

„Mess- und Schaltungstechnik“

Beachten Sie folgende Hinweise:

- Füllen Sie als Erstes das Deckblatt aus.
- Prüfen Sie die Vollständigkeit der Klausur. (9 Aufgabenblätter)
- Es sind keine Hilfsmittel (z.B. Formelsammlung oder Taschenrechner) erlaubt. Smartwatches und Telefone sind im Rucksack oder in der Tasche zu verstauen.
- Verwenden Sie keinen Bleistift oder Rotstift.
- Benutzen Sie für eine neue Aufgabe ein neues Blatt.
- In den Aufgaben können 119 Punkte erreicht werden. Die Note 1,0 ist ab 96 Punkten erreicht.
- Die Zahlen vor den Unterpunkten geben die Teilpunkte der jeweiligen Teilaufgabe an.

Viel Erfolg!

Name, Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Unterschrift: _____

Aufgabe	Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
Zusatzpkt.	
Summe	

Note	
------	--

Aufgabe 1: (17 Punkte)

Gegeben sei die Transistorschaltung aus Abbildung 1.1 mit den idealen Transistoren T_1 bis T_3 . Nehmen Sie an, dass $|U_{BE}|$ aller Transistoren $0,6\text{ V}$ und die Stromverstärkung $B = \beta \rightarrow \infty$ beträgt.

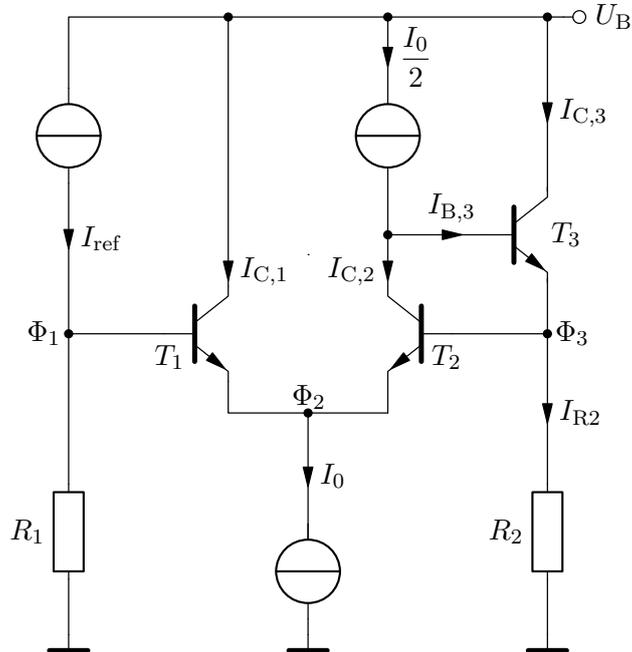


Abbildung 1.1

- 1 a) Bestimmen Sie das Potential Φ_1 als Funktion von I_{ref} und R_1 .
- 1 b) Wie groß ist der Basisstrom $I_{B,3}$ von Transistor T_3 ?
- 2 c) Bestimmen Sie die Kollektorströme $I_{C,2}$ und $I_{C,1}$.
- 1 d) Welches Potential Φ_2 stellt sich an den Emitteranschlüssen von T_1 und T_2 ein?
- 1 e) Bestimmen Sie das Potential Φ_3 .
- 2 f) Geben Sie den Strom I_{R2} als Funktion von I_{ref} , R_1 und R_2 an.
- 1 g) Bestimmen Sie den Strom $I_{C,3}$.
- 2 h) Welche Funktion erfüllt die Schaltung in Bezug auf I_{ref} und $I_{C,3}$ für den Fall, dass $R_1 = R_2$ gilt?
- 3 i) Zeichnen Sie eine zu Unterpunkt h) äquivalente Schaltung, welche nur zwei Transistoren benötigt.
- 3 j) Bestimmen Sie die Verlustleistung der Schaltung nach Abbildung 1.1 als Funktion von U_B , I_0 und I_{ref} . Weiterhin gelte: $R_1 = R_2$.

Aufgabe 2: (20 Punkte)

Gegeben sei die Transistorschaltung aus Abbildung 2.1 mit den idealen Transistoren T_1 und T_2 . Für die Schaltung gelte: $U_B = 20\text{ V}$, $U_{BE} = 0,6\text{ V}$, $B = \beta \rightarrow \infty$, $C_1 = C_2 = C_3 \rightarrow \infty$, $R_L \rightarrow \infty$, $R_1 = 16,4\text{ k}\Omega$ und $R_2 = 3,6\text{ k}\Omega$.

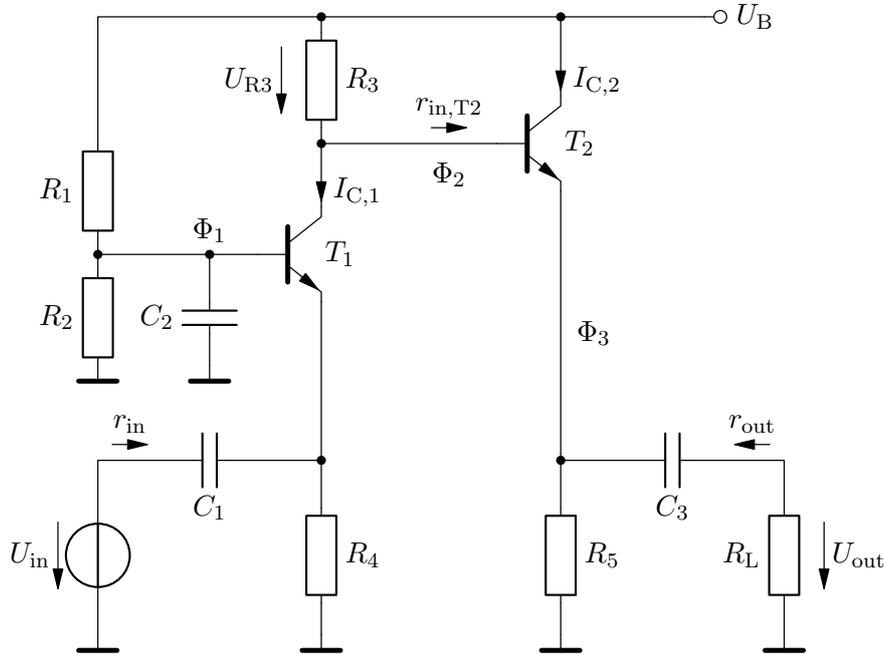


Abbildung 2.1

- 2 a) Berechnen Sie den Widerstand R_4 für einen Kollektorstrom $I_{C,1} = 500\ \mu\text{A}$.
- 1 b) Berechnen Sie den Widerstand R_3 für eine Spannung $U_{R3} = 10\text{ V}$.
- 2 c) Berechnen Sie den Widerstand R_5 für einen Kollektorstrom $I_{C,2} = 500\ \mu\text{A}$.

Nun gelte für die Transistoren $B = \beta = 200$.

- 3 d) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus Abbildung 2.1.
- 2 e) In welchen Schaltungsarten werden die Transistoren T_1 und T_2 betrieben?
- 2 f) Berechnen Sie den Eingangswiderstand $r_{in,T2}$ allgemein als Funktion von R_5 und R_L und geben Sie ihn als Zahlenwert (Näherung) an.
- 1 g) Bestimmen Sie die Kleinsignalverstärkung $v_{T2} = \frac{d\Phi_3}{d\Phi_2}$ der Verstärkerstufe, gebildet aus T_2 . (Näherung)
- 3 h) Berechnen Sie die Gesamtverstärkung $v = \frac{u_{out}}{u_{in}}$ der Schaltung.
- 2 i) Bestimmen Sie den Eingangswiderstand r_{in} der Schaltung.
- 2 j) Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_{out} der Schaltung.

Aufgabe 3: (16 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 3.1 mit zwei idealen gegengekoppelten Operationsverstärkern.

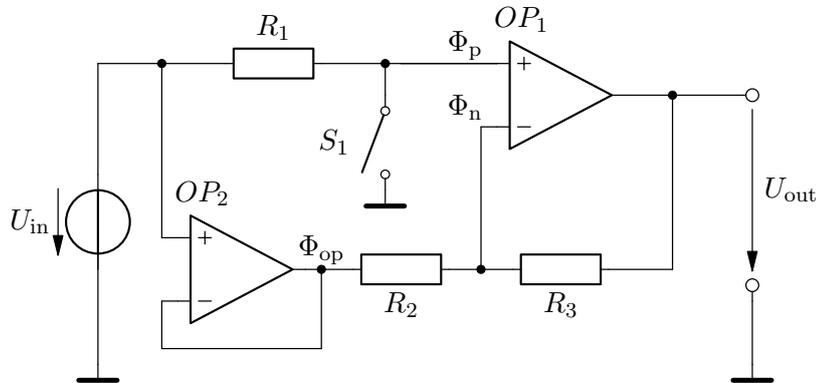


Abbildung 3.1

- 1 a) Bestimmen Sie das Potential Φ_{op} am Ausgang des Operationsverstärkers OP_2 .
Hinweis: Das Potential ist unabhängig vom Zustand des Schalters S_1 .

Nun sei der Schalter S_1 geschlossen (S_1 leitend).

- 2 b) Bestimmen Sie die Potentiale Φ_p und Φ_n .
 2 c) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_{out} = f(U_{in}, R_1, R_2, R_3)$ zunächst allgemein.
 1 d) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_{out} = f(U_{in}, R)$ für $R_1 = R_2 = R_3 = R$.
 1 e) Welche Funktion erfüllt diese Schaltung mit geschlossenem Schalter S_1 ?

Jetzt sei der Schalter S_1 geöffnet (S_1 nicht leitend).

- 2 f) Bestimmen Sie die Potentiale Φ_p und Φ_n .
 2 g) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_{out} = f(U_{in}, R_1, R_2, R_3)$ zunächst allgemein.
 1 h) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_{out} = f(U_{in}, R)$ für $R_1 = R_2 = R_3 = R$.
 1 i) Welche Funktion erfüllt die Schaltung nun bei geöffnetem Schalter S_1 ?

Beim Aufbau der Schaltung stellen Sie fest, dass Sie nur vier Widerstände mit den Werten $1\text{ k}\Omega$, $3\text{ k}\Omega$, $4\text{ k}\Omega$ und $12\text{ k}\Omega$ zur Verfügung haben.

- 3 j) Wie sollten die Widerstände in die Schaltung eingebaut werden, damit das Schaltungsverhalten unverändert bleibt? *Hinweis: Verwenden Sie alle vier Widerstände!*

Aufgabe 4: (18 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 4.1 mit einem idealen gegengekoppelten Operationsverstärker.

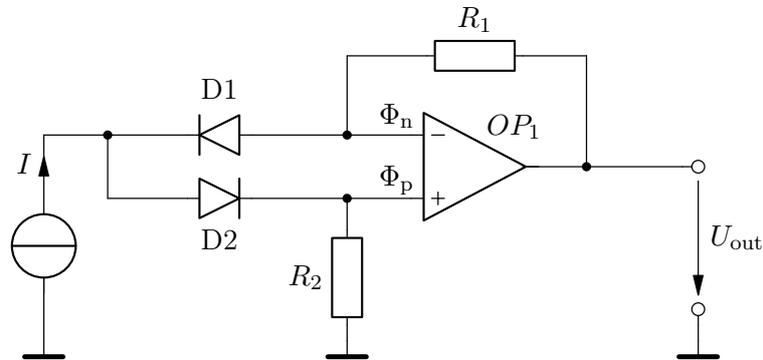


Abbildung 4.1

Der Strom I sei zunächst positiv.

- 2 a) Treffen Sie für die beiden Dioden D_1 und D_2 eine Aussage, ob sie jeweils leitend oder sperrend sind.
- 2 b) Bestimmen Sie das Potential Φ_p .
- 1 c) Bestimmen Sie das Potential Φ_n .
- 2 d) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung $U_{\text{out}} = f(I, R_1, R_2)$.

Jetzt sei der Strom I negativ.

- 2 e) Treffen Sie für die beiden Dioden D_1 und D_2 eine Aussage, ob sie jeweils leitend oder sperrend sind.
- 2 f) Bestimmen Sie das Potential Φ_p .
- 1 g) Bestimmen Sie das Potential Φ_n .
- 2 h) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung $U_{\text{out}} = f(I, R_1, R_2)$.

Es gelte jetzt: $R_1 = R_2 = R$

- 1 i) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung $U_{\text{out}} = f(I, R)$ in allgemeiner Form.

Es gelte jetzt: $R = 1 \text{ k}\Omega$

- 3 j) Zeichnen Sie U_{out} in Abhängigkeit vom Strom I für das Intervall -5 mA bis 5 mA in das Diagramm aus Abbildung 4.3 ein. Wählen Sie geeignete Achsenskalierungen.

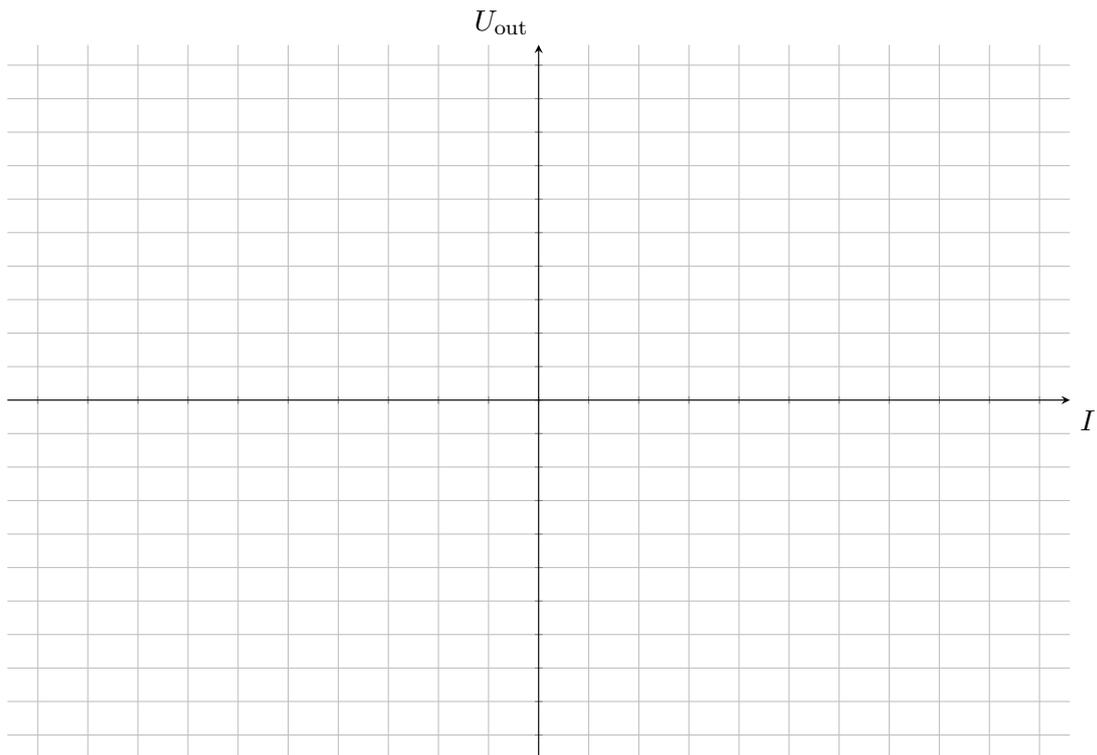


Abbildung 4.2: Diagramm Aufgabe 4 j)

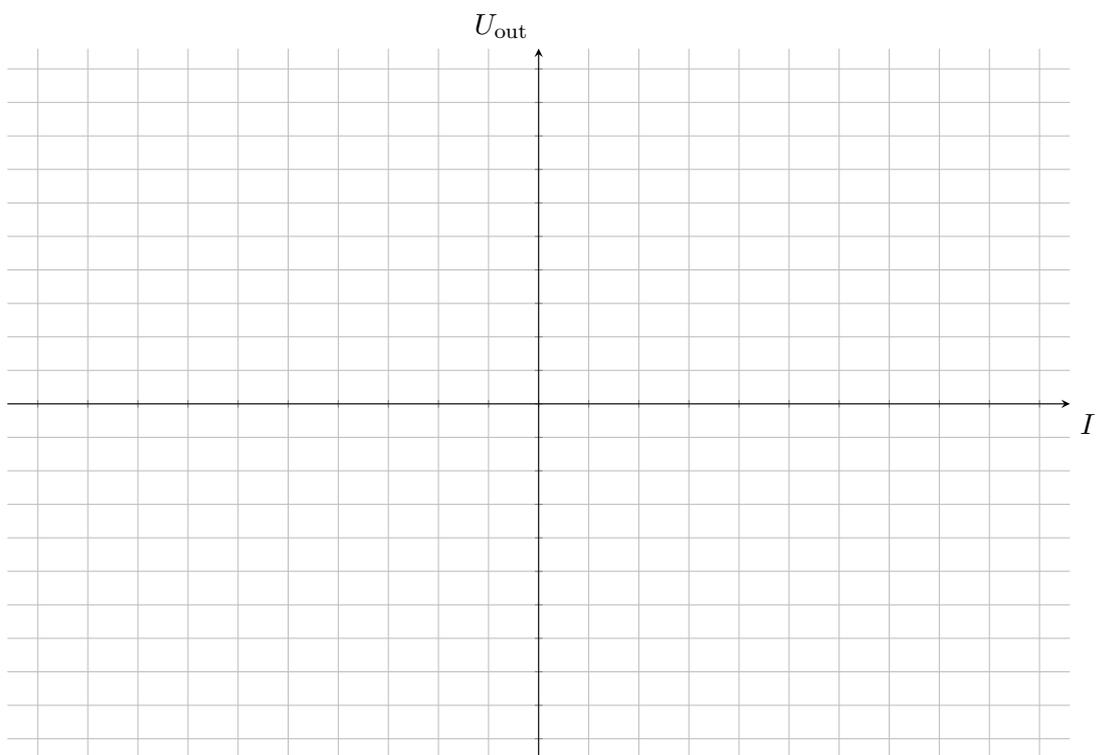


Abbildung 4.3: Diagramm Aufgabe 4 j) - Reserve

Aufgabe 5: (19 Punkte)

Es sei die Schaltung aus Abbildung 5.1 mit idealen Bauelementen gegeben. Die Operationsverstärker sind gegengekoppelt. Weiterhin gelte: $R = 1\text{ k}\Omega$, $R_L = 470\ \Omega$, $U_{BE} = 0,6\text{ V}$, $U_B = 10\text{ V}$.

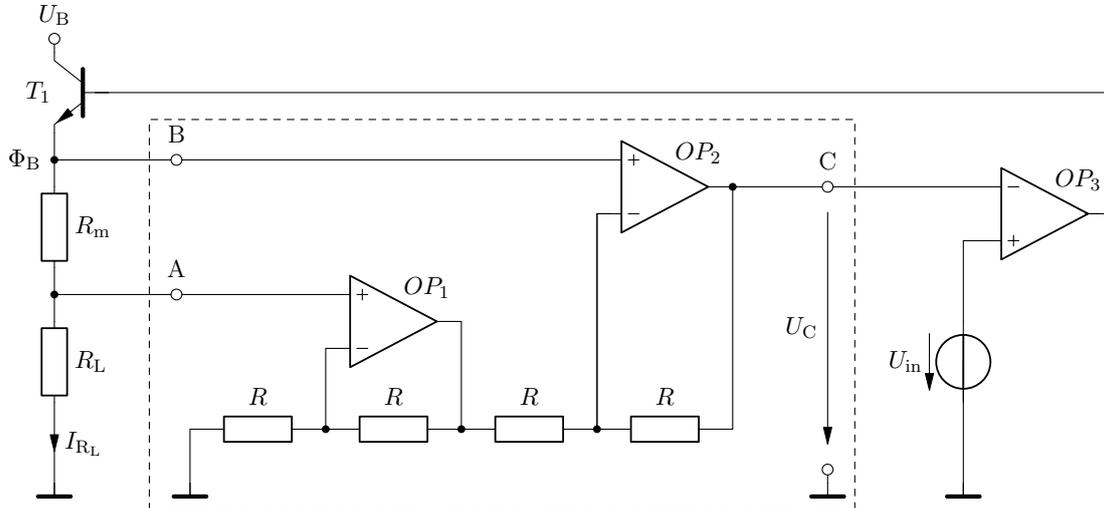


Abbildung 5.1

Betrachten Sie zunächst die markierte Teilschaltung und setzen Sie an den Klemmen A und B ideale Spannungsquellen U_A und U_B ein.

- 9 a) Berechnen Sie die Ausgangsspannung $U_C = f(U_A, U_B)$ mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens.

Betrachten Sie nun die gesamte Schaltung und verwenden Sie das Ergebnis aus a).

- 2 b) Bestimmen Sie $U_C = f(I_{R_L}, R_L, R_m, R)$.
- 3 c) Bestimmen Sie $I_{R_L} = f(U_{in}, R_L, R_m, R)$. *Hinweis: Berücksichtigen Sie Ihnen bekannte Eigenschaften des idealen Operationsverstärkers.*
- 1 d) Welche Funktion erfüllt die Schaltung?

Für $U_{in} = 6\text{ V}$ soll der Strom I_{R_L} nun 10 mA betragen.

- 2 e) Dimensionieren Sie R_m .
- 1 f) Bestimmen Sie das Potential Φ_B .
- 1 g) Bestimmen Sie die Spannung U_{out, OP_3} am Ausgang des Operationsverstärkers OP_3 .

Aufgabe 6: (23 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 6.1. Alle OPs seien ideal, alle Transistoren seien ideal mit der Stromverstärkung $B = \beta \rightarrow \infty$, $U_A \rightarrow \infty$ und $|U_{BE}| = 0,6 \text{ V}$. Die Diode D_1 sei ideal mit der Flussspannung $U_F = 0,6 \text{ V}$. Alle Widerstände $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6$ haben den Wert R , der Widerstand R_L beträgt $\frac{1}{10}R$.

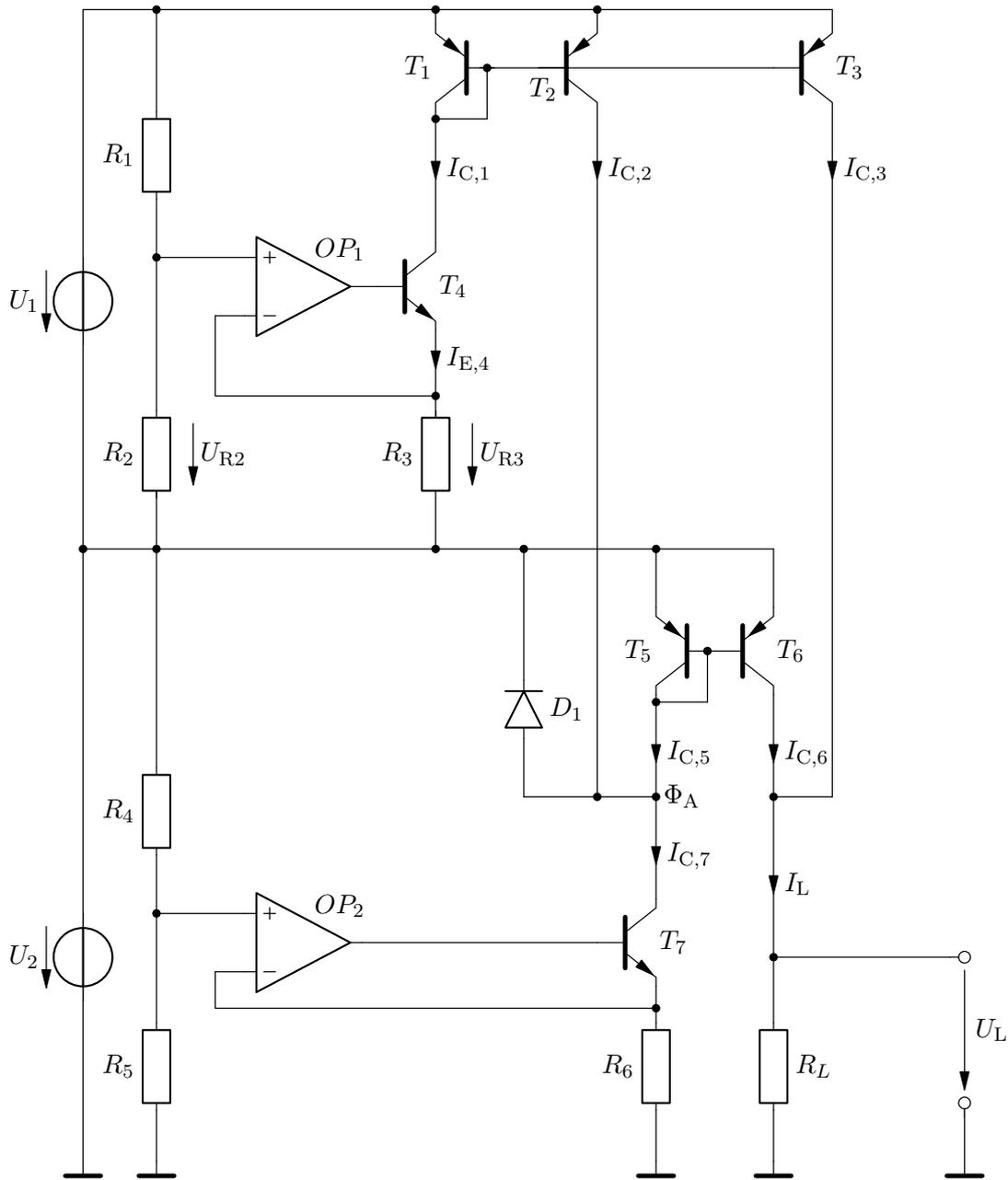


Abbildung 6.1

- 1 a) Bestimmen Sie die Spannung U_{R2} als Funktion von U_1 und R : $U_{R2} = f(U_1, R)$.
- 2 b) Bestimmen Sie die Spannung $U_{R3} = f(U_1, R)$.
- 1 c) Bestimmen Sie den Emitterstrom $I_{E,4} = f(U_1, R)$.
- 1 d) Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C,1} = f(U_1, R)$.

- 1 e) Bestimmen Sie die Kollektorströme $I_{C,2}$ und $I_{C,3}$ als Funktionen von U_1 und R .
- 2 f) Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C,7} = f(U_2, R)$.
- 3 g) Wie müssen die Ströme $I_{C,2}$ und $I_{C,7}$ sich zueinander verhalten, damit die Diode D_1 leitet bzw. nicht leitet?
- 1 h) Wie müssen die Spannungen U_1 und U_2 sich zueinander verhalten, damit die Diode D_1 leitet bzw. nicht leitet?

Es gelte: $U_1 > U_2$

- 2 i) Bestimmen Sie das Potential Φ_A . *Hinweis: Überlegen Sie, ob der Transistor T_5 leitet oder sperrt.*
- 1 j) Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C,5} = f(U_1, U_2, R)$.
- 1 k) Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C,6} = f(U_1, U_2, R)$.
- 1 l) Bestimmen Sie $I_L = f(U_1, U_2, R)$ und $U_L = f(U_1, U_2, R)$.

Nun gelte: $U_1 < U_2$

- 1m) Bestimmen Sie das Potential Φ_A . *Hinweis: Überlegen Sie, ob der Transistor T_5 leitet oder sperrt.*
- 1 n) Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C,5} = f(U_1, U_2, R)$.
- 1 o) Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C,6} = f(U_1, U_2, R)$.
- 1 p) Bestimmen Sie $I_L = f(U_1, U_2, R)$ und $U_L = f(U_1, U_2, R)$.
- 2 q) Welche Funktion hat die Schaltung? Bestimmen Sie in allgemeiner Form $U_L = f(U_1, U_2, R)$.

Aufgabe 7: (6 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 7.1. Für den idealen Transistor T_1 gelte: $U_{BE} = 0,6\text{ V}$, $U_A \rightarrow \infty$ und $B = \beta \rightarrow \infty$. Für die Kondensatoren gelte: $C \rightarrow \infty$.

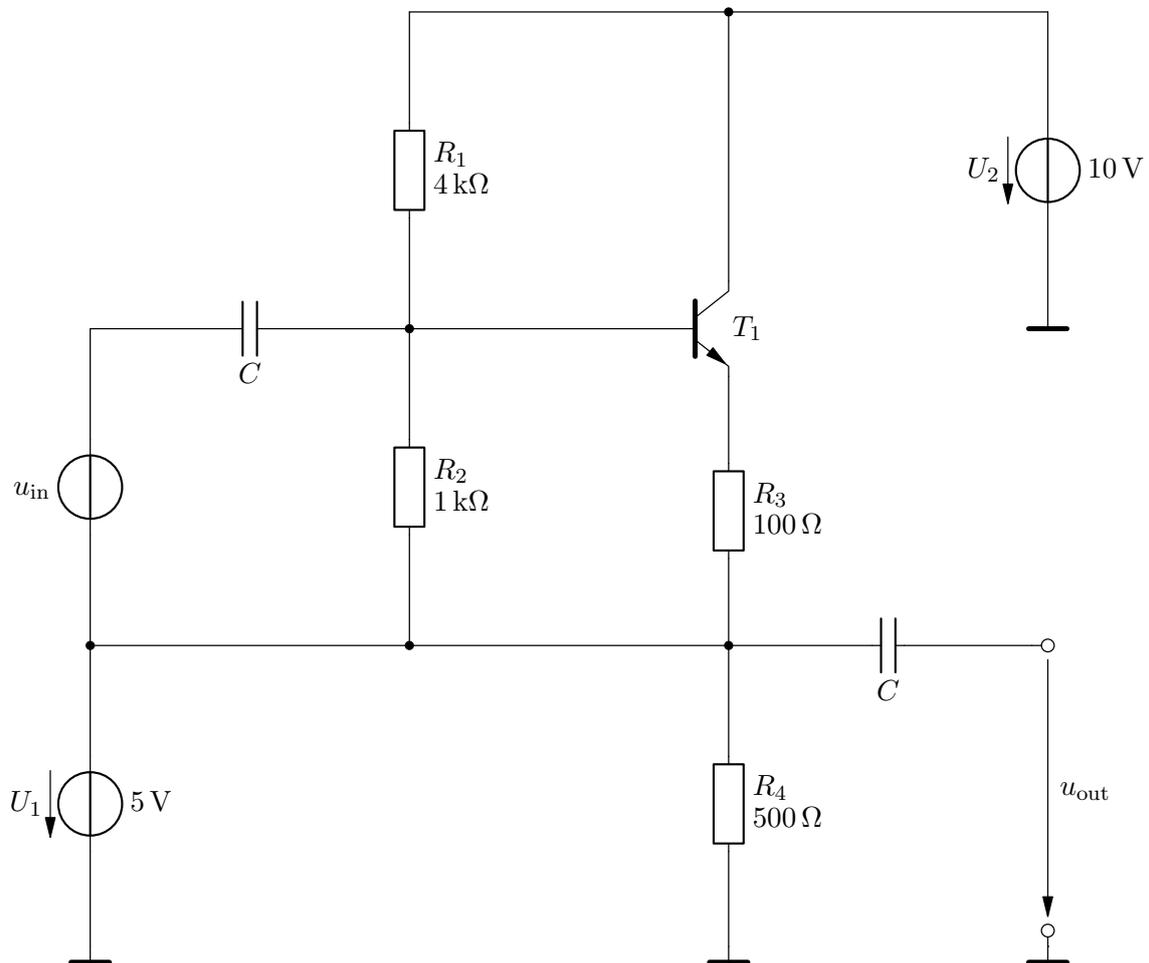


Abbildung 7.1

- 6 a) Bestimmen Sie die Verstärkung $v = \frac{u_{\text{out}}}{u_{\text{in}}}$ der Schaltung. Begründen Sie Ihre Antwort.