

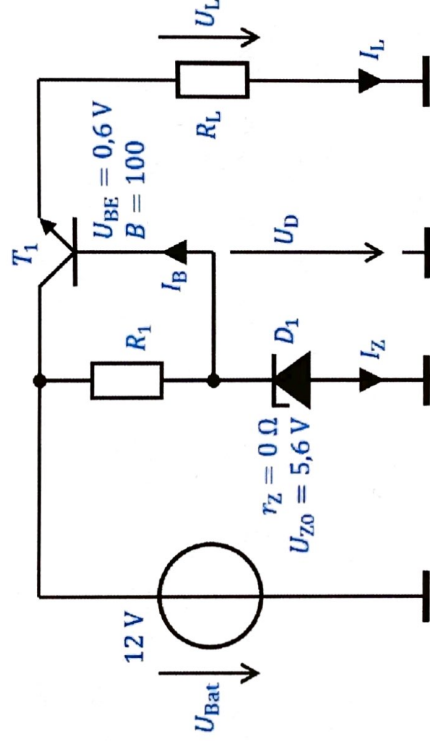
Hochschule München Fakultät 03	Wintersemester 2018/19 Aufgabenteil Elektronik		Prof. Kortstock Prof. Küpper	
Zugelassene Hilfsmittel: eigene Formelsammlung, Taschenrechner	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:		
	Hörsaal:	Unterschrift:		

Viel Erfolg!!

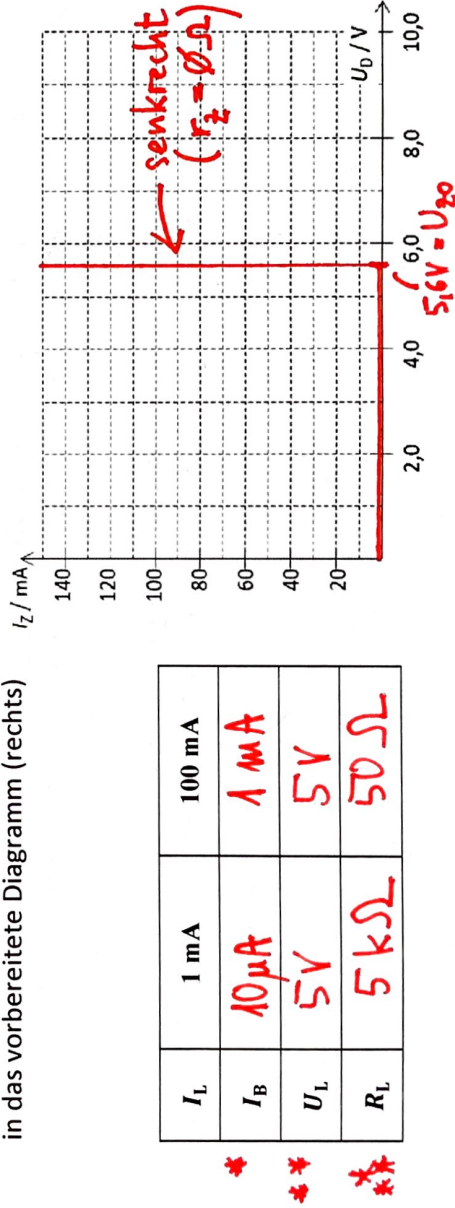
15

Aufgabe 1: Transistor, Diode (ca. 10 Punkte)

Die folgende Schaltung versorgt den Verbraucher R_L mit einer konstanten Betriebsspannung U_L .



- 1.1. Zeichnen Sie die linearisierte Kennlinie, die das Durchbruchverhalten der Diode D_1 beschreibt, in das vorbereitete Diagramm (rechts)



- 1.2. Durch eine Veränderung des Lastwiderstands R_L vergrößert sich der Laststrom I_L von 1 mA auf einen Wert von 100 mA. Berechnen Sie die fehlenden Werte in der Tabelle (links). Aufgrund des sehr kleinen Basisstroms dürfen Sie Kollektorstrom $\approx$ Emitterstrom am Transistor annehmen.

*** $I_B = \frac{I_C}{B} \approx \frac{I_L}{B}$**

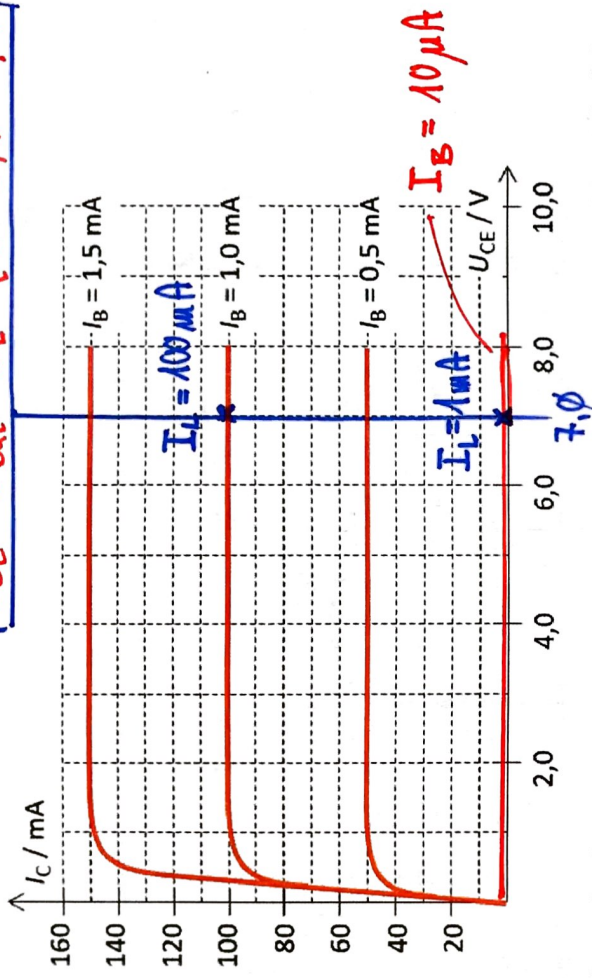
**** $U_L = U_D - U_{BE} = 5V$ (U_D immer gleich 5.6V wegen $r_z = \infty \Omega$!)**

**** $R_L = \frac{U_L}{I_L}$**

(Platz für Nebenrechnungen)

- 1.3. Markieren Sie die Betriebspunkte, die sich bei $I_L = 1 \text{ mA}$ und bei $I_L = 100 \text{ mA}$ ergeben, im Ausgangskennlinienfeld des Transistors T_1 .

$$U_{CE} = U_{\text{Bat}} - U_L = (12 - 5) \text{ V} = 7 \text{ V}$$

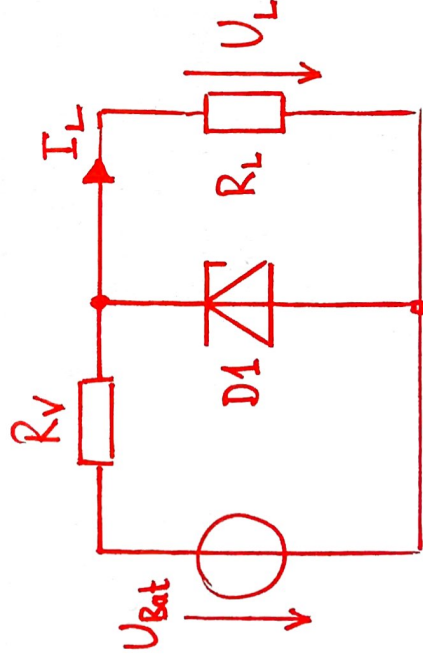


- 1.4. Wie groß ist die Verlustleistung am Transistor, wenn ein Laststrom von $I_L = 100 \text{ mA}$ fließt?

$$P_{\text{Verl}} \approx U_{CE} \cdot I_C \approx U_{CE} \cdot I_L = 7 \text{ V} \cdot 100 \text{ mA} = \underline{\underline{0,7 \text{ W}}}$$

- 1.5. Verbraucher mit einem geringen Strombedarf von nur wenigen Milliampere können auch über eine einfache Z-Diodenschaltung (ohne Transistor!) mit konstanter Betriebsspannung versorgt werden. Skizzieren Sie eine solche Z-Diodenschaltung, wie sie im Rahmen der Lehrveranstaltung behandelt wurde.

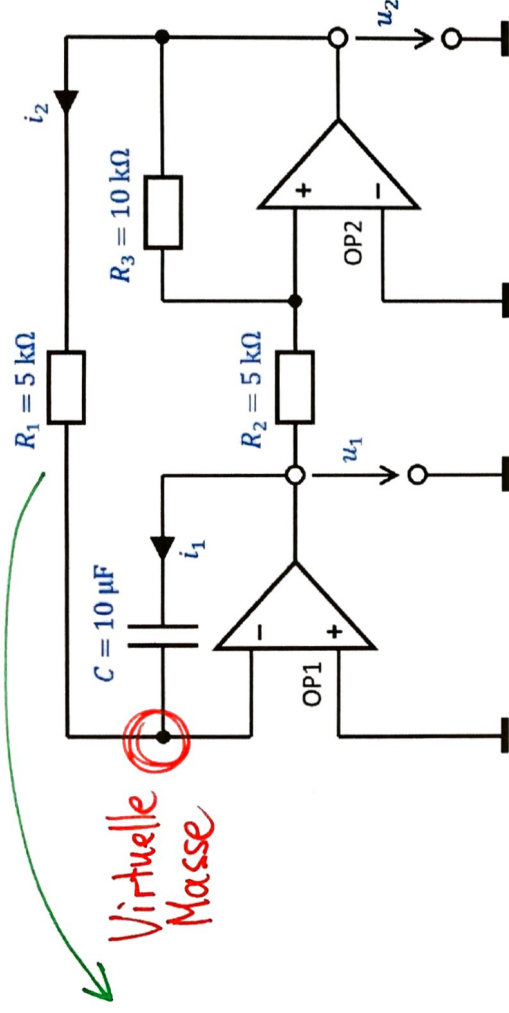
- Zeichnen Sie die Spannungen U_{Bat} und U_L sowie den Strom I_L in Ihre Skizze ein.
- Die Daten (z. B. Widerstandswerte) der Bauelemente müssen nicht angegeben werden.



15

Aufgabe 2: Operationsverstärker (ca. 10 Punkte)

Die abgebildete Schaltung basiert auf zwei idealen Operationsverstärkern. Die maximale Ausgangsspannung der Operationsverstärker beträgt +5 V, die minimale Ausgangsspannung beträgt -5 V.



KEIN Punkt, falls mehr als 1 Position markiert ist !!!
Es ist NICHT die Aufgabe des Dozenten, sich aus mehreren (falschen) Punkten den einen richtigen Punkt herauszusuchen

2.1. Um welche Grundsaltung handelt es sich bei der ersten Stufe (OP1)?

1P. (invertierender) Integrator

2.2. Beschreiben Sie für die erste Stufe den Zusammenhang zwischen der Eingangsspannung $u_2(t)$ und der Ausgangsspannung $u_1(t)$ am Ausgang von OP1 mit einer geeigneten Formel. Gehen Sie davon aus, dass der Operationsverstärker OP1 nicht übersteuert ist.

2P.

$$u_1(t) = -\frac{1}{R_1 \cdot C} \cdot \int_{\tau=0}^t u_2(\tau) d\tau = -\frac{1}{0,05s} \cdot [\text{Fläche unter } u_2(t)] + \underbrace{u_1(t=0)}_{\text{Anfangswert}}$$

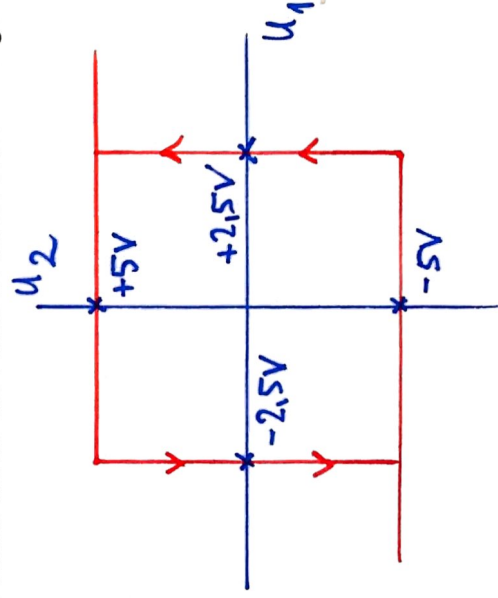
$$[NR.: u_1(t=50ms) = \frac{-50ms \cdot 5V}{0,05s} + 5V = 0V \quad u_1(t=0)]$$

2.3. Um welche Grundsaltung handelt es sich bei der zweiten Stufe (OP2)?

1P. Komparator mit Hysteresis / Schmitt Trigger

2.4. Beschreiben Sie für die zweite Stufe den Zusammenhang zwischen der Eingangsspannung $u_1(t)$ und der Ausgangsspannung $u_2(t)$ am Ausgang von OP2 mit einer geeigneten Skizze. Geben Sie in Ihrer Skizze die für die Funktion dieser Stufe wichtigen Spannungswerte an.

2P.

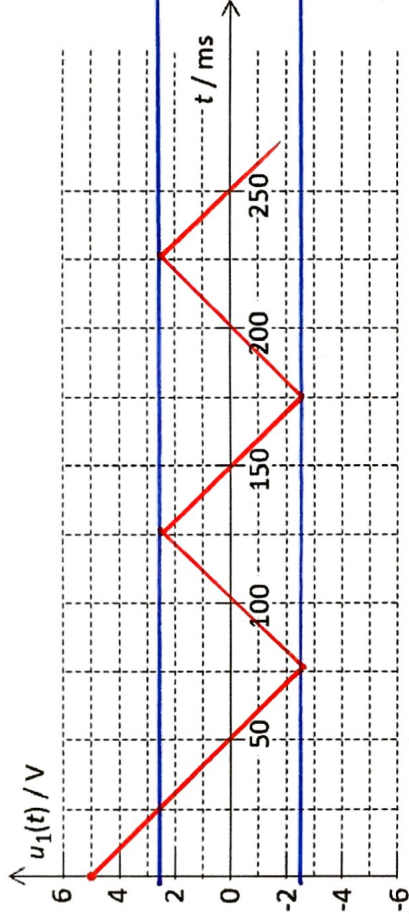


Schwellenwerte:

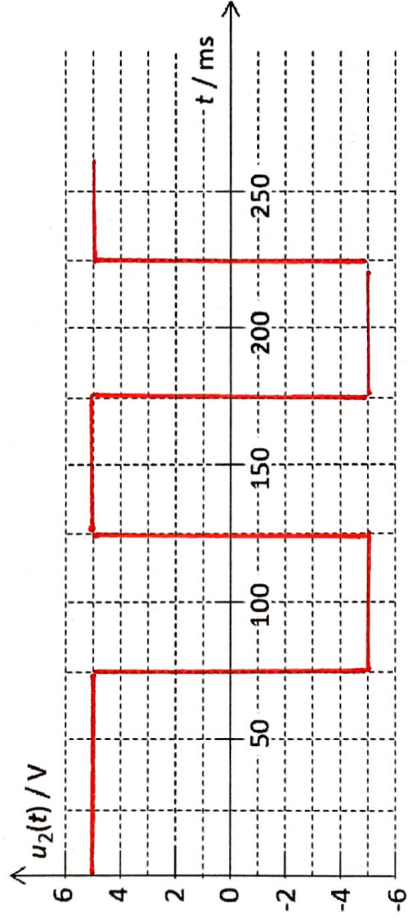
$$\pm 5V \cdot \frac{5}{10} = \pm 2,5V$$

1P.

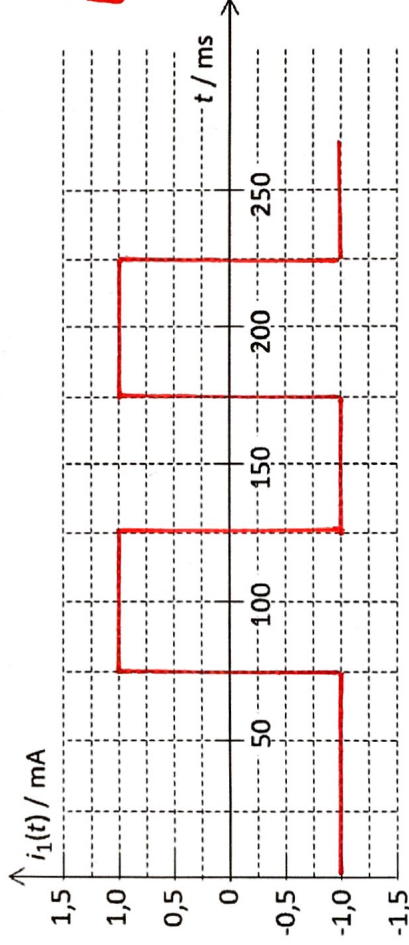
- 2.5. Markieren Sie den „virtuellen Massepunkt“ in der Schaltung auf der vorherigen Seite.
- 2.6. Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe der Spannungen $u_1(t)$ und $u_2(t)$ sowie der Ströme $i_1(t)$ und $i_2(t)$ in das vorbereitete Diagramm. Hinweis: Zu Beginn ($t = 0\text{s}$) ist $u_1(t) = 5\text{V}$.



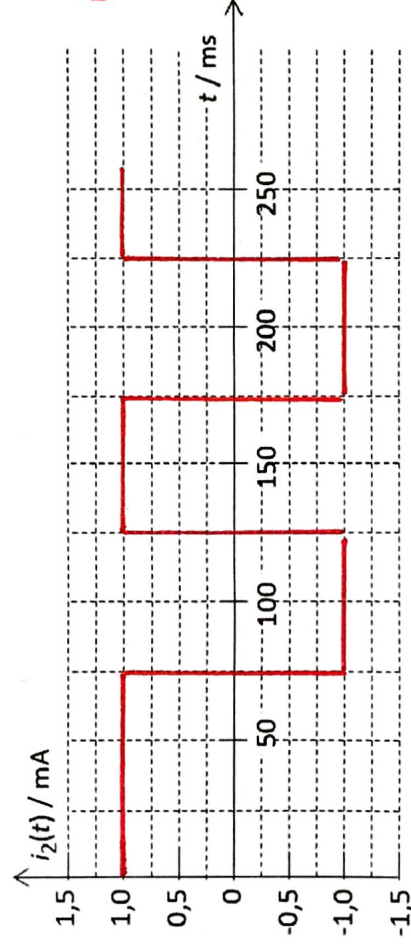
2P.



2P.



2P.



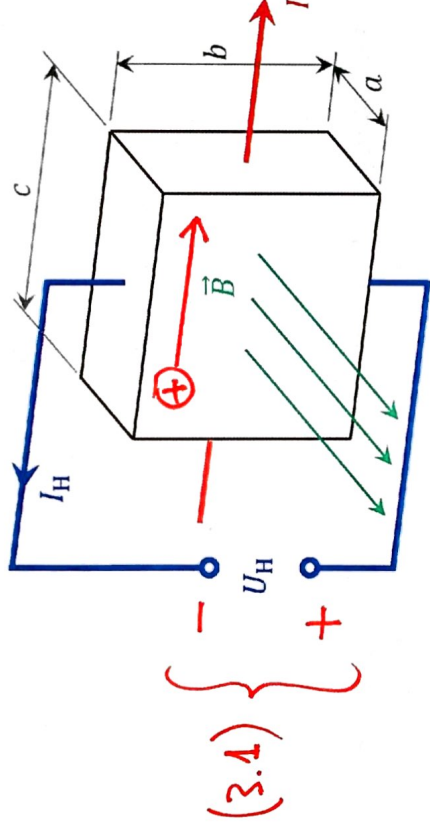
2P.

Aufgabe 3: Halbleiter, Hall-Effekt (ca. 15 Punkte)

Durch ein Hall-Element aus Silizium mit den Abmessungen $a = 1 \text{ mm}$, $b = 2 \text{ mm}$, $c = 3 \text{ mm}$ fließt der Strom $I = 10 \text{ mA}$ (der Pfeil zeigt die technische Stromrichtung). Ein homogenes Magnetfeld der Stärke $B = 0,1 \text{ T}$ tritt senkrecht aus der vorderen Seite des Hall-Elements heraus.

Technische Daten: $n_i = 1,6 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 1 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $N_D = 0$, $T = 300 \text{ K}$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}, \quad \mu_n = 1500 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}, \quad \mu_p = 600 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$$



3.1. Zeichnen Sie die Polarität der Hall-Spannung U_H in die Abbildung auf dieser Seite.

1P. $(N_A > N_D \rightarrow p\text{-Halbleiter} \rightarrow \text{es bewegen sich pos. Ladungsträger!})$

3.2. Berechnen Sie die Größe der Hall-Spannung U_H .

$$U_H = \frac{B \cdot I}{a \cdot e \cdot p_0} = \frac{0,1 \text{ T} \cdot 0,01 \text{ A}}{0,001 \text{ m} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}} = \underline{\underline{0,0624 \text{ V}}}$$

2P.

$$(p_0 \approx N_A)$$

3.3. Zeichnen Sie die Bewegungsrichtung der Majoritätsträger in die Abbildung auf dieser Seite. Um welche Art von Ladungsträgern (freie Elektronen oder Löcher) handelt es sich dabei?

p-Halbleiter $\rightarrow$ Löcher sind Majoritätsträger!

2P.

3.4. Der Strom $I = 10 \text{ mA}$ führt zu einer (leichten) Erwärmung des Hall-Elements. Berechnen Sie die Leistung P_I , die dabei als Wärme abgegeben wird. (Hinweis: $I_H = 0$ annehmen!)

$$P_I = I^2 \cdot R \text{ mit } R = \rho \cdot \frac{L}{A \cdot b} \text{ und } \rho = \frac{1}{e(\mu_n n_0 + \mu_p p_0)} \quad \text{p-HL...!}$$

$$\rightarrow \rho = \frac{1}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 0,06 \text{ m}^2 \cdot 10^{20}} = \underline{\underline{10404 \, \Omega \text{m}}}$$

$$\rightarrow R = 10404 \, \Omega \text{m} \cdot \frac{0,003 \text{ m}}{0,001 \text{ m} \cdot 0,002 \text{ m}} = \underline{\underline{1560,5 \, \Omega}}$$

$$\rightarrow P_I = (0,01 \text{ A})^2 \cdot 1560,5 \, \Omega = \underline{\underline{0,156 \text{ W}}}$$

3.5. Berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der sich die Majoritätsträger im Hall-Element bewegen (es ist weiterhin $I = 10 \text{ mA}$).

$$|v_{\text{drift}}| = \frac{I}{p_0 \cdot e \cdot b \cdot a} = \frac{0,01 \text{ A} \cdot \text{m}}{10^{20} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 0,002 \text{ m} \cdot 0,001 \text{ m}} = \underline{\underline{312,1 \, \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

2P.

3.6. Nennen Sie zwei typische Anwendungen, bei denen Hall-Elemente zum Einsatz kommen.

- Magnetfeldmessung
- Sensoren f. Drehzahl / Drehrichtung an Zahnradern und rot. Wellen
- ganz allg. zur Erfassung von Dreh- / Linearbewegungen (usw....)

2P.

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

4.1. Es soll ein einfacher Signalgenerator zum Einsatz im Elektroniklabor programmiert werden, der auf einem ATmega8515-Mikrocontroller basiert. Der Ausgang des Signalgenerators befindet sich am Ausgang PB1. Am Ausgang PB2 ist eine Leuchtdiode (LED) angeschlossen.

An PB0 ist ein Taster angeschlossen. Er sendet (wie im Praktikum) im gedrückten Zustand ein Low-Signal (= 0) zum Mikrocontroller bzw. ein High-Signal (= 1) im nicht gedrückten Zustand.

- Direkt nach dem Start des Programms wird die Leuchtdiode (PB2) eingeschaltet, damit der Anwender sieht, dass der Signalgenerator in Betrieb ist.
- Am Ausgang (PB1) wird bei nicht gedrücktem Taster ein Rechtecksignal mit einer Frequenz von 10 Hz ausgegeben (also: 50 ms ein, 50 ms aus, 50 ms aus usw.).
- Während der Taster (am Eingang PB0) gedrückt ist, wird am Ausgang PB1 eine Frequenz von 100 Hz ausgegeben. Wenn der Taster losgelassen wird, beträgt die Frequenz wieder 10 Hz.

Vervollständigen Sie den vorbereiteten Programmquelltext. Verwenden Sie zur Erzeugung des Ausgangssignals eine einfache Schleife mit geeigneten `_delay_ms()`-Aufrufen. (Die Verwendung des Timers, des PWM-Moduls und/oder von Interrupts ist nicht erforderlich!!!)

```
#define F_CPU 1843200UL
#include <compat/deprecated.h>
#include <avr/sfr_defs.h>
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
```

```
int main(void)
{
```

```
  1P. DDRB = 0b00000110;
  1P. sbi(PORTB, 2);
```

(PB2: LED)
(PB1: Ausgang)

$DDRB = 2 + 4;$
 $DDRB = 6;$ auch okay!

```
/* Ausgänge definieren */
/* LED an PB2 einschalten */
```

```
while (1)
```

```
{
  2P. if (bit_is_set(PINB, 0))
```

```
{
    sbi(PORTB, 1); -delay_ms(50);
    cbi(PORTB, 1); -delay_ms(50);
}
```

1P.

```
else
```

```
{
    sbi(PORTB, 1); -delay_ms(5);
    cbi(PORTB, 1); -delay_ms(5);
}
```

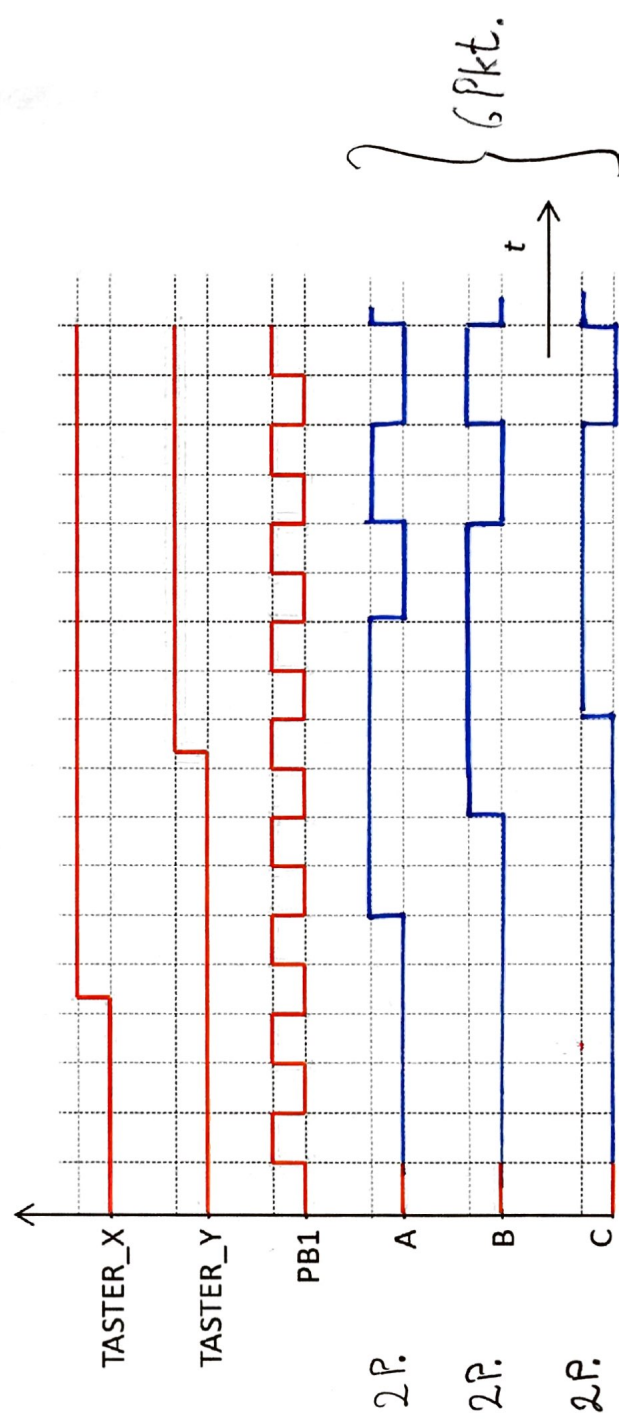
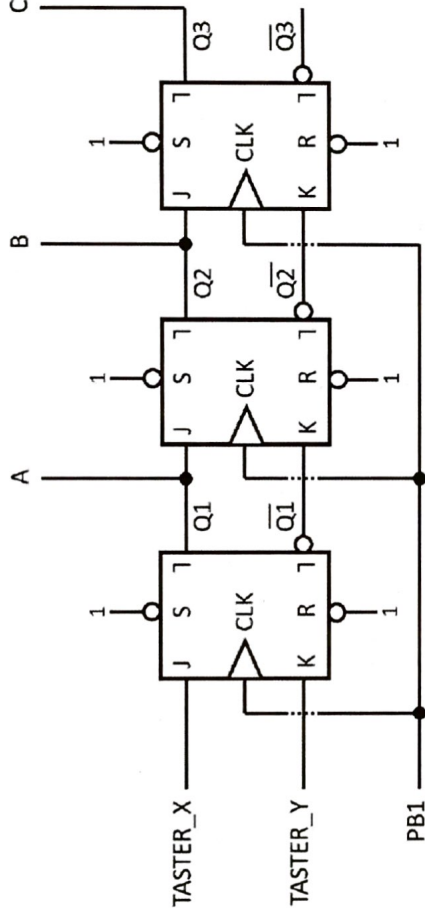
1P.

```
}
```

```
}
```

9 Pkt.

- 4.2. Die nachfolgende Schaltung aus positiv flankengetriggerten JK-Master-Slave-Flipflops und zwei Tastern wird an den Ausgang PB1 des Signalgenerators aus 4.1. angeschlossen. Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe der Signale A, B und C in das vorbereitete Diagramm.



Viel Erfolg!!