

Repaso de las expresiones de Av, Ri y Ro de las distintas configuraciones con transistores bipolares y unipolares.

Transistores bipolares.

Configuración emisor común con Re desacoplada (EC).

$$|A_v| = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = \frac{i_c.(r_o//R_d)}{i_b.h_{ie}} = \frac{h_{fe}.(r_o//R_d)}{h_{ie}} \quad r_o=1/h_{oe} \quad h_{fe}/h_{ie}=g_m$$

$$|A_v| = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = g_m.(r_o//R_d) \quad \text{si } r_o \geq 10 R_d$$

$$|A_v| = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = g_m.R_d = f(I_{CQ}; R_d)$$

Expresiones de Ri y Ro:

$$R_i = h_{ie} = h_{fe}/g_m \rightarrow h_{ie} = h_{fe}/40.I_{CQ}(\text{mA/V}) \quad \text{Si } I_{CQ} \uparrow \rightarrow g_m \uparrow \rightarrow R_i = h_{ie} \downarrow$$

$$r_o = 1/h_{oe} \rightarrow h_{oe} = \eta.g_m = 3.10^{-4}.40.I_{CQ}(\text{mA/V}) \quad \text{Si } I_{CQ} \uparrow \rightarrow g_m \uparrow \rightarrow h_{oe} \uparrow \rightarrow r_o \downarrow$$

$$R_i = h_{ie} = \text{mediana} = \text{algunos } k\Omega \text{ para } I_{CQ} = \text{algunos mA}$$

$$r_o = 1/h_{oe} = \text{medianamente alta} > 10k\Omega \text{ a decenas de } k\Omega \text{ para } I_{CQ} = \text{algunos mA}$$

Configuración emisor común con Re sin desacoplar.

$$|A_v| = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_c}{V_b} = \frac{i_c.(R_o//R_d)}{i_b.R_i} = \frac{h_{fe}.(R_o//R_d)}{h_{ie}.(1+g_m.R_E)}$$

$$\text{Si } R_o \geq 10R_d \rightarrow |A_v| = \frac{V_c}{V_b} = \frac{h_{fe}.R_d}{h_{ie}.(1+g_m.R_E)} \quad h_{fe}/h_{ie}=g_m$$

$$|A_v| = \frac{V_c}{V_b} = \frac{g_m.R_d}{1+g_m.R_E}$$

$$\text{Si } g_m.R_E \geq 10 \rightarrow |A_v| = \frac{V_c}{V_b} \approx \frac{g_m.R_d}{g_m.R_E} \approx \frac{R_d}{R_E} \neq f(I_{CQ})$$

Expresiones de Ri y Ro:

$$R_i = h_{ie}.(1+g_m.R_E)$$

$$R_o = r_o.(1 + \frac{h_{fe}.R_E}{R_E+h_{ie}+R_{th}}) \quad r_o=1/h_{oe} \quad R_{th}=R_g//R_B$$

$$\text{Si } h_{ie} \geq 10.(R_E + R_{th}) \rightarrow R_o = r_o \cdot \left(1 + \frac{h_{fe}}{h_{ie}} \cdot R_E\right)$$

$$R_o = r_o \cdot (1 + g_m \cdot R_E)$$

Si $R_E \uparrow$ o $g_m \uparrow \rightarrow R_i$ y R_o aumentan

$R_i = \text{alta} = \text{decenas a centenas de } k\Omega$ para $I_{CQ} = \text{algunos mA}$

$r_o = \text{muy alta} = \text{centenas de } k\Omega$ a $M\Omega$ para $I_{CQ} = \text{algunos mA}$

Configuración base común (BC).

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{cb}}{V_{eb}} = \frac{i_c \cdot (r_o // R_d)}{i_b \cdot h_{ie}} = \frac{h_{fe} \cdot \left(\frac{1}{h_{ob}} // R_d\right)}{h_{ie}}$$

$$\text{Como } r_o = 1/h_{ob} = [M\Omega] \gg R_d \quad h_{fe}/h_{ie} = g_m$$

$$A_v = \frac{V_{cb}}{V_{eb}} = g_m \cdot R_d = f(I_{CQ}; R_d)$$

Expresiones de R_i y R_o :

$$R_i = h_{ie}/(1+h_{fe}) = h_{ib} = 1/g_m \rightarrow R_{iBC} = R_{iEC}/(1+h_{fe})$$

$$g_m = 40 \cdot I_{CQ} (\text{mA/V}) \quad \text{Si } I_{CQ} \uparrow \text{ o } h_{fe} \uparrow \rightarrow R_i = h_{ib} \downarrow$$

$$r_o = \frac{1}{h_{oe}} (1+h_{fe}) = 1/h_{ob} \rightarrow r_{oBC} = r_{oEC} \cdot (1+h_{fe}) \quad \text{Si } h_{fe} \uparrow \rightarrow r_o \uparrow$$

$$R_i = h_{ib} = \text{baja} = \text{algunos } \Omega \text{ para } I_{CQ} = \text{algunos mA}$$

$$r_o = 1/h_{ob} = \text{muy alta, del orden de algunos } M\Omega \text{ para } I_{CQ} = \text{algunos mA}$$

Configuración colector común (CC).

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{ec}}{V_{bc}} = \frac{i_e \cdot R_d}{i_b \cdot R_i} = \frac{i_e \cdot R_d}{i_b \cdot (h_{ie} \cdot (1 + g_m \cdot R_d))} \quad i_e/i_b = 1 + h_{fe}$$

$$A_v = \frac{V_{ec}}{V_{bc}} = \frac{(1+h_{fe}) \cdot R_d}{h_{ie} \cdot (1 + g_m \cdot R_d)} \quad h_{fe}/h_{ie} = g_m$$

$$A_v = \frac{V_{ec}}{V_{bc}} = \frac{g_m \cdot R_d}{1 + g_m \cdot R_d} \leq 1 \rightarrow \text{Si } g_m \cdot R_d \geq 10 \rightarrow A_v \approx 1$$

Expresiones de Ri y Ro:

$$R_i = h_{ie} \cdot (1 + g_m \cdot R_d) \quad \rightarrow \quad \text{Si } R_d \uparrow \text{ o } h_{fe} \uparrow \rightarrow R_i \uparrow$$

$$R_o = \frac{(R_g // R_B) + h_{ie}}{1 + h_{fe}} \approx \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}} = 1/g_m \quad \rightarrow \quad R_{oCC} \approx R_{iBC}$$

$R_i =$ decenas a cientos de $k\Omega$ para $I_{CQ} =$ algunos mA

$R_o \approx h_{ib} = 1/g_m =$ baja = algunos Ω para $I_{CQ} =$ algunos mA

Transistores unipolares.**Configuración fuente común con Rs desacoplada (SC).**

$$|A_v| = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{ds}}{V_{gs}} = \frac{i_d \cdot (r_o // R_d)}{v_{gs}} = \frac{g_m \cdot v_{gs} (r_{ds} // R_d)}{v_{gs}}$$

$$|A_v| = \frac{V_{ds}}{V_{gs}} = g_m \cdot (r_{ds} // R_d)$$

$$\text{Si } r_{ds} \geq 10 \cdot R_d \rightarrow |A_v| = \frac{V_{ds}}{V_{gs}} = g_m \cdot R_d = f(Q; TR; R_d)$$

Expresiones de Ri y Ro:

$R_i \rightarrow \infty$ $r_o = r_{ds} =$ medianamente alta $> 10k\Omega$ a decenas de $k\Omega$

Configuración fuente común con Rs sin desacoplar.

$$|A_v| = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_d}{V_g} = \frac{i_d \cdot (R_o // R_d)}{v_g} \quad R_o \approx r_{ds} \cdot (1 + g_m \cdot R_s) \quad i_d = g_m \cdot v_{gs}$$

$$\text{Si } R_o \geq 10 \cdot R_d \rightarrow |A_v| = \frac{V_d}{V_g} = \frac{i_d \cdot R_d}{v_g} = \frac{g_m \cdot v_{gs} \cdot R_d}{v_g}$$

$$v_{gs} = v_g - v_s = v_g - i_d \cdot R_s = v_g - g_m \cdot v_{gs} \cdot R_s$$

$$v_g = v_{gs} + g_m \cdot v_{gs} \cdot R_s \rightarrow v_g = v_{gs} (1 + g_m \cdot R_s)$$

$$|Av| = \frac{Vd}{Vg} = \frac{gm.vgs.Rd}{vgs(1+gm.Rs)} = \frac{gm.Rd}{1+gm.Rs}$$

$$\text{Si } gm.Rs \geq 10 \rightarrow |Av| = \frac{Vd}{Vg} \approx \frac{gm.Rd}{gm.Rs} \approx \frac{Rd}{Rs} \neq f(Q; TR)$$

Expresiones de Ri y Ro:

$$Ri = \infty.(1+gm.Rs) = \infty \quad Ro \approx rds.(1+gm.Rs) = \text{alta} > rds$$

Configuración compuerta común (GC).

$$Av = \frac{Vo}{Vi} = \frac{Vdg}{Vsg} = \frac{id.(Ro//Rd)}{vsg} \quad Ro \approx rds.(1+gm.(Rs//Rg))$$

$$\text{Si } Ro \geq 10.Rd \rightarrow Av = \frac{Vdg}{Vsg} = \frac{id.Rd}{vsg} = \frac{gm.vsg.Rd}{vsg} = gm.Rd = f(Q; TR; Rd)$$

Expresiones de Ri y Ro:

$$Ri = 1/gm = \text{cientos de } \Omega \quad Ro \approx rds.(1+gm.(Rs//Rg)) = \text{alta} > rds$$

Configuración drenador común (DC).

$$Av = \frac{Vo}{Vi} = \frac{Vsd}{Vgd} = \frac{is.(Ro//Rd)}{vgd} \quad is = id = gm.vgd \quad Ro = (1/gm)//rds \approx 1/gm$$

$$Av = \frac{Vsd}{Vgd} = \frac{gm.vgd.((1/gm)//Rd)}{vgd} = gm.((1/gm)//Rd)$$

$$Av = \frac{Vsd}{Vgd} = \frac{Rd}{Rd+1/gm} = \frac{gm.Rd}{1+gm.Rd} \leq 1$$

$$\text{Si } gm.Rd \gg 1 \rightarrow Av \approx 1 \neq f(Q; TR; Rd)$$

Expresiones de Ri y Ro:

$$Ri \rightarrow \infty \quad Ro = (1/gm)//rds \approx 1/gm = \text{cientos de } \Omega$$

Resumen de fórmulas de Ri, Ro y Av de las distintas configuraciones con transistores bipolares y unipolares.

Transistores bipolares.

Emisor común con Re desacoplada:

$$R_i = h_{ie} = h_{fe}/g_m$$

$$r_o = 1/h_{oe} \rightarrow h_{oe} = \eta \cdot g_m$$

$$|A_v| = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = g_m \cdot R_d$$

Emisor común con RE sin desacoplar:

$$R_i = h_{ie} \cdot (1 + g_m \cdot R_E)$$

$$R_o = r_o \cdot (1 + g_m \cdot R_E) \quad r_o = 1/h_{oe}$$

$$|A_v| = \frac{V_c}{V_b} = \frac{g_m \cdot R_d}{1 + g_m \cdot R_E}$$

Base común:

$$R_i = h_{ie}/(1 + h_{fe}) = h_{ib} = 1/g_m$$

$$r_o = \frac{1}{h_{oe}} (1 + h_{fe}) = 1/h_{ob}$$

$$A_v = \frac{V_{cb}}{V_{eb}} = g_m \cdot R_d$$

Colector común:

$$R_i = h_{ie} \cdot (1 + g_m \cdot R_d)$$

$$R_o \approx \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}} = 1/g_m$$

$$A_v = \frac{V_{ec}}{V_{bc}} = \frac{g_m \cdot R_d}{1 + g_m \cdot R_d} \leq 1$$

Transistores unipolares.

Fuente común con Rs desacoplada:

$$R_i \rightarrow \infty$$

$$r_o = r_{ds}$$

$$|A_v| = \frac{V_{ds}}{V_{gs}} = g_m \cdot R_d$$

Fuente común con Rs sin desacoplar:

$$R_i = \infty \cdot (1 + g_m \cdot R_s) = \infty$$

$$R_o \approx r_{ds} \cdot (1 + g_m \cdot R_s)$$

$$|A_v| = \frac{V_d}{V_g} = \frac{g_m \cdot R_d}{1 + g_m \cdot R_s}$$

Compuerta común:

$$R_i = 1/g_m$$

$$R_o = r_{ds} \cdot (1 + g_m \cdot (R_s // R_g))$$

$$A_v = \frac{V_{dg}}{V_{sg}} = g_m \cdot R_d$$

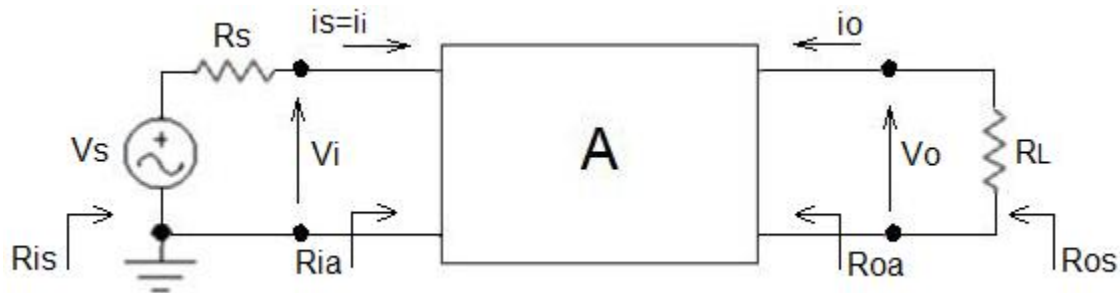
Drenador común:

$$R_i \rightarrow \infty$$

$$R_o = (1/g_m) // r_{ds} \approx 1/g_m$$

$$A_v = \frac{V_{sd}}{V_{gd}} = \frac{g_m \cdot R_d}{1 + g_m \cdot R_d} \leq 1$$

Luego para todos los casos: $A_{vs} = A_v \frac{R_{ia}}{R_{is}}$

Distintos amplificadores básicos con sus R_i y R_o características.

Vinculando las distintas variables de salida y entrada del cuadripolo, obtenemos las 4 transferencias o ganancias posibles:

$$A = V_o/V_i = A_v = \text{amplif. de tensión} = (\text{veces}) \quad R_i \rightarrow \infty \quad R_o \rightarrow 0$$

$$A = I_o/I_i = A_i = \text{amplif. de corriente} = (\text{veces}) \quad R_i \rightarrow 0 \quad R_o \rightarrow \infty$$

$$A = V_o/I_i = R_m = \text{amplif. de transresistencia} = (V/mA) \quad R_i \rightarrow 0 \quad R_o \rightarrow 0$$

$$A = I_o/V_i = G_m = \text{amplif. de transconductancia} = (mA/V) \quad R_i \rightarrow \infty \quad R_o \rightarrow \infty$$

Calculando $A_{vs}=v_o/v_s$, podemos obtener las demás transferencias en función de A_{vs} , como se indica a continuación:

$$A_{is} = \frac{i_o}{i_s} = \frac{v_o/RL}{v_s/R_{is}} = \frac{v_o}{v_s} \frac{R_{is}}{RL} = A_{vs} \frac{R_{is}}{RL}$$

$$R_{ms} = \frac{v_o}{i_s} = \frac{v_o}{v_s/R_{is}} = \frac{v_o}{v_s} R_{is} = A_{vs} \cdot R_{is}$$

$$G_{ms} = \frac{i_o}{v_s} = \frac{v_o/RL}{v_s} = \frac{v_o}{v_s} \frac{1}{RL} = A_{vs} \cdot \frac{1}{RL}$$