

Nachdruck verboten

Schriftliche Prüfung im Fach Schaltungstechnik I/II

Am 20.02.2024

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:	
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 die Bipolartransistorschaltung in Abbildung 1 mit folgenden Bauelementparametern:

$$I_S = 10^{-14} \text{ A} \quad U_T = 26 \text{ mV} \quad \beta_N = 10 \quad R_1 = 5 \, \Omega \quad R_2 = 5 \, \Omega$$

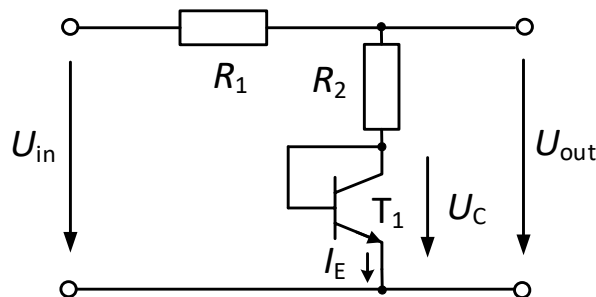


Abbildung 1: Bipolartransistorschaltung

- In welchem Betriebsbereich befindet sich der Bipolartransistor T_1 für $U_{in} > 0 \text{ V}$.
- Leiten Sie die $I_E(U_C)$ -Kennlinie des in Abbildung 1 verschalteten Bipolartransistors auf Basis des Transportstrommodells her. Welches andere Bauelement weist dasselbe Strom-Spannungsverhalten auf? Zeichnen Sie das resultierende Ersatzschaltbild.
- Bestimmen Sie die Kollektorspannung U_C für $U_{in} = 1 \text{ V}$ mit Hilfe des Newton-Raphson-Verfahrens. Brechen Sie das Verfahren ab, sobald gilt: $|U_C^{(n+1)} - U_C^{(n)}| < 1 \text{ mV}$. Welche Ausgangsspannung U_{out} stellt sich ein?
- In welchem Betriebsbereich befindet sich T_1 für $U_{in} = -1 \text{ V}$? Welche Ausgangsspannung U_{out} stellt sich in guter Näherung ein? Begründen Sie.

Nun wird die Kennlinie aus b) durch eine Knickkennlinie mit $U_K = 1 \text{ V}$ approximiert.

- Skizzieren Sie die Übertragungskennlinie $U_{out} = f(U_{in})$ für $-2 \text{ V} \leq U_{in} \leq 2 \text{ V}$.
- Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung $u_{out}(t)$ für ein sinusförmiges Eingangssignal $u_{in}(t)$ mit der Amplitude $\hat{U}_{in} = 2 \text{ V}$ für eine Periodendauer T . Skizzieren Sie auch $u_{in}(t)$.
- Skizzieren Sie den Strom $i_E(t)$ für eine Periodendauer T in das Diagramm in f). Welcher Maximalstrom tritt auf?

Aufgabe 2: Vierpolschaltung

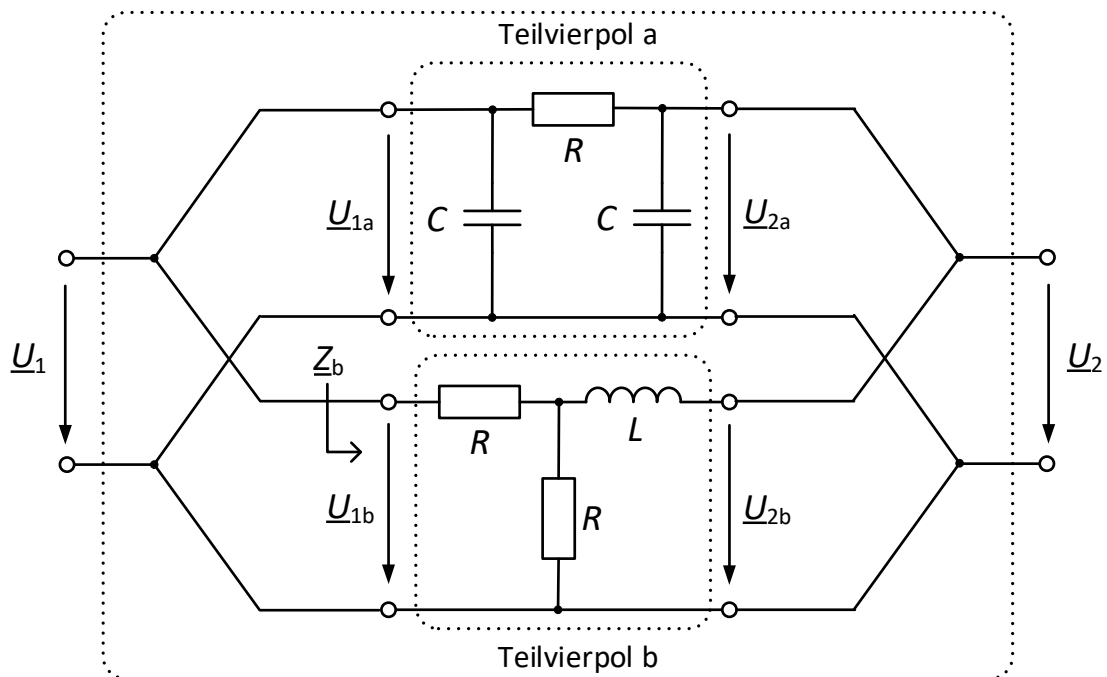


Abbildung 2: Vierpolschaltung bestehend aus zwei Teilvierpolen

- Wie sind die beiden Teilvierpole a und b aus Abbildung 2 miteinander verschaltet?
- Bestimmen Sie die Y-Parameter des Teilvierpols a anhand den Bestimmungsgleichungen. Geben Sie die zwei resultierenden Ersatzschaltbilder an.
- Berechnen Sie die Y-Parameter von Teilvierpol b.
- Geben Sie die Z-Parameter des Gesamtvierpol in Abhängigkeit der Y-Parameter von Teilvierpol a und b an (nicht in Abhängigkeit der Bauelemente).

Betrachten Sie im Folgenden die Teilvierpole aus der Gesamtschaltung herausgelöst.

- An Tor 1 von Teilvierpol a wird eine Spannungsquelle $\underline{U}_0$ mit dem Innenwiderstand R_0 angeschlossen. Berechnen Sie $\underline{U}_{2a}$ mithilfe der Knotenpotentialanalyse.
- Teilvierpol b sei nun mit einem Widerstand R_L am Tor 2 abgeschlossen. Skizzieren Sie schrittweise die Ortskurve der Eingangsimpedanz $\underline{Z}_b(\omega)$. Beschriften Sie die Ortskurven und tragen Sie die Laufrichtung für die ansteigende Kreisfrequenz ω ein.

Die Spannungsübertragungsfunktion eines Systems ist wie folgt gegeben:

$$\underline{F}(j\omega) = \frac{1 + (j\omega RC)^2}{1 + j\omega RC \cdot 10,1 + (j\omega RC)^2}$$

- Skizzieren Sie die Phase von $\underline{F}(j\omega)$ in ein halblogarithmisches Diagramm für $C = 100 \text{ nF}$ und $R = 1 \Omega$.

Aufgabe 3: Operationsverstärkerschaltung

Die Operationsverstärkerschaltung in Abbildung 3 wird am Eingang mit einem periodischen Signal nach Abbildung 4 angesteuert.

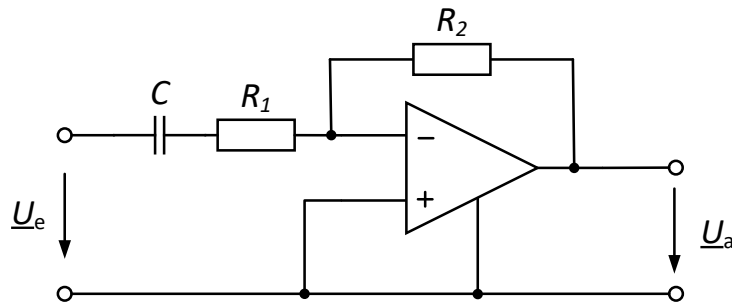


Abbildung 3: Operationsverstärkerschaltung

- Bestimmen Sie allgemein die komplexe Wirkungsfunktion $\underline{F}_a(j\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ für die Schaltung nach Abbildung 3 mit der Verstärkerfunktion $\underline{V}(j\omega) = \frac{V_0}{1+j\omega\frac{V_0}{\omega_g}}$ für den Operationsverstärker in doppelbruchfreier Form.
- Welches Frequenzverhalten zeigt die Schaltung für niedrige Frequenzen?
- Vereinfachen Sie die Wirkungsfunktion $\underline{F}_a(j\omega)$ aus a) mit der Annahme $V_0 \rightarrow \infty$ und geben Sie diese als $\underline{F}_c(j\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ an.

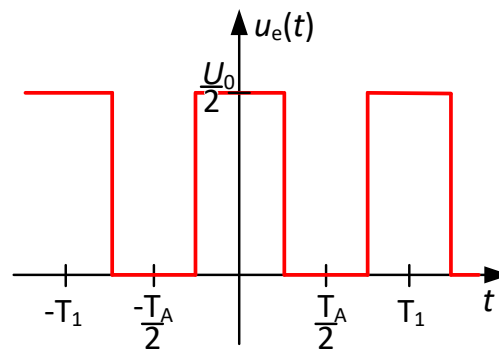


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf des Eingangssignals $u_e(t)$

- Bestimmen Sie die Koeffizienten der reellen Fourierreihe des Eingangssignals $u_e(t)$ nach Abbildung 4 für die ersten 5 Glieder und geben Sie das Eingangssignal damit an.
- Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der ersten 5 reellen Fourierreihenglieder in ein Diagramm für jeweils eine Periodendauer. Achten Sie auf eine nachvollziehbare Darstellung.

Die Übertragungsfunktion der Schaltung aus Abbildung 3 kann wie folgt angegeben werden:

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

- f) Geben Sie das Ausgangssignal mit den ersten 5 Gliedern der reellen Fourierreihe an. Vereinfachen Sie so weit wie möglich.
- g) Kreuzen Sie bei den folgenden Fragen zutreffendes an. Machen Sie ihr Kreuz innerhalb der Kreise.

Aussage	Wahr	Falsch
Der zeitliche Verlauf der Spannung an einer Spule muss stetig sein	☐	☐
Gerade periodische Zeitsignale haben keinen Gleichanteil	☐	☐
In der Schaltungstechnik beschreibt die partikuläre Lösung einer DGL den eingeschwungenen Zustand	☐	☐
Ein Schwingkreis aus einer Induktivität und einer Kapazität hat keine Dämpfung	☐	☐
Die Fouriertransformation eines gauß-förmigen Signals ist ebenfalls gauß-förmig	☐	☐
Mit der Fouriertransformation können alle nicht-periodischen Signale transformiert werden	☐	☐
Mit Hilfe des Pol- und Nullstellendiagramms (p-Ebene) lassen sich Aussagen über die Stabilität eines Systems treffen	☐	☐
Eine Multiplikation zweier Signale im Zeitbereich entspricht einer Faltung im Frequenzbereich	☐	☐

Aufgabe 4: Laplace-Transformation und DGL

Gegeben ist die Schaltung nach Abbildung 5. Der Schalter sei ideal und erzeugt daher Spannungssprünge am Eingang. Für $t < t_1$ ist die Spule L ungeladen, S_1 liegt an U_1 (Position 1) und S_2 ist offen. Es gilt $U_1 < U_2$.

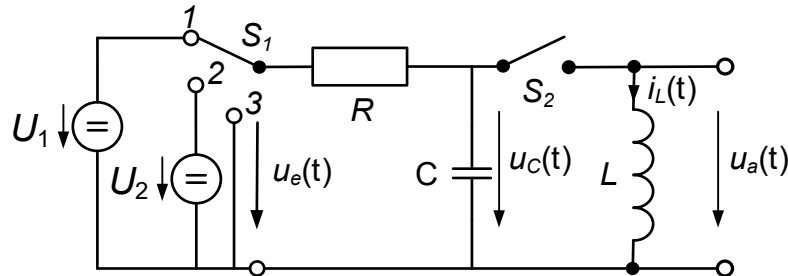


Abbildung 5: Schwingkreis mit geschalteter Eingangsspannung

Zum Zeitpunkt $t = t_1$ wird der Schalter S_1 von U_1 auf U_2 geschaltet (Position 2). Nachdem der Kondensator vollständig geladen ist, wird zum Zeitpunkt $t = t_2$ zeitgleich S_1 auf Position 3 gesetzt und S_2 geschlossen.

- Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung $u_e(t)$ am Eingang der Schaltung von $t = 0$ bis $t = t_2$.
- Bestimmen Sie den Verlauf der Spannung $u_C(t)$ zwischen den Zeitpunkten $t = t_1$ und $t = t_2$.
- Berechnen Sie aus dem Ergebnis aus b) den Verlauf des Stroms $i_C(t)$ zwischen den Zeitpunkten $t = t_1$ und $t = t_2$.
- Bestimmen Sie den Strom $i_L(t)$ nach dem zweiten Schaltvorgang $t > t_2$.
- Formen Sie Ihr Ergebnis aus d) so um, dass es eine trigonometrische Funktion enthält. Skizzieren Sie anschließend qualitativ den Verlauf von $i_L(t)$ für $t > t_2$ und kennzeichnen Sie die Einhüllende.
- Bestimmen Sie die Laplacetransformierte der Übertragungsfunktion $\underline{F}(p) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ für den Fall, dass S_2 geschlossen ist.

Es gilt: $R = 50 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ fF}$ und $L = 500 \text{ }\mu\text{H}$.

- Tragen Sie die Null- und Polstellen der Übertragungsfunktion $\underline{F}(p)$ in eine p -Ebene ein und benennen Sie den Schwingfall bzw. die Dämpfung dieses Systems.