



CHAPTER 5

Aula 24:

O Amplificador Emissor Comum (EC)

(p.290-293)

Eletrônica I – PSI3321

Programação para a Segunda Prova (cont.)

21 ^a	02/06	Análise cc de circuitos com transistores, exercícios selecionados: 5.1, 5.4, 5.10.	Sedra, Cap. 5 p. 246 + 264-269	
22 ^a	06/06	O TBJ como amplificador para pequenos sinais (as condições c.c., a corrente de coletor e a transcondutância)	Sedra, Cap. 5, p. 263-264; p. 275-276.	Teste 11 9h20-9h35
23 ^a	09/06	A corrente de base e a resistência de entrada da base, a resistência de entrada do emissor. Ganho de tensão, Exemplo 5.38, modelos equivalentes (modelos π -híbrido e T)	Sedra, Cap. 5, p. 276-279	
24 ^a	13/06	Aplicação dos modelos equivalentes para pequenos sinais, Efeito Early. O amplificador emissor comum (EC) - Exercício 5.43	Sedra, Cap. 5 p. 290-293	Teste 12 9h20-9h35
25 ^a	20/06	O amplificador emissor comum com resistência de emissor	Sedra, Cap. 5 p.293-295	Teste 13 9h20-9h35
26 ^a	23/06	O amplificador base comum (BC)	Sedra, Cap. 5 p. 296-297	
27 ^a	27/06	O amplificador coletor comum (CC)	Sedra, Cap. 5 p. 297-302	Teste 14 9h20-9h35
28 ^a	30/06	Aula de Exercícios		
2 ^a . Semana de Provas (01/07 a 07/07/2017)				
Data: xx/xx/2017 (xxxx-feira) – Horário: xx:xxhs				

24^a Aula:

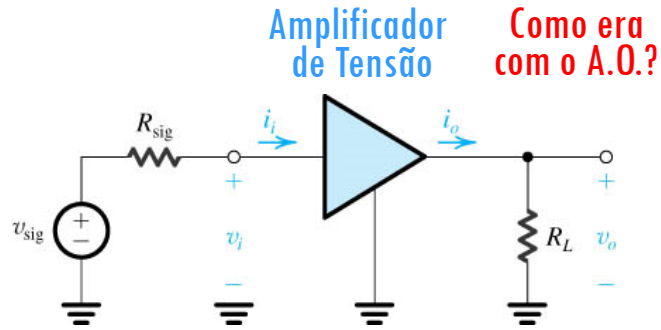
Amplificadores com TBJ

Criando Modelos para Pequenos Sinais para o TBJ

Ao final desta aula você deverá estar apto a:

- **Explicar a importância e como determinar os principais parâmetros de qualidade de um amplificador (ganhos e impedâncias)**
- **Analisar circuitos amplificadores na configuração emissor comum determinando parâmetros como ganhos e impedâncias**
- **Analisar circuitos amplificadores para determinar a forma de onda de tensão de saída, considerando os limites de corte e saturação**

Uma palavra sobre Circuitos Amplificadores



$$A_{vo} = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty}$$

(max A_v)

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty}$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$R_{in} = \frac{v_i}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

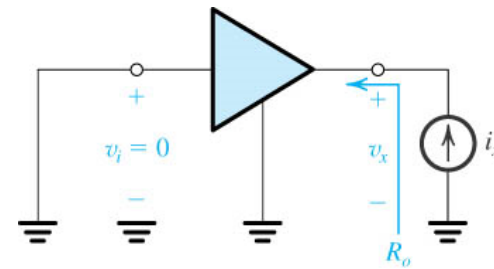
$$A_i = \frac{i_o}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$A_{is} = \frac{i_{os}}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=\text{curto}}$$

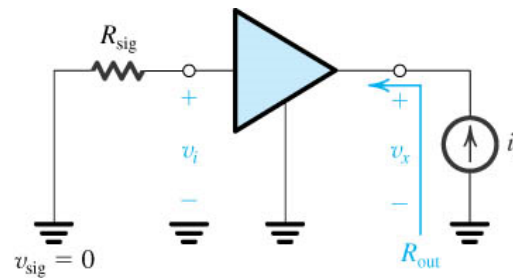
(max A_i)

$$G_v = \frac{v_o}{v_{sig}} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$G_{vo} = \frac{v_o}{v_{sig}} \Big|_{\text{Carga}=\infty}$$



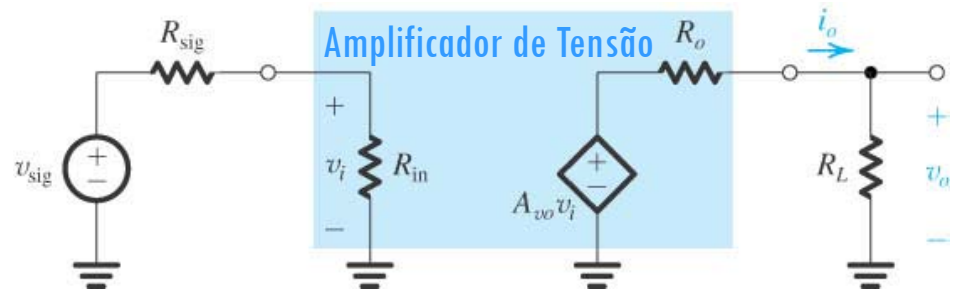
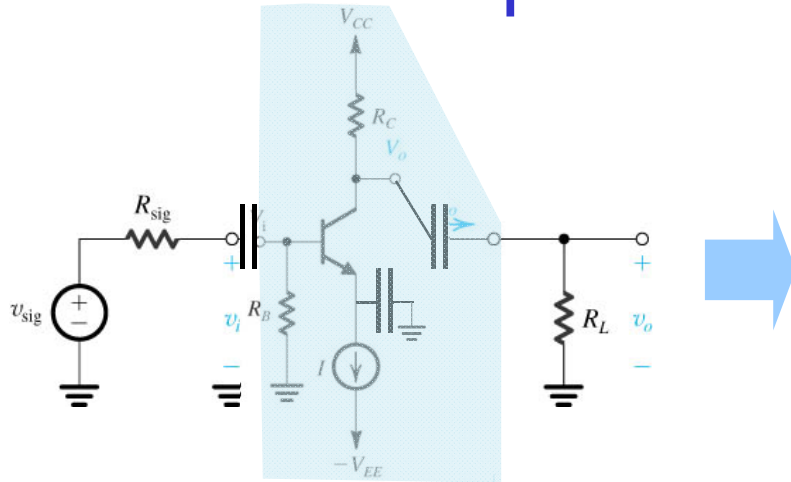
$$R_o = \frac{v_x}{i_x} \Big|_{v_i=0}$$



$$R_{out} = \frac{v_x}{i_x} \Big|_{v_{sig}=0}$$

Escolhemos estas!!!

Uma palavra sobre Circuitos Amplificadores



$$A_{vo} = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty} \quad R_i = \frac{v_i}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty}$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

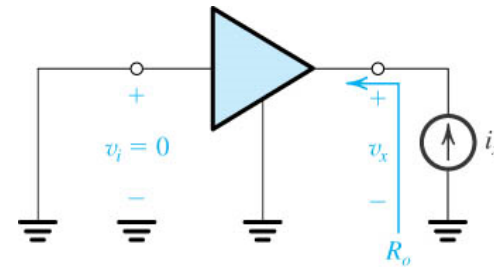
$$R_{in} = \frac{v_i}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

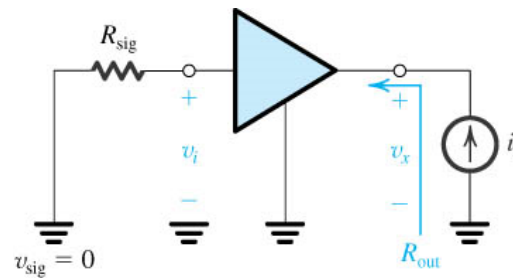
$$A_{is} = \frac{i_{os}}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=\text{curto}}$$

$$G_v = \frac{v_o}{v_{sig}} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$G_{vo} = \frac{v_o}{v_{sig}} \Big|_{\text{Carga}=\infty}$$



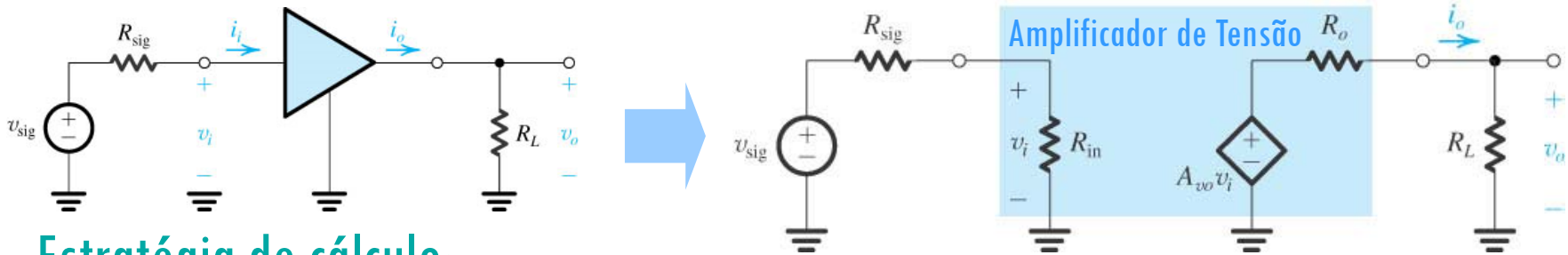
$$R_o = \frac{v_x}{i_x} \Big|_{v_i=0}$$



$$R_{out} = \frac{v_x}{i_x} \Big|_{v_{sig}=0}$$

Escolhemos estas!!!

Uma palavra sobre Circuitos Amplificadores



Estratégia de cálculo:

1. Ganho de Tensão: Determinar diretamente a relação v_o por v_i (ou V_{sig}), com ou sem carga — como for pedido.
2. Impedância de Entrada: Determinar diretamente a relação v_i por i_i , com ou sem carga — como for pedido.
3. Impedância de Saída: Curto-circuitar a fonte de tensão de entrada (v_{sig}) e determinar a relação v_x por i_x injetado na saída
4. Ganho de Corrente (em curto circuito): Curto-circuitar a saída (R_L) e determinar a corrente i_o

$$A_v = \left. \frac{v_o}{v_i} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$R_{in} = \left. \frac{v_i}{i_i} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$R_{out} = \left. \frac{v_x}{i_x} \right|_{v_{sig}=0}$$

$$A_{is} = \left. \frac{i_{os}}{i_i} \right|_{\text{Carga}=\text{curto}} \quad (\text{max } A_i)$$

$$G_v = \left. \frac{v_o}{v_{sig}} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

Relações

$$\bullet \frac{v_i}{v_{sig}} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}}$$

$$\bullet A_v = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

$$\bullet A_{vo} = G_m R_o$$

$$\bullet G_v = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

$$\bullet G_{vo} = \frac{R_i}{R_i + R_{sig}} A_{vo}$$

$$\bullet G_v = G_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$$

Tabela 4.3 RELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS DO MODELO PARA PEQUENOS SINAIS DO TBJ

Parâmetros do Modelo em Termos das Correntes de Polarização cc :

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_\pi = \frac{V_T}{I_B} = \beta \left(\frac{V_T}{I_C} \right) \quad r_o = \frac{V_A}{I_C}$$

Em termos de g_m :

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

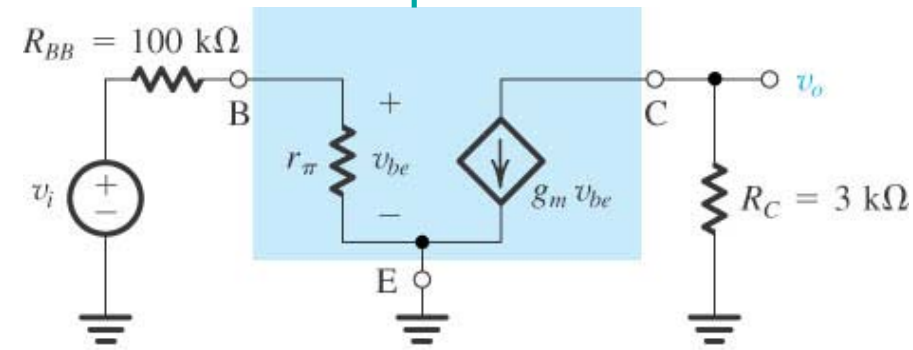
$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$\beta + 1 = \frac{1}{1 - \alpha}$$

Exemplo 5.14: Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar seu ganho de tensão. Suponha $\beta = 100$

5. Analise o circuito resultante para determinar as grandezas de interesse (por exemplo, ganho de tensão, resistência de entrada).

Bipolar



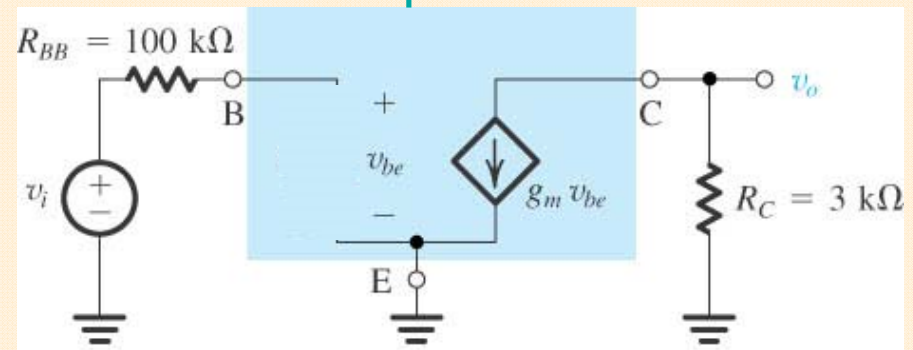
$$v_O = -g_m v_{be} \times R_C \quad v_{be} = \frac{r_\pi}{R_{BB} + r_\pi} v_i$$

$$A_v \Big|_{\text{Carga}=\infty} = \frac{v_O}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty} = -\frac{r_\pi}{R_{BB} + r_\pi} g_m R_C$$

$$A_v \Big|_{\text{Carga}=\infty} = -\frac{1,09}{100 + 1,09} 92m \times 3k = -2,98 \frac{V}{V}$$

sem r_π

Bipolar



$$v_O = -g_m v_{be} \times R_C \quad v_{be} = v_i$$

$$A_v \Big|_{\text{Carga}=\infty} = \frac{v_O}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty} = -g_m R_C$$

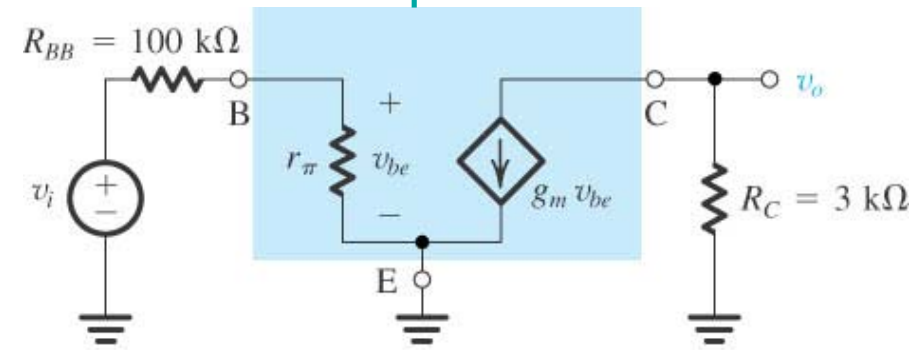
$$A_v \Big|_{\text{Carga}=\infty} = -92m \times 3k = -276 \frac{V}{V}$$

Exemplo 5.14: Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar seu ganho de tensão. Suponha $\beta = 100$. Coloque um $R_L = 10\text{k}\Omega$ e $V_A = -100\text{V}$.

5. Analise o circuito resultante para determinar as grandezas de interesse (por exemplo, ganho de tensão, resistência de entrada).

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} \quad r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$$

Bipolar



$$v_o = -g_m v_{be} \times R_C \quad v_{be} = \frac{r_\pi}{R_{BB} + r_\pi} v_i$$

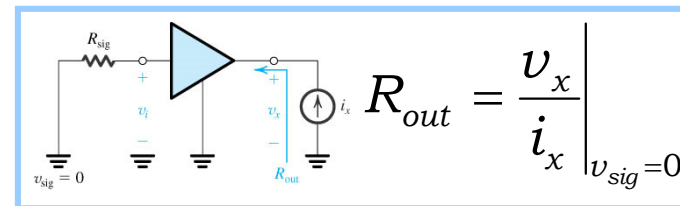
$$A_v \Big|_{\text{Carga}=\infty} = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty} = -\frac{r_\pi}{R_{BB} + r_\pi} g_m R_C$$

$$A_v \Big|_{\text{Carga}=\infty} = -\frac{1,09}{100 + 1,09} 92\text{m} \times 3\text{k} = -2,98 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$A_{v_o} \Big|_{\text{Carga}=\infty} = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=\infty} \quad r_o \approx \frac{|V_A|}{I_C}$$

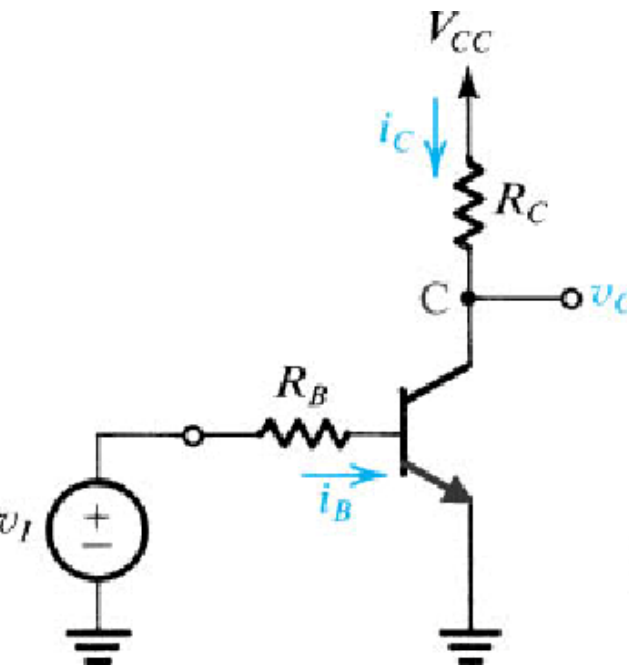
$$A_v = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$R_{in} = \frac{v_i}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=R_L}$$



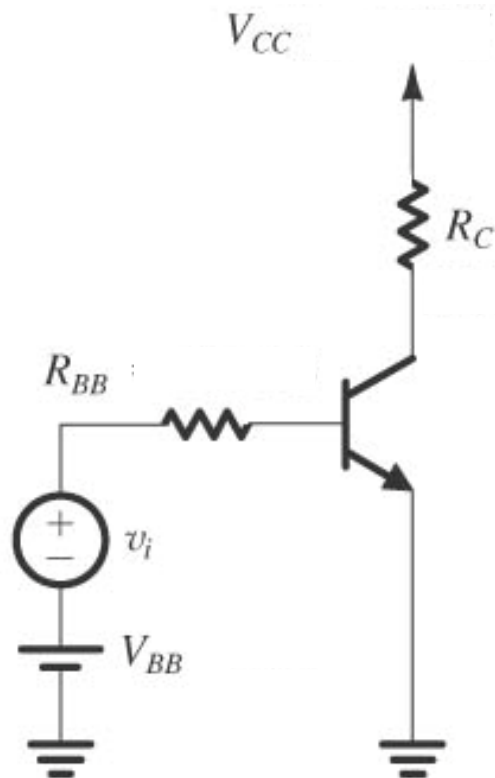
$$A_{i_s} \Big|_{\text{Carga}=\text{curto}} = \frac{i_{os}}{i_i} \Big|_{\text{Carga}=\text{curto}}$$

0 Amplificador TBJ Emissor Comum (EC)



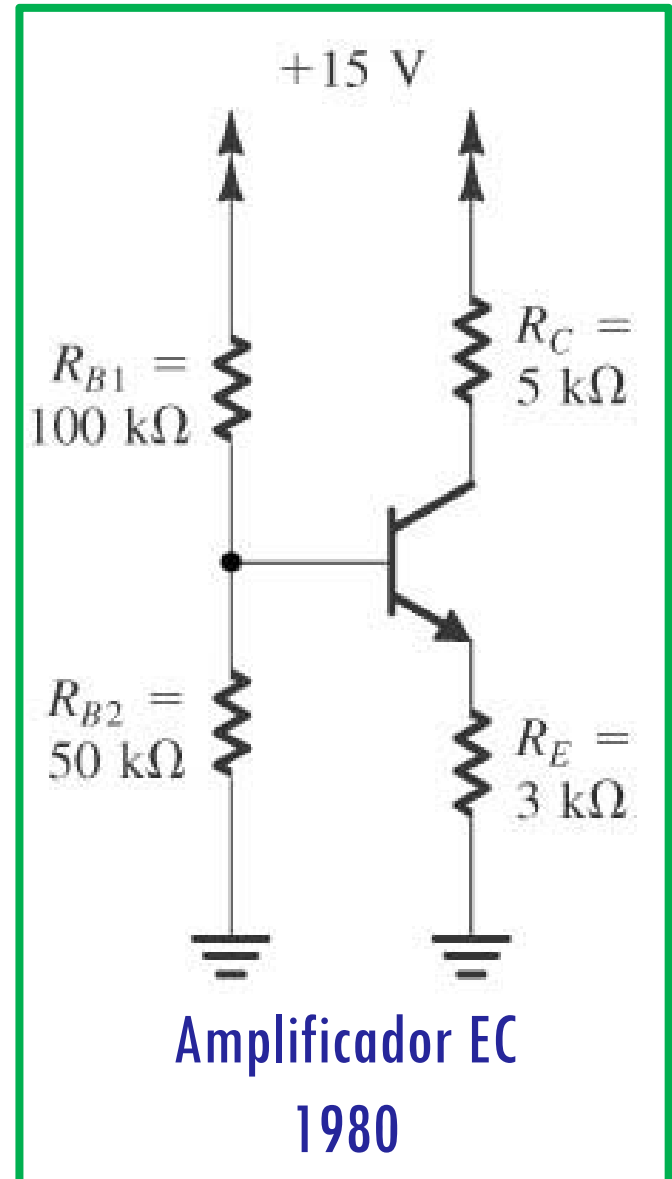
Amplificador EC

“conceitual”



Amplificador EC

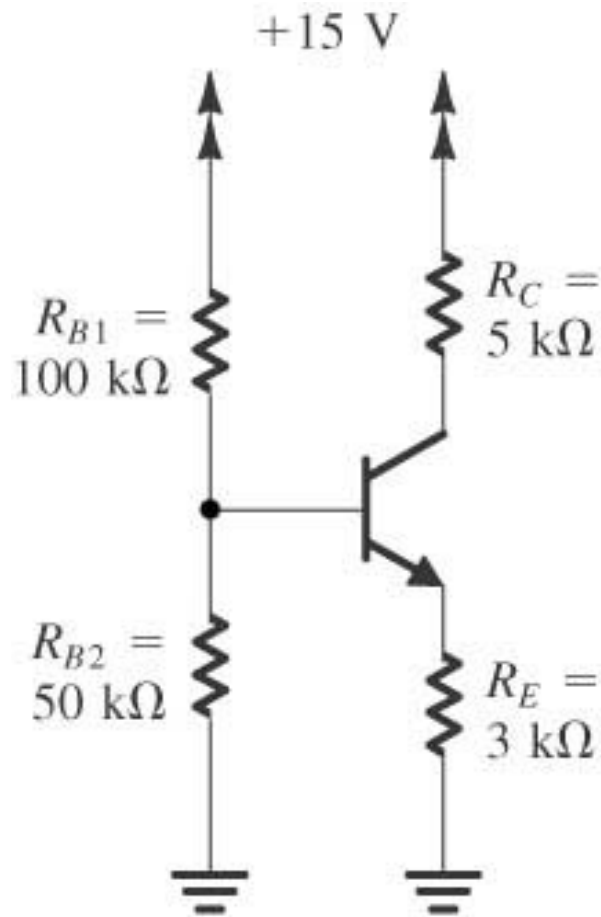
“conceitual” funcional



Amplificador EC

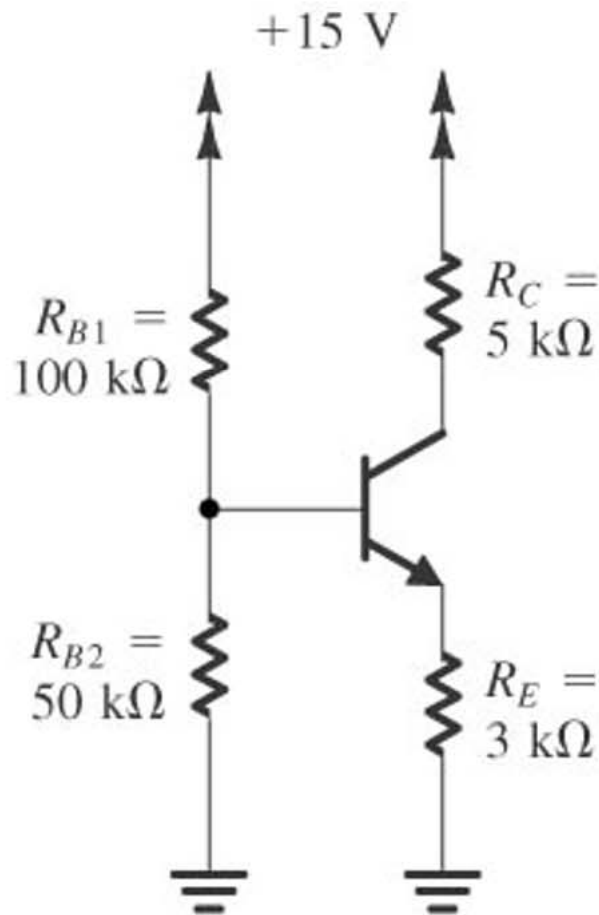
1980

Exemplo 5.10 Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar todas as tensões nodais e todas as correntes nos ramos. Suponha $\beta = 100$.



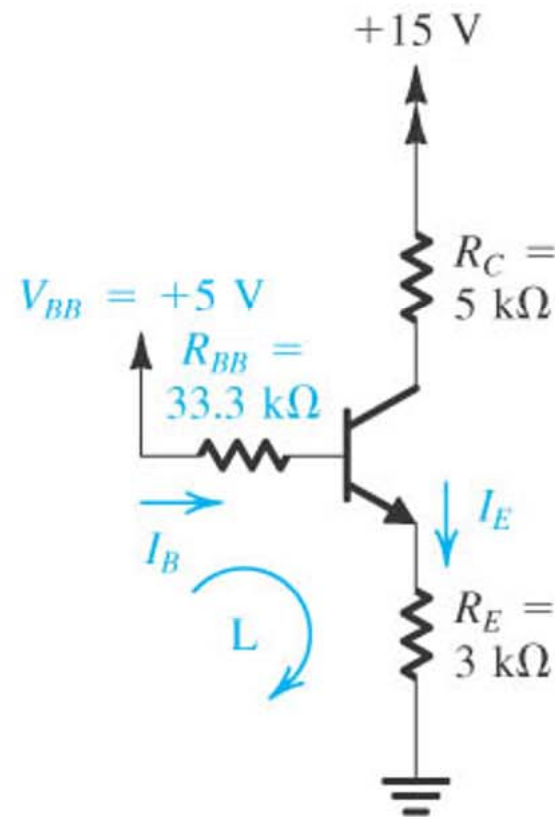
(a)

Exemplo 5.10 Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar todas as tensões nodais e todas as correntes nos ramos. Suponha $\beta = 100$.



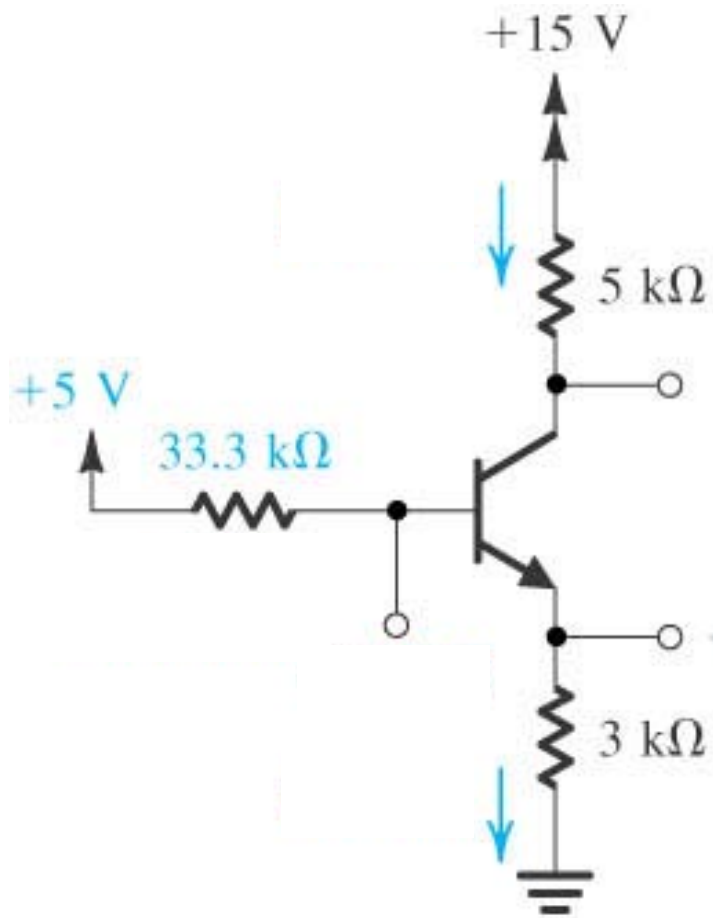
(a)

Thévenin
→



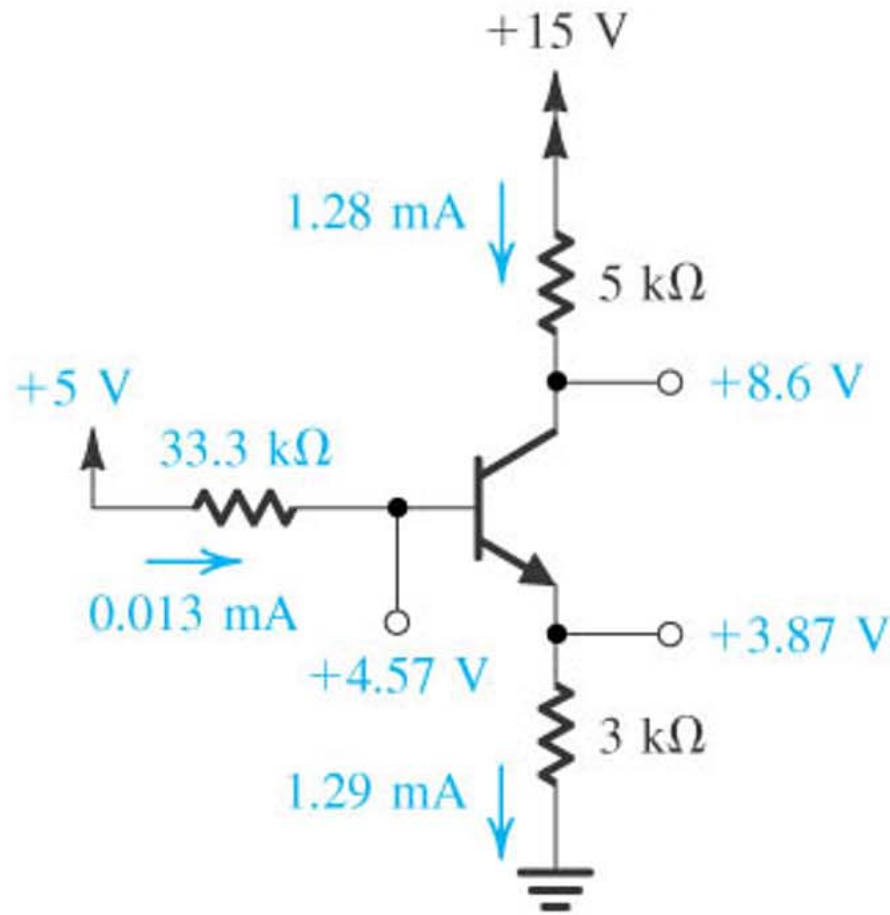
(b)

Exemplo 5.10 Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar todas as tensões nodais e todas as correntes nos ramos. Suponha $\beta = 100$.



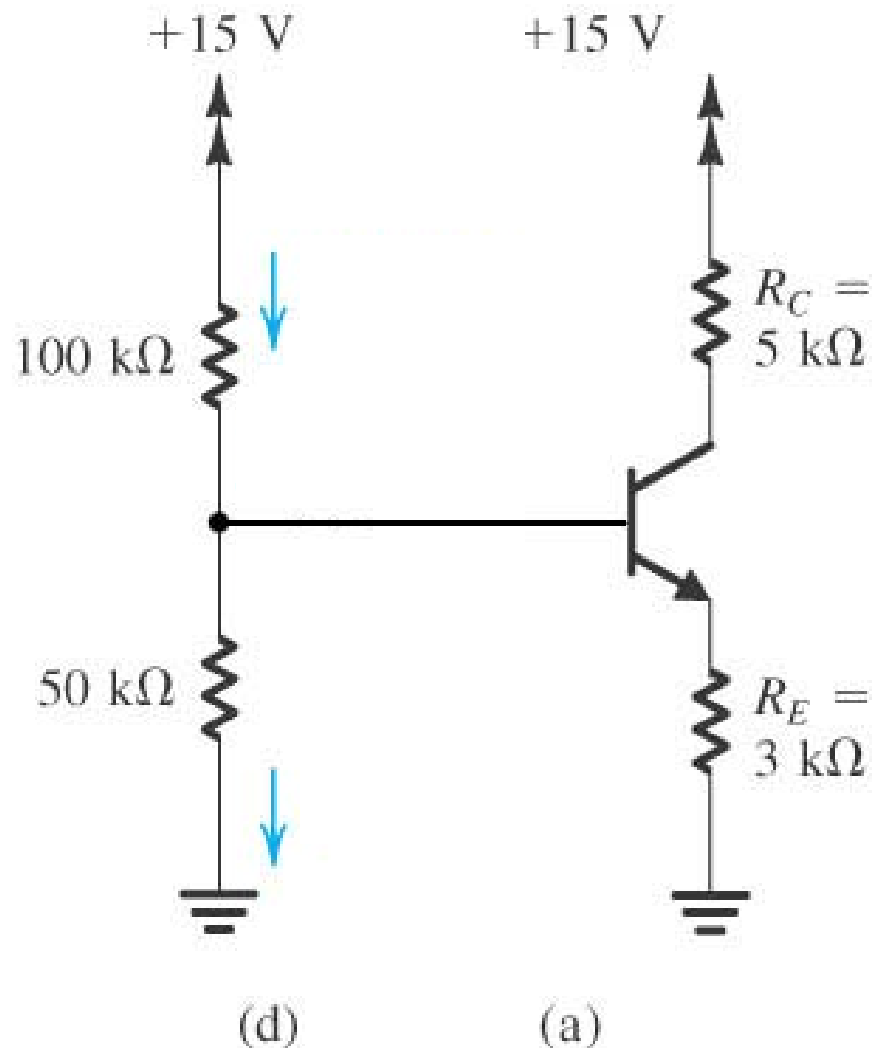
(c)

Exemplo 5.10 Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar todas as tensões nodais e todas as correntes nos ramos. Suponha $\beta = 100$.

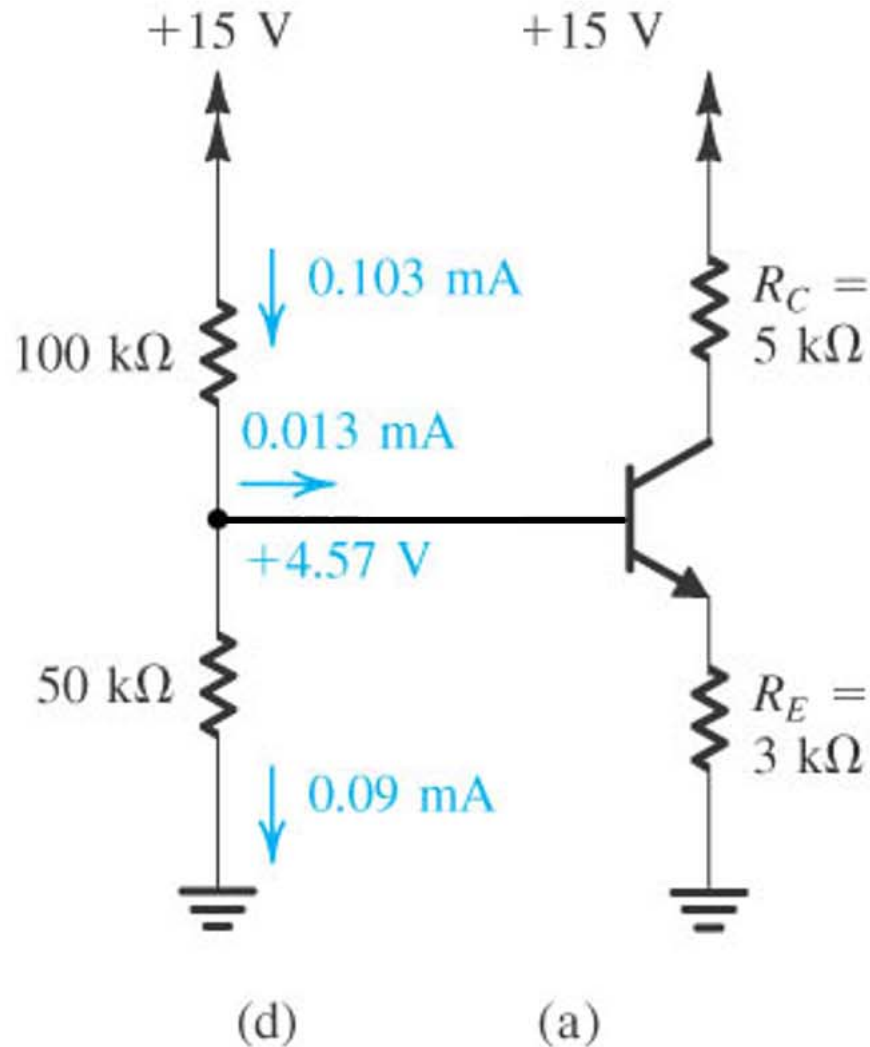


(c)

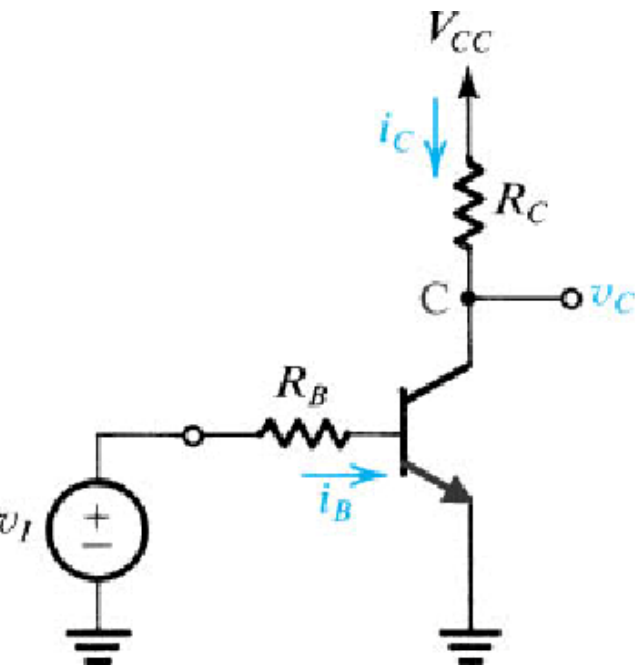
Exemplo 5.10 Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar todas as tensões nodais e todas as correntes nos ramos. Suponha $\beta = 100$.



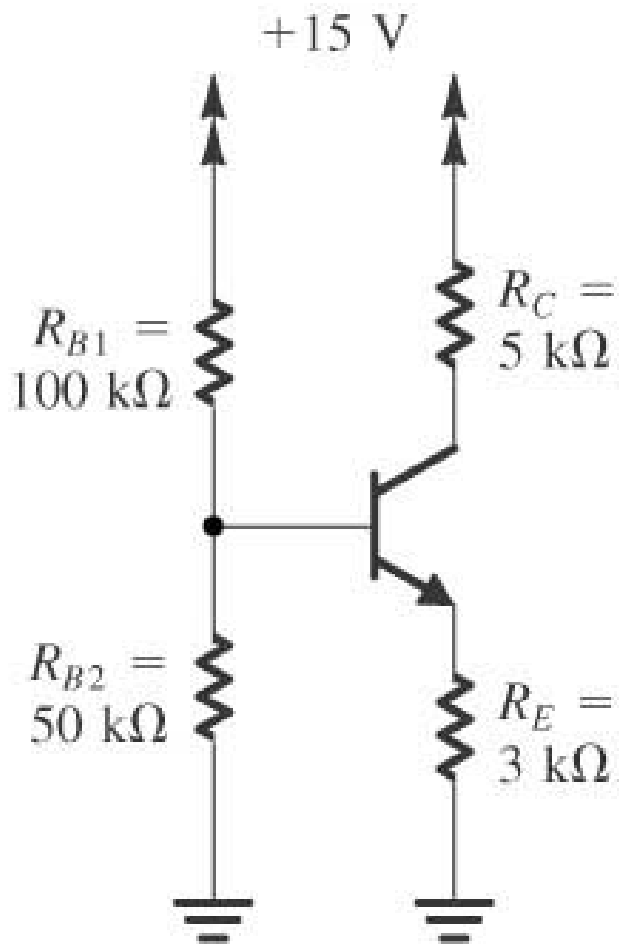
Exemplo 5.10 Desejamos analisar o circuito abaixo para determinar todas as tensões nodais e todas as correntes nos ramos. Suponha $\beta = 100$.



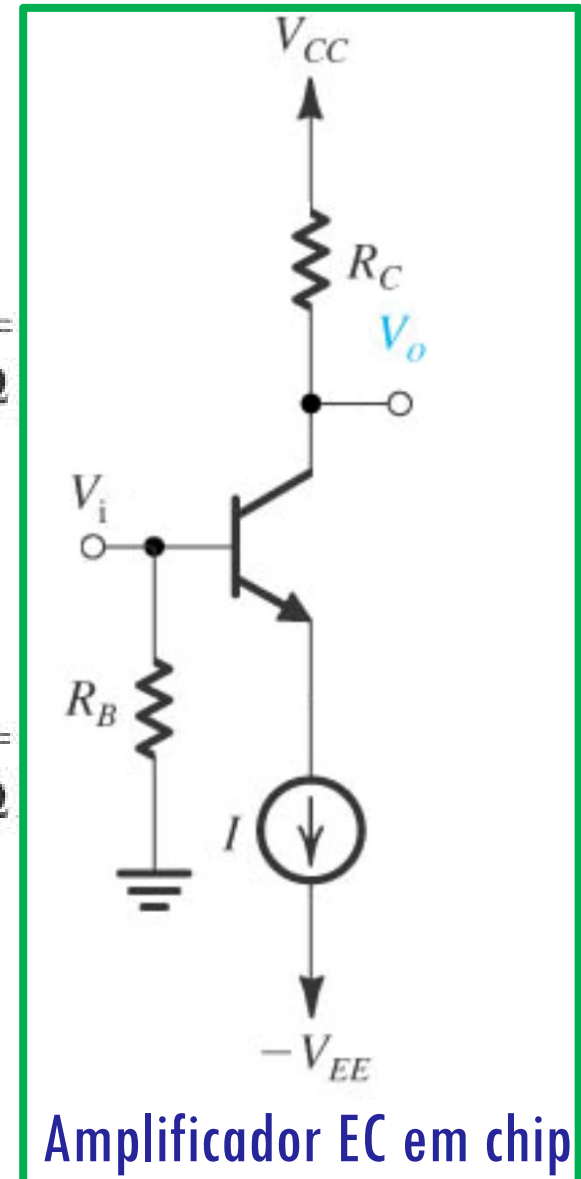
O Amplificador TBJ Emissor Comum (EC)



Amplificador EC
"conceitual"



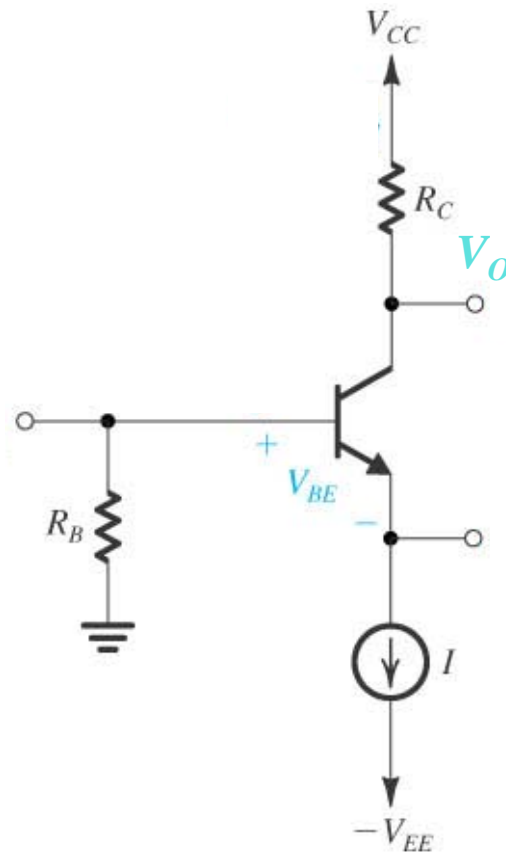
Amplificador EC
1980



Amplificador EC em chip

O Amplificador TBJ Emissor Comum (EC)

Polarização



O Amplificador TBJ Emissor Comum sem R_e (EC)

Análise Pequenos Sinais

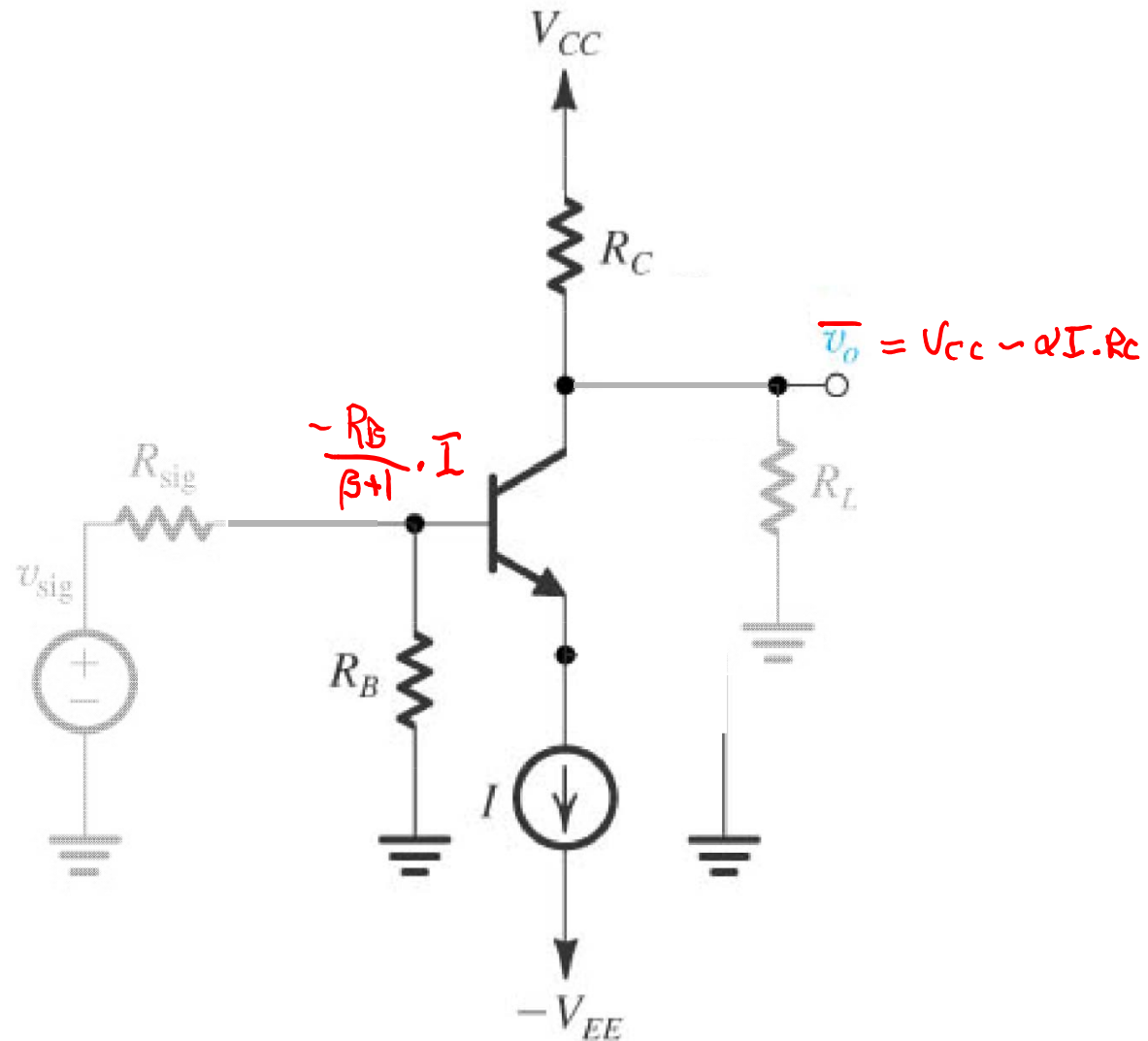
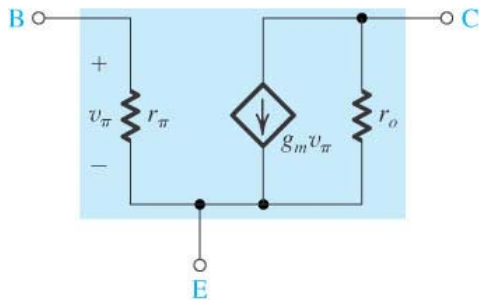
2. parâmetros

$$g_m = I_C / V_T$$

$$r_\pi = \beta / g_m$$

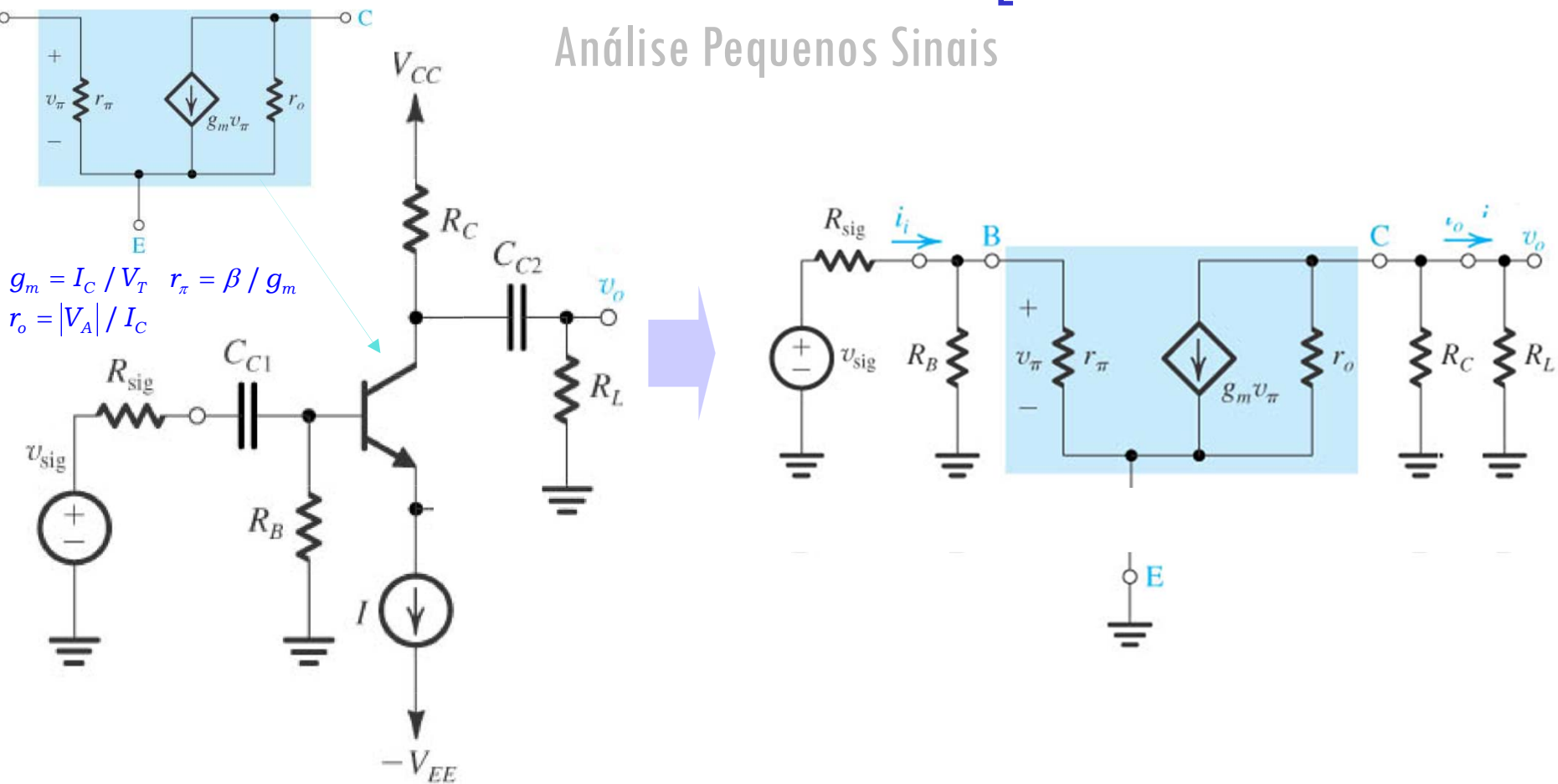
$$r_o = |V_A| / I_C$$

4. modelos



O Amplificador TBJ Emissor Comum sem R_e (EC) e sem capacitor C_E

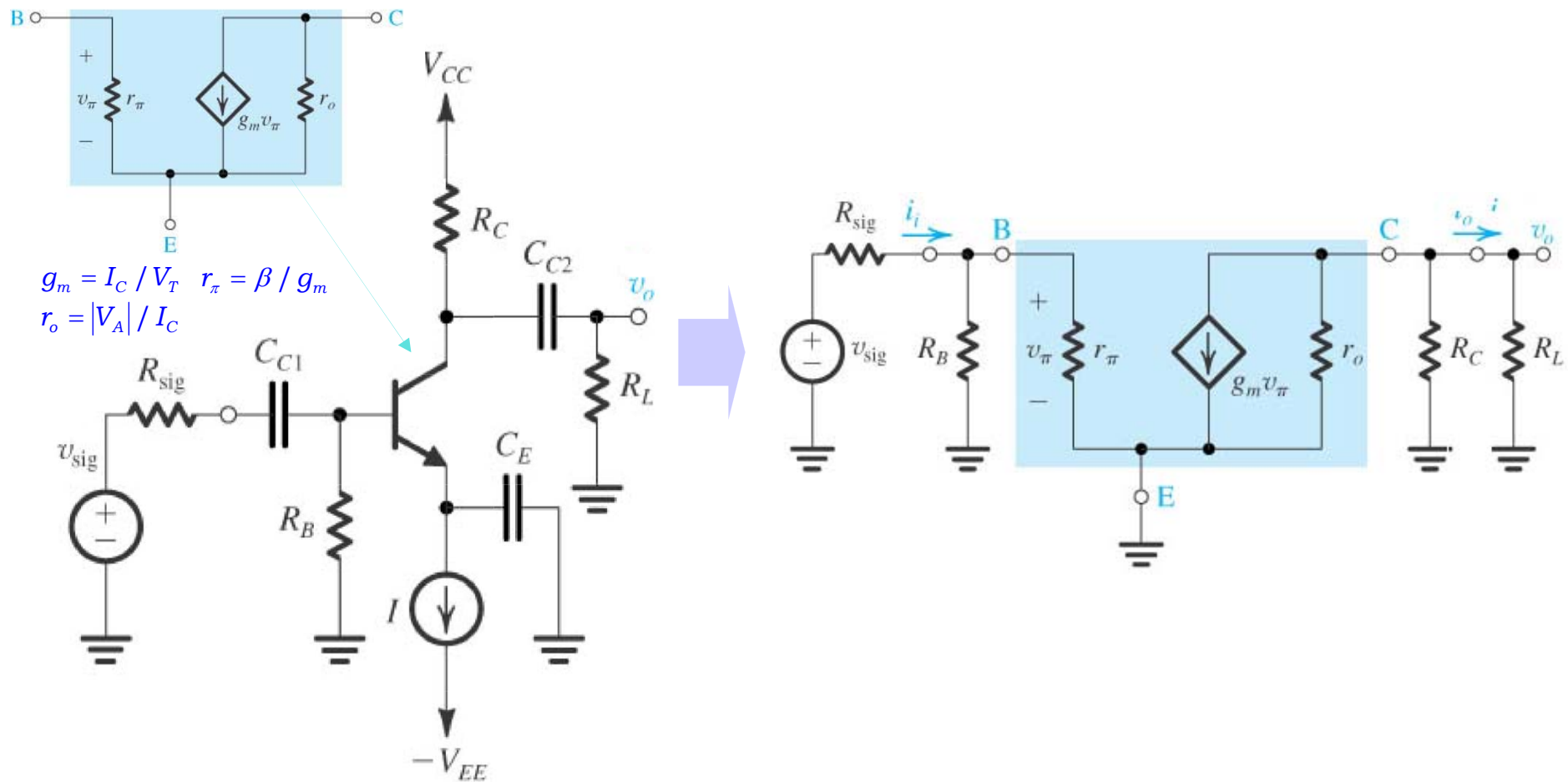
Análise Pequenos Sinais



Agora basta determinar as grandezas de interesse (ganhos, impedâncias, etc.)

O Amplificador TBJ Emissor Comum sem R_e (EC)

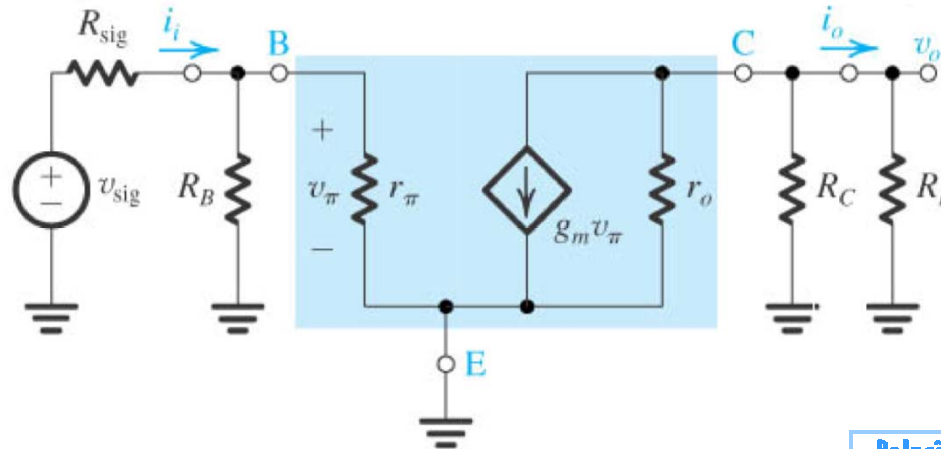
Análise Pequenos Sinais



Agora basta determinar as grandezas de interesse (ganhos, impedâncias, etc.)

O Amplificador TBJ Emissor Comum sem R_e (EC)

Análise Pequenos Sinais



Estratégia de cálculo:

1. Ganho de Tensão: Determinar diretamente a relação v_o por v_i (ou v_{sig}).
2. Impedância de Entrada: Determinar diretamente a relação v_i por i_i
3. Impedância de Saída: Curto-circuitar a fonte de tensão de entrada (v_{sig}) e determinar a relação v_x por i_x
4. Ganho de Corrente (em curto circuito): Curto-circuitar a saída (R_L) e determinar a corrente i_o

Relações

- $\frac{v_i}{v_{sig}} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}}$
- $A_v = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$
- $A_{vo} = G_m R_o$
- $G_m = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$
- $G_{vo} = \frac{R_L}{R_L + R_{sig}} A_{vo}$
- $G_v = G_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$

$$A_v = \left. \frac{v_o}{v_i} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$R_{in} = \left. \frac{v_i}{i_i} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$R_{out} = \left. \frac{v_x}{i_x} \right|_{v_{sig}=0}$$

$$A_{is} = \left. \frac{i_{os}}{i_i} \right|_{\text{Carga}=\text{curto}}$$

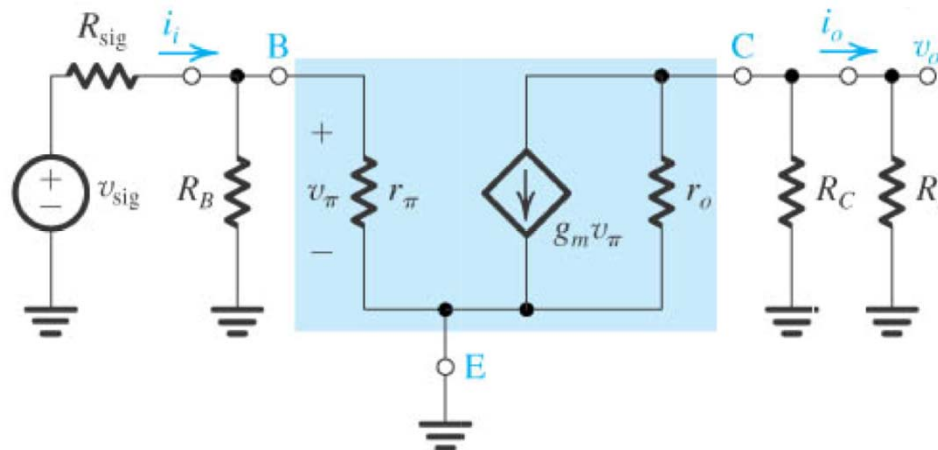
$$G_v = \left. \frac{v_o}{v_{sig}} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

O Amplificador TBJ Emissor Comum sem R_e (EC)

Análise Pequenos Sinais

$$A_v = \left. \frac{v_o}{v_i} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

$$G_v = \left. \frac{v_o}{v_{sig}} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$



$$R_{in} = \left. \frac{v_i}{i_i} \right|_{\text{Carga}=R_L}$$

1. Ganho de Tensão: Determinar diretamente a relação v_o por v_i (ou v_{sig}).

$$v_o = -(R_L \parallel R_C \parallel r_o) g_m v_\pi$$

$$\text{Se } v_\pi = v_i \rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_i} = -g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$$

$$G_v? \quad v_\pi = v_{sig} \frac{(R_B \parallel r_\pi)}{R_{sig} + (R_B \parallel r_\pi)}$$

$$v_o = -(R_L \parallel R_C \parallel r_o) g_m v_{sig} \frac{(R_B \parallel r_\pi)}{R_{sig} + (R_B \parallel r_\pi)}$$

$$G_v = \frac{v_o}{v_{sig}} = - \frac{(R_B \parallel r_\pi)}{R_{sig} + (R_B \parallel r_\pi)} g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$$

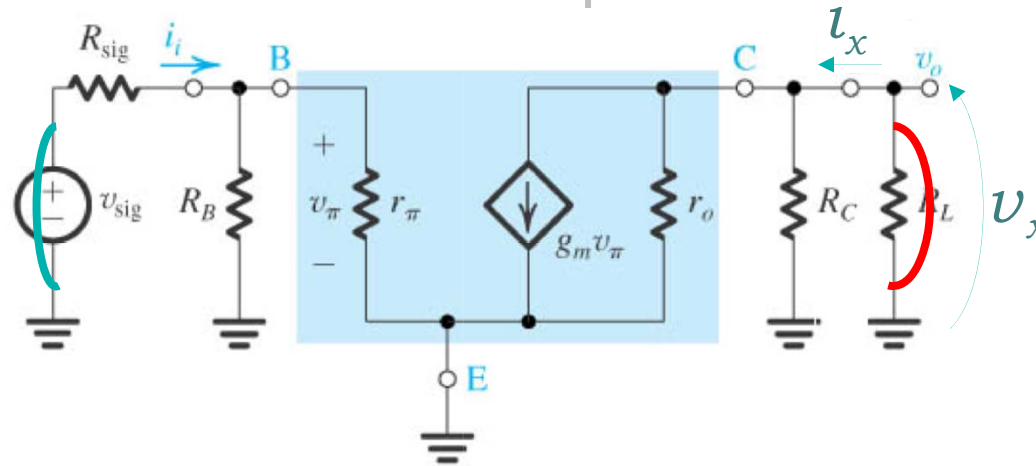
2. Impedância de Entrada: Determinar diretamente a relação v_i por i_i

$$\text{Se } v_\pi = v_i \rightarrow R_{in} = \frac{v_i}{i_i} = \frac{(R_B \parallel r_\pi) i_i}{i_i}$$

$$R_{in} = R_B \parallel r_\pi$$

O Amplificador TBJ Emissor Comum sem R_e (EC)

Análise Pequenos Sinais



$$R_{out} = \left. \frac{v_x}{i_x} \right|_{v_{sig}=0}$$

$$A_{is} = \left. \frac{i_{os}}{i_i} \right|_{\text{Carga=curto}}$$

(max A_i)

3. Impedância de Saída: Curto-circuitar a fonte de tensão de entrada (v_{sig}) e determinar a relação v_x por i_x

$$v_{sig} = 0 \rightarrow i_i = 0 \rightarrow v_{\pi} = 0$$

$$\text{Se } v_{\pi} = 0 \rightarrow g_m v_{\pi} = 0 \text{ (aberto)}$$

$$v_x = (r_o \parallel R_C) i_x$$

$$\frac{v_x}{i_x} = R_{out} = (r_o \parallel R_C)$$

4. Ganho de Corrente (em curto circuito): Curto-circuitar a saída (R_L) e determinar a corrente i_o

$$i_i = \frac{v_{\pi}}{r_{\pi} \parallel R_B}$$

$$i_{os} = -(i_{R_C} + i_{r_o} + g_m v_{\pi})$$

$$i_{os} = -g_m v_{\pi}$$

$$i_{os} = -g_m (r_{\pi} \parallel R_B) i_i$$

$$A_{is} = \frac{i_{os}}{i_i} = -g_m (r_{\pi} \parallel R_B)$$

$$A_{is} \approx -g_m r_{\pi} = -g_m \frac{\beta}{g_m} = -\beta$$

2. parâmetros

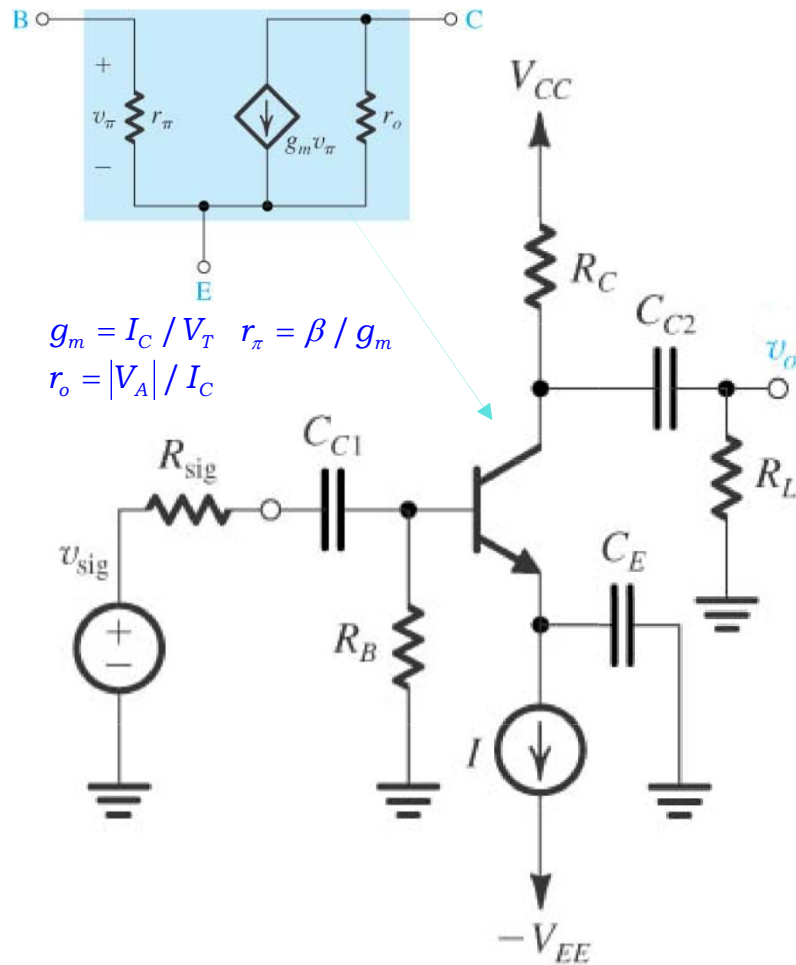
$$g_m = I_C / V_T$$

$$r_{\pi} = \beta / g_m$$

$$r_o = |V_A| / I_C$$

O Amplificador TBJ Emissor Comum sem R_e (EC)

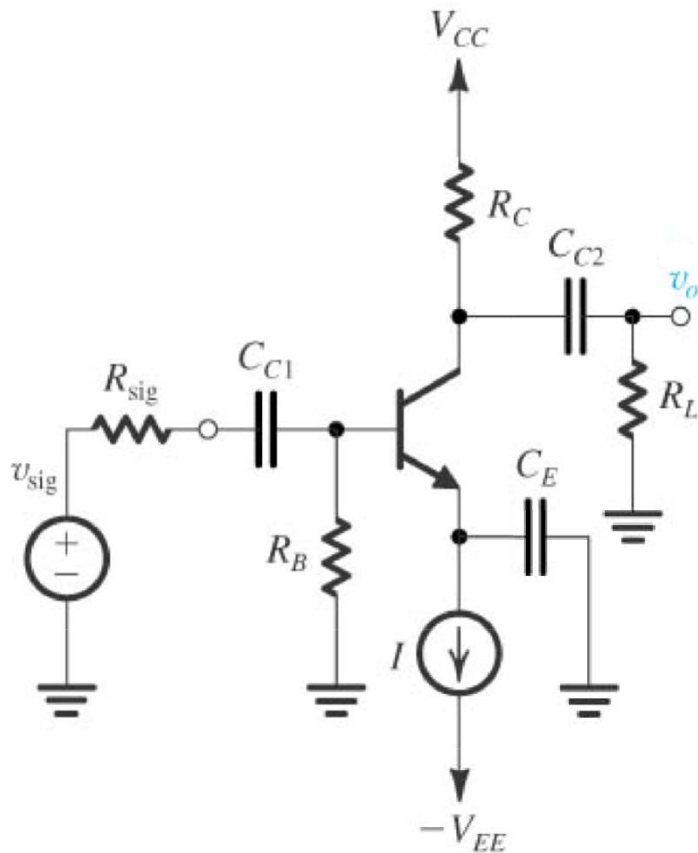
Análise Pequenos Sinais



Para Amplif. de Tensão:

$A_v = -g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$ → Idealmente elevado
 $R_{in} = R_B \parallel r_\pi$ → Idealmente infinito
 $R_{out} = (r_o \parallel R_C)$ → Idealmente zero
 $A_{is} \approx -g_m r_\pi = -g_m \frac{\beta}{g_m} = -\beta$ → Idealmente elevado

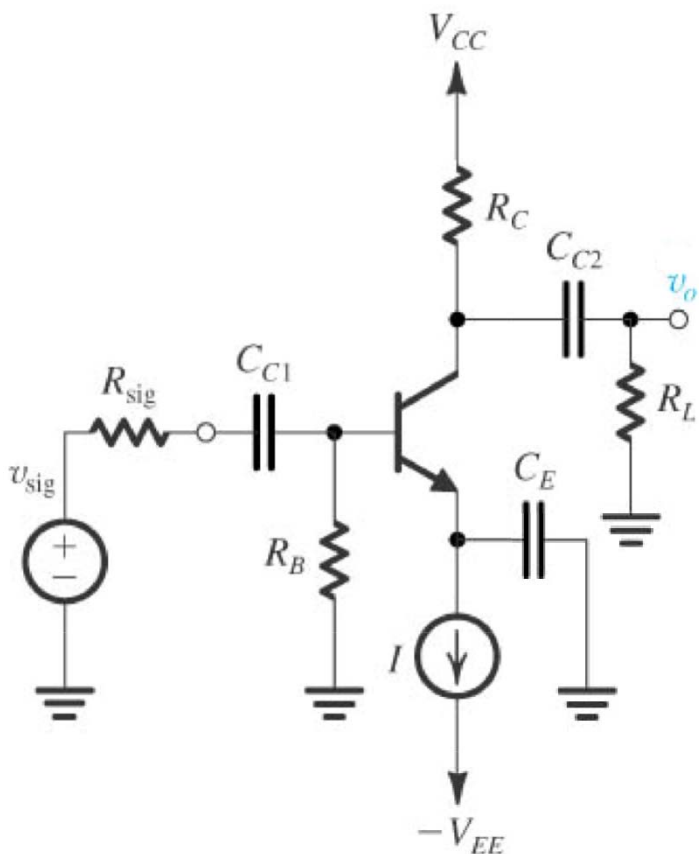
Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5k\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5k\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{sig} estiver limitada a 5mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e a amplitude correspondente em v_o ? $\beta = 100$ e $V_A = 100V$



Estratégia de análise:

1. Determine o ponto de operação cc do TBJ e em particular o valor da corrente cc de coletor, I_C
2. Calcule os valores dos parâmetros do modelo para pequenos sinais: $g_m = I_C/V_T$, $r_\pi = \beta/g_m$ e/ou outros parâmetros r_o , $r_e = V_T/I_E$, etc.
3. Elimine as fontes cc substituindo cada fonte cc de tensão por um curto-circuito e cada fonte cc de corrente por um circuito aberto. Substitua os capacitores externos por curtos (freq medias).
4. Substitua a TBJ por um dos seus modelos equivalentes. Embora qualquer um dos modelos possa ser utilizado, um deles deve ser mais conveniente dependendo do circuito a ser analisado.
5. Analise o circuito resultante para determinar as grandezas de interesse (por exemplo, ganho de tensão, resistência de entrada).

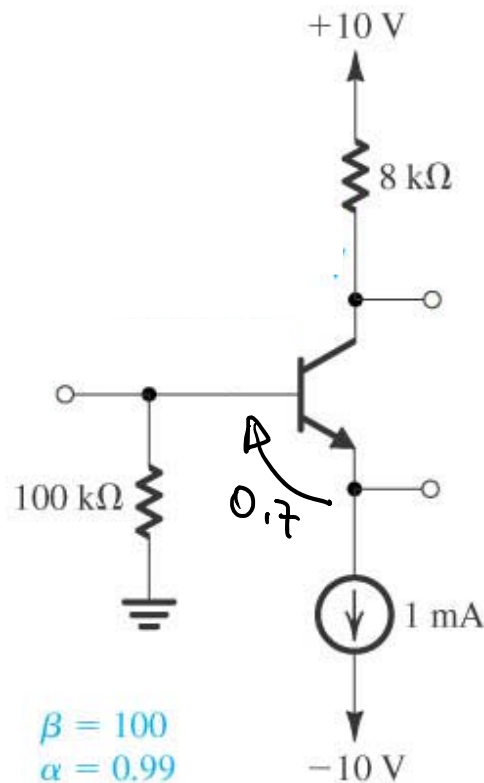
Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5k\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5k\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{π} estiver limitada a 5mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e amplitude correspondente em v_o ?



$$\beta = 100 \text{ e } V_A = 100V$$

Estratégia de análise:

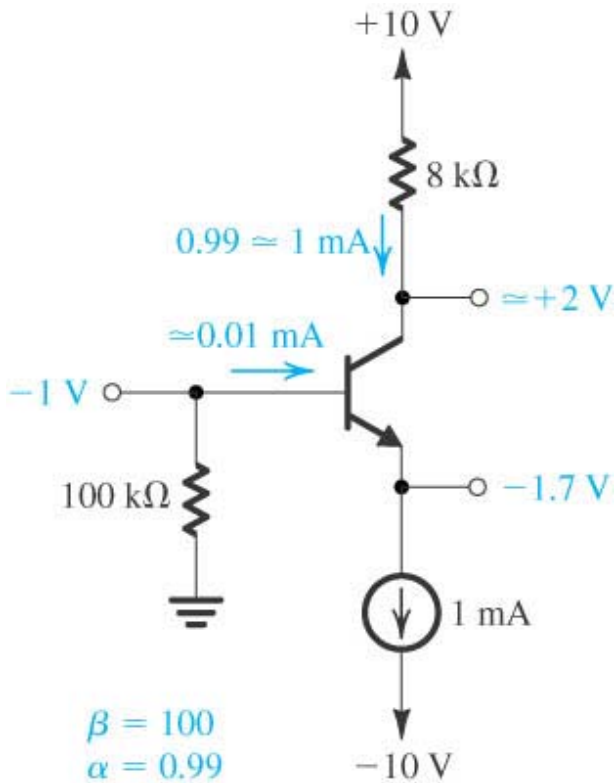
1. Determine o ponto de operação cc do TBJ e em particular o valor da corrente cc de coletor, I_C



$$\beta = 100$$

$$\alpha = 0.99$$

Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5k\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5k\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{pi} estiver limitada a 5mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e a amplitude correspondente em v_o ?



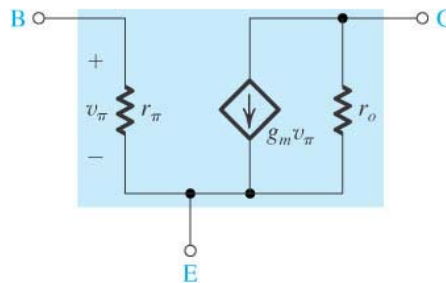
$$\beta = 100$$

$$\alpha = 0.99$$

$$\beta = 100 \text{ e } V_A = 100V$$

Estratégia de análise:

1. Determine o ponto de operação CC do TBJ e em particular o valor da corrente CC de coletor, I_C
2. Calcule os valores dos parâmetros do modelo para pequenos sinais: $g_m = I_C / V_T$, $r_\pi = \beta / g_m$ e/ou outros parâmetros (r_o), $r_e = V_T / I_E$



$$g_m = I_C / V_T = 1,0\text{mA} / 25\text{mV} = 40\text{mA/V}$$

$$r_\pi = \beta / g_m = 100 / 40\text{mA/V} = 2,5 \text{ k}\Omega$$

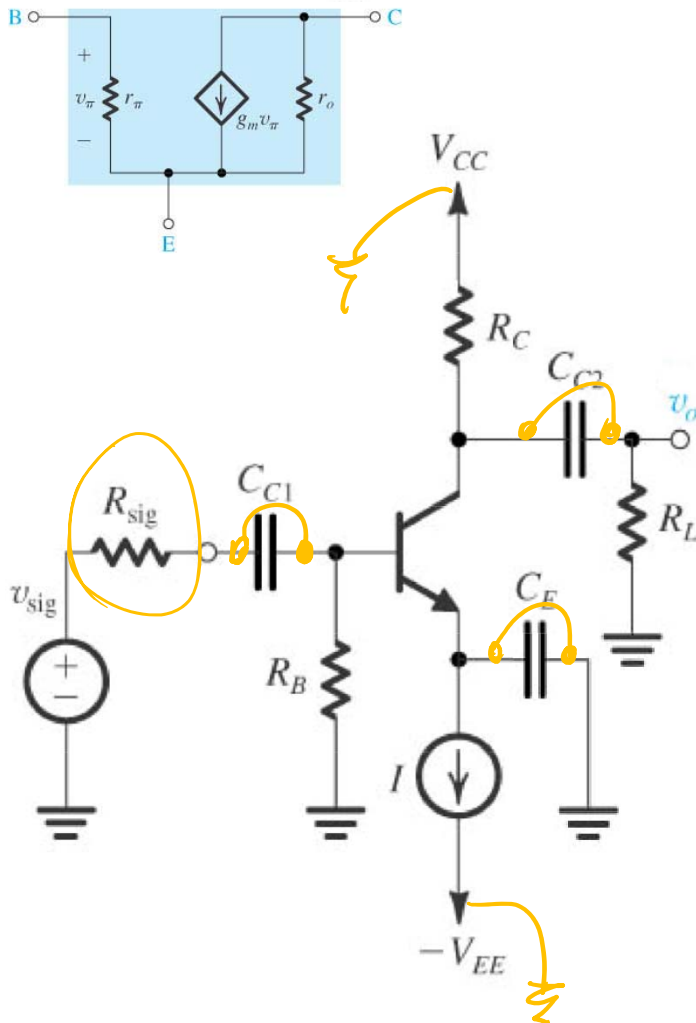
$$r_e = V_T / I_E = 25\text{m} / 1\text{mA} = 25 \Omega$$

$$r_o = |V_A| / I_C = 100 / 1\text{m} = 100\text{k}\Omega$$

Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5\text{ k}\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5\text{ k}\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{pi} estiver limitada a 5 mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e a amplitude correspondente em v_o ?

$$V_A = 100\text{ V} \quad g_m = 40\text{ mA/V} \quad r_o = 100\text{ k}\Omega$$

$$r_e = 25\ \Omega \quad r_{\pi} = 2.5\text{ k}\Omega$$



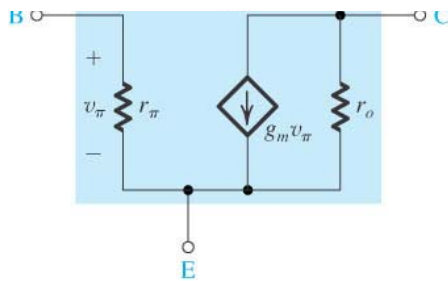
Estratégia de análise:

1. Determine o ponto de operação cc do TBJ e em particular o valor da corrente cc de coletor, I_C
2. Calcule os valores dos parâmetros do modelo para pequenos sinais: $g_m = I_C/V_T$, $r_{\pi} = \beta/g_m$ e/ou outros parâmetros (r_o), $r_e = V_T/I_E$
3. Elimine as fontes cc substituindo cada fonte cc de tensão por um curto-circuito e cada fonte cc de corrente por um circuito aberto. Substitua os capacitores externos por curtos (freq medias).
4. Substitua a TBJ por um dos seus modelos equivalentes. Embora qualquer um dos modelos possa ser utilizado, um deles deve ser mais conveniente dependendo do circuito a ser analisado.
5. Analise o circuito resultante para determinar as grandezas de interesse (por exemplo, ganho de tensão, resistência de entrada).

Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5k\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5k\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{pi} estiver limitada a 5mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e a amplitude correspondente em v_o ?

$$V_A = 100\text{ V} \quad g_m = 40\text{ mA/V} \quad r_o = 100\text{ k}\Omega$$

$$r_e = 25\ \Omega \quad r_\pi = 2.5\text{ k}\Omega$$



$$R_C = 8k\Omega; R_B = 100k\Omega;$$

$$R_L = 5k\Omega; R_{sig} = 5k\Omega;$$

$$A_v = -g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$$

$$R_{in} = R_B \parallel r_\pi$$

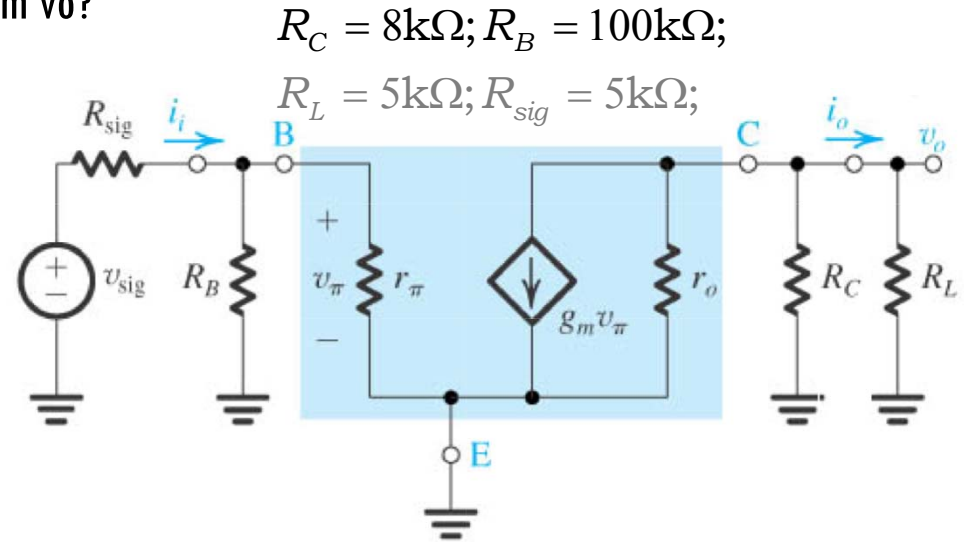
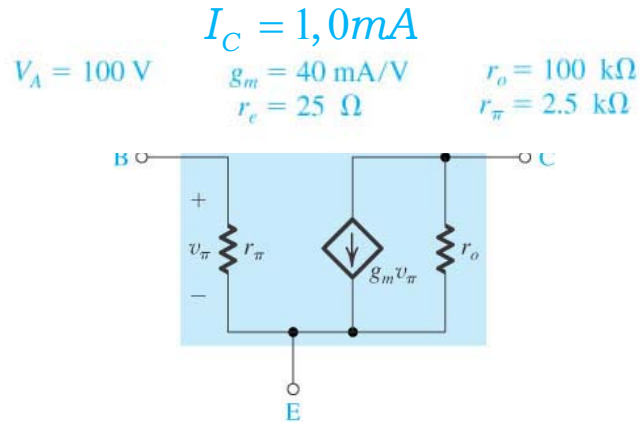
$$R_{out} = (r_o \parallel R_C)$$

$$A_{is} \approx -g_m r_\pi = -g_m \frac{\beta}{g_m} = -\beta$$

Estratégia de análise:

1. Determine o ponto de operação cc do TBJ e em particular o valor da corrente cc de coletor, I_C
2. Calcule os valores dos parâmetros do modelo para pequenos sinais: $g_m = I_C/V_T$, $r_\pi = \beta/g_m$ e/ou outros parâmetros (r_o), $r_e = V_T/I_E$
3. Elimine as fontes cc substituindo cada fonte cc de tensão por um curto-circuito e cada fonte cc de corrente por um circuito aberto. Substitua os capacitores externos por curtos (freq medias).
4. Substitua a TBJ por um dos seus modelos equivalentes. Embora qualquer um dos modelos possa ser utilizado, um deles deve ser mais conveniente dependendo do circuito a ser analisado.
5. Analise o circuito resultante para determinar as grandezas de interesse (por exemplo, ganho de tensão, resistência de entrada).

Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5k\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5k\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{pi} estiver limitada a 5mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e a amplitude correspondente em v_o ?



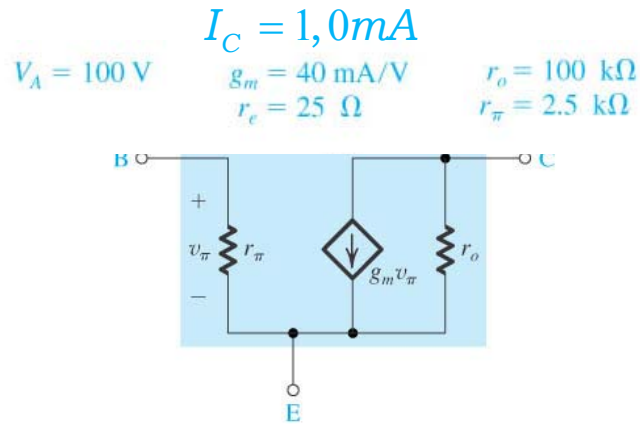
$$A_v = -g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$$

$$R_{in} = R_B \parallel r_\pi$$

$$R_{out} = (r_o \parallel R_C)$$

$$A_{is} \approx -g_m r_\pi = -g_m \frac{\beta}{g_m} = -\beta$$

Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5k\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5k\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{pi} estiver limitada a 5mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e a amplitude correspondente em v_o ?



$$R_C = 8k\Omega; R_B = 100k\Omega;$$

$$R_L = 5k\Omega; R_{sig} = 5k\Omega;$$

$$A_v = -g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$$

$$R_{in} = R_B \parallel r_\pi$$

$$R_{out} = (r_o \parallel R_C)$$

$$A_{is} \approx -g_m r_\pi = -g_m \frac{\beta}{g_m} = -\beta$$

$$A_v \Big|_{c/R_L} = -40m(100k \parallel 8k \parallel 5k) = -119V/V$$

$$A_v \Big|_{s/R_L} = -40m(100k \parallel 8k) = -296V/V$$

$$A_v \Big|_{s/r_o \text{ e } R_L} = -40m(8k) = -320V/V$$

$$R_{in} \Big|_{c/R_B} = 100k \parallel 2,5k = 2,4k\Omega$$

$$R_{in} \Big|_{s/R_B} = 2,5k$$

$$R_{out} \Big|_{c/r_o} = 100k \parallel 8k = 7,4k\Omega$$

$$R_{out} \Big|_{s/r_o} = 8k\Omega$$

$$A_{is} \Big|_{s/R_B} \approx -g_m r_\pi = -\beta = 100A/A$$

$$A_{is} \Big|_{c/R_B} \approx -g_m (r_\pi \parallel R_B) = -40m(2,5k \parallel 100k) = -97,6A/A$$

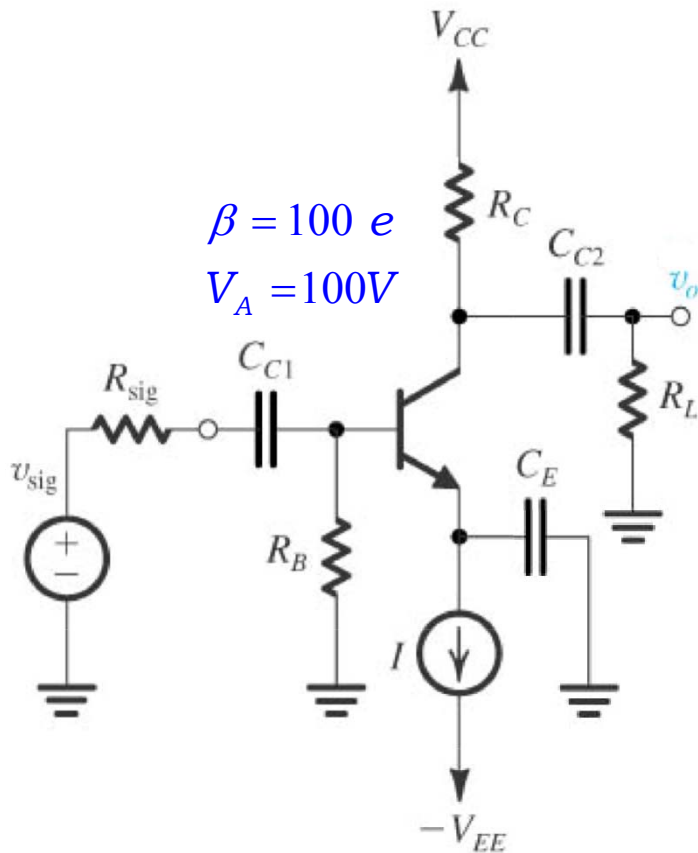
Relações

$$\frac{v_L}{v_{sig}} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}}$$

$$G_v = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$$

$$G_v \Big|_{c/R_L} = \frac{(100k \parallel 2,5k)}{(100k \parallel 2,5k) + 5k} (-119V/V) = -39V/V$$

Exercício 5.43: Considere o amplificador EC abaixo quando polarizado como indicado. Determine R_{in} (com e sem R_B), A_{vo} (com e sem r_o), R_{out} (com e sem r_o) e A_{is} (com e sem R_B). Para $R_L = 5k\Omega$, determine A_v . Se $R_{sig} = 5k\Omega$, determine G_v . Se a onda senoidal em v_{π} estiver limitada a 5mV de pico, qual a amplitude máxima de v_{sig} e amplitude correspondente em v_o ?



$$A_v = -g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L) \quad A_v \Big|_{s/r_o, eR_L} = -320 V/V$$

$$R_{in} = R_B \parallel r_{\pi} \quad R_{in} \Big|_{c/R_B} = 2,4k\Omega$$

$$R_{in} \Big|_{s/R_B} = 2,5k$$

$$R_{out} = (r_o \parallel R_C) \quad R_{out} \Big|_{s/r_o} = 8k\Omega$$

$$A_{is} \approx -g_m r_{\pi} = -g_m \frac{\beta}{g_m} = -\beta$$

$$A_{is} \Big|_{c/R_B} \approx -g_m (r_{\pi} \parallel R_B) = -97,6 A/A$$

$$G_v \Big|_{c/R_L} = -39,9 V / V$$

$$R_C = 8k\Omega; R_B = 100k\Omega;$$

$$R_L = 5k\Omega; R_{sig} = 5k\Omega;$$