

Lehrveranstaltung "Elektronik"

Seminaraufgaben

Stand: 14.03.2019

1. Zur Wiederholung der Stromkreisberechnung mit den Kirchhoffschen Gesetzen bei linearen aktiven Zweipolen und des Satzes von Helmholtz lösen Sie die folgenden Aufgaben:

Ein elektronisches Gerät hat bei einer Betriebsspannung $U_L = 9\text{ V}$ eine Stromaufnahme $I_L = 20\text{ mA}$. Dieses Gerät soll an ein Gleichspannungsnetzgerät mit einer Leerlaufspannung U_q von 150 V und einem Innenwiderstand $R_i = 200\ \Omega$ angeschlossen werden. Zur Herabsetzung der Spannung ist ein ohmscher Spannungsteiler aus zwei Festwiderständen zu verwenden.

Berechnen Sie

- den Widerstandswert und die Verlustleistung für den Längswiderstand R_1 unter Anwendung der Kirchhoffschen Gesetze, wenn der Querwiderstand R_2 parallel zum Verbraucher einen Wert von $180\ \Omega$ hat!
- die Stromaufnahme und Betriebsspannung desselben Gerätes (lineare Abhängigkeit $I_L = f(U_L)$ vorausgesetzt), wenn dem angegebenen Gleichspannungsnetzgerät ein Spannungsteiler mit den Widerstandswerten $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 150\ \Omega$ vorgeschaltet wird! Für das Gleichspannungsnetzgerät und den Spannungsteiler zeichnen und berechnen Sie eine Spannungsquellen-Ersatzschaltung!
- die Änderung der Betriebsspannung des Gerätes ΔU_L bei einer Änderung der Leerlaufspannung des Gleichspannungsnetzgerätes um $\Delta U_q = \pm 15\text{ V}$ bei Verwendung des Spannungsteilers nach Aufgabe b)!

2. Für die folgenden Schaltungen entwickeln Sie bitte die Ersatzschaltbilder mit $U_{q,ERS}$ und R_{ERS} ! Gegeben sind:

$$U_q = 15\text{ V}$$

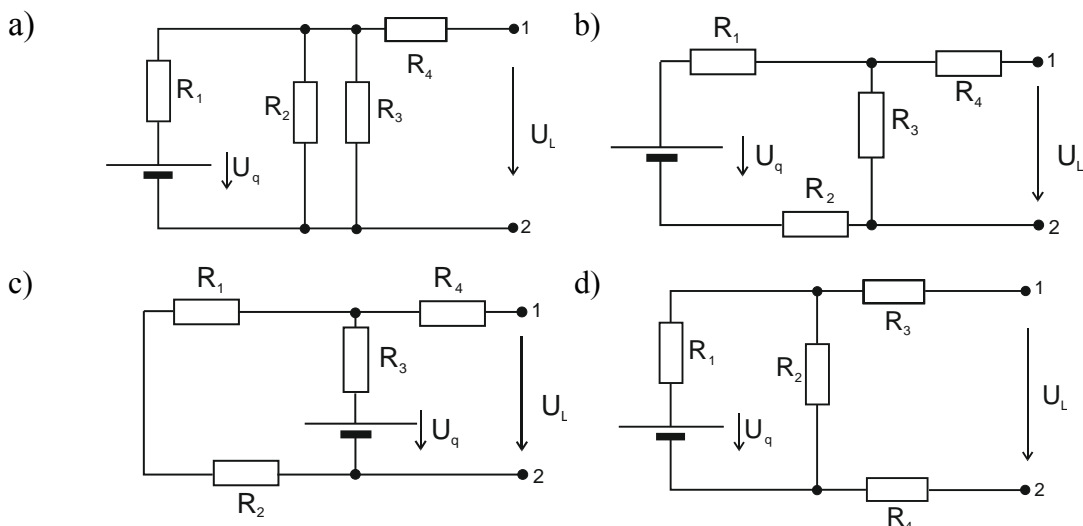
$$R_2 = 460\ \Omega$$

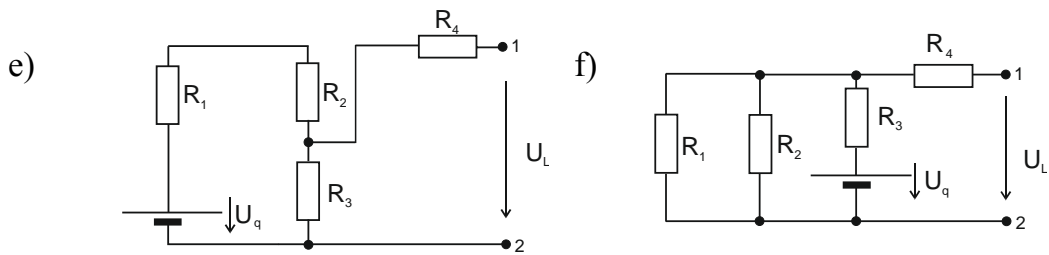
$$R_4 = 180\ \Omega$$

$$R_1 = 320\ \Omega$$

$$R_3 = 280\ \Omega$$

An die Klemmen 1 und 2 wird bei allen Schaltungen dann ein Lastwiderstand $R_L = 300\ \Omega$ angeschlossen. Berechnen Sie den Strom I_L , der durch diesen Lastwiderstand fließt!



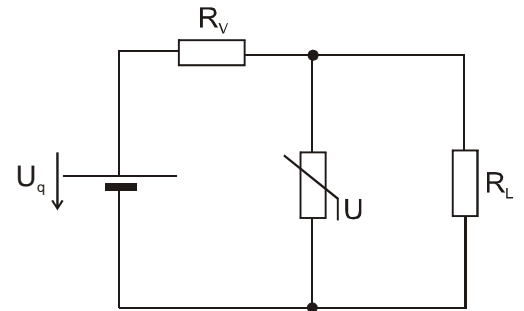


3 Durch Anwendung der folgenden Schaltung mit einem Varistor parallel zum Verbraucherwiderstand R_L lässt sich bei schwankender Betriebsspannung die Gleichspannung am Verbraucher stabilisieren. Für die I-U-Kennlinie des Varistors gilt die folgende Wertetabelle:

$\pm U / V$	0	14	18	21	23	27	32.5	35
$\pm I / mA$	0	5	10	20	30	50	100	150

Die Widerstände haben die Werte $R_V=1.5 \text{ k}\Omega$ und $R_L=1 \text{ k}\Omega$. Lösen Sie die Aufgaben a) bis c) grafisch.

- Welcher Gleichspannungswert stellt sich in dieser Schaltung bei $U_q=150 \text{ V}$ ein?
- Wie groß sind dabei I_V , I_L und der Strom durch den Varistor?
- Wie groß ist die Gleichspannungsänderung ΔU_L am Lastwiderstand, wenn die Änderung der Betriebsspannung $\Delta U_q = \pm 25 \text{ V}$ beträgt?
- Bei einer Spannungsquelle von $U_q=150 \text{ V}$, einem Lastwiderstand von $R_L=1 \text{ k}\Omega$ und einem unbekanntem Vorwiderstand wird eine Ausgangsspannung von $U_L = 30 \text{ V}$ gemessen. Wie groß ist der unbekannte Vorwiderstand R_V .

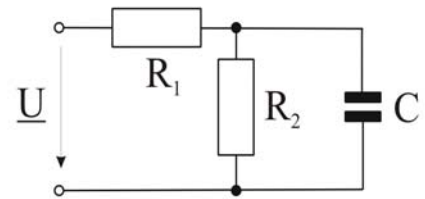


4. In einem Kubikzentimeter Kupfer befinden sich circa 10^{22} freie Elektronen, in Si einer bestimmten Dotierung (Substrat eines Schaltkreises) $5 \cdot 10^{14}$ freie Elektronen. Wird an ein 1 m langes Stück Cu bzw. Si mit einem Querschnitt von 1 mm^2 eine Spannung von $0,1 \text{ V}$ angelegt, dann fließen im Kupfer 5.88 A , im Silizium $1 \mu\text{A}$.
- Wie groß ist der spezifische Widerstand des Cu und des Si?
 - Wie groß ist die Elektronengeschwindigkeit im Cu bzw. Si?
 - Wie groß sind die Elektronenbeweglichkeiten μ (Geschwindigkeit bezogen auf die Feldstärke)?
 - Welche Verlustleistung wird im Cu bzw. im Si umgesetzt?
 - Auf welchen Wert ändert sich der Widerstand des Kupferdrahtes bei einer Temperaturerhöhung um 50 K (Temperaturkoeffizient: $TK = 3.9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)?

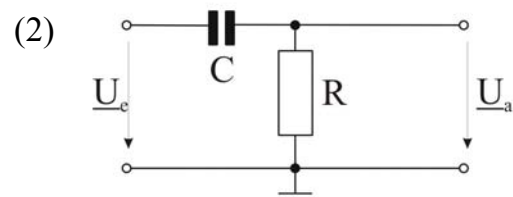
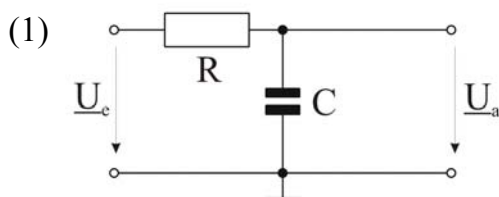
5. a) Wie groß ist der Temperaturkoeffizient TK der Eigenleitungsdichte n_i in Si bei $T = 300 \text{ K}$?
- Eigenleitungsdichte $n_i(T_0 = 300 \text{ K}) = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$,
 Breite der verbotenen Zone $W_g = 1,1 \text{ eV}$,
 thermische Energie bei $T_0 = 300 \text{ K}$: $kT_0 = 0,025 \text{ eV}$.
- b) Berechnen Sie die Änderung von n_i bei einer Temperaturerhöhung um 20 K einmal exakt mittels der Formel für n_i und zum anderen durch Anwendung des TK. Wie groß ist der Fehler?
6. In integrierten Schaltkreisen sind Widerstände 2 bis $5 \text{ }\mu\text{m}$ dicke Si-Bahnen, die durch so genannte Sperrschichten von dem sie umgebenden Si isoliert sind, mit etwa 10^{17} Elektronen pro cm^3 ($\rho = 0,05 \text{ }\Omega\text{cm}$).
- a) Wie groß ist der Widerstand eines Bahnstückes von gleicher Länge L und Breite W bei einer Dicke $H = 5 \text{ }\mu\text{m}$, der so genannte Flächenwiderstand R_S ?
- b) Wie lang wird ein $10 \text{ k}\Omega$ Widerstand, wenn er $10 \text{ }\mu\text{m}$ breit gemacht werden kann?
- c) Welche Fläche nimmt er ein, wenn er durch Mäanderform etwa quadratisch gemacht wird (Bahnabstand $10 \text{ }\mu\text{m}$) und wie viele solcher Widerstände passen auf einen Quadratmillimeter, wenn zur gegenseitigen Isolation etwa $30 \text{ }\mu\text{m}$ Abstand zwischen den Widerstandsfeldern vorzusehen ist?
- d) Wie hoch ist der Löcheranteil an der Leitfähigkeit?
 ($n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_n = 1250 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)
7. Ein Elektrolytkondensator habe $100 \text{ }\mu\text{F}$.
- a) Wie groß ist die Elektrodenfläche ($\epsilon_r = 10$; $d_{\text{OX}} = 50 \text{ nm}$)?
- b) Welche Fläche müsste ein "Luft" - Kondensator gleicher Kapazität bei einem Elektrodenabstand von $0,1 \text{ mm}$ haben ($\epsilon_0 = 8,859 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$)?
8. Für einen Widerstand sind folgende Werte bekannt:
 $R = 4,7 \text{ k}\Omega$, $P_{70} = 2 \text{ W}$ (max. el. Leistung bei einer Umgebungstemperatur von max. $70 \text{ }^\circ\text{C}$), maximale Schichttemperatur $140 \text{ }^\circ\text{C}$
 Bis zu welcher Spannung darf der Widerstand bei $40 \text{ }^\circ\text{C}$ und $100 \text{ }^\circ\text{C}$ Umgebungstemperatur betrieben werden?

9. An einem realer Kondensator, beschrieben durch die nebenstehende Ersatzschaltung ($R_1=2\ \Omega$, $R_2=25\text{k}\Omega$, $C=35\ \mu\text{F}$), liegt eine Wechselspannung von 10V effektiv mit einer Frequenz von 50 Hz an.

- a) Berechnen Sie den komplexen Widerstand der Schaltung!
 b) Wie groß sind Schein-, Blind- und Wirkleistung dieser Schaltung? Diskutieren Sie die Ergebnisse im Vergleich zum idealen Fall!



10. Gegeben sind die beiden Schaltungen mit $R=4,7\text{k}\Omega$ und $C=3,3\text{nF}$:

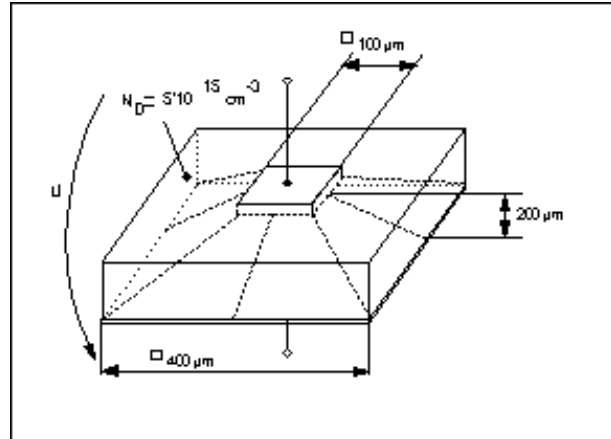


- a) Bestimmen Sie die komplexe Übertragungsfunktion!
 b) Zeichnen Sie die Verläufe der Amplitude (logarithmischer Maßstab) und der Phase als Funktion der Frequenz (logarithmischer Maßstab) im Bereich von 10Hz bis 10MHz. Charakterisieren sie die beiden Schaltungen!
 c) Berechnen Sie die Grenzfrequenz!
11. Eine Gleichspannung mit überlagerter Wechselspannung soll "gesiebt" werden. Dazu wird eine L-C-Kombination verwendet. Folgende Werte sind gegeben:
- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| C | $= 100\ \mu\text{F}$, |
| f | $= 50\ \text{Hz}$, |
| Verlustwinkel der Spule: | $\tan \delta = 10^{-2}$ (Drossel), |
- a) Wie sieht die Schaltung aus?
 b) Welchen Wert muss die Induktivität haben, damit die Amplitude der Wechselspannung auf 10 % abfällt?
 c) Wie groß darf der Wicklungswiderstand der Drossel sein?
12. Ein idealer Transformator mit 2 Sekundärwicklungen wird mit einer Primäreffektivspannung von 24V betrieben. Die Primärwicklung hat 900 Windungen und die 1. Sekundärwicklung 300.
- a) Wie viele Windungen muss die 2. Sekundärwicklung haben, damit eine Effektivspannung von 2,5 V bereitgestellt wird?
 b) Wie groß ist der Primärstrom, wenn an den Klemmen der 1. Sekundärwicklung ein Widerstand von $200\ \Omega$ und an denen der 2. ein Widerstand von $100\ \Omega$ angeschlossen werden?

13. Ein elektromagnetischer Reihenschwingkreis, bestehend aus einer Spule mit einem Eisenkern der Induktivität von $L=0.28\text{H}$ und einem Kondensator einer unbekanntenen Kapazität schwingt ungedämpft mit der Eigenfrequenz f_0 . Die Frequenz der Schwingung ist in einem Lautsprecher zu hören. Sie soll der Frequenz des Kammertons a mit 440 Hz entsprechen.
- Berechnen Sie den Wert des Kondensators!
 - Entfernt man den Eisenkern aus der Spule, dessen Permeabilität $\mu_r=1000$ ist, so ändert sich die Induktivität der Spule. Berechnen Sie die Tonhöhe (Frequenz) des Tones, der jetzt erklingt! Kann man diesen Ton noch hören?
 - Die Spule besteht aus einem Kupferdraht mit einem Widerstand von $R_L=0.4\ \Omega$. Wie hoch ist die Güte des Schwingkreises? Bei welchen Frequenzen ist die Amplitude der Schwingung (ohne Eisenkern) auf 70.7% (3dB) abgefallen?
14. Eine Si-Diode ist im n-Gebiet mit $10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ Phosphoratomen dotiert. Das p-Substrat ist mit $3 \cdot 10^{15}\ \text{cm}^{-3}$ Boratomen dotiert.
- | | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Silizium: | Eigenleitungsichte | $n_i(T_0 = 300\ \text{K}) = 1,5 \cdot 10^{10}\ \text{cm}^{-3}$, |
| | Breite der verbotenen Zone | $W_G = 1,1\ \text{eV}$, |
| | Beweglichkeit der Elektronen | $\mu_n = 1250\ \text{cm}^2/\text{Vs}$, |
| | Beweglichkeit der Löcher | $\mu_p = 480\ \text{cm}^2/\text{Vs}$, |
| | thermische Energie der Ladungsträger bei $T_0 = 300\ \text{K}$: | $kT_0 = 0,025\ \text{eV}$, |
| | Elementarladung: | $e = 1,602 \cdot 10^{-19}\ \text{As}$. |
| | Temperaturen: | 0°C entsprechen $273.15\ \text{K}$ |
- Wie hoch sind die Elektronen- und Löcherkonzentrationen in den beiden (homogen dotierten) Gebieten bei Raumtemperatur ($T_0 = 300\ \text{K}$) und bei $70\ ^\circ\text{C}$?
 - Berechnen Sie die Leitfähigkeiten beider Gebiete! Welchen Anteil haben daran die Minoritätsladungsträger?
15. Eine Halbleiterdiode soll in Durchlassrichtung in einem Stromkreis mit einer Spannungsquelle $U_q=1.0\ \text{V}$ und einem Vorwiderstand R_v betrieben werden. Die Halbleiterdiode gehorcht der Diodenkennliniengleichung mit $n=2$, $I_s=5\ \text{nA}$ und $U_t=25\ \text{mV}$.
- Zeichnen Sie die Schaltung!
 - Zeichnen Sie in ein selbstentworfenes U-I-Diagramm die Kennlinien der Diode und des Zweipols, bestehend aus der Spannungsquelle und einem Vorwiderstand von $R_v=420\ \Omega$, ein! Bestimmen Sie graphisch die Spannung, die über die Diode abfällt, und den Strom, der durch die Diode fließt!
 - Stellen Sie das Gleichungssystem zur Berechnung des Arbeitspunktes auf!
 - Die Gleichspannung an der Diode im Arbeitspunkt wird mit einer Wechselspannung der Amplitude $\Delta U = \pm 0.05\ \text{V}$ überlagert. Bestimmen Sie die

daraus resultierende Stromänderung ΔI (i) graphisch in Ihrem U-I-Diagramm und (ii) mithilfe des differentiellen Widerstandes der Diode, den Sie zuvor für den Arbeitspunkt berechnen müssen!

16. a) Berechnen Sie den Bahnwiderstand einer Halbleiterdiode (siehe Abb.) zwischen pn-Übergang und Rückkontakt. Nehmen Sie pyramideförmigen Stromfluss an (Integration).



Zeichnen Sie im linearen Maßstab die Diodenkennlinie (pn – Übergang plus Bahnwiderstand) für den Bereich $U = -2 \dots 1 \text{ V}$ ($I = -5 \dots 9 \text{ mA}$) auf, wenn gilt:

$$I = I_S \left(e^{\frac{U_{pn}}{U_T}} - 1 \right)$$

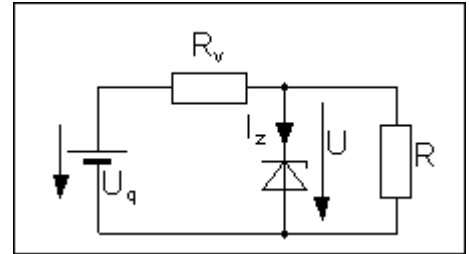
mit $I_S = 0,05 \mu\text{A}$; $n = 2$; $U_T = 25 \text{ mV}$, $\mu_n = 1250 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

- b) Ermitteln Sie grafisch Strom und Spannungen in einem Gleichstromkreis mit dieser Diode, wenn $R = 400 \Omega$ und $U_q = 2 \text{ V}$ betragen.
- c) Wie groß sind Strom und Spannung der Halbleiterdiode, wenn die Polarität der Quelle U_q geändert wird?
- d) Um welchen Faktor erhöht sich der Strom in einer Halbleiterdiode bei einer Temperaturänderung von 300 K auf 320 K? Wie ändert sich die Diodenkennlinie (qualitativ)?
17. Es steht die Netzspannung von $U_{\text{eff}} = 220 \text{ V}$ zur Verfügung. Ein Verbraucher soll mit einer Gleichspannung von 12 V bei einer Stromaufnahme von 600 mA versorgt werden. Dazu ist ein Transformator mit einer Primärwicklung von 1800 Windungen vorhanden. Dimensionieren Sie die Transformator-Sekundärwicklung und entwickeln Sie die Gleichrichterschaltung für a) eine Einweg-Gleichrichtung und b) eine Zweiweggleichrichtung (Graetz-Brücke), wenn die Welligkeit der Ausgangsspannung nicht größer als 5% betragen soll! Für welche Sperrspannungen müssen die Dioden ausgelegt sein und wie spannungsfest muss der Elektrolytkondensator sein? Die Flussspannungen der Dioden sind bei der Dimensionierung mit 0.7 V zu berücksichtigen.

18. Gegeben ist folgende Stabilisierungsschaltung mit einer Z-Diode, deren idealisierte I-U-Kennlinie eine Gerade sein soll:
 Der differentielle Widerstand r_z der Z-Diode am Arbeitspunkt (Anstieg der Kennlinie) beträgt 10Ω . Die Kennlinie $I_z = f(U)$ der Z-Diode beginnt bei $U = U_z = 6 \text{ V}$ mit $I_z = 0$.

Ferner sind gegeben: $U_q = 20 \text{ V}$, $R_v = 390 \Omega$, $R = 220 \Omega$.

- Zeichnen Sie die Kennlinie der Z-Diode (Sperrbereich) und ermitteln Sie die Spannung über den Widerstand R!
- Welcher Spannungswert U stellt sich in der Schaltung ein, wenn U_q auf 15 V abfällt?
- Nehmen Sie an, dass in der Schaltung der Widerstand R unbekannt ist. Bis zu welchem minimalen Wert von R funktioniert dann in der Schaltung die Spannungsstabilisierung?
- Berechnen Sie die Spannungsänderung ΔU bei Änderung von U_q um $\pm 10 \%$, wobei R und R_v konstant bleiben!



19. Eine weiße GaN-Leuchtdiode soll an der Netzspannung betrieben werden. Ihre Flussspannung beträgt 3.4 V , ihr Laststrom im Mittel 20 mA . Da die Durchbruchspannung in Sperrichtung für die Netzspannung nicht ausreicht, wird eine zweite Diode antiparallel geschaltet (siehe Schaltung).

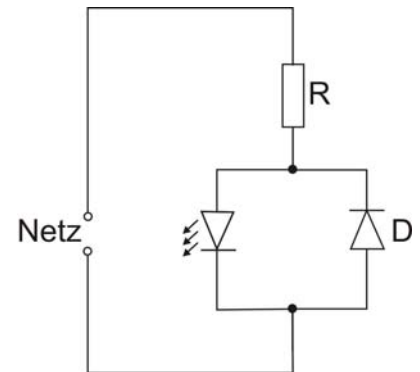
$$U_{\text{Netz}} = \hat{U} \cdot \sin \omega t$$

$$U_{\text{eff}} = 220 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$U_F = 3.4 \text{ V}$$

- Berechnen Sie den Widerstand R so, dass durch die Diode im Mittel gerade 20 mA fließen!
- Welche Leistung wird in der Leuchtdiode und welche wird in der Paralleldiode D ($U_F = 0.7 \text{ V}$) umgesetzt?
- Welche Möglichkeiten gibt es noch, LED's an Netzspannung anzuschließen, ohne dass die Leistung durch die negative Halbwelle in der LED umgesetzt wird?



20. Für einen npn-Transistor gelten bei einer Umgebungstemperatur von $20\text{ }^\circ\text{C}$ folgende Werte: Kollektorsättigungsstrom $I_{CS} = 2\text{ }\mu\text{A}$, Stromverstärkungsfaktoren $A_N = 0,98$ und $A_I = 0,5$ sowie die Kollektor - Restspannungsgerade, die der I-U-Kennlinie eines Widerstandes $R_o = 50\text{ }\Omega$ entspricht.

Zeichnen Sie:

- das Ausgangskennlinienfeld (AKLF) in Basisschaltung ($I_E = 0 \dots -5\text{ mA}$, $U_{CB} = 0 \dots 6\text{ V}$);
- das AKLF in Emitterschaltung ($I_B = 0 \dots 100\text{ }\mu\text{A}$, $U_{CE} = 0 \dots 6\text{ V}$);
- eine Verlustleistungshyperbel für $P_V = 10\text{ mW}$ in beide Kennlinienfelder;
- die Arbeitsgerade für einen Lastwiderstand $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ und $U_{q2} = 5\text{ V}$ in das Ausgangskennlinienfeld der Emitterschaltung.
- Welchen Arbeitspunkt (U_{CE} , I_C , I_B) muss man in der Emitterschaltung wählen, wenn um diesen Arbeitspunkt symmetrisch mit maximaler Amplitude angesteuert werden soll? Dimensionieren Sie den Basiswiderstand R_1 für Basisstromkonstantstromspeisung ($U_{BE} = 0,7\text{ V}$).

21. Für die gezeichnete Schaltung sind gegeben:

$$I_E = -3\text{ mA},$$

$$I_C = 2,95\text{ mA},$$

$$R_2 = 1,5\text{ k}\Omega,$$

$$\hat{u}_s = 2\text{ mV},$$

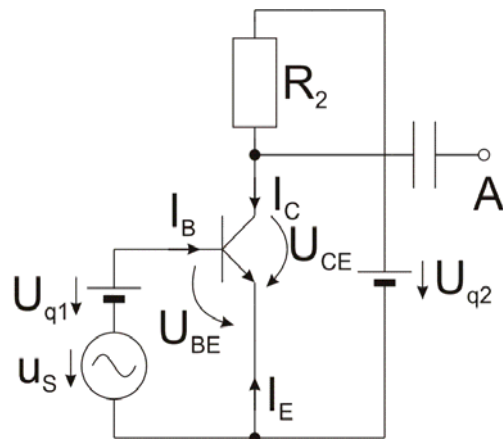
$$U_{q2} = 9\text{ V},$$

$$U_{q1} = 0,6\text{ V}.$$

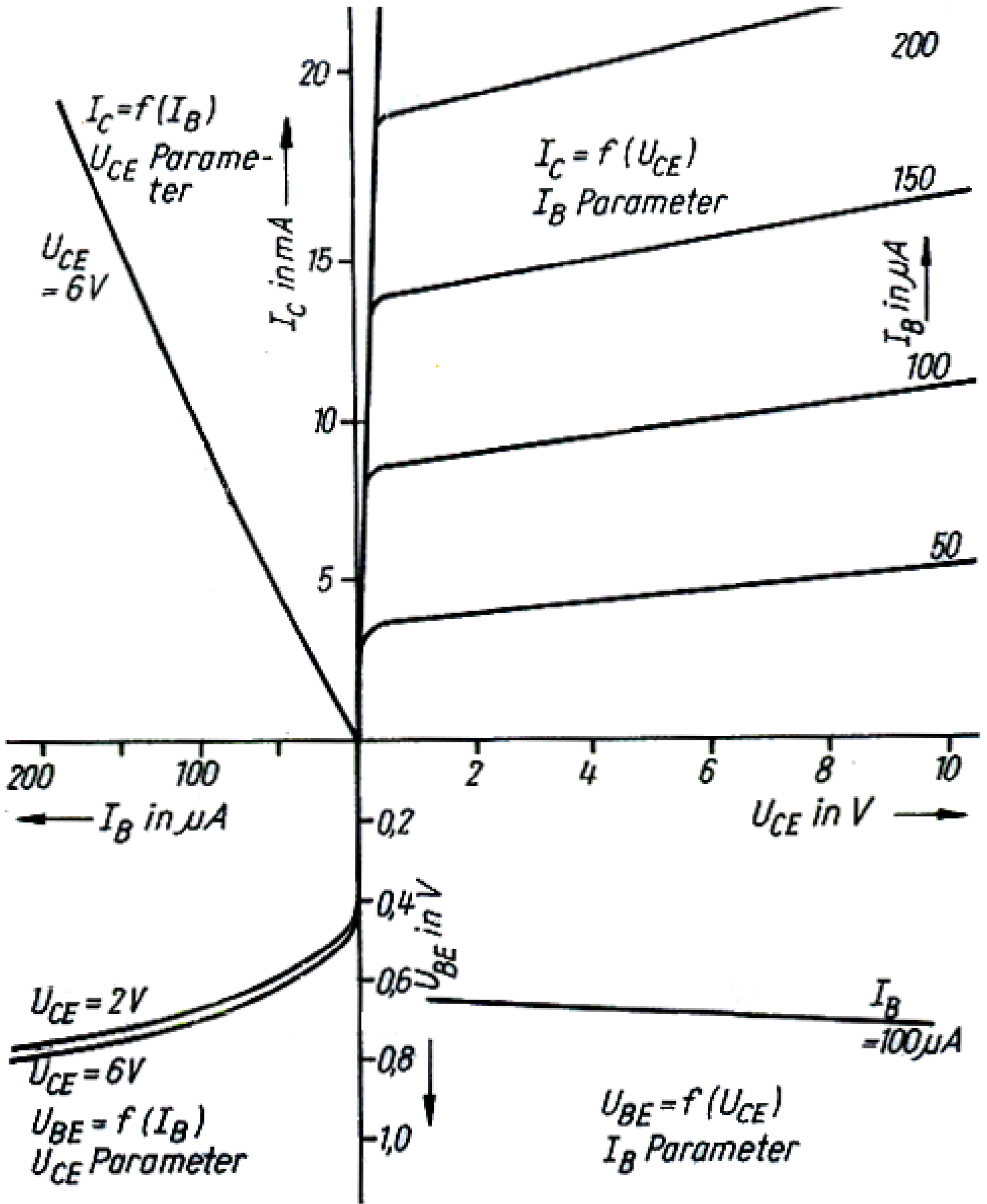
Die Eingangsdiode gehorcht in ihrer U-I-Beziehung dem einfachen Exponentialgesetz.

Gesucht sind:

- I_B ,
- die Gleichstromverstärkungen $A_N \approx -\frac{I_C}{I_E}$, $B_N \approx \frac{I_C}{I_B}$ und der Zusammenhang zwischen A_N und B_N ,
- die Spannungen U_{BE} und U_{CE} ,
- der differentielle Eingangswiderstand des Transistors r_{BE}
- und die Größen ΔU_{BE} , ΔI_B , ΔU_{CE} , ΔI_C , v_i und v_u (Die Δ -Größen werden durch u_s verursacht).
- Zeichnen Sie die Zeitverläufe der Ströme und Spannungen qualitativ auf ($t < t_0 : u_s = 0$, $t > t_0 : u_s = \hat{u}_s \cdot \sin \omega t$).



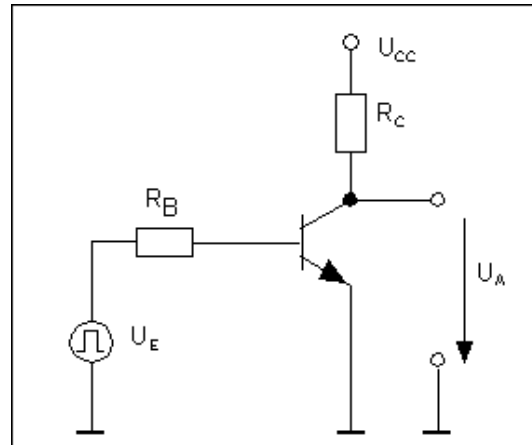
22. Für einen npn-Transistor ist folgender Arbeitspunkt gegeben:
 $I_C = 2\text{mA}$; $U_{CE} = 6\text{V}$; $I_B = 6\mu\text{A}$; $U_{BE} = 0,6\text{V}$.
- Zeichnen Sie je eine Emittterverstärkerstufe mit Basisstromspeisung
 - über einen Vorwiderstand R_1 direkt von der Betriebsspannung her
 - über R_1 vom Kollektor her und
 - über einen Spannungsteiler R_1 und R_3 von der Betriebsspannung her und mit Emittterwiderstand R_4 , der wechsellspannungsmäßig mit einem Kondensator überbrückt ist.
 - Berechnen Sie für jede Schaltung die Werte der benötigten Widerstände, wenn die Betriebsspannung 12V beträgt! Vorgaben: $I_{R3} = 10 \cdot I_B$ und $U_{R4} = 1,4\text{V}$.
 - Zeichnen Sie die vollständigen Kleinsignalersatzschaltbilder für die drei Emittterschaltungen auf! Bezeichnen Sie alle Ersatzelemente sowie alle Spannungen und Ströme unter Angabe von Pfeilen für die positiven Strom- und Spannungsrichtungen!
 - Berechnen Sie für die Schaltung 1 den Eingangswiderstand z_e , die Spannungsverstärkung v_u und die Stromverstärkung v_i , wenn für den angegebenen Arbeitspunkt folgende h-Parameter gelten:
 $h_{11e} = 3,5\text{ k}\Omega$; $h_{12e} = 1,4 \cdot 10^{-4}$; $h_{21e} = 330$; $h_{22e} = 14\text{ }\mu\text{S}$.
23. Von einem Si-npn-Transistor ist nachstehendes Kennlinienfeld (KLF) in allen vier Quadranten gegeben:
- Wählen Sie einen geeigneten Arbeitspunkt für eine Emittterverstärkerschaltung für $I_C=10\text{ mA}$ unter Verwendung einer Versorgungsspannung von $U_q=12\text{V}$ aus, markieren Sie den Arbeitspunkt in allen vier Quadranten des Kennlinienfeldes und lesen Sie die Werte für U_{CE} , I_C , I_B und U_{BE} ab. Berechnen Sie die Gleichstromverstärkung B_N des Transistors im Arbeitspunkt.
 - Zeichnen Sie die Stromübertragungskennlinie $I_C=f(I_B)$ für $U_{CE}=2\text{V}$ in den II. Quadranten ein.
 - Entwerfen Sie eine Emittterverstärkungsschaltung mit Basisstromspeisung von der Betriebsspannung ($U_q=12\text{V}$) und dimensionieren Sie die Widerstände.
 - Ermitteln Sie graphisch aus dem Kennlinienfeld die vier h_e -Kleinsignalparameter. Wie kann man diese bestimmen, wenn man auf den II. und IV. Quadranten des KLF verzichtet?
 - Bestimmen Sie unter Verwendung der selbstermittelten Kleinsignalparameter die Stromverstärkung Ihrer Schaltung.



Kennlinienfeld des npn-Transistors nach Aufgabe 23

24. Gegeben ist folgende Schaltstufe:

- $U_{CC} = 9\text{ V}$
- $R_C = 75\ \Omega$
- $B_N = 120$
- $R_{rest} = 15\ \Omega$
- $U_{BEX} = 0,7\text{ V}$
- $I_{CBO} \leq 25\text{ nA}$ bei $U_{CB} = 20\text{ V}$
- $P_{tot} = 200\text{ mW}$
- $t < t_0$: $U_E = -3\text{ V}$
- $t_0 \leq t \leq t_1$: $U_E = 5\text{ V}$
- $t_1 \leq t$: $U_E = -3\text{ V}$

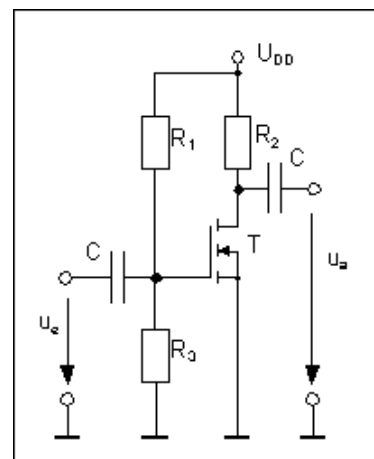


- a) Zeichnen Sie das Ausgangskennlinienfeld mit Lastkennlinie und Verlustleistungshyperbel. Welche Arbeitspunkte stellen sich ein? Welche Verlustleistungen werden im EIN- und im AUS-Zustand im Transistor umgesetzt?
- b) Berechnen Sie R_B für $m = 2$. (m ist der Übersteuerungsfaktor. Er ist das Vielfache, um den der Basisstrom erhöht wird, damit ein guter EIN-Zustand erreicht wird. $I_B = m \cdot I_C / B_N$)
- c) Welcher EIN-Arbeitspunkt stellt sich ein, wenn man diese Schaltung mit $U_{CC} = 12\text{ V}$ betreibt bzw. wenn man einen Transistor mit $B_N = 40$ einsetzt?
- d) Über welchen Bereich kann der Arbeitspunkt schwanken, wenn für R_C und R_B Widerstände mit der Toleranzklasse $\pm 20\%$ verwendet werden?

25. Geben Sie schematisch die Bauelementequerschnitte, die Symbole, die Ausgangskennlinienfelder und Übertragungskennlinien aller Ihnen bekannten MOS-FETs und SFETs an! Erklären Sie die Kennlinienverläufe anhand der Wirkungsweise!

Für die gezeichnete Schaltung sind gegeben:

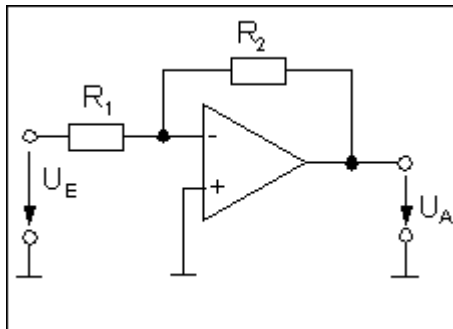
- $U_{DD} = 25\text{ V}$
- $U_T = 0,8\text{ V}$
- $K = 0.4545\text{ mA/V}^2$



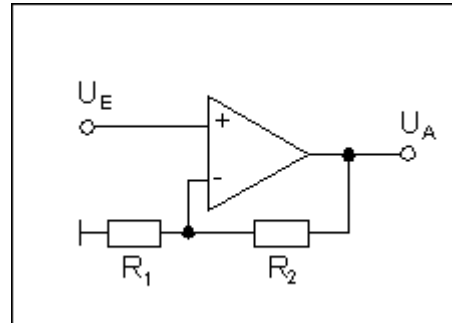
- a) Zwischen welchen Werten kann sich R_2 ändern, wenn dabei der Strom durch R_2 konstant auf einem Wert von $2,5\text{ mA}$ bleiben soll (Konstantstromquelle)? Berechnen Sie R_1 und R_3 so, dass der Querstrom durch den Spannungsteiler etwa $10\ \mu\text{A}$ beträgt! Für welche Nennleistung muss R_3 ausgelegt sein?
- b) Welche Spannungsverstärkung hat diese Schaltung bei $R_2 = 15\text{ k}\Omega$ und $U_{DD} = 12\text{ V}$ im Niederfrequenzbereich mit der unteren Grenzfrequenz $f_u = 20\text{ Hz}$? Die Ankopplung des NF-Signals erfolgt durch einen Koppelkondensator $C = 1\ \mu\text{F}$.

26. Ermitteln Sie für einen idealen Operationsverstärker (Verstärkung ∞ , Eingangswiderstand ∞ , Ausgangswiderstand 0, Offsetspannung 0) die Verstärkung für folgende Schaltungen:

a) invertierender Verstärker



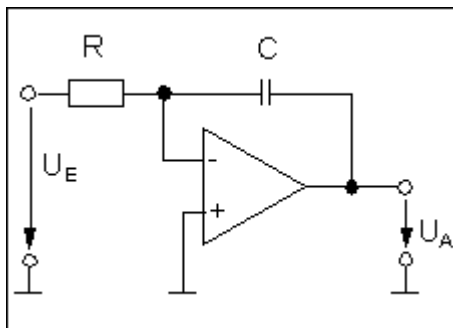
b) nichtinvertierender Verstärker



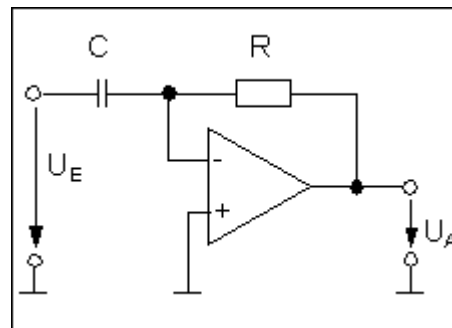
Berechnen Sie die Verstärkung der Schaltung a), wenn die Verstärkung V des Operationsverstärkers, abweichend vom idealen OPV, einen endlichen Wert besitzt!

27. Ermitteln Sie für die beiden folgenden Schaltungen $U_A(t)$, wenn die Eingangsspannung zum Zeitpunkt $t = 0$ von Null auf U_E springt:

a)



b)



Der Operationsverstärker sei dabei bis auf eine endliche Verstärkung ideal. Durch welche einfachen Schaltungen lassen sich die Ergebnisse wiedergeben?