

Aula 23

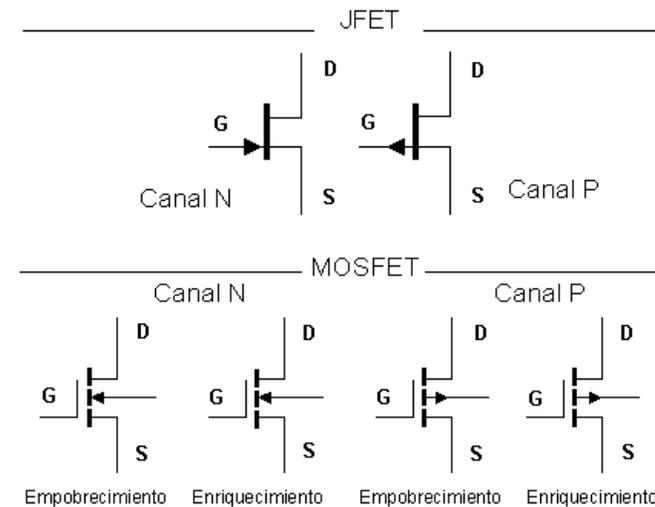
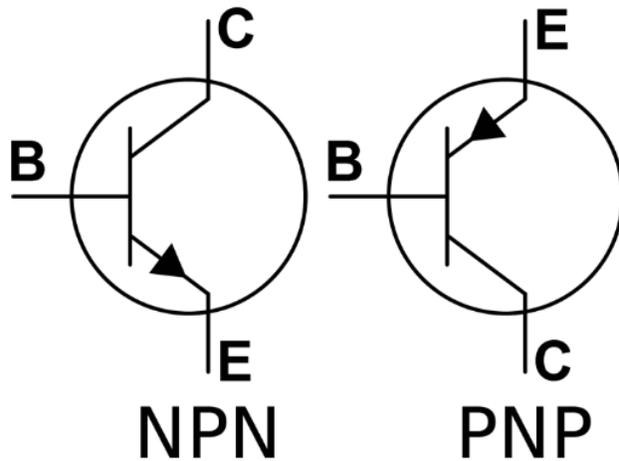
Transistor de Junção Bipolar I

Circuitos Elétricos II

Prof. Henrique Amorim - UNIFESP - ICT

Tipos e simbologia de transistores

TIPOS DE TRANSISTORES			
Bipolares (TBJ)		Unipolares	
NPN	PNP	MOSFET	JFET

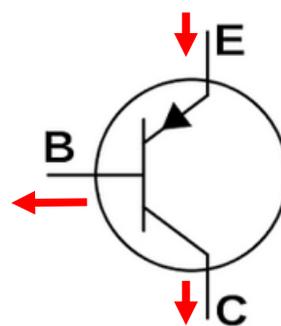
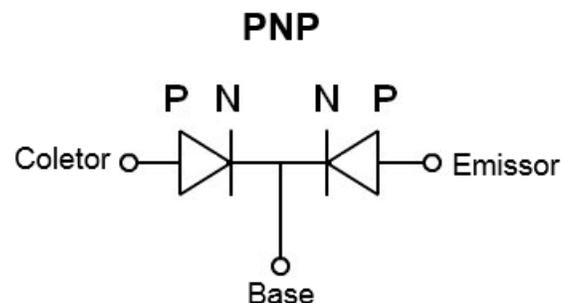
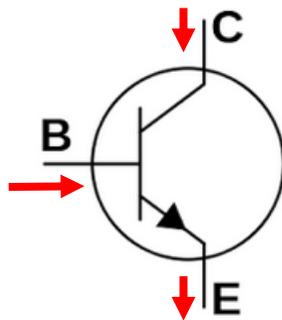
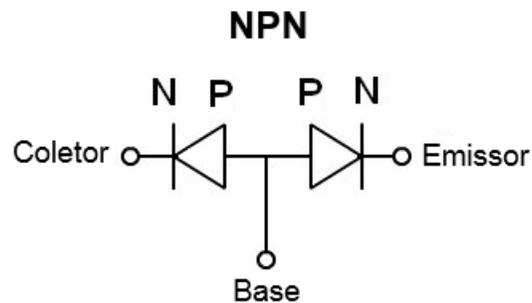


<https://www.youtube.com/watch?v=7ukDKVHnac4&feature=youtu.be>

Transistores de Junção Bipolar

São dois os tipos de transistores bipolares de junção – PNP e NPN

As camadas externas do transistor são semicondutores fortemente dopados, com larguras maiores do que a camada central (levemente dopada).



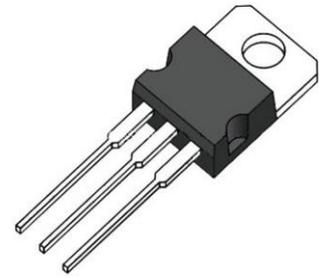
De forma geral, a diferença entre os transistores PNP e NPN é a direção das correntes

A **seta** sempre “**aponta**” para o cristal do tipo **N**

O terminal com a **seta** é sempre o **emissor**

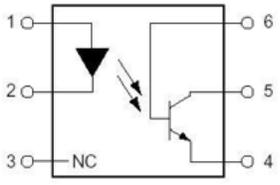
Transistores de Junção Bipolar

Abaixo alguns exemplos da aplicação de transistores

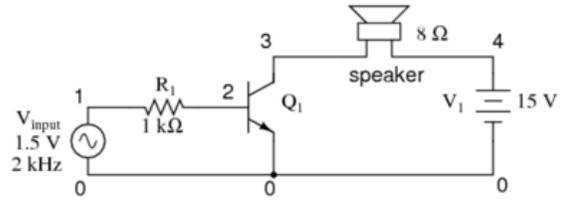


Exemplos:

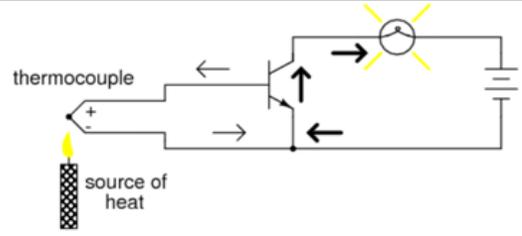
Optoacoplador



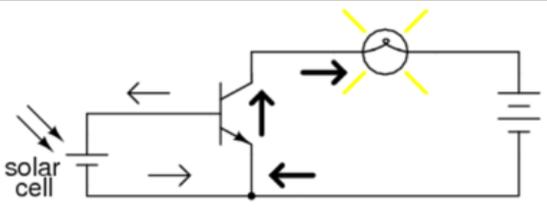
Amplificador de som



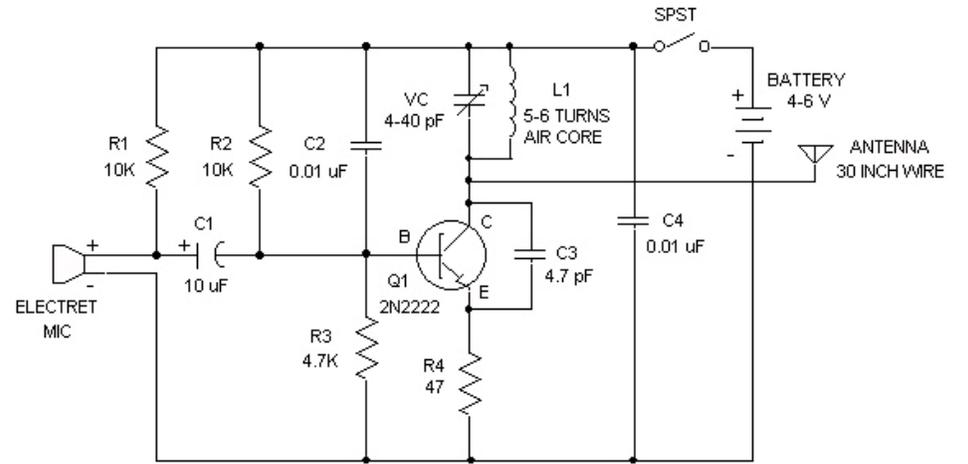
Termoacoplador



Sensor de luminosidade

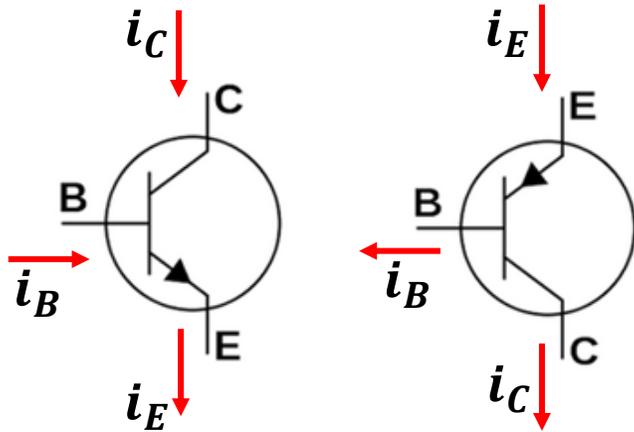


Transmissor FM



Transistores de Junção Bipolar

Relação de corretes



$$\beta = Hfe = \frac{i_C}{i_B}$$

$$\alpha = \frac{i_C}{i_E}$$

Pela LKC temos:

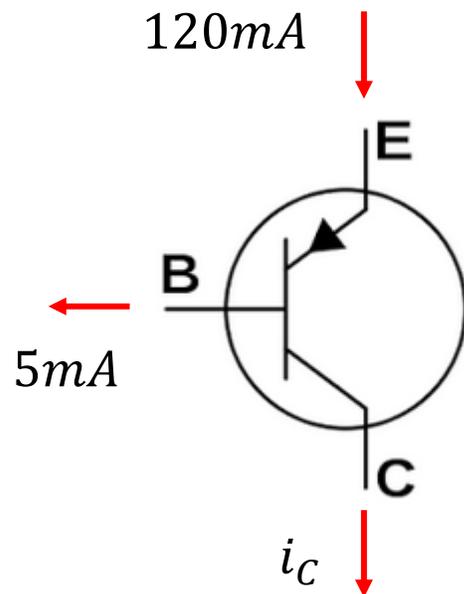
$$i_E = i_B + i_C$$

- A base opera em baixa corrente
- A razão entre a corrente do coletor e da base indica o ganho do transistor (parâmetro intrínseco do componente – β ou Hfe).
- A razão entre a corrente do coletor e do emissor é definida pela constante α

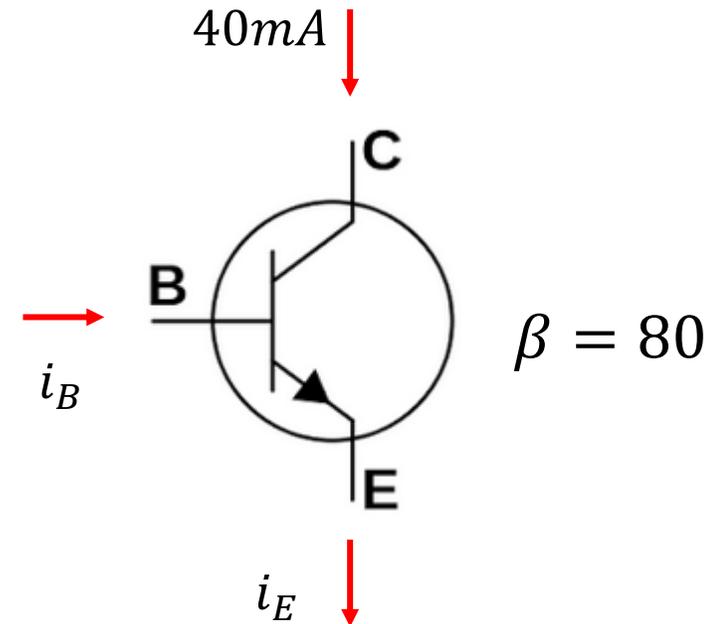
$$\frac{I_C}{\alpha} = I_C + \frac{I_C}{\beta} \quad \therefore \quad \frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta} \quad \therefore \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Transistores de Junção Bipolar

Exemplo: Um transistor **PNP** tem uma corrente de emissor de **120mA** e uma corrente de base de **5mA**. Calcule sua corrente de coletor.

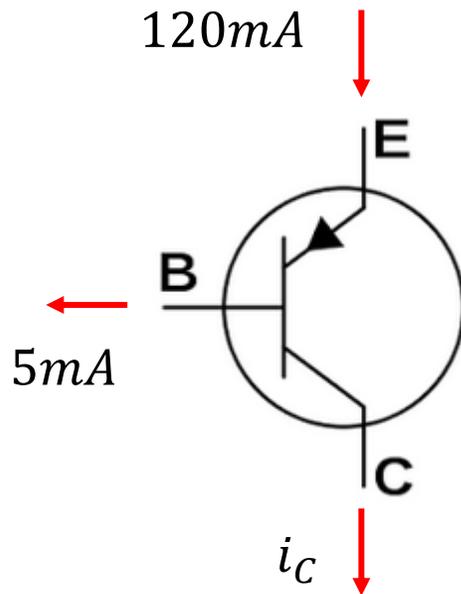


Exemplo: Em um transistor **NPN** a corrente de coletor é **40mA**, o ganho de corrente for de **80** ($\beta=80$), qual é a corrente no emissor e da base?



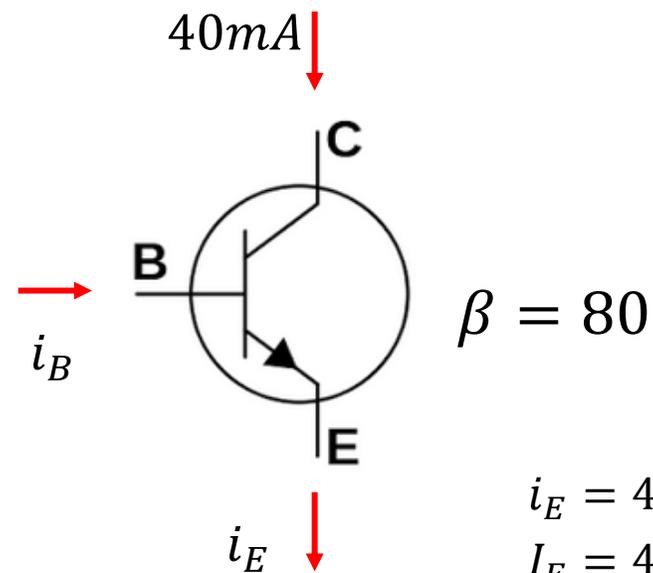
Transistores de Junção Bipolar

Exemplo: Um transistor **PNP** tem uma corrente de emissor de **120mA** e uma corrente de base de **5mA**. Calcule sua corrente de coletor.



$$i_c = 120m - 5m = 115mA$$

Exemplo: Em um transistor **NPN** a corrente de coletor é 40mA, o ganho de corrente for de 80 ($\beta=80$), qual é a corrente no emissor e da base?



$$80 = \frac{i_C}{i_B} = \frac{40m}{i_B}$$

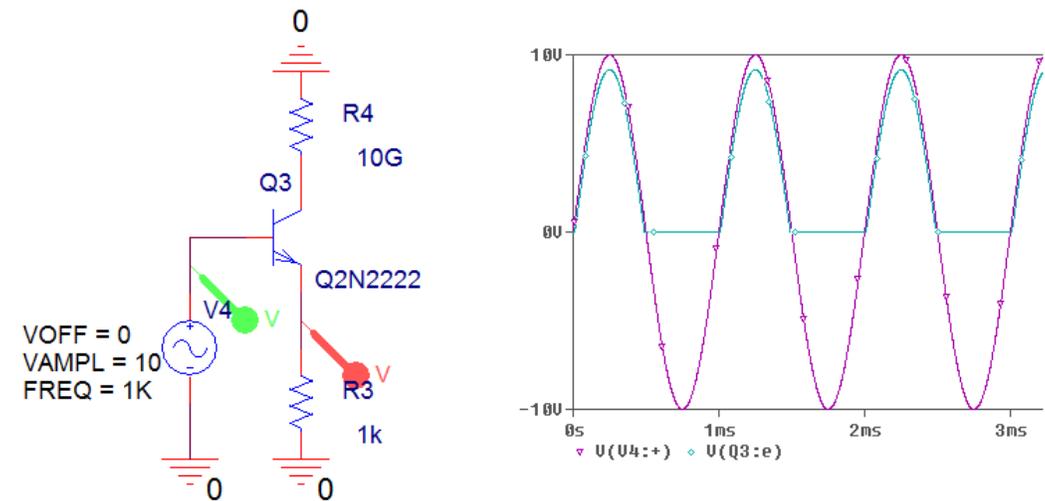
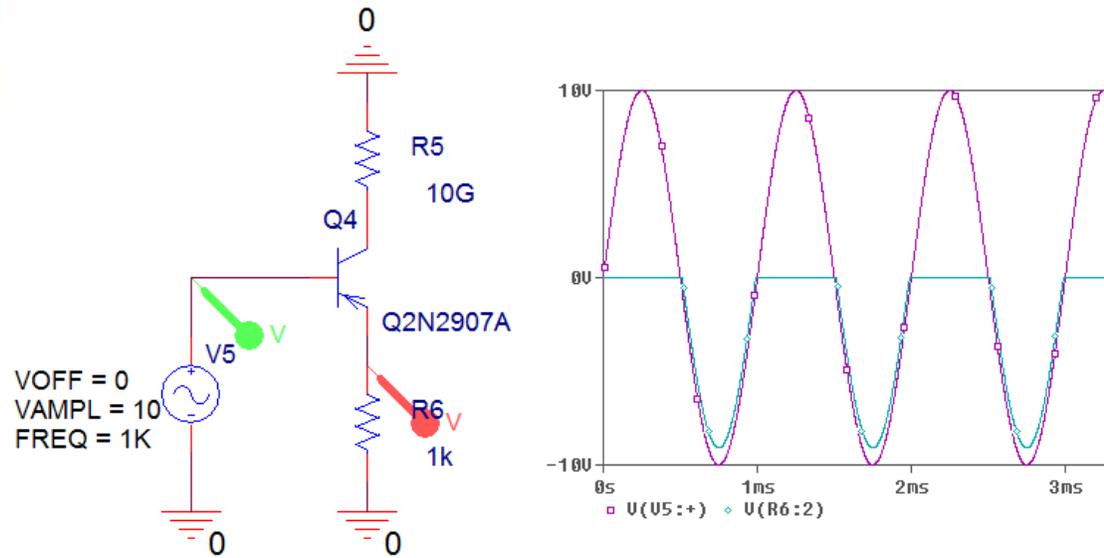
$$i_B = 0,5mA$$

$$i_E = 40m + 0,5m$$

$$I_E = 45mA$$

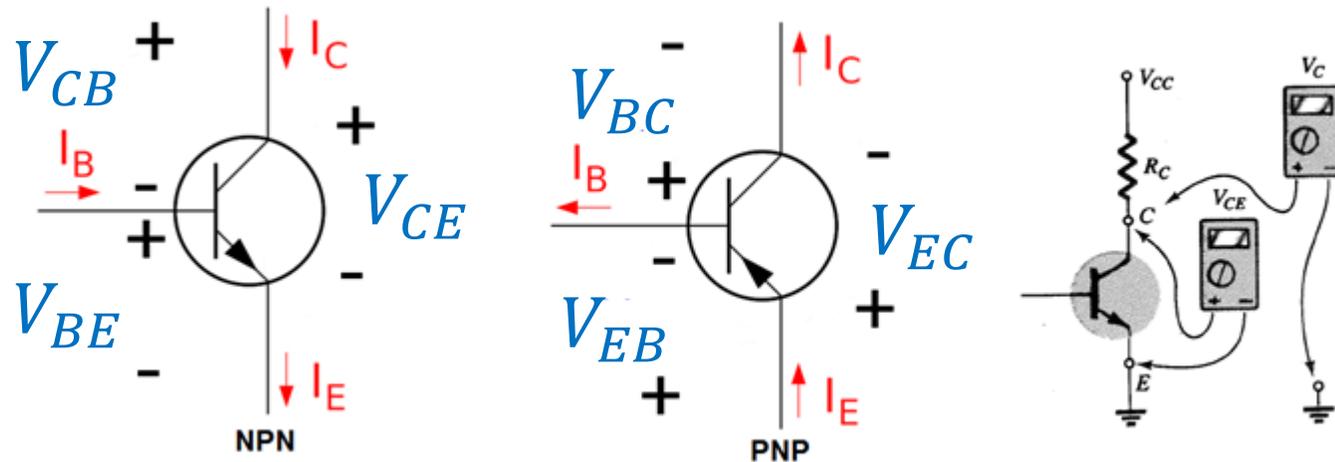
Transistores de Junção Bipolar

Transistor como um diodo: A junção base-emissor de um transistor, com o coletor aberto, possui o mesmo comportamento de um diodo.



Transistores de Junção Bipolar

Relações de tensões:



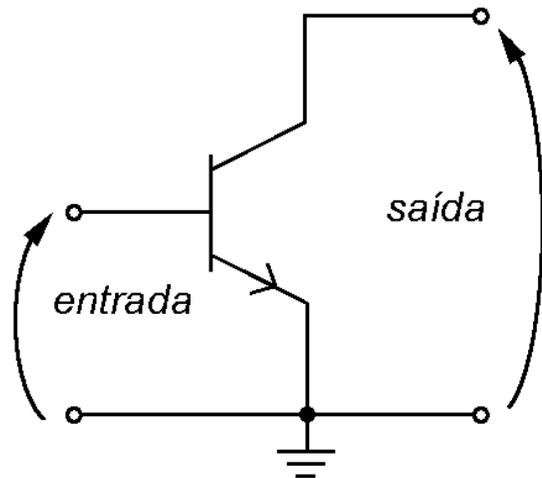
$$NPN \rightarrow V_{CE} = V_{CB} + V_{BE} \quad P = V_{CE} \times i_e$$

$$PNP \rightarrow V_{EC} = V_{CB} + V_{EB} \quad P = V_{EC} \times i_e$$

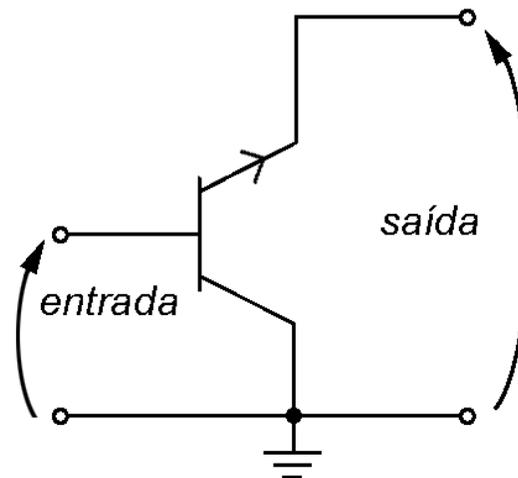
$$V_{BE} = 0,7V$$

Transistores de Junção Bipolar

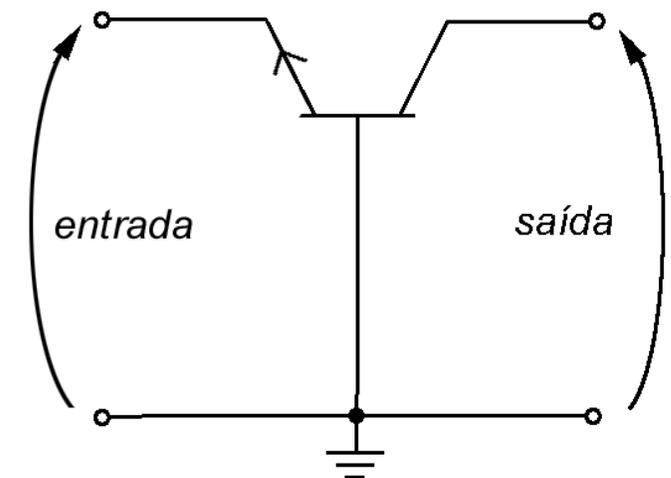
Abaixo as três configurações básicas para que um transistor seja utilizado como amplificador, tais configurações levam em consideração o terminal conectado ao comum do circuito



Emissor comum



Coletor comum



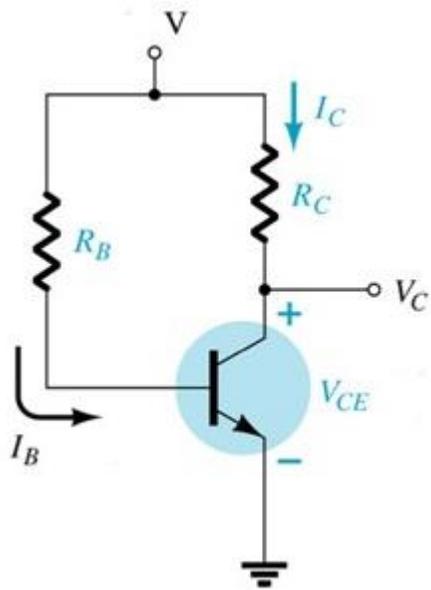
Base comum

Configuração que iremos estudar

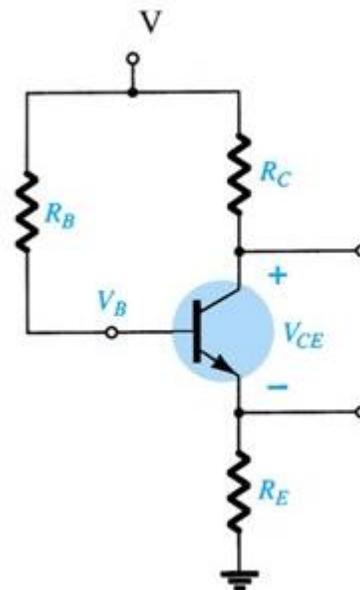
Circuito com polarização fixa

Polarizações de emissor-comum que iremos analisar

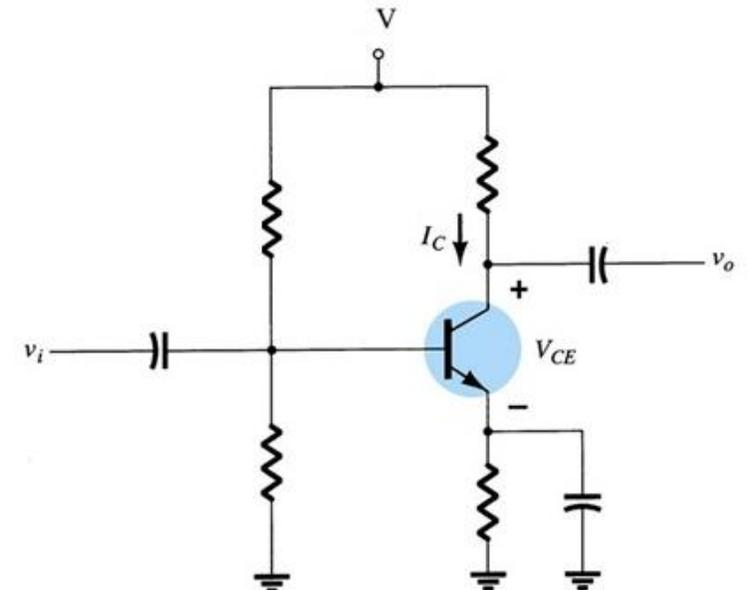
Polarização fixa



Polarização estável

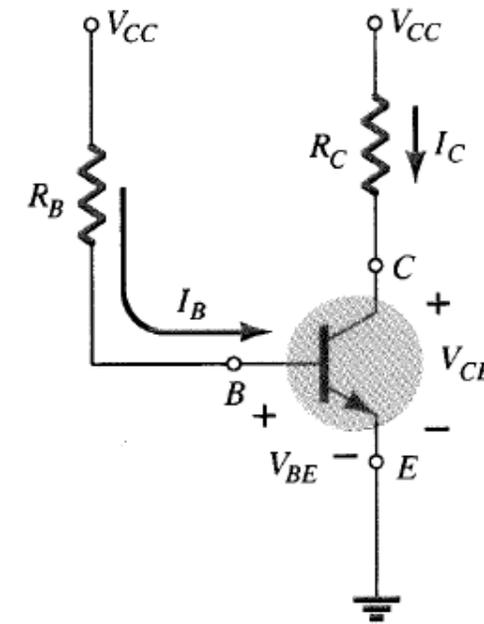
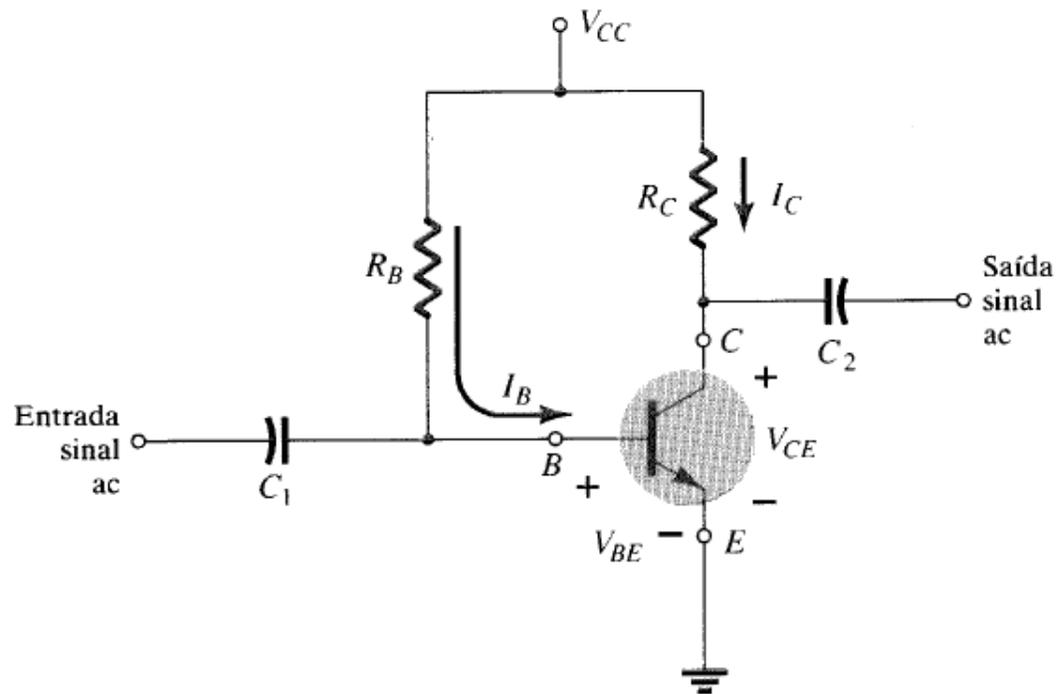


Polarização por divisor de tensão



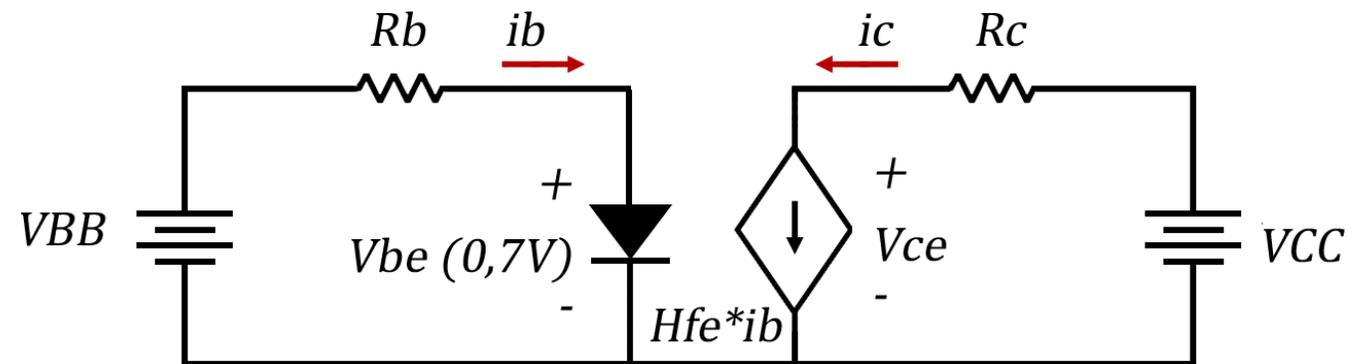
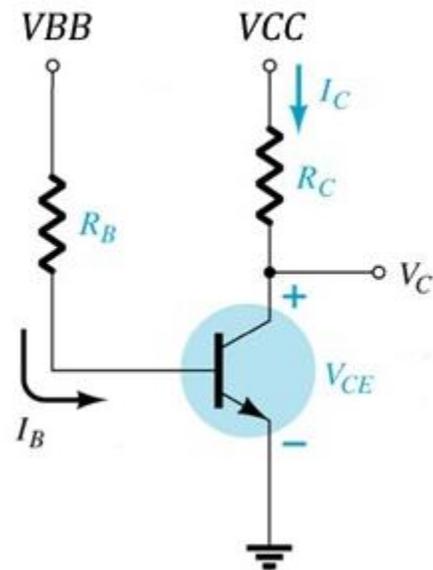
Circuito com polarização fixa

Iremos analisar, de forma independente, a ação da corrente alternada e da corrente contínua em um transistor. Inicialmente iremos analisar a ação da corrente contínua, para isso devemos desprezar a presença dos capacitores, uma vez que os capacitores se comportam com um circuito aberto em CC. Também podemos dividir as fontes para facilitar os cálculos.



Circuito com polarização fixa

Modelo Ebers Moll, simplificado, para a análise de transistores. Para utilizarmos este modelo, devemos considerar que o transistor está trabalhando na sua região ativa, não deve estar saturado ou na região de corte. Não há necessidade de usar este modelo para todas as análises, neste caso, trata-se apenas de um modelo ilustrativo.



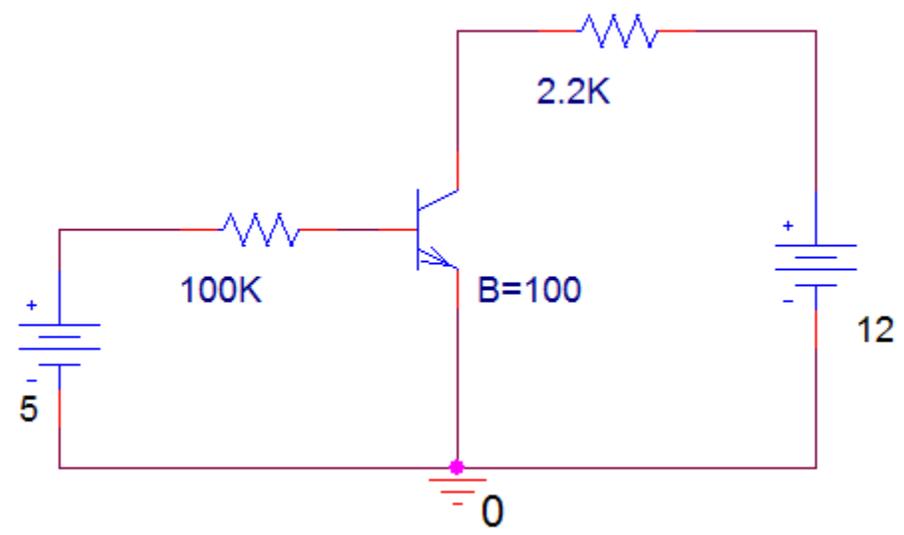
Circuito com polarização fixa

Exercício: Para o circuito transistorado abaixo, calcule:

As correntes:
 i_B , i_C e i_E

As tensões:
 V_{CE} e V_{BE}

Potência dissipada pelo transistor



Circuito com polarização fixa

Exercício: Para o circuito transistorado abaixo, calcule:

$$i_B = \frac{5 - 0,7}{100 \cdot 100^{-3}} = 43\mu A$$

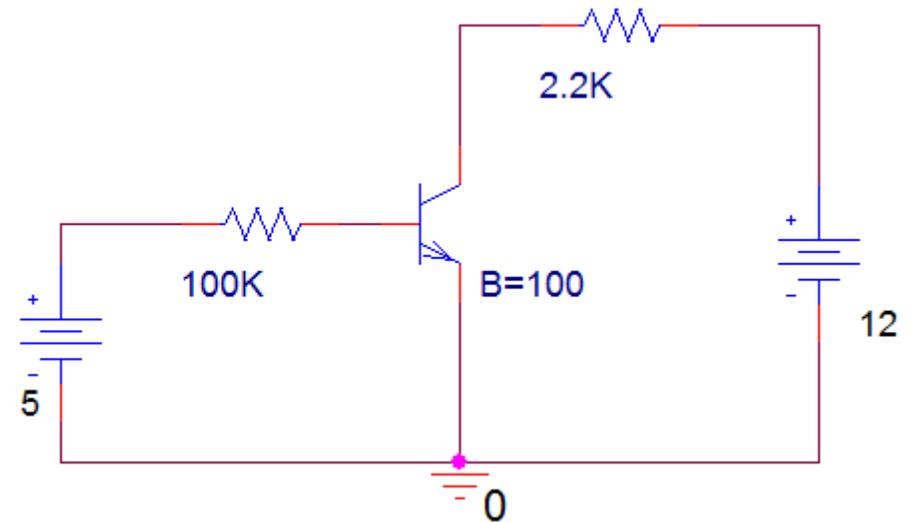
$$i_C = i_B \cdot 100 = 4,3mA$$

$$i_E = i_B + i_C = 4,343mA$$

$$V_{BE} = 0,7V$$

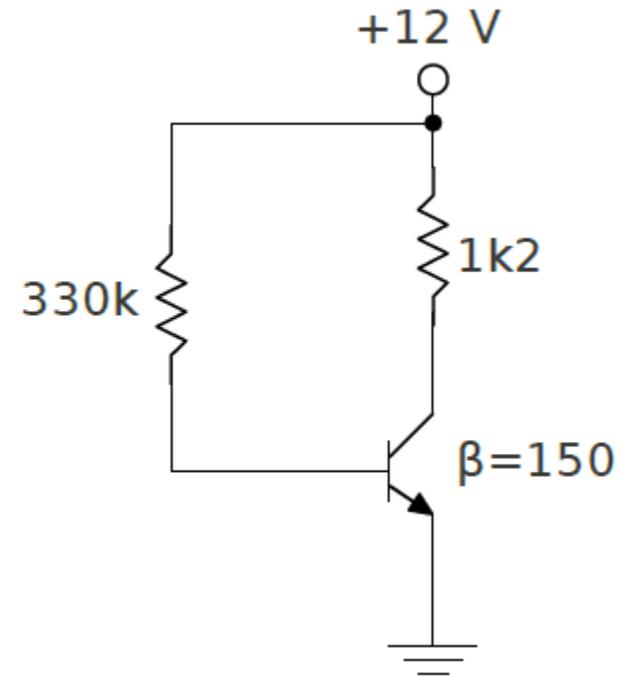
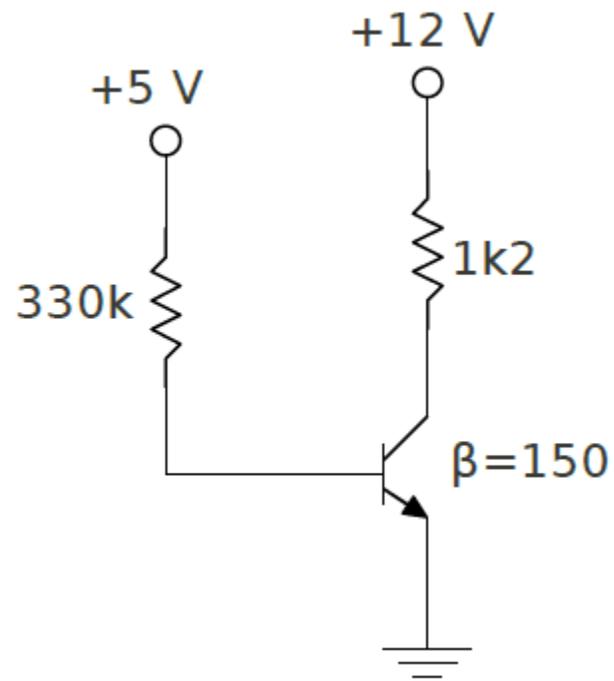
$$V_{CE} = 12 - 2,2 \cdot 10^3 \cdot 4,3 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{CE} = 12 - 2,2 \cdot 10^3 \cdot 4,3 \cdot 10^{-3} = 2,54V$$



Circuito com polarização fixa

Exercício: Calcule V_{ce} , para os circuitos abaixo:



Circuito com polarização fixa

Exercício: Calcule V_{ce} , para os circuitos abaixo:

$$i_B = \frac{5 - 0,7}{330 \cdot 10^3} = 13,03 \mu A$$

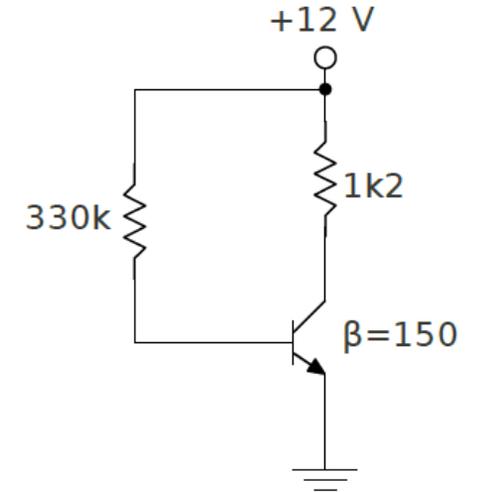
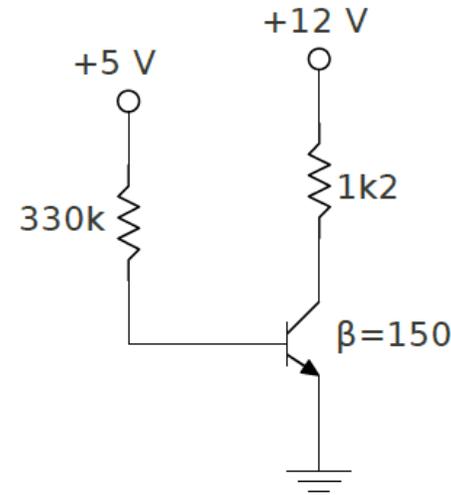
$$i_C = 150 \cdot 13,03 \cdot 10^{-6} = 1,95 mA$$

$$V_{CE} = 12 - 1,2 \cdot 10^3 \cdot 1,95 \cdot 10^{-3} = 9,65 V$$

$$i_B = \frac{12 - 0,7}{330 \cdot 10^3} = 34,24 \mu A$$

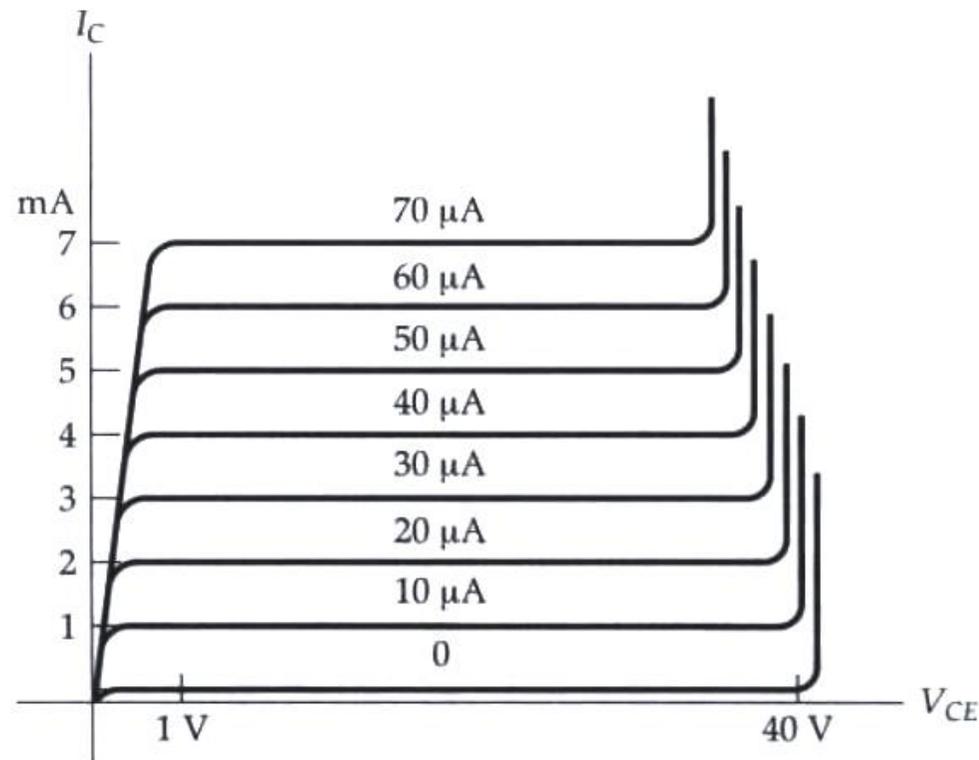
$$i_C = 150 \cdot 34,24 \cdot 10^{-6} = 5,14 mA$$

$$V_{CE} = 12 - 1,2 \cdot 10^3 \cdot 5,14 \cdot 10^{-3} = 5,84 V$$

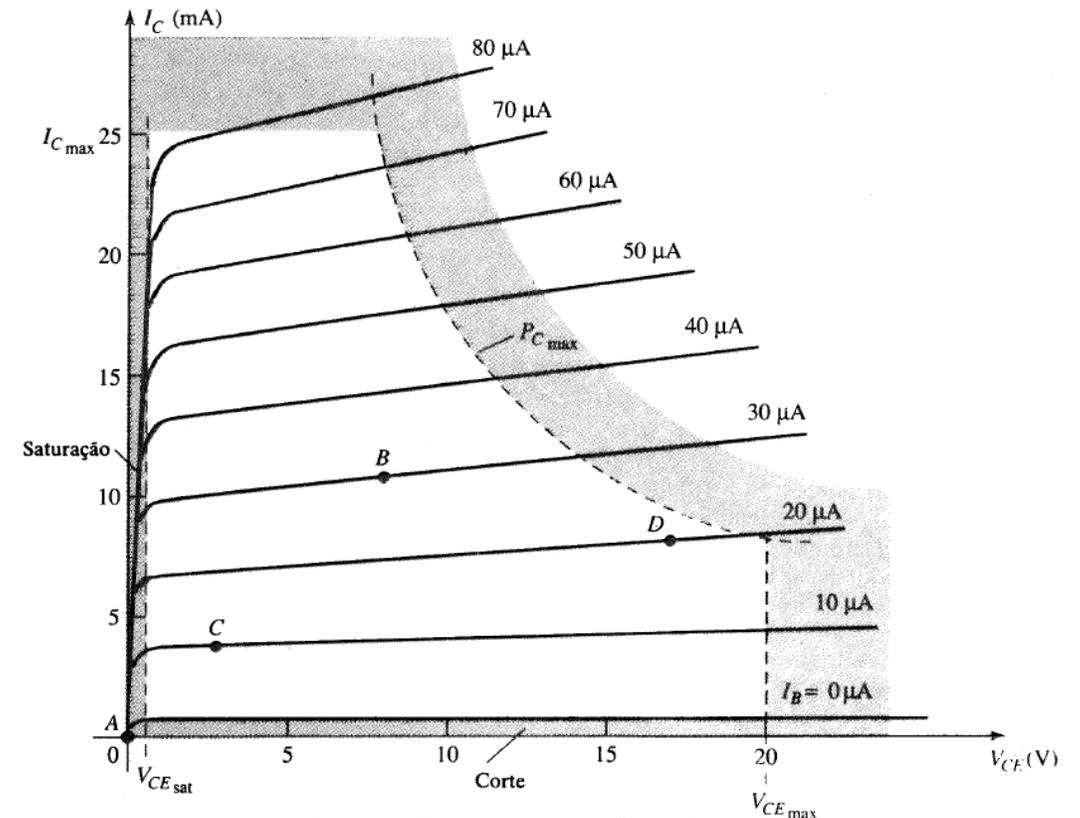


Circuito com polarização fixa

Os gráficos abaixo representam as curvas características da corrente do coletor (i_C) em relação a tensão coletor-emissor (V_{CE}). **Analise quais as variáveis podem ser obtidas de forma direta e indireta.**



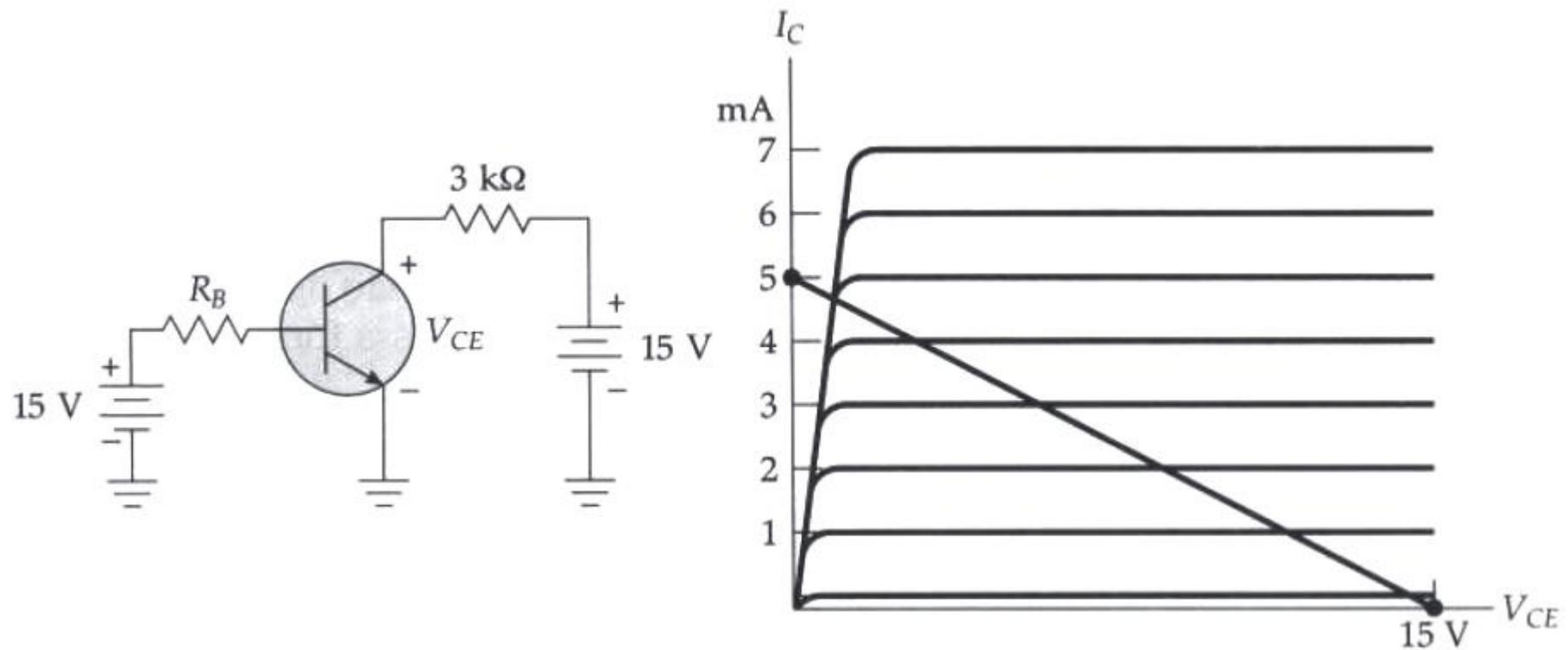
Sem considerar a variação do ganho



Considerando a variação do ganho

Saturação, corte e reta de carga

Exercício: Interprete o circuito e gráfico abaixo



Circuito com polarização fixa

O termo saturação é aplicado a qualquer sistema onde os níveis alcançam seus valores máximos.

A equação que relaciona I_C e V_{ce} nos circuitos analisados anteriormente é:

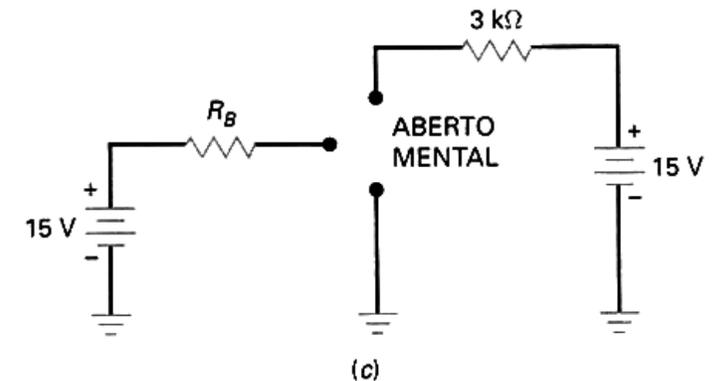
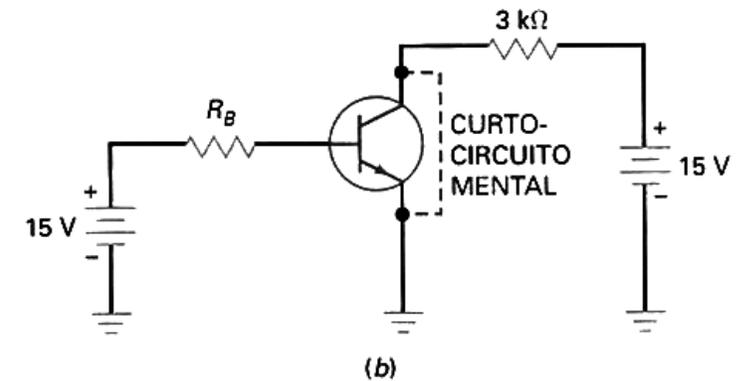
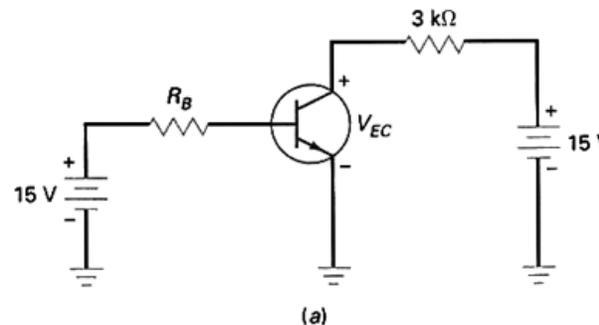
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C$$

Como V_{CE} não pode ser negativo, o ponto de saturação é definido quando V_{CE} é igual a zero, ou seja um curto circuito

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

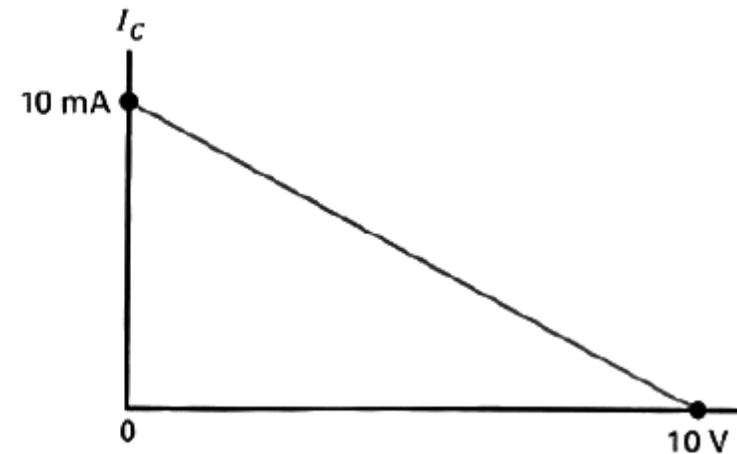
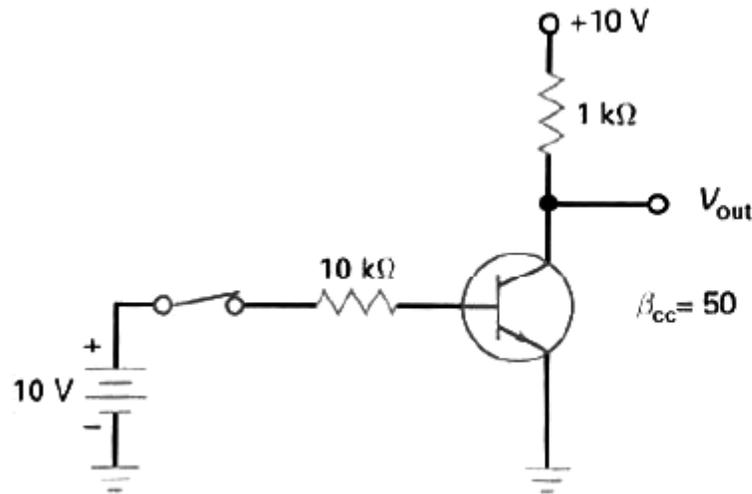
A relação de corte é dada em função a tensão máxima de V_{CE} , ou seja, quando I_C for mínimo ($I_C = 0A$)

$$V_{CEcorte} = V_{CC} \text{ e } I_C = 0$$



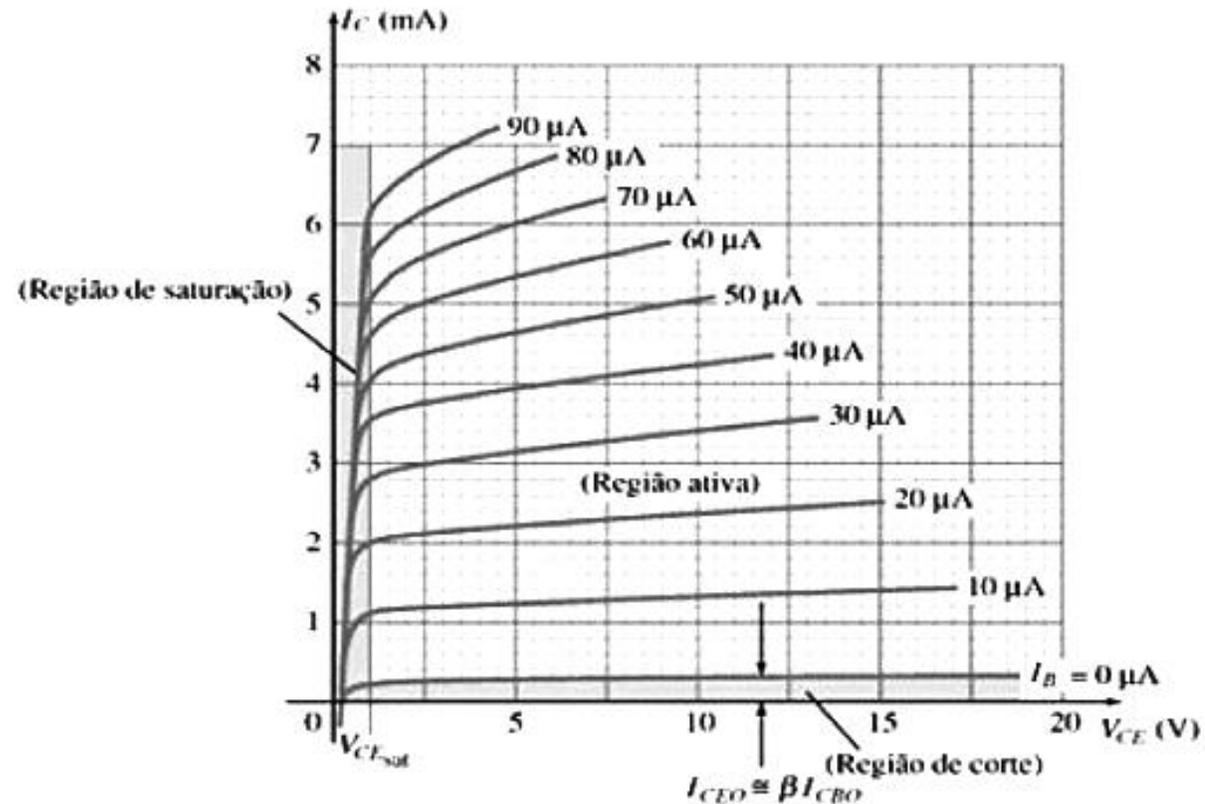
Circuito com polarização fixa

O circuito abaixo foi projetado para trabalhar em saturação, funcionando como uma chave controlada. Note que a corrente i_b é superior ao máximo para alcançar a zona de saturação. Este modelo de circuito é conhecido por circuito de saturação forte 10:1, ou seja, a resistência da base é 10x a resistência do coletor.



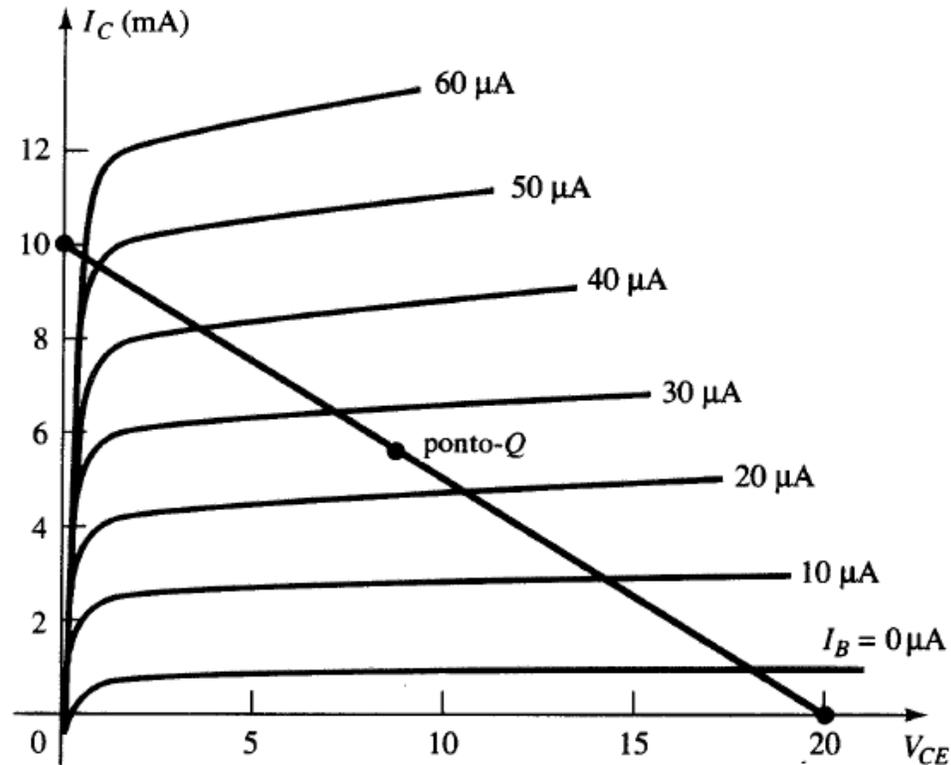
Circuito com polarização fixa

Na figura abaixo podemos visualizar a região ativa, a região de corte e a região de saturação do transistor



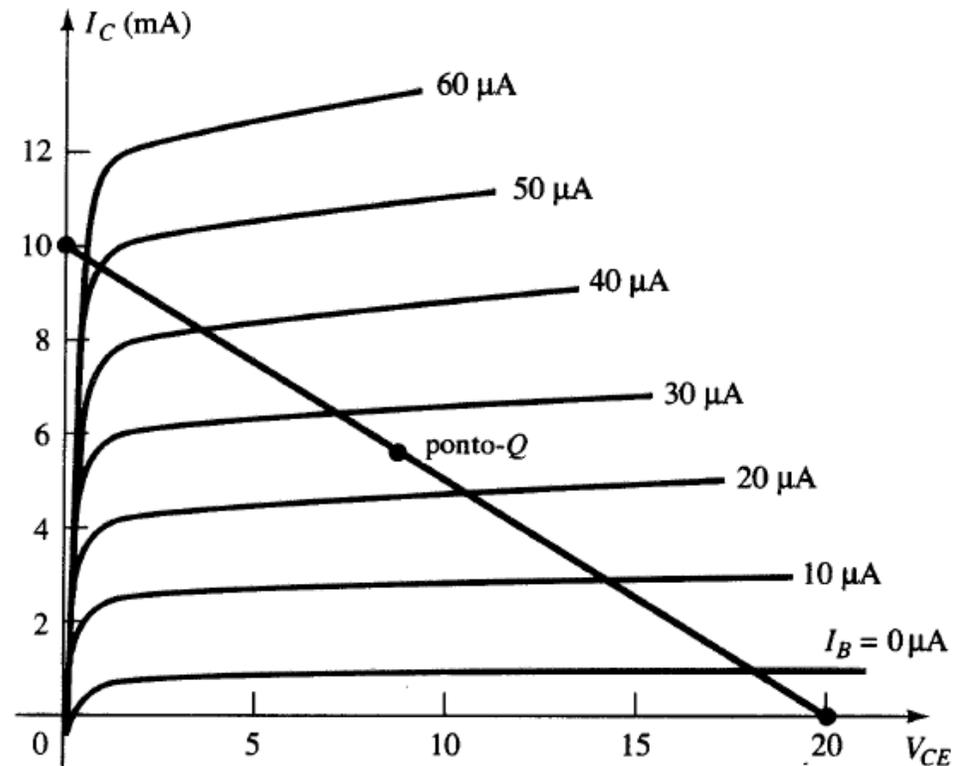
Circuito com polarização fixa

Análise por reta de carga é a interpretação gráfica da faixa de operação de um transistor. No exemplo abaixo, temos uma reta de carga em função da corrente da base. O ponto Q, representa o exato ponto de operação do transistor, em um determinado instante.



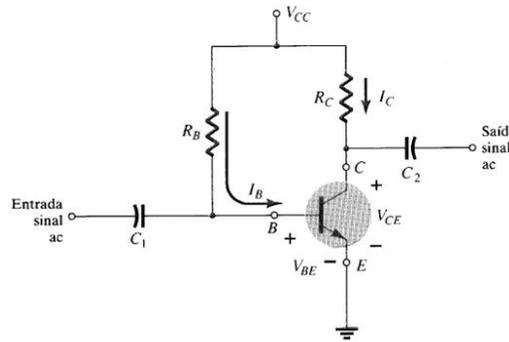
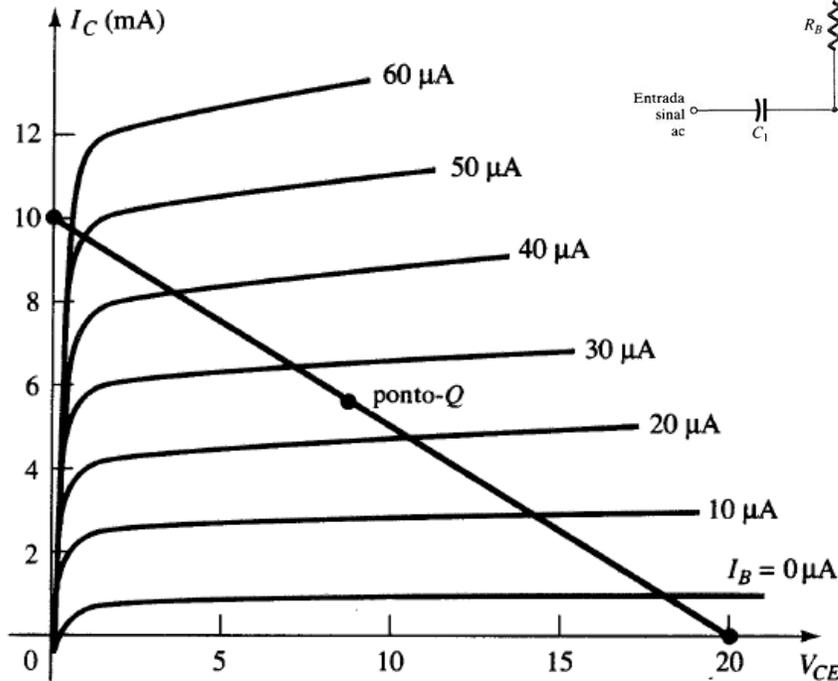
Circuito com polarização fixa

Exercício: Considere que a operação de um transistor de junção bipolar EC, com polarização fixa, está representado graficamente abaixo. Monte o circuito



Circuito com polarização fixa

Exercício: Considere que a operação de um transistor de junção bipolar EC, com polarização fixa, está representado graficamente abaixo. Monte o circuito



$$V_{CE} = V_{CC} = 20V \text{ para } I_C = 0A$$

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C} \text{ para } V_{CE} = 0V$$

$$R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} = \frac{20}{10 \cdot 10^{-3}} = 2K\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{20 - 0,7}{25 \cdot 10^{-6}} = 772K\Omega$$