

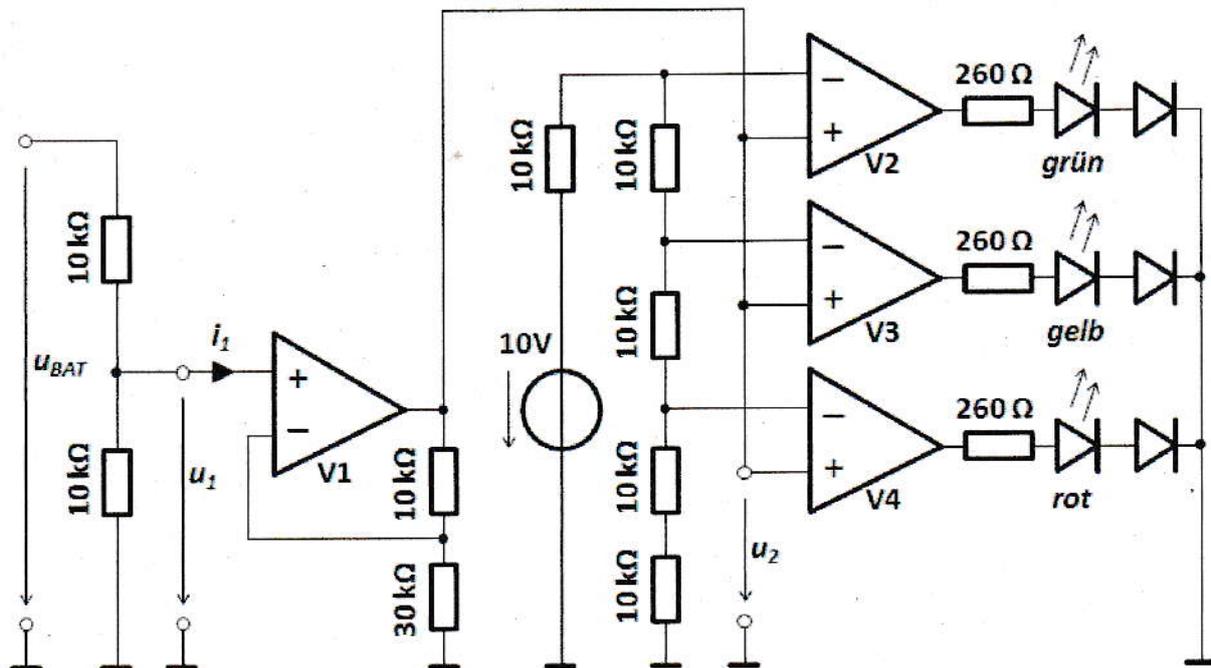
Hochschule München Fakultät 03	Wintersemester 2012/13 Schriftliche Prüfung im Fach Elektronik Dauer: 90 Minuten		J. Gebert, P. Klein, M. Krug, T. Küpper, W. Stadler	
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei DIN-A4-Blätter eigene Aufzeichnungen	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:		
	Hörsaal:	Unterschrift:		

Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)

Die folgende Operationsverstärker-Schaltung zeigt mit drei farbigen Leuchtdioden an, ob der Ladezustand einer Autobatterie korrekt oder zu niedrig ist.

A	1	2	3	4	Σ	N
P	14	15	16	15	60	1,0

Die maximale bzw. minimale Ausgangsspannung der idealen Operationsverstärker beträgt ± 10 Volt.



1.1. Wie groß ist der Strom, der in den nichtinvertierenden Eingang („Plus-Eingang“) von V1 fließt?

idealer OPV $\rightarrow i_1 = 0A$ ✓

(1)

1.2. Geben Sie eine Formel $u_1 = f(u_{BAT})$ an, mit der u_1 aus u_{BAT} berechnet werden kann.

unbelasteter Spannungsteiler $\rightarrow u_1 = u_{BAT} \cdot \frac{1}{2}$ ✓

(2)

1.3. Welche Funktion hat der Operationsverstärker V1?

Der OPV V_1 wird als nichtinvertierender Verstärker eingesetzt.

(1)

- 1.4. Geben Sie eine Formel $u_2 = f(u_{BAT})$ an, mit der u_2 aus u_{BAT} berechnet werden kann.

$$u_2 = u_1 \cdot \left(1 + \frac{10}{30}\right) = 1,33 \cdot u_1 \quad \checkmark, \quad \text{mit } u_1 = \frac{u_{BAT}}{2}$$

$$\rightarrow \underline{u_2 = 0,667 \cdot u_{BAT}} \quad \checkmark$$

(2)

- 1.5. Welche konstanten Spannungen liegen an den nichtinvertierenden Eingängen („Plus-Eingänge“) der Verstärker V2, V3 und V4 gegenüber Masse an?

Durch den Spg.-Teiler aus fünf $10\text{ k}\Omega$ -Widerständen wird die feste Spg. von 10 V in gleich große Teile von jeweils 2 V unterteilt.

$$\rightarrow \underline{V_4: 4\text{ V}}, \quad \underline{V_3: 6\text{ V}}, \quad \underline{V_2: 8\text{ V}} \quad \checkmark$$

(3)

- 1.6. Welche Funktion haben die Verstärker V2, V3 und V4?

Einfache Komparatoren (ohne Hysterese). \checkmark

(1)

- 1.7. Welche Leuchtdioden leuchten, wenn die Batteriespannung $u_{BAT} = 10\text{ Volt}$ beträgt?

$$u_2 = 0,667 \cdot 10\text{ V} = 6,67\text{ V} \quad \checkmark$$

$$\rightarrow u_2 > 4\text{ V} \quad \text{und} \quad u_2 > 6\text{ V} \quad \checkmark$$

$$\rightarrow \underline{\text{rote und gelbe LED leuchten.}}$$

(2)

- 1.8. Welcher Strom fließt in diesem Fall durch die gelbe Leuchtdiode?
(Daten der Leuchtdiode: $U_S = 2\text{ V}$, $r_f = 10\Omega$; Daten der Gleichrichterdiode: $U_S = 1\text{ V}$, $r_f = 10\Omega$)

$$I_{LED} = \frac{10\text{ V} - 2\text{ V} - 1\text{ V}}{(260 + 10 + 10)\Omega} = \underline{25\text{ mA}} \quad \checkmark$$

(2)

- 1.9. ~~Wie groß muss die Batteriespannung u_{BAT} mindestens sein, damit alle Leuchtdioden leuchten?~~

~~V_2 muss einschalten $\rightarrow u_2 = 8\text{ V}$~~

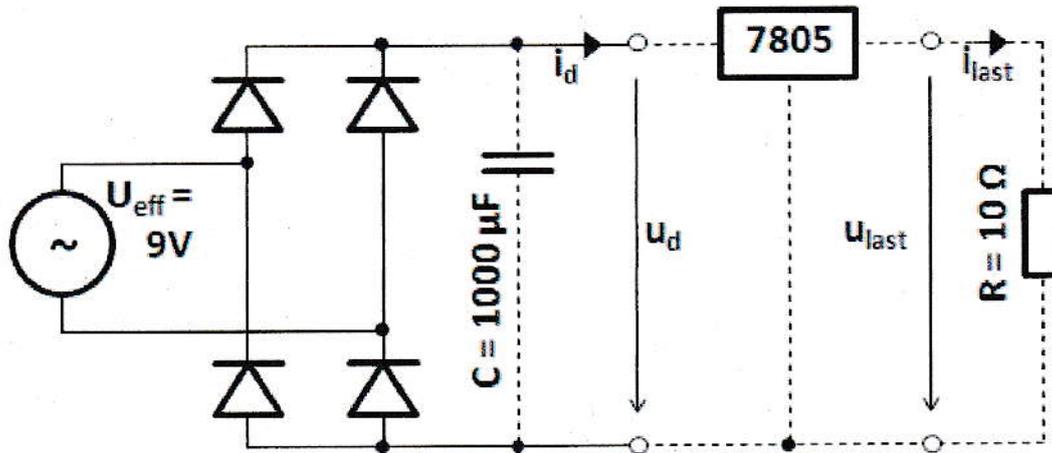
~~$\rightarrow u_{BAT} = \frac{8\text{ V}}{0,667} = \underline{12\text{ V}}$~~

Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)

Die folgende Schaltung mit idealen Dioden dient dazu, eine Wechselspannung ($U_{\text{eff}} = 9\text{V}$) mit einer Frequenz $f = 60\text{ Hz}$ (!!) gleichzurichten und mit einem Kondensator $C = 1000\mu\text{F}$ zu glätten.

Die geglättete Spannung u_d wird dann von einem integrierten Spannungsregler (Schaltkreis „7805“) auf eine konstante Spannung $u_{\text{last}} = 5\text{V}$ herabgesetzt. An der Spannung u_{last} ist ein Verbraucherwiderstand von 10 Ohm angeschlossen.

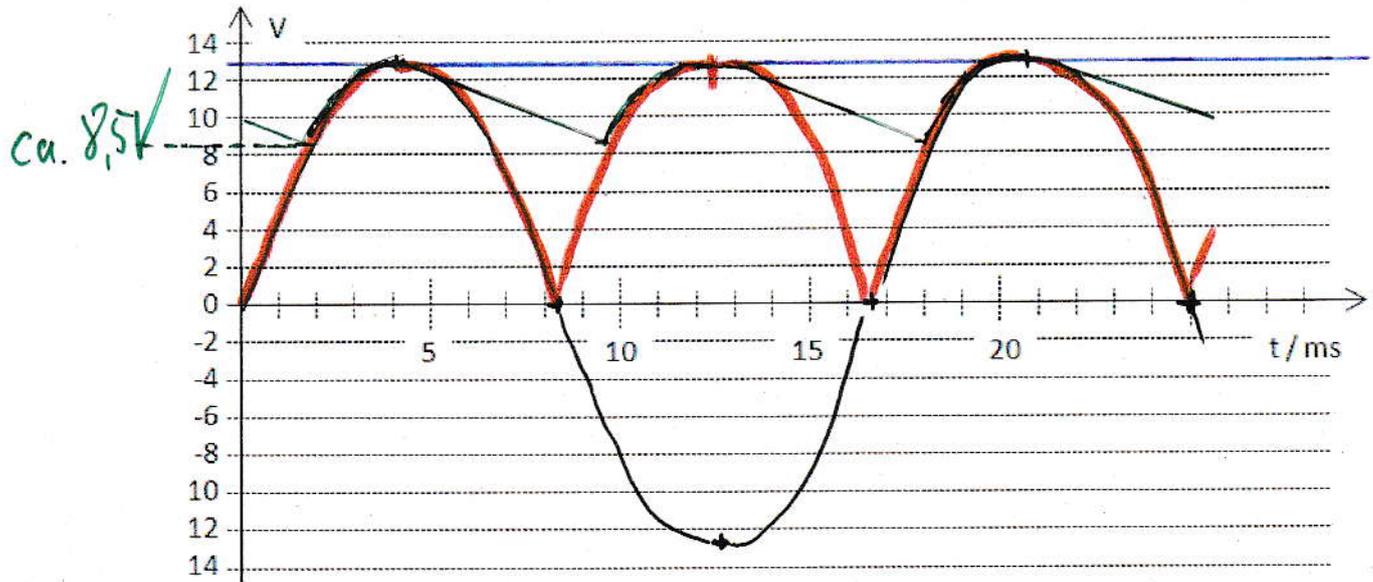
(Der integrierte Spannungsregler hat im Vergleich zu einer Spannungsstabilisierungsschaltung mittels Zenerdiode einen besseren Wirkungsgrad. Außerdem sind die Schwankungen der Ausgangsspannung u_{last} deutlich geringer.)



Zunächst sind sowohl der Kondensator C, der Spannungsregler „7805“ als auch der Verbraucher R nicht angeschlossen!

$(9\text{V} \cdot \sqrt{2} = 12,7\text{V} \text{ Spitzenwert})$

2.1. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Eingangs-Wechselspannung (in schwarz) und der Spannung u_d (in rot) in das folgende Diagramm.



2.2. Nun wird der Kondensator C angeschlossen (aber noch nicht der Spannungsregler „7805“ und der Verbraucher R). Zeichnen Sie in das Diagramm den Verlauf der Spannung $u_{d,\text{mit}}$ (in blau), die sich jetzt am Ausgang des Gleichrichters ergibt. Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass sich die Schaltung bereits im eingeschwungenen Zustand befindet.

- 2.3. Nun werden auch der Spannungsregler „7805“ und der Verbraucherwiderstand R angeschlossen. Am Ausgang des Gleichrichters fließt dadurch ein (nahezu) konstanter Strom $I_d = 505 \text{ mA}$.
Wie groß ist die Ladung ΔQ , die vom Kondensator während der Entladezeit abgegeben wird? (Tipp: Überlegen Sie zunächst, wie lange die Entladezeit dauert. Gehen Sie davon aus, dass die Aufladezeit so kurz ist, dass sie im Vergleich zur Entladezeit vernachlässigt werden darf.)

$$\Delta t_{\text{ent}} \approx \frac{T}{2} = 8,33 \text{ ms} \quad \checkmark$$

$$\rightarrow \Delta Q = I_d \cdot \Delta t_{\text{ent}} = \underline{\underline{4,208 \text{ mAs}}} \quad \checkmark$$

(2)

- 2.4. Wie groß ist die Spannungsschwankung Δu_d (bei einem Strom $I_d = 505 \text{ mA}$)?

$$\Delta u_d = \frac{\Delta Q}{C} = \underline{\underline{4,208 \text{ V}}} \quad \checkmark$$

(1)

- 2.5. Zeichnen Sie den Verlauf der Spannung $u_{d,\text{last}}$ in das Diagramm (in grün). Hinweis: Es gilt weiterhin die Spannungsschwankung Δu_d aus Unterpunkt 2.4.
- 2.6. Im Datenblatt des Spannungsreglers „7805“ steht, dass die Spannung u_d an seinem Eingang nicht unter 7,5 Volt sinken darf. Begründen Sie, ob der Spannungsregler in der vorliegenden Schaltung eingesetzt werden kann oder nicht (Stichworte genügen).

Spg. am Eingang des Reglers sinkt auf ca. 8,5V ab. Dies ist größer als 7,5V \rightarrow okay!

(2)

- 2.7. Welcher Strom I_{last} fließt durch den Verbraucherwiderstand R? Welche Leistung P_{last} wird am Widerstand R in Wärme umgesetzt?

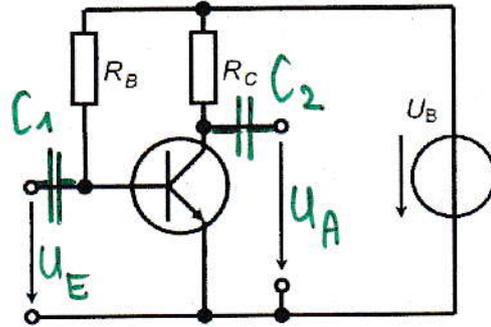
$$I_{\text{last}} = \frac{5 \text{ V}}{10 \Omega} = \underline{\underline{500 \text{ mA}}} \quad \checkmark$$

$$P_{\text{last}} = \frac{5 \text{ V}^2}{10 \Omega} = \underline{\underline{2,5 \text{ W}}} \quad \checkmark$$

(2)

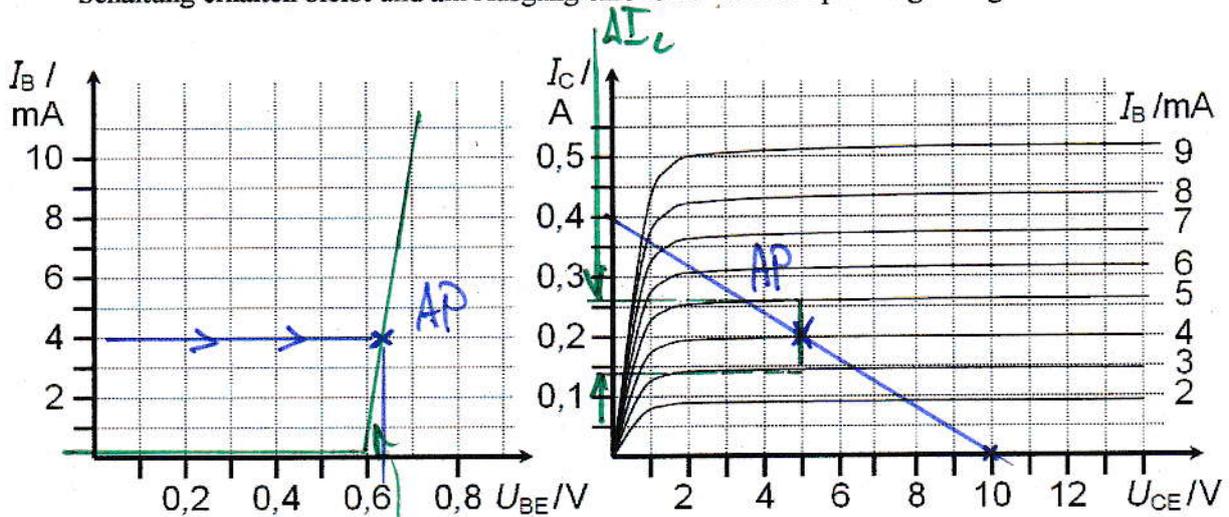
Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)

In der dargestellten Verstärkerschaltung ist ein Transistor mit dem abgebildeten Ausgangskennlinienfeld eingesetzt. Die Versorgungsspannung beträgt $U_B = 10\text{ V}$. Der Arbeitspunkt soll so gelegt werden, dass am Kollektorwiderstand gerade $U_B/2$ abfällt und am Transistor eine Verlustleistung von 1 W in Wärme umgesetzt wird. Für die Basis-Emitter-Diode des Transistors gilt: $r_{BE} = 10\ \Omega$, Schwellenspannung $U_S = 0,6\text{ V}$.



- 3.1. An die Verstärkerschaltung wird eine Eingangsspannung u_E mit rein sinusförmigem Verlauf (ohne Gleichanteil) angeschlossen. Am Ausgang soll eine reine Wechselspannung u_A (ohne Gleichanteil) abgegriffen werden.

Zeichnen Sie die Eingangsspannung u_E und die Ausgangsspannung u_A in die Schaltung. Ergänzen Sie außerdem die Schaltung **mit zusätzlichen Bauelementen** so, dass der Arbeitspunkt der Schaltung erhalten bleibt und am Ausgang eine reine Wechselspannung anliegt. ②



- 3.2. Zeichnen Sie die Eingangskennlinie $I_B(U_{BE})$ des Transistors in das Diagramm ein. ②
 3.3. Zeichnen Sie zunächst den Arbeitspunkt und dann die Arbeitsgerade in das Ausgangskennlinienfeld des Transistors. ① + ②

(Platz für Nebenrechnungen:)

$$r_{BE} = 10\ \Omega = \frac{0,1\text{ V}}{0,01\text{ A}}$$

$$AP: 5\text{ V} \cdot I_C = 1\text{ W} \rightarrow \underline{I_C = 0,2\text{ A}}$$

- 3.4. Welche Größe muss der Kollektorwiderstand R_C für diesen Arbeitspunkt besitzen? ①

$$R_C = \frac{5\text{ V}}{0,2\text{ A}} = \underline{25\ \Omega} \checkmark$$

- 3.5. Zeichnen Sie den Arbeitspunkt in die Eingangskennlinie des Transistors. Wie groß ist der Basisstrom I_B im Arbeitspunkt? Wie groß ist die Spannung U_{BE} im Arbeitspunkt?

$$\text{ableesen: } I_B = \underline{4 \text{ mA}} \rightarrow \text{Eingangskennl.: } U_{BE} \approx \underline{0,64 \text{ V}}$$

(2)

- 3.6. Welche Größe muss der Basisvorwiderstand R_B für diesen Arbeitspunkt besitzen?

$$R_B = \frac{(10 - 0,64) \text{ V}}{4 \text{ mA}} = \underline{2340 \Omega}$$

(2)

- 3.7. Ermitteln Sie aus den Transistorkennlinien die Kleinsignalverstärkung β in der Umgebung des Arbeitspunkts.

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \Big|_{U_{CE} = \text{konst}} = \frac{(0,26 - 0,14) \text{ A}}{(0,005 - 0,003) \text{ A}} = \underline{60}$$

(3)

- 3.8. Welchen Verstärkungsfaktor besitzt diese Verstärkerschaltung? (Tipp: r_{BE} ist in der Aufgabenstellung angegeben.)

$$v = -S R_C = -\frac{\beta}{r_{BE}} \cdot R_C = -\frac{60}{10} \cdot 25 = \underline{-150}$$

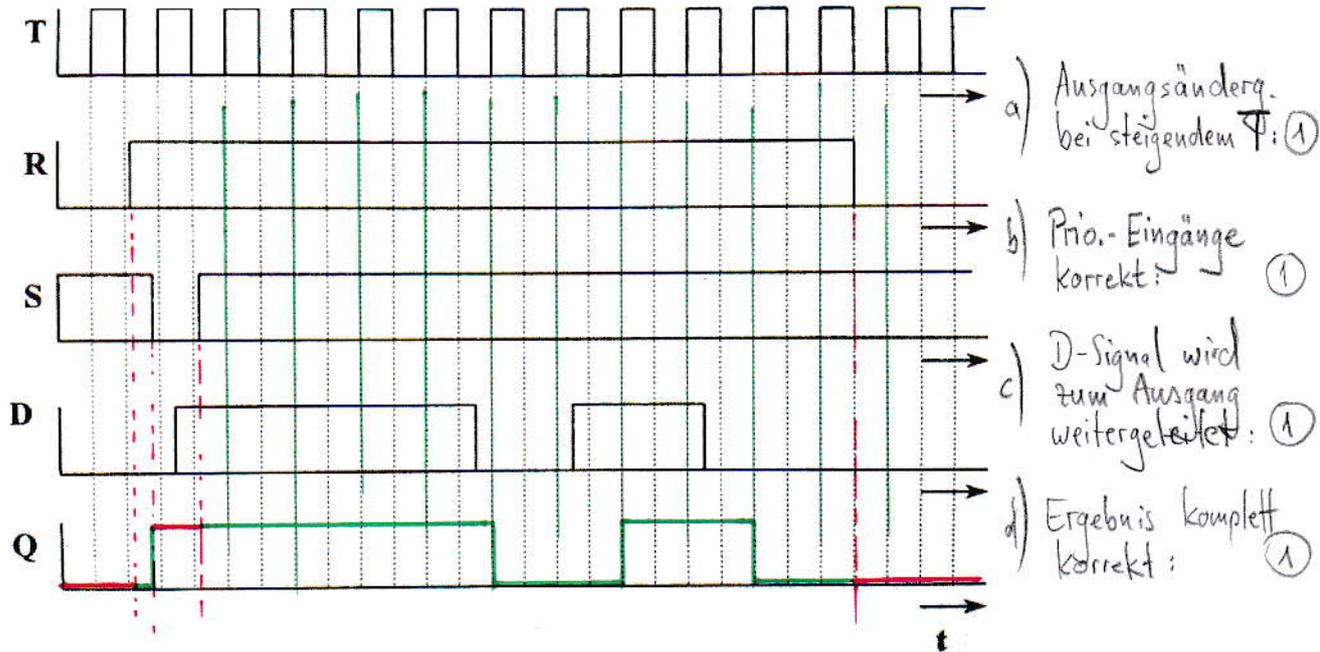
(1)

Aufgabe 4 (ca. 15 Punkte)

Hinweis: Die Prioritätseingänge der folgenden Flipflops werden durch ein LOW-Signal an R bzw. S aktiviert. Wenn R und S beide auf HIGH stehen oder gar nicht angeschlossen sind, befinden sich die Flipflops im „Normalbetrieb“ (genauso wie im Praktikum).

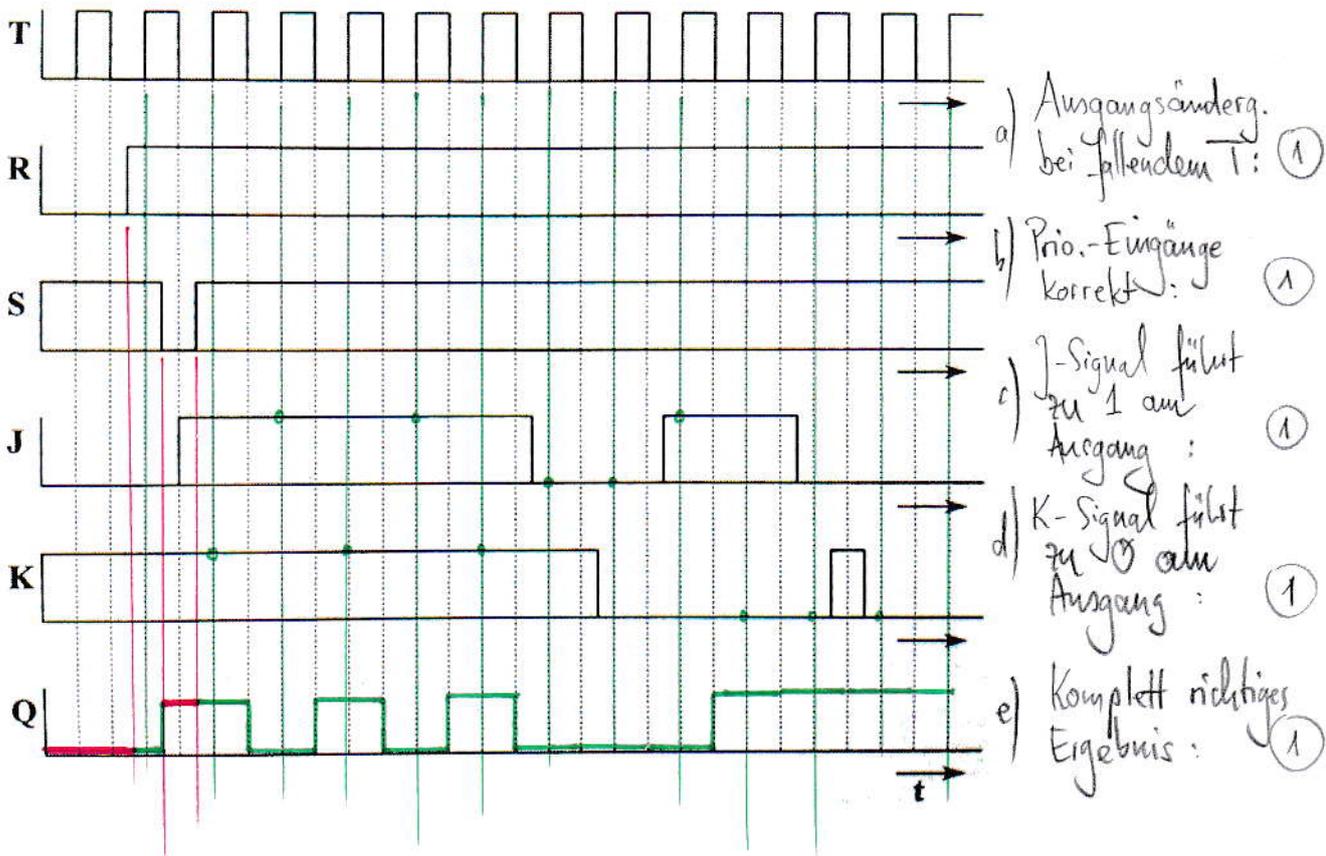
4.1. Vervollständigen Sie das Impulsdiagramm für ein positiv flankengetriggertes D-Flipflop:

4



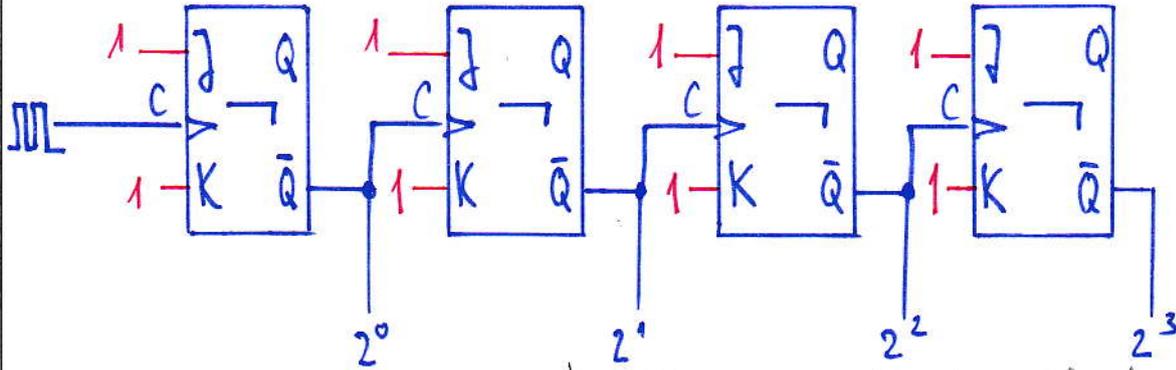
4.2. Vervollständigen Sie das Impulsdiagramm für ein positiv flankengetriggertes JK-Master/Slave-Flipflop:

5



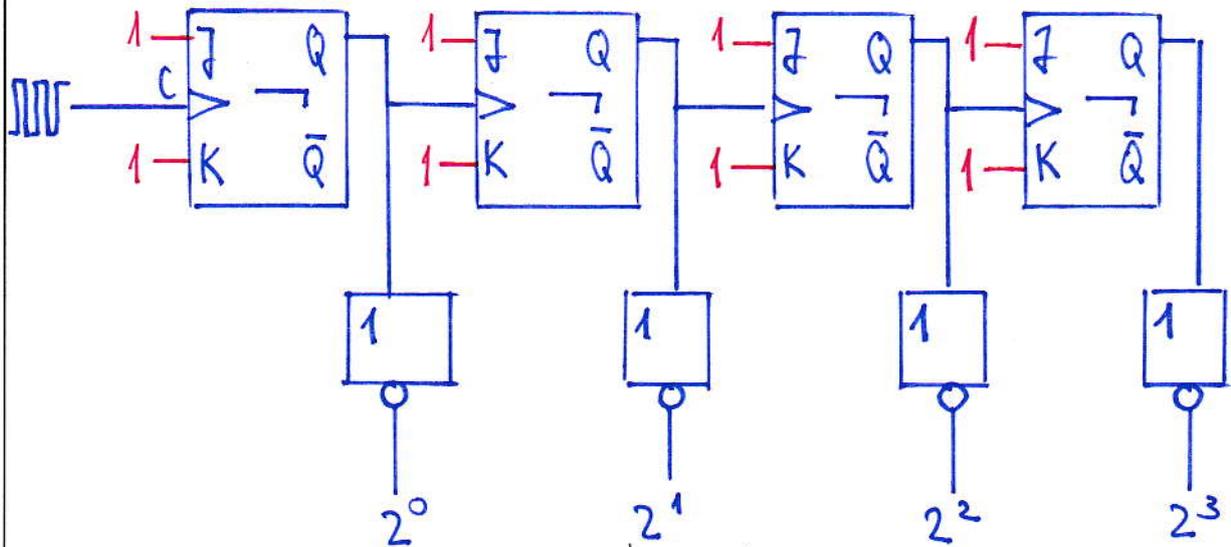
4.3. Skizzieren Sie die Schaltung eines 4-Bit-Rückwärtszählers aus positiv flankengetriggerten JK-Master/Slave-Flipflops:

Variante 1



- a) Takteingang korrekt eingezeichnet: (1)
- b) J/K-Signale auf 1 oder Hinweis auf TTL: (1)
- c) 4-Bit-Ausgang des Zählers eingezeichnet: (1)
- d) 4 JK-Flipflops mit korrektem Symbol: (1)
- e) Weiterleitung \bar{Q} auf C: (2)

Variante 2



- a) Takteingang: (1)
- b) JK auf 1: (1)
- c) 4-Bit-Ausgang: (1)
- d) 4 JK-Flipflops: (1)
- e) Weiterleitung Q auf C: (1)
- f) 4 Inverter am Ausgang: (1)

Viel Erfolg!

6