



Aufgabe 1) Frequenzgang, Operationsverstärker, Bode-Diagramm.

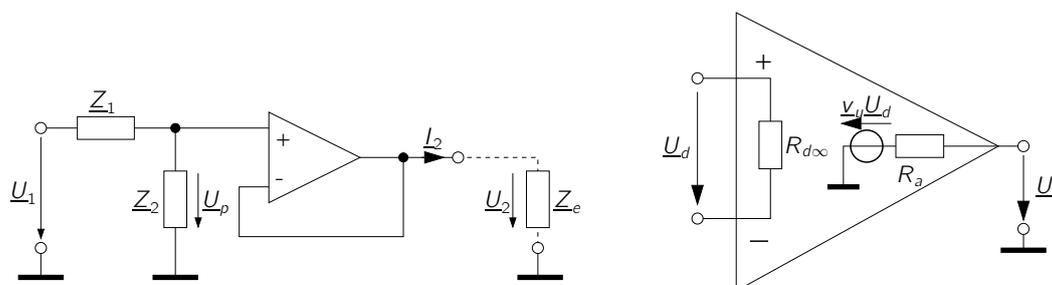


Abb. 7: Links: zu analysierende Operationsverstärkerschaltung. Rechts: Modell des Operationsverstärkers.

Gegeben ist die in Abbildung 7 links gezeigte Filter-Schaltung aus einem Spannungsteiler Z_1 , Z_2 mit Entkopplung der Ausgangsspannung durch einen Operationsverstärker mit dem Ersatzschaltbild auf der rechten Seite der Abbildung. Durch Kaskadierung von zwei solchen Schaltungen soll ein Bandpassfilter entstehen, das Frequenzen in einem Bereich von $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ überträgt.

- a) Berechnen Sie allgemein den Frequenzgang $\underline{F} = \frac{U_p}{U_1} \frac{U_2}{U_p} = \frac{U_2}{U_1}$ der Schaltung aus Abbildung 7. Nehmen Sie dabei an, dass der Ausgang durch die Eingangsimpedanz Z_e einer nachfolgenden Schaltung belastet wird und dass der Eingangswiderstand $R_{d\infty}$ des Operationsverstärkers als unendlich groß angenommen werden kann.

Im Folgenden werden zwei Filterschaltungen aus Abbildung 7 kaskadiert. Impedanzen, Spannungen und Ströme der ersten Schaltung werden zur Unterscheidung mit einem Strich, die entsprechenden Größen der zweiten Schaltung mit zwei Strichen versehen. Aufgrund der Zusammenschaltung gilt $\underline{U}'_2 = \underline{U}''_1$. Der Ausgang der zweiten Stufe soll unbelastet sein ($I''_2 = 0$).

- b) Geben Sie den Frequenzgang der kaskadierten Filterschaltung $\underline{F}_k = \frac{U''_2}{U'_1}$ in einer zur Darstellung im Bode-Diagramm geeigneten Produktform an. Dabei soll gelten $Z'_1 = \frac{1}{j\omega C_1}$, $Z'_2 = R_2$, $Z''_1 = R_1$, $Z''_2 = \frac{1}{j\omega C_2}$. Für die Verstärkung der Operationsverstärker gilt $\underline{v}'_u = \underline{v}''_u = \alpha \in \mathbb{R}, \alpha \gg 1$.

- c) Das Bode-Diagramm auf der folgenden Seite zeigt den gewünschten Betragsverlauf des Filters mit einer Mittenfrequenz ω_0 , einer unteren Grenzfrequenz $\omega_1 = \frac{\omega_0}{10}$ und einer oberen Grenzfrequenz $\omega_2 = 10\omega_0$. Geben Sie Dimensionierungsvorschriften für die Elemente C_1 , C_2 , R_1 , R_2 des Filters an, mit denen dieser Betragsverlauf erzielt wird. Nehmen Sie als Näherung an, dass gilt $\alpha R_1 \gg R_a$.

- d) Zeichnen Sie den zugehörigen Phasengang in das nachfolgende Bode-Diagramm ein.
Hinweis: Falls Sie den vorhergehenden Aufgabenteil nicht lösen konnten, verwenden Sie

$$\underline{F}_k = \frac{j \frac{\omega}{\omega_\lambda}}{\left(1 + j \frac{\omega}{\omega_\mu}\right) \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_\nu}\right)} \quad \text{mit } \omega_\lambda, \omega_\mu, \omega_\nu > 0.$$

Bestimmen Sie ω_λ , ω_μ und ω_ν mit Hilfe des Betragsganges.

