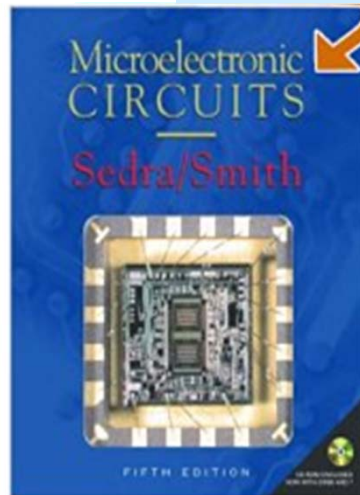
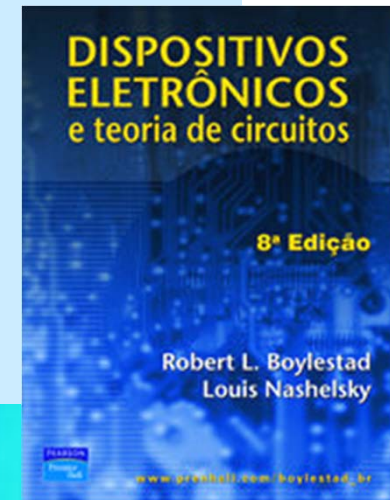


Transistor Bipolar de Junção TBJ



Cap. 4 Sedra/Smith
Cap. 8 Boylestad
Cap. 11 Malvino

Amplificador BC e CC

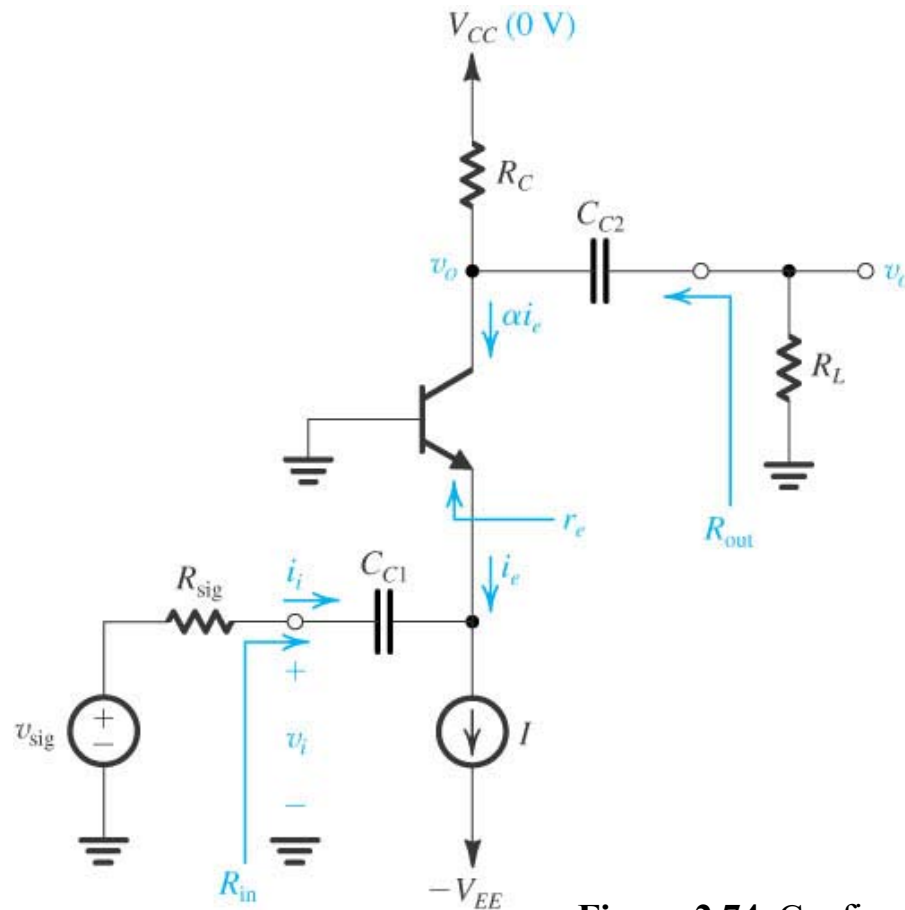


Notas de Aula SEL 313 Circuitos Eletrônicos 1 Parte 7

1º Sem/2017 Prof. Manoel

Amplificador em Base-Comum (BC)

Nesta configuração, a base aparece “ aterrada” com o sinal CA sendo aplicado entre Emissor-Base e sendo retirado entre Coletor-Base. No circuito a seguir é indicado os pontos de definição de R_i e de R_o .



Os capacitores novamente servem ao acoplamento de sinais e têm grande capacitância.

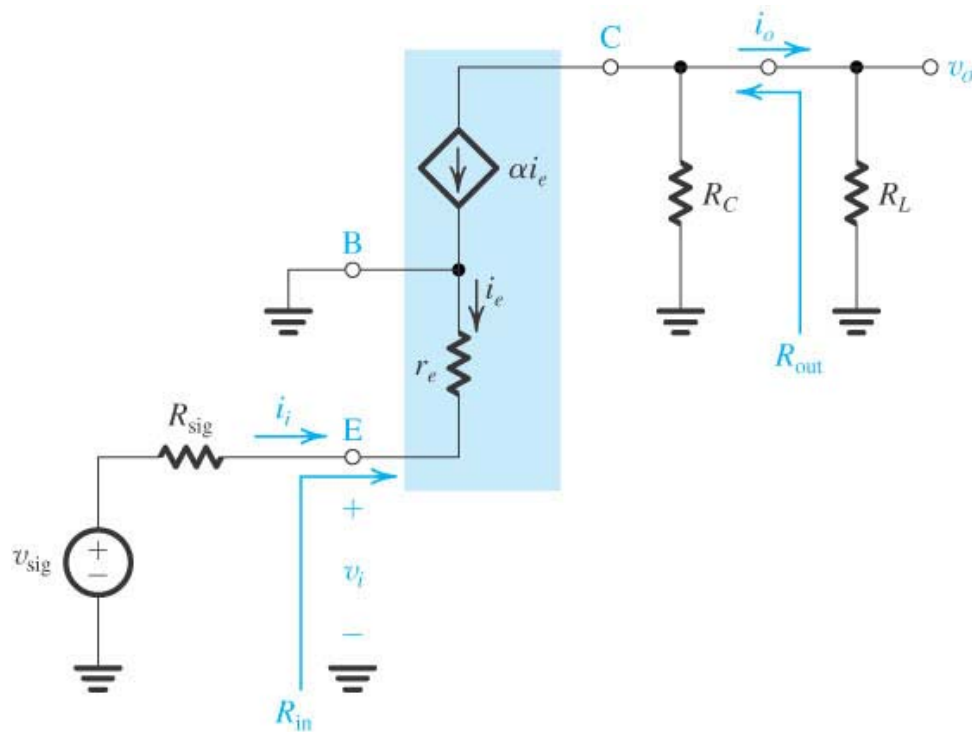
O circuito pode ser analisado com ou sem a carga R_L , através de um dos modelos de sinais CA.

Figura 2.74 Configuração Base-Comum com fonte de corrente CC de emissor.

Modelo CA do caso BC

Para estas configurações, os modelos tipo T são mais apropriados, embora qualquer um deles possam ser usados e fornecendo os mesmos resultados.

Uma forma modificada do modelo CA é vista no diagrama a direita e facilita a análise do circuito.



Configuração alternativa.

Figura 2.75 Modelo CA do caso BC e modelo T.

Análise do caso BC

Como no caso do amplificador EC, deseja-se obter os índices de desempenho tais como ganhos e impedâncias do amplificador BC.

Por inspeção do circuito na figura 2.75 tem-se que a impedância de entrada será :

$$R_i = r_e \quad (2.60)$$

O ganho de tensão pode ser obtido, sabendo-se : (sem R_L no circuito)

$$v_0 = R_C i_0 = -\alpha i_e R_C \quad (2.61)$$

e,

$$i_e = \frac{-v_s}{R_s + r_e} \quad \text{ou} \quad v_s = -(R_s + r_e)i_e \quad (2.62)$$

então :

$$A_v = \frac{v_0}{v_s} = \frac{\alpha R_C}{R_s + r_e} \quad (2.63)$$

Análise do caso BC

Para o ganho de corrente, observa-se :

$$A_i = \frac{i_0}{i_i} = \frac{-\alpha i_e}{-i_e} = \alpha \quad (2.64)$$

e, finalmente tem-se que a impedância de saída será :

$$R_0 = R_C \quad (\text{sem a carga } R_L) \quad (2.65)$$

Desta configuração, conclui-se :

R_i : baixa, pois r_e é pequeno;

R_0 : baixa, pois R_C é baixo;

A_v : independente de β e fortemente dependente de R_s e não inversor;

A_i : aproximadamente 1 ($\alpha \cong 1$);

Avaliação da configuração BC

Em virtude dos resultados anteriores, esta configuração não serve como amplificador de tensão, pois tem ganho relativamente baixo e pequena impedância de entrada. Devido a esta última característica, ele absorve pouca parcela do sinal da fonte.

A propriedade de ganho 1 em corrente, propicia que este amplificador seja útil com “*buffer*” de corrente, pois consegue transpor uma mesma corrente de uma resistência pequena r_e pra uma mais elevada R_C .

Exemplo 2.13

Considere na figura 2.74, $R_C = R_s = 5 \text{ k}\Omega$, $I = 1 \text{ mA}$, $\beta = 100$ e efeito Early desprezível. Obter os ganhos e impedâncias do circuito.

Solução : Adotando-se então o modelo T, seus parâmetros de circuito são :

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25\text{m}}{1\text{m}} = 25 \text{ } \Omega \quad \text{e} \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = 0,99$$

Exemplo 2.13 Cont.

Usando-se as expressões obtidas para este caso :

Da Eq. (2.60)

$$R_i = r_e = 25 \quad \Omega$$

Da Eq. (2.63)

$$A_v = \frac{\alpha R_C}{R_s + r_e} = \frac{0,99 \cdot 5k}{5k + 25} = 0,985 \quad V/V$$

Da Eq. (64)

$$A_i = \alpha = 0,99 \quad A/A$$

Da Eq.(65)

$$R_0 = R_C = 5 \quad k\Omega$$

Configuração Coletor-Comum (CC) ou Seguidor de Emissor

A característica fundamental é o terminal de coletor ligado diretamente à fonte. Desta forma, para os sinais CA este terminal se configura com conectado ao potencial de “terra” .

O sinal CA é aplicado na base e retirado no emissor. A limitação de corrente I_E e I_C é realizada pelo resistor de emissor ou por uma fonte de corrente com a seguir.

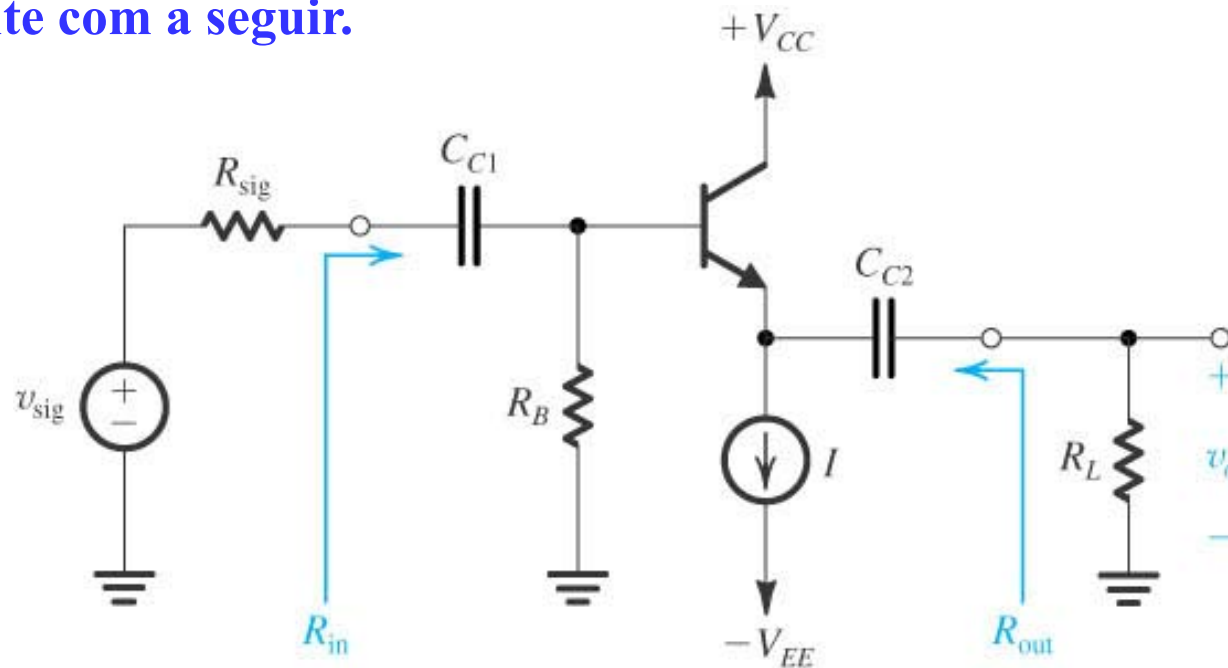


Figura 2.76 Configuração Coletor-Comum com fonte de corrente CC de emissor.

Modelo CA do caso Coletor-Comum

Como regra geral, sempre que houver um resistor no terminal de emissor, o uso dos modelos T são mais indicados.

A seguir é mostrado o respectivo circuito CA com modelo T e, a direita, uma versão alternativa que facilita a análise.

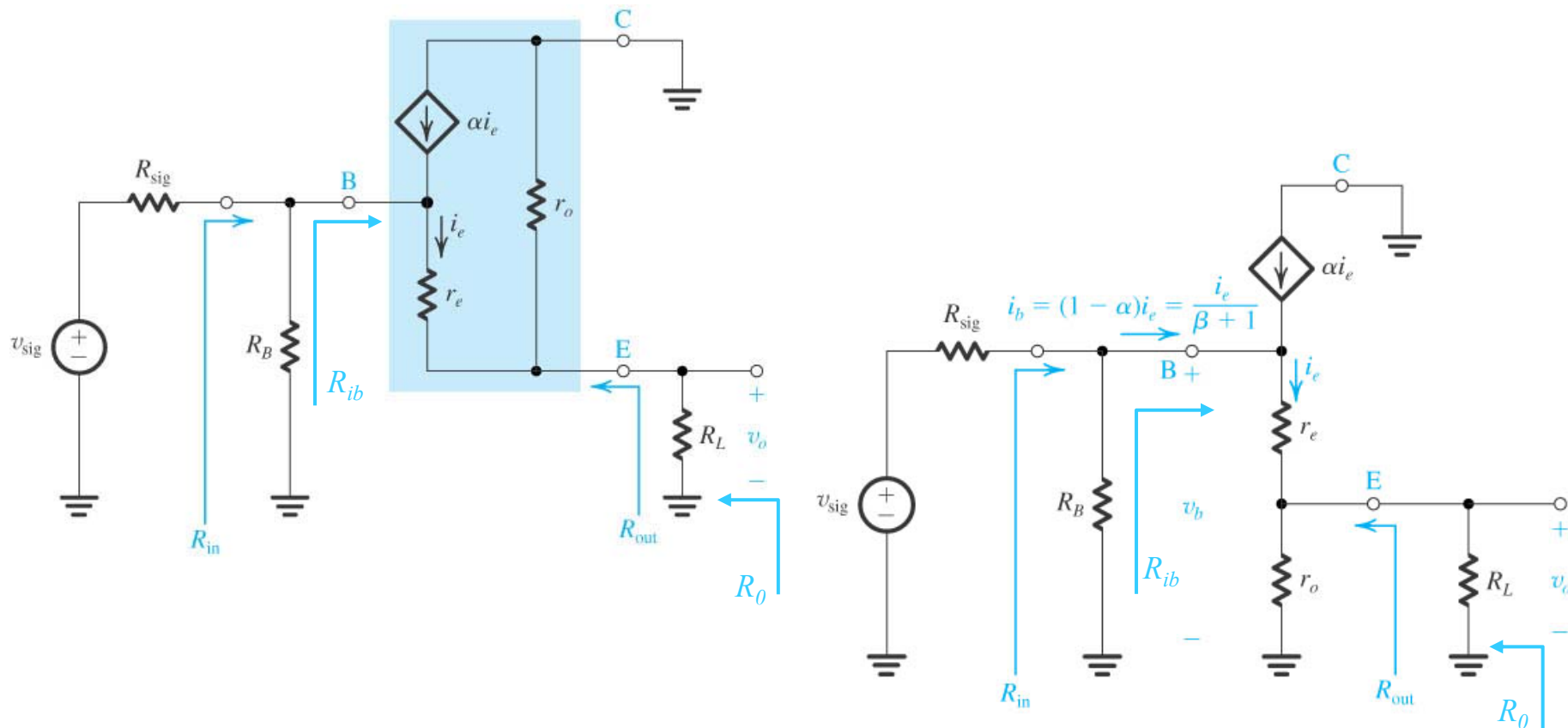


Figura 2.77 Modelo CA do caso Coletor-Comum.

Análise do caso Coletor-Comum

A versão alternativa se assemelha ao circuito da figura 2.76 do caso EC-com- R_E em que $R_C=0$ e $R_E=(r_o // R_L)$. Assim a análise pode ser conduzida de forma semelhante.

A impedância de entrada segue então como sendo :

$$R_{ib} = (\beta + 1)[r_e + (r_o // R_L)] \quad (2.66-a)$$

$$R_{in} = R_B // R_{ib} \quad (2.66-b)$$

e desde que $r_e \ll R_L \ll r_o$, tem-se :

$$R_{ib} \cong (\beta + 1)R_L \quad (2.67)$$

Isto implica que esta configuração apresenta uma R_{ib} muito elevada. Para se garantir um R_{in} também elevada, há o compromisso de projeto de se ter R_B também elevada e exibindo pouco efeito de carga sobre a fonte de sinal ou circuitos anteriores.

De outra forma, se R_i é muito maior que R_S da fonte ou que R_o de um estágio anterior, todo o sinal da fonte é transferido para o circuito.

Análise do caso Coletor-Comum

Analogamente ao caso (EC+ R_E) estudado, a relação de v_s para v_b será :

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{in}}{R_S + R_{in}} = \frac{(R_{ib} // R_B)}{R_S + (R_{ib} // R_B)} \quad (2.68)$$

Desde que β tem valor elevado, a expressão (2.68) tende á unidade, ou seja, todo o sinal da fonte é passado para o circuito, tal como já antecipado.

A tensão de saída é retirada no divisor de tensão formado por $[r_e + (r_o // R_L)]$, tal que o ganho de tensão será :

$$\frac{v_0}{v_b} = \frac{(\beta + 1)(r_o // R_L)}{R_{ib}} \quad (2.69)$$

Novamente, desde que r_e é muito pequeno, a tensão de saída é muito próxima da de entrada. O ganho final é então :

$$A_v = \frac{v_0}{v_s} = \frac{v_b}{v_s} \cdot \frac{v_0}{v_b} = \frac{(R_{ib} // R_B)(\beta + 1)(r_o // R_L)}{[R_S + (R_{ib} // R_B)]R_{ib}} \quad (2.70)$$

Análise do caso Coletor-Comum

A impedância de saída nesse caso é obtida equacionando-se o circuito com uma tensão de teste aplicada ao emissor e medindo-se a corrente, com $v_s=0$.

Desta análise resulta que :

$$R_{Out} = r_0 // \left(r_e + \frac{(R_S // R_B)}{\beta + 1} \right) \quad (2.71)$$

ou, para r_0 muito grande :

$$R_{Out} \cong r_e + \frac{R_S}{\beta + 1} \quad (2.72)$$

Isto implica em um valor muito pequeno para R_0 .

Isto significa que quando este circuito é acoplado a outro, somente uma pequena parcela de sinal ficará retida (como queda de tensão) em R_0 .

Finalmente, o ganho de corrente é obtido como sendo :

$$A_i = \frac{i_0}{i_b} = (\beta + 1) \frac{r_0}{r_0 + R_L} \cong (\beta + 1) \quad (2.73)$$

Avaliação da configuração Coletor-Comum

As características gerais da configuração Coletor-Comum tornam este circuito ideal para acoplar fontes de sinais de alta impedância em cargas de baixa impedância. Este funcionamento é típicos dos circuitos denominados Isoladores.

O ganho de tensão é (quase) unitário e ambos os ganhos são positivos.

Em resumo, as principais características são:

R_i : muito grande;

R_o : baixo ;

A_v : não inversor e aproximadamente 1;

A_i : elevado e positivo.

Exemplo 2.14

Se na figura (2.76), $R_S = 10 \text{ k}\Omega$, $R_B = 40 \text{ k}\Omega$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, $I = 5 \text{ mA}$, $\beta = 100$, e $V_A = 100 \text{ V}$, obter os as impedâncias, as relações v_b/v_s , v_o/v_b e os ganhos.

Solução : Parâmetros de modelo T.

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 5 \text{ } \Omega \qquad r_0 = \frac{V_A}{I_C} = \frac{V_A}{\alpha I_E} = \frac{100}{0.99 \cdot 5 \text{ m}} = 20,2 \text{ k}\Omega$$

Da Eq. (2.66)

$$R_{ib} = (\beta + 1)[r_e + (r_0 // R_L)] = 96,74 \text{ k}\Omega \qquad R_{in} = R_{ib} // R_B = 28,25 \text{ k}\Omega$$

Da Eq. (2.71)

$$R_0 = r_0 // \left(r_e + \frac{(R_S // R_B)}{\beta + 1} \right) = 83,86 \text{ } \Omega$$

Da Eq. (2.68)

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{in}}{R_S + R_{in}} = 0,995 \text{ V/V}$$

Da Eq. (2.69)

$$\frac{v_o}{v_b} = \frac{(\beta + 1)(r_0 // R_L)}{R_{ib}} = 0,739 \text{ V/V}$$

Da Eq. (2.70)

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = 0,735 \text{ V/V}$$

Da Eq. (2.73)

$$A_i = \frac{i_o}{i_b} = (\beta + 1) \frac{r_0}{r_0 + R_L} = 96,2 \text{ A/A}$$

Exercício 2.14

Obter as expressões e valores de impedâncias e de ganhos da configuração Coletor-Comum indicada a seguir.

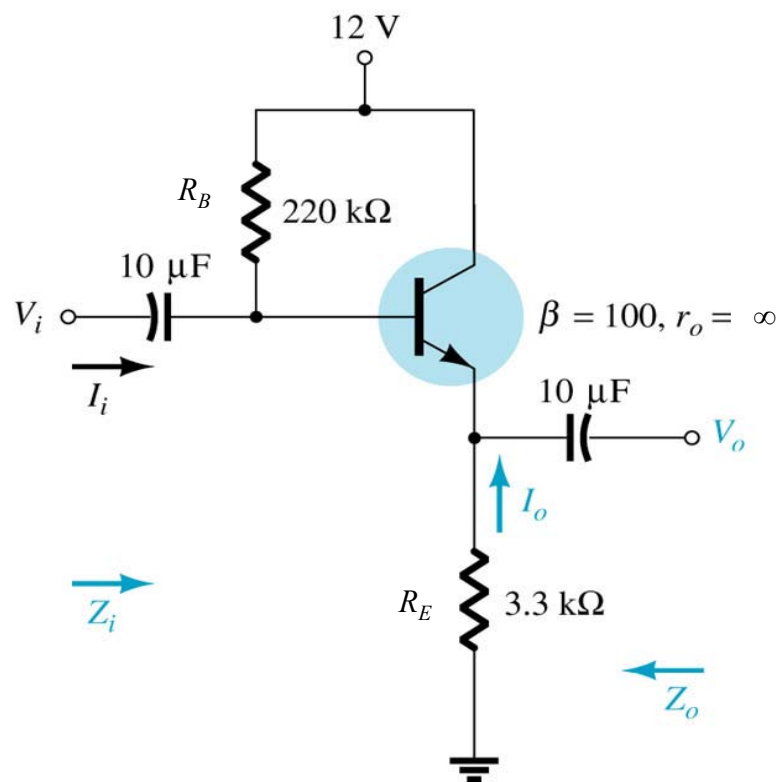


Figura 2.78 Exercício 2.14.

Exercício 2.15

Obter as expressões e valores de impedâncias e de ganhos da configuração Base-Comum indicada a seguir.

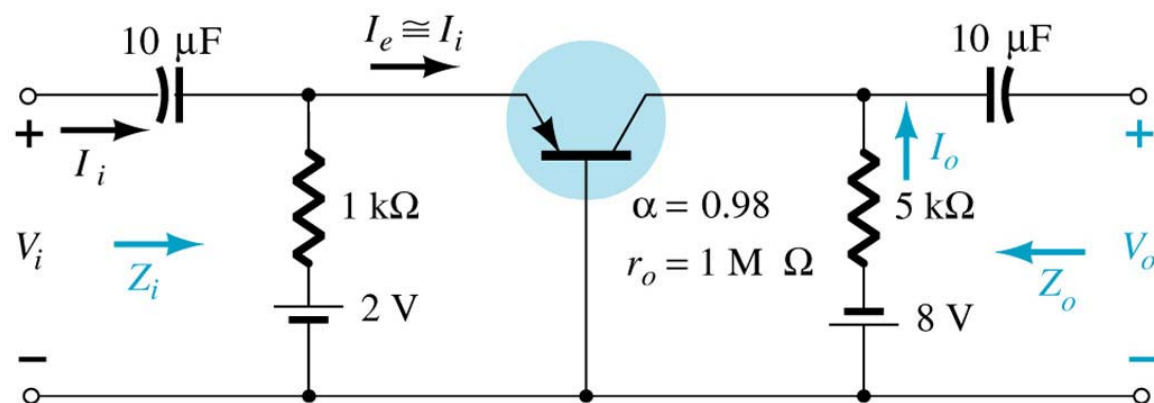


Figura 2.79 Exercício 2.15.

Exercício 2.16

Para o circuito a seguir o valor de β pode variar de 40 a 200. Para estes dois extremos calcule:

- a) – V_E , I_E e V_B ;
- b) – A impedância de entrada R_i ;
- c) – A razão v_o/v_s .

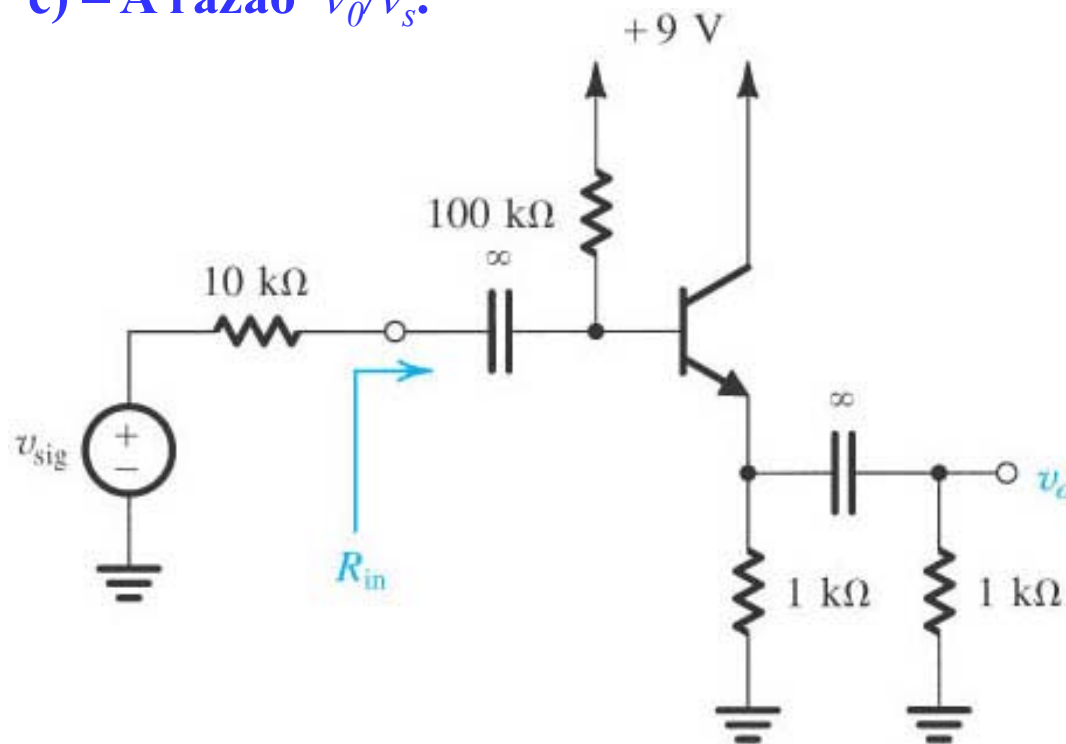


Figura 2.80 Exercício 2.16.

Bibliografia

Conteúdo :

SEDRA : Pgs. 274 a 280

BOYLESTAD : (Cap. 8)

MALVINO : Pgs. 344 a 375

Exercícios :

SEDRA : Exs. 4.29 a 4.37 Pgs. 323 - 325

BOYLESTAD : Exs. 14 a 23 Pgs. 317 - 318

MALVINO : Exs. 1 ao 18 Pgs. 370 - 372