

Complemento da AULA N° 21

PSI 3321

A Polarização do

Transistor Bipolar de Junção (TBJ)

5ª Aula:

A polarização do Transistor Bipolar de Junção

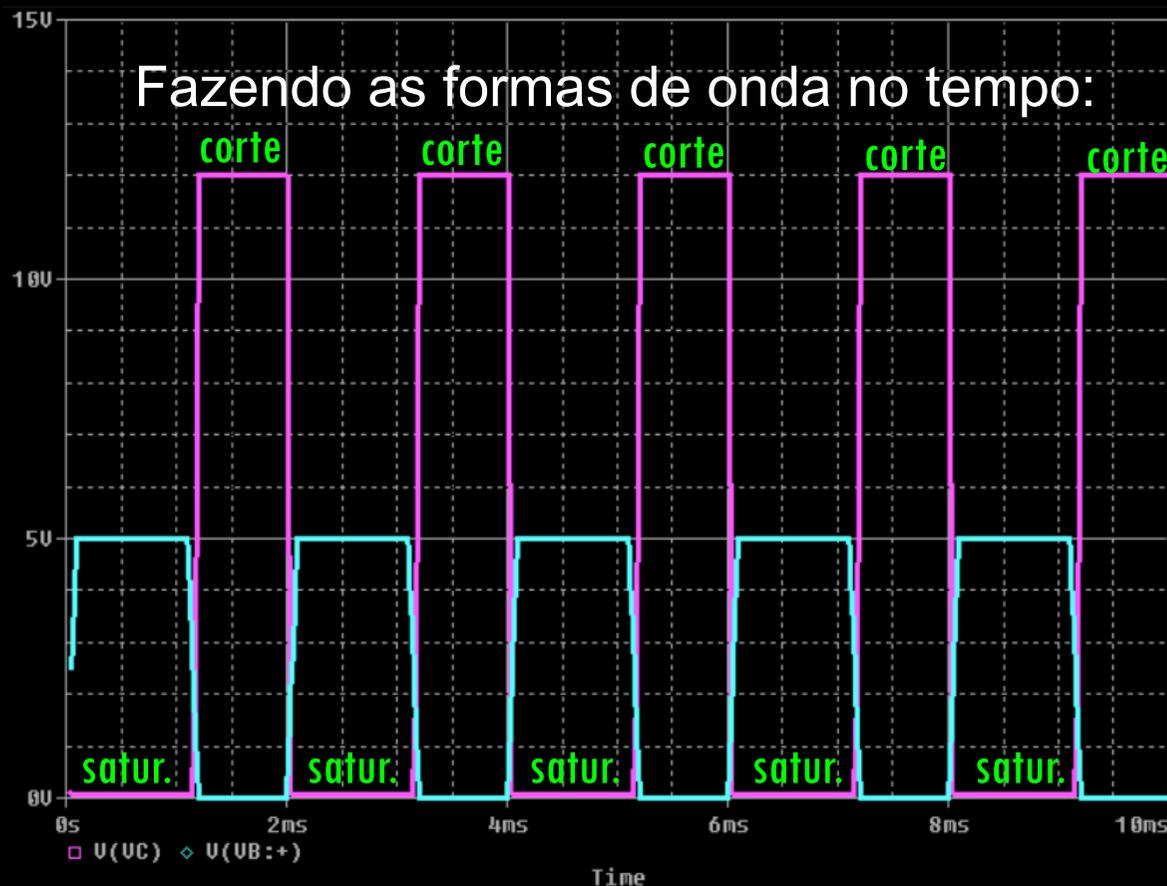
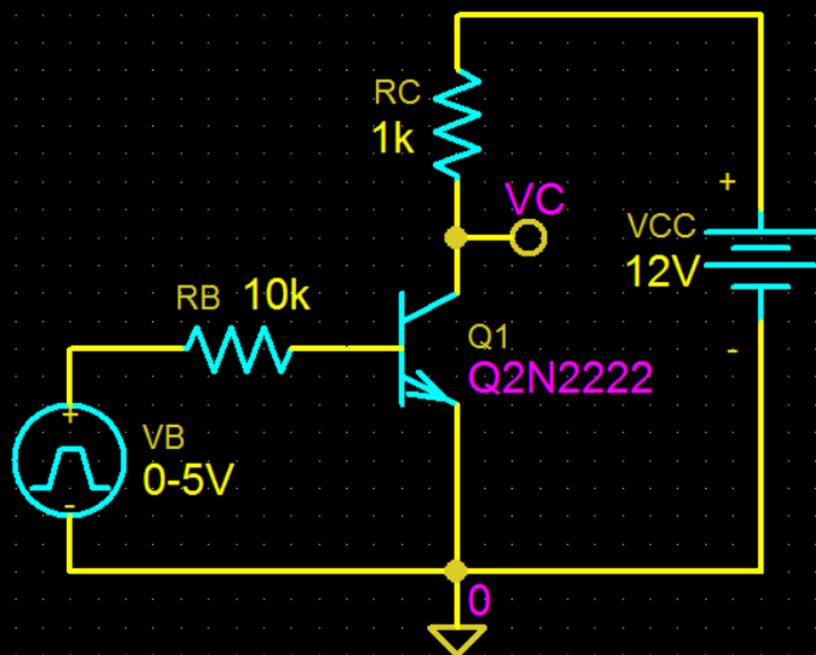
Nas aulas anteriores vimos:

- O Diodo**
- O princípio de operação do Transistor Bipolar de Junção (TBJ)**
- Como analisar o TBJ no corte ou na saturação**

Agora veremos a polarização do Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

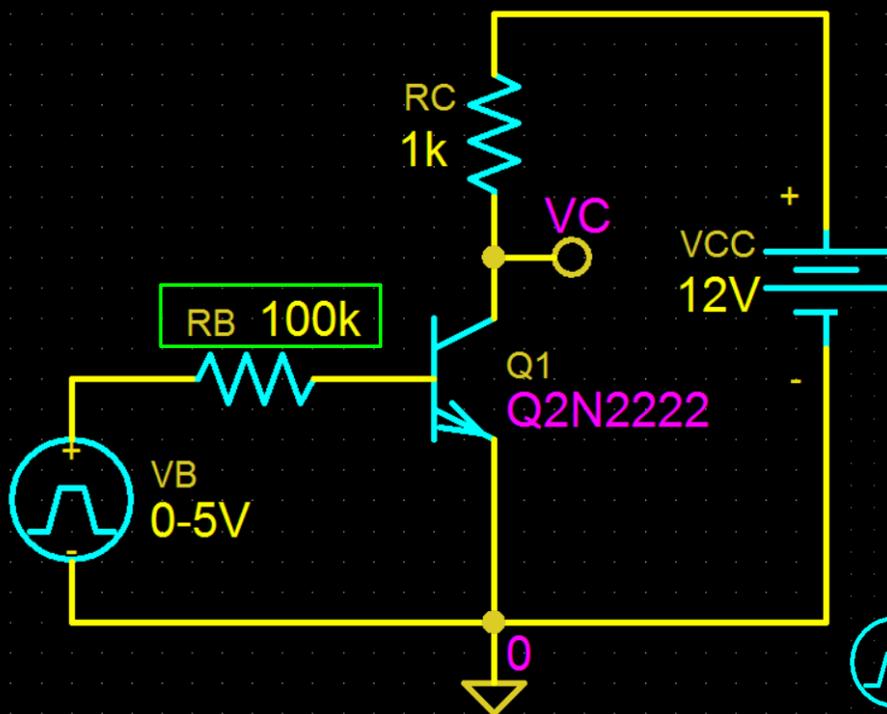
O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) como chave

Na aula passada vimos um exercício que pedia para determinar a forma de onda V_C ao se aplicar na entrada do circuito uma onda quadrada com período de aprox. 1ms e valores de tensão de 0V e 5V, sabendo que $\beta = 220$.



O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Vamos fazer o mesmo exercício mas agora utilizando $R_B = 100k$, sabendo que β continua o mesmo ($\beta = 220$).

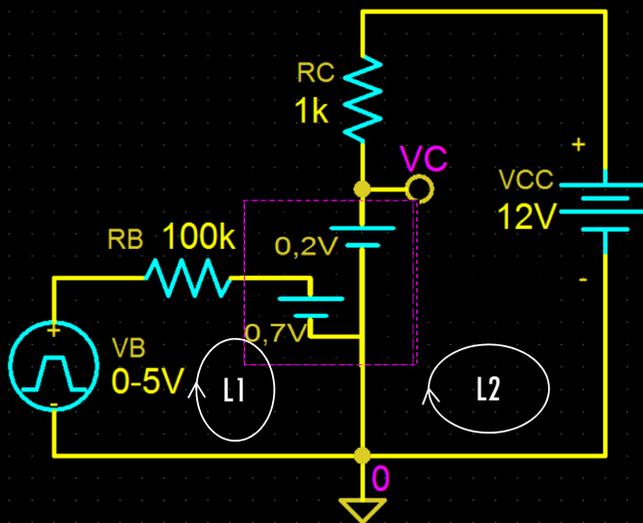


Quando $V_B = 0V$ o TBJ está cortado:

Logo $V_C = 12V$

Quando $V_B = 5V$ o TBJ conduz (ativa ou satur.)

Supondo saturação:



$$L1, 2^\circ \text{ LK: } I_B = \frac{5 - 0,7}{100k} = 43\mu A$$

L2, 2º LK:

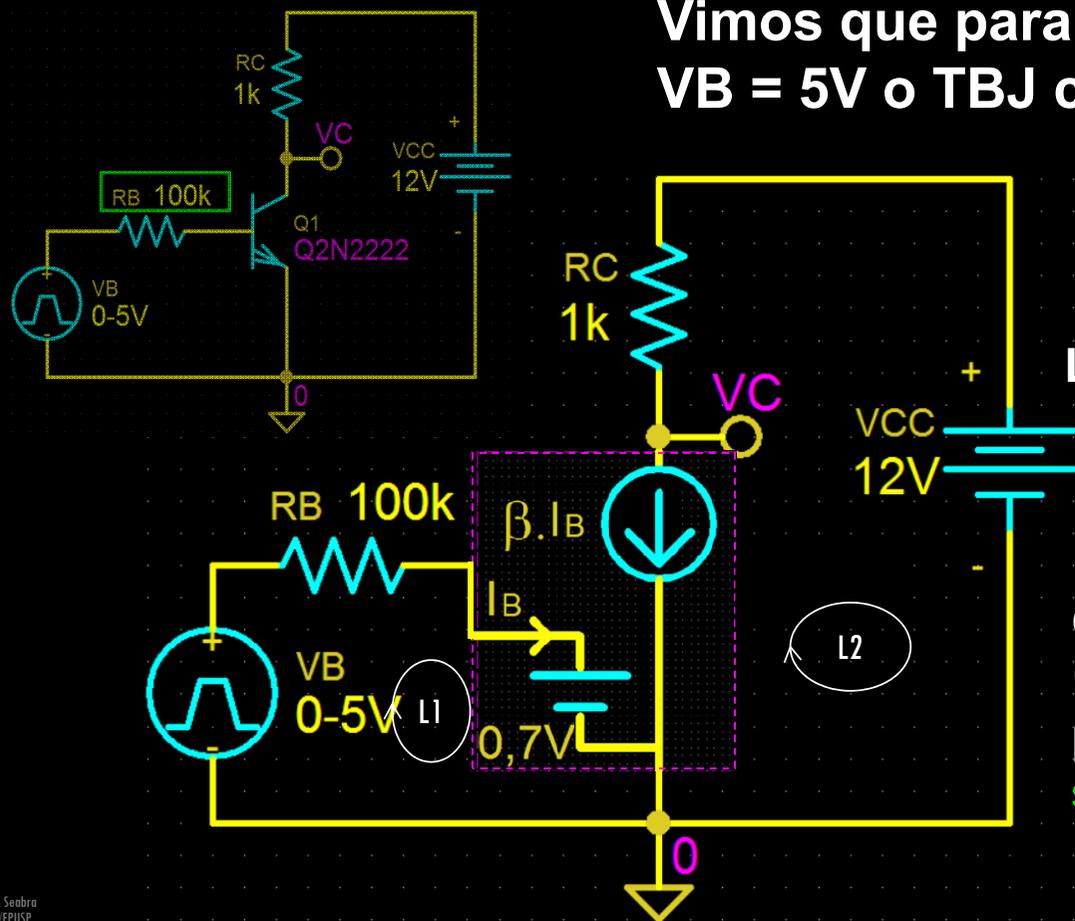
$$I_C = \frac{12 - 0,2}{1k} = 11,8mA$$

Como $I_C = 11,8mA > 220 \times 43\mu A$
($9,46mA$)

TBJ não está saturado e portanto está na região ativa

O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Vamos fazer o mesmo exercício mas agora utilizando $R_B = 100k$, sabendo que β continua o mesmo ($\beta = 220$).



Vimos que para $V_B=0$ nada muda, porém quando $V_B = 5V$ o TBJ conduz mas não está em saturação.

Supondo agora região ativa:

$$L1, 2^a \text{ LK: } I_B = \frac{5 - 0,7}{100k} = 43\mu A$$

Lei do Transistor na Ativa:

$$I_C = \beta I_B = 220 \times 43\mu A = 9,46mA$$

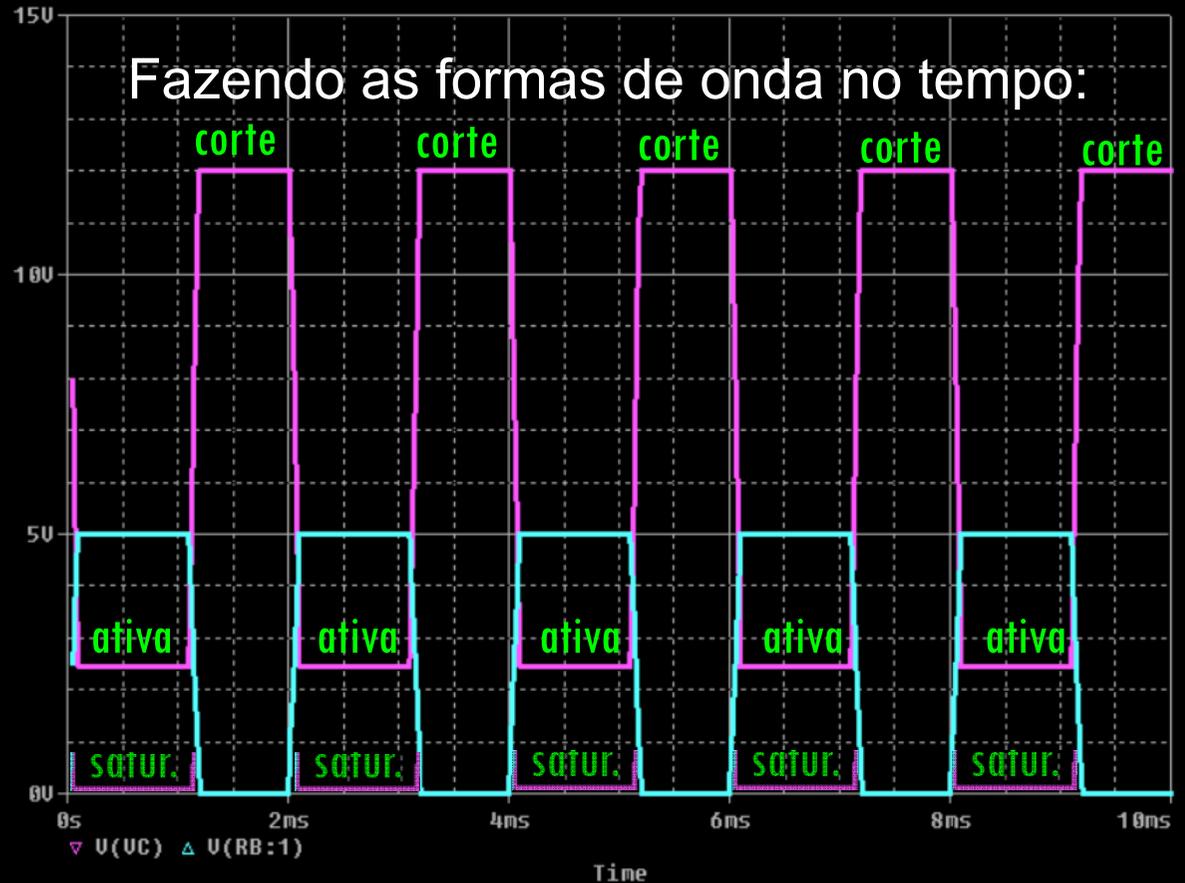
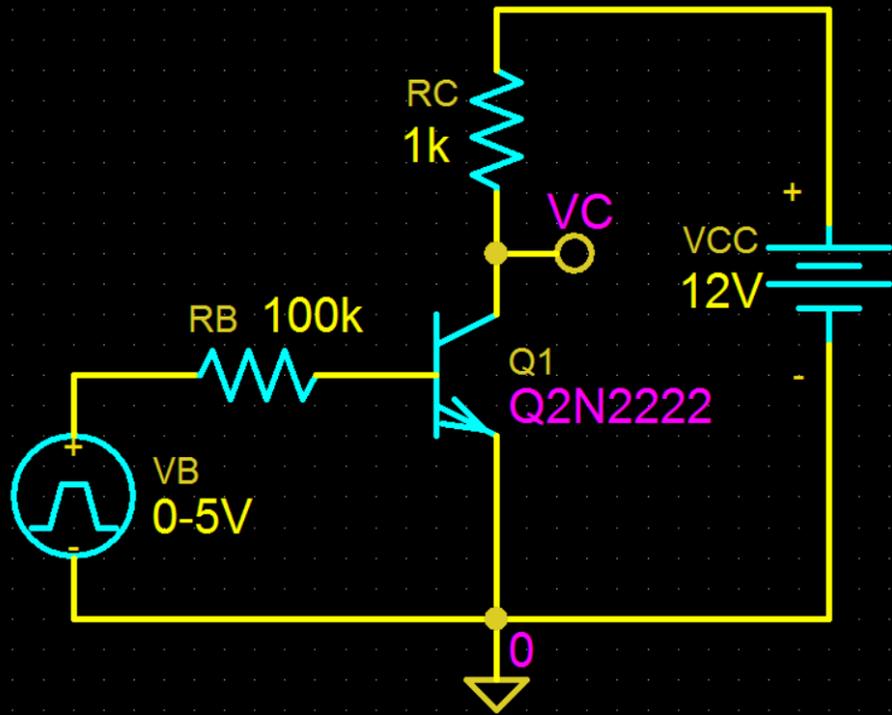
$$\text{Logo (L2) } V_C = 12V - R_C I_C = 12 - 9,46 = 2,54V$$

Como $V_{BE} = 0,7V$ e $V_{CB} = V_C - V_B = 2,54 - 0,7 = 1,84V$ o TBJ está com j_{BE} dir. pol. e a j_{CB} rev. pol. e portanto

se encontra mesmo na região ativa.

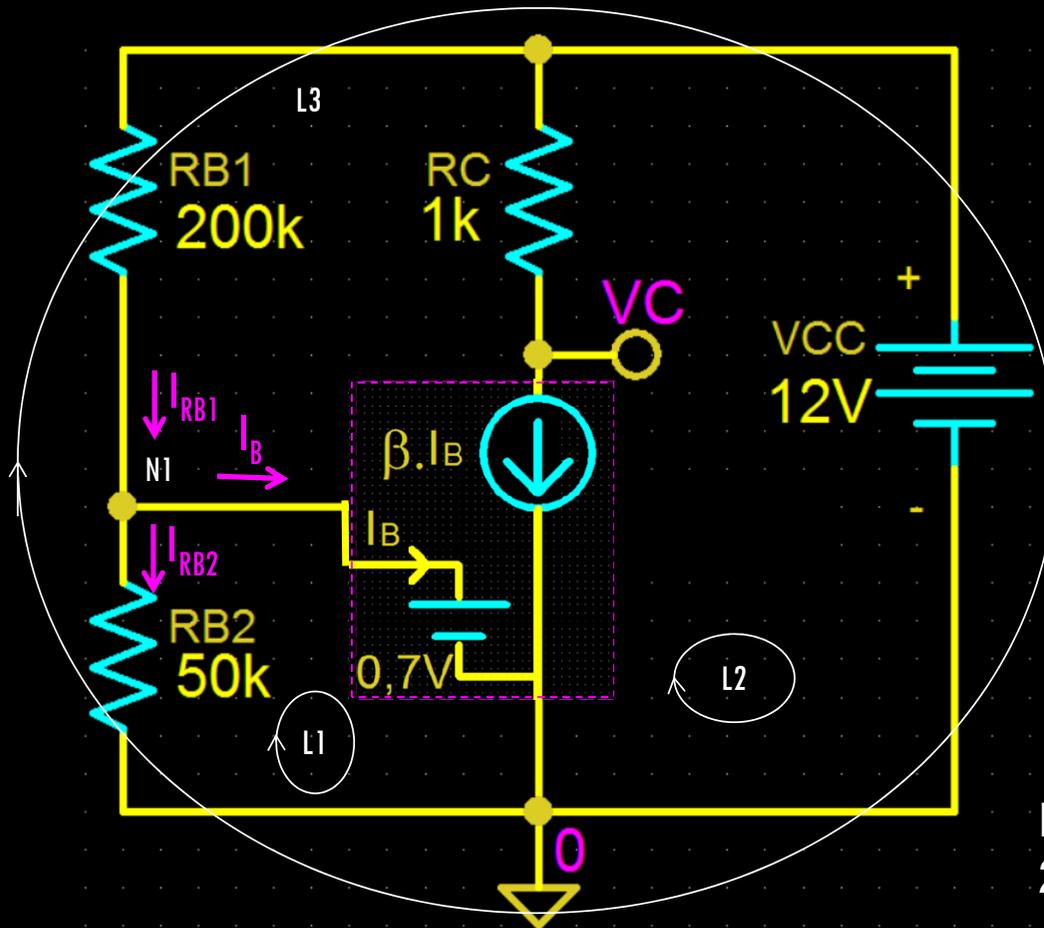
O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

E como ficam as formas de onda agora?



O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Vamos agora aplicar uma tensão na entrada empregando apenas uma fonte de tensão para alimentar todo o circuito. Considere $\beta = 220$ e TBJ na ativa. Qual o V_C ?



Se TBJ na ativa:

$$L1, 2^a \text{ LK: } I_{RB2} = \frac{0,7}{50k} = 14\mu A$$

$$L3, 2^a \text{ LK: } I_{RB1} = \frac{12 - 0,7}{200k} = 56,5\mu A$$

$N1, 1^a \text{ LK:}$

$$I_B = I_{RB1} - I_{RB2} = 56,5\mu - 14\mu \approx 42\mu A$$

Lei do TBJ na ativa: $I_C = \beta I_B = 9,24mA$

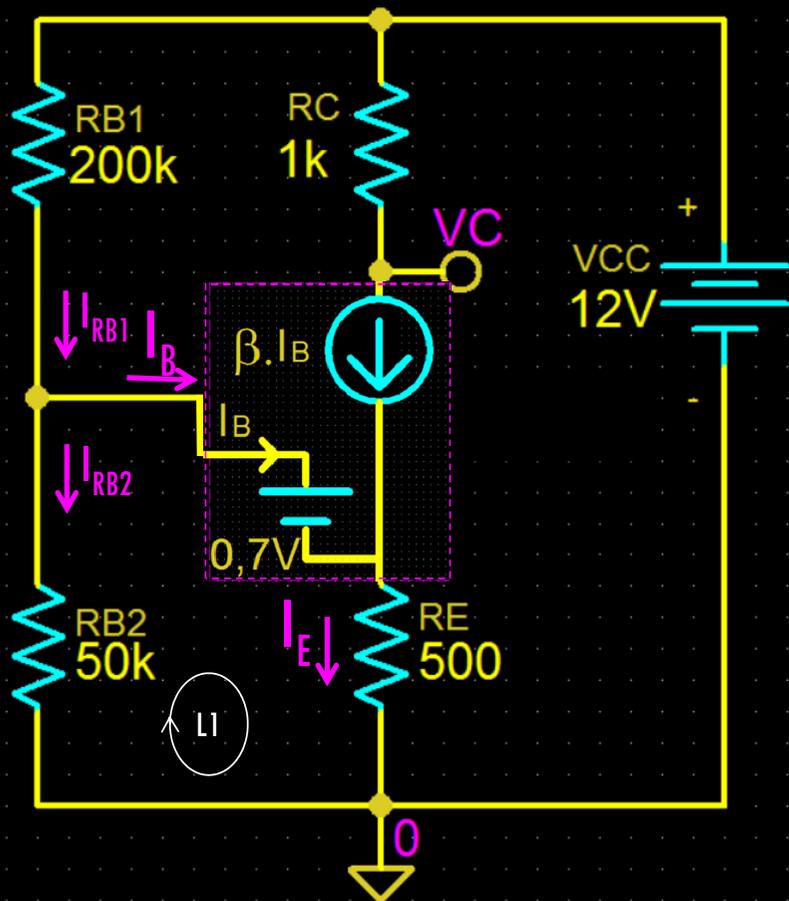
$$L2, 2^a \text{ LK: } V_C = V_{CC} - R_C I_C = 2,76V$$

Note que $V_{BE} = 0,7V$ e $V_{CB} = V_C - V_B = 2,76 - 0,7 = 2,06V$ o TBJ está com j_{BE} dir. pol. e a j_{CB} rev. pol.

→ reg. ativa.

O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Vamos agora aplicar uma tensão na entrada empregando apenas uma fonte de tensão para alimentar todo o circuito. Considere $\beta = 220$ e TBJ na ativa. Qual o V_C ?



Vamos agora determinar as correntes do TBJ.
Se TBJ na ativa:

L1, 2ª LK: note que temos agora I_B e I_E no mesmo laço!

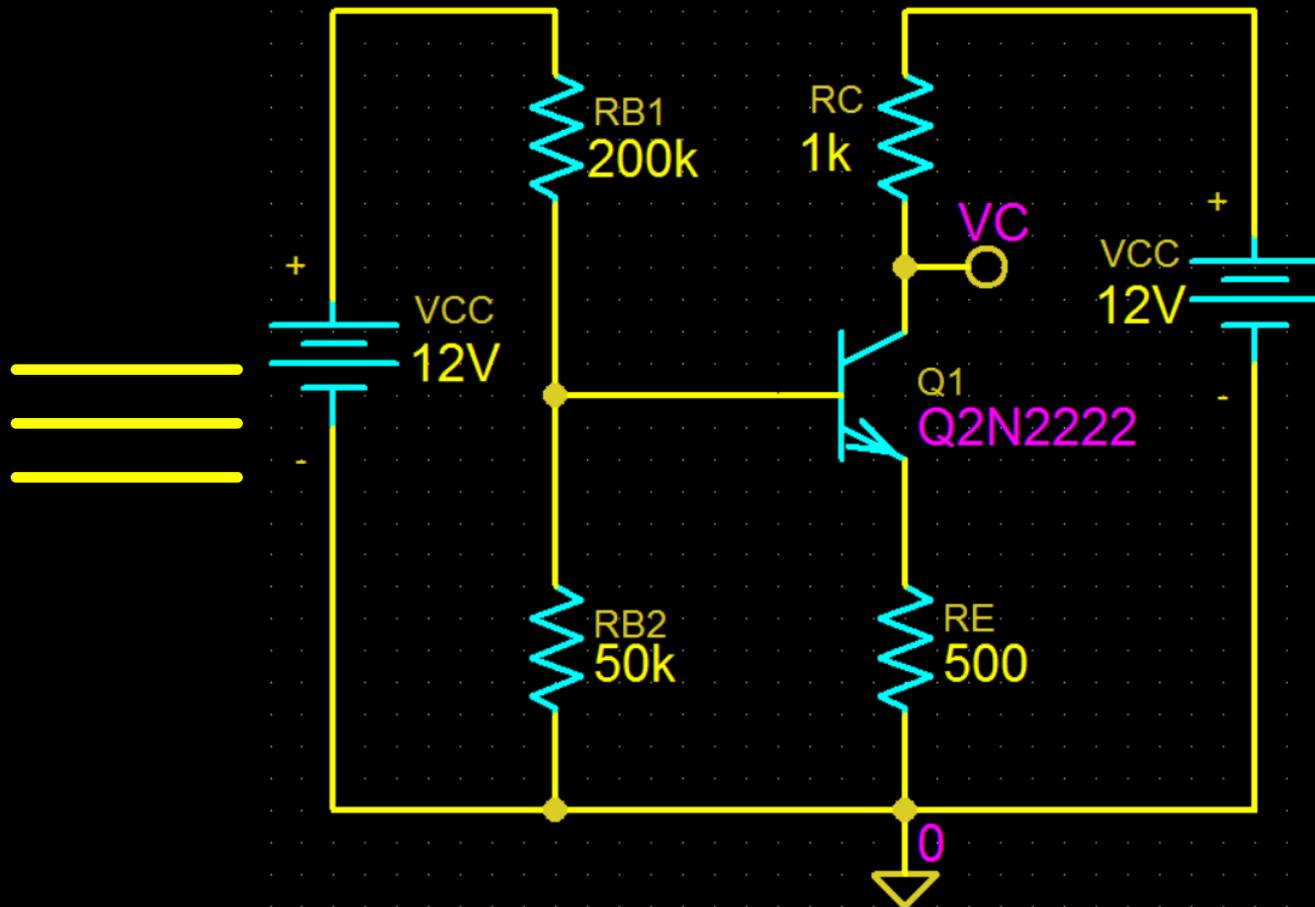
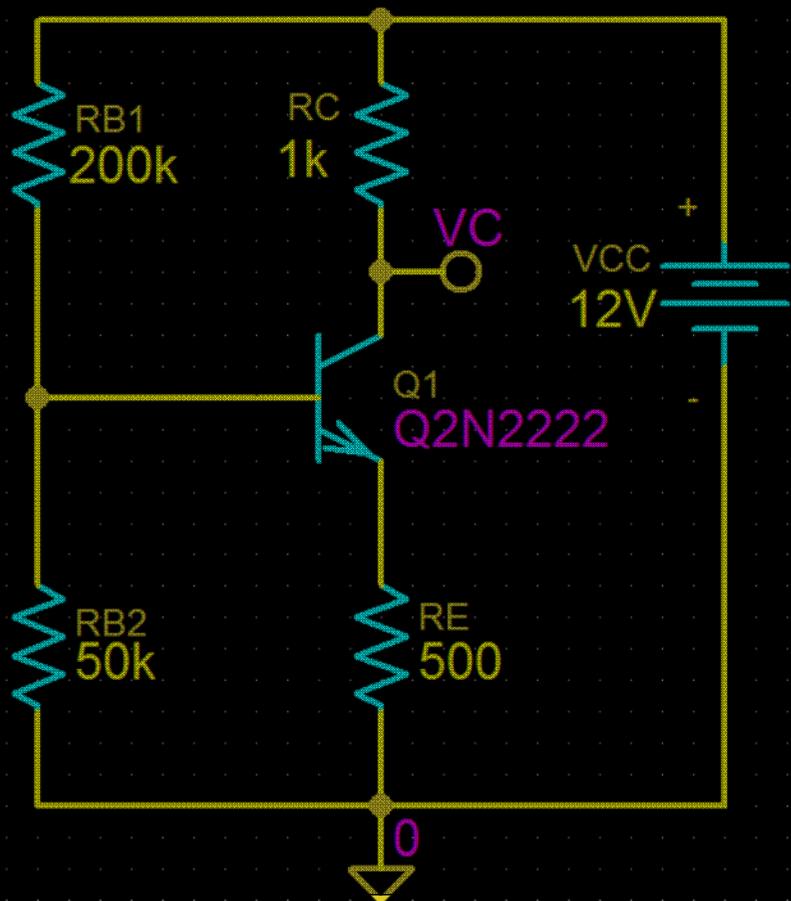
$$\left. \begin{aligned} R_{B2} I_{RB2} &= 0,7 - R_E I_E \\ I_{RB2} &= I_{RB1} - I_B \end{aligned} \right\} \dots$$

Se analisarmos cuidadosamente temos um sistema de 5 incógnitas para resolver...

Devemos buscar outra maneira de resolver este problema.

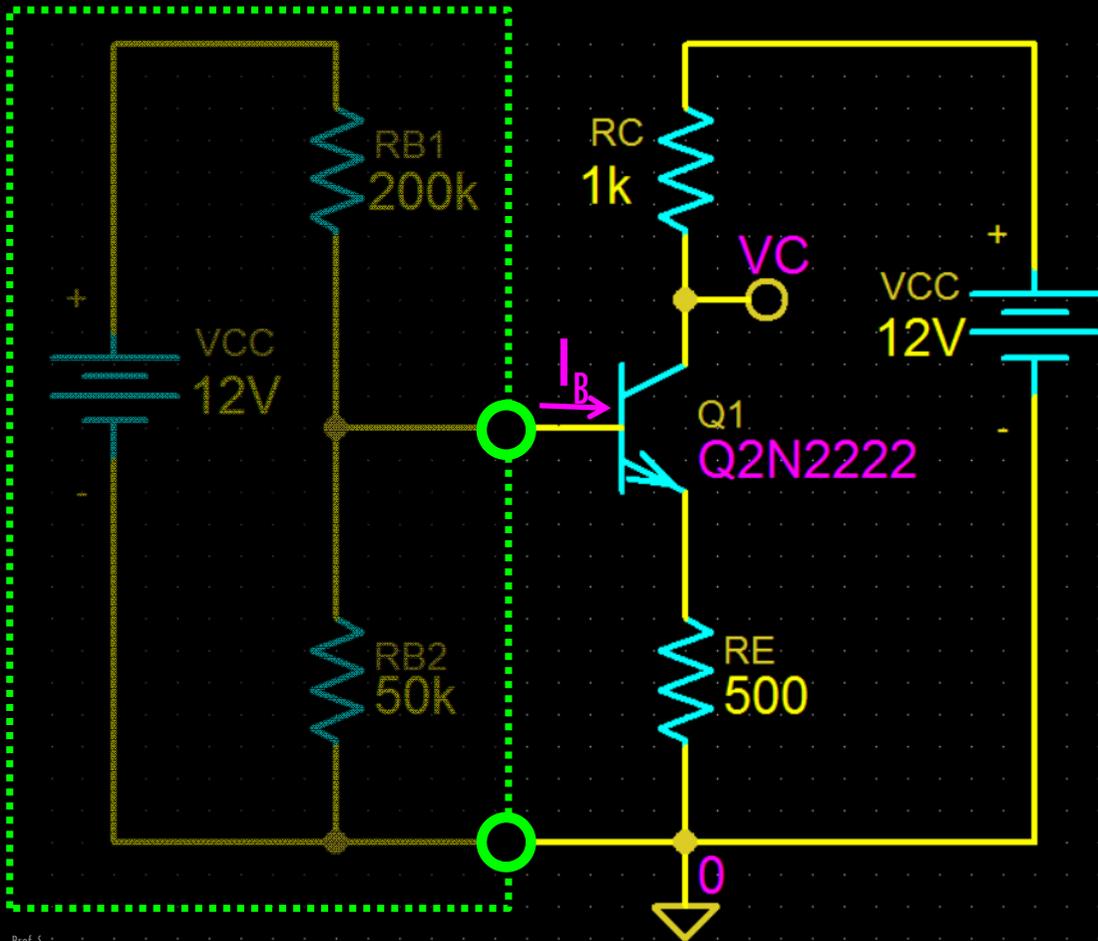
O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Vamos agora aplicar uma tensão na entrada empregando apenas uma fonte de tensão para alimentar todo o circuito. Considere $\beta = 220$ e TBJ na ativa. Qual o V_C ?



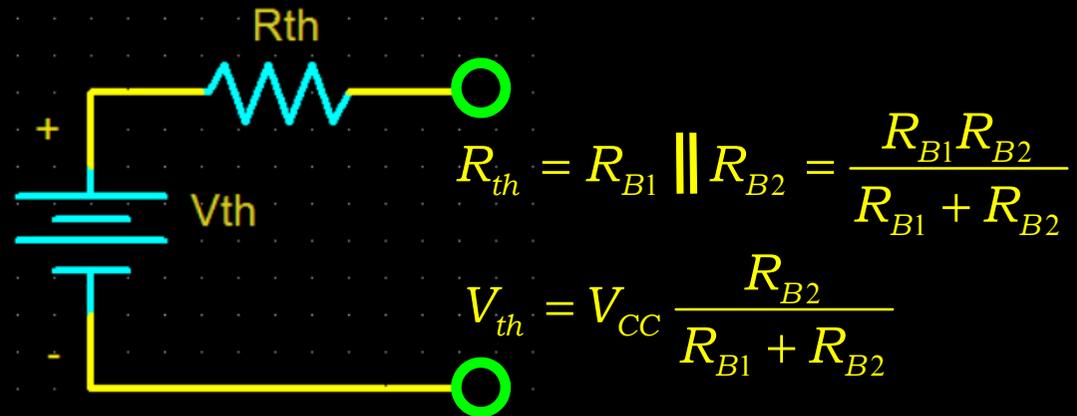
O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Vamos agora aplicar uma tensão na entrada empregando apenas uma fonte de tensão para alimentar todo o circuito. Considere $\beta = 220$ e TBJ na ativa. Qual o V_C ?



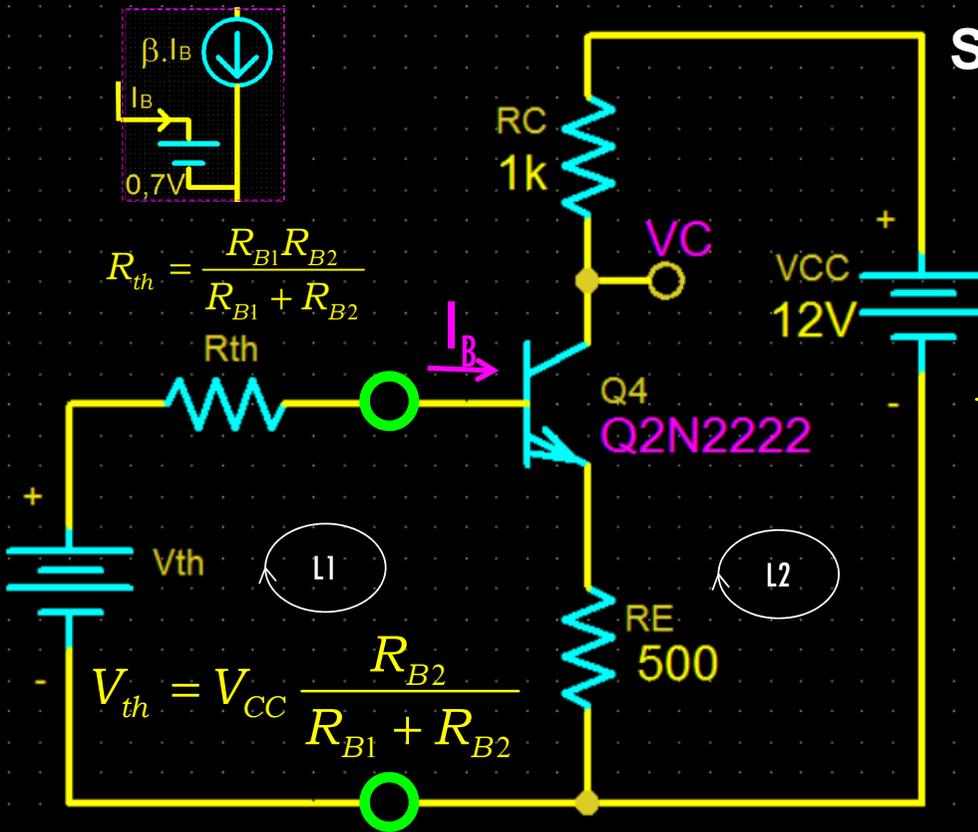
Uma das propriedades de redes lineares é que podemos aplicar o Teorema de Thevenin para encontrar um circuito equivalente entre dois terminais para essa rede.

- Vimos em circuitos que a rede equivalente é composta por um R_{th} em série com uma fonte V_{th} , tal que:



O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Podemos então substituir o circuito de entrada pelo seu equivalente Thevenin:



Se o TBJ na ativa:

$$\text{L1, 2ª LK: } V_{th} = R_{th} I_B + 0,7V + R_E I_E$$

$$\text{Lei do TBJ na ativa: } I_C = \beta I_B \text{ ou } I_E = (\beta + 1) I_B$$

Logo:

$$\frac{V_{CC} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} I_B + 0,7V + R_E (\beta + 1) I_B$$

$$\text{L2, 2ª LK: } V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \beta I_B - R_E (\beta + 1) I_B$$

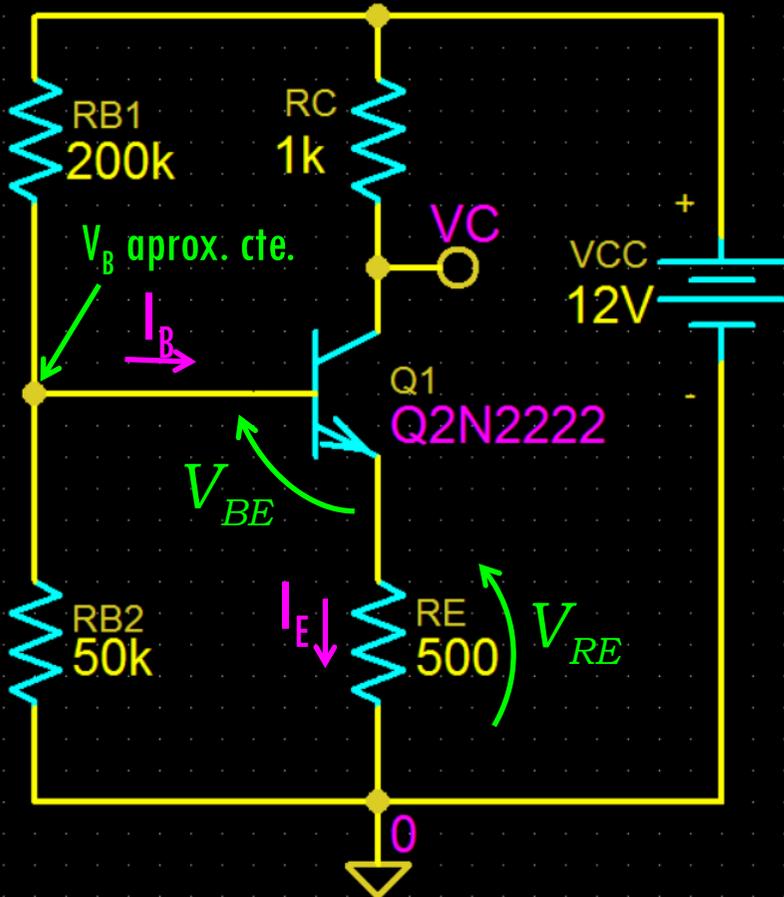
$$\text{E portanto: } V_C = V_{CE} + R_E I_E$$

$$I_B = 23\mu A; V_{CE} \approx 4,5V; V_C \approx 7,0V$$

Confira que o TBJ está na ativa! Qual o valor de V_B?

O Transistor Bipolar de Junção (TBJ) na região ativa

Por que estudamos esse circuito?



Porque ele possui propriedades muito importantes:

- Como veremos adiante nesta disciplina, ele possui muitos elementos de circuitos amplificadores reais
- Dentre eles o mais importante é que ele mantém I_E constante mesmo se β ou a temperatura variar, empregando técnicas de realimentação negativa. Por isso este circuito é conhecido como circuito de polarização I_E constante

5ª Aula:

A polarização do Transistor Bipolar de Junção

Nesta aula você se tornou apto a:

- Analisar circuitos com transistores TBJ determinando se operam no corte, saturação ou região ativa
- Utilizar técnicas de circuitos elétricos para resolver circuitos com transistores TBJ
- Calcular tensões e correntes em circuitos com transistores TBJ
- Explicar qual a importância do circuito de polarização I_E constante

Até a próxima aula !!!