

# Polarização do BJT

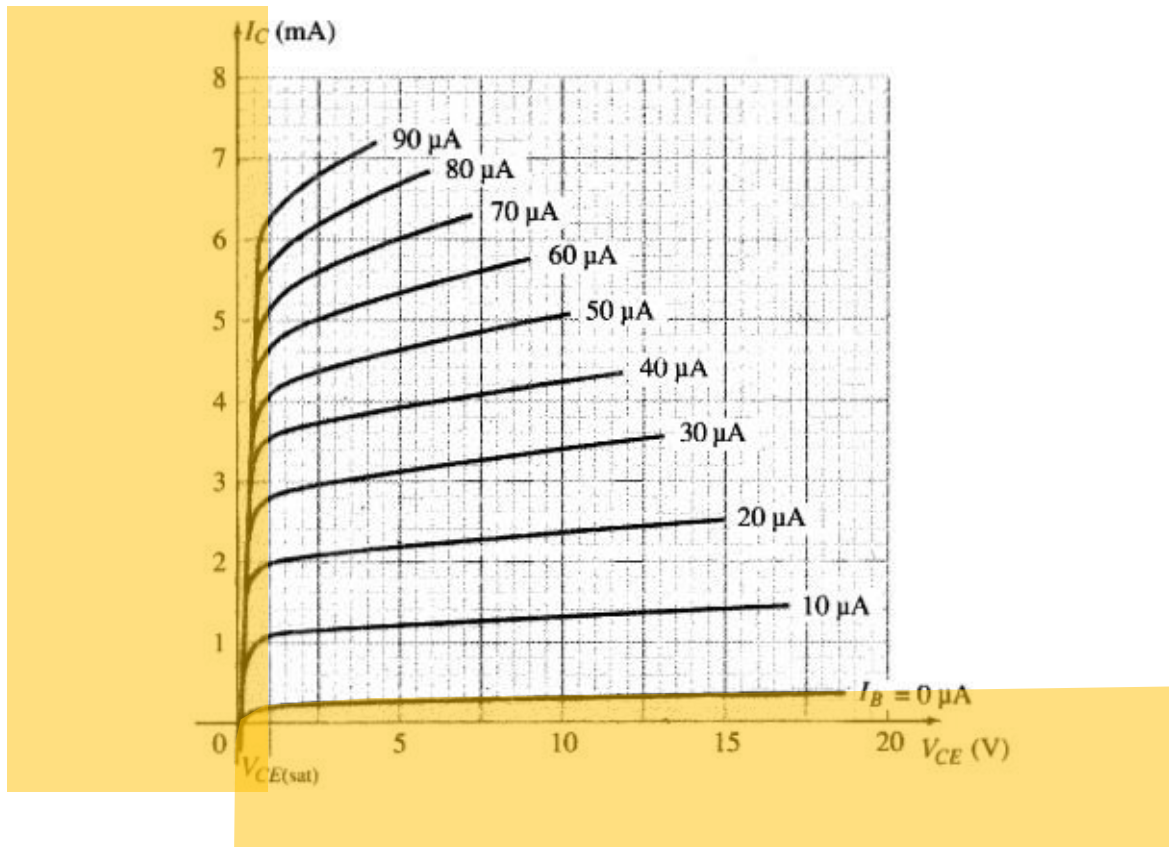
FABRÍCIO – RONALDO - DORIVAL

# 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.

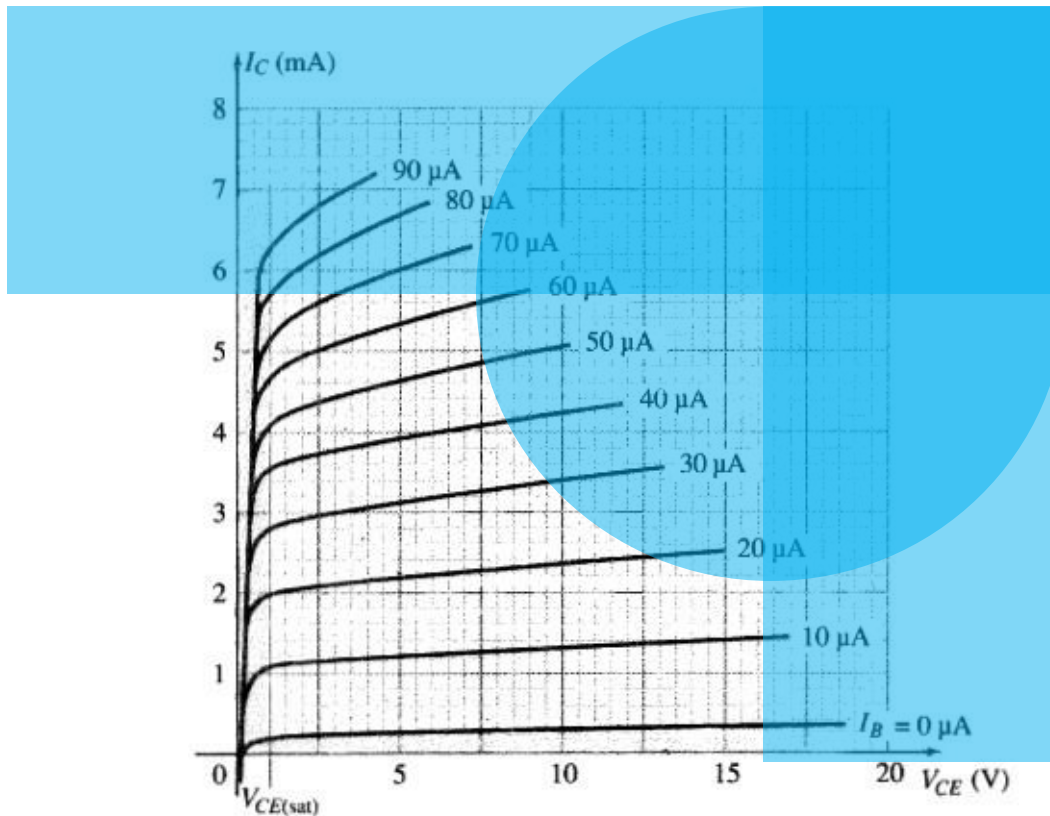
# Polarização do BJT

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



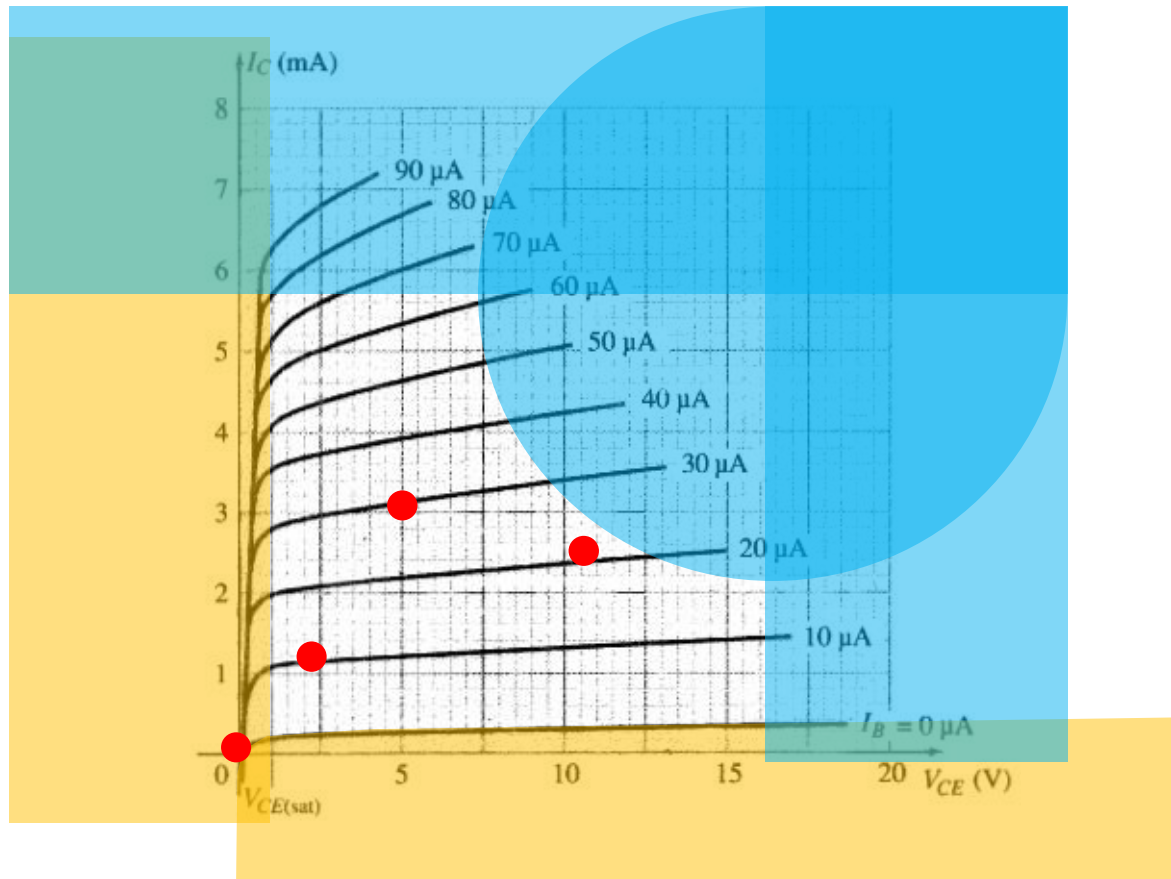
# Polarização do BJT

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



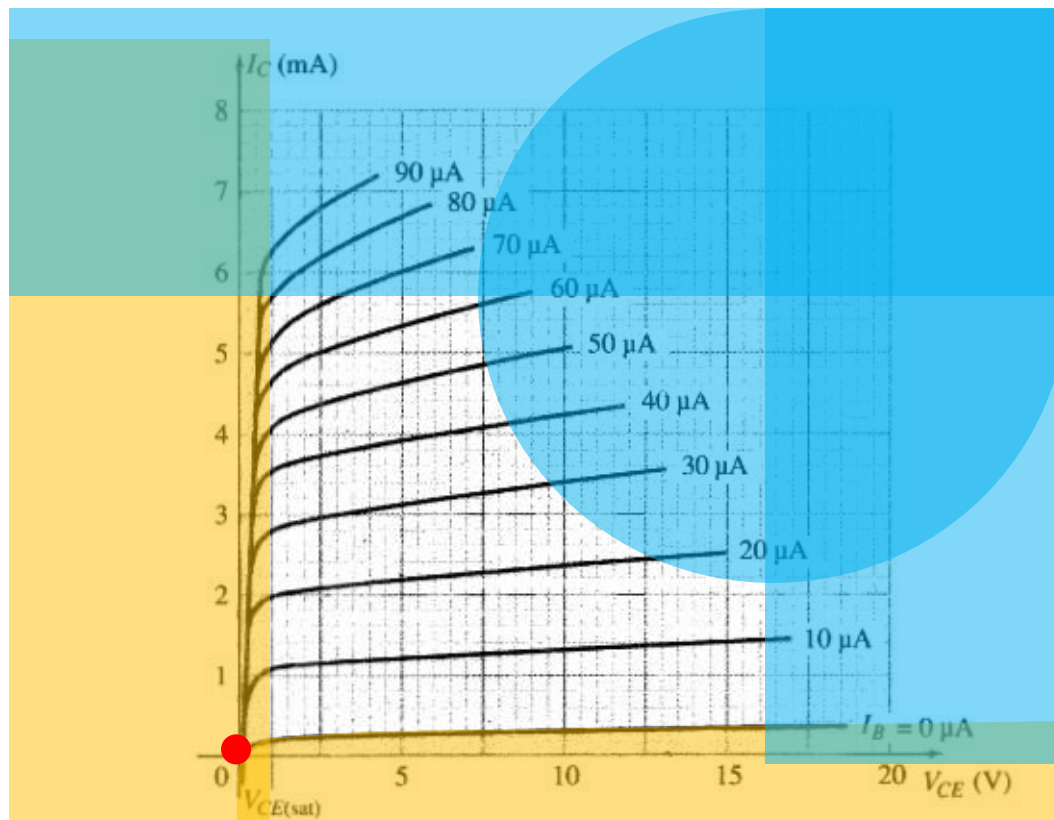
# Polarização do BJT

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



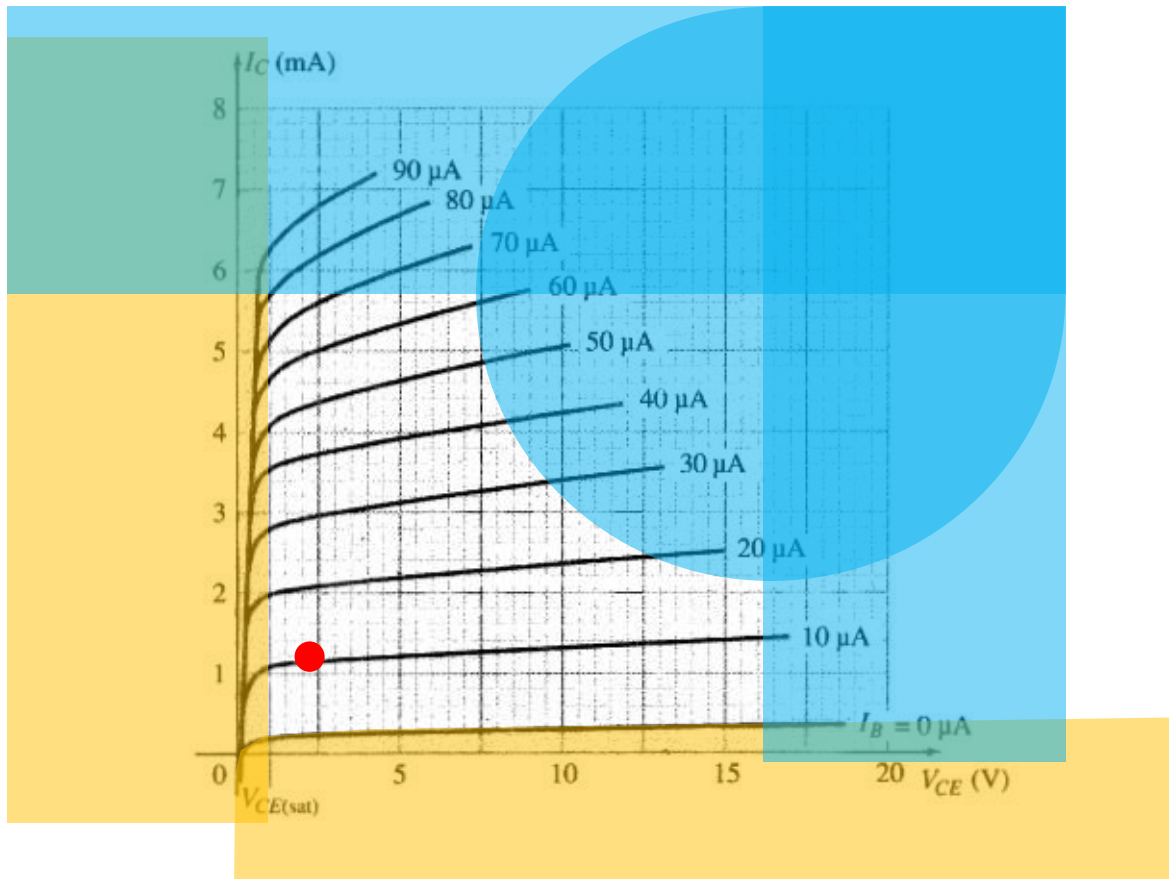
# Polarização do BJT

- Ponto de operação
  - Transistor desligado



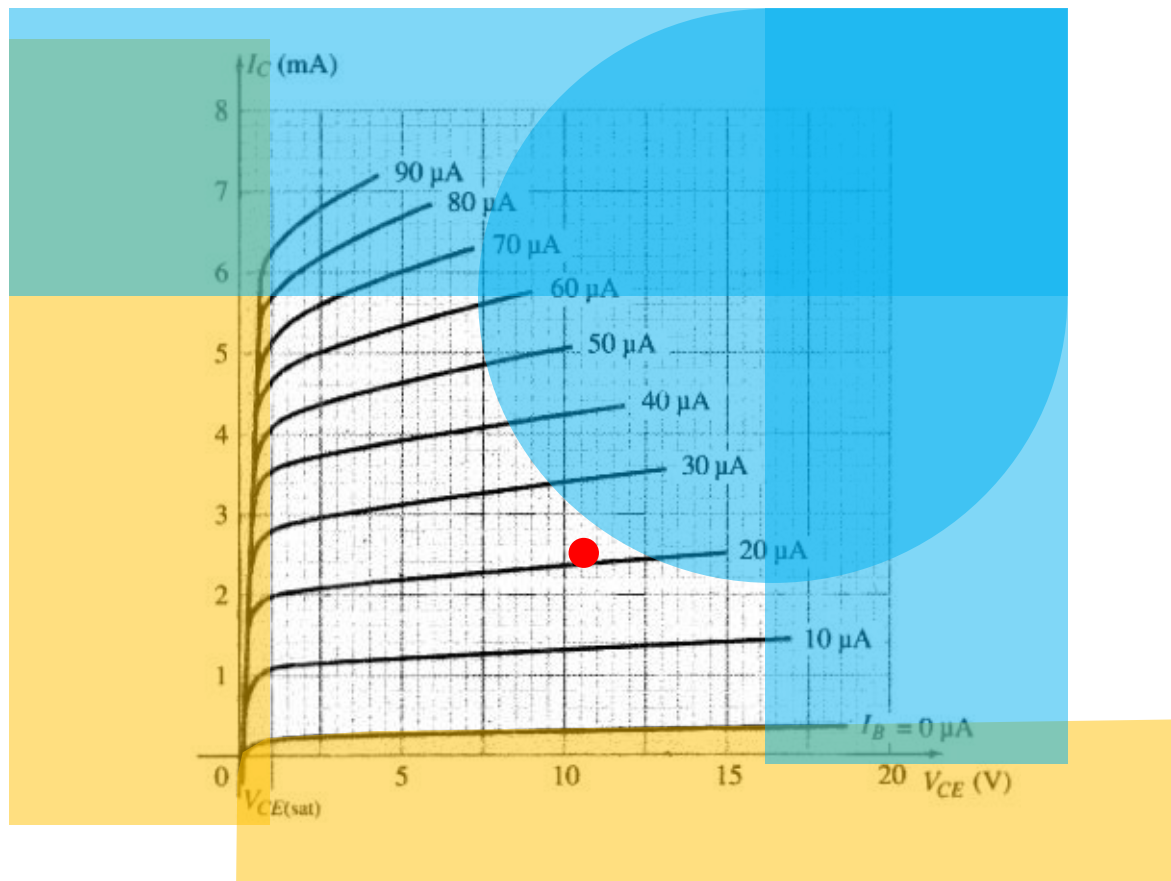
# Polarização do BJT

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



# Polarização do BJT

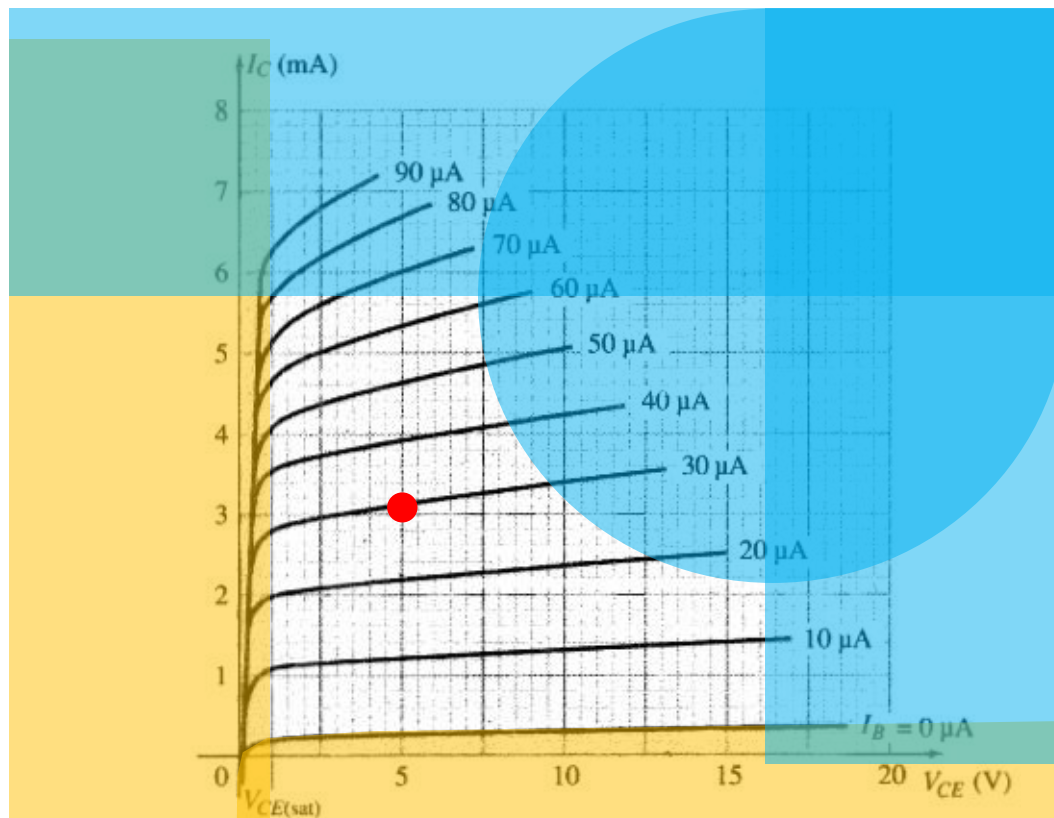
- Ponto de operação
  - Transistor ligado mas tende a limite de potência





# Polarização do BJT

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

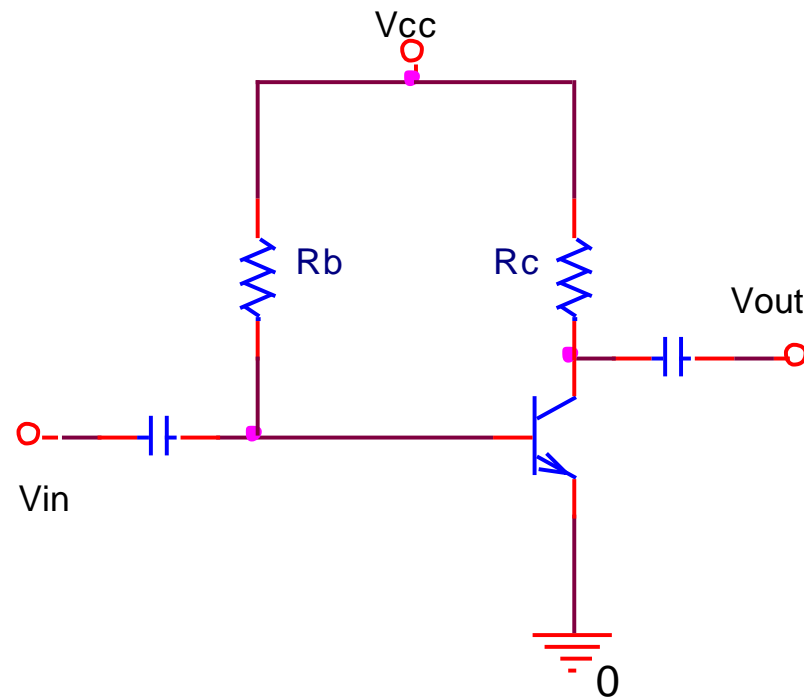


# Polarização do BJT

- 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  $h_{fe}$  ( $\beta_{AC}$ ) não altera ponto de operação.

# Polarização do BJT

- Circuito de polarização fixa



# Polarização do BJT

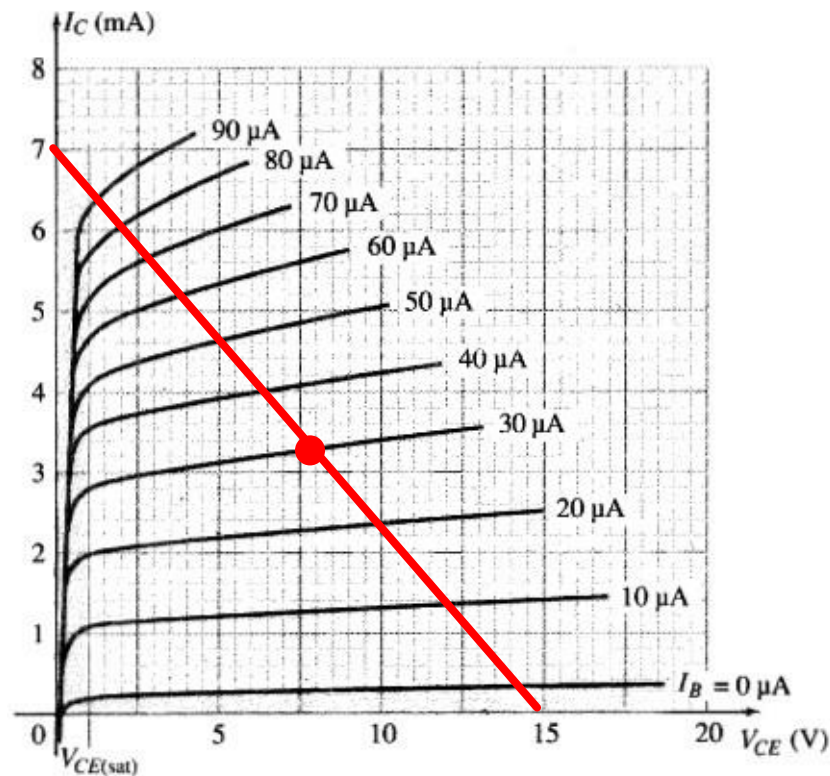
- Circuito de polarização fixa
  - ▣ Usamos capacitores para isolar níveis DC.
    - Perturbação do ponto de operação.
  - ▣ Tensão de alimentação e resistores devem tornar o circuito ativo, na região de operação.
    - Corrente de saturação  $I_{C\text{sat}}$ .
      - Corrente limítrofe quando o circuito 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)

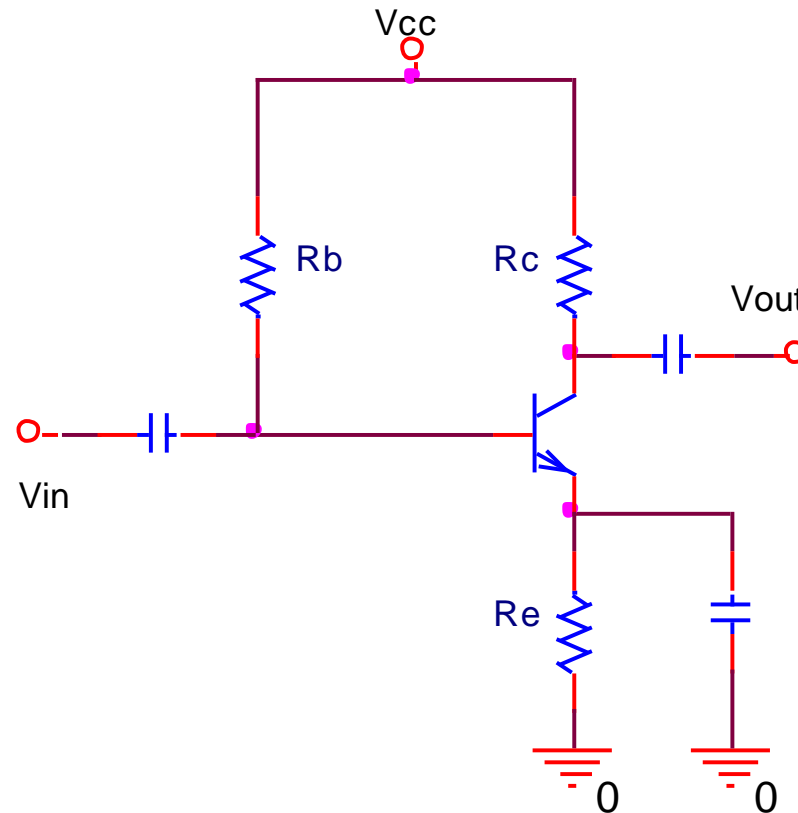
# Polarização do BJT

- 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 ( $r_E$ )



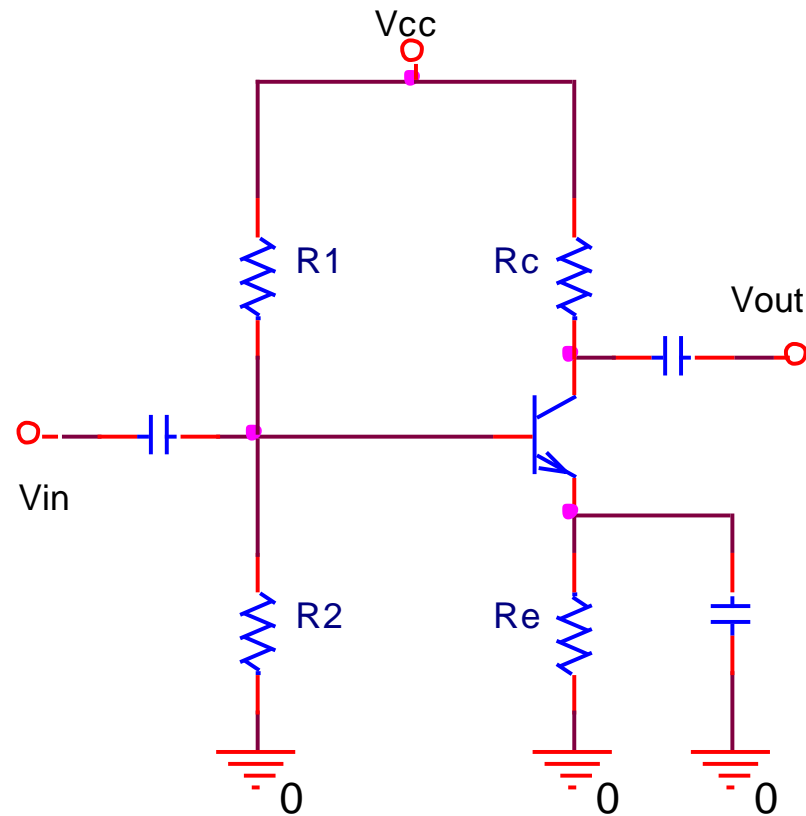
# Polarização do BJT

- Circuito de polarização estável via emissor
  - ▣ “Reflexão” de resistência na entrada do transistor
    - $(\beta+1) r_E$
  - ▣ Redução da influência de  $\beta$  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

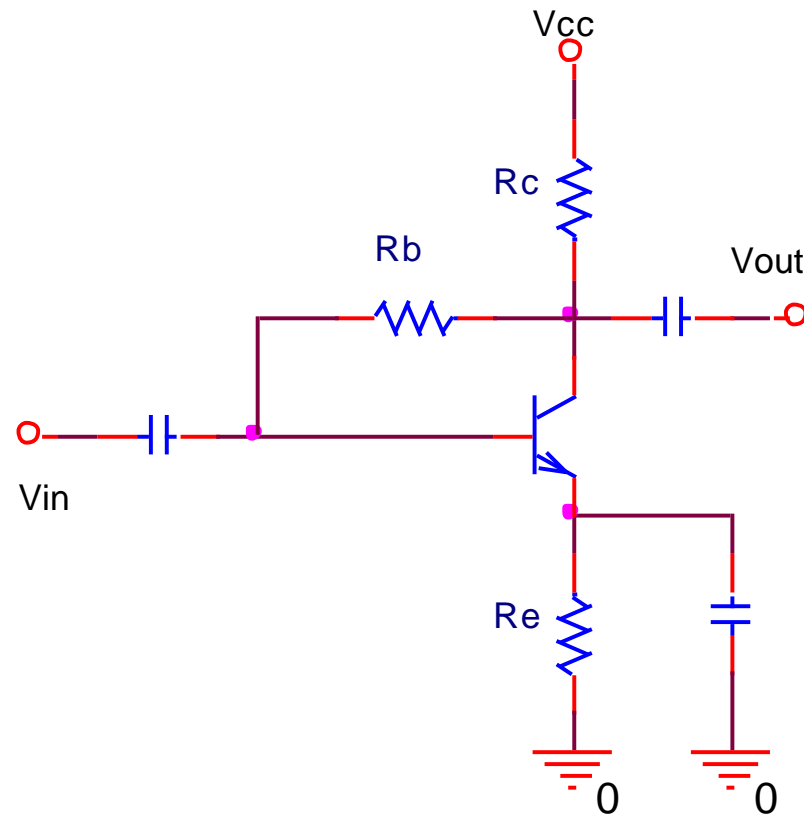


# Polarização do BJT

- 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  $\beta$

# 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  $\beta$
  - “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  $\beta$ 
    - 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:

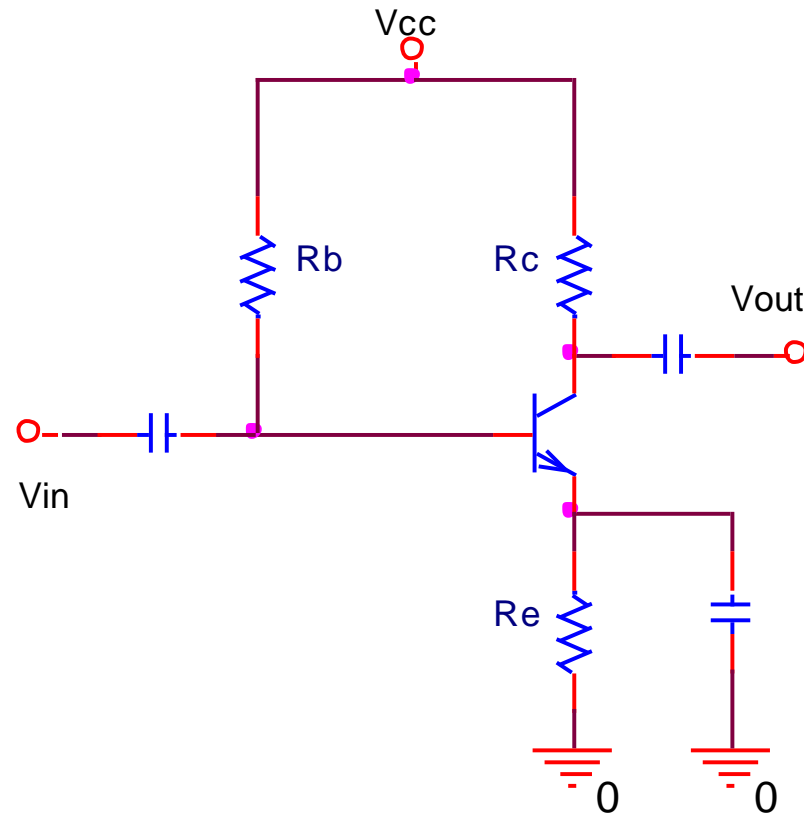
- $r_2 \leq \beta r_E / 10$

# Polarização do BJT

- Estabilidade do ponto de operação
  - $i_C$  é função de  $i_{CBO}$ ,  $V_{BE}$  e  $\beta$ .
  - 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  $\beta$ .





# 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  $\beta_1$  são valores conhecidos

- $\beta_2$  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.