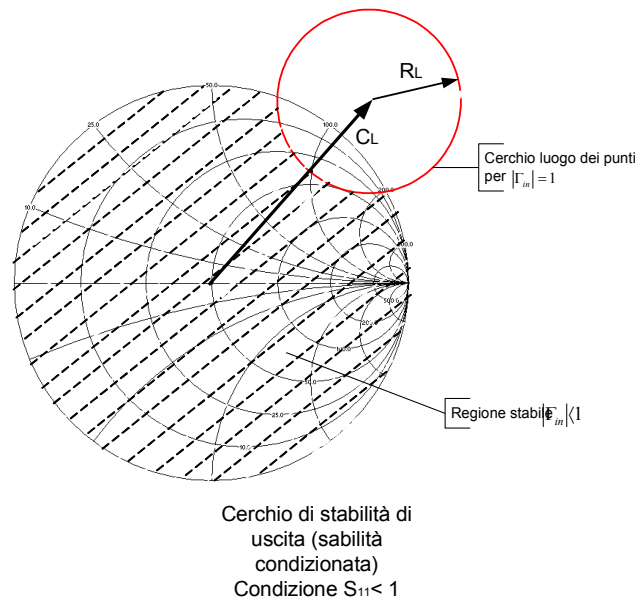


# Elettronica per le telecomunicazioni AA 2014 - 2015

## Il guadagno degli amplificatori a RF e MW Un metodo per migliorare la stabilità



Un amplificatore è **instabile** quando si verificano le seguenti condizioni :

$$|\Gamma_{in}| > 1 \quad |\Gamma_{in}| = \left| S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \right| > 1 \quad \Rightarrow \quad \text{Re}(Z_{in}) < 0$$

$$|\Gamma_{out}| > 1 \quad |\Gamma_{out}| = \left| S_{22} + \frac{S_{21}S_{12}\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S} \right| > 1 \quad \Rightarrow \quad \text{Re}(Z_{out}) < 0$$

Per evitare che

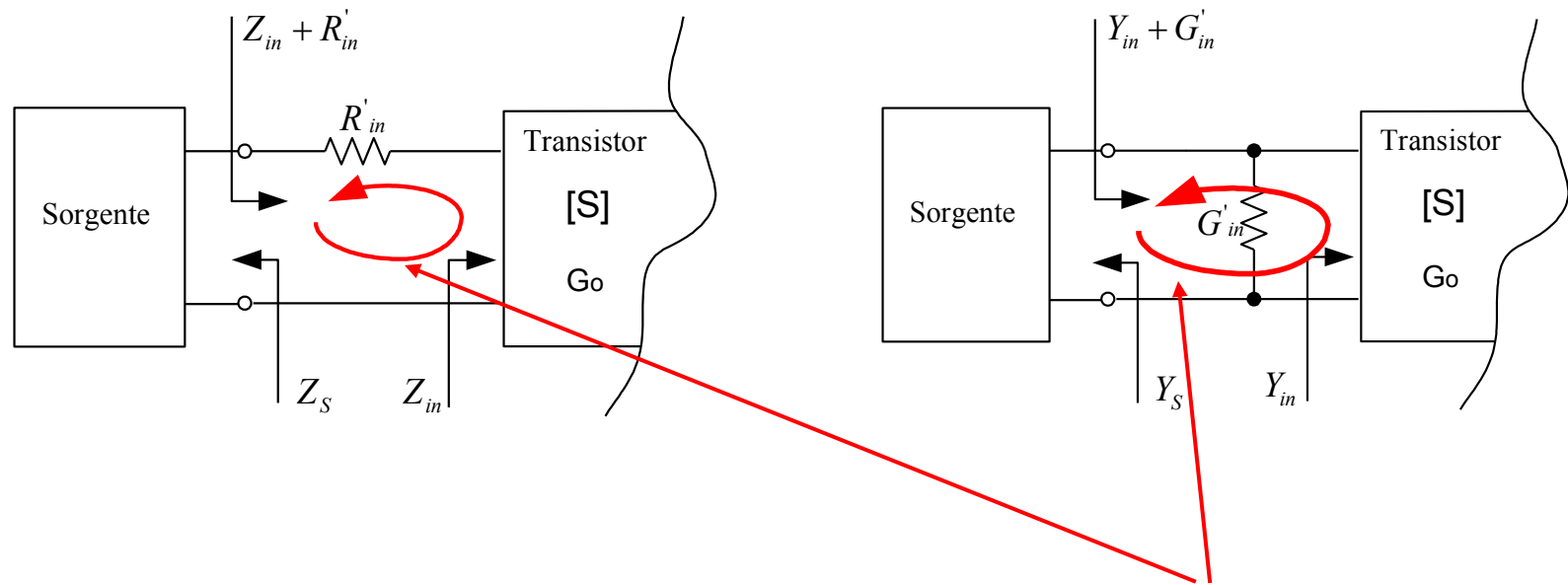
$$\text{Re}(Z_{in}) < 0$$

$$\text{Re}(Z_{out}) < 0$$

è sufficiente aggiungere una resistenza in serie a  $Z_{in}$  o a  $Z_{out}$ , oppure una conduttanza in parallelo.

# La resistenza in serie o la conduttanza in parallelo

L'aggiunta di un carico resistivo,  $R'_{in}$  oppure  $G'_{in}$  in connessione con  $\text{Re}(Z_S)$  compenserà il contributo alla resistenza negativa fornito da  $\text{Re}(Z_{in})$ .



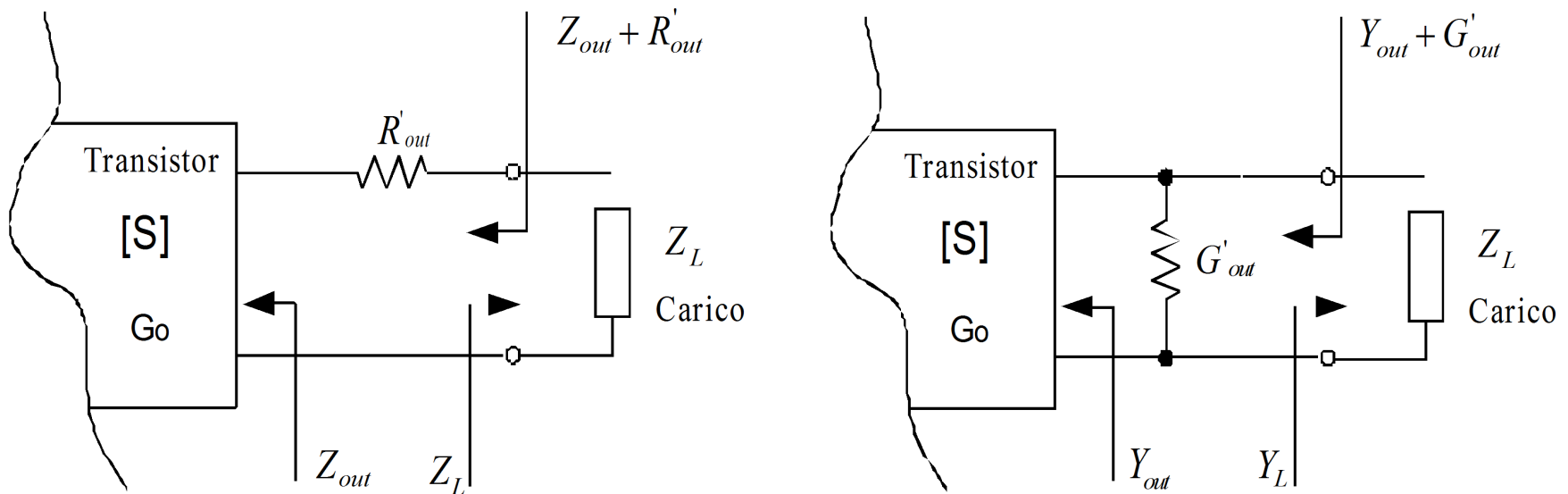
Con l'aggiunta di una resistenza o di una conduttanza nel circuito di **ingresso** si arriva alla condizione

$$\text{Re}(Z_{in} + R'_{in} + Z_S) > 0 \quad \text{oppure}$$

$$\text{Re}(Y_{in} + G'_{in} + Y_S) > 0$$

# La resistenza in serie o la conduttanza in parallelo

Per il circuito di uscita si applica lo stesso principio.



Anche in questo caso la condizione da raggiungere  
è che la somma delle parti reali delle impedenze presenti  
nel circuito (loop) di uscita sia maggiore di zero

# La resistenza in serie o la conduttanza in parallelo

La stabilizzazione a mezzo di resistenze inserite nei circuiti di ingresso o di uscita ha un prezzo:

- Viene influenzato l'adattamento di impedenza,
- Le resistenze assorbono potenza, l'amplificazione diminuisce,
- Le resistenze all'ingresso introducono rumore.

**In genere non è necessario stabilizzare sia il circuito di ingresso che quello di uscita, ma è sufficiente stabilizzare uno dei due.**

### *Esempio*

I parametri S, misurati in un sistema a 50 Ohm, di un transistor a 800 MHz sono,

$$S_{11} = 0,65 \angle -95^\circ \quad S_{12} = 0,035 \angle 40^\circ \quad S_{21} = 5 \angle 115^\circ \quad S_{22} = 0,8 \angle -35^\circ$$

Determinare le condizioni di stabilità e indicare come si possono migliorare le condizioni di stabilità del transistor.

### *Soluzione*

Per prima cosa si calcolano  $\Delta$  e  $k$ .

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

$$\Delta = 0,65 \angle -95^\circ \bullet 0,8 \angle -35^\circ - 0,035 \angle 40^\circ \bullet 5 \angle 115^\circ$$

$$\Delta = 0,5039 \angle -110,395^\circ$$

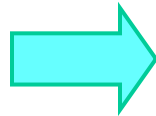
$|\Delta| = 0,5039$

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

$$k = \frac{1 - 0,65^2 - 0,8^2 + 0,5039^2}{2|0,035 \angle 40^\circ \bullet 5 \angle 115^\circ|}$$

$$k = 0,5469$$

$$\left. \begin{array}{l} k < 1 \\ |\Delta| < 1 \end{array} \right\}$$



il transistor è **potenzialmente instabile**

Si definiscono i cerchi di stabilità di ingresso e di uscita calcolando il centro ed il raggio.

Si calcolano il centro ed il raggio del cerchio di stabilità di ingresso

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

$$C_S = \frac{(0,65 \angle -95^\circ - 0,5039 \angle -110,335^\circ \bullet 0,8 \angle 35^\circ)^*}{0,65^2 - 0,5039^2}$$

$$C_S = 1,7944 \angle 121,66^\circ$$

$$R_S = \left| \frac{S_{12}S_{21}}{|S_{11}|^2 - |\Delta|^2} \right| \qquad R_S = \left| \frac{0,035 \angle 40^\circ \bullet 5 \angle 115^\circ}{0,1686} \right|$$

$$|R_S| = 1,038$$

Si traccia il cerchio di stabilità di ingresso sulla carta di Smith (normalizzata a 50 Ohm), che in questo caso rappresenta il piano complesso  $\Gamma_S$ .

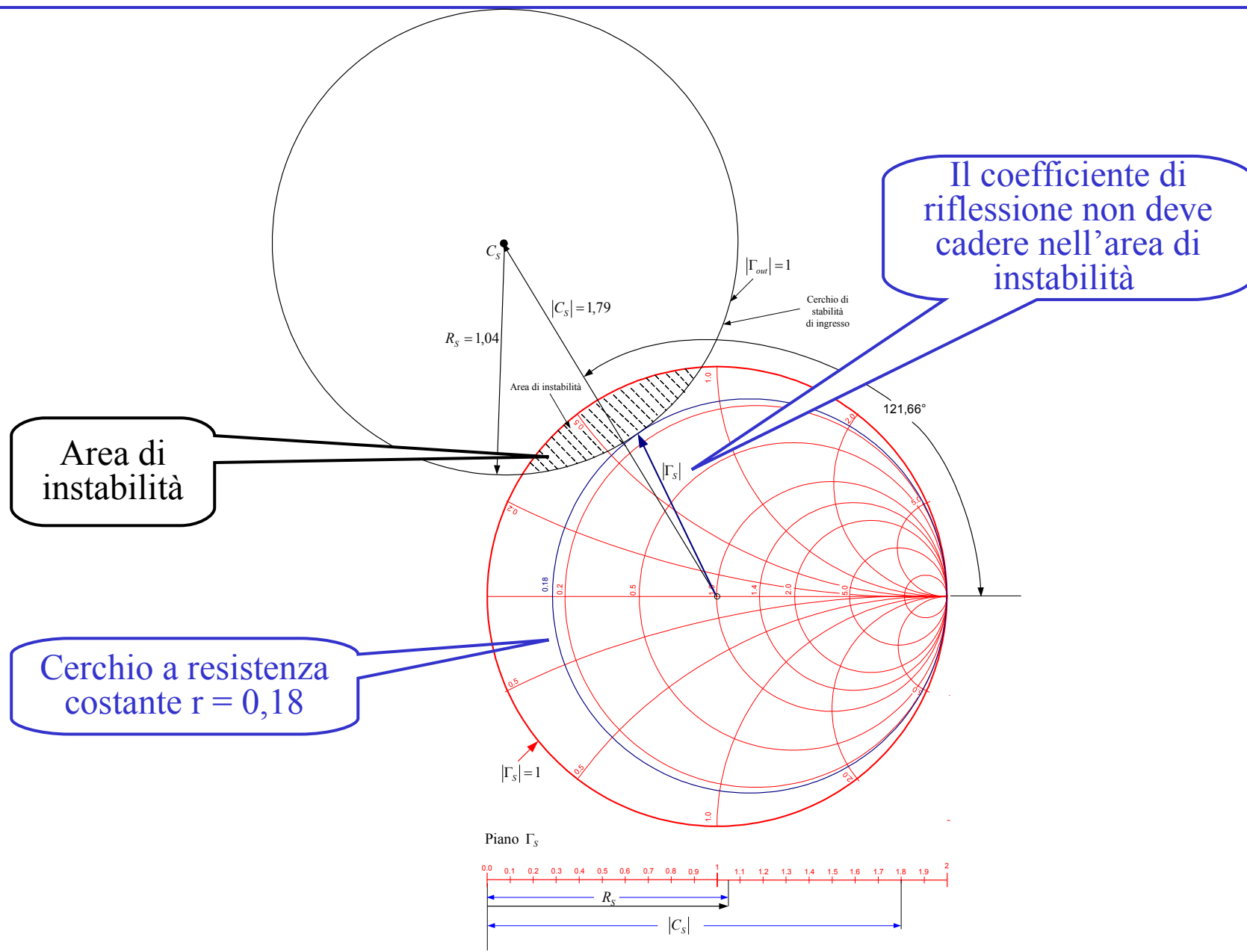
L'area di instabilità è determinata dall'intersezione del cerchio di ingresso con la carta di Smith.

Per soddisfare la condizione

$$\operatorname{Re}(Z_{in} + Z_S) > 0$$

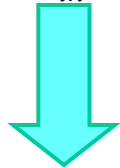
si vede che il coefficiente di riflessione della sorgente,  $\Gamma_S$ , non deve mai cadere nell'area di instabilità.



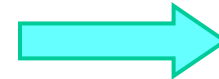


Per garantire questa condizione è sufficiente inserire nel circuito di ingresso una resistenza del valore normalizzato di  $r = 0,18$ , in quanto il cerchio a resistenza costante  $r = 0,18$  è tangente al cerchio di stabilità di ingresso.

$$\operatorname{Re}(Z_{in} + R'_{in} + Z_S) > 0$$



$$R'_{in} = 50r = 50 \bullet 0,18 = 9 \text{ Ohm}$$



$$R'_{in} = 9 \text{ Ohm}$$

In queste condizioni i valori reali negativi che la parte reale di  $Z_{in}$ ,  $\operatorname{Re}(Z_{in})$ , presenta, saranno neutralizzati dalla  $R'_{in} = 9 \text{ Ohm}$ . Che sarà il valore minimo di resistenza serie per garantire la stabilità.

Si può anche inserire una conduttanza in parallelo, in questo caso si deve usare la carta di Smith delle ammettenze.

Si traccia il cerchio di stabilità di uscita e si individua il valore della resistenza serie con lo stesso criterio.