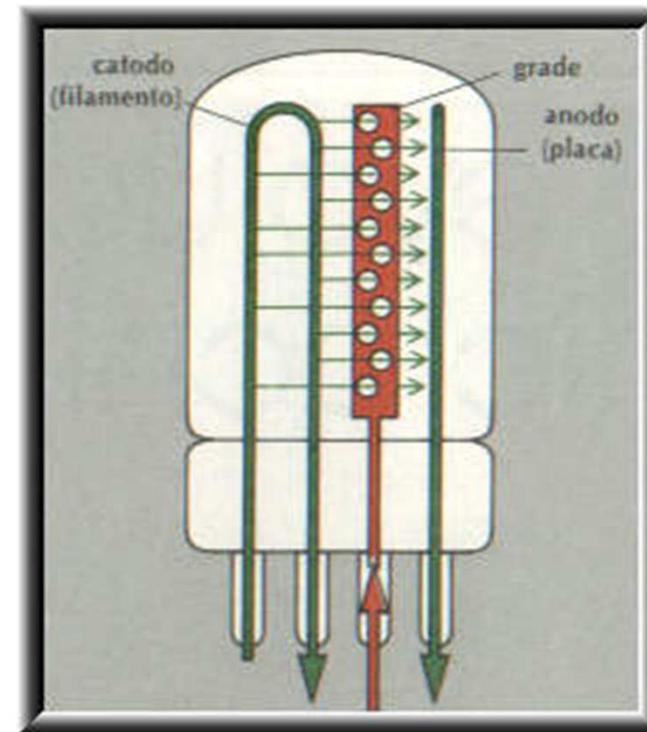


- Antes de 1950 todo equipamento eletrônico utilizava válvulas;
- O aquecedor de uma válvula típica consumia muitos watts de potência.



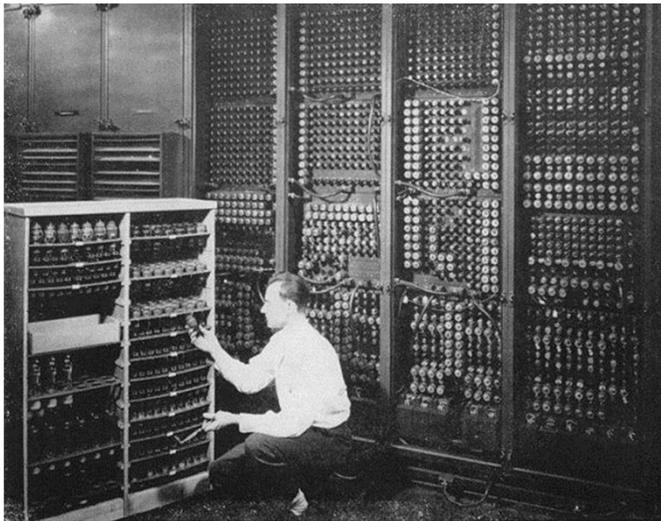
- O transistor projetou a indústria dos semicondutores e todas as invenções relacionadas, como os circuitos integrados, os microprocessadores, os componentes optoeletrônicos, rádios etc. e criou a indústria de computadores.

ENIAC 1946

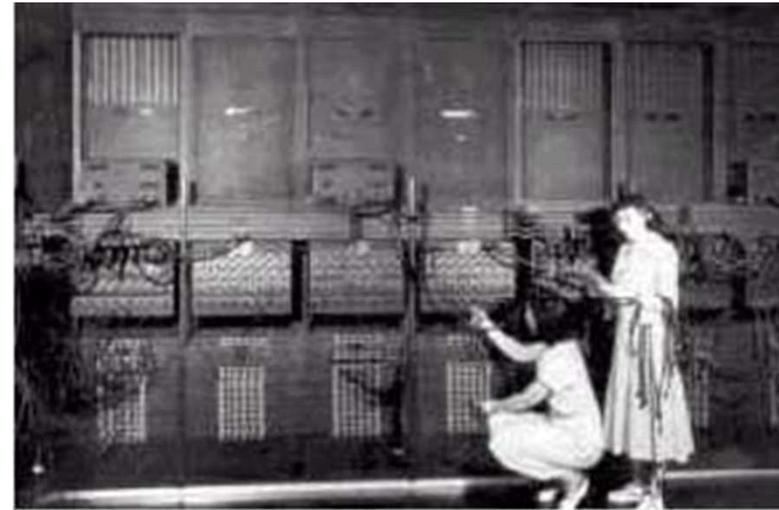
Electronic Numerical Interpreter and Calculator,

"Na medida em que uma calculadora no ENIAC é equipada com 18 mil tubos de vácuo e pesa 30 toneladas, os computadores do futuro deverão ter apenas mil tubos de vácuo e pesar 1,5 mil toneladas".

Revista Popular Mechanics, em 1949.



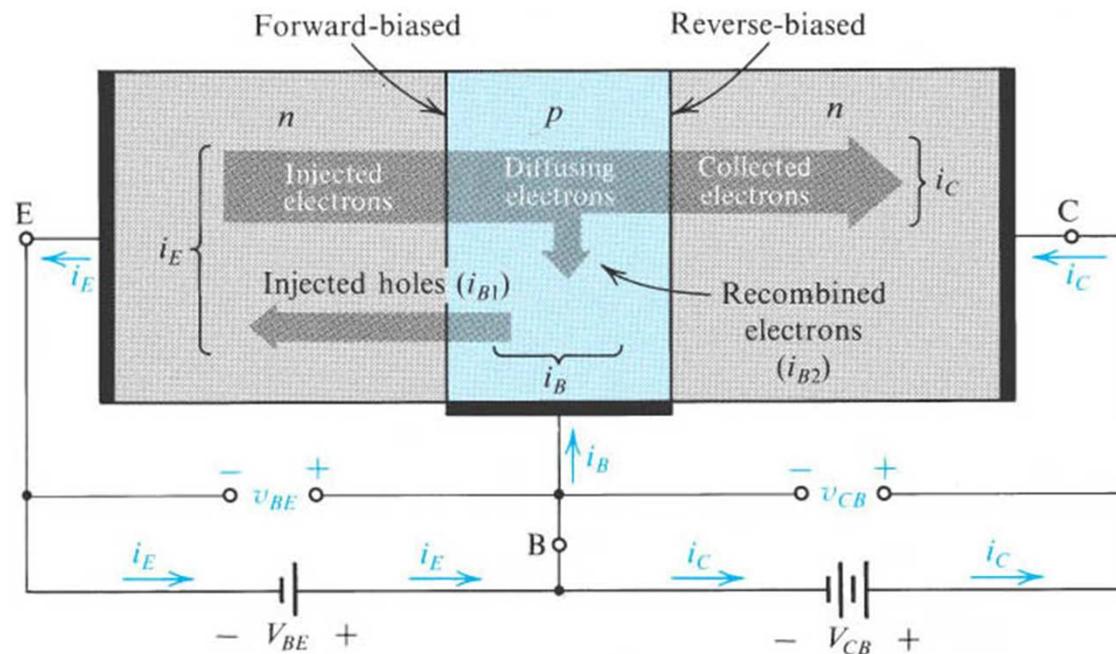
Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.



O ENIAC tinha as seguintes características:

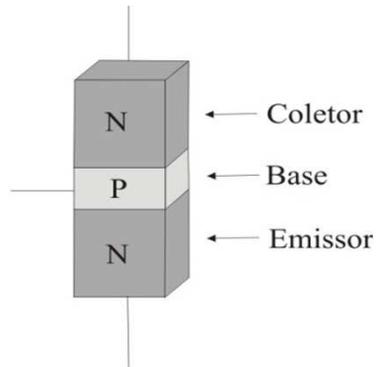
- totalmente eletrônico
- 17.468 válvulas
- 500.000 conexões de solda
- 30 toneladas de peso
- 180 m² de área construída
- 5,5 m de altura
- 25 m de comprimento
- realizava uma soma em 0,2 ms
- realizava uma multiplicação em 5ms com números de 10 dígitos.

- O transistor bipolar de junção (BJT) foi inventado nos laboratórios da Bell Telephone em 1947.
- O BJT é formado por três regiões dopadas denominadas: EMISSOR; BASE e COLETOR

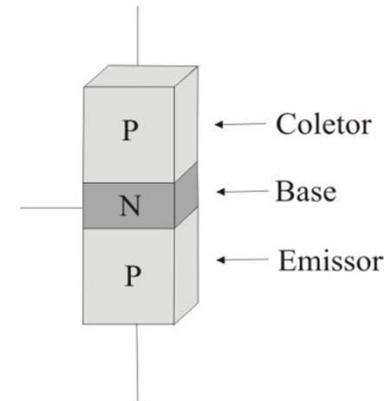


- Tipo de transistor

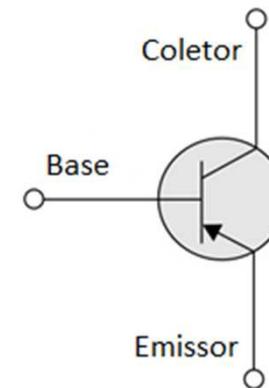
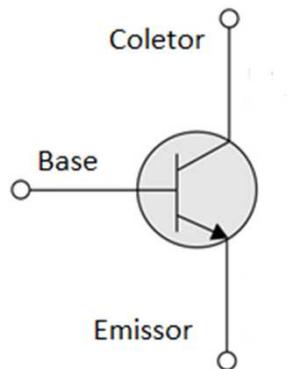
Regiões do transistor NPN



Regiões do transistor PNP



Símbolos



Correntes e tensões no transistor

$$I_E = I_C + I_B$$

A relação entre a corrente do coletor e da base é dada pelo ganho de corrente do transistor, que em corrente contínua é representado por β ou hFE, e é definido por:

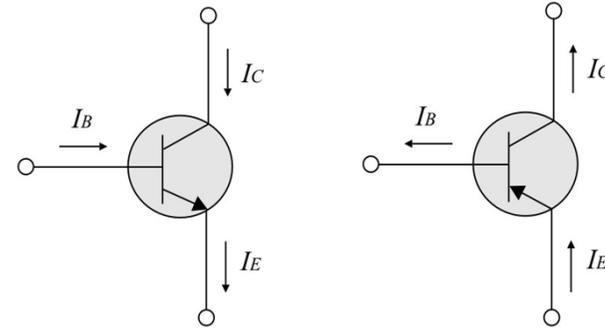
$$\beta_{CC} = \frac{I_C}{I_B}$$

Para valores elevados de β de (normalmente $\beta > 100$):

$$\beta_{CC} + 1 \cong \beta_{CC}$$

Podendo-se considerar:

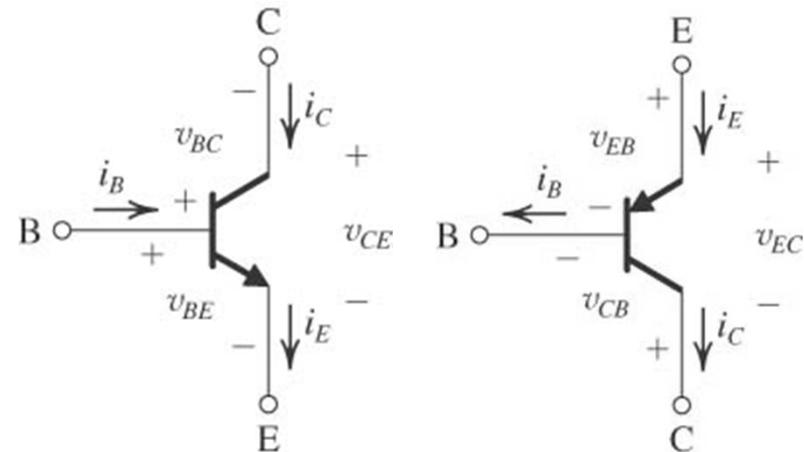
$$I_E \cong I_B \cdot \beta_{CC} \cong I_C$$



As equações anteriores podem ser rearranjadas em diferentes formas:

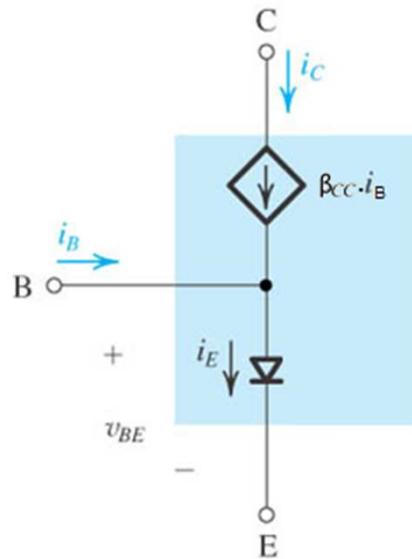
$$I_C = \beta_{CC} \cdot I_B$$

$$I_E = I_B \cdot (\beta_{CC} + 1)$$



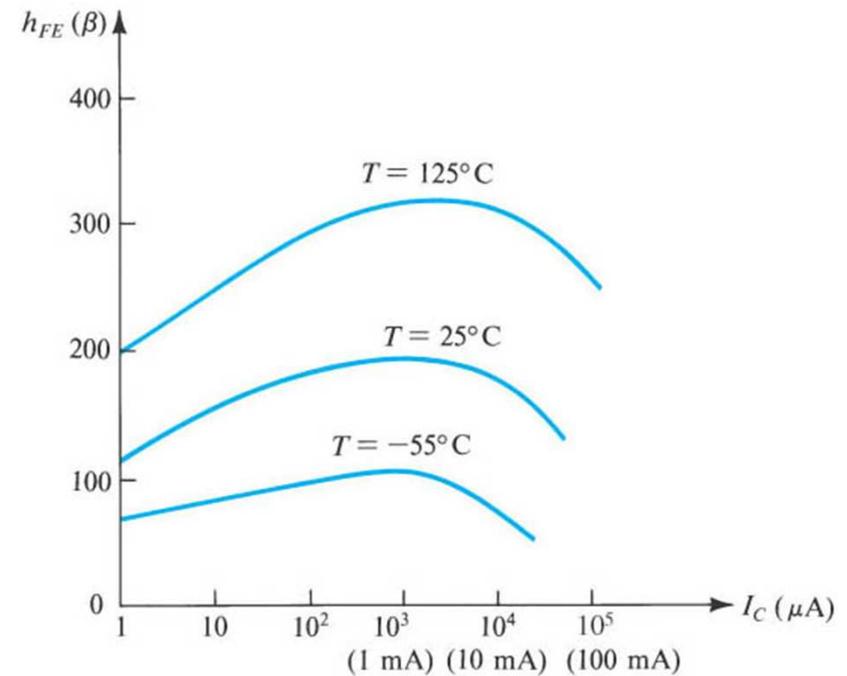
Modelo Equivalente

Existem diversos modelos que podem ser adotados para representar o transistor, um destes modelos foi proposto por Ebers e Moll e está representado de forma simplificada na figura abaixo.

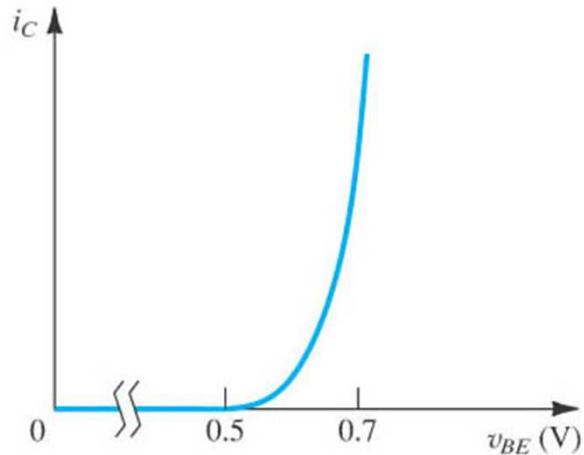


Variações no Ganho

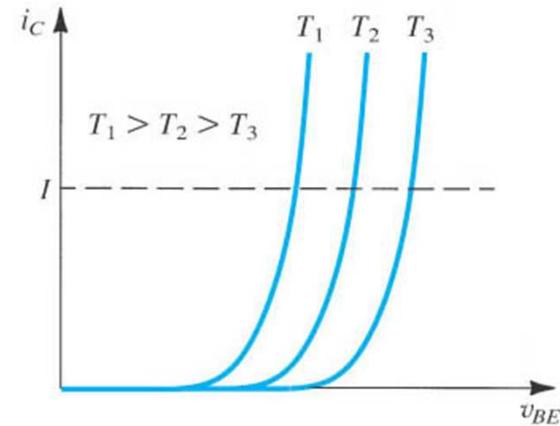
Devido às tolerâncias de fabricação, o ganho de um transistor pode variar numa faixa de até 3:1. Além disso, outros fatores como corrente do coletor e temperatura também afetam o ganho.



Representação Gráfica das Características do Transistor



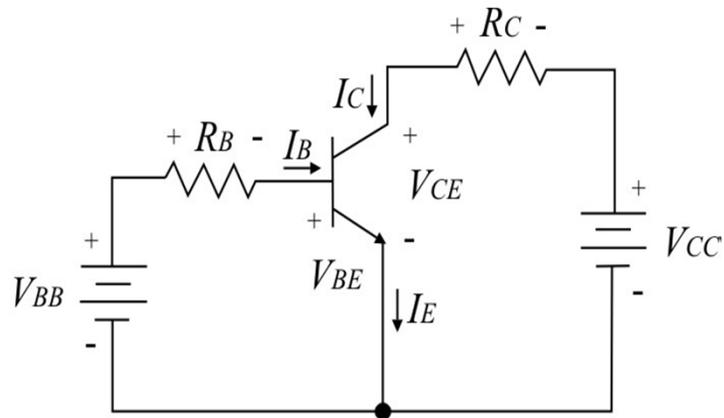
Característica i_c - V_{BE}



Efeito da temperatura sobre a característica i_c - V_{BE} com corrente de emissor constante

A junção base-emissor do transistor é similar à junção PN de um diodo.

Representação Gráfica das Características do Transistor

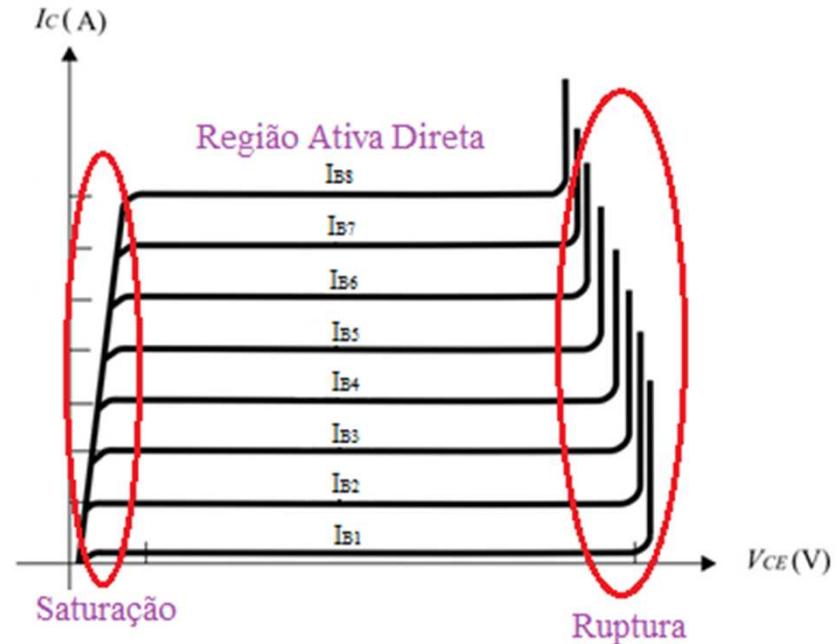


Circuito emissor comum

$$I_C = \beta_{CC} \cdot I_B$$

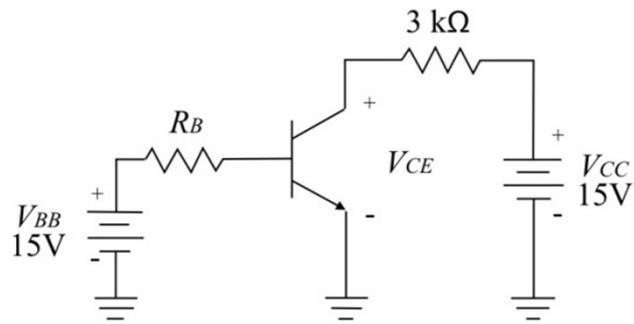
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

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

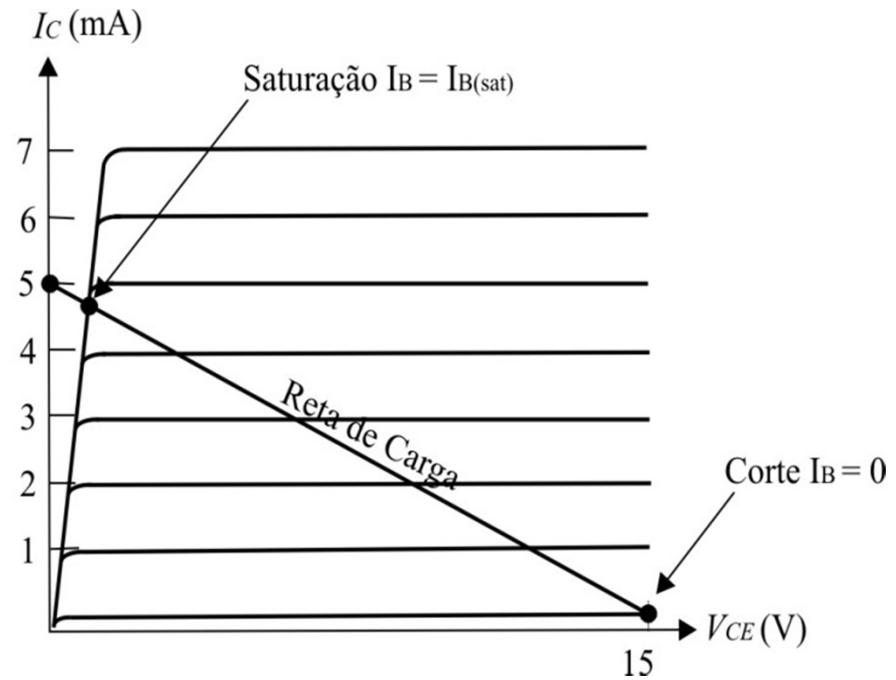


Regiões de operação do transistor

Reta de Carga



Circuito emissor comum



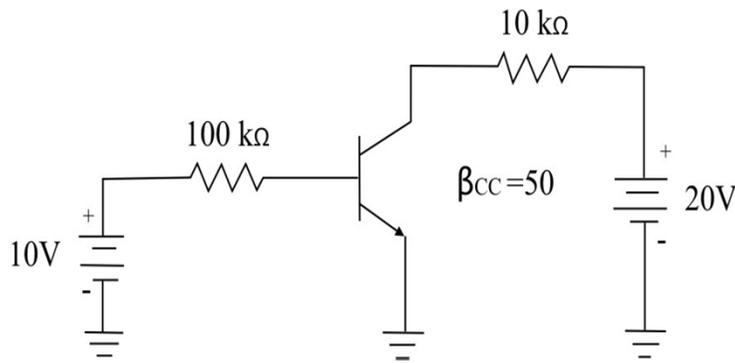
Reta de carga

$$I_C = \beta_{CC} \cdot I_B$$

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

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

Identificando a Saturação



Circuito emissor comum

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10 - 0,7}{100k} = 99,3\mu A$$

Considerando operação na RAD:

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 99,3\mu = 4,96mA$$

$$V_{CE} = 20 - 4,96m \cdot 10k = -29,6V \Rightarrow$$

Resultado impossível!

O transistor não está operando na RAD.

Considerando operação na SAT:

$$V_{CE(Sat)} \approx 0,3V$$

$$I_{C(Sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{20 - 0,3}{10k} = 1,97mA$$

O ganho de corrente é menor quando o transistor está operando na saturação:

$$\beta_{CC(Sat)} = \frac{I_{C(Sat)}}{I_B} = \frac{1,97m}{99,3\mu} = 19,84$$