



Abgabe: Dienstag, 08.02.2022, 23:00 Uhr, PDF-Dokument auf ILIAS hochladen

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.

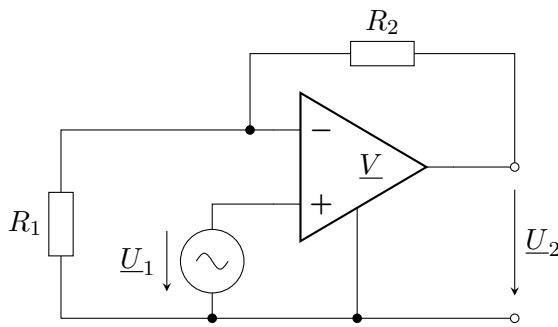
<i>Name:</i>	<i>Vorname:</i>	<i>Anfangsbuchstabe:</i>	<i>Nummer:</i>
<i>Matrikelnummer:</i>			

(3)	(4)	(4)	(3)	
(8)	(4)	(4)	(12)	(+3)
(5)	(2)	(7)	(+4)	

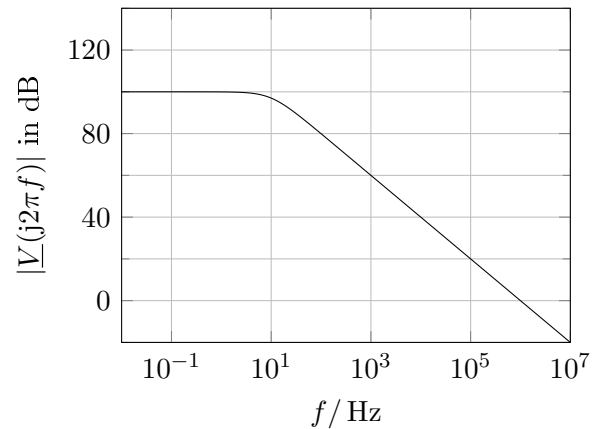
Aufgabe 28

Nichtinvertierender Verstärker

Abbildung 1(a) zeigt einen Operationsverstärker in nichtinvertierender Verschaltung. Die Leerlaufverstärkung des Operationsverstärkers kann, wie aus der Vorlesung bekannt, durch den in Abbildung 1(b) dargestellten Amplitudengang $|\underline{V}(j\omega)|$ modelliert werden.



(a)



(b)

Abbildung 1: Operationsverstärkerschaltung

- a) Geben Sie die Gleichspannungsverstärkung V_0 (in linearem Maß), die Grenzfrequenz f_g sowie das sogenannte Verstärkung-Bandbreite-Produkt $GBW = V_0 \cdot f_g$ an, unter der Annahme, dass die Verstärkung durch

$$\underline{V}(j\omega) = \frac{V_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_g}}$$

beschrieben wird.

- b) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_1$ in Abhängigkeit von $\underline{V}(j\omega)$ und den Bauelementwerten.
- c) Die Widerstände betragen $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 9 \text{ k}\Omega$.

Bestimmen Sie die Gleichspannungsverstärkung $\tilde{V}_0$, die 3dB-Grenzfrequenz $\tilde{f}_g$ und $\tilde{GBW}$ der Schaltung nach Abbildung 1(a).

- d) Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse aus Teilaufgabe c) mit Teilaufgabe a). Zeichnen Sie zur Verdeutlichung $|\underline{F}(j\omega)|$ in Abbildung 1(b) ein. Welche Vor-, welche Nachteile hat die Rückkopplerschaltung gegenüber eines ungeschalteten Operationsverstärkers? (Es genügt ein Vor- und ein Nachteil.)

Aufgabe 29

Aktives Filter mit Operationsverstärker

Abbildung 2 zeigt ein aktives Filter mit einem Operationsverstärker, dessen äußere Beschaltung durch die Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und die Kapazitäten C_1 , C_2 gegeben ist. Der Operationsverstärker kann als ideal angenommen werden (d.h. $V_0 \rightarrow \infty$, Eingangsimpedanz $\underline{Z}_e \rightarrow \infty \Omega$, Ausgangsimpedanz $\underline{Z}_a = 0 \Omega$).

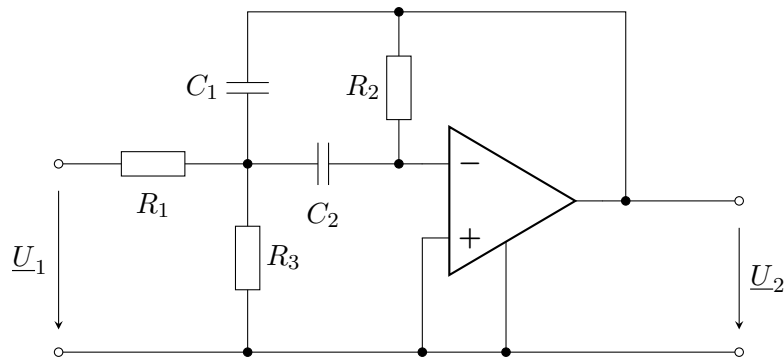


Abbildung 2: Operationsverstärkerschaltung

- a) Bestimmen Sie die komplexe Wirkungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \frac{U_2}{U_1}$ und bringen Sie diese in die normierte Form bestehend aus bekannten Faktoren.

Im folgenden gelte nun

$$R_1 = 667 \Omega, \quad R_2 = 400 \Omega, \quad R_3 = 10 \text{ k}\Omega, \quad C_1 = C_2 = 5 \text{ pF}.$$

- b) Führen Sie gegebenenfalls eine Faktorisierung des Nenners von $\underline{F}(j\omega)$ durch und bestimmen Sie die markanten Kreisfrequenzen ω_0 (Zähler), ω_1 und ω_2 (Nenner). Tritt in dieser Schaltung eine Amplitudenresonanz auf? Begründen Sie Ihre Antwort.
- c) Bestimmen Sie den Betrag der Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega)$ und zeichnen Sie zunächst nur den *asymptotischen* Verlauf im doppellogarithmischen Maßstab in Abbildung 3 ein. Welche Filtereigenschaft weist die Schaltung auf?
- d) Bestimmen Sie die beiden 3 dB-Grenzfrequenzen $\omega_{g1,2}$ und die Bandbreite $\Delta\omega$ des Filters. Weshalb weichen die 3 dB-Grenzfrequenzen der Gesamtübertragungsfunktion von $\omega_{1,2}$ ab? Zeichnen Sie nun den genauen Betragsgang und die charakteristische Punkte in Abbildung 3 ein.

Hinweis: Die maximale Spannungsübertragung liegt bei der *Mittenfrequenz* $\omega_m = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$ (geometrisches Mittel). Hierbei bezeichnet ω_m die Kreisfrequenz am quadratischen Term des Faktors im Nenner von $\underline{F}(j\omega)$.

- e) *Zusatzaufgabe (freiwillig):* Bestimmen Sie den Phasengang der Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega)$ und zeichnen Sie diesen im halblogarithmischen Maßstab in Abbildung 3 ein.

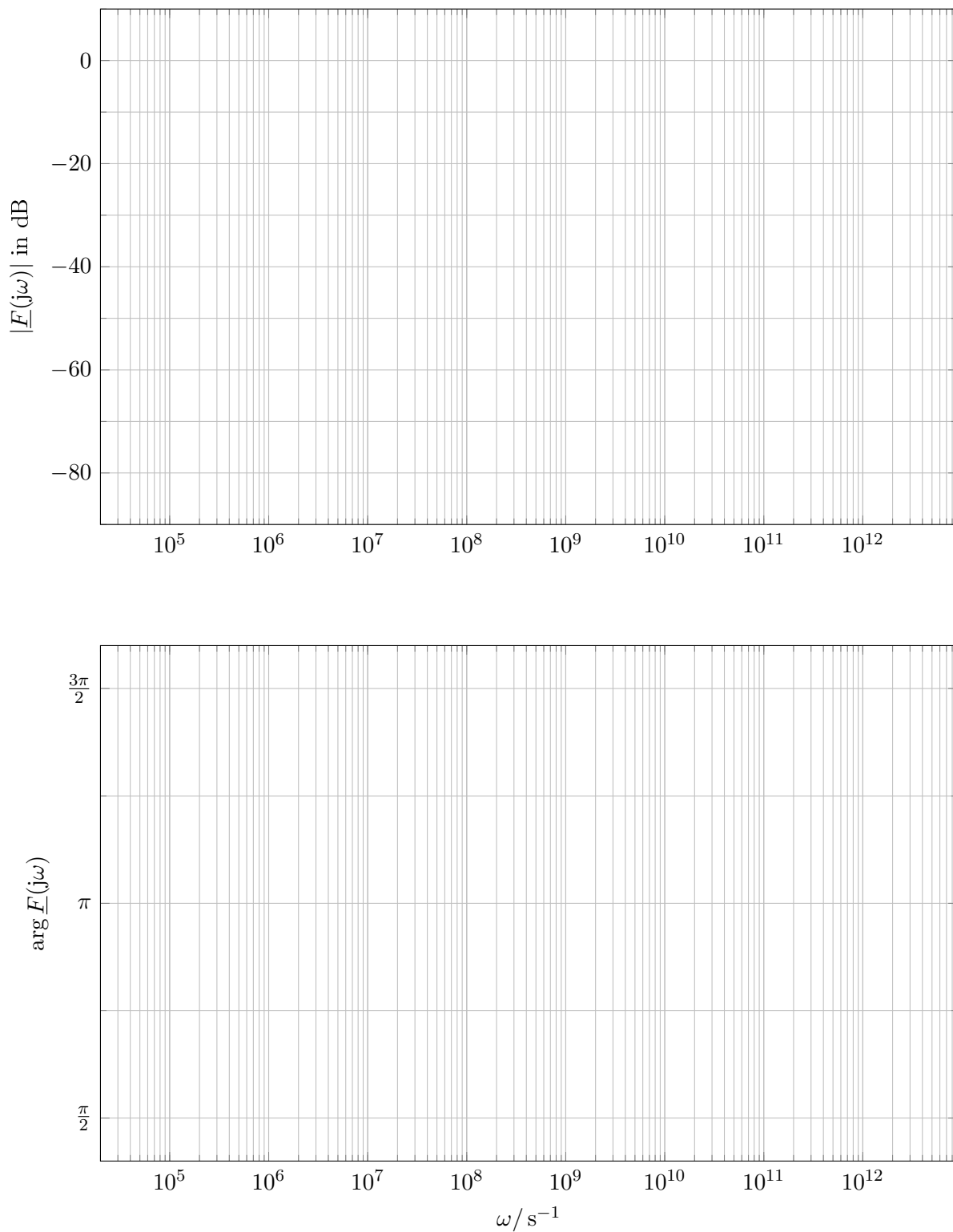


Abbildung 3: Bodediagramm – Betrags- und Phasengang der Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega)$

Aufgabe 30

Vierpoltheorie – Homogene Leitung

Sämtliche in der Vorlesung behandelten Schaltungsanalyseverfahren beruhen auf der *Konzentriertheitshypothese*: Die Bauelemente liegen in einem Punkt konzentriert vor, wenn deren Ausdehnung l viel kleiner als die Wellenlänge $\lambda = c/f$ der auftretenden Signale ist ($l \ll \lambda$).

Diese Annahme hat zur Folge, dass Leitungen zwischen den konzentrierten Bauelementen ein näherungsweise konstantes Potential aufweisen und einen räumlich nicht variierenden Strom führen. Bei hohen Frequenzen stößt die Gültigkeit der Konzentriertheitshypothese an ihre Grenzen und der Einfluss von Leitungen ist *nicht* mehr vernachlässigbar. Wie im Vorlesungsskript (Kapitel 6.12) aufgeführt, lässt sich eine Leitung, wie in Abbildung 4 dargestellt, dann durch die Kettenmatrix

$$[\underline{A}] = \begin{bmatrix} \cosh(\underline{\gamma}l) & \underline{Z}_L \sinh(\underline{\gamma}l) \\ \frac{1}{\underline{Z}_L} \sinh(\underline{\gamma}l) & \cosh(\underline{\gamma}l) \end{bmatrix}$$

beschreiben, wobei l die Länge, $\underline{Z}_L$ die (durch die Leitungsart und geometrischen Abmessungen bestimmte) Wellenimpedanz der Leitung und $\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$ die Ausbreitungskonstante darstellen. Mit α wird dabei die Dämpfung der Leitung, mit $\beta = 2\pi/\lambda$ die räumliche Phasenänderung modelliert. Im Folgenden sollen mithilfe der Kettenmatrix $[\underline{A}]$ einige wichtige Eigenschaften der Leitung hergeleitet werden – eine fundierte Behandlung von Leitungen über die *Leitungstheorie* wird in den Vorlesungen *Nachrichtentechnik II (INÜ)* und *Hochfrequenztechnik I (IHF)* gegeben.

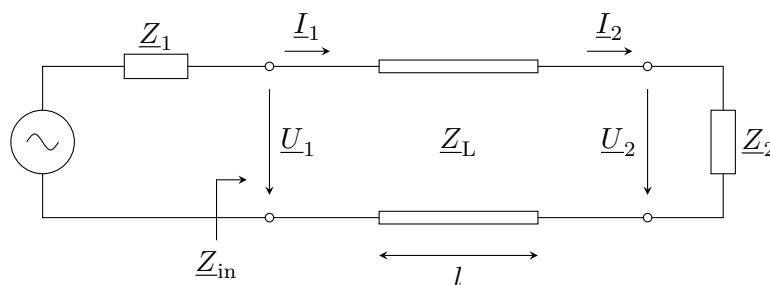


Abbildung 4: Leitung

- a) Zwei Leitungen gleicher Wellenimpedanz $\underline{Z}_L$ der Längen l_1 und l_2 werden hintereinandergeschaltet. Geben Sie die Kettenmatrix $[\underline{A}]$ des gesamten Vierpols an. Zeigen Sie hiermit, dass die Hintereinanderschaltung zweier Leitungen gleicher Wellenimpedanz einer Leitung der Länge $l = l_1 + l_2$ entspricht.

Hinweis: Es gelten folgende hyperbolische Identitäten:

$$2 \cosh(\underline{a}) \cosh(\underline{b}) = \cosh(\underline{a} + \underline{b}) + \cosh(\underline{a} - \underline{b}),$$

$$2 \sinh(\underline{a}) \sinh(\underline{b}) = \cosh(\underline{a} + \underline{b}) - \cosh(\underline{a} - \underline{b}),$$

$$2 \cosh(\underline{a}) \sinh(\underline{b}) = \sinh(\underline{a} + \underline{b}) - \sinh(\underline{a} - \underline{b}).$$

- b) Die Leitung werde mit der Impedanz $\underline{Z}_2 = \underline{Z}_L$ abgeschlossen. Welche Impedanz $\underline{Z}_{\text{in}}$ lässt sich dann am Eingang messen?
- c) Zwei Leitungen mit dem Wellenwiderstand $\underline{Z}_L = R$ sollen mittels eines Bonddrahts, der näherungsweise durch eine Induktivität L modelliert werden kann, gekoppelt werden, wie in Abbildung 5 dargestellt. Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_1$ mit Hilfe der Kettenform.

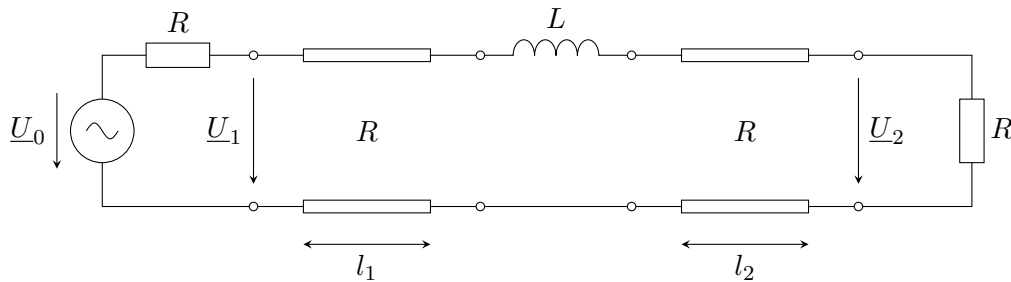


Abbildung 5: Induktive Kopplung zweier Leitungen

- d) *Zusatzaufgabe (freiwillig):* Leitungen lassen sich als *Impedanztransformatoren* einsetzen. $\lambda/4$ -Transformatoren sind Leitungen, die für eine Frequenz $f = c/\lambda$ eine Länge von $l = \lambda/4$ aufweisen. Bestimmen Sie, wie $\underline{Z}_L$ des $\lambda/4$ -Transformators zu wählen ist, damit Leistungsanpassung vorliegt (d. h. $\underline{Z}_{\text{in}} = \underline{Z}_1^*$). Der Einfachheit halber seien $\underline{Z}_1 = R_1$ und $\underline{Z}_2 = R_2$ reell und die Leitung verlustlos ($\alpha = 0$).