

SEMINAR IM FACH SCHALTUNGSTECHNIK I, WS 2021/22

Blatt 10

Aufgaben 22–23; 7 Seiten

Abgabe: Dienstag, 18.01.2022, 23:00 Uhr, PDF-Dokument auf ILIAS hochladen

Ansprechpartner: M. Sc. Raphael Nägele, raphael.naegele@int.uni-stuttgart.de, 2.408 ETI II

Sprechzeiten: Nach Vereinbarung, Fragen auch über ILIAS-Diskussionsforum

Hinweise: Es sind alle Aufgaben auf diesem Arbeitsblatt zu bearbeiten. Vergessen Sie nicht, auf jedes Blatt Ihren Namen, Vornamen und Matrikelnummer zu schreiben. Auf der ersten Seite bitte zusätzlich den Anfangsbuchstaben Ihres Nachnamens markieren und die Blätter mit dem Tacker geheftet abgeben.

Bei allen Berechnungen sind Zwischenschritte anzugeben. Geben Sie ausschließlich das richtige Endergebnis an, bringt dies keine Punkte.

Auf der Ilias-Plattform, in der Vorlesung und im Seminar werden Fehler oder weitere Hinweise bekannt gegeben. Haben Sie einen Fehler gefunden, bitten wir Sie um Rückmeldung. Viel Erfolg bei der Bearbeitung.

Name:	Vorname:	Anfangsbuchstabe:	Nummer:
Matrikelnummer:			

Bewertung – wird vom Institut ausgefüllt

(4)	(2)	(6)	(5)	(+5)	(3)	(20 + 5)		
(3)	(2)	(2)	(2)	(8)	(7 + 2)	(6)	(4)	(34 + 2)
(54 + 7)		+ / 0 / -						

Aufgabe 22

Common-Source-Schaltung

Die meist genutzte Verstärkerschaltung ist die *Common-Source-Schaltung*, deren Kleinsignalersatzschaltbild in Abbildung 1 dargestellt ist (*Common Source*, da der Source-Anschluss des Feldeffekttransistors auf Masse liegt). Betrachtet werden soll das Verhalten der Verstärkerschaltung für hohe Frequenzen.

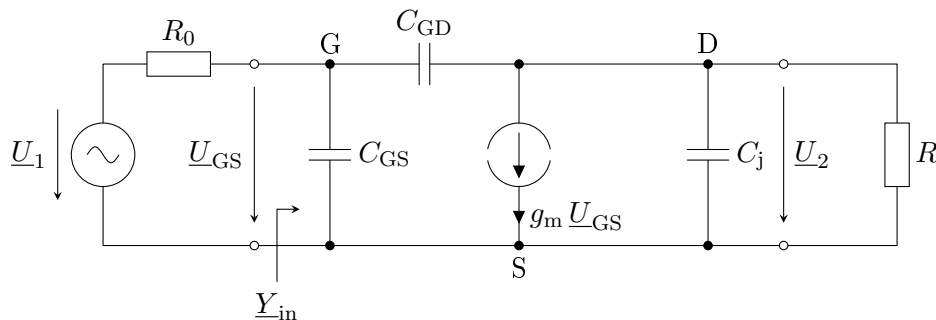


Abbildung 1: Kleinsignalersatzschaltbild der Verstärkerschaltung

Die internen Transistorkapazitäten betragen

$$C_{GS} = 28,0 \text{ fF}, \quad C_{GD} = 7,0 \text{ fF}, \quad C_j = 8,45 \text{ fF}.$$

Die Schaltung besitzt den in Abbildung 2 dargestellten Betragsgang der Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_1$.

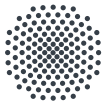
- a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion der Verstärkerschaltung und bringen Sie diese in folgende Form, bestehend aus bekannten Faktoren

$$\underline{F}(j\omega) = -K \frac{\left(1 - j\omega \frac{1}{\omega_0}\right)}{1 + j\omega \frac{1}{\omega_{12}} 2d + \left(j\omega \frac{1}{\omega_{12}}\right)^2}$$

- b) Lesen Sie aus dem Betragsgang in Abbildung 2 die drei Knickfrequenzen f_0 , f_1 , f_2 ab.

Hinweis: Der Nenner von $\underline{F}(j\omega)$ könnte in zwei Systeme 1. Ordnung mit den Grenzfrequenzen f_1 , f_2 umgeformt werden. Es gilt somit der Zusammenhang $f_{12} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

- c) Bestimmen Sie nun wie g_m , der Lastwiderstand R und der Innenwiderstand R_0 der Quelle gewählt werden müssen, damit sich der Betragsgang nach Abbildung 2 ergibt.
- d) Zeichnen Sie in Abbildung 2 den zugehörigen Phasengang und die asymptotische Näherung ein.



- e) *Zusatzaufgabe (freiwillig)*: Die Kapazität C_{GD} wird als sogenannte Millerkapazität bezeichnet, da sie den Aus- und Eingang des Verstärkers miteinander verbindet. Berechnen Sie die Eingangsadmittanz $\underline{Y}_{in}$ unter Vernachlässigung von C_j und zeigen Sie, dass C_{GD} um den Faktor der Spannungsverstärkung $(g_m R + 1)$ erhöht am Eingang sichtbar ist.

Hinweis: Die Kapazitäten sind entsprechend klein, sodass selbst für hohe Frequenzen gilt: $\omega C_{GD} R \ll 1$.

- f) Nehmen Sie nun an es gilt $\underline{Y}_{in} = j\omega C_{GS}$. Welche Admittanz müssen Sie am Eingang des Transistors zwischen Gate und Source anschließen, damit Leistungsanpassung vorliegt? Aus welchen Bauelementen (R, L, C) ist die Admittanz aufgebaut?

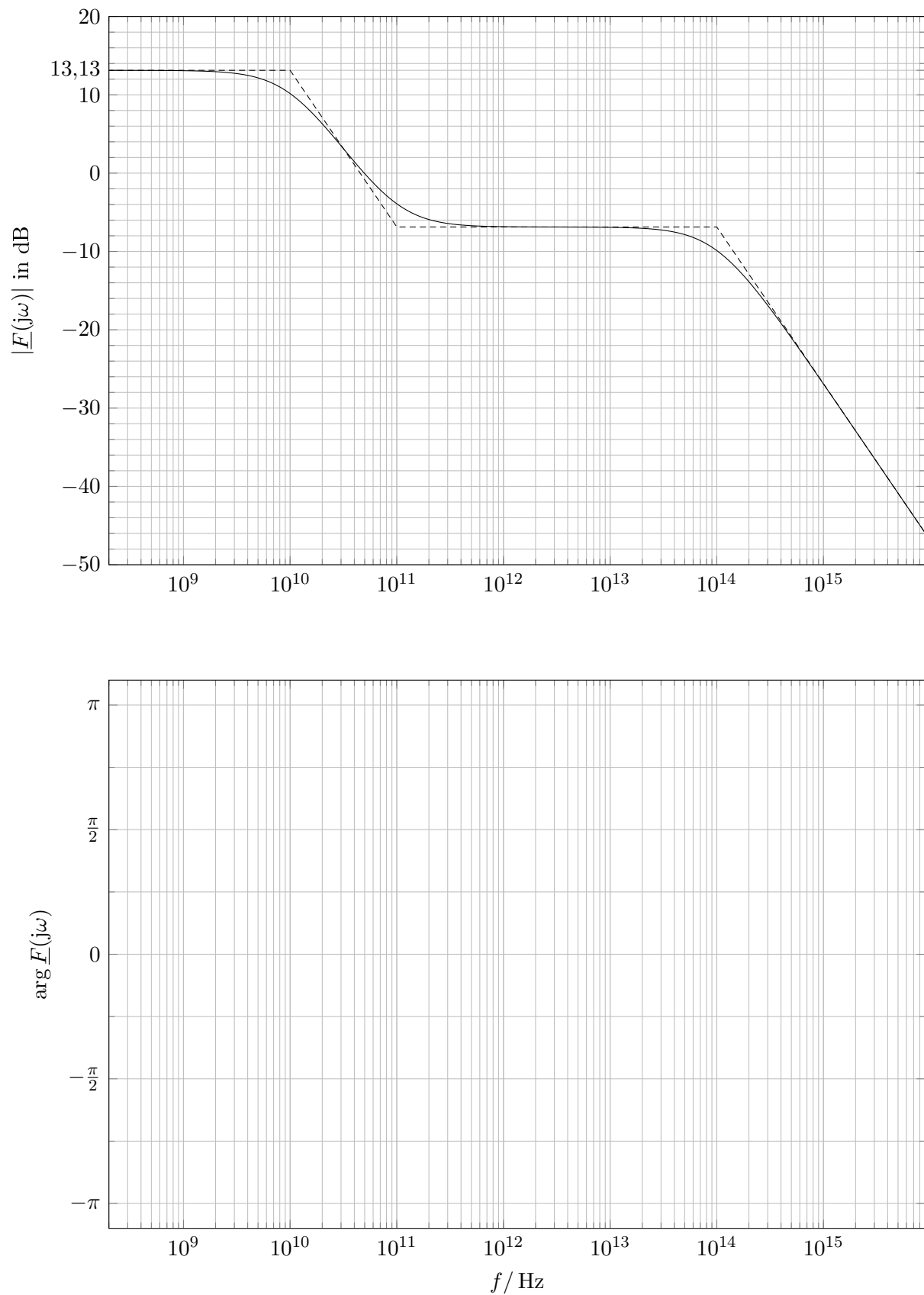


Abbildung 2: Bodediagramm – Betrags- und Phasengang der Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega)$

Aufgabe 23

Gyratorschaltung

Abbildung 3(a) zeigt das Schaltbild eines *Gyrators*, dessen Klemmenverhalten durch

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_2}{R} \quad \text{und} \quad \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_1}{R}$$

beschrieben wird. Folglich lässt sich das Verhalten des Gyrators durch das Ersatzschaltbild in Abbildung 3(b) modellieren, das aus zwei spannungsgesteuerten Stromquellen besteht.

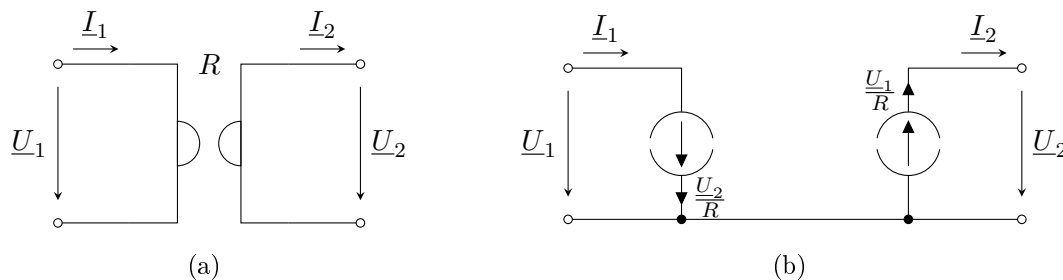


Abbildung 3: Gyratorschaltung und zugehöriges Ersatzschaltbild

- a) Zeigen Sie, dass sich ein mit einer Kapazität abgeschlossener Gyrator zwischen den Eingangsklemmen wie eine Induktivität verhält. Welchen Vorteil hat diese *simulierte Induktivität* gegenüber der gewöhnlichen Induktivität einer Spule?

Nun wird der Gyrator mit den zusätzlichen Bauelementen R_1 , R_2 und C am Eingang zu einer Schaltung, dargestellt in Abbildung 4, erweitert.

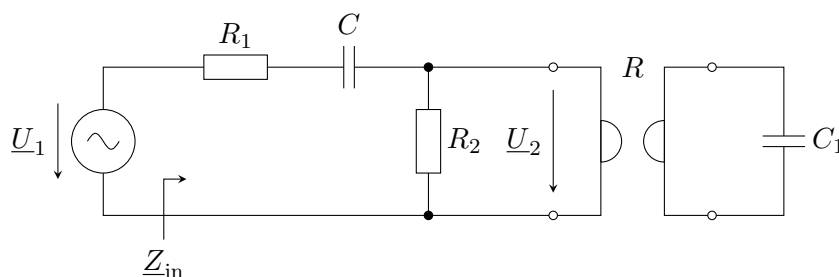


Abbildung 4: Schaltung mit Gyrator

- b) Skizzieren Sie das Ersatzschaltbild der Schaltung, indem Sie den Gyrator und die daran angeschlossene Kapazität C_1 durch das äquivalente Bauelement L ersetzen. Um was für eine Schaltung handelt es sich?
- c) Wie ist die Güte der gegebenen Schaltung definiert (in Worten)? Wie sollten die Werte von R_1 und R_2 für eine hohe Güte gewählt werden (groß/klein)?

- d) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_1$ der Schaltung aus Abbildung 4.

Hinweis: Die sich ergebende Übertragungsfunktion ist von der Gestalt

$$\underline{F}(j\omega) = \frac{j\omega a}{1 + j\omega b + \frac{1}{j\omega c}} = \frac{(j\omega)^2 e}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0} 2d + (j\frac{\omega}{\omega_0})^2} = \frac{(j\frac{\omega}{\omega_3})^2 e}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_1}\right) \left(1 + j\frac{\omega}{\omega_2}\right)}$$

- e) Die Bauteilwerte betragen zunächst

$$C = 2,47 \text{ pF}, \quad L = 10 \text{ nH}, \quad R_1 = 650 \, \Omega, \quad R_2 = 26,5 \text{ k}\Omega.$$

Zeichnen Sie den Betragsgang in Abbildung 5 ein (Asymptoten und skizzenhafter realer Verlauf). Welche Filtercharakteristik weist $\underline{F}(j\omega)$ auf?

Hinweis: Es ist hilfreich den Nenner (Faktor zweiter Ordnung) in zwei Faktoren erster Ordnung umzuformen, um ω_1 und ω_2 bzw. f_1 und f_2 zu bestimmen.

- f) Bestimmen Sie die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{\text{in}}$ der Schaltung. Skizzieren Sie schrittweise die Ortskurven $\underline{Z}_{\text{in}}$.

Bei welcher Frequenz ω' ist $\underline{Z}_{\text{in}}$ reell? Berechnen Sie $\underline{Z}_{\text{in}}$ für $\omega = \omega'$ und markieren Sie $\omega = 0$, $\omega = \omega'$ und $\omega \rightarrow \infty$ in Ihrer Ortskurve.

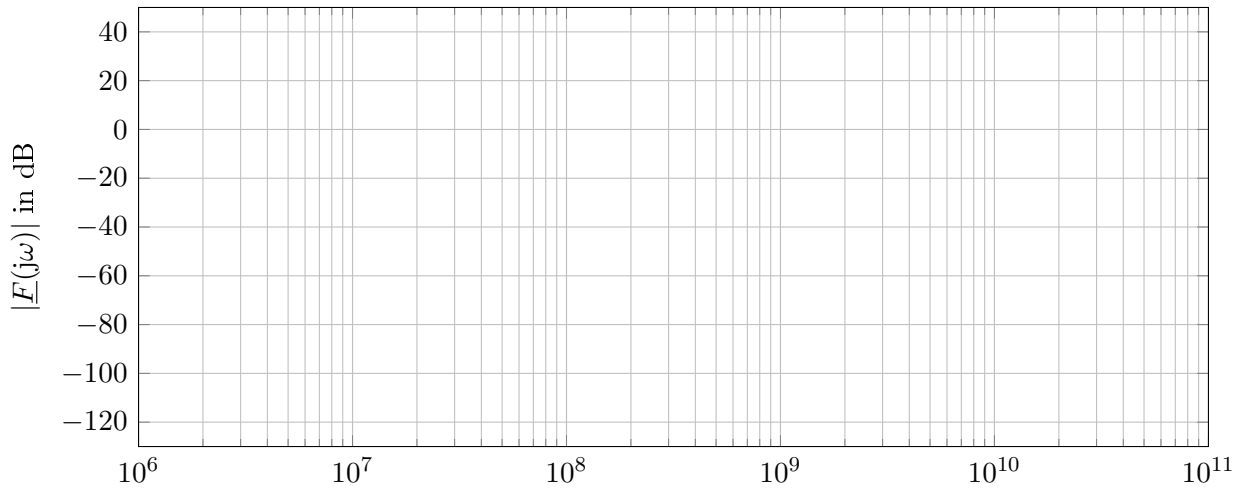
Hinweis: Zur Erstellung der Ortskurve ist es hilfreich den Wert von $\underline{Z}_{\text{in}}$ bei der Frequenz ω' zu betrachten.

Zusatz (freiwillig): Zeichnen Sie auch die Ortskurve von $\underline{Y}_{\text{in}} = 1/\underline{Z}_{\text{in}}$.

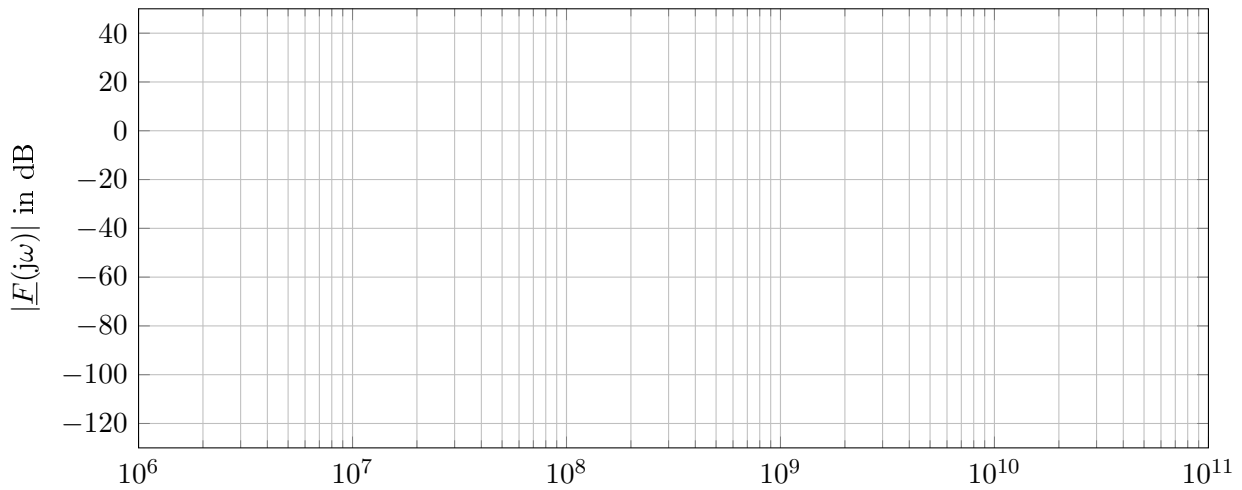
Hinweis: Nutzen Sie im Folgenden die Beziehungen zur Dämpfung d (siehe *Zusatzblatt Bodediagramm*).

- g) Nun werde der Quellenwiderstand auf $R_1 = 2 \, \Omega$ verringert. Welche Änderung ergibt sich hierfür im Bodediagramm? Zeichnen Sie erneut den Betragsgang in Abbildung 5 ein.
- h) Zwischen $R_1 = 650 \, \Omega$ und $R_1 = 2 \, \Omega$ gibt es einen Wert $R_1 = \tilde{R}$ für den Innenwiderstand der Quelle, bei dem die in e) und g) diskutierten Fälle ineinander übergehen. Bestimmen Sie diesen und zeichnen Sie auch hierfür den Betragsgang in Abbildung 5 ein.

zu e): $R_1 = 650 \Omega$



zu g): $R_1 = 2 \Omega$



zu h): $R_1 = \tilde{R} = \text{---} \Omega$

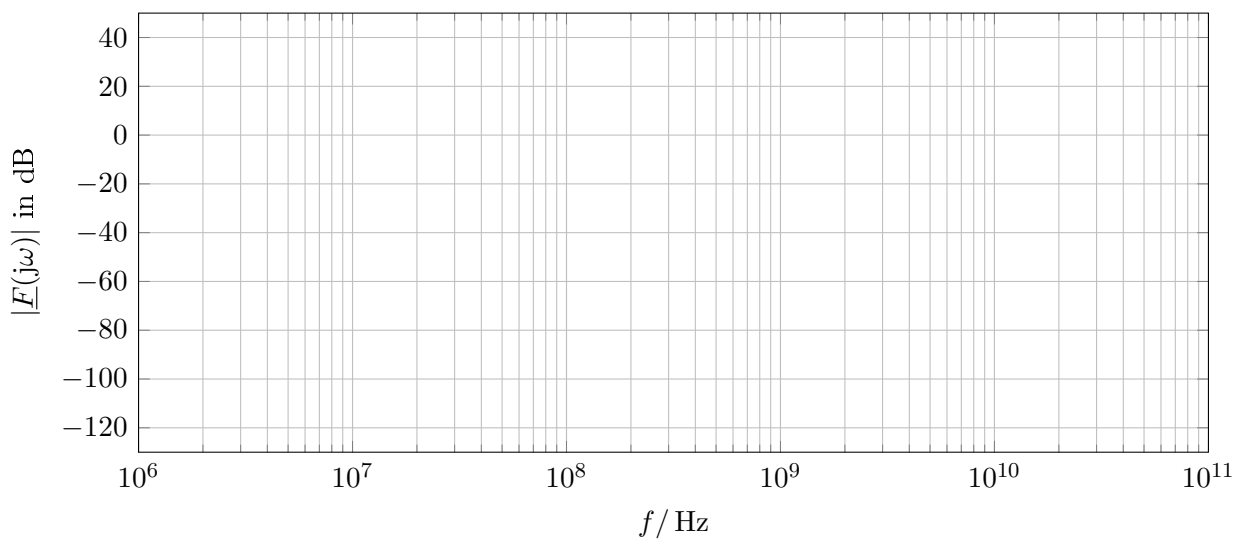


Abbildung 5: Bodediagramme