

Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2018 <b>Angewandte Elektronik</b>	Prof. Küpper Prof. Kortstock
Zugelassene Hilfsmittel: alle eigenen, Taschenrechner	Matr.-Nr.:  Hörsaal:	Name, Vorname:  Unterschrift:

**Viel Erfolg!!**

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

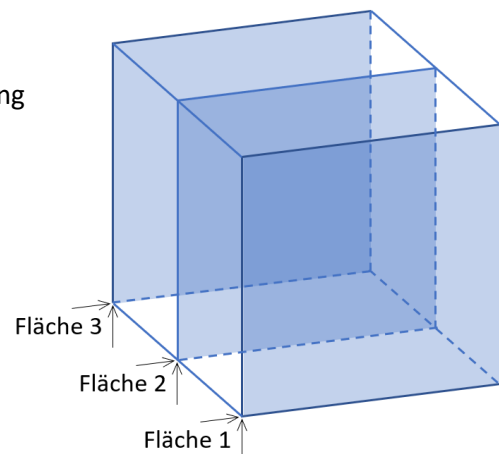
### Aufgabe 1: Halbleiter, (ca. 13 Punkte)

Der abgebildete Würfel aus Silizium ist im Bereich zwischen den Flächen 1 und 2 mit Phosphor dotiert. Hier gibt es  $5 \cdot 10^{17}$  Störstellen in jedem Kubikzentimeter des Halbleiters. Im Bereich zwischen den Flächen 2 und 3 ist er mit Bor dotiert, hier gibt es  $1,25 \cdot 10^{18}$  Störstellen in jedem Kubikzentimeter des Halbleiters.

Die Kantenlänge des Würfels beträgt 1 cm, die Temperatur beträgt  $T = 300$  K.

Hinweise:  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  As,  $n_i = 1,6 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\mu_n = 1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , Phosphor steht im Periodensystem in der fünften Hauptgruppe, Bor steht in der dritten Hauptgruppe. Die Länge des pn-Übergangs ist im Vergleich zur Kantenlänge des Würfels so klein, dass sie vernachlässigt werden kann.

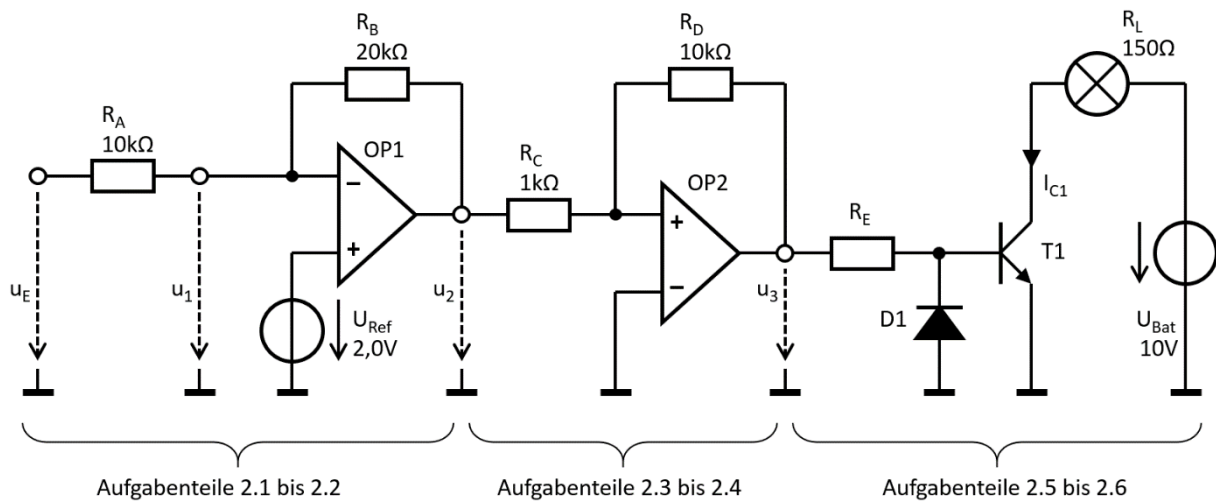
- 1.1. Berechnen Sie den ohmschen Widerstand  $R_A$  zwischen den Flächen 1 und 2 sowie den ohmschen Widerstand  $R_B$  zwischen den Flächen 2 und 3 (ohne Berücksichtigung des pn-Übergangs in der Mitte des Würfels).



1.2. Zwischen den Flächen 1 und 3 wird eine Spannung von 1.1 Volt angelegt. Davon fällt am pn-Übergang eine Spannung von 0.65 Volt ab. Welche Driftgeschwindigkeit besitzen die Majoritätsträger zwischen den Flächen 1 und 2? Welche Driftgeschwindigkeit besitzen die Majoritätsträger zwischen den Flächen 2 und 3

- 1.3. Der Würfel soll in einen Stromkreis eingebaut werden, sodass der pn-Übergang in der Mitte des Würfels in Durchlassrichtung geschaltet ist.
- o Tritt der Durchlassstrom in Fläche 1 ein und kommt er aus Fläche 3 wieder heraus (technische Stromrichtung!) oder umgekehrt?
  - o Wo sind der Kathoden und der Anodenanschluss der Diode: bei Fläche 1 bzw. bei Fläche 3?

**Aufgabe 2: Operationsverstärker, Transistor (ca. 17 Punkte)**



Hinweis: Die beiden Operationsverstärker in der abgebildeten Schaltung können Ausgangsspannungen im Bereich von -10...+10 Volt ausgeben.

2.1. Tragen Sie die fehlenden Werte der Spannungen  $u_1$  und  $u_2$  in die vorbereitete Tabelle ein.

$u_E$	$u_1$	$u_2$
0 Volt		
1 Volt		
2 Volt		

2.2. Geben Sie eine Formel zur Berechnung von  $u_2$  in Abhängigkeit von der Eingangsspannung  $u_E$  an.

2.3. Wie nennt man die mit der zweiten Operationsverstärkerstufe aufgebaute Teilschaltung?

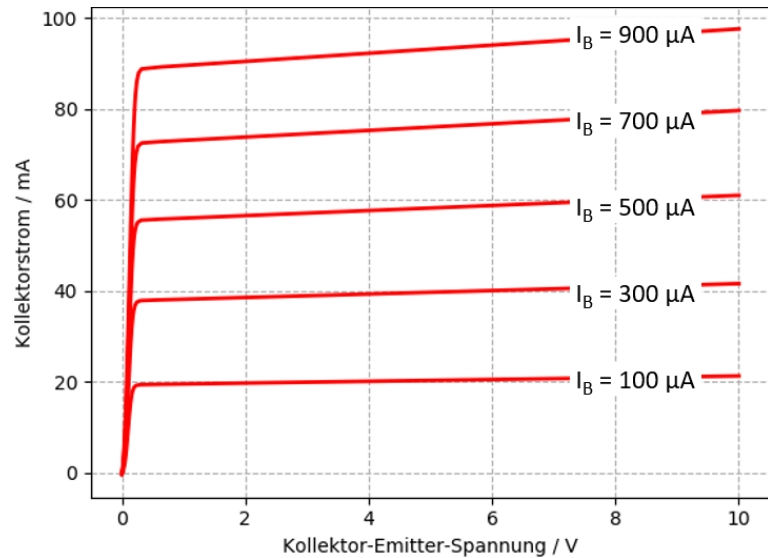
2.4. Zeigen Sie den allgemeinen Zusammenhang zwischen der Spannung am Eingang und der Spannung am Ausgang der zweiten Operationsverstärkerstufe mit einer passenden Skizze. Geben Sie in Ihrer Skizze die für die Funktion dieser Stufe wichtigen Spannungswerte an.

2.5. Die Lampe ( $R_L = 150 \Omega$ ), die an der Spannungsquelle  $U_{\text{Bat}} = 10 \text{ V}$  angeschlossen ist, wird über den Transistor T1 ein- bzw. ausgeschaltet. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade der Transistorstufe in das abgebildete Ausgangskennlinienfeld.

2.6. Der Transistor T1 soll beim Einschalten 5-fach übersteuert werden. Berechnen Sie einen passenden Wert für den Basisvorwiderstand.

Nehmen Sie einen typischen Wert für die Basis-Emitter-Spannung des Transistors an!

Zeichnen Sie den Arbeitspunkt des eingeschalteten Transistors T1 ins Ausgangskennlinienfeld.



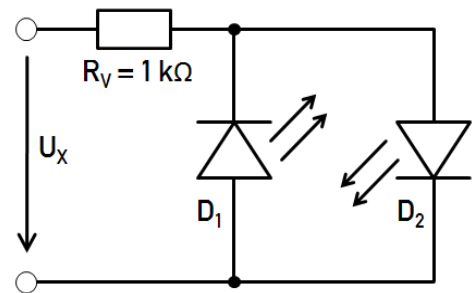
2.7. Wenn die Eingangsspannung  $u_E$  unter einen gewissen Schwellenwert absinkt, wird die Lampe ( $R_L$ ) eingeschaltet. Berechnen Sie diesen ersten Schwellenwert.

2.8. Wenn die Eingangsspannung  $u_E$  über einen gewissen Schwellenwert ansteigt, wird die Lampe ( $R_L$ ) wieder ausgeschaltet. Berechnen Sie auch diesen zweiten Schwellenwert.

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

Die nebenstehende Abbildung zeigt die Schaltung eines „Polprüfers“. Mit dieser Schaltung kann ermittelt werden, wo sich Plus- und Minuspol der Spannungsquelle  $U_x$  befinden.

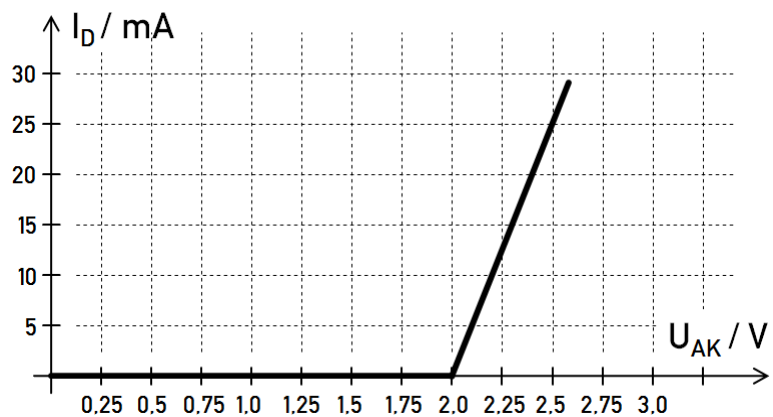
$D_1$  und  $D_2$  haben dieselben elektrischen Eigenschaften. Wenn in Durchlassrichtung ein Strom  $I_{\min} = 0,5 \text{ mA}$  fließt, beginnen sie zu leuchten. Eine Überschreitung von  $I_{\max} = 25 \text{ mA}$  führt zur Beschädigung der Dioden.



3.1. Beschreiben Sie in Stichworten die Funktion dieser Schaltung, wenn **Gleichspannungen**  $U_x$  mit unterschiedlichen Polaritäten angeschlossen werden.

3.2. Welche Anzeige erfolgt, wenn an den Polprüfer eine **Wechselspannungsquelle** mit einer Frequenz von 50 Hz angeschlossen wird?

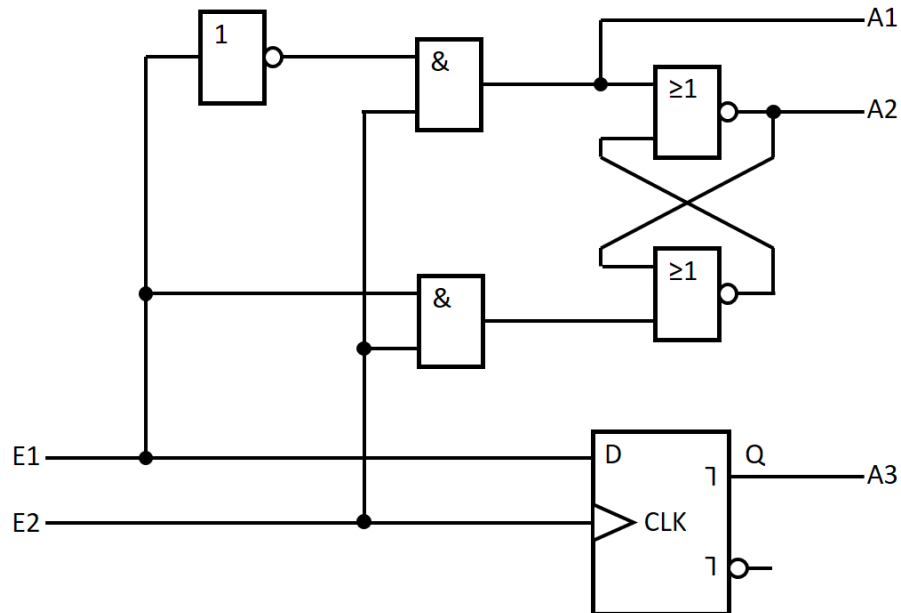
3.3. Ermitteln Sie aus der linearisierten Diodenkennlinie den differentiellen Widerstand  $r_f$  und die Schwellenspannung  $U_s$  in Durchlassrichtung.



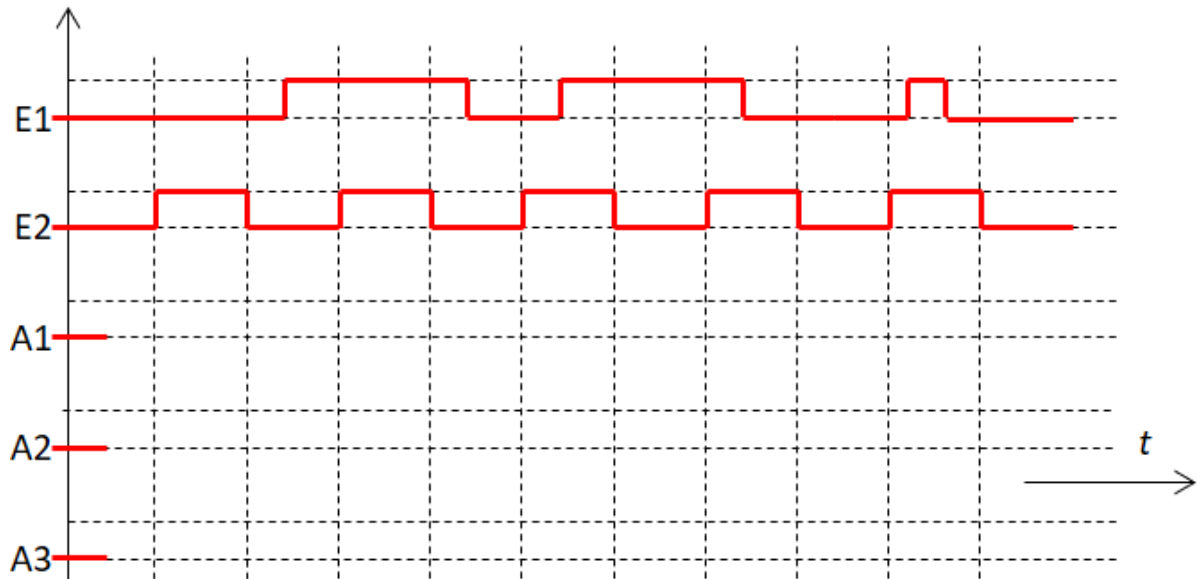
- 3.4. Wie groß muss die Spannung  $U_x$  mindestens sein, damit eine Anzeige erfolgt?
- 3.5. Welche Spannung  $U_x$  darf nicht überschritten werden, damit die Leuchtdioden nicht beschädigt werden? (Ersatzwert:  $U_x = 36$  Volt)
- 3.6. Welche Leistung wird von beiden Leuchtdioden zusammen aufgenommen, wenn die maximale Gleichspannung  $U_x$  aus Unterpunkt 3.5 angeschlossen ist?
- 3.7. Nun soll ein anderer Polprüfer mit zwei „normalen“ Glühlämpchen (anstelle der Leuchtdioden) aufgebaut werden. Wie könnte eine geeignete Schaltung aussehen? Sie können alle in Vorlesung und Praktikum behandelten Bauteile verwenden – außer Leuchtdioden. Die genauen Bauteilwerte, z. B. Werte von Widerständen, müssen **nicht** angegeben werden.

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

4.1. In dieser Teilaufgabe soll das Verhalten eines flankengesteuerten D-Master-Slave-Flipflops (im unteren Teil der Schaltung) mit einer „selbst aufgebauten“ Logikschaltung (im oberen Teil der Schaltung) verglichen werden.

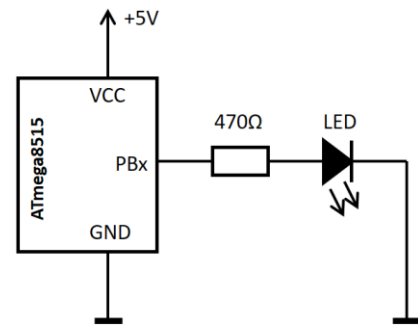


Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Signale A1, A2 und A3 in das vorbereitete Diagramm.



- 4.2. An einen Mikrocontroller des Typs ATmega8515 ist an den sechs Leitungen PB0, PB1, ... PB5 jeweils eine Leuchtdiode (LED) mit einem passenden Vorwiderstand angeschlossen.

Vervollständigen Sie das folgende C-Programm, sodass die sechs Leuchtdioden wie bei einem Lauflicht der Reihe nach aufleuchten: Erst leuchtet nur die LED an PB0 für ca. 0,25 Sekunden. Danach leuchtet nur die LED an PB1 für ca. 0,25 Sekunden. Danach nur die LED an PB2 und so weiter... Nach der letzten LED an PB5 geht es (in einer Endlosschleife) wieder von vorn los.



```
/* 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>

int main(void)
{
    /* Ausgänge definieren... */

    DDRB =

    /* Hauptschleife... */
}
```