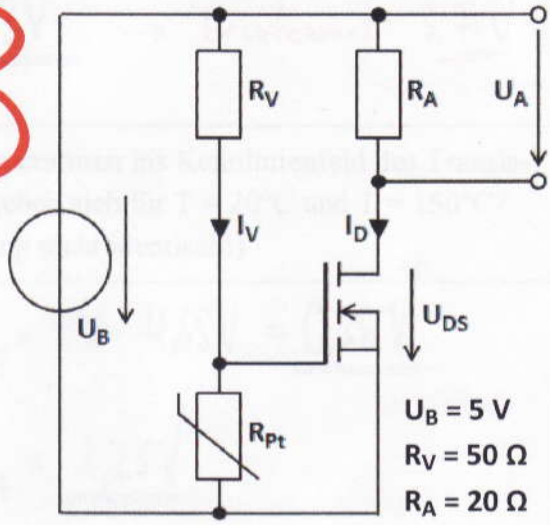
Hochschule München FK 03 Maschinenbau	**Diplomprüfung SS 2011** **Fach: Elektronik, Dauer: 90 Minuten**	T. Küpper, W. Stadler
Zugelassene Hilfsmittel: alle eigenen	**Matr.-Nr.:** **Name, Vorname:** **Hörsaal:** **Unterschrift:**	

5 Σ

A	1	2	3	4	[redacted]	[redacted]
P	14	13	11	4	16	58

MB



Aufgabe 1 (ca. 14 Punkte)

Mithilfe eines Platinwiderstands soll die Temperatur T gemessen werden. Dazu wird die angegebene Schaltung verwendet.

Der Platinwiderstand ist durch R_{Pt} dargestellt. Für die Abhängigkeit des Widerstands R_{Pt} von der Temperatur T gilt:

$$R_{Pt} = 50\Omega \cdot \left(1 + 3{,}91 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{T - 20°C}{1°C}\right)$$

1.1. Berechnen Sie den Widerstand R_{Pt} bei Temperaturen von T = 20°C und T = 150°C.
(Ersatzwerte: $R_{Pt20} = 50\Omega$, $R_{Pt150} = 150\Omega$)

1,5

$T = 20°C \rightarrow R_{Pt} = 50\,\Omega$

$T = 150°C \rightarrow R_{Pt} = 50 \cdot (1 + 0{,}00391 \cdot 130)\,\Omega = 75{,}415\,\Omega$

1.2. Welche Art von Transistor wird in dieser Schaltung eingesetzt?

1,5

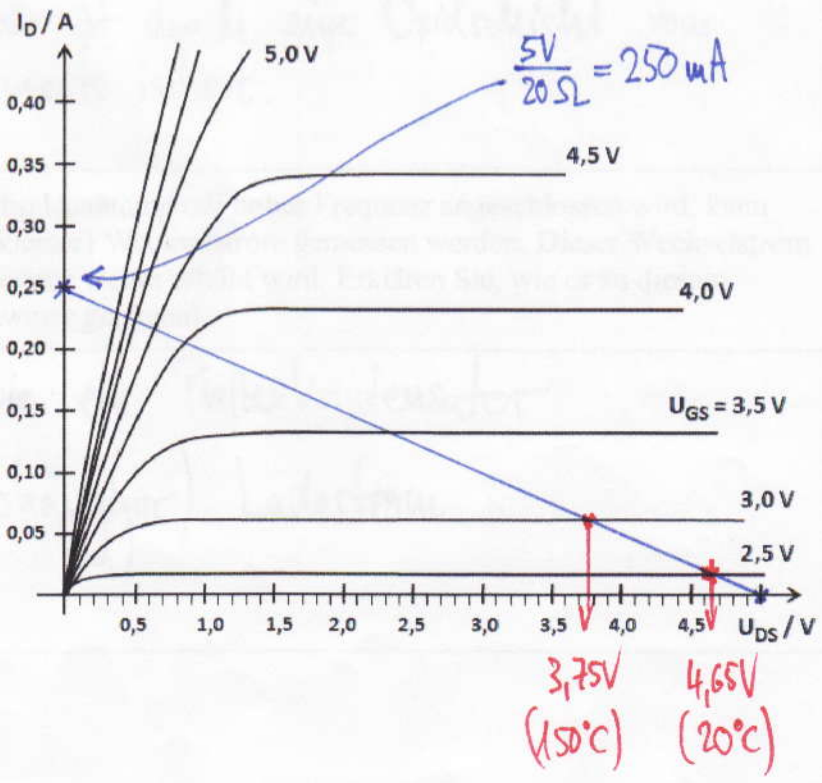
- ☐ Bipolar
- ☒ MOSFET
- ☐ NPN
- ☐ PNP
- ☒ N-Kanal
- ☐ P-Kanal
- ☐ Verarmungstyp
- ☒ Anreicherungstyp

0,5 Pkt. für richtige Antwort, -0,5 Pkt. für falsche Antwort, insgesamt keine neg. Punkte!

1.3. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade in das Kennlinienfeld des Transistors.

(Die Daten der verwendeten Bauteile sind oben im Schaltbild angegeben!)

2



1.4. Welche Gate-Source-Spannungen U_{GS} stellen sich bei Temperaturen von T = 20°C und T = 150°C ein?

(2)

$20°C \rightarrow U_{GS} = 5V \cdot \frac{50}{50+50} = \underline{2{,}5V}$

$150°C \rightarrow U_{GS} = 5V \cdot \frac{75{,}415}{50+75{,}415} = \underline{3V}$ → Ersatzwert: 3,75V

1.5. Zeichnen Sie die Arbeitspunkte für beide Temperaturen ins Kennlinienfeld des Transistors ein. Welche Ausgangsspannungen U_A ergeben sich für T = 20°C und T = 150°C? (Hinweis: U_A und U_{DS} sind bei dieser Schaltung nicht identisch!)

(2)

$20°C \rightarrow U_{DS} = 4{,}65V \rightarrow U_A = 5V - 4{,}65V = \underline{0{,}35V}$

$150°C \rightarrow U_{DS} = 3{,}75V \rightarrow U_A = \underline{1{,}25V}$

1.6. Welche Verlustleistung fällt bei einer Temperatur von T = 20°C am Widerstand R_{Pt} an? Was bedeutet dies für den Einsatz dieser Schaltung zur Temperaturmessung?

(3)

$I_V = \frac{5V}{(50+50)\Omega} = 50mA$ (1)

$P_{verl} = (I_V)^2 \cdot R_{Pt} = \underline{0{,}125W}$ (1)

Der Sensor wird sich durch den Strom I_V leicht erwärmen und dadurch das Messergebnis verfälschen! (1)

1.7. Warum fließt in den Gate-Anschluss eines MOSFET kein Strom, wenn am Gate eine Gleichspannungsquelle angeschlossen wird (Stichworte genügen).

(1)

Die Gate-Elektrode ist durch eine Oxidschicht vom Rest des Bauelements isoliert.

1.8. Wenn am Gate eine Wechselspannung mit hoher Frequenz angeschlossen wird, kann am Gate-Anschluss ein (kleiner) Wechselstrom gemessen werden. Dieser Wechselstrom wird größer, falls die Frequenz weiter erhöht wird. Erklären Sie, wie es zu diesem Stromfluss kommt (Stichworte genügen).

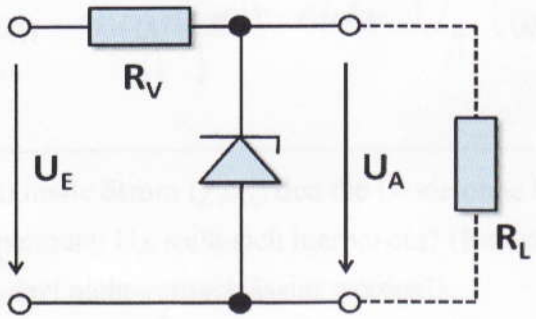
(1)

Gate wirkt wie ein Plattenkondensator

→ (frequenzabhängiger) Ladestrom.

Aufgabe 2 (ca. 13 Punkte)

Mit der unten aufgeführten Schaltung soll ein Verbraucher R_L mit einer stabilisierten Spannung U_A versorgt werden. Gewählt wurde eine Zenerdiode mit $U_{Z0} = 5{,}5V$; $r_Z = 7\Omega$ und einer maximalen Verlustleistung von $P_{tot} = 400mW$.



2.1. Zunächst wird die Schaltung ohne Last (R_L) betrieben. Bestimmen Sie den Wert von R_V, damit ein Glättungsfaktor G = 6 erreicht wird. (Ersatzwert: $R_V = 42\Omega$)

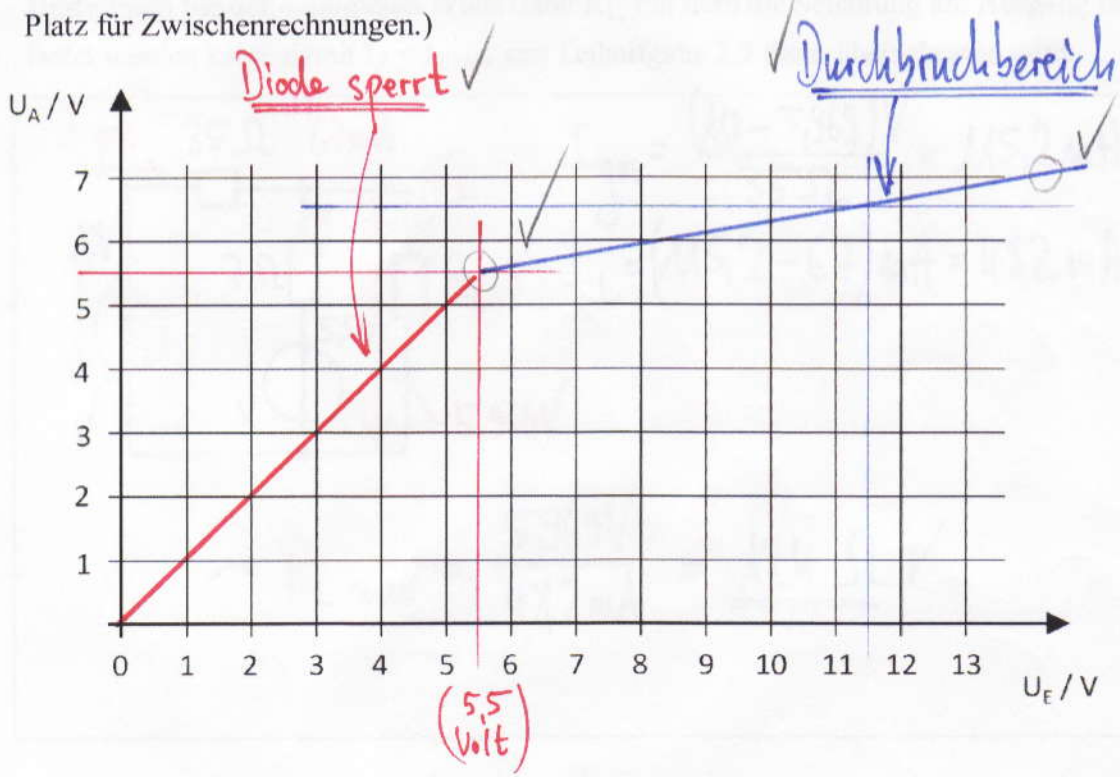
(1)

$$G = 1 + R_V \cdot \left(\frac{1}{r_z} + \frac{1}{R_L}\right) \stackrel{!}{=} 6$$

$$\rightarrow R_V = 35\,\Omega$$

2.2. Zeichnen Sie die Übertragungsfunktion $U_E = f(U_A)$ der Schaltung in das Diagramm ein. Wann befindet sich die Diode im Durchbruchbereich, bzw. wann sperrt sie noch? Markieren Sie beide Bereiche in Ihrer Zeichnung! (Hinweis: Auf der folgenden Seite ist Platz für Zwischenrechnungen.)

(4)



(Zwischenrechnungen zu Unterpunkt 2.2)

$G = 6$

→ Wenn U_E um 6 Volt ansteigt, dann vergrößert sich U_A um 1 Volt.

2.3. Wie groß ist der maximale Strom $I_{Z\,max}$, den die Diode ohne Überlastung führen kann? Welche Ausgangsspannung U_A stellt sich hierbei ein? (Rechnen Sie exakt, der differentielle Widerstand r_z darf nicht vernachlässigt werden!)

$$P_{Verl} = 0{,}4\,W = U_{Zmax} \cdot I_{Zmax} = \left(U_{Z0} + I_{Zmax} \cdot r_Z\right) \cdot I_{Zmax}$$

$$\rightarrow I_{Zmax}^2 \cdot r_Z + I_{Zmax} \cdot U_{Z0} - 0{,}4\,W = 0$$

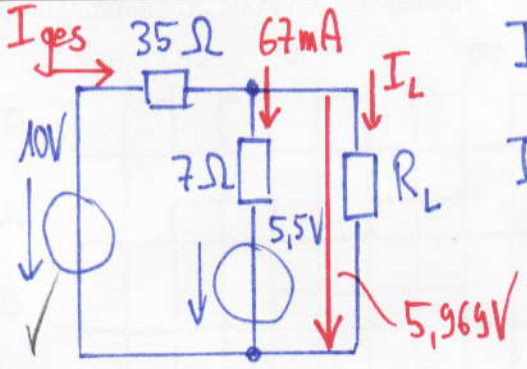
$$\rightarrow I_{Zmax}^2 + I_{Zmax} \cdot \frac{U_{Z0}}{r_Z} - \frac{0{,}4\,W}{r_Z} = 0$$

$$\rightarrow I_{Zmax} = -\frac{U_{Z0}}{2r_Z} + \sqrt{\left(\frac{U_{Z0}}{2r_Z}\right)^2 + \frac{0{,}4\,W}{r_Z}} = \underline{67\,mA}$$

$$\rightarrow U_{A\,max} = 5{,}5\,V + 7\,\Omega \cdot 0{,}067\,A = \underline{5{,}969\,V}$$

(4)

2.4. Die Eingangsspannung beträgt $U_E = 10V$, es ist ein Lastwiderstand R_L angeschlossen. Bestimmen Sie den ~~minimalen~~ maximalen Widerstand R_L, mit dem die Schaltung am Ausgang belastet werden kann, damit $I_Z = I_{Z\,max}$ aus Teilaufgabe 2.3 nicht überschritten wird.



$$I_{ges} = \frac{(10 - 5{,}969)\,V}{35\,\Omega} = 115{,}2\,mA$$

$$I_L = (115{,}2 - 67)\,mA = 48{,}2\,mA$$

$$\rightarrow R_{L\,max} = \frac{5{,}969\,V}{48{,}2\,mA} = \underline{124\,\Omega}$$

(4)

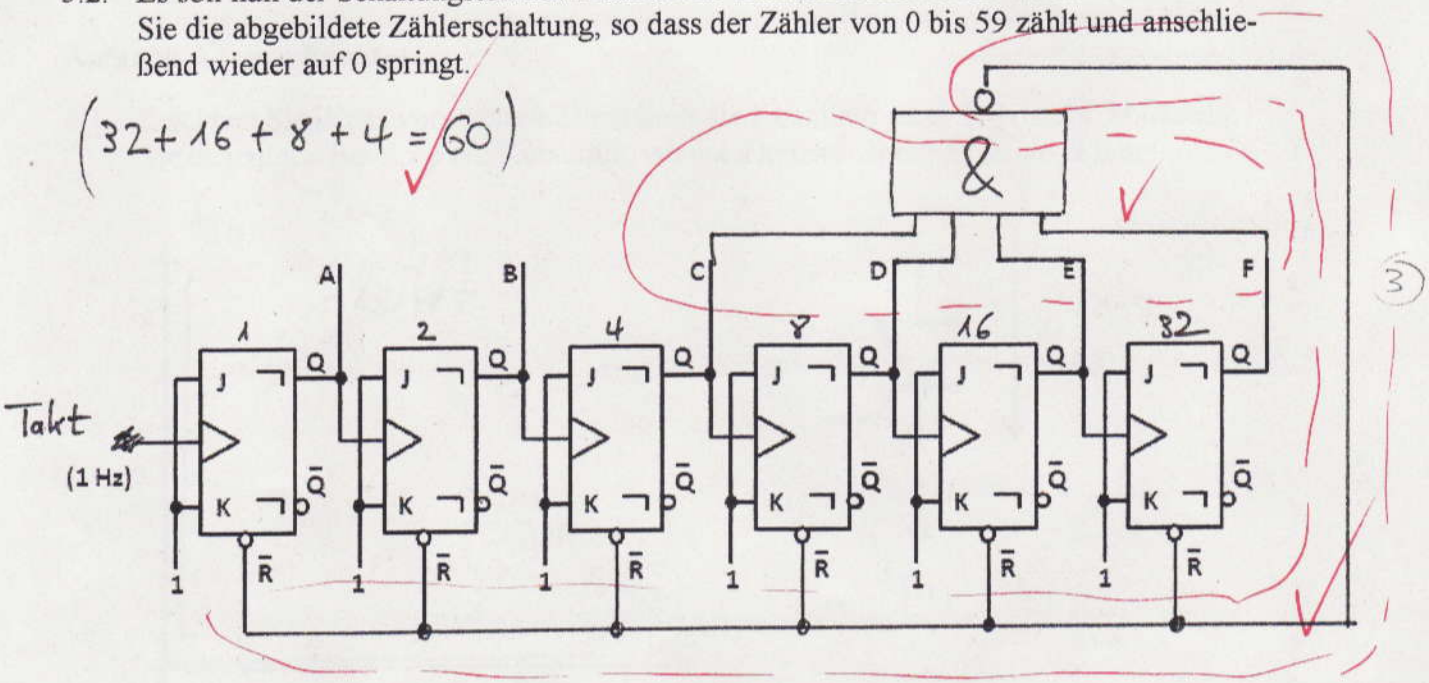
Aufgabe 3 (ca. 11 Punkte)

3.1. Es soll eine Digitaluhr aufgebaut werden. Für die Digitaluhr wird ein Taktsignal mit einer Frequenz von 1 Hz benötigt. Im Internet können für wenig Geld Oszillatoren (Schwingungs-Erzeuger) mit einer Frequenz von 32768 Hz bestellt werden. Es soll daher aus flankengesteuerten JK-Master-Slave-Flipflops ein Frequenzteiler aufgebaut werden, um aus der Oszillator-Frequenz das benötigte Taktsignal zu generieren. Wie viele Flipflops werden dazu benötigt?

$32768 = 2^{15}$ → Es werden 15 JK-FF benötigt. (1)

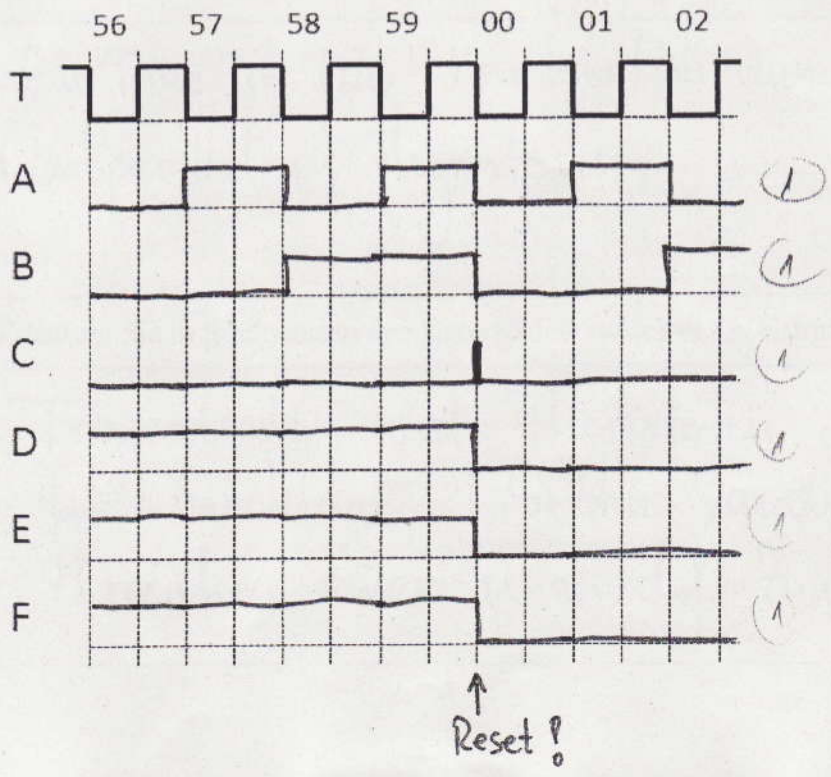
3.2. Es soll nun der Schaltungsteil zum Zählen der Sekunden entworfen werden. Erweitern Sie die abgebildete Zählerschaltung, so dass der Zähler von 0 bis 59 zählt und anschließend wieder auf 0 springt.

(32 + 16 + 8 + 4 = 60) ✓



(3)

3.3. Zeichnen Sie den Verlauf der Signale A – F in das Zeitdiagramm, während der Zähler die Sekunden von 56 bis 02 durchläuft.



(1) (1) (1) (1) (1) (1)

32 + 16 + 8 = 56
↑ ↑ ↑
F E D

Studierende, bei denen der Zähler bei null beginnt erhalten 2 Pkt. statt 6 Pkt. Wesentliche Teile der Aufgabe sind dann nicht bearbeitet worden, z.B. Bin.-Zahl ermitteln, Reset-Vorgang etc...

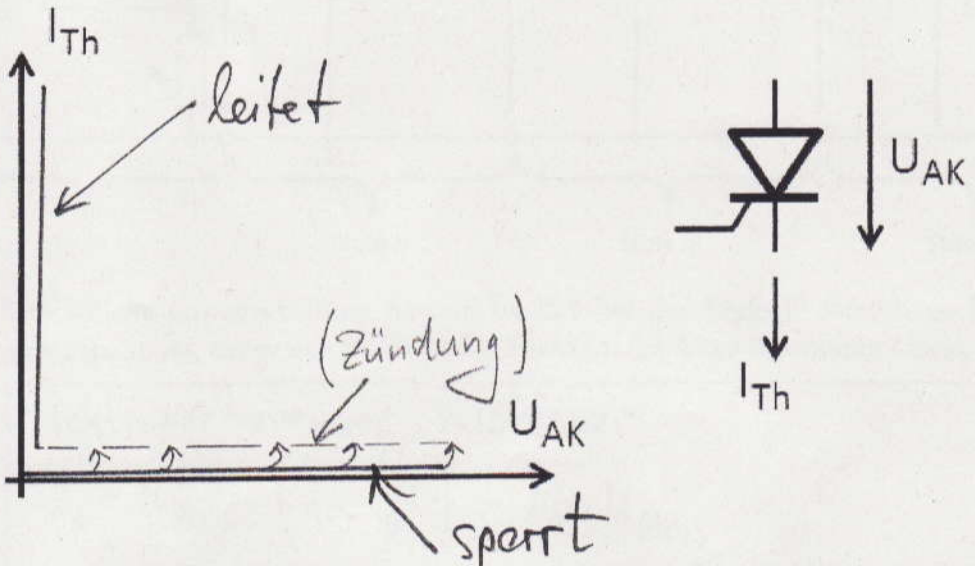
(6)

3.4. Es werden Flipflops in TTL-Technik eingesetzt. Erläutern Sie, ob die J-/K-Eingänge der Flipflops angeschlossen werden müssen oder ob sie offen bleiben können.

...müssen nicht angeschlossen werden, weil offene Eingänge als 1 erkannt werden! (1)

Aufgabe 4 (ca. 4 Punkte)

4.1. Zeichnen Sie in das vorbereitete Diagramm die Kennlinie eines Thyristors. Markieren Sie diejenigen Bereiche der Kennlinie, wo der Thyristor sperrt bzw. wo er leitet.



(2)

4.2. Erläutern Sie in Stichworten den Unterschied zwischen Thyristoren und Triacs.

Ein Triac ist eine Kombination aus zwei (antiparallelen) Thyristoren. (1)

4.3. Erläutern Sie in Stichworten den Unterschied zwischen Thyristoren und Triggerdioden.

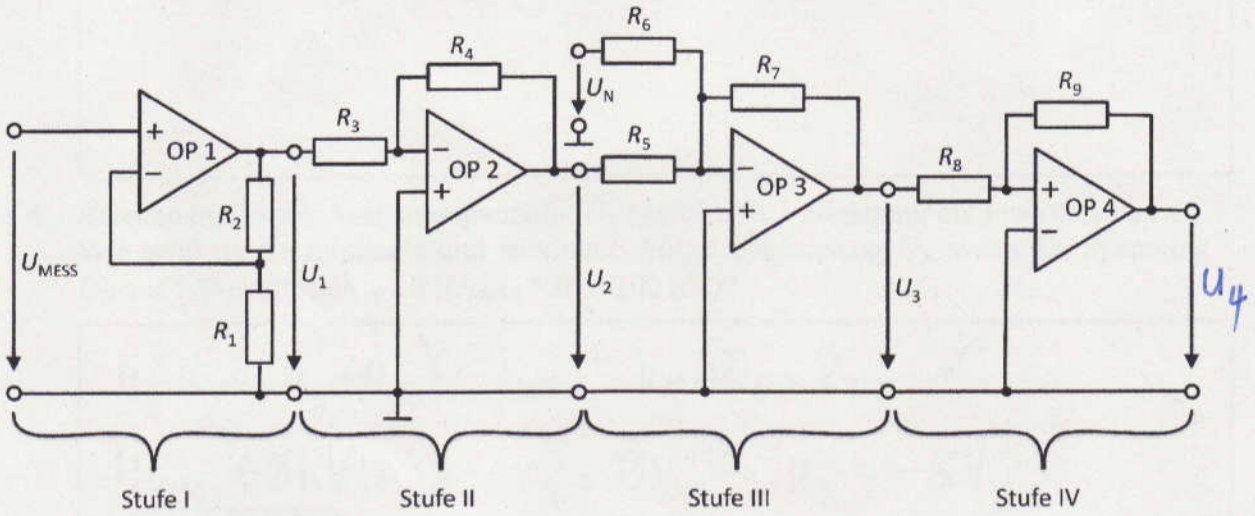
Triggerdioden sind Thyristoren ohne Gate-Anschluss. (Autom. Zündung bei Erreichen einer genau def. Zündspannung.) (1)

Aufgabe 5 (ca. 15 Punkte) 16 Punkte

Mit der unten abgebildeten Schaltung, die aus vier Operationsverstärker-Stufen besteht, soll eine kleine Mess-Spannung U_{MESS} weiterverarbeitet werden. Der an U_{MESS} angeschlossene Sensor kann einen Spannungsbereich von 0–100 µV ausgeben.

Die Widerstände haben die folgenden Werte:
$R_1 = 1\ k\Omega$, $R_2 = 99\ k\Omega$ $R_3 = 100\ \Omega$, $R_4 = 100\ k\Omega$
$R_5 = R_6 = R_7 = 10\ k\Omega$ $R_8 = 1\ k\Omega$, $R_9 = 6\ k\Omega$

Alle (idealen) Operationsverstärker arbeiten mit einer Betriebsspannung von ±12 V, die maximale Ausgangsspannung der Operationsverstärker beträgt ±12 V.



5.1. Um welche Grundschaltung handelt es sich bei der Stufe I? Berechnen Sie die Ausgangsspannung der ersten Stufe U_1 als Funktion der Mess-Spannung U_{MESS}.

nichtinvertierender Verstärker

$$u_1 = u_{Mess} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 100 \cdot u_{Mess}$$

(2)

5.2. Um welche Grundschaltung handelt es sich bei der Stufe II? Berechnen Sie die Ausgangsspannung der zweiten Stufe U_2 als Funktion der Spannung U_1.

invertierender Verstärker

$$u_2 = -\frac{R_4}{R_3} \cdot u_1 = -u_1 \cdot 1000$$

(2)

5.3. Wie groß ist der Gesamtverstärkungsfaktor v_{12} aus Stufe I und II? Was wäre der Nachteil, wenn man die beiden Stufen durch einen einzelnen OP 2 mit geeignetem R_3 und R_4 ersetzen würde? (Ersatzwert: $v_{12} = 10^5$)

$v_{12} = 100 \cdot (-1000) = -100.000$

Nachteil: Der Eingangswiderstand würde nur noch 100 Ω betragen!

(2)

5.4 Berechnen Sie die Ausgangsspannung U_3 nach Stufe 3 allgemein als Funktion von U_2. Wie groß ist die minimale und maximale Ausgangsspannung U_3, wenn die Spannung U_N auf 5 V eingestellt wird ($U_{MESS} = 0 \ldots 100\ \mu V$)?

$u_3 = -(u_N + u_2)$, weil $R_5 = R_6 = R_7$ ✓

$U_{Mess} = 0\mu V$: $\rightarrow u_2 = 0V \rightarrow u_3 = -5V$ (V)

$U_{Mess} = 100\mu V$: $\rightarrow u_2 = -10V \rightarrow u_3 = -(5V - 10V) = +5V$ (V)

(2)

5.5. Welche Funktion hat Stufe IV? Wie groß sind die minimale und die maximale Ausgangspannung? Was kann über die Widerstände R_8 und R_9 eingestellt werden?

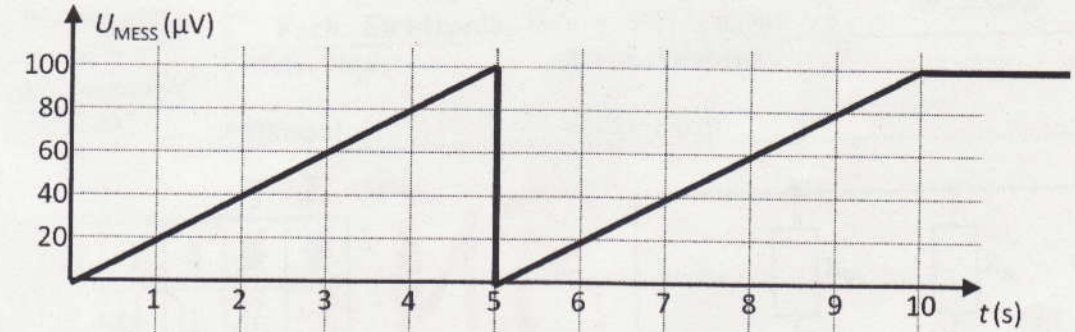
Komparator mit Hysterese: $u_4 = \pm 12V$

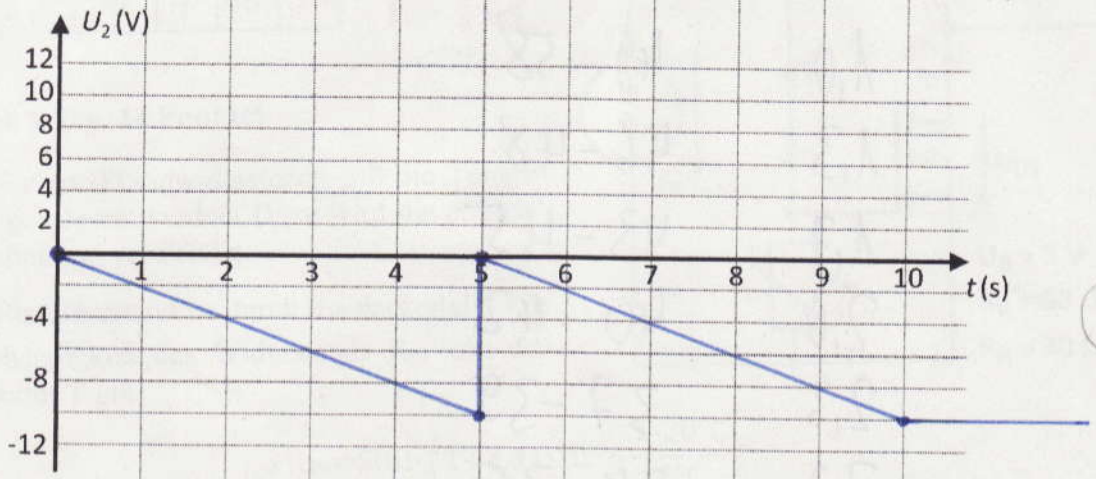
Umschaltpunkte bei:

$u_3 = \pm 12V \cdot \frac{R_8}{R_9} = \pm 2V$

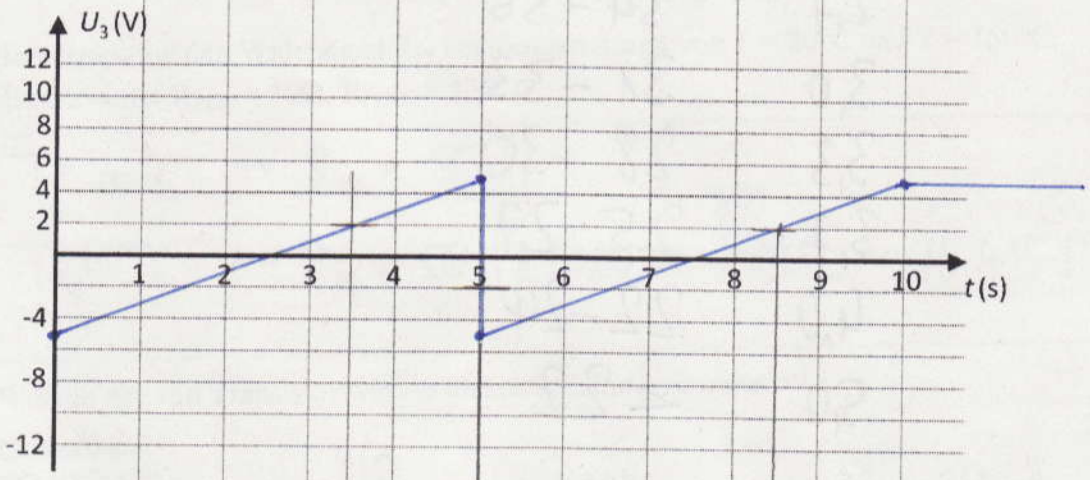
(2)

5.6. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannungen U_2, U_3 und U_4 in das Diagramm auf der folgenden Seite ein.

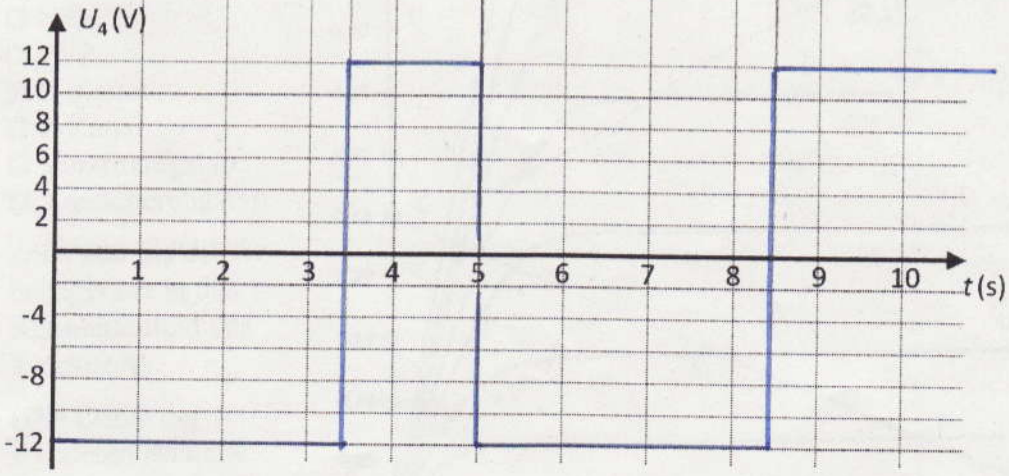




2



2



2

***** ***Viel Erfolg!*** *****