

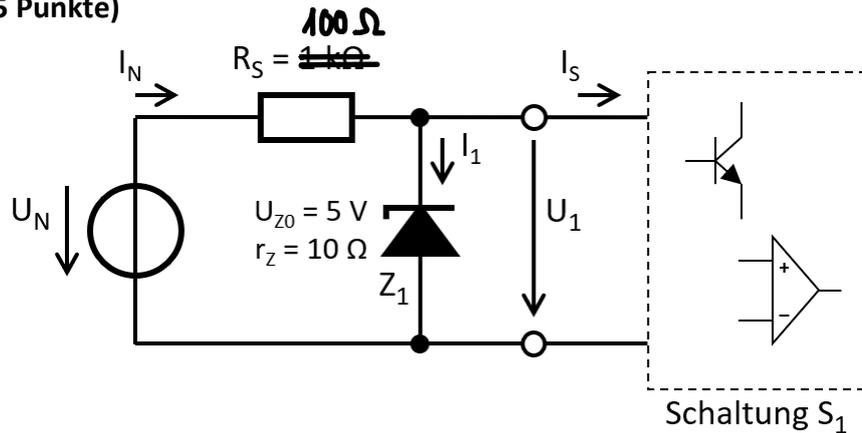
Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2022 Aufgabenteil Elektronik		Prof. Küpper Prof. Hofmann	
Zugelassene Hilfsmittel: eigene Formelsammlung, Taschenrechner	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:		
	Hörsaal:	Unterschrift:		

Viel Erfolg!!

A	1	2	3	4	Σ	N
P			/	/		

Aufgabe 1: z-Diode (ca. 15 Punkte)

Gegeben ist die nebenstehende Schaltung mit einer z-Diode:



- 1.1. Zeichnen Sie die (Durchbruch-)Kennlinie der z-Diode in das vorbereitete Diagramm unten auf dieser Seite.

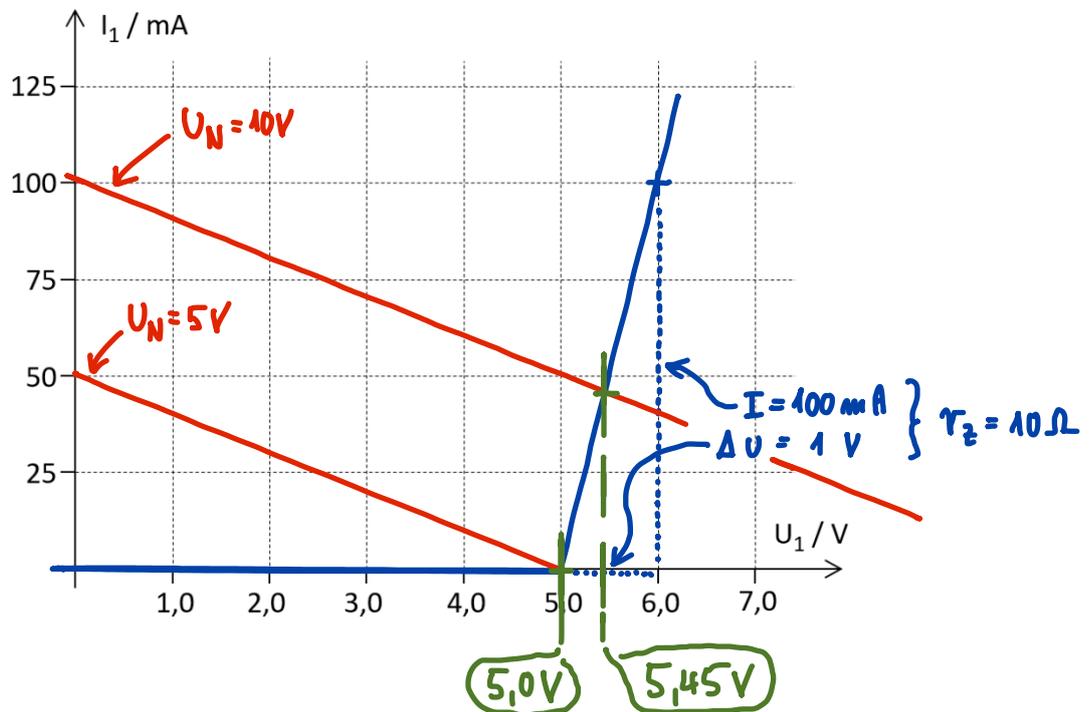
Zunächst ist die Stromaufnahme der Schaltung S₁ sehr gering (I_S = 0 mA).

- 1.2. Zeichnen Sie die Kennlinien (Arbeitsgeraden) der realen Spannungsquelle aus U_N und R_S für die beiden Eingangsspannungen U_{N,a} = 5 V und U_{N,b} = 10 V ebenfalls in das Diagramm.

$I_K = 5V : 100\Omega = 50\text{ mA}$ $I_K = 10V : 100\Omega = 100\text{ mA}$

- 1.3. Welche Spannungen U_{1,a} und U_{1,b} ergeben sich jeweils am Eingang der Schaltung S₁?

abgelesen: $U_{1,a} = 5,0V$ $U_{1,b} = 5,45V$



Die Stromaufnahme der Schaltung S_1 beträgt nun $I_S = 50 \text{ mA}$, die Spannung U_1 am Eingang der Schaltung S_1 beträgt $U_1 = 6 \text{ V}$. \rightarrow z-Diode im Durchbruch!

1.4. Wie groß ist die Spannung U_N in diesem Betriebspunkt?

$$\left. \begin{array}{l} I_A = (6 - 5) \text{ V} : 10 \Omega = 100 \text{ mA} \\ I_S = 50 \text{ mA} \end{array} \right\} I_N = I_A + I_S = 150 \text{ mA}$$

$$\rightarrow U_N = 6 \text{ V} + R_S \cdot I_N = 6 \text{ V} + 100 \Omega \cdot 150 \text{ mA} = 21 \text{ V}$$

1.5. Welche Leistung wird in diesem Betriebspunkt von der z-Diode als Wärme abgegeben.

$$P_z = I_A \cdot U_1 = 100 \text{ mA} \cdot 6 \text{ V} = 0,6 \text{ W}$$

1.6. Beim Aufbau der Schaltung wird die z-Diode versehentlich in umgekehrter Richtung eingebaut (das heißt, Anode und Kathode von Z1 werden versehentlich vertauscht).

Begründen Sie, wie sich die Spannung U_1 sowie ~~die Ströme~~ ^{der Strom} I_N ~~und I_S~~ qualitativ verändern. (Begründung erforderlich, keine Berechnung!)

- U_1 bricht zusammen, weil Z_1 jetzt in Durchlassrichtung eingebaut ist ($U_1 \approx 1 \text{ V}$ o. ä.)
- Die Spannung über dem Widerstand R_S steigt dadurch stark an \rightarrow auch der Strom I_N steigt (nach dem Ohmschen Gesetz) entsprechend an.

1.7. Nennen Sie jeweils zwei Gemeinsamkeiten und zwei Unterschiede von z-Dioden und „normalen“ Gleichrichterioden.

Gemeinsamkeiten:

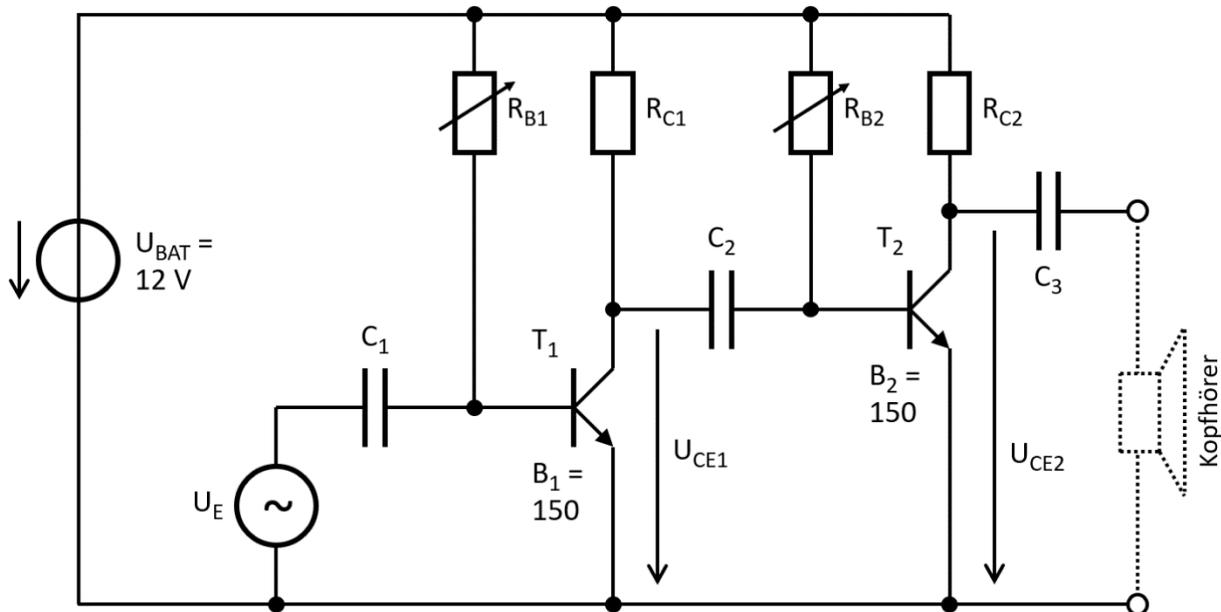
- a) Kein Unterschied im Durchlassbetrieb
- b) pn-Übergang; zwei Anschlüsse: Anode, Kathode

Unterschiede:

- a) Beginn des Durchbruchbereichs ist (nur) bei z-Diode genau im Datenblatt angegeben.
- b) Betrieb im Durchbruch (nur) bei z-Diode zulässig.

Aufgabe 2: Transistor (ca. 15 Punkte)

Die abgebildete Schaltung zeigt einen zweistufigen Verstärker für Wechsellspannungssignale.



Beantworten Sie zunächst einige allgemeine Fragen zu dieser Schaltung.

(Kurze Begründungen erforderlich, aber keine Berechnungen!)

2.1. Wozu ist der Kondensator C_2 erforderlich?

U_{CE1} schwingt um $U_{BAT}/2$, U_{BE2} schwingt um ca. 0,6V
 $\rightarrow C_2$ trennt die unterschiedl. Gleichanteile voneinander.

2.2. Wozu ist der Kondensator C_3 erforderlich?

Ohne C_3 würde der Kopfhörer nicht um seine „Nulllage“ schwingen.

2.3. Der Arbeitspunkt von T_1 wird so eingestellt, dass $U_{CE1} = 6\text{ V}$ ist (es ist noch kein Signal U_E am Eingang des Verstärkers angeschlossen). Nachdem der Verstärker einige Minuten in Betrieb ist, messen Sie nur noch eine Spannung von $U_{CE1} = 5\text{ V}$.

Warum hat sich U_{CE1} nach einigen Minuten „von selbst“ verändert? Durch welche schaltungstechnische Maßnahme könnte man diese Veränderung vermeiden?

- Erwärmung des Transistors $\rightarrow I_C$ steigt $\rightarrow U_{CE}$ sinkt
- Ein Widerstand zw. Emittter und Masse wirkt dieser Veränderung entgegen.

Alle Bauelemente dieser Schaltung werden bei Zimmertemperatur betrieben ($T = 300 \text{ K}$).

Die Stromaufnahme des Kopfhörers kann vernachlässigt werden.

Für die folgenden Unterpunkte gilt: $R_{B1} = R_{B2} = 120 \text{ k}\Omega$

$$U_{BE1} \approx 0,6 \text{ V}$$

2.4. Berechnen Sie die Größe des Basisstroms am Transistor T_1 . Nehmen Sie für die Basis-Emitter-Spannung dieses Transistors einen typischen Wert an.

$$I_{B1} = (12 - 0,6) \text{ V} : 120 \text{ k}\Omega = 95 \mu\text{A}$$

2.5. Welchen Wert muss der Widerstand R_{C1} besitzen, damit die Kollektor-Emitter-Spannung des Transistors T_1 im Arbeitspunkt den Wert $U_{CE1,AP} = 6 \text{ V}$ annimmt.

$$I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1} = 14,25 \text{ mA} \quad R_{C1} = 6 \text{ V} : 14,25 \text{ mA} = 421 \Omega$$

~~2.5.~~ Nehmen Sie an, dass die Kleinsignalverstärkung der beiden Transistoren denselben Wert wie die **2.6.** Großsignalverstärkung besitzt. Welchen Leerlauf-Verstärkungsfaktor v_1 besitzt dann die erste Verstärkerstufe T_1 ? (Ersatzwert: $v_1 = -215$)

$$\beta_1 = \beta_2 = 150 \quad r_{BE1} = \frac{26 \text{ mV}}{95 \mu\text{A}} = 273,7 \Omega \quad v_1 = -\frac{\beta_1}{r_{BE1}} \cdot R_C = -231$$

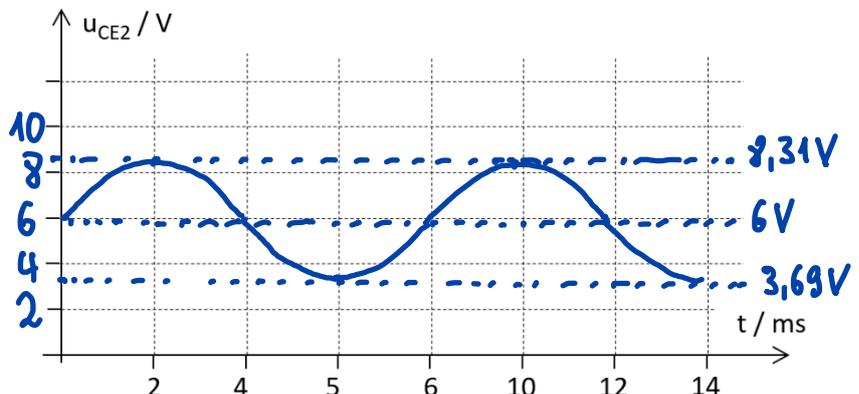
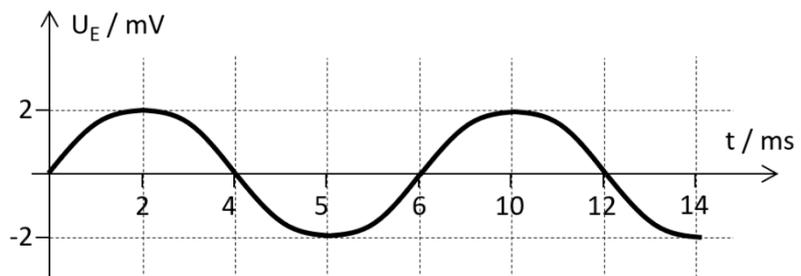
Der Emitter von T_2 ist nun nicht mehr direkt mit Masse verbunden. Stattdessen wird zwischen Emitter und Masse ein „Emitterwiderstand“ eingefügt.

- Dadurch sinkt die Verstärkung der zweiten Stufe auf $v_2 = -5$.

- Im Arbeitspunkt der zweiten Stufe gilt: $U_{CE2,AP} = 6 \text{ V}$

~~2.6.~~ **2.7.** Zeichnen Sie den Verlauf der Spannung u_{CE2} im eingeschwungenen Zustand.

Beschriften Sie die y-Achse mit korrekten Werten!



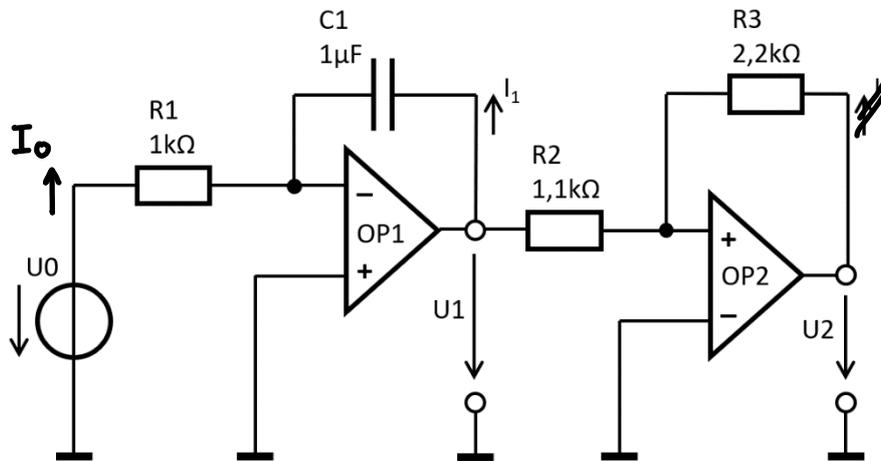
$$v_{ges} = v_1 \cdot v_2 = +1155$$

$$\text{Auslenkung: } 2 \text{ mV} \cdot 1155 = 2,31 \text{ V} \quad (\rightarrow 3,69 \dots 8,31 \text{ V am Ausgang})$$

Aufgabe 3: Operationsverstärker (ca. 15 Punkte)

Für die beiden idealen Operationsverstärker in der abgebildeten Schaltung gilt:

$U_{A,max} = +10\text{ V}$ und $U_{A,min} = -10\text{ V}$



3.1. Welche Funktion hat die erste Operationsverstärkerstufe (OP1)?

(Invertierender) Integrator

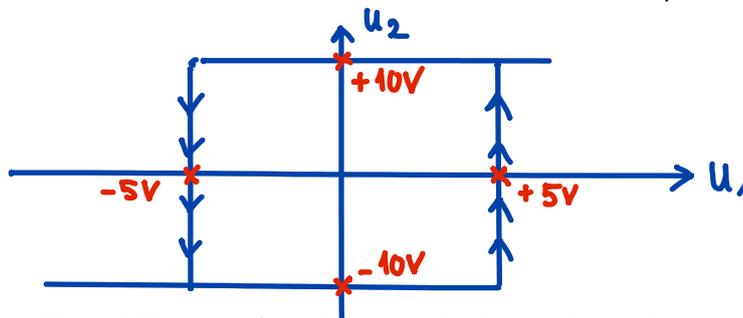
3.2. Geben Sie den Zusammenhang zwischen Eingangsspannung (U_0) und Ausgangsspannung (U_1) der ersten Stufe entweder mit einer Formel oder mit einer passenden Skizze an.

$$u_1(t_0) = - \underbrace{\frac{1}{R_1 C_1}}_{-1000/s} \cdot \int_{t=\emptyset}^{t_0} u_0(t) dt + \underbrace{u_1(t=\emptyset)}_{\text{hier: } -10\text{V}}$$

3.3. Welche Funktion hat die zweite Operationsverstärkerstufe (OP2)?

Komparator mit Hysterese

3.4. Geben Sie den Zusammenhang zwischen Eingangsspannung (U_1) und Ausgangsspannung (U_2) der zweiten Stufe entweder mit einer Formel oder mit einer passenden Skizze an.



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

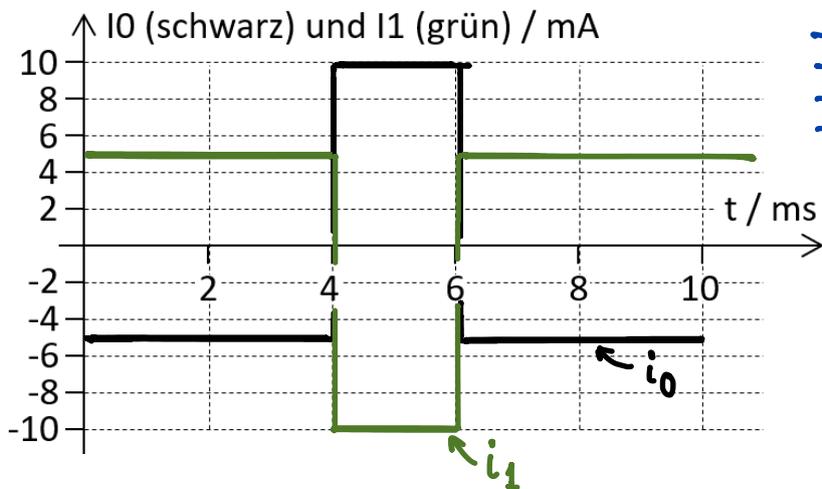
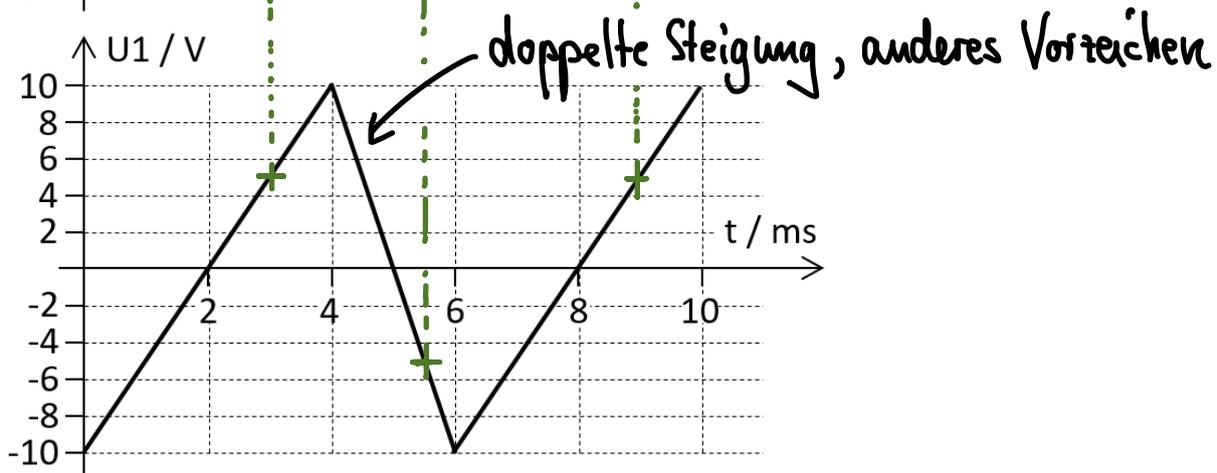
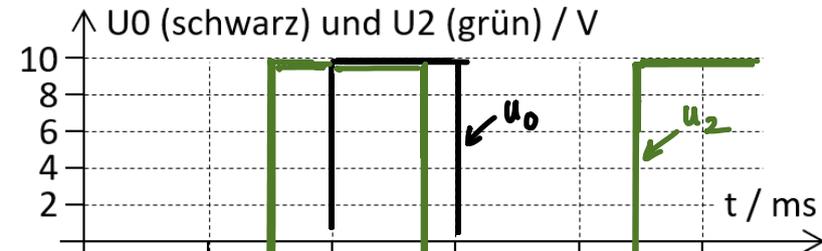
- $\nu_o \rightarrow \infty$
- Eingangsimpedanz $\rightarrow \infty$
- Ausgangswiderstand = \emptyset

3.6. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannungen U_0 (in schwarzer Farbe) und U_2 (grün) in das vorbereitete Diagramm.

3.7. Zeichnen Sie auch den zeitlichen Verlauf der Ströme I_0 (in schwarzer Farbe) und I_1 (grün) in das vorbereitete Diagramm.

$$u_1 = -\frac{1000}{s} \cdot \boxed{\text{Fläche unter } u_0} - 10V$$

 bei $t = 4 \text{ ms}$: $u_1 = 10V = -\frac{1000}{s} \cdot \boxed{0,004s \cdot U_0} - 10V \rightarrow \underline{\underline{U_0 = -5V}}$



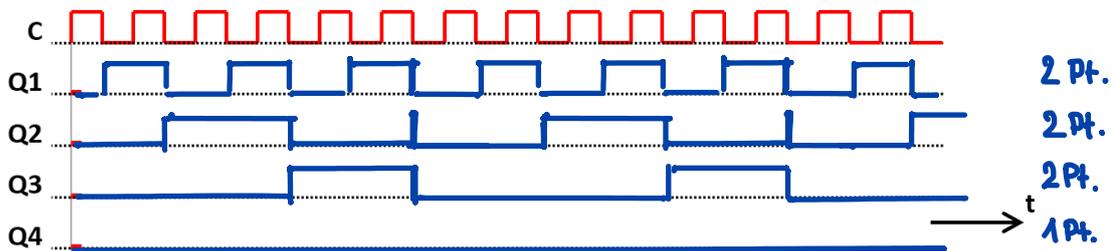
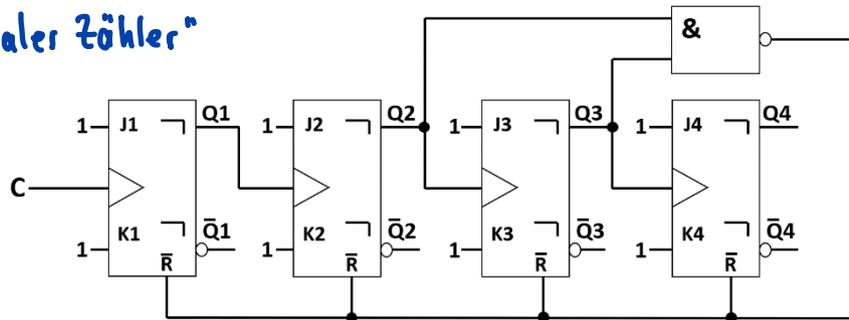
$$I_0 = U_0 / R_1$$

$$I_1 = -I_0$$

Aufgabe 4: Digitaltechnik (ca. 15 Punkte)

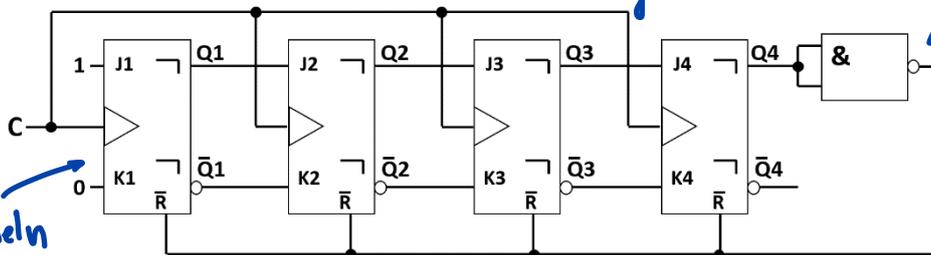
4.1. Gegeben ist die folgende Schaltung aus positiv flankengetriggerten JK-Master-Slave-Flipflops. Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe der Signale Q1, Q2, Q3, Q4 in das vorbereitete Diagramm.

„normaler Zähler“



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

Schieberegister...



Kann nur auf 1 wechseln (wg. K1 = 0)

