



Nachdruck verboten

Schriftliche Prüfung im Fach Schaltungstechnik I/II

am 21.02.2023

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)	h)	Summe
1							-	-	
2							-	-	
3							-	-	
4						-	-	-	

Gesamtpunktzahl:	
Note:	

Aufgabe 1: Nichtlineare Schaltung

Die in Abbildung 1 dargestellte Transistorschaltung ist zu untersuchen.

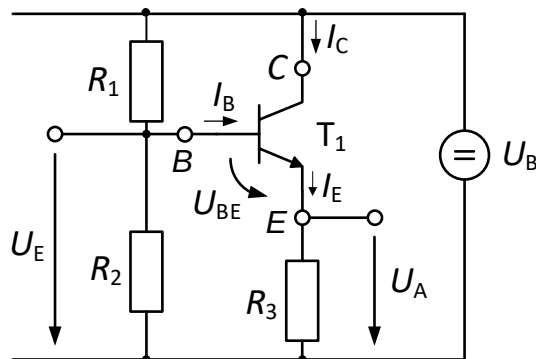


Abbildung 1: Bipolartransistorschaltung

Das Verhalten des npn-Bipolartransistors T_1 ist durch folgende Modellgleichung beschrieben:

$$I_C = I_S \left(e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right)$$

Der Basisstrom I_B wird zunächst vernachlässigt, d. h. $I_B = 0$ A.

Folgende Bauelementwerte sind gegeben:

$$R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 100 \text{ }\Omega \quad I_S = 10^{-15} \text{ A} \quad U_T = 25 \text{ mV} \quad U_B = 2 \text{ V}$$

- Bestimmen Sie die Spannung, die am Widerstand R_2 abfällt. Welche Diode des Bipolartransistors sperrt und in welchem Betriebsbereich befindet sich der Transistor T_1 daher?
- Bestimmen Sie mit dem Newton-Raphson-Verfahren (NRV) die Ausgangsspannung U_A und die Basis-Emitter-Spannung U_{BE} . Nutzen Sie als Startwert $U_A^{(0)} = 0,25 \text{ V}$. Brechen Sie das Verfahren ab, sobald gilt: $\left| U_A^{(n+1)} - U_A^{(n)} \right| < 1 \text{ mV}$
- Der Bipolartransistor kann durch das Kleinsignalersatzschaltbild in Abbildung 2 dargestellt werden. Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Bipolartransistorschaltung aus Abbildung 1 und bestimmen Sie am in b) berechneten Arbeitspunkt die differentielle Steilheit $g_m = \frac{dI_C}{dU_{BE}}$.

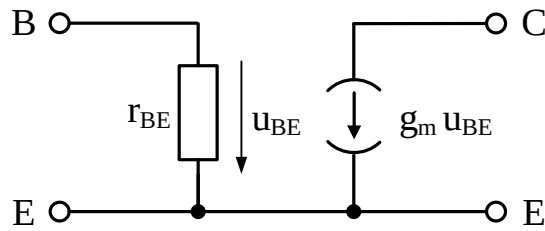


Abbildung 2: Kleinsignalersatzschaltbild von T_1

- d) Eine Wechselspannungsquelle $u_{AC}(t) = \hat{U}_{AC} \sin(2\pi f_{AC} t)$ soll nun an der Eingangsklemme bzw. an der Basis B angeschlossen werden. Wie muss die Quelle angeschlossen werden, damit der DC-Arbeitspunkt $U_{E,AP}$ nicht verändert wird?
- e) Die Ausgangsspannung $u_A(t)$ lässt sich als Taylor-Reihe am Arbeitspunkt $U_{E,AP}$ abhängig von der Eingangsspannung $u_E(t)$ wie folgt nähern:

$$u_A(t) = \sum_{v=0}^3 a_v (u_E(t) - U_{E,AP})^v$$

$$a_v = \left. \frac{1}{v!} \frac{d^v U_A(U_E)}{d U_E^v} \right|_{U_E=U_{E,AP}}$$

Die sinusförmige Eingangsspannung $u_E(t)$ ist wie folgt gegeben:

$$u_E(t) = U_{E,AP} + \hat{U}_{AC} \sin(2\pi f_{AC} t)$$

Welche Frequenzen sind im Ausgangssignal $u_A(t)$ enthalten?

- f) Der Basisstrom I_B wird nun nicht mehr vernachlässigt. Es gilt $I_B = \frac{I_C}{\beta}$. Stellen Sie die Funktion $f(I_C)$ auf, um den neuen Arbeitspunkt der Schaltung in Abbildung 1 anhand des NRVs berechnen zu können. Bestimmen Sie hierzu zuerst $U_E(I_C)$ und $U_A(I_C)$.
Hinweis: Das NRV muss nicht durchgeführt werden.

Aufgabe 2: Vierpolschaltung

Eine Verstärkerschaltung, bestehend aus zwei Transistorverstärkern, wird mit einem Transformator in Kette geschaltet und entsprechend Abbildung 3 betrieben.

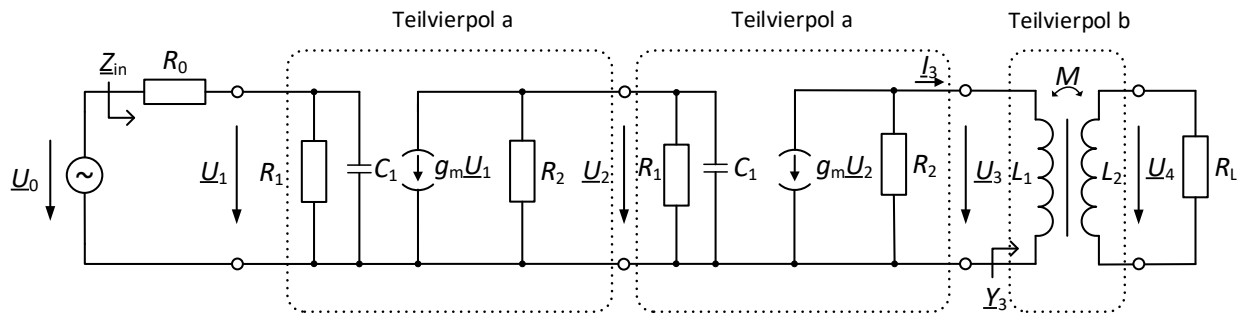


Abbildung 3: Verstärkerschaltung mit Transformator

- Bestimmen Sie die Kettenparameter des Teilvierpols a in Abhängigkeit der Bauelemente, indem Sie zunächst die Y-Parameter des Teilvierpols a bestimmen und diese anschließend in die Kettenform überführen.
- Welche Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{in}$ sieht die Quelle $\underline{U}_0$? Skizzieren Sie die Ortskurve von $\underline{Z}_{in}$ in der komplexen $\underline{Z}$ -Ebene und tragen Sie die Punkte für $\omega = 0$, $\omega \rightarrow \infty$ sowie den Umlaufsinn ein.
- Bestimmen Sie die Kettenparameter des Teilvierpols b in Abhängigkeit der Bauelemente, bei dem es sich um einen festgekoppelten Transformator ohne ohmsche Verluste in den Wicklungen handelt.
- Bestimmen Sie für folgende Bauelementwerte die Eingangsimpedanz $\underline{Y}_3$ des Teilvierpols b bei Abschluss mit dem Widerstand R_L und berechnen Sie die von $\underline{Y}_3$ aufgenommene Wirkleistung.

$$L_1 = 1 \text{ mH} \quad L_2 = 100 \text{ mH} \quad R_L = 1 \text{ k}\Omega \quad \underline{U}_3 = 1 \text{ V} \quad f = 1 \text{ kHz}$$

- Bestimmen Sie für die Kettenschaltung der drei Teilvierpole in Abbildung 3 die Vierpolmatrix $[\underline{A}_{ges}]$ in Abhängigkeit der Vierpolmatrizen $[\underline{A}_a]$ und $[\underline{A}_b]$.
- Stellen Sie die Spannungsübertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_3}{\underline{U}_1}$ der Verstärkerschaltung bestehend aus den zwei Teilvierpolen a im unbelasteten Fall ($\underline{I}_3 = 0$) auf. Geben sie die 3 dB-Grenzfrequenz $f_{3\text{dB}}$ von $\underline{F}(j\omega)$ in Abhängigkeit der Bauelemente an.

Aufgabe 3: Operationsverstärkerschaltung

Es wird die Verstärkerschaltung in Abbildung 4 untersucht.

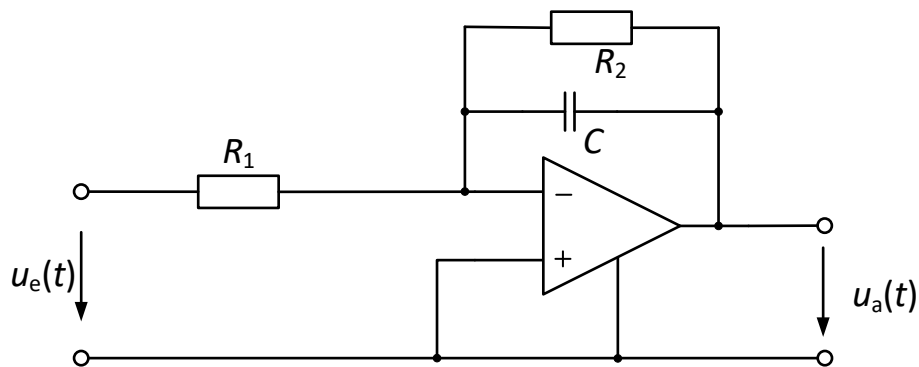


Abbildung 4: Operationsverstärkerschaltung

- a) Bestimmen Sie die Wirkungskfunktion $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ für die Schaltung nach Abbildung 4 mit der Verstärkerfunktion $\underline{V}(j\omega) = \frac{V_o}{1+j\omega\frac{V_o}{\omega_g}}$ für den Operationsverstärker. Geben Sie das Ergebnis ohne Doppelbruch und in Abhängigkeit von R_1 , R_2 , C und V_o an. Die Eingangsströme des Operationsverstärkers sind zu vernachlässigen.
- b) Vereinfachen Sie die Wirkungskfunktion $\underline{F}(j\omega)$ aus a) mit der Annahme $V_o \rightarrow \infty$.
- c) Skizzieren Sie für die vereinfachte Wirkungskfunktion $\underline{F}(j\omega)$ nach b) den Amplitudengang und den Phasengang für folgende Zahlenwerte:
- $$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad C = 100 \text{ nF} \quad R_2 = 100 \text{ k}\Omega \quad \omega_g = 1 \text{ MHz}$$

Welche Verstärkung ergibt sich für $\omega \rightarrow 0$?

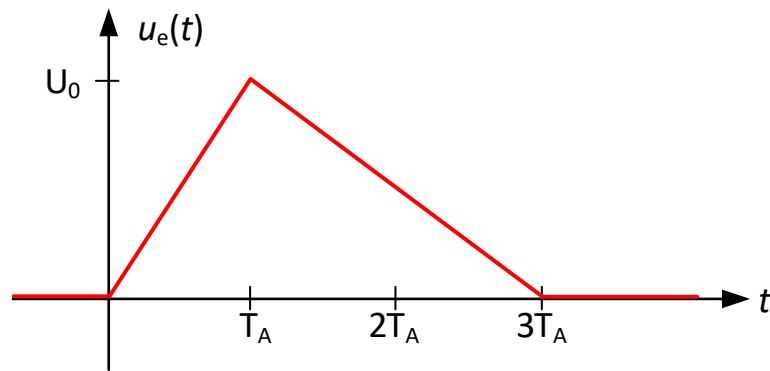


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf des Eingangsimpulses $u_e(t)$

- d) Bestimmen Sie die Fourier-Transformierte $\underline{V}_e(f)$ des Eingangssignals $u_e(t)$ nach Abbildung 5.

Hinweis: Unter Umständen kann eine andere Transformation hilfreich sein. Geben Sie benötigte Bedingungen an.

Nun liegt an einem System, beschrieben durch $\underline{F}_S(j\omega) = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_0}}$, das Dreieckssignal $u_E(t)$ an.

Das dazugehörige Ausgangssignal sei $u_A(t)$. Die Fourier-Transformierte des Eingangssignals ist gegeben mit $\underline{V}_E(f) = \frac{U_0}{T_0} \frac{1}{(j2\pi f)^2} (1 - e^{-j2\pi f T_0})^2$.

- e) Geben Sie die Fourier-Transformierte des Ausgangssignals $\underline{V}_A(f)$ an.
- f) Bestimmen Sie den zeitlichen Verlauf des Ausgangssignals $u_A(t)$.

Aufgabe 4: Laplace-Transformation

Die Schaltung in Abbildung 6 wird für die Pulsweitenmodulation verwendet. Zunächst befindet sich der ideale Schalter S in Position 1.

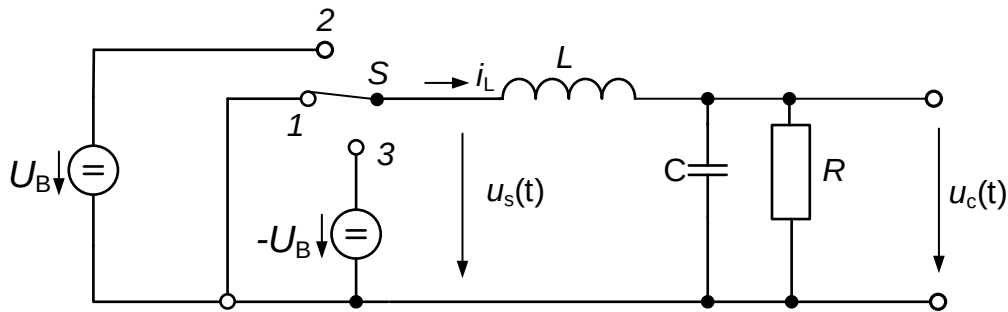


Abbildung 6: Schaltung für Pulsmodulation

Es sind folgende Bauelementwerte gegeben:

$$U_B = 5,00 \text{ V} \quad R = 50,0 \, \Omega \quad L = 100 \text{ nH} \quad C = 1,00 \text{ pF} \quad T_s = 1,00 \text{ ns}$$

- a) Skizzieren Sie den Verlauf von $u_s(t)$ für die Dauer von T_s , wenn der ideale Schalter S zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ auf Position 2 gebracht wird. Nach der Dauer T_1 wird der Schalter S zurück in Position 1 gebracht und verbleibt dort für die Dauer T_2 . Dann wird der Schalter S in Position 3 gebracht und verbleibt dort für die Dauer T_1 . Dann wird der Schalter S wieder für die Dauer T_2 in Position 2 gebracht. Es sei $T_1 = T_2 = \frac{T_s}{4}$.

Welche Frequenz hat die Grundschiwingung (bzw. 1. Harmonische)?

- b) Bestimmen Sie allgemein ohne Doppelbruch die Wirkungsiunktion $\underline{F}(p) = \frac{\underline{U}_c(p)}{\underline{U}_s(p)}$ und berechnen Sie ihre Polstellen.
- c) Bestimmen Sie $\underline{U}_c(p)$, wenn zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ der Schalter S auf Position 2 gelegt wird. Beachten Sie, dass die Energiespeicher zu diesem Zeitpunkt leer waren.
- d) Welche Spannung $u_c(T_1)$ und welcher Strom $i_L(T_1)$ ergibt sich zum Zeitpunkt T_1 (unmittelbar vor dem Umschalten)?

Hinweis: Geben Sie eventuelle Zwischenergebnisse an.

- e) Zum Zeitpunkt T_1 wird der Schalter wieder in Position 1 gebracht. Bestimmen Sie $\underline{U}_c(p)$ für $t > T_1$ mit den Anfangsbedingungen $u_c(T_1) = U_{c0}$, $i_L(T_1) = I_{L0}$ und $\frac{du_c}{dt}|_{t=T_1} = U'_{c0}$ und geben Sie durch Rücktransformation $u_c(t)$ an. Zahlenwerte müssen in dieser Teilaufgabe nicht eingesetzt werden.