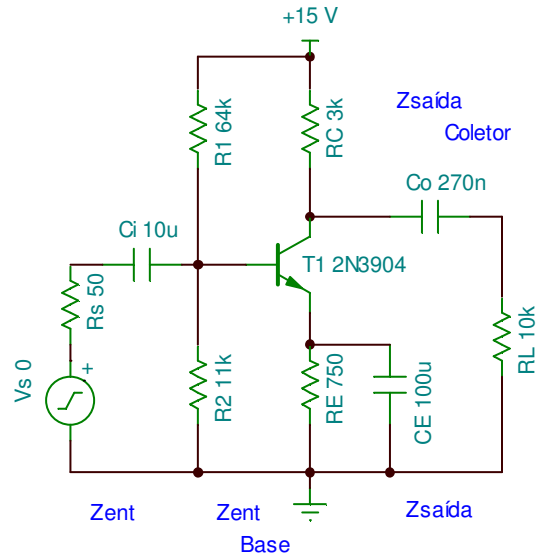


## EXEMPLOS – MODELOS DE ALTA FREQUÊNCIA

### AMPLIFICADOR COM TRANSISTORE BIPOLAR

**Exemplo 1)** Determine os valores dos elementos do altas frequências para o circuito abaixo.

Dados:  $C_\mu = 4 \text{ pF}$ ;  $f_T = 300 \text{ MHz}$



a) Corrente  $I_C$

$$I_C = \frac{\frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE}}{R_E} = \frac{\frac{15 \times 11k}{64k + 11k} - 0,7}{750} = 2mA$$

b) Modelo  $\pi$  simplificado de altas frequências para o 2N3904 e  $I_C = 2 \text{ mA}$

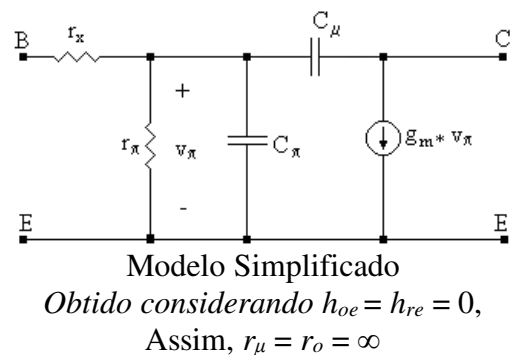
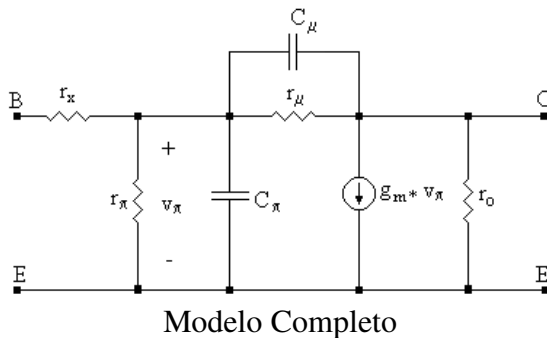
Parâmetros  $H$  para o 2N3904 e  $I_C = 2 \text{ mA}$

$h_{ie} = 2 \text{ k}\Omega$  - Impedância de Entrada

$h_{fe} = 130$  - Ganho de Corrente Direto

$h_{oe} = 13 \mu\text{S}$  - Admitância de Saída

$h_{re} = 1,1 \times 10^{-4}$  - Ganho de Tensão Reverso



Transcondutância direta ( $g_m$ )

$$g_m \cong 39|I_C| = 39 \times 2 \times 10^{-3} = 78 \text{ mS}$$

Resistência de entrada ( $r_\pi$ )

$$r_{\pi} \cong \frac{h_{fe}}{g_m} = \frac{130}{78m} = 1666,67 \, \Omega$$

Resistência de espalhamento da base ( $r_x$ )

$$r_x = h_{ie} - r_{\pi} = 2000 - 1666,67 = 333,33 \, \Omega$$

Resistência de realimentação ( $r_{\mu}$ )

$$r_{\mu} \gg r_{\pi};$$

$$r_{\mu} \cong \frac{r_{\pi}}{h_{re}} = \frac{1666,67}{1,1 \times 10^{-4}} = 15,2 \, M\Omega$$

Resistência de saída ( $r_o$ )

$$r_o \cong \frac{1}{h_{oe} - g_m h_{re}} = \frac{1}{13 \times 10^{-6} - 78 \times 10^{-3} \times 1,1 \times 10^{-4}} = 226,2 \, k\Omega$$

$C_{\mu}$  = Capacitância entre a base e o coletor. Fornecida pelos fabricantes como  $C_c$ ,  $C_{OB}$  ou outros símbolos. É medida para um determinado valor de  $V_{CB}$ , com  $I_E = 0$

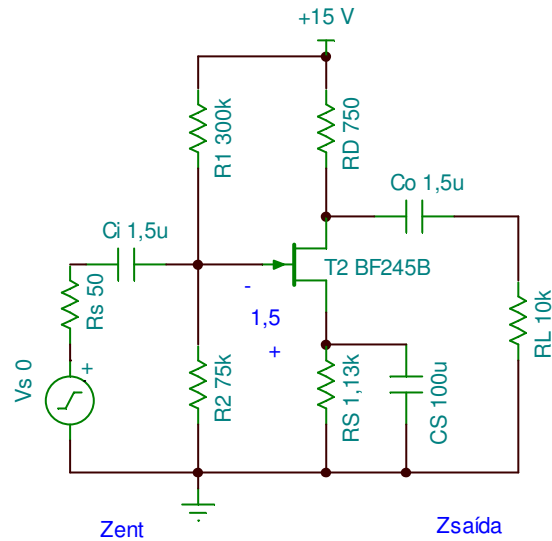
$$C_{\mu} = 4 \, \text{pF para o 2N3904}$$

$C_{\pi}$  = Capacitância entre a base e o emissor (capacitância de entrada)

$$C_{\pi} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{\mu} = \frac{0,078}{2 \times \pi \times 300 \times 10^6} - 4 \times 10^{-12} = 37,38 \, \text{pF}$$

## AMPLIFICADOR COM TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO (FET/MOSFET)

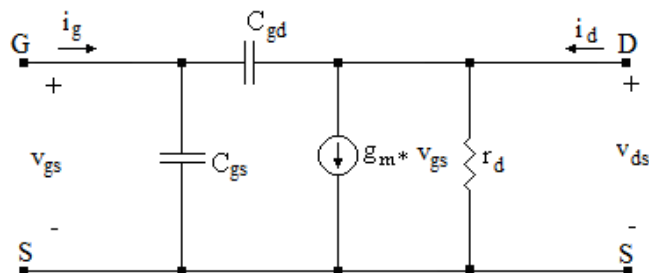
**Exemplo 2)** Determine os valores dos elementos do modelo de altas frequências para o circuito abaixo.



a) Cálculo da Corrente  $I_D$

$$I_D = \frac{\frac{V_{DD} \times R_2}{R_1 + R_2} - V_{GS}}{R_S} = \frac{\frac{15 \times 75k}{300k + 75k} - 1,5}{1,13k} = 3,98 \text{ mA} \cong 4 \text{ mA}$$

b) Modelo  $\pi$  simplificado de altas frequências para o BF245B e  $I_D = 4 \text{ mA}$



Transcondutância direta

Pelas curvas de  $|Y_{fs}|$  para o BF245B, com  $I_D = 4 \text{ mA}$ , tem-se

$$g_m = |Y_{fs}| = 4,3 \text{ mS};$$

Resistência interna de dreno (Resistência do canal de condução para um determinado valor de  $V_{GS}$ )

$$g_{os} = 23 \mu S \quad \text{Obtido para } f = 10 \text{ MHz (Arbitrado) nas curvas de } g_{os}$$

$$r_d = \frac{1}{g_{os}} = 43478 \Omega$$

Capacitâncias Porta-dreno ( $C_{gd}$ )

Do gráfico de  $C_{rs}$ , para  $V_{GS} = -1,5 \text{ V}$ , tem-se:

$$C_{rs} = C_{gd} = 1,1 \text{ pF}$$

Capacitâncias Porta-fonte ( $C_{gs}$ )

$$C_{is} = C_{gd} + C_{gs}$$

Do gráfico de  $C_{is}$ , para  $V_{GS} = -1,5 \text{ V}$ , tem-se:  $C_{is} = 3,7 \text{ pF}$

Assim,

$$C_{gs} = C_{is} - C_{gd} = 3,7 \text{ p} - 1,1 \text{ p} = 2,6 \text{ pF}$$