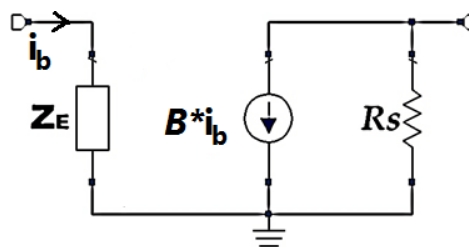


-Exercice 1 : 4Pts

On donne le circuit équivalent d'un transistor bipolaire en émetteur commun.

Déterminer sa matrice de répartition en fonction de Z_E , B et R_s .



Exercice 2 : 4Pts

1. On donne les paramètres de répartition d'un quadripôle Q ($Z_0=50\Omega$) : $S_{11}=0.25\angle-94^\circ$, $S_{12}=0.97\angle-30.77^\circ$, $S_{21}=0.97\angle-30.77^\circ$, $S_{22}=0.25\angle-147^\circ$.

Montrer qu'il est réciproque et sans pertes.

2. On place une ligne de transmission sans pertes à l'accès (2) du quadripôle. Les mesures de ce système donnent : $S'_{21}=0.97\angle-50.77^\circ$.

Déterminer la longueur de la ligne par rapport à la longueur d'onde, si l'impédance caractéristique de la ligne $Z_0=50\Omega$.

Exercice 3 : 4Pts

Soit les paramètres S d'un transistor à $f=900\text{MHz}$: $S_{11}=0.85\angle-30^\circ$, $S_{12}=0.05\angle120^\circ$, $S_{21}=3.5\angle140^\circ$, $S_{22}=0.75\angle-60^\circ$ avec $Z_0=50\Omega$.

1. Vérifier que le transistor est conditionnellement stable à cette fréquence.
2. Ce transistor est alimenté par une source ayant une impédance de 100Ω , et il est chargé par 50Ω . Montrer que ce transistor reste stable dans ce circuit pour $f=900\text{MHz}$.

Exercice 4 : 7Pts

On donne la matrice de répartition et les paramètres de bruit d'un transistor à la fréquence 6GHz :

$$S = \begin{pmatrix} 0.674\angle-30^\circ & 0.075\angle120^\circ \\ 1.74\angle36.4^\circ & 0.6\angle-92.6^\circ \end{pmatrix} \quad \Gamma_{opt} = 0.575\angle138^\circ$$

$$F_{min} = 2.2\text{dB} \quad R_n = 6.64\Omega \quad Z_0 = 50\Omega$$

Ce transistor est inconditionnellement stable à 6GHz et le facteur de Rollet $=1.28$. On donne les coefficients de réflexion pour l'adaptation simultanée $\Gamma_{SM}=0.8\angle161^\circ$, et $\Gamma_{LM}=0.75\angle106^\circ$.

1. Expliquez la notion d'adaptation simultanée.
2. Calculer le gain de l'amplificateur dans le cas de l'adaptation simultanée.
3. Calculer le facteur de bruit de l'amplificateur dans ce cas.

On veut réaliser un amplificateur avec un facteur de bruit minimum.

4. Sur quel type de bruit faut-il agir et quelle est sa source ?
5. Trouver dans ce cas, l'impédance de la source et l'impédance de la charge.
6. Dans ce cas est ce que l'entrée du transistor est adaptée ? Justifier
7. Calculer le gain de cet amplificateur.

La présentation de la copie : 1Pt

On donne : $G_T = \frac{1-|\Gamma_S|^2}{|1-\Gamma_1\Gamma_S|^2} |S_{21}|^2 \frac{1-|\Gamma_L|^2}{|1-S_{22}\Gamma_L|^2}$; $F = F_{min} + 4r_n \frac{|\Gamma_S - \Gamma_{opt}|^2}{(1-|\Gamma_S|^2)|1+\Gamma_{opt}|^2}$

Exercice 1 (5pts)

On adapte l'accès (2) ($a_2=0$) :

$$1) S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \frac{(V_1 - Z_0 I_1) / 2\sqrt{Z_0}}{(V_1 + Z_0 I_1) / 2\sqrt{Z_0}} = \frac{(V_1 / I_1) - Z_0}{(V_1 / I_1) + Z_0} = \frac{Z_E - Z_0}{Z_E + Z_0}$$

$$2) S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} = \frac{(V_2 - Z_0 I_2) / 2\sqrt{Z_0}}{(V_1 + Z_0 I_1) / 2\sqrt{Z_0}} = \frac{V_2 + V_2}{V_1 + Z_0 (V_1 / Z_E)}$$

$$\blacksquare S_{21} = \frac{2V_2}{V_1(1 + (Z_0/Z_E))} \quad \text{car : } V_2 = -Z_0 I_2 \text{ et } I_1 = V_1 / Z_E$$

$$\text{on a : } V_2 = R_S(I_2 - \beta I_b) = R_S(I_2 - \beta I_1) = R_S(I_2 - \beta(V_1/Z_E))$$

$$V_2 = R_S((-V_2/Z_0) - \beta(V_1/Z_E)), \quad \blacksquare \text{on trouve : } V_2 = \frac{-\beta(R_S/Z_E)}{(1 + R_S/Z_0)} V_1$$

$$S_{21} = \frac{-2\beta(R_S/Z_E)}{(1 + Z_0/Z_E)(1 + R_S/Z_0)}$$

On adapte l'accès (1) ($a_1=0$) :

$$3) S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} = \frac{(V_1 - Z_0 I_1) / 2\sqrt{Z_0}}{(V_2 + Z_0 I_2) / 2\sqrt{Z_0}} \quad \text{comme : } V_1 = 0 \text{ et } I_1 = 0 \Rightarrow S_{12} = 0$$

$$4) S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} = \frac{(V_2 - Z_0 I_2) / 2\sqrt{Z_0}}{(V_2 + Z_0 I_2) / 2\sqrt{Z_0}} = \frac{(V_2 / I_2) - Z_0}{(V_2 / I_2) + Z_0} = \frac{R_S - Z_0}{R_S + Z_0}$$

Finalement :

$$S = \begin{pmatrix} \frac{Z_E - Z_0}{Z_E + Z_0} & 0 \\ \frac{-2\beta(R_S/Z_E)}{(1 + Z_0/Z_E)(1 + R_S/Z_0)} & \frac{R_S - Z_0}{R_S + Z_0} \end{pmatrix}$$

Exercice 2 (4pts)

1)

Le quadripôle est réciproque car : $S_{12} = S_{21} = 0.97 \angle -30.77^\circ$

Le quadripôle est sans pertes si : $[S^T]^* [S] = [I] = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

$$[S^T]^* [S] = \begin{pmatrix} 0.25 \angle 94^\circ & 0.97 \angle 30.77^\circ \\ 0.97 \angle 30.77^\circ & 0.25 \angle 147^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.25 \angle -94^\circ & 0.97 \angle -30.77^\circ \\ 0.97 \angle -30.77^\circ & 0.25 \angle -147^\circ \end{pmatrix}$$

$$\text{On trouve : } [S^T]^* [S] = \begin{pmatrix} 1 \angle 0^\circ & 0 \angle 0^\circ \\ 0 \angle 0^\circ & 1 \angle 0^\circ \end{pmatrix}$$

Donc ce quadripôle est sans pertes.

2)

$$S'_{21} = S_{21} e^{-j(2\beta l)}$$

$$\frac{S'_{21}}{S_{21}} = \frac{0.97 \angle -50.77^\circ}{0.97 \angle -30.77^\circ} = e^{-j(2\beta l)} \Rightarrow -20^\circ \frac{\pi}{180^\circ} = -2 \frac{2\pi}{\lambda} l \Rightarrow l = \frac{\lambda}{36}$$

Exercice 3 (6pts)

1)

$$\Delta = S_{11} \cdot S_{22} - S_{21} \cdot S_{12} = 0.466 \angle -86.26^\circ$$

$$K = \frac{1 + |\Delta|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2|S_{21}S_{12}|} = \frac{1 + |0.466|^2 - |0.25|^2 - |0.25|^2}{2|0.97 \cdot 0.97|} = -0.193$$

$K < 1$: le quadripôle est conditionnellement stable

2)

La stabilité de l'entrée : $|\Gamma_1| < 1$

La stabilité de la sortie : $|\Gamma_2| < 1$

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0$$

$$\Gamma_S = \frac{Z_S - Z_0}{Z_S + Z_0} = \frac{100 - 50}{100 + 50} = 0.33$$

$$\left\{ \begin{array}{l} |\Gamma_1| = \left| \frac{S_{11} - \Delta \Gamma_L}{1 - S_{22} \Gamma_L} \right| = |S_{11}| = 0.85 \\ |\Gamma_2| = \left| \frac{S_{22} - \Delta \Gamma_S}{1 - S_{11} \Gamma_S} \right| = \left| \frac{(0.75 \angle -60^\circ) - (0.466 \angle -86.26^\circ)(0.33)}{1 - (0.85 \angle -30^\circ)(0.33)} \right| = 0.79 \end{array} \right.$$

Comme : $|\Gamma_1| < 1$ et $|\Gamma_2| < 1$, le quadripôle est stable avec 100Ω à l'entrée et 50Ω à la sortie à 900MHz .

Exercice 4 (8pts)

1) On cherche à réaliser l'adaptation entre l'entrée du transistor et la source, simultanément avec l'adaptation entre la sortie de transistor et la charge. Sachant que Γ_1 dépend de Γ_L en même temps que Γ_2 dépend de Γ_S .

$$\Gamma_1 = \Gamma_S^* \quad \text{et} \quad \Gamma_2 = \Gamma_L^*$$

2) $K > 1$ et $|\Delta| = 0.38 \angle 134^\circ \Rightarrow |\Delta| < 1 \Rightarrow G_{T \max} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} (K - \sqrt{K^2 - 1}) = 11.16 = 10.45 \text{dB}$

3)

$$F = F_{\min} + 4r_n \frac{|\Gamma_{SM} - \Gamma_{opt}|^2}{(1 - |\Gamma_{SM}|^2) |1 + \Gamma_{opt}|^2}$$

$$F = 10^{0.22} + 4 \left(\frac{6.64}{50} \right) \cdot \frac{|0.8 \angle 161^\circ - 0.575 \angle 138^\circ|^2}{(1 - (0.8)^2) \cdot |1 + 0.575 \angle 138^\circ|^2} = 1.92$$

4) Il faut agir sur le bruit thermique produit en interne par le transistor.

5)

$$Z_S = Z_{opt} = Z_0 \frac{1 + \Gamma_{opt}}{1 - \Gamma_{opt}} = (15.3 + j17.6) - \Omega$$

$$\Gamma_L = \Gamma_2^* = \left(\frac{S_{22} - \Delta \Gamma_{opt}}{1 - S_{11} \Gamma_{opt}} \right)^* = \left(\frac{(0.6 \angle -92.6^\circ) - (0.38 \angle 134^\circ)(0.575 \angle 138^\circ)}{1 - (0.674 \angle -30^\circ)(0.575 \angle 138^\circ)} \right)^* = 0.6 \angle 103.9^\circ$$

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + \Gamma_L}{1 - \Gamma_L} = (19 + j35) \Omega$$

6) L'entrée du transistor n'est pas adaptée dans ce cas, mais optimisée pour minimiser le facteur de bruit.

7)

$$G_T = \frac{1 - |\Gamma_{opt}|^2}{|1 - \Gamma_1 \Gamma_{opt}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22} \Gamma_L|^2}$$

$$\Gamma_1 = \left(\frac{S_{11} - \Delta \Gamma_L}{1 - S_{22} \Gamma_L} \right) = \left(\frac{(0.674 \angle -30^\circ) - (0.38 \angle 134^\circ)(0.6 \angle 103.9^\circ)}{1 - (0.6 \angle -92.6^\circ)(0.6 \angle 103.9^\circ)} \right) = 0.75 \angle -159^\circ$$

$$G_T = \frac{1 - |0.575|^2}{|1 - (0.75 \angle -159^\circ)(0.575 \angle 138^\circ)|^2} |1.74|^2 \frac{1 - |0.6|^2}{|1 - (0.6 \angle -92.6^\circ)(0.6 \angle 103.9^\circ)|^2}$$

$$G_T = 2.3 = 3.62 \text{dB}$$