para $+V_m$, porque a tensão no condensador não pode variar instantaneamente, fazendo com que a subida de tensão na armadura esquerda ocorra também na armadura direita. Assim, estando a armadura direita ao potencial $+V_m$, o diodo não conduz, e a tensão aos terminais da saída é igual à tensão da entrada. Quando a tensão v_{in} diminui de $+V_m$ para $-V_m$, pelas razões já expostas, a tensão no cátodo do diodo passa para $-V_m$. Agora, o diodo está polarizado directamente e se $-V_m$ for inferior a $-V_D$, o diodo entra em condução, permitindo que o condensador carregue, com a constante de tempo $\tau=R_D C$. (onde R_D representa a resistência do diodo em condução), que é, em geral, muito pequena quando comparada com o período do sinal de entrada. A tensão no condensador será $V_C=V_m-V_D$, em que a armadura da direita está a um potencial superior à da esquerda, igual a $-V_D$. (o potencial na armadura da esquerda é $-V_m$). Quando o sinal de entrada, passa de $-V_m$ para $+V_m$, o potencial na armadura da esquerda sobe $2V_m$, e como a ddp aos terminais do condensador não pode variar instantaneamente, a tensão na armadura da direita sobe de $-V_D$ para $2V_m-V_D$, o que polariza inversamente o diodo. A tensão de saída mantém-se igual a $2V_m-V_D$ até que a tensão de entrada comute novamente para $-V_m$, o que faz com a tensão no cátodo do diodo desça para $-V_D$. ($=2V_m-V_D-2V_m$), mantendo-se em $-V_D$, até que a tensão de entrada comute novamente.

Exercícios

Esboce a forma do sinal aos terminais da resistência R. Considere que o condensador não descarrega pela resistência acoplada à saída e que o diodo é real (freq. b)/ideal (freq. b).

Sol:

Freq. b



Funcionamento do circuito (diodo ideal): Quando a tensão de entrada passa de zero a $+V_m$, a tensão na armadura direita do C passa também de zero para $+V_m$, porque a tensão aos terminais do C não pode variar instantaneamente. Então, a tensão no cátodo do D sobe de zero para $+V_m$. Se V_m for maior que V_D , o D entra em condução, carregando o C com a constante de tempo $\tau=r_D C \ll T/2$ (onde r_D representa a resistência do D em condução). Uma vez em condução o D assegura que a tensão na saída é igual a $V_D=0,7$ V, enquanto o D conduzir. A tensão no condensador será $V_C=V_m - V_D$, em que a armadura da direita está a $V_D=0,7$ V e a da esquerda, que está a $+V_m$. Quando a tensão v_{in} decresce de $+V_m$ para $-V_m$, a tensão na armadura da direita sofre a mesma variação de tensão que a esquerda ($-2V_m$), passando de $+V_D$ para $-2V_m+V_D$. O diodo fica polarizado inversamente, impedindo que o condensador descarregue com a constante de tempo $\tau=r_D C \ll T/2$. O C praticamente não descarrega através da R porque $\tau=RC \gg T/2$. Quando o sinal de entrada, passa de $-V_m$ para $+V_m$, o potencial na armadura da esquerda do C sobe $2V_m$ e, como a ddp aos seus terminais não pode variar instantaneamente, a tensão na armadura da direita sobe $-2V_m+V_D$ para $+V_D$, o que polariza directamente o D. Agora a tensão de saída é igual a V_D , até que a tensão de entrada comute novamente para $-V_m$, o que faz com a tensão no cátodo do diodo desça para $-2V_m+V_D$, mantendo-se em $-2V_m+V_D$, até que a tensão de entrada comute novamente e assim sucessivamente (ver figura).

