

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

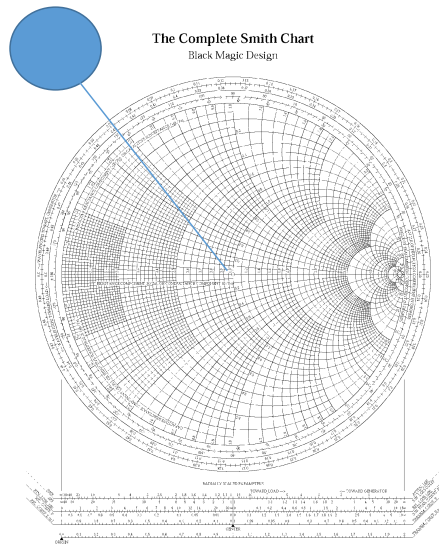
Dagens föreläsning

- 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



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

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

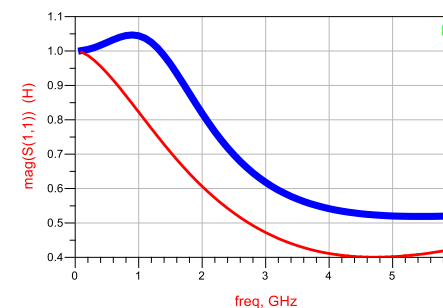
- Kan hamna utanför enhetscirkeln

Mattias Thorsell

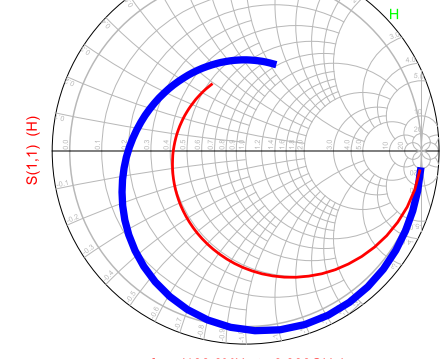
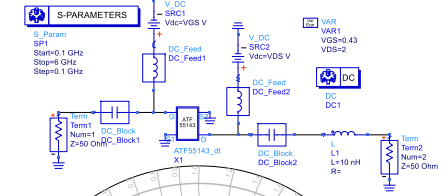
5

Simulering ATF-55143

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



Mattias Thorsell



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

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

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

Mattias Thorsell

7

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

Mattias Thorsell

8

Stabila områden i Smithchart

- En förstärkares stabila område begränsas av ekvationerna

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

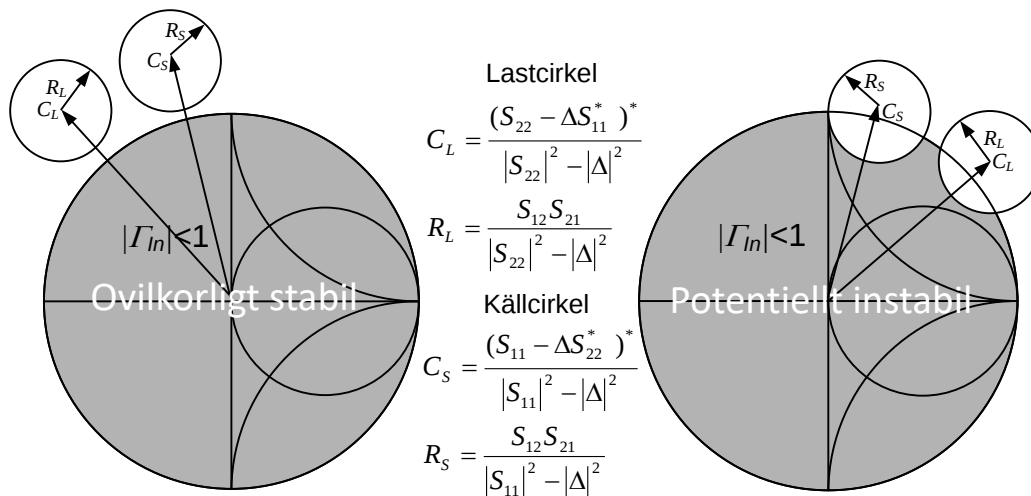
- Dessa kan lösas för att bestämma vilka Γ_S och Γ_L som är instabila

Stabilitetscirklar

- Lösningen av (6.22) ger cirkelekvationer

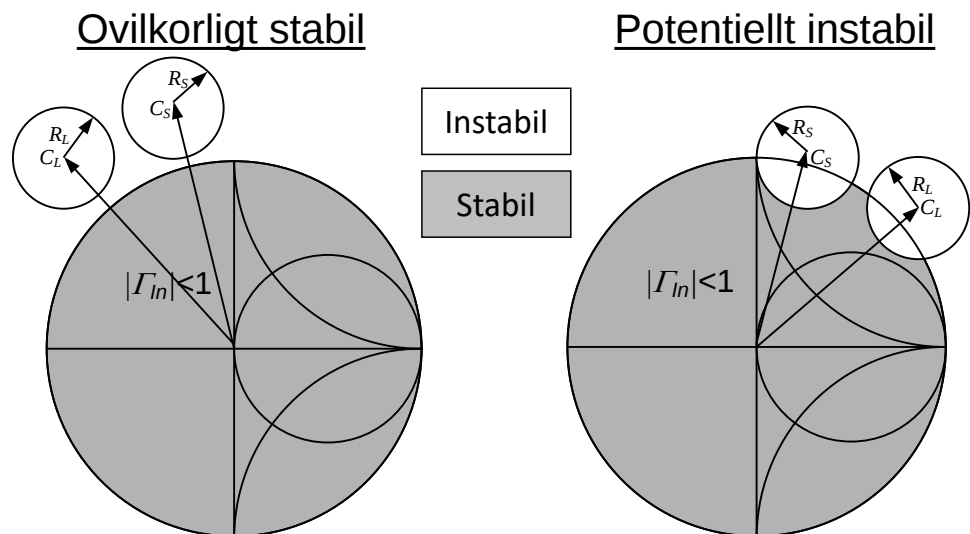
Källcirkel	Lastcirkel	
Center: $C_S = \frac{(S_{11} - \Delta S_{22}^*)^*}{ S_{11} ^2 - \Delta ^2}$	$C_L = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{ S_{22} ^2 - \Delta ^2}$	$\left\{ \begin{array}{l} S_{11} < 1 \text{ } (S_{22} < 1), \\ \text{stabil utom cirkel} \\ S_{11} > 1 \text{ } (S_{22} > 1), \\ \text{Stabil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

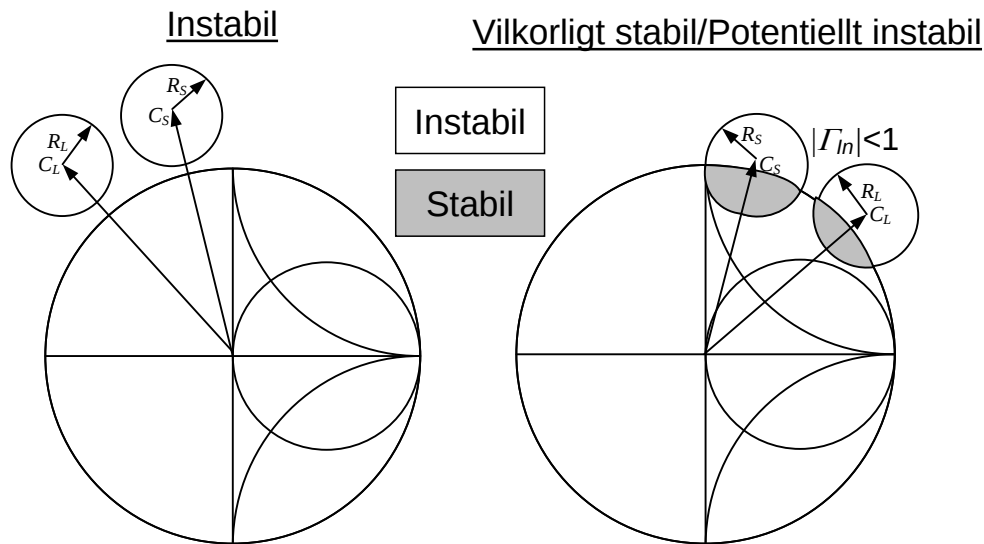


Determinanten av S-matrisen: $\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$

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



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



Mattias Thorsell

13



Stabilitetskriterier

- Nedanstående villkor är båda nödvändiga och tillräckliga för ovillkorlig stabilitet

K- Δ test (Rollet's vilkor)

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

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

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

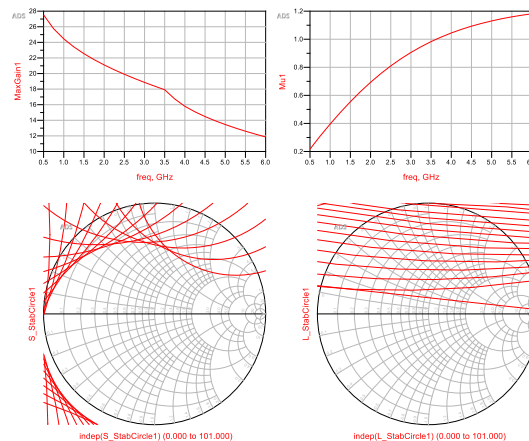
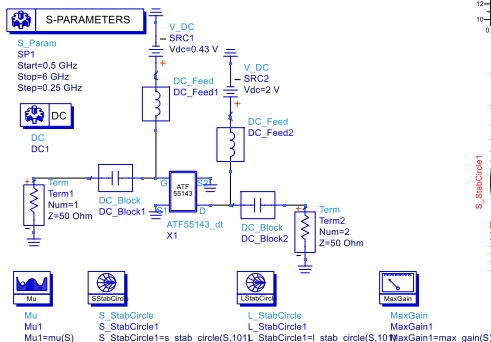
Mattias Thorsell

14



Simulering av ATF-55143

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



Mattias Thorsell

15



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



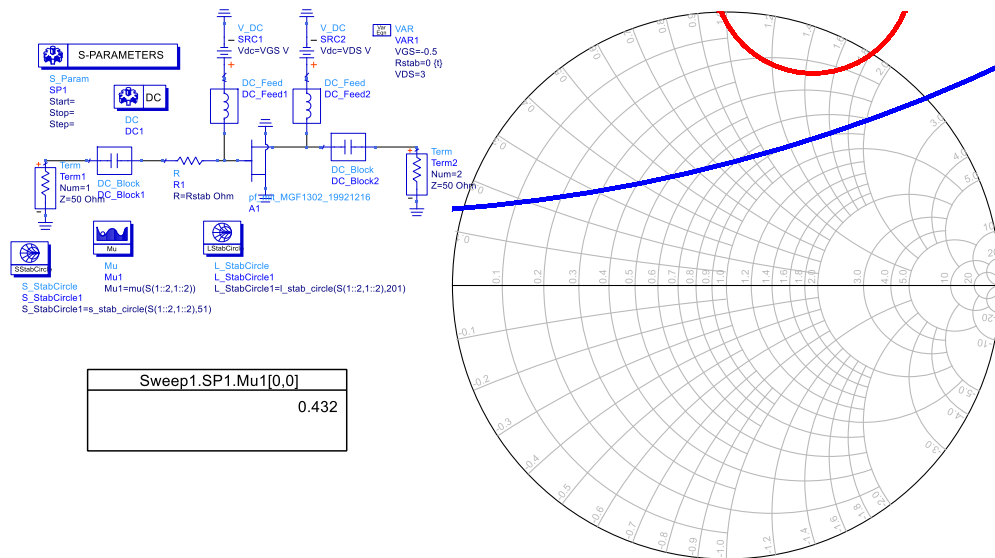
Resistansernas värden kan bestämmas från stabilitetscirkelrar!

Mattias Thorsell

16



Simulering av MGF1302



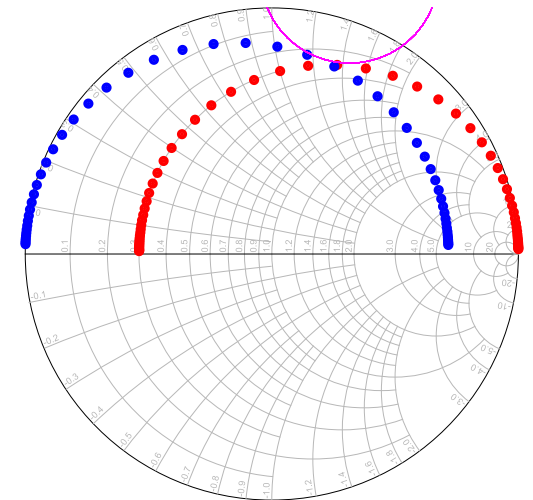
Mattias Thorsell

17



Simulering av MGF1302

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



Mattias Thorsell

18



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.

a) Försök ur läget av stabilitetscirkeln motivera valet av x ohm serieimpedans i stabilitetsökande syfte.

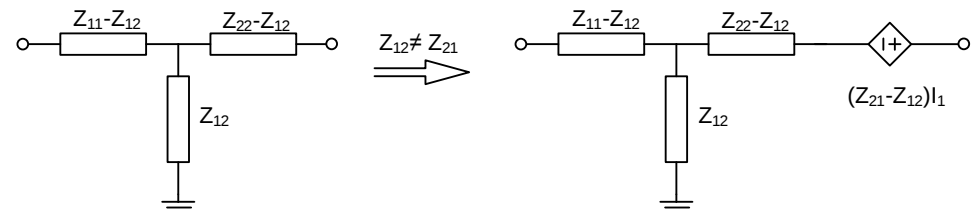
b) Skissera T-nätet med normerade impedanser för transistorn med och utan serieresistansinkoppling. Ställ upp z -matrisen för den nya tvåport som består av transistorn i uppgift 4 med den på utgången seriekopplade resistansen. Om siffervärde för x ej uppskattats i uppgift 6a) kan resistanstalvärde i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

Mattias Thorsell

19



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



Användbart för att ta fram ekvivalenta kretsar från tvåportsmatris

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

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

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

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

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

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

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

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

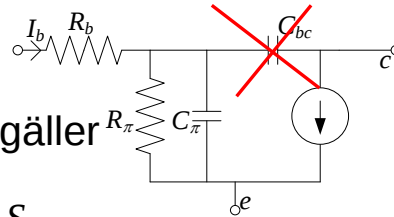
Mattias Thorsell

20



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

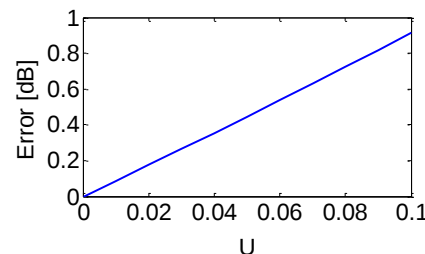
$$G_{TU \max} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1}{1 - |S_{22}|^2} \equiv G_{AU} \equiv G_U$$

Tumregel för unilateral

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

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

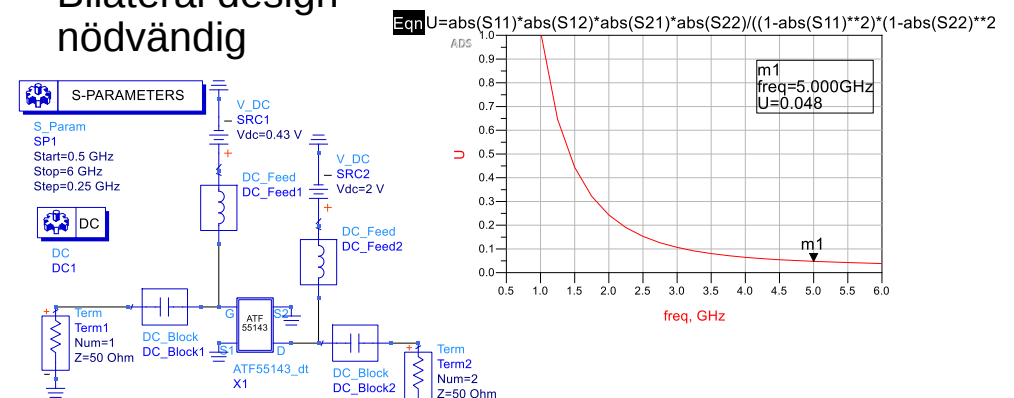
$$U = \frac{|S_{11}||S_{12}||S_{21}||S_{22}|}{(1 - |S_{11}|^2)(1 - |S_{22}|^2)}$$



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

Simulering av ATF55143

- U blir 0.05 vid 5 GHz
- Bilateral design nödvändig



Övning

- Gammalt tentatal 2011-04-28, tal 2

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

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

- Kontrollera stabilitet och beräkna förstärkningen utan anpassningsnät
- Beräkna Förstärkningen om ingång och utgång konjugatmatchas?
- Designa ingångs- och utgångsmatchningsnät som uppfyller konjugatvillkoret,
- Uppskatta felet som erhålls 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 $\rightarrow \mu = 1.06$

