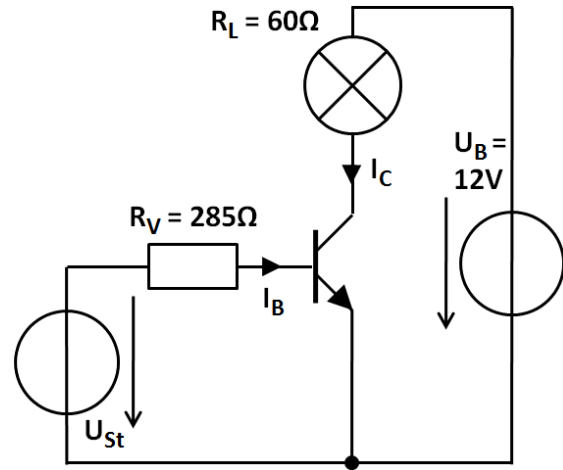


Hochschule München FK 03 Fahrzeugtechnik	Diplomvorprüfung WS 2010/11 Fach: Elektronik, Dauer: 90 Minuten		G. Buch, P. Klein T. Küpper, W. Stadler	
	Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei Blatt DIN A4 eigene Aufzeichnungen	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:	
	Hörsaal:	Unterschrift:		

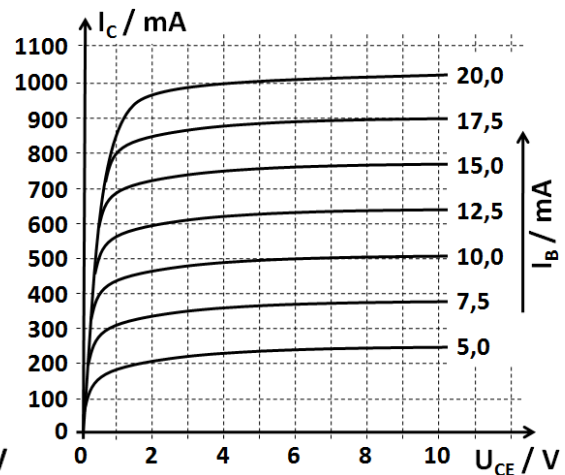
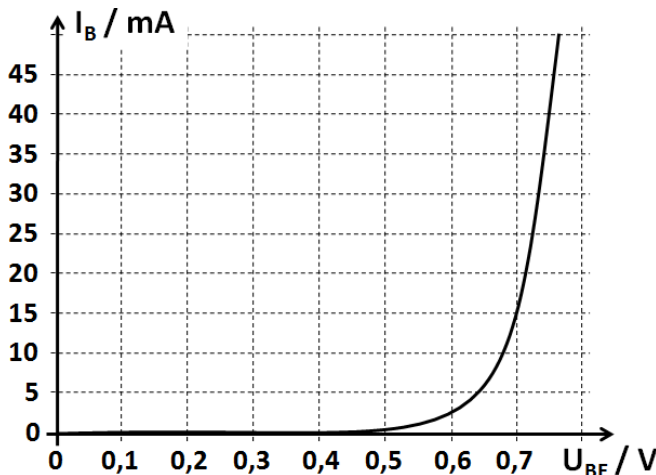
A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)

Eine Glühlampe (ohmscher Widerstand $R_L = 60\Omega$) wird über einen Transistor angesteuert. Die Betriebsspannung beträgt $U_B = 12V$. Die Spannung U_{St} wird von einem Steuergerät geliefert, der Wert des Basisvorwiderstands beträgt $R_V = 285\Omega$.

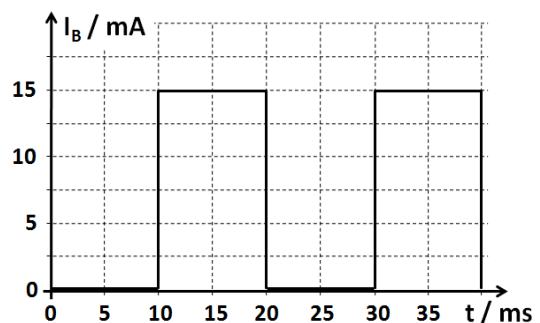


1.1. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade in das Ausgangskennlinienfeld des Transistors.



1.2. Die Glühlampe soll mit reduzierter Helligkeit leuchten, sie wird zu diesem Zweck vom Steuergerät 50 mal pro Sekunde ein- und ausgeschaltet. Die nebenstehende Abbildung zeigt den Verlauf des Basisstroms I_B .

Zeichnen Sie die Arbeitspunkte **des eingeschalteten Transistors** (also bei $I_B = 15\text{ mA}$) in die Ein- und Ausgangskennlinien.



1.3. Wie groß ist die Basis-Emitter-Spannung des Transistors bei eingeschaltetem Basisstrom I_B ?

1.4. Mit welchem Übersteuerungsfaktor wird der Transistor eingeschaltet?

1.5. Wie groß ist die Spannung U_{St} bei eingeschaltetem Transistor?

1.6. Welche Verlustleistung P_{Verl} geht am eingeschalteten Transistor als Wärme verloren?

1.7. Die Helligkeit der Glühlampe kann natürlich auch **ohne Verwendung eines Transistors** reduziert werden: Die Lampe wird dazu in Reihe mit einem Widerstand von 25Ω an die Betriebsspannung $U_B = 12V$ angeschlossen. Wie groß ist hier die Verlustleistung, die am 25Ω -Widerstand als Wärme verloren geht?

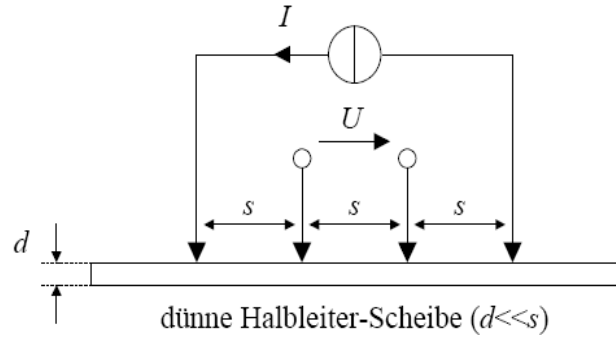
1.8. Nun wird **eine andere Lampe mit einem ohmschen Widerstand $R_L' = 12\Omega$** in die oben gezeigte Transistorschaltung eingebaut. Welcher Strom I_C' fließt durch die neue Lampe, wenn diese vom Steuergerät eingeschaltet wird? (Es gilt weiterhin $I_B = 15mA$.)

1.9. Welche Verlustleistung P_{Verl}' geht im Unterpunkt 1.8 am Transistor als Wärme verloren?

1.10. Muss R_V vergrößert oder verkleinert werden, damit der Transistor auch in Unterpunkt 1.8 in Sättigung betrieben und die Glühlampe sicher eingeschaltet wird? Wird die Verlustleistung am Transistor dadurch vergrößert oder verkleinert? (**Kurze Begründungen erforderlich!**)

Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)

Mit der skizzierten Vierspitzenmethode kann man die spezifische Leitfähigkeit von Halbleiterscheiben sehr einfach bestimmen. Dazu wird über die äußeren beiden aufgesetzten Kontaktnadeln der Strom I eingepreßt. Der daraus resultierende Spannungsabfall U zwischen den inneren Spitzen wird gemessen.



Für den Fall, dass die Dicke d der Halbleiterscheibe sehr viel kleiner ist, als der Abstand s der Messspitzen ergibt sich die spezifische Leitfähigkeit nach der Formel

$$\kappa = \frac{I}{\pi \cdot d \cdot U} \cdot \ln 2$$

Die spezifische Leitfähigkeit eines dünnen Si-Halbleiterplättchen, welches mit einem Akzeptor dotiert ist, wird so bei Raumtemperatur ermittelt. Gegeben sind folgende Daten:

Dicke $d = 400 \mu\text{m}$, Strom $I = 5 \text{mA}$, gemessene Spannung $U = 100 \text{mV}$ und die Halbleitereigenschaften $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-3}$, $\mu_n = 1350 \text{cm}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 480 \text{cm}^2/\text{Vs}$, Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

- 2.1. Berechnen Sie die spezifischen Leitfähigkeit κ der Si-Scheibe sowie die Akzeptordichte N_A . (Hinweis: Der Einfluss der Minoritätsträger darf bei der Berechnung vernachlässigt werden.)
Ersatzwert: $N_A = 4 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-3}$

- 2.2. Obiges Si-Plättchen wird nun zusätzlich mit einem Donator $N_D = 10^{16} \text{cm}^{-3}$ dotiert. Welche Spannung U würde man nun bei sonst unverändertem Versuchsaufbau messen?

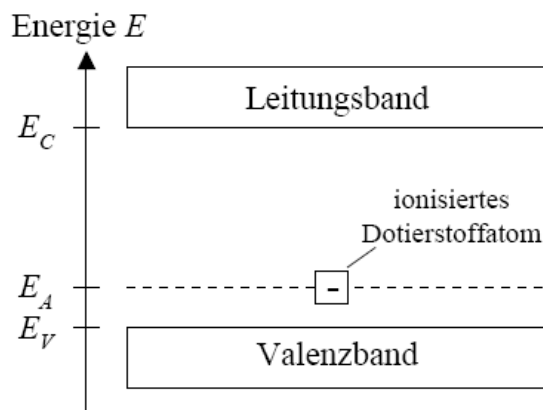
- 2.3. Wie verändert sich grundsätzlich die Spannung U , wenn der Halbleiter während der Messung stark erwärmt wird **und warum**?

2.4. Vervollständigen Sie in der nachstehenden Tabelle die Funktionsweise und eine mögliche Anwendung aufgelisteter Bauelemente (vgl. Beispiel Feldplatte).

<i>Bauelement</i>	<i>Effekt/Funktion</i>	<i>Anwendung</i>
Feldplatte	Bewegte Ladungsträger werden im magn. Feld abgelenkt und müssen dadurch längere Strecke zurücklegen → Widerstand steigt	Magnetfeld-Sensor
Hallelement		
Fotowiderstand (LDR)		
Heißleiter		

2.5. Skizziert ist das Bänderdiagramm eines p-Typ Halbleiters.

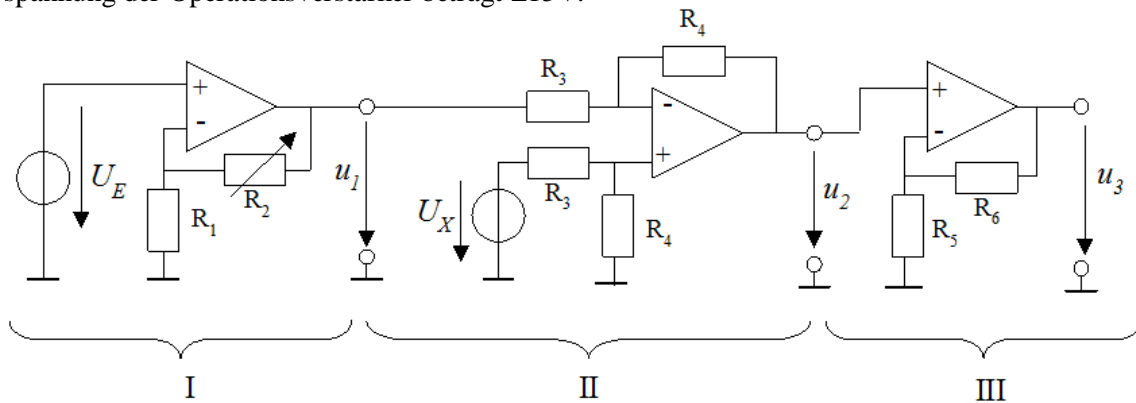
- Markieren Sie im Diagramm den Bandabstand E_g des Halbleiters.
- Markieren Sie im Diagramm die Energie ΔE , die notwendig ist, um die Akzeptor-Störstellen zu ionisieren (also an den Dotierstoffatomen „zusätzliche“ Löcher zu generieren).
- Der Halbleiter wird zusätzlich mit einem Donator dotiert. Zeichnen Sie in das Bänderdiagramm das Energieniveau E_D der Donator-Störstellen ein.



2.6. Welche elektrischen Eigenschaften hat ein Material, dessen Bandabstand so gering ist, dass sich Leitungsband und Valenzband berühren oder sogar teilweise überschneiden?

Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)

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



- 3.1. Um welche Grundschaltungen handelt es sich bei den Stufen I, II und III? Geben Sie entweder eine möglichst genaue Beschreibung oder einen mathematischen Zusammenhang zwischen den Ein- und Ausgangsspannungen in Abhängigkeit von den angegebenen Widerständen an.

Stufe I:

Stufe II:

Stufe III:

- 3.2. **Verstärkerstufe I (mit $U_E = 5\text{V}$ – konstant! – und $R_1 = 10\text{ k}\Omega$):**

Der Widerstand R_2 ist temperaturabhängig. Es soll anhand der gegebenen zeitlichen Verläufe von Temperatur T am Widerstand R_2 und Spannung u_1 schrittweise eine Gleichung für $R_2(T)$ hergeleitet werden, indem die folgenden Unterpunkte gelöst werden:

- a) Erstellen Sie anhand der zeitlichen Verläufe von Temperatur T und Spannung u_1 (siehe Diagramm auf der nächsten Seite) eine Formel zur Berechnung von u_1 in Abhängigkeit von der Temperatur T . (Hinweis: linearer Zusammenhang zwischen Temperatur und Spannung!)

- b) Stellen Sie eine Gleichung zur Berechnung der Spannung u_1 in Abhängigkeit von R_2 auf.

- c) Setzen Sie die Ergebnisse für die Berechnung von u_1 aus Aufgabenteil a) und b) gleich und stellen Sie eine Gleichung auf, mit der Sie R_2 in Abhängigkeit von T berechnen können.

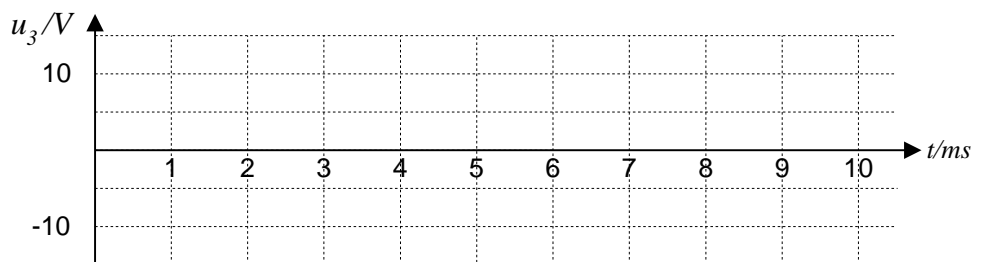
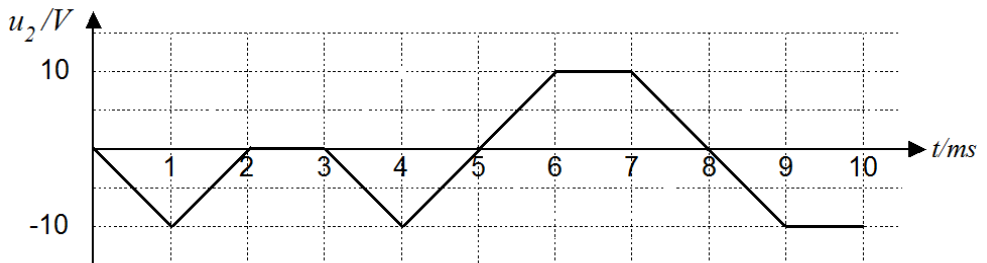
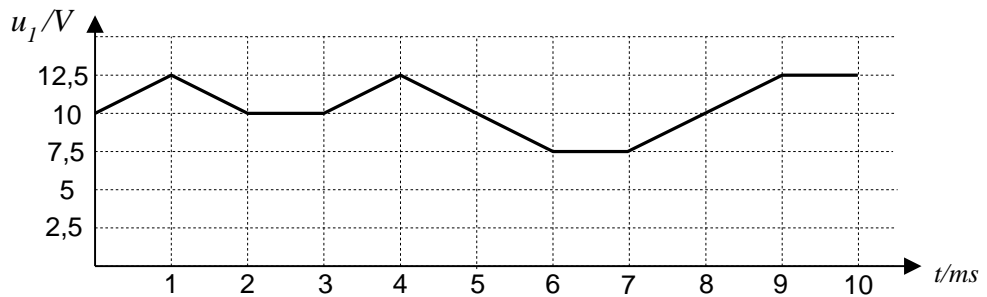
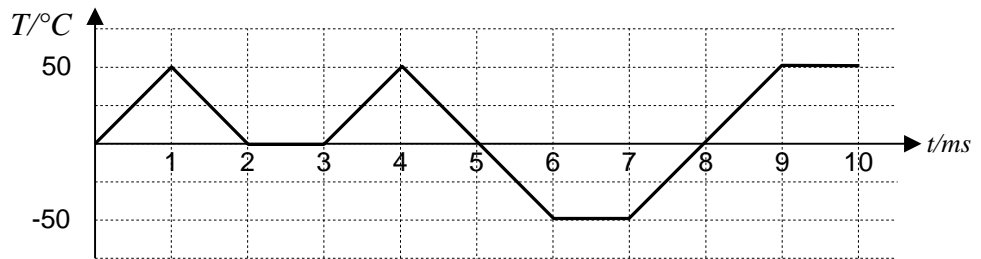
3.3. Verstärkerstufe II (mit $R_3 = 10\text{ k}\Omega$):

Welche Werte müssen die Widerstände R_3 und die (konstante!) Spannungsquelle U_x haben, damit sich bei vorgegebenem Verlauf von u_1 die angegebene Ausgangsspannung u_2 einstellt?

Unterpunkt 3.3 komplett gestrichen!!!

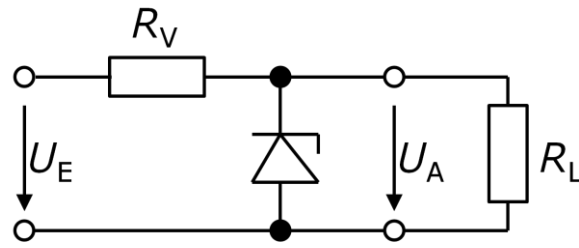
3.4. Verstärkerstufe III (mit $R_5 = 5\text{ k}\Omega$ und $R_6 = 10\text{ k}\Omega$):

Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf von u_3 in das Diagramm ein.

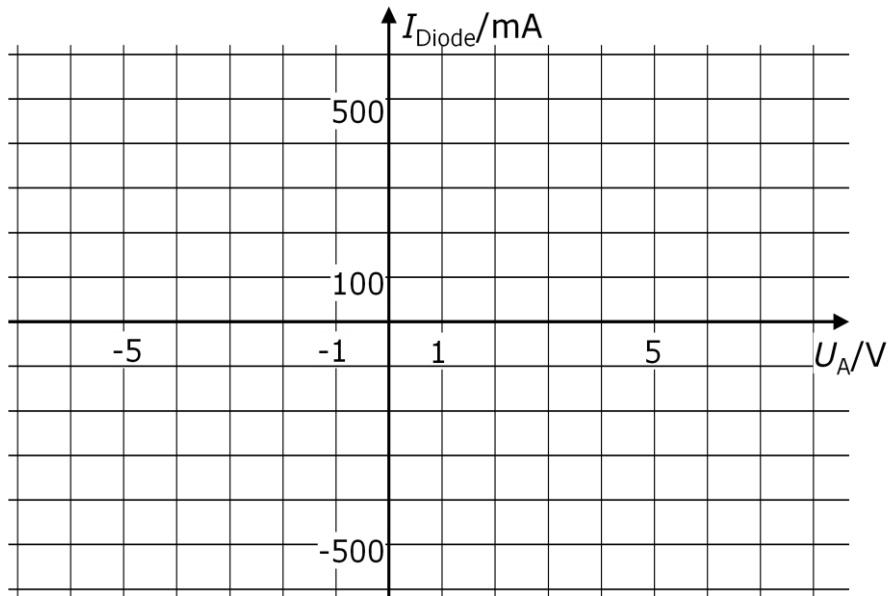


Aufgabe 4 (ca. 15 Punkte)

In der nebenstehenden Schaltung soll eine empfindliche Verstärkerschaltung (dargestellt durch den Widerstand R_L) durch eine Zenerdiode vor Überspannung geschützt werden. Die Parameter des linearisierten Ersatzschaltbildes der Zenerdiode sind $U_{Z0} = 5,5 \text{ V}$, $r_z = 2 \text{ }\Omega$, $U_f = 1,0 \text{ V}$ und $r_f = 1 \text{ }\Omega$.



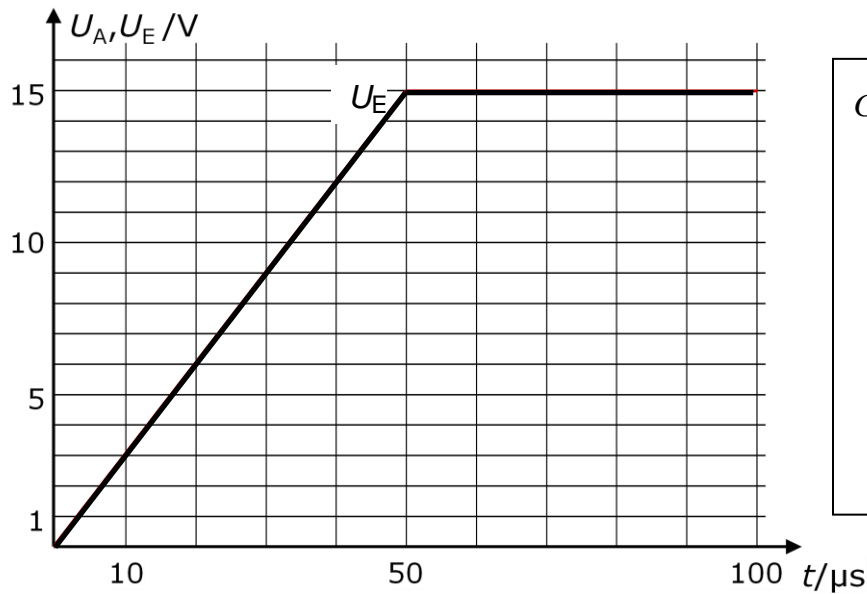
4.1. Zeichnen Sie die linearisierte ideale Kennlinie $I_{\text{Diode}} = f(U_A)$ in das Diagramm.



4.2. Die Eingangsspannung U_e kann maximal 15 V betragen. Dimensionieren Sie den Vorwiderstand R_V so, dass die Spannung über der Verstärkerschaltung (U_A) 7,5 V nicht überschreitet, **wenn kein Strom durch den Verstärker fließt** (Ersatzwert $R_V = 8 \text{ }\Omega$).

4.3. Welche Leistung geht am Vorwiderstand aus Unterpunkt 4.2 im „normalen“ Betriebsfall ($U_e = 5,0 \text{ V}$ und $R_L = 10 \text{ }\Omega$) in Form von Wärme verloren?

- 4.4. Zeichnen Sie für $R_L \rightarrow \infty$ die am Verstärker anliegende Spannung U_A für die zeitlich veränderliche Eingangsspannung U_E in das Zeit-Spannungs-Diagramm. Wie groß ist in diesem Fall der Glättungsfaktor?



$G =$

- 4.5. Die Verstärkerschaltung reagiert sehr empfindlich auf negative Eingangsspannungen, Spannungen mit $U_A < -1,0$ V sind kritisch. Am Netzteil können kurzzeitig Spannungen von $U_E = -3$ V auftreten. Wie groß ist die an der Verstärkerschaltung anliegende Spannung U_A in diesem Fall? (Hinweis: Es gilt weiterhin $R_L = 10 \Omega$)

- 4.6. Wie könnte die Schutzschaltung ergänzt werden, um die Spannung U_A auf $U_A > -1,0$ V zu limitieren (preiswerte Lösungen bevorzugt!). Ergänzen Sie dazu die Schaltung auf der vorherigen Seite.

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