

5. จงใช้พารามิเตอร์ μ เพื่อทดสอบเสถียรภาพของทรานซิสเตอร์ในตาราง แล้วพิจารณาว่าทรานซิสเตอร์ใดมีค่าเสถียรภาพมากที่สุด

ทรานซิสเตอร์	S_{11}	S_{12}	S_{21}	S_{22}
ก	$0.34 \angle -170^\circ$	$0.06 \angle 70^\circ$	$4.3 \angle 80^\circ$	$0.45 \angle -25^\circ$
ข	$0.75 \angle -60^\circ$	$0.2 \angle 70^\circ$	$5.0 \angle 90^\circ$	$0.51 \angle 60^\circ$
ค	$0.65 \angle -140^\circ$	$0.04 \angle 60^\circ$	$2.4 \angle 50^\circ$	$0.70 \angle -65^\circ$

นายโสมณ สุสุมบ่อ
620107631188 Sec.1

Solution

Formula :

(μ -parameter)

$$\mu = \frac{1 - |S_{11}|^2}{|S_{22} - \Delta S_{11}^*| + |S_{12} S_{21}|} > 1 \quad (7.36)$$

Transistor ที่มี μ -parameter สูง จะเสถียรกว่า Stable สูงขึ้น.

Case 1 Transistor ก.

Parameters : $S_{11} = 0.34 \angle -170^\circ$, $S_{12} = 0.06 \angle 70^\circ$, $S_{21} = 4.3 \angle 80^\circ$, $S_{22} = 0.45 \angle -25^\circ$

Find Δ ;

$$\begin{aligned} \Delta &= S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21} = (0.34 \angle -170^\circ)(0.45 \angle -25^\circ) - (0.06 \angle 70^\circ)(4.3 \angle 80^\circ) \\ &= 0.117 \angle -49.76^\circ \end{aligned}$$

Find $|S_{22} - \Delta S_{11}^*|$;

$$\begin{aligned} |S_{22} - \Delta S_{11}^*| &= |0.45 \angle -25^\circ - (0.117 \angle -49.76^\circ)(0.34 \angle 170^\circ)| \\ &= |0.483 \angle -27.69^\circ| \end{aligned}$$

$$\therefore |S_{22} - \Delta S_{11}^*| = 0.483$$

Find $|S_{12} S_{21}|$

$$|S_{12} S_{21}| = |(0.06 \angle 70^\circ)(4.3 \angle 80^\circ)| = |0.258 \angle 150^\circ| = 0.258$$

$$\text{then , } \mu = \frac{1 - 0.34^2}{0.483 + 0.258} = 1.1935 > 1$$

ดังนั้น Transistor เสถียรแบบไม่เสื่อม. ✖

Case 2 Transistor ๗

Parameters : $S_{11} = 0.75 \angle -60^\circ$, $S_{12} = 0.2 \angle 70^\circ$, $S_{21} = 5.0 \angle 90^\circ$, $S_{22} = 0.51 \angle 60^\circ$

Formula :

(μ -parameter)

$$\mu = \frac{1 - |S_{11}|^2}{|S_{22} - \Delta S_{11}^*| + |S_{12} S_{21}|} > 1 \quad (7.36)$$

Find Δ ;

$$\Delta = S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21} = (0.75 \angle -60^\circ)(0.51 \angle 60^\circ) - (5.0 \angle 90^\circ)(0.2 \angle 70^\circ)$$

$$\therefore \Delta = 2.667 \angle -27.93^\circ$$

Find $|S_{22} - \Delta S_{11}^*|$

$$\begin{aligned} |S_{22} - \Delta S_{11}^*| &= |(0.51 \angle 60^\circ) - (2.667 \angle -27.93^\circ)(0.75 \angle 60^\circ)| \\ &= |1.568 \angle -156.69^\circ| \end{aligned}$$

$$\therefore |S_{22} - \Delta S_{11}^*| = 1.568$$

Find $|S_{12} S_{21}|$

$$|S_{12} S_{21}| = |(0.2 \angle 70^\circ)(5.0 \angle 90^\circ)| = |1 \angle 160^\circ| = 1$$

$$\text{then, } \mu = \frac{1 - 0.75^2}{1.568 + 1} = 0.17 < 1$$

ดังนั้น Transistor มีความเสถียรแบบไม่เงื่อนไข.

Case 3 Transistor n

Parameters : $S_{11} = 0.65 \angle -140^\circ$, $S_{12} = 0.04 \angle 60^\circ$, $S_{21} = 2.4 \angle 50^\circ$, $S_{22} = 0.7 \angle -65^\circ$

Formula :

(μ -parameter)

$$\mu = \frac{1 - |S_{11}|^2}{|S_{22} - \Delta S_{11}^*| + |S_{12} S_{21}|} > 1 \quad (7.36)$$

Find Δ

$$\Delta = S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21} = (0.65 \angle -140^\circ)(0.7 \angle -65^\circ) - (0.04 \angle 60^\circ)(2.4 \angle 50^\circ) = 0.393 \angle 164.945^\circ$$

Find $|S_{22} - \Delta S_{11}^*|$

$$|S_{22} - \Delta S_{11}^*| = |(0.7 \angle -65^\circ) - (0.393 \angle 164.945^\circ)(0.65 \angle -140^\circ)| = |0.7449 \angle -85.05^\circ| = 0.7449$$

Find $|S_{12} S_{21}|$

$$|S_{12} S_{21}| = |(0.04 \angle 60^\circ)(2.4 \angle 50^\circ)| = |0.096 \angle 110^\circ| = 0.096$$

then,
$$\mu = \frac{1 - 0.65^2}{0.7449 + 0.096} = 0.6867 < 1$$

ดังนั้น Transistor มีค่าความเสถียรแบบไม่แน่นอน

จาก Transistor ที่คำนวณพบว่า Transistor n มีความเสถียรมากที่สุด

ดังนั้นเรียงลำดับ Transistor n > Transistor A > Transistor r.

8. จงออกแบบวงจรขยายที่มีอัตราขยายสูงสุด G_{TU} โดยใช้ทรานซิสเตอร์ GaAs FET ณ ความถี่ 1.8 GHz ที่มีค่าพารามิเตอร์เอสดังนี้ ($Z_0=50 \Omega$): $S_{11} = 0.61 \angle -170^\circ$, $S_{21} = 2.24 \angle 32^\circ$, $S_{12} = 0$, $S_{22} = 0.72 \angle -83^\circ$

$$|\Delta| = |S_{11}S_{22} - S_{21}S_{12}| = |(0.61 \angle -170^\circ)(0.72 \angle -83^\circ) - (2.24 \angle 32^\circ)(0)| = |0.4392 \angle 107^\circ|$$

$$\therefore |\Delta| = 0.4392$$

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} = \infty$$

Formula:

$$\Gamma_S = \frac{B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2C_1}$$

$$\Gamma_L = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2}$$

$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2$$

$$B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2$$

$$C_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^*$$

$$C_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^*$$

$$\begin{aligned} B_1 &= 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2 \\ &= 1 + 0.61^2 - 0.72^2 - 0.1929 \\ \therefore B_1 &= 0.6608 \end{aligned} \quad \left| \quad \begin{aligned} B_2 &= 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2 \\ &= 1 + 0.72^2 - 0.61^2 - 0.1929 \\ \therefore B_2 &= 0.9534 \end{aligned} \right.$$

$$C_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^* = (0.61 \angle -170^\circ) - (0.4392 \angle 107^\circ)(0.72 \angle 83^\circ)$$

$$\therefore C_1 = 0.2938 \angle -170^\circ$$

$$C_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^* = (0.72 \angle -83^\circ) - (0.4392 \angle 107^\circ)(0.61 \angle 170^\circ)$$

$$\therefore C_2 = 0.4521 \angle -83^\circ$$

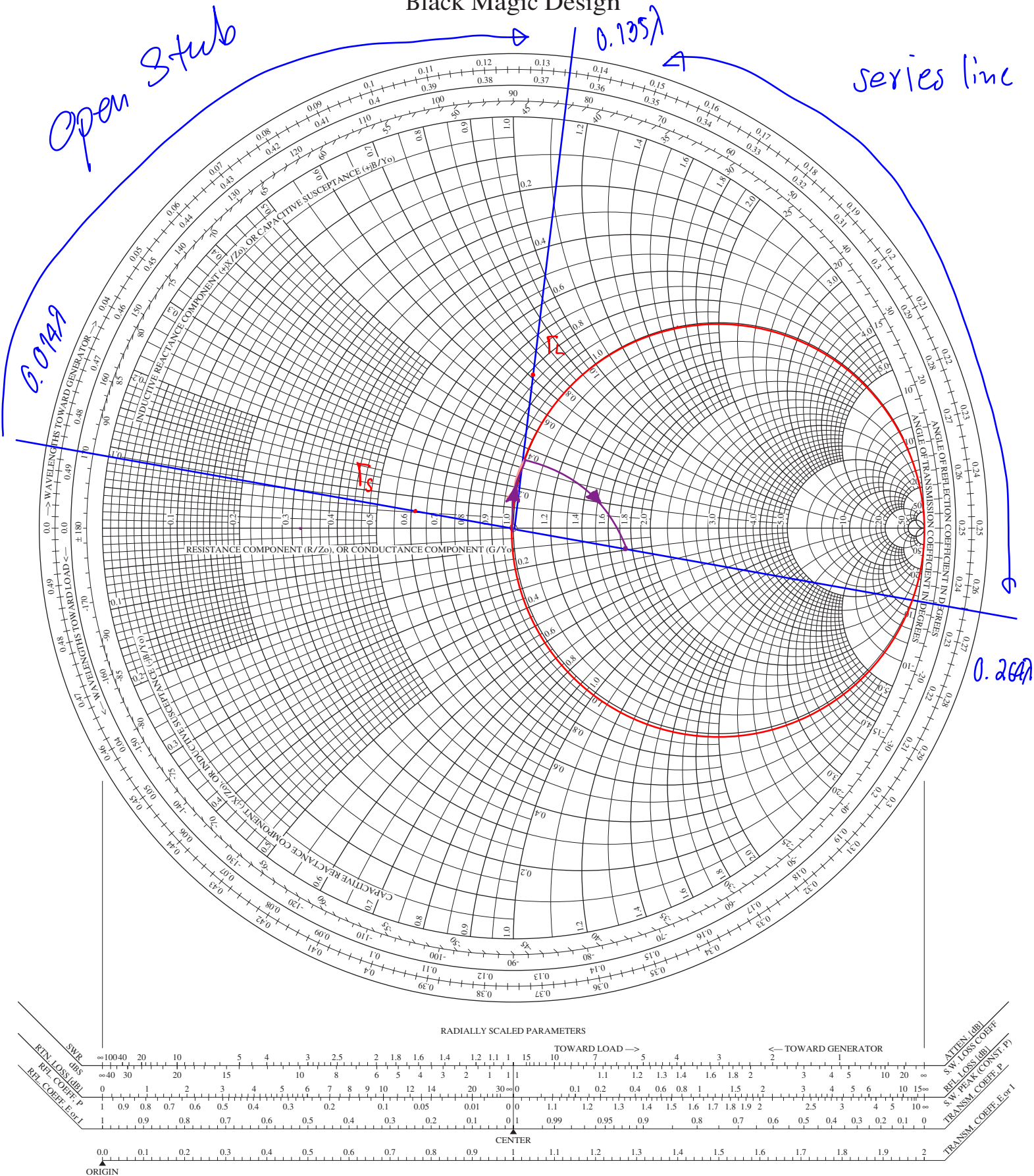
$$\text{Then, } \Gamma_S = \frac{B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2C_1} = \frac{0.6608 \pm \sqrt{0.6608^2 - 4(0.0863)}}{2(0.2938 \angle -170^\circ)} = 0.61 \angle 170^\circ$$

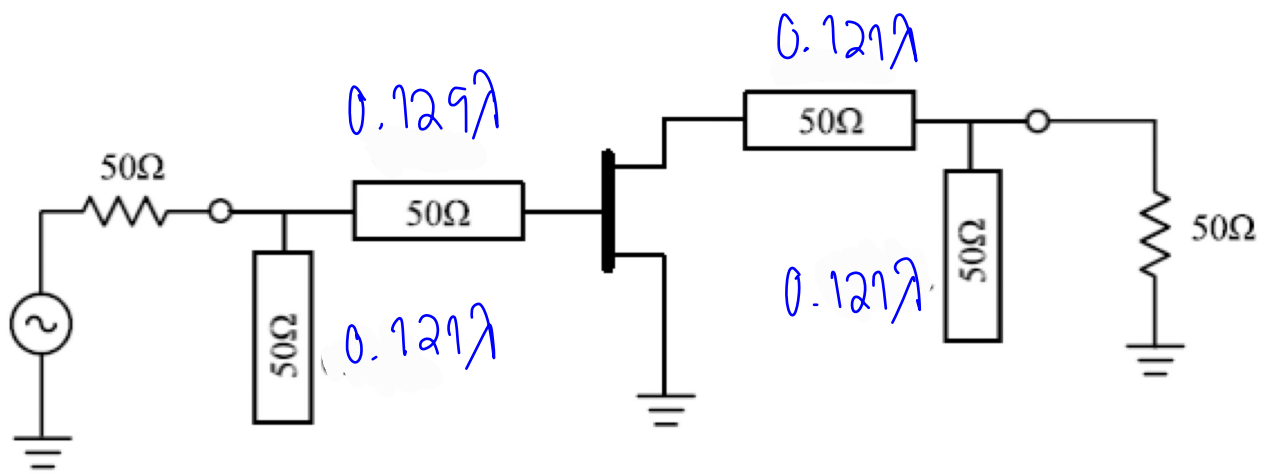
$$\Gamma_L = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2} = \frac{0.9534 \pm \sqrt{0.9534^2 - 4(0.2044)}}{2(0.4521 \angle -83^\circ)} = 0.72 \angle 83^\circ$$

$$G_S = \frac{1}{1 - |\Gamma_S|^2} = \frac{1}{1 - 0.61^2} = 1.59 = 2.01 \text{ dB}$$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design





12. จงออกแบบวงจรขยายเพื่อให้ได้อัตราขยาย 8 dB โดยใช้ทรานซิสเตอร์ HEMT FET ณ ความถี่ 10 GHz

ที่มีค่าพารามิเตอร์เอสดังนี้ ($Z_0 = 50 \Omega$): $S_{11} = 0.61 \angle -170^\circ$, $S_{21} = 2.24 \angle 32^\circ$, $S_{12} = 0.09 \angle 45^\circ$,

$$S_{22} = 0.72 \angle -83^\circ$$

$$G_{S_{\max}} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} = \frac{1}{1 - 0.61^2} = 1.59 = 2.01 \text{ dB}$$

$$G_{L_{\max}} = \frac{1}{1 - |S_{22}|^2} = \frac{1}{1 - 0.72^2} = 2.07 = 3.16 \text{ dB}$$

$$G_o = |S_{21}|^2 = 2.24^2 = 5.02 = 7 \text{ dB}$$

$$G_{TU_{\max}} = G_{S_{\max}} + G_o + G_{L_{\max}} = 2.01 + 3.16 + 7 = 12.17 \text{ dB}$$

$G_{TU_{\max}}$ สูงกว่าที่ต้นทางอยู่ $12.17 - 8 = 4.17 \text{ dB}$ จึงต้องลดอัตราขยายลง
ออกแบบให้วงจรแมตช์อัตราขยายเข้าค่าสูงสุด ถึงกรณีเลือกค่า G_S และ G_L ส่วนต่อไป

$$G_S = 1 \text{ dB} \quad ; \quad g_S = 0.792 \quad ; \quad C_S = 0.524 \angle 170^\circ \quad ; \quad R_S = 0.3104$$

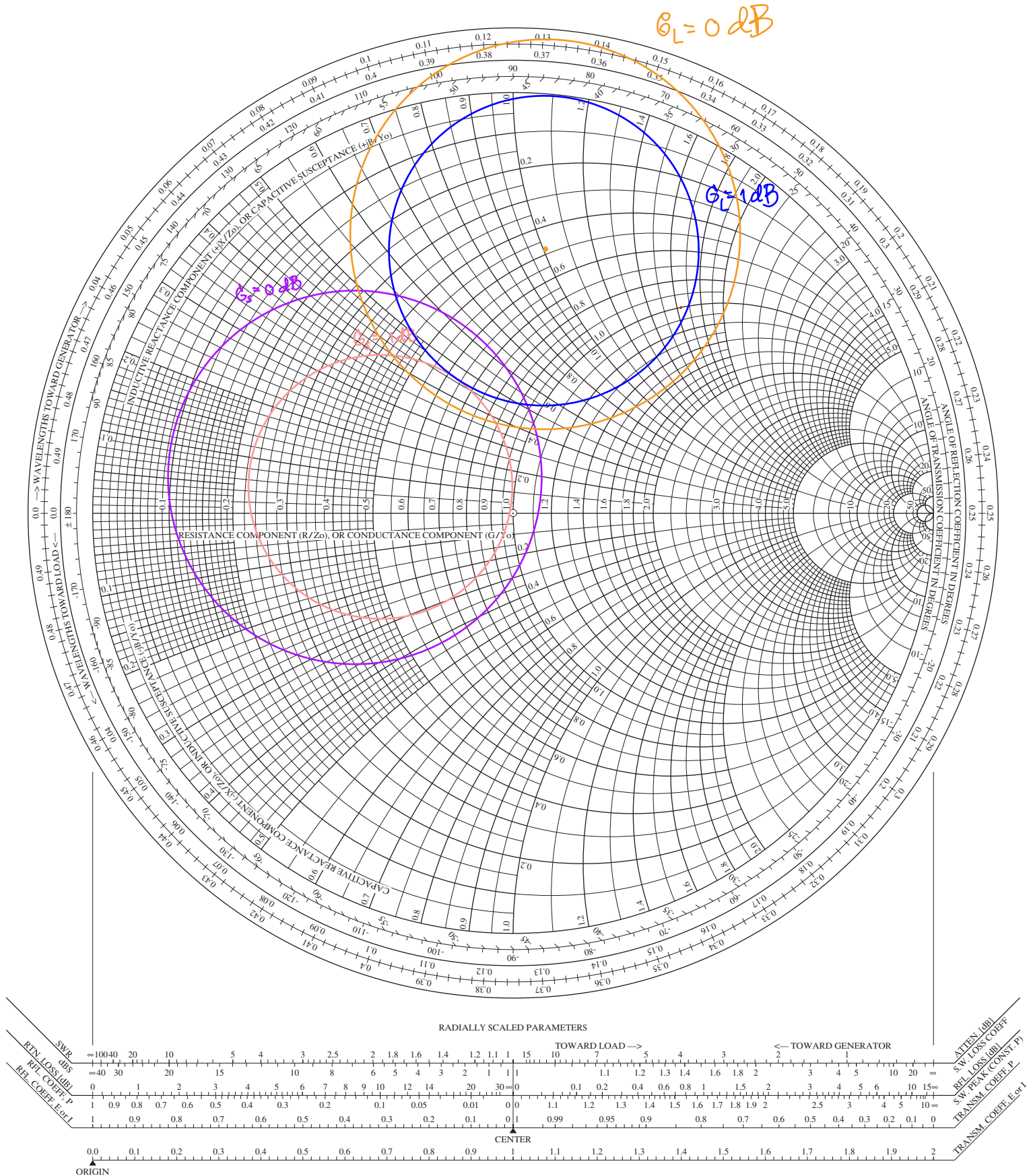
$$G_S = 0 \text{ dB} \quad ; \quad g_S = 0.629 \quad ; \quad C_S = 0.445 \angle 170^\circ \quad ; \quad R_S = 0.4497$$

$$G_L = 1 \text{ dB} \quad ; \quad g_L = 0.608 \quad ; \quad C_L = 0.549 \angle 83^\circ \quad ; \quad R_L = 0.3784$$

$$G_L = 0 \text{ dB} \quad ; \quad g_L = 0.483 \quad ; \quad C_L = 0.475 \angle 83^\circ \quad ; \quad R_L = 0.4731$$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



15. จงออกแบบวงจรขยายที่ความถี่ 6 GHz โดยใช้ทรานซิสเตอร์ GaAs FET ที่มีพารามิเตอร์เอส และพารามิเตอร์ของสัญญาณรบกวนดังนี้ ($Z_0 = 50 \Omega$): $S_{11} = 0.60 \angle -60^\circ$, $S_{21} = 2.0 \angle 81^\circ$, $S_{12} = 0$, $S_{22} = 0.70 \angle -60^\circ$, $F_{min} = 2.0 \text{ dB}$, $\Gamma_{opt} = 0.62 \angle 100^\circ$, $R_N = 20 \Omega$ โดยออกแบบให้สัญญาณรบกวนต่ำสุดและมีอัตราขยาย 6 dB และให้ใช้ตัวขนานแบบวงจรเปิดในวงจรการแมตช์ทั้งที่อินพุตและเอาต์พุต

$$G_{Smax} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} = \frac{1}{1 - 0.6^2} = 1.5625$$

$$1.0812 \angle 34.38^\circ$$

$$F = 2 \text{ dB} = 10 \log F$$

$$F = 1.585$$

Solution

at $f = 6 \text{ GHz} \rightarrow S\text{-parameter is}$

$$S_{11} = 0.6 \angle -60^\circ, S_{21} = 2.0 \angle 81^\circ, S_{12} = 0, S_{22} = 0.7 \angle -60^\circ$$

Find F

From

$$F = F_{min} + \frac{4R_N}{Z_0} \frac{|\Gamma_S - \Gamma_{opt}|^2}{(1 - |\Gamma_S|^2)(1 + |\Gamma_{opt}|^2)}$$

$$C_S = \frac{g_S S_{11}^*}{1 - (1 - g_S) |S_{11}|^2}$$

$$R_S = \frac{\sqrt{1 - g_S} (1 - |S_{11}|^2)}{1 - (1 - g_S) |S_{11}|^2}$$

then,

$$F = 1.585 + 4 \cdot \frac{20}{50} \cdot \frac{|0.6 \angle -60^\circ - 0.62 \angle 100^\circ|^2}{(1 - 0.6^2)(1 + 0.62^2)}$$

$$F = 1.9569 = 2.916 \text{ dB}$$

Find N

From

$$N = \frac{F - F_{min}}{4R_N/Z_0} \cdot |1 + \Gamma_{opt}|^2$$

$$= \frac{1.9569 - 1.585}{4 \cdot 20/50} \cdot |1 + 0.62 \angle 100^\circ|^2$$

$$= 0.2724$$

Find $C_F = \frac{\Gamma_{opt}}{N+1} = 0.487 \angle 100^\circ$

Find $R_F = \frac{\sqrt{N(N+1) - |\Gamma_{opt}|^2}}{N+1}$

$$= 0.3865$$

$$G_S = 3.981 \quad ; \quad g_S = 2.54784 \quad ; \quad C_S = 0.981 \angle 60^\circ \quad ; \quad R_S = 0.511$$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design

