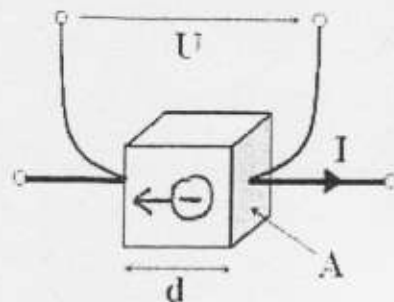


Hochschule München FK 03 Fahrzeugtechnik	Diplomvorprüfung WS 2009/10 Fach: Elektronik, Dauer: 90 Minuten		Prof. Dr.-Ing. Buch Prof. Dr.-Ing. Klein Prof. Dr.-Ing. Küpper
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei Blatt DIN A4 eigene Aufzeichnungen	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:	
	Hörsaal:	Unterschrift:	

	ε					
A	1	2	3	4	5	6
P	15	15	17	13	63	63
	7				11	

**Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)**

Das abgebildete Plättchen aus Silizium der Länge $d = 0,1 \text{ cm}$ und der Fläche $A = 1 \text{ cm}^2$ hat bei Raumtemperatur ($T = 300 \text{ K}$) folgende Eigenschaften: $n_i = 1 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_n = 1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

1.1 Das Halbleiterplättchen ist mit einem Donator dotiert. Bei Raumtemperatur fließt der Strom $I = 10 \text{ mA}$ durch das Plättchen. Es wird die Spannung $U = 46,3 \text{ mV}$ gemessen.

- Wie groß ist der ohmsche Widerstand R des Plättchens?
- Wie groß ist der spezifische Widerstand ρ des Plättchens?
- Welchen Wert hat die Donatordichte N_D ? (Ersatzwert: $N_D = 2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$)
(Hinweis: Der Einfluss der Löcher darf bei der Berechnung vernachlässigt werden.)

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,0463 \text{ V}}{0,01 \text{ A}} = \underline{4,63 \Omega}$$

$$R = \rho \cdot \frac{d}{A} \rightarrow \rho = 4,63 \Omega \cdot 1 \cdot (0,01 \text{ m})^2 / 0,001 \text{ m} = \underline{0,463 \Omega \text{ m}}$$

$$\rho = \frac{1}{e(\mu_n n_0 + \mu_p p_0)} \approx \frac{1}{e \mu_n n_0} \rightarrow n_0 = \frac{\rho}{e \mu_n} = \frac{0,463 \Omega \text{ m} \cdot 0,135 \text{ m}^2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}}{10^{14} \text{ cm}^{-3}}$$

$$N_D = n_0 - p_0 = \underline{10^{14} \text{ cm}^{-3}}$$

$$\rightarrow p_0 = \frac{n_i^2}{n_0} = \underline{10^6 \text{ cm}^{-3}}$$

1.2 Zeichnen Sie die Bewegungsrichtung der Elektronen in die Skizze ein.

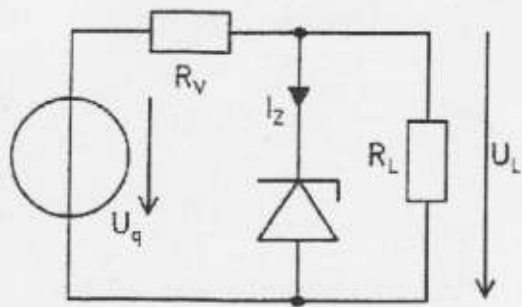
- Handelt es sich bei dem Stromfluss $I = 10 \text{ mA}$ um Driftstrom oder Diffusionsstrom?
- Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich die freien Elektronen?

Bewegung aufgrund el. Feld \rightarrow Driftstrom

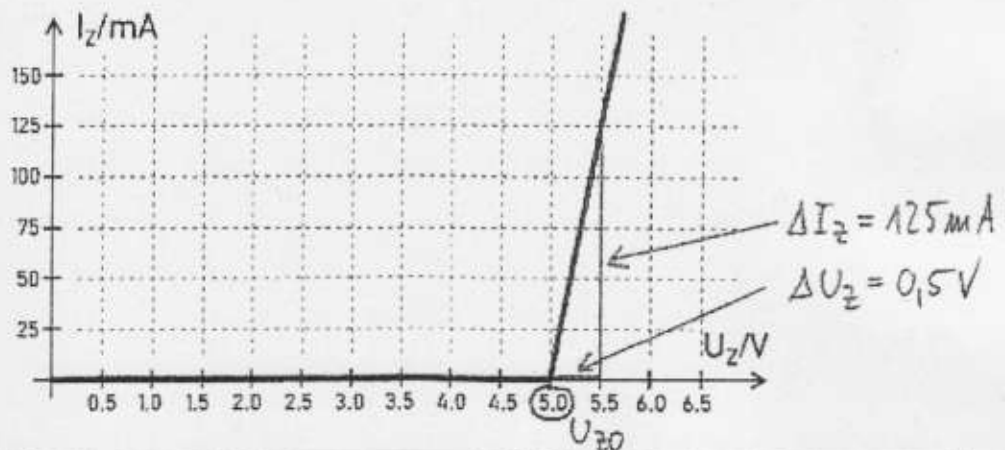
$$\mu_n \cdot E = \mu_n \cdot \frac{U}{d} = v_D = 0,135 \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}} \cdot \frac{0,0463 \text{ V}}{0,001 \text{ m}} = \underline{6,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)

Ein Verbraucher ($R_L = 2 \text{ k}\Omega$) wird von einem Gleichspannungsnetzteil (U_q) mit Strom versorgt. Die zulässige Betriebsspannung des Verbrauchers liegt im Bereich $4,5 \text{ V} < U_L < 5,5 \text{ V}$. Eine Zenerdiode (U_{Z0} , r_Z) mit Vorwiderstand ($R_V = 100 \Omega$) schützt den Verbraucher vor einer Beschädigung durch Überspannung.



- 2.1. Ermitteln Sie aus der Kennlinie die Parameter U_{Z0} und r_Z der eingesetzten Zenerdiode.
(Ersatzwerte: $U_{Z0} = 5 \text{ V}$, $r_Z = 2 \Omega$)



abgelesen: $\underline{U_{Z0} = 5,0 \text{ V}}$

$$r_Z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} = \frac{0,5 \text{ V}}{0,125 \text{ A}} = \underline{4 \Omega}$$

- 2.2. Zunächst hat die Versorgungsspannung den Wert $U_q = 5 \text{ V}$. In welchem Betriebsbereich befindet sich die Zenerdiode?

Durchlassbereich Durchbruchbereich Die Diode sperrt

- 2.3. Wie groß sind für $U_q = 5 \text{ V}$ die Spannung am Verbraucher (U_L), der Diodenstrom (I_Z) und die an der Zenerdiode in Wärme umgesetzte Leistung (P_Z)?

Z-Diode sperrt, spielt daher für die Berechnung von U_L keine Rolle!

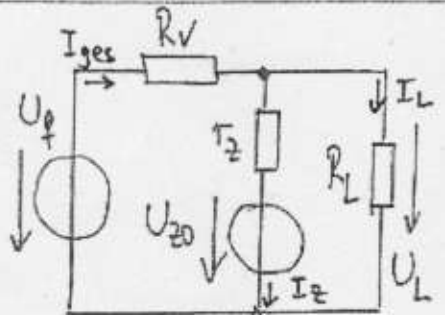
$$\frac{U_q}{R_V + R_L} = \frac{U_L}{R_L} \rightarrow \underline{U_L = 4,76 \text{ V}}$$

Diode sperrt: $I_Z = \underline{0 \text{ mA}} \rightarrow P_Z = \underline{0 \text{ W}}$

- 2.4 Aufgrund einer Fehlfunktion des Gleichspannungsnetzteils verdoppelt sich die Spannung U_q auf den Wert $U_q = 10 \text{ V}$. In welchem Betriebsbereich befindet sich die Zenerdiode nun? ①

Durchlassbereich Durchbruchbereich Die Diode sperrt

- 2.5 Wie groß sind für $U_q = 10 \text{ V}$ die Spannung am Verbraucher (U_L), der Diodenstrom (I_Z) und die an der Zenerdiode in Wärme umgesetzte Leistung (P_Z)?



$$\frac{U_L}{R_L} + \frac{U_L - U_{z0}}{r_z} = \frac{U_q - U_L}{R_V}$$

$$\rightarrow \frac{U_L}{R_L} + \frac{U_L}{r_z} + \frac{U_L}{R_V} = \frac{U_{z0}}{r_z} + \frac{U_q}{R_V}$$

$$\rightarrow U_L = \left(\frac{U_{z0}}{r_z} + \frac{U_q}{R_V} \right) : \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{r_z} + \frac{1}{R_V} \right) = \underline{\underline{5,18 \text{ V}}}$$

$$\rightarrow I_Z = \frac{U_L - U_{z0}}{r_z} = \underline{\underline{45,6 \text{ mA}}}$$

$$\rightarrow P_Z = U_Z \cdot I_Z = 5,18 \text{ V} \cdot 0,0456 \text{ A} = \underline{\underline{0,236 \text{ W}}}$$
⑤

- 2.6 Welchen Wert U_{qmax} darf die Versorgungsspannung maximal annehmen, damit der Verbraucher gerade noch nicht beschädigt wird ($U_{Lmax} = 5,5 \text{ V}$)?

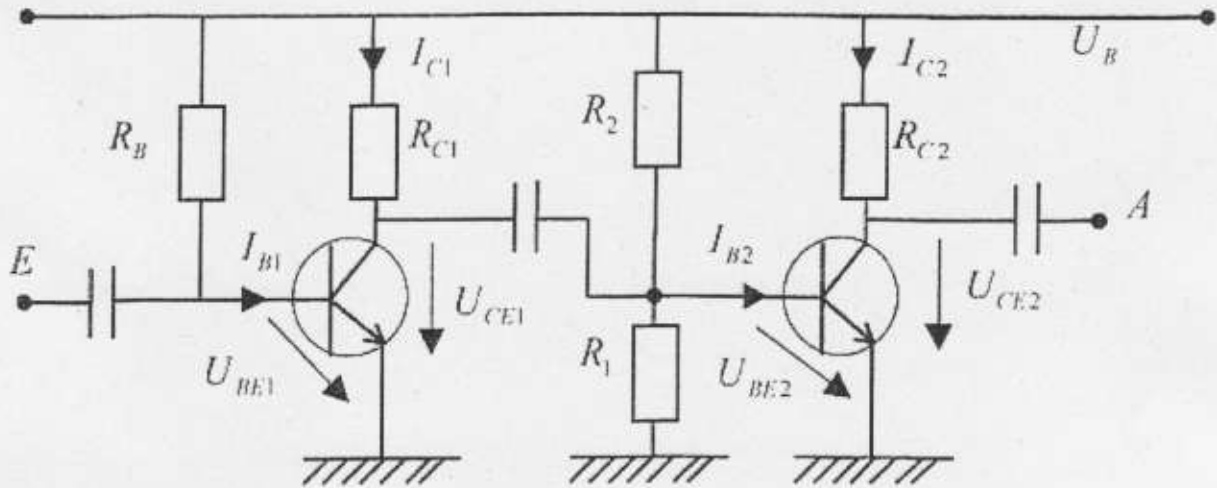
$$\left. \begin{aligned} I_{Lmax} &= \frac{5,5 \text{ V}}{2000 \Omega} = 2,75 \text{ mA} \\ I_{Zmax} &= \frac{5,5 \text{ V} - 5 \text{ V}}{4 \Omega} = 125 \text{ mA} \end{aligned} \right\} I_{ges} = 127,75 \text{ mA}$$

$$\rightarrow U_{qmax} = U_{Lmax} + R_V \cdot I_{ges} = \underline{\underline{18,275 \text{ V}}}$$
③

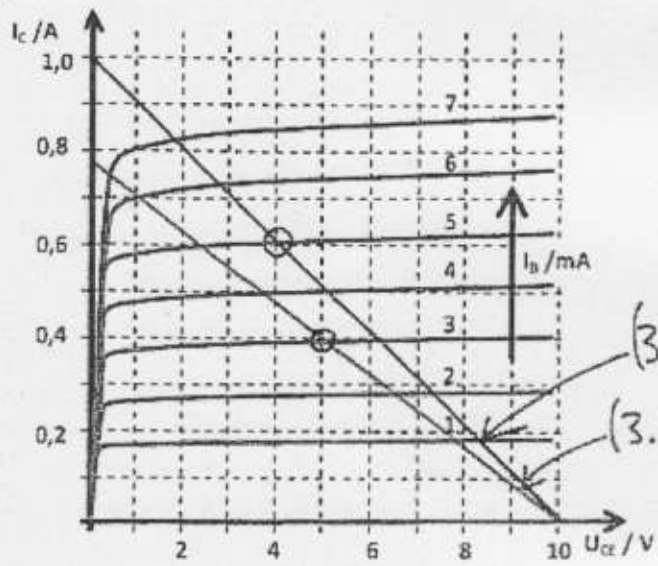
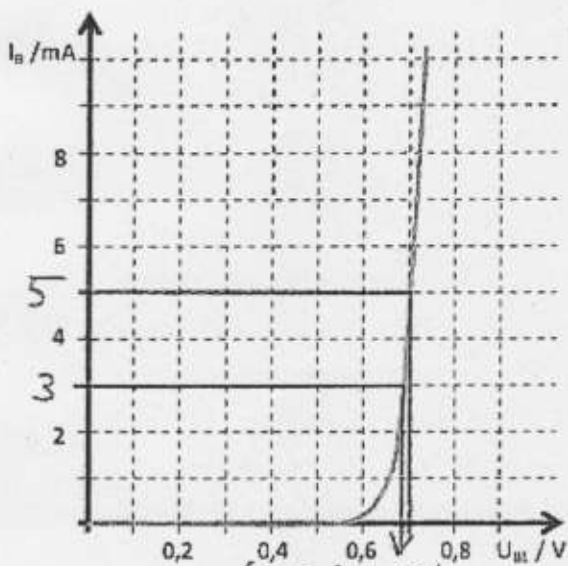
Aufgabe 3 (ca. 17 Punkte)

Gegeben ist die nachstehende Schaltung mit zwei Verstärkerstufen.

Die Betriebsspannung beträgt $U_B = 10\text{ V}$.



Die beiden Transistoren sind identisch und werden durch folgende Kennlinien beschrieben:



3.1 Um welchen Typ von Transistor handelt es sich? (Begründung!)

$I_B > 0, U_{CE} > 0, I_C > 0 \rightarrow$ NPN-Transistor

Das in der Schaltung gezeichnete Symbol ist das Symbol eines NPN-Transistors.

(\rightarrow zwei mögliche Begründungen !!)

①

3.2 Die **Verstärkerstufe 1** hat eine Spannungsverstärkung $v_1 = -216$. Der Kleinsignalverstärkungsfaktor im Arbeitspunkt des ersten Transistors ist $\beta_1 = 110$, der differentielle Widerstand der Basis-Emitterdiode beträgt $r_{BE1} = 6,5 \Omega$.

a) Wie groß ist der Kollektorwiderstand R_{C1} ? (Ersatzwert: $R_{C1} = 16,67 \Omega$)

$$v_1 = -S_1 \cdot R_{C1} \quad \text{mit} \quad S_1 = \beta_1 / r_{BE1} = 16,92 \frac{1}{\Omega}$$

$$\rightarrow R_{C1} = \frac{216}{16,92} \Omega = \underline{\underline{12,8 \Omega}}$$

b) Zeichnen Sie die Arbeitsgerade der ersten Stufe ins Ausgangskennlinienfeld.

c) Wie groß muss I_{B1} sein, damit sich am 1. Transistor eine Kollektor-Emitterspannung $U_{CE1} = 5 \text{ V}$ einstellt? Dimensionieren Sie für diesen Fall den Widerstand R_B .

zu b) Schnitt mit y-Achse bei $\frac{10 \text{ V}}{12,8 \Omega} = 0,78 \text{ A}$

zu c) ablesen $\rightarrow I_{B1} = 3 \text{ mA} \rightarrow$ ablesen $\rightarrow U_{BE1} = 0,69 \text{ V}$

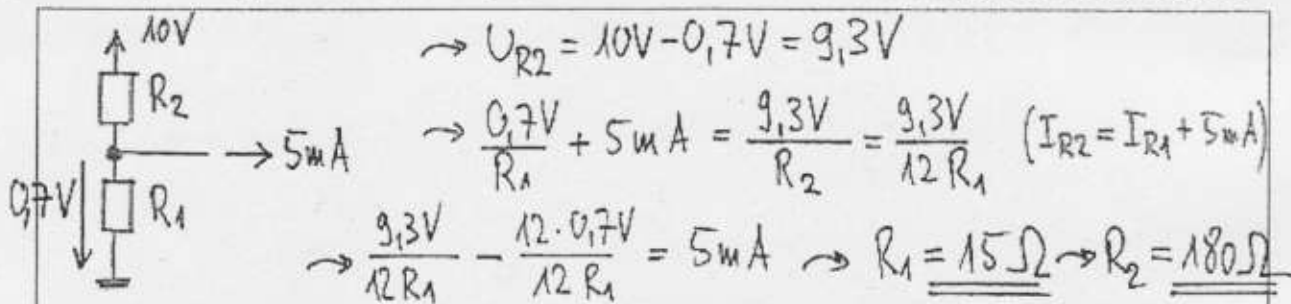
$$R_{B1} = \frac{U_B - U_{BE1}}{I_{B1}} = \frac{10 \text{ V} - 0,69 \text{ V}}{0,003 \text{ A}} = \underline{\underline{3103,3 \Omega}}$$

3.3 Die **Verstärkerstufe 2** wird in ihrem Arbeitspunkt mit einem Basisstrom $I_{B2} = 5 \text{ mA}$ betrieben. R_{C2} beträgt 10Ω , für die Widerstände R_1 und R_2 gilt: $R_2 = 12 R_1$

a) Ermitteln Sie aus der Eingangskennlinie die Spannung U_{BE2} im Arbeitspunkt.

$$\text{ablesen} \rightarrow U_{BE2} = \underline{\underline{0,7 \text{ V}}}$$

b) Wie groß sind R_1 und R_2 ? (Verwenden Sie für die Berechnung keine Näherungen!)



c) Wie groß ist die Spannung U_{CE2} im Arbeitspunkt? Welche Verlustleistung P_2 wird dabei vom zweiten Transistor als Wärme abgegeben?

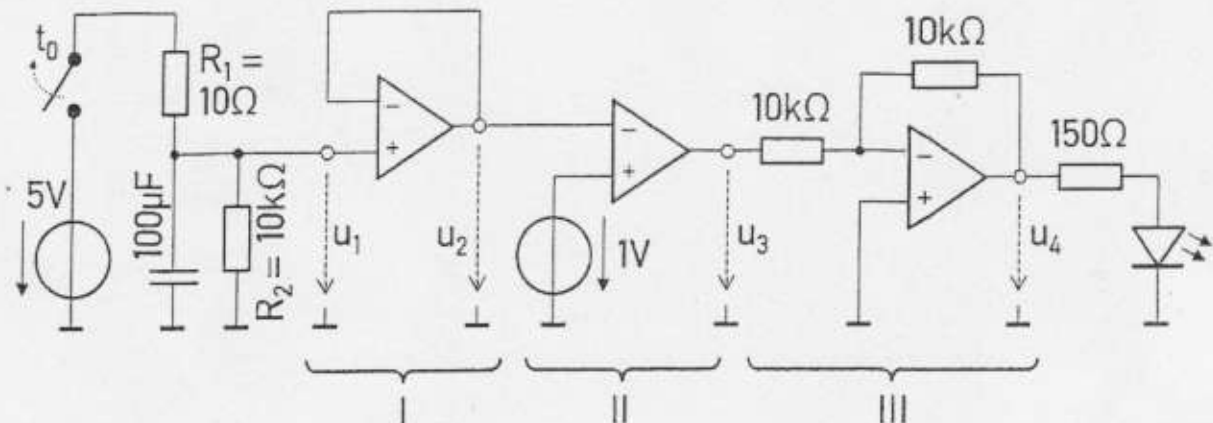
Arbeitsgerade einzeichnen: Schnitt mit y-Achse bei $\frac{10 \text{ V}}{10 \Omega} = 1 \text{ A}$

$$\text{ablesen} \rightarrow \underline{\underline{U_{CE2} = 4 \text{ V}}}$$

$$\rightarrow P_2 = I_{C2} \cdot U_{CE2} = 0,6 \text{ A} \cdot 4 \text{ V} = \underline{\underline{2,4 \text{ W}}}$$

Aufgabe 4 (ca. 13 Punkte)

Eine Leuchtdiode wird durch kurzes Schließen eines (Tast-)Schalters eingeschaltet. Nach dem Loslassen (Öffnen) des Schalters leuchtet sie für eine gewisse Zeit weiter, bevor sie wieder ausgeht. Die Abbildung zeigt die dazu verwendete Verzögerungsschaltung:



Alle Operationsverstärker haben eine maximale Ausgangsspannung von ± 5 V.

Beim Schließen des Schalters wird der Kondensator auf eine Spannung von $u_1 \approx 5$ V aufgeladen. Wird der Schalter zum Zeitpunkt t_0 wieder geöffnet, entlädt sich der Kondensator über den Widerstand R_2 . Während dieses Entladevorgangs verändert sich die Spannung u_1 :

$$u_1(t) = 5V \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \quad \text{mit } \tau = 100\mu\text{F} \cdot 10\text{k}\Omega = 1\text{s}$$

4.1 Geben Sie die genaue Funktion der Teilschaltungen I, II und III an.

- Welcher Zusammenhang besteht jeweils zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung bei jeder der drei Teilschaltungen? (Formel oder Skizze angeben!)

I: Impedanzwandler: $U_2 = U_1$

II: Komparator ohne Hysterese

$$U_3 = +5V \text{ falls } U_2 < 1V$$

$$U_3 = -5V \text{ falls } U_2 > 1V$$

III: invert. Verstärker

$$U_4 = - \frac{10\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega} \cdot U_3 = -U_3$$

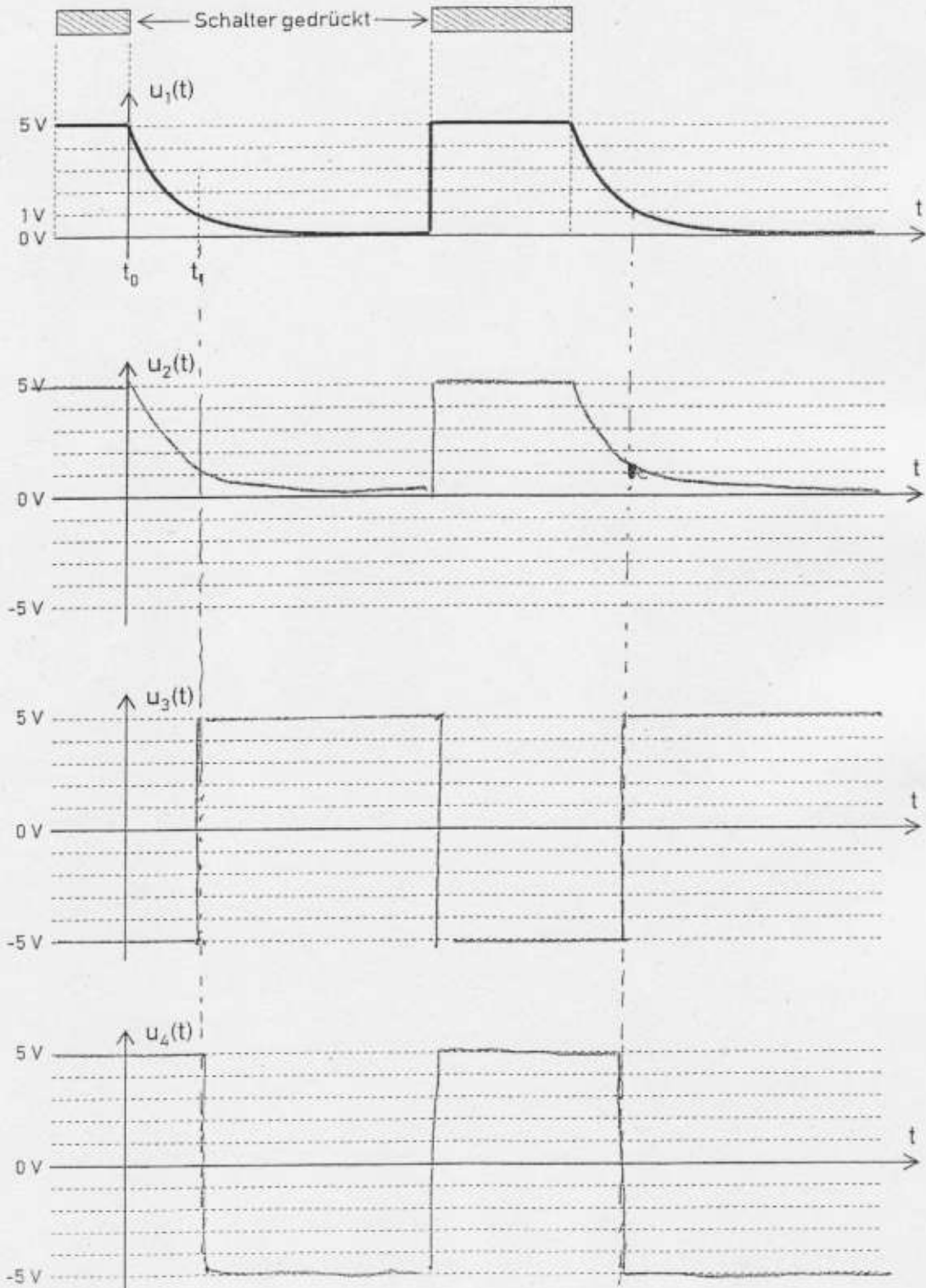
(6)

- 4.2 Der Kondensator ist voll aufgeladen. Zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ s wird der Schalter geöffnet. Zu welchem Zeitpunkt t_1 ist u_1 auf 1 Volt gesunken?

$$U_1(t_1) = 1V = 5V \cdot e^{-t_1/1s} \Rightarrow t_1 = 1,609s$$

1

- 4.3 Zeichnen Sie die Verläufe von u_2 , u_3 und u_4 in das folgende Diagramm.

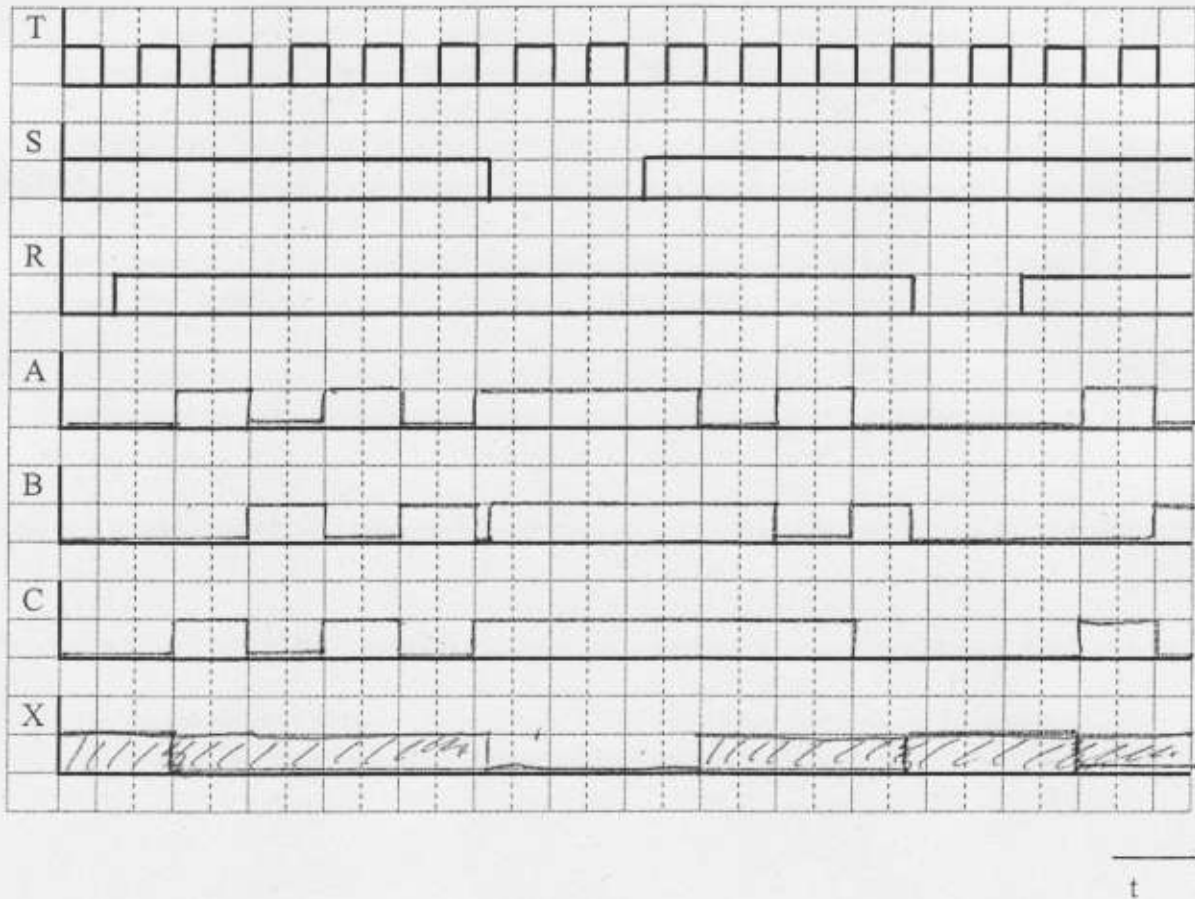
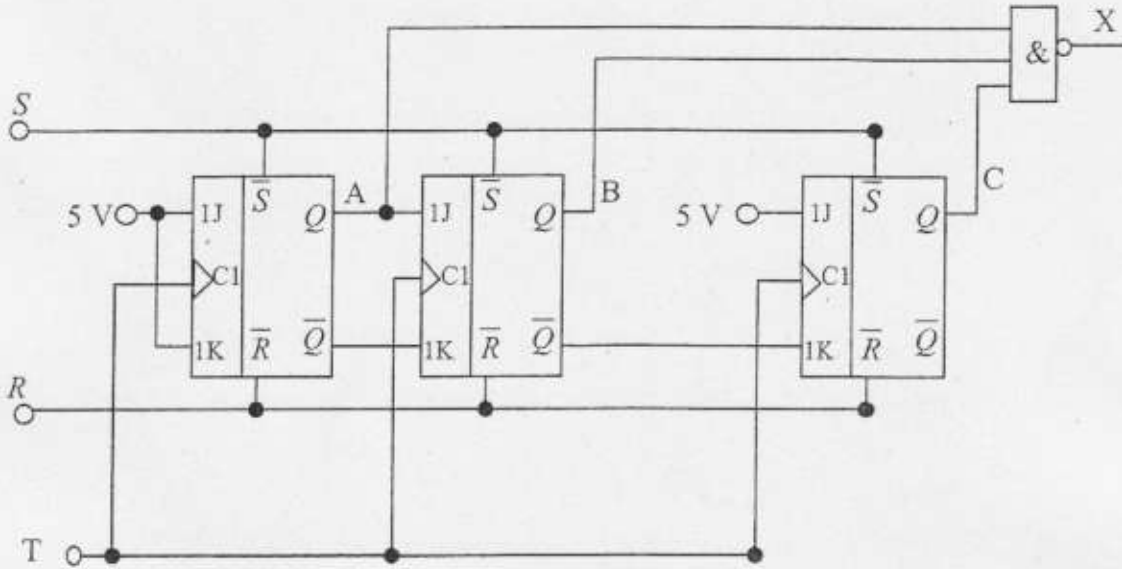


6

----- Viel Erfolg!!! -----

Aufgabe 5 (ca. 11 Punkte)

Vervollständigen Sie für die untenstehende Schaltung die Zeitdiagramme! Bei den Flip Flops handelt es sich um positiv flankengetriggerte Master Slave Flip Flops mit Prioritätseingängen (Aktiv low).



- (3)
- (3)
- (3)
- (2)

----- Viel Erfolg!!! -----