

Nachdruck verboten

Schriftliche Prüfung im Fach Schaltungstechnik I/II

Am 06.08.2024

15:00 Uhr bis 18:00 Uhr

Es sind alle schriftlichen Hilfsmittel und ein Taschenrechner erlaubt!

Der Taschenrechner darf kein Computer-Algebra-System (CAS) oder
eine drahtlose Kommunikationsschnittstelle beinhalten.

Name:	
Vorname:	
Matrikelnummer:	
Studienfach:	
Sitzplatznummer:	

Das Ergebnis Ihrer Prüfung erfahren Sie über das CAMPUS Portal
der Universität Stuttgart: <https://campus.uni-stuttgart.de>

Wird vom Institut ausgefüllt:

Aufgabe	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	Summe
1								
2							-	
3							-	
4							-	

Gesamtpunktzahl:	
Note:	

Aufgabe 1: Nichtlineare Schaltung

Gegeben ist eine Schaltung in Abbildung 1 welche aus einem Widerstand $R = 10 \Omega$ und einer „Blackbox“ besteht. Die „Blackbox“ beschreibt ein beliebiges nichtlineares Bauelement.

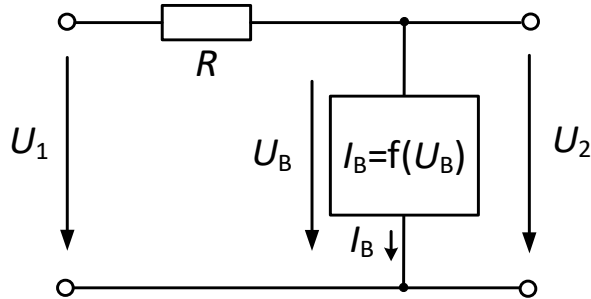


Abbildung 1: Schaltung mit „Blackbox“

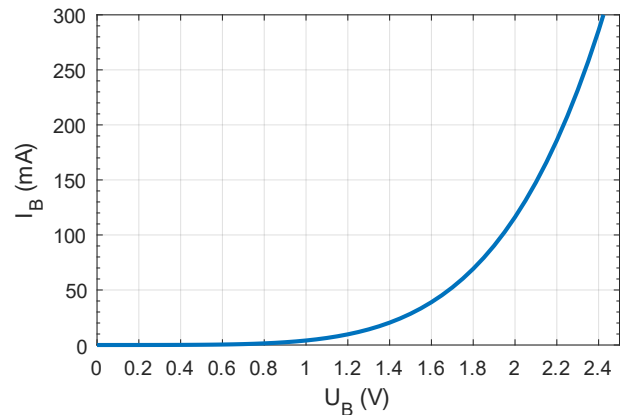


Abbildung 2: Strom-Spannungs-Kennlinie

Durch Messung der „Blackbox“ wurde die Strom-Spannungs-Kennlinie in Abbildung 2 ermittelt. Die Kennlinie kann durch folgendes Polynom approximiert werden:

$$I_B(U_B) = 0,1 \frac{\text{mA}}{\text{V}} U_B + 0,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}^3} U_B^3 + 3,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}^5} U_B^5 \quad U_B \in [-1\text{V}; 3\text{V}]$$

- Ermitteln Sie graphisch den Strom $I_{B,AP}$ und die Spannung $U_{B,AP}$ im Arbeitspunkt für die Schaltung in Abbildung 1 mit $U_1 = 2 \text{ V}$.
- In dieser Teilaufgabe wird an Tor 2 ein Lastwiderstand $R_L = 3R$ angeschlossen. Berechnen Sie die Spannung U_2 für $U_1 = 2 \text{ V}$ mit Hilfe des Newton-Raphson-Verfahrens. Brechen Sie das Verfahren ab, sobald gilt: $|U_2^{(n+1)} - U_2^{(n)}| < 1 \text{ mV}$. Berechnen Sie die an R_L umgesetzte Leistung.
- An Tor 1 wird nun eine sinusförmige Spannung $u_1(t) = 1\text{V} \sin(\omega_1 t)$ angelegt. Welche Frequenzen enthält der Strom $i_B(t)$ für $R = 0 \Omega$? Begründen Sie?

Ein weiteres „Blackbox“-Element besitzt folgende Kennlinie: $I_B(U_B) = I_0(e^{a \cdot U_B} - 1)$.

- Um was für ein Bauelement könnte es sich handeln? Nennen Sie zwei Möglichkeiten. Zeichnen Sie die resultierenden Ersatzschaltbilder der Schaltung aus Abbildung 1.
- Bestimmen Sie den Parameter a , sodass sich derselbe Arbeitspunkt wie in a) einstellt. Es gilt $I_0 = 10^{-10} \text{ A}$.

Nun wird $I_B(U_B) = I_0(e^{a \cdot U_B} - 1)$ durch eine Knickkennlinie mit $U_K = 1 \text{ V}$ approximiert.

- Skizzieren Sie die Übertragungskennlinie $U_2 = f(U_1)$ für $0 \text{ V} \leq U_1 \leq 2 \text{ V}$.
- Skizzieren Sie erneut die Übertragungskennlinie für $0 \text{ V} \leq U_1 \leq 2 \text{ V}$, wenn am Tor 2 der Lastwiderstand $R_L = 3R$ angeschlossen ist.

Aufgabe 2: Vierpolschaltung

(Hinweis: Hier sind alle Teilaufgaben unabhängig lösbar)

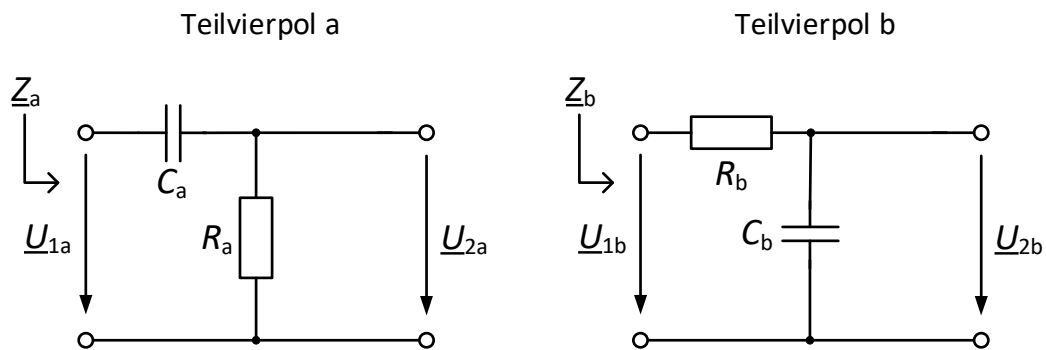


Abbildung 3: Vierpolschaltungen zweier passiver Filter

- Was für Filter stellen die Vierpole a und b dar? Berechnen Sie die 3dB-Grenzfrequenz für: $R_a = 10 \text{ k}\Omega$ und $C_a = 1 \mu\text{F}$.
- Bestimmen Sie die A-Parameter der Vierpole a und b.
- Nennen Sie vier Möglichkeiten zur Verschaltung von zwei Vierpolen. Wie müssten die Vierpole a und b verschaltet sein um einen Bandpassfilter zu erhalten?

Betrachten Sie im Folgenden die Teilvierpole in der Gesamtschaltung aus Abbildung 4.

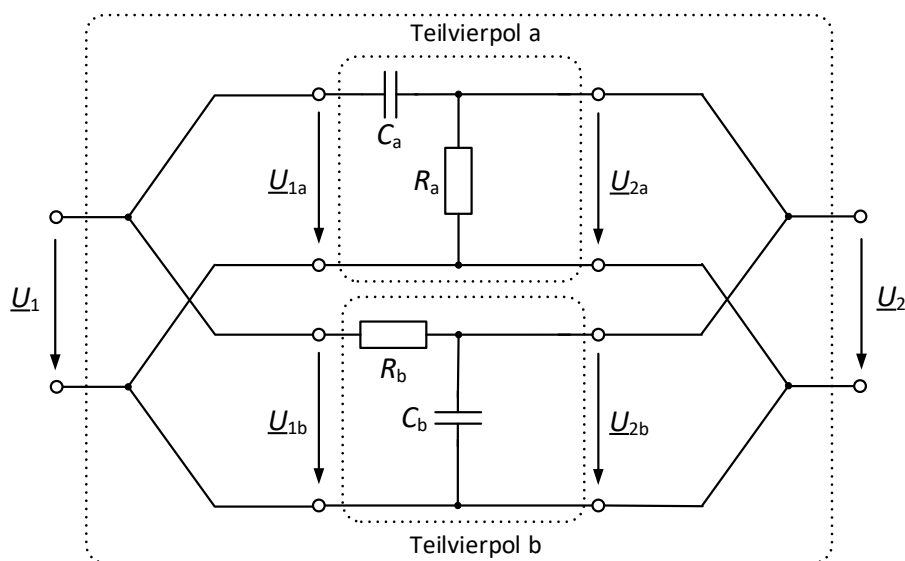


Abbildung 4: Gesamtschaltung aus Teilvierpolschaltungen

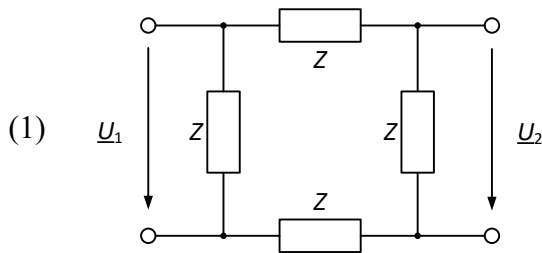
- Bestimmen Sie die A-Parameter für die Gesamtschaltung und geben Sie die Spannungsübertragungsfunktion $F(j\omega)$ an. Die Leitwerte der Teilvierpole sind gegeben durch:

$$[\underline{Y}_a] = j\omega C_a \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 + \frac{1}{j\omega C_a R_a} \end{bmatrix} \quad \text{und} \quad [\underline{Y}_b] = \frac{1}{R_b} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & j\omega C_b R_b + 1 \end{bmatrix}.$$

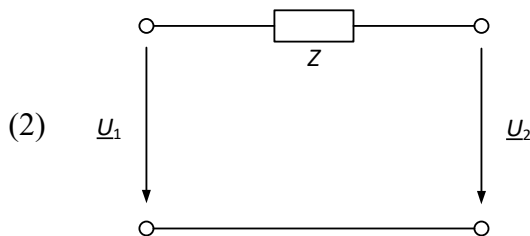
e) Die Übertragungsfunktion aus d) kann geschrieben werden als $F(j\omega) = \frac{1+j\omega/\omega_{g1}}{1+j\omega/\omega_{g2}}$. Dabei

sind Grenzfrequenzen gegeben durch $\omega_{g1} = 1000 \frac{1}{s}$ und $\omega_{g2} = 10 \frac{1}{s}$. Zeichnen Sie den asymptotischen Betragsverlauf in ein doppellogarithmisches Diagramm. Skizzieren Sie auch den realen Betragsverlauf.

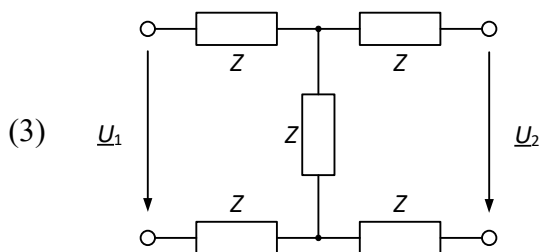
f) Verbinden Sie die Vierpole mit den dazugehörigen Matrizen.



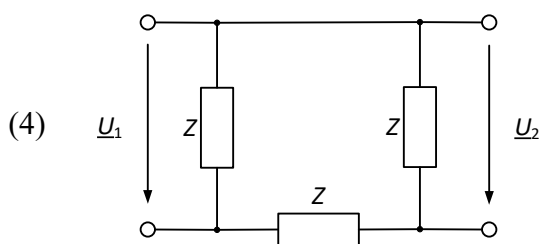
A $[\underline{Z}] = Z \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$



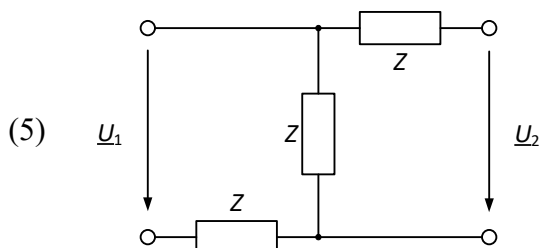
B $[\underline{Z}] = Z \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \end{bmatrix}$



C $[\underline{Y}] = Y \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$



D $[\underline{Z}] = Z \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$



E $[\underline{Z}] = Z \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{2}{3} \end{bmatrix}$

Aufgabe 3: Fouriertransformation und -reihe

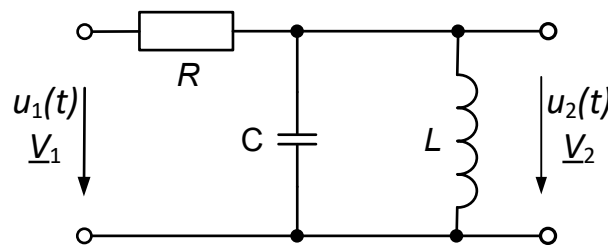


Abbildung 5: Betrachtete Schaltung

a) Bestimmen Sie allgemein die komplexe Wirkungskfunktion $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{V}_2}{\underline{V}_1}$ für die Schaltung nach Abbildung 5 in doppelbruchfreier Form.

b) Welches Filterverhalten zeigt die Schaltung?

Es sei $u_1(t) = \begin{cases} -\frac{U_0}{T_A}|t| + U_0 & ; -T_A \leq t \leq T_A \\ 0 & ; \text{sonst} \end{cases}$

c) Skizzieren Sie $u_1(t)$.

d) Führen Sie eine Fouriertransformation von $u_1(t)$ durch um $FT\{u_1(t)\} = \underline{V}_1(f)$ zu berechnen.

e) Bestimmen Sie $FT\{u_2(t)\} = \underline{V}_2(f)$.

$u_1(t)$ wird nun periodisch mit der Periodendauer T_1 fortgesetzt. Das resultierende periodische Signal $u_{1,p}(t)$ liegt nun am Eingang von Abbildung 5 an. Es gilt $T_1 = 2T_A$. Die Übertragungsfunktion der Schaltung aus Abbildung 5 kann wie folgt angegeben werden:

$$\underline{F}(j\omega) = A(\omega)e^{j\psi(\omega)}$$

f) Geben Sie das Ausgangssignal $u_{2,p}(t)$ als reelle Fourierreihe an. Vereinfachen Sie so weit wie möglich.

Aufgabe 4: Laplace-Transformation

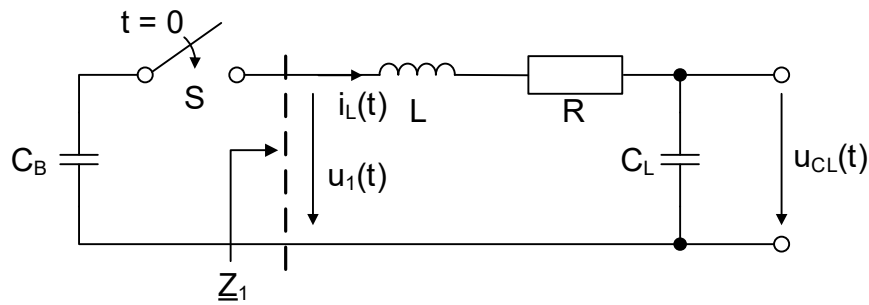


Abbildung 6: RLC-Schaltung

- Bestimmen Sie allgemein die Wirkungsfunktion $\underline{F}_1(p) = \frac{\underline{U}_{CL}(p)}{\underline{U}_1(p)}$ der Schaltung aus Abbildung 6 in doppelbruchfreier Form.
- Bestimmen Sie die Pol- und Nullstellen von $\underline{F}_1(p)$ und skizzieren Sie deren Lage in einem Pol-Nullstellen-Diagramm ohne Maßstab für folgende Zahlenwerte:

$$L = 10 \text{ nH} \quad R = 5 \, \Omega \quad C_L = 200 \text{ nF} \quad C_B = 20 \text{ nF}$$

- Bestimmen Sie die Laplace-Transformierte $\underline{U}_{CL}(p)$ der Spannung $u_{CL}(t)$ zunächst allgemein für beliebige Startwerte $u_{CL}(t = 0)$ und $u_1(t = 0)$, wenn $i_L(t = 0) = 0 \text{ A}$ gilt und der Schalter zum Zeitpunkt $t = 0$ geschlossen wird.
Nennen Sie zwei Gründe, weshalb zur Bestimmung von $\underline{U}_{CL}(p)$ nicht die Wirkungs-funktion aus a) verwendet werden kann.

Die Kapazität C_L sei nun auf den Wert $u_{CL}(t = 0) = 0,5 \cdot U_{DD}$ vorgeladen, C_B ist zum Schaltzeit-punkt entladen.

- Bestimmen Sie den zeitlichen Verlauf $u_{CL}(t)$ in Abhängigkeit der Bauelementwerte und U_{DD} .
Welches Einschwingverhalten ergibt sich?
- Welche Ausgangsspannung $u_{CL}(t)$ ergibt sich für $t \rightarrow \infty$?
Geben Sie das Ergebnis explizit in Abhängigkeit der Bauelementwerte an.
- Welche Ausgangsspannung $u_{CL}(t)$ ergibt sich für $t \rightarrow \infty$, falls C_B zum Schaltzeitpunkt auf $u_1(t = 0) = U_{DD}$ vorgeladen ist?