

Hoch- und Höchstfrequenzhalbleiterschaltungen

Übung 08.11.2013

INSTITUT FÜR HOCHFREQUENZTECHNIK UND ELEKTRONIK



Organisation

- Daniel Müller
- daniel.mueller@kit.edu
- 0721 – 608 47723
- Gebäude 30.10 Raum 3.28

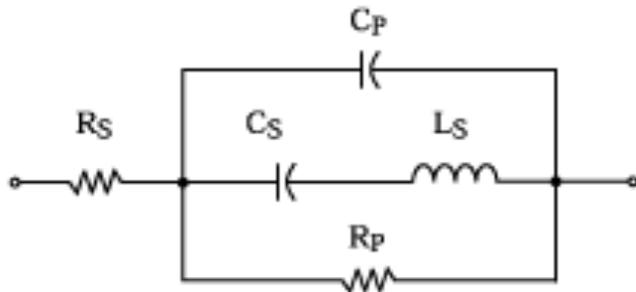


Datum	Fr. 9:45 – 11:15 HSI Hörsaal	Mo. 9:30 – 12:30 SCC, I-Pool	Mi. 14:00 – 16:00 Uhr IHE Seminarraum 1. OG
08.11.2013	Saalübung		
08.01.2014			ADS Einführung
13.01.2014		ADS Übung 1	
20.01.2014		ADS Übung 2	
27.01.2014		ADS Übung 3	
03.02.2014		ADS Übung 4	
10.02.2014		ADS Übung 5	
17.02.2014		ADS Übung (optional)	

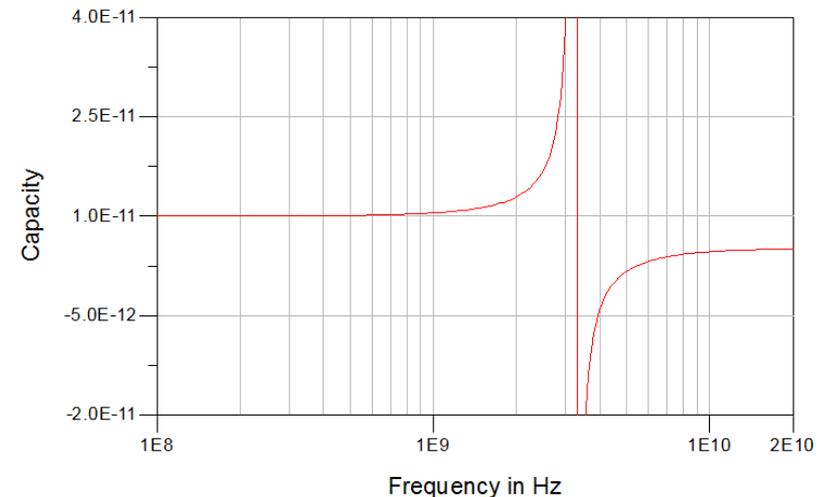
Motivation

- Warum keine diskreten Bauteile ?
 - Diskrete Kapazitäten und Induktivitäten aktuell bis max. 20 GHz verfügbar (nur beschränkte Auswahl an Werten)

- Beispiel 10 pF Kondensator:

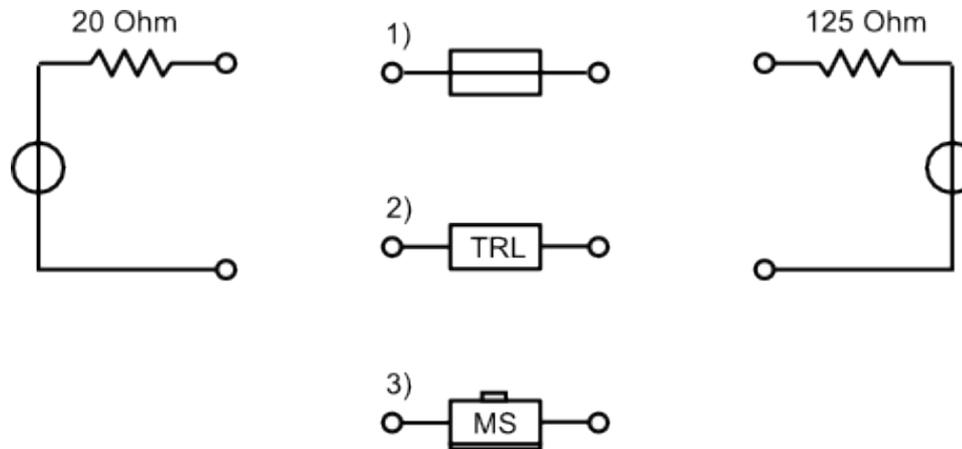


Typical Values
 $C_S = 4.8 \text{ pF}$
 $L_S = 0.5 \text{ nH}$
 $R_P = 78 \text{ Kohms}$
 $C_P = 5.2 \text{ pF}$
 $R_S = 0.11 \text{ ohms}$



Aufgabe A – Fehlangepasste Systeme

Gegeben ist eine Quelle mit dem Innenwiderstand 20 Ohm und ein Verbraucher mit dem Innenwiderstand 125 Ohm. Die Quellenleistung beträgt 5 dBm.



■ Grundlagen

$$P_{\max} = 5 \text{ dBm} = 3,16 \text{ mW}$$

$$P_w = P_{\max} * (1 - |\Gamma|^2)$$

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

Aufgabe A – Fehlangepasste Systeme

- 1) Wieviel Leistung kommt am Verbraucher an, wenn die Quelle und der Verbraucher direkt verbunden werden?

Lösung:

$$Z_{in} = R = 125 \Omega$$

$$\rightarrow \Gamma = 0,724$$

$$\rightarrow P_w = 1,77 \text{ dBm}$$

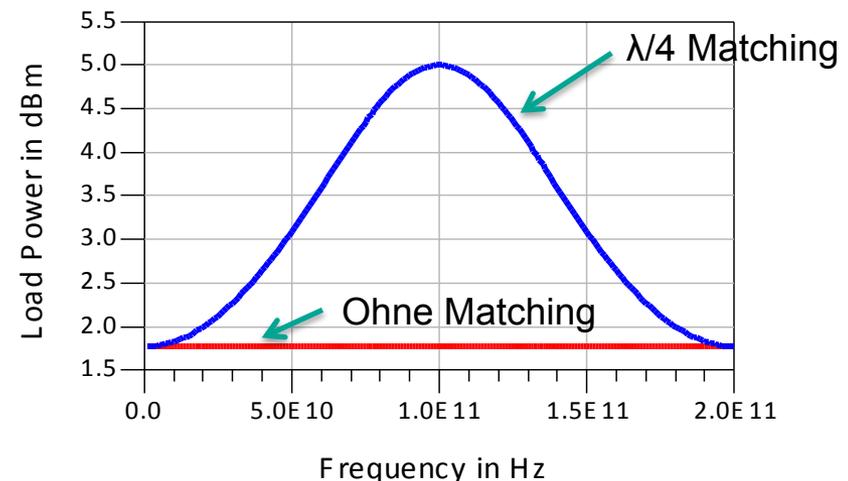
- 2) über eine Leitung der Länge $\lambda/4$ und der Impedanz 50 Ohm verbunden werden?

Lösung:

$$Z_{in} = \frac{Z_0^2}{R} = 20 \Omega$$

$$\rightarrow \Gamma = 0$$

$$\rightarrow P_w = 5 \text{ dBm} \quad (\text{bei } 100 \text{ GHz})$$

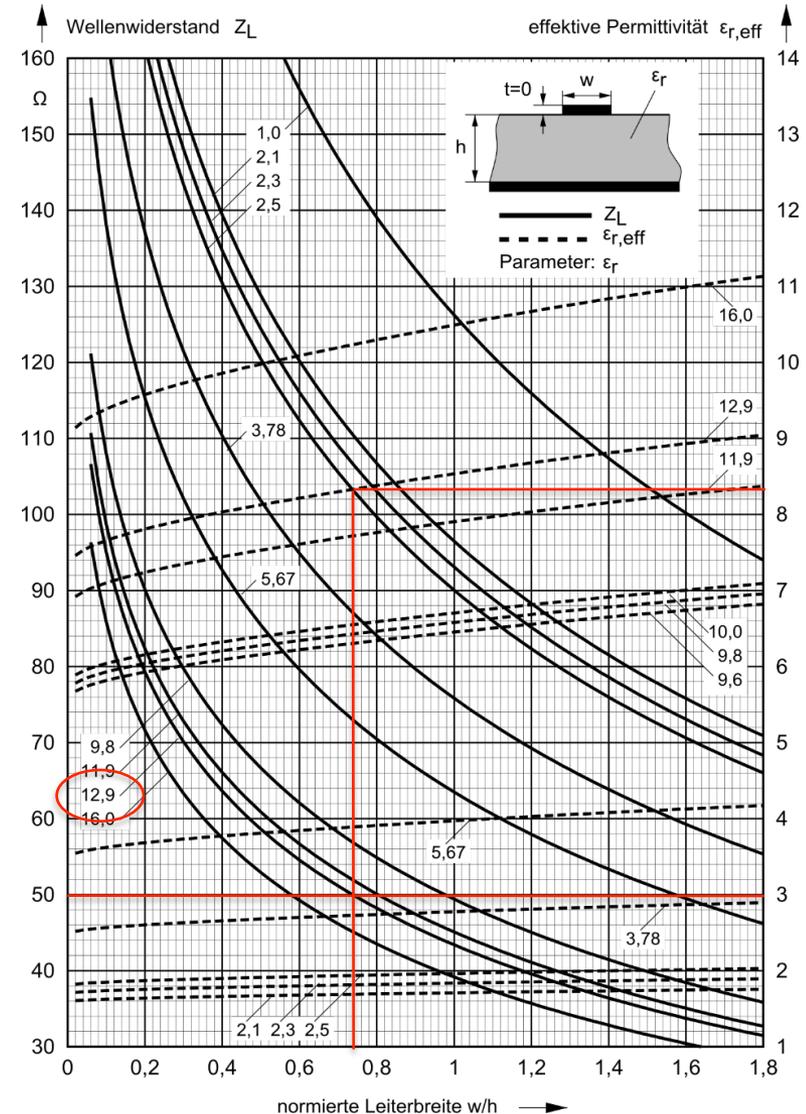


Aufgabe A – Fehlangepasste Systeme

3) mit einer Mikrostreifenleitung verbunden werden? Die Länge und die Weite der Mikrostreifenleitung soll so gewählt werden, dass **maximale Leistung** am Verbraucher ankommt. Zur Auswahl stehen zwei GaAs Substrate mit einer **Permittivität von 12,9** der **Dicke 650 μm und 50 μm** . Benutzen Sie zur Bestimmung der Weiten und Längen die Grafik im Anhang. Die Anpassung soll bei **100 GHz** sein.

Aufgabe A – Fehlangepasste Systeme

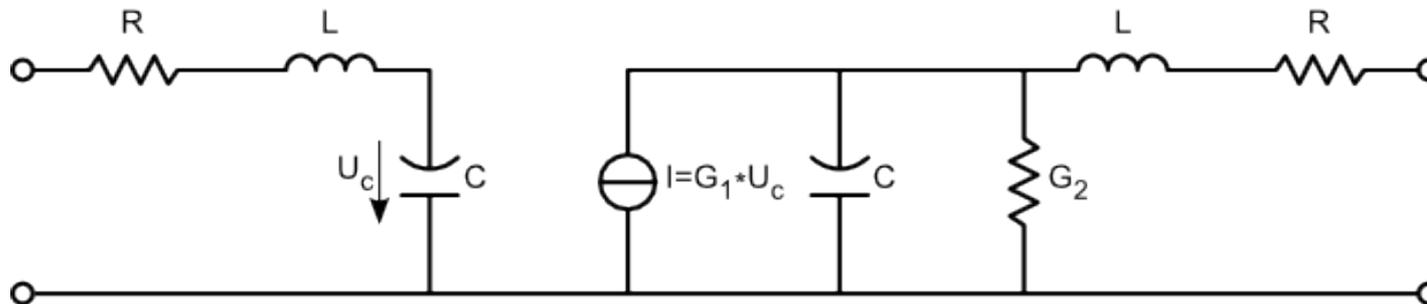
- Gewünschte Impedanz einzeichnen
- Normierte Leiterbreite ablesen
 - $w/h = 0,74$
- ϵ_{eff} ablesen
 - $\epsilon_{\text{eff}} = 8,3$
- Substratdicke $650 \mu\text{m}$
 - Leiterweite $480 \mu\text{m}$
 - Leiterlänge $260 \mu\text{m}$
- Substratdicke $50 \mu\text{m}$
 - Leiterweite $37 \mu\text{m}$
 - Leiterlänge $260 \mu\text{m}$



Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

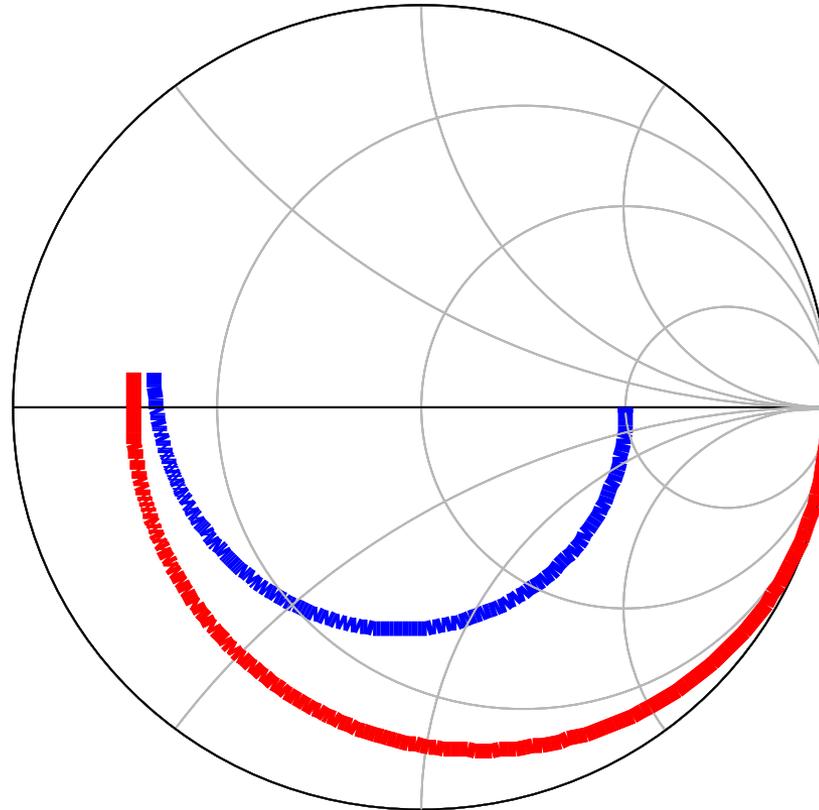
- Im Folgenden ist das Ersatzschaltbild eines Feldeffekttransistors in Common-Source Konfiguration gegeben.

- $R = 8,5 \text{ Ohm}$ $G_1 = 100 \text{ mS}$
 $L = 15 \text{ pH}$ $G_2 = 7 \text{ mS}$
 $C = 50 \text{ fF}$



1) Skizzieren Sie S_{11} und S_{22} des Transistors im Smith-Chart. Überlegen Sie sich dafür welche Ein- und Ausgangsimpedanzen für $f \rightarrow 0$ und $f \gg 0$ erzielt werden.

Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren



$$Z_{in} = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

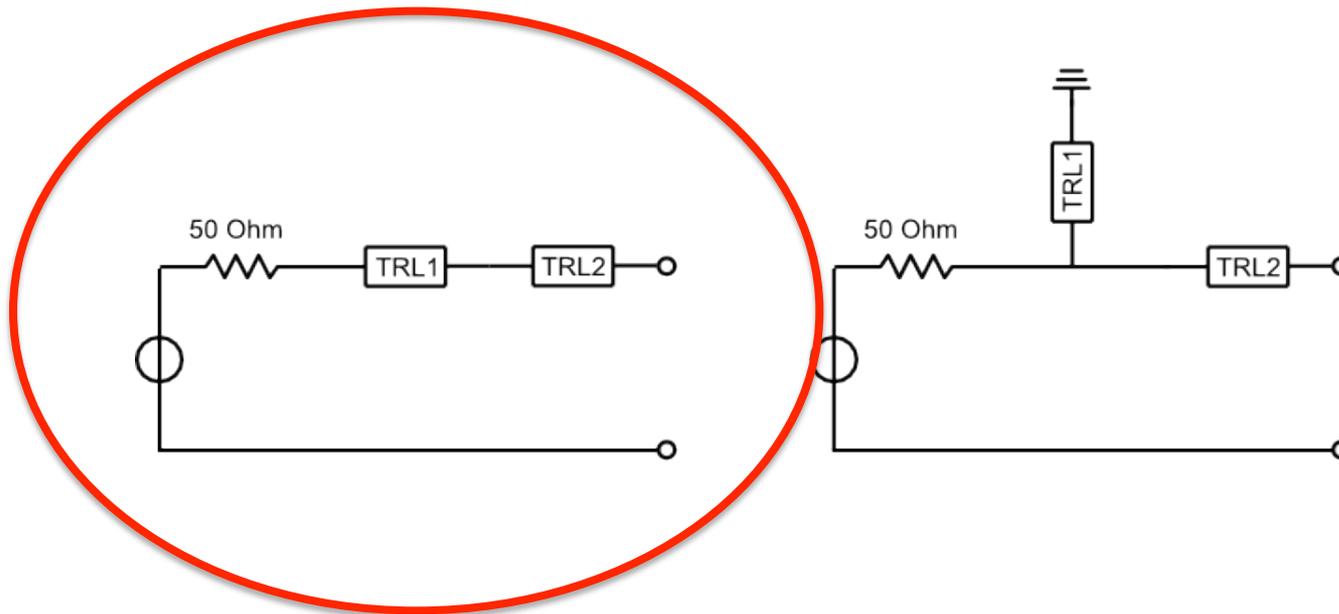
$$Z_{out} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C} + j\omega L + R = R + \frac{R_2}{1 + (\omega R_2 C)^2} + j \left(\omega L - \frac{\omega R_2^2 C}{1 + (\omega R_2 C)^2} \right)$$

Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

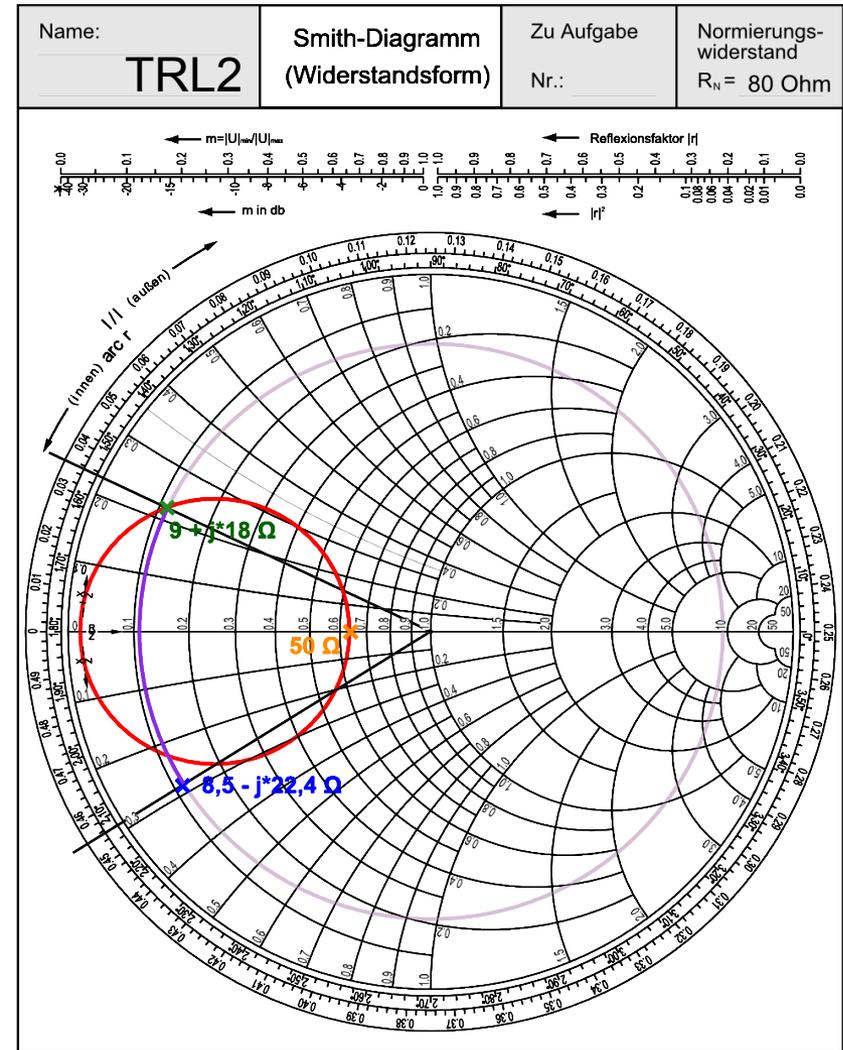
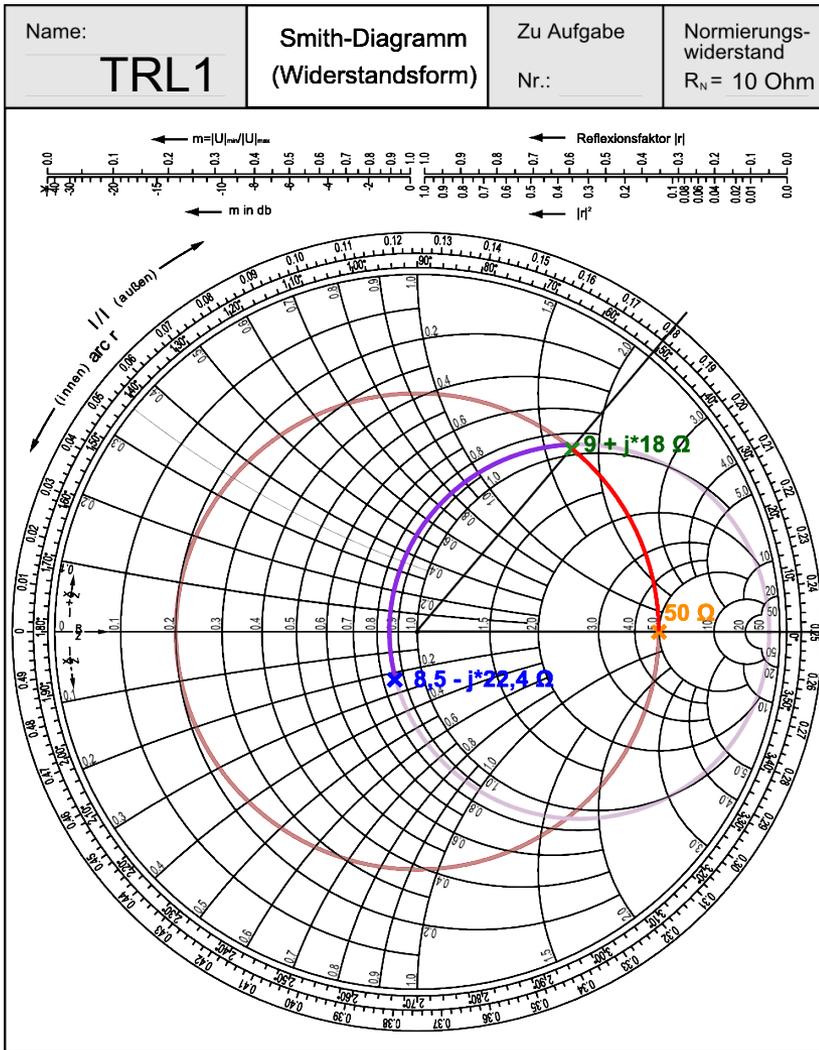
2) Bei 100 GHz ist die Eingangsimpedanz = $8.5 - j \cdot 22.4 \Omega$ und die Ausgangsimpedanz = $15.25 - j \cdot 21 \Omega$.

Wie können Sie den Transistor anpassen? Im Folgenden sind zur Hilfestellung zwei typische Anpassnetzwerke gegeben. Wie sieht der Transformationsweg im Smith-Chart aus?

Die Leitungen können Impedanzen von 10 bis 80Ω annehmen.



Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren



Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

- Ablesen der Werte für die Eingangsanpassung

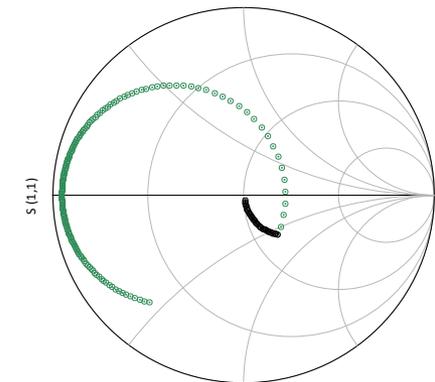
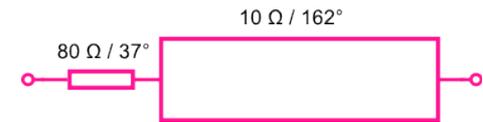
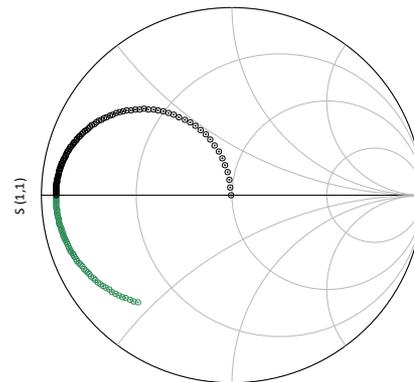
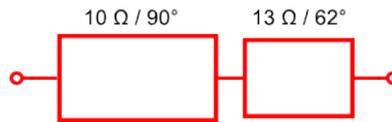
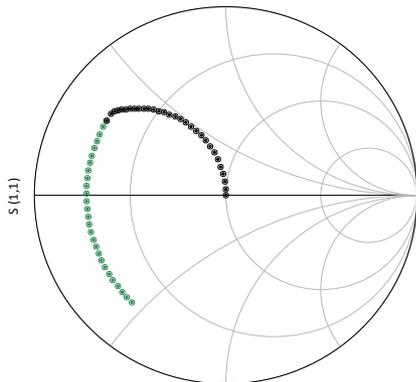
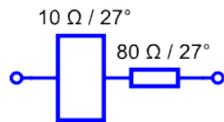
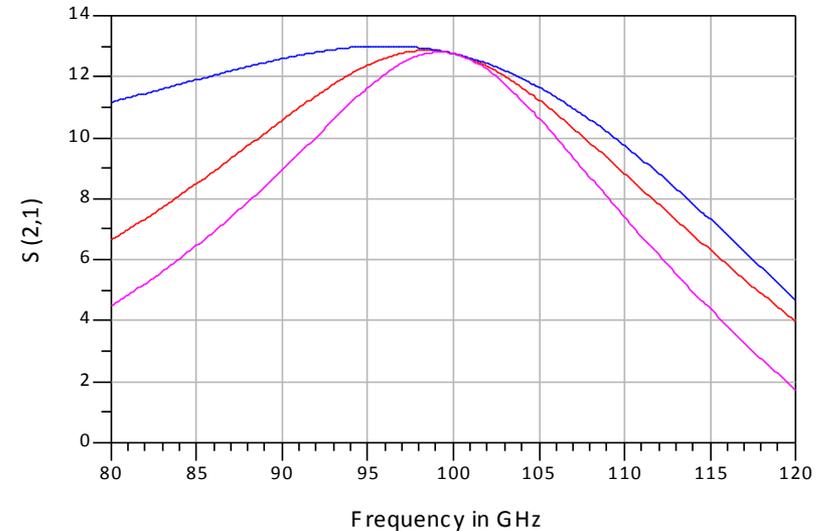
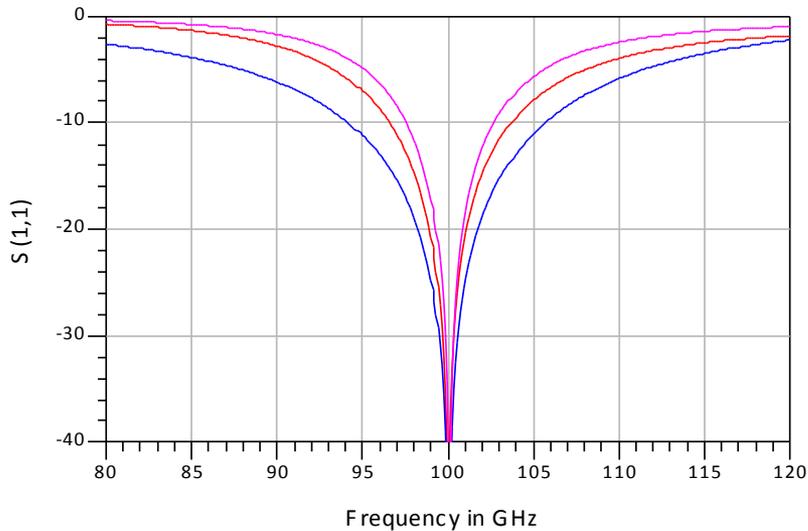
- TRL1 (10 Ω)

$$\frac{l_{TRL1}}{\lambda} = 0,25 - 0,18 = 0,07 \rightarrow l_{TRL1} = 25,2^\circ$$

- TRL2 (80 Ω)

$$\frac{l_{TRL2}}{\lambda} = 0,535 - 0,455 = 0,08 \rightarrow l_{TRL2} = 28,8^\circ$$

Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

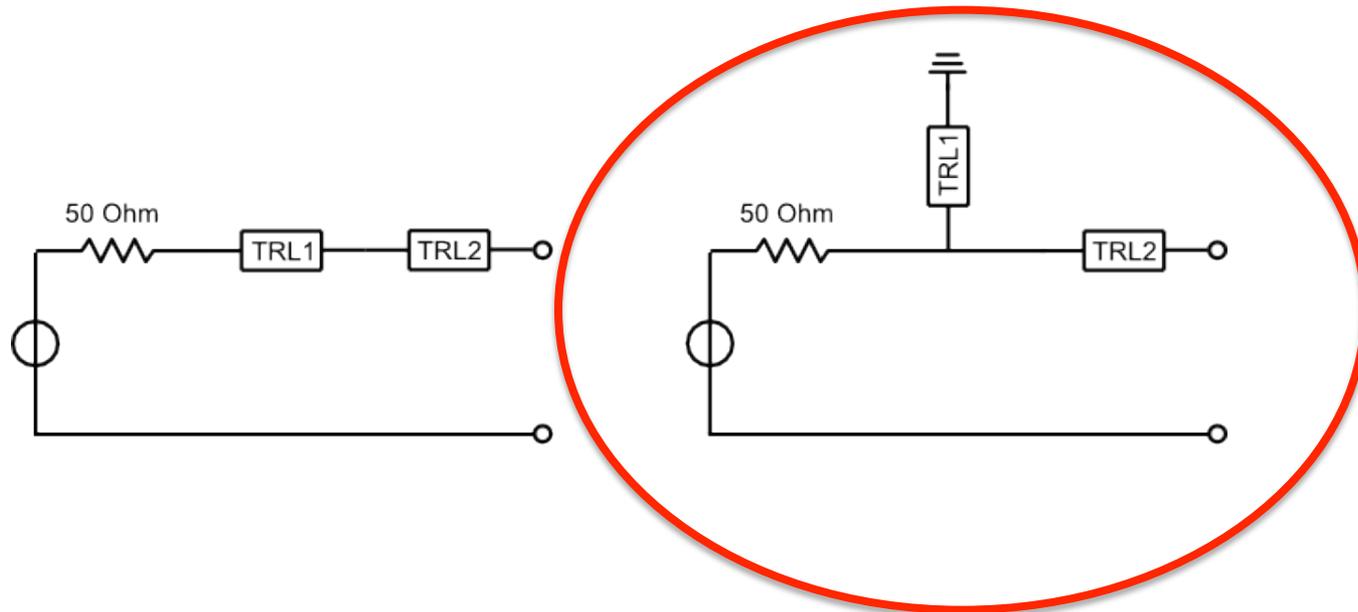


Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

2) Bei 100 GHz ist die Eingangsimpedanz = $8.5 - j \cdot 22.4 \Omega$ und die Ausgangsimpedanz = $15.25 - j \cdot 21 \Omega$.

Wie können Sie den Transistor anpassen? Im Folgenden sind zur Hilfestellung zwei typische Anpassnetzwerke gegeben. Wie sieht der Transformationsweg im Smith-Chart aus?

Die Leitungen können Impedanzen von 10 bis 80Ω annehmen.

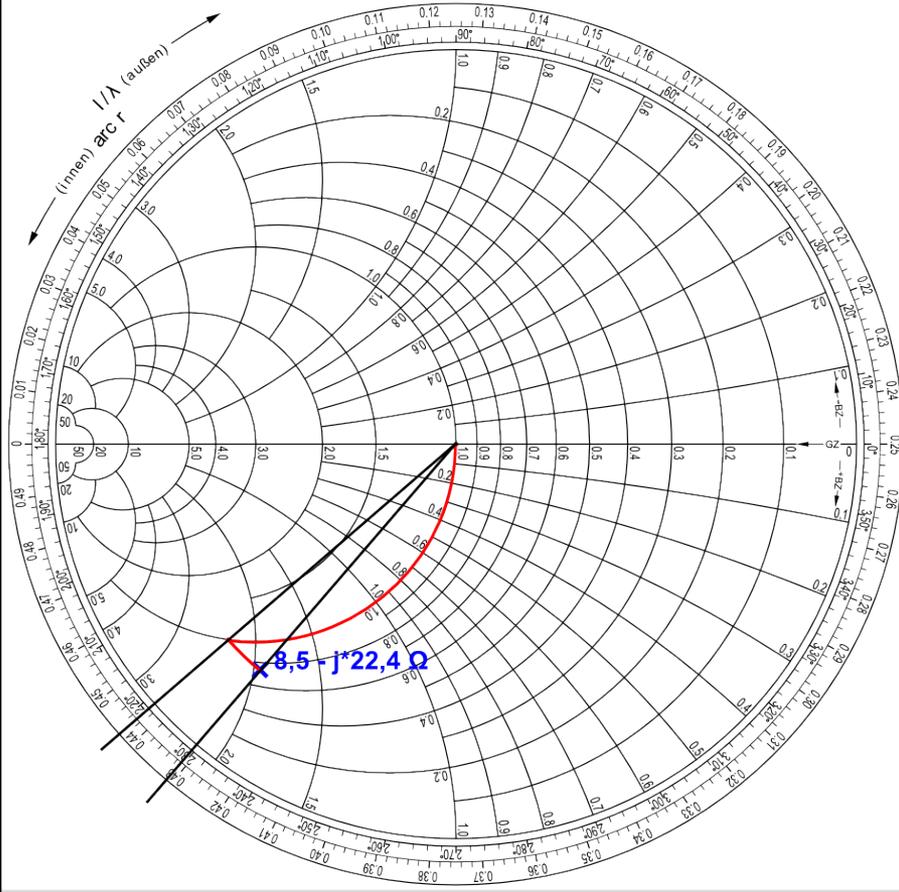
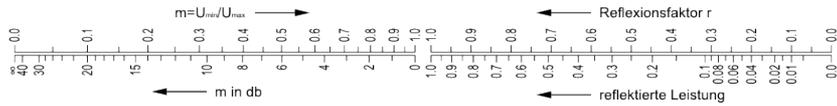


Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

(Leitwertform)

Nr.: _____

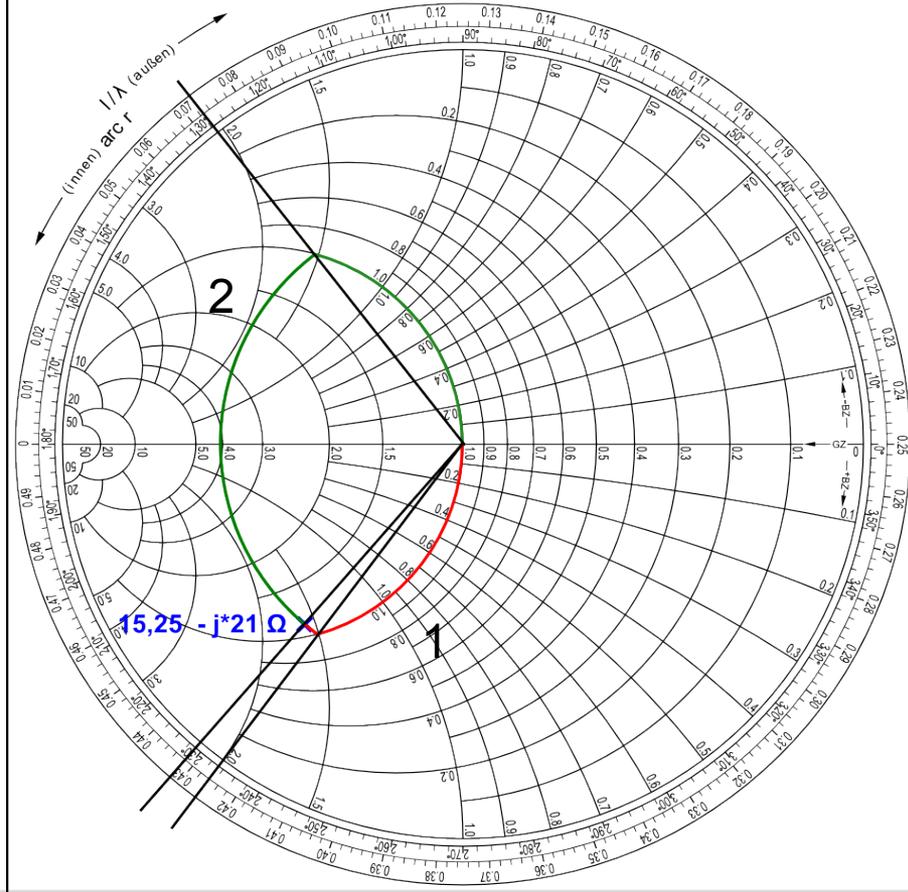
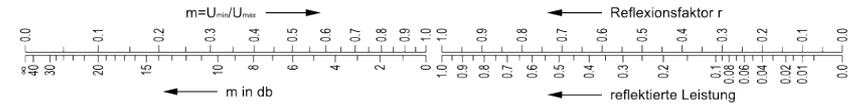
Bezugsadmittanz
 $Y_0 = 1/50$



(Leitwertform)

Nr.: _____

Bezugsadmittanz
 $Y_0 = 1/50$



Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

Berechnung Werte Eingangsanpassung

- Alle Leitungen: $Z_0 = 50 \Omega$
- Leitungslänge TRL2 ablesen

$$\frac{l_{TRL2}}{\lambda} = 0,443 - 0,431 = 0,012 \rightarrow l_{TRL2} = 4,32^\circ$$

■ Berechnung der Stub-Länge

- Eingangsimpedanz kurzgeschlossener Stub: $Z_{in} = jZ_0 \tan(\beta l)$
- Ablesen des zu kompensierenden Blindleitwerts und umrechnen in Blindwiderstand: $B = \frac{2,4}{50 \Omega} \rightarrow G = \frac{50 \Omega}{2,4} = 20,83 \Omega$

- Berechnung der benötigten Leitungslänge:

$$20,83 \Omega = Z_0 \tan(\beta l_{TRL1}) \rightarrow l_{TRL1} = \frac{\arctan(20,83 \Omega / Z_0)}{\beta} = 22,6^\circ \text{ mit } \beta = \frac{2\pi}{360^\circ}$$

Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

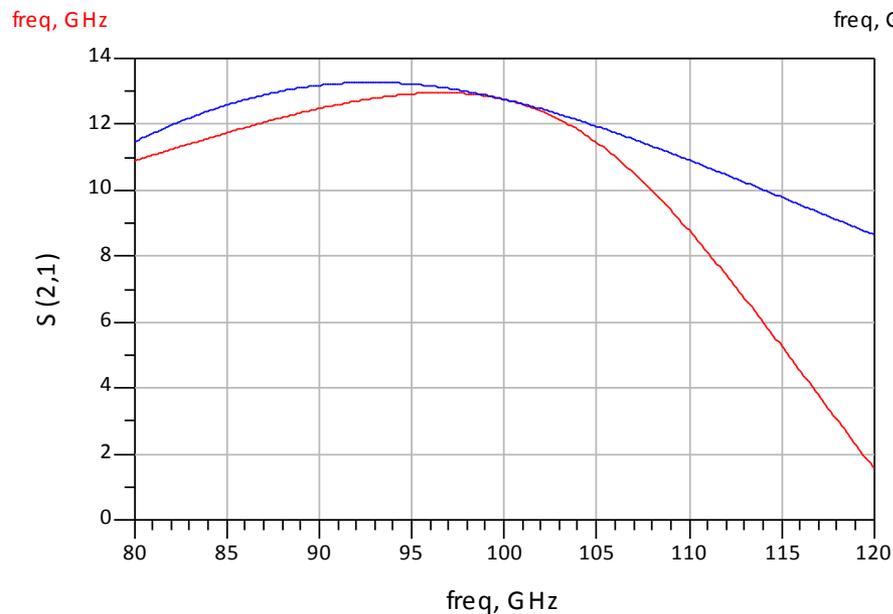
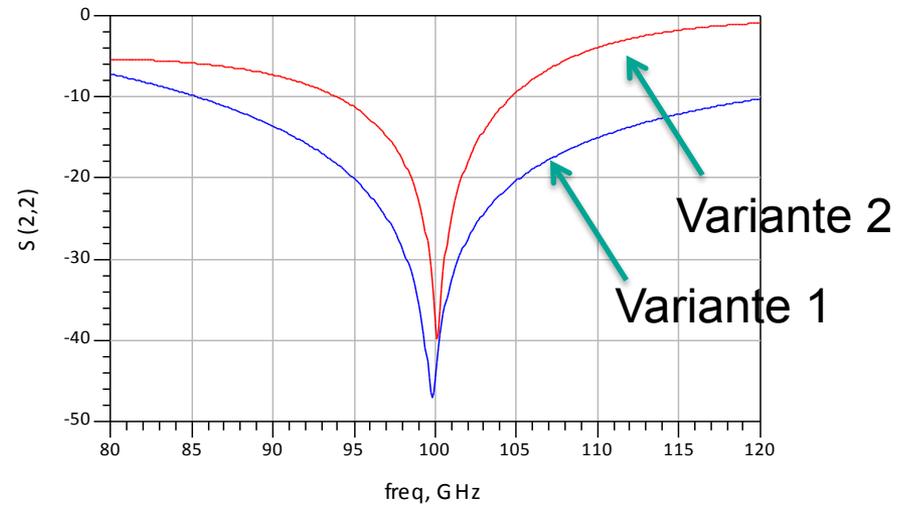
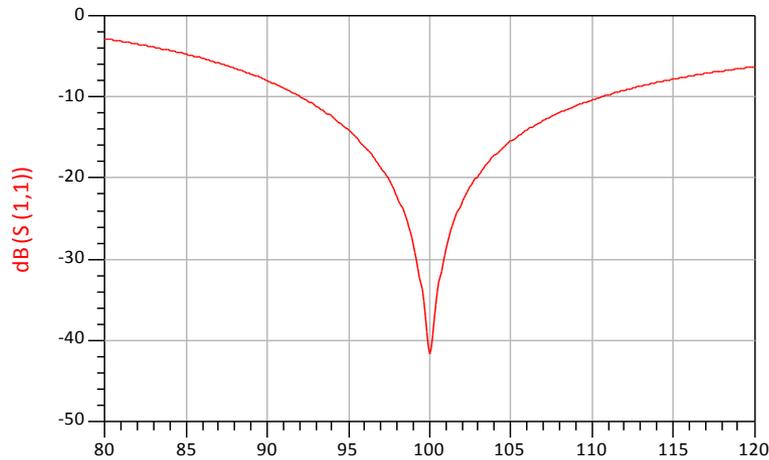
Berechnung Werte Ausgangsanpassung

- Analog zu Eingangsanpassung
- Alle Leitungen: $Z_0 = 50 \Omega$

- Variante 1: $l_{TRL1} = 34,5^\circ$
 $l_{TRL2} = -2,5^\circ$

- Variante 2: $l_{TRL1} = 146^\circ$
 $l_{TRL2} = 51^\circ$

Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

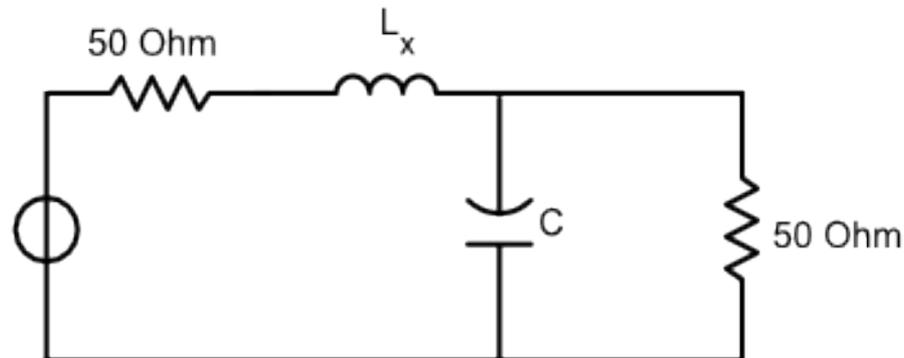


Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

3) Bei sehr niedrigen Frequenzen können die Widerstände, Leitwerte und Induktivitäten vernachlässigt werden und der Transistor wird durch die Kapazitäten und die Stromquelle beschrieben.

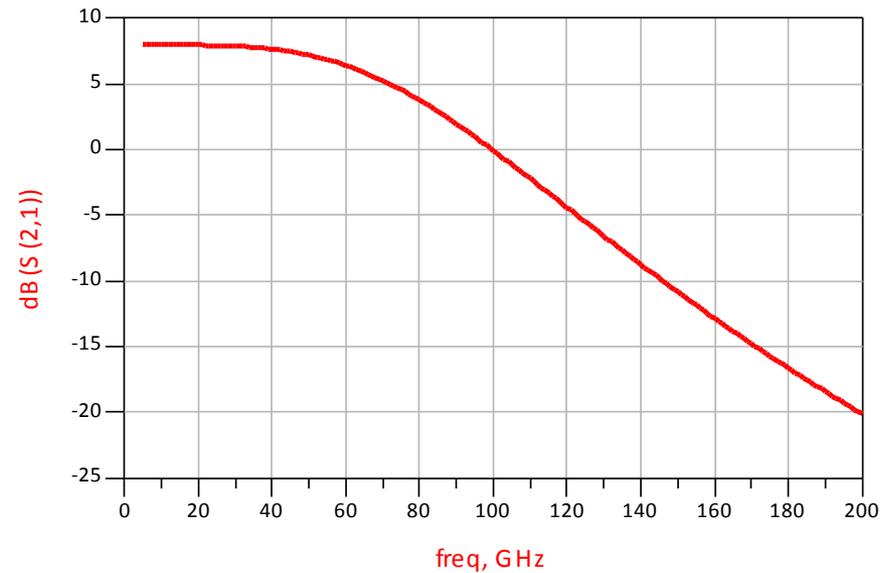
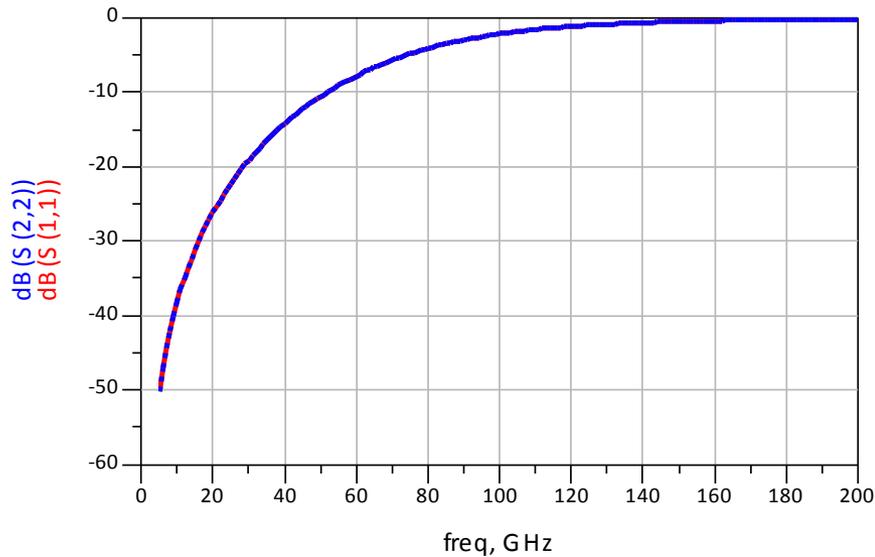
Wird der Transistor eingangsseitig parallel mit einem Widerstand abgeschlossen, kann mit einer zusätzlichen Induktivität die Kapazität am Eingang kompensiert werden. Welchen Wert muss die Induktivität für eine frequenzunabhängige Anpassung besitzen?

Hinweis: L_x und C können als Leitung betrachtet werden.



Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

3)
$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \rightarrow L' = Z_0^2 C' = 125 \text{ pH}$$



Aufgabe B – Anpassung von Feldeffekttransistoren

■ Auswirkung von unterschiedlichen Induktivitäten

