

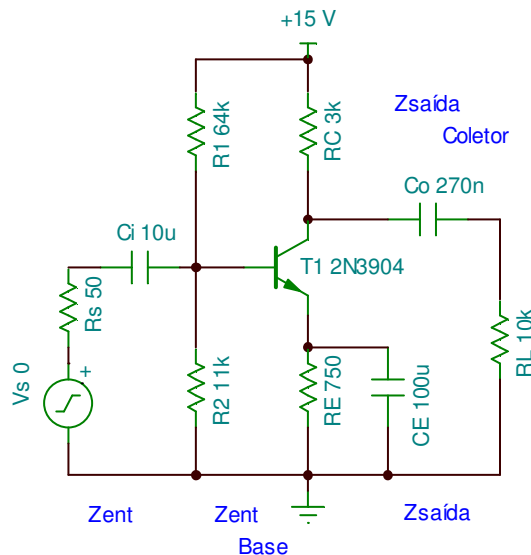
EXEMPLOS – AMPLIFICADORES BÁSICOS

1) Passo a passo para solução

- ✓ **1º Passo:** Determinar a corrente CC (I_C) do coletor ou do Dreno (I_D);
- ✓ **2º Passo:** Encontrar os parâmetros H ou π nas curvas do transistor para as correntes I_C ou I_D ;
- ✓ **3º Passo:** Determinar o circuito CA equivalente para que ele possa ser representado como um quadripolo (rede de duas portas) e os parâmetros H possam ser aplicados:
 - Fontes DC são desconsideradas (colocadas na referência);
 - Capacitores são substituídos por curtos CA;
 - Aplica-se o Teorema de Thevenin à entrada e saída para determinar as tensões e resistências equivalentes de Thevenin;
- ✓ **4º Passo:** Aplica-se os parâmetros H às equações de ganho e de impedâncias de entrada/saída;

AMPLIFICADORES COM TRANSISTORES BIPOLARES

Exemplo 1) Calcule os ganhos de tensão (A_v), de corrente (A_i), as impedâncias de entrada e de saída para o circuito.



a) Corrente I_C

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

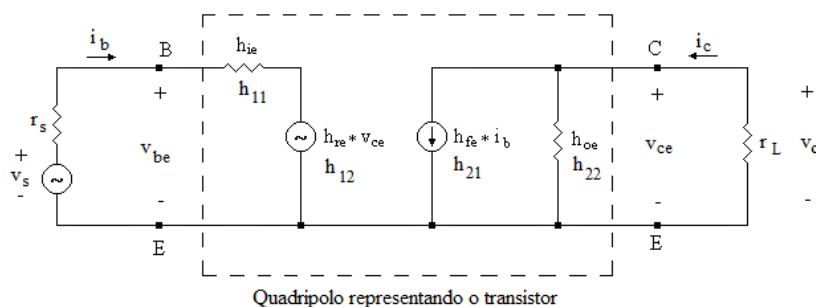
b) Parâmetros H para o 2N3904 e $I_C = 2mA$

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

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

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

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



$h_{ie} = \frac{v_{be}}{i_b}$ = Impedância de entrada com a saída em curto;

$h_{re} = \frac{v_{be}}{v_{ce}}$ = Ganho de tensão reverso com a entrada em aberto;

$h_{fe} = \frac{i_c}{i_b}$ = Ganho de corrente direto com a saída em curto;

$h_{oe} = \frac{i_c}{v_{ce}}$ = Admitância de saída com entrada em aberto;

$v_s = \frac{V_s}{R_s + R_1 // R_2} R_1 // R_2$ = Tensão equivalente da fonte de entrada;

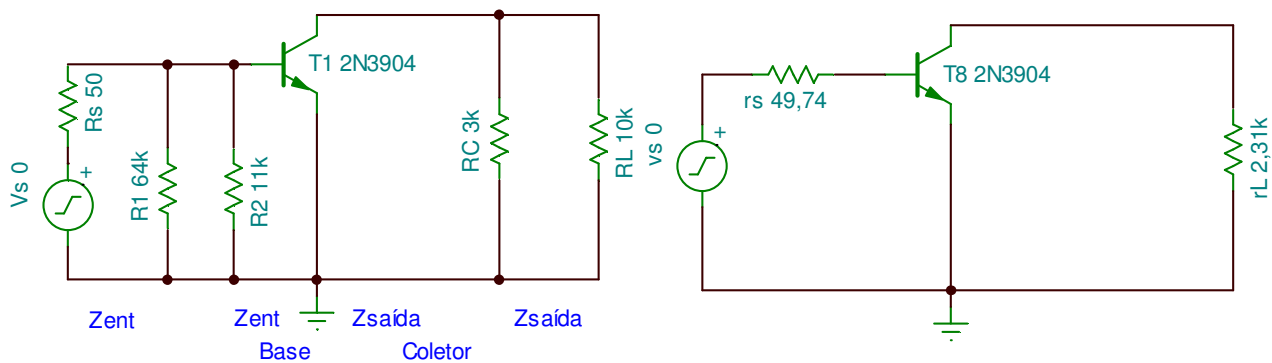
v_o = Tensão de saída.

$r_s = R_s // R_1 // R_2$ = Resistência equivalente da fonte de entrada;

$r_L = R_C // R_L$ = Resistência equivalente da carga;

c) Circuito CA equivalente

Aplicando-se o Teorema de Thevenin à entrada e à saída



$$r_s = R_s // R_1 // R_2 = 49,74 \Omega$$

Considerando $V_s = 10 \text{ mV}$, tem-se:

$$v_s = \frac{V_s}{R_s + R_1 // R_2} \times R_1 // R_2 = \frac{10 \times 10^{-3}}{50 + 9387} \times 9387 = 9,95 \text{ mV}$$

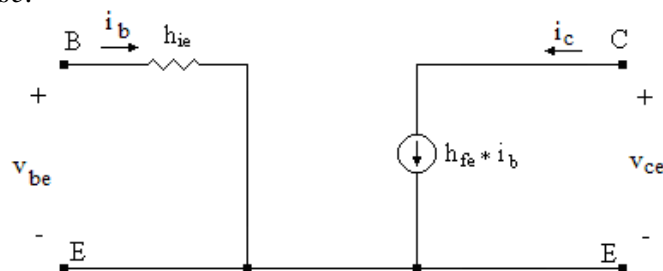
$$r_l = R_C // R_L = 3 \text{ k} // 10 \text{ k} = 2307 \Omega$$

d) Cálculo de A_v , A_i , Z_{ent} e $Z_{saída}$

Ganho de tensão do quadripolo H

$$A_v = \frac{-h_{fe} r_L}{h_{ie} + (h_{ie} h_{oe} - h_{re} h_{fe}) r_L} = \frac{-130 \times 2307}{2k + (2k \times 13\mu - 1,1 \times 10^{-4} \times 130) \times 2307} = -147,96$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:



$$A_v \cong \frac{-h_{fe} r_L}{h_{ie}} = \frac{-130 \times 2857}{2000} = -150 \text{ V/V}$$

Ganho de corrente do quadripolo H

$$A_i = \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe}r_L} = \frac{130}{1 + 1,1 \times 10^{-4} \times 2307} = 103,69$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$A_i \cong h_{fe} = 130$$

Impedância de entrada do quadripolo H (Impedância de entrada na Base do Transistor):

$$Z_{ent_{Base}} = h_{ie} - \frac{h_{re}h_{fe}r_L}{1 + h_{oe}r_L} = 2k - \frac{1,1 \times 10^{-4} \times 130 \times 2307}{1 + 13\mu \times 2307} = 1967,97 \Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{ent_{Base}} \cong h_{ie} = 2 k\Omega$$

Impedância de entrada total do circuito

$$Z_{ent} = R_1 // R_2 // Z_{ent_{Base}} = R_B // Z_{ent_{Base}} = 9386,67 // 1967,97 = 1626,88 \Omega$$

$$R_B = R_1 // R_2 = 9386,67 \Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{ent} \cong R_1 // R_2 // Z_{ent_{Base}} = R_B // Z_{ent_{Base}} = 9386,67 // 2000 = 1648,71 \Omega$$

Impedância de saída do quadripolo H (No Coletor do Transistor):

$$Z_{saída_{Coletor}} = \frac{r_s + h_{ie}}{(r_s + h_{ie})h_{oe} - h_{re}h_{fe}} = \frac{49,74 + 2k}{(49,74 + 2k)13\mu - 1,1 \times 10^{-4} \times 130} = 166 k\Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{saída_{Coletor}} \cong \infty$$

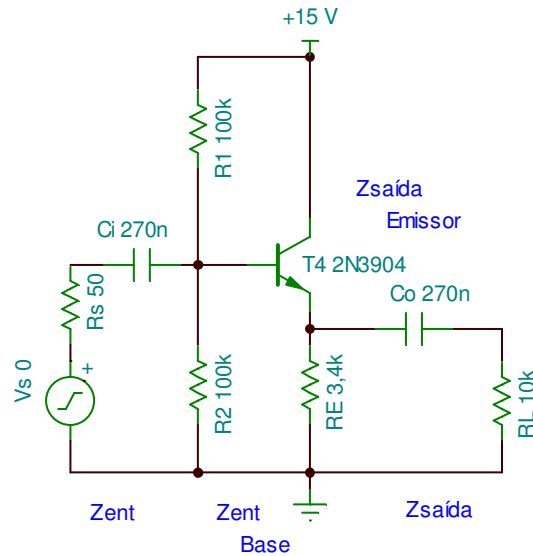
Impedância de saída total do circuito

$$Z_{saída} = Z_{saída_{Coletor}} // R_C = 166k // 3k = 2946,75 \Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{saída} \cong Z_{saída_{Coletor}} // R_C = \infty // R_C = R_C = 3 k\Omega$$

Exemplo 2) Calcule os ganhos de tensão (A_v), de corrente (A_i), as impedâncias de entrada e de saída para o circuito.



a) Corrente I_C

$$I_C = \frac{\frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE}}{R_E} = \frac{\frac{15 \times 100k}{100k + 100k} - 0,7}{3,4k} = 2mA$$

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

$$h_{ie} = 2 \text{ k}\Omega$$

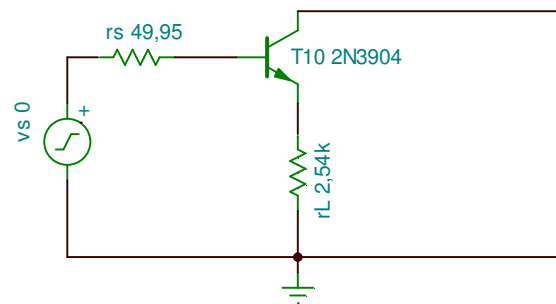
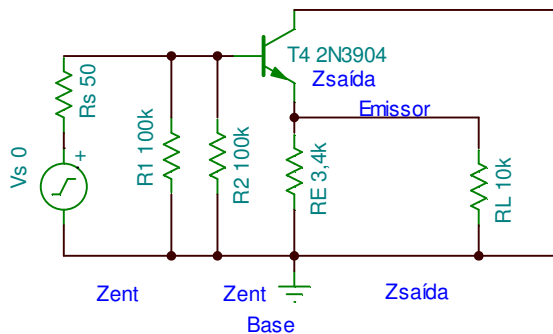
$$h_{fe} = 130$$

$$h_{oe} = 13 \mu S$$

$$h_{re} = 1,1 \times 10^{-4}$$

c) Circuito CA equivalente

Aplicando-se o Teorema de Thevenin à entrada e à saída, tem-se:



$$r_s = R_s // R_1 // R_2 = 49,95 \Omega$$

Considerando $V_s = 10 \text{ mV}$, tem-se:

$$v_s = \frac{V_s}{R_s + R_1 // R_2} \times R_1 // R_2 = \frac{10 \times 10^{-3}}{50 + 50k} \times 50k = 9,99 \text{ mV}$$

$$r_l = R_E // R_L = 3,4 \text{ k} // 10 \text{ k} = 2537 \Omega$$

d) Cálculo de A_v , A_i , Z_{ent} e $Z_{saída}$

Relações de transformação para converter os parâmetros H da configuração Emissor-comum para a configuração Coletor-comum

$$h_{ic} = h_{ie} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$h_{rc} = 1 - h_{re} = 1 - 1,1 \times 10^{-4} = 0,99989$$

$$h_{fc} = -(1 + h_{fe}) = -(1 + 130) = -131 \quad h_{oc} = h_{oe} = 13 \mu S$$

Ganho de tensão do quadripolo H

$$A_v = \frac{-h_{fc}r_L}{h_{ic} + (h_{ic}h_{oc} - h_{rc}h_{fc})r_L} = \frac{(1 + h_{fe})r_L}{h_{ie} + [h_{ie}h_{oe} + (1 - h_{re})(1 + h_{fe})]r_L}$$

$$= \frac{131 \times 2537}{2k + (2k \times 13\mu + 0,99989 \times 131) \times 2537} = 0,994$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$A_v \cong \frac{(1 + h_{fe})r_L}{h_{ie} + [(1 + h_{fe})]r_L} = \frac{(1 + 130) \times 2537}{2k + [(1 + 130)] \times 2537} = 0,994$$

Ganho de corrente do quadripolo H

$$A_i = \frac{h_{fc}}{1 + h_{oc}r_L} = \frac{-(1 + h_{fe})}{1 + h_{oe}r_L} = \frac{-131}{1 + 13\mu \times 2537} = -126,82$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$A_i \cong -(1 + h_{fe}) = -131$$

Impedância de entrada do quadripolo H (Impedância de entrada na Base do Transistor):

$$Z_{ent_{Base}} = h_{ic} - \frac{h_{rc}h_{fc}r_L}{1 + h_{oc}r_L} = h_{ie} + \frac{(1 - h_{re})(1 + h_{fe})r_L}{1 + h_{oe}r_L} = 2k + \frac{0,99989 \times 131 \times 2537}{1 + 13\mu \times 2537}$$

$$= 323700,44 \Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{ent_{Base}} \cong h_{ie} + (1 + h_{fe})r_L = 2k + 131 \times 2537 = 334347 \Omega$$

Impedância de entrada total do circuito

$$Z_{ent} = R_1 // R_2 // Z_{ent_{Base}} = R_B // Z_{ent_{Base}} = 50k // 323700,44 = 43310,15 \Omega$$

$$R_B = R_1 // R_2 = 50 k\Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{ent} \cong R_1 // R_2 // Z_{ent_{Base}} = R_B // Z_{ent_{Base}} = 50k // 334347 = 43495,46 \Omega$$

Impedância de saída do quadripolo H (No Emissor do Transistor):

$$Z_{saída_{Emissor}} = \frac{r_s + h_{ic}}{(r_s + h_{ic})h_{oc} - h_{rc}h_{fc}} = \frac{r_s + h_{ie}}{(r_s + h_{ie})h_{oe} + (1 - h_{re})(1 + h_{fe})}$$

$$= \frac{49,95 + 2k}{(49,95 + 2k) \times 13\mu + 0,99989 \times 131} = 15,65 \Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{saída_{Emissor}} \cong \frac{r_s + h_{ie}}{(1 + h_{fe})} = \frac{49,95 + 2k}{(1 + 130)} = 15,65 \, \Omega$$

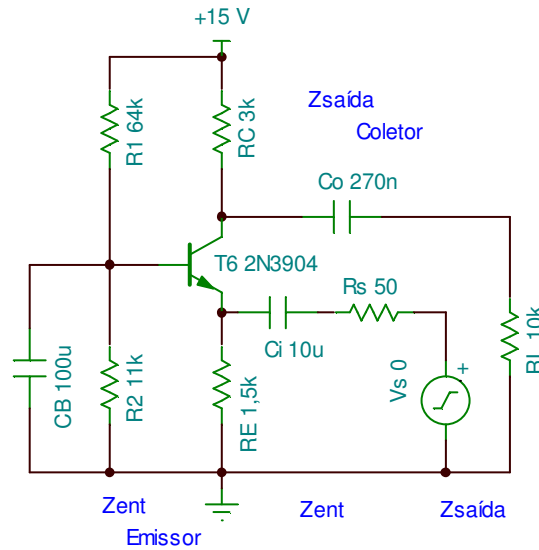
Impedância de saída total do circuito

$$Z_{saída} = Z_{saída_{Emissor}} // R_E = 15,65 // 3,4k = 15,58 \, \Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{saída} \cong Z_{saída_{Emissor}} // R_E = 15,65 // 3,4k = 15,58 \, \Omega$$

Exemplo 3) Calcule os ganhos de tensão (A_v), de corrente (A_i), as impedâncias de entrada e de saída para o circuito.



a) Corrente I_C

$$I_C = \frac{\frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE}}{R_E} = \frac{\frac{15 \times 11k}{64k + 11k} - 0,7}{1,5k} = 1 \text{ mA}$$

b) Parâmetros H para o 2N3904 e $I_C = 1 \text{ mA}$

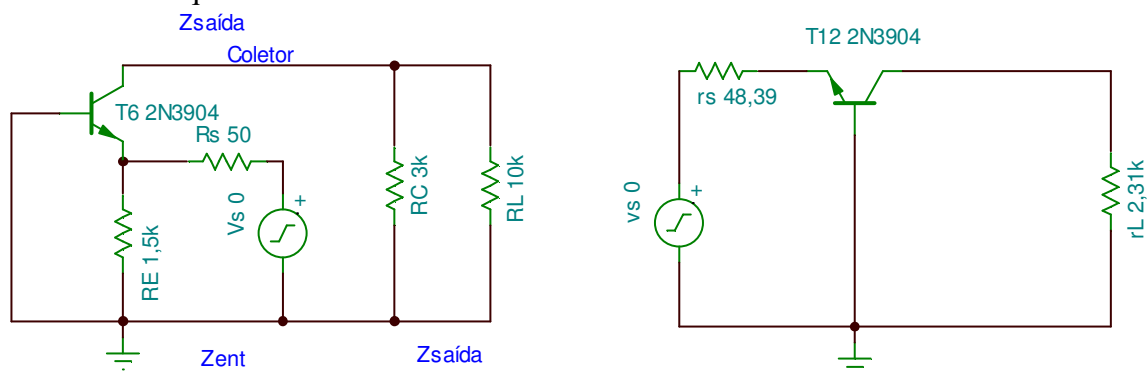
$$h_{ie} = 3,5 \text{ k}\Omega$$

$$h_{fe} = 120$$

$$h_{oe} = 8,5 \text{ }\mu\text{S}$$

$$h_{re} = 1,3 \times 10^{-4}$$

c) Circuito CA equivalente



$$r_s = R_s // R_E = 48,39 \text{ }\Omega$$

Considerando $V_s = 10 \text{ mV}$, tem-se:

$$v_s = \frac{V_s}{R_s + R_E} \times R_E = \frac{10 \times 10^{-3}}{50 + 1,5k} \times 1,5k = 9,68 \text{ mV}$$

$$r_l = R_C // R_L = 3 \text{ k} // 10 \text{ k} = 2307 \text{ }\Omega$$

d) Cálculo de A_v , A_i , Z_{ent} e $Z_{saída}$

Relações de transformação para converter os parâmetros H da configuração Emissor-comum para a configuração Base-comum

$$D = (1 + h_{fe})(1 - h_{re}) + h_{ie}h_{oe} = (1 + 120)(1 - 1,3 \times 10^{-4}) + 3,5k \times 8,5\mu = 121$$

$$h_{ib} = \frac{h_{ie}}{D} = \frac{3,5k}{121} = 28,93$$

$$\begin{aligned} h_{rb} &= \frac{h_{ie}h_{oe} - h_{re}(1 + h_{fe})}{D} \\ &= \frac{3,5k \times 8,5\mu - 1,3 \times 10^{-4}(1 + 120)}{121} \\ &= 115,87 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{fb} &= \frac{-h_{fe}(1 - h_{re}) - h_{ie}h_{oe}}{D} \\ &= \frac{-120(1 - 1,3 \times 10^{-4}) - 3,5k \times 8,5\mu}{121} \\ &= -0,992 \end{aligned}$$

$$h_{ob} = \frac{h_{oe}}{D} = \frac{8,5\mu}{121} = 70,25 \times 10^{-9}$$

Ganho de tensão do quadripolo H

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-h_{fb}r_L}{h_{ib} + (h_{ib}h_{ob} - h_{rb}h_{fb})r_L} \\ &= \frac{0,992 \times 2307}{28,93 + (28,93 \times 70,25 \times 10^{-9} + 115,87 \times 10^{-6} \times 0,992) \times 2307} = 78,38 \end{aligned}$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$A_v \cong \frac{h_{fe}r_L}{h_{ie}} = \frac{120 \times 2307}{3,5k} = 79,1$$

Ganho de corrente do quadripolo H

$$A_i = \frac{h_{fb}}{1 + h_{ob}r_L} = \frac{-0,992}{1 + 70,25 \times 10^{-9} \times 2307} = -0,992$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$A_i = \frac{-h_{fe}}{1 + h_{fe}} = \frac{-120}{1 + 120} = -0,992$$

Impedância de entrada do quadripolo H (Impedância de entrada no Emissor do Transistor):

$$Z_{ent_{Emissor}} = h_{ib} - \frac{h_{rb}h_{fb}r_L}{1 + h_{ob}r_L} = 28,93 + \frac{115,87 \times 10^{-6} \times 0,992 \times 2307}{1 + 70,25 \times 10^{-9} \times 2307} = 29,2$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{ent_{Emissor}} \cong \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}} = \frac{3,5k}{1 + 120} = 28,93$$

Impedância de entrada total do circuito

$$Z_{ent} = R_E // Z_{ent_{Emissor}} = 1,5k // 29,2 = 28,64 \Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{ent} \cong R_E // Z_{ent_{Emissor}} = 1,5k // 28,93 = 28,38 \Omega$$

Impedância de saída do quadripolo H (No Coletor do Transistor):

$$Z_{saída_{coletor}} = \frac{r_s + h_{ib}}{(r_s + h_{ib})h_{ob} - h_{rb}h_{fb}}$$

$$= \frac{48,39 + 28,93}{(48,39 + 28,93) \times 70,25 \times 10^{-9} + 115,87 \times 10^{-6} \times 0,992} = 642,3 \text{ k}\Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{saída} \cong \infty$$

Impedância de saída total do circuito

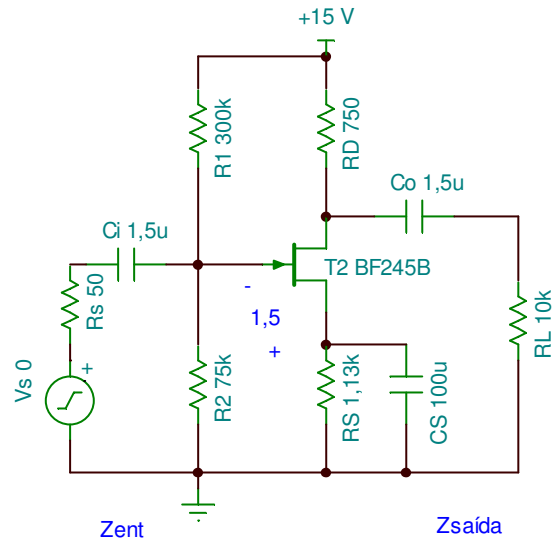
$$Z_{saída} = Z_{saída_{coletor}} // R_C = 642,3 \text{ k}\Omega // 3 \text{ k}\Omega = 2,99 \text{ k}\Omega$$

Com $h_{oe} = h_{re} = 0$, tem-se:

$$Z_{saída} \cong Z_{saída_{coletor}} // R_C = \infty // R_C = R_C = 3 \text{ k}\Omega$$

AMPLIFICADORES COM TRANSISTORES DE EFEITO DE CAMPO (FETs/MOSFETs)

Exemplo 4) Calcule os ganhos de tensão (A_v), de corrente (A_i), as impedâncias de entrada e de saída para o circuito.



a) Cálculo da Corrente I_D

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

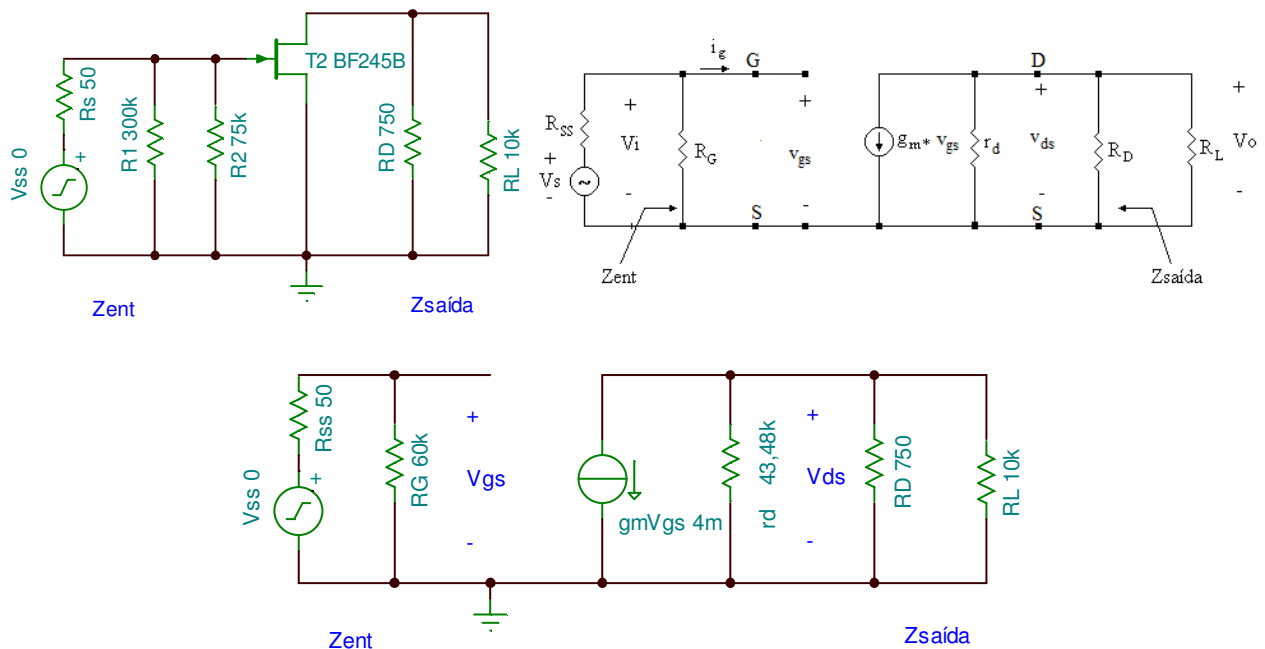
b) Parâmetros do Modelo π para o BF245B, $I_D = 4 \text{ mA}$

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

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

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

c) Circuito CA equivalente



$$R_G = R_1 // R_2 = 60 \text{ k}\Omega$$

$$r_l = R_D // R_L = 750 // 10 \text{ k} = 697,67 \Omega$$

d) Cálculo de A_v , A_i , Z_{ent} e $Z_{saída}$

Ganho de Tensão

$$A_v = -g_m \times (r_d // r_l) = -4,3 \times 10^{-3} \times (43478 // 697,7) = -2,95 \text{ V/V}$$

Ganho de Corrente Total do Circuito

$$A_i = \frac{i_o}{i_o} = \frac{\frac{v_o}{r_l}}{\frac{v_i}{Z_{ent}}} = \frac{A_v \times Z_{ent}}{r_l} = \frac{-2,95 \times 60k}{697,67} = -253,7$$

Impedância de Entrada

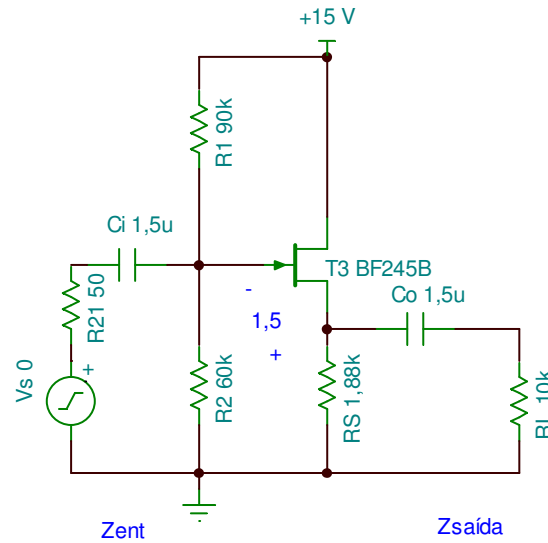
$$Z_{ent} = R_G = 60 \text{ k}\Omega$$

Impedância de Saída

$$Z_{saída} = r_d // R_D = 43478 // 750 = 737,25$$

$$\text{Se } r_d \gg R_D, Z_{saída} \cong R_D = 750 \Omega$$

Exemplo 5) Calcule os ganhos de tensão (A_v), de corrente (A_i), as impedâncias de entrada e de saída para o circuito.



a) Cálculo da Corrente I_D

$$I_D = \frac{\frac{V_{DD} \times R_2}{R_1 + R_2} - V_{GS}}{R_S} = \frac{\frac{15 \times 60k}{90k + 60k} - 1,5}{1,88k} = 3,99 \text{ mA} \cong 4 \text{ mA}$$

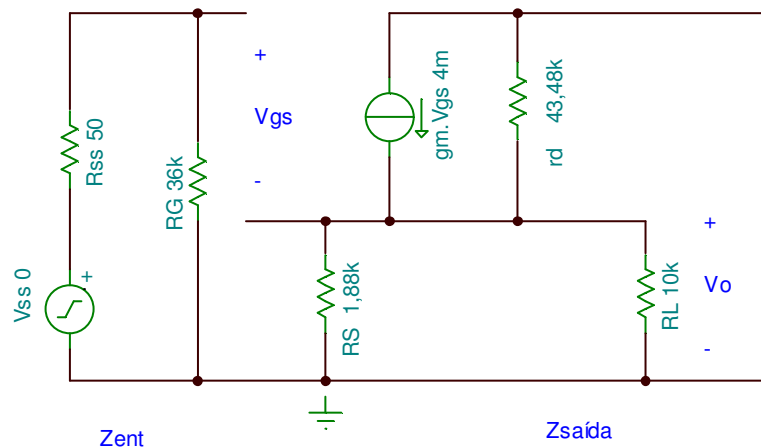
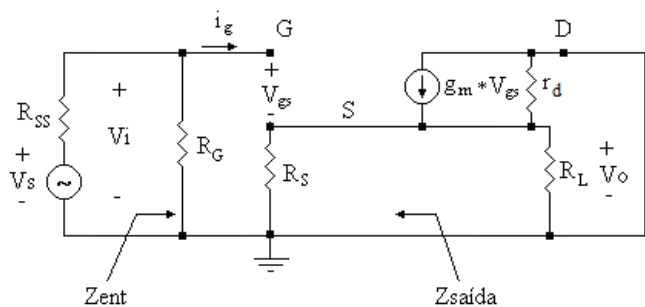
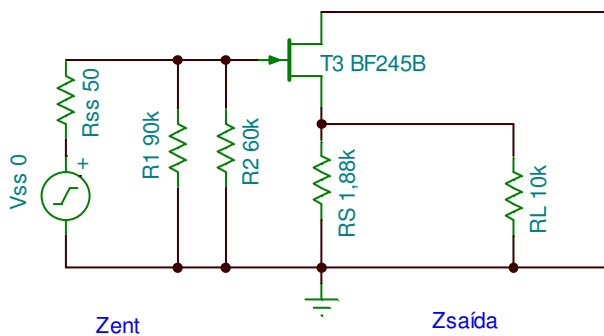
b) Parâmetros do Modelo π para o BF245B e $I_D = 4 \text{ mA}$

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

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

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

c) Circuito CA equivalente



$$R_G = R_1 // R_2 = 36 \text{ k}\Omega$$

$$r_l = R_S // R_L = 1,88k // 10000 = 1582 \Omega$$

d) Cálculo de A_v , A_i , Z_{ent} e $Z_{saída}$

Ganho de Tensão

$$A_v \cong \frac{g_m \times r_d // r_l}{1 + g_m \times r_d // r_l} = \frac{4,3 \times 10^{-3} \times (43478 // 1582)}{1 + 4,3 \times 10^{-3} \times (43478 // 1582)} = 0,87$$

Ganho de Corrente Total do Circuito

$$A_i = \frac{i_o}{i_o} = \frac{\frac{v_o}{r_l}}{\frac{v_i}{Z_{ent}}} = \frac{A_v \times Z_{ent}}{r_l} = \frac{0,87 \times 36k}{1582} = 19,75$$

Impedância de Entrada

$$Z_{ent} = R_G = 36 \text{ k}\Omega$$

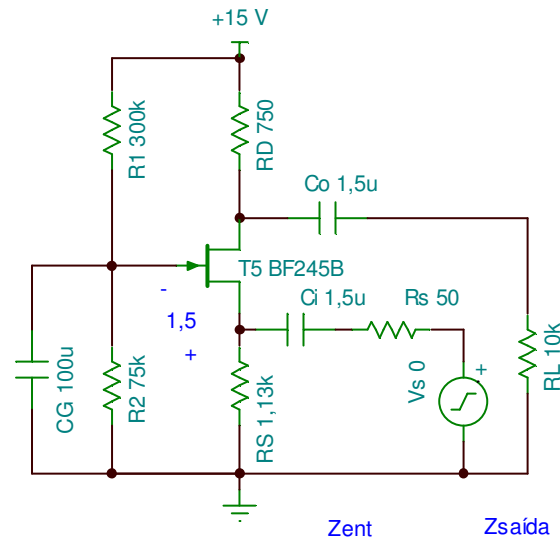
Impedância de Saída

$$Z_{saída} = \frac{r_d // R_S}{1 + g_m * r_d // R_S} = \frac{43478 // 1,88k}{1 + 4,3 \times 10^{-3} \times (43478 // 1,88k)} = 205,98 \Omega$$

Se $r_d \gg R_S$

$$Z_{saída} \cong \frac{R_S}{1 + g_m R_S} = \frac{1,88k}{1 + 4,3 \times 10^{-3} \times 1,88k} = 206,96 \Omega$$

Exemplo 6) Calcule os ganhos de tensão (A_v), de corrente (A_i), as impedâncias de entrada e de saída para o circuito.



a) 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) Parâmetros do Modelo π para o BF245 e $I_D = 4 \text{ mA}$

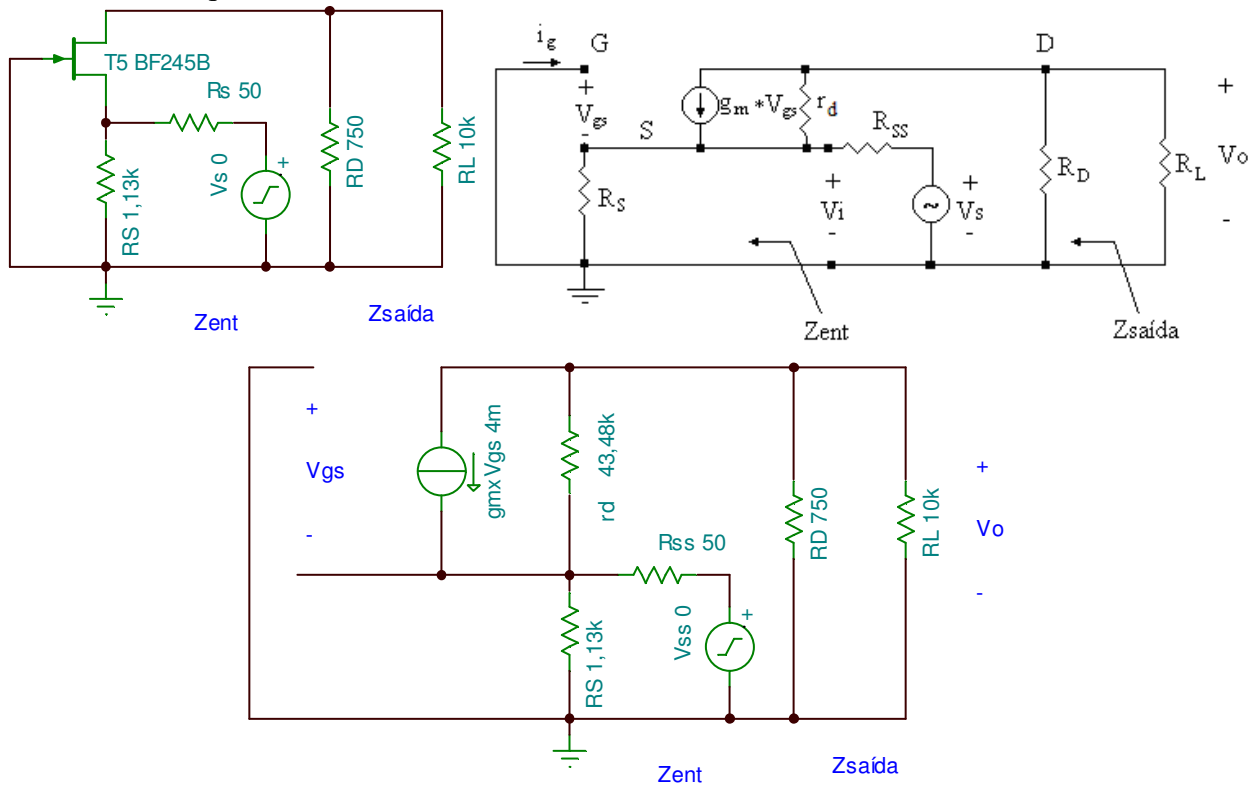
$$g_m = |Y_{fs}| = 4,3 \text{ mS};$$

$$g_{os} = 23 \mu\text{S}$$

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

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

c) Circuito CA equivalente



$$r_l = R_D // R_L = 750 // 10 \text{ k} = 697,67 \Omega$$

d) Cálculo de A_v , A_i , Z_{ent} e $Z_{saída}$

Ganho de Tensão

$$A_v \cong \frac{(1 + g_m * r_d) * r_l}{r_d + r_l} = \frac{(1 + 4,3 \times 10^{-3} \times 43478) \times 697,67}{43478 + 697,67} = 2,97$$

Ganho de Corrente Total do Circuito

$$A_i = \frac{i_o}{i_o} = \frac{\frac{v_o}{r_l}}{\frac{v_i}{Z_{ent}}} = \frac{A_v \times Z_{ent}}{r_l} = \frac{2,97 \times 194,56}{697,67} = 0,83$$

Impedância de Entrada

$$Z_{ent} = \frac{(r_d + r_l) * R_S}{R_S + r_l + (1 + g_m * R_S) * r_d} = \frac{(43478 + 697,67) \times 1,13k}{1,13k + 697,67 + (1 + 4,3 \times 10^{-3} \times 1,13k) \times 43478} = 194,56 \Omega$$

Se $r_d \gg R_S$ e r_l

$$Z_{ent} \cong \frac{R_S}{1 + g_m * R_S} = \frac{1,13k}{1 + 4,3 \times 10^{-3} \times 1,13k} = 192,87 \Omega$$

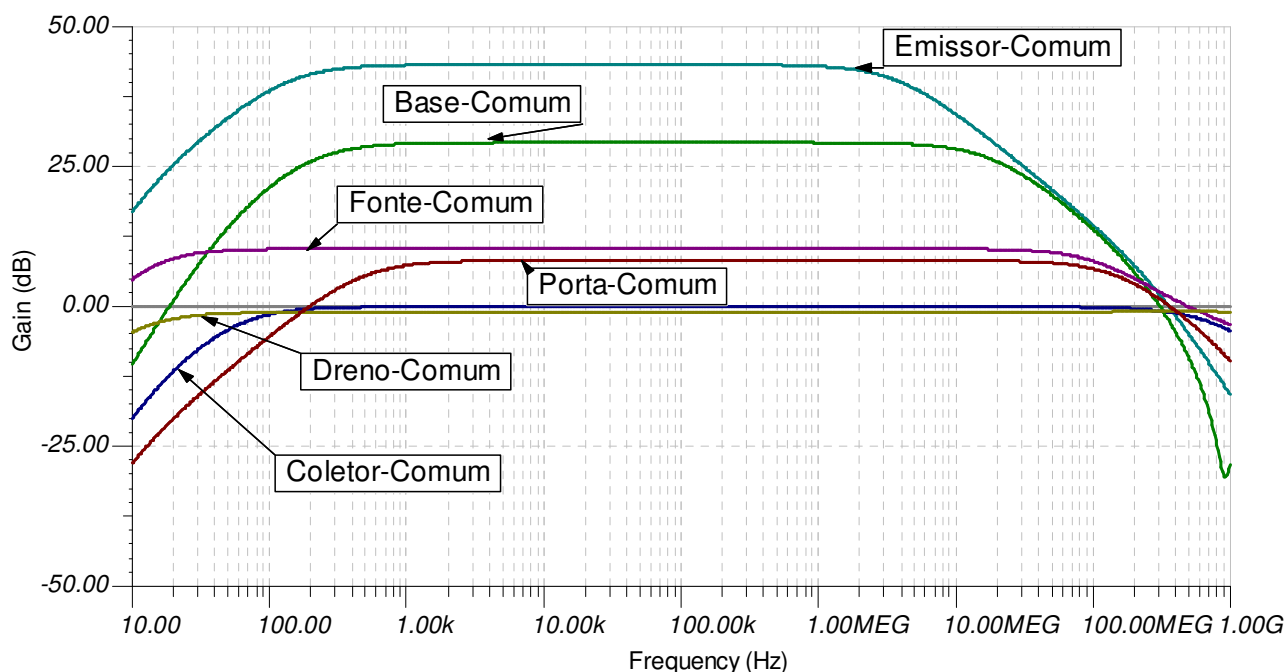
Impedância de Saída

$$\begin{aligned} Z_{saída} &= R_D // (r_d + R_S // R_{SS} + g_m * r_d * R_S // R_{SS}) \\ &= 750 // (43478 + 50 // 1,13k + 4,3 \times 10^{-3} \times 43478 \times 50 // 1,13k) = 739,43 \Omega \end{aligned}$$

Se $r_d \gg R_D$

$$Z_{saída} \cong R_D = 750 \Omega$$

RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DOS CIRCUITOS



GANHOS DE TENSÃO CALCULADOS E VALORES SIMULADOS

Configuração	Ganho de Tensão			
	Calculado		Simulado	
	(V/V)	(dB)	(V/V)	(dB)
Emissor-comum	-147,96	43,40	-143,71	43,15
Coletor-comum	0,994	-0,052	0,993	-0,063
Base-comum	78,38	37,88	78,32 (28,91)*	37,87 (29,22)*
Fonte-comum	-2,95	9,40	-3,26	10,27
Dreno-comum	0,87	-1,21	0,88	-1,09
Porta-comum	2,97	9,46	2,56	8,16

* Valores obtidos considerando-se a resistência (R_s) da fonte externa (A_{vs})