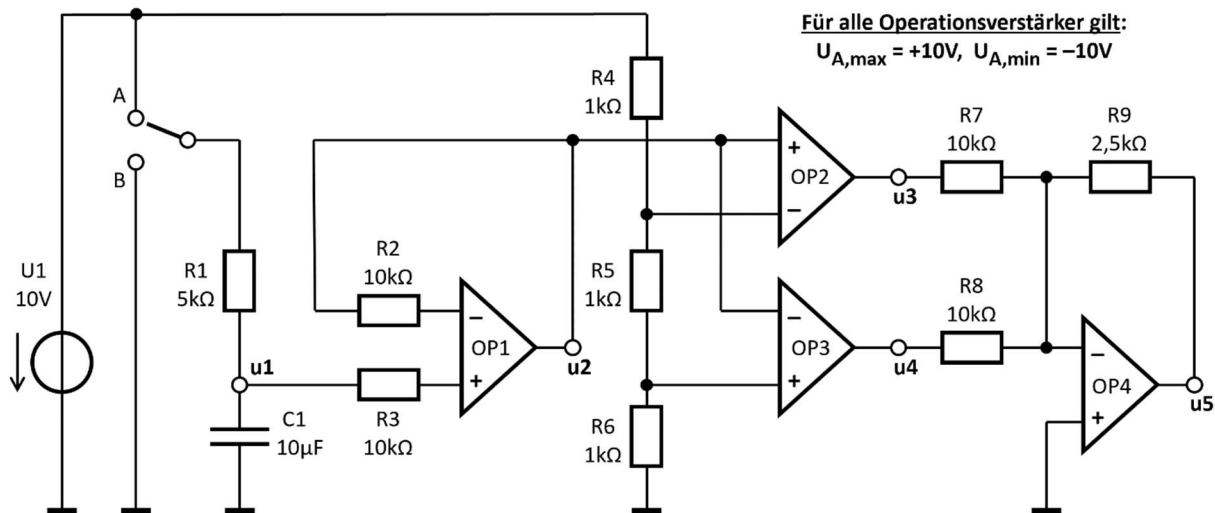


Hochschule München Fakultät 03	Wintersemester 2019/20 Angewandte Elektronik	Prof. Kortstock Prof. Küpper
Zugelassene Hilfsmittel: alle eigenen, Taschenrechner	Matr.-Nr.: Hörsaal:	Name, Vorname: Unterschrift:

Viel Erfolg!!

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1: Operationsverstärker (ca. 17 Punkte)

- 1.1. Geben Sie die prinzipielle Funktion der Verstärkerstufe OP1 an.

Impedanzwandler (R2, R3 ohne Einfluss!)

- 1.2. Geben Sie eine Formel zur Berechnung der Spannung u_2 in Abhängigkeit von u_1 an.

$$u_2 = u_1$$

- 1.3. Geben Sie die prinzipielle Funktion der Verstärkerstufe OP2 an.

Komparator ohne Hysterese

- 1.4. Wie hängt die Spannung u_3 am Ausgang von OP2 von der Spannung u_2 ab? Geben Sie entweder eine Formel an oder zeichnen Sie eine Skizze mit den korrekten Spannungswerten.

$u_3 = +10V$ falls $u_2 > 6.67V$ (sonst: $u_3 = -10V$)
 (entsprechend, aber nicht explizit gefragt:
 $u_4 = +10V$ falls $u_2 < 3.33V$ sonst: $u_4 = -10V$)

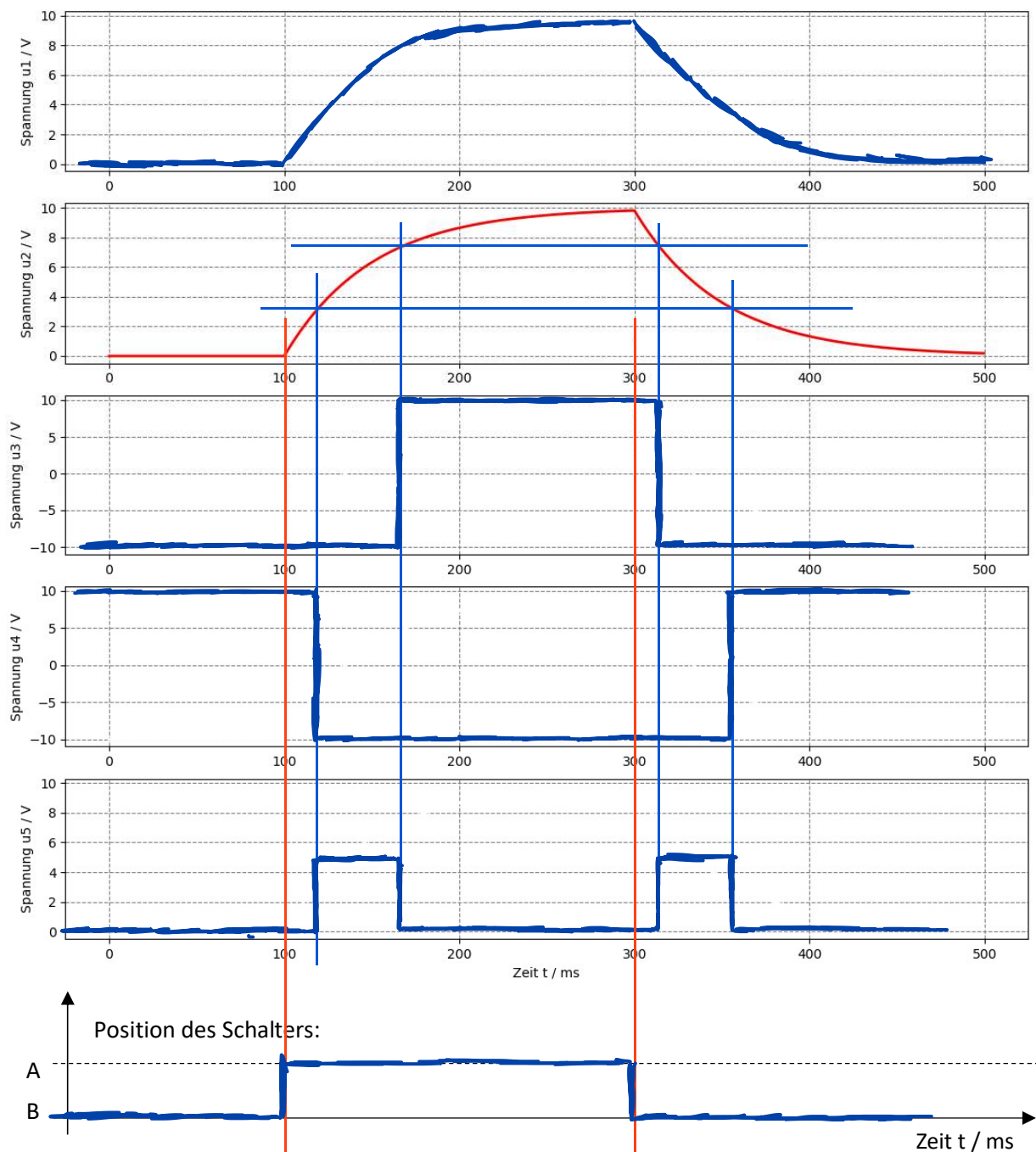
- 1.5. Geben Sie die prinzipielle Funktion der Verstärkerstufe OP4 an.

Invertierender Addierer

- 1.6. Geben Sie eine Formel zur Berechnung der Spannung u_5 in Abhängigkeit von u_3 und u_4 an.

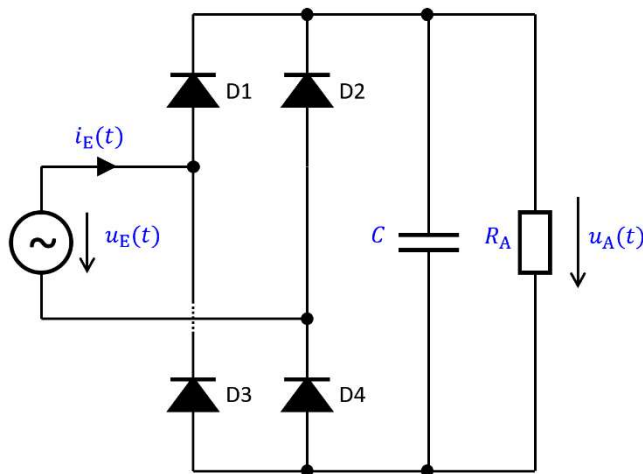
$$u_5 = - \frac{u_3 + u_4}{4}$$

- 1.7. Zeichnen Sie die Spannungsverläufe u_1 , u_3 , u_4 und u_5 ins vorbereitete Diagramm. Zeichnen Sie auch (ganz unten) ins Diagramm, ob sich der Schalter in Position A oder B befindet.



Aufgabe 2: Gleichrichter (ca. 13 Punkte)

Gegeben ist die folgende Gleichrichterschaltung mit Glättungskondensator und Lastwiderstand.

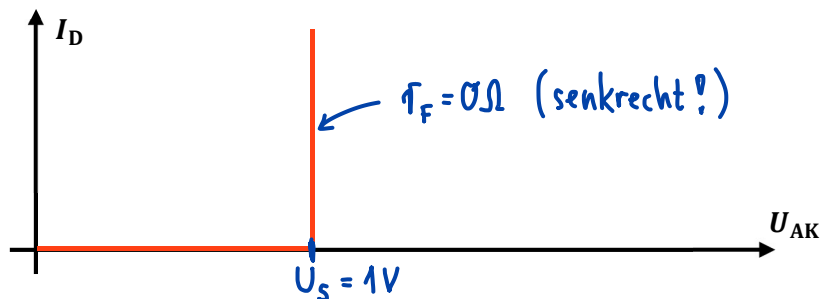


Folgende Daten sind bekannt:

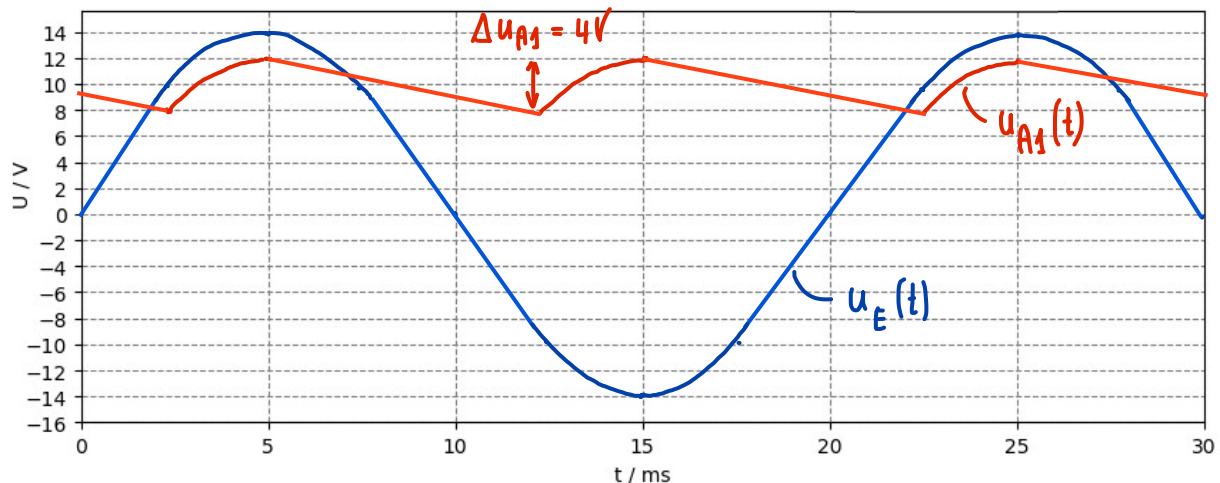
- Effektivwert der sinusförmigen Eingangs-Wechselspannung: $U_{E,eff} = 10\text{ V}$
- $f = 50\text{ Hz}$.
- Glättungskondensator: $C = 250\text{ }\mu\text{F}$
- Für jede der vier Gleichrichterdioden gilt: $U_S = 1\text{ V}$, $r_F = 0\text{ }\Omega$.

$\hat{U}_E = 14,1\text{ V}$

2.1. Zeichnen Sie die Diodenkennlinie von einer der Gleichrichterdioden in das vorbereitete Diagramm. Wo sind im Diagramm die Werte von U_S und r_F zu erkennen?



2.2. Zeichnen Sie den Verlauf der Eingangs-Wechselspannung $u_E(t)$ in das folgende Diagramm.



Am Lastwiderstand R_A tritt eine Spannungsschwankung $\Delta u_{A1} = 4\text{ V}$ auf.

2.3 Zeichnen Sie die Ausgangsspannung $u_{A1}(t)$ im eingeschwungenen Zustand ins Diagramm.

2.4 Berechnen Sie die Größe des Lastwiderstands R_A am Ausgang der Gleichrichterschaltung.

Entladezeit: ca. $\frac{T}{2} = 10\text{ ms}$ $\Delta u_{A1} = 4\text{ V}$ bei $C = 250\text{ }\mu\text{F}$
 mittl. Entladestrom: $I_A = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{4\text{ V} \cdot 250\text{ }\mu\text{F}}{10\text{ ms}} = 0,1\text{ A}$
 $\Rightarrow R_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{10,14\text{ V}}{0,1\text{ A}} = 101\text{ }\Omega$ Mittelwert der Ausgangsspannung!

2.5 Wie sieht der Verlauf des Stroms $i_E(t)$ aus?

☐ ...wie in Variante A

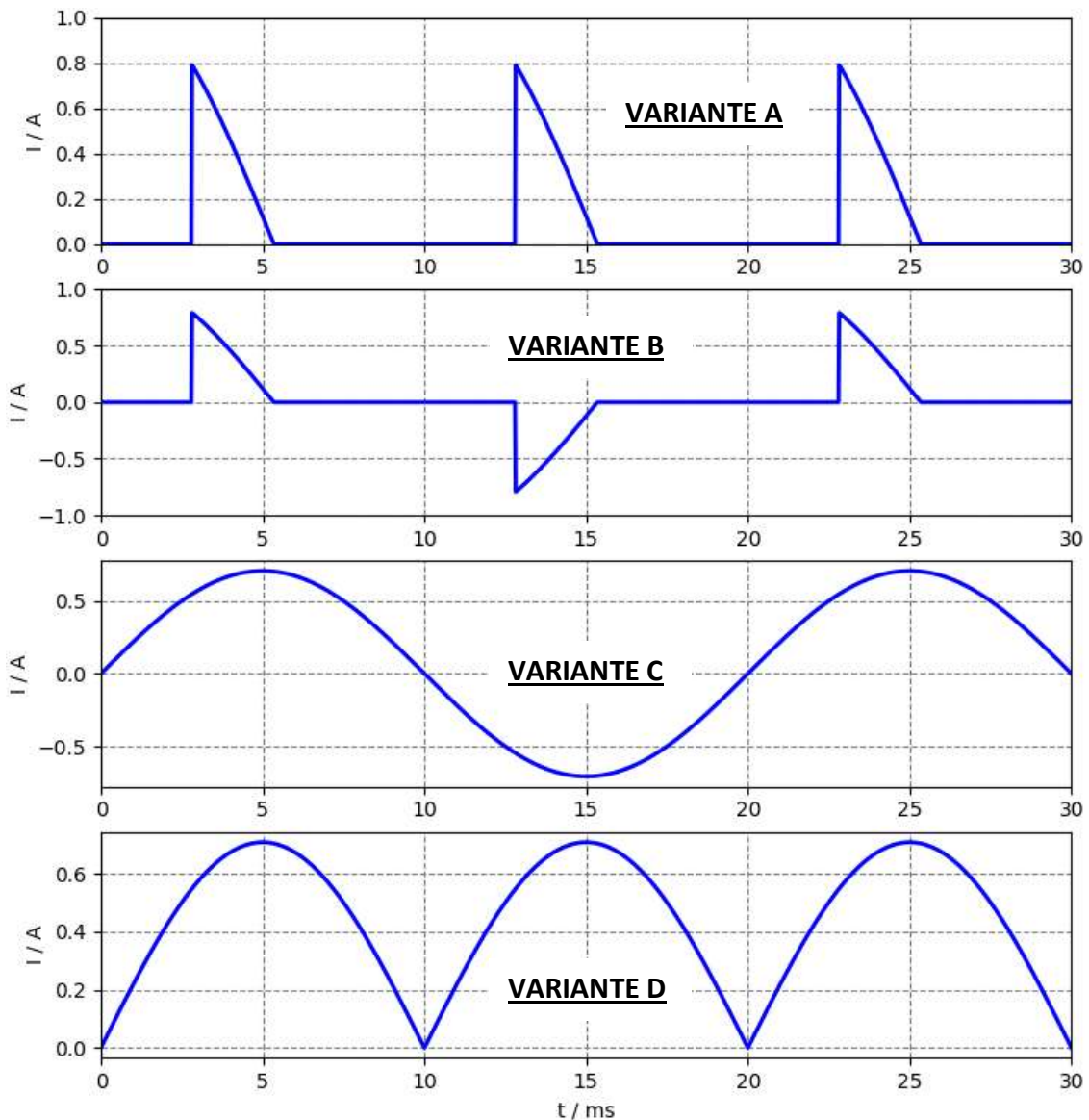
☒ ...wie in Variante B

☐ ...wie in Variante C

☐ ...wie in Variante D

2.6 Begründen Sie Ihre Antwort zu **Unterpunkt 2.5** mit einigen Stichworten!

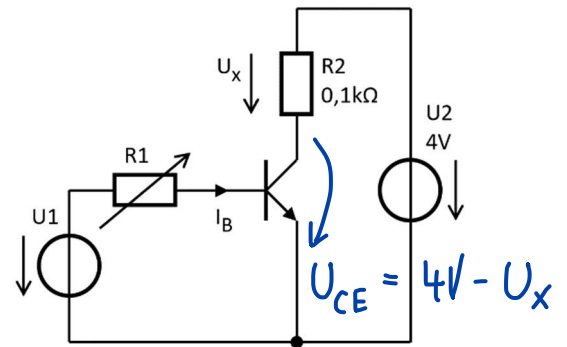
- Wechselfspg. am Eingang des Gleichrichters, daher abwechselnd pos. und neg...
- Nur kurze "Strom-Spitzen" zum Aufladen des Kondensators.



15

Aufgabe 3: Transistor (ca. 15 Punkte)

Mit der abgebildeten Schaltung soll die Großsignalverstärkung B eines Transistors bestimmt werden. Mit dem einstellbaren Widerstand $R1$ wird die Größe des Basisstroms eingestellt, anschließend kann mit einem Voltmeter die Spannung U_x am Widerstand $R2$ gemessen werden.



In mehreren Versuchen wurden die folgenden Messwerte aufgenommen:

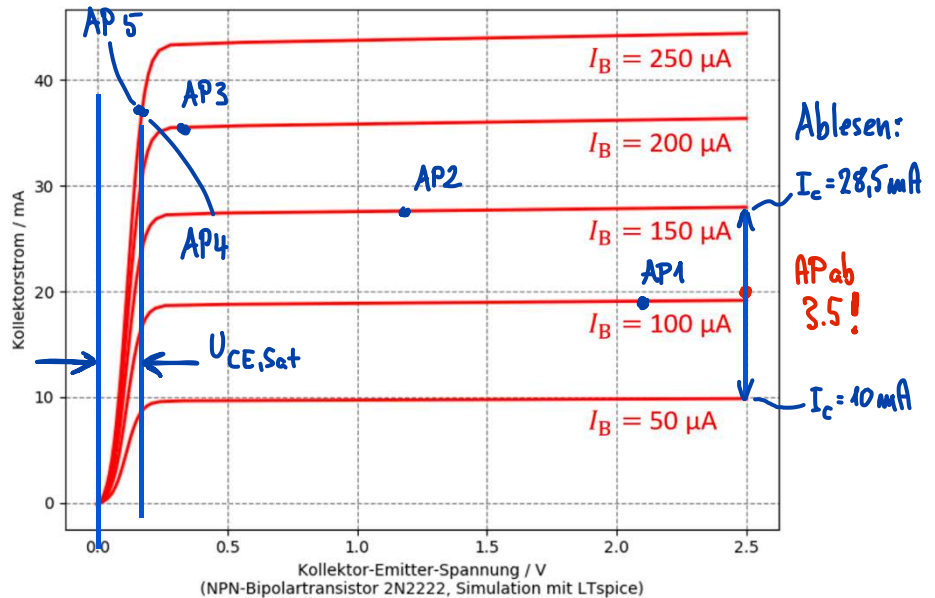
$\frac{U_x}{R_2} = I_c$

	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5
I_B	0,1 mA	0,15 mA	0,2 mA	0,25 mA	0,3 mA
U_x	1,9 V	2,83 V	3,69 V	3,83 V	3,84 V
U_{CE}	2,1 V	1,17 V	0,31 V	0,17 V	0,16 V

3.1. Zeichnen Sie die Lage der Arbeitspunkte AP1 bis AP5 ins Ausgangskennlinienfeld des Transistors.

3.2. Welchen Wert hat die Großsignalverstärkung B dieses Transistors?

Berechnen Sie den Mittelwert aus drei geeigneten Arbeitspunkten!



AP4,5 ignorieren $\rightarrow$ Transistor gesättigt!

$$AP1: B1 = 19 / 0,1 = 190$$

$$AP2: B2 = 28,3 / 0,15 = 188,7$$

$$AP3: B3 = 36,9 / 0,2 = 184,5$$

$$\rightarrow \text{Mittelwert: } B = 188$$

3.3. Welche Verlustleistung wird in den Arbeitspunkten AP1 und AP5 vom Transistor als Wärme abgegeben?

$$AP1: P_{Trans} = 19 \text{ mA} \cdot 2,1 \text{ V} = 39,9 \text{ mW}$$

$$AP5: P_{Trans} = 38,4 \text{ mA} \cdot 0,16 \text{ V} = 6,1 \text{ mW}$$

3.4. Markieren Sie auch die Sättigungsspannung $U_{CE,Sat}$ im Diagramm. Welchen Wert hat diese Sättigungsspannung $U_{CE,Sat}$?

$$U_{CE,Sat} \approx 0,16 \text{ V}$$

Der Transistor wird in den folgenden Aufgabenteilen in einer einstufigen Wechselspannungs-Verstärkerschaltung eingesetzt (sog. Emitterschaltung, wie im Praktikum!).

Die Betriebsspannung der Verstärkerschaltung beträgt 5 Volt.

Der Arbeitspunkt der Verstärkerschaltung soll bei $U_{CE,AP} = 2,5$ Volt und $I_{C,AP} = 20$ mA liegen.

3.5. Berechnen Sie einen passenden Kollektorwiderstand.

$$U_{CE,AP} = 2,5 \text{ V} \leadsto U_{RC,AP} = (5 - 2,5) \text{ V} = 2,5 \text{ V}$$

$$\leadsto R_c = \frac{U_{RC,AP}}{I_{C,AP}} = \frac{2,5 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 125 \underline{\underline{\Omega}}$$

3.6. Welchen Basisstrom benötigt der Transistor im Arbeitspunkt?

$$I_{B,AP} = \frac{I_{C,AP}}{\beta} = \frac{20 \text{ mA}}{188} = 106 \underline{\underline{\mu\text{A}}}$$

3.7. ~~Welche Verlustleistung $P_{V,trans}$ wird vom Transistor im Arbeitspunkt abgegeben?~~ Welche Verlustleistung $P_{V,RC}$ wird vom Kollektorwiderstand im Arbeitspunkt abgegeben?

$$P_{V,RC} = (20 \text{ mA})^2 \cdot 125 \Omega = 50 \underline{\underline{\text{mW}}}$$

3.8. Wie groß ist die Kleinsignalverstärkung β des Transistors im Arbeitspunkt?

$$\beta = \frac{(28,5 - 10) \text{ mA}}{(150 - 50) \mu\text{A}} = 185 \leadsto \text{abgelesen im Diagramm!}$$

3.9. Ermitteln Sie (rechnerisch) die Steilheit des Transistors im Arbeitspunkt. Wie groß ist der Spannungsverstärkungsfaktor der Verstärkerschaltung (im Leerlauf).

$$U_T = \frac{kT}{e} = 25,852 \text{ mV} \xrightarrow{300 \text{ K}} r_{BE} = \frac{U_T}{I_{B,AP}} = \frac{25,852 \text{ mV}}{106 \mu\text{A}} = 243,9 \Omega$$

$$S = \frac{\beta}{r_{BE}} = \frac{185}{243,9 \Omega} = 0,759 \frac{1}{\Omega} \leadsto v = -S \cdot R_c = -94,8 \underline{\underline{\quad}}$$

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)
{
    /* Aktueller Zustand des Programms */
    int state = 1;

    /* Nur (!) PB0 und PB1 sind Ausgänge;
       PB2, PB3 ... PB7 sind Eingänge. */

    DDRB = 3; /* Aufgabe 4.1 */
    while(1 == 1)
    {
        if (state == 1) { cbi(PORTB, 1); cbi(PORTB, 0); state = 2; }
        else if(state == 2) { cbi(PORTB, 1); sbi(PORTB, 0); state = 3; }
        else if(state == 3) { sbi(PORTB, 1); sbi(PORTB, 0); state = 4; }
        else if(state == 4) { sbi(PORTB, 1); cbi(PORTB, 0); state = 1; }

        _delay_ms(2000);
    }

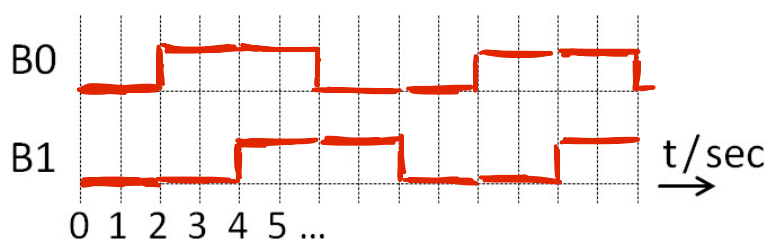
    return 0;
}

```

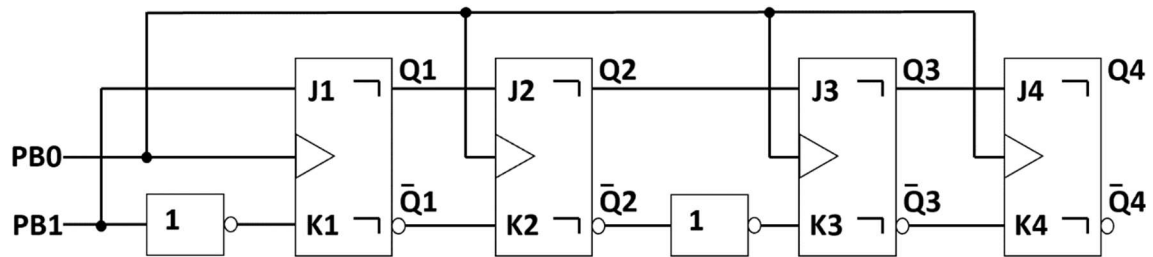
oder: 0b00000011

- 4.1. Schreiben Sie den korrekten Wert ins DDRB-Register (siehe Quelltext): Nur (!) PB0 und PB1 sind Ausgänge; PB2, PB3 ... PB7 sind Eingänge.
- 4.2. Zeichnen Sie die Signalverläufe, die an den Anschlüssen PB0 und PB1 des Mikrocontrollers ausgegeben werden, in das folgende Diagramm.

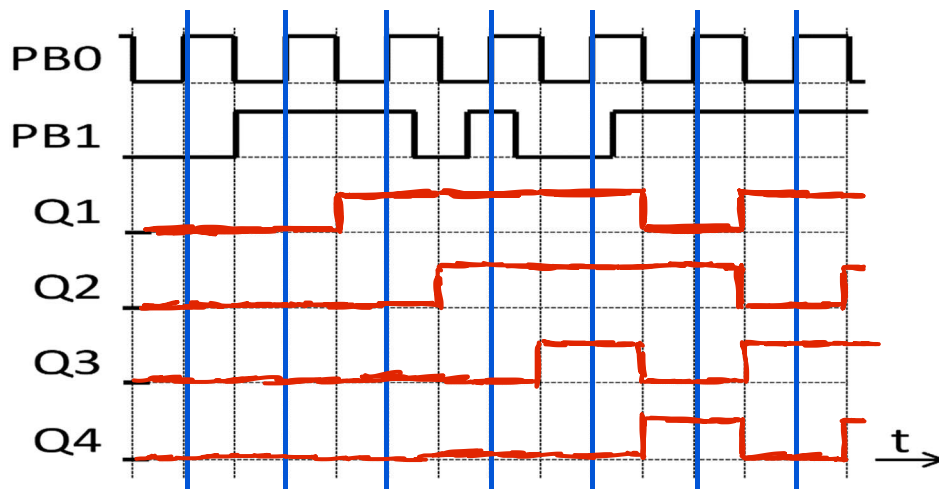
(Hinweis: Die Programmausführung beginnt zum Zeitpunkt $t = 0s$.)



- 4.3. An die Anschlüsse PB0 und PB1 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 4.2.)



- 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!

