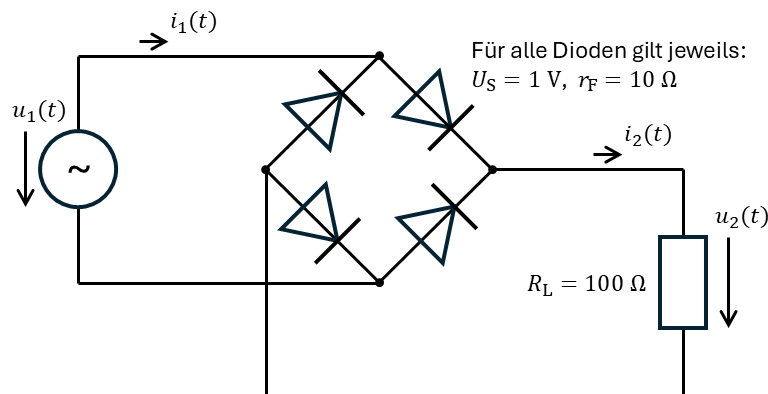


Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2026 Aufgabenteil Elektronik	Prof. Küpper Prof. Hofmann
Zugelassene Hilfsmittel: Formelsammlung, Taschenrechner	Matr.-Nr.: Hörsaal:	Name, Vorname: Unterschrift:

Viel Erfolg!!

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1 (Gleichrichter, ca. 10 Punkte)

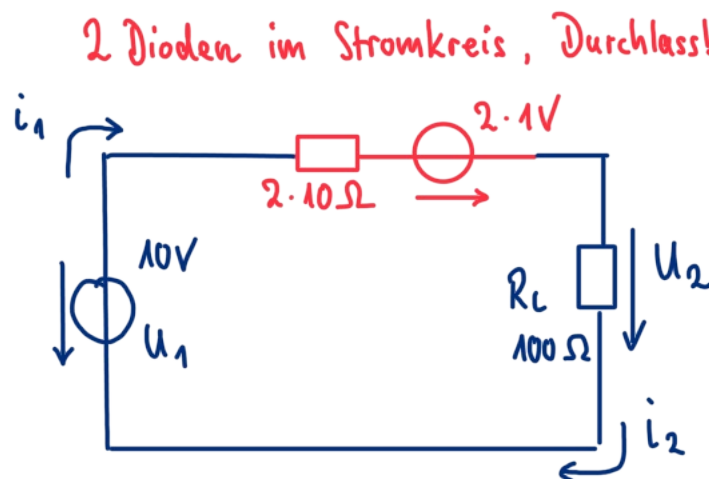


jeweils 1 Pkt.

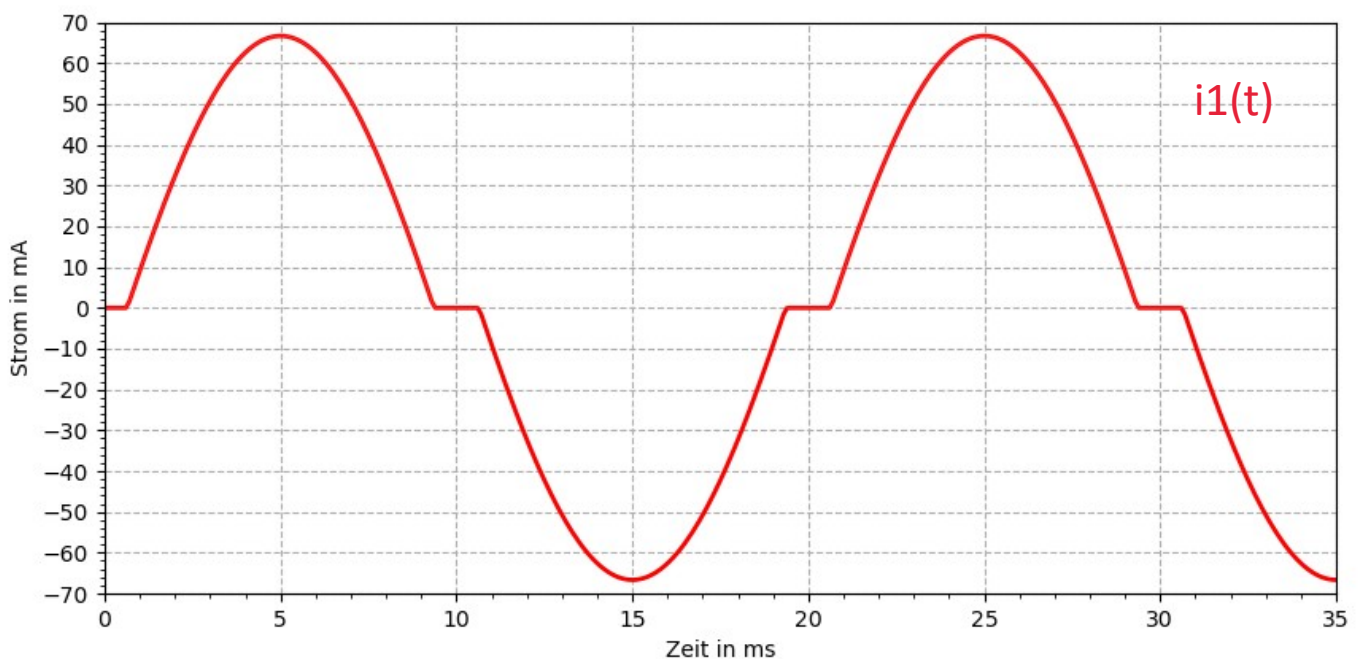
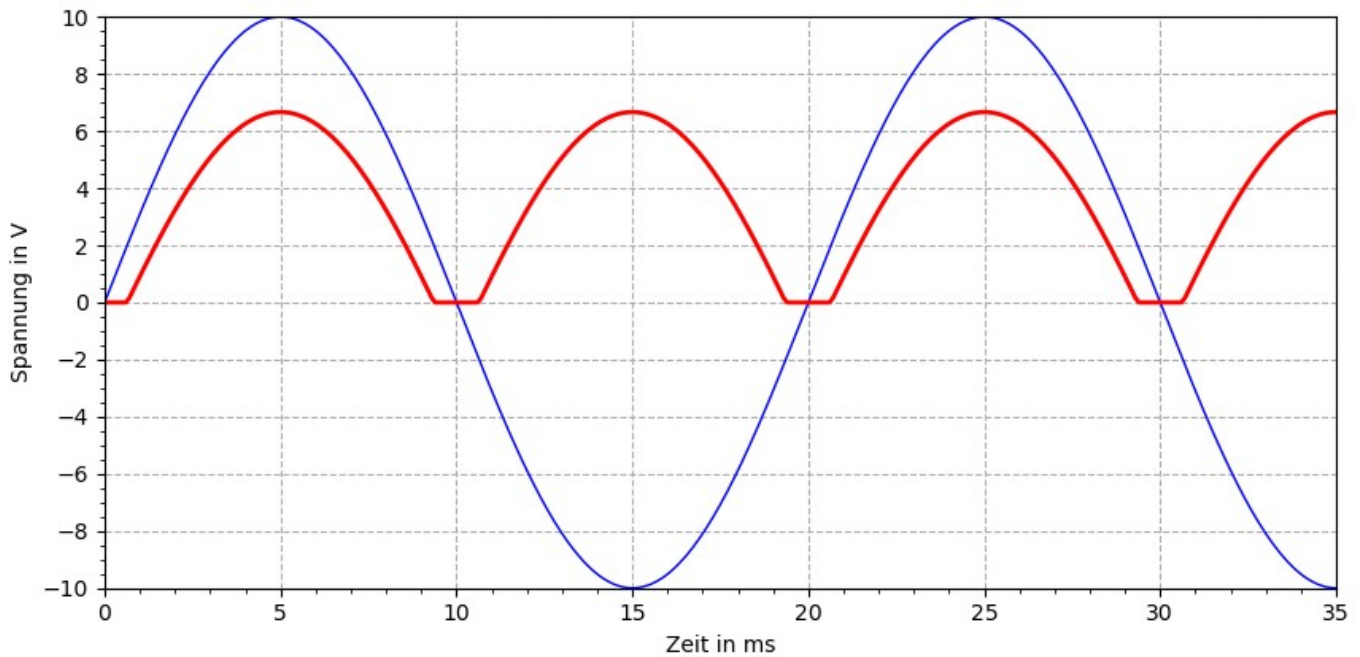
1.1 Berechnen Sie die Spannung u_2 sowie die Ströme i_1 und i_2 für $u_1 = +10\text{ V}$ und $u_1 = -5\text{ V}$:

u_1	u_2	i_1	i_2
+10 V	$u_2 = R_L \cdot i_1 = 6,7\text{ V}$	$i_1 = i_2 = 66,7\text{ mA}$	$i_2 = \frac{(10-2)\text{ V}}{120\ \Omega} = 66,7\text{ mA}$
-5 V	$u_2 = R_L \cdot i_1 = 2,5\text{ V}$	$i_1 = -i_2 = -25\text{ mA}$	$i_2 = \frac{(5-2)\text{ V}}{120\ \Omega} = 25\text{ mA}$

Tipp: Zeichnen Sie zunächst das lineare Ersatzschaltbild für $u_1 = +10\text{ V}$...



1.2 Tragen Sie den zeitlichen Verlauf von $i_1(t)$ in das untere Diagramm ein.

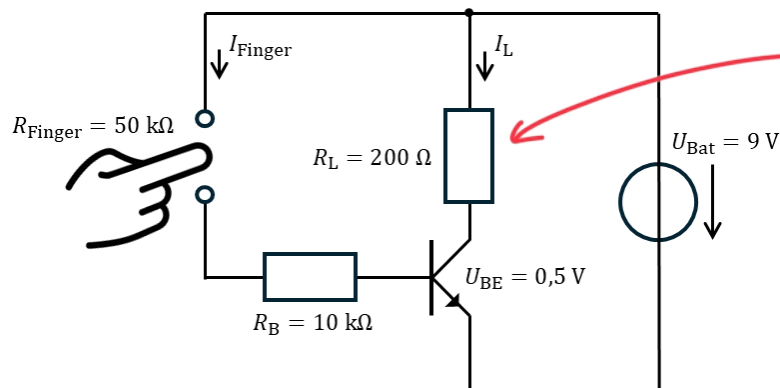


Sinusförmiger (!)

- A 1 Pkt.: Stromfluss in jeder Sinus-Halbwellen (im Gegensatz zu M1)
- B 1 Pkt.: Abwechselnde Stromrichtung, positiv, negativ usw.
- C 1 Pkt.: Scheitelwert bei 66,7 mA
- D 1 Pkt.: Dioden sperren in der Umgebung des Nulldurchgangs

Aufgabe 2 (Transistor, ca. 7 Punkte)

Der Strom I_L soll dadurch ein-/ausgeschaltet werden, dass ein Finger auf die eingezeichneten Kontakte gelegt wird.



Arbeitsgerade:
 $U_{LL} = 9V$
 $I_K = \frac{9V}{200\Omega} = 45mA$

- 2.1 Ermitteln Sie den Strom I_{Finger} wenn sich der Finger (Widerstand $R_{Finger} = 50\text{ k}\Omega$) auf den Kontakten befindet. Zeichnen Sie den dazugehörigen Arbeitspunkt „AP1“ in das Ausgangskennlinienfeld des Transistors ein. Wie groß ist in diesem Fall der Laststrom I_L ?

$$I_{Finger} = \frac{9V - 0,5V}{(50 + 10)\text{ k}\Omega} = 0,1417\text{ mA} = 141,7\text{ }\mu\text{A}$$

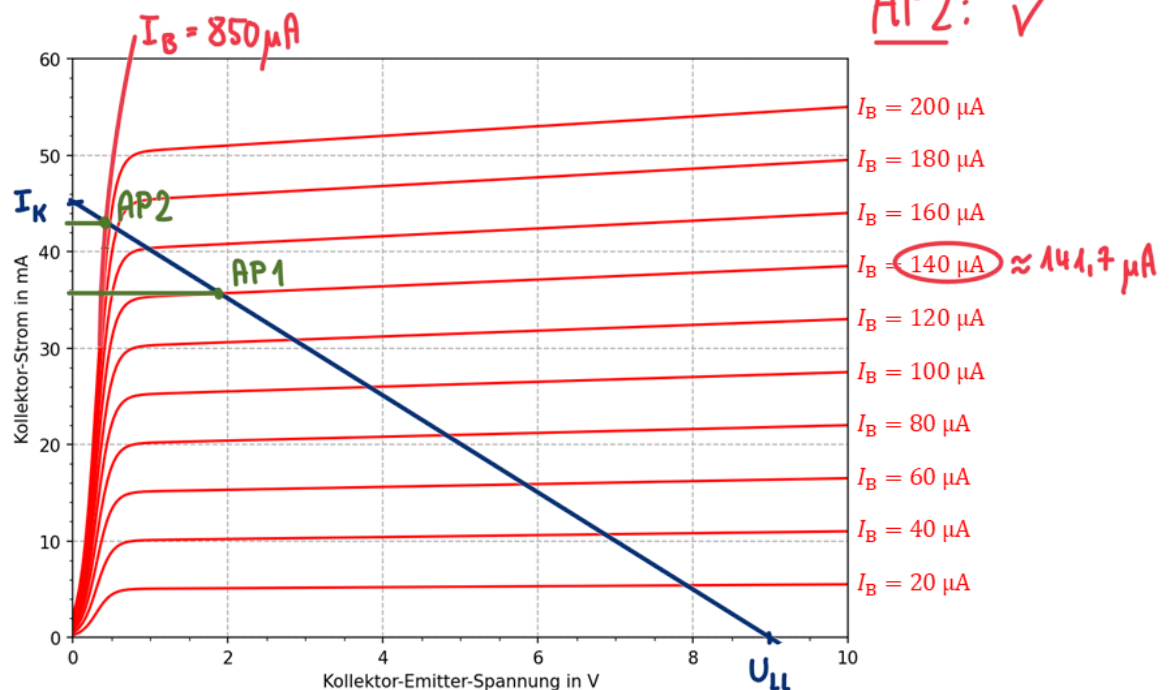
abgelesen: $I_L \approx 36\text{ mA}$

Arbeitsgerade mit AP1: ✓

- 2.2 Die Kontakte werden mit einem Metallstück überbrückt (zum Beispiel mit einem Ring aus Gold, $R_{Finger} = 0\text{ }\Omega$). Wie groß sind die Ströme I_{Finger} und I_L nun? Tragen Sie auch den neuen Arbeitspunkt „AP2“ in das Ausgangskennlinienfeld des Transistors ein.

$$I_{Finger} = \frac{8,5V}{10\text{ k}\Omega} = 0,85\text{ mA} = 850\text{ }\mu\text{A} \rightarrow \text{abgelesen: } I_L \approx 43\text{ mA}$$

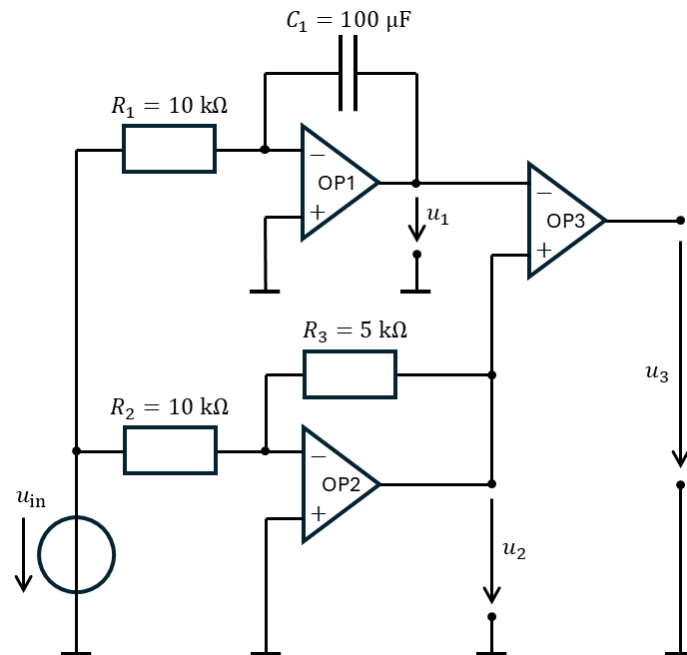
AP2: ✓



Aufgabe 3 (Operationsverstärker, ca. 13 Punkte)

Für die idealen Operationsverstärker in der folgenden Schaltung gilt:

$$U_{a,\max} = +10 \text{ V}, U_{a,\min} = -10 \text{ V}$$



3.1 Wie nennt man die Grundsaltung, in der OP1 betrieben wird? Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen u_{in} und u_1 mit einer Formel oder einer passenden Skizze.

✓ - Integrator

✓ -
$$u_1(t) = - \frac{1}{10.000 \cdot 0,0001 \text{ s}} \cdot \int u_{in}(t) dt = - \frac{1}{1 \text{ s}} \cdot [\text{Fläche unter } u_{in}]$$

NR.
$$u_1(2 \text{ s}) = - \frac{1}{1 \text{ s}} \cdot 10 \text{ V} + 5 \text{ V}$$

$$u_1(2 \text{ s}) = -5 \text{ V}$$

3.2 Wie nennt man die Grundsaltung, in der OP2 betrieben wird? Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen u_{in} und u_2 mit einer Formel oder einer passenden Skizze.

✓ - Invertierender Verstärker

✓ -
$$u_2(t) = - \frac{1}{2} \cdot u_{in}(t)$$

Anfangswert, Integrationskonstante!

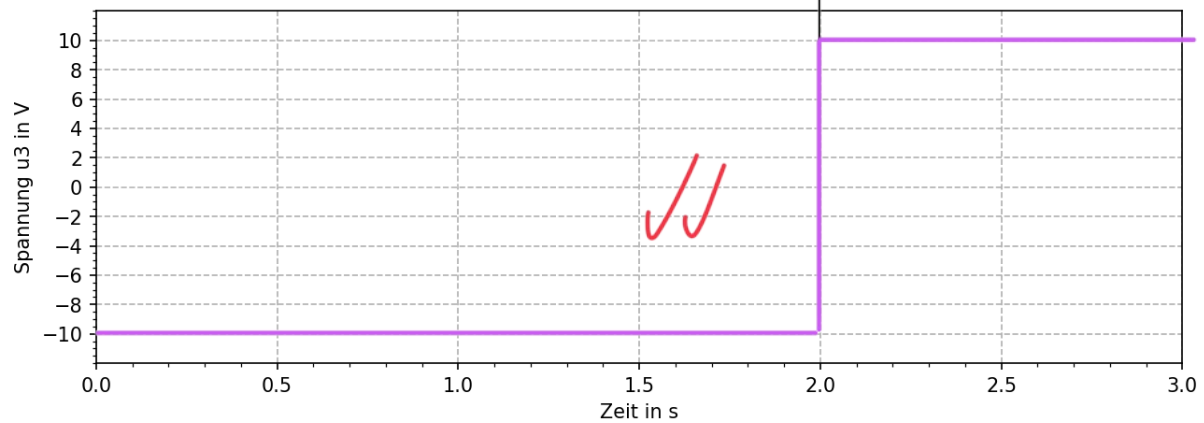
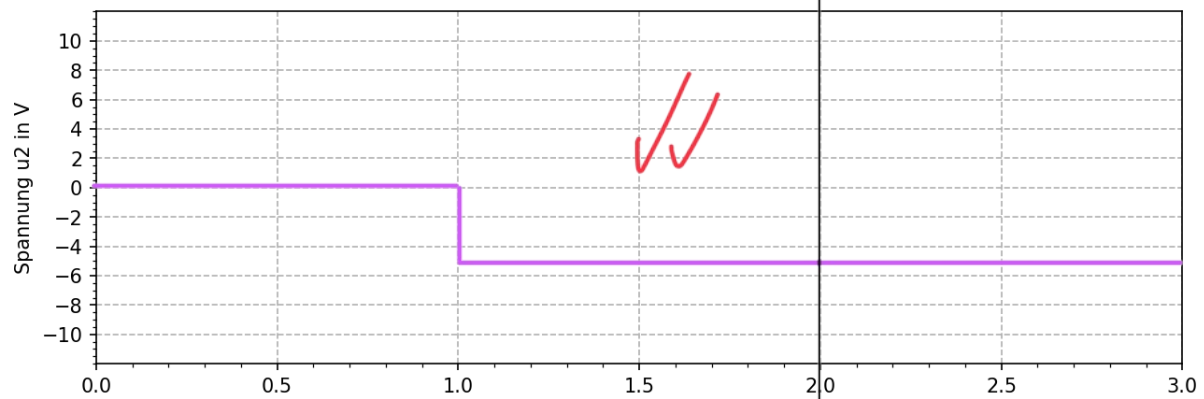
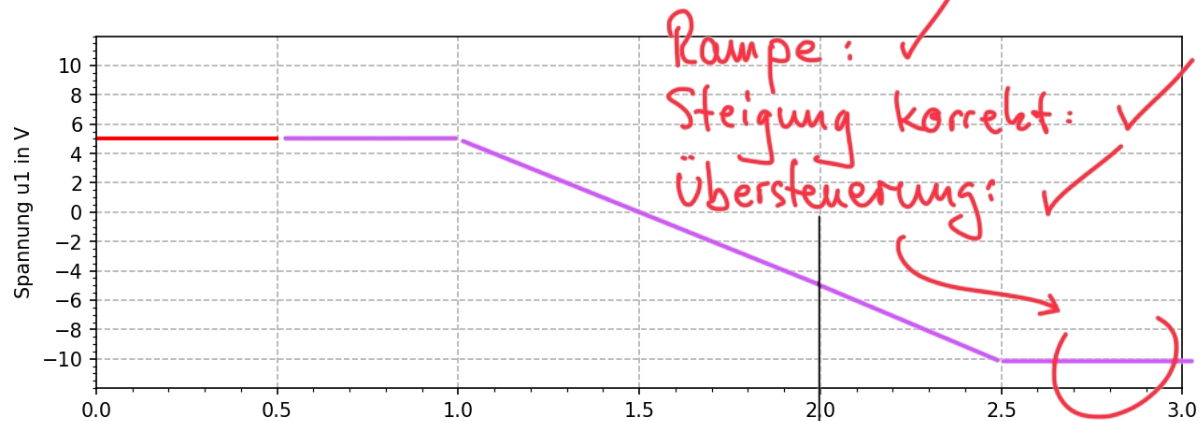
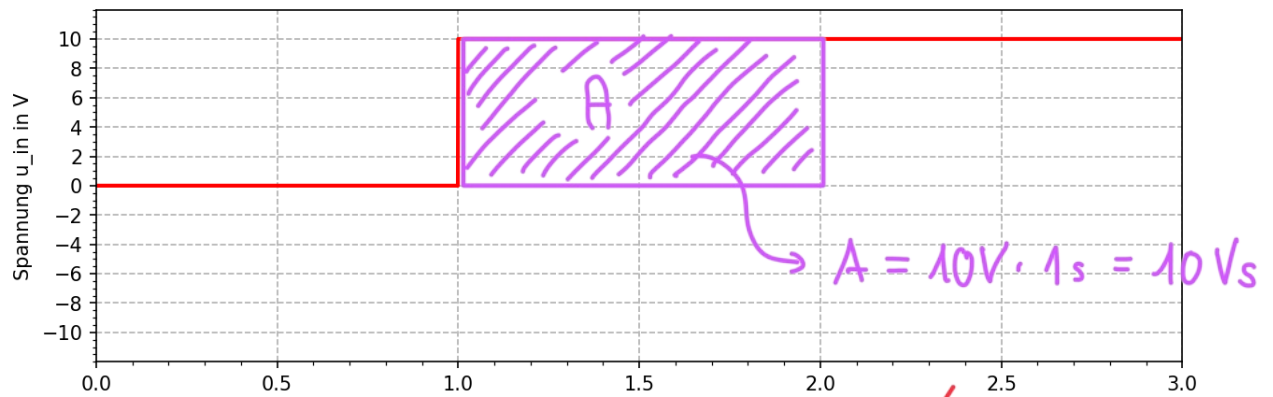
3.3 Wie nennt man die Grundsaltung, in der OP3 betrieben wird? Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen u_1 , u_2 und u_3 mit einer Formel oder einer passenden Skizze.

✓ - Komparator (ohne Hysterese)

✓
$$\begin{cases} - u_2 > u_1 \Rightarrow u_3 = +10 \text{ V} \\ - u_1 > u_2 \Rightarrow u_3 = -10 \text{ V} \end{cases}$$

3.4 Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf von u_1 , u_2 und u_3 in das vorbereitete Diagramm.

Hinweis: Die Spannung u_1 hat zu Beginn einen Wert von +5 V.



Aufgabe 4: Digitaltechnik, Mikrocontroller (ca. 15 Punkte)

Das folgende C-Programm wird in Maschinensprache übersetzt und auf einem Mikrocontroller des Typs ATmega8515 ausgeführt.

```

/* Taktfrequenz des Controllers */
#define F_CPU 1843200UL

/* AVR-spezifische Include-Dateien */
#include <compat/deprecated.h>
#include <avr/sfr_defs.h>
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

/* Hauptprogramm */
int main(void)
{
    /* PB0...PB3 sind Ausgänge, PB4...PB7 sind Eingänge */
    DDRB = 15;

    while(1 == 1)
    {
        sbi(PORTB, 0);
        sbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(1000);

        cbi(PORTB, 0);
        _delay_ms(1000);

        sbi(PORTB, 0);
        _delay_ms(1000);

        cbi(PORTB, 0);
        _delay_ms(2000); /* Achtung: 2000 statt 1000! */

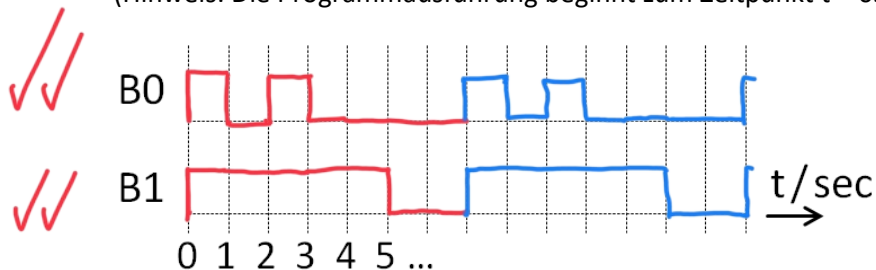
        cbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(2000); /* Achtung: 2000 statt 1000! */
    }

    return 0;
}

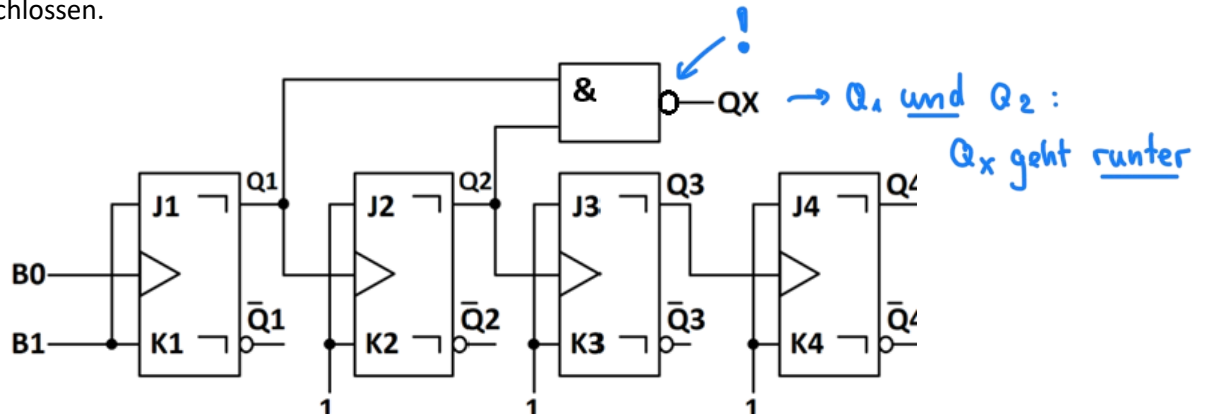
```

4.1. Zeichnen Sie die Signalverläufe, die an den Anschlüssen B0 und B1 des Mikrocontrollers ausgegeben werden, in das folgende Diagramm.

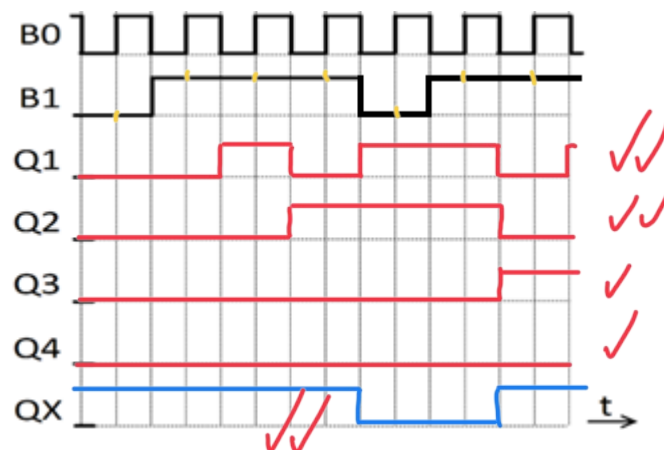
(Hinweis: Die Programmausführung beginnt zum Zeitpunkt $t = 0\text{s}$.)



- 4.2. An die Anschlüsse B0 und B1 des Mikrocontrollers wird die abgebildete Schaltung aus vier positiv flankengesteuerten JK-Master/Slave-Flipflops und einer logischen Verknüpfung angeschlossen.



Zeichnen Sie die Signalverläufe an Q1, Q2, Q3, Q4 und QX in das folgende Diagramm.
(Hinweis: Auf dem Mikrocontroller läuft nun ein anderes Programm als in Aufgabe 4.1.)



- 4.3. Wie ändert sich das Verhalten der Schaltung, wenn die J-/K-Eingänge des zweiten, dritten und vierten Flipflops nicht mehr permanent auf 1 gesetzt werden, sondern stattdessen gar nicht angeschlossen werden („offene Eingänge“)? Gehen Sie davon aus, dass alle Flipflops in TTL-Technologie aufgebaut sind. (Kurze Begründung erforderlich!)

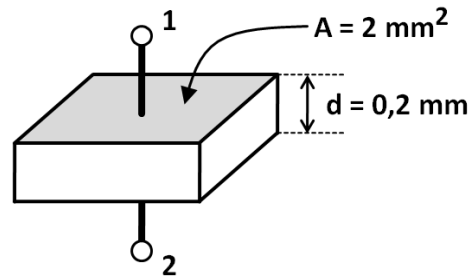
Keine Änderung: TTL wertet offene Eingänge als 1

- 4.4. Nennen Sie eine typische Anwendung von Schieberegistern.

- Seriell-Parallel-Wandler
- „Port-Expander“ falls nicht genug Ausgänge am μC .

Aufgabe 5, Halbleiter (ca. 15 Punkte)

- 5.1 Das skizzierte Halbleiterplättchen hat bei $T = 300 \text{ K}$ eine Eigenleitungsdichte $n_i = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. Berechnen Sie den aus der Eigenleitungsdichte folgenden spezifischen Widerstand ρ und den ohmschen Widerstand R des Plättchens. ($\mu_n = 1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).



$$\rho = \frac{1}{n_i \cdot e \cdot (\mu_n + \mu_p)} = \frac{1 \text{ } \Omega \text{ m}}{1,08 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot (0,15 + 0,06) \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}} = 2752,29 \text{ } \Omega \text{ m} = 27,52 \text{ } \Omega \text{ cm}$$

$$R = \rho \cdot \frac{d}{A} = 2752,29 \text{ } \Omega \text{ m} \cdot \frac{0,0002 \text{ m}}{2 \cdot (0,001 \text{ m})^2} = 275,229 \text{ k}\Omega$$

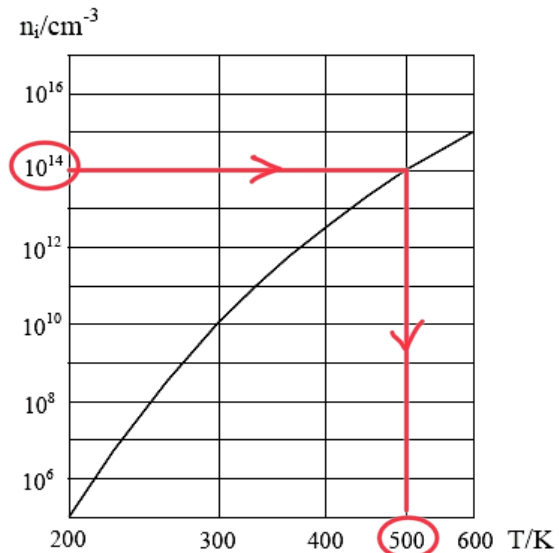
- 5.2 Das Halbleiterplättchen wird mit einem Akzeptor der Dichte $N_A = 1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dotiert. Wie groß ist nun der spezifische Widerstand ρ und der ohmsche Widerstand R des dotierten Halbleiterplättchens bei Zimmertemperatur ($T = 300 \text{ K}$)?

$$\rho = \frac{1}{e (\mu_n \cdot n_0 + \mu_p \cdot p_0)} \approx \frac{1}{e \mu_p \cdot N_A} = \frac{1 \text{ } \Omega \text{ m}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 0,06 \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}} \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3}} = 0,104 \text{ } \Omega \text{ m}$$

$$R = \rho \cdot \frac{d}{A} = 0,104 \text{ } \Omega \text{ m} \cdot \frac{0,0002 \text{ m}}{2 \cdot (0,001 \text{ m})^2} = 10,4 \text{ } \Omega$$

- 5.3 Das nebenstehende Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Temperatur T und Eigenleitungsdichte n_i . Warum steigt die Eigenleitungsdichte bei einer Erhöhung der Temperatur (kurze Begründung)?

Thermische Generation von Ladungsträger-Paaren ✓



- 5.4 Für die korrekte Funktion von Halbleiterbauelementen (Dioden, Transistoren ...) ist es notwendig, dass die Eigenleitungsdichte klein im Vergleich zur Störstellendichte (Akzeptor- bzw. Donatordichte) bleibt. Bei welcher Temperatur T erreicht die Eigenleitungsdichte des dotierten Halbleiterplättchens 10% der Akzeptordichte?

10% von $N_A = 10^{15} \text{ cm}^{-3} \rightarrow 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ✓
 $\rightarrow$ bei 500 K, abgelesen

- 5.5 Das dotierte Halbleiterplättchen aus Unterpunkt 5.2 ($N_A = 1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) wird auf $T = 600 \text{ K}$ erhitzt. Wie groß ist nun die Eigenleitungsdichte? Wie groß sind n_0 und p_0 ?

$$p_0 = \frac{N_A - N_D}{2} + \sqrt{\left(\frac{N_A - N_D}{2}\right)^2 + n_i^2}$$

mit $n_i = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, abgelesen und $N_D = 0$ ✓

$$\rightarrow p_0 = \frac{10^{15} \text{ cm}^{-3}}{2} + \sqrt{\left(\frac{10^{15} \text{ cm}^{-3}}{2}\right)^2 + (10^{15} \text{ cm}^{-3})^2}$$

$$p_0 = 1,618 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3} \rightarrow n_0 = \frac{n_i^2}{p_0} = \frac{(10^{15} \text{ cm}^{-3})^2}{1,618 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}} = 6,18 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$$

- 5.6 Nennen Sie eine weitere Möglichkeit (außer der Erwärmung), die Eigenleitungsdichte eines Halbleiters zu erhöhen. Bei welchem Halbleiterbauelement wird dieser Effekt genutzt?

Bestrahlung mit Licht, Fotowiderstand ✓