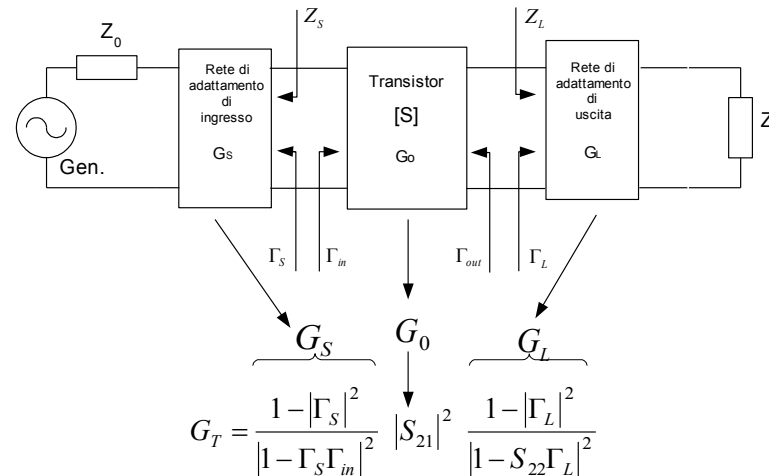


# Elettronica per le telecomunicazioni

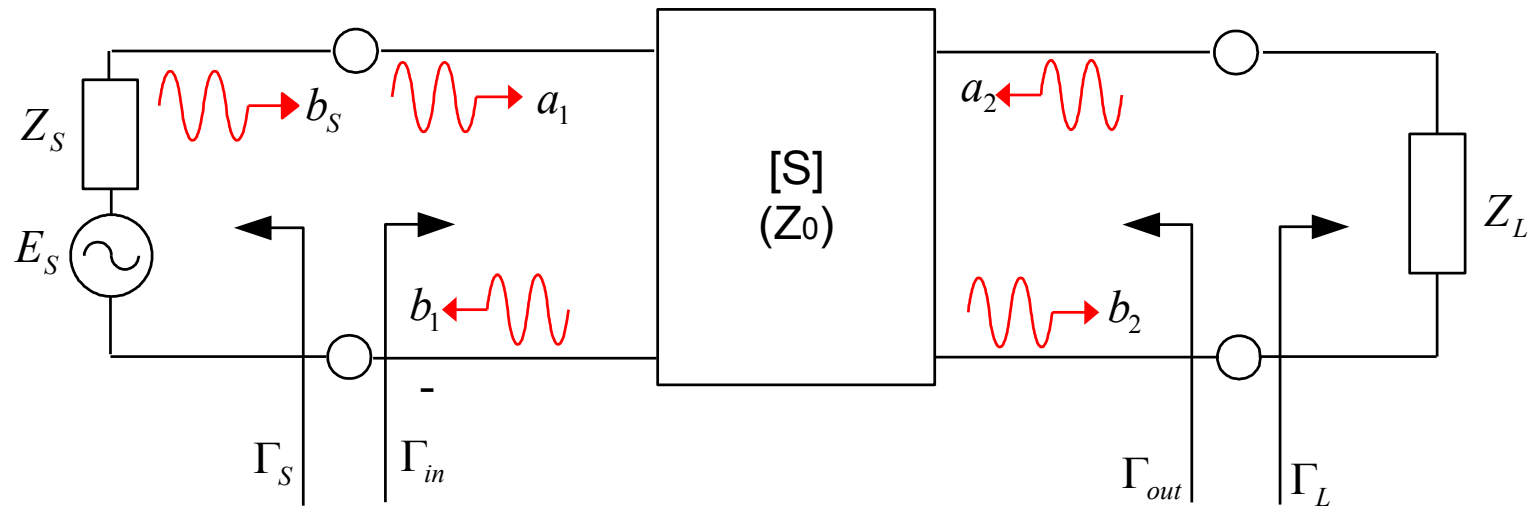
## AA 2014 - 2015

### Il guadagno degli amplificatori Riepilogo



# Amplificatore per piccoli segnali

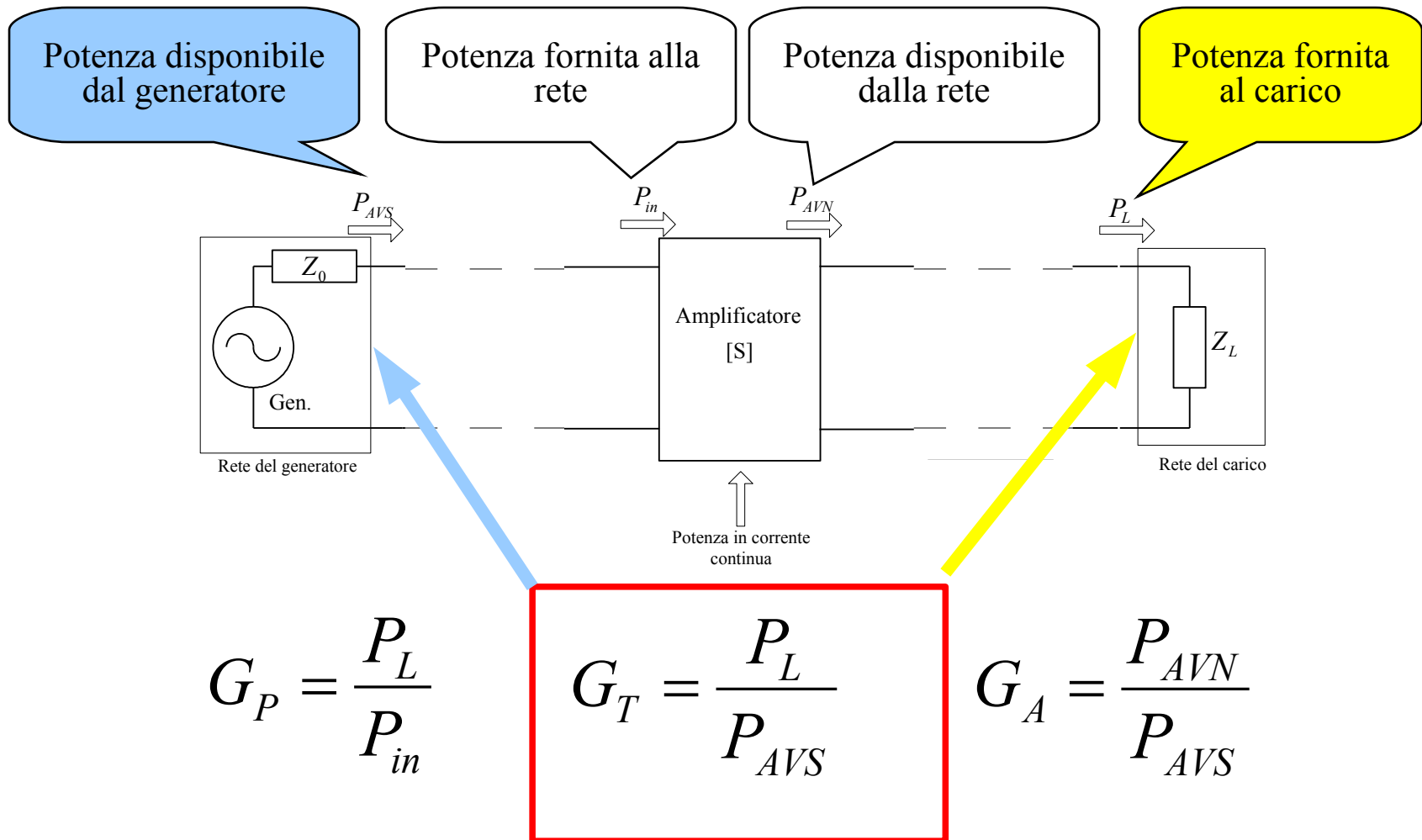
La caratteristica fondamentale di un amplificatore è il **guadagno**.  
Per derivare le espressioni del guadagno l'amplificatore viene connesso in un circuito come quello di figura



$$\Gamma_S = \frac{Z_S - Z_0}{Z_S + Z_0}$$

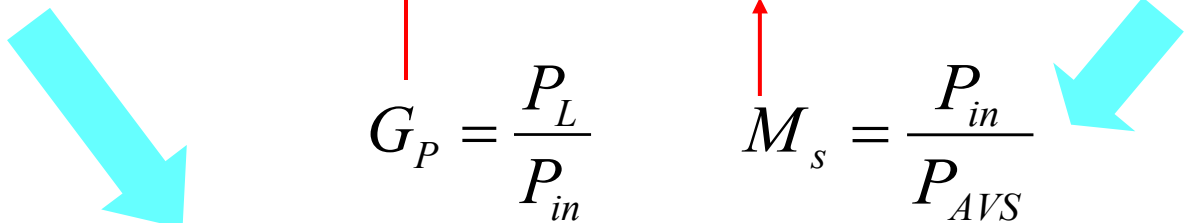
$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

# Le definizioni del guadagno



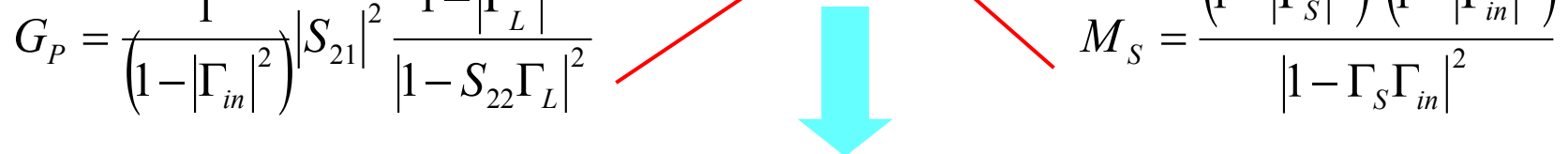
# Il guadagno di trasduzione

$$G_T = \frac{P_L}{P_{AVS}} = \frac{P_L}{P_{in}} \frac{P_{in}}{P_{AVS}} = G_P \frac{P_{in}}{P_{AVS}} \quad P_{in} = P_{AVS} M_S$$

$$G_P = \frac{P_L}{P_{in}} \quad M_S = \frac{P_{in}}{P_{AVS}}$$


$$G_T = G_P M_S$$

$$G_P = \left( \frac{1}{1 - |\Gamma_{in}|^2} \right) |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2}$$

$$M_S = \frac{(1 - |\Gamma_S|^2)(1 - |\Gamma_{in}|^2)}{|1 - \Gamma_S\Gamma_{in}|^2}$$


$$G_T = \frac{(1 - |\Gamma_S|^2)(1 - |\Gamma_{in}|^2)}{|1 - \Gamma_S\Gamma_{in}|^2} \left( \frac{1}{1 - |\Gamma_{in}|^2} \right) |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2}$$

# Il guadagno di trasduzione

L'espressione generica del guadagno di trasduzione può essere riscritta in vari modi:

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

$$G_T = \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - \Gamma_S S_{11}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - \Gamma_{out} \Gamma_L|^2}$$

oppure

$$G_T = \frac{(1 - |\Gamma_S|^2) |S_{21}|^2 (1 - |\Gamma_L|^2)}{|(1 - S_{22} \Gamma_L)(1 - S_{11} \Gamma_S) - S_{12} S_{21} \Gamma_L \Gamma_S|^2}$$

L'equazione esprime il guadagno in funzione **di tutti e quattro** i parametri S.

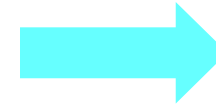
# Il guadagno di trasduzione unilaterale

## Guadagno di trasduzione unilaterale

Condizione di unilateralità



$$S_{12} = 0$$



$$\Gamma_{in} = S_{11}$$

$$\Gamma_{out} = S_{22}$$

$$G_{TU} = \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - \underbrace{S_{11}\Gamma_S}_{\text{red dashed circle}}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2}$$

## Guadagno di trasduzione unilaterale massimo

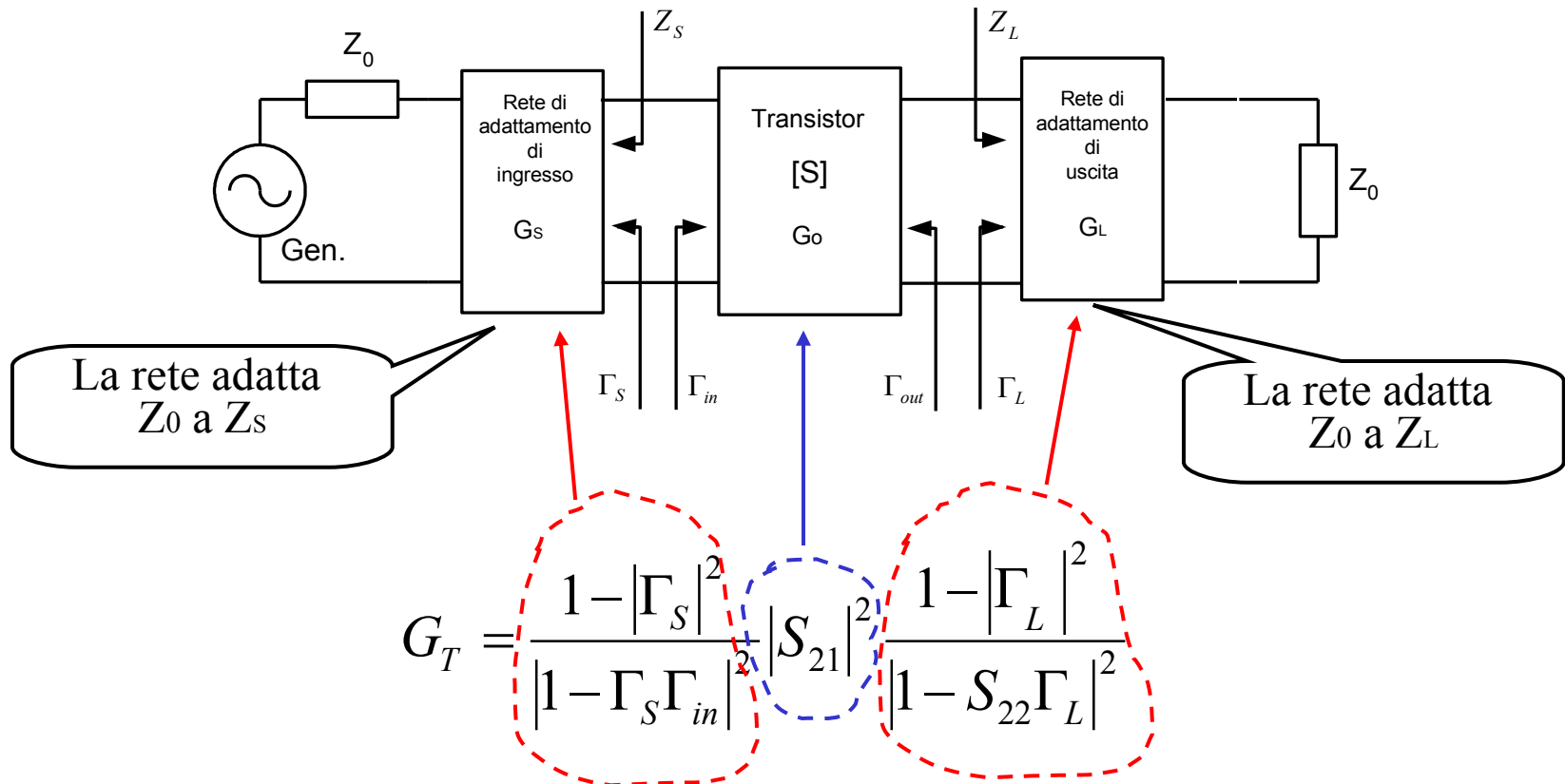
$$\Gamma_S = S_{11}^*$$

$$\Gamma_L = S_{22}^*$$

$$G_{TU} = \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2} \quad \rightarrow \quad G_{TU\_max} = \frac{1 - |S_{11}^*|^2}{|1 - S_{11}S_{11}^*|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |S_{22}^*|^2}{|1 - S_{22}S_{22}^*|^2}$$

$$G_{TU\_max} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1}{1 - |S_{22}|^2}$$

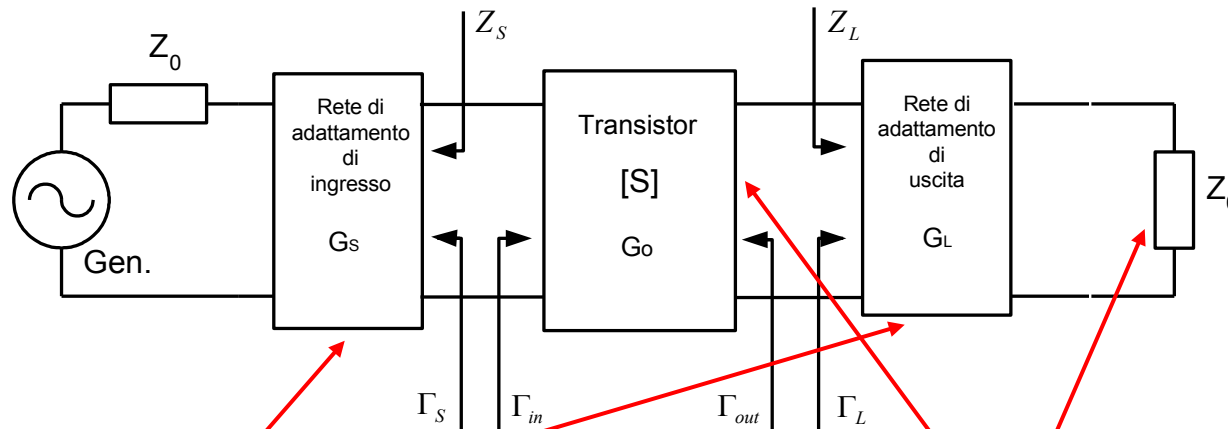
Uno stadio amplificatore può essere rappresentato da uno schema a blocchi come questo



Partendo dalla espressione del guadagno di trasduzione (il più usato) si possono definire i guadagni delle reti di adattamento, viste come composte da 3 blocchi.

# Il guadagno delle reti di adattamento

L'amplificatore può essere quindi rappresentato da **tre differenti blocchi** ciascuno dei quali può rappresentare un guadagno oppure una perdita.



I termini  $G_S$  e  $G_L$  rappresentano il guadagno o la perdita provocate dalle reti di adattamento.

Esiste un disadattamento intrinseco fra  $Z_0$  e  $S_{ii}$ .

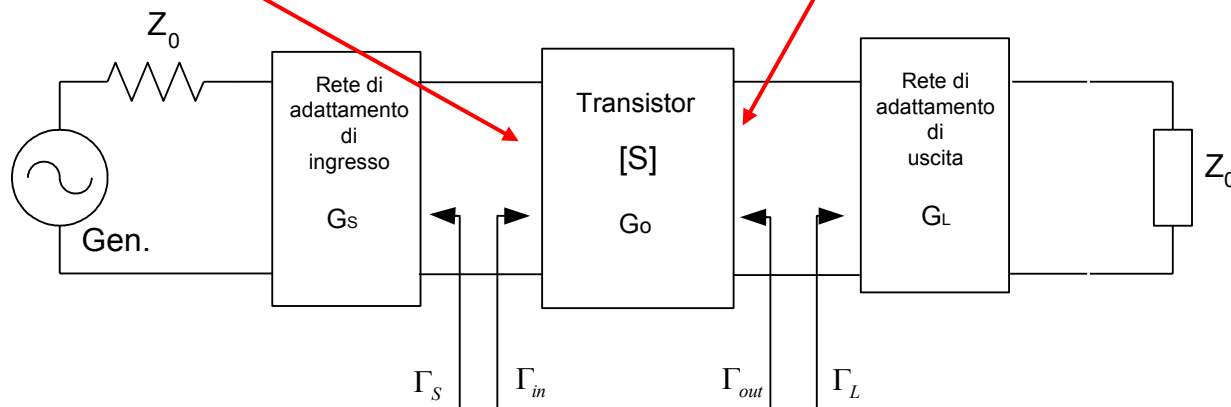
**Ridurre il disadattamento equivale a realizzare un guadagno.**



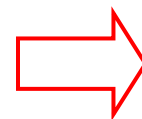
# Stabilità di un amplificatore RF

Un amplificatore si dice **stabile** se non ha la tendenza ad oscillare.

Un amplificatore, come quello in figura può oscillare se una delle due porte, quella di ingresso o quella di uscita presenta una **impedenza con la parte reale negativa**,



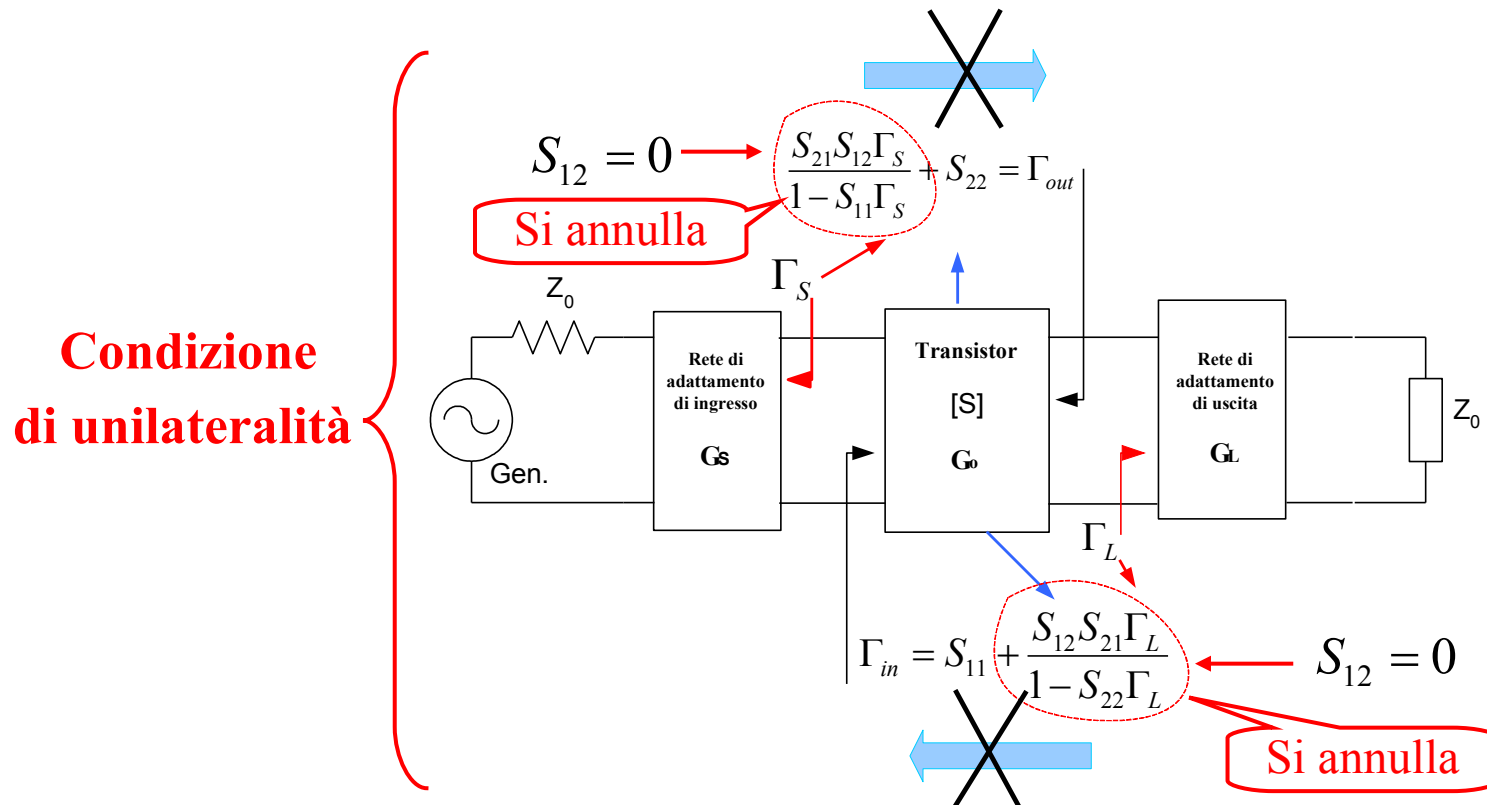
se una delle porte presenta una impedenza con la parte reale negativa significa che



$$|\Gamma_{in}| > 1 \text{ oppure } |\Gamma_{out}| > 1$$

Se il dispositivo attivo ha un valore del parametro  $S_{12}$  così piccolo da poter essere trascurato le relazioni, che definiscono le condizioni di stabilità si riducono a

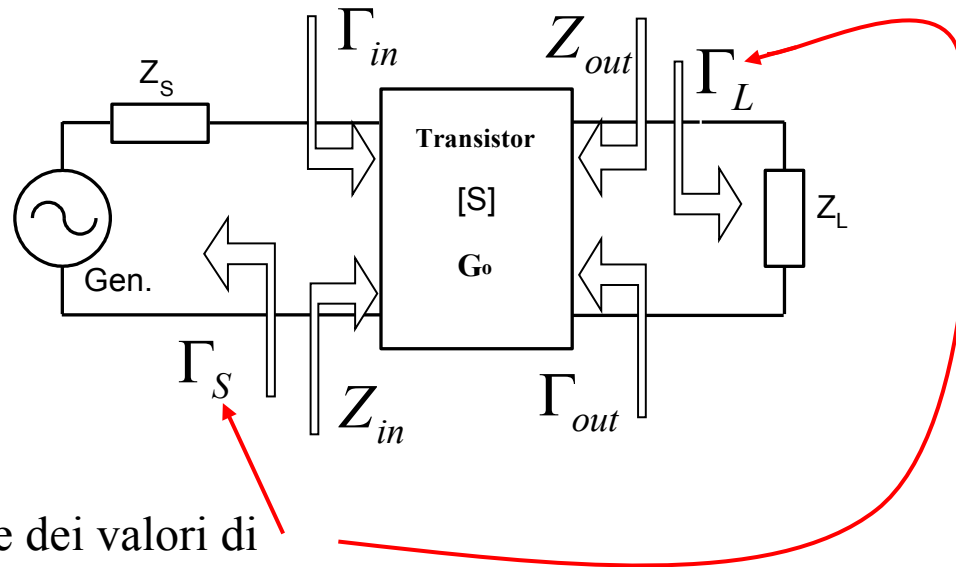
$$|\Gamma_{in}| = |S_{11}| < 1 \quad |\Gamma_{out}| = |S_{22}| < 1$$



# Stabilità di un amplificatore RF

## La instabilità potenziale

Anche quando un circuito a due porte, è **potenzialmente instabile**

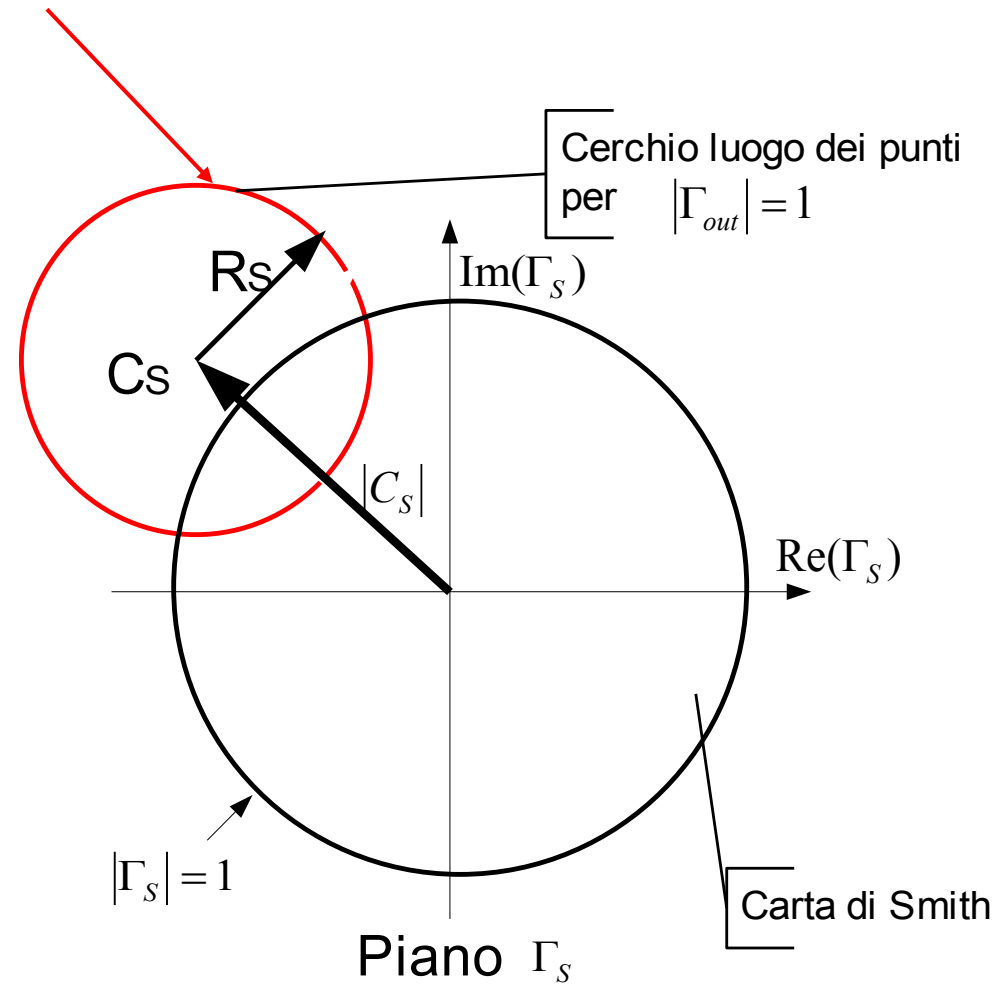


ci possono essere dei valori di  
per cui le parti reali di  $Z_{in}$  e  $Z_{out}$  sono positive, cioè ci possono essere delle  
condizioni per cui il **sistema è stabile**.

# Stabilità di un amplificatore RF

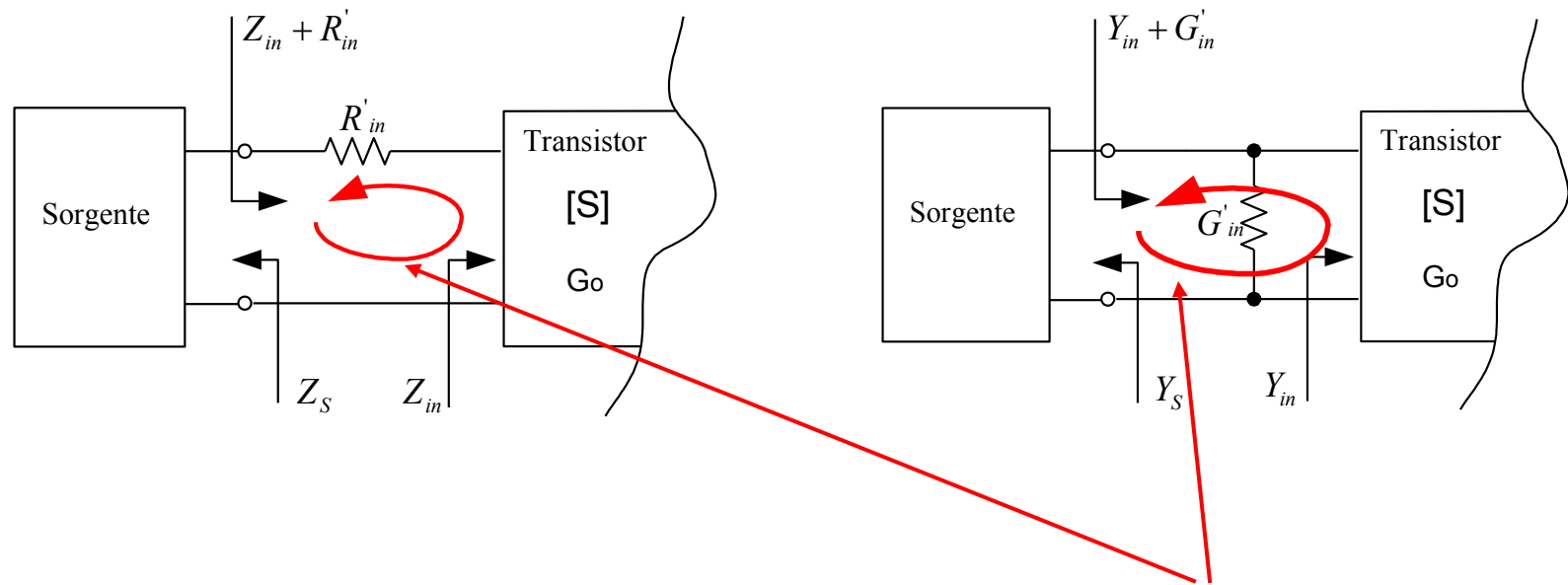
## Il cerchio di stabilità di ingresso

Da un **lato del cerchio** si avrà  $|\Gamma_{out}| < 1$  mentre dall'altro  $|\Gamma_{out}| > 1$



# 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

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

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

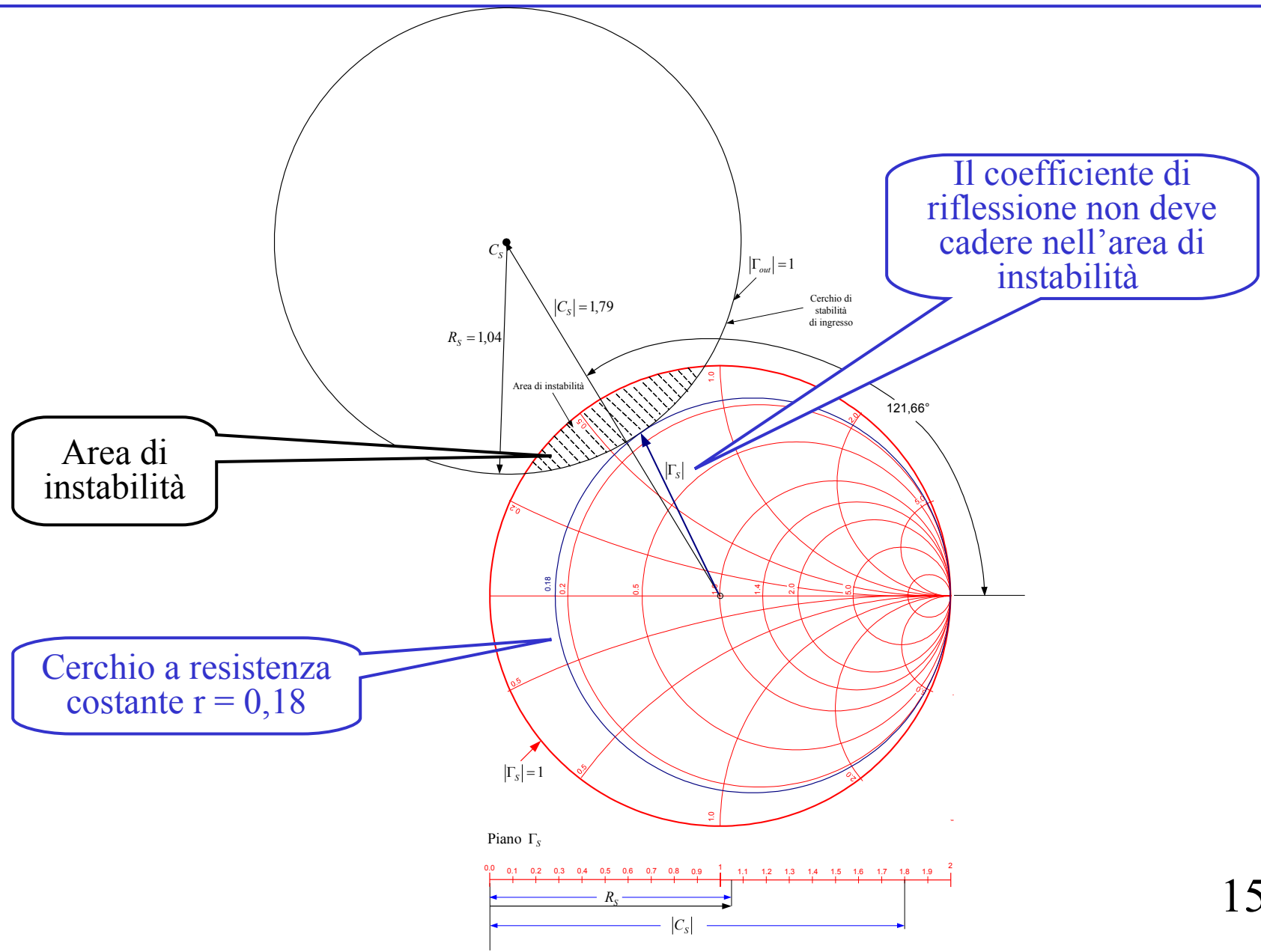
## La resistenza in serie o la conduttanza in parallelo

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.**

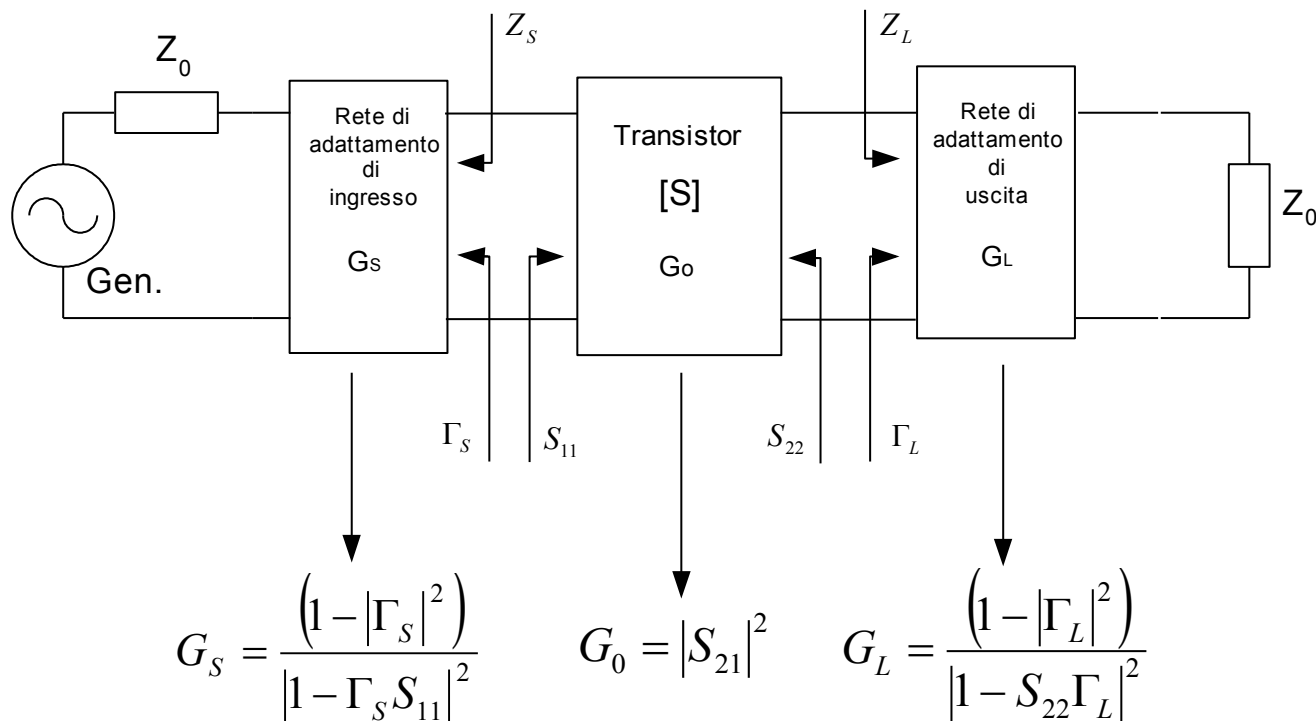
# La resistenza in serie



# Il guadagno di trasduzione in condizioni di unilateralità

In condizioni di unilateralità, la relazione del guadagno può essere vista come composta da **tre termini distinti e indipendenti** e quindi può essere scritta come

$$G_{TU} = G_S G_0 G_L$$





# L'equazione del cerchio a guadagno costante

Si dimostra che un valore costante del guadagno  $G_s$  e/o  $G_L$  è dato da un insieme di valori del coefficiente di riflessione,  $\Gamma_i$ , che stanno su un cerchio tracciato sul piano complesso.,

L'equazione del cerchio sarà

$$|\Gamma_i - C_{g-i}| = r_{g-i}$$

Dove il centro del cerchio è dato da

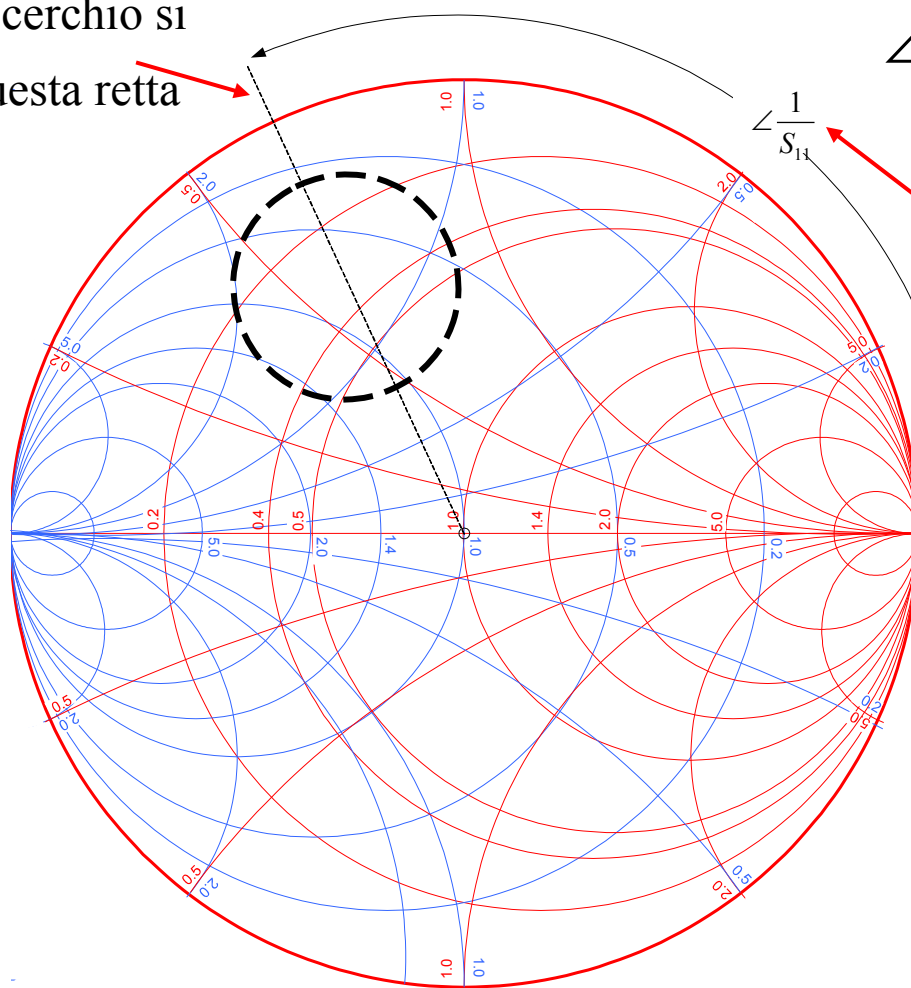
$$C_{g-i} = \frac{g_i S_{ii}^*}{1 - |S_{ii}|^2 (1 - g_i)}$$

e il raggio da

$$r_{g-i} = \frac{\sqrt{1 - g_i} (1 - |S_{ii}^*|^2)}{1 - |S_{ii}|^2 (1 - g_i)}$$

# La costruzione del cerchio a guadagno costante

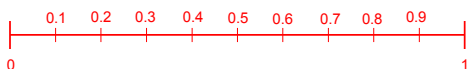
Il centro del cerchio si troverà su questa retta



$\angle S_{ii}^*$  è l'argomento di

$$C_{g-i} = \frac{g_i S_{ii}^*}{1 - |S_{ii}|^2 (1 - g_i)}$$

$$\angle S_{ii}^* = \angle \frac{1}{S_{ii}}$$



In queste condizioni è possibile, con terminazione passiva, avere delle condizioni di guadagno,  $G_i$ , infinito

$$G_i = \frac{(1 - |\Gamma_i|^2)}{|1 - \Gamma_i S_{ii}|^2}$$

Un guadagno,  $G_i$ , infinito potrà essere generato da un particolare valore del coefficiente di riflessione,  $\Gamma_i$ . Questo particolare valore di  $\Gamma_i$  viene chiamato

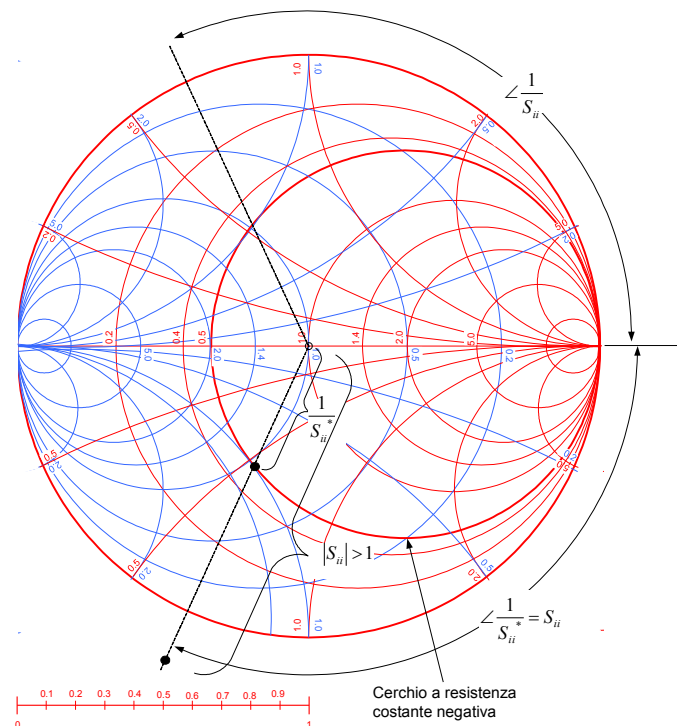
**valore critico** e si indica con  $\Gamma_{i\_c}$

ed è dato dalla relazione

$$\Gamma_{i\_c} = \frac{1}{S_{ii}}$$

La resistenza negativa associata a  $S_{ii}$  ( $|S_{ii}| > 1$ ) può essere calcolata tracciando sulla carta di Smith il punto  $\frac{1}{S_{ii}^*}$  e interpretando il cerchio su cui questo punto come un cerchio a resistenza costante negativa.

Il valore della reattanza va letto come è riportato sulla carta.



# Caso di stabilità condizionata

## Esempio N°2 (8)

Si applica un processo uguale per calcolare il cerchio a 3 dB, i risultati sono,

$$g_{S_{-3}} = -8,28$$

$$r_{g_{S_{-3}}} = 0,27$$

$$|C_{g_{S_{-3}}}| = 0,40$$

