

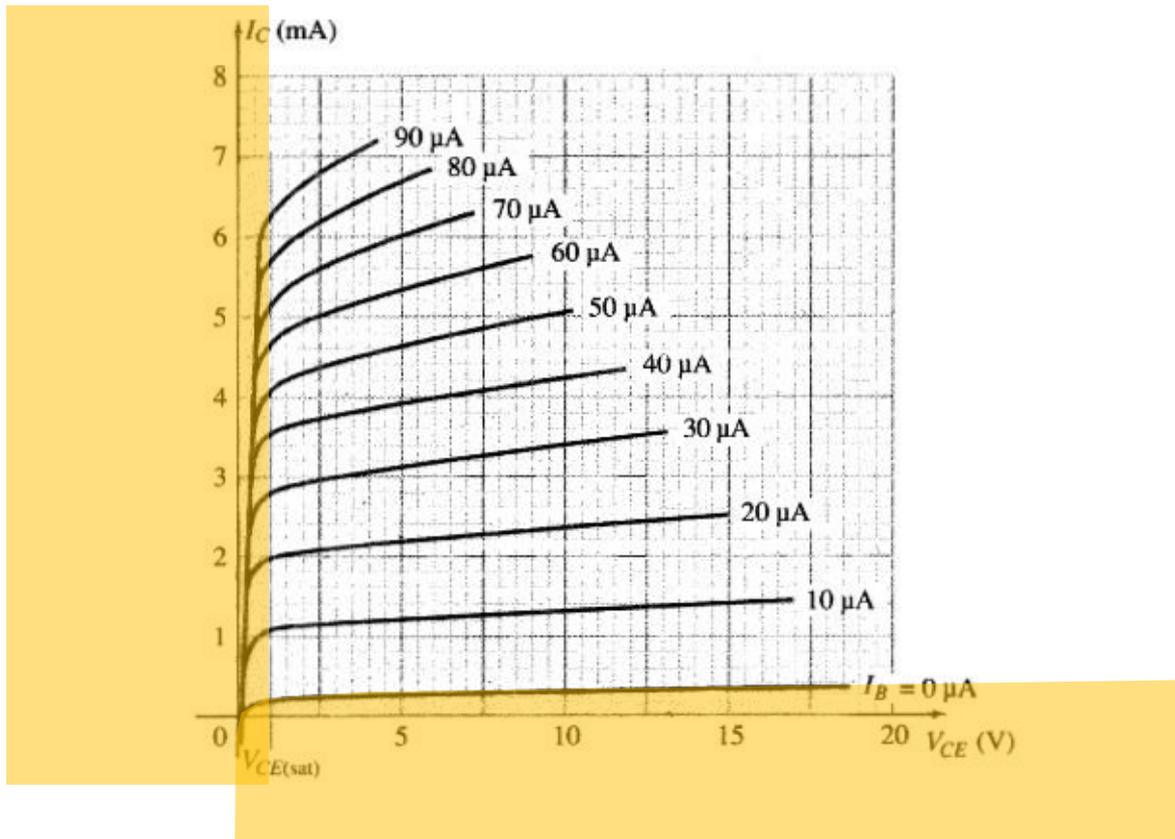
Polarização do BJT

Polarização do BJT

- Basicamente precisaremos lembrar que:
 - $v_{BE} = 0.7 \text{ V}$ (fornecido)
 - $i_E = (\beta + 1) i_B \approx i_C$
 - $i_C = \beta i_B$
 - Iniciamos as análises determinado i_B e posteriormente usamos as relações acima + leis de Kirchoff
 - Conceito de ponto quiescente ou de operação.
 - Região na qual o transistor funcionará.
 - Preferencialmente região ativa do transistor.

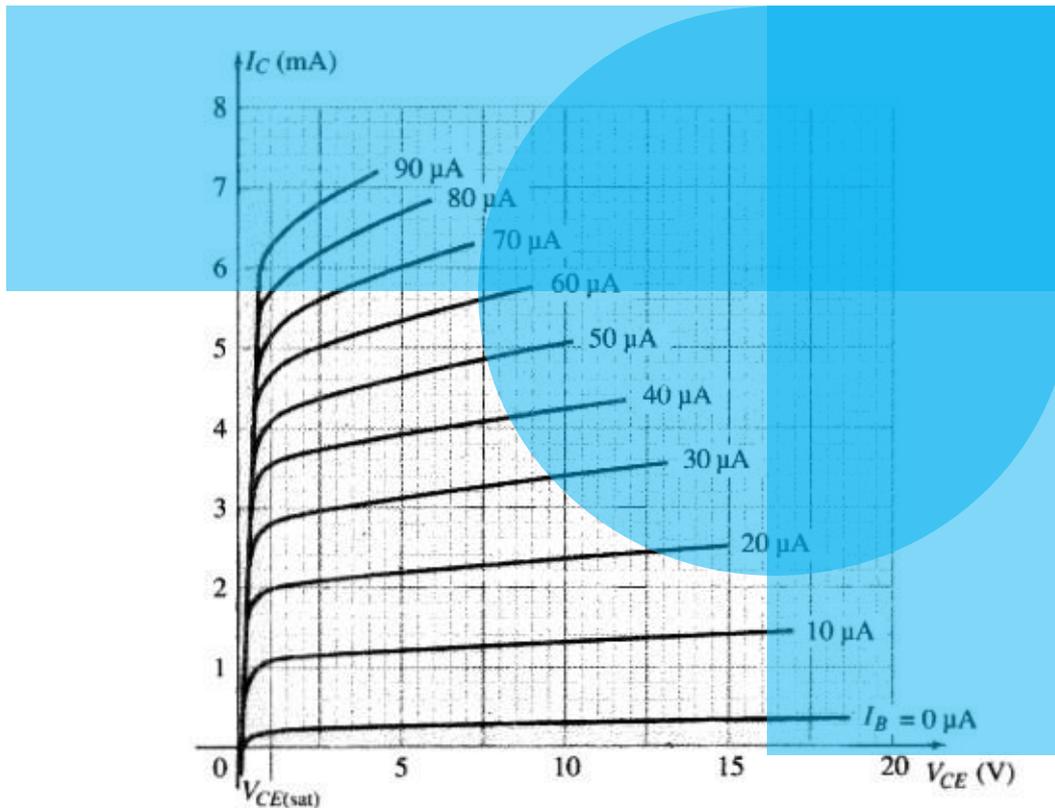
Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - Região de saturação e de corte.



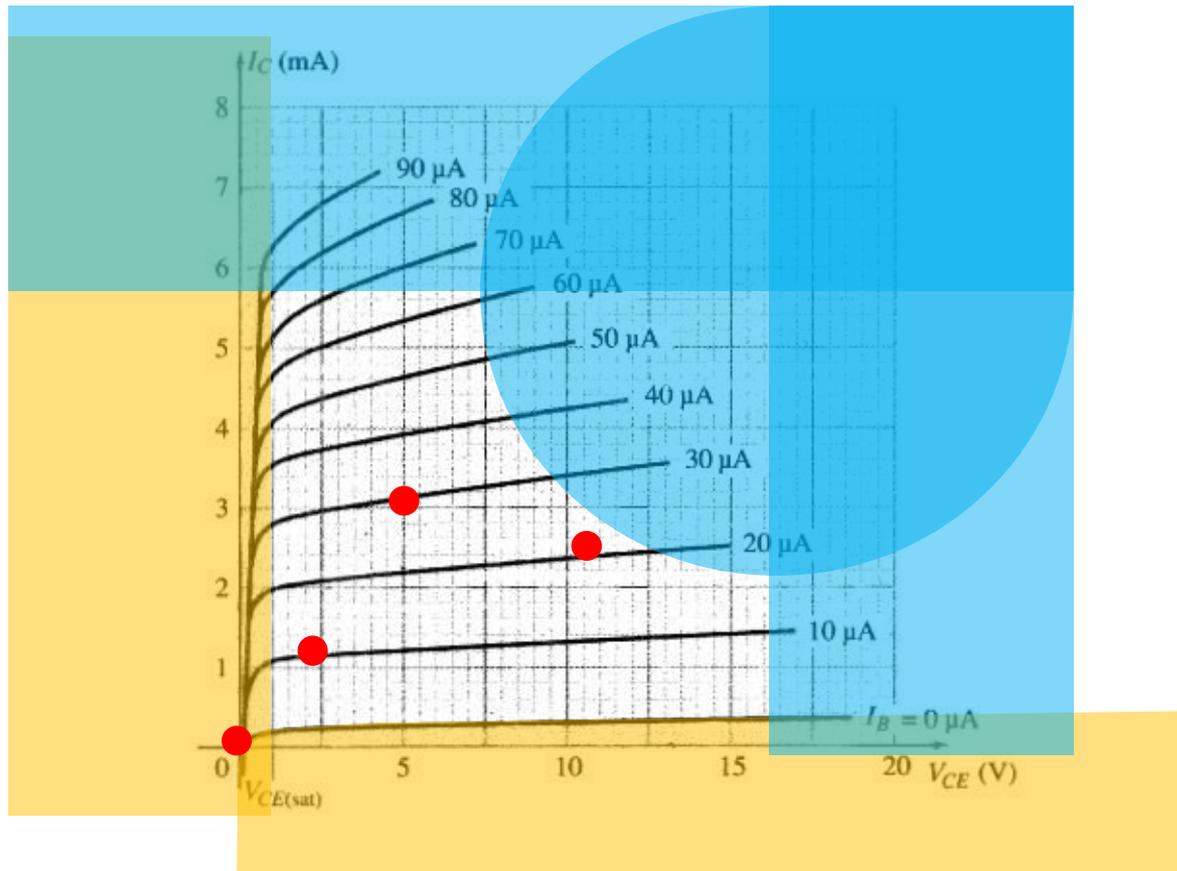
Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - Limites de corrente, tensão e potência.



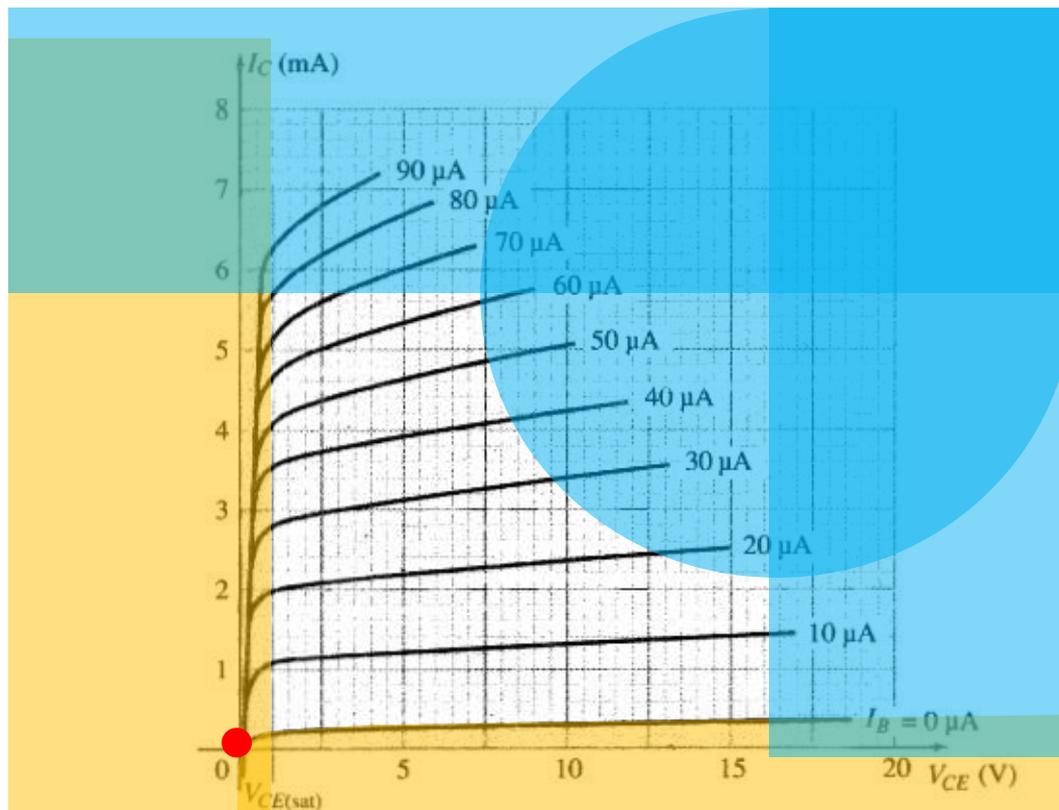
Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - Região ativa e pontos possíveis de operação.



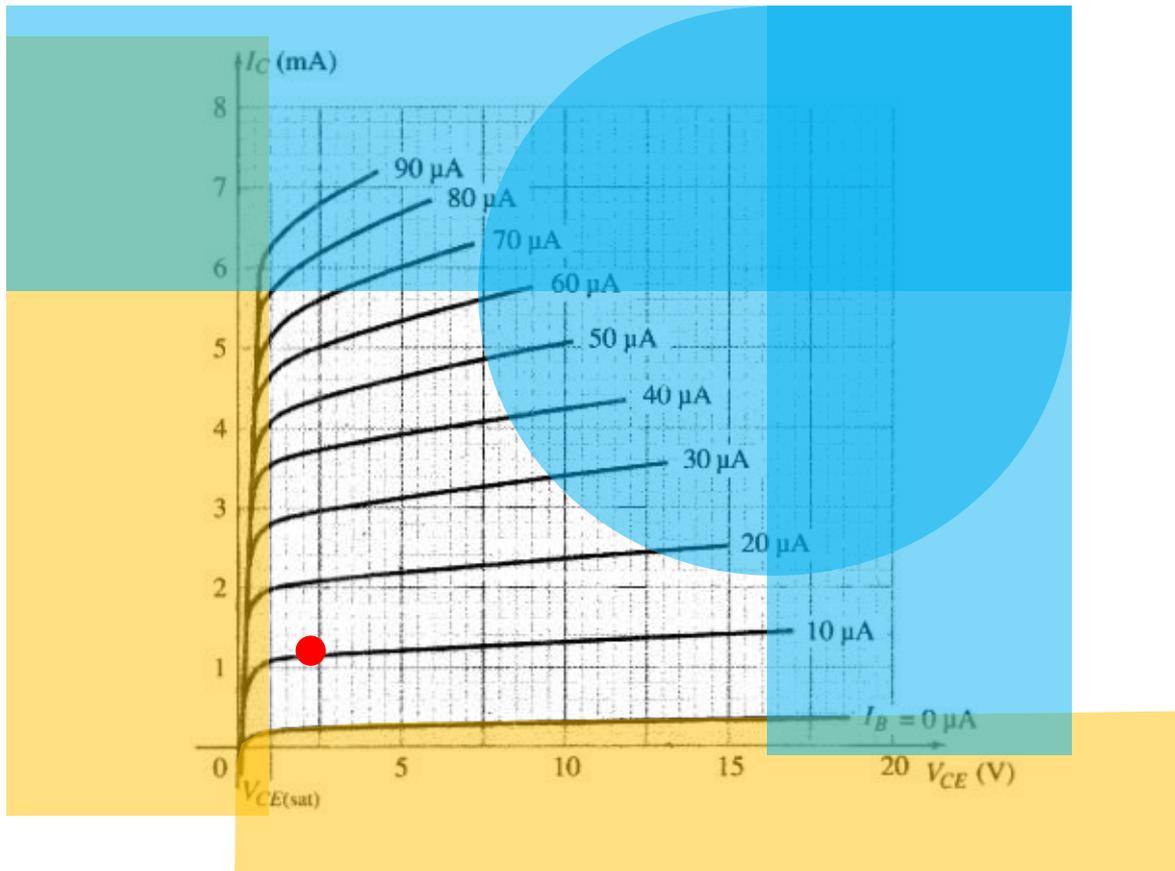
Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - Transistor desligado



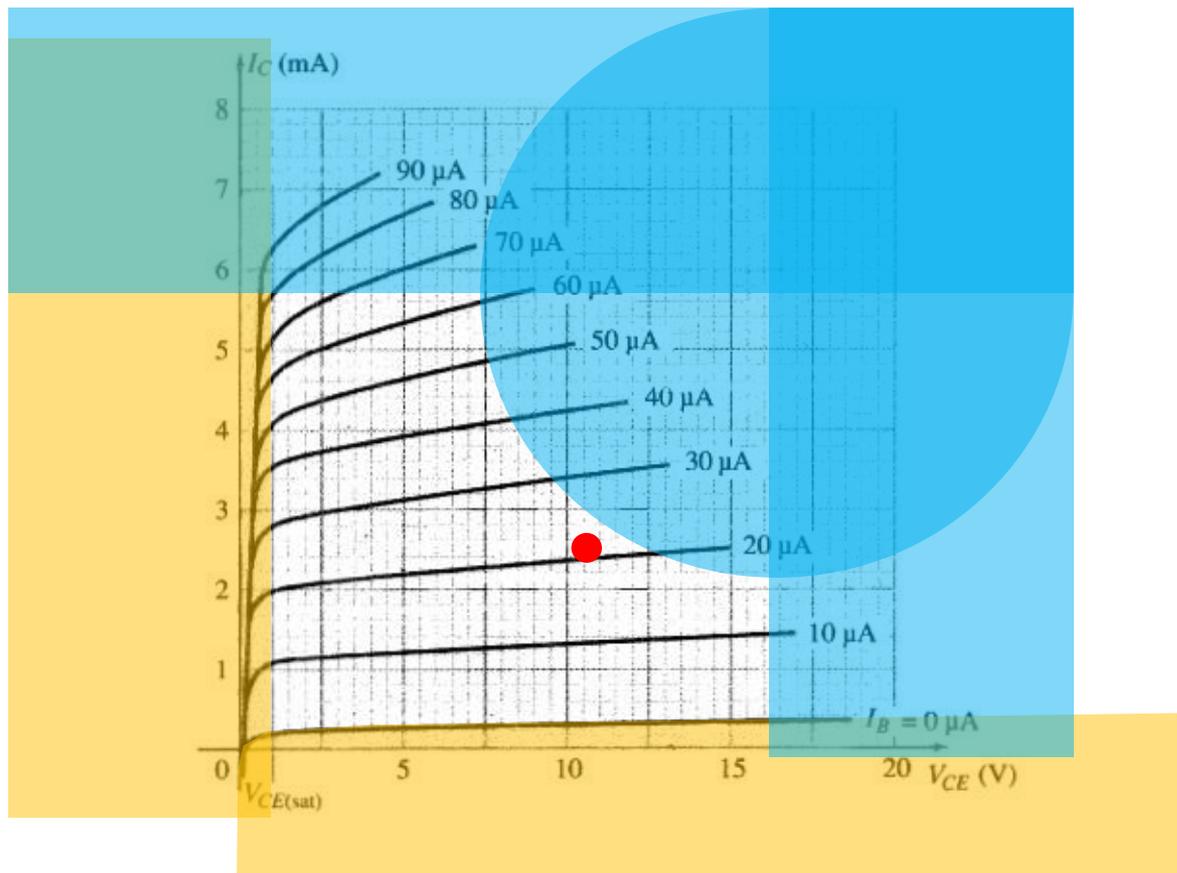
Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - Transistor ligado, mas tende a saturação.



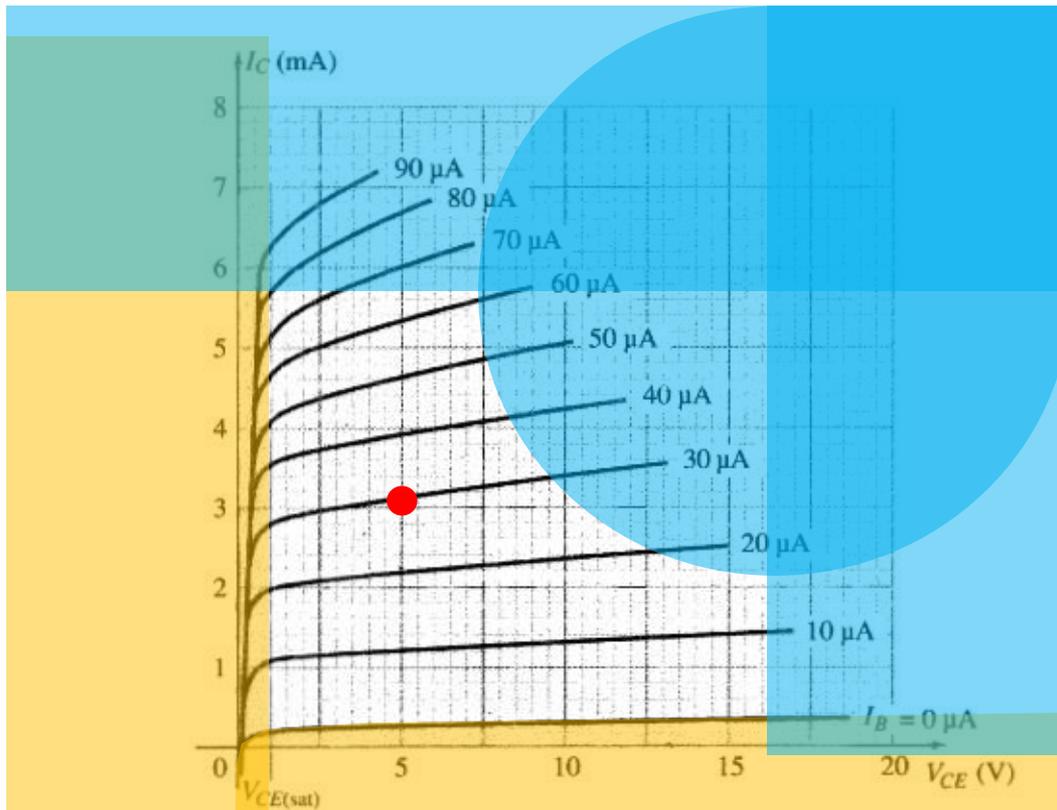
Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - Transistor ligado mas tende a limite de potência



Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - Transistor ligado para “pequenos sinais”

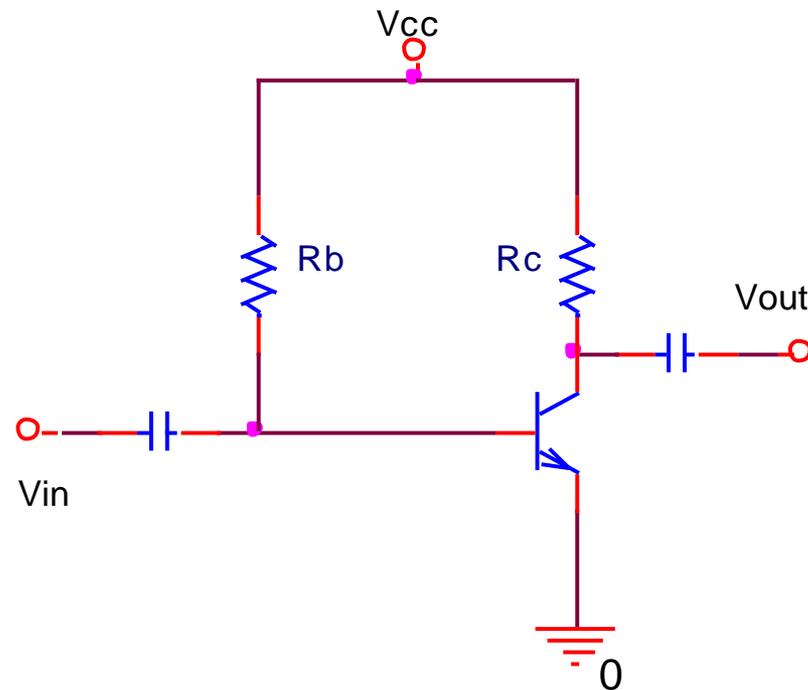


Polarização do BJT

- Ponto de operação
 - ▣ Buscamos uma região linear
 - i_C é linearmente proporcional a v_{CE} .
 - Variação de i_B provoca variação linear em v_{CE} .
 - Para amplificação (veremos depois) linear.
 - ▣ Buscamos circuito estável.
 - Variação de temperatura não altera ponto de operação.
 - Variação de h_{fe} (β_{AC}) não altera ponto de operação.

Polarização do BJT

- Circuito de polarização fixa



Polarização do BJT

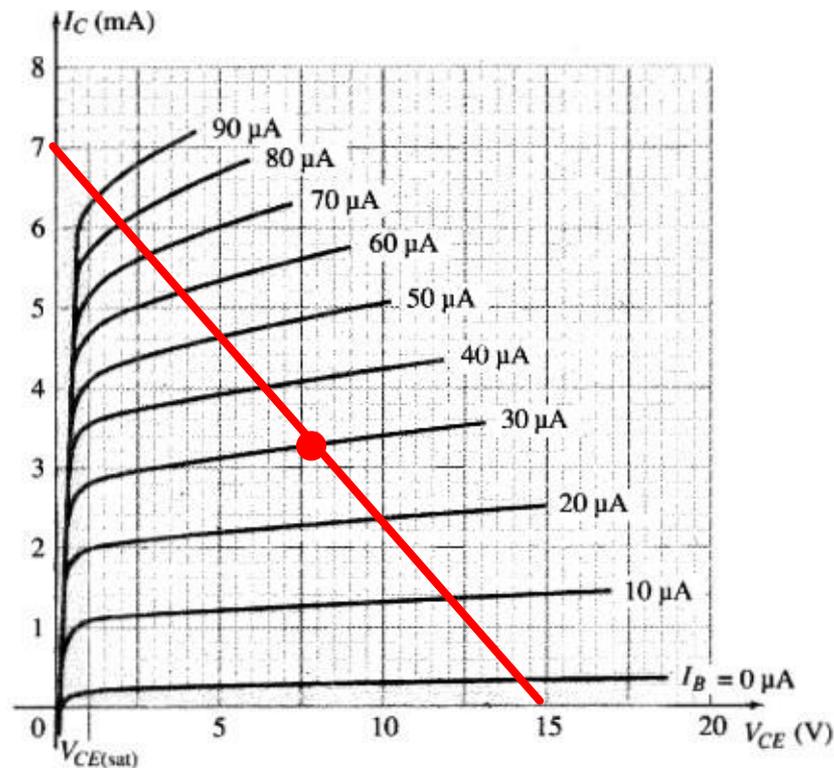
- Circuito de polarização fixa
 - ▣ Usamos capacitores para isolar níveis DC.
 - Perturbação do ponto de operação.
 - ▣ Tensão de alimentação e resistores devem tornar o circuito ativo, na região de operação.
 - Corrente de saturação $I_{C\text{sat}}$.
 - Corrente limítrofe quando o circuito está em saturação.
 - Idéia de corrente máxima suportada pelo coletor.
 - Obtida com base no $V_{CE\text{sat}}$ ($V_{CE} < V_{CE\text{sat}}$).
 - Para facilitar o cálculos, assumimos $V_{CE\text{sat}} = 0$ e determinamos i_C (que será $i_{C\text{sat}}$).

Polarização do BJT

- Circuito de polarização fixa
 - ▣ Método da reta de carga.
 - Temos duas curvas básicas
 - $i_B \times v_{BE}$
 - $i_C \times v_{CE}$
 - Assumimos $v_{BE} = 0.7$
 - Lembre-se que estamos polarizando o transistor, ou seja, a partir dessa tensão a corrente i_C é influenciada apenas por v_{CE} .
 - Determinamos a influência do circuito resistivo sobre i_C e v_{CE}
 - (reta de carga)

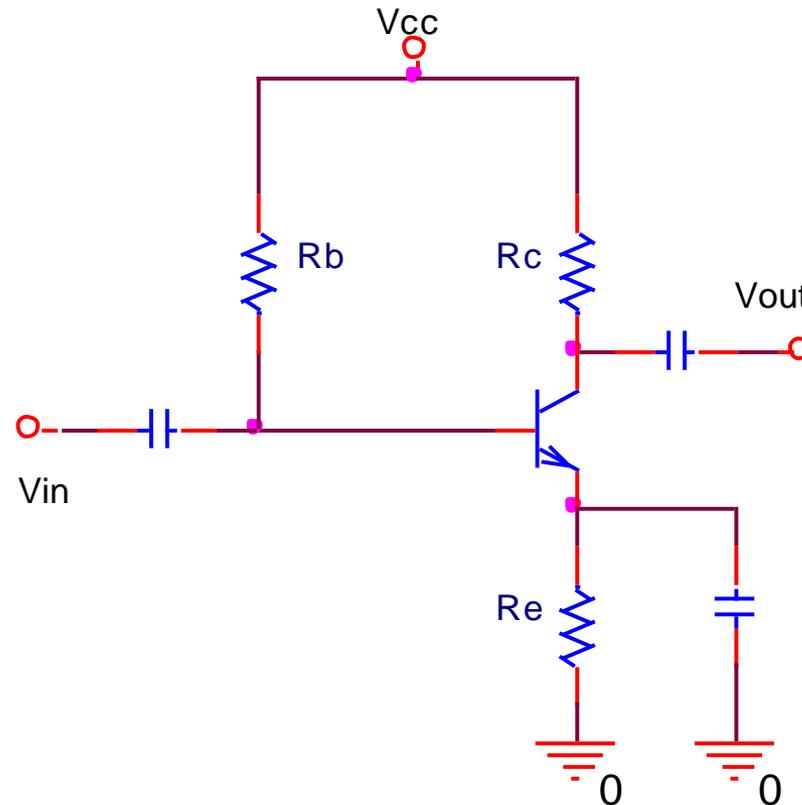
Polarização do BJT

- Circuito de polarização fixa
 - ▣ Influências de v_{BE} , r_C e v_{CC} sobre operação:



Polarização do BJT

- Circuito de polarização estável via emissor
 - ▣ Incluímos um resistor no emissor (r_E)

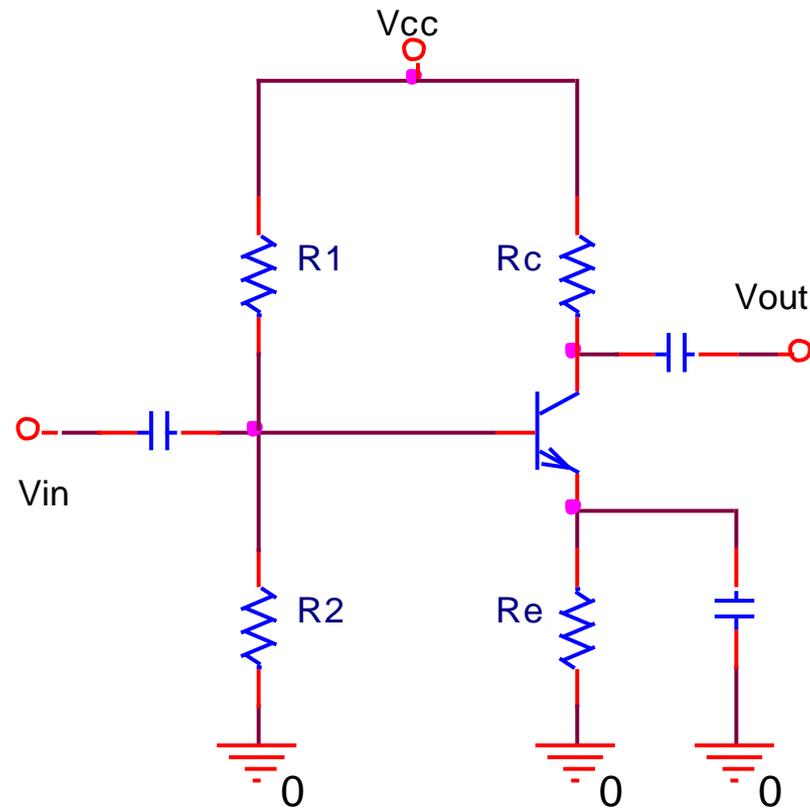


Polarização do BJT

- Circuito de polarização estável via emissor
 - ▣ “Reflexão” de resistência na entrada do transistor
 - $(\beta+1) r_E$
 - ▣ Redução da influência de β na polarização do transistor.
 - Com polarização fixa
 - $\uparrow \beta \Leftrightarrow i_B \text{ constante} \Leftrightarrow \uparrow i_C \Leftrightarrow \downarrow v_{CE}$
 - Com polarização estável
 - $\uparrow \beta \Leftrightarrow \downarrow i_B \Leftrightarrow \uparrow (\text{levemente}) i_C \Leftrightarrow \downarrow v_{CE}$

Polarização do BJT

- Circuito de polarização por divisor de tensão

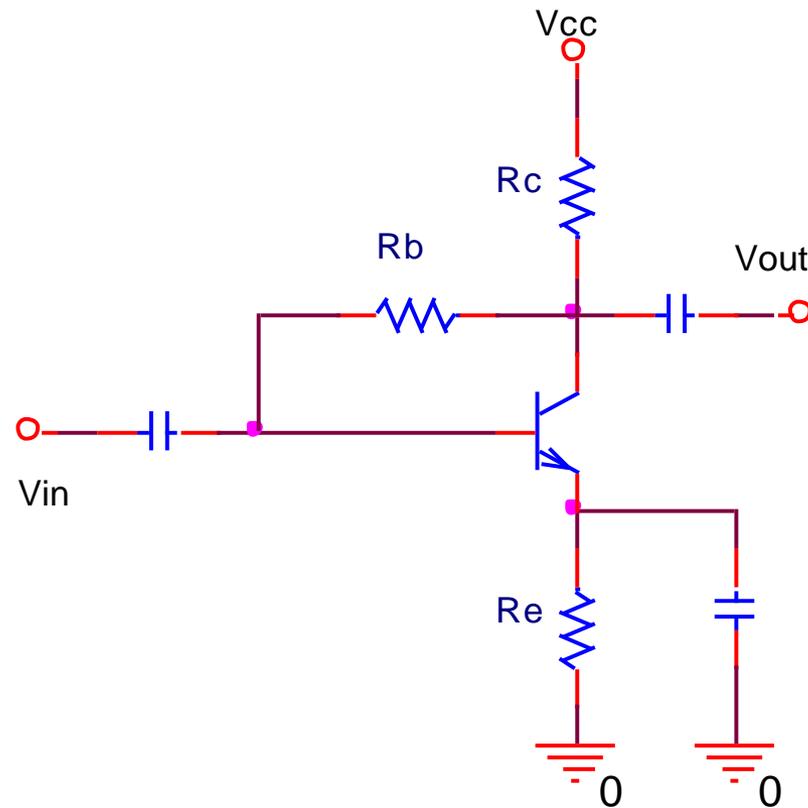


Polarização do BJT

- Circuito de polarização por divisor de tensão
 - ▣ “Reflexão” de r_E na entrada (por fator $\beta+1$)
 - Lembrar da polarização via emissor
 - ▣ Permite cálculo aproximado “rápido”
 - Divisor de tensão
 - Controle da corrente de base.
 - Condição **prática**: $(\beta+1) r_E > 10 r_2$
 - ▣ Estabilidade de ponto de operação em relação a β

Polarização do BJT

- Circuito de polarização com realimentação



Polarização do BJT

- Circuito de polarização com realimentação
 - Simplificação para facilitar análise
 - $i_C' = i_C + i_B \approx i_C$
 - Estabilidade por quase-independência de β
 - “Reflexão” de resistores r_C e r_E na entrada

Polarização do BJT

- “Reflexão de resistores”
 - Genericamente:
 - $i_B = v' / (r_B + \beta r')$
 - Mas
 - $i_C = \beta i_B = \beta v' / (r_B + \beta r')$
 - Simplificando, pois $\beta r' \gg r_B$
 - $i_C = \beta v' / \beta r' = v' / r'$
 - Ou seja, i_C é “**independente**” de β
 - Lembre-se que existem condições para isso.

Polarização do BJT

□ Projeto

□ Considerações usuais:

- $i_C \approx i_E$

- $v_E = v_{CC}/4$ ou $v_{CC}/10$

- Garantir que v_{CE} esteja dentro da região ativa

□ Lembre-se que:

- $i_C = \beta i_B$ ou $i_E = (\beta + 1) i_B$

□ Para o divisor de tensão, lembre-se que:

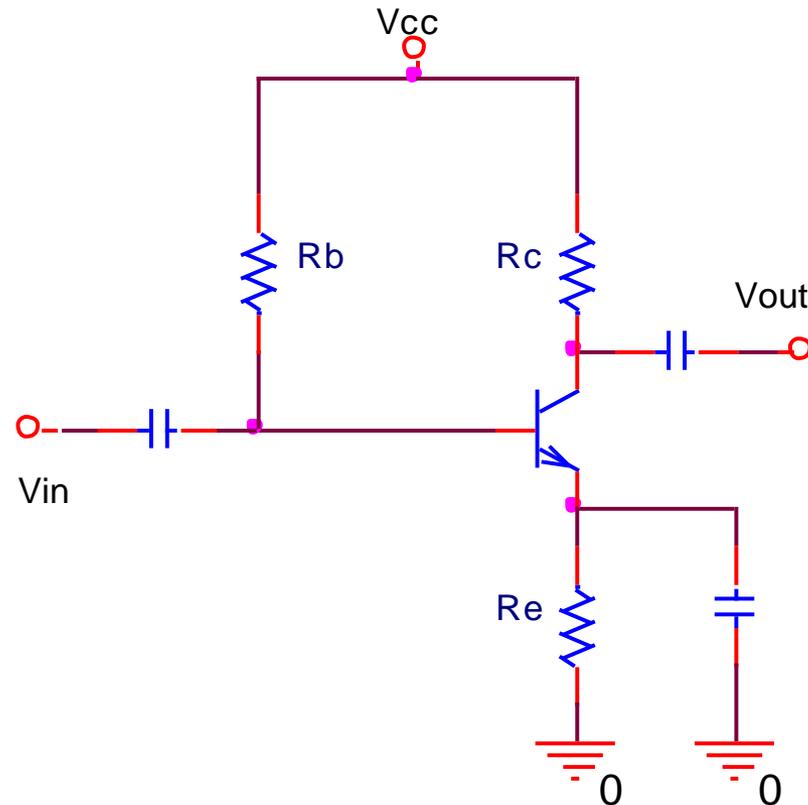
- $r_2 \leq \beta r_E / 10$

Polarização do BJT

- Estabilidade do ponto de operação
 - i_C é função de i_{CBO} , V_{BE} e β .
 - Também chamada estabilidade térmica.
 - Como fatores externos alteram o ponto de operação.

Polarização do BJT

- Estabilidade do ponto de operação
 - ▣ i_C é função de i_{CBO} , V_{BE} e β .



Polarização do BJT

- Estabilidade do ponto de operação
 - ▣ Ou seja (para circuito geral de polarização):
 - r_B e v_B podem ser r_{TH} e v_{TH} do divisor de tensão.

$$i_C = \frac{(r_B + r_E) \cdot (\beta + 1) \cdot i_{CBO}}{r_B + r_E (\beta + 1)} + \frac{\beta \cdot v_{BE}}{r_B + r_E (\beta + 1)} + \frac{v_B \cdot \beta}{r_B + r_E (\beta + 1)}$$

Polarização do BJT

□ Estabilidade do ponto de operação

$$\square \Delta i_C = (\partial i_C / \partial i_{CBO}) \Delta i_{CBO} + (\partial i_C / \partial v_{BE}) \Delta v_{BE} + (\partial i_C / \partial \beta) \Delta \beta$$

- Variação total em relação às variações parciais.

□ Convencionou-se:

- $S = \partial i_C / \partial i_{CBO} = [(r_B + r_E)(\beta + 1)] / [r_B + r_E(\beta + 1)]$

- $S' = \partial i_C / \partial v_{BE} = -[\beta] / [r_B + r_E(\beta + 1)]$

- $S'' = \partial i_C / \partial \beta = \text{muito complicado!}$

- $S'' = \Delta i_C / \Delta \beta = [i_{C1} / \beta_1] [(1 + r_B / r_E) / (1 + \beta_2 + r_B / r_E)]$

- i_{C1} e β_1 são valores conhecidos

- β_2 em nova condição do circuito

Polarização do BJT

- Estabilidade do ponto de operação
 - ▣ S , S' e S'' são chamados fatores de estabilidade.
 - Podemos calcular efeito total ou parcial de variações externas sobre o ponto de operação.