

Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2025 <b>Angewandte Elektronik</b>	Prof. Küpper
Zugelassene Hilfsmittel: alle eigenen, Taschenrechner	Matr.-Nr.:  Hörsaal:	Name, Vorname:  Unterschrift:

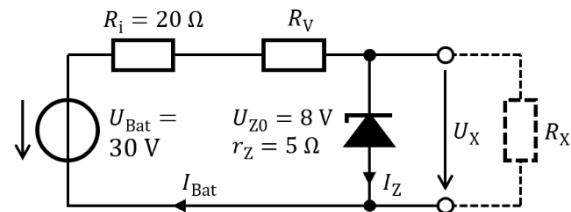
**Viel Erfolg!!**

A	1	2	3	4	5	Σ
P						

### Aufgabe 1 (Z-Diode, ca. 12 Punkte)

Die Ausgangsspannung  $U_X$  soll mit einer Z-Diode stabilisiert werden. Folgende Daten sind bekannt:

- Reale Spannungsquelle  $U_{\text{Bat}} = 30 \text{ V}$  mit Innenwiderstand  $R_i = 20 \Omega$ .
- Z-Diode mit  $U_{Z0} = 8 \text{ V}$  und  $r_Z = 5 \Omega$ .



- 1.1 Die Schaltung wird zunächst ohne Lastwiderstand  $R_X$  betrieben. Wie groß muss  $R_V$  sein, damit durch die Z-Diode der maximal zulässige Strom  $I_{Z,\text{max}} = 100 \text{ mA}$  fließt?
  
- 1.2 Wie wird sich der Anschluss eines sehr niederohmigen Lastwiderstands  $R_X$  auf die Funktion der Schaltung auswirken (kurze Begründung, keine Berechnung!)
  
- 1.3 Der Wert des Vorwiderstands ist nun  $R_V = 400 \Omega$ . Berechnen Sie den minimalen Wert von  $R_X$ , bei dem die Ausgangsspannung gerade noch sicher stabilisiert wird. Wie groß sind in diesem Fall  $U_X$  und  $I_{\text{Bat}}$ ? (Tipp: Wählen Sie zunächst einen sinnvollen Wert für  $I_{Z,\text{min}}$ )

- 1.4 Welche Verlustleistung geht im Unterpunkt 1.3 an der Z-Diode als Wärme verloren?

### Aufgabe 2: Halbleiter (ca. 8 Punkte)

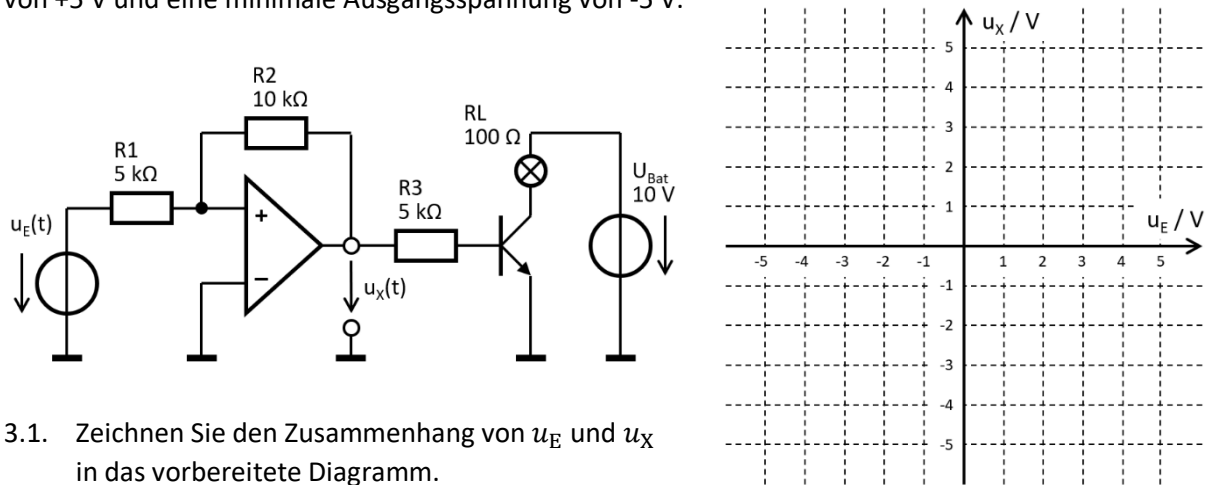
Ein Halbleiterplättchen aus Silizium mit einer Fläche  $A = 0,1 \text{ cm}^2$  und einer Dicke  $d = 1 \text{ mm}$  soll bei einer Stromstärke  $I = 50 \text{ A}$  eine Verlustleistung von  $P = 2 \text{ W}$  aufweisen.

Eigenschaften von Silizium bei  $T = 300 \text{ K}$ :  $W_G = 1,12 \text{ eV}$ ,  $n_i = 1,6 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\mu_n = 1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $E_{Br} = 300.000 \text{ V/cm}$ ,  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$ ,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

- 2.1. Welchen Widerstand  $R$  muss das Plättchen haben? (Ersatzwert:  $1 \text{ m}\Omega$ )
- 2.2. Welche elektrische Leitfähigkeit  $\kappa$  muss es aufweisen? (Ersatzwert:  $10^5 \frac{1}{\Omega\text{m}}$ )
- 2.3. Mit welcher Akzeptordichte muss es dotiert werden, damit die geforderte elektrische Leitfähigkeit bei  $T = 300 \text{ K}$  erreicht wird?
- 2.4. Bei  $T = 300 \text{ K}$  kann davon ausgegangen werden, dass alle Akzeptor-Störstellen ionisiert sind. Wie verändert sich der Widerstand des Halbleiterplättchens qualitativ, wenn die Temperatur darüber hinaus (a) etwas bzw. (b) stark erhöht wird? (Kurze Begründung!)

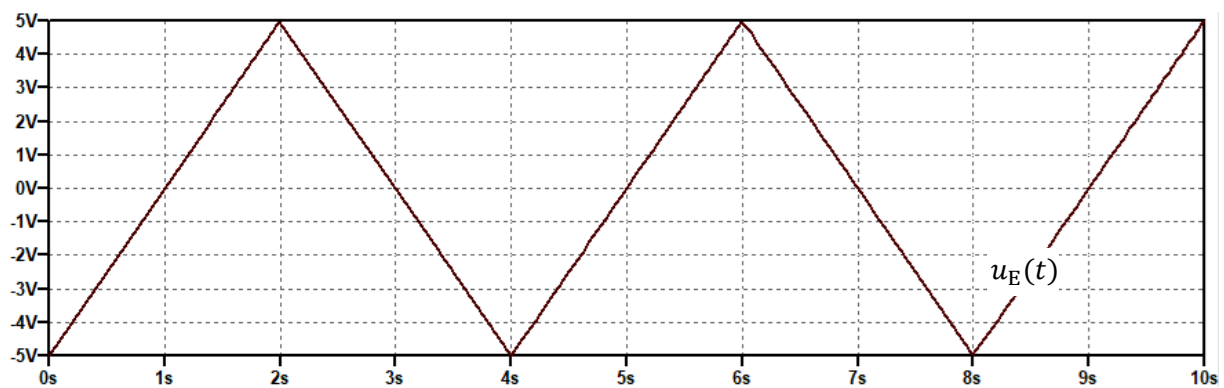
### Aufgabe 3: Operationsverstärker, Transistor (ca. 10 Punkte)

Der ideale Operationsverstärker in der abgebildeten Schaltung hat eine maximale Ausgangsspannung von +5 V und eine minimale Ausgangsspannung von -5 V.



3.1. Zeichnen Sie den Zusammenhang von  $u_E$  und  $u_X$  in das vorbereitete Diagramm.

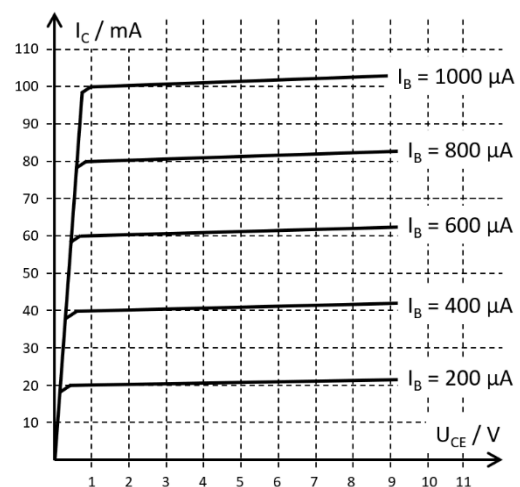
3.2. Die folgende Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung  $u_E(t)$ . Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung  $u_X(t)$  in dasselbe Diagramm.



3.3. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade, die sich aus dem Widerstand  $R_L$  des Lämpchens und der Betriebsspannung  $U_{\text{Bat}}$  ergibt, in das Ausgangskennlinienfeld des Transistors.

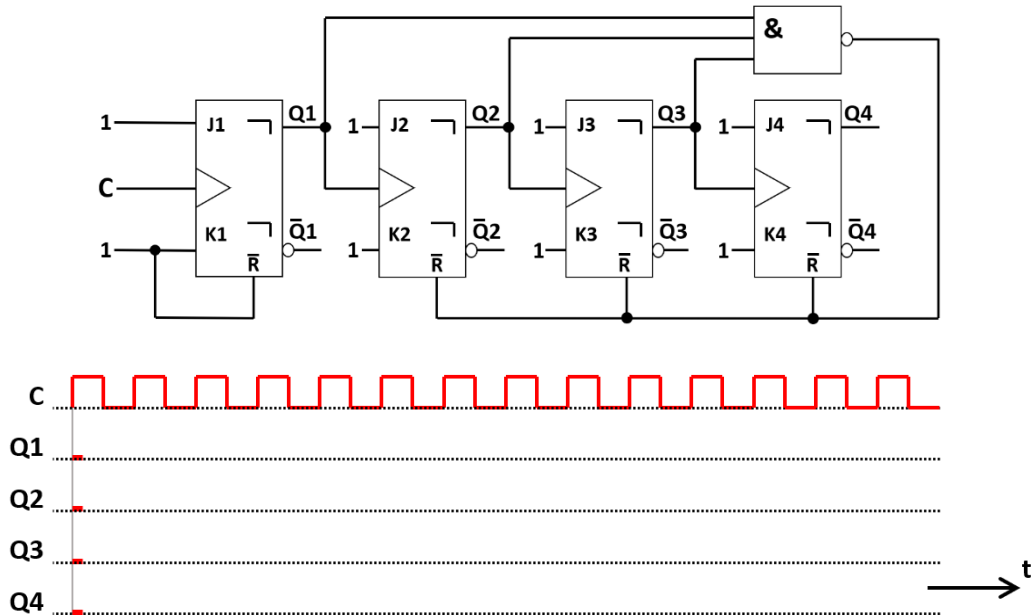
3.4. Welcher Basisstrom fließt bei  $u_{X,1} = +5 \text{ V}$  und  $u_{X,2} = -5 \text{ V}$  in den Transistor? Die Durchlassspannung der „Basis-Emitter-Diode“ ist 0,5 V.

3.5. Welcher Strom fließt durch das Lämpchen bei  $u_{X,1} = +5 \text{ V}$  und bei  $u_{X,2} = -5 \text{ V}$ ? Hinweis: Ergänzen Sie zuerst die fehlende Kennlinie im Ausgangskennlinienfeld des Transistors.

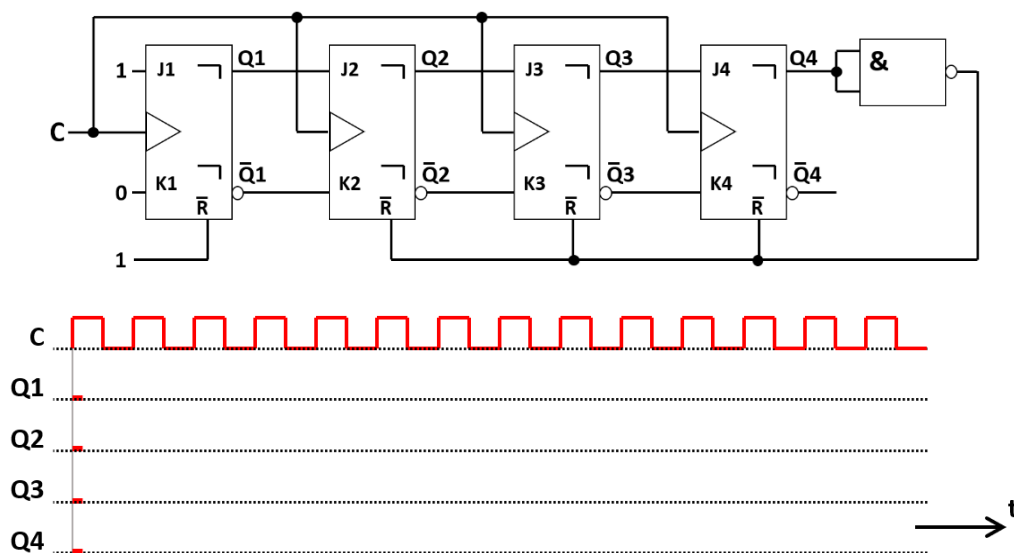


**Aufgabe 4: Digitaltechnik (ca. 15 Punkte)**

- 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. (Tipp: Die Reset-Eingänge funktionieren wie im Praktikum: Um einen Reset durchzuführen, müssen sie auf null gesetzt werden.)



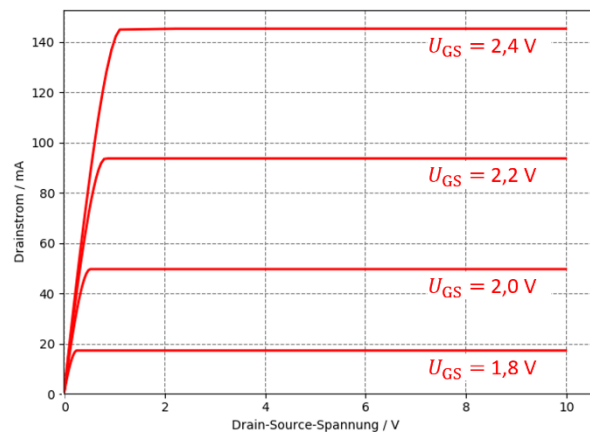
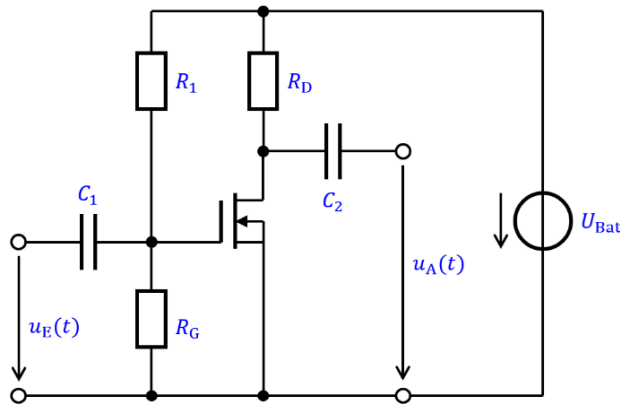
- 4.2. Zeichnen Sie auch für die zweite Digitalschaltung die zeitlichen Verläufe der Signale Q1, Q2, Q3, Q4 in das vorbereitete Diagramm.



- 4.3. Markieren Sie in beiden Diagrammen (Unterpunkte 4.1 und 4.2) die Zeitpunkte, wann die Flipflops 2, 3 und 4 zurückgesetzt werden (Eingänge  $\bar{R}$  auf null).

**Aufgabe 5: MOSFET (ca. 15 Punkte)**

Gegeben ist der folgende MOSFET-Verstärker für Wechselspannung. Die folgenden Daten sind bekannt:  $R_D = 120\ \Omega$ ,  $R_1 = 500\ \text{k}\Omega$ ,  $R_G = 100\ \text{k}\Omega$ ,  $U_{\text{Bat}} = 12\ \text{V}$ .



- 5.1. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade ( $U_{\text{Bat}}$ ,  $R_D$ ) in das Ausgangskennlinienfeld des MOSFETs.
- 5.2. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{\text{GS,AP}}$  des MOSFETs im Arbeitspunkt. Zeichnen Sie auch den Arbeitspunkt in das Ausgangskennlinienfeld.
- 5.3. Lesen Sie aus dem Ausgangskennlinienfeld die Steilheit für den gewählten Arbeitspunkt ab.
- 5.4. Berechnen Sie den (Leerlauf-)Verstärkungsfaktor dieses Verstärkers.

5.5. Welche Aufgabe erfüllt der Kondensator  $C_1$  am Eingang?

5.6. Welche Aufgabe erfüllt der Kondensator  $C_2$  am Ausgang?

5.7. Wie ändert sich das Verhalten des Verstärkers, wenn  $R_D$  erhöht wird? Nennen Sie zwei Veränderungen und begründen Sie diese.

5.8. Warum können die Vorwiderstände  $R_1$  und  $R_G$  im Vergleich zu Verstärkern mit Bipolartransistoren so hochohmig gewählt werden?