

Nachdruck verboten

Schriftliche Prüfung im Fach Schaltungstechnik I/II

am 23.02.2021

16:00 Uhr bis 19:00 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:	
Unterschrift:	
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)	h)	Summe
1					-	-	-	-	
2								-	
3						-	-	-	
4						-	-	-	

Gesamtpunktzahl:	
Note:	

Aufgabe 1: Nichtlineare Schaltung

Die Diodenschaltung nach Abbildung 1 soll am Arbeitspunkt in ihrem Temperaturverhalten untersucht werden.

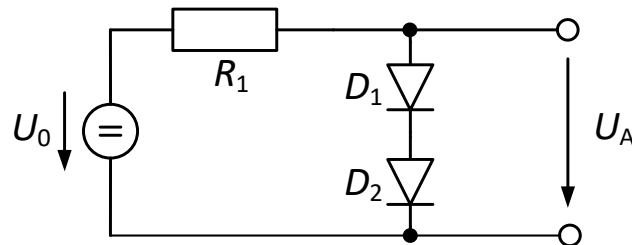


Abbildung 1: Diodenschaltung

- a) Bestimmen Sie mit dem Newton-Raphson-Algorithmus die Ausgangsspannung U_A für die Referenztemperatur $T_0 = 300$ K mit einem Restfehler kleiner als 1 mV. Der Startwert sei $U_A = 1,8$ V. Es gelten folgende Bauelementwerte:

$$R_1 = 100 \, \Omega$$

$$U_0 = 3 \, \text{V}$$

$$I_{S,T_0} = 10^{-16} \, \text{A}$$

$$U_{T,T_0} = 25,9 \, \text{mV}$$

Die Dioden D_1 und D_2 sind identisch. Welcher Diodenstrom fließt?

- b) Die Temperaturabhängigkeit der Diodenspannung kann, unter der Annahme eines konstanten Diodenstroms, durch folgende Gleichung angenähert werden:

$$U_D(T) = U_D(T_0) + c \cdot (T - T_0)$$

Bestimmen Sie die Ausgangsspannung $U_A(T_1)$ für $c = -1,3$ mV/K bei $T_1 = T_0 + 100$ K unter der Annahme, der Diodenstrom sei konstant. Bestimmen Sie nun den tatsächlich durch die Schaltung in Abbildung 1 fließenden Strom $I_{R_1}(T_1)$, für die berechnete Ausgangsspannung $U_A(T_1)$.

- c) Um den Fehler abschätzen zu können, der durch den sich veränderten Diodenstrom entsteht, muss die Temperaturabhängigkeit der bekannten Diodengleichung betrachtet werden. Haupteinfluss hat hierbei der Sperrsättigungsstrom I_S . Es gilt folgende Temperaturabhängigkeit mit $U_G = 1,12$ V, $k = 1,381 \cdot 10^{-23}$ J/K und $q = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C:

$$I_S(T) = I_{S,T_0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^3 e^{\frac{q}{k} U_G \cdot \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)}$$

Entwickeln Sie Taylorreihe von $I_S(T, T_1)$ bis zum Grad $n = 1$ am Entwicklungspunkt $T_1 = T_0 + 100$ K.

Es gilt der Zusammenhang:

$$\frac{d}{dx} \left(e^{a \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{x} \right)} \right) = \frac{a}{x^2} e^{a \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{x} \right)}$$

- d) Bei welcher tatsächlichen Temperatur T_2 wird bei der Diodenschaltung in Abbildung 1 die in b) berechnete Spannung U_A erreicht. Nutzen Sie hierzu die Taylorreihe aus c) mit dem Arbeitspunkt bei T_1 , unter Vernachlässigung des Temperatureinflusses $T_2 - T_1$ auf die Temperaturspannung U_T . Die Temperaturspannung bei T_1 beträgt $U_{T,T_1} = 34,5 \text{ mV}$.

Aufgabe 2: Vierpolschaltung

Der Vierpol nach Abbildung 2 wird mit einem weiteren identischen Vierpol in Kettenanordnung geschaltet.

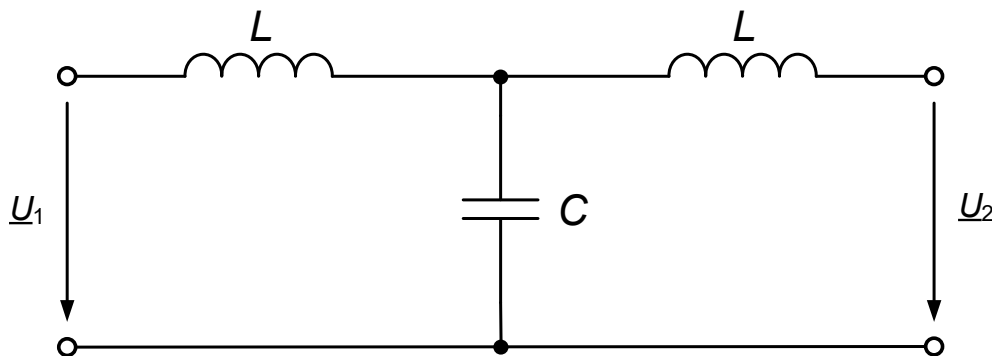


Abbildung 2: Vierpolschaltung

- Geben Sie die Kettenparameter $[A]$ des Vierpols nach Abbildung 2 an.
- Bestimmen Sie die Wirkungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)}$ und skizzieren Sie den asymptotischen Verlauf des Amplituden- und Phasengangs in ein Bodediagramm in Abhängigkeit der Kreisfrequenz ω . Es gelten folgende Zahlenwerte:

$$L = 1 \text{ nH} \quad C = 1 \text{ nF}$$

Deuten Sie auch den realen Verlauf des Amplituden- und Phasengangs an.

- Bestimmen Sie die Kettenparameter des Gesamtvierpols $[A_G]$ in Abhängigkeit der Vierpolparameter von $[A]$ für zwei Vierpole nach Abbildung 2 in Kettenanordnung.
- Der einfache Vierpol $[A]$ wird zunächst von einer Gleichspannungsquelle U_0 über den Innenwiderstand R_i am Eingangstor gespeist und ist mit R_L am Ausgangstor abgeschlossen. Bestimmen Sie den Wert von R_L , für den die maximale Leistung in R_L umgesetzt wird. Es sind die folgenden Zahlenwerte gegeben:

$$L = 1 \text{ nH} \quad C = 1 \text{ nF} \quad R_i = 50 \, \Omega \quad U_0 = 10 \text{ V}$$

- Nun werde eine Wechselspannungsquelle $\underline{U}_0$ mit $\hat{U}_0 = 10 \text{ V}$ und $f = 1 \text{ GHz}$ über den Innenwiderstand R_i am Eingangstor des Vierpols $[A]$ angeschlossen. Welche Wirkleistung ergibt sich für den am Ausgangstor angeschlossenen Lastwiderstand $R_L = 60 \, \Omega$?
- Wie ändert sich die Wirkleistung nach e) für $f \rightarrow \infty \text{ Hz}$?
- Wie ändert sich die Wirkleistung nach e) *qualitativ* wenn zwei Vierpole aus Abbildung 2 in einer Parallel-Parallel-Schaltung angeordnet werden? Begründen Sie.

Aufgabe 3: Operationsverstärkerschaltung

Die Operationsverstärkerschaltung in Abbildung 3 wird mit einem Impulssignal nach Abbildung 4 angeregt.

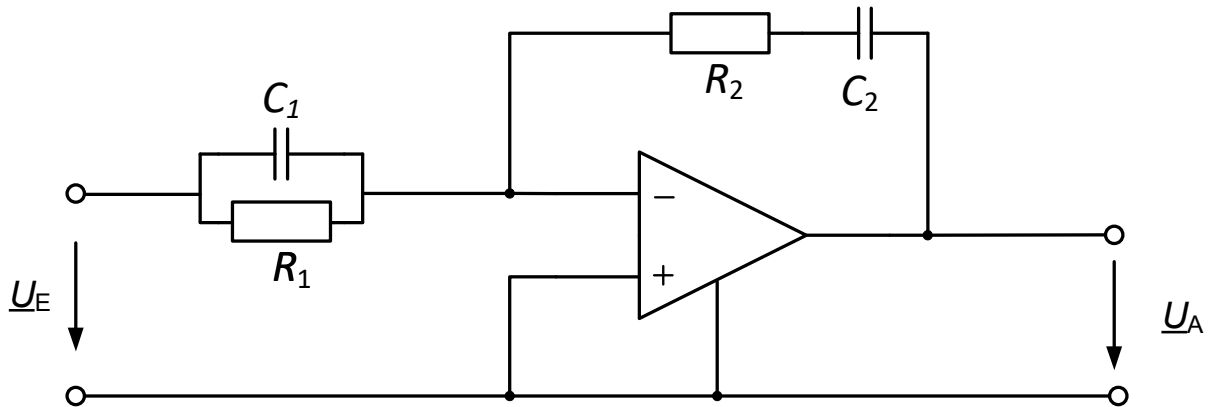


Abbildung 3: Operationsverstärkerschaltung

a) Bestimmen Sie die komplexe Wirkungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$ für die Schaltung in Abbildung 3 in doppelbruchfreier Form. Der Operationsverstärker kann als ideal betrachtet werden.

b) Bestimmen Sie den Amplituden- und Phasengang von $\underline{F}(j\omega)$ und skizzieren Sie den Verlauf für folgende Zahlenwerte:

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad C_1 = 1 \text{ nF} \quad R_2 = 1 \text{ M}\Omega \quad C_2 = 1 \text{ nF}$$

c) Bestimmen Sie die Fouriertransformierte $\underline{U}_E(f)$ für das Eingangssignal $u_E(t)$ nach Abbildung 4.

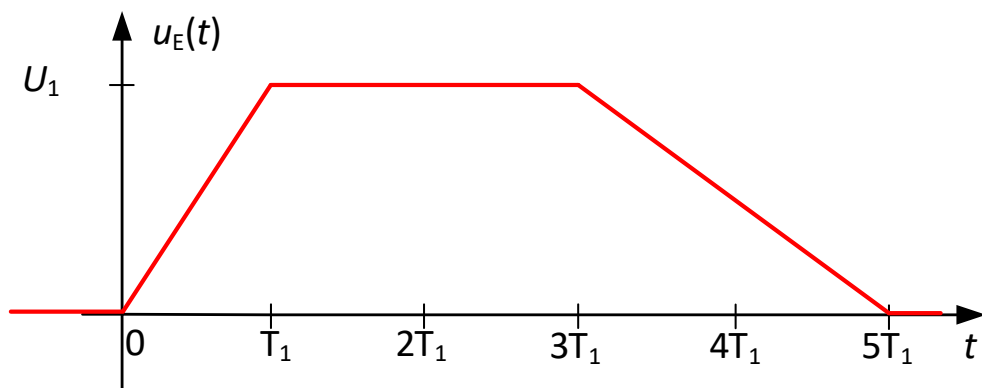


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf des Eingangssignals $u_E(t)$.

d) Bestimmen Sie die Fouriertransformierte des Ausgangssignals $\underline{V}_A(f)$ für das Eingangssignal nach c) und die Übertragungsfunktion nach a).

e) An die Schaltung wird jetzt ein neues Eingangssignal $u_{E2}(t)$ angelegt. Dieses wird durch die Laplacetransformierte

$$V_{E2}(p) = \frac{U_1}{T_1} \cdot \frac{1}{p^2} (1 - 2e^{-pT_1} + e^{-p2T_1})$$

beschrieben.

Bestimmen Sie den zeitlichen Verlauf des zugehörigen Ausgangssignals $u_{A2}(t)$.

Aufgabe 4: Laplace-Transformation

Für die Analog-Digitalumsetzung werden häufig Folge-Halteschaltungen vor den Umsetzern verwendet. Ein Prinzipschaltbild ist in Abbildung 5 dargestellt.

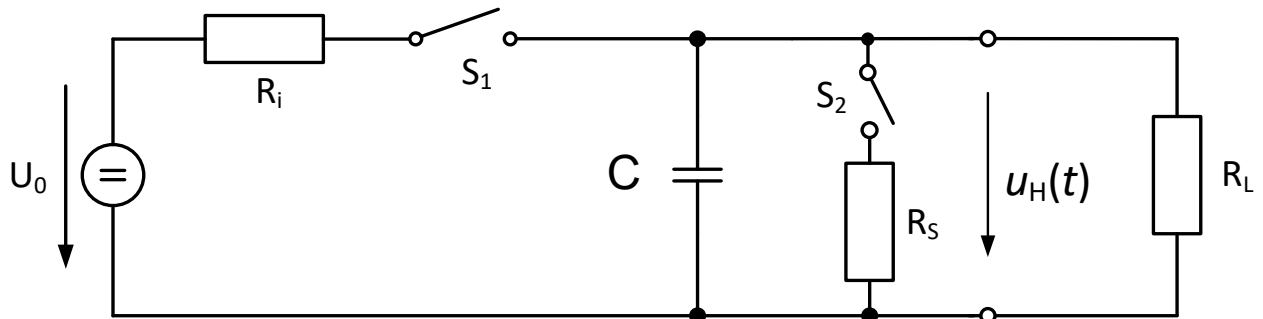


Abbildung 5: Folge-Halteschaltung

a) Zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ wird der Schalter S_2 geöffnet und S_1 geschlossen. Bestimmen Sie $u_H(t)$ mit Hilfe der Laplace-Transformation. Es gelte $u_H(t < 0) = 0 \text{ V}$.

b) Bestimmen Sie die Zeitdauer, die erforderlich ist, bis $u_H(t)$ um weniger als 0,1 % von $u_H(t \rightarrow \infty)$ abweicht. Bestimmen Sie den Zahlenwert für folgende Bauelementwerte:

$$U_0 = 1 \text{ V} \quad R_i = 10 \, \Omega \quad C = 1 \text{ pF} \quad R_s = 0,1 \, \Omega \quad R_L = 50 \, \Omega$$

c) Nach $t_1 = 50 \text{ ps}$ wird der Schalter S_1 geöffnet. Bestimmen Sie mit Hilfe der Laplace-Transformation den Verlauf von $u_H(t)$ für $t > t_1$ in Abhängigkeit von $u_H(t_1)$. Berechnen Sie die Zeitdauer, in der $u_H(t)$ um weniger als 0,1 % von $u_H(t_1)$ abweicht. Ermitteln Sie den Zahlenwert für die Werte aus b).

d) Zum Zeitpunkt $t_2 = 150 \text{ ps}$ wird der Schalter S_2 geschlossen. Bestimmen Sie mit Hilfe der Laplace-Transformation den Verlauf von $u_H(t)$ für $t > t_2$ in Abhängigkeit von $u_H(t_2)$. Berechnen Sie den Zahlenwert der Zeitdauer, in der $u_H(t)$ in diesem Intervall größer als $\frac{1}{1000} U_0$ ist. Verwenden Sie die Zahlenwerte aus b) und c).

e) Skizzieren Sie den Verlauf von $u_H(t)$ in dem Zeitintervall von $t = 0 \text{ s}$ bis $t = 200 \text{ ps}$ für die gegebenen Zahlenwerte.