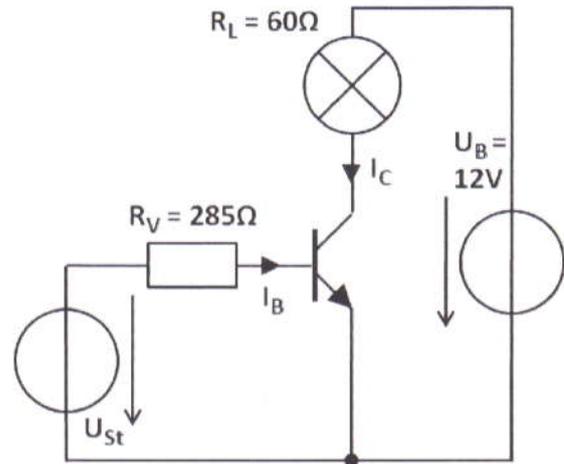


Hochschule München FK 03 Maschinenbau	Diplomprüfung WS 2010/11 Fach: Elektronik, Dauer: 90 Minuten		G. Buch, P. Klein T. Küpper, W. Stadler
Zugelassene Hilfsmittel: alle eigenen	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:	
	Hörsaal:	Unterschrift:	

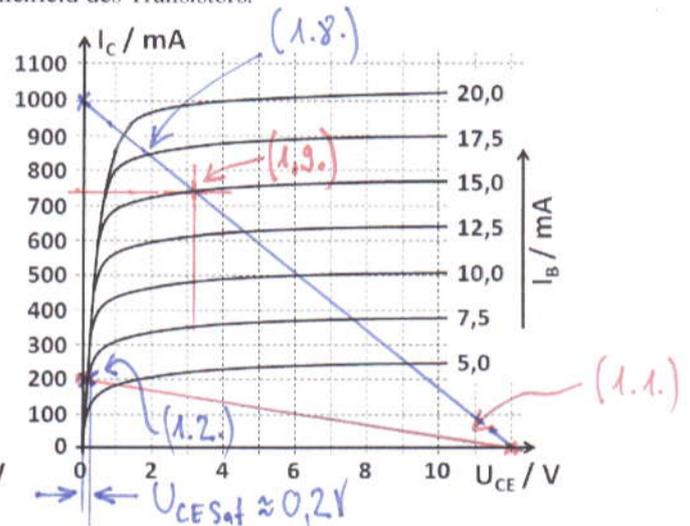
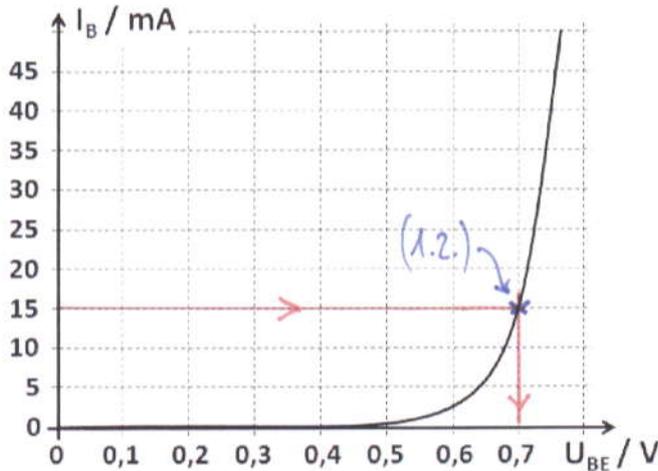
A	1	2	3	4	5	Σ	N
P							

Aufgabe 1 (ca. 14 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 Vorwiderstands an der Basis des Transistors beträgt $R_V = 285\Omega$.



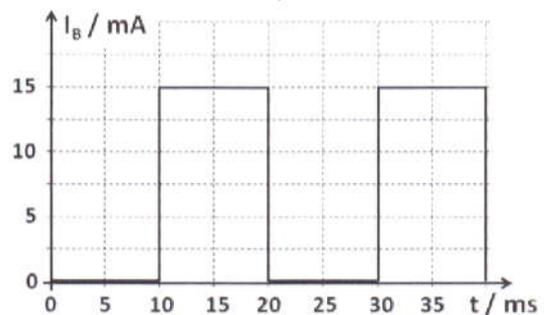
1.1. Zeichnen Sie die Arbeitsgerade in das Ausgangskennlinienfeld des Transistors.



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** in die Ein- und Ausgangskennlinien.

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



Ablezen aus Eingangskennlinie:
 $U_{BE} = 0,7V$

1.4. Mit welchem Übersteuerungsfaktor wird der Transistor eingeschaltet?

$$I_{B \text{ min}} = 7,5 \text{ mA} \text{ würden reichen, den Transistor in den gewählten Arbeitspunkt zu bringen} \rightarrow u = \frac{15 \text{ mA}}{7,5 \text{ mA}} = 2$$

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

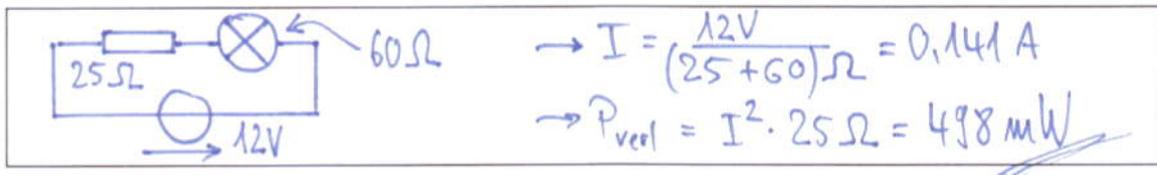
$$U_{St \text{ ein}} = \underset{\substack{\uparrow \\ U_{BE}}}{0,7 \text{ V}} + 15 \text{ mA} \cdot 285 \Omega = 4,975 \text{ V}$$

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

$$P_{Verl} \approx U_{CE} \cdot I_c = 0,2 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ A} = 40 \text{ mW}$$

(ablesen aus Ausgangskennlinie)

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 $U_B = 12 \text{ V}$ 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? (Der Basisstrom bei eingeschaltetem Transistor ist weiterhin $I_B = 15 \text{ mA}$.)

$$\text{Ausgangskennlinien} \rightarrow I_c' = 740 \text{ mA}$$

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

$$P_{Verl}' \approx U_{CE}' \cdot I_c' = 3,2 \text{ V} \cdot 0,74 \text{ A} = 2,368 \text{ W}$$

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!**)

$$R_V \text{ muss } \underline{\text{verkleinert}} \text{ werden!}$$

$R_V \downarrow \rightarrow I_B \uparrow \rightarrow$ Bei Sättigung ist $U_{CE} \approx 1,3 \text{ V}$; $I_c \approx 0,9 \text{ A}$
 $\rightarrow P_{Verl} \approx 1,17 \text{ W}$
 $\rightarrow P_{Verl}$ sinkt auf die Hälfte!

- 2.4. Erweitern Sie die abgebildete Schaltung, so dass auch Frequenzen von mindestens 50 Hz gemessen werden können. (Zeichnen Sie Ihre Erweiterung direkt in die abgebildete Schaltung hinein!)
 → 6 Flipflops erforderlich!
- 2.5. Die Prioritätseingänge zum Rücksetzen der oben gezeigten Flipflops sind invertiert ausgeführt. Zum Rücksetzen der Flipflops müssen diese Eingänge also kurz auf „Low“ gesetzt werden. Nennen Sie einen Grund, warum dies insbesondere bei Flipflops in TTL-Technologie („Transistor-Transistor-Logik“) vorteilhaft sein kann.

TTL-Bausteine erkennen auf nicht angeschlossenen Eingängen ein „High-Signal“.

Wenn bei einem Flipflop die Prioritätseingänge nicht benötigt werden (was häufig der Fall ist), können diese Eingänge einfach offen gelassen werden.

Aufgabe 3 (ca. 4 Punkte)

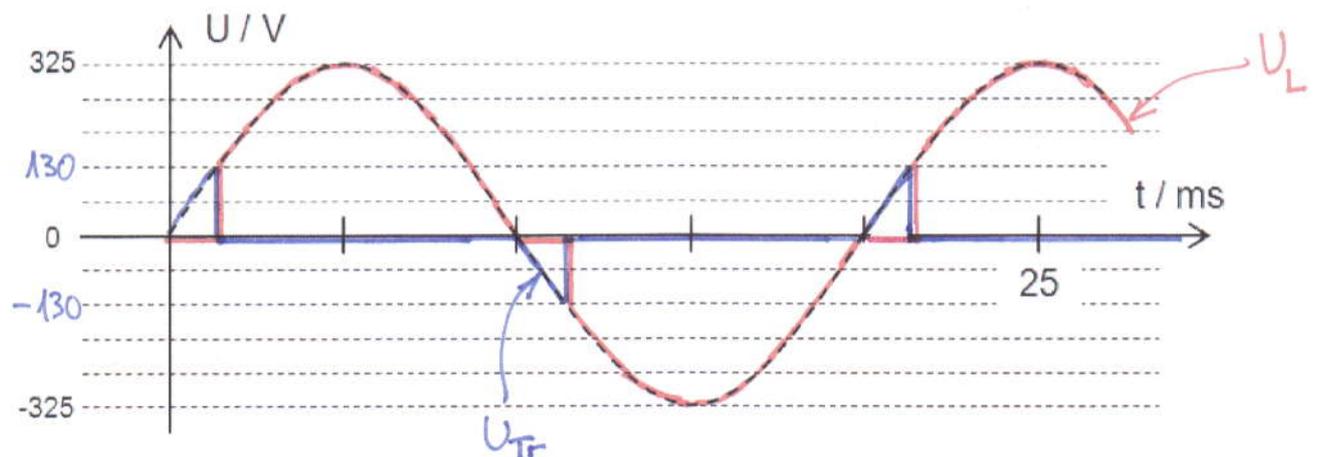
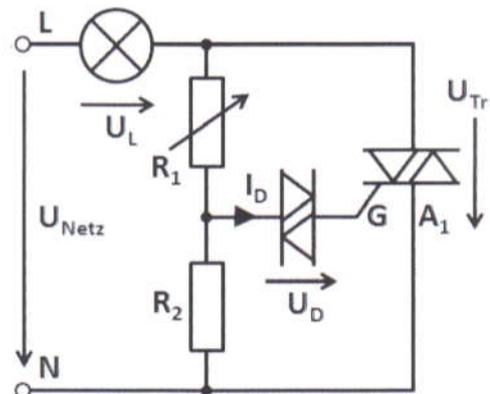
Die nebenstehende Abbildung zeigt eine Dimmerschaltung zur Einstellung der Helligkeit einer Glühlampe. Im unten dargestellten Zeitdiagramm ist der Verlauf der Netzspannung U_{Netz} wiedergegeben.

Der Widerstand R_1 ist so eingestellt, dass der Triac schlagartig in den leitenden Zustand übergeht, wenn die Netzspannung einen Betrag von 130V erreicht.

Hinweis: Die Widerstände R_1 und R_2 sind sehr viel größer als der Widerstand der Glühlampe.

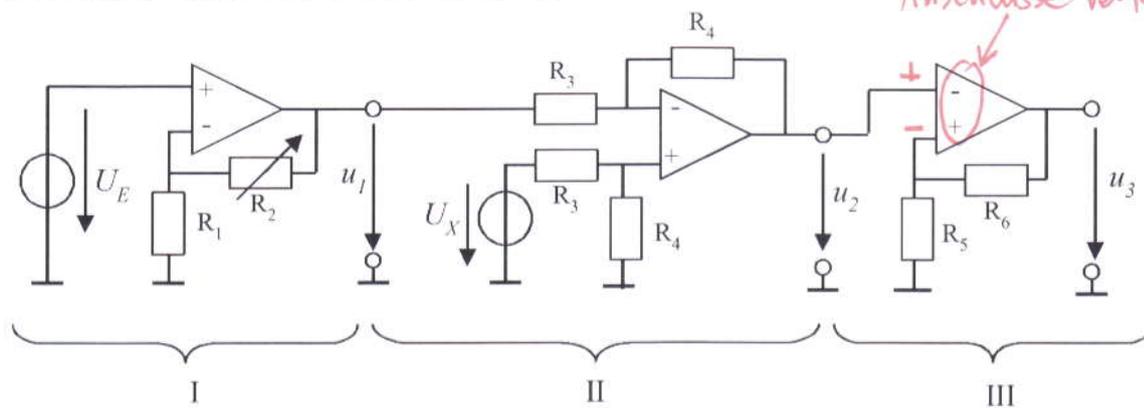
Zeichnen Sie die folgenden Spannungsverläufe in das unten dargestellte Zeitdiagramm:

- 3.1. den Verlauf der Spannung U_{Tr} am Triac (in blauer Farbe),
- 3.2. den Verlauf der Spannung U_L an der Glühlampe (in roter Farbe)



Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)

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



- 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:

nichtinv. Verstärker, $u_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_E$

Stufe II:

Differenzverstärker, $u_2 = \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} u_X - \frac{R_4}{R_3} \cdot u_1$

Stufe III:

nichtinv. Verstärker, $u_3 = \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) u_2$

- 3.2. **Verstärkerstufe I (mit $U_E = 5V$ – 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!)

Temp.-Schwankung um $+50^\circ\text{C}$ führt zu Δu_1 von $+2,5V$,
 Temp. von 0°C führt zu $u_1 = 10V$
 $\rightarrow u_1 = 10V + \frac{T}{50^\circ\text{C}} \cdot 2,5V = 10V + \frac{T}{20^\circ\text{C}} \cdot 1V$

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

(s.o.) $\rightarrow u_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot u_E = \left(1 + \frac{R_2}{10\text{ k}\Omega}\right) \cdot 5V$

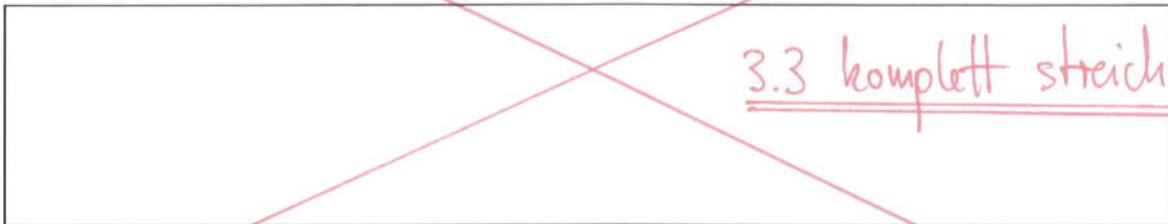
c) Setzen Sie die Ergebnisse für die Berechnung von u_1 aus Aufgabenteil a) und b) gleich und stellen Sie eine Gleichung auf, mit der Sie R_2 in Abhängigkeit von T berechnen können.

$$10V + \frac{T}{20^\circ C} \cdot 1V = 5V + 5V \cdot \frac{R_2}{10k\Omega} \rightarrow 5 + \frac{T}{20^\circ C} = \frac{R_2}{2k\Omega}$$

$$\rightarrow \underline{R_2 = 2k\Omega \cdot \left(5 + \frac{T}{20^\circ C}\right)}$$

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

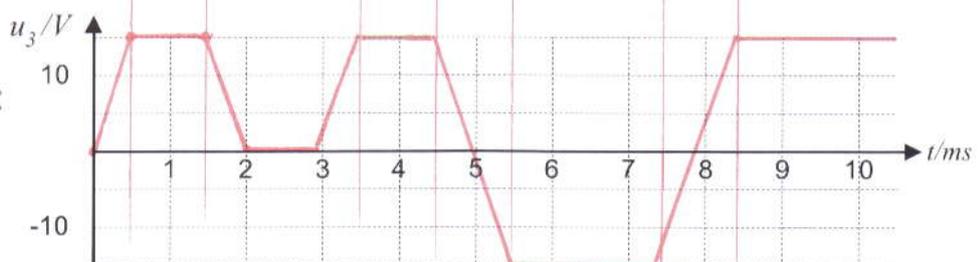
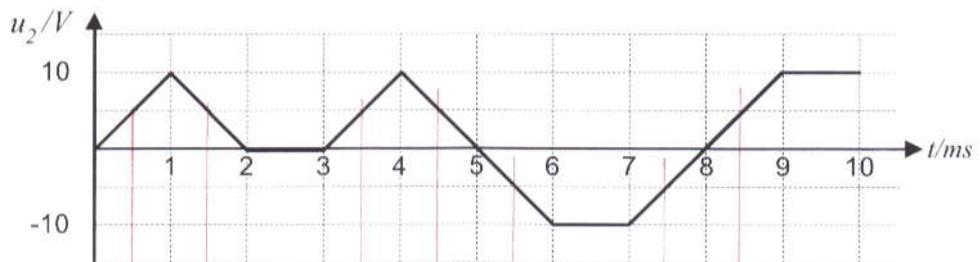
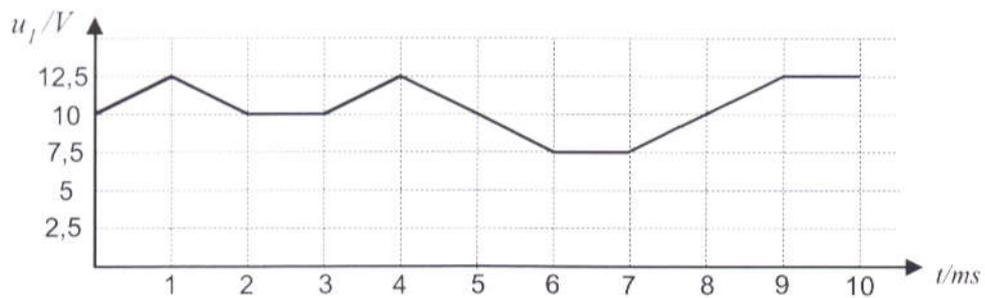
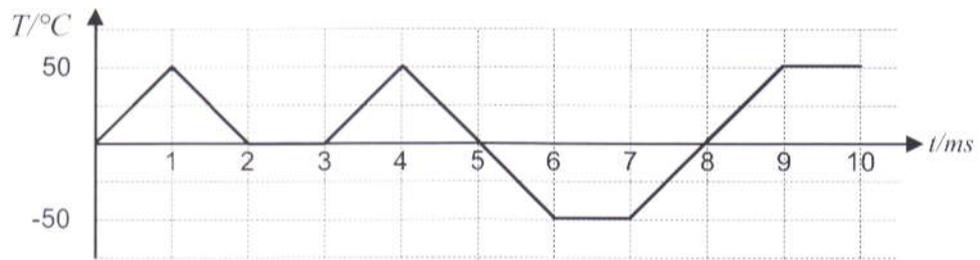
Welche Werte müssen die Widerstände R_3 und die (konstante!) Spannungsquelle U_x haben, damit sich bei vorgegebenem Verlauf von u_1 die angegebene Ausgangsspannung u_2 einstellt?



3.3 komplett streichen!

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

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



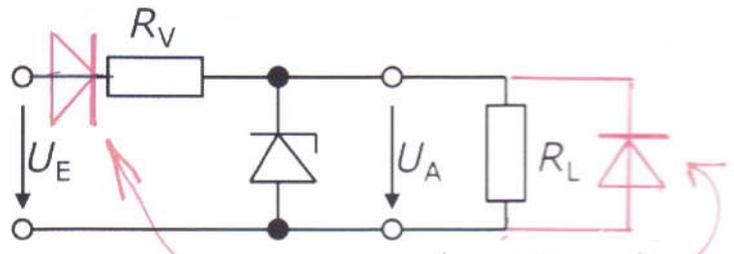
Verstärkungsfaktor:

$$v_3 = 1 + \frac{R_6}{R_5} = 3$$

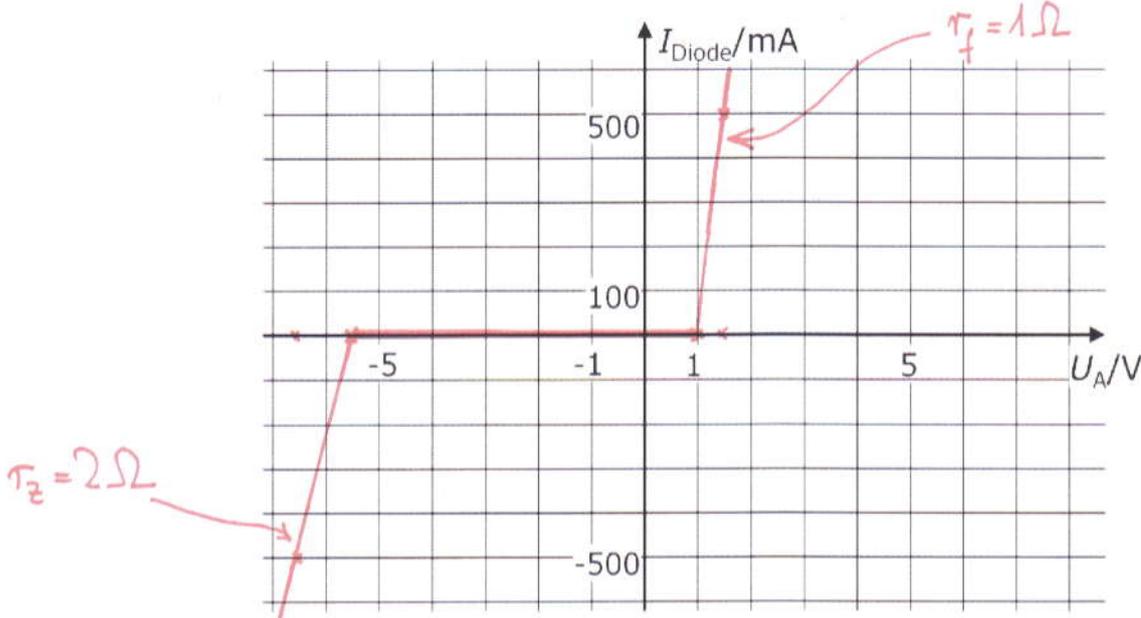
(max. Ausgangsspannung bei $\pm 15V$ beachten!)

Aufgabe 4 (ca. 15 Punkte)

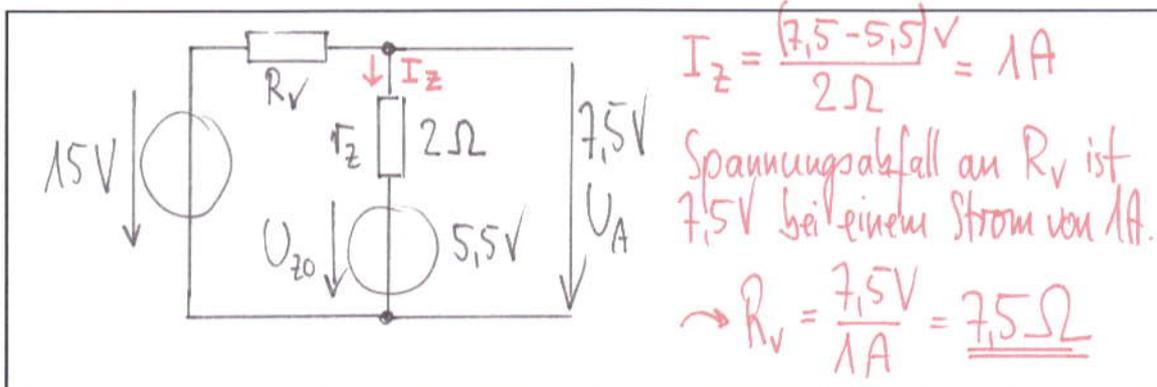
In der nebenstehenden Schaltung soll eine empfindliche Verstärkerschaltung (dargestellt durch den Widerstand R_L) durch eine Zenerdiode vor Überspannung geschützt werden. Die Parameter des linearisierten Ersatzschaltbildes der Zenerdiode sind $U_{Z0} = 5,5 \text{ V}$, $r_Z = 2 \Omega$, $U_f = 1,0 \text{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



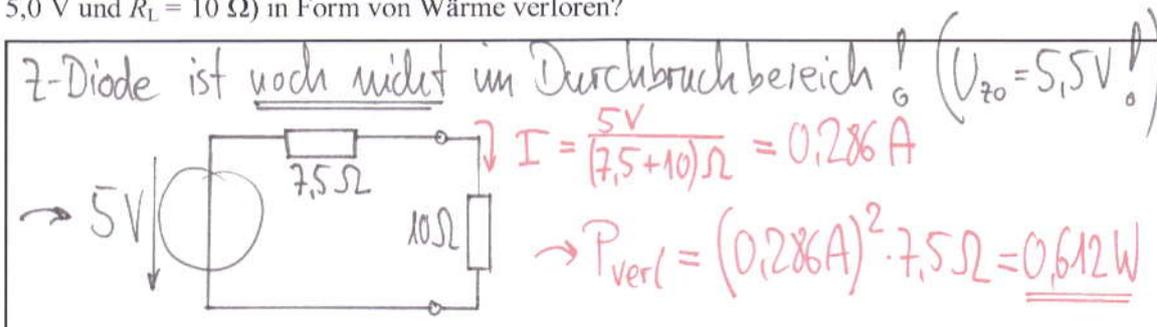
4.1. Zeichnen Sie die linearisierte ideale Kennlinie $I_{\text{Diode}} = f(U_A)$ in das Diagramm.



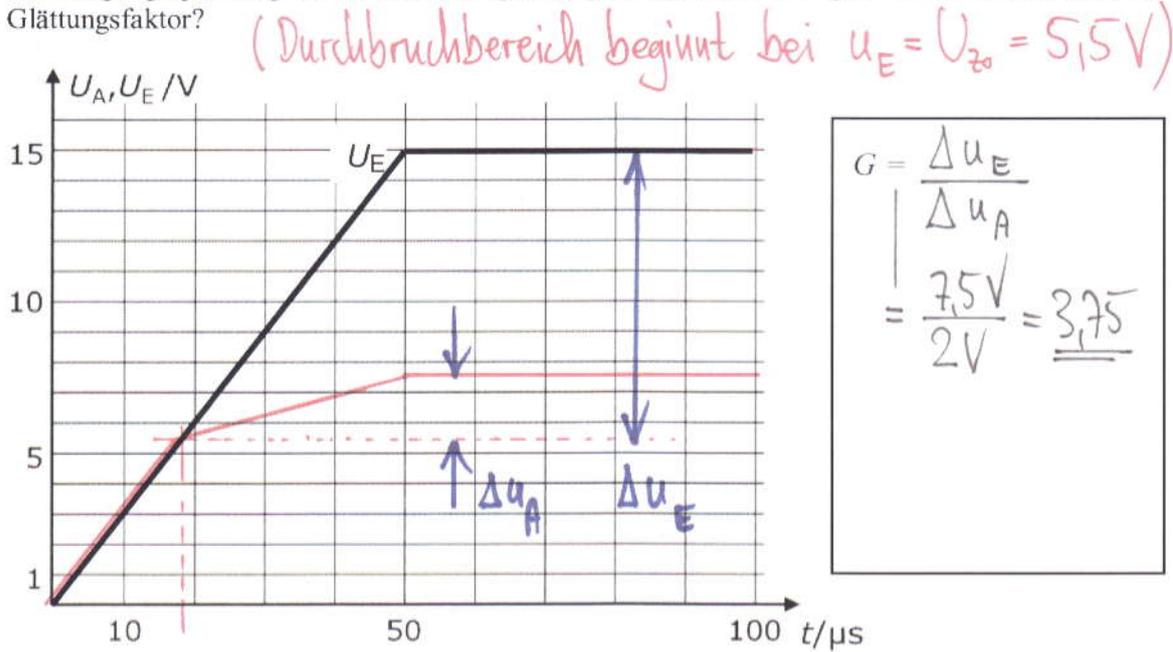
4.2. Die Eingangsspannung U_e kann maximal 15 V betragen. Dimensionieren Sie den Vorwiderstand R_V so, dass die Spannung über der Verstärkerschaltung (U_A) 7,5 V nicht überschreitet, **wenn kein Strom durch den Verstärker fließt** (Ersatzwert $R_V = 8 \Omega$).



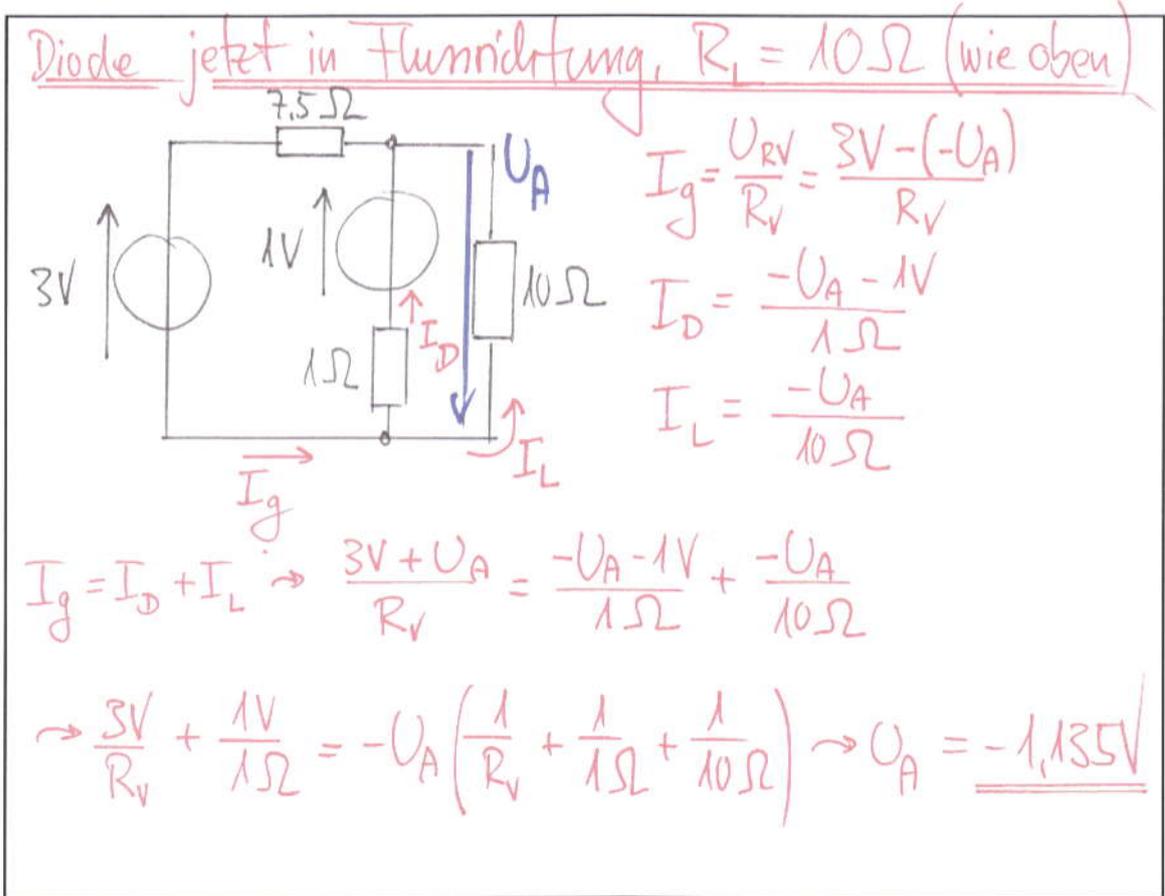
4.3. Welche Leistung geht am Vorwiderstand aus Unterpunkt 4.2 im „normalen“ Betriebsfall ($U_e = 5,0 \text{ V}$ und $R_L = 10 \Omega$) in Form von Wärme verloren?



- 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?



- 4.5. Die Verstärkerschaltung reagiert sehr empfindlich auf negative Eingangsspannungen, Spannungen mit $U_A < -1,0V$ sind kritisch. Am Netzteil können kurzzeitig Spannungen von $U_E = -3V$ auftreten. Wie groß ist die an der Verstärkerschaltung anliegende Spannung U_A in diesem Fall?



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

(s.o.)

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

Achtung, Fehler in der Musterlösung:

- Die linearisierte Kennlinie der Z-Diode ist „falsch herum“ gezeichnet. Wenn die Beschriftung der x-Achse in „- U_A “ (statt „+ U_A “) geändert wird, dann stimmt es. Erklärung: Die Ausgangsspannung U_A wird zwischen Kathode und Anode der Diode gemessen und nicht umgekehrt.
- Bei der Operationsverstärker-Aufgabe ist der Verlauf der Spannung u_2 mit falschem Vorzeichen gezeichnet worden. Auf die Lösung der Aufgabe hat dies aber keinen Einfluss. (Aus diesem Grund wurde der dritte Unterpunkt gestrichen.)