

Capítulo 2:

Modelagem de componentes, circuitos e transistores para RF

Prof. Alan Petrônio Pinheiro

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Elétrica

alanpetronio@ufu.br

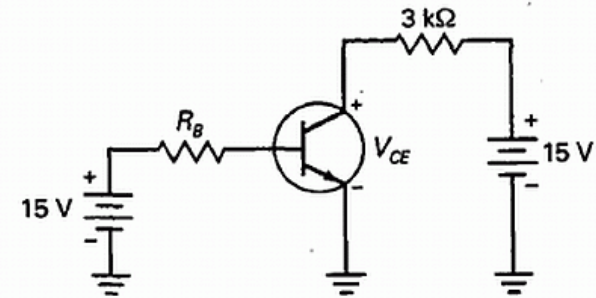
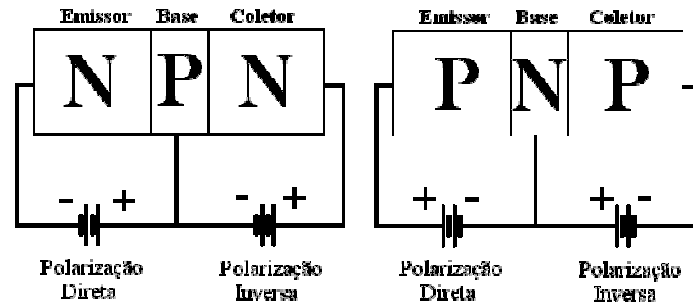


Revisão do transistor

Cir. Eletrônica Aplica.

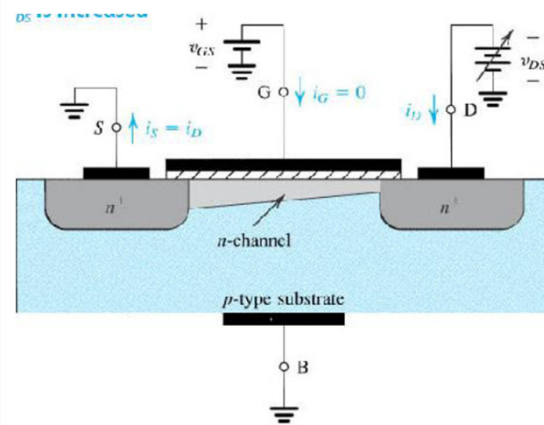
Capítulo:
Modelagem de
componentes para RF

• Transistor bipolar



• Transistor efeito campo

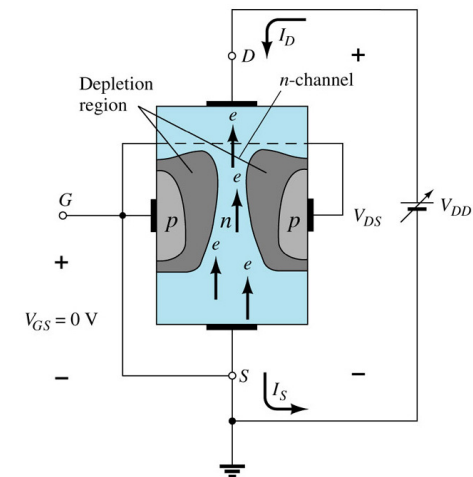
MOS-FET



$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

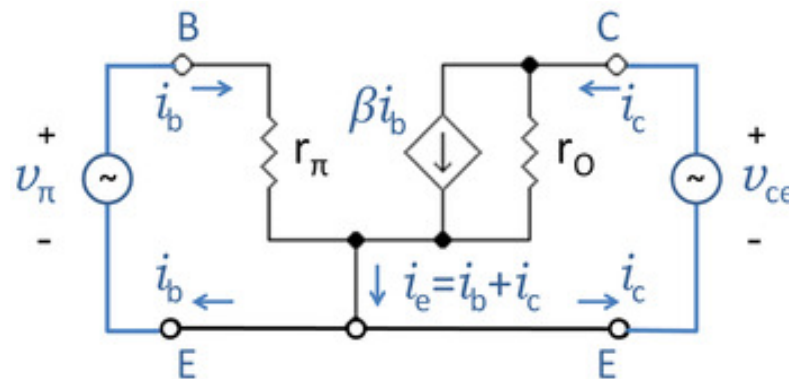
$$V_{GS} = V_P \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} \right)$$

J-FET





- Modelo “pi” do transistor



- Problemas:

- Não leva em consideração efeitos frequência
- Perdas “térmicas” excessivas na polarização
- Casamento de impedância (só resistiva)

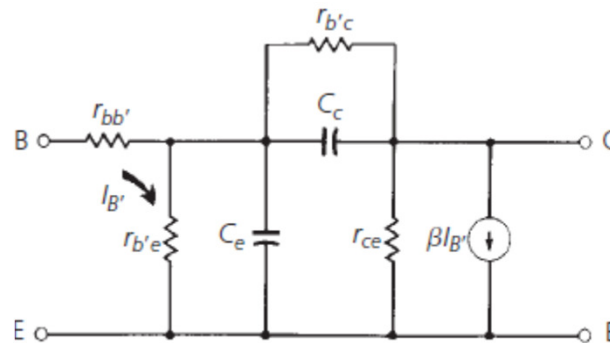


Modelo em RF

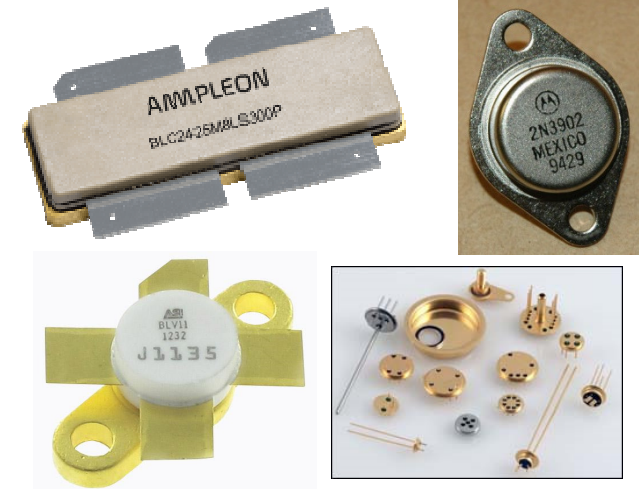
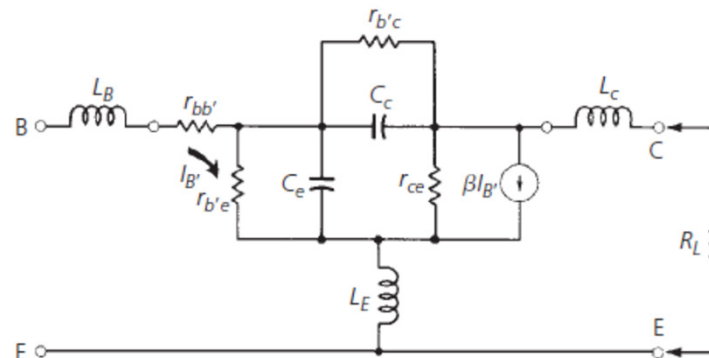
Cir. Eletrônica Aplica.

Capítulo:
Modelagem de
componentes para RF

- Modelo TBJ em RF:



- Maiores detalhamentos (pouco usual):



Principais parâmetros:

- f_T = frequência de transição ou “produto do ganho por largura de banda”.
- Frequência na qual o transistor (em emissor comum) tem ganho de 0dB
- NF = “figura de ruído” indicando quanto de ruído o transistor insere no sinal
- h_{fe} = ganho do transistor em baixas frequências (<1kHz)



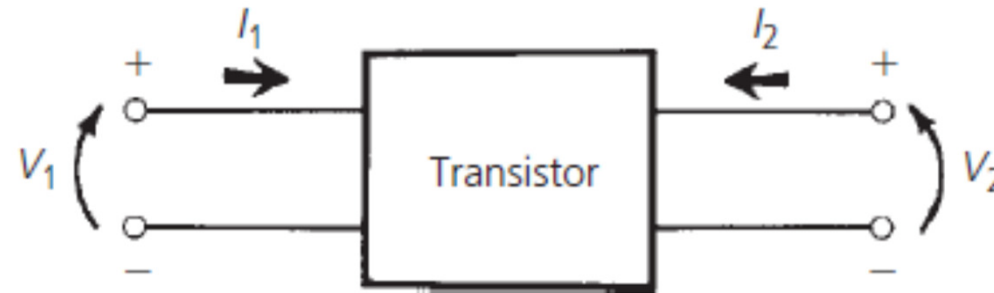
Modelo parâmetros Y

Cir. Eletrônica Aplica.

Capítulo:

Modelagem de
componentes para RF

Modelo de parâmetros Y:



$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$I_1 = y_i V_1 + y_r V_2$$

$$I_2 = y_f V_1 + y_o V_2$$

$$y_i = \frac{I_1}{V_1} \Big|_{V_2 = 0}$$

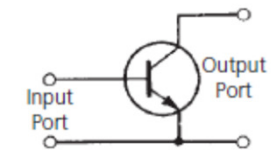
$$y_r = \frac{I_1}{V_2} \Big|_{V_1 = 0}$$

$$y_f = \frac{I_2}{V_1} \Big|_{V_2 = 0}$$

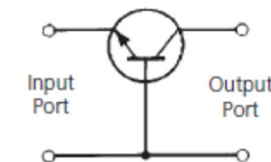
$$y_o = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{V_1 = 0}$$

Cálculo de y_i :

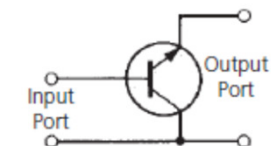
- 1) Inserir um capacitor de curto grande para Aquele terminal
- 2) Inserir um sinal V_1 conhecido
- 3) Medir I_1



(A) Common emitter



(B) Common base



(C) Common collector



Modelo parâmetros S

Cir. Eletrônica Aplica.

Capítulo:
Modelagem de
componentes para RF

- Lembrando um pouco linhas de transmissão:
 - Termos: ondas incidentes, refletidas, transmitidas, descasamento impedância.

Γ = reflection coefficient

$$= \frac{V_{\text{reflected}}}{V_{\text{incident}}}$$

$$= \rho \angle \theta$$

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right| a_2 = 0$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o}$$

$$\Gamma = \frac{\frac{Z_L}{Z_o} - 1}{\frac{Z_L}{Z_o} + 1}$$

$$= \frac{Z_n - 1}{Z_n + 1}$$

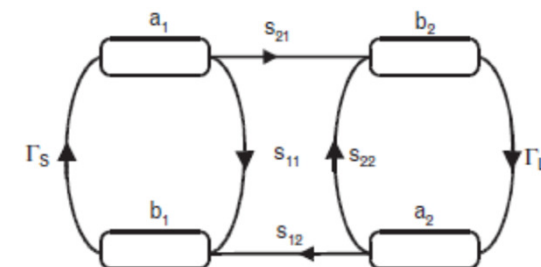
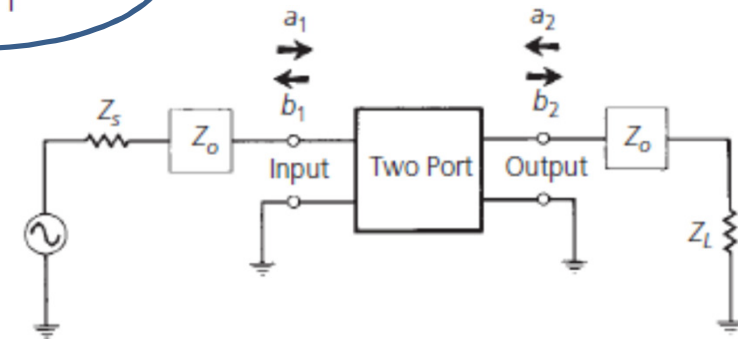
• Modelo

- Termos: ondas

$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2$$

$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2$$

S_{11} = the input reflection coefficient,
 S_{12} = the reverse transmission coefficient,
 S_{21} = the forward transmission coefficient,
 S_{22} = the output reflection coefficient.





- Existe a possibilidade de conversão entre os modelos (só por curiosidade):

$$S_{11} = \frac{(1 - y_i)(1 + y_o) + y_r y_f}{(1 - y_i)(1 + y_o) - y_r y_f}$$

$$S_{12} = \frac{-2y_r}{(1 + y_i)(1 + y_o) - y_r y_f}$$

$$S_{21} = \frac{-2y_f}{(1 + y_i)(1 + y_o) - y_r y_f}$$

$$S_{22} = \frac{(1 + y_i)(1 - y_o) + y_f y_r}{(1 + y_i)(1 + y_o) - y_r y_f}$$

$$y_i = \frac{(1 + S_{22})(1 - S_{11}) + S_{12} S_{21}}{(1 + S_{11})(1 + S_{22}) - S_{12} S_{21}} \times \frac{1}{Z_o}$$

$$y_r = \frac{-2S_{12}}{(1 + S_{11})(1 + S_{22}) - S_{12} S_{21}} \times \frac{1}{Z_o}$$

$$y_f = \frac{-2S_{21}}{(1 + S_{11})(1 + S_{22}) - S_{12} S_{21}} \times \frac{1}{Z_o}$$

$$y_o = \frac{(1 + S_{11})(1 - S_{22}) + S_{12} S_{21}}{(1 + S_{22})(1 + S_{11}) - S_{12} S_{21}} \times \frac{1}{Z_o}$$

FIGURE 11— S_{11} , INPUT REFLECTION COEFFICIENT

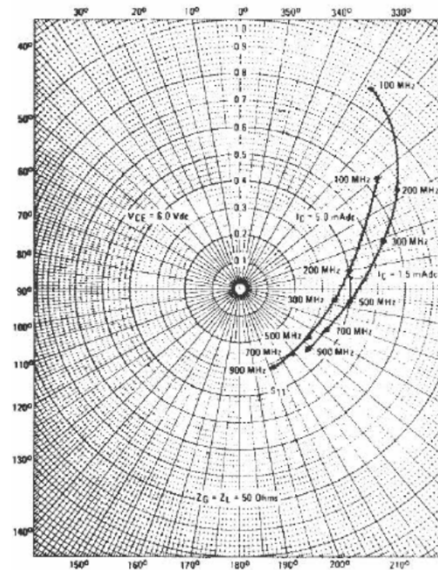


FIGURE 12— S_{22} , OUTPUT REFLECTION COEFFICIENT

