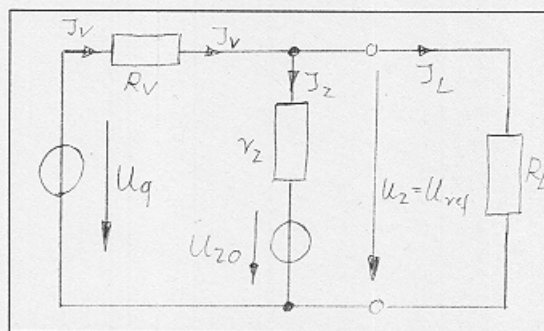
 FH München FK 03 Maschinenbau	Diplomprüfung Elektronik SS 2008 Mittwoch 16.7.2008		Prof. Dr. Höcht
Zugelassene Hilfsmittel: Alle eigenen Dauer der Prüfung: 90 Minuten	Name: Unterschrift:	Vorname: Hörsaal:	Sem.: Platz-Nr.:

1 Z-Diode und Stabilisierung

Mit einer Z-Diode ($U_{Z0} = 4.9V, r_z = 5\Omega$) und einem Vorwiderstand R_V soll aus einer Gleichspannungsquelle $U_q = 12.0V$ eine stabilisierte Referenzspannung U_{ref} von ca. 5V erzeugt werden.



- 1.1 Zeichnen Sie in das nebenstehende Feld die gesamte Schaltung und verwenden Sie dabei für die Z-Diode das lineare Ersatzschaltbild. Tragen Sie auch alle Spannungen U_q, U_{Z0}, U_Z und den Strom I_Z durch die Z-Diode ein. (3P)

- 1.2 Zunächst ist **kein** Lastwiderstand R_L angeschlossen. Wie groß muß R_V mindestens sein, damit die maximale Verlustleistung $P_{Vmax} = 0.2W$ der Z-Diode nicht überschritten wird? **Vernachlässigen** Sie bei dieser Berechnung den Innenwiderstand der Z-Diode (2P)

$$P_V \approx I_Z \cdot U_{Z0} \quad I_{Zmax} = \frac{P_{Vmax}}{U_{Z0}} = \frac{0.2W}{4.9V} = 40.8mA$$

$$R_{Vmin} = \frac{U_q - U_{Z0}}{I_{Zmax}} = \frac{(12.0 - 4.9)V}{40.8mA} = 174\Omega$$

- 1.3 Nun wird parallel zur Z-Diode ein Lastwiderstand $R_L = 2.0k\Omega$ angeschlossen. Als Vorwiderstand wird der Wert $R_V = 1.0k\Omega$ verwendet. Ergänzen Sie das Schaltbild unter 1.1 und berechnen Sie den Strom I_Z durch die Z-Diode. **Berücksichtigen** Sie hier auch den Innenwiderstand r_z der Z-Diode (5P)

$$I_V = I_L + I_Z \quad \text{Knoten} \Rightarrow I_V = I_Z \left(1 + \frac{r_z}{R_L}\right) + \frac{1}{R_L} \cdot U_{Z0}$$

$$I_L R_L = I_Z \cdot r_z + U_{Z0} \Rightarrow I_L = I_Z \frac{r_z}{R_L} + \frac{1}{R_L} \cdot U_{Z0} \quad \text{Masche}$$

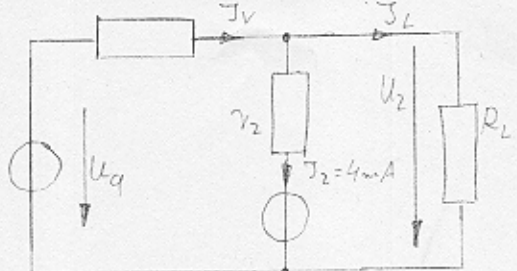
$$U_q = I_V \cdot R_V + I_Z \cdot r_z + U_{Z0} = \text{Masche}$$

$$= I_Z R_V \left(1 + \frac{r_z}{R_L}\right) + \frac{R_V}{R_L} \cdot U_{Z0} + I_Z \cdot r_z + U_{Z0} = I_Z \left(r_z + R_V \left(1 + \frac{r_z}{R_L}\right)\right) + U_{Z0} \left(1 + \frac{R_V}{R_L}\right)$$

$$I_Z = \frac{U_q - U_{Z0} \left(1 + \frac{R_V}{R_L}\right)}{r_z + R_V \left(1 + \frac{r_z}{R_L}\right)} = \frac{(12.0 - 4.9 \left(1 + \frac{1}{2}\right))}{\left[5 + 10^3 \left(1 + \frac{5}{2000}\right)\right]\Omega}$$

$$= 4.615mA$$

- 1.4 Wie groß ist (bei $R_V = 1k\Omega$) der maximale Laststrom $I_{L_{max}}$, wenn durch die Z-Diode mindestens ein Strom von $I_Z = 4mA$ fließen muß? Berechnen Sie auch den dazu gehörigen minimalen Lastwiderstand $R_{L_{min}}$ (3P)



$$U_Z = I_Z \cdot r_Z + U_{Z0} = 4.0mA \cdot 5\Omega + 4.9V = 0.02V + 4.90V = 4.92V$$

$$I_V = \frac{U_q - U_Z}{R_V} = \frac{12.00V - 4.92V}{1.008\Omega} = 7.08mA$$

$$I_L = (7.08 - 4.00)mA = 3.08mA$$

$$R_L = \frac{U_Z}{I_L} = \frac{4.92V}{3.08mA} = 1.597k\Omega$$

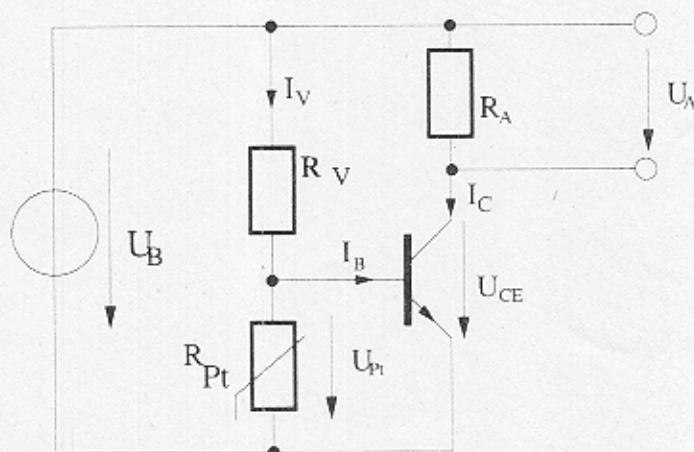
2 Temperatursensor mit Transistor

Mit einem hochwertigen Platinwiderstand R_{Pt} als Temperatursensor soll eine Temperatur gemessen werden. Um die nur sehr kleinen Spannungsänderungen infolge der Temperaturschwankungen am Widerstand möglichst störungsfrei über eine längere Leitung übertragen zu können, wird der nebenstehende Transistorverstärker verwendet.

Der Platin-Temperatursensor ändert seinen Widerstand nach folgender Beziehung:

$$R_{Pt} = 50\Omega \cdot \left(1 + 3.91 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{T - 20^\circ C}{^\circ C} \right)$$

Weiter sind gegeben: $U_B = 10.0V$, $R_V = 950\Omega$, $R_A = 250\Omega$



- 2.1 Wie groß ist der Platinwiderstand bei den Temperaturen $20^\circ C$ und $120^\circ C$? (2P)

$$R_{Pt}(20^\circ C) = 50\Omega$$

$$R_{Pt}(120^\circ C) = 50\Omega (1 + 3.91 \cdot 10^{-3} \cdot 100) = 69.55\Omega$$

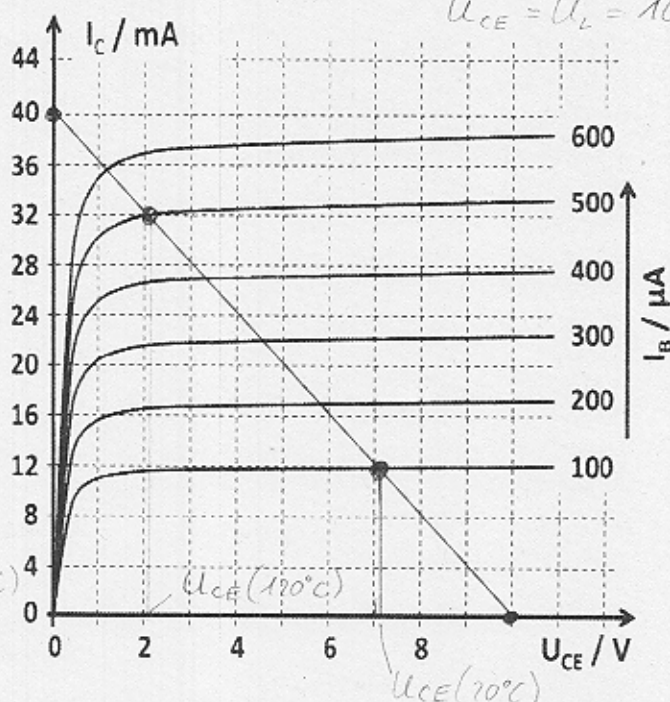
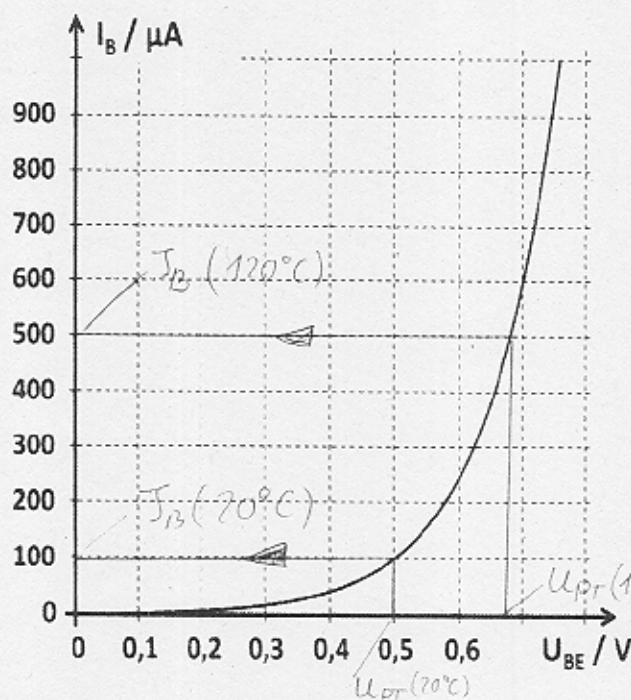
- 2.2 Berechnen Sie allgemein den Kollektorstrom I_C in Abhängigkeit von U_{CE} , U_B und R_A (2P)

$$I_C = -\frac{1}{R_A} + \frac{U_B}{R_A}$$

- 2.3 Tragen Sie mit den gegebenen Werten von U_B und R_A die Arbeitsgerade in das Ausgangskennlinienfeld des Transistors ein. (2P)

$$I_B = \frac{U_B}{R_A} = \frac{10V}{250\Omega} = 40\text{ mA}$$

$$U_{CE} = U_L = 10V$$



- 2.4 Welche beiden Basis-Emitter-Spannungen stellen sich für die unter 2.1 berechneten Widerstände R_{PT} bei den beiden Temperaturen 20°C und 120°C ein? Vernachlässigen Sie bei der Berechnung den Basisstrom! (3P)

$$U_{PT}(20^\circ\text{C}) = 10V \cdot \frac{50}{950 + 50} = 0.500V$$

$$U_{PT}(120^\circ\text{C}) = 10V \cdot \frac{69.55}{950 + 69.55} = 0.682V$$

- 2.5 Bestimmen Sie mit Hilfe der Eingangskennlinie die beiden zugehörigen Arbeitspunkte des Transistors und zeichnen Sie diese im Ausgangskennlinienfeld ein. Geben Sie Ausgangsspannungen $U_A(T = 20^\circ\text{C})$ und $U_A(T = 120^\circ\text{C})$ für die beiden Temperaturen 20°C und 120°C an. (6P)

$$U_{CE}(20^\circ\text{C}) = 7.1V \Rightarrow U_A = U_B - U_{CE} = 10.0V - 7.1V = 2.9V$$

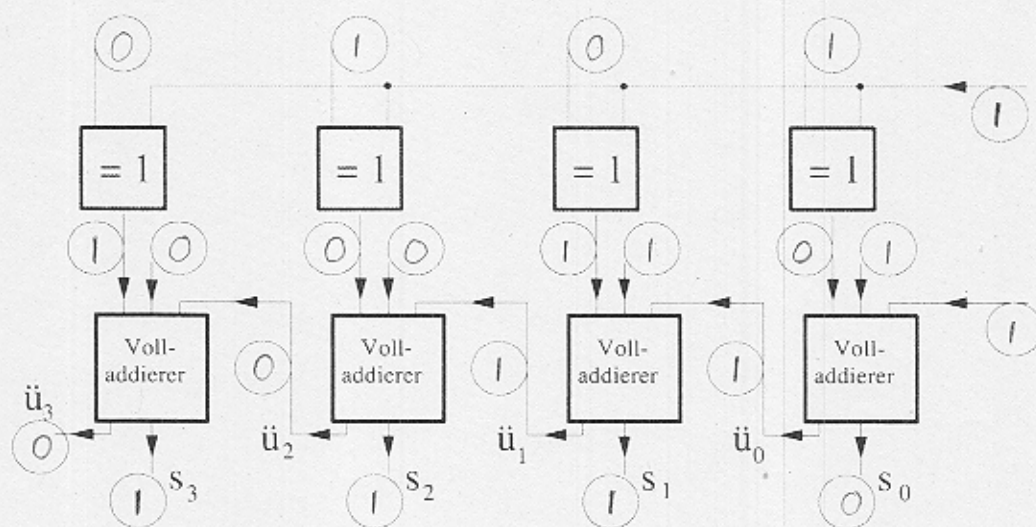
$$U_{CE}(120^\circ\text{C}) = 2.1V \Rightarrow U_A = 10.0V - 2.1V = 7.9V$$

- 2.6 Begründen Sie, ob das Ausgangssignal $U_A(T)$ linear verläuft bezüglich der Eingangsgröße Temperatur T . (1P)

Nicht linear wegen gekrümmter Dioden-kennlinie

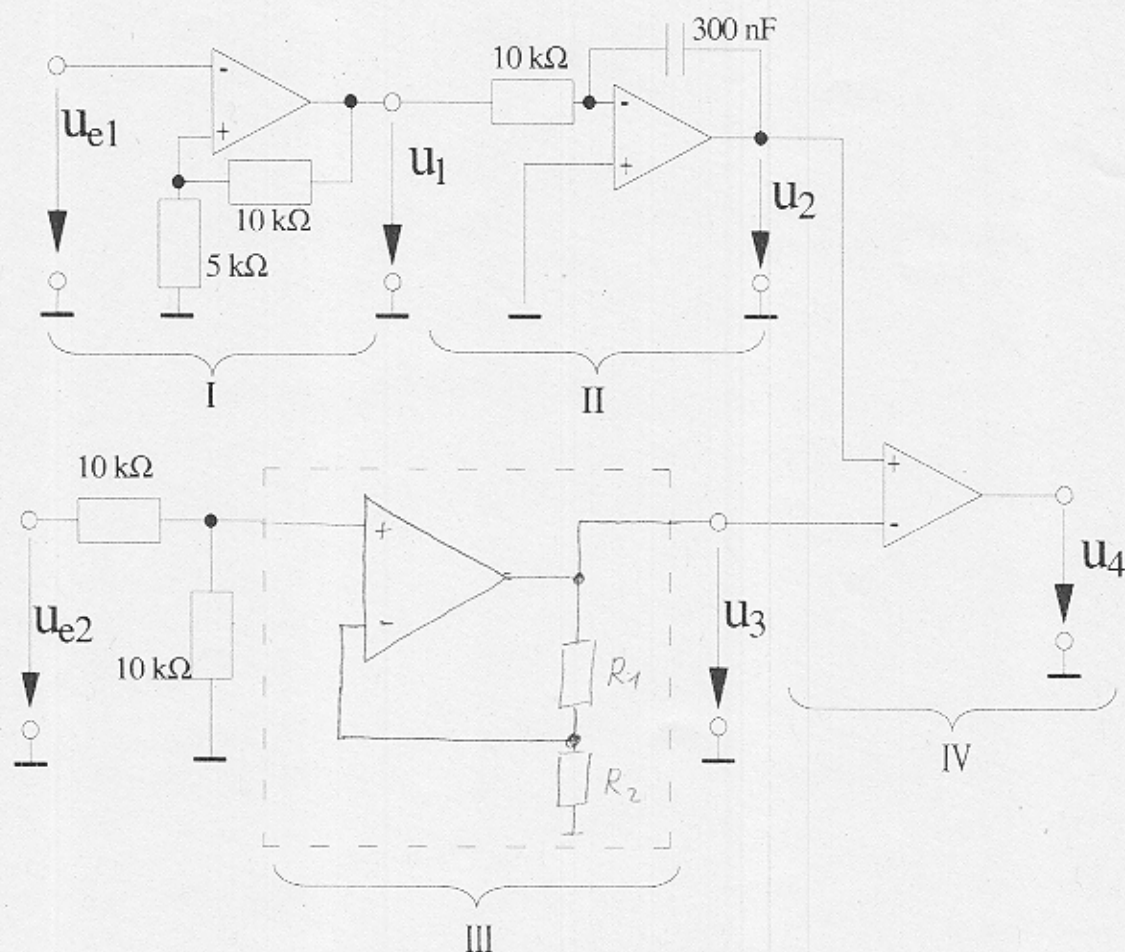
3 Addier-Subtrahierwerk in einem Mikroprozessor

Mit dem untenstehenden Addier-Subtrahierwerk soll von der Zahl 3 die Zahl 5 subtrahiert werden. Tragen Sie die logischen Zustände 0 bzw 1 in die Kreise ein. (4P)



4 Schaltung mit Operationsverstärkern

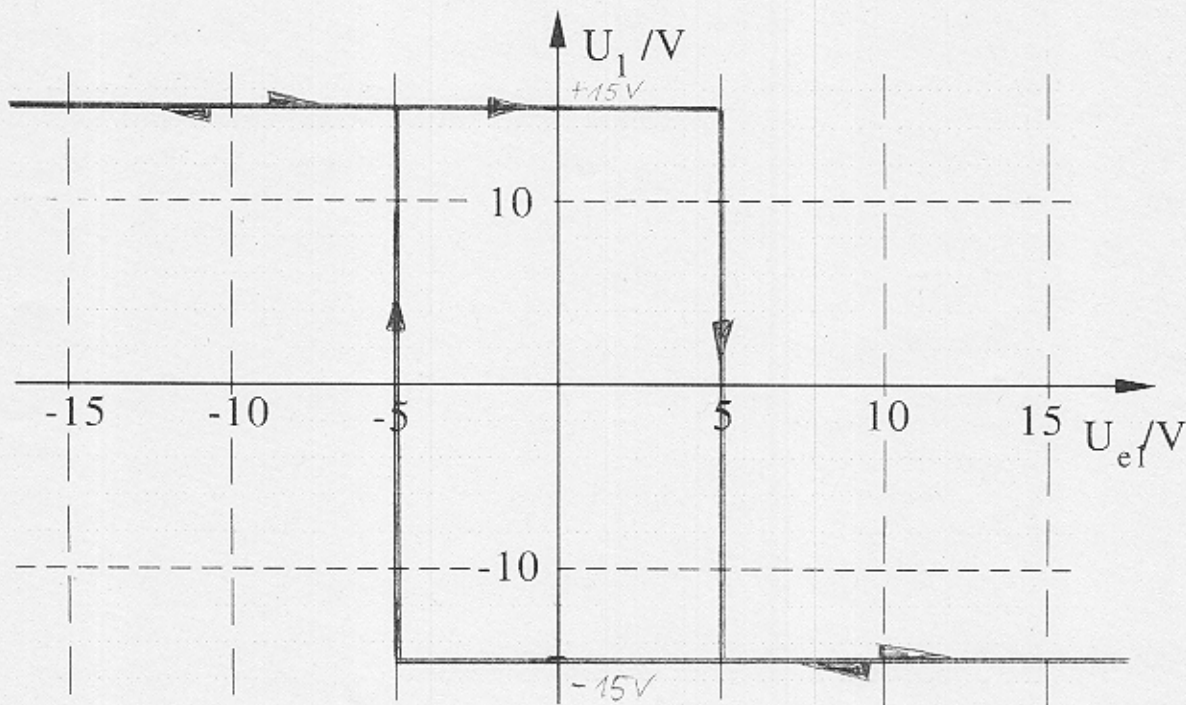
Gegeben ist die folgende Schaltung mit idealen Operationsverstärkern. Die maximale Ausgangsspannung der Operationsverstärker beträgt ± 15 V. Die zeitlichen Verläufe der Ausgangsspannungen u_{e1} , u_{e2} und u_3 der Verstärkerstufen I, II und III sind auf der nächsten Seite dargestellt.



- 4.1 Um welche Grundsaltung handelt es sich bei der Stufe I? Tragen Sie den Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangssignal in das untenstehende Diagramm ein. (3P)

Grundsaltung Stufe I

Komparator mit Hysteresis



- 4.2 Welche Grundsaltung stellt Verstärkerstufe IV dar? (1P)

Komparator ohne Hysteresis

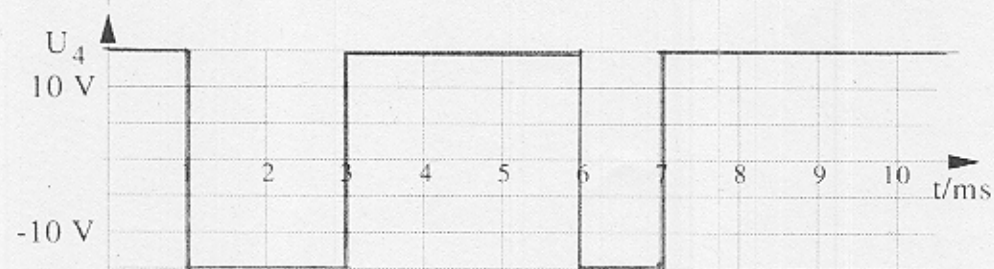
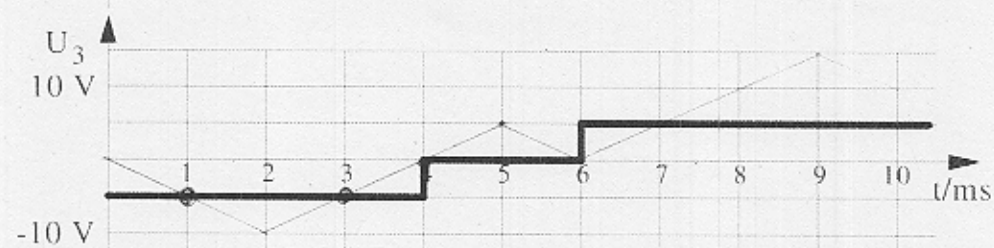
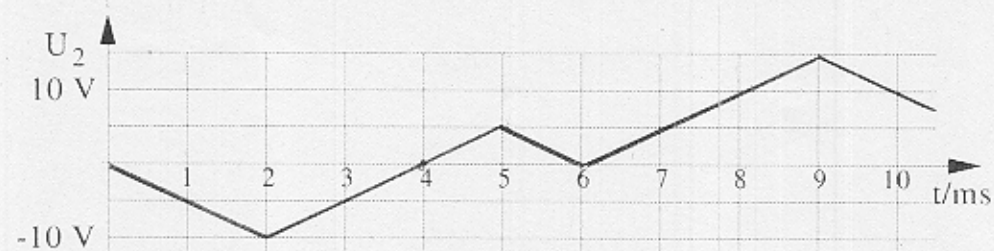
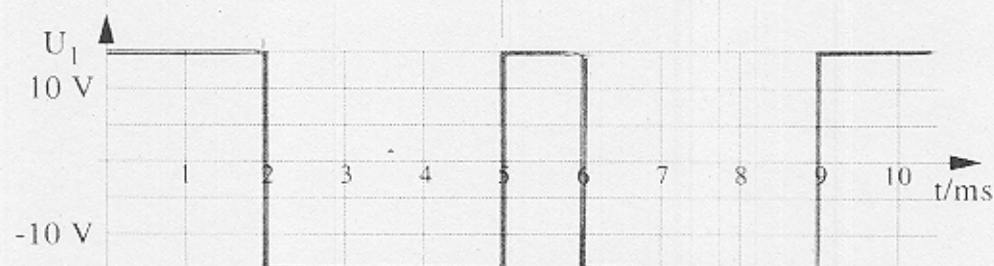
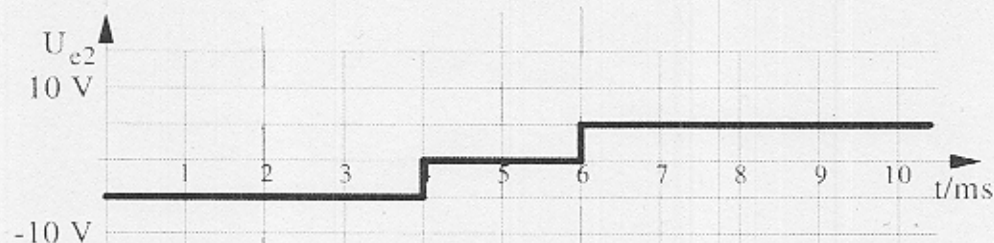
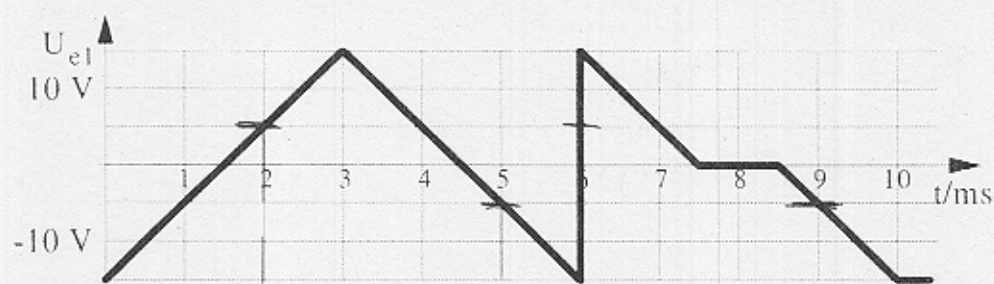
- 4.3 Wie hängen Ausgangs- und Eingangssignal der Verstärkerstufe II miteinander zusammen? Geben Sie den Zusammenhang mit Zahlenwerten an. Welchen Namen hat diese Stufe? (2P)

$$u_2 = \frac{1}{10k\Omega \cdot 300nF} \int u_1 dt = \frac{1}{3ms} \int u_1 dt \quad \text{Integrator}$$

- 4.4 Betrachten Sie auf der folgenden Seite die Spannungsverläufe u_{e2} und u_3 . Welche Grundsaltung bringt diesen Zusammenhang hervor und wie lautet allgemein der Zusammenhang zwischen Aus- und Eingangsspannung dieser Stufe? Zeichnen Sie diese Grundsaltung in das Rechteck III und dimensionieren Sie die Schaltelemente. Zur Verfügung stehen Widerstände mit $5k\Omega$ und $10k\Omega$ sowie ein idealer Operationsverstärker. (4P)

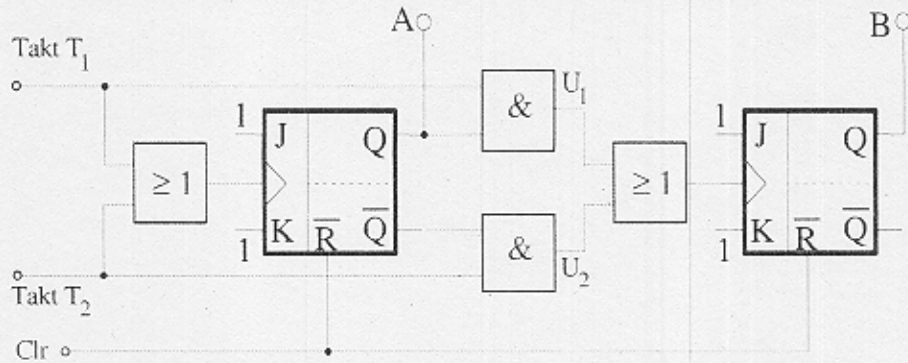
Nichtinvertierender Verstärker
mit $V = 2 = 1 + \frac{R_1}{R_2}$
 $\Rightarrow R_1 = R_2$ z.B. $10k\Omega$
für beide

- 4.5 Zeichnen Sie in die Diagramme auf der nächsten Seite auch die noch fehlenden Spannungen u_1 , u_2 und u_4 ein. Die Ausgangsspannung u_2 hat zum Zeitpunkt $t = 0$ den Wert 0Volt. (5P)

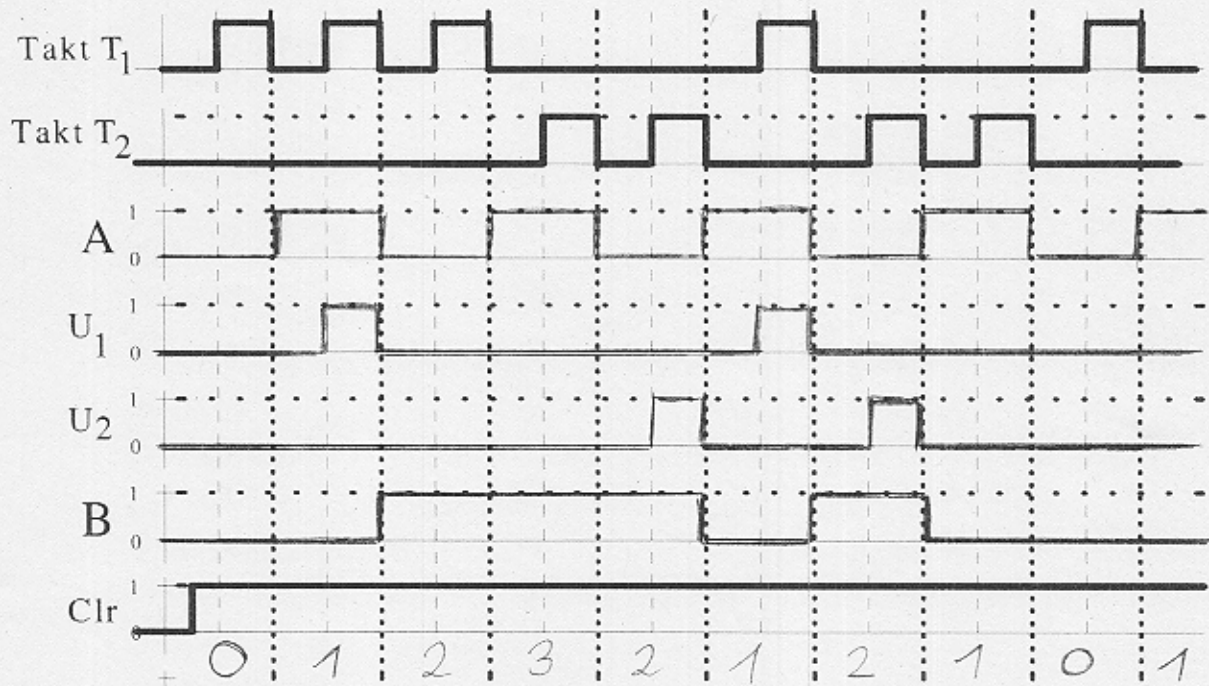


5 Analyse einer Digitalschaltung

Gegeben sei die folgende 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 zählt vorwärts
Takt 2 " rückwärts

Viel Erfolg