

Elektronik für Informatiker

Aufgabensammlung zur
Vorlesung
WS 2015/2016

Gudrun Flach
Fakultät Elektrotechnik
HTW Dresden

27. Januar 2016

1 Bemessungsgleichung, zugeschnittene Größengleichung

Aufgabe 1.1

Es sollen niederohmige Drahtwickelwiderstände $R = 0,1 \dots 1 \Omega$ mit hoher Belastbarkeit hergestellt werden. Zur Verfügung steht ein Widerstandsdraht mit $d = 0,8 \text{ mm}$ und dem spezifischen Widerstand $\rho_0 = 0,9 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.

Gesucht ist eine Bemessungsgleichung für die Drahtlängen der herzustellenden Widerstände.

Aufgabe 1.2

Der Zusammenhang zwischen der Leistung P und Drehmoment M wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$P = M \cdot 2\pi \cdot n$$

mit $n \dots$ Drehzahl.

(a) Für folgende Wertepaare ist die Leistung mit Hilfe dieser Größengleichung zu bestimmen:

(i) $M = 1 \text{ Nm}, n = 1000 \text{ min}^{-1}$

(ii) $M = 2 \text{ Nm}, n = 1000 \text{ min}^{-1}$

(b) Es soll die zugeschnittene Größengleichung für die Bestimmung der Leistung aufgestellt werden, wenn das Moment in Nm, die Drehzahl in min^{-1} und die Leistung in W angegeben werden.

Aufgabe 1.3

Die elektrische Energie wird mit Hilfe der folgenden Gleichung aus der elektrischen Leistung bestimmt:

$$W = P \cdot t$$

(a) Es ist die zugeschnittene Größengleichung zu bestimmen, wobei die Energie in kWh, die elektrische Leistung in kW und die Zeit in s gemessen bzw. bestimmt werden.

(b) Die elektrische Energie ist für folgende Wertepaare zu bestimmen:

(i) $P = 0,4 \text{ kW}, t = 7200 \text{ s}$

(ii) $P = 1,2 \text{ kW}, t = 3600$

Aufgabe 1.4

Die Luftgeschwindigkeit v ist mit Hilfe eines Staurohres nach Prandl zu messen. Zwischen dem Staudruck und der Geschwindigkeit gilt folgende Beziehung:

$$\Delta p = \left(\frac{\rho}{2} \right) \cdot v^2$$

Für die gemessenen Drücke $\Delta p = 10, 30, 50$ und 100 Pa bei einer Luftdichte von $1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ sind die Geschwindigkeiten in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ zu bestimmen. Dazu ist die zugeschnittene Größengleichung aufzustellen.

2 Ladung, Strom, Stromdichte

Aufgabe 2.1

Ein Gleichstrom von 2 mA fließt 2 Minuten lang. Welche Ladungsmenge Q wird transportiert?

Aufgabe 2.2

Wie viele Elektronen treten durch einen Kontrollquerschnitt eines metallischen Leiters, wenn 3,2 s lang der Strom $I = 125 \text{ mA}$ fließt?

(Elementarladung $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Aufgabe 2.3

Durch den Querschnitt eines Siliziumplättchens fließen in jeder Sekunde $0,25 \cdot 10^{11}$ positive und $1 \cdot 10^9$ negative Ladungsträger mit jeweils 1 e. Welche Stromstärke tritt auf?

Aufgabe 2.4

Eine Knopfzelle hat die Ladung $Q = 20 \text{ mAh}$ gespeichert. Wie lange kann damit eine Uhr (Stromverbrauch $1 \mu\text{A}$) betrieben werden? Wie viele Elektronen fließen durch die Leitung bis zur völligen Entladung?

(Annahme: Die Klemmenspannung sei bis zur vollständigen Entladung für die Funktion der Uhr ausreichend.)

Aufgabe 2.5

Die Stromstärke beim Laden und Entladen einer Autobatterie hat folgenden Zeitverlauf: Welche

Zeitintervall	Stromstärke
$0 \leq t < 3 \text{ h}$	2 A
$3 \leq t < 4 \text{ h}$	-0,5 A
$t \geq 4 \text{ h}$	0 A

Ladung hat die Batterie nach 4 Stunden, wenn ihre Anfangsladung Null war? Die zeitlichen Verläufe der Stromstärke und der Ladung sind darzustellen.

Aufgabe 2.6

In einem Kupferdraht mit $A = 2,5 \text{ mm}^2$ Querschnitt fließt ein Strom $I = 10 \text{ A}$

(a) Wie groß ist die Driftgeschwindigkeit v_n der freien Elektronen?

(b) Wie groß ist die Stromdichte?

(Elementarladung $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, Ladungsträgerdichte Kupfer $n_n = 8 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$)

Aufgabe 2.7

Eine Leitung aus Runddraht ist für einen Strom von 240 A auszulegen. Die zulässige Stromdichte beträgt $2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$. Welcher Durchmesser ist erforderlich?

(Annahme: gleichverteilte Stromdichte)

Aufgabe 2.8

Ein Gleichstrom von $0{,}4\text{ A}$ soll durch eine Sammelschiene mit quadratischem Querschnitt geleitet werden. Welche Kantenlänge a für die zulässige Stromdichte $S = 5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$ zu wählen?

Aufgabe 2.9

In einem Kupferkabel mit dem Querschnitt $A = 0{,}75\text{ mm}^2$ fließt ein Strom von $1{,}5\text{ A}$. Die Ladungsdichte beträgt $q = 13{,}56 \frac{\text{As}}{\text{mm}^3}$.

- (a) Wie groß ist die Driftgeschwindigkeit der Elektronen?
- (b) Wie groß ist die Ladungsträgerdichte?

3 Ersatzwiderstand, Spannungsteiler, Stromteiler

Aufgabe 3.1

Für die abgebildete Schaltung sind

- der Ersatzwiderstand
- der Gesamtstrom
- alle Teilspannungen
- alle Teilströme

zu berechnen. Es sind folgende Widerstände enthalten:

$R_1 = 30\Omega$, $R_2 = 60\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $R_4 = 90\Omega$, $R_5 = 60\Omega$, $R_6 = 180\Omega$,

Die angelegte Spannung beträgt $U = 10V$.

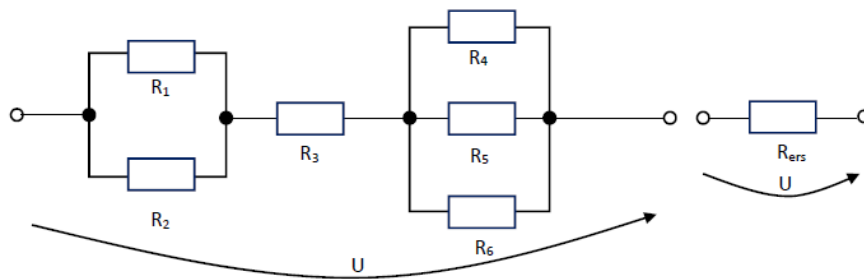


Abbildung 1: Schaltung Aufgabe 3.1

Aufgabe 3.2

Durch zwei parallelgeschaltete Widerstände, von denen der eine $R_1 = 50k\Omega$ beträgt, fließt ein Gesamtstrom von $I = 30mA$. Wird der Betrag des zweiten Widerstandes verdoppelt, so fließen nur noch $20mA$. Welchen Wert hat der zweite Widerstand R_2 ?

Aufgabe 3.3

Welche Beträge haben die Ströme I_1 bis I_7 ?

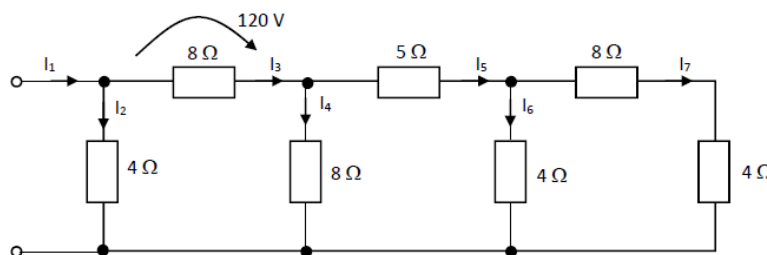


Abbildung 2: Schaltung Aufgabe 3.3

Aufgabe 3.4

Welchen Wert muss der Widerstand R_5 haben, wenn die durch die Widerstände R_2 und R_4 fließenden Ströme gleich groß sein sollen?

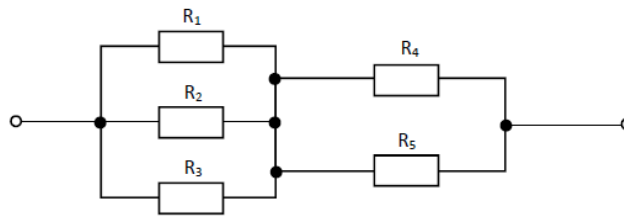


Abbildung 3: Schaltung Aufgabe 3.4

Aufgabe 3.5

Wie groß ist das Stromverhältnis $\frac{I_1}{I_4}$ und das Spannungsverhältnis $\frac{U_1}{U_2}$ in der angegebenen Schaltung?

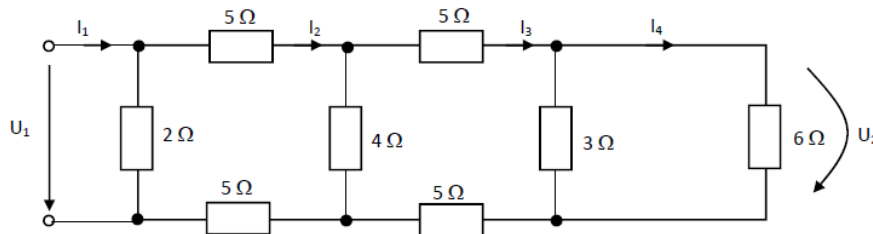


Abbildung 4: Schaltung Aufgabe 3.5

Aufgabe 3.6

Der Widerstand einer Schaltung wird wie folgt angegeben: $R_{ges} = R_3 || (R_1 + R_2) + R_4$. Die Widerstandswerte R_1 , R_2 und R_3 sind bekannt.

- Zeichnen Sie die Schaltung!
- Welchen Wert muss der Widerstand R_4 haben, damit der Spannungsabfall über R_4 genauso groß ist wie der über R_2 ?

Aufgabe 3.7

Ein Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen R und R_x wird über R_x mit der Reihenschaltung aus den Widerständen R und R_x belastet. Welchen Wert muss der Widerstand R_x haben, damit die Spannung darüber im Lastzweig ein Zehntel der Eingangsspannung beträgt? Hinweis: Zeichnen Sie die Schaltung und tragen Sie die erwähnten Spannungen ein.

4 Spannungszeitfunktionen

Aufgabe 4.1

Ermitteln Sie für die abgebildeten Spannungs-Zeit-Verläufe die Amplitude, die Frequenz und den Nullphasenwinkel! Geben Sie die Gleichungen zur Berechnung des Momentanwertes an!

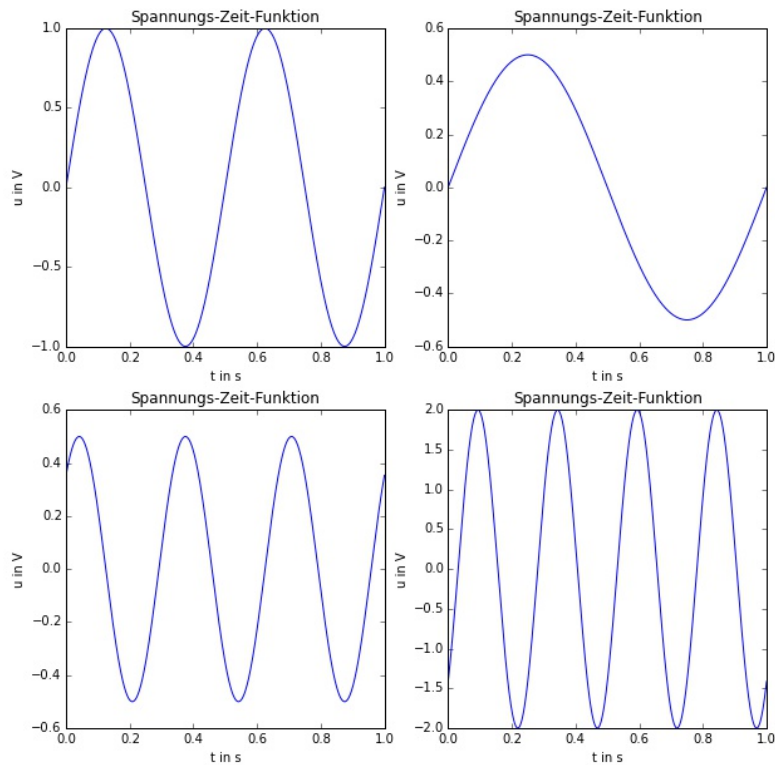


Abbildung 5: Spannungs-Zeit-Funktionen

Aufgabe 4.2

Gegeben sind folgende Spannungs-Zeit-Funktionen:

- $u_1(t) = 5V \cdot \sin(2\pi \cdot 100Hz \cdot t + \pi/4)$
- $u_2(t) = 10V \cdot \sin(2\pi \cdot 100Hz \cdot t + \pi/6)$

- Ermitteln Sie die Amplitude, die Frequenz und den Nullphasenwinkel als Zeitverschiebung!
- Zeichnen Sie die Zeitverläufe beider Spannungen!
- Ermitteln Sie graphisch die Summe beider Spannungen!
- Ermitteln Sie rechnerisch die Summe beider Spannungen!

5 Kapazität

Aufgabe 5.1

Ermitteln Sie die Gleichung für den Zeitverlauf der Ausgangsspannung an einem Tiefpass, an dessen Eingang ein Spannungssprung von 0V auf 1V angelegt wird!

Hinweis: Maschensatz, Strom-Spannungs-Beziehung am Kondensator

Aufgabe 5.2

Ermitteln Sie die Gleichung für den Zeitverlauf der Ausgangsspannung an einem Tiefpass ($R = 1k\Omega$, $C = 1\mu F$), an dessen Eingang eine sinusförmige Wechselspannung $u(t) = 5V \cdot \sin(2\pi \cdot 100Hz \cdot t + \pi/4)$ anliegt.

Aufgabe 5.3

Ermitteln Sie den Scheinwiderstand eines Kondensators ($C = 10\mu F$) bei $f = 10Hz, 100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz$ und stellen Sie den Verlauf geeignet graphisch dar!

Aufgabe 5.4

- (a) Ermitteln Sie Grenzfrequenz f_g und die Zeitkonstante τ eines Tiefpasses mit ($R = 100\Omega$, $C = 10\mu F$).
- (b) Erläutern Sie beide Größen!
- (c) Ermitteln Sie den Wert der Ausgangsspannung dieses Tiefpasses mit der Gleichung aus Aufgabe 5.1 nach $t = \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$.

6 Rechnen im komplexen Bildbereich

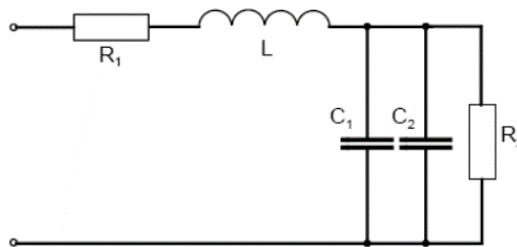
Aufgabe 6.1

An einem linearen passiven Zweipol werden für eine angelegte Spannung $u = \hat{U} \cos(\omega t)$ die Stromstärke $i = \hat{I} \cos(\omega t + \varphi_i)$ oszillographisch gemessen ($\hat{U} = 325\text{V}$, $\hat{I} = 10\text{A}$, $f = 50\text{Hz}$, $\varphi_i = 10^\circ$).

- Wie groß sind die Effektivwerte U und I .
- Berechnen Sie den Scheinwiderstand sowie den Wirk- und Blindwiderstand für eine Reihen-ersatzschaltung.

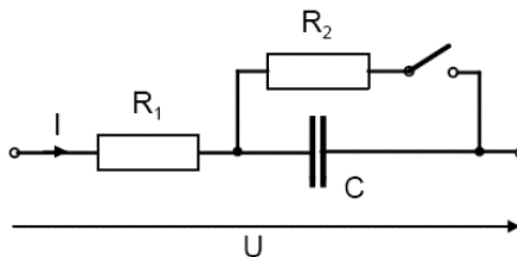
Aufgabe 6.2

Wie groß ist der Scheinwiderstand des gegebenen Zweipols?



Aufgabe 6.3

Gesucht ist der Widerstand R_2 , der den Effektivwert des Wechselstromes bei konstantem Effektivwert der Spannung U nicht ändert, wenn er zugeschaltet wird.



Aufgabe 6.4

An einem Kondensator von $5\mu\text{F}$ liegt eine Spannung von 218V . Es werden folgende Ströme gemessen: $0,6\text{A}$, $0,8\text{A}$ und $0,342\text{A}$. Bei welchen Frequenzen erfolgten die Messungen?

Aufgabe 6.5

Zwei Generatoren erzeugen die Spannungen 60V bzw. 80V mit einer Verschiebung von 40° , 50° und 60° . Welche Spannungen ergeben sich bei Reihen- und Gegenreihenschaltung?

7 Halbleiterbauelemente

Aufgabe 7.1

Bei dem Transistor BC 140 soll der Kollektorstrom kleiner oder gleich $1,0A$, der Basisstrom kleiner oder gleich $0,1A$ sein. Die über dem Transistor abfallenden Spannungen sollen bei der Rechnung vernachlässigt werden. Sie sorgen dafür, dass die Stromstärken noch kleiner als oben angegeben werden, der Transistor also nicht gefährdet wird.

Welchen Wert muss der Widerstand im Kollektor- bzw. Basisstromkreis bei einer Betriebsspannung von mindestens $4,5V$ haben, damit der Transistor geschützt ist?

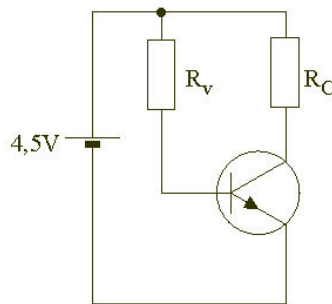


Abbildung 6: Schaltung Aufgabe 7.1

Aufgabe 7.2

Die Basis des Transistors in der folgenden Schaltung ist über einen Vorwiderstand $R_v = 10k\Omega$ mit dem Mittelabgriff eines Potentiometers verbunden. Der Kontakt des Mittelabgriffes wird von A nach B verschoben.

- In welchem Bereich ändert sich die Spannung U_1 ?
- Beschreiben Sie qualitativ, wie sich die Basis-, die Kollektorstromstärke und U_2 ändern, wenn der Abgriff von A nach B bewegt wird.

Die Stellung des Mittelabgriffes sei nun so gewählt, dass $U_1 = 1,6V$ und die Basisstromstärke $100\mu A$ ist.

- Berechnen Sie U_2 .
- Berechnen Sie die Kollektorstromstärke, wenn die Stromverstärkung $B = 500$ ist.

Aufgabe 7.3

- Welche Eigenschaften sollte die Basis eines npn-Transistors erfüllen, damit der Transistoreffekt deutlich auftritt?
- Bei einem npn-Transistor sind die Anschlüsse nicht gekennzeichnet. Wie kann man sehr einfach den Basisanschluss herausfinden?
- Ein Transistor kann - wie ein Relais - als Schalter verwendet werden. Geben Sie zwei Vorteile des Schalters *Transistor* gegenüber dem Schalter *Relais* an.
- Die Stärke des durch den Emitter eines npn-Transistors fließenden Stroms wird mit I_E bezeichnet. Wie hängt diese Stromstärke mit der Basisstromstärke I_B und der Kollektorstromstärke I_C zusammen?

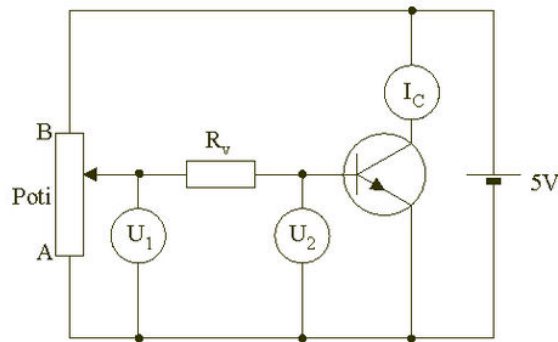
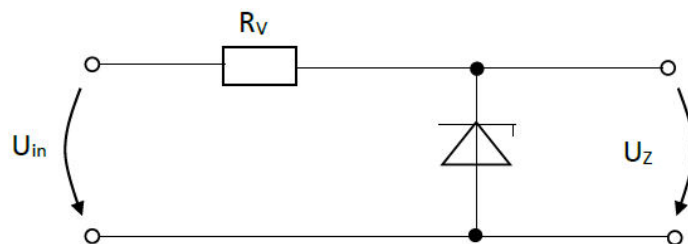


Abbildung 7: Schaltung Aufgabe 7.4

Aufgabe 7.4

Für die gegebene Stabilisierungsschaltung wird eine Z-Diode mit $U_Z = 6V$ und $r_Z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} = 4\Omega$ genutzt.

- Wie groß muss der Vorwiderstand R_V für einen Stabilisierungsfaktor $S = 30$ bei Leerlauf (offener Ausgang) sein?
- Wie groß muss die Verlustleistung $P_{V_{max}}$ der Z-Diode bei $U_{in} = (18 \pm 2)V$ sein?



Aufgabe 7.5

Eine 12V-Z-Diode wird über einen Vorwiderstand an einer Spannung von 20 V betrieben. Die maximale Verlustleistung an der Z-Diode beträgt 500 mW.

- Wie groß muss der Vorwiderstand sein?
- Für welche Leistung muss der Vorwiderstand ausgelegt werden?

Aufgabe 7.6

Eine 6 V-Z-Diode wird über einen Vorwiderstand an einer Spannung von 9 V betrieben. Die maximale Verlustleistung an der Z-Diode beträgt 1,5 W. Am Lastwiderstand wird eine Leistung von 1 W aufgenommen.

- Geben Sie die Schaltung an!
- Für welche Leistung muss R_V mindestens ausgelegt werden, wenn $I_Z = 0,1 \cdot I_{Z_{max}}$ betragen soll?

Aufgabe 7.7

Eine 10 V-Z-Diode wird über einen Vorwiderstand an einer Spannung von 15 V betrieben. Die maximale Verlustleistung an der Z-Diode beträgt 2 W. Weiterhin soll gelten $I_{Z_{min}} = 15\text{mA}$ und $R_V = 20\Omega$. Berechnen Sie die Werte für R_L für den Fall, dass an der Z-Diode die maximale Leistung auftritt und für den Fall, dass gerade der minimale Z-Strom fließt.

Aufgabe 7.8

In einer Spannungsstabilisierungsschaltung mit einer Z-Diode ist der Lastwiderstand R_L ein Potentiometer, dessen Widerstandswert sich von 40Ω bis 400Ω verändern läßt. Die Z-Spannung beträgt 8 V, die Spannung U_{in} hat einen Wert von 12 V, $I_{Z_{min}}$ ist 50 mA.

- (a) Berechnen Sie den Wert für R_V .
- (b) Wie groß ist die maximale Belastbarkeit der Z-Diode in W?

8 Schaltungen mit Transistoren

Aufgabe 8.1

Ermitteln Sie graphisch unter Verwendung der Arbeits-Übertragungskennlinie für die gegebene Schaltung den Arbeitspunkt (I_C, U_{CE}). Nutzen Sie dazu die Abbildung 12.

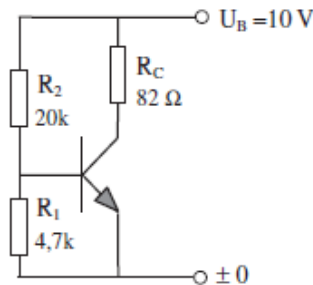


Abbildung 8: Schaltung Aufgabe 8.1

Aufgabe 8.2

Dimensionieren Sie die gegebene Schaltung so, dass sich bei $U_S = 12V$, $B = 170$ und $U_{BE} = 0,65V$ ein Arbeitspunkt $I_C = 5mA$ und $U_{CE} = 6V$ einstellt. Änderungen von U_{BE} um $\Delta U_{BE} = \pm 100mV$ und Exemplarstreuungen von B in der Größe von $\Delta B \pm 50$ sollen jeweils zu Änderungen von I_C um maximal $\Delta I_C / I_C = 10\%$ führen.

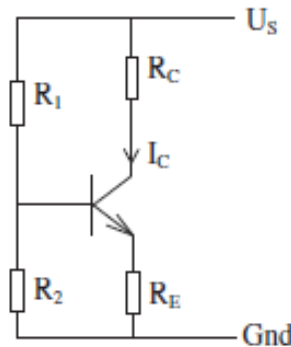


Abbildung 9: Schaltung Aufgabe 8.2

Aufgabe 8.3

- Ermitteln Sie graphisch den Arbeitspunkt der gegebenen Schaltung ($R_B = 5,6M\Omega$, $R_C = 20k\Omega$). Nutzen Sie dazu die Abbildung 13.
- Ermitteln Sie die Vierpolparameter des Transistors für diesen Arbeitspunkt.

Aufgabe 8.4

Für die in Abbildung 11 gegebene Schaltung sind folgende Werte bekannt:

$U_S = 15V$, $R_{C1} = 1k\Omega$, $R_{C2} = 1k\Omega$, $R_E = 820\Omega$, $R_B = 560k\Omega$, $U_{BE} \approx 0,7V$, $r_{be} = 2,2k\Omega$, $r_{ce} = 100k\Omega$, $B = 170$, $\beta = 160$, $f_{gu} \ll f \ll f_{go}$.

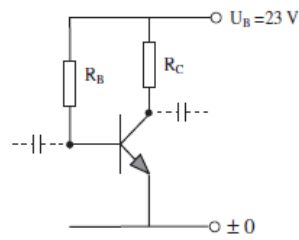


Abbildung 10: Schaltung Aufgabe 8.3

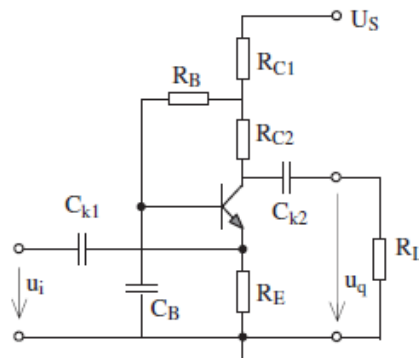


Abbildung 11: Transistorschaltung Aufgabe 8.4

- Ermitteln Sie den Arbeitspunkt (I_C, U_{CE}) durch Rechnung.
- Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild des Verstärkers.
- Ermitteln Sie die Vierpolparameter des Verstärkers.
- Berechnen Sie für den Verstärker folgende Größen: R_{ein-} , R_{aus-} , V_U für $R_L = 3k\Omega$ und $R_L \rightarrow \infty$.

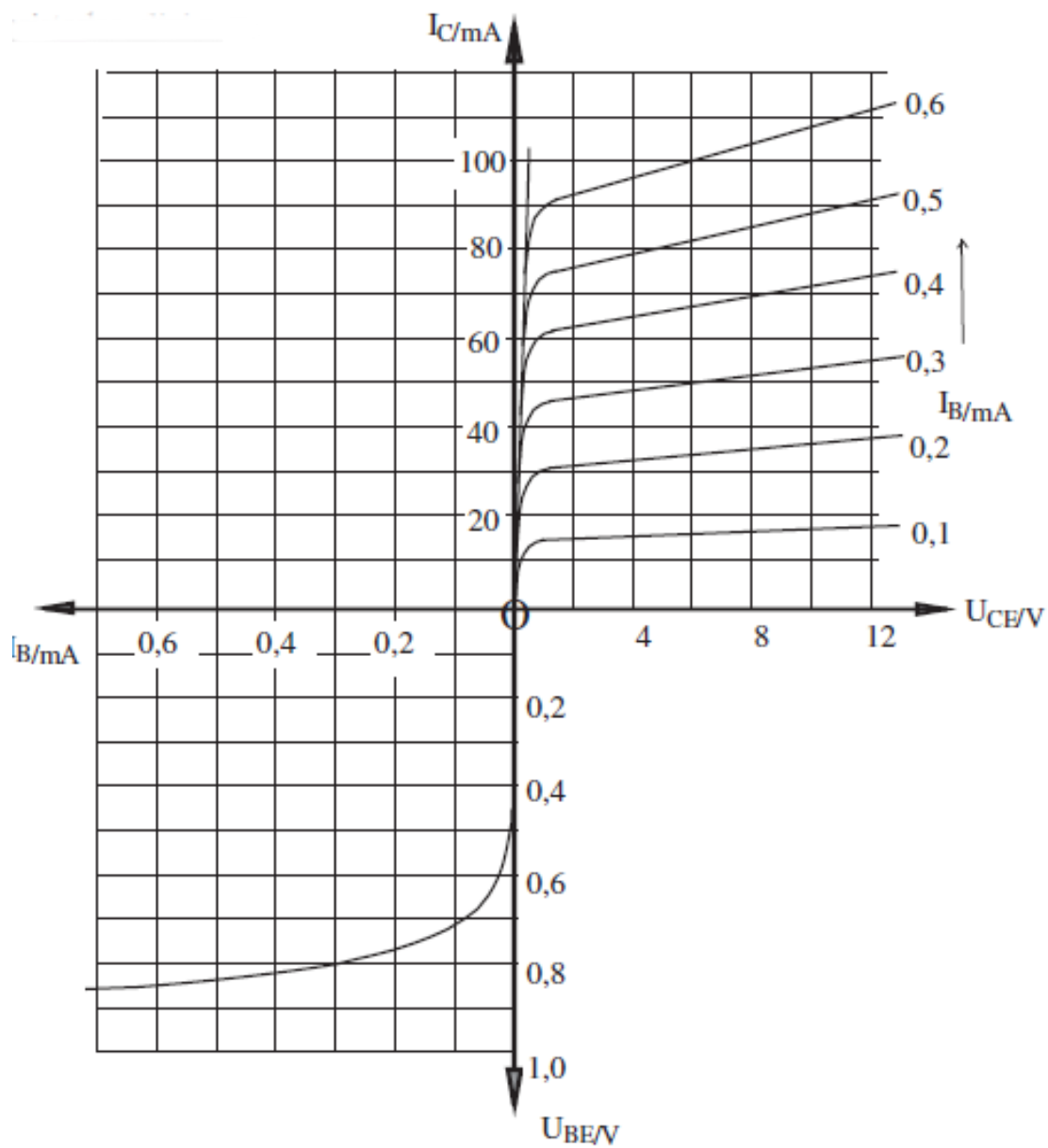


Abbildung 12: Transistorkennlinien für Aufgabe 8.1

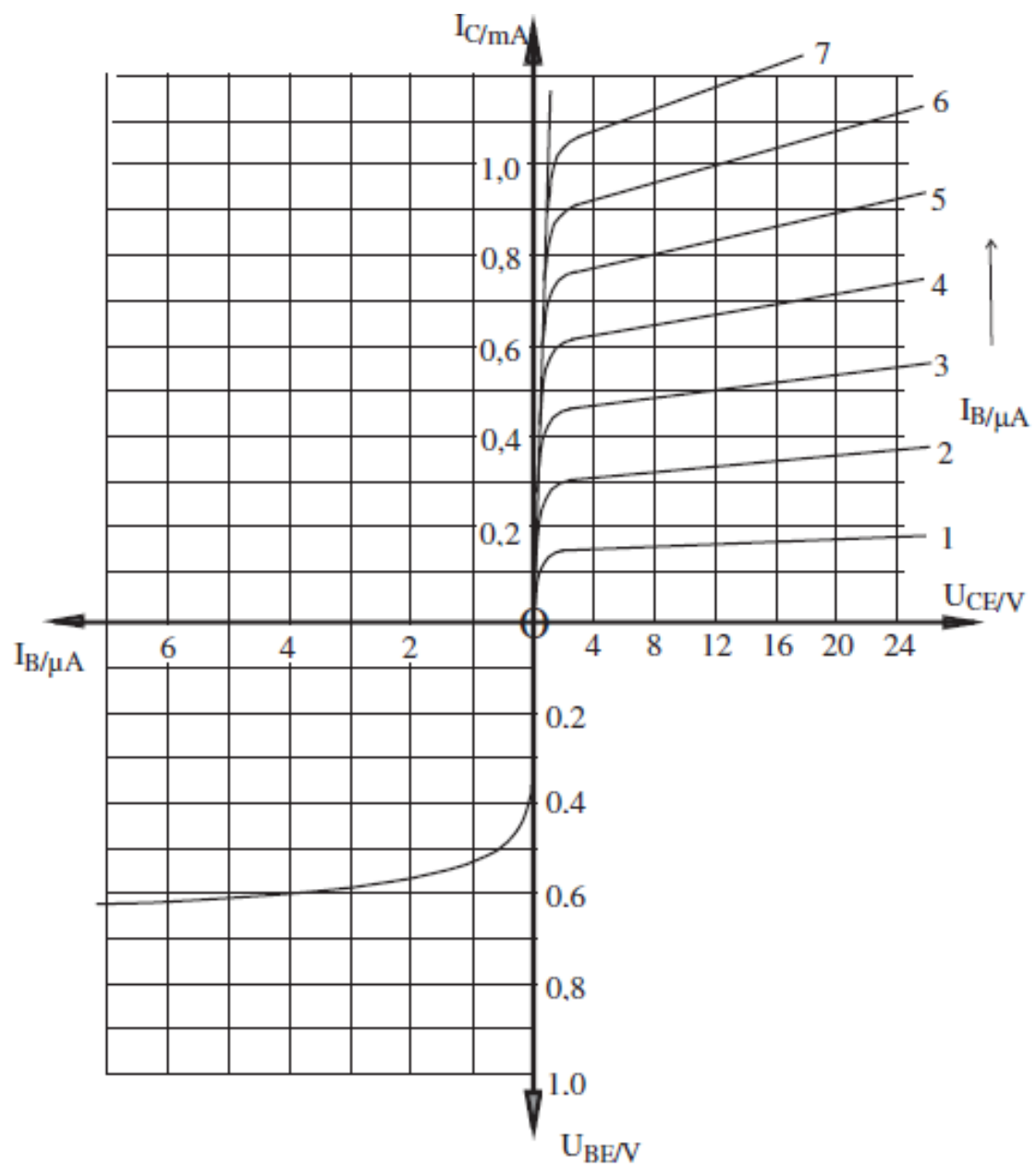


Abbildung 13: Transistorkennlinien Aufgabe 8.3

9 Aufgaben Praktikum

Aufgabe 9.1

Für einen aktiven Zweipol werden nacheinander durch Anschluss zweier verschiedener Widerstände R_1 und R_2 folgende Wertepaare gemessen:

Widerstand	Spannung	Strom
R_1	6,5 V	0,5 A
R_2	3,5 V	1,5 A

Bestimmen Sie die Widerstände R_1 und R_2 sowie die Kenngrößen U_q , I_k und R_i des aktiven Zweipols!

Aufgabe 9.2

Stellen Sie graphisch die von obigem aktiven Zweipol abgegebene Leistung P_a in Abhängigkeit von dem Widerstand R_a ; ($R_a = 0 \dots 15\Omega$) dar!

Aufgabe 9.3

Bestimmen Sie nach dem Überlagerungssatz von Helmholtz den Strom I_{AB} in nachstehendem Netzwerk!

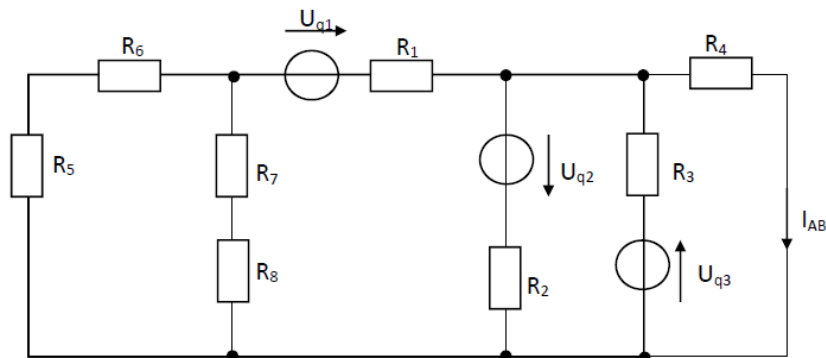


Abbildung 14: Netzwerk zu Aufgabe 9.3

Aufgabe 9.4

Eine Reihenschaltung von $R = 5k\Omega$ und $C = 20nF$ wird durch eine Rechteckspannung $U = 1V/1kHz$ angestoßen.

Skizzieren Sie maßstäblich die Funktionen $u_C(t)$ und $u_R(t)$ über eine Periode T der Rechteckspannung! Tragen Sie in das Diagramm die Zeitkonstante τ für den Ein- und den Ausschaltvorgang ein!

Aufgabe 9.5

Entwerfen Sie die Schaltskizzen für die Differentiation und die Integration einer Rechteckspannung durch eine RC-Reihenschaltung! Stellen Sie die differenzierte und die integrierte Spannung qualitativ als Funktion der Zeit dar!

Aufgabe 9.6

Skizzieren Sie mit Hilfe der Gleichung

$$u_C = U_q \left[1 - \frac{\omega_0}{\omega} e^{-\delta t} \cos \left(\omega t - \arctan \frac{\delta}{\omega} \right) \right]$$

maßstäblich

$$\frac{u_C}{U_q} = f \left(\frac{\omega t}{2\pi} \right)$$

für die gegebenen Werte $U_q = 1V$, $R = 50\Omega$, $L = 20mH$ und $C = 0,5\mu F$! Ermitteln Sie T , t_b und ρ !