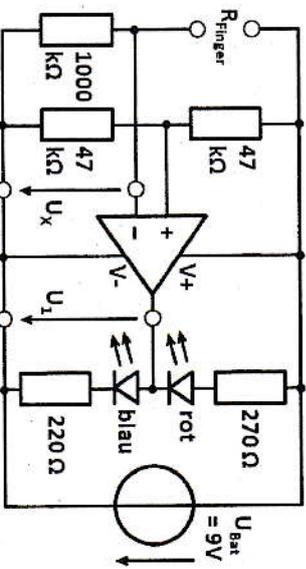


Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2013	J. Gebert, P. Klein, M. Krug, T. Kipper, W. Stadler
Zuglassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei DIN-A4-Blätter eigene Aufzeichnungen	Schriftliche Prüfung im Fach Elektronik Dauer: 90 Minuten	Name, Vorname: Unterschrift:
Matr.-Nr.:	Hörsaal:	

Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)

Der ideale Operationsverstärker in der abgebildeten Schaltung wird über einen Sensorkontakt (oben links in der Abbildung) angesteuert. Am Ausgang des Operationsverstärkers sind zwei Leuchtdioden angeschlossen.



A	1	2	3	4	Σ	N
P	16	14	14	16		

Daten der Leuchtdioden:

- $r_{\text{rot}} = 15\text{ }\Omega$
- $U_{\text{s,rot}} = 1,5\text{ V}$
- $r_{\text{blau}} = 40\text{ }\Omega$
- $U_{\text{s,blau}} = 2,75\text{ V}$

1.1. Nennen Sie drei Eigenschaften, in denen sich ideale Operationsverstärker von realen Operationsverstärkern unterscheiden.

- 1) Eingangswiderstand $\rightarrow \infty$ ✓
- 2) Ausgangswiderstand $= 0$ ✓
- 3) Verstärkungsfaktor im Leerlauf $\rightarrow \infty$ ✓

1.2. Welche Funktion (welche Grundschaltung?) hat der Operationsverstärker in dieser Schaltung?

Einfacher Komparator (ohne Hysterese) ✓

1.3. Welchen maximalen und welchen minimalen Wert kann U_1 beim idealen Operationsverstärker in dieser Schaltung nicht über- bzw. unterschreiten? Welche min./max. Spannungsgrenzen erwarten Sie bei einem realen Operationsverstärker? (Kurze Begründung in Stichworten!)

Idealer OPV: $U_{1\text{max}} = 9\text{ V}$, $U_{1\text{min}} = 0\text{ V}$ ✓
 Realer OPV: Die Grenzen der Versorgungsspannung werden nicht ganz erreicht, z.B. $U_{1\text{max}} = 8\text{ V}$, $U_{1\text{min}} = 1\text{ V}$ ✓

1.4. Der Sensorkontakt wird mit einem Finger ($R_{\text{Finger}} = 500\text{ k}\Omega$) überbrückt. Welche Spannung U_x stellt sich am invertierenden Eingang („Minus-Eingang“) des Operationsverstärkers ein? Welche Leuchtdiode leuchtet? (Kurze Begründung in Stichworten!)

$U_x = U_{\text{neg}} = 9\text{ V} \cdot \frac{2}{3} = 6\text{ V}$ ✓
 $U_{\text{pos}} = 9\text{ V} \cdot \frac{1}{2} = 4,5\text{ V} < U_{\text{neg}}$ ✓
 $\Rightarrow U_1 = 0\text{ V} \Rightarrow$ rote LED leuchtet. ✓

1.5. Welcher Strom fließt in diesem Fall ($R_{\text{Finger}} = 500\text{ k}\Omega$) durch die aktive Leuchtdiode?

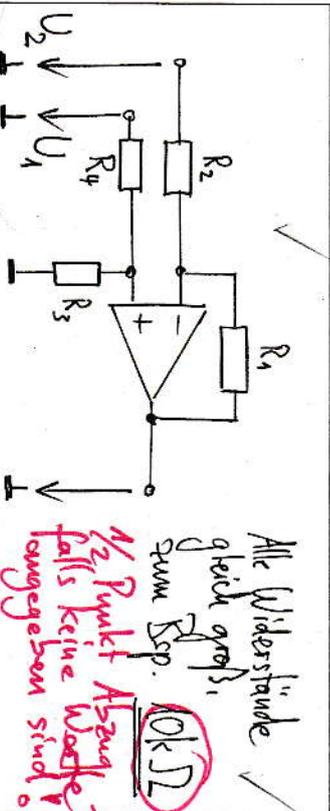
$I_{\text{rot}} = \frac{(9 - 1,5)\text{ V}}{(270 + 15)\text{ }\Omega} = 26,3\text{ }\mu\text{A}$ ✓

1.6. Beim Test der oben gezeigten Schaltung zeigt sich folgender Effekt: Wenn man den Finger nur leicht auf die Sensorkontakte legt (so dass sich die Schaltung im Bereich des Umschaltpunkts befindet), dann flackern die Leuchtdioden abwechselnd mit einer Frequenz von 50 Hz. Erläutern Sie in Stichworten, wie es zu diesem Flackern kommt! Wie könnte man die Schaltung verändern, so dass die Leuchtdioden ohne Flackern „sauber“ umschalten? (Stichworte genügen!)

Elektromagn. Einstrahlung (z.B. über den Körper/Finger) überlagern die Spannung am invertierenden Eingang. Wichtig ist, dass diese Störungen ausreichend eingestreut werden!!!
 Lösungen: Komparator u. Hysterese / Filterkondensator ✓

1.7. Dieser Unterpunkt ist unabhängig von den vorherigen Teilaufgaben!

Skizzieren Sie eine Operationsverstärkerschaltung, die zwei Eingangsspannungen U_1 , U_2 und eine Ausgangsspannung U_3 besitzt. Für die Ausgangsspannung soll die folgende Beziehung gelten: $U_3 = U_1 \cdot U_2$. Geben Sie für die benötigten Widerstände konkrete Werte an!

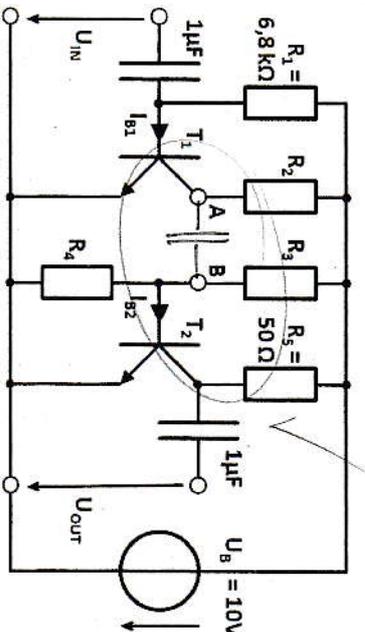


Falsche Lösung mit inv. Addierer gibt 1,5 Punkte!
 (aber nur falls alle Wid. korrekt sind!!!)

Alle Widerstände gleich groß, zum Bsp. $10\text{ k}\Omega$ ✓
 1/2 Punkt Abzug falls keine Widerstände angegeben sind ✓

Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)

Die folgende Schaltung zeigt einen zweistufigen Transistorverstärker für Wechselspannung. Es existiert zunächst noch keine Verbindung zwischen den Punkten A und B. Die Widerstände R_2 , R_3 und R_4 müssen noch berechnet werden.



Technische Daten:

- Transistor 1: $B_1 = 66$, $S_1 = 0,35 \Omega^{-1}$
- Transistor 2: $B_2 = 66$, $S_2 = 3 \Omega^{-1}$

Betrachten Sie die erste Stufe (T_1), es ist zunächst keine Spannung U_{IN} angeschlossen.

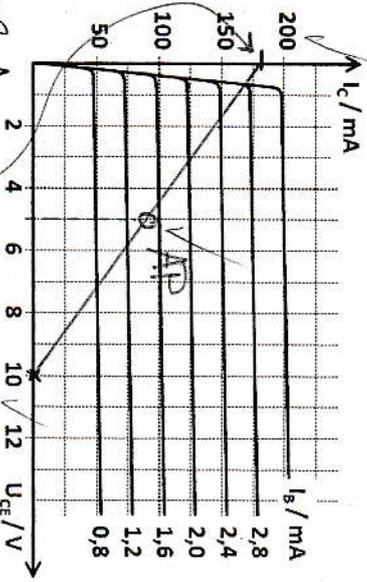
2.1. Die Basis-Emitter-Spannung im Arbeitspunkt beträgt 400 mV . Wie groß ist der Basisstrom I_{B1} ? Ermitteln Sie über die Großsignalverstärkung von T_1 den Kollektorstrom I_{C1} im Arbeitspunkt.

$$I_{B1} = \frac{(10 - 0,4) \text{ V}}{6,8 \text{ k}\Omega} = \underline{1,41 \text{ mA}}$$

$$I_{C1} = 66 \cdot 1,41 \text{ mA} = \underline{93,18 \text{ mA}}$$

2.2. Berechnen Sie einen für den Wechselspannungsverstärker geeigneten Widerstand R_2 .

Tragen Sie die Arbeitsgerade und den Arbeitspunkt der ersten Stufe in das nebenstehende Ausgangskennlinienfeld ein.



$$\frac{U_B}{2} = I_{C1} R_2$$

$$5 \text{ V} = 93,18 \text{ mA} R_2$$

$$R_2 = \underline{54 \Omega}$$

→ Schnittpunkt mit y-Achse bei 186 mA

$$R_2 = \frac{U_B/2}{I_{C1}} = \frac{5 \text{ V}}{93,18 \text{ mA}} = \underline{53,66 \Omega}$$

(falschem $R_2 = 109,3 \Omega$ gerechnet wurde...)

2.3. Wie groß ist der Verstärkungsfaktor v_u der ersten Verstärkerstufe?

$$v_u = -S_1 \cdot R_2 = -0,35 \cdot 54 = \underline{-18,9}$$

(1/2 Punkt Abzug, falls Vorz. falsch!)

Betrachten Sie nun die zweite Stufe (T_2).

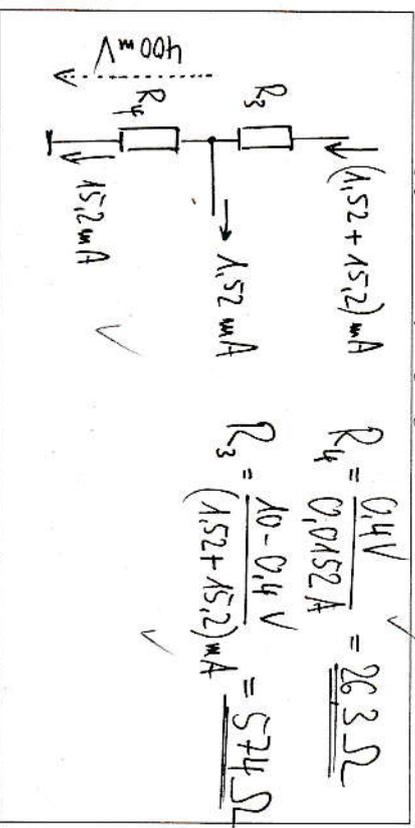
2.4. Die Kollektor-Emitter-Spannung im Arbeitspunkt beträgt 5 V . Welcher Kollektorstrom I_{C2} fließt im Arbeitspunkt? Ermitteln Sie über die Großsignalverstärkung auch den Basisstrom I_{B2} !

$$I_{C2} = \frac{5 \text{ V}}{50 \Omega} = \underline{100 \text{ mA}}$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{B_2} = \underline{1,52 \text{ mA}}$$

Ersatzwert: $I_{B2} = 1,55 \text{ mA}$

2.5. Durch den Widerstand R_4 soll das 10-fache des Basisstroms fließen. Die Basis-Emitter-Spannung beträgt 400 mV . Welche Werte müssen die Widerstände R_3 und R_4 besitzen, damit T_2 in den oben angegebenen Arbeitspunkt gelangt.



$$R_4 = \frac{0,4 \text{ V}}{0,0152 \text{ A}} = \underline{26,3 \Omega}$$

$$R_3 = \frac{10 - 0,4 \text{ V}}{1,52 + 15,2 \text{ mA}} = \underline{574 \Omega}$$

2.6. Wie groß ist der Verstärkungsfaktor v_2 der zweiten Verstärkerstufe?

$$v_2 = -S_2 \cdot R_5 = \underline{-150}$$

Vorzeichenfehler (-1/2)

2.7. Verbinden Sie die beiden Punkte A und B mit einem geeigneten Bauelement, so dass Wechselspannungssignale aus U_{IN} über die erste in die zweite Verstärkerstufe gelangen können und zugleich die Arbeitspunkte von T_1 und T_2 erhalten bleiben.

Zeichnen Sie Ihre Lösung direkt in die abgebildete Schaltung hinein!

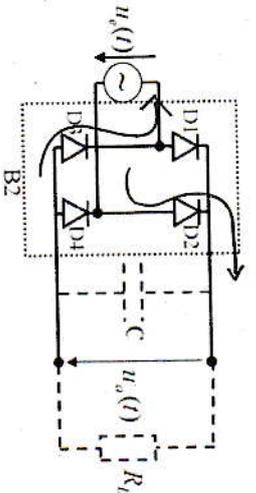
Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)

Gegeben ist die abgebildete B2-Gleichrichterschaltung. Für die Eingangsspannung $u_e(t)$ gilt:

$$\hat{U}_e = 20 \text{ V und } f = 100 \text{ Hz}$$

Die Dioden des Gleichrichters sind zunächst als ideal anzunehmen mit

$$U_s = 0 \text{ V und } r_f = 0 \Omega$$



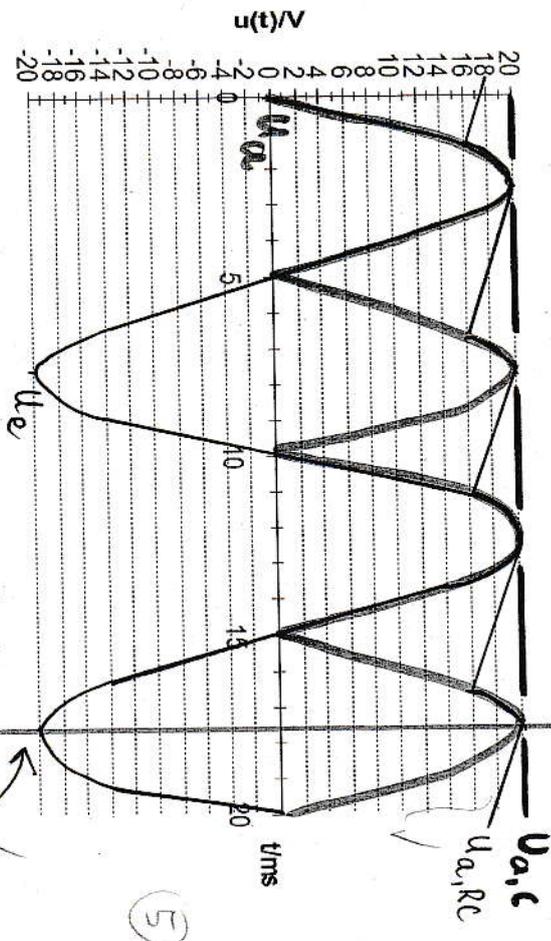
3.1. Welche Dioden leiten, wenn $u_e(t)$ negativ ist?

D2 und D3 (siehe Schaltplan) ✓
 Bei dieser Aufgabe gibt es keine halben Punkte. Entweder beide Dioden sind korrekt — oder kein Punkt! ✓

Die Schaltung wird zunächst ohne Lastwiderstand R_L betrieben.

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

- Die Eingangsspannung $u_e(t)$ (in der Farbe Schwarz),
- die Ausgangsspannung $u_a(t)$, wenn die Schaltung ohne Kondensator C betrieben wird (in der Farbe Rot),
- die Ausgangsspannung $u_a(t)$, wenn die Schaltung mit Kondensator C betrieben wird (in der Farbe Grün, Hinweis: Beachten Sie, dass R_L noch nicht angeschlossen ist).



Aufg. 3.7: Hier fließt I_{max} ✓

Nun wird die Schaltung mit dem Lastwiderstand $R_L = 15 \Omega$ und $C = 1,5 \text{ mF}$ betrieben.

3.3. Wie groß ist die mittlere Ausgangsspannung U_a ? Welche Spannungsschwankung Δu_a tritt am Lastwiderstand R_L auf?

$$U_a = \frac{\hat{U}_e}{\frac{T}{4R_L C} + 1} = \frac{20 \text{ V}}{\frac{0,01}{4 \cdot 15 \cdot 0,0015} + 1} = 18 \text{ V}$$

$$\Delta u_a = \frac{U_a \cdot T}{2R_L C} = \frac{18 \cdot 0,01}{2 \cdot 15 \cdot 0,0015} \text{ V} = 4 \text{ V}$$

3.4. Tragen Sie die Ausgangsspannung $u_a(t)$ am Lastwiderstand R_L in das Diagramm auf Seite 5 ein (in der Farbe Blau).

3.5. Welche mittlere Leistung wird am Lastwiderstand umgesetzt?

$$P = U_a^2 / R_L = (18 \text{ V})^2 / 15 \Omega = 21,6 \text{ W}$$

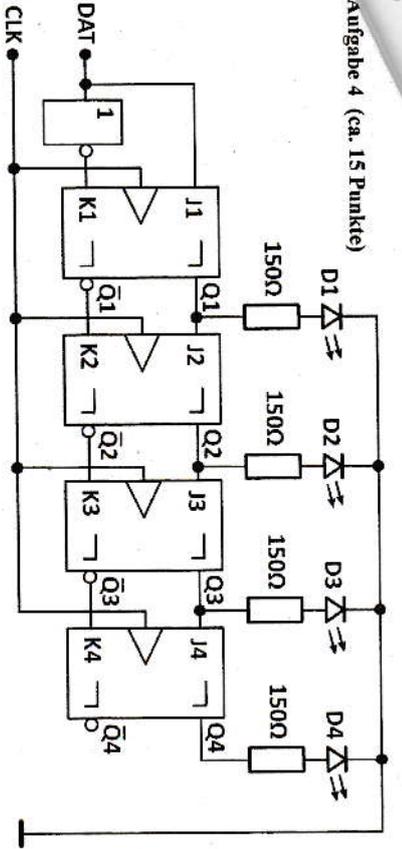
3.6. Welche mittlere Leistung wird an einer der vier (idealen) Dioden umgesetzt?

Keine Verlustleistung (weil $U_s = 0 \text{ V}$ und $r_f = 0 \Omega$)!

3.7. Die idealen Dioden werden nun durch reale Dioden ersetzt. An den Dioden fällt in Durchlassrichtung eine Spannung von jeweils $0,75 \text{ V}$ ab. Berechnen Sie den maximalen Strom I_{max} , der durch den Lastwiderstand fließt und markieren Sie einen Zeitpunkt, zu dem dieser maximaler Strom fließt, im obigen Diagramm mit I_{max} .

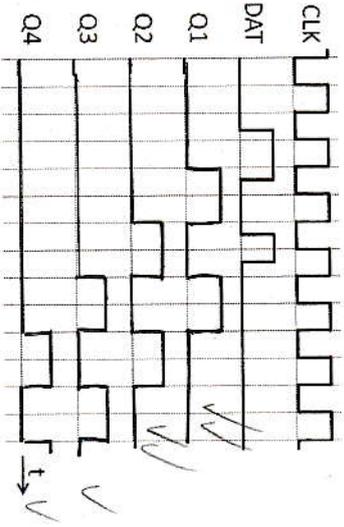
Bei Schwellwert $\hat{U}_e = 20 \text{ V}$ liegt am R_L eine Spannung von $(20 - 2 \cdot 0,75) \text{ V} = 18,5 \text{ V}$. Es fließt daher ein I_{max} .
 Show: $I_{max} = \frac{18,5 \text{ V}}{15 \Omega} = 1,233 \text{ A}$

Aufgabe 4 (ca. 15 Punkte)

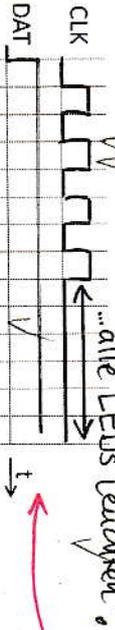


Hinweis: Die Aufgaben 4.1.x. und 4.2.x. können unabhängig voneinander gelöst werden!

4.1.1. Die abgebildete Schaltung aus positiv flankengetriggerten JK-Master/Slave-Flipflops besitzt zwei Eingänge DAT und CLK sowie vier Ausgänge Q1, Q2, Q3, Q4. An den Ausgängen sind Leuchtdioden mit passenden Vorwiderständen angeschlossen. Die Leuchtdioden leuchten, falls am jeweiligen Anschluss eine „logische Eins“ ausgegeben wird. Zeichnen Sie den Verlauf der Signale Q1, Q2, Q3, Q4 in das folgende Diagramm!



4.1.2. Welche Signale müssen an den Eingängen CLK und DAT angelegt werden, damit alle vier Leuchtdioden eingeschaltet werden? Zeichnen Sie in das folgende Diagramm die passenden Verläufe von CLK und DAT! Markieren Sie im Diagramm den Zeitpunkt, an dem alle vier Leuchtdioden leuchten!



4.1.3. Wie nennt man eine solche Kette von JK-Master/Slave-Flipflops, die auf die dargestellte Art und Weise miteinander verbunden sind?

Schieberegister ✓

„Schaltnetz, -werk“ ausnahmsweise auch OK...

4.2.1. An die Ausgänge B0, B1, B2 und B3 des Mikrocontrollers ATmega8515 sind vier Leuchtdioden mit passenden Vorwiderständen angeschlossen. Die Leuchtdioden leuchten, falls am jeweiligen Ausgang eine „logische Eins“ ausgegeben wird.

Wie verhalten sich die Leuchtdioden, wenn das folgende C-Programm ausgeführt wird?

```
#define F_CPU 1643200UL
#include <compat/deprecated.h>
#include <avr/sfr_defs.h>
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

int main(void)
{
    DDRB = 15;
    while(1 == 1)
    {
        sbi(PORTB, 0);
        _delay_ms(1000);
        cbi(PORTB, 0);
        _delay_ms(1000);
    }
    return 0;
}
```

Wer einfach nur schreibt: "1 sec on, 1 sec on" ohne die Schläufe oder andere LED zu erwähnen: 1 Pkt.

LED an B0 blinkt mit $f \approx \frac{1}{2}$ Hz. ✓

Alle anderen LEDs sind dunkel. ✓
"Blinklicht" ist auch OK...

4.2.2. Wozu dient die Zuweisung DDRB = 15; im oben gezeigten Programm?

Anschlüsse B0, B1, B2, B3 werden auf "Ausgang" geschaltet (B4...B7 auf "Eingang").
Kein Punkt wenn nur geschrieben wird: "DDR wird auf 15 gesetzt!"

4.2.3. Wie lauten die Befehle, um alle vier Leuchtdioden einzuschalten?
ohne die Register und die Funktionen!!!

```
sbi(PORTB, 0);
sbi(PORTB, 1);
sbi(PORTB, 2);
sbi(PORTB, 3);
```

***** Viel Erfolg! *****