

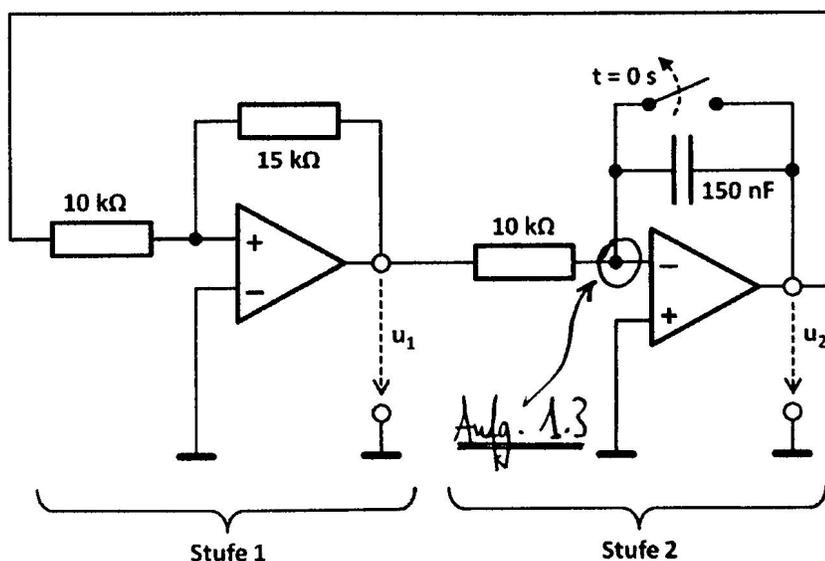
Hochschule München Fakultät 03	Sommersemester 2014, Dauer: 90 min Elektronik	M. Krug, P. Klein, T. Küpper, W. Stadler
Zugelassene Hilfsmittel: <u>alle eigenen</u>	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)

Die abgebildete Schaltung besteht aus zwei Stufen. Die Ausgangsspannung der ersten Stufe (u_1) ist zugleich die Eingangsspannung der zweiten Stufe. Die Ausgangsspannung der zweiten Stufe (u_2) ist zugleich die Eingangsspannung der ersten Stufe.

Bei den Operationsverstärkern handelt es sich um ideale Operationsverstärker mit einer maximalen Ausgangsspannung von ± 15 Volt. Der Schalter wird zum Zeitpunkt $t = 0$ s geöffnet (vorher ist er geschlossen und daher der Kondensator nicht geladen).



- 1.1. Nennen Sie drei Eigenschaften, in denen sich ideale Operationsverstärker von realen Operationsverstärkern unterscheiden.

$v_o \rightarrow \infty$ Eingangsimpedanz $\rightarrow \infty$
Ausgangsimpedanz $= 0$

- 1.2. Um welche Grundschaltung handelt es sich bei der ersten Stufe? Zeigen Sie die Abhängigkeit der Ausgangsspannung u_1 von der Eingangsspannung u_2 in einem Diagramm.

Komparator mit Hysterese,
Schwellenspg. $= \pm 15V \cdot \frac{10}{15} = \pm 10V$

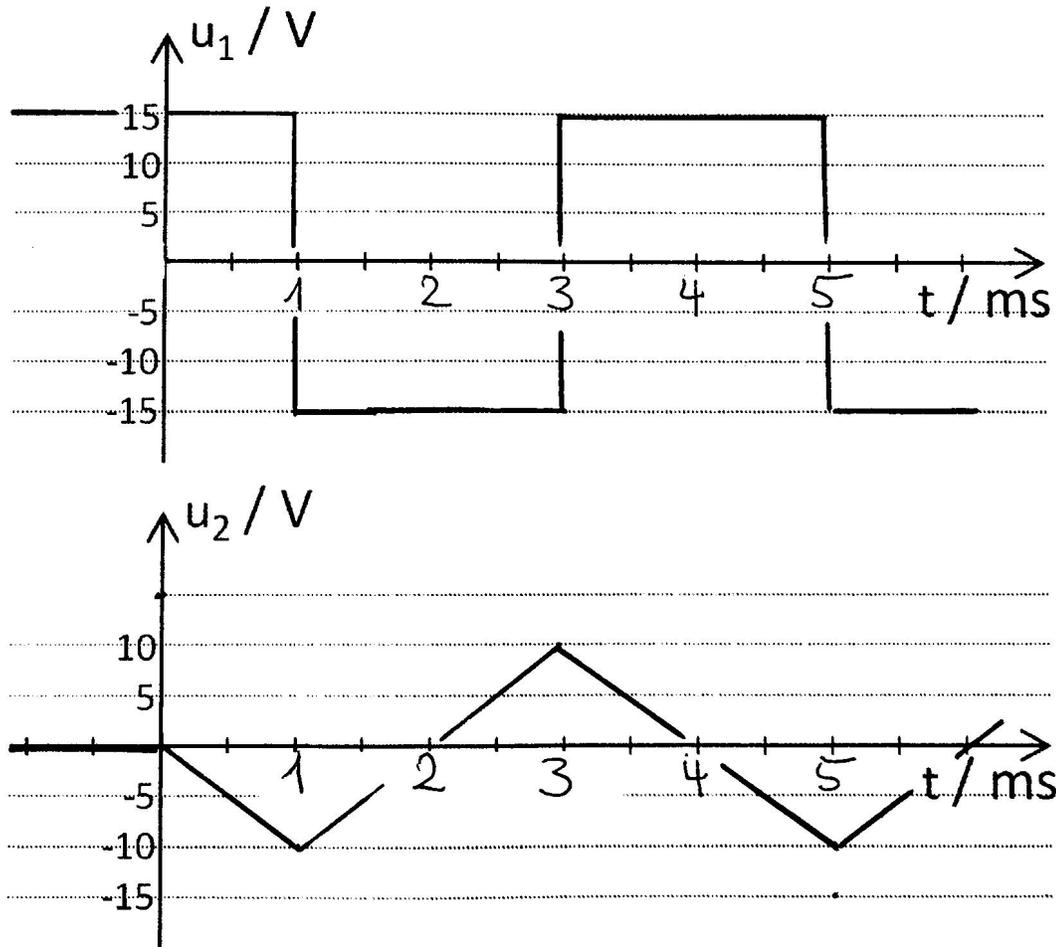
- 1.3. Markieren Sie den „virtuellen Massepunkt“, der sich in der abgebildeten Schaltung befindet.
- 1.4. Um welche Grundschaltung handelt es sich bei der zweiten Stufe? Berechnen Sie die Ausgangsspannung u_2 als Funktion der Eingangsspannung u_1 .

Integrator: $u_2 = -\frac{1}{10\text{k}\Omega \cdot 150\mu\text{F}} \cdot \int u_1(t) dt = -666,67 \frac{1}{\text{s}} \cdot \int u_1(t) dt$

~~(NR.: $u_2(2\text{ms}) = 666,67 \frac{1}{\text{s}} \cdot (15\text{V} \cdot 2\text{ms})$)~~

(Nebenrechnung: $u_2(1\text{ms}) = -666,67 \frac{1}{\text{s}} \cdot (15\text{V} \cdot 1\text{ms}) = -10\text{V}$)

- 1.5. Zeichnen Sie den Verlauf der Spannungen u_1 und u_2 in das folgende Diagramm.



- 1.6. Ein preiswerter Universal-Operationsverstärker (z. B. der im Praktikum verwendete Typ OP07) wird an einer symmetrischen Versorgungsspannung von $\pm 15\text{V}$ betrieben. In welchem Bereich $u_{a,\text{min}} \dots u_{a,\text{max}}$ kann sich die Ausgangsspannung dieses (nicht-idealen) Verstärkers bewegen?

u_A kommt nicht ganz an die Versorgungsspannungsgrenzen heran. Also z.B.:

$$\underline{\underline{u_{A,\text{min}} \dots u_{A,\text{max}} \approx -14\text{V} \dots +14\text{V}}}$$

Aufgabe 2 (ca. 14 Punkte)

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

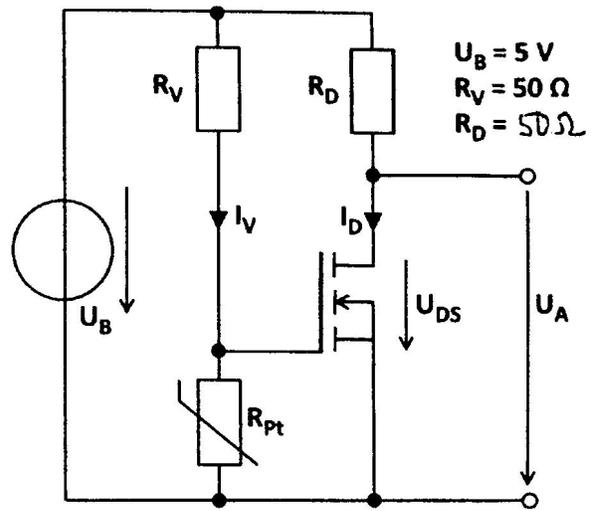
Der Platinwiderstand ist durch R_{Pt} dargestellt. Für die Abhängigkeit des Widerstands R_{Pt} von der Temperatur T gilt:

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

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

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

$$R_{Pt}(150^\circ\text{C}) = 50\Omega \cdot (1 + 0,5083) = \underline{75,4\Omega}$$



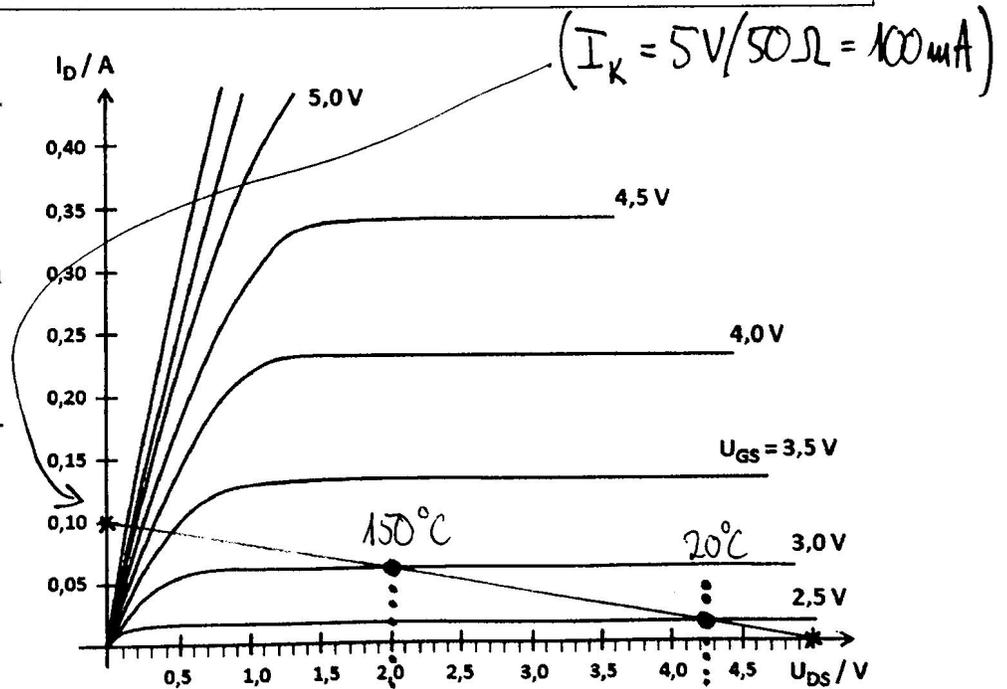
- 2.2. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade in das Kennlinienfeld des Transistors.

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

- 2.3. Welche Art von Transistor wird in dieser Schaltung eingesetzt?

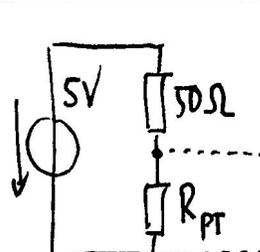
(Handelt es sich um einen Bipolartransistor oder einen MOSFET?)

Um einen NPN-, PNP-, n-Kanal- oder p-Kanaltransistor? Um einen Anreicherungs- oder Verarmungstyp?)



- MOSFET
- n-Kanal
- Anreicherungstyp

2.4. Welche Gate-Source-Spannungen U_{GS} stellen sich bei $T = 20^\circ\text{C}$ und $T = 150^\circ\text{C}$ ein?



$$U_{GS} = 5V \cdot \frac{R_{PT}}{R_{PT} + 50\Omega}$$

	20°C	150°C
R_{PT}	50Ω	$75,4\Omega$
U_{GS}	$2,5V$	$3V$

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

Ablese:

$$20^\circ\text{C} \rightarrow U_A = U_{DS} = \underline{\underline{4,25V}}$$

$$150^\circ\text{C} \rightarrow U_A = U_{DS} = \underline{\underline{2,0V}}$$

2.6. Welche Verlustleistung fällt bei einer Temperatur von $T = 20^\circ\text{C}$ am Widerstand R_{PT} an? Was bedeutet dies für den Einsatz dieser Schaltung zur Temperaturmessung?

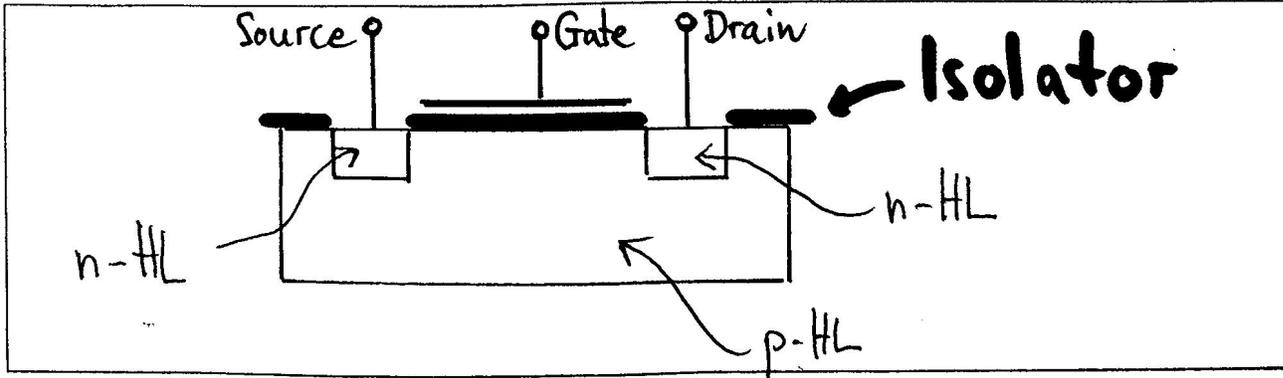
$$I_{R_{PT}} = \frac{5V}{(50\Omega + 50\Omega)} = 50\text{mA} \rightarrow P_{V,PT} = I_{R,PT}^2 \cdot R_{PT} = 0,125W$$

(R_{PT} erwärmt sich etwas und verfälscht die Temperaturmessung!)

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

Gate ist durch Isolierschicht vom Rest des Bauelements getrennt...
 \rightarrow da kein Gleichstrom fließen!

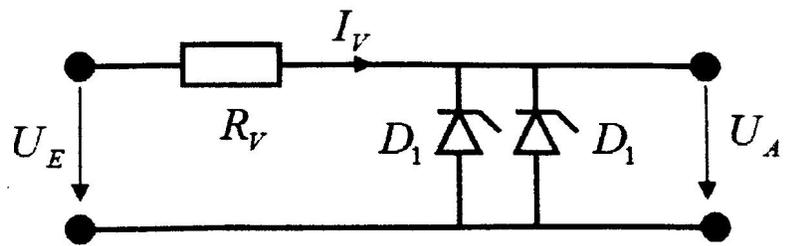
2.8. Skizzieren Sie den inneren Aufbau des hier verwendeten Transistors. (Die unterschiedlichen Halbleiterbereiche, die Anschlüsse inkl. Bezeichnungen sollen erkennbar sein.)



Source, Gate, Drain, Isolator, n-HL, p-HL

Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)

Gegeben ist eine Stabilisierungsschaltung mit einem Vorwiderstand $R_V = 10\ \Omega$ und zwei parallelen, identischen Zenerdioden D_1 . Die Parameter einer einzelnen Diode D_1 sind bekannt: $U_{Z0,1} = 3\text{ V}$, $r_{Z,1} = 6\ \Omega$.



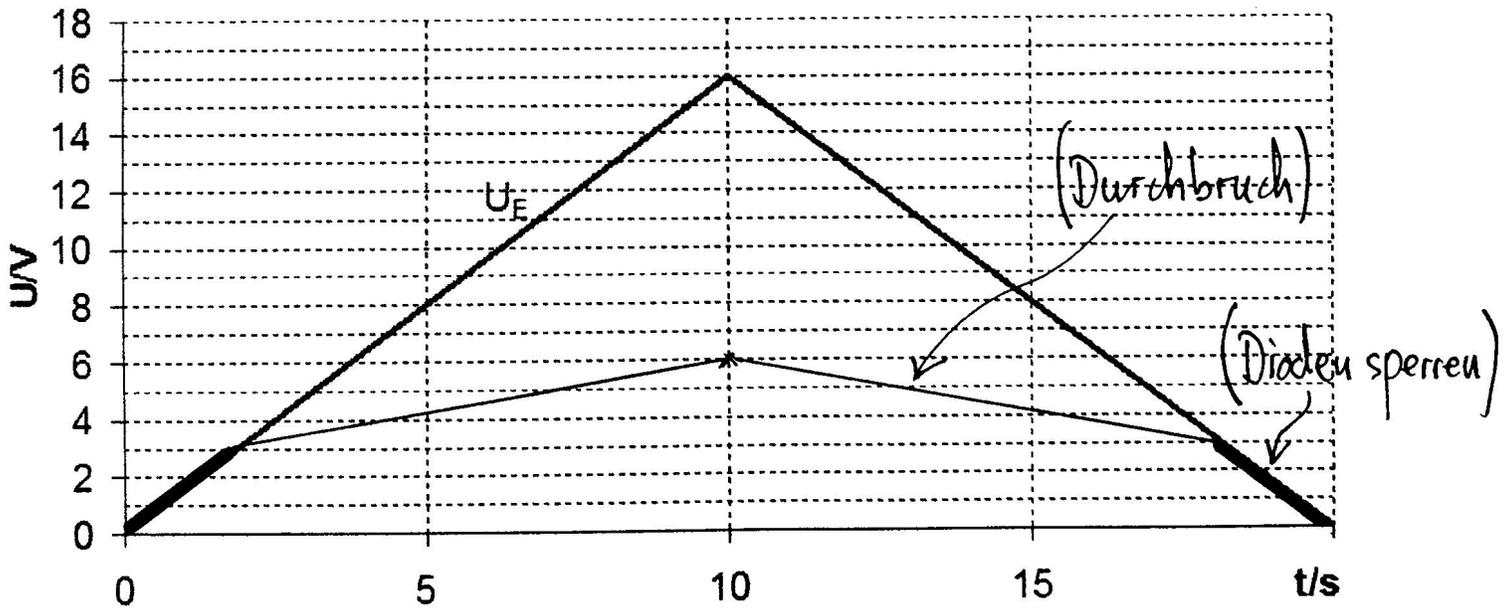
- 3.1. Berechnen Sie den Strom I_V , der durch den Vorwiderstand R_V fließt, wenn die Eingangsspannung $U_E = 16\text{ V}$ beträgt.

Durch eine Diode fließt $I_V/2$, die Spg. U_A beträgt also:

$$U_A = \frac{I_V}{2} \cdot 6\ \Omega + 3\text{ V} \rightarrow U_{RV} = 16\text{ V} - 3\text{ V} - \frac{I_V}{2} \cdot 6\ \Omega = 10\ \Omega \cdot I_V$$

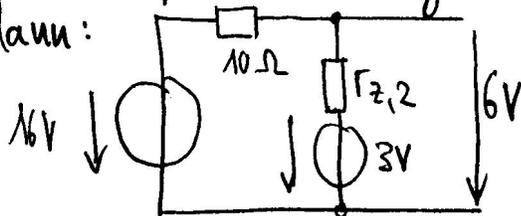
$$\rightarrow (16 - 3)\text{ V} = I_V \cdot (3\ \Omega + 10\ \Omega) \rightarrow \underline{I_V = 1\text{ A}} \quad (\rightarrow U_A = \frac{1\text{ A}}{2} \cdot 6\ \Omega + 3\text{ V} = 6\text{ V})$$

- 3.2. Zeichnen Sie für den untenstehenden Verlauf der Eingangsspannung $U_E(t)$ die dazugehörige Ausgangsspannung $U_A(t)$ ein.



- 3.3. Welche Parameter ($U_{Z0,2}$, $r_{Z,2}$) müsste eine Zenerdiode D_2 haben, wenn die Parallelschaltung der beiden Zenerdioden D_1 durch die Zenerdiode D_2 ersetzt werden soll, ohne das Stabilisierungsverhalten der Schaltung zu verändern?

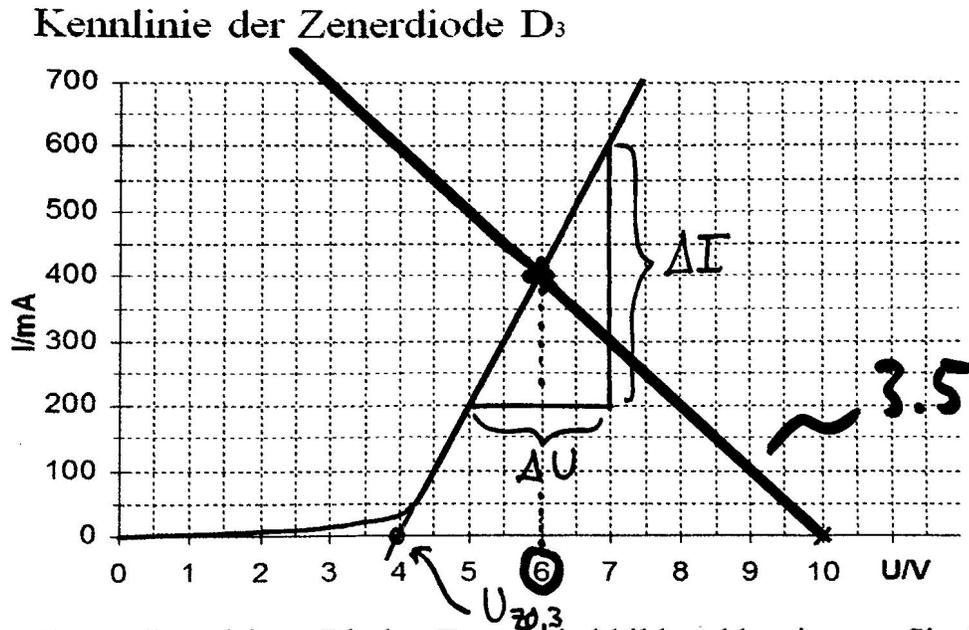
$U_{Z0,2}$ muss ebenfalls 3V betragen, damit sich das Verhalten aus Unterpkt. (3.2.) ergibt. Bei $U_E = 16\text{ V}$ und $U_A = 6\text{ V}$ gilt dann:



$$\rightarrow \frac{(16 - 3)\text{ V}}{10\ \Omega + r_{Z,2}} \cdot r_{Z,2} + 3\text{ V} = 6\text{ V}$$

$$\rightarrow \underline{r_{Z,2} = 3\ \Omega}$$

Für die folgenden Unterpunkte wird die Parallelschaltung der beiden Zenerdioden D_1 durch eine Zenerdiode D_3 ersetzt, deren Kennlinie im folgenden Diagramm gegeben ist.



- 3.4. Zeichnen Sie das linearisierte Dioden-Ersatzschaltbild und bestimmen Sie die Parameter ($U_{Z0,3}$, $r_{Z,3}$) aus der abgebildeten Kennlinie.

Abllesen: $U_{Z0,3} = \underline{\underline{4V}}$

$$r_{Z,3} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{2V}{400mA} = \underline{\underline{5\Omega}}$$

- 3.5. Ergänzen Sie in dem obigen Diagramm („Kennlinie der Zenerdiode D_3 “) die Arbeitsgerade für eine Eingangsspannung $U_E = 10V$. Bestimmen Sie die sich einstellende Ausgangsspannung aus dem Diagramm (Arbeitspunkt einzeichnen!)

(NR.: $I_k = \frac{10V}{R_v} = \frac{10V}{10\Omega} = 1A$)

Abllesen: $U_A = \underline{\underline{6V}}$

Aufgabe 4 (ca. 15 Punkte)

Das folgende C-Programm wird in Maschinsprache übersetzt und auf einem Mikrocontroller des Typs ATmega8515 ausgeführt.

```
/* Taktfrequenz des Controllers */
#define F_CPU 1843200UL

/* AVR-spezifische Include-Dateien */
#include <compat/deprecated.h>
#include <avr/sfr_defs.h>
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

/* Hauptprogramm */
int main(void)
{
    /* PB0...PB3 sind Ausgänge, PB4...PB7 sind Eingänge */
    DDRB = 15;

    do
    {
        sbi(PORTB, 0);
        sbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(1000); _delay_ms(1000);

        cbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(1000);

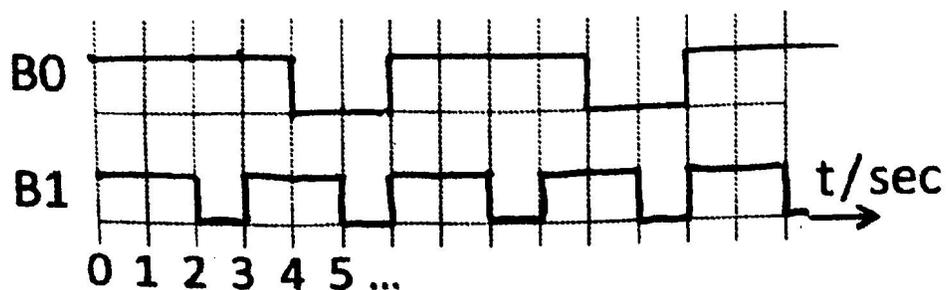
        sbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(1000);

        cbi(PORTB, 0);
        _delay_ms(1000);

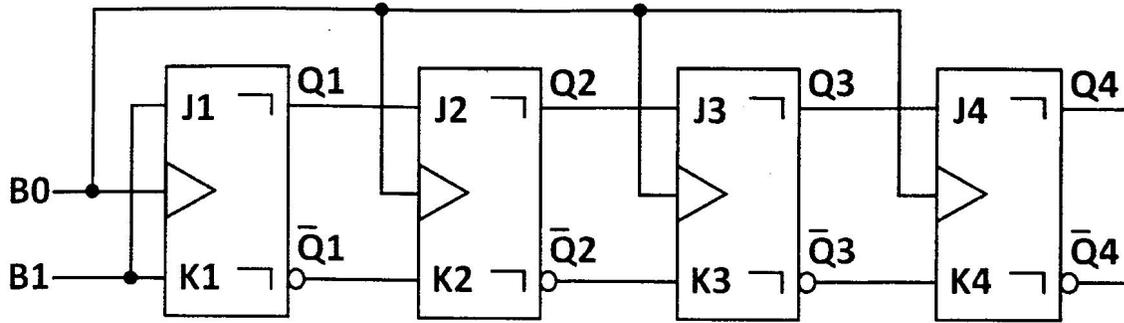
        cbi(PORTB, 1);
        _delay_ms(1000);
    }
    while(1 == 1);
    return 0;
}
```

4.1. Zeichnen Sie die Signalverläufe, die an den Anschlüssen B0 und B1 des Mikrocontrollers ausgegeben werden, in das folgende Diagramm.

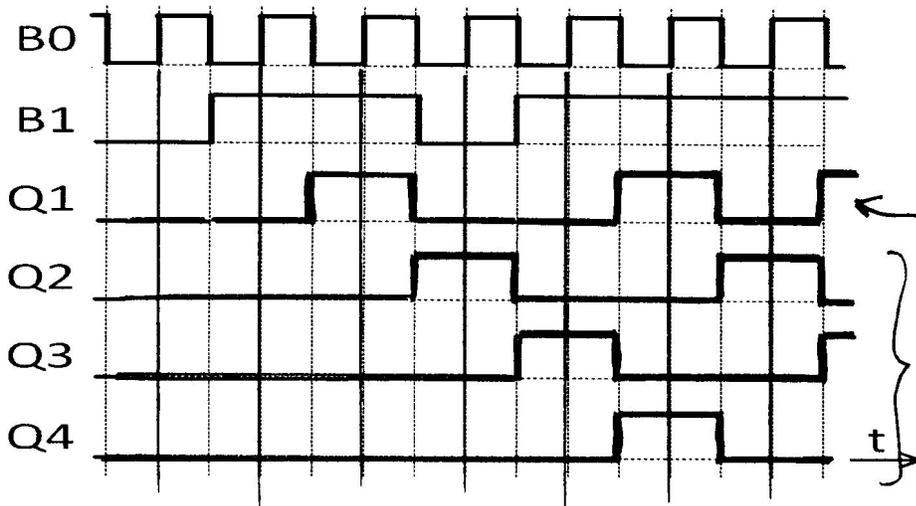
(Hinweis: Die Programmausführung beginnt zum Zeitpunkt $t = 0$ s.)



4.2. An die Anschlüsse B0 und B1 des Mikrocontrollers wird die abgebildete Schaltung aus vier positiv flankengesteuerten JK-Master/Slave-Flipflops angeschlossen.



Zeichnen Sie Signalverläufe an den Ausgängen Q1, Q2, Q3 und Q4 in das folgende Diagramm. (Hinweis: Auf dem Mikrocontroller läuft nun ein anderes Programm als in Aufgabe 4.1.)



Achtung: Eingang bei K1 ist nicht invertiert!
...„normales“ Schiebereg.

4.3. Eine UND-Verknüpfung (auch AND-Gatter genannt) soll aus einzelnen Transistoren und Widerständen aufgebaut werden - also ohne Verwendung von integrierten Schaltkreisen.

Zeichnen Sie eine dazu geeignete Schaltung aus Transistoren und Widerständen in das folgende Feld. Kennzeichnen Sie die beiden Eingänge und auch den Ausgang der UND-Verknüpfung!

Hinweis: Konkrete Bauteildaten (z. B. Widerstandswerte) müssen nicht angegeben werden!

