

Klausur in
„Mess- und Schaltungstechnik“
im Sommersemester 2015
am 20.07.2015

Beachten Sie folgende Hinweise:

- Füllen Sie als Erstes das Deckblatt aus.
- Prüfen Sie die Vollständigkeit der Klausur. (6 Aufgabenblätter)
- Es sind keine Hilfsmittel (z.B. Formelsammlung oder Taschenrechner) erlaubt.
- Benutzen Sie keinen Bleistift oder Rotstift.
- Benutzen Sie für eine neue Aufgabe ein neues Blatt.
- Aufgaben mit einem Sternchen * sind Zusatzaufgaben.

Viel Erfolg!

Name, Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Unterschrift: _____

Aufgabe	Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Zusatzpkt.	
Summe	

Note	
------	--

Aufgabe 1:

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 1 mit dem Transistor T_1 , für den gelte: $B = \beta \rightarrow \infty$. Die Versorgungsspannung U_B beträgt 12 V und hat eine Brummspannung von $u_{B,Br,eff} = 1$ V. Die Z-Diode D_1 besitzt folgende Daten: $U_Z = 5,6$ V, $r_Z = 40 \Omega$ bei $I_Z = 40$ mA.

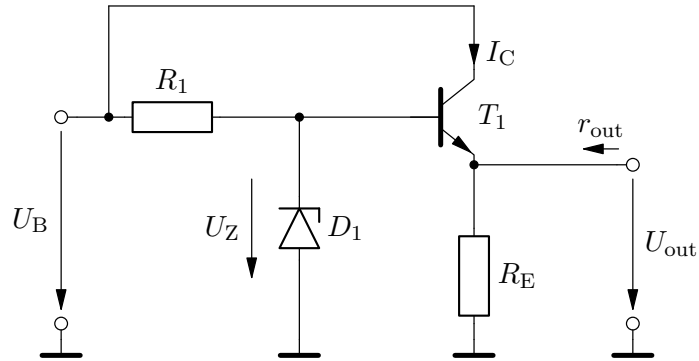


Abbildung 1: Z-Dioden-Schaltung

- Bestimmen Sie den Widerstand R_1 so, dass durch die Z-Diode ein Arbeitspunktstrom von $I_Z = 40$ mA fließt.
- Bestimmen Sie, welche Gleichspannung über R_E abfällt und bestimmen Sie den Widerstand R_E so, dass ein Strom von $I_C = 10$ mA fließt.
- Zeichnen Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild.
- Bestimmen Sie die Brummspannung $u_{out,Br,eff}$.
- Bestimmen Sie den Ausgangswiderstand r_{out} .

Aufgabe 2:

Gegeben sei die Transistorschaltung aus Abbildung 2. Der Transistor T_1 habe eine Stromverstärkung $B = \beta \rightarrow \infty$. Die Versorgungsspannung U_B beträgt 15 V. Weiterhin gilt $R_1 = 10,3 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 2,5 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 500 \Omega$, $R_5 = 1,5 \text{ k}\Omega$ und $U_T = 25 \text{ mV}$.

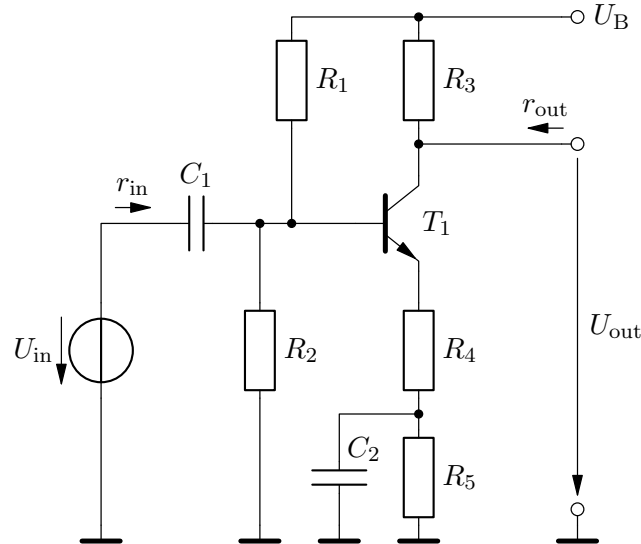


Abbildung 2: Verstärkerschaltung

- Bestimmen Sie den Kollektorstrom im Arbeitspunkt des Transistors I_C und die Ausgangsspannung U_{out} im Arbeitspunkt.
- Zeichnen Sie den Weg, den das Signal durch die Schaltung nimmt, ein.
- In welcher Schaltungsart befindet sich der Transistor?
- Zeichnen Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild der Schaltung.
- Bestimmen Sie den Eingangswiderstand r_{in} und den Ausgangswiderstand r_{out} .
- Bestimmen Sie die Spannungsverstärkung $v = \frac{u_{out}}{u_{in}}$.
- Bestimmen Sie den Eingangswiderstand r_{in} für $B = \beta = 100$.
- * Bestimmen Sie den Ausgangswiderstand r_{out} bei einer Early-Spannung $U_A = 100 \text{ V}$ und $B = \beta = 100$.
- * Verändern oder erweitern Sie die Schaltung so, dass bei bleibender Verstärkung und Arbeitspunkt der Ausgangswiderstand deutlich verkleinert wird.

Aufgabe 3:

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 3 mit den Transistoren T_1 und T_2 , für die gelte: $B_1 = B_2 = \beta_1 = \beta_2 \rightarrow \infty$. Weiterhin gegeben sind: $R_C = 2,5 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$, $I_1 = 2 \text{ mA}$, $U_{B1} = 15 \text{ V}$ und $U_{B2} = -5 \text{ V}$.

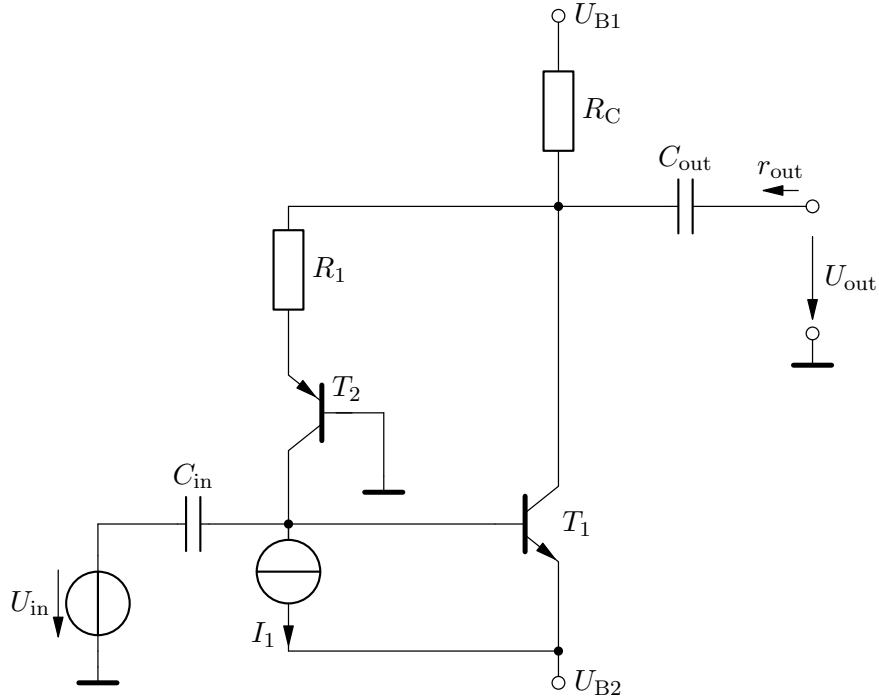


Abbildung 3: Transistorschaltung

- Beschreiben Sie den Wirkmechanismus der Schaltung.
- Berechnen Sie die Spannung im Arbeitspunkt über R_1 .
- Berechnen Sie die Spannung über Widerstand R_C und den Strom durch R_C im Arbeitspunkt.
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_{out} .
- Berechnen Sie die Spannungsverstärkung $v = \frac{u_{\text{out}}}{u_{\text{in}}}$.

Aufgabe 4:

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 4 mit einem idealen Operationsverstärker.

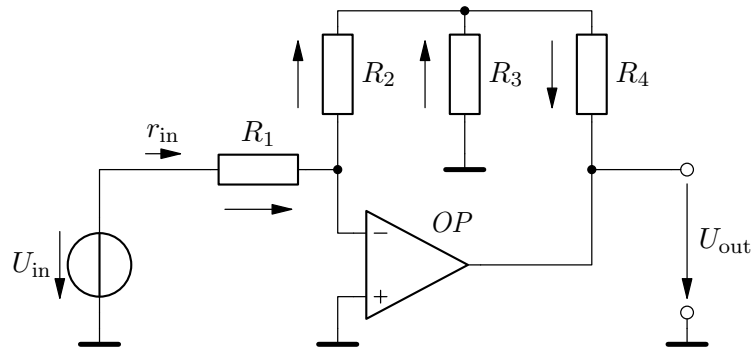


Abbildung 4: Operationsverstärkerschaltung mit Spannungspfeilen

- Bestimmen Sie den Strom durch R_1 als Funktion von U_{in} .
- Bestimmen Sie den Strom durch R_2 und die Spannung über R_2 .
- Bestimmen Sie die Spannung über R_3 und den Strom durch R_3 .
- Bestimmen Sie den Strom durch R_4 und die Spannung über R_4 .
- Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_{out} Funktion von U_{in} .

Im Folgenden gilt für die Widerstände: $R_1 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_4 = 100 \text{ k}\Omega$.

- Wie groß ist die Spannungsverstärkung $v = \frac{U_{out}}{U_{in}}$ dieser Schaltung?
- * Wie groß ist der Eingangswiderstand der Schaltung r_{in} ?
- * Zeichnen Sie eine einfachere Schaltung mit einem OP und gleichem Eingangswiderstand, die dieselbe Aufgabe erfüllt.

Aufgabe 5:

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 5 mit zwei idealen Operationsverstärkern.

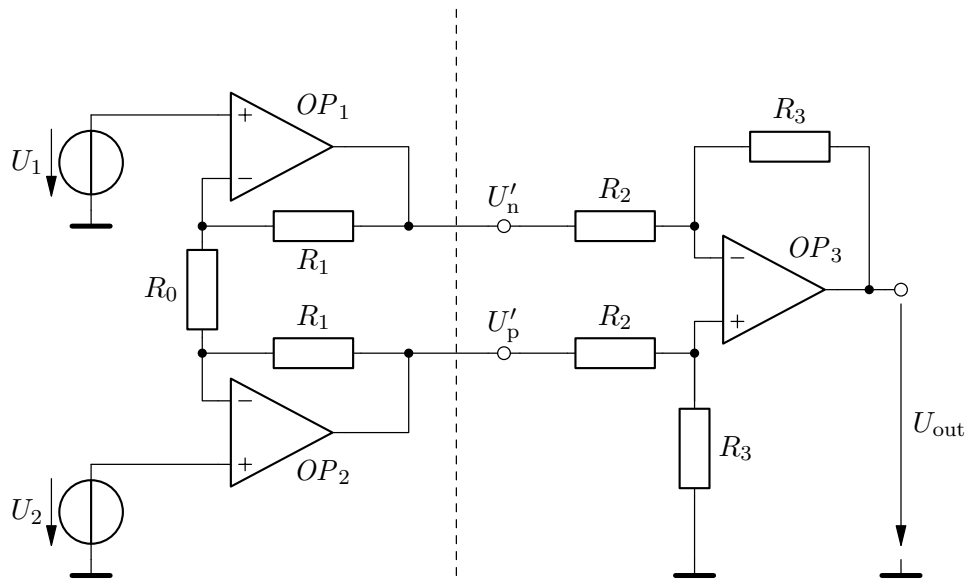


Abbildung 5: Operationsverstärker

Betrachten Sie zunächst den Schaltungsteil rechts von der gestrichelten Linie.

- Bestimmen Sie $U_{\text{out}} = f(U'_{\text{p}}, R_3, R_2)$ für $U'_{\text{n}} = 0$.
- Bestimmen Sie $U_{\text{out}} = f(U'_{\text{n}}, R_3, R_2)$ für $U'_{\text{p}} = 0$.
- Benutzen Sie das Superpositionsprinzip, um allgemein $U_{\text{out}} = f(U'_{\text{p}}, U'_{\text{n}}, R_3, R_2)$ anzugeben.

Betrachten Sie jetzt den linken Teil der Schaltung.

- Zunächst gelte $U_2 = 0$. Bestimmen Sie für diesen Fall die Potentiale an den invertierenden Eingängen von OP_1 und OP_2 , sowie U'_{p} und U'_{n} .
- Nun gelte $U_1 = 0$. Bestimmen Sie für diesen Fall die Potentiale an den invertierenden Eingängen von OP_1 und OP_2 , sowie U'_{p} und U'_{n} .
- Benutzen Sie das Superpositionsprinzip, um allgemein $U'_{\text{p}} = f(U_1, U_2, R_0, R_1)$ und $U'_{\text{n}} = f(U_1, U_2, R_0, R_1)$ anzugeben.

Betrachten Sie nun die gesamte Schaltung.

- Geben Sie allgemein $U_{\text{out}} = f(U_1, U_2, R_0, R_1, R_2, R_3)$ an.
- * Welchen Vorteil hat die Gesamtschaltung gegenüber der OP-Teilschaltung rechts der gestrichelten Linie?

Aufgabe 6:

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 6 mit einem idealen Operationsverstärker. Die beiden Transistoren T_1 und T_2 sind vom gleichen Typ mit $B = \beta \rightarrow \infty$. Die Betriebsspannung der Schaltung beträgt 5 V. Die Werte der Widerstände sind $R_1 = 700 \Omega$ und $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$. Der Strom I_0 ist stets positiv.

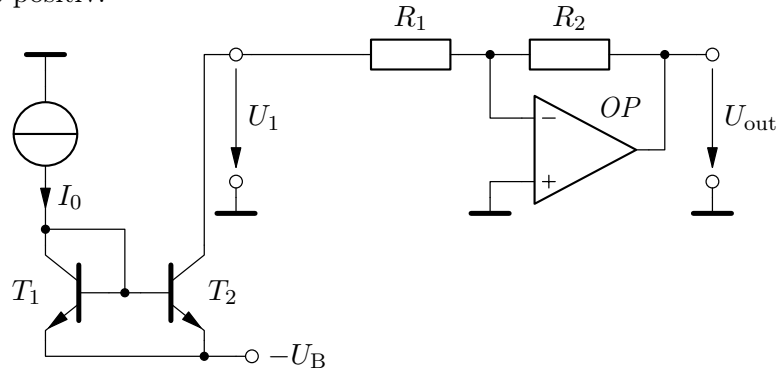


Abbildung 6: Schaltung

- Bestimmen Sie den Strom $I_{C2} = f(I_0)$.
- Bestimmen Sie die Spannung $U_1 = f(I_0)$.
- Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_{out} in Abhängigkeit von I_0 . Zeichnen Sie den Verlauf quantitativ in ein Diagramm für $0 \leq I_0 \leq 2 \text{ mA}$.

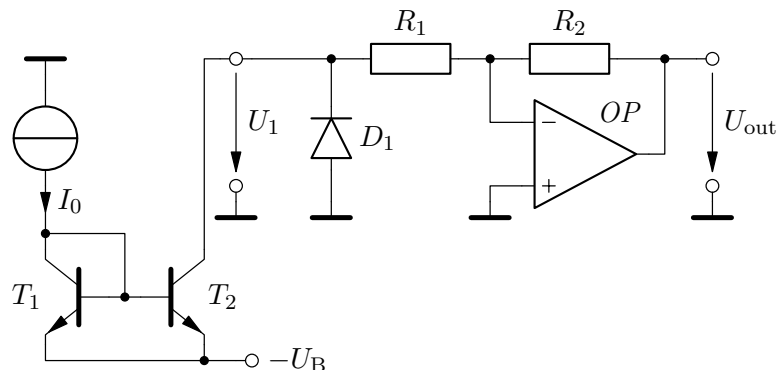


Abbildung 7: Schaltung

Die Schaltung wird jetzt um die Diode D_1 erweitert, siehe Abbildung 7. Die Diode weist ein ideales Verhalten mit $U_F = 0,7 \text{ V}$ auf.

- Bestimmen Sie nun die Ausgangsspannung U_{out} in Abhängigkeit von I_0 . Zeichnen Sie ebenfalls den Verlauf quantitativ in das Diagramm aus c) für $0 \leq I_0 \leq 2 \text{ mA}$.
Hinweis: Beachten Sie die Fallunterscheidung durch den Einfluss der Diode.
- Beschreiben Sie die Wirkung von D_1 und R_1 .

Als Stromquelle wird eine Fotodiode eingesetzt. Deren Strom ist proportional zur Beleuchtungsstärke (in Lux, $[E_V] = \text{lx}$). Für die eingesetzte Fotodiode gilt: $I_0 = 20 \mu\text{A lx}^{-1} \cdot E_V$

- * Wie ist der Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke und der Ausgangsspannung? Bestimmen Sie die maximal messbare Beleuchtungsstärke.
- * Nun weisen die Transistoren eine endliche Stromverstärkung von $B = 20$ auf. Wie kann der Fehler des Stromspiegels ausgeglichen werden?