

Föreläsning 7

Förstärkardesign

Kapitel 6.4 i Pozar

Senaste föreläsningen

- Stabilitetsvilkor
 - $K > 1$ och $|\Delta| < 1$
 - $\mu > 1$
- Stabilitetscirklar
- Stabilisering med hjälp av resistans
 - Ingång för PA
 - Utgång för LNA
 - Serie eller shunt resistans
- Unilateral förstärkare

Dagens föreläsning

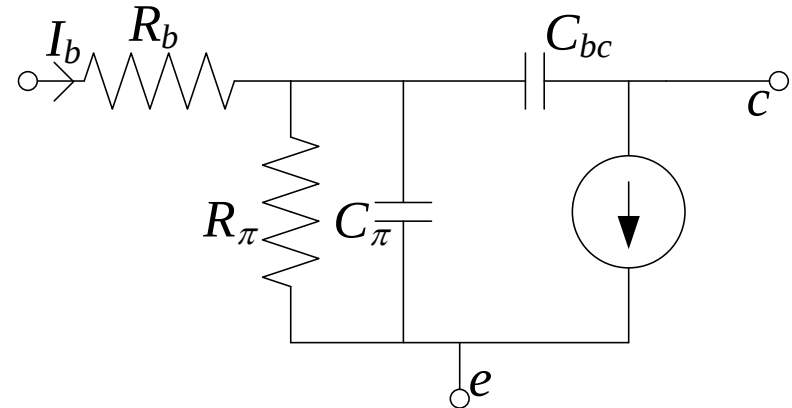
- Bilateral förstärkardesign
- Konstanta förstärkningscirkclar
- Unilaterala fallet
 - G_S och G_L
- Bilaterala fallet
 - G_A och G_P

Bilateral förstärkare

- $C_{bc} \neq 0$
- Koppling från utgång till ingång

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \neq 0 \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$$

- Använd G_T



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

Bilateral konjugatanpassning

- Konjugatanpassning maximerar G_T
- För unilateral transistor gäller
 - $\Gamma_S = \Gamma_{in}^* = S_{11}^*$ och $\Gamma_L = \Gamma_{ut}^* = S_{22}^*$
- För bilateral transistor gäller att ingångsreflektionen beror på lastimpedansen

$$\Gamma_S = \Gamma_{IN}^* = \left(S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \right)^* \quad (6.41a)$$

$$\Gamma_L = \Gamma_{UT}^* = \left(S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S} \right)^* \quad (6.41b)$$

Bilateral konjugatanpassning

$$\Gamma_S = \frac{B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2C_1} \quad (6.43a) \quad \Gamma_L = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2} \quad (6.43b)$$

$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2 \quad (6.44a) \quad B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2 \quad (6.44b)$$

$$C_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^* \quad (6.44c) \quad C_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^* \quad (6.44d)$$

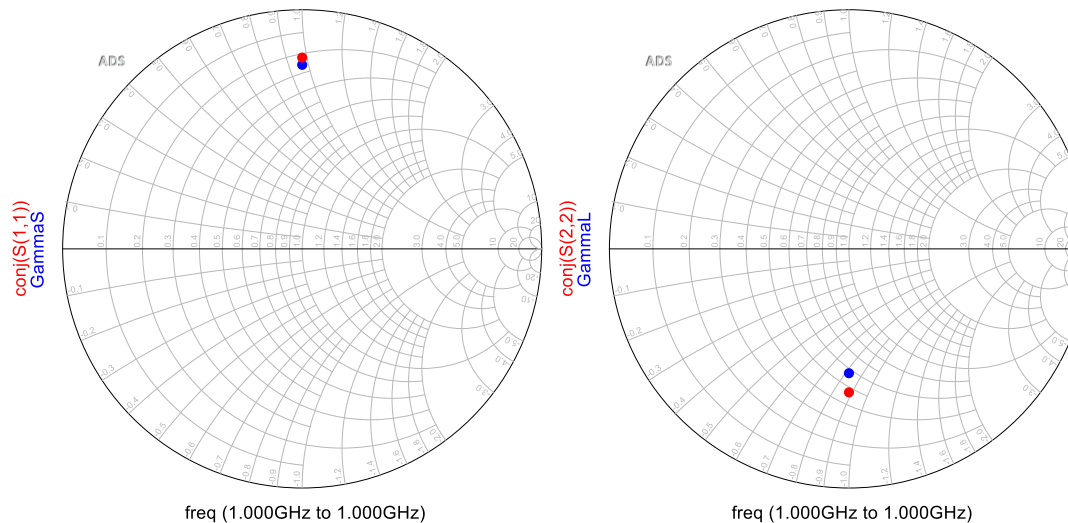
- Konjugatanpassning möjlig endast om differensen under rottecknen är positiv
- Gäller när $K > 1$ och $|\Delta| < 1$
- **Ovillkorligen stabil transistor krävs för bilateral konjugatanpassning**

Övning

- En transistor har följande S-parametrar

$$S = \begin{bmatrix} 0.8 \angle -90^\circ & 0.01 \angle 0^\circ \\ 4 \angle 180^\circ & 0.6 \angle 90^\circ \end{bmatrix}$$

- Bestäm Γ_S och Γ_L för maximal förstärkning



Maximal bilateral förstärkning

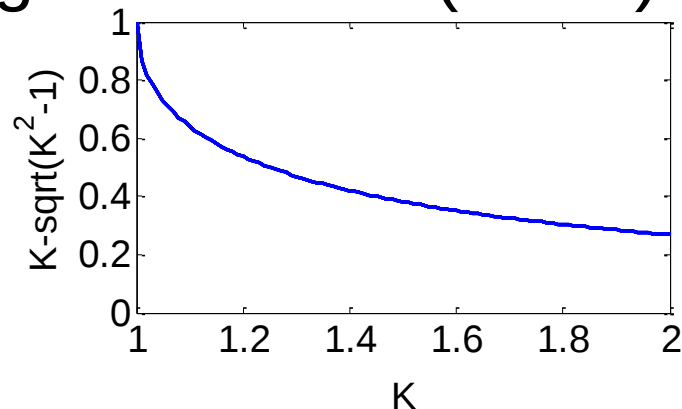
- Maximering av $G_T = \frac{|S_{21}|^2 (1 - |\Gamma_S|^2)(1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - \Gamma_S \Gamma_{in}|^2 |1 - S_{22} \Gamma_L|^2}$

- Fås vid samtidigt konjugatanpassning

$$\Gamma_S = \Gamma_{IN}^* = \left(S_{11} + \frac{S_{12} S_{21} \Gamma_L}{1 - S_{22} \Gamma_L} \right)^* \quad \Gamma_L = \Gamma_{UT}^* = \left(S_{22} + \frac{S_{12} S_{21} \Gamma_S}{1 - S_{11} \Gamma_S} \right)^*$$

- Vilket gäller för ovillkorligen stabilitet ($K > 1$)

$$G_{\max} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} \left(K - \sqrt{K^2 - 1} \right)$$



Maximal stabil förstärkning

- Om $K < 1$

- Stabilisera så att $K \geq 1$

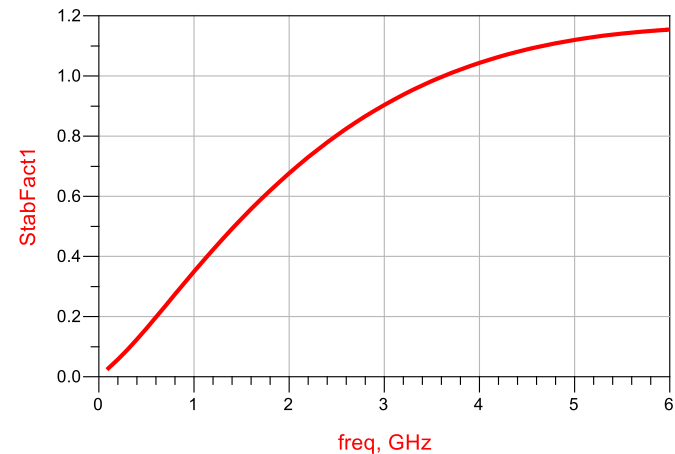
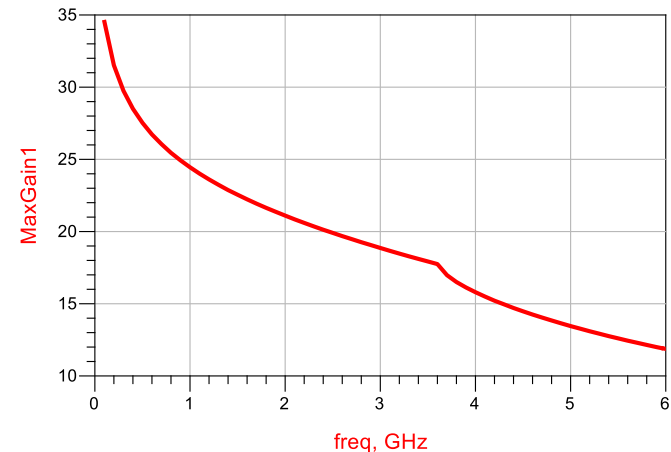
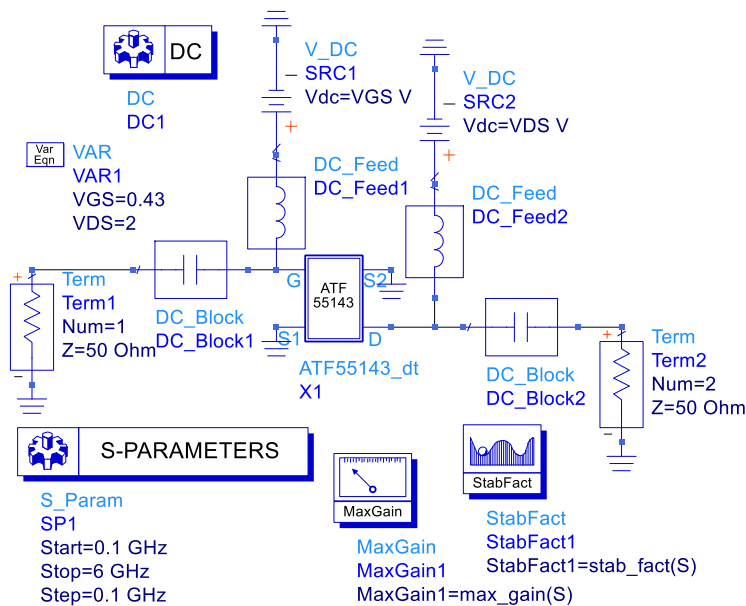
$$G_{\max} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} \left(K - \sqrt{K^2 - 1} \right)$$

- Maximal stabil förstärkning fås då $K = 1$

$$G_{\text{msg}} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|}$$

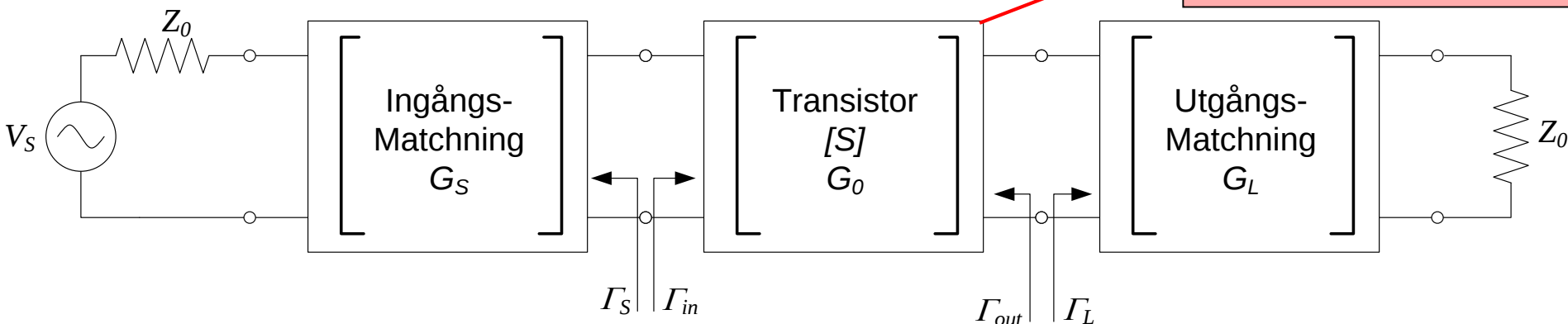
- Detta ger två regioner för transistorns maximala förstärkning
 - G_{msg} för $K < 1$
 - $G_{\max}$ för $K \geq 1$

Simulering av ATF-55143



En förstärkare

- En förstärkare består av
 1. Stabil transistor med biaseringsnät
 2. Matchningsnät för ingång och utgång



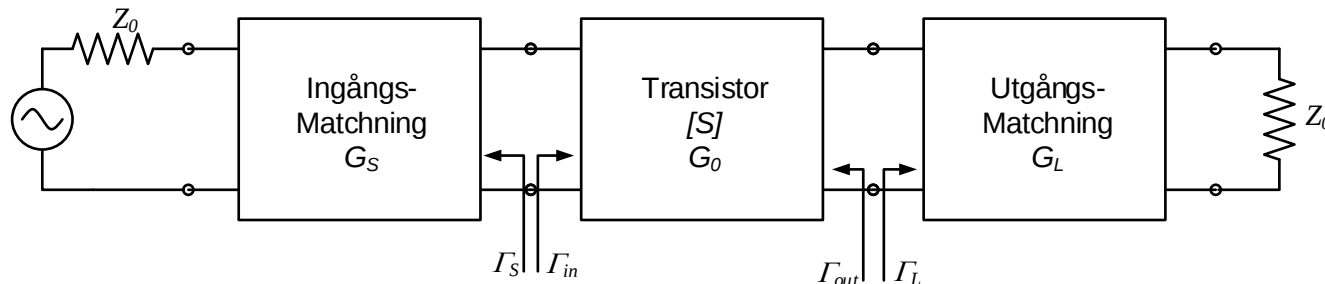
$$G_T = \frac{P_L}{P_{avs}} = \frac{(1 - |\Gamma_S|^2)}{|1 - \Gamma_S \Gamma_{in}|^2} |S_{21}|^2 \frac{(1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - S_{22} \Gamma_L|^2} = G_S G_0 G_L$$

Konstant-gain cirklar

- Maximal förstärkning för konjugatanpassning
- Genom att designa för mindre än maximal förstärkning kan andra parametrar optimeras
 - Brusegenskaper
 - Bandbredd
 - Verkningsgrad

Konstant-gain: Unilateral

- Betrakta förstärkaren som tre block



- Förstärkning och maximal förstärkning ges av

$$G_{TU} = \underbrace{\frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2}}_{G_S} \underbrace{|S_{21}|^2}_{G_0} \underbrace{\frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2}}_{G_L}$$

$$G_{TU,max} = \underbrace{\frac{1}{1 - |S_{11}|^2}}_{G_{S,max}} \underbrace{|S_{21}|^2}_{G_0} \underbrace{\frac{1}{1 - |S_{22}|^2}}_{G_{L,max}}$$

Konstant-gain: Unilateral

- Löser ingång och utgång separat
- Lös Γ_S för konstant G_S
- Ger cirklar i Γ_S -planet
- Motsvarande för G_L ger cirklar i Γ_L -planet

$$G_{TU} = \underbrace{\frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2}}_{G_S} \underbrace{|S_{21}|^2}_{G_0} \underbrace{\frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2}}_{G_L}$$

Gaincirklar: Unilateral

Källan

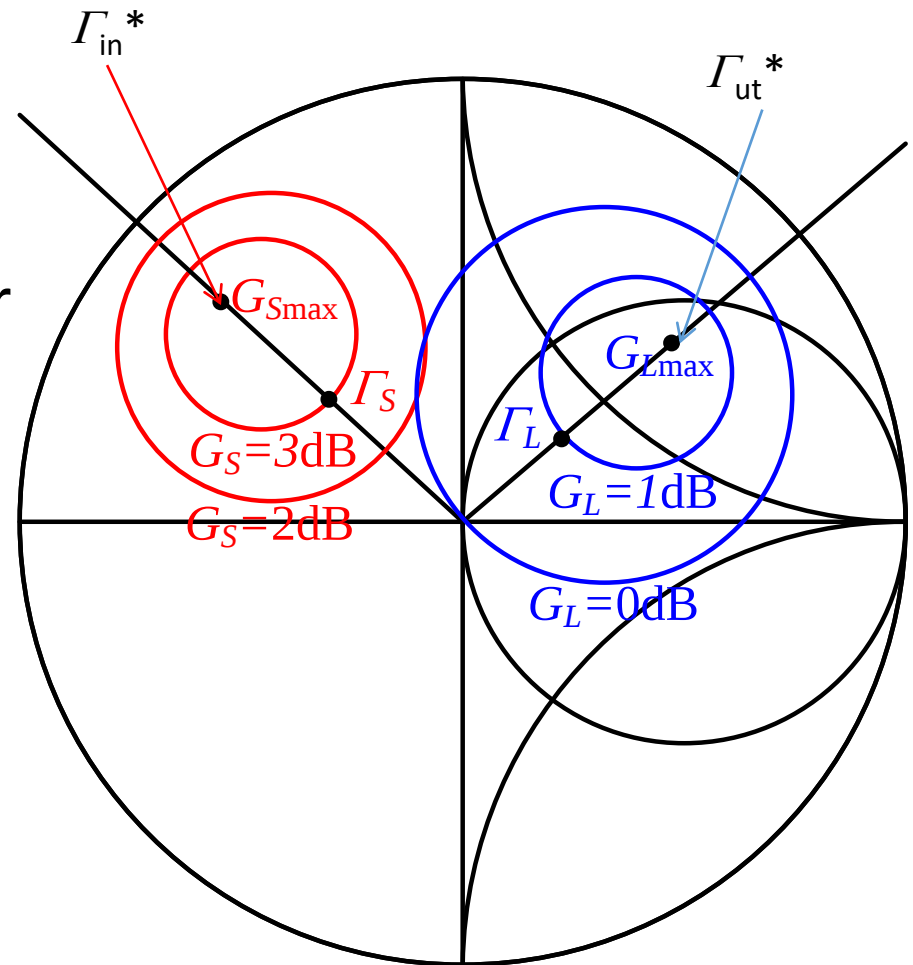
- Normaliserad förstärkning
- $$g_S = \frac{G_S}{G_{S,max}} = \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2} (1 - |S_{11}|^2)$$
- Konstant-gain cirkel ges av
- $$C_S = \frac{g_S S_{11}^*}{1 - (1 - g_S)|S_{11}|^2}$$
- $$R_S = \frac{\sqrt{1 - g_S}(1 - |S_{11}|^2)}{1 - (1 - g_S)|S_{11}|^2}$$

Lasten

- Normaliserad förstärkning
- $$g_L = \frac{G_L}{G_{L,max}} = \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2} (1 - |S_{22}|^2)$$
- Konstant-gain cirkel ges av
- $$C_L = \frac{g_L S_{22}^*}{1 - (1 - g_L)|S_{22}|^2}$$
- $$R_L = \frac{\sqrt{1 - g_L}(1 - |S_{22}|^2)}{1 - (1 - g_L)|S_{22}|^2}$$

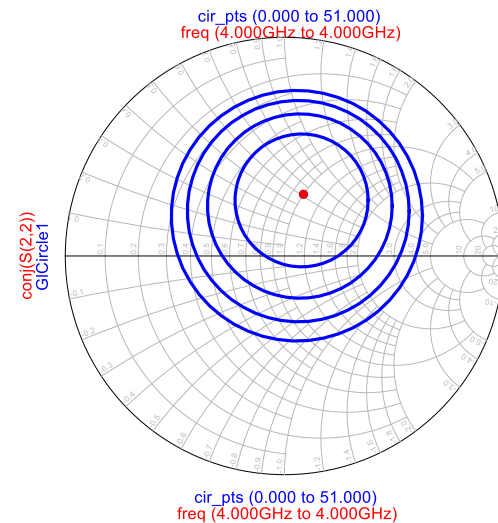
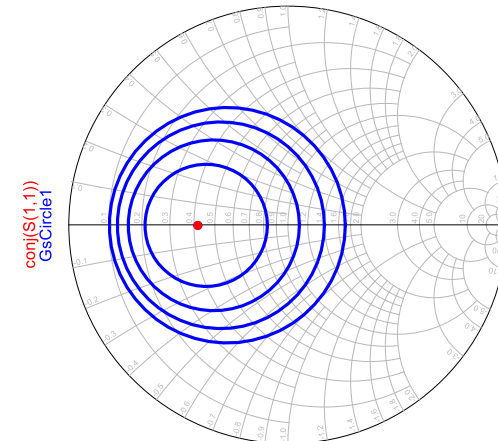
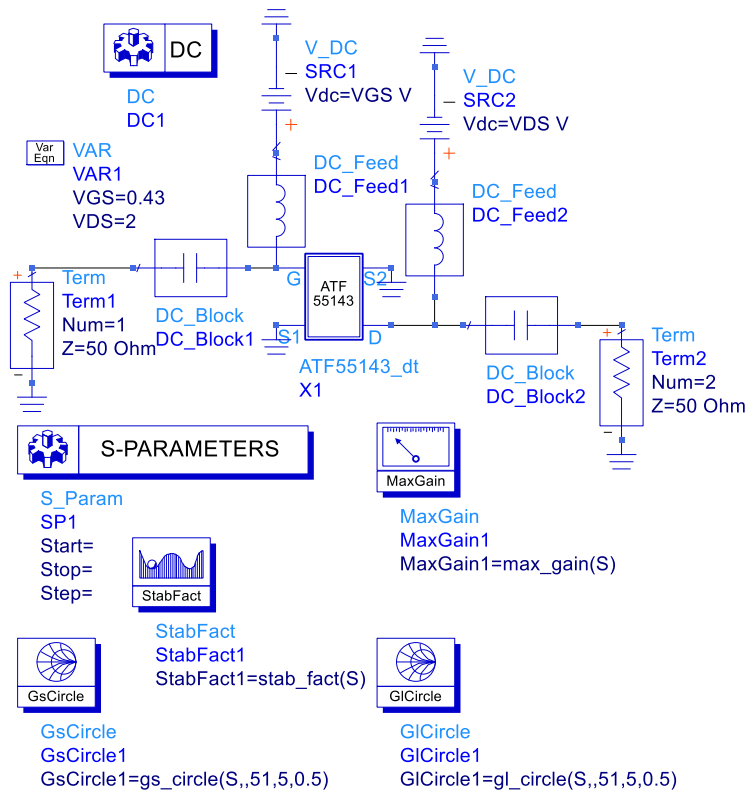
Gaincirklar: Unilateral

- Cirklar fås runt $G_{S,\max}$ och $G_{L,\max}$
- Mismatch på in- eller utgången ger önskad förstärkning



Simulering av ATF-55143

freq	StabFact1	MaxGain1	dB(S(2,1))
4.000 GHz	1.043	15.795	13.123

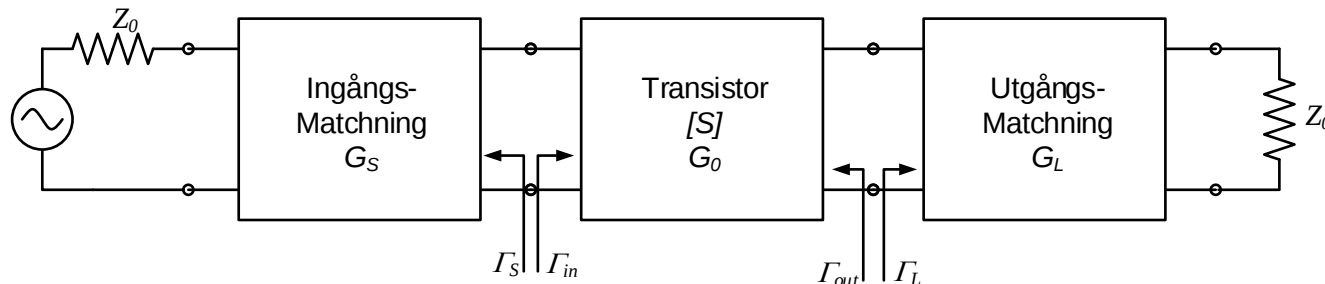


Konstant-gain: Bilateral

- Löser för konstant G_A eller G_P
- Available gain cirklar (Tillgänglig förstärkning)
 - Ritas i Γ_S planet
 - Ger total förstärkning då utgången konjugatanpassas
- Power gain cirklar (Effektförstärkning)
 - Ritas i Γ_L planet
 - Ger total förstärkning då ingången konjugatanpassas

Konstant-gain: Bilateral

- Betrakta förstärkaren som tre block



- Förstärkning och maximal förstärkning ges av

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

$$G_{T,max} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} \left(K - \sqrt{K^2 - 1} \right)$$

Gaincirklar: Bilateral

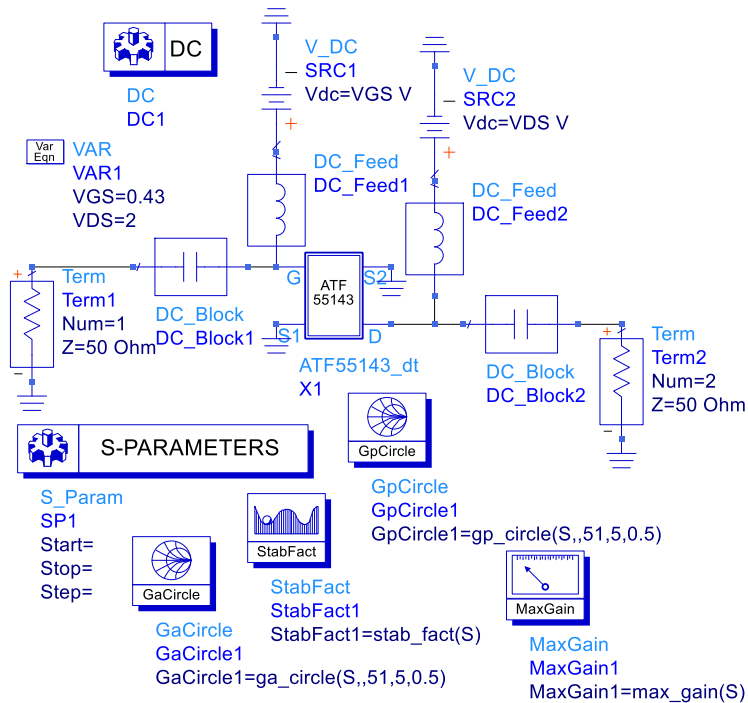
Available gain

- Normaliserad förstärkning
- $g_a = \frac{G_A}{|S_{21}|^2}$
- Konstant gain cirklar ges av
- $C_a = \frac{g_a C_1^*}{1 + g_a(|S_{11}|^2 - |\Delta|^2)}$
- $R_a = \frac{\sqrt{1 - 2K|S_{12}S_{21}|g_a + |S_{12}S_{21}|^2 g_a^2}}{|1 + g_a(|S_{11}|^2 - |\Delta|^2)|}$
- $C_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^*$

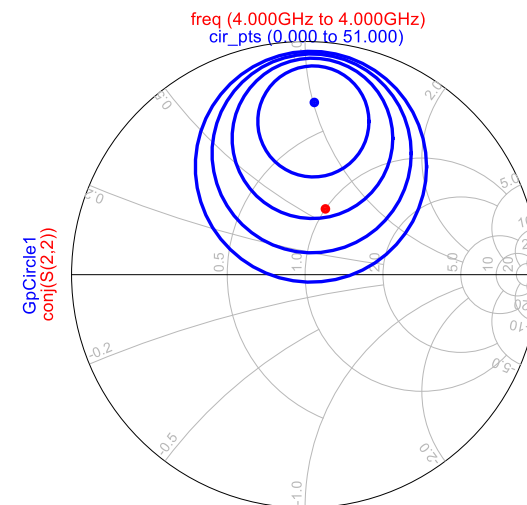
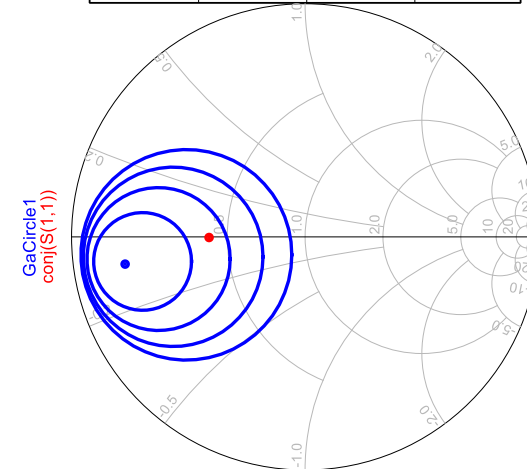
Power gain

- Normaliserad förstärkning
- $g_p = \frac{G_P}{|S_{21}|^2}$
- Konstant gain cirklar ges av
- $C_p = \frac{g_p C_2^*}{1 + g_p(|S_{22}|^2 - |\Delta|^2)}$
- $R_p = \frac{\sqrt{1 - 2K|S_{12}S_{21}|g_p + |S_{12}S_{21}|^2 g_p^2}}{|1 + g_p(|S_{22}|^2 - |\Delta|^2)|}$
- $C_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^*$

Simulering av ATF-55143



freq	StabFact1	MaxGain1	dB(S(2,1))
4.000 GHz	1.043	15.795	13.123



freq (4.000GHz to 4.000GHz)
cir_pts (0.000 to 51.000)

Övning

- Löser 6.11 i Pozar

Sammanfattning

- Bilateral förstärkardesign
 - Kräver ovillkorlig stabilitet
 - Samtidigt konjugatanpassning ger Γ_S och Γ_L
- Konstanta gain-cirklar
 - Design för annat än maximal förstärkning
 - Brus
 - Bandbredd
 - Ritas i Γ_S eller Γ_L -planet
 - Unilateral och bilateral lösning

Projektet

- Konstanta gain-cirklar i ADS
- Samtidig konjugatanpassning
- Design av anpassningsnät