Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2016 **Aufgabenteil Elektronik**		Prof. Dr. T. Küpper Prof. Dr. P. Klein
Zugelassene Hilfsmittel: eigene Formelsammlung, Taschenrechner	**Matr.-Nr.:** **Hörsaal:**	**Name, Vorname:** **Unterschrift:**	

Aufgabe 1, Zenerdiode, Operationsverstärker (ca. 20 Punkte)

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Viel Erfolg!!

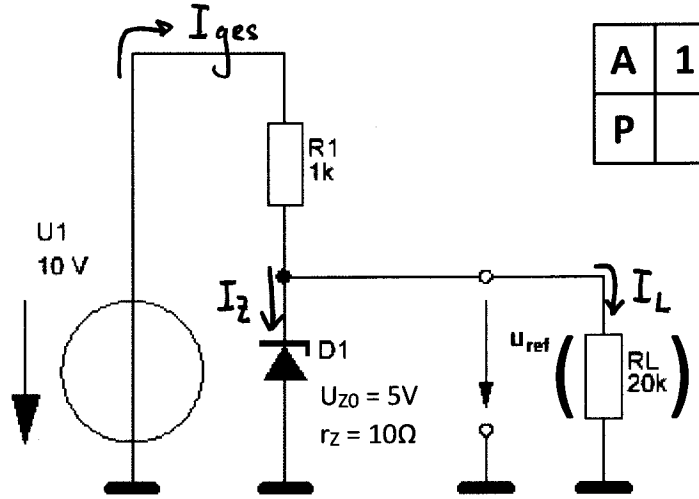
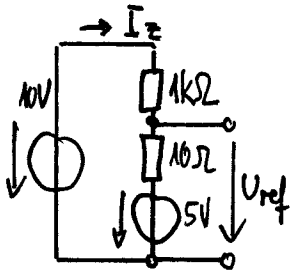


Abb. 1

1.1. Zur Erzeugung einer möglichst konstanten Referenzspannung U_{ref} wird die Schaltung in Abb. 1 eingesetzt. Zunächst ist kein Lastwiderstand R_L angeschlossen. Wie groß ist die Spannung U_{ref}? Wie groß ist der Strom I_Z?



$$I_z = \frac{(10-5)\,V}{1k\Omega + 10\Omega} = 4{,}95\,mA$$

$$U_{ref} = 10V - I_z \cdot 1k\Omega = 5{,}0495\,V$$

1.2. Es wird ein Lastwiderstand $R_L = 20\ k\Omega$ angeschlossen. Wie groß ist nun die Spannung U_{ref}? Wie groß ist nun der Strom I_Z?

$$I_{ges} = I_z + I_L$$

$$\frac{10V - U_{ref}}{1k\Omega} = \frac{U_{ref} - 5V}{10\Omega} + \frac{U_{ref}}{20k\Omega}$$

$$\frac{10V}{1k\Omega} + \frac{5V}{10\Omega} = U_{ref}\left(\frac{1}{1k\Omega} + \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20k\Omega}\right)$$

$$\rightarrow U_{ref} = 5{,}047\,V \qquad \rightarrow I_z = \frac{U_{ref} - 5V}{10\Omega} = 4{,}7\,mA$$

1.3. Betrachten Sie nun die Schaltung in Abb. 2. Wie groß ist der Strom I_x? Wie groß ist die Spannung U_{ref}? (Begründung in Stichworten erforderlich!)

$I_x = 0\,mA$ (idealer OPV benötigt keinen Eingangsstrom!)
→ Spannungsteiler R_6 / R_7 ist unbelastet
→ Z-Diodenschaltung entspricht Aufgabe 1.2
→ $U_{ref} = 5{,}047\,V$

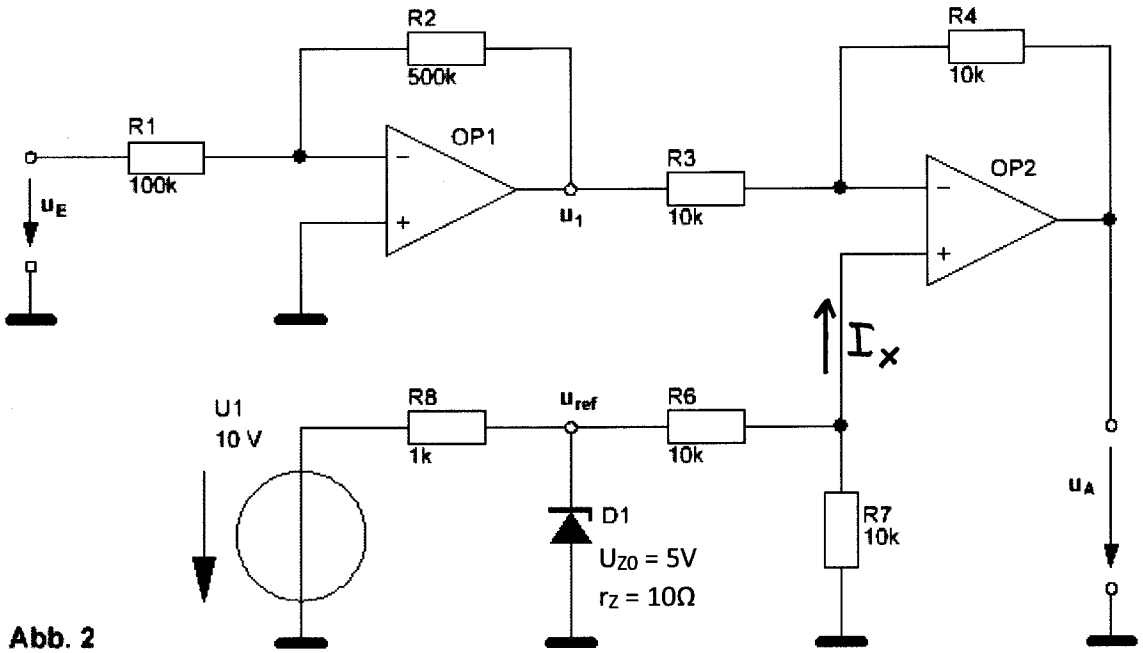


Abb. 2

Unabhängig von Ihren bisherigen Berechnungen gilt für alle weiteren Unterpunkte: U_{ref} = 5 V. OP1 und OP2 sind ideale Operationsverstärker mit einer max. Ausgangsspannung von ±15 V.

1.4. Welche Funktion hat die erste Operationsverstärkerstufe (OP1)? Wie hängt die Spannung u_1 von der Eingangsspannung u_E ab? (Formel angeben!)

Invertierender Verstärker, $v = -\frac{500}{100} = -5$

→ $U_1 = -5 \cdot U_E$

1.5. Welche Funktion hat die zweite Operationsverstärkerstufe (OP2)? Wie hängt die Ausgangsspannung u_A von den Spannungen u_1 und U_{ref} ab? (Formel angeben!)

Differenzverstärker mit 4 gleich großen Widerstd.:

$U_A = U_{ref} - U_1$

1.6. Die Ausgangsspannung u_A wird an einen elektronischen Regler weitergeleitet. Für die korrekte Funktion des Reglers muss u_A stets im Bereich von 0...10 V liegen. Geben Sie den Bereich $u_{E,min}...u_{E,max}$ an, in dem sich die Eingangsspannung bewegen darf, ohne die Funktion des Reglers zu stören.

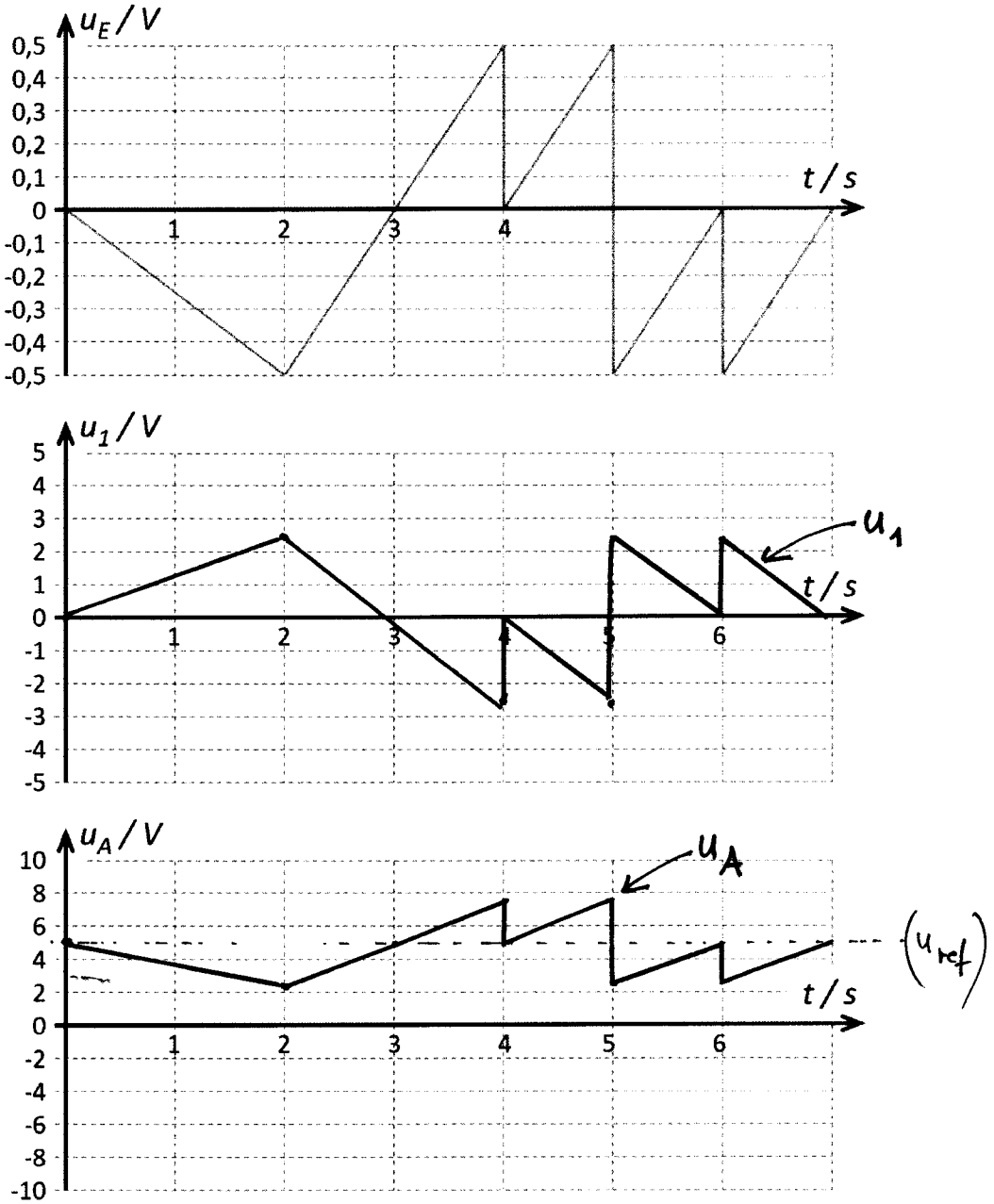
$$U_A = U_{ref} - U_1 = 5V + 5 \cdot U_E \rightarrow U_E = \frac{U_A - 5V}{5}$$

$$U_{E,max} = \frac{10V - 5V}{5} = +1V$$

$$U_{E,min} = \frac{0V - 5V}{5} = -1V$$

$$U_{E,min} \ldots U_{E,max} = -1V \ldots +1V$$

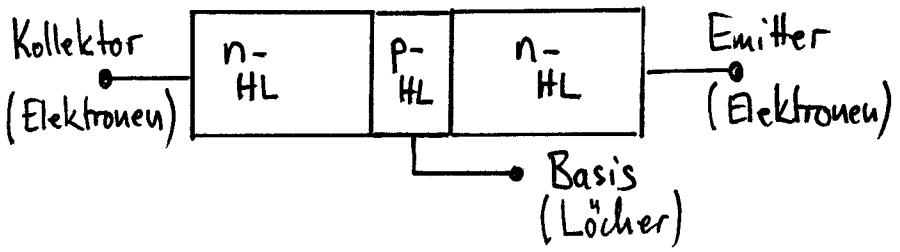
1.7. Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe der Spannungen u_1 und u_A in das vorbereitete Diagramm.



Aufgabe 2, Transistor, Halbleiter (ca. 10 Punkte)

2.1. Skizzieren Sie den inneren Aufbau eines NPN-Bipolartransistors.

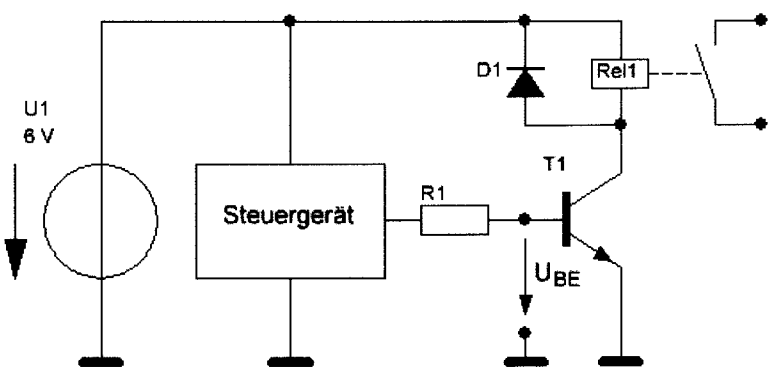
- Die unterschiedlichen Halbleiterbereiche und die Anschlussnamen sollen erkennbar sein.
- Schreiben Sie an alle Halbleiterbereiche, welche Ladungsträger (freie Elektronen oder Löcher?) dort jeweils die Majoritätsträger sind.



2.2. Bipolartransistoren funktionieren nur dann, wenn die Basis extrem dünn ist. Warum ist das so?

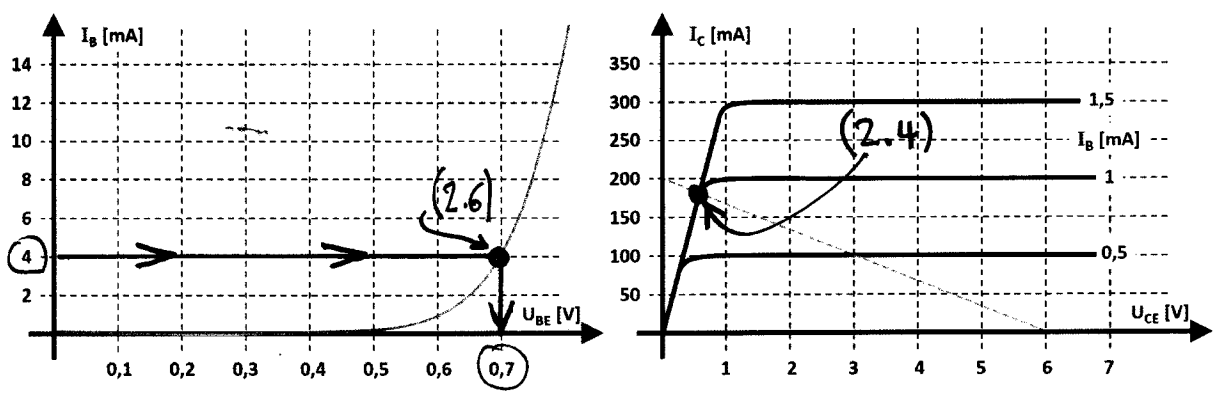
Bei einer „dicken" Basis würden die vom Emitter geschickten Ladungsträger alle im Bereich der Basis rekombinieren. Sie sollen aber nahezu vollständig weiter in den Kollektor wandern. → Das geht nur, wenn die Basis sehr dünn ist!

2.3. Die folgende Schaltung zeigt, wie ein Relais von einem Steuergerät ein-/ausgeschaltet werden kann. Beschreiben Sie in wenigen Stichworten, warum die Diode D1 unbedingt erforderlich ist.



Die Freilaufdiode D1 sorgt beim Abschalten des Relais dafür, dass keine gefährlichen Spannungsspitzen induziert werden.

2.4. Zeichnen Sie den Arbeitspunkt des eingeschalteten Schalttransistors T1 ins Ausgangskennlinienfeld. Hinweis: Die Arbeitsgerade des Relais ist im Kennlinienfeld bereits dargestellt.



2.5. Welcher Basisstrom ist notwendig, um mit T1 das Relais schnell und zuverlässig einzuschalten?

$I_{B,min} = 1\,mA$ (abgelesen)

Übersteuerung z.B. 4-fach: $I_B = 4\,mA$

2.6. Welche Spannung U_{BE} stellt sich in diesem Fall (2.5.) an T1 ein? Zeichnen Sie diesen Arbeitspunkt in die Eingangslinie des Transistors!

abgelesen: $U_{BE} = 0{,}7\,V$

2.7. Wenn das Relais eingeschaltet werden soll, dann liegt am Ausgang des Steuergeräts eine Spannung von 6 Volt an. Berechnen Sie einen geeigneten Basis-Vorwiderstand R1.

$$R_1 = \frac{(6 - 0{,}7)\,V}{0{,}004\,A} = 1325\,\Omega$$

(passender Standardwert: z.B. $R_1 = 1\,k\Omega$ ...)

Aufgabe 3: Gleichrichter (ca. 15 Punkte)

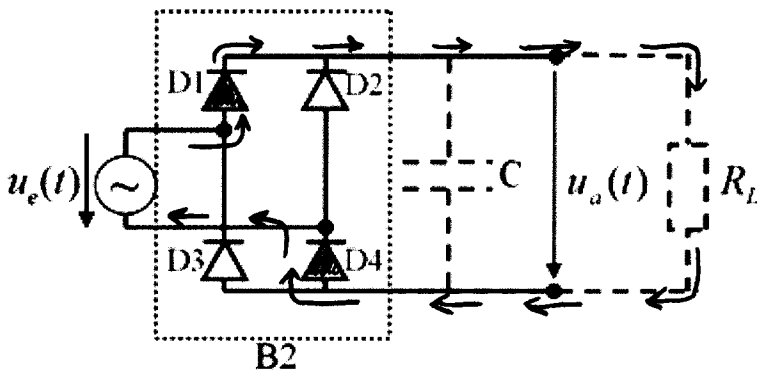
Gegeben ist die nebenstehende Gleichrichterschaltung. Für die sinusförmige Wechselspannung $u_e(t)$ gilt:

$\hat{U}_e = 20\,V$

$u_{e,eff} = 14{,}14\,V$, $f = 100\,Hz$

Die vier Gleichrichterdioden sind zunächst als ideal anzunehmen mit:

$U_S = 0\,V$ und $r_f = 0\,\Omega$



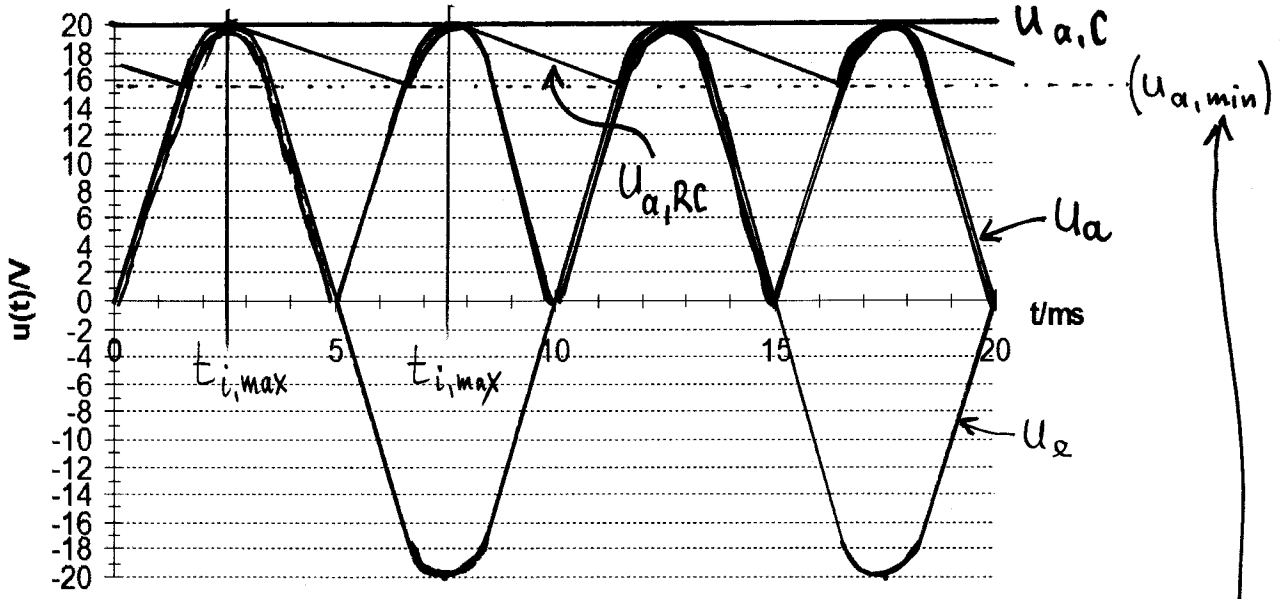
3.1. Welche Dioden leiten während einer **positiven** Halbwelle von $u_e(t)$?

D_1 und D_4

--- Die Schaltung wird zunächst ohne Lastwiderstand R_L betrieben. ---

3.2. Tragen Sie die folgenden Spannungen in verschiedenen Farben in das folgende Diagramm ein:

- Die Eingangs-Wechselspannung $u_e(t)$ (in der Farbe Schwarz)
- Die Spannung $u_a(t)$, wenn die Schaltung ohne Kondensator C betrieben wird (in rot)
- Die Spannung $u_{a,C}(t)$, wenn die Schaltung mit Kondensator C betrieben wird (in grün)



--- Nun wird die Schaltung mit Lastwiderstand R_L = 10 Ω und Kapazität C = 2 mF betrieben. ---

3.3. Wie groß ist die mittlere Ausgangsspannung U_a? Wie groß ist die Schwankung Δu_a an R_L?

$$U_a = \frac{\hat{U}_e}{\frac{T}{4R_L \cdot C} + 1} = \underline{\underline{17{,}8\,V}} \qquad \Delta U_a = \frac{U_A}{2R_L \cdot C} \cdot T = \underline{\underline{4{,}4\,V}}$$

$\rightarrow U_{a,min} = 15{,}6\,V$

3.4. Tragen Sie die Spannung $u_{a,RC}(t)$ am Lastwiderstand R_L in das Diagramm auf Seite 3 ein (in blau).

3.5. Welche mittlere Leistung wird am Lastwiderstand in Wärme umgesetzt?

$$P = \frac{U_a^2}{R_L} = \frac{(17{,}8\,V)^2}{10\,\Omega} = \underline{\underline{31{,}6\,W}}$$

3.6. Welche mittlere Leistung wird an einer der vier (idealen) Dioden in Wärme umgesetzt?

Ideale Dioden → keinerlei Spannungsabfall
→ keine Verlustleistung!

3.7. Die Dioden werden nun durch reale Dioden ersetzt, an denen in Durchlassrichtung eine Spannung von jeweils 1 V abfällt. Berechnen Sie den maximalen Strom i_{max}, der durch R_L fließt und markieren Sie einen Zeitpunkt, zu dem dieser maximaler Strom fließt, im obigen Diagramm mit $t_{i,max}$.

Scheitelwert von $U_{a,RC}$ bei 20 V.
Minus 2 Dioden → 18 Volt.
Max. Strom: $i_{max} = \frac{18\,V}{10\,\Omega} = \underline{\underline{1{,}8\,A}}$

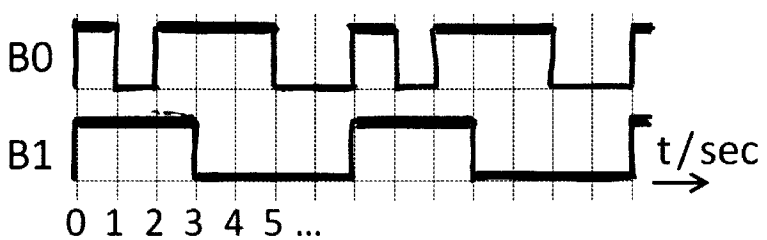
Aufgabe 4: Digitaltechnik, Mikrocontroller (ca. 15 Punkte)

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

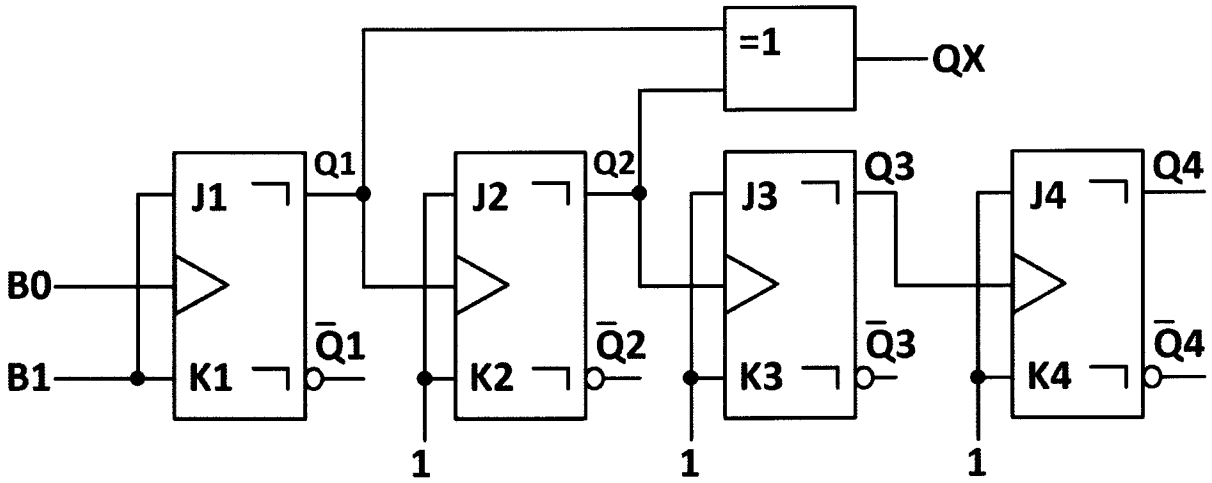
```
/* Taktfrequenz des Controllers */
#define F_CPU 1843200UL

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

        cbi(PORTB, 0);
        _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.

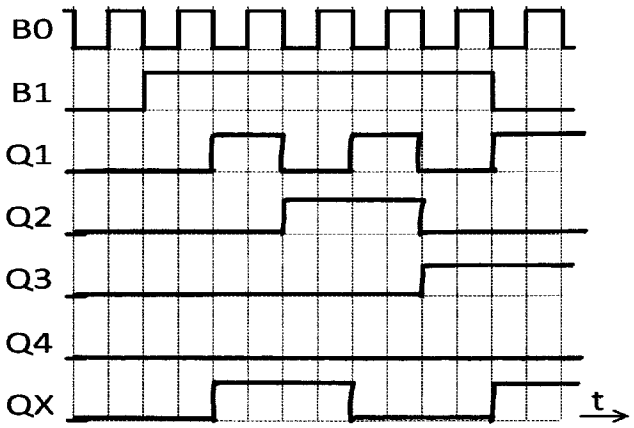
(Hinweis: Die Programmausführung beginnt zum Zeitpunkt t = 0s.)



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



(QX = XOR-Verknüpfung von Q1 und Q2)

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!)

Offene TTL-Eingänge werden als log. 1 erkannt
→ Verhalten ändert sich gar nicht.
(Achtung: Bei moderneren CMOS-Bausteinen gilt dies nicht!!)

4.4. Nennen Sie eine typische Anwendung von Schieberegistern.

- Seriell-Parallel-Wandler
- Parallel-Seriell-Wandler
- µC mit wenigen Anschlüssen um zusätzliche Ausgänge erweitern (...usw...)