

**„Mess- und Schaltungstechnik“**

---

**Beachten Sie folgende Hinweise:**

- Füllen Sie als Erstes das Deckblatt aus.
- Prüfen Sie die Vollständigkeit der Klausur. (10 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 120 Punkte erreicht werden. Die Note 1,0 ist ab 100 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	
Bonuspunkte	
Summe	

Note	
------	--

## Aufgabe 1: (22 Punkte)

Gegeben sei die Transistorschaltung aus Abbildung 1.1. Die Transistoren  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  und  $T_4$  haben eine Stromverstärkung  $B = \beta \rightarrow \infty$ . Weiterhin gelte für alle Transistoren  $|U_{BE}| = 0,6\text{ V}$  und  $U_A \rightarrow \infty$ . Die Versorgungsspannung beträgt  $U_B = 10,6\text{ V}$  und die Temperaturspannung  $U_T = 25\text{ mV}$ . Für die Kondensatoren und Widerstände gelten folgende Werte:  $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 \rightarrow \infty$ ,  $R_1 = R_2 = 100\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 470\ \Omega$ ,  $R_4 = R_5 = R_6 = 250\ \Omega$ .

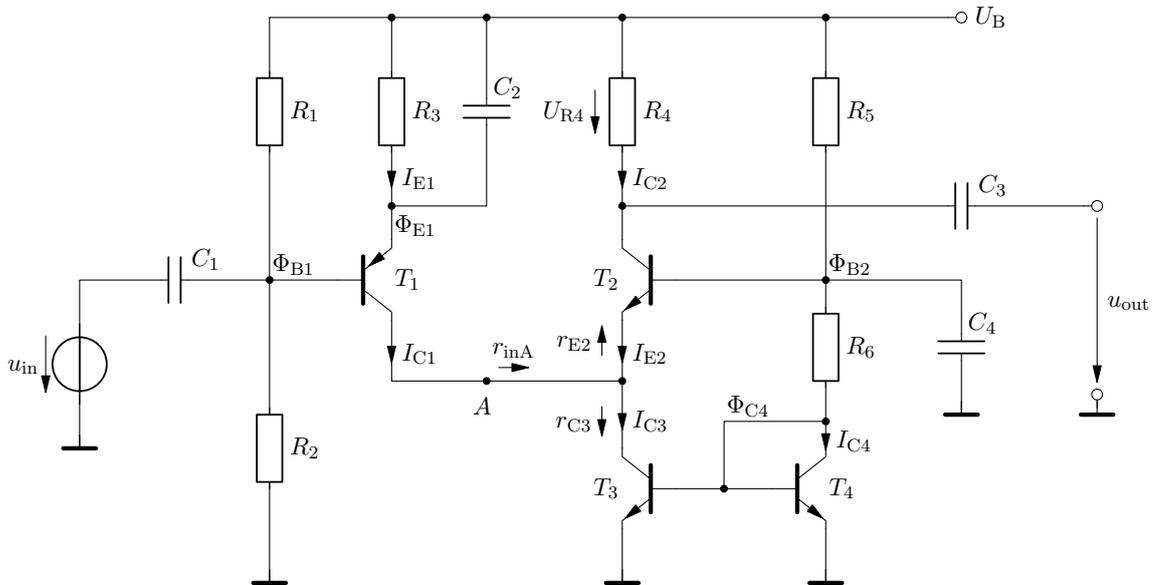


Abbildung 1.1

- 3 a) Berechnen Sie das Potential  $\Phi_{B1}$  und bestimmen Sie anschließend das Potential  $\Phi_{E1}$ .
- 2 b) Berechnen Sie den Strom  $I_{E1}$  und bestimmen Sie anschließend den Strom  $I_{C1}$ .
- 2 c) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{C4}$  und anschließend das Potential  $\Phi_{B2}$ .
- 2 d) Berechnen Sie den Strom  $I_{C4}$  und bestimmen Sie anschließend den Strom  $I_{C3}$ .
- 2 e) Bestimmen Sie die Ströme  $I_{E2}$  und  $I_{C2}$ .
- 2 f) In welchen Grundschaltungen sind die Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  verschaltet?

Nun gelte  $B = \beta = 100$ .

- 3 g) Bestimmen Sie den Eingangswiderstand  $r_{C3}$  in den Kollektor von  $T_3$  und geben Sie eine Formel für den Eingangswiderstand  $r_{E2}$  in den Emitter von  $T_2$  an.
- 2 h) Bestimmen Sie den Eingangswiderstand  $r_{inA}$  der Teilschaltung ab Knoten A in allgemeiner und numerischer Form.
- 4 i) Bestimmen Sie die Spannungsverstärkung  $v = \frac{u_{out}}{u_{in}}$  der Schaltung.  
*Hinweis: Bestimmen Sie zunächst die Formel für die Spannungsverstärkung vom Eingang zum Knoten A und die Formel für die Spannungsverstärkung vom Knoten A zum Ausgang.*

## Aufgabe 2: (22 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 2.1 mit den idealen Transistoren  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_3$  ( $B = \beta \rightarrow \infty$ ,  $U_A \rightarrow \infty$ ,  $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ ), der Zenerdiode  $D_Z$  ( $U_Z = 5,6 \text{ V}$ ,  $r_z = 10 \Omega$ ) und den Widerständen  $R_1 = 82 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 60 \Omega$ . Die Betriebsspannung betrage  $U_B = 15 \text{ V}$ .

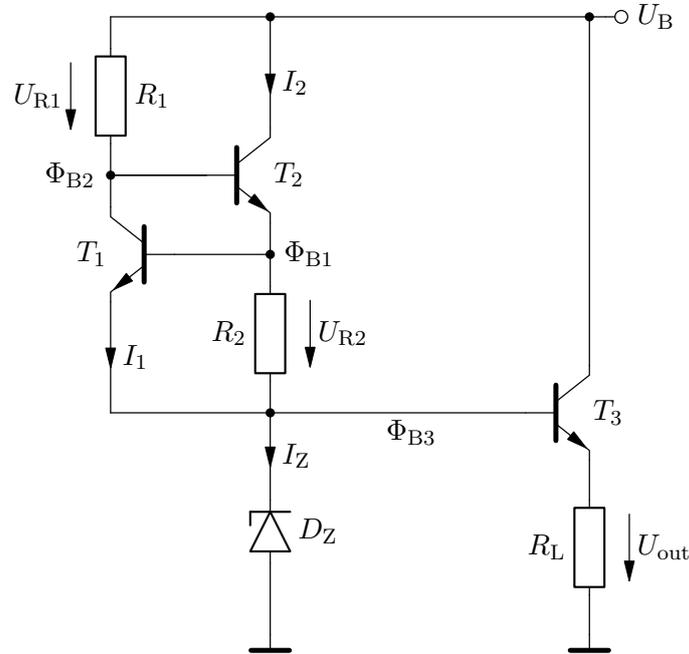


Abbildung 2.1

- 1 a) Wie groß ist die Spannung  $U_{R2}$ ?
- 2 b) Berechnen Sie den Strom  $I_2$ .
- 1 c) Wie groß ist das Potential  $\Phi_{B3}$ ?
- 2 d) Wie groß sind die Potentiale  $\Phi_{B1}$  und  $\Phi_{B2}$ ?
- 3 e) Berechnen Sie die Spannung  $U_{R1}$  und den Strom  $I_1$ .
- 2 f) Berechnen Sie die Spannung  $U_{\text{out}}$ .
- 4 g) Bestimmen Sie die Abhängigkeit des Stroms  $I_Z$  von der Betriebsspannung  $U_B$ :  $\frac{\partial I_Z}{\partial U_B}$  in allgemeiner Form.
- 2 h) Bestimmen Sie allgemein und numerisch den Durchgriff der Betriebsspannung  $\frac{\partial U_{\text{out}}}{\partial U_B}$ .
- 5 i) Bestimmen Sie die Temperaturabhängigkeit  $\frac{\partial U_{\text{out}}}{\partial T}$  der Schaltung. Verwenden Sie dabei die aus der Vorlesung bekannten Werte für  $\frac{\partial U_{BE}}{\partial T}$  und  $\frac{\partial U_Z}{\partial T}$ . Vernachlässigen Sie den Einfluss von  $I_1$ .

### Aufgabe 3: (20 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 3.1 mit einem idealen Operationsverstärker, der mit einer Betriebsspannung von  $U_B = \pm 5\text{ V}$  versorgt wird. Weiterhin gelte:  $U_{\text{in}} = 1\text{ V}$ .

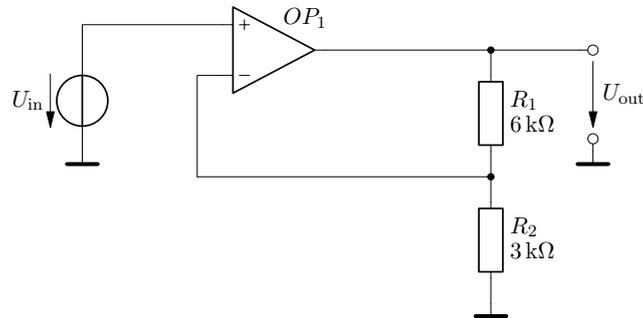


Abbildung 3.1

3 a) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung  $U_{\text{out}}$  und die Verstärkung  $v = \frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}}$  in allgemeiner und numerischer Form.

1 b) Um welche Operationsverstärkerschaltung handelt es sich?

Nun sei  $U_{\text{in}}$  eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von 10 Hz und einer Amplitude von 1 V. *Hinweis: In den Diagrammen wurde als Orientierung ein Sinussignal vorgezeichnet.*

4 c) Zeichnen Sie den Verlauf der Spannung  $U_{\text{out}} = f(t)$  in das Diagramm aus Abbildung 3.3. Wählen Sie geeignete Achsenskalierungen.

Die Schaltung wird durch zwei Dioden erweitert (siehe Abbildung 3.2). Die Dioden seien, bis auf eine Flussspannung von  $U_F = 0,7\text{ V}$ , ebenfalls ideal.  $U_{\text{in}}$  bleibt unverändert. *Hinweis: Überlegen Sie für die folgenden Aufgaben, ob der Operationsverstärker gegengekoppelt ist.*

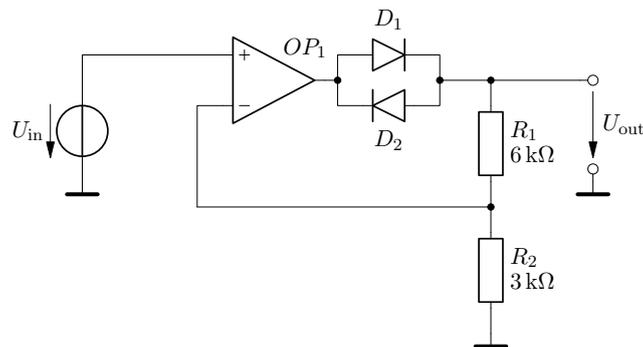


Abbildung 3.2

4 d) Zeichnen Sie nun erneut den Verlauf der Spannung  $U_{\text{out}} = f(t)$  in das Diagramm aus Abbildung 3.4. Kennzeichnen Sie im Diagramm zudem den jeweiligen Leitzustand der Dioden.

3 e) Zeichnen Sie die Spannung am Ausgang des Operationsverstärkers  $U_{\text{OP}} = f(t)$  in das Diagramm aus Abbildung 3.5.

5 f) Durch einen Fehler in der Produktion ist Diode  $D_2$  defekt und leitet keinen Strom mehr. Die Diode  $D_1$  funktioniert weiterhin einwandfrei. Zeichnen Sie den Verlauf der Spannung  $U_{\text{out}} = f(t)$  und  $U_{\text{OP}} = f(t)$  in das Diagramm aus Abbildung 3.6.

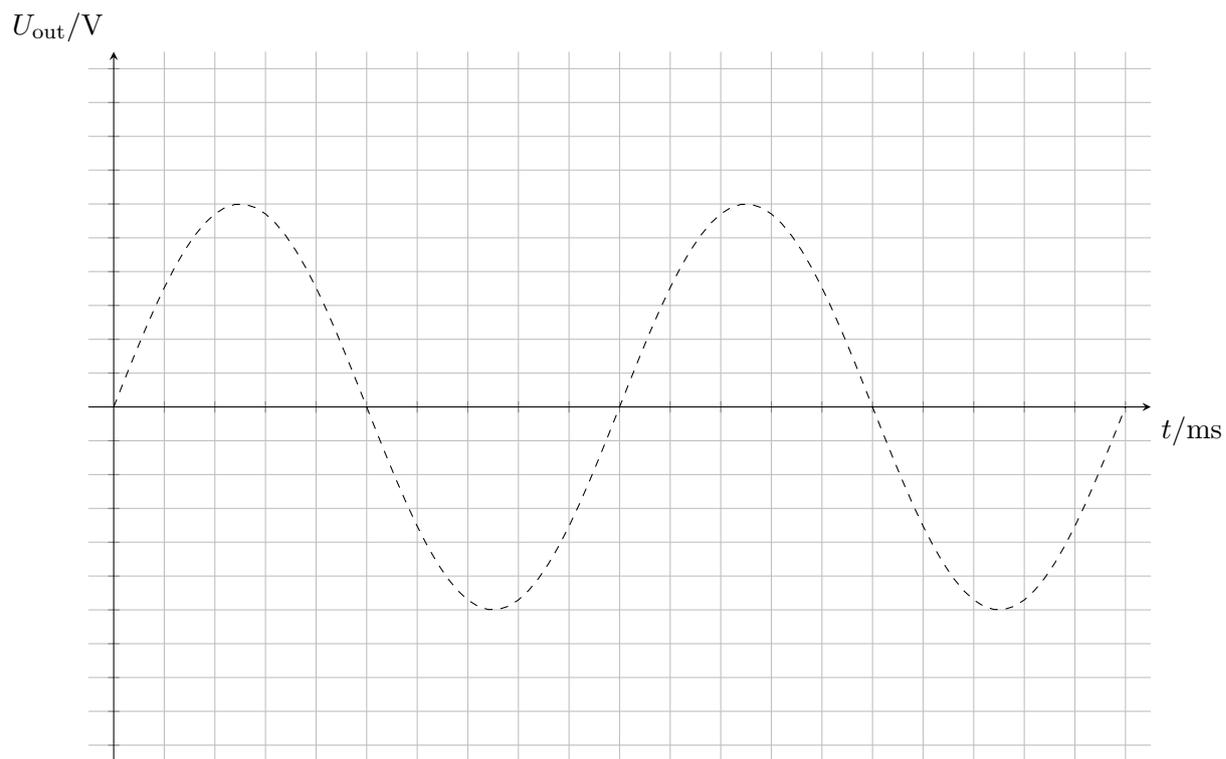


Abbildung 3.3: Diagramm für c)

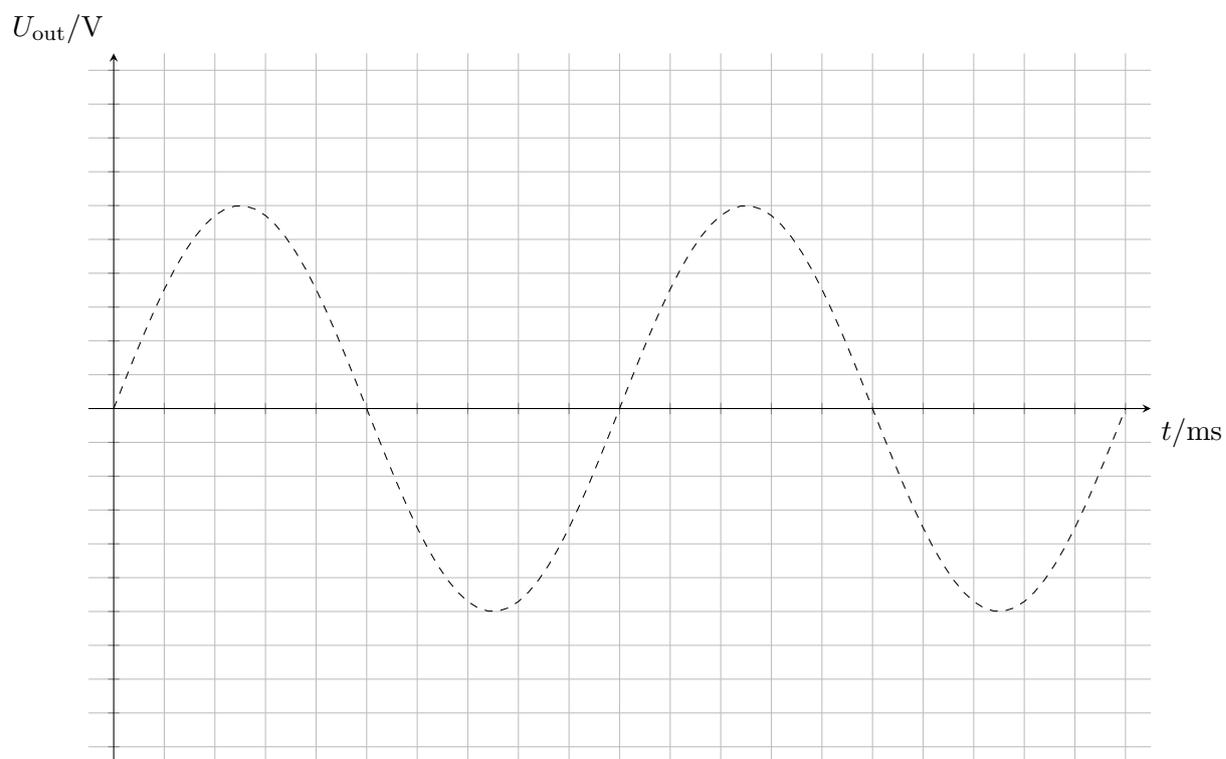


Abbildung 3.4: Diagramm für d)

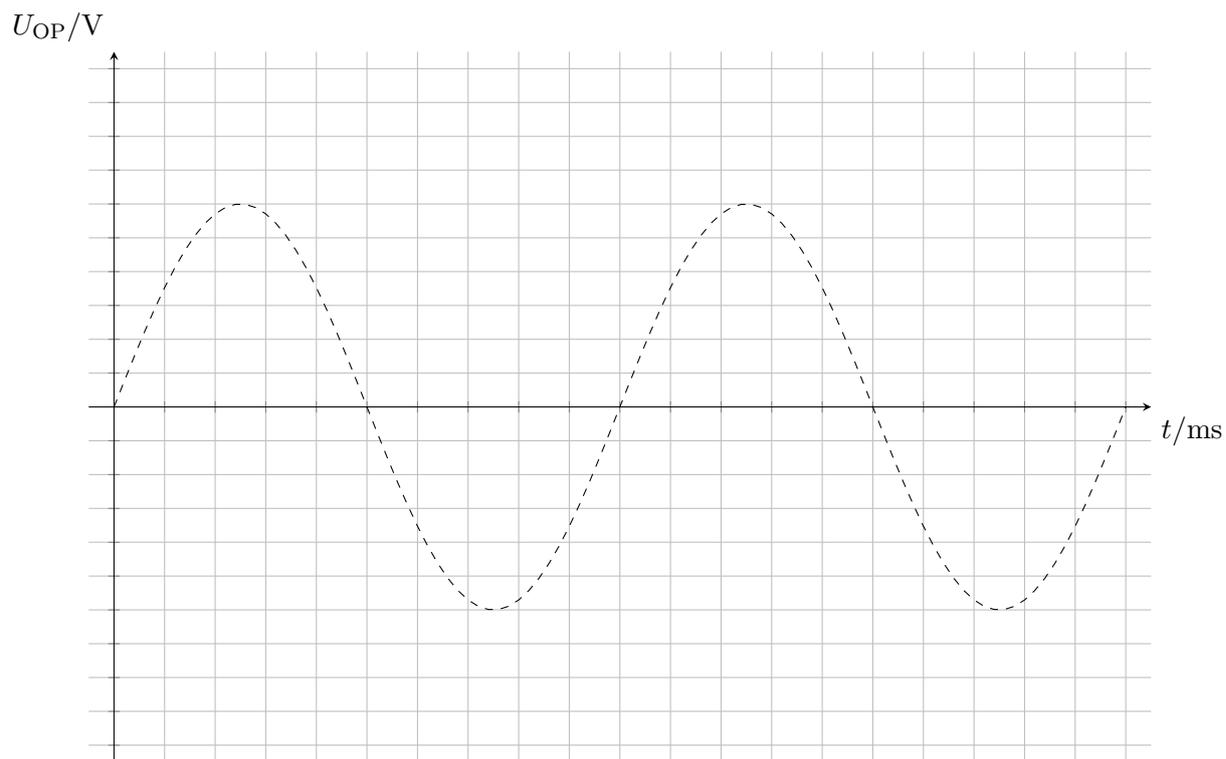


Abbildung 3.5: Diagramm für e)

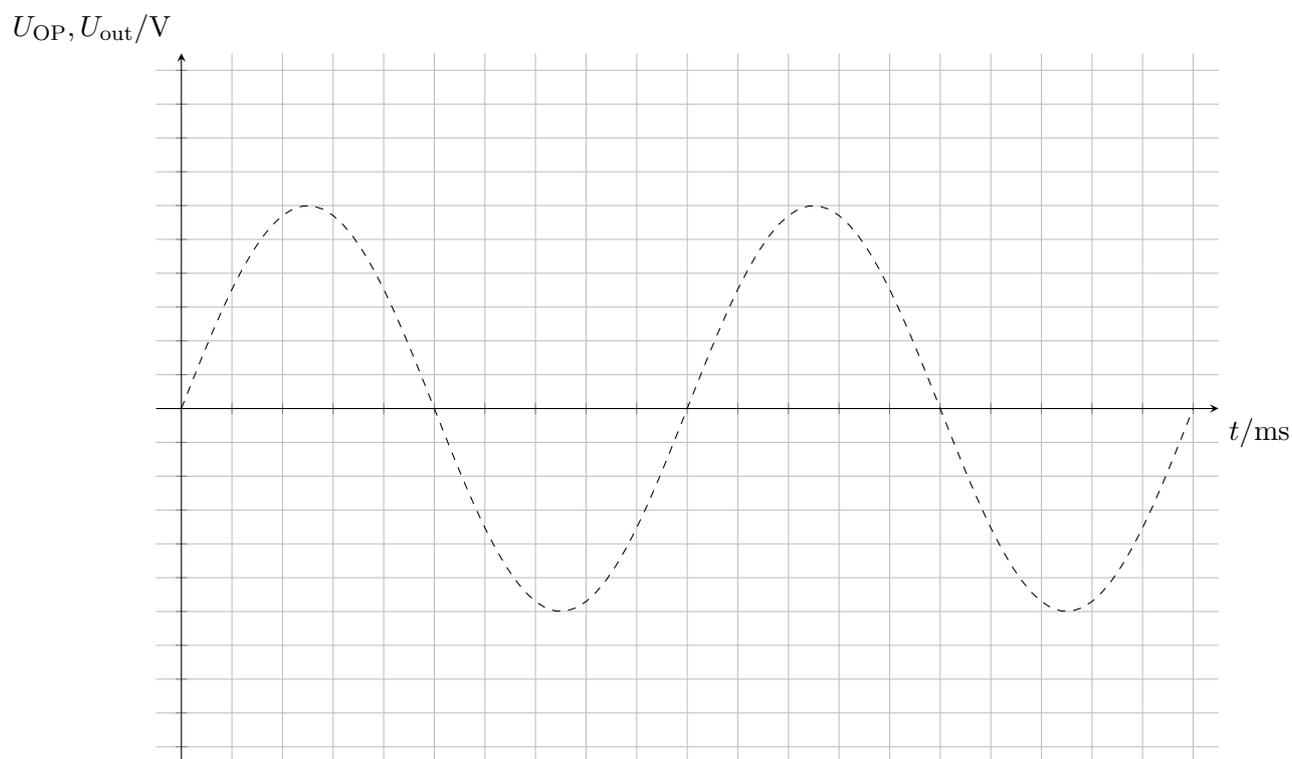


Abbildung 3.6: Diagramm für f)

### Aufgabe 4: (35 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 4.1 mit idealen Operationsverstärkern und idealen Transistoren. Die Versorgungsspannung der Schaltung beträgt  $U_B = 10\text{ V}$ . Die Eingangsspannung  $U_{in}$  hat den Verlauf aus Abbildung 4.2. Der Kondensator  $C$  ist zunächst entladen. Des Weiteren gilt:  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R$ .

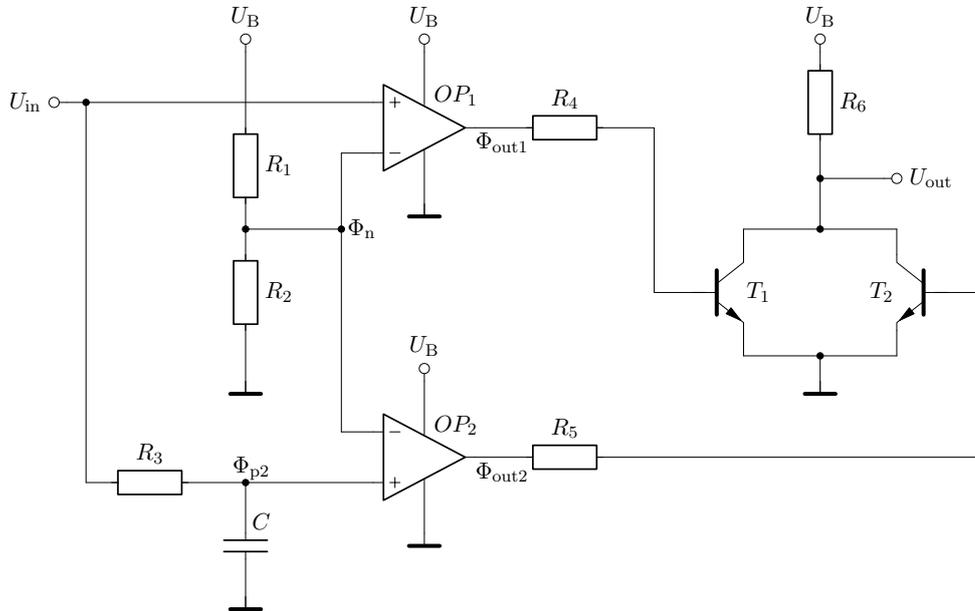


Abbildung 4.1

1 a) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_n$ .

Für die weitere Berechnung wird zunächst der Zeitraum  $t < 0$  betrachtet.

1 b) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{out1}$ .

2 c) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{p2}$ . Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf hiervon für  $t < 0$  in das Diagramm aus Abbildung 4.3.

1 d) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{out2}$ .

2 e) Wie verhalten sich die Transistoren  $T_1$  und  $T_2$ ?

2 f) Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf der Ausgangsspannung  $U_{out}$  für  $t < 0$  in das Diagramm aus Abbildung 4.4.

Nun wird der Zeitraum  $0 \leq t < t_2$  betrachtet.

1 g) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{out1}$ .

4 h) Geben Sie eine Formel für die Berechnung des Potentials  $\Phi_{p2}$  an. Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf hiervon für  $0 \leq t < t_2$  in das Diagramm aus Abbildung 4.3.  
Nehmen Sie hierfür an:  $e^{-\frac{t_1}{R \cdot C}} = 1/2$

2 i) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{out2}$  für  $0 < t < t_1$  und  $t_1 < t < t_2$ ?

2 j) Wie verhalten sich die Transistoren  $T_1$  und  $T_2$ ?

- 2k) Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf der Ausgangsspannung  $U_{\text{out}}$  für  $0 \leq t < t_2$  in das Diagramm aus Abbildung 4.4.

Nun wird der Zeitraum  $t \geq t_2$  betrachtet.

- 1 l) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{\text{out1}}$ .
- 4n) Geben Sie eine Formel für die Berechnung des Potentials  $\Phi_{\text{p2}}$  an. Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf hiervon für  $t \geq t_2$  in das Diagramm aus Abbildung 4.3.  
*Nehmen Sie hierfür an:  $e^{-\frac{t_3-t_2}{R \cdot C}} = 1/2$*
- 2n) Bestimmen Sie das Potential  $\Phi_{\text{out2}}$  für  $t_2 < t < t_3$  und  $t > t_3$ ?
- 2o) Wie verhalten sich die Transistoren  $T_1$  und  $T_2$ ?
- 2p) Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf der Ausgangsspannung  $U_{\text{out}}$  für  $t \geq t_2$  in das Diagramm aus Abbildung 4.4.

Betrachten Sie nun den gesamten Zeitverlauf.

- 2q) Welchen Einfluss hat eine Verringerung des Widerstandswertes von  $R_3$  auf die Ausgangsspannung  $U_{\text{out}}$ ?
- 2 r) Welche Funktion erfüllt die Schaltung?

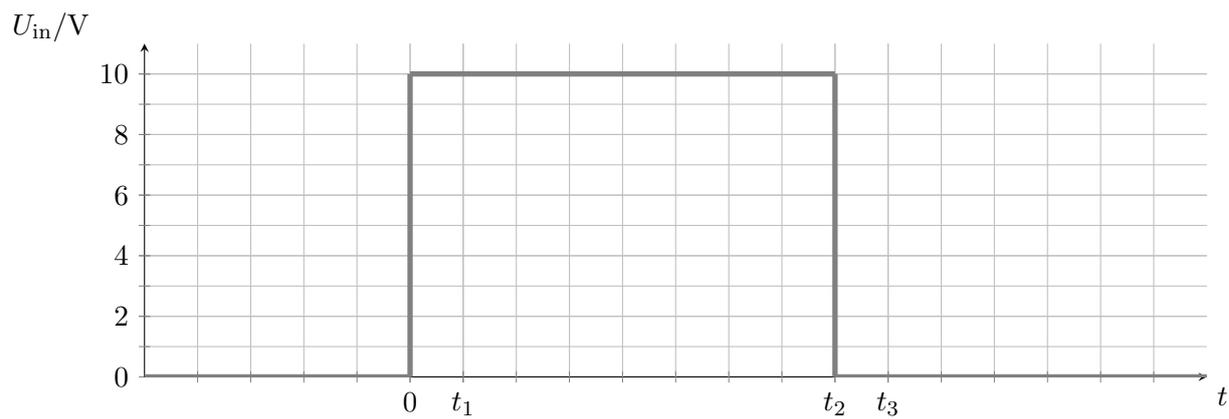


Abbildung 4.2: Verlauf von  $U_{in}$

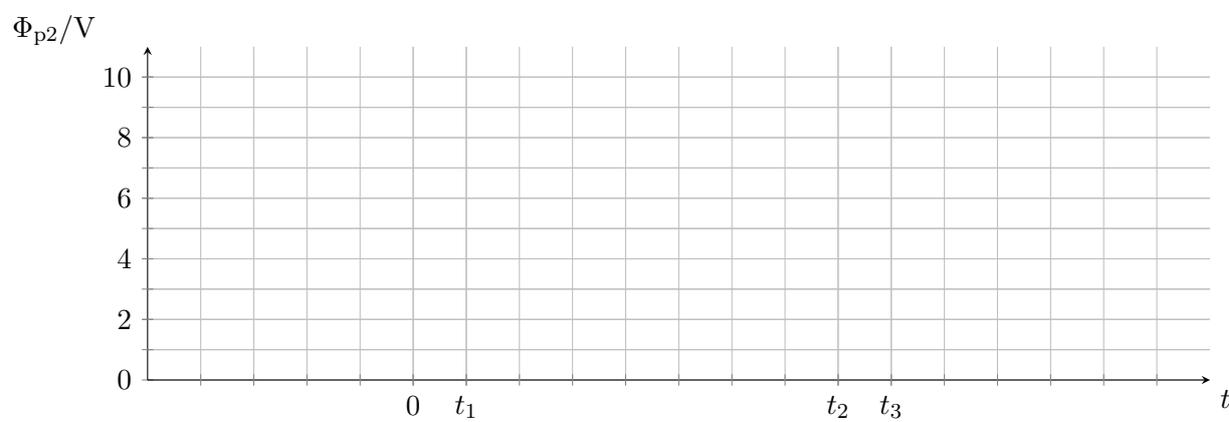


Abbildung 4.3: Diagramm für  $\Phi_{p2}$

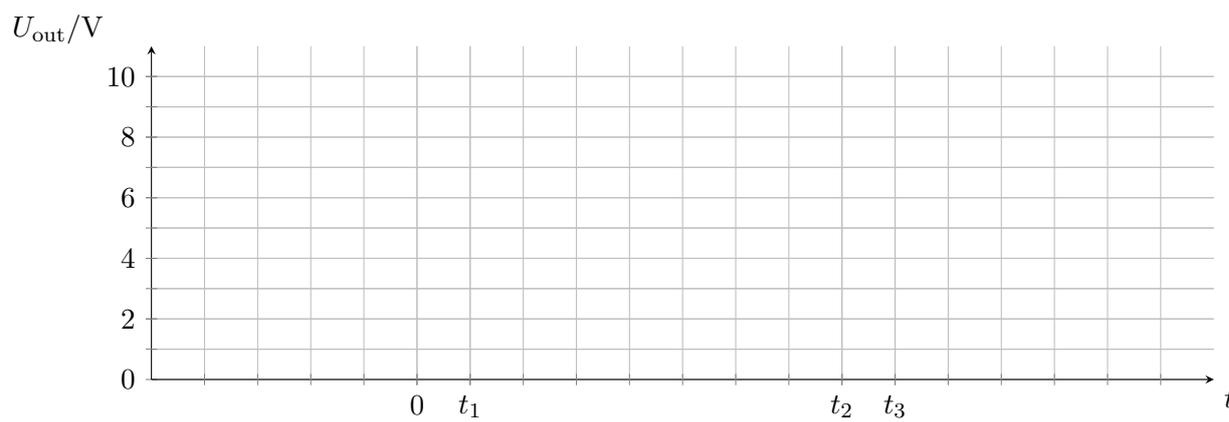


Abbildung 4.4: Diagramm für  $U_{out}$

### Aufgabe 5: (21 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 5.1 mit einem idealen Transistor ( $B = \beta \rightarrow \infty$ ,  $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ ). Weiterhin gelte:  $R_2 = 2,5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 500 \Omega$ ,  $R_L = 1 \text{ M}\Omega$  und  $C_{in} = C_{out} \rightarrow \infty$ .

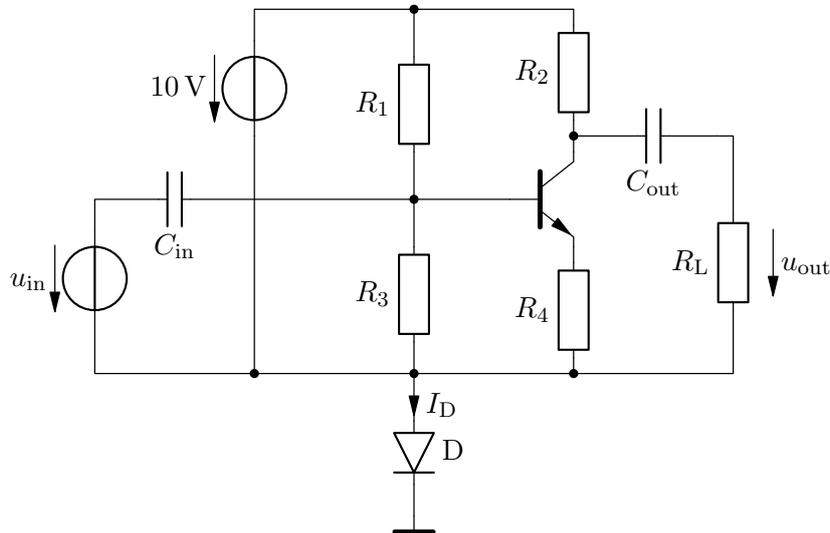


Abbildung 5.1

- 3 a) Dimensionieren Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_3$  so, dass durch den Transistor ein Kollektorstrom von  $I_C = 2 \text{ mA}$  fließt.
- 3 b) In welcher Grundschaltungsart wird der Transistor betrieben?
- 3 c) Berechnen Sie die Gesamtverstärkung  $v = \frac{u_{out}}{u_{in}}$  der Schaltung. *Hinweis: Benutzen Sie eine Ihnen aus der Vorlesung bekannte Näherung.*
- 3 d) Bestimmen Sie den Strom  $I_D$ . Begründen Sie Ihre Antwort.

Betrachten Sie nun die Schaltung aus Abbildung 5.2.

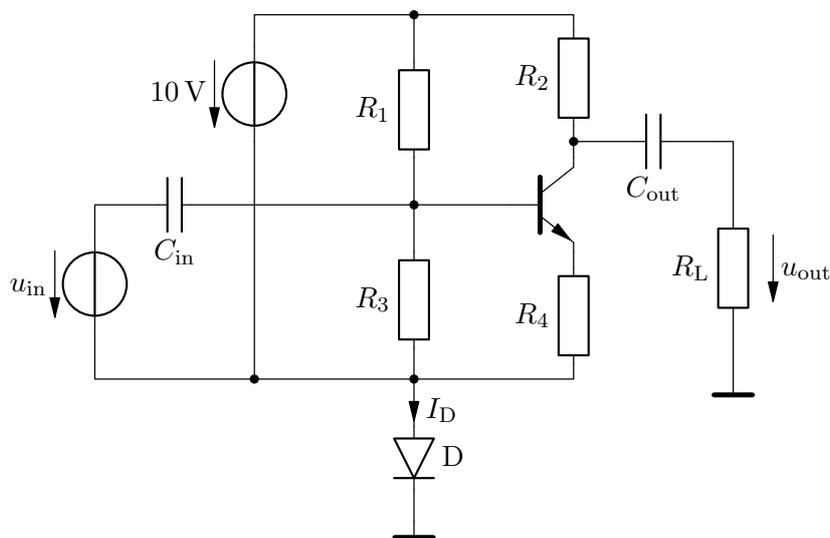


Abbildung 5.2

- 5 e) Bestimmen Sie die Gesamtverstärkung  $v = \frac{u_{out}}{u_{in}}$  der Schaltung. Begründen Sie Ihre Antwort.

Betrachten Sie nun die Schaltung aus Abbildung 5.3.

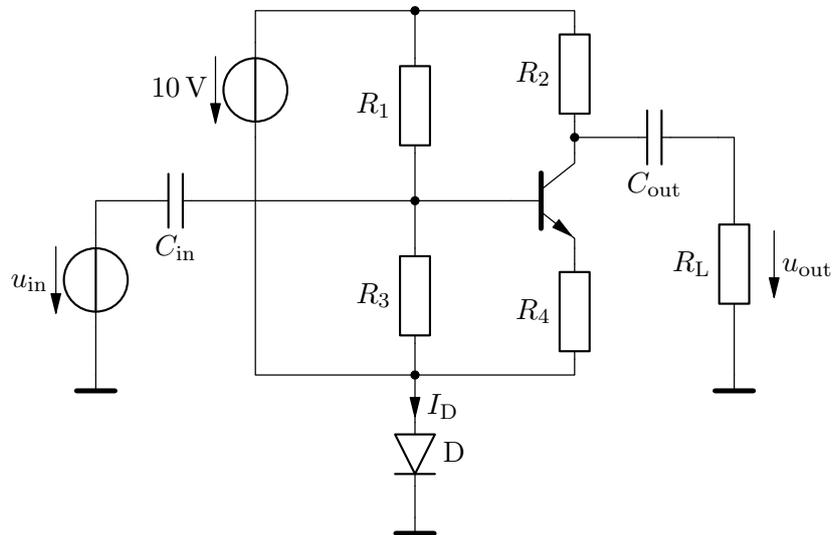


Abbildung 5.3

- 5 f) Bestimmen Sie die Gesamtverstärkung  $v = \frac{u_{out}}{u_{in}}$  der Schaltung. Begründen Sie Ihre Antwort.