ELETTRONICA DELLE TLC (parte 1)

→ Quadripolo = comunicano con l'esterno attraverso 4 terminali

$$\left.\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 + I_4 &= 0 \\ V_{12} + V_{23} + V_{34} + V_{41} &= 0 \end{aligned}\right\}$$ Nodo di Kirchhoff generalizzato

$$I_1 Z_{11} + I_2 Z_{12} + I_3 Z_{13} = V_{1M}$$

Z_{11}: autoimpedenza; Z_{12}: impedenza mutua; V_{1M}: maglia

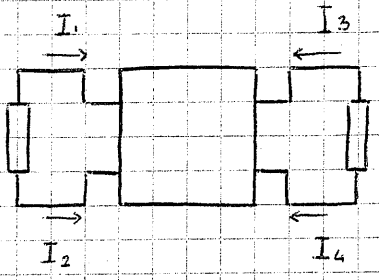
→ Un quadripolo richiede 9 parametri

→ 2-porte

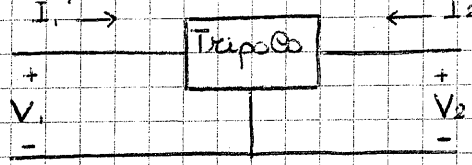
$$\left.\begin{aligned} I_1 &= -I_2 \\ I_3 &= -I_4 \end{aligned}\right\}$$ Bastano 4 parametri

$$Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 = V_{1M}$$

$$Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 = V_{2M}$$



→ Tripolo



Ha un terminale a comune ($V_2 = V_4$)

→ Bastano 4 parametri

→ Parametri Z

$$\begin{cases} Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 = V_1 \\ Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 = V_2 \end{cases}$$

→ tutti i parametri hanno dimensioni [Ω]
→ le misure sono fatte a circuito aperto

$$Z_I = Z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2 = 0}$$

$$Z_F = Z_{21} = \left.\frac{V_2}{I_1}\right|_{I_2 = 0}$$

$$Z_R = Z_{12} = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1 = 0}$$

$$Z_O = Z_{22} = \left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1 = 0}$$

→ Parametri A (ibridi)

$$\begin{cases} V_1 = A_I I_1 + A_R V_2 \\ I_2 = A_F I_1 + A_O V_2 \end{cases}$$

A_I [Ω], A_O [S]

A_F, A_R adimensionali

$$A_I = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{V_2 = 0} \qquad A_R = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_1 = 0}$$

$$A_F = \left.\frac{I_2}{I_1}\right|_{V_2 = 0} \qquad A_O = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{I_1 = 0}$$

master copy

→ Parametri Y

$$\begin{cases} I_1 = Y_I V_1 + Y_R V_2 \\ I_2 = Y_F V_1 + Y_O V_2 \end{cases}$$

→ Tutti i parametri hanno dimensioni [S]

→ Le misure sono fatte in cortocircuito.

$$Y_I = \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0} \qquad Y_R = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{V_1=0}$$

$$Y_F = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} \qquad Y_O = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{V_1=0}$$

I = input
R = reverse
F = forward
O = output

master copy

→ Problematiche delle misure in cortocircuito e a circuito aperto

$f_0 = 1.5\ GHz \rightarrow \omega_0 \approx 10^{10}\ rad/s$

$C = 10^{-12}\ F$
$L = 2\ mH$
} Parametri del BJT

$$X_C = \frac{1}{\omega_0 C} = 100\ \Omega$$

→ i 2 mancati a distanza finita rappresentano una capacità

→ per ottenere il circuito aperto, l'impedenza è piccola

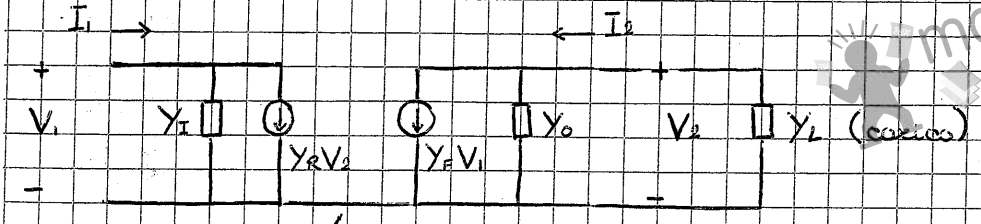
$X_L = \omega_0 L = 20\ \Omega$ → non è più un cortocircuito (se aumenta f, aumenta anche X_L)

→ Specifiche di un progetto RF

1_ Guadagno di potenza
2_ Reti di adattamento
3_ Studio della stabilità

master copy

→ Circuito equivalente a parametri Y



Se il dispositivo è un triplo

master copy

- Guadagno di tensione

$$A_V = \frac{V_2}{V_1} = -\frac{Y_F}{Y_O + Y_L}$$

Se c'uscita è in cortocircuito:

$Y_L \to \infty \Rightarrow A_V \to 0$

- Ammettenza d'ingresso

$$Y_{IN} = Y_I - \frac{Y_F Y_R}{Y_O + Y_L}$$

($Y_{IN} = Y_I$ per dispositivi unidirezionali)

$Y_{IN}(Y_L)$

Non c'è catena di retroazione ← $= Y_R$ o Y_F nulle, c'uscita e c'ingresso sono indipendenti

- Ammettenza d'uscita ($\beta A = 0$)

$$Y_{OUT} = Y_O - \frac{Y_F Y_R}{Y_I + Y_S}$$

($Y_{OUT} = Y_O$ per dispositivi unilaterali o unidirezionali)

$Y_{OUT}(Y_S)$

- Guadagno di corrente

$$A_I = \frac{I_2}{I_1} = \frac{Y_F - \dfrac{Y_O Y_F}{Y_O + Y_L}}{Y_I - \dfrac{Y_R Y_F}{Y_O + Y_L}} = \frac{Y_F Y_L}{Y_I (Y_O + Y_L) - Y_R Y_F}$$

→ Dispositivo simmetrico = scambiando le 2 porte non cambia nulla (basta calcolare la metà dei parametri) → la matrice delle ammettenze è simmetrica sia rispetto alla diagonale principale sia rispetto alla secondaria

$Y_I = Y_O$

$Y_R = Y_F$ (?)

→ Rete reciproca = il rapporto causa/effetto è costante, qualsiasi sia la coppia di nodi presa. → la matrice delle ammettenze è simmetrica rispetto alla diagonale principale

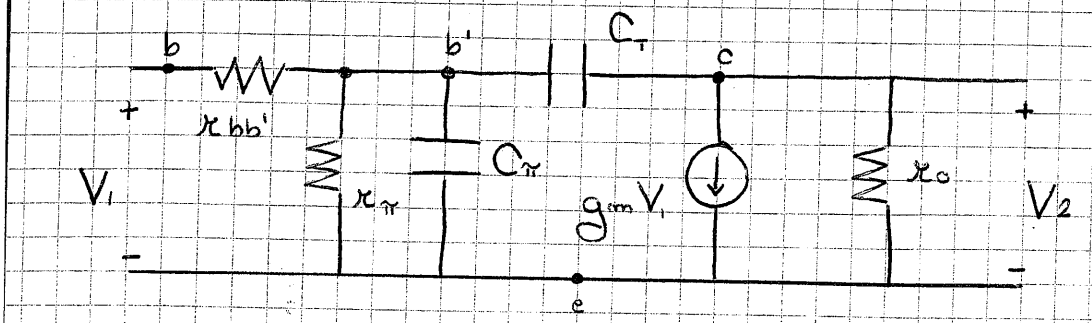
$Y_R = Y_F$

(le reti passive sono sempre reciproche)

$$Y = \begin{vmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{vmatrix} \qquad Y_{11} = Y_I \quad Y_{12} = Y_R \quad Y_{21} = Y_F \quad Y_{22} = Y_O$$

→ La presenza di componenti attivi disimmetrizza la matrice

→ Circuito di Giacoletto



$r_{bb'}$ → resistenza di diffusione di base ($\sim 10\,\Omega$)

↳ si trascura (crea una squadra RC con C_π)

$r_{b'e} = r_\pi = V_T / I_{BQ}$ ($\sim K\Omega$, non c'è nei FET)

$$C_{b'e} = C_\pi = \frac{g_m}{2\pi f_T} \qquad (f_T = \text{frequenza di transizione},\ \sim 150\ GHz)$$

$\sim 0.1\ pF$

$$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T} \quad (\sim 0.1\ S)$$

$C_T < C_\pi$ ($\sim 10\ fF$)

$$Y_I = \frac{1}{r_\pi} + j\omega(C_\pi + C_T)$$

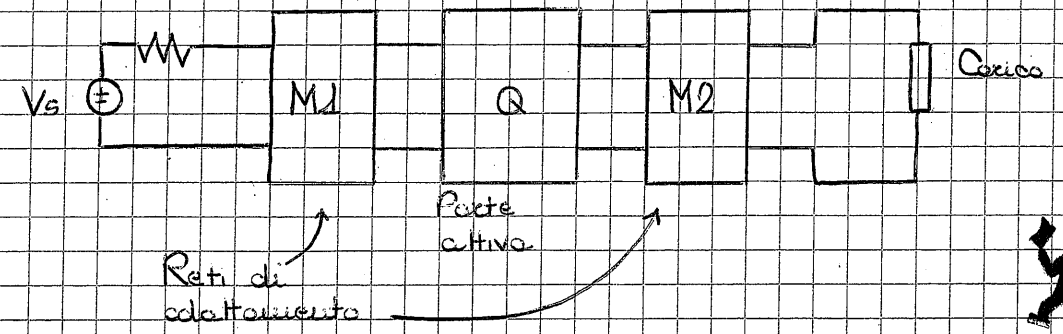
$$Y_R = -j\omega C_T$$

$$Y_F = g_m - j\omega C_T$$

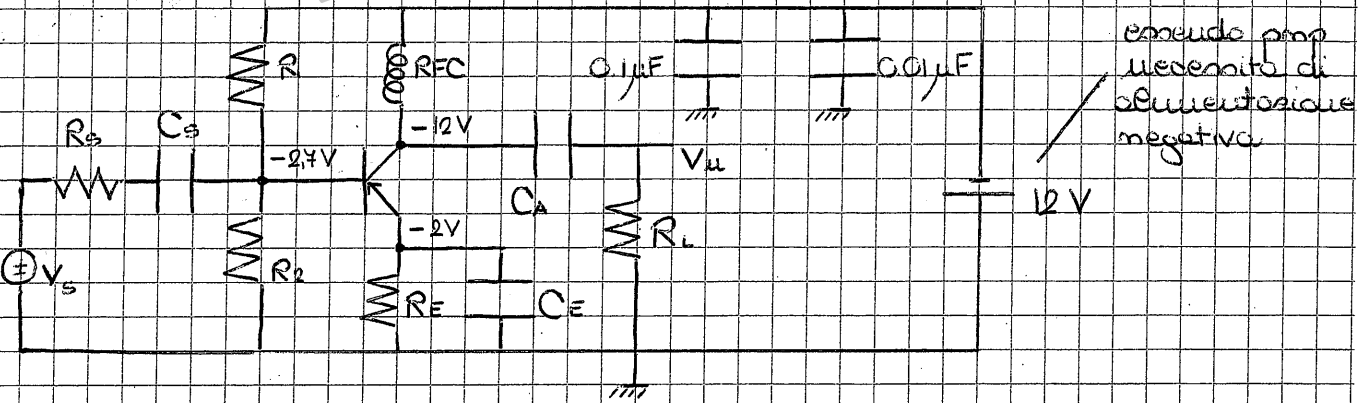
$$Y_O = \frac{1}{r_o} + j\omega C_T$$

→ inadatto per alte frequenze (dovrei considerare 3 induttanze su E, B, C ⇒ wire bonding)

→ Amplificatore RF



→ Rete di polarizzazione del transistore 2N4957 (Common Emitter)



- L_{RFC} (induttanza di blocco) < cortocircuito a riposo / circuito aperto a f_0

  $\omega_0 L_{RFC} \gg R_L$

  $L_{RFC} \gg R_L/\omega_0$ (per potenza trasmessa in // a R_L a f_0)

- R_L è sempre riferito a massa (mai flottante)
- C_A deve essere un cortocircuito a f_0 → a riposo è un circuito aperto

$$\frac{1}{\omega_0 C_A} \ll R_L \Rightarrow C_A \gg \frac{1}{\omega_0 R_L}$$

- Ipotesi di partitore pesante: $V_{BB} \gg R_{BB} I_{BQ}$ → permette di trascurare I_{BQ}

$$V_{BB} = V_{CC}\frac{R_2}{R_1+R_2} \quad ; \quad R_{BB} = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} \Rightarrow V_{CC} \gg R_1 I_{BQ}$$

$$I_{CQ} = h_{FE} \cdot I_{BQ}$$