

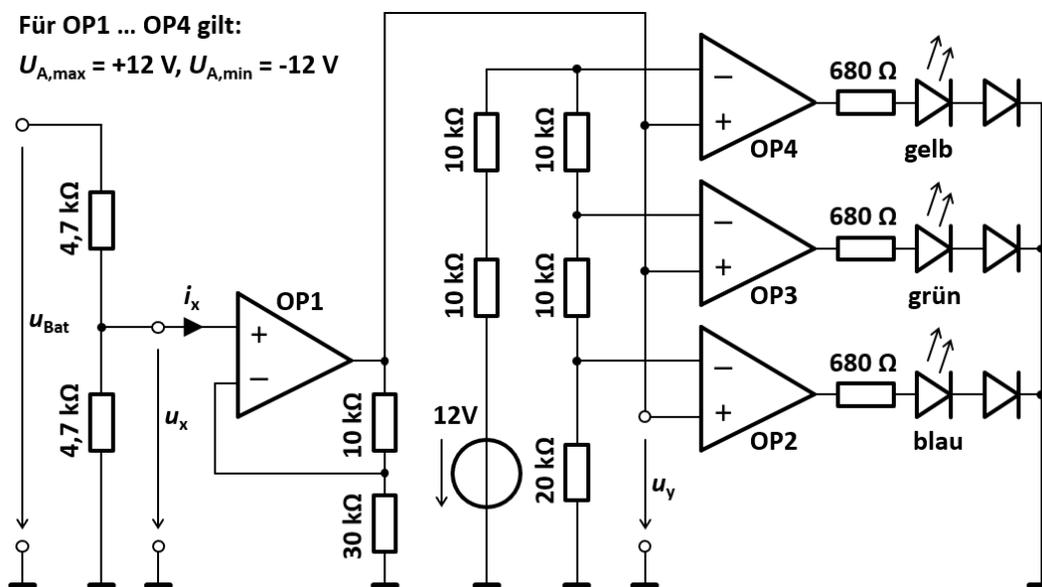
Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2023 <b>Angewandte Elektronik</b>	Prof. Küpper
Zugelassene Hilfsmittel: alle eigenen, Taschenrechner	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

**Viel Erfolg!!**

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

**Aufgabe 1, Operationsverstärker, Dioden (ca. 15 Punkte)**

Die folgende Schaltung zeigt mit drei farbigen Leuchtdioden an, in welchem Bereich sich die Spannung  $u_{Bat}$  einer Batterie befindet. OP1 ... OP4 sind ideale Operationsverstärker.



1.1. Geben Sie eine Formel  $u_x = f(u_{Bat})$  an, mit der  $u_x$  aus  $u_{Bat}$  berechnet werden kann.

1.2. Wie groß ist der Strom  $i_x$ ?

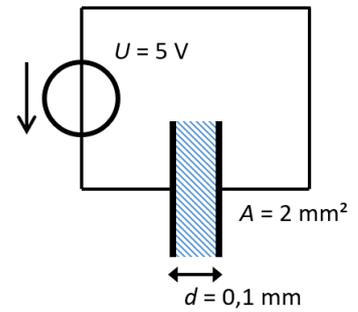
1.3. Welche Funktion hat der Operationsverstärker OP1?

- 1.4. Geben Sie eine Formel  $u_y = f(u_{\text{Bat}})$  an, mit der  $u_y$  aus  $u_{\text{Bat}}$  berechnet werden kann.  
(Wenn Sie diese Aufgabe nicht lösen können, rechnen Sie mit  $u_y = 0,7 \cdot u_{\text{Bat}}$  weiter!)
  
- 1.5. Welche Spannungen können an den invertierenden Eingängen (also an den „Minus-Eingängen“) der Operationsverstärker OP2, OP3 und OP4 gegenüber Masse gemessen werden?
  
- 1.6. Welche Funktion haben die Verstärker OP2, OP3 und OP4?
  
- 1.7. Welche Leuchtdioden leuchten, wenn die Batteriespannung  $u_{\text{Bat}} = 13,5 \text{ V}$  beträgt?
  
- 1.8. Welcher Strom fließt durch eine einzelne Leuchtdiode, falls diese eingeschaltet ist?  
(Daten der Leuchtdioden:  $U_S = 2 \text{ V}$ ,  $r_F = 10 \Omega$ ; Gleichrichterioden:  $U_S = 1 \text{ V}$ ,  $r_F = 1 \Omega$ )
  
- 1.9. Bei vielen Operationsverstärker-Schaltungen gilt für die Potentialdifferenz zwischen den beiden Operationsverstärker-Eingängen die Näherung  $u_{\text{dif}} \approx 0 \text{ V}$ . Nennen Sie zwei Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit diese Näherung zulässig ist.

**Aufgabe 2, Halbleiter (ca. 15 Punkte)**

- 2.1 Ein undotiertes Halbleiterplättchen ist zwischen zwei Metallkontakten mit einer Querschnittsfläche von  $A = 2 \text{ mm}^2$  eingespannt. Für das Halbleitermaterial gilt  $n_i = 1,0 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$  bei  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Berechnen Sie den spezifischen Widerstand  $\rho$  sowie den ohmschen Widerstand  $R$  des Halbleiterplättchens.

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

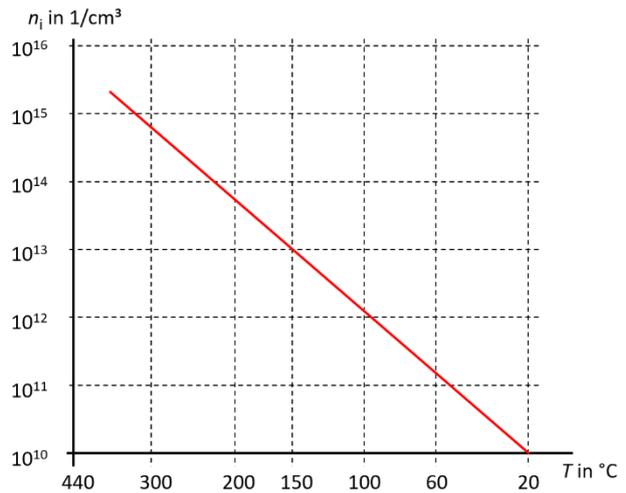


- 2.2 An die beiden Metallkontakte ist eine Spannung von  $U = 5 \text{ V}$  angeschlossen. Berechnen Sie die Leistung  $P_{\text{verl}}$ , die aufgrund des fließenden Stroms vom Halbleiterplättchen als Wärme abgegeben wird? (Hinweis: Es gilt weiterhin  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .)
- 2.3 Das Halbleiterplättchen wird mit einem Donator der Dichte  $N_D = 1,0 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  dotiert. Wie groß sind nun der spezifische Widerstand  $\rho$  und der ohmsche Widerstand  $R$  bei  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ? (Hinweis: Die Minoritätsträger dürfen in diesem Unterpunkt vernachlässigt werden.)

- 2.4 Das nebenstehende Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Temperatur  $T$  und Eigenleitungsdichte des Halbleiters (Achtung: Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$ , Achsen sind nicht linear!).

Das dotierte Halbleiterplättchen aus Unterpunkt 2.3 ( $N_D = 1,0 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ) wird auf  $T = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$  erhitzt. Wie groß ist nun seine Eigenleitungsdichte?

Wie groß ist bei  $T = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$  die Dichte der freien Elektronen im Halbleiterplättchen?  
Wie groß ist die Löcherdichte?

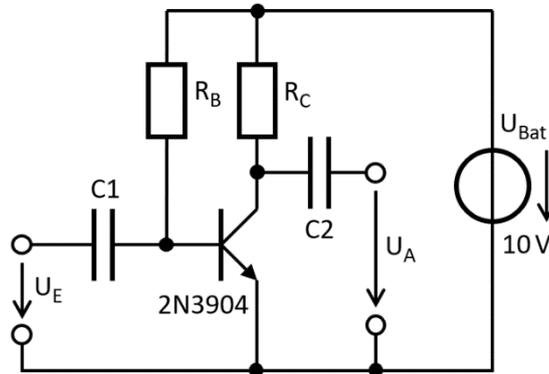


- 2.5 In Unterpunkt 2.4 zeigt sich: Wenn die Temperatur auf  $T = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$  erhöht wird, dann steigt  $p_0$  stark an. Kann  $p_0$  durch weitere Erhöhung der Temperatur sogar größer als  $n_0$  werden? Falls ja, bei welcher Temperatur ist dies der Fall? (Kurze Begründung!)

- 2.6. Warum sinkt die Eigenleitungsdichte ab, wenn die Temperatur wieder auf  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  fällt? (Kurze Begründung)?

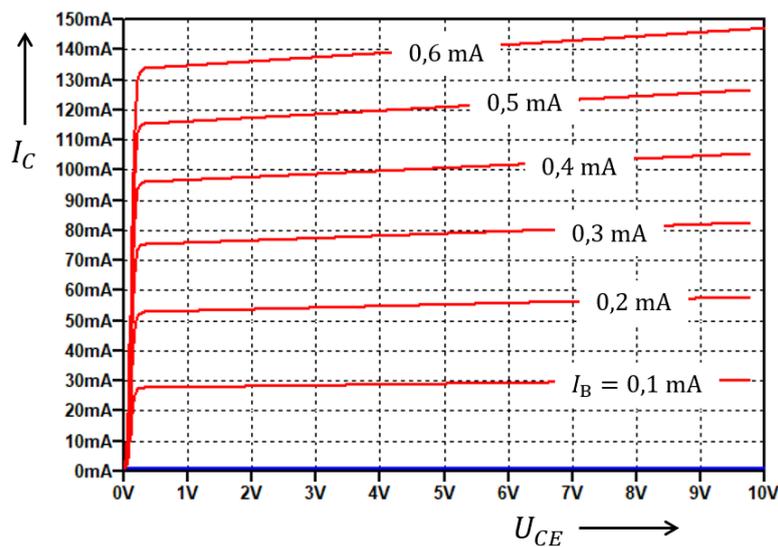
**Aufgabe 3, Transistor (ca. 15 Punkte)**

Der Transistor des Typs 2N3904 in der abgebildeten Verstärkerschaltung wird bei einer Temperatur von  $T = 350\text{ K}$  betrieben. Im Arbeitspunkt ( $U_{CE,AP} = 0,5 \cdot U_{Bat}$ ) wird am Transistor eine Verlustleistung von  $0,275\text{ W}$  umgesetzt.



3.1. Berechnen Sie die Größe des Widerstands  $R_C$ .

3.2. Zeichnen Sie Arbeitsgerade und Arbeitspunkt ins Ausgangskennlinienfeld des Transistors.



3.3. Berechnen Sie die Größe des Widerstands  $R_B$ . (Hinweis: Für die Basis-Emitter-Spannung des Transistors nehmen Sie bitte einen typischen Wert an.)

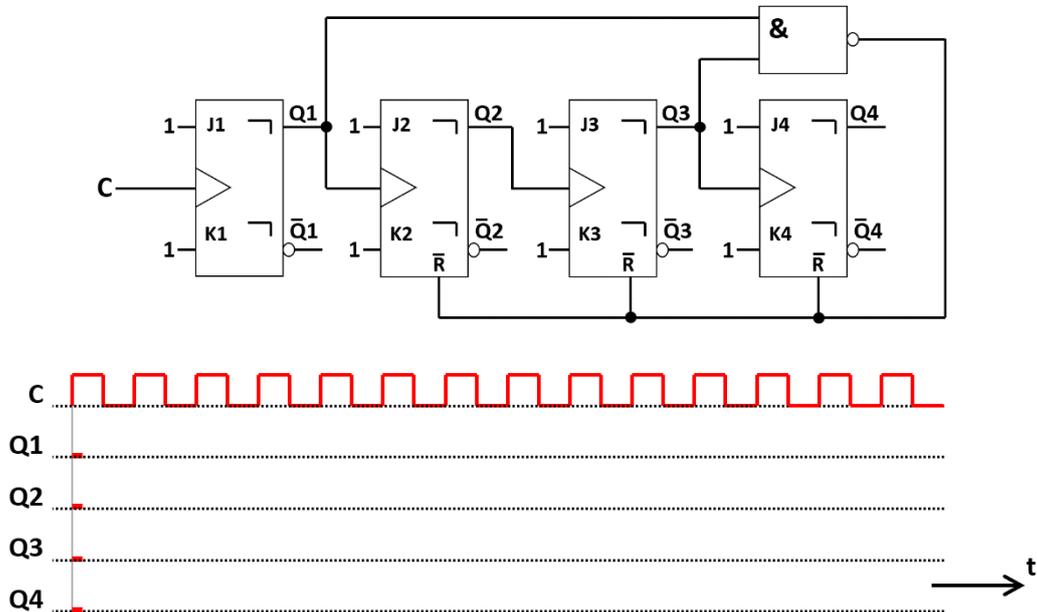
3.4. Ermitteln Sie die Kleinsignalverstärkung  $\beta$  aus dem Ausgangskennlinienfeld des Transistors.

3.5. Wie groß ist die Leerlaufverstärkung des abgebildeten Wechselspannungsverstärkers?

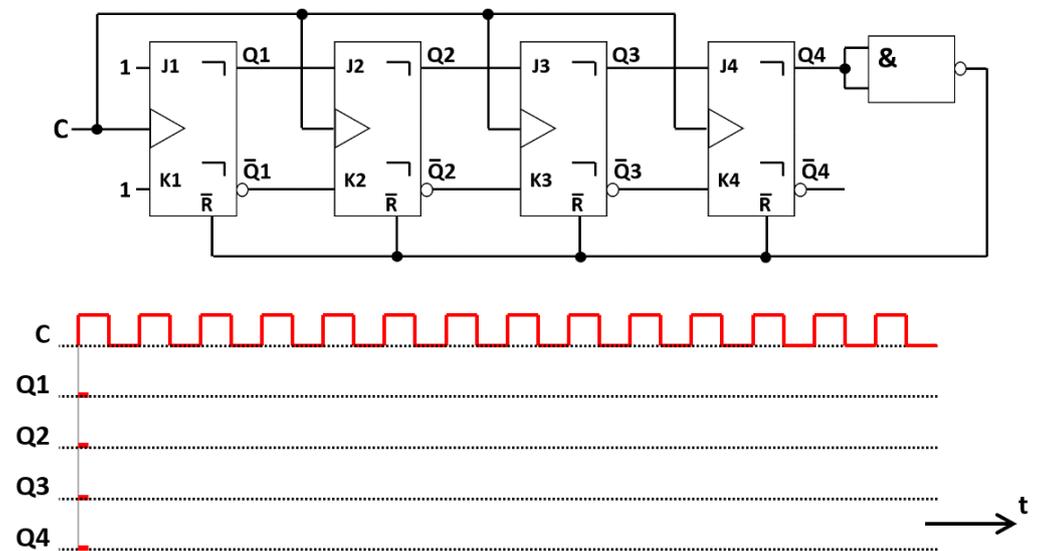
3.6. Am Ausgang des Wechselspannungsverstärkers ( $U_A$ ) soll ein kleiner Lautsprecher angeschlossen werden. Wozu dient in diesem Zusammenhang der Kondensator C2?

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

4.1. Gegeben ist die folgende Schaltung aus positiv flankengetriggerten JK-Master-Slave-Flipflops. Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe der Signale Q1, Q2, Q3, Q4 in das vorbereitete Diagramm.



4.2. Zeichnen Sie auch für die zweite Digitalschaltung die zeitlichen Verläufe der Signale Q1, Q2, Q3, Q4 in das vorbereitete Diagramm.



4.3. Markieren Sie in beiden Diagrammen (Unterpunkte 4.1 und 4.2) die Zeitpunkte, wann die Flipflops zurückgesetzt werden (Eingänge  $\bar{R}$  auf null).