

Hochschule München Fakultät 03	Wintersemester 2015/16 Elektronik	Prof. Dr. T. Küpper Prof. Dr. P. Klein
Zugelassene Hilfsmittel: alle eigenen, Taschenrechner	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

Viel Erfolg!!

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1: Halbleiterphysik, Diode (ca. 15 Punkte)

Hinweis: Der Unterpunkt 1.3 und die Unterpunkte 1.4 - 1.7 können unabhängig von den vorherigen Aufgabenteilen bearbeitet werden!

- 1.1. Skizzieren Sie den inneren Aufbau einer Gleichrichterdiode. Hinweis: Die Diode ist nicht an eine Spannungsquelle angeschlossen, alle Anschlüsse der Diode sind offen. Die unterschiedlichen Halbleiterbereiche inkl. Raumladungszone und die Namen der Anschlüsse sollen erkennbar sein.

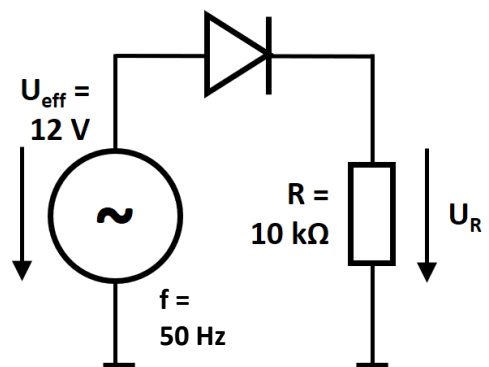
- 1.2. Schreiben Sie an alle Halbleiterbereiche aus Unterpunkt 1.1., welche Arten von Ladungsträgern (freie Elektronen oder Löcher, ortsfeste positiv oder negativ geladene Störstellen?) sich dort befinden. Tipp: Ortsfeste geladene Störstellen befinden sich in allen Bereichen der Diode.

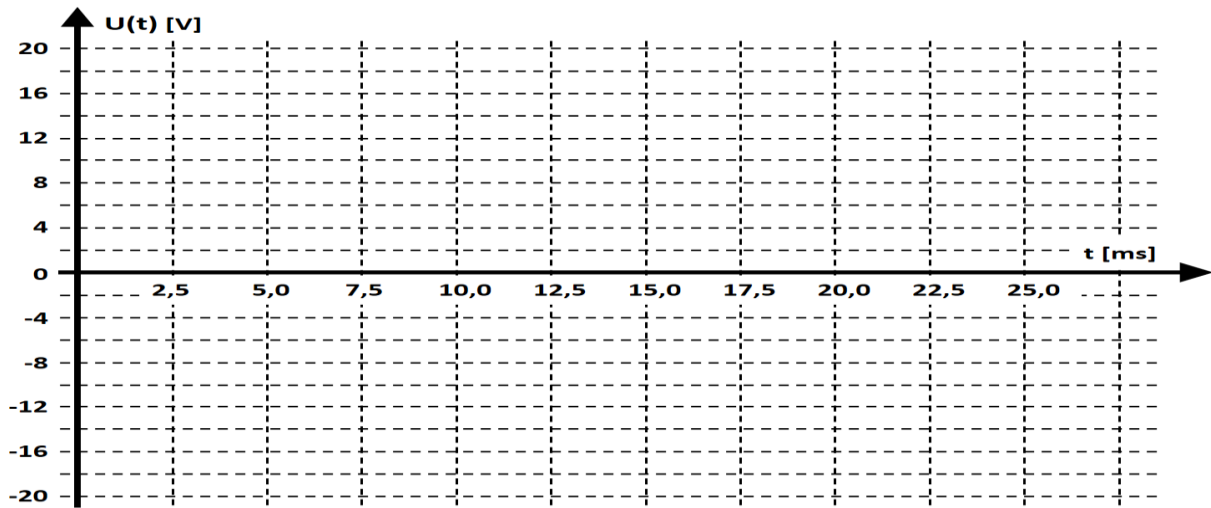
- 1.3. Eine Reihenschaltung aus einer Diode und einem Widerstand wird an eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von 50 Hz angeschlossen.

- Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Eingangsspannung ($U_{\text{eff}} = 12 \text{ V}$) in das Diagramm auf der folgenden Seite (in schwarzer Farbe).

- Als Diode wird zunächst eine „ideale“ Gleichrichterdiode eingesetzt ($U_S = 0 \text{ V}$, $r_f = 0 \Omega$). Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung U_R in das vorbereitete Diagramm (in roter Farbe).

- Als Diode wird nun eine „ideale“ Zenerdiode mit den folgenden Daten eingesetzt: $U_Z = 10 \text{ V}$, $r_Z = 0 \Omega$, $U_S = 0 \text{ V}$, $r_f = 0 \Omega$. Zeichnen Sie den neuen zeitlichen Verlauf der Spannung U_R ebenfalls in das vorbereitete Diagramm (in blauer Farbe).





- 1.4. Die sinusförmige Spannung an der Sekundärseite des Transformators TR soll durch eine B2-Schaltung aus idealen Gleichrichterdiode gleichgerichtet und mit einem Kondensator geglättet werden. Am Ausgang der Gleichrichterschaltung ist der Lastwiderstand R_L angeschlossen. Vervollständigen Sie die abgebildete Schaltung (Dioden + Kondensator einzeichnen).



- 1.5. Die Spannung an R_L soll immer größer als $U_{R_L,min} = 7 \text{ V}$ bleiben. Welche Kapazität muss der Glättungskondensator dafür mindestens besitzen? (Es gilt weiterhin $U_{Sek,eff} = 12 \text{ V}$)

- 1.6. Nennen Sie einen Grund, warum in der Praxis größere Kondensatoren (mit etwas mehr Kapazität) gewählt werden sollten, als in Unterpunkt 1.5 berechnet wurde?

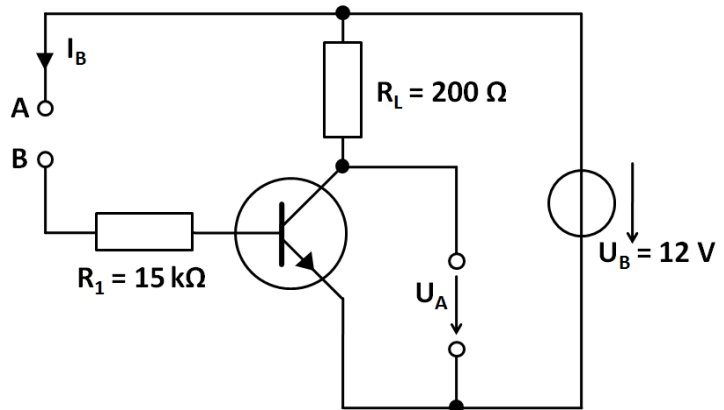
- 1.7. Nennen Sie einen Grund, warum es ungünstig ist, Kondensatoren mit deutlich mehr Kapazität einzubauen (zum Beispiel Faktor 10 größer als in Unterpunkt 1.5 berechnet)?

Aufgabe 2: Transistor (ca. 15 Punkte)

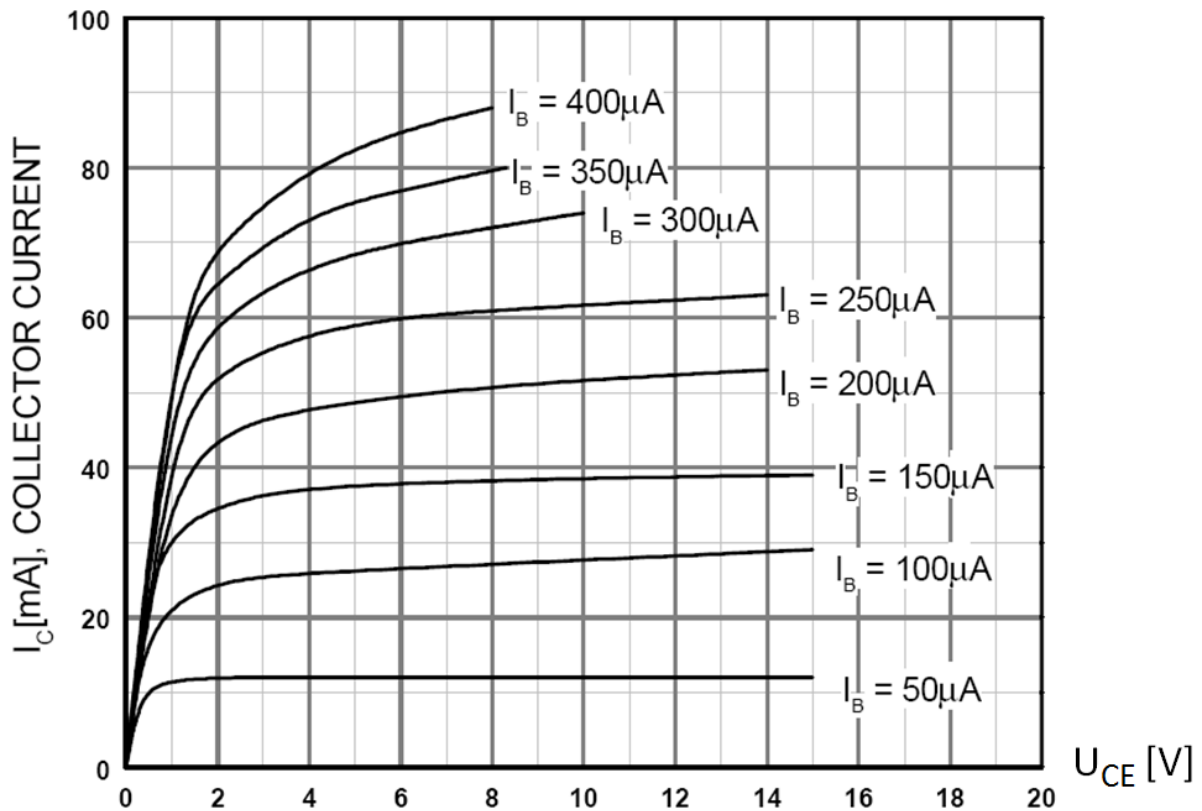
Die nebenstehende Abbildung zeigt die Schaltung einer einfachen Sensortaste: Wenn die Kontakte AB mit dem Finger überbrückt werden, ändert sich die Ausgangsspannung U_A .

Das Ausgangskennlinienfeld des verwendeten Transistors ist unten auf dieser Seite dargestellt.

Die Eingangskennlinie des Transistors ist unbekannt, gehen Sie stattdessen vereinfachend von $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ aus.



- 2.1. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade des Lastwiderstands R_L in das Ausgangskennlinienfeld ein.
- 2.2. Herr K. überbrückt die Kontakte AB mit seiner Fingerspitze (Widerstand: $R_{\text{Finger}} = 100 \text{ k}\Omega$). Wie groß ist der Strom I_B ? Welche Spannung U_A stellt sich ein? Zeichnen Sie diesen ersten Arbeitspunkt in das Ausgangskennlinienfeld ein.



- 2.3. Frau B. überbrückt die Kontakte AB mit ihrem Ring (Widerstand $R_{\text{Ring}} = 0,1 \Omega$). Wie groß ist der Strom I_B ? Welche Spannung U_A stellt sich ein? Zeichnen Sie auch diesen zweiten Arbeitspunkt in das Ausgangskennlinienfeld ein.

- 2.4. Berechnen Sie für den Unterpunkt 2.2 und für den Unterpunkt 2.3 jeweils die Leistung, die am Transistor in Wärme umgesetzt wird.

- 2.5. Wozu dient der Widerstand R_1 ?

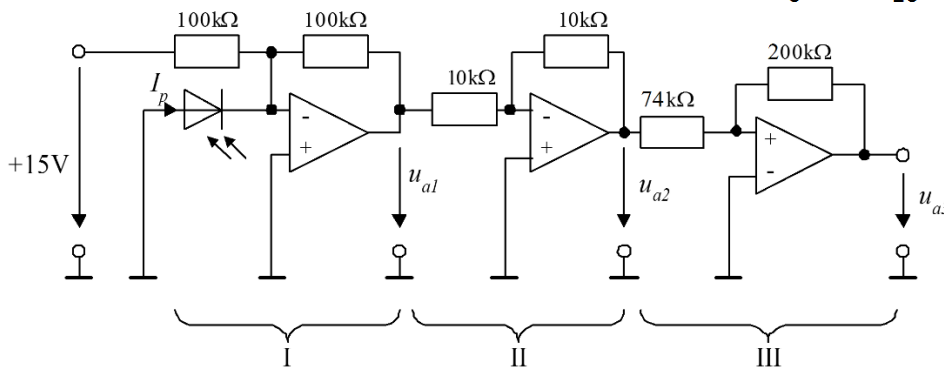
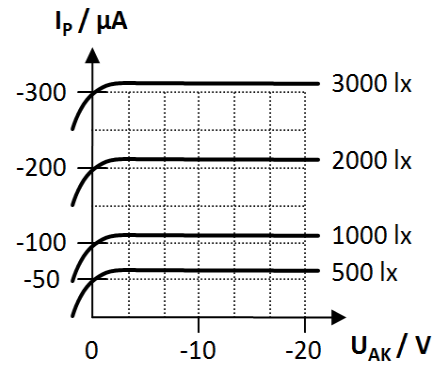
- 2.6. Anstelle des Lastwiderstands R_L wird nun eine Reihenschaltung aus einer roten Leuchtdiode ($U_S = 1,6 \text{ V}$; $r_f = 10 \Omega$) und einem Widerstand von 470Ω eingebaut. Die Sättigungsspannung des Transistors beträgt $U_{\text{CE,sat}} = 0,5 \text{ V}$. Welcher Strom fließt durch die Leuchtdiode, wenn die Kontakte AB wie in Unterpunkt 2.3 mit einem Metallstück überbrückt werden?

- 2.7. Verstärker werden heute oft mit Operationsverstärkern aufgebaut und nicht (mehr) mit einzelnen Transistoren. Nennen Sie zwei Vorteile von Operationsverstärkerschaltungen gegenüber klassischen Verstärkerstufen aus Einzeltransistoren.

Aufgabe 3: Operationsverstärker (ca. 15 Punkte)

Hinweis: Die Bearbeitung der Punkte 3.1, 3.3, 3.4 und 3.5 ist zum größten Teil unabhängig von der ersten Verstärkerstufe möglich!

Gegeben ist die nachstehende Schaltung zur automatischen Einschaltung/Ausschaltung des Abblendlichts eines Fahrzeugs. Alle Operationsverstärker werden mit einer Spannung von $\pm 15\text{ V}$ versorgt, wobei ihre Ausgangsspannung bei je maximal $\pm 13,5\text{ V}$ liegt. Die Fotodiode ist durch das abgebildete Kennlinienfeld beschrieben.



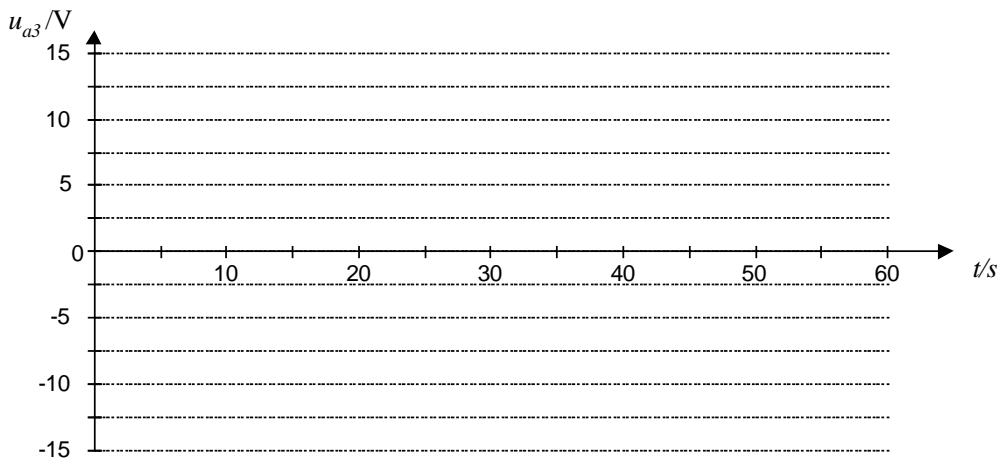
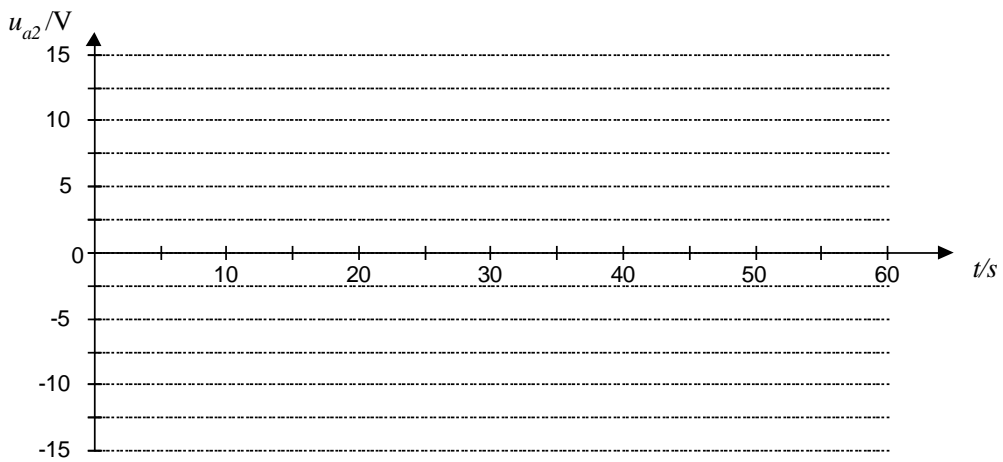
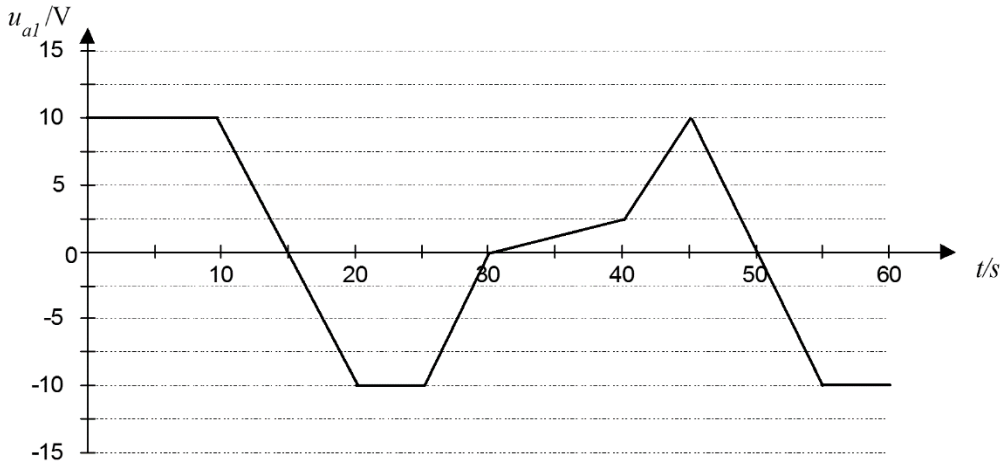
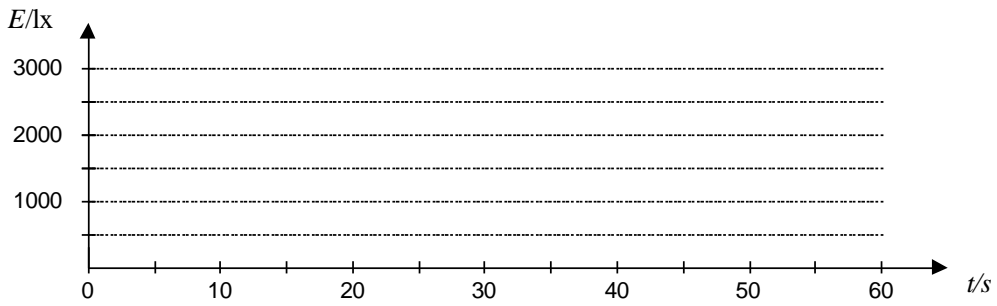
3.1. Geben Sie die prinzipielle Funktion der drei Teilschaltungen (I – III) an.

3.2. Geben Sie die Funktionsgleichung für die Spannung u_{a1} abhängig vom Fotostrom I_p an

3.3. Geben Sie die Bestimmungsgleichung für die Spannung u_{a2} abhängig von u_{a1} an.

3.4. Skizzieren Sie für die Teilschaltung III den Zusammenhang von u_{a3} in Abhängigkeit von der Spannung u_{a2} . Bei welchen Werten von u_{a2} verändert die Teilschaltung III ihren Zustand?

3.5. Zeichnen Sie die Verläufe der Beleuchtungsstärke E sowie der Ausgangsspannungen u_{a2} und u_{a3} in das Diagramm ein, wie sie sich aus der angegebenen Spannung u_{a1} ergeben.



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

4.1. Ein C-Programm soll in Maschinensprache übersetzt und auf einem Mikrocontroller des Typs ATmega8515 ausgeführt werden. Es soll die folgenden Aufgaben erledigen:

- Direkt nach dem Programmstart wird am Ausgang PB0 ein HIGH-Signal (logische 1) ausgegeben.
- Nun wartet das Programm solange, bis am Eingang PB4 ein LOW-Signal (logische 0) anliegt.
- Danach wechselt der Ausgang PB0 in einer Endlosschleife zwischen HIGH und LOW hin und her. Das an PB0 ausgegebene Signal hat eine Frequenz von ca. 0,5 Hz.

Ergänzen Sie den vorbereiteten C-Quelltext!

```
/* 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;

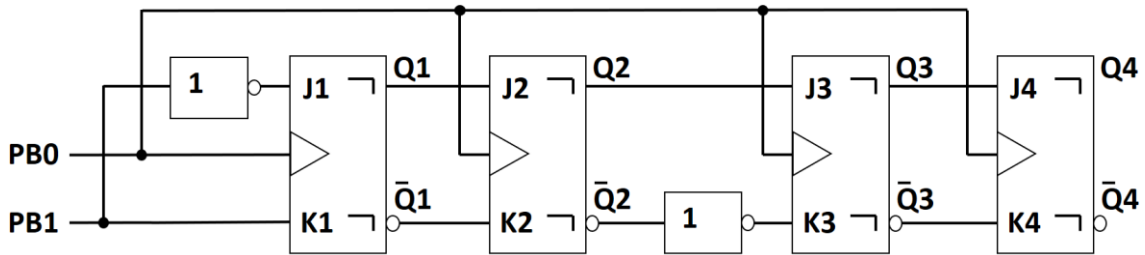
    /* HIGH-Signal an PB0 ausgeben */

    /* Abwarten, bis an PB4 ein LOW-Signal anliegt */

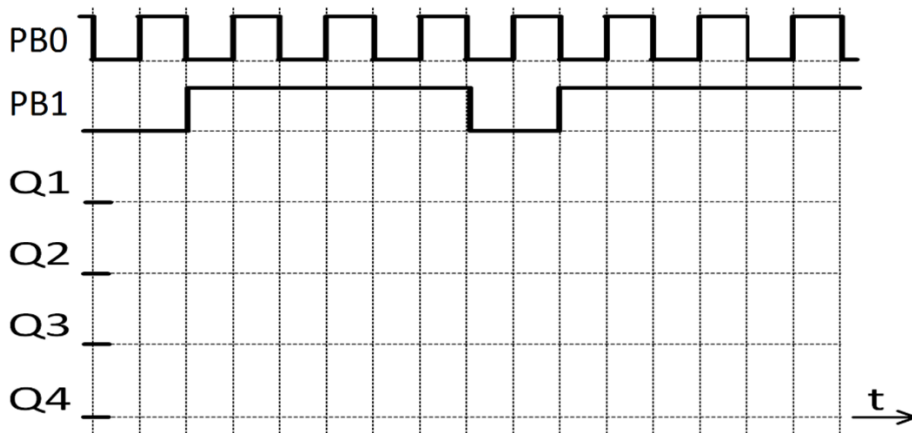
    /* Mit einer Frequenz von ca. 0,5 Hz an PB0 zwischen HIGH/LOW wechseln */

    return 0;
}
```

- 4.2. Die abgebildete Schaltung aus vier positiv flankengesteuerten JK-Master/Slave-Flipflops besitzt die beiden Eingänge PB0 und PB1 sowie die Ausgänge Q1...Q4.



Zeichnen Sie zeitlichen Verläufe der Signale an 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. Eine UND-Verknüpfung (auch AND-Gatter genannt) soll aus einzelnen Transistoren und Widerständen aufgebaut werden - also ohne Verwendung von integrierten Schaltkreisen.

Zeichnen Sie eine dazu geeignete Schaltung aus Transistoren und Widerständen in das folgende Feld. Kennzeichnen Sie die beiden Eingänge und auch den Ausgang der UND-Verknüpfung!

Hinweis: Konkrete Bauteildaten (z. B. Widerstandswerte) müssen nicht angegeben werden!