

Esempio N°1 (1)

Un transistor BJT polarizzato con $V_{ce} = 10\text{ V}$ e $I_c = 30\text{ mA}$ ha i seguenti parametri S alla frequenza $f = 1\text{ GHz}$, i parametri sono stati misurati in un sistema con impedenza di riferimento 50 Ohm .

$$S_{11} = 0,73 \angle 175^\circ$$

$$S_{12} = 0$$

$$S_{21} = 4,45 \angle 65^\circ$$

$$S_{22} = 0,21 \angle -80^\circ$$

Calcolare

- 1) Calcolare la terminazione ottima.
- 2) Calcolare i guadagni massimi in dB, G_{S_max} , G_{L_max} , G_{TU_max} .
- 3) Disegnare i cerchi a guadagno costante per alcuni valori di guadagno.
- 4) Progettare una rete di adattamento di ingresso per $G_S = 2\text{ dB}$.

Esempio N°1 (2)

*Soluzione*a) Calcolo della terminazione ottima

La terminazione ottima si ottiene quando i coefficienti di riflessione si trovano

nella condizione $\Gamma_i = S_{ii}^*$

che in questo caso diventa

$$\Gamma_S = S_{11}^* = 0,73 \angle -175^\circ$$

$$\Gamma_L = S_{22}^* = 0,21 \angle 80^\circ$$

Il valore dell'impedenza associata si trova con la carta di Smith Z in corrispondenza del valore del coefficiente di riflessione tracciato sulla carta stessa,

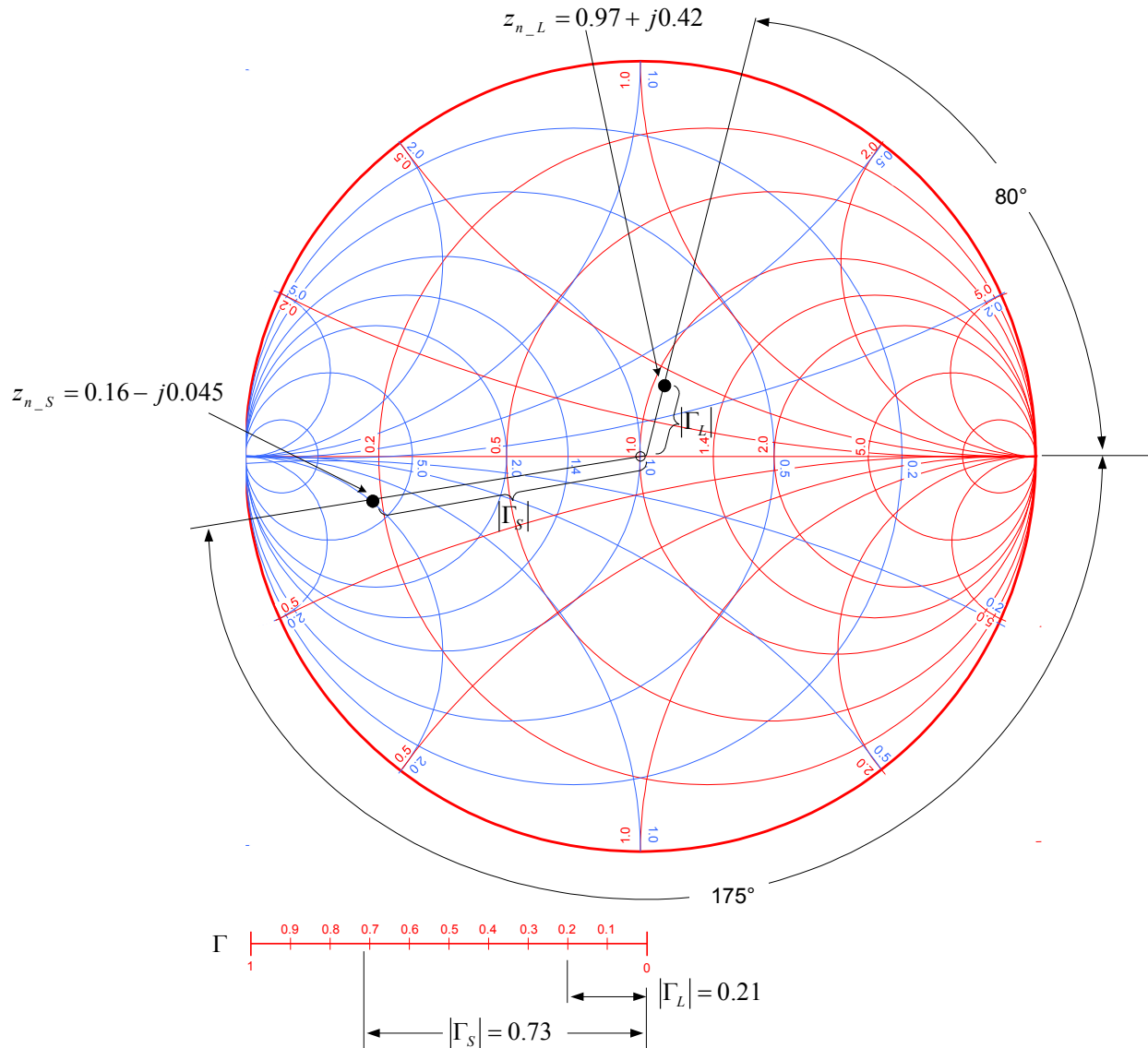
$$\Gamma_S = S_{11}^* = 0,73 \angle -175^\circ \Rightarrow z_{n_S} = 0,16 - j0,045$$

$$Z_S = 50(0,16 - j0,045) = 8 - j2,25 \Omega$$

$$\Gamma_L = S_{22}^* = 0,21 \angle 80^\circ \Rightarrow z_{n_L} = 0,97 + j0,42$$

$$Z_L = 50(0,97 + j0,42) = 48,5 + j21 \Omega$$

Esempio N°1 (3)



Esempio N°1 (4)

b) Calcolo di G_{S_max} G_{L_max} G_{TU_max}

$$G_{S_max} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} = \frac{1}{1 - 0,73^2} = 2,14 \quad G_{S_max_dB} = 3,3dB$$

$$G_{L_max} = \frac{1}{1 - |S_{22}|^2} = \frac{1}{1 - 0,21^2} = 1,046 \quad G_{L_max_dB} = 0,196dB$$

$$G_0 = |S_{21}|^2 = 4,45^2 = 19,8 \quad G_{0_dB} = 12,96dB$$

$$G_{TU_max_dB} = G_{S_max_dB} + G_{0_dB} + G_{L_max_dB} = 3,3 + 12,96 + 0,196 = 16,47dB$$

Esempio N°1 (5)

c) Cerchi a guadagno costante

Si devono disegnare i cerchi a guadagno costante per alcuni valori di G_S , considerando che $G_{S_max_dB} = 3,3dB$ e quindi viene rappresentato sulla carta di Smith ZY con un punto, si fissano i valori dei cerchi in 2, 1, 0 e -1 dB.

Per comodità conviene preparare una tabella e poi riempirla via via con i valori calcolati di G_S , g_S , $|C_{gS}|$ e r_{gS} .

Si calcola per primo G_S

$$G_{S_2} = 10^{\frac{G_{s_2dB}}{10}} = 10^{\frac{2}{10}} = 1,58$$

$$G_{S_1} = 10^{\frac{G_{s_1dB}}{10}} = 10^{\frac{1}{10}} = 1,26$$

$$G_{S_0} = 10^{\frac{G_{s_0dB}}{10}} = 10^{\frac{0}{10}} = 1$$

$$G_{S_{-1}} = 10^{\frac{G_{s_{-1}dB}}{10}} = 10^{\frac{-1}{10}} = 0,79$$

Esempio N°1 (6)

Si calcola il guadagno normalizzato della sorgente g_s con la relazione

$$g_i = G_i \left(1 - |S_{ii}|^2 \right)$$

$$g_{s_2} = G_{s_2} \left(1 - |S_{11}|^2 \right) = 1,58 \left(1 - 0,73^2 \right) = 0,738$$

$$g_{s_1} = G_{s_1} \left(1 - |S_{11}|^2 \right) = 1,26 \left(1 - 0,73^2 \right) = 0,588$$

$$g_{s_0} = G_{s_0} \left(1 - |S_{11}|^2 \right) = 1 \left(1 - 0,73^2 \right) = 0,467$$

$$g_{s_{-1}} = G_{s_{-1}} \left(1 - |S_{11}|^2 \right) = 0,79 \left(1 - 0,73^2 \right) = 0,369$$

Esempio N°1 (7)

Si calcola il modulo del centro del cerchio $|C_{gS}|$

$$C_{gS_{-2}} = \frac{g_{S_{-2}} S_{11}^*}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-2}})} = \frac{0,738 \bullet 0,73 \angle -175^\circ}{1 - 0,73^2 (1 - 0,738)} = 0,625 \angle -175^\circ \quad |C_{gS_{-2}}| = 0,625$$

$$C_{gS_{-1}} = \frac{g_{S_{-1}} S_{11}^*}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-1}})} = \frac{0,588 \bullet 0,73 \angle -175^\circ}{1 - 0,73^2 (1 - 0,588)} = 0,55 \angle -175^\circ \quad |C_{gS_{-1}}| = 0,55$$

$$C_{gS_{-0}} = \frac{g_{S_{-0}} S_{11}^*}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-0}})} = \frac{0,467 \bullet 0,73 \angle -175^\circ}{1 - 0,73^2 (1 - 0,467)} = 0,476 \angle -175^\circ \quad |C_{gS_{-0}}| = 0,476$$

$$C_{gS_{-1}} = \frac{g_{S_{-1}} S_{11}^*}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-1}})} = \frac{0,369 \bullet 0,73 \angle -175^\circ}{1 - 0,73^2 (1 - 0,369)} = 0,406 \angle -175^\circ \quad |C_{gS_{-1}}| = 0,406$$

Esempio N°1 (8)

Si calcola il raggio dei cerchi r_{gS}

$$r_{g_{S_{-2}}} = \frac{\sqrt{1 - g_{S_{-2}}} \left(1 - |S_{11}^*|^2\right)}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-2}})} = \frac{\sqrt{1 - 0,738} (1 - 0,73^2)}{1 - 0,73^2 (1 - 0,738)} = 0,2779$$

$$r_{g_{S_{-1}}} = \frac{\sqrt{1 - g_{S_{-1}}} \left(1 - |S_{11}^*|^2\right)}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-1}})} = \frac{\sqrt{1 - 0,588} (1 - 0,73^2)}{1 - 0,73^2 (1 - 0,588)} = 0,384$$

$$r_{g_{S_{-0}}} = \frac{\sqrt{1 - g_{S_{-0}}} \left(1 - |S_{11}^*|^2\right)}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-0}})} = \frac{\sqrt{1 - 0,467} (1 - 0,73^2)}{1 - 0,73^2 (1 - 0,467)} = 0,476$$

$$r_{g_{S_{-1}}} = \frac{\sqrt{1 - g_{S_{-1}}} \left(1 - |S_{11}^*|^2\right)}{1 - |S_{11}|^2 (1 - g_{S_{-1}})} = \frac{\sqrt{1 - 0,369} (1 - 0,73^2)}{1 - 0,73^2 (1 - 0,369)} = 0,559$$

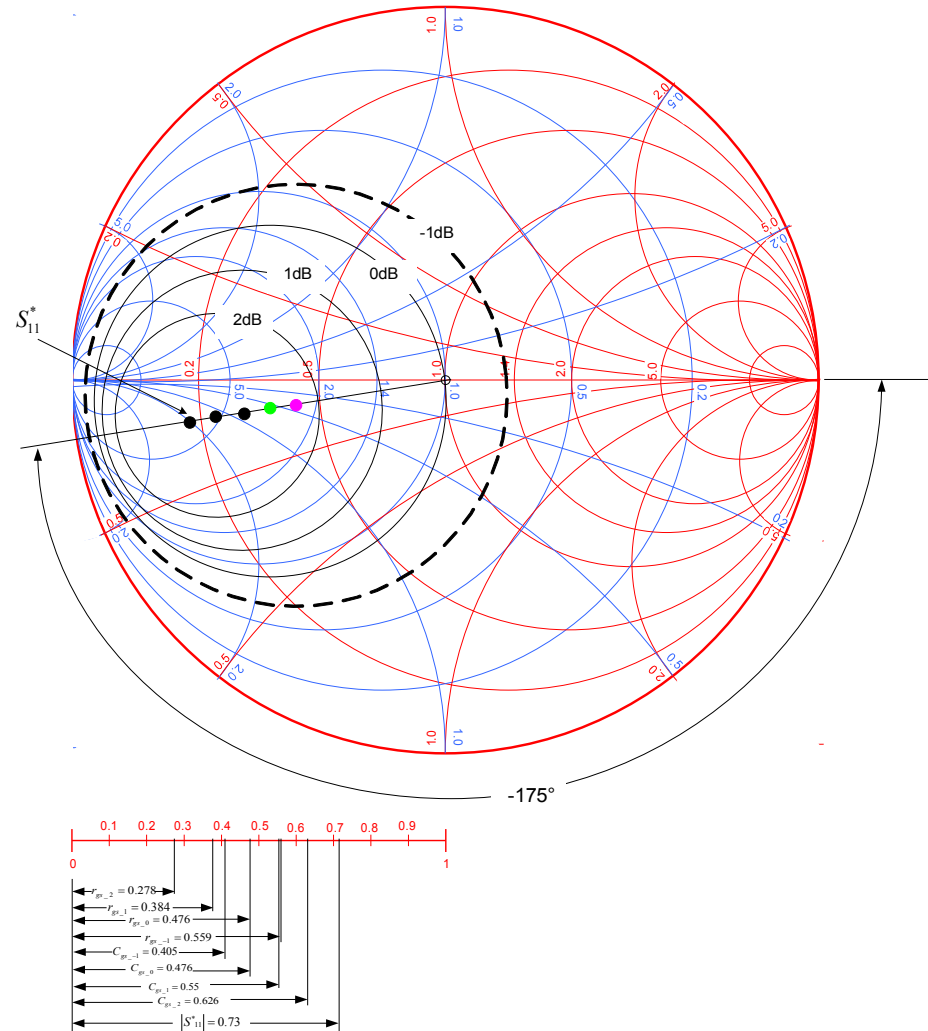
Esempio N°1 (9)

La tabella riassuntiva

$G_{S_costante_dB}$	2	1	0	-1
G_S	1,58	1,26	1	0,79
g_S	0,738	0,588	0,467	0,369
$ C_{gS} $	0,625	0,550	0,476	0,406
r_{gS}	0,278	0,384	0,476	0,559

Con questi valori si possono tracciare i cerchi di guadagno costante

Esempio N°1 (10)



Esempio N°1 (11)

d) Progetto della rete di ingresso per $G_S = 2dB$

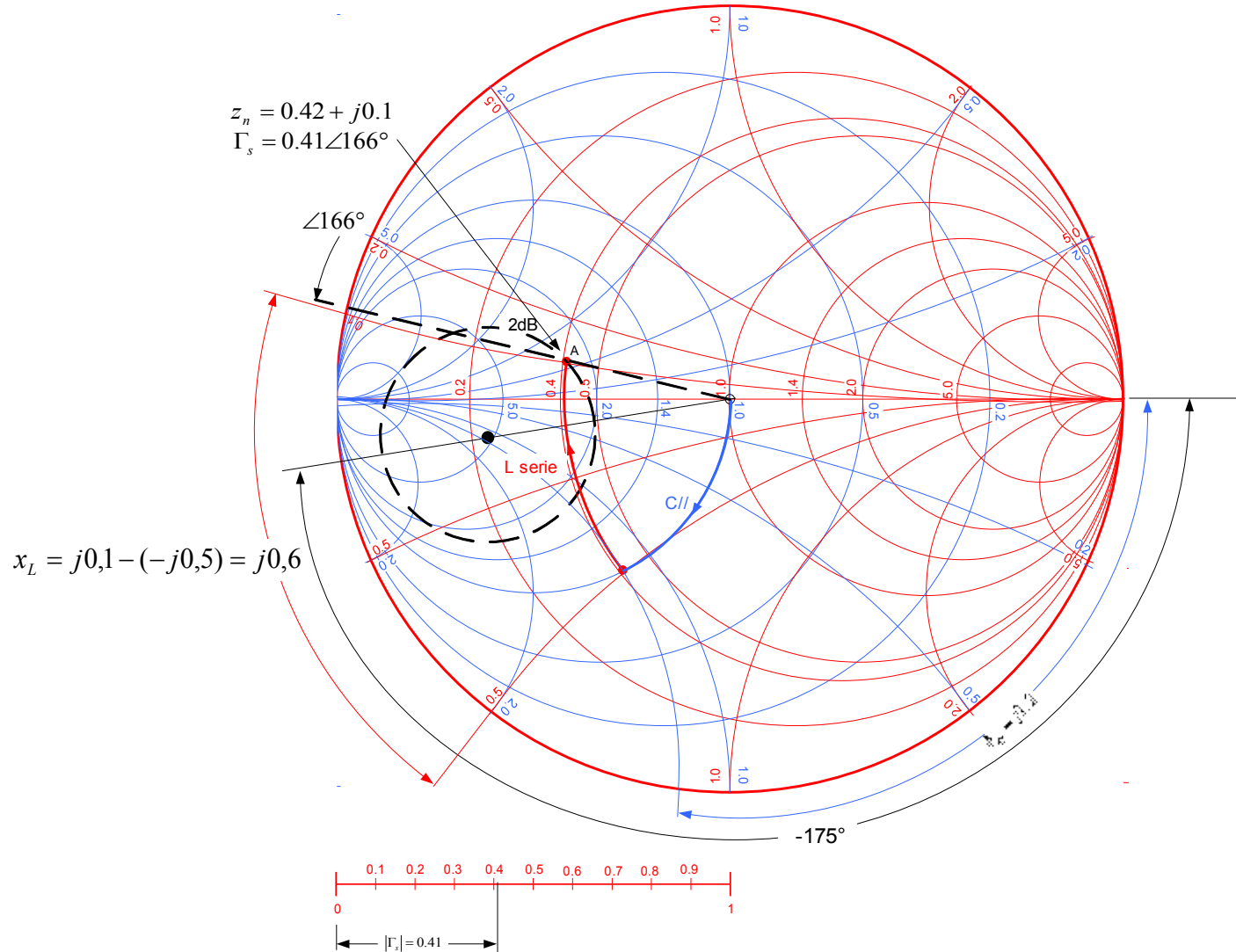
La rete di adattamento di ingresso deve avere un guadagno, $G_S = 2dB$, il che significa che l'impedenza che la rete deve presentare al transistor, Z_S , deve stare sul cerchio a guadagno costante 2 db. Sarà quindi sufficiente scegliere un punto qualsiasi sul cerchio.

Come esempio si sceglie il punto A che corrisponde ad una impedenza normalizzata

$$z_{n_S} = 0,42 + j0,1$$

e ad un coefficiente di riflessione

$$\Gamma_S = 0,41 \angle 166^\circ$$



Esempio N°1 (13)

I valori della rete di adattamento si ricavano in modo grafico, tramite la carta di Smith ZY, si parte dall'origine e si arriva al punto A in due passaggi:

Nel primo passaggio si aggiunge una suscettanza capacitiva in parallelo al generatore, $b_C = j1,2$

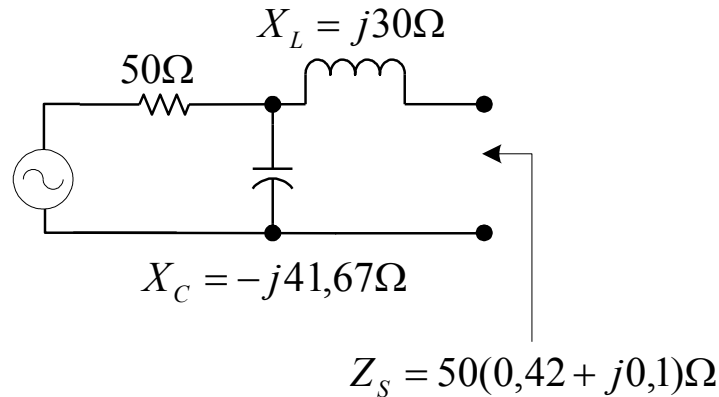
Nel secondo passaggio si aggiunge una reattanza induttiva a in serie al generatore, $x_L = j0,1 - (-j0,5) = j0,6$

I valori non normalizzati della suscettanza e della reattanza saranno:

$$X_C = \frac{1}{jb_C} 50 = -j \frac{1}{1,2} 50 = -j41,67\Omega$$

$$X_L = j0,6 \bullet 50 = j30\Omega$$

Esempio N°1 (14)



In queste condizioni si avrà

$$G_S = 2dB \quad G_{0_dB} = 12,96dB \quad G_{L_max_dB} = 0,196dB$$

Il guadagno totale massimo (cioè con terminazione di uscita ottima) sarà

$$G_{TU_max_dB} = G_{S_2} + G_{0_dB} + G_{L_max_dB} = 2 + 12,96 + 0.196 = 15,16dB$$