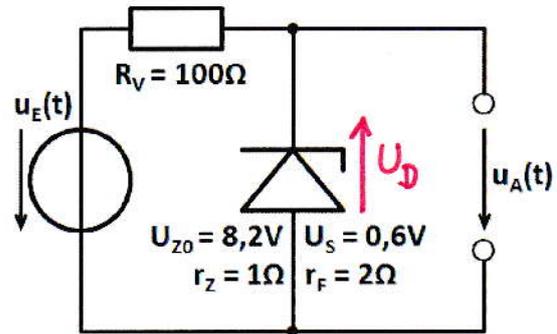


<b>Hochschule München Fakultät 03</b>	<b>Wintersemester 2013/14</b>		M. Krug, P. Klein, T. Küpper, W. Stadler
	<b>Schriftliche Prüfung im Fach Elektronik</b>		
	<b>Dauer: 90 Minuten</b>		
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> Taschenrechner, zwei DIN-A4-Blätter eigene Aufzeichnungen	<b>Matr.-Nr.:</b>	<b>Name, Vorname:</b>	
	<b>Hörsaal:</b>	<b>Unterschrift:</b>	

<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Σ</b>	<b>N</b>
<b>P</b>						



### Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)

Die abgebildete Zenerdiodenschaltung ist an eine zeitlich veränderliche Spannungsquelle  $u_E(t)$  angeschlossen. Die Daten der eingesetzten Bauelemente sind in der Schaltung angegeben, der zeitliche Verlauf der Spannung  $u_E(t)$  ist im Diagramm auf der folgenden Seite abgebildet.

- 1.1. Bei welcher Spannung  $u_A(t)$  wechselt die Zenerdiode vom Sperr- in den Durchlass-Bereich?

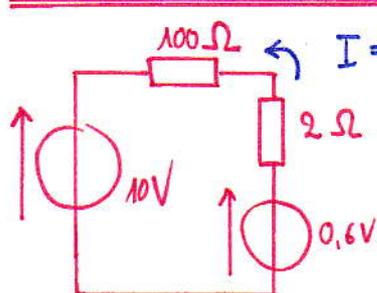
$$U_D = 0,6V \rightarrow \underline{\underline{U_A = -0,6V}}$$

- 1.2. Bei welcher Spannung  $u_A(t)$  wechselt die Zenerdiode vom Sperr- in den Durchbruch-Bereich?

$$U_D = -8,2V \rightarrow \underline{\underline{U_A = 8,2V}}$$

- 1.3. Wie groß ist die Ausgangsspannung  $u_A(t)$  bei einer Eingangsspannung von  $u_E(t) = -10V$ ?

Diode im Durchlassbereich:

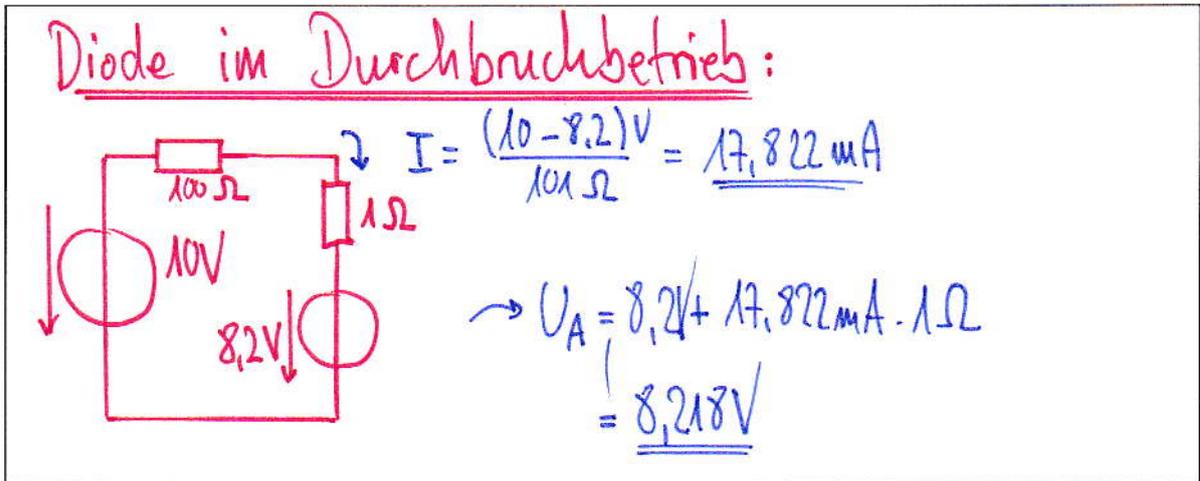


$$I = \frac{(10 - 0,6)V}{102 \Omega} = \underline{\underline{92,16 \text{ mA}}}$$

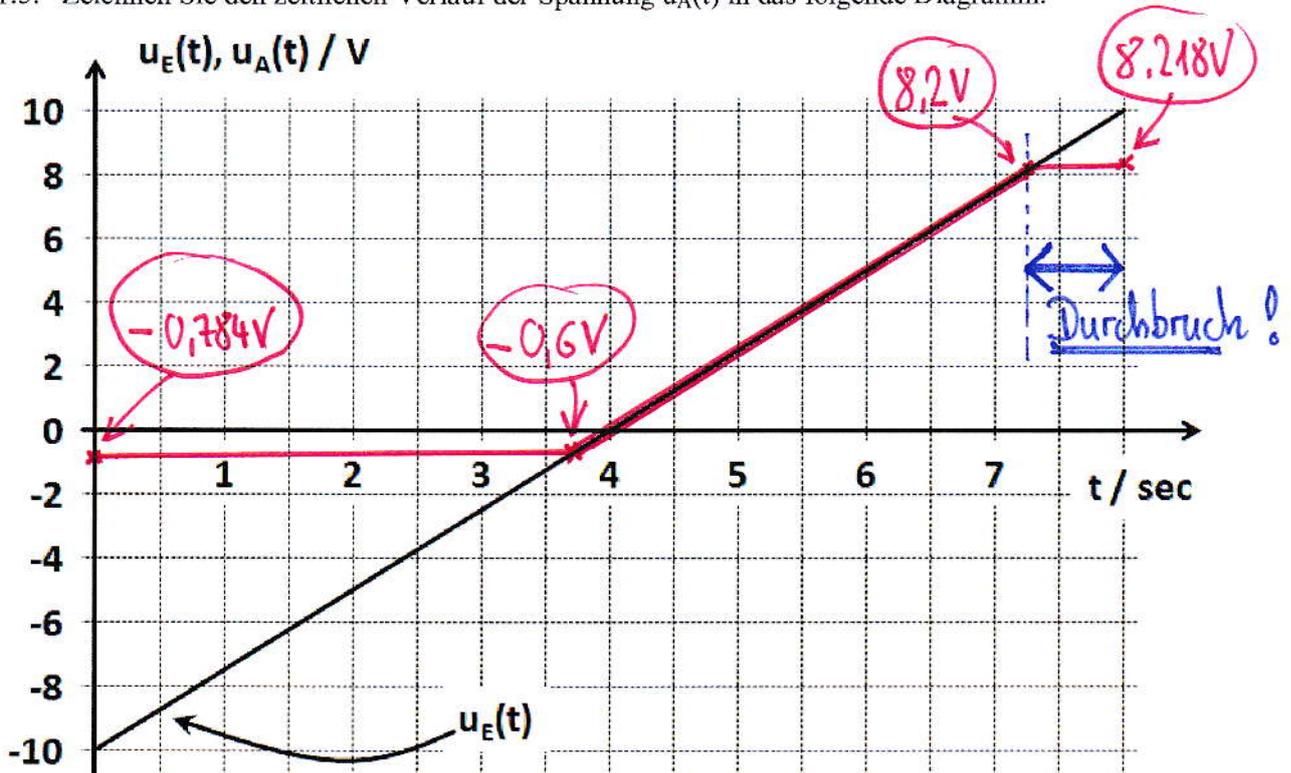
$$\rightarrow U_A = -0,6V - 92,16 \text{ mA} \cdot 2 \Omega$$

$$= \underline{\underline{-0,784V}}$$

- 1.4. Wie groß ist die Ausgangsspannung  $u_A(t)$  bei einer Eingangsspannung von  $u_E(t) = +10V$



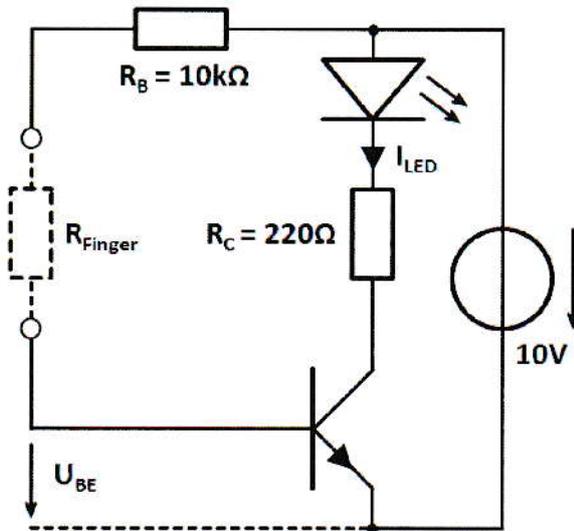
- 1.5. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung  $u_A(t)$  in das folgende Diagramm.



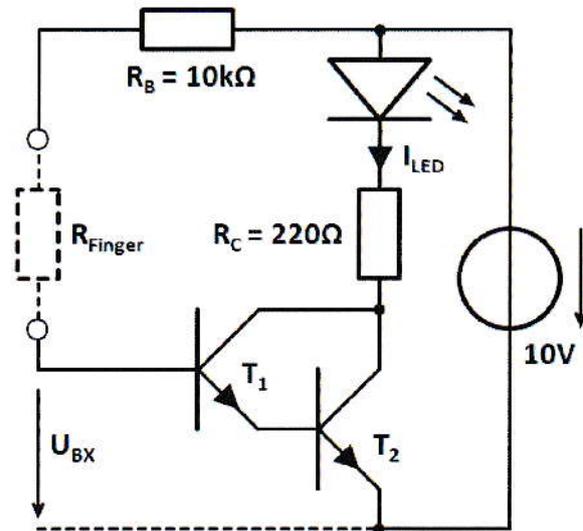
- 1.6. Markieren Sie im Diagramm das Zeit-**Intervall** während dessen die Zenerdiode im Durchbruch betrieben wird.
- 1.7. Die abgebildete Schaltung wird nun zur Spannungsstabilisierung eingesetzt. Wie groß ist der Glättungsfaktor  $G$ ? (Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass die Eingangsspannung  $u_E$  ausreichend groß ist. Ein Lastwiderstand ist nicht angeschlossen.)

$$G = 1 + R_V \cdot \left( \frac{1}{r_z} + \frac{1}{R_L} \right) = \underline{\underline{101}}$$

## Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)



- Abb. A -



- Abb. B -

Eine Leuchtdiode soll über eine Sensortaste, die mit einem Finger ( $R_{\text{Finger}}$ ) überbrückt wird, eingeschaltet werden. Durch den Finger fließt aufgrund seines hohen Widerstands nur ein geringer Strom. Aus diesem Grund ist eine Verstärkerschaltung erforderlich, um die Leuchtdiode anzusteuern.

**Zunächst wird nur der einstufige Transistorverstärker aus Abbildung A betrachtet!**

- 2.1. Mit welchem Basisstrom muss der Transistor betrieben werden, damit durch die Leuchtdiode ein Strom von  $I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$  fließt? (Berechnen Sie den Basisstrom über die Großsignalverstärkung  $B = 150$  des Transistors.)

$$I_B \approx \frac{I_{\text{LED}}}{B} = \frac{20}{150} \text{ mA} = \underline{\underline{0,133 \text{ mA}}}$$

- 2.2. Nehmen Sie an, dass an der Leuchtdiode im Betrieb eine Spannung von 2V abfällt. Welche Verlustleistung wird am Transistor in Wärme umgesetzt? (Es gilt weiterhin  $I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ .)

$$P_{\text{Verl}} \approx U_{\text{CE}} \cdot I_{\text{C}} = 3,6\text{V} \cdot 20\text{mA} = \underline{\underline{0,072 \text{ W}}}$$

$$\left( \text{mit } I_{\text{C}} = I_{\text{LED}} \text{ und } U_{\text{CE}} = 10\text{V} - 2\text{V} - 220\Omega \cdot 0,02\text{A} = 3,6\text{V} \right)$$

- 2.3. - Welchen Wert erwarten Sie für die Spannung  $U_{\text{BE}}$  an der Basis des Transistors? (Hinweis:  $U_{\text{BE}}$  soll nicht berechnet werden. Nennen Sie einen sinnvollen, typischen Wert für einen Siliziumtransistor!)  
- Geben Sie für diesen Fall den Widerstand  $R_{\text{Finger}}$  des Fingers an.

- $U_{\text{BE}} \text{ im Betrieb } \approx 0,6 \text{ V}$
- $U_{\text{Finger}} = 10\text{V} - 0,6\text{V} - 10\text{k}\Omega \cdot 0,133\text{mA} = 8,07\text{V}$
- $R_{\text{Finger}} = U_{\text{Finger}} / I_B = \underline{\underline{60,5 \text{ k}\Omega}}$

**Nun wird der zweistufige Transistorverstärker aus Abbildung B betrachtet!**

2.4. In den zweiten Transistor fließt ein Kollektorstrom von 25mA. Berechnen Sie wiederum über die Großsignalverstärkung die folgenden Ströme:

- Basisstrom  $I_{B2}$  des zweiten Transistors
- Emitterstrom  $I_{E1}$  des ersten Transistors
- Kollektorstrom  $I_{C1}$  des ersten Transistors
- Basisstrom  $I_{B1}$  des ersten Transistors

$$I_{B2} = I_{C2} / B = \underline{0,166 \text{ mA}}$$

$$I_{E1} = I_{B2} = \underline{0,166 \text{ mA}}$$

$$I_{E1} = I_{B1} + I_{C1} = I_{B1} + B \cdot I_{B1} = I_{B1} (1 + B)$$

$$\rightarrow I_{B1} = \frac{I_{E1}}{1 + B} = \underline{1,104 \mu\text{A}} \rightarrow I_{C1} = B \cdot I_{B1} = \underline{165,6 \mu\text{A}}$$

(Die Näherung  $I_{E1} \approx I_{C1}$  wird ebenfalls akzeptiert!)

2.5. Für die Spannung  $U_{BX}$  an der Basis von  $T_1$  gilt  $U_{BX} = 1\text{V}$ . Geben Sie für diesen Fall den Widerstand  $R_{\text{Finger}}$  des Fingers an.

- $U_{\text{Finger}} = 10\text{V} - 1\text{V} - 10\text{k}\Omega \cdot 1,104 \mu\text{A} = \underline{8,99\text{V}}$
- $R_{\text{Finger}} = U_{\text{Finger}} / I_{B1} = \underline{8,1 \text{ M}\Omega}$

**Die folgenden Fragen betreffen beide Schaltungsvarianten!**

2.6. Der Widerstand  $R_B$  liegt in Reihe mit dem sehr hohen Widerstand des Fingers  $R_{\text{Finger}}$ . Für den Stromfluss in den Eingang der Verstärkerschaltung spielt er fast keine Rolle. Warum sollte man  $R_B$  trotzdem auf keinen Fall weglassen?

Bei Kurzschluss am Sensor-Kontakt:  
 $\rightarrow$  Schutz des Trans. vor zu großen Basisströmen.

2.7. Wozu dient der Widerstand  $R_C$ ?

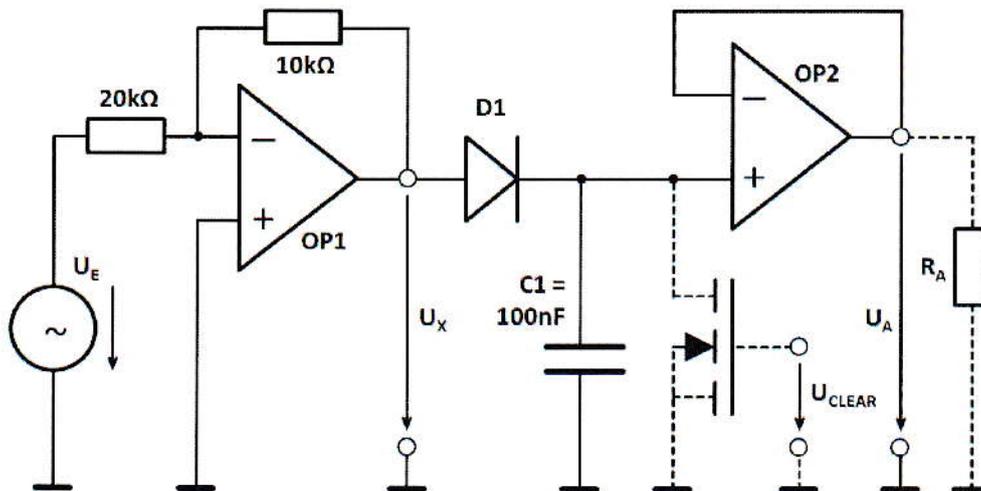
Falls Trans. vollständig durchgeschaltet ist (z.B. bei Kurzschluss am Eingang):  
 $\rightarrow$  Schutz der LED und des Trans. vor zu großen Lastströmen.

**Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)**

Die abgebildete Schaltung aus idealen Operationsverstärkern zeigt einen sog. Spitzenwertdetektor. Die Versorgungsspannung der beiden Operationsverstärker beträgt  $\pm 15$  Volt. Der Transistor am Eingang von OP2 ist zunächst noch nicht angeschlossen.

Einige Hinweise zur Funktion dieser Schaltung:

- Der Ausgang von OP1 liefert eine veränderliche Spannung  $u_x$ .
- Diese Spannung  $u_x$  wird von der M1-Gleichrichterschaltung (D1 mit Glättungskondensator C1) gleichgerichtet und an OP2 weitergeleitet.
- Es handelt sich um eine unbelastete Gleichrichterschaltung, da OP2 an seinen Eingängen keinen Strom aufnimmt.
- Bei der Diode handelt es sich um eine „ideale Diode“. Es treten keinerlei Verluste in Durchlassrichtung auf ( $U_S = 0$ ,  $r_F = 0$ ), auch der Sperrstrom kann vernachlässigt werden.



- 3.1. Um welche Grundschaltung handelt es sich bei der ersten Verstärkerstufe OP1? Geben Sie mit einer Formel den Zusammenhang von  $u_x$  und der Eingangsspannung  $u_E$  an.

Invertierender Verstärker:

$$U_x = -\frac{10}{20} \cdot U_E = -0,5 \cdot U_E$$

- 3.2. Um welche Grundschaltung handelt es sich bei der zweiten Verstärkerstufe OP2? Beschreiben Sie in wenigen Worten, wozu diese Grundschaltung im Allgemeinen eingesetzt wird.

Impedanzwandler:

Wird verwendet, wenn ein Verbraucher ( $R_A$ ) an eine Quelle mit hohem Innenwiderstand angeschlossen werden soll.

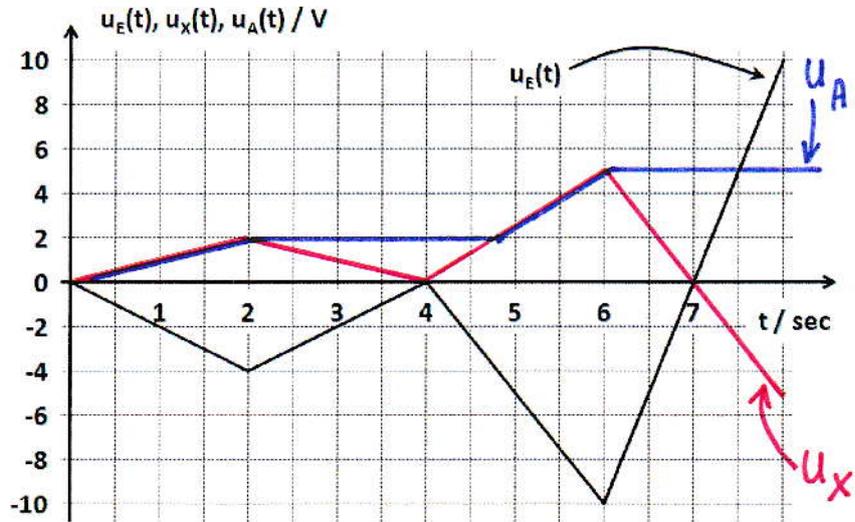
- 3.3. Zeichnen Sie den Verlauf von  $u_x$  und  $u_A$  in das nebenstehende Diagramm.

Hinweis: Der Kondensator ist zu Beginn ( $t = 0$ ) noch nicht geladen.

- 3.4. Nun wird auch der Transistor angeschlossen.

Um welche Art von Transistor handelt es sich?

(Handelt es sich um einen Bipolartransistor oder einen MOSFET? Um einen NPN-, PNP-, n-Kanal- oder p-Kanaltransistor? Um einen Anreicherungs- oder Verarmungstyp?)



MOSFET, n-Kanal, Anreicherungstyp

- 3.5. Der Transistor wird in dieser Schaltung als Schalttransistor eingesetzt. Er befindet sich überwiegend im abgeschalteten Zustand ( $u_{\text{CLEAR}} = 0$ ) und wird nur gelegentlich durch positive Spannungsimpulse ( $u_{\text{CLEAR}} > 0$ ) kurz eingeschaltet.

Wozu dient dieser Transistor in der hier betrachteten Spitzenwertdetektor-Schaltung?

Über den Trans. kann der Kondensator entladen werden (und damit der Spitzenwertdetektor zurückgesetzt werden).

- 3.6. Wie verändert sich die Ausgangsspannung  $u_A$ , falls statt einer idealen Diode D1 eine reale Diode D1 eingesetzt wird? Begründen Sie Ihre Antwort in Stichworten.

Durch den Spannungsabfall an der realen Diode wird  $u_A$  etwas (max.  $\approx 0,6$  Volt) geringer sein.

- 3.7. Kann an einen realen Operationsverstärker OP2 ein Verbraucherwiderstand  $R_A$  angeschlossen werden, ohne dadurch  $u_A$  zu beeinflussen? Begründen Sie Ihre Antwort in Stichworten.

Durch die Rückkopplung auf den invertierenden Eingang sinkt zunächst auch bei einem realen OPV die Ausgangsspannung nicht (bzw. maximal einige Millivolt) ab, wenn ein Lastwiderstand  $R_A$  angeschlossen wird.

$R_A$  darf aber nicht beliebig klein werden: Ein realer OPV kann am Ausgang keinen unbegrenzten Strom liefern (der Ausgangswiderstand ist nicht null). Bei einem zu kleinen Widerstand  $R_A$  bricht daher die Ausgangsspannung des OPV zusammen.

**Aufgabe 4 (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) /* Endlosschleife */
    {
        cbi(PORTB, 0);
        cbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(1000);

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

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

        sbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(1000);

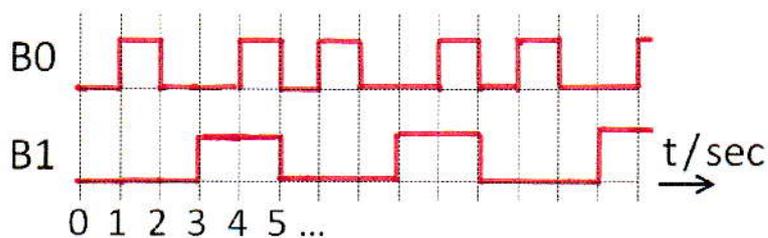
        sbi(PORTB, 0);
        _delay_ms(1000);
    }

    return 0;
}

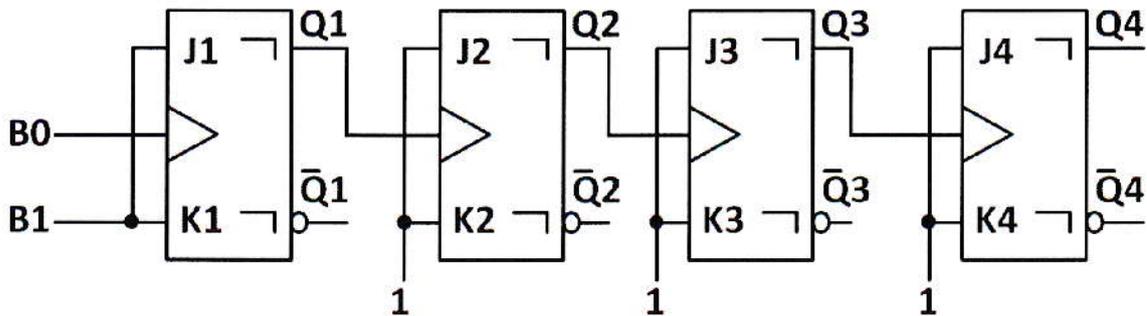
```

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

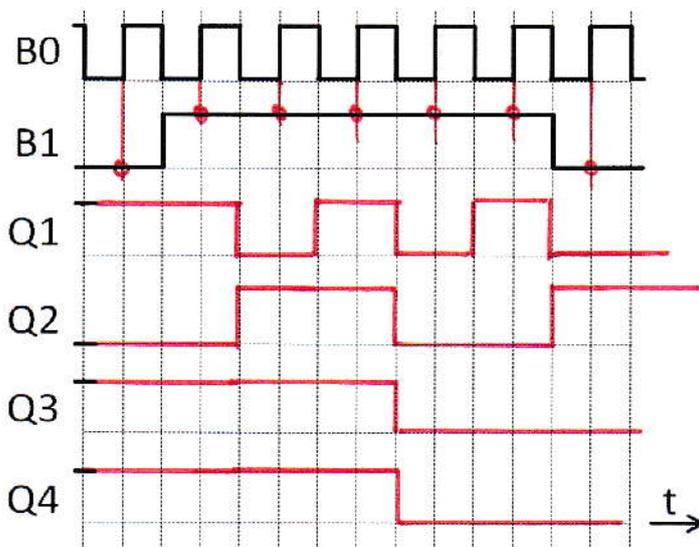
(Hinweis: Die Programmausführung beginnt zum Zeitpunkt  $t = 0\text{s}$ .)



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



Zeichnen Sie Signalverläufe an den Ausgängen Q1, Q2, Q3 und Q4 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.

(Antwort mit kurzer Begründung in Stichworten!)

Offene TTL-Eingänge werden als „1“ ausgewertet.  
 → Verhalten ändert sich nicht!

- 4.4. Nennen Sie eine typische Anwendung von Schieberegistern.

- Seriell-Parallel-Wandler,
- Wenn ein  $\mu\text{C}$  mit wenigen Ausgangsleitungen viele parallele Signale generieren soll...

\*\*\*\*\*

**Viel Erfolg!**

\*\*\*\*\*