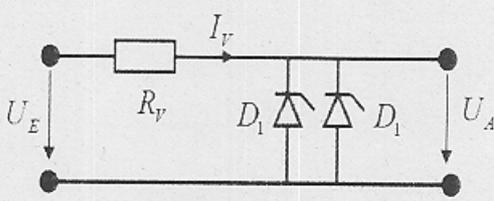


<b>Hochschule München</b>  <b>FK 03</b> <b>Maschinenbau</b>	<b>Diplomprüfung Elektronik</b> WS 2008/09 Dienstag, 3.2.2009	Prof. Dr. Höcht
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> Alle eigenen  <b>Dauer der Prüfung:</b> 90 Minuten	<b>Name:</b>  <b>Unterschrift:</b>	<b>Vorname:</b>  <b>Hörsaal:</b>  <b>Sem.:</b>  <b>Platz-Nr.:</b>

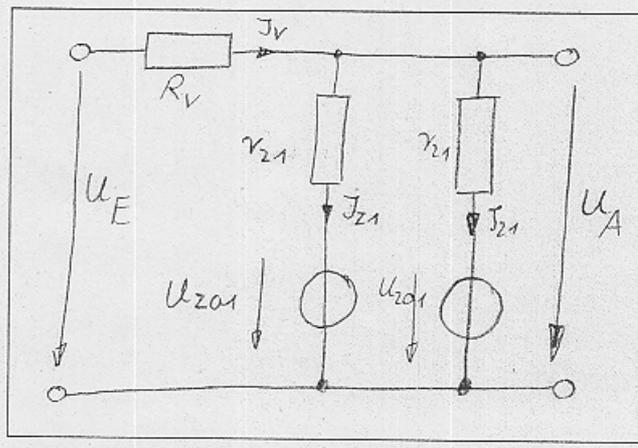
**1 Stabilisierungsschaltung für größere Ströme mit zwei z-Dioden**

*Hinweis: 1.1 und 1.2 können unabhängig voneinander gelöst werden!*

**1.1 Parallelschaltung zweier identischer z-Dioden**  
 Gegeben ist eine Stabilisierungsschaltung mit einem Vorwiderstand  $R_V = 10\Omega$  und zwei parallelen, identischen z-Dioden  $D_1$ . Die Parameter einer Diode  $D_1$  sind gegeben:  $U_{Z0,1} = 4,0\text{ V}$ ,  $r_{Z,1} = 6,0\Omega$ .



**1.1.1** Zeichnen Sie das lineare Ersatzschaltbild der gesamten Schaltung aus dem Vorwiderstand  $R_V$  und den beiden linearen Ersatzschaltbildern der z-Dioden für  $U_A \geq 4,0\text{ V}$ . Tragen Sie alle Spannungen und Ströme mit ihren Bezeichnungen sowie die Bezeichnungen der Schaltelemente (z.B.  $r_{Z,1}$ ) mit ein. (3P)



**1.1.2** Berechnen Sie den Strom  $I_V$ , der durch den Vorwiderstand  $R_V$  fließt, wenn die Eingangsspannung  $U_E = 16,0\text{ V}$  beträgt. (4P)

$2 \cdot J_Z = J_V$  wegen gleicher Schaltelemente

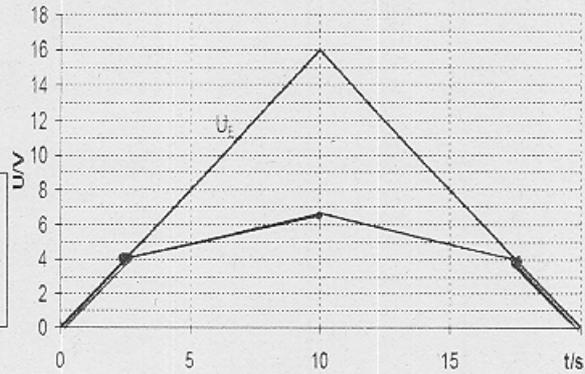
$$U_E = R_V \cdot J_V + r_{Z,1} \cdot \frac{J_V}{2} + U_{Z0,1}$$

$$U_E = J_V \left( R_V + \frac{r_{Z,1}}{2} \right) + U_{Z0,1} \Rightarrow J_V = \frac{U_E - U_{Z0,1}}{R_V + \frac{r_{Z,1}}{2}}$$

$$J_V = \frac{16,0\text{ V} - 4,0\text{ V}}{10\Omega + 3\Omega} = 0,923\text{ A}$$

1.1.3 Ermitteln Sie die Ausgangsspannung  $U_A$  für  $U_E = 16.0V$  und zeichnen Sie für den nebenstehenden Verlauf der Eingangsspannung  $U_E(t)$  die dazugehörige Ausgangsspannung  $U_A(t)$  ein. (3P)

$$U_A = U_E - I_Z \cdot R_V = 16.0V - 0.923A \cdot 10.0\Omega = 6.77V \approx 6.8V$$



1.1.4 Welche Parameter ( $U_{Z0,2}$ ,  $r_{Z,2}$ ) müßte eine z-Diode  $D_2$  haben, wenn die Parallelschaltung der beiden z-Dioden  $D_1$  durch die einzelne z-Diode  $D_2$  ersetzt werden soll, ohne das Stabilisierungsverhalten der Schaltung zu verändern? Nehmen Sie zur Lösung am besten Ihr in 1.1.1 gezeichnetes Ersatzschaltbild zu Hilfe. (2P)

$$r_{Z2} = r_{Z1}/2 = 3.0\Omega$$

$$U_{Z02} = U_{Z01} = 4.0V$$

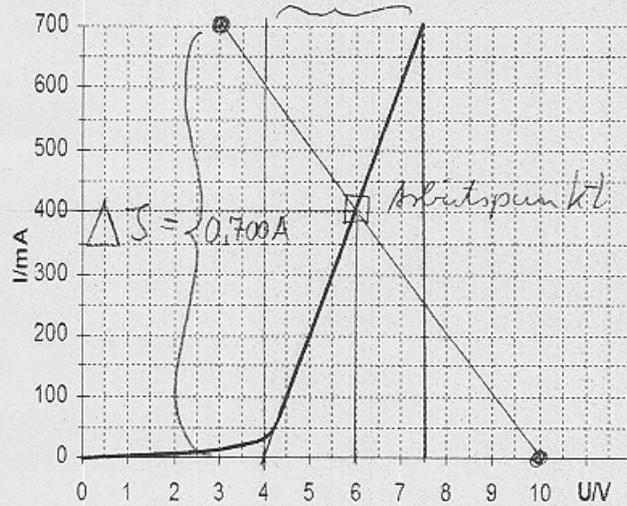
$$\Delta U_Z = 3.50V$$

1.2 Ersatz der beiden Dioden durch eine einzige

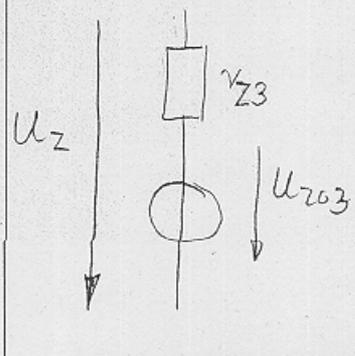
Im folgenden wird die Parallelschaltung der beiden z-Dioden  $D_1$  durch eine einzige z-Diode  $D_3$  ersetzt, deren Kennlinie im folgenden Diagramm gegeben ist.

1.2.1 Zeichnen Sie das linearisierte Dioden-Ersatzschaltbild (für  $U \geq U_{Z0,3}$ ) und bestimmen Sie die Parameter ( $U_{Z0,3}$ ,  $r_{Z,3}$ ) aus der abgebildeten Kennlinie. (4P)

(Achtung! volle Punktzahl nur, wenn der Weg vom Diagramm bis hin zum zahlenmäßigen Ergebnis einschließlich der physikalischen Einheiten erkennbar ist)



Lineares Ersatzschaltbild:



Parameter:  $U_{Z0} = 4.0V$

$$\Delta I_Z = 0.700A$$

$$\Delta U_Z = 3.50V$$

$$r_{Z3} = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} = \frac{3.50V}{0.700A} = 5.00\Omega$$

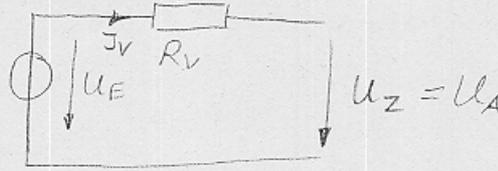
1.2.2 Die Schaltung mit Vorwiderstand  $R_V = 10.0\Omega$  und der z-Diode  $D_3$  werde nun mit einer Eingangsspannung  $U_E = 10.0V$  betrieben. (Siehe auch Schaltung bei 1.1). Geben Sie die Gleichung der Arbeitsgeraden an und tragen Sie in das Diagramm bei 1.2 die Arbeitsgerade ein und markieren Sie den sich einstellenden Arbeitspunkt. (4P)

Wie groß ist die Spannung  $U_A$  an der z-Diode und der Strom  $I_V$  durch die z-Diode? (1P)

$$I_V = 400 \text{ mA}$$

$$U_A = 6.00 \text{ V}$$

Gleichung der Arbeitsgeraden und Nebenrechnung zum Zeichnen der Arbeitsgeraden:



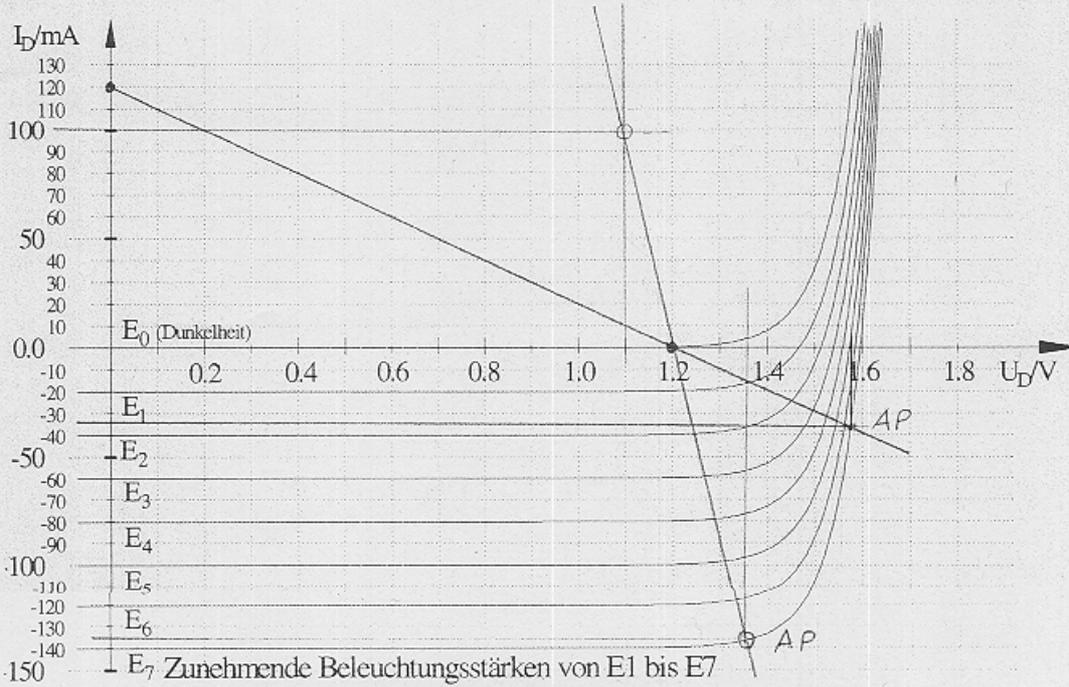
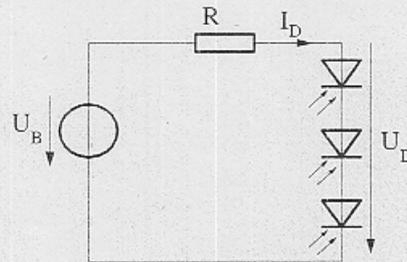
$$-U_E + I_V R_V + U_Z = 0$$

$$I_V = -\frac{1}{R_V} U_Z + \frac{1}{R_V} U_E$$

Leerlaufsp. für  $I_V = 0$ :  $U_Z = U_E = 10.0 \text{ V}$   
 Kurzschlussstrom wäre  $10V/10\Omega = 1A$  und ist nicht mehr im Diagramm.  
 Daher:  $I_V = 0.700A \Rightarrow U_Z = U_E - I_V R_V$   
 $U_Z = 10.0V - 7.0V = 3.0V$

2 Aufladung eines Akkus mit Solarzellen

Drei in Serie geschaltete Solarzellen laden bei Helligkeit mit zunehmender Beleuchtungsstärke  $E_1$  bis  $E_7$  über einen Widerstand  $R$  einen NiMH-Akku ( $U_B = 1.2V$ ) auf. Der Widerstand habe zunächst den Wert  $10.0 \Omega$ . Die drei hintereinandergeschalteten Dioden haben zusammen das untenstehende Kennlinienfeld mit dem Parameter Beleuchtungsstärke  $E$ .



## 2.1 Arbeitsgerade und Arbeitspunkt

- 2.1.1 Stellen Sie allgemein die Gleichung der Arbeitsgeraden  $I_D = I_D(U_D, U_B, R)$  auf und tragen Sie diese in das Kennlinienfeld ein. (3P)

$$I_D = -\frac{1}{R} U_D + \frac{1}{R} U_B \quad I_K = \frac{U_B}{R} = 170 \text{ mA}$$

$$U_L = U_B = 1.2 \text{ V}$$

2.1.2 Arbeitspunkt bei Beleuchtungsstärke  $E_7$ 

Markieren Sie den Arbeitspunkt, der sich bei der Beleuchtungsstärke  $E_7$  einstellt und geben Sie an, mit welcher Stromstärke  $I_D$  der Akku geladen wird und welche Spannung  $U_D$  die drei Solarzellen miteinander abgeben. (2P)

$$U_{D,AP} = 1.58 \text{ V} \quad I_{D,AP} = -35 \text{ mA}$$

## 2.2 Erhöhung des Ladestroms

Der Ladestrom soll durch Verkleinerung des Vorwiderstandes  $R$  auf  $1.0 \Omega$  vergrößert werden.

- 2.2.1 Welchen Punkt hat die neue Arbeitsgerade mit der alten gemeinsam? (1P)

$$U_L = 1.2 \text{ V bei } I_D = 0$$

- 2.2.2 Berechnen Sie einen weiteren Punkt der Arbeitsgeraden (**nicht** den Kurzschlußstrom, da er nicht mehr im gezeichneten Koordinatensystem liegt) und zeichnen Sie die neue Arbeitsgerade ein. (2P)

$$I_D = 100 \text{ mA} \quad U_D - U_B = -R \cdot I_D$$

$$U_D = U_B - R \cdot I_D = 1.2 \text{ V} - 0.10 \text{ A} \cdot 1.0 \Omega = 1.1 \text{ V}$$

- 2.2.3 Kennzeichnen Sie den neuen Arbeitspunkt, der sich bei der Beleuchtungsstärke  $E_7$  einstellt. Mit welcher Spannung  $U_D$  und welchem Strom  $I_D$  wird nun der Akku aufgeladen? (1P)

$$I_{D,AP} = -135 \text{ mA} \quad U_{D,AP} = 1.36 \text{ V}$$

## 2.3 Verhalten der Schaltung bei Dunkelheit

Wird der Akku bei Dunkelheit durch die in Durchlaßrichtung geschalteten Photodioden im selben Maße entladen, wie er bei Licht aufgeladen wird? Begründen Sie Ihre Antwort. (1P bis 2P)

Die Arbeitsgeraden bleiben gleich, jedoch ist die bei Dunkelheit gültige Kennlinie maßgebend. Dabei ergibt sich ein AP bei  $1.2 \text{ V}$  und  $\approx 0 \text{ mA}$ . Akku wird nicht entladen.

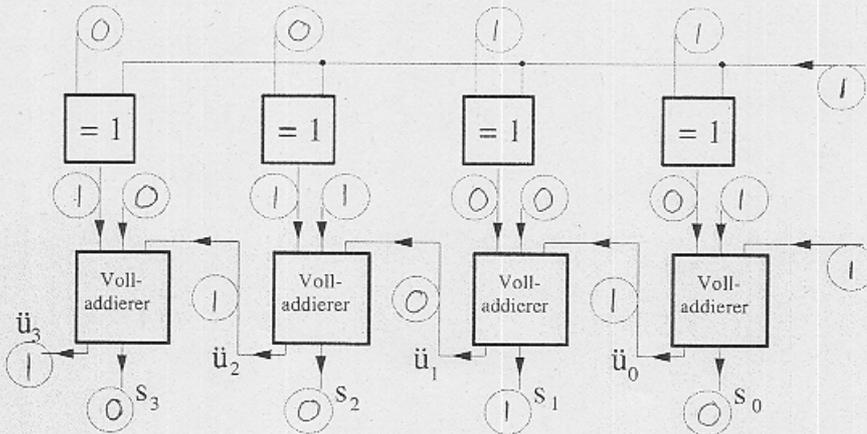
**3 Subtraktion in der ALU**

Mit dem untenstehenden Addier-Subtrahierwerk soll von der Zahl 5 die Zahl 3 subtrahiert werden.

3.1 Bilden Sie in zwei Schritten aus der Dualzahl +3 die 4-Bit-Dualzahl -3. Tragen Sie die entsprechenden Dualzahlen in die nebenstehende Tabelle ein. (3P)

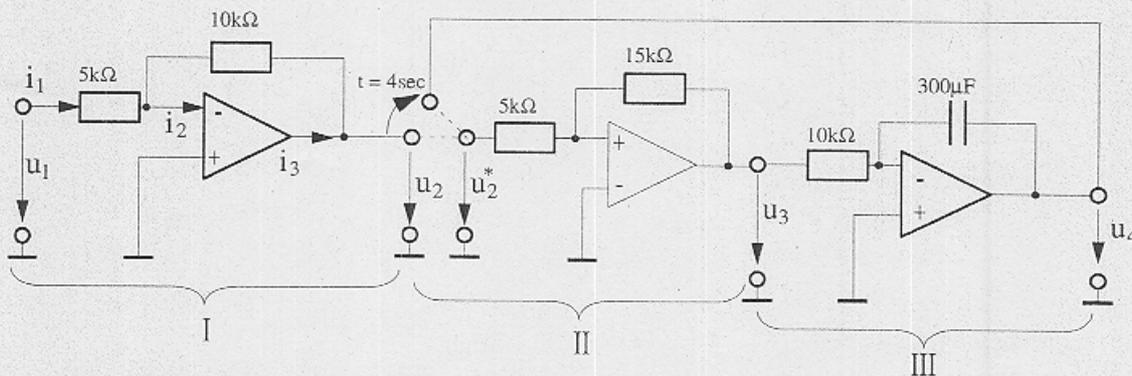
dezimal	dual			
+3	0	0	1	1
<u>+3</u>	1	1	0	0
+1	0	0	0	1

3.2 Tragen Sie alle diese arithmetische Operation betreffenden logischen Zustände 0 bzw. 1 in die



**4 Schaltung mit Operationsverstärkern**

Gegeben ist die nachstehende Schaltung mit idealen Operationsverstärkern. Die maximale Ausgangsspannung der Operationsverstärker beträgt  $\pm 15$  V



**4.1 Analyse der Teilschaltungen I, II und III**

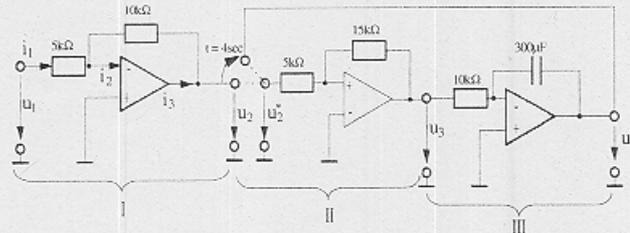
4.1.1 Geben Sie jeweils den Namen der 3 Grundschaltungen an. (2P)

Invertierender Verstärker	Komparator mit Hysteresis	Invertierender Integrator
---------------------------	---------------------------	---------------------------

4.1.2 Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsspannung

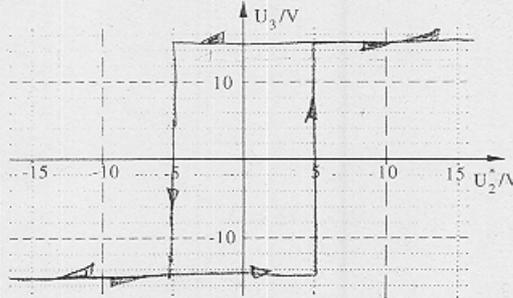
4.1.2.1 Wie lautet bei Schaltung I quantitativ der Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung  $u_2$  und der Eingangsspannung  $u_1$ ? (1P)

$$u_2 = -2 \cdot u_1$$



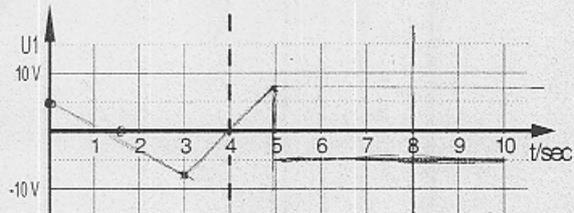
4.1.2.2 Zeichnen Sie für die Schaltung II den Zusammenhang zwischen der Eingangsspannung  $u_2$  und der Ausgangsspannung  $u_3$  in das nebenstehende Diagramm (2P)

Nebenrechnung zu 4.1.2.2  
 Strom durch  $15k\Omega$  bei  $u_0 = 0$  (Schaltspunkt)  
 $I = \pm 15V / 15k\Omega = \pm 1.0mA$   
 $\Rightarrow$  Schwinde bei  $\mp I \cdot 5k\Omega = \mp 5V$



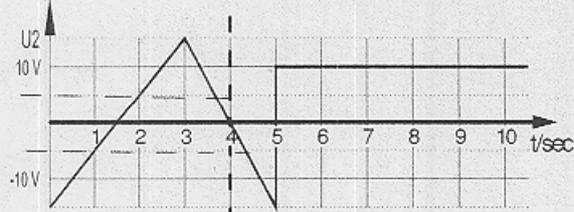
4.1.2.3 Wie lautet bei Schaltung III der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal  $u_4(t)$  und dem Eingangssignal  $u_3(t)$ ? Geben Sie den Zusammenhang mit allen Zahlenwerten und Einheiten an. (2P)

$$u_4 = -\frac{1}{RC} \int u_3 dt = -\frac{1}{10^{-4} \frac{V}{A} \cdot 3 \cdot 10^{-4} \frac{Vs}{A}} \int u_3 dt = -\frac{1}{3 \text{ sec}} \int u_3 dt$$

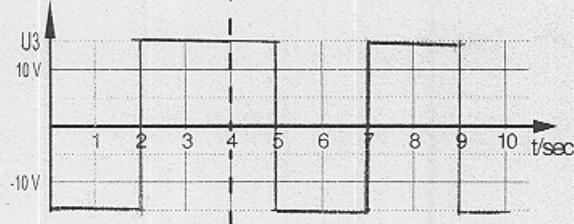


4.2 Zeitverhalten der Gesamtschaltung

4.2.1 Schaltung I und Schaltung II verbunden bis zum Zeitpunkt  $t = 4\text{sec}$   
 Bis zum Zeitpunkt  $t = 4\text{sec}$  ist der Schalter am Eingang der Schaltung II in der unteren Position. Der Verlauf der Spannung  $u_2$  ist für  $0 \leq t \leq 10\text{sec}$  gegeben.

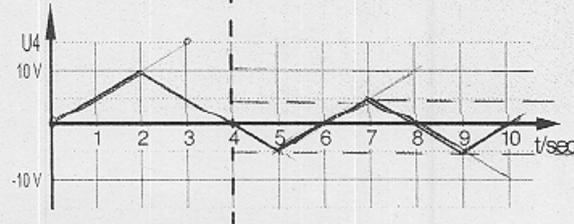


Zeichnen Sie in das Diagramm rechts die zeitlichen Spannungsverläufe  $u_1$ ,  $u_3$  und  $u_4$  bis zum Zeitpunkt  $t = 4\text{sec}$  ein. Die Ausgangsspannung der Schaltung III beträgt zum Zeitpunkt  $t = 0\text{sec}$   $u_4(t = 0) = 0V$ . (3P)



4.2.2 Zum Zeitpunkt  $t = 4\text{sec}$  wird der Schalter zwischen I und II nach oben umgelegt, so daß an Schaltung II als Eingangssignal nunmehr das Ausgangssignal  $u_4$  von Schaltung III liegt.

Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf von  $u_3$  und  $u_4$  bis zum Zeitpunkt  $t = 10\text{sec}$ . (4P)

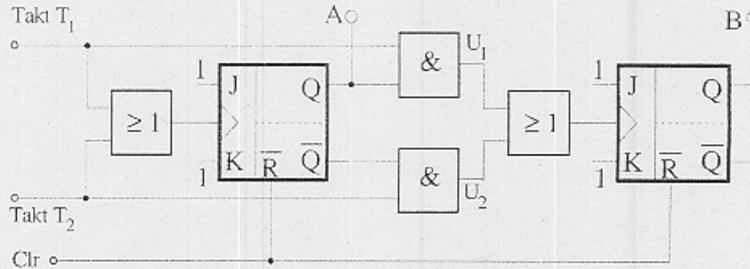


4.2.3 Wie groß sind zum Zeitpunkt  $t = 8\text{sec}$  die Ströme  $i_1$ ,  $i_2$  und  $i_3$ ? (2P)

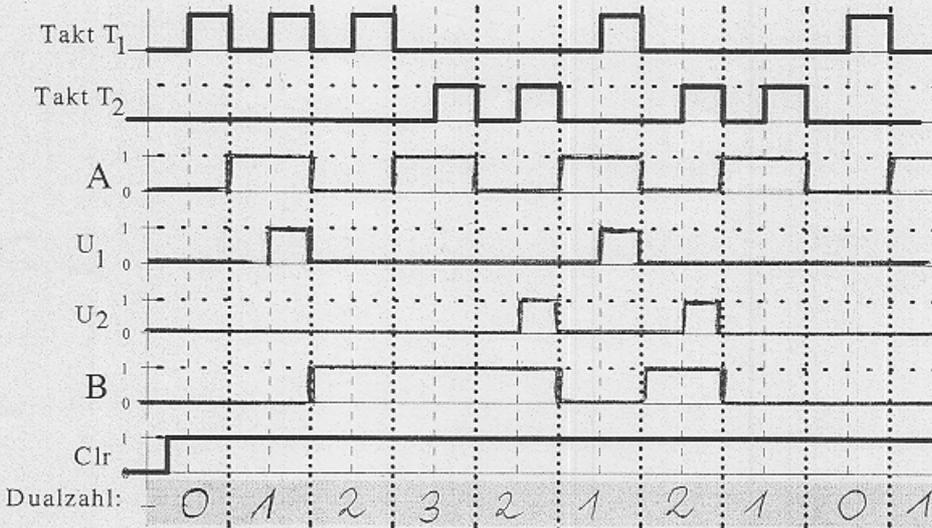
$$I_3 = -I_1 = -1,0\text{mA}$$

5 Analyse einer Digitalschaltung

Gegeben sei die nebenstehende Schaltung mit zwei positiv-flankengetriggerten jk-MS-Flip-Flops:



5.1 Vervollständigen Sie im nachfolgende Zeitdiagramm die Signale A, B,  $U_1$  und  $U_2$ . Die Signale  $U_1$  und  $U_2$  erleichtern Ihnen dabei, den Zustand von B zu ermitteln. (8P)



5.2 Tragen Sie in die unterste Zeile des Diagramms die Dualzahl ein, die durch beide Flip-Flops mit A und B dargestellt wird. A hat die Wertigkeit  $2^0$ , B die Wertigkeit  $2^1$ . (2P)

Welche Funktion führt diese Schaltung offensichtlich bezüglich seiner zwei Takteingänge aus? (1P)

Takt 1 bewirkt das Aufwärts-, Takt 2 das Abwärtszählen

Viel Erfolg