

Föreläsning 6

Stabilitet

Kapitel 6.3 i Pozar

Senaste föreläsningen

- Introduktion till förstärkardesign
- Ingång och utgångs reflektionsfaktor
- Olika förstärkningsuttryck
 - $G_{(P)}$, Effektförstärkning, beror ej på Z_S
 - G_A , Tillgänglig förstärkning, beror ej på Z_L
 - G_T , Transducer gain, beror på både Z_S och Z_L

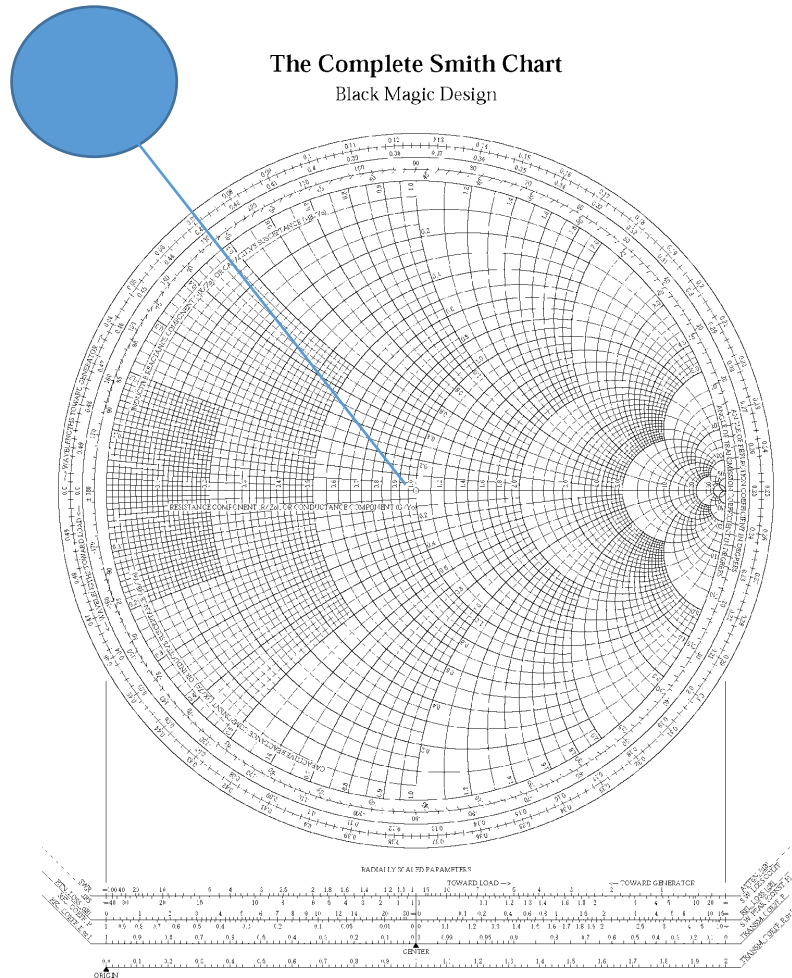
Dagens föreläsning

- Stabilitet
 - Stabilitetskontroll
 - Stabilitetscirklar
 - Stabilisering
- Unilateral förstärkare

Stabilitet

- Förstärkaren kallas instabil då ingångs- eller utgångsimpedansen har negativ realdel
 - $|\Gamma_{in}| > 1$ eller $|\Gamma_{ut}| > 1$
 - Mer energi lämnar systemet än vad som kommer in
- För passiva laster gäller alltid $|\Gamma| < 1$
- För aktiva laster kan $|\Gamma| > 1$ uppstå
 - Designa matchningsnät så att detta undviks
 - Stabilisera med resistans om nödvändigt

$|\Gamma| > 1$ i Smith diagrammet



$$|\Gamma_{in}| = \left| S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \right| =$$

$$\left| \frac{S_{11} + \Gamma_L(S_{12}S_{21} - S_{11}S_{22})}{1 - S_{22}\Gamma_L} \right| =$$

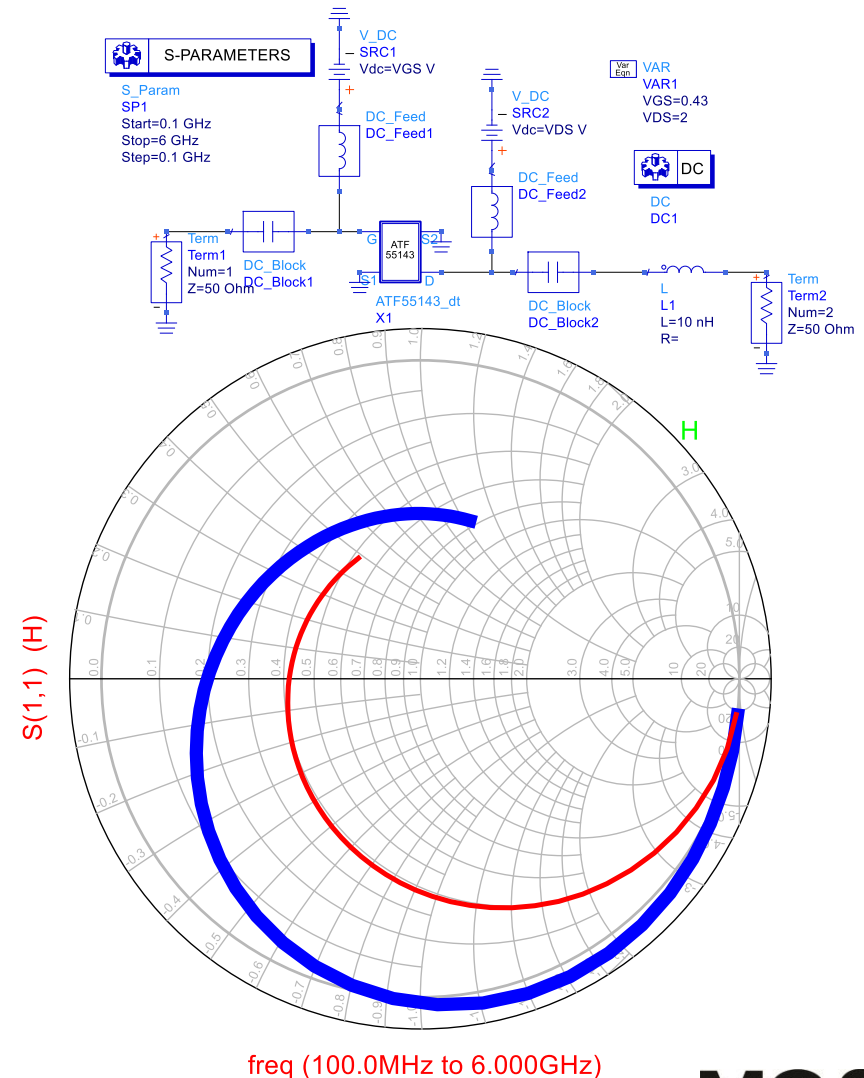
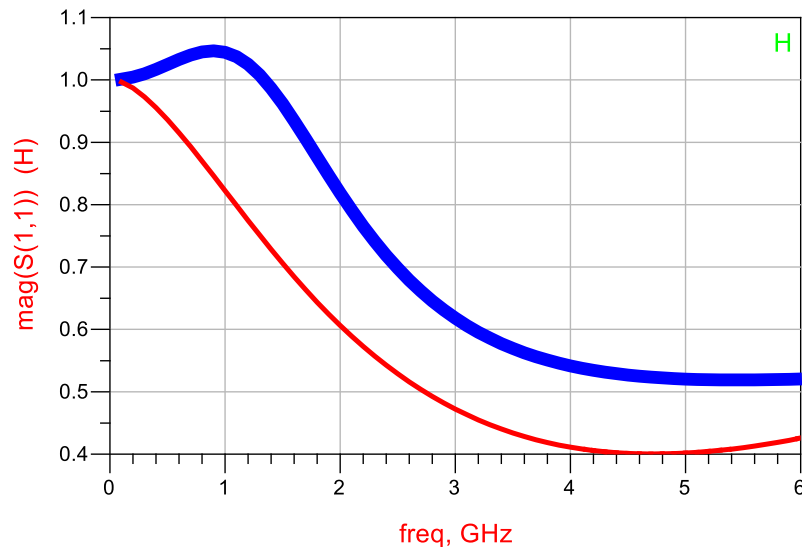
$$\left| \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \right|,$$

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

- Kan hamna utanför enhetscirkeln

Simulering ATF-55143

- $V_{DS} = 2 \text{ V}$
- $I_{DS} = 10 \text{ mA}$
- 10nH i serie på utgången



Stabilitet, val av laster

- Γ_{in} och Γ_{ut} beror på ingångs- och utgångsmatchningsnäten med dess reflektionskoefficienter Γ_S och Γ_L
 - Välj dessa så att förstärkaren blir stabil

$$|\Gamma_{in}| = \left| S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \right| < 1 \quad (\text{P6.22a})$$

$$|\Gamma_{ut}| = \left| S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S} \right| < 1 \quad (\text{P6.22b})$$

Klassificering av stabilitet

- Ovillkorlig stabilitet
 - $|\Gamma_{in}| < 1$ och $|\Gamma_{ut}| < 1$ för alla passiva lastimpedanser
 - Stabil förstärkare oavsett anpassningsnät
- Villkorlig stabilitet (Potentiellt instabil)
 - $|\Gamma_{in}| < 1$ och $|\Gamma_{ut}| < 1$ enbart för vissa lastimpedanser
 - Oscillation möjlig genom val av anpassningsnät
 - Förstärkare kan bli instabil för vissa lastimpedanser
 - T.ex öppen eller kortsluten utgång

Stabila områden i Smithchart

- En förstärkares stabila område begränsas av ekvationerna

$$|\Gamma_{in}| = \left| S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \right| < 1 \quad |\Gamma_{ut}| = \left| S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S} \right| < 1$$

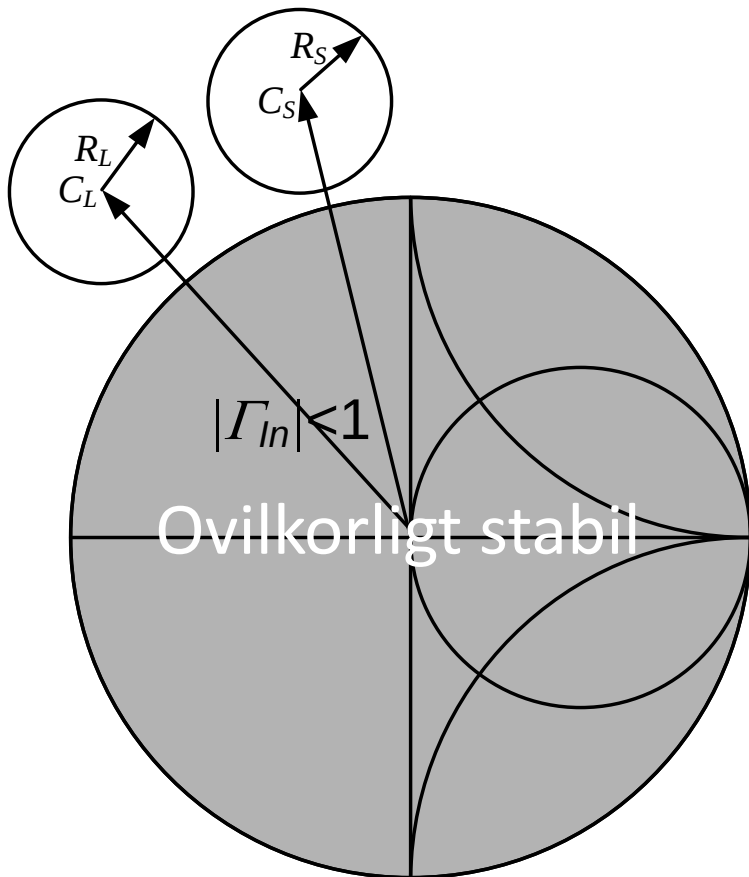
- Dessa kan lösas för att bestämma vilka Γ_S och Γ_L som är instabila

Stabilitetscirklar

- Lösningen av (6.22) ger cirkelekvationer

	<u>Källcirkel</u>	<u>Lastcirkel</u>	
Center:	$C_S = \frac{(S_{11} - \Delta S_{22}^*)^*}{ S_{11} ^2 - \Delta ^2}$	$C_L = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{ S_{22} ^2 - \Delta ^2}$	$\left\{ \begin{array}{l} S_{11} < 1 \text{ } (S_{22} < 1), \\ \text{stabil utom cirkel} \\ \\ S_{11} > 1 \text{ } (S_{22} > 1), \\ \text{Stabil inom cirkel} \end{array} \right.$
Radie:	$R_S = \left \frac{S_{12} S_{21}}{ S_{11} ^2 - \Delta ^2} \right $	$R_L = \left \frac{S_{12} S_{21}}{ S_{22} ^2 - \Delta ^2} \right $	
Determinant:	$\Delta = S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21}$		

Stabilitetscirklar



Lastcirkel

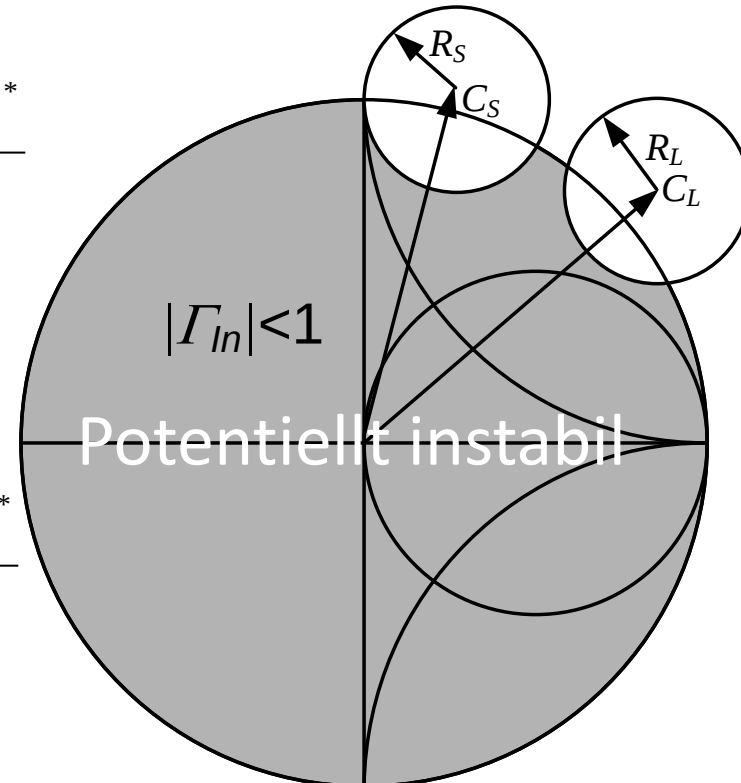
$$C_L = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

$$R_L = \frac{S_{12}S_{21}}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

Källcirkel

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

$$R_S = \frac{S_{12}S_{21}}{|S_{11}|^2 - |\Delta|^2}$$

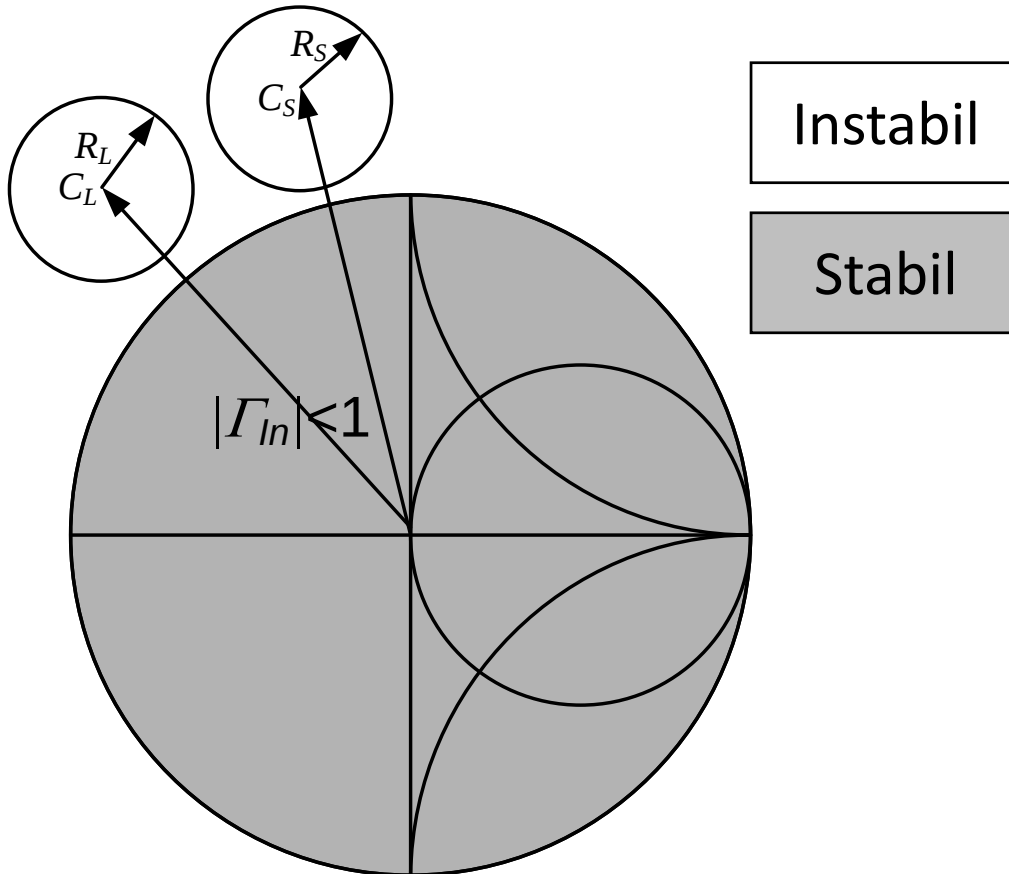


Determinanten av S-matrisen:

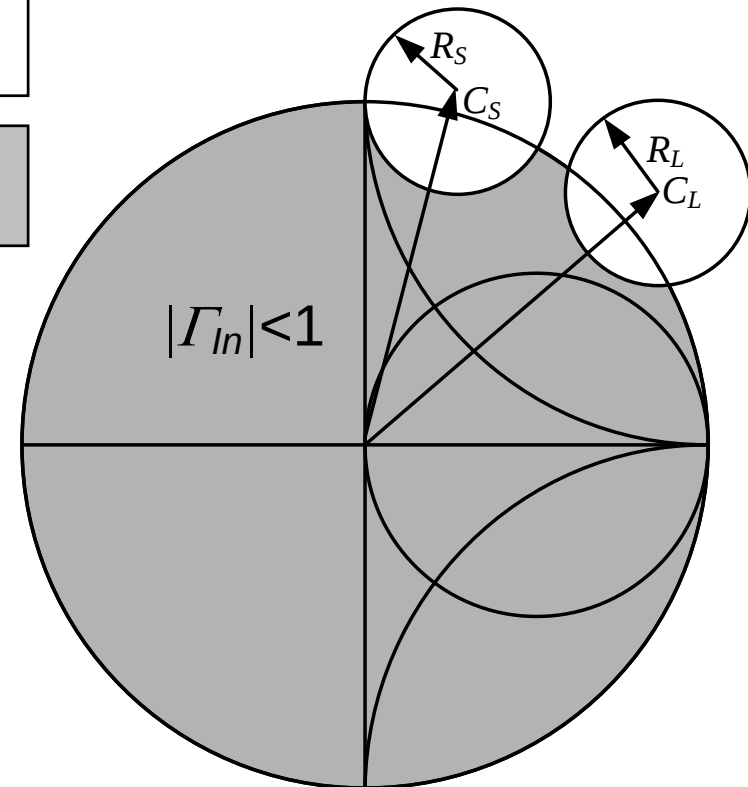
$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$$

Stabilitetscirklar ($|S_{11}| < 1$ och ($|S_{22}| < 1$)

Ovilkorligt stabil



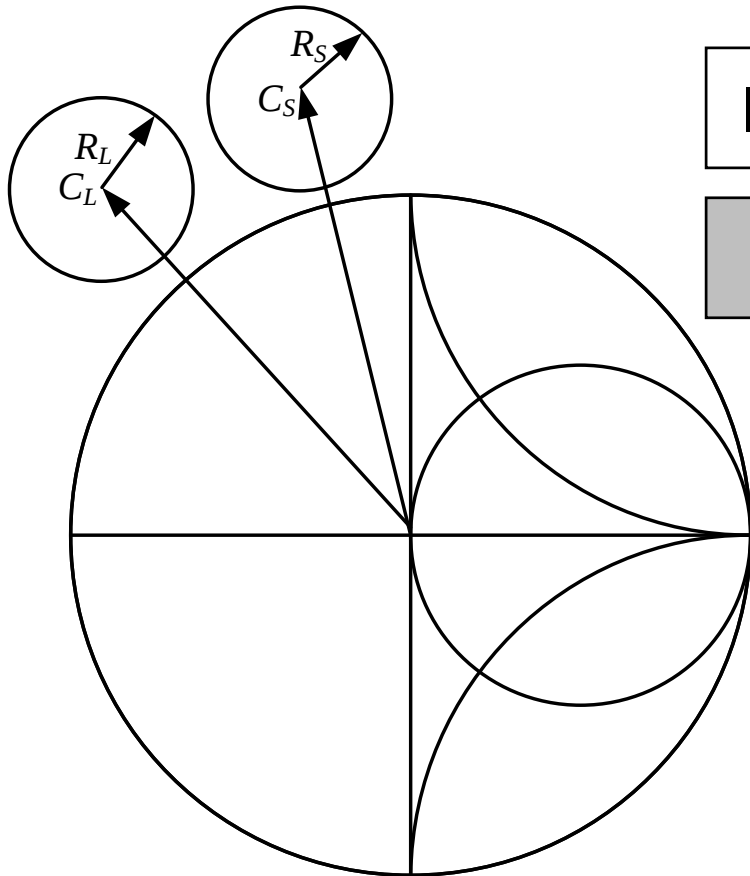
Potentiell instabil



Stabilitetscirklar ($|S_{11}| > 1$ och $|S_{22}| > 1$)

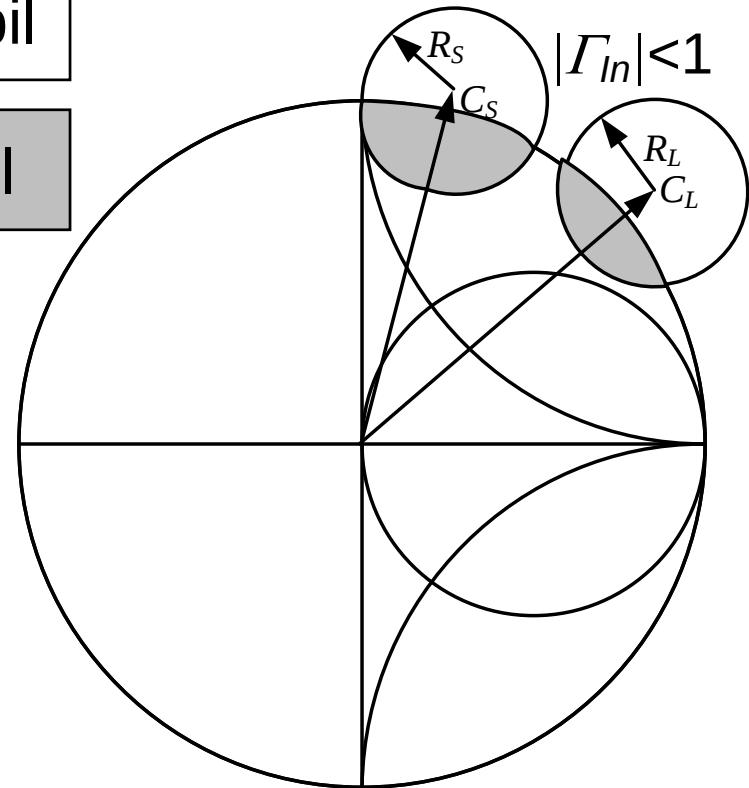
Instabil

Vilkorligt stabil/Potentiellt instabil



Instabil

Stabil



Stabilitetskriterier

- Nedanstående villkor är båda nödvändiga och tillräckliga för ovillkorlig stabilitet

K- Δ test (Rollet's villkor)

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

$$|\Delta| = |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}| < 1$$

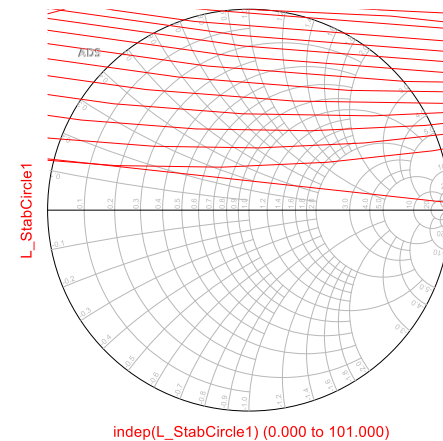
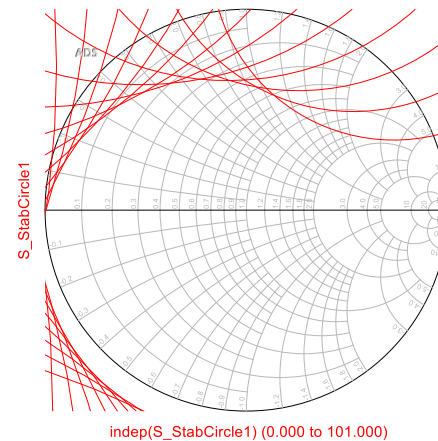
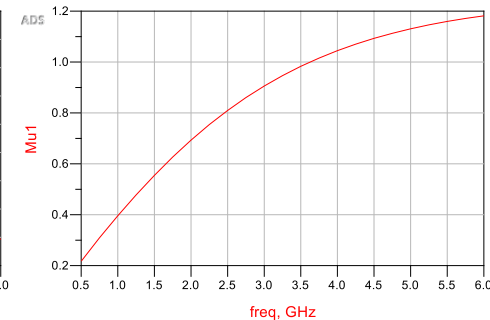
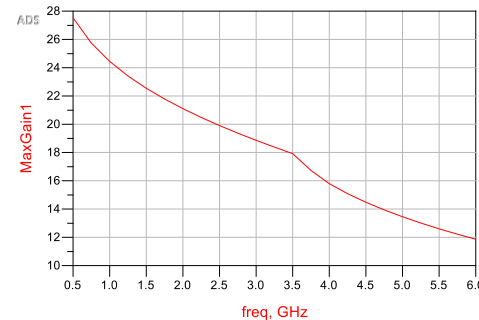
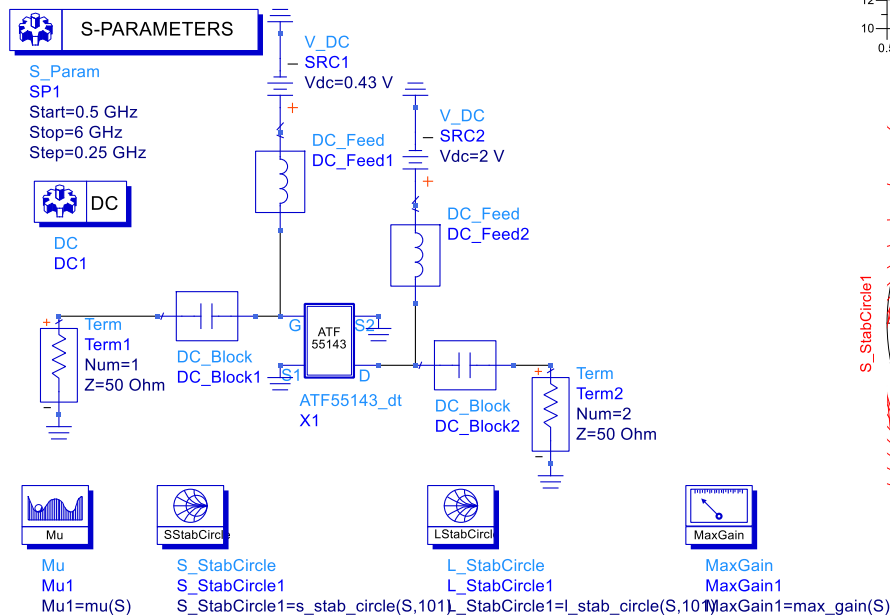
μ -test

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

Ger ett jämförande mått på hur stabil en två-port är

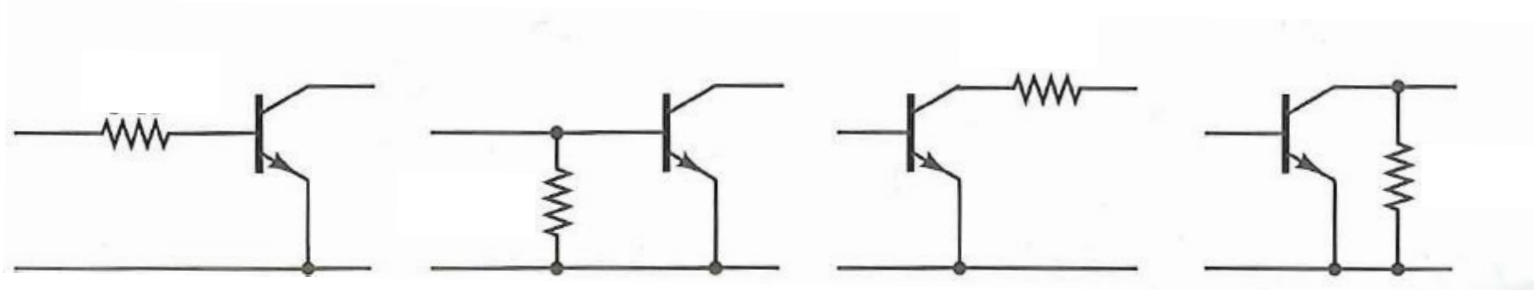
Simulering av ATF-55143

- Stabil över 3.75 GHz
- $|S_{11}|$ och $|S_{22}| < 1$



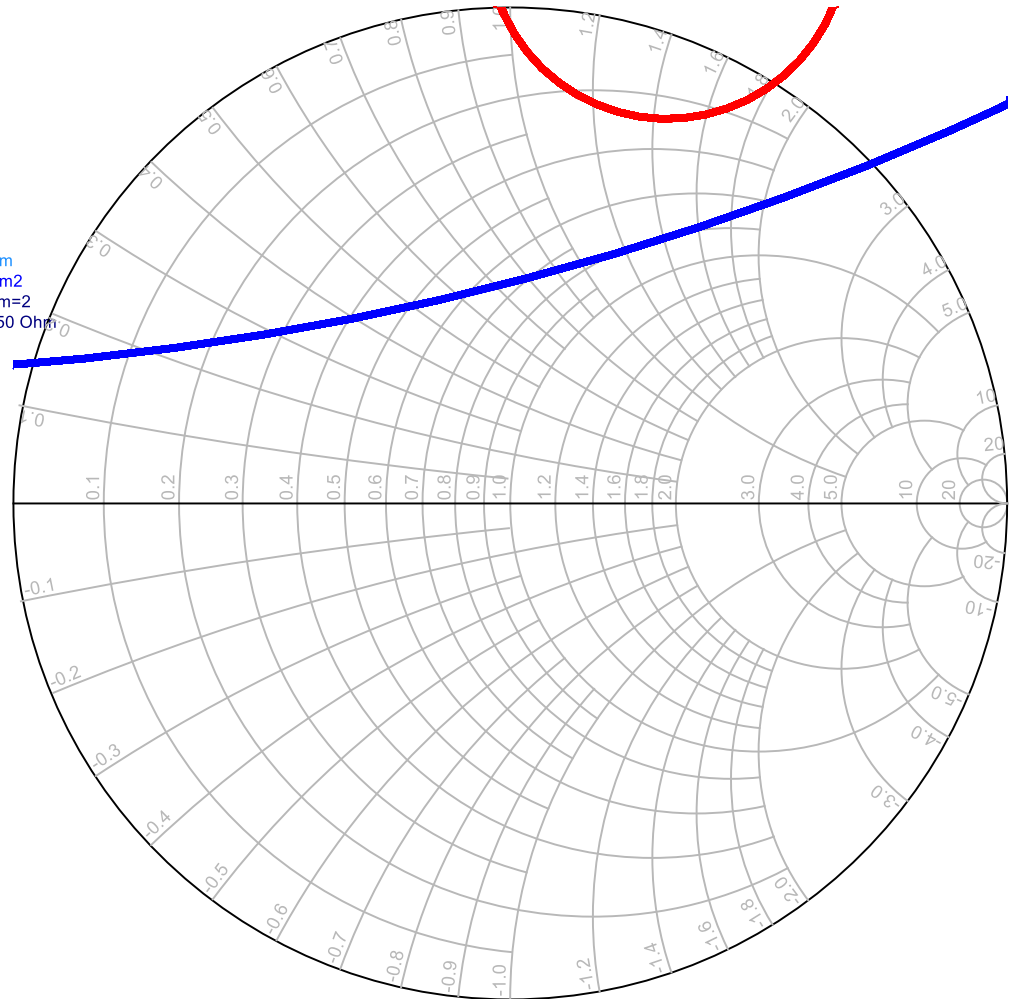
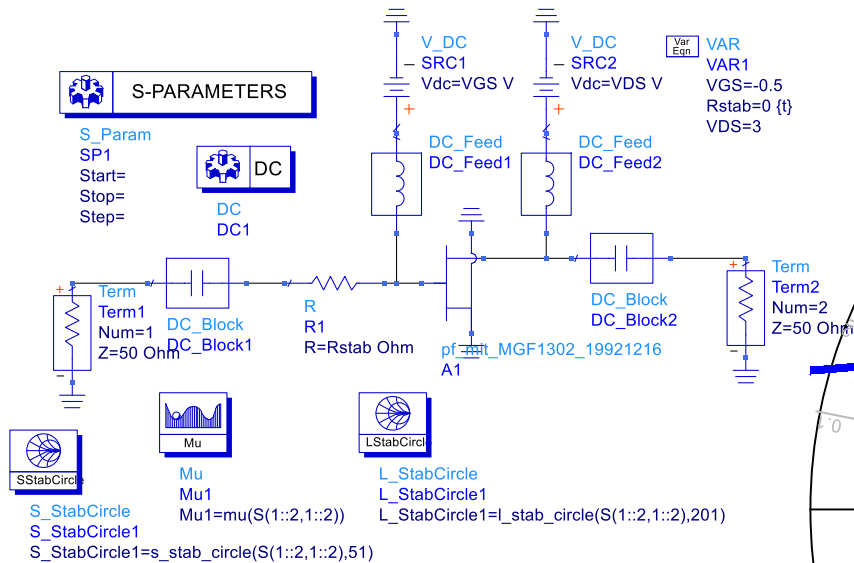
Stabilisering av transistor

- Instabil transistor görs stabil genom att koppla resistans i serie eller shunt på ingång eller utgång
 - Stabilisering på ingång lämpligt för effektförstärkare
 - Stabilisering på utgång lämpligt för lågbrus förstärkare



Resistansernas värden kan bestämmas från stabilitetscirklar!

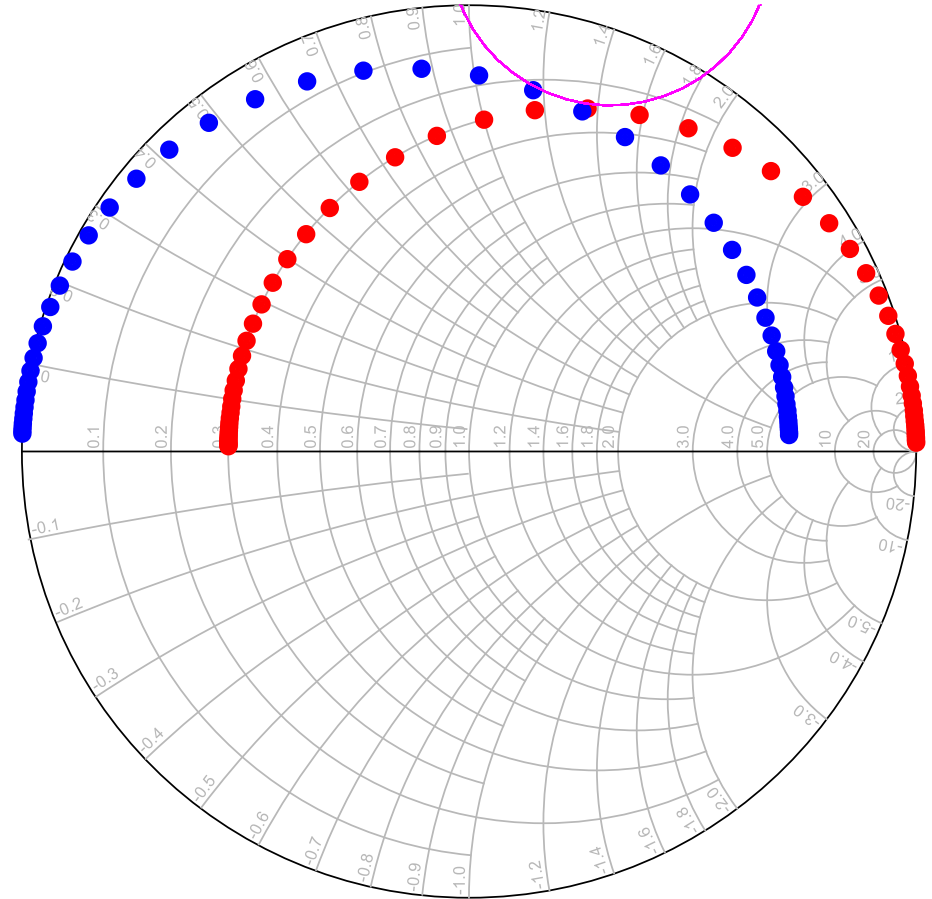
Simulering av MGF1302



Sweep1.SP1.Mu1[0,0]
0.432

Simulering av MGF1302

- Stabiliserar ingång
- Nödvändig resistans från stabilitetscirkeln
- 15Ω i serie
- 300Ω i shunt
- $\mu > 1$



Övning

- Problem 4 och 5 i utdelat material

Förstärkanpassningar

4 S-parametrarna för en GaAs transistor har vid 2 GHz och lämpligt vald biasering följande approximerade värden :

$$S_{11} = 0,8 \angle 180^\circ$$

$$S_{21} = 3,0 \angle 90^\circ$$

$$S_{12} = 0,10 \angle -90^\circ$$

$$S_{22} = 0,8 \angle 180^\circ$$

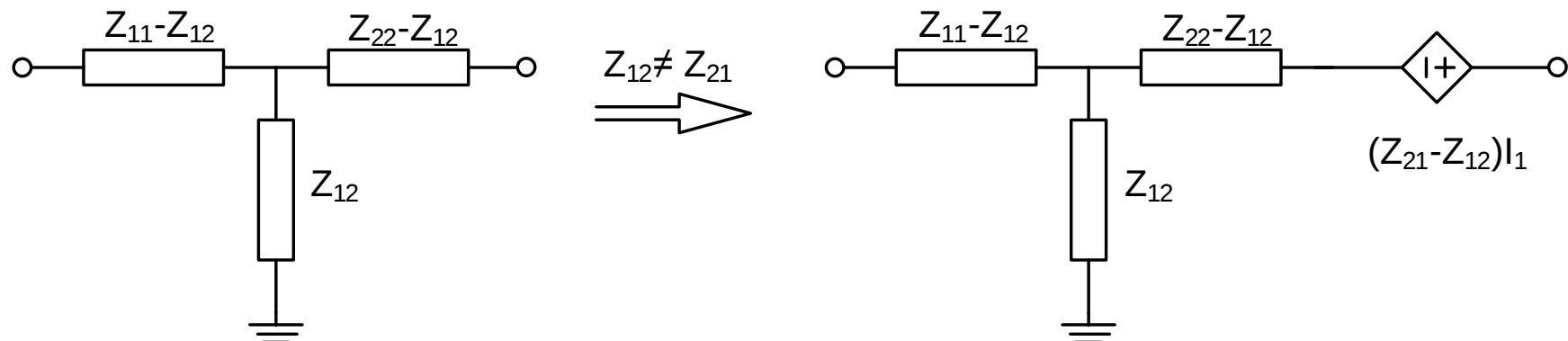
Ledningsreferens $R_o = 50 \text{ Ohm}$

Skissera läget av stabilitetscirkeln på utgången relativt Smithdiagramcirkeln och markera instabilitetsområdet.

5. En metod att erhålla "fysisk" ovillkorlig stabilitet för transistorsteget i uppgift 4 är att lägga in en resistans på minst x ohm i serie med transistorutgången.

- Försök ur läget av stabilitetscirkeln motivera valet av x ohm serieimpedans i stabilitetsökande syfte.
- Skissera T-nätet med normerade impedanser för transistorn med och utan serieresistansinkoppling.. Ställ upp z -matrisen för den nya tvåport som består av transistorn i uppgift 4 med den på utgången seriekopplade resistansen. Om siffervärde för x ej uppskattats i uppgift 6a) kan resistanstalvärde i algebraisk form insättas i T-nät respektive matris.

Ekvivalent Z-nät för en aktiv (icke-reciprok) tvåport



Användbart för att ta fram ekvivalenta kretsar från tvåportsmatris

$$Z_{11} = \frac{(1 + S_{11})(1 - S_{22}) + S_{12}S_{21}}{(1 - S_{11})(1 - S_{22}) - S_{12}S_{21}}$$

$$Z_{12} = \frac{2S_{12}}{(1 - S_{11})(1 - S_{22}) - S_{12}S_{21}}$$

$$Z_{21} = \frac{2S_{21}}{(1 - S_{11})(1 - S_{22}) - S_{12}S_{21}}$$

$$Z_{22} = \frac{(1 - S_{11})(1 + S_{22}) + S_{12}S_{21}}{(1 - S_{11})(1 - S_{22}) - S_{12}S_{21}}$$

$$S_{11} = \frac{(Z_{11} - 1)(Z_{22} + 1) - Z_{12}Z_{21}}{(Z_{11} + 1)(Z_{22} + 1) - Z_{12}Z_{21}}$$

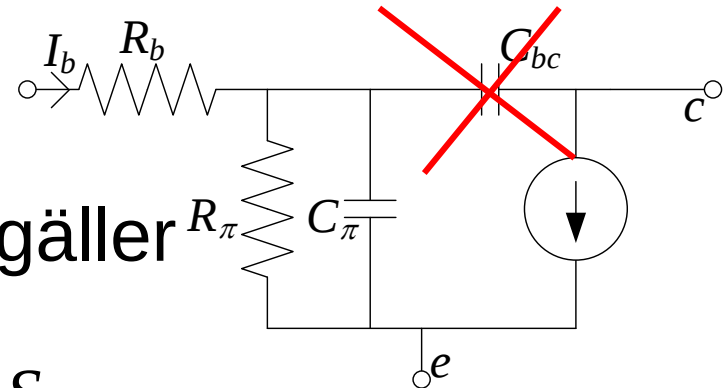
$$S_{12} = \frac{2Z_{12}}{(Z_{11} + 1)(Z_{22} + 1) - Z_{12}Z_{21}}$$

$$S_{21} = \frac{2Z_{21}}{(Z_{11} + 1)(Z_{22} + 1) - Z_{12}Z_{21}}$$

$$S_{22} = \frac{(Z_{11} + 1)(Z_{22} - 1) - Z_{12}Z_{21}}{(Z_{11} + 1)(Z_{22} + 1) - Z_{12}Z_{21}}$$

Unilateral förstärkare ($S_{12}=0$)

- $S_{12}=0$, inget läckage mellan utgång och ingång
 - på krets nivå innebär det att $C_{bc}=0$ i småsignalschemat



- För en unilateral förstärkare gäller

$$\Gamma_{in} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} = S_{11}$$

$$\Gamma_{ut} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S} = S_{22}$$

Ovillkorligen stabil!

Unilateral förstärkning

- Unilateralt transducer gain

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

- Maximal förstärkning vid konjugatanpassning
 $\Gamma_{in} = S_{11}$ och $\Gamma_{ut} = S_{22}$

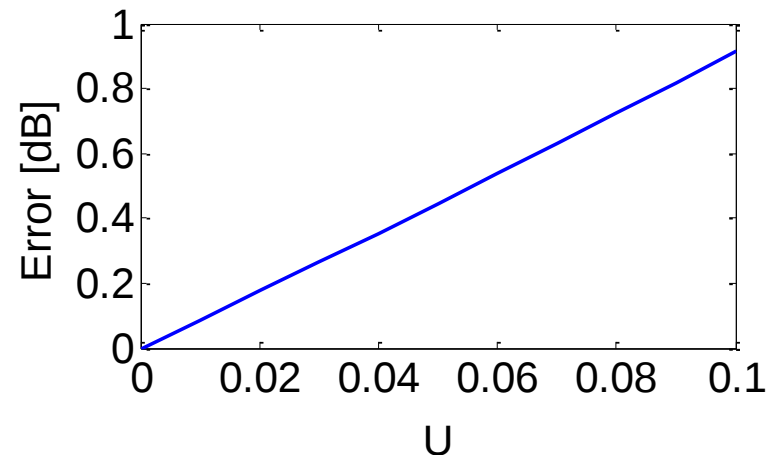
$$G_{TU \max} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1}{1 - |S_{22}|^2} \equiv G_{AU} \equiv G_U$$

Tumregel för unilateral

- Alla transistorer har en ändlig S_{12}
- Felet i förstärkning beskrivs med det unilateral nyckeltalet U

$$\frac{1}{(1+U)^2} < \frac{G_T}{G_{TU}} < \frac{1}{(1-U)^2}$$

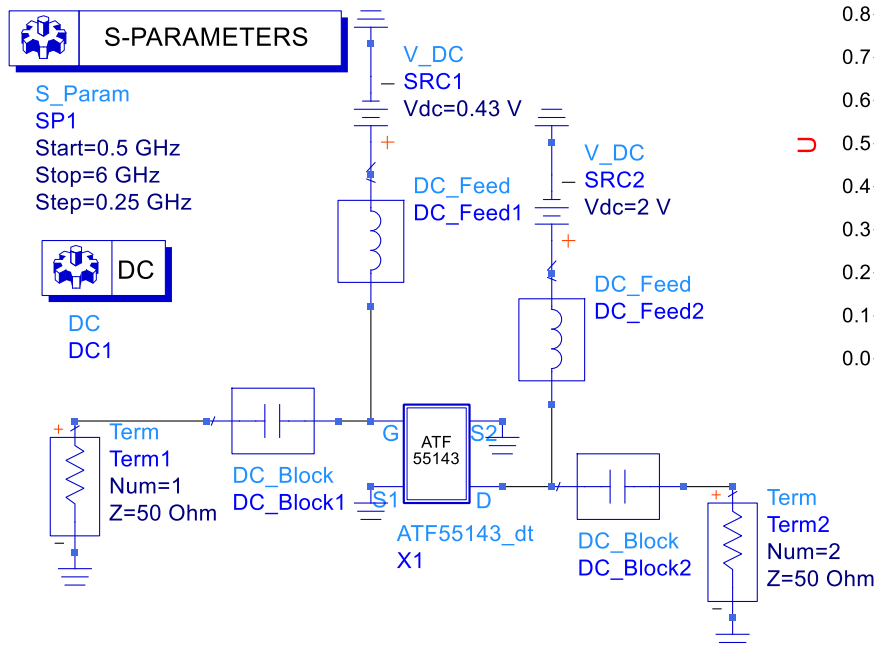
$$U = \frac{|S_{11}||S_{12}||S_{21}||S_{22}|}{(1-|S_{11}|^2)(1-|S_{22}|^2)}$$



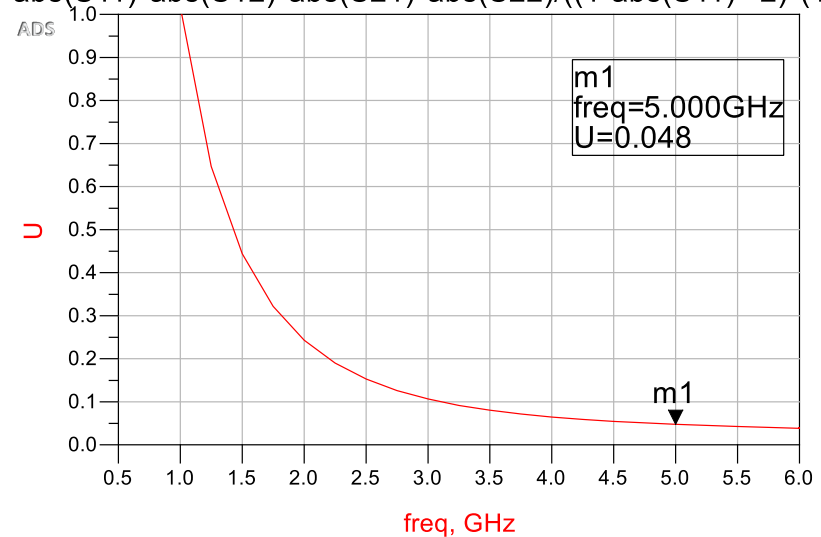
- **Tumregel:** Antag unilateral om $U < 0.05$

Simulering av ATF55143

- U blir 0.05 vid 5 GHz
- Bilateral design
nödvändig



$$Eqn U = \frac{\text{abs}(S11) * \text{abs}(S12) * \text{abs}(S21) * \text{abs}(S22)}{((1 - \text{abs}(S11))^2 * (1 - \text{abs}(S22))^2)}$$



Övning

- Gammalt tentatal 2011-04-28, tal 2

2. En mikrovågstransistor har vid frekvensen 2.5 GHz i ett 50Ω ledningssystem spridningsmatrisen

$$[S] = \begin{bmatrix} 0.81\angle -90^\circ & 0.015\angle 45^\circ \\ 3.7\angle 135^\circ & 0.71\angle -135^\circ \end{bmatrix}$$

- a) Kontrollera stabilitet och beräkna förstärkningen utan anpassningsnät
- b) Beräkna Förstärkningen om ingång och utgång konjugatmatchas?
- c) Designa ingångs- och utgångsmatchningsnät som uppfyller konjugatvilkoret,
- d) Uppskatta felet som erhöles med unilateral räkning?

Unilateral räkning godtas och alla ledningslängder kan anges i våglängd

Projektet

- DC och S-parameter simulering
- Design av biaseringsnät
- Stabilitet
- Design av anpassningsnät
- Layout
- Ickelinjära simuleringar
- Tillverkning och mätning

Stabilitet

- Sätt ihop biaseringsnät och transistor
- Simulera S-parametrar
- Beräkna stabilitetsfaktorn
- Om potentiellt instabil
 - Beräkna stabilitetscirklar
 - Rita stabilitetscirklar i Smithchart
 - Bestäm värde på stabiliseringsresistans
 - Beräkna nya S-parametrar
- Verifiera i ADS

Stabilisering av ATF55143

- $f_0 = 500$ MHz
- $V_{DS} = 2$ V, $I_{DS} = 10$ mA
- $\mu = 0.22$
- 100Ω i serie på ingången $\rightarrow \mu = 1.06$

