

**Esercizio 2**

Un transistoro alla frequenza di lavoro di 2,25 GHz e nelle condizioni di polarizzazione del circuito ha i seguenti parametri S (misurati in un sistema a 50 Ohm)

$$S_{11} = 0,83 \angle -132^\circ$$

$$S_{12} = 0,03 \angle 22^\circ$$

$$S_{21} = 4,9 \angle 71^\circ$$

$$S_{22} = 0,36 \angle -82^\circ$$

Il circuito è composto dal generatore, dalla rete di adattamento di ingresso, dall'amplificatore, dalla rete di adattamento di uscita e dal carico.

Verificare e o calcolare:

- Calcolare il guadagno di trasduzione massimo nella condizione di terminazione ottima. Si assume di trovarsi in condizione di unilaterialità  $S_{12} = 0$ .
- Determinare il valore di  $G_L$  e del coefficiente di riflessione del carico,  $\Gamma_L$ , per cui si ha un guadagno di trasduzione unilaterale totale di 18 dB. Usare i cerchi a guadagno costante (carta di Smith).
- Determinare, graficamente, i valori della rete di adattamento di uscita che generano il coefficiente di riflessione del punto precedente (Carico  $Z_L = Z_0 = 50\Omega$ ).
- Le condizioni di stabilità del circuito, indicando se il cerchio a guadagno costante si trova o meno nell'area di stabilità.

Sono date le formule di

$$\text{Il fattore } K \text{ } k = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|}$$

$$\text{Cerchio di stabilità di uscita } C_L = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2} \quad (\text{centro}) \quad R_L = \left| \frac{S_{12}S_{21}}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2} \right| \quad (\text{raggio})$$

$$\text{Cerchio di stabilità di ingresso } C_S = \frac{(S_{11} - \Delta S_{22}^*)^*}{|S_{11}|^2 - |\Delta|^2} \quad (\text{centro}) \quad R_S = \left| \frac{S_{12}S_{21}}{|S_{11}|^2 - |\Delta|^2} \right| \quad (\text{raggio})$$

$$\text{Cerchio a guadagno costante} \quad C_{g-i} = \frac{g_i S_{ii}^*}{1 - |S_{ii}|^2 (1 - g_i)} \quad r_{g-i} = \frac{\sqrt{1 - g_i} (1 - |S_{ii}^*|^2)}{1 - |S_{ii}|^2 (1 - g_i)}$$

## Svolgimento

Si calcolano  $\Delta$  e  $k$

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$$

$$\Delta = 0,83\angle -132^\circ \cdot 0,36\angle -82^\circ - 0,03\angle 22^\circ \cdot 4,9\angle 71^\circ$$

$$\Delta = 0,2988\angle -214^\circ - 0,147\angle 93^\circ \quad \Delta = -0,2477 + j0,1671 - (-0,0077 + j0,1468)$$

$$\Delta = -0,2477 + j0,1671 + 0,0077 - j0,1468 \quad \Delta = -0,24 + j0,0203$$

$$\Delta = 0,2409\angle 175,16^\circ$$

$$|\Delta| = 0,2409 \quad |\Delta| < 1$$

$$k = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} = \frac{1 - 0,83^2 - 0,36^2 + 0,2409^2}{2 \cdot 0,03 \cdot 4,9} = \frac{1 - 0,6889 - 0,1296 + 0,058}{0,294}$$

$$k = \frac{0,2395}{0,294} = 0,8146 \quad k = 0,8146 \quad k < 1$$

Con  $|\Delta| < 1$  e  $k < 1$  l'amplificatore si trova nelle condizioni di **stabilità condizionata**.

Calcolo del valore del guadagno di trasduzione massimo con  $S_{12} = 0$

$$G_{TU\_max} = G_{S\_max} \cdot G_0 \cdot G_{L\_max} \quad G_{TU\_max\_dB} = G_{S\_max\_dB} + G_{0\_dB} + G_{L\_max\_dB}$$

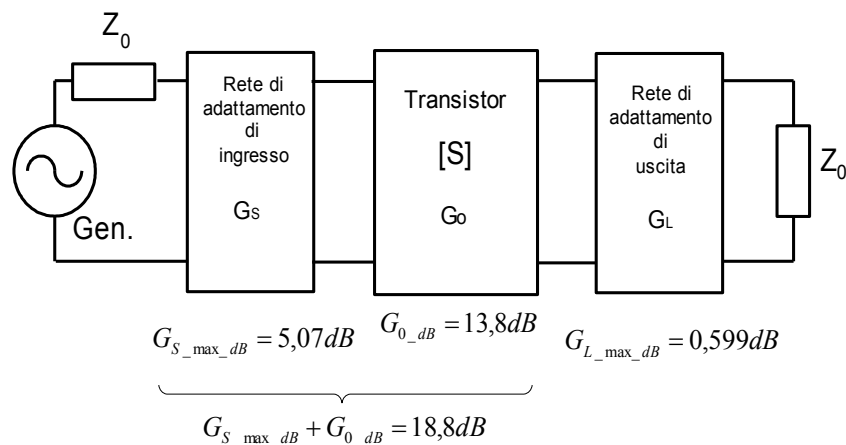
$$G_{S\_max} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} \quad G_{S\_max} = \frac{1}{1 - 0,83^2} = 3,2144 \quad G_{S\_max\_dB} = 10 \log 3,2144 = 5,07 \text{ dB}$$

$$G_0 = |S_{21}|^2 \quad G_0 = 4,9^2 = 24 \quad G_{0\_dB} = 10 \log 24 = 13,8 \text{ dB}$$

$$G_{L\_max} = \frac{1}{1 - |S_{22}|^2} \quad G_{L\_max} = \frac{1}{1 - 0,36^2} = 1,148 \quad G_{L\_max\_dB} = 10 \log 1,148 = 0,599 \text{ dB}$$

$$G_{TU\_max\_dB} = 5,07 + 13,8 + 0,599 = 19,47 \text{ dB} \quad G_{TU\_max\_dB} = 19,47 \text{ dB}$$

Il guadagno complessivo deve essere ridotto a 18 dB si calcola il valore di  $G_{L\_dB}$  e relativo  $\Gamma_L$  che determinano questo guadagno. Si calcolano il raggio ed il centro del cerchio a guadagno costante di uscita.



Per ottenere un guadagno  $G_{TU\_dB} = 18dB$  si dovrà imporre che

$$G_{L\_dB} = -0,8dB \quad \text{in lineare} \quad G_L = 10^{\frac{-0,8}{10}} = 0,8318$$

$$g_L = \frac{G_L}{G_{L\_max}} = \frac{0,8318}{1,148} = 0,7246 \quad \text{o} \quad g_L = G_L (1 - |S_{22}|^2) = 0,8318(1 - 0,36^2) = 0,724$$

$$C_{g\_L} = \frac{g_L S_{22}^*}{1 - |S_{22}|^2 (1 - g_L)}$$

$$C_{g\_L} = \frac{0,724 \cdot 0,36 \angle 82^\circ}{1 - [0,36^2 (1 - 0,724)]} = \frac{0,2606 \angle 82^\circ}{1 - [0,1296 \cdot 0,276]} = \frac{0,2606 \angle 82^\circ}{0,9642} = 0,27 \angle 82^\circ \quad C_{g\_L} = 0,27 \angle 82^\circ$$

$$r_{g\_L} = \frac{\sqrt{1 - g_L} (1 - |S_{22}^*|^2)}{1 - |S_{22}|^2 (1 - g_L)}$$

$$r_{g\_L} = \frac{\sqrt{1 - 0,724} (1 - 0,36^2)}{1 - 0,36^2 (1 - 0,724)} = \frac{0,5254 \cdot 0,8704}{0,9642} = \frac{0,5254 \cdot 0,8704}{0,9642} = \frac{0,4573}{0,9642} = 0,4742 \quad r_{g\_L} = 0,4742$$

Si traccia il cerchio a guadagno costante  $G_L = 0,8318$ ,  $G_{L\_dB} = 0,8dB$  sulla carta di Smith.

Si calcolano il centro ed il raggio del cerchio di stabilità di uscita (piano  $\Gamma_L$ )

$$C_L = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

$$C_L = \frac{[0,36 \angle -82^\circ - (0,2409 \angle 175^\circ \cdot 0,83 \angle 132^\circ)]^*}{0,36^2 - 0,2409^2} = \frac{[0,36 \angle -82^\circ - 0,1999 \angle 307^\circ]^*}{0,1296 - 0,058}$$

$$C_L = \frac{[0,05 - j0,35 - 0,12 + j0,16]^*}{0,072} = \frac{[-0,07 - j0,19]^*}{0,072} = \frac{[0,2 \angle -110^\circ]^*}{0,072} = 2,81 \angle 110^\circ$$

$$C_L = 2,81 \angle 110^\circ$$

$$R_L = \left| \frac{S_{12} S_{21}}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2} \right| \quad R_L = \left| \frac{0,032 \angle 22^\circ \cdot 4,9 \angle 71^\circ}{0,36^2 - 0,2409^2} \right| = \left| \frac{0,147 \angle 93^\circ}{0,072} \right| = 2,0417 \quad R_L = 2,0417$$

$$|C_L| - R_L = 2,81 - 2,0417 = 0,769$$

Si traccia il cerchio di stabilità di uscita sulla carta di Smith.

Il cerchio a guadagno costante si trova al di fuori dell'area di instabilità, quindi il funzionamento dell'amplificatore sarà stabile per qualsiasi valore del coefficiente di riflessione  $\Gamma_L$  che sia contenuto all'interno del cerchio.

Per l'adattamento si è scelto il punto A, in quanto giace sul cerchio a resistenza normalizzata costante normalizzata pari a 1, per l'adattamento sarà sufficiente inserire in serie una reattanza capacitiva di valore normalizzato  $x_C = 0,4$ .

Il valore del coefficiente di riflessione relativo al punto A è  $\Gamma_L = 0,19 \angle -79^\circ$ .

