

„Mess- und Schaltungstechnik“

Beachten Sie folgende Hinweise:

- Füllen Sie als Erstes das Deckblatt aus.
- Prüfen Sie die Vollständigkeit der Klausur. (12 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 117 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: (21 Punkte)

Gegeben sei die Transistorschaltung aus Abbildung 1.1 mit den idealen Transistoren T_1 und T_2 , die jeweils ein $|U_{BE}| = 0,6\text{ V}$ aufweisen. Weiterhin gelte: $U_B = 20\text{ V}$, $U_Z = 4,6\text{ V}$, $C_1 = C_2 = C_3 \rightarrow \infty$, $U_A \rightarrow \infty$ und $B = \beta \rightarrow \infty$.

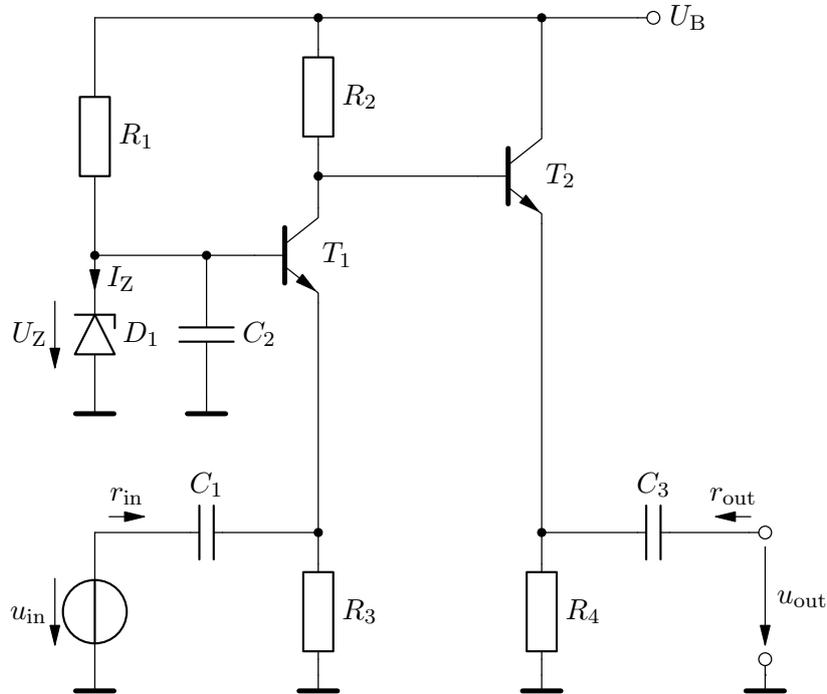


Abbildung 1.1

- 1 a) Bestimmen Sie R_1 so, dass durch die Z-Diode D_1 ein Strom von $I_Z = 10\text{ mA}$ fließt.
- 6 b) Dimensionieren Sie die Widerstände R_2 , R_3 , R_4 so, dass $I_{C,1} = 2\text{ mA}$, $U_{CE,1} = 8\text{ V}$ und $I_{C,2} = 10\text{ mA}$ betragen.
- 4 c) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus Abbildung 1.1.
- 2 d) In welchen Schaltungsarten werden die Transistoren T_1 und T_2 betrieben?
- 2 e) Berechnen Sie die Gesamtverstärkung $v = \frac{u_{\text{out}}}{u_{\text{in}}}$ der Schaltung.
- 3 f) Bestimmen Sie den Eingangswiderstand r_{in} der Schaltung.
- 3 g) Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_{out} der Schaltung.

Aufgabe 2: (17 Punkte)

Gegeben sei die Transistorschaltung nach Abbildung 2.1a. Für die Transistoren gelte die Kennlinie nach Abbildung 2.1b sowie $B = \beta \rightarrow \infty$ und $U_{CE,sat} = 0\text{ V}$. Weiterhin gelte: $U_B = 5\text{ V}$, $I_0 = 1\text{ mA}$, $R_1 = 20\text{ k}\Omega$, $R_2 = 30\text{ k}\Omega$, $R_3 = R_4 = 1,2\text{ k}\Omega$ und $R_L = 1\text{ k}\Omega$.

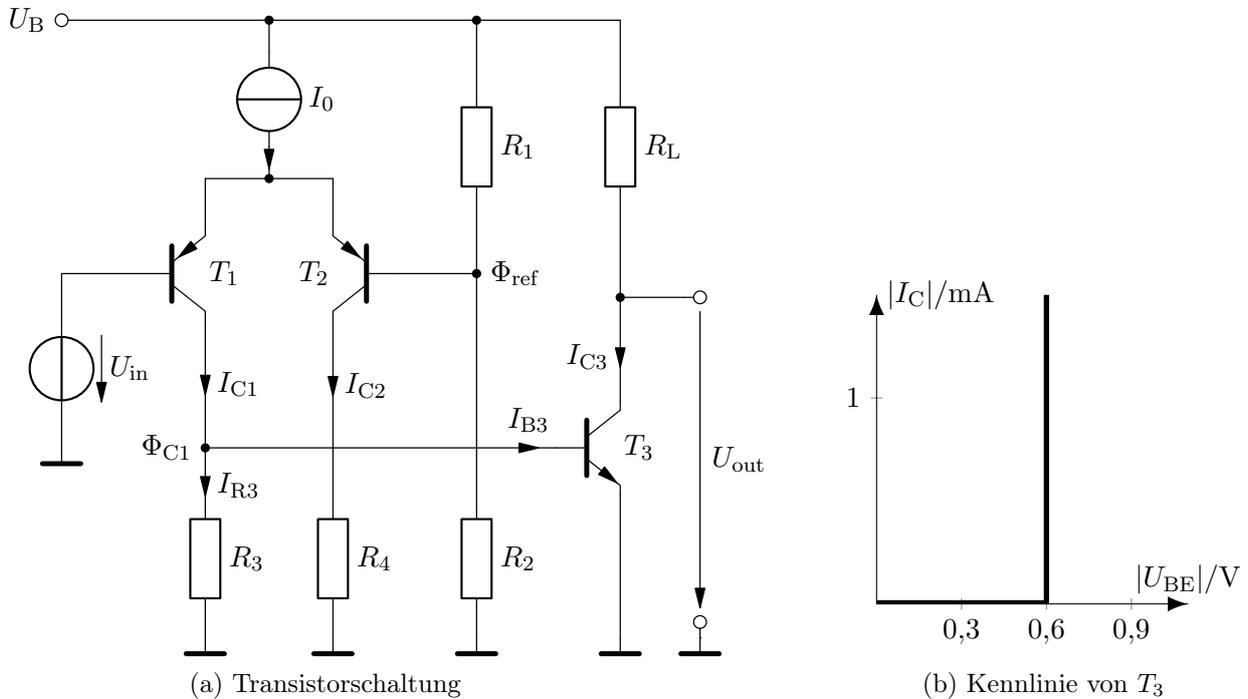


Abbildung 2.1

1 a) Bestimmen Sie das Potential Φ_{ref} .

Es gelte nun zunächst $U_{in} = 4\text{ V}$.

1 b) Bestimmen Sie den Strom I_{C2} .

1 c) Bestimmen Sie den Strom I_{C1} .

2 d) Bestimmen Sie die Ströme I_{R3} und I_{B3} .

1 e) Bestimmen Sie das Potential Φ_{C1} .

1 f) Bestimmen Sie U_{out} .

Es gelte nun $U_{in} = 1\text{ V}$.

1 g) Bestimmen Sie den Strom I_{C2} .

1 h) Bestimmen Sie den Strom I_{C1} .

2 i) Bestimmen Sie das Potential Φ_{C1} .

2 j) Bestimmen Sie die Ströme I_{R3} und I_{B3} .

2 k) Bestimmen Sie den Strom I_{C3} .

1 l) Bestimmen Sie U_{out} .

1m) In welchem Zustand befindet sich Transistor T_3 ?

Aufgabe 3: (25 Punkte)

Für alle Schaltungen in dieser Aufgabe gelte: Der gegengekoppelte Operationsverstärker OP_1 sei ideal, die Transistoren seien ideal mit $B = \beta \rightarrow \infty$, $U_A \rightarrow \infty$. Weiterhin gelte: $U_B = 5\text{ V}$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$.

Betrachten Sie die Schaltung aus Abbildung 3.1.

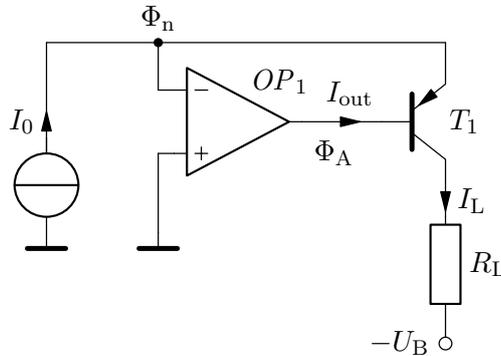


Abbildung 3.1

Zunächst gelte: $I_0 = 0$.

- 1 a) In welchem Zustand befindet sich der Transistor T_1 ? Kreuzen Sie die richtige Antwort an:
- leitend sperrend gesättigt überlastet

Nun sei $I_0 = 2\text{ mA}$.

- 2 b) Auf welchen Wert stellen sich die Potentiale Φ_n und Φ_A ein?
Hinweis: Treffen Sie für das Verhalten von T_1 geeignete Annahmen.
- 1 c) In welchem der oben genannten Zustände befindet sich nun der Transistor T_1 ?
- 1 d) Bestimmen Sie I_{out} am Ausgang des Operationsverstärkers OP_1 .
- 1 e) Wie groß ist der Strom I_L ?

Betrachten Sie jetzt die Schaltung aus Abbildung 3.2.

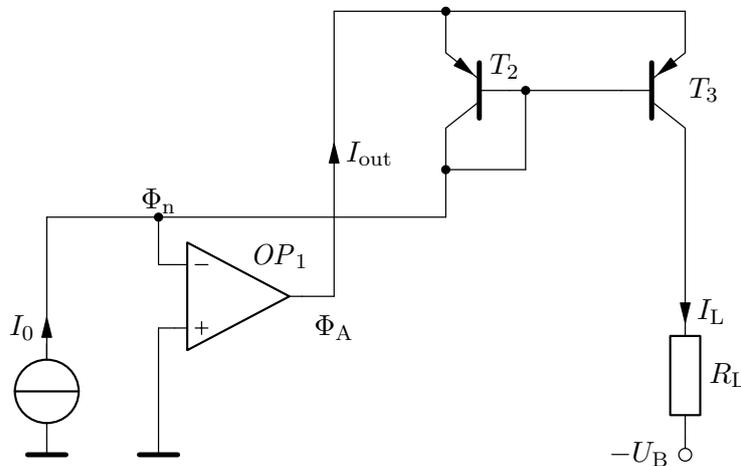


Abbildung 3.2

Jetzt sei $I_0 = -2 \text{ mA}$.

- 2 f) Auf welchen Wert stellen sich die Potentiale Φ_n und Φ_A ein?
- 1 g) In welchem der oben genannten Zustände befinden sich die Transistoren T_2 und T_3 ?
- 1 h) Bestimmen Sie I_{out} am Ausgang des Operationsverstärkers OP_1 .
- 1 i) Wie groß ist der Strom I_L ?

Betrachten Sie nun die Gesamtschaltung aus Abbildung 3.3.

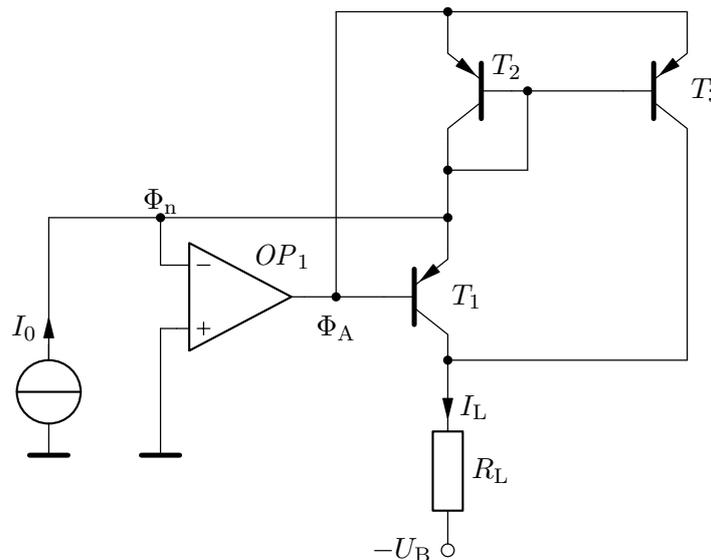


Abbildung 3.3

Jetzt sei $I_0 = 2 \text{ mA}$.

- 2 j) In welchem der oben genannten Zustände befinden sich die Transistoren T_1 , T_2 und T_3 ?
- 1 k) Bestimmen Sie die Kollektorströme I_{C1} , I_{C2} und I_{C3} .
- 2 l) Wie groß ist der Strom I_L ? Wie groß sind die Potentiale Φ_n und Φ_A ?

Jetzt sei $I_0 = -2 \text{ mA}$.

- 2n) In welchem der oben genannten Zustände befinden sich die Transistoren T_1 , T_2 und T_3 ?
- 1 n) Bestimmen Sie die Kollektorströme I_{C1} , I_{C2} und I_{C3} .
- 2 o) Wie groß ist der Strom I_L ? Wie groß sind die Potentiale Φ_n und Φ_A ?

Der Strom I_0 weise nun den in Abbildung 3.4 gegebenen Verlauf auf.

- 4p) Tragen Sie den resultierenden Verlauf von I_L in das Diagramm aus Abbildung 3.4 ein. Welche Funktion hat die Schaltung?

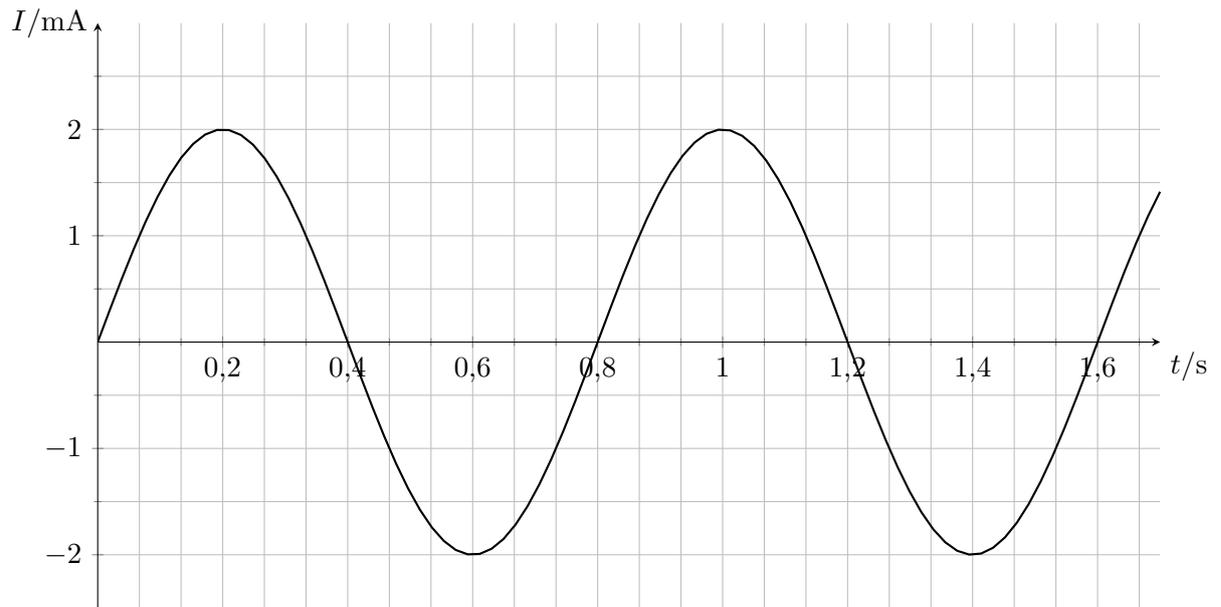


Abbildung 3.4: Diagramm Aufgabenteil 3 p)

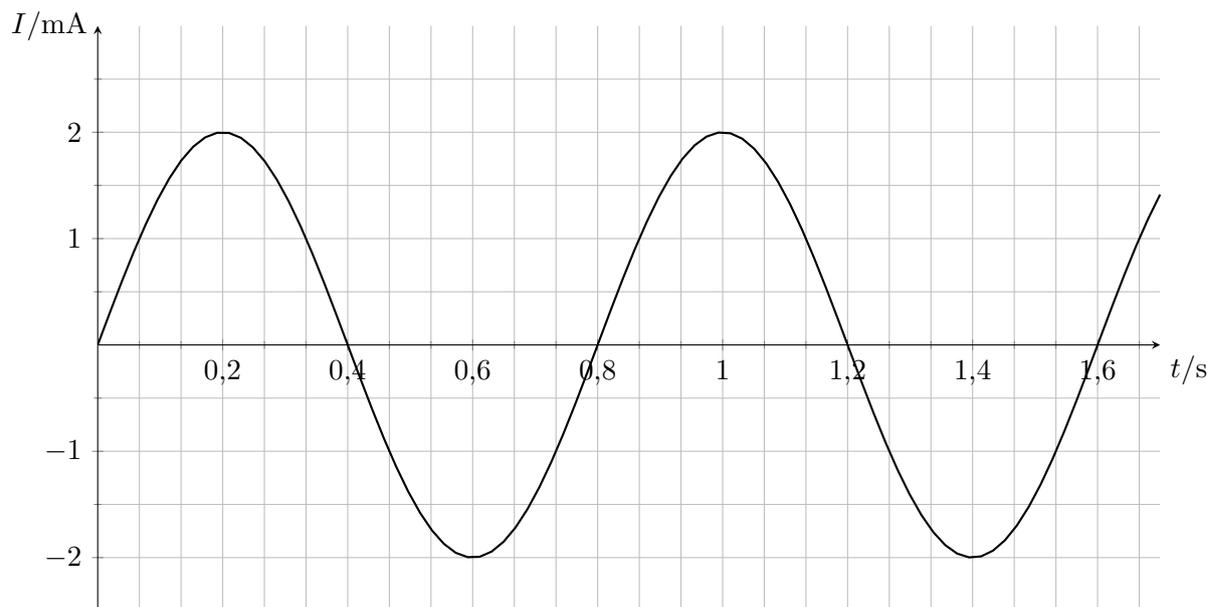


Abbildung 3.5: Reserve

Aufgabe 4: (15 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 4.1 mit einem idealen Operationsverstärker. Die beiden Transistoren T_1 und T_2 sind vom gleichen Typ mit $U_A \rightarrow \infty$. Die Diode D_1 ist eine Z-Diode mit $U_Z = 6\text{ V}$. Die Betriebsspannung U_B der Schaltung beträgt 15 V . Für die Widerstände gelte: $R_1 = 1,5\text{ k}\Omega$, $R_2 = 1,5\text{ k}\Omega$.

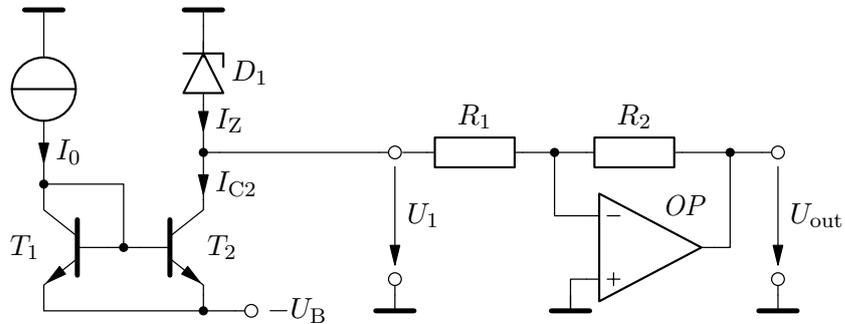


Abbildung 4.1: Schaltung

- 2 a) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_{out} als Funktion von U_1 .
- 1 b) Welche Schaltung bilden die Transistoren T_1 und T_2 ?
- 1 c) Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C2} = f(I_0)$. Es gelte: $B = \beta \rightarrow \infty$.
- 3 d) Bestimmen Sie den Strom I_0 , bei dem die Diode D_1 leitend wird.
- 3 e) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_{out} in Abhängigkeit von I_0 . Zeichnen Sie den Verlauf in das Diagramm in Abbildung 4.2 ein. Beschriften Sie hierzu auch die y-Achse.

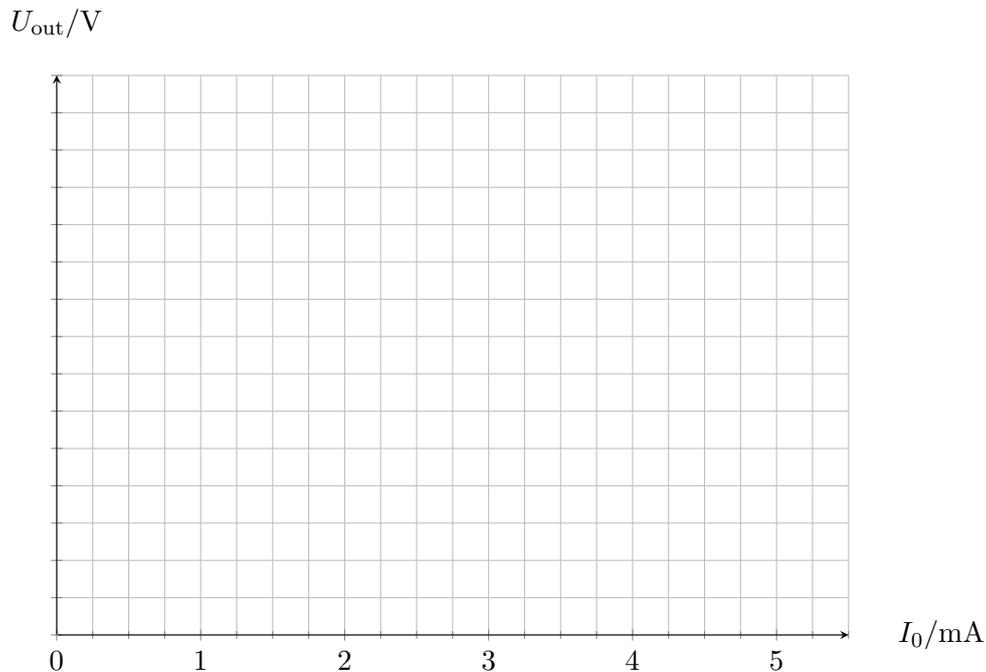


Abbildung 4.2: Diagramm Aufgabenteil 4 e)

Die Betriebstemperatur der Schaltung werde nun um 75 K erhöht.

- 2 f) Bestimmen Sie den Strom I_0 , bei dem die Diode D_1 nun leitend wird.
Hinweis: Verwenden Sie das Ihnen aus der Vorlesung bekannte Temperaturverhalten der Halbleiter-Bauelemente.
- 3 g) Zeichnen Sie den neuen Verlauf der Ausgangsspannung U_{out} in das Diagramm in Abbildung 4.3 ein. Beschriften Sie hierzu auch die y-Achse.

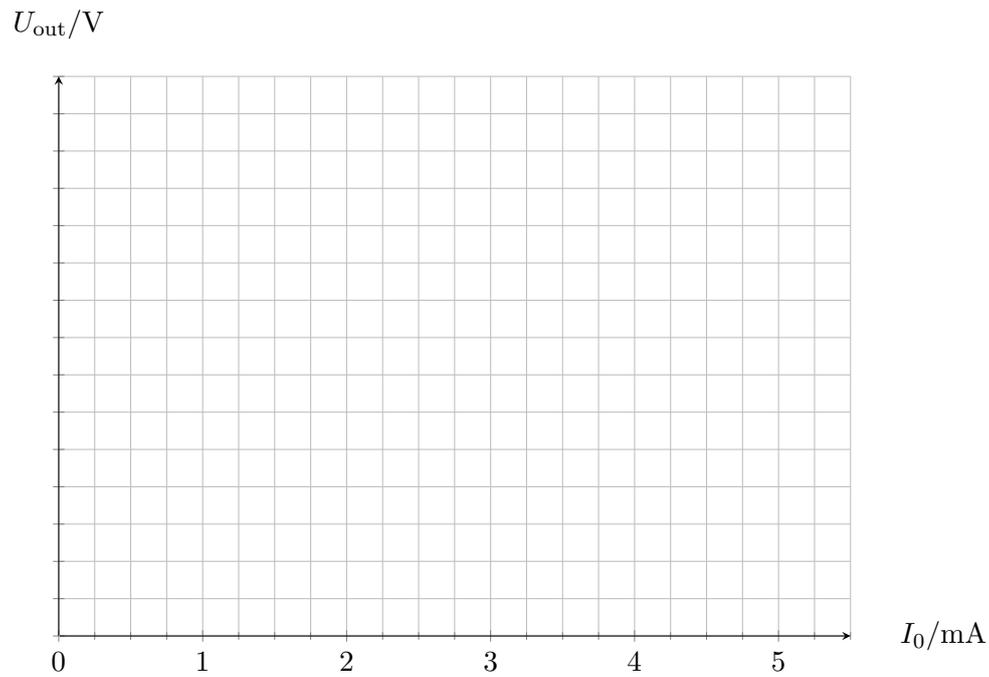


Abbildung 4.3: Diagramm Aufgabenteil 4 g)

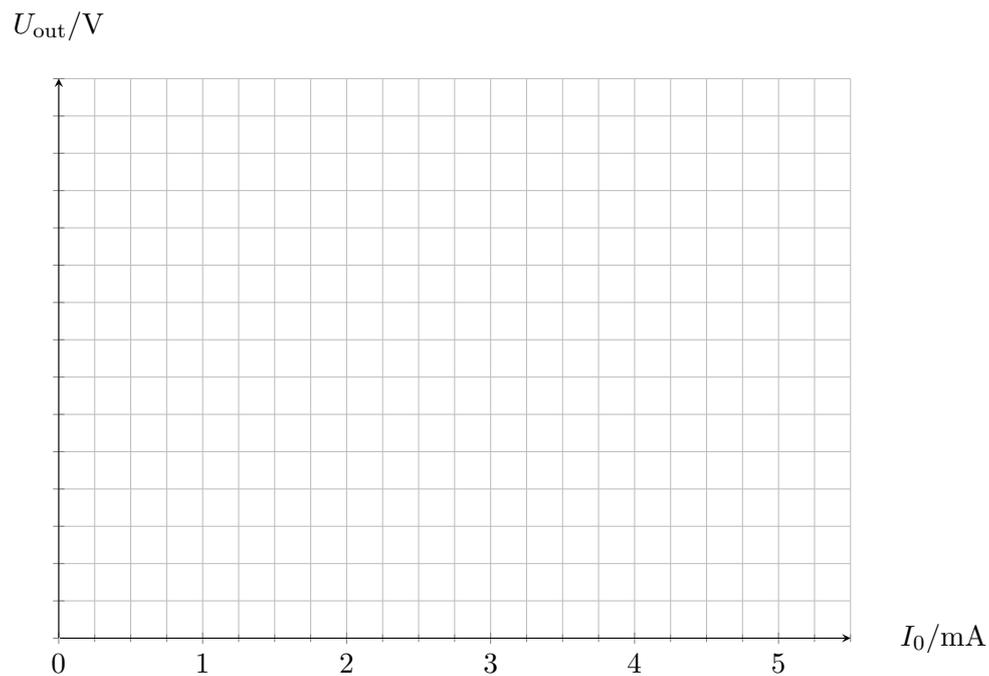


Abbildung 4.4: Reserve

Aufgabe 5: (18 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 5.1 mit zwei idealen, gegengekoppelten Operationsverstärkern.

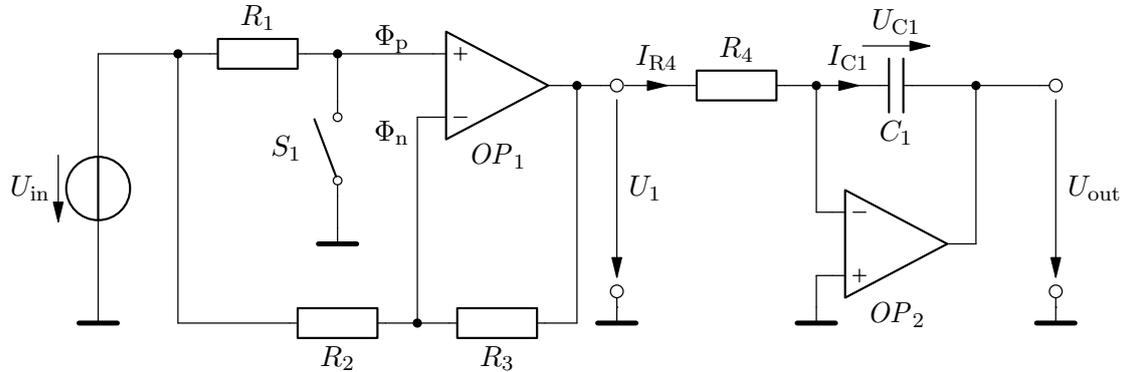


Abbildung 5.1

Zunächst sei der Schalter S_1 geschlossen (S_1 leitend).

- 2 a) Bestimmen Sie die Potentiale Φ_p und Φ_n .
- 2 b) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_1 = f(U_{in}, R_1, R_2, R_3)$ zunächst allgemein.
- 1 c) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_1 = f(U_{in}, R)$ für $R_1 = R_2 = R_3 = R$.
- 1 d) Welche Funktion erfüllt diese Schaltung mit geschlossenem Schalter S_1 ?

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

- 2 e) Bestimmen Sie die Potentiale Φ_p und Φ_n .
- 2 f) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_1 = f(U_{in}, R_1, R_2, R_3)$ zunächst allgemein.
- 1 g) Bestimmen Sie die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP_1 : $U_1 = f(U_{in}, R)$ für $R_1 = R_2 = R_3 = R$.
- 1 h) Welche Funktion erfüllt die Schaltung nun bei geöffnetem Schalter S_1 ?

Es gelte nun $U_{in} = 1 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ und $C_1 = 1 \mu\text{F}$. Der Kondensator sei zum Zeitpunkt $t = 0$ entladen.

Der Schalter S_1 sei zunächst weiterhin geöffnet.

- 1 i) Bestimmen Sie den Strom I_{R4} durch den Widerstand R_4 .
- 1 j) Bestimmen Sie den Strom I_{C1} durch den Kondensator C_1 .
- 2 k) Bestimmen Sie Spannung die $U_{C1}(t)$ über dem Kondensator C_1 und die Ausgangsspannung U_{out} in Abhängigkeit der Zeit.

Der Schalter S_1 werde nun gemäß Abbildung 5.2 geschaltet.

- 2 1) Zeichnen Sie den Verlauf der Ausgangsspannung U_{out} in das Diagramm in Abbildung 5.3. Beschriften Sie die vertikale Achse.

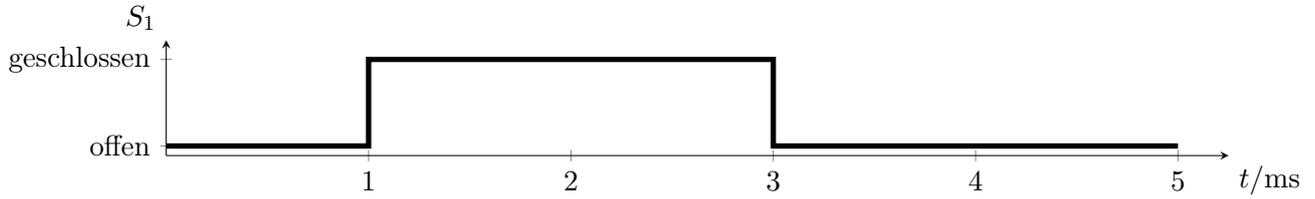


Abbildung 5.2: Verlauf von S_1

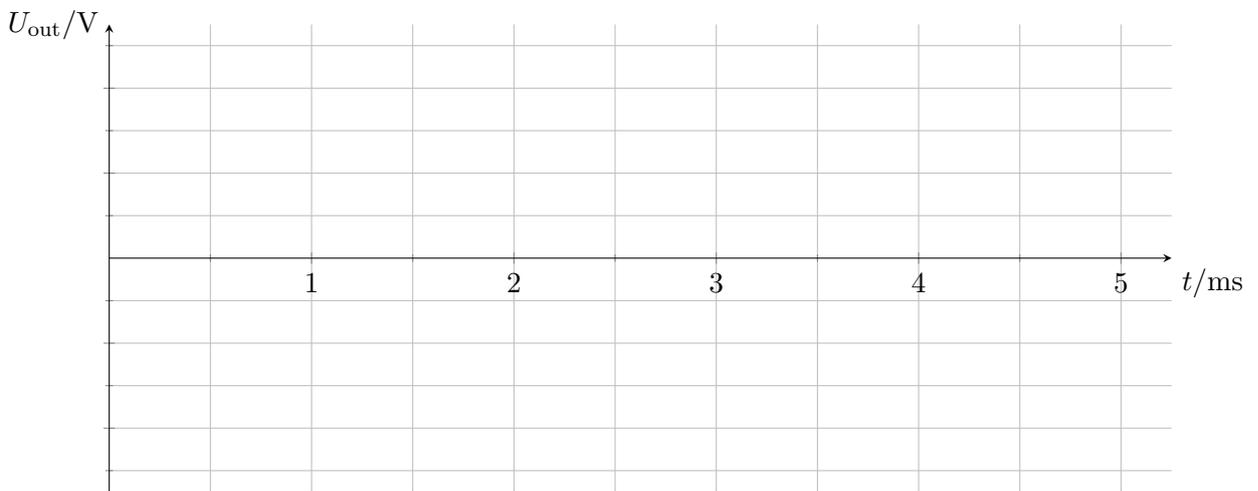


Abbildung 5.3: Diagramm Aufgabenteil 5 1)

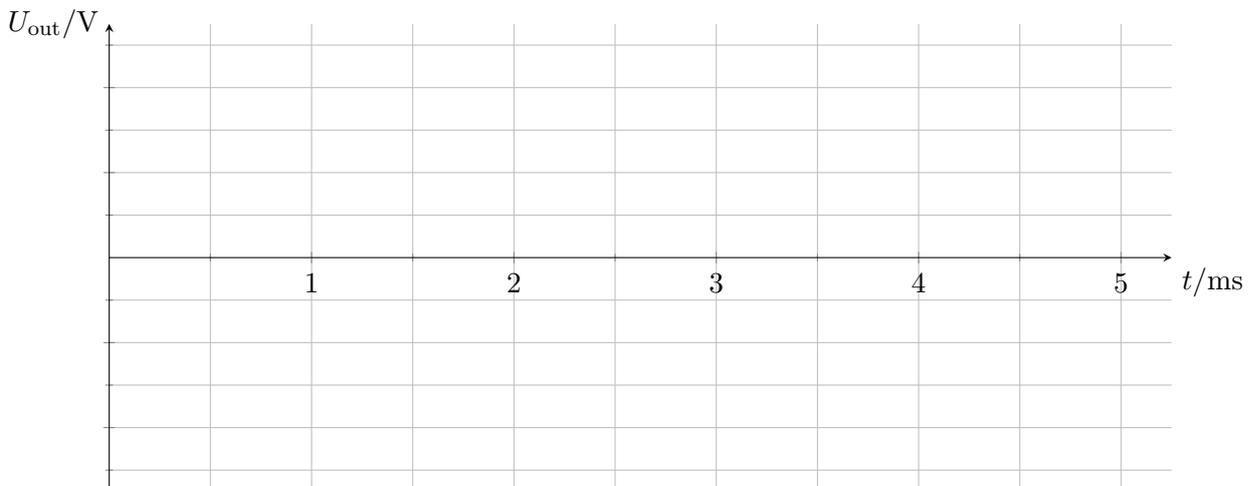


Abbildung 5.4: Reserve

Aufgabe 6: (13 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 6.1 mit zwei idealen Operationsverstärkern.

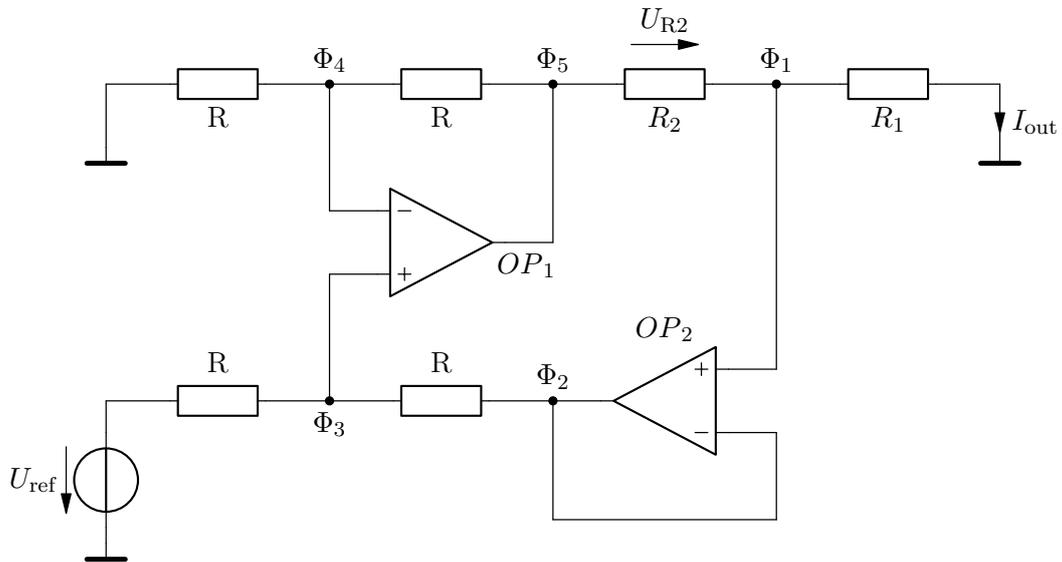


Abbildung 6.1

- 1 a) Bestimmen Sie das Potential $\Phi_1 = f(R_1, I_{\text{out}})$.
- 1 b) Bestimmen Sie das Potential $\Phi_2 = f(R_1, I_{\text{out}})$.
- 2 c) Bestimmen Sie das Potential $\Phi_3 = f(R, R_1, I_{\text{out}}, U_{\text{ref}})$.
- 1 d) Bestimmen Sie das Potential $\Phi_4 = f(R, R_1, I_{\text{out}}, U_{\text{ref}})$.
- 2 e) Bestimmen Sie das Potential $\Phi_5 = f(R, R_1, I_{\text{out}}, U_{\text{ref}})$.
- 2 f) Wie groß ist die Spannung U_{R2} über dem Widerstand R_2 ?
- 1 g) Bestimmen Sie den Strom $I_{\text{out}} = f(R, R_1, R_2, U_{\text{ref}})$.

Es gelte nun $R = 25 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2,5 \text{ k}\Omega$ und $U_{\text{ref}} = 2,5 \text{ V}$.

- 1 h) Wie groß ist der Strom I_{out} ?
- 2 i) Welche Funktion hat die Schaltung?

Aufgabe 7: (8 Punkte)

Gegeben sei nun das Netzwerk aus Abbildung 7.1a. Der Strom I_0 weise den in Abbildung 7.1b gegebenen Verlauf auf. Für den Kondensator gelte: $C = 10 \mu\text{F}$.

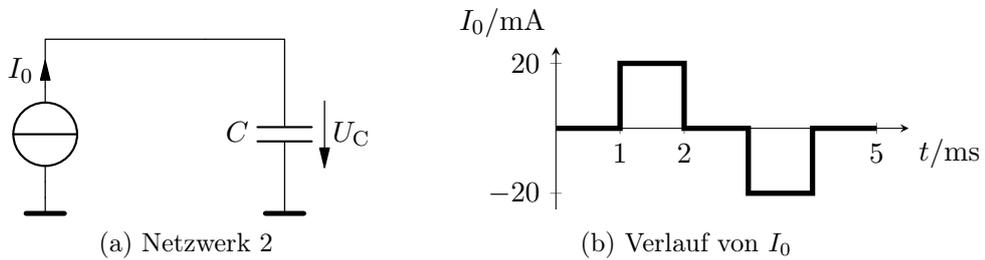


Abbildung 7.1

- 3 a) Zeichnen Sie den Verlauf der Spannung U_C in das Diagramm 7.2 mit $U_C(t = 0) = 0$. Beschriften Sie hierzu auch die y-Achse.

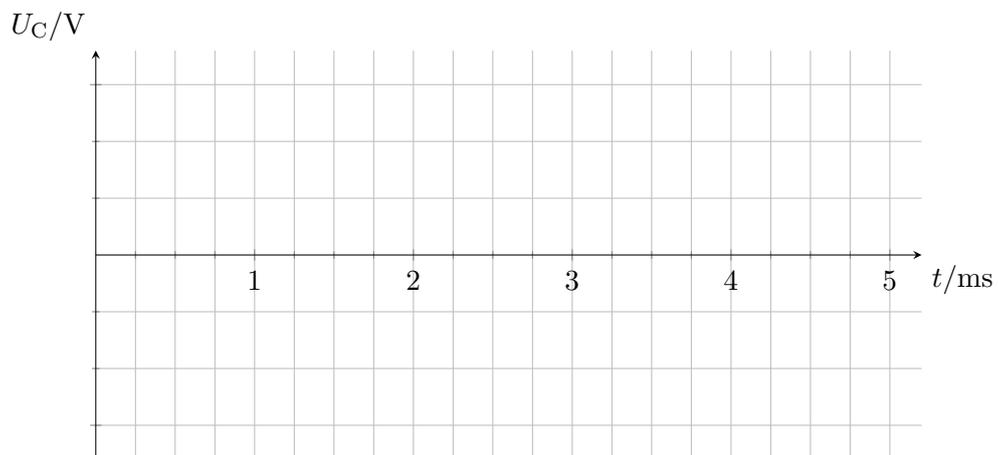


Abbildung 7.2: Diagramm Aufgabenteil 7 a)

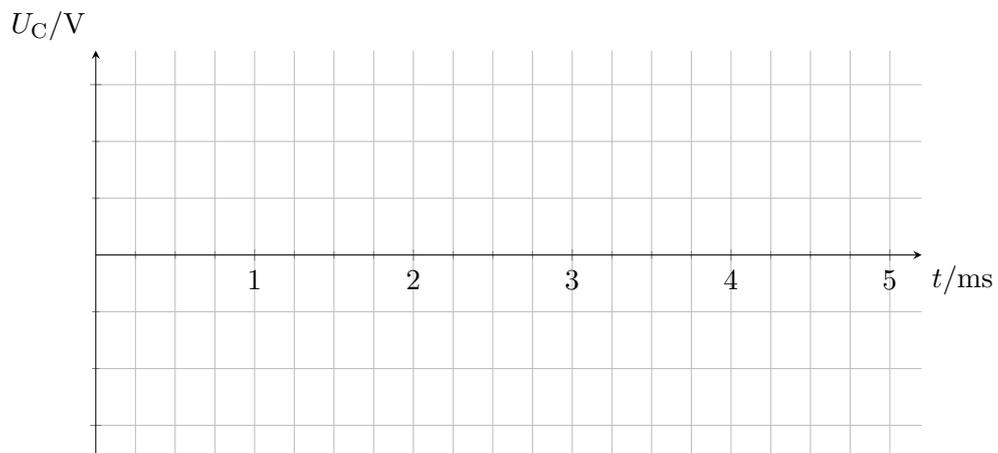


Abbildung 7.3: Reserve

Das Netzwerk aus Abbildung 7.1a wird nun durch eine ideale Z-Diode D_1 erweitert (siehe Abbildung 7.4a). Der Strom I_0 weise weiterhin den in Abbildung 7.1b gegebenen Verlauf auf. Für D_1 gelte die Kennlinie nach 7.4b.

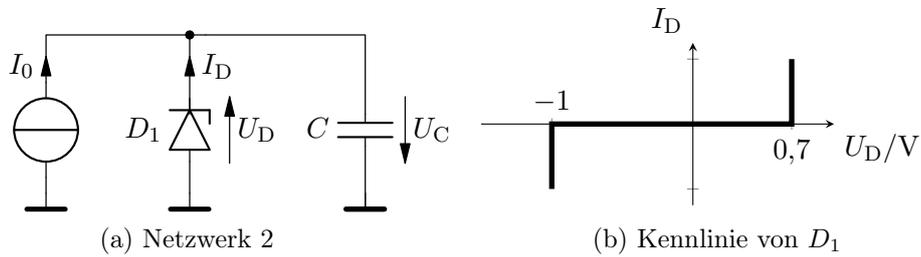


Abbildung 7.4

- 5 b) Zeichnen Sie nun den Verlauf der Spannung U_C in das Diagramm 7.5 mit $U_C(t = 0) = 0$. Beschriften Sie hierzu auch die y-Achse.

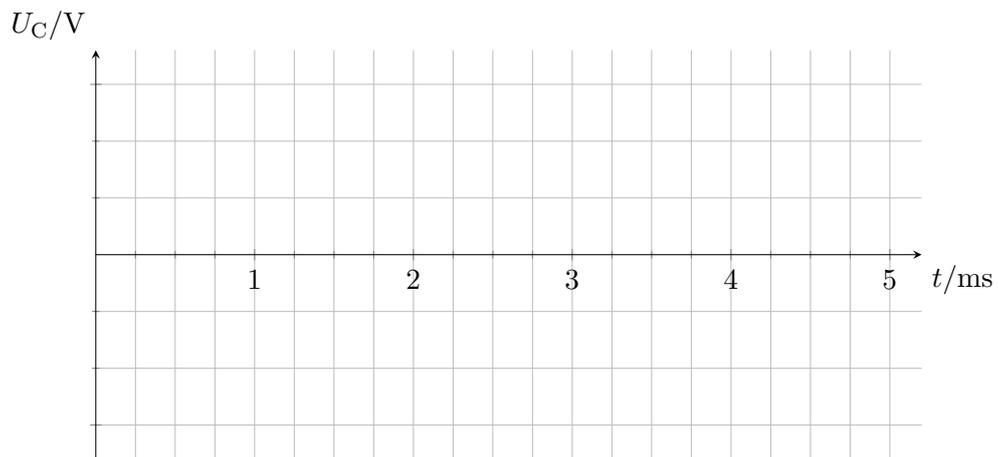


Abbildung 7.5: Diagramm Aufgabenteil 7 b)

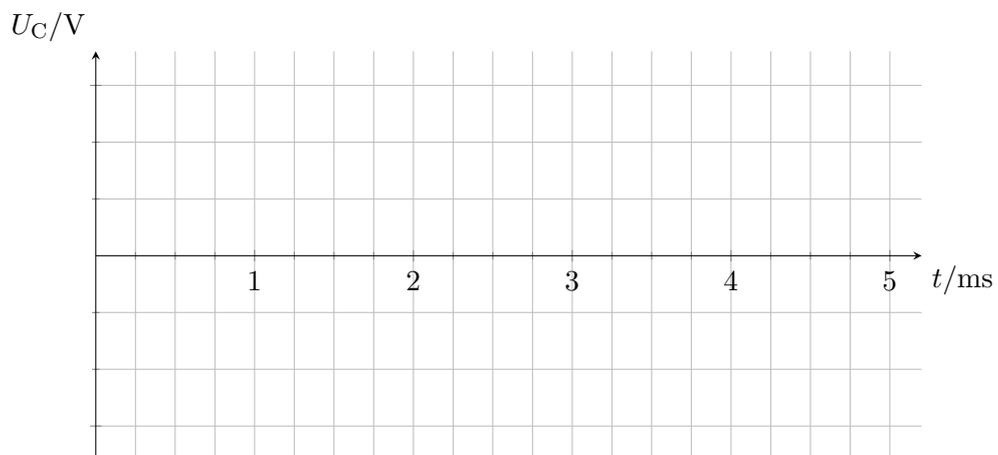


Abbildung 7.6: Reserve