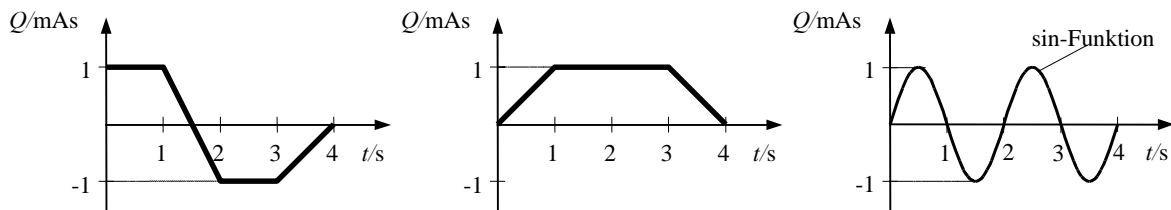
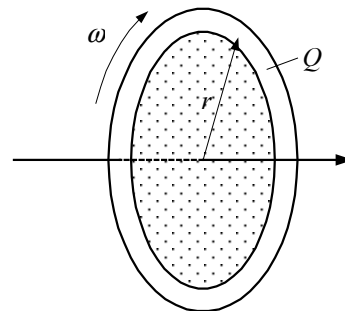


- 1.) Wie viele Elementarladungen passieren in einer Sekunde den Querschnitt eines Drahtes, der von einem gleichbleibenden Strom $I = 1 \text{ A}$ durchflossen wird?
- 2.) Welche mittlere Strömungsgeschwindigkeit haben die Ladungsträger in einem Kupferdraht von $0,6 \text{ mm}$ Durchmesser, wenn im Kupfer für die freien Elektronen eine Ladungsträgerdichte von $8,6 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ angenommen wird?
Die Stromstärke im Draht beträgt 1 A .
- 3.) Gegeben sind die folgenden Zeitverläufe einer elektrischen Ladung, die den Querschnitt eines vom Strom durchflossenen Leiters passiert.
 - a) Bestimmen Sie für jeden Zeitabschnitt die zugehörige Stromstärke.
 - b) Zeichnen Sie maßstabsgerecht die zugehörigen Stromverläufe!

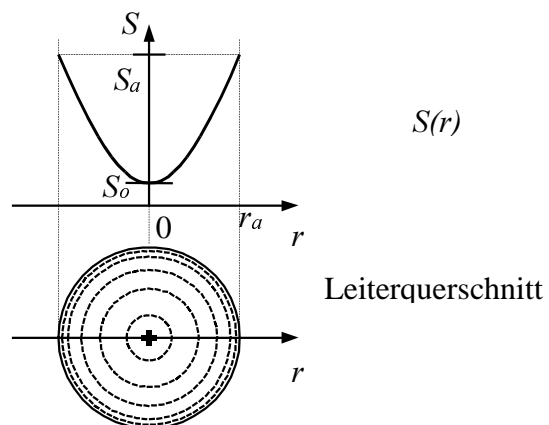


- 4.) Eine auf dem Rand einer isolierenden Scheibe befindliche kreisringförmige Metallfolie trägt die Ladung Q . Die Scheibe wird in Rotation versetzt mit der Winkelgeschwindigkeit ω (Versuch von H. A. Rowland 1848 - 1901).
Welcher Stromstärke entspricht die mit der Rotation der Scheibe erzielte Bewegung der Ladungsträger ?



- 5.) In einer Leitung mit kreisförmigem Querschnitt A fließt ein Strom I . Wie und um wie viel Prozent muss der Durchmesser verändert werden, damit bei einer Stromerhöhung von 3% die Stromdichte konstant bleibt?
Lösen Sie die Aufgabe durch allgemeine Ableitung (Näherung für kleine Änderungen).

- 6.) Es sei die Stromdichte in einem zylindrischen Leiter (z.B. infolge Erwärmung des Leiters) nicht an allen Stellen der Querschnittsfläche konstant, sondern als quadratische Funktion des Radius annäherbar. Gegeben sind S_0 , S_a und r_a .
 - a) Stellen Sie den Stromdichteverlauf als $f(r)$ analytisch dar.
 - b) Berechnen Sie den (Gesamt)Strom I durch den Leiter!



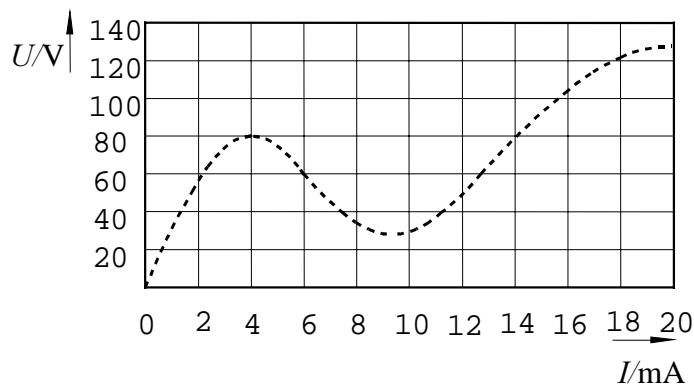
- 7.) In einem Versuch soll der spezifische Widerstand bestimmt werden. Der Durchmesser des Drahtes liegt in mm vor, der Widerstand wurde in $k\Omega$ gemessen und die Länge in m. Stellen Sie die zugeschnittene Größengleichung für den spezifischen Widerstand $\rho = R \cdot A/l$ für den Fall auf, dass ρ in $\Omega \cdot \text{cm}$ angegeben werden soll.
- 8.) Der Wolframfaden einer Glühlampe ist 60 cm lang (doppelt gewandelt!) und hat einen Durchmesser von 0,025 mm.
 a) Wie groß ist der Widerstand des Fadens im stromlosen Zustand?
 b) Welcher Widerstand ergibt sich für eine Temperatur von 2200 °C ?
 Gegeben sind: $\rho = 0,055 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$, $\alpha = 0,0041 \text{ K}^{-1}$, $\beta = 1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-2}$
- 9.) Ein Draht aus Aluminiumbronze ($d = 0,1 \text{ mm}$, $\kappa = 5 \text{ m} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$, $\alpha = 8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$) soll als Sensor für eine Temperaturmessung arbeiten. Die Betriebsspannung beträgt 24 V, der erfasste Temperaturbereich liegt zwischen 0°C und 70°C.
 a) Wie lang muss der Draht sein, wenn bei 20 °C ein Strom von 30 mA fließen soll?
 b) Geben Sie den Stromverlauf für den gegebenen Temperaturbereich an.
 c) Wie könnte mit einem Milliampereometer eine Temperaturanzeige erfolgen?
- 10.) Zwei Adern (je 0,9 mm Durchmesser) eines im Erdreich liegenden Telefonkabels zeigen Kurzschluss gegeneinander. Zur Fehlerortbestimmung misst man am Kabelanfang zwischen den Adern einen Widerstand von 13,1 Ω .
 a) In welcher Entfernung befindet sich der Fehlerort, wenn 20°C im Erdreich angenommen werden? ($\rho_{cu} = 0,0178 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$, $\alpha_{20} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)
 b) Um welche Strecke liegt der Fehlerort vom vermeintlichen entfernt, wenn die mittlere Temperatur des Erdreiches tatsächlich nur 12°C beträgt?
 c) Wo liegt der Fehlerort, wenn der spezifische Widerstand 3 % größer ist, als angenommen?
 d) Wo liegt der Fehlerort, wenn der Messfehler des Widerstandes 5 % beträgt?
- 11.) Zwischen den beiden Adern einer in der Erde liegenden Kupferleitung von 0,6 mm Durchmesser und 150 m Einfachlänge ($\rho_{cu} = 17,8 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$) ist Kurzschluss entstanden. An der Kurzschlussstelle tritt ein Übergangswiderstand $R_{\bar{v}}$ zwischen den Adern infolge Oxidation auf. Zur Bestimmung des Fehlerortes wird von der Seite A der Widerstand $R_A = 10,85 \Omega$ und von der Seite B der Widerstand $R_B = 13,02 \Omega$ gemessen. In welcher Entfernung von der Seite A befindet sich die Schadenstelle und wie groß ist dort der Übergangswiderstand ? Geben Sie eine Schaltskizze an. Wie kann die Messung der Widerstände erfolgen?
- 12.) An einem anzufertigenden Messwiderstand soll bei einem vorgegebenen Strom $I = 6 \text{ A}$ ein Spannungsabfall $U = 1,5 \text{ V}$ entstehen. Als Widerstandsmaterial wird Konstantan verwendet ($\rho = 0,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$). Die zulässige Stromdichte im Draht beträgt $S = 3 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$. Berechnen Sie den Mindestdurchmesser des Drahtes und die erforderliche Länge.

- 13.) Für einen passiven Zweipol wurde folgende $U - I$ - Kennlinie aufgenommen:

I/A	0	0,25	0,5	1	1,5	2	3	4
U/V	0	50	71	100	123	141	173	200

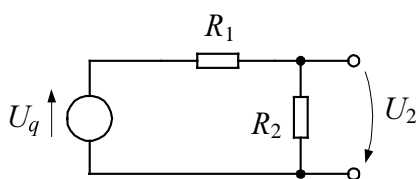
Ermitteln Sie den Gleichstromwiderstand R und den differentiellen Widerstand r_d als Funktion der Stromstärke.

- 14.) Gegeben ist folgende nichtlineare Strom-Spannungskennlinie.
- Stellen Sie zunächst qualitativ den Verlauf des Gleichstromwiderstandes R und des differentiellen Widerstands r_d als Funktion des Stromes dar.
 - Ermitteln Sie punktweise R und r_d und tragen Sie die Werte als Funktion des Stromes mit der gegebenen $U-I$ -Kennlinie zusammen in ein Diagramm ein.



- 15.) Zwei Widerstände haben in Reihe einen Gesamtwiderstand von 1234Ω und parallelgeschaltet von 200Ω . Wie groß sind die beiden Widerstände?
- 16.) Ein Messwiderstand hat nach seiner Herstellung statt des Sollwertes $1,000 \Omega$ den Wert $1,004 \Omega$. Wie muss welcher Widerstand zur Korrektur hinzugeschaltet werden?
- 17.) Durch einen elektrischen Widerstand R fließt beim Anlegen einer Spannung U ein bestimmter Strom I . Diesem Widerstand werden 4Ω in Reihe und der Reihenschaltung 15Ω parallel geschaltet, ohne dass sich der Strom I bei gleicher Spannung U ändert. Wie groß ist der ursprüngliche Widerstand?
- 18.) Gegeben ist die Parallelschaltung zweier Widerstände R_1 und R_2 . Sie wird von einem konstanten Strom I durchflossen. Man berechne mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes die Teilströme I_1 und I_2 und stelle beide grafisch als Funktion des Widerstandes R_1 dar.

- 19.)



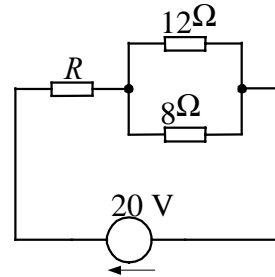
Gegeben sei die dargestellte Schaltung.

Man berechne unter Anwendung des Ohmschen Gesetzes die beiden Funktionen

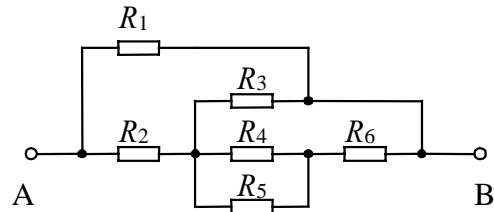
- $U_2 = f(R_1)$, $0 \leq R_1 \leq \infty$, U_q und R_2 konstant
- $U_2 = f(R_2)$, $0 \leq R_2 \leq \infty$, U_q und R_1 konstant

Skizzieren Sie den Verlauf beider Funktionen in einem Diagramm.

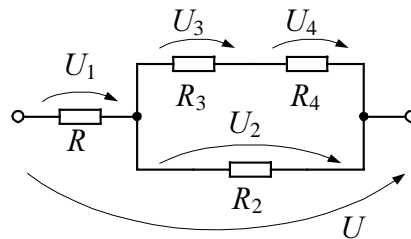
- 20.) Gegeben ist die dargestellte Schaltung. Die in der Schaltung insgesamt umgesetzte Leistung ist $P_{ges} = 70 \text{ W}$. Man berechne den Widerstand R .



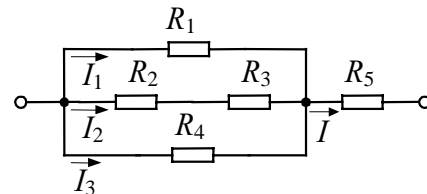
- 21.) Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand der Schaltung zwischen den Klemmen A – B. ($R_1 \dots R_6 = 8 \Omega$)



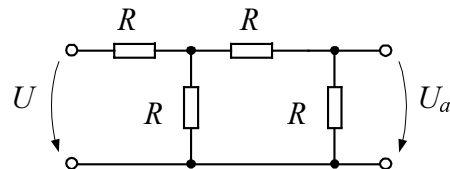
- 22.) In der gegebenen Schaltung sind mit Hilfe der Spannungsteilerregel die Spannungsverhältnisse U_3/U_2 , U_3/U_4 , U_1/U und U_3/U anzugeben.



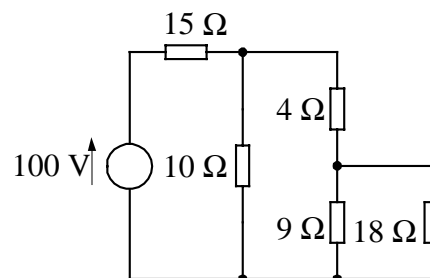
- 23.) Mit Hilfe der Stromteilerregel sind in der folgenden Schaltung zu berechnen: I_1/I , I_2/I , I_3/I_2



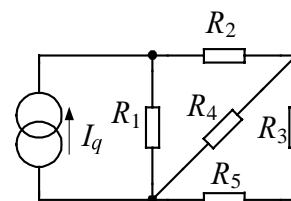
- 24.) Gegeben ist eine Kettenleiter-Anordnung aus gleichgroßen Widerständen R . Gesucht ist das Spannungsteilverhältnis U_a/U . (die Nummerierung der Widerstände vorab ist sinnvoll).



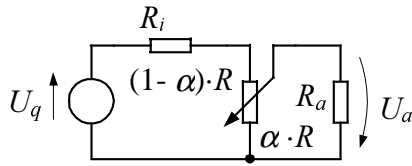
- 25.) Gegeben ist das dargestellte Netzwerk. Berechnen Sie den Spannungsabfall über dem 18Ω - Widerstand mittels Spannungsteilerregel.



- 26.) Man berechne im dargestellten Netzwerk das Spannungsverhältnis U_5/U_2 .



27.)



Gegeben ist eine Potentiometerschaltung.

a) Für den durch einen Lastwiderstand R_a belasteten einstellbaren Spannungsteiler ist die Ausgangsspannung U_a als Funktion der Schleiferstellung α ($0 < \alpha < 1$) zu bestimmen.

b) Für den Fall $R_i \ll R$ ist U_q normiert als Funktion von α jeweils für Lastwiderstände, die größer oder kleiner als R sind (R_a als Parameter), darzustellen.

28.) Die Klemmenspannung eines aktiven Zweipols ergibt sich aus der Strom-Spannungs-Beziehung $U = U_q - I \cdot R_i$ und die des passiven Zweipols aus $U = I \cdot R_a$. Stellen Sie beide Gleichungen grafisch in einem Diagramm dar und zeigen Sie durch grafische Lösung, welcher Strom und welche Spannung beim Zusammenschalten beider Zweipole, z.B. für die Werte $U_q = 10 \text{ V}$, $R_i = 1 \Omega$, $R_a = 4 \Omega$ auftreten.

Wie ändert sich die Darstellung, wenn jeweils nur U_q , R_i oder R_a variabel sind?

29.) Für den Grundstromkreis sind analytisch zu ermitteln und grafisch darzustellen:

$$U / U_q = f(R_a / R_i) \quad \text{und} \quad I / I_k = f(R_a / R_i)$$

mit Werten $R_a / R_i = 0; 0,5; 1; 2; 3; 5; 8; 10$

30.) In welchen Grenzen ändern sich U und I , wenn in einem Grundstromkreis mit $U_q = 10 \text{ V}$, $R_i = 10 \Omega$ die Belastung im Bereich $10 \Omega < R_a < 100 \Omega$ veränderlich ist? (Zunächst grafisch lösen, dann analytisch kontrollieren.)

31.) Die Leistung eines elektrischen Heizgerätes soll verdoppelt werden.

Um welchen Faktor muß hierfür die Spannung erhöht werden?

32.) Zur Beleuchtung eines Raumes stehen nur Glühlampen von $110 \text{ V} / 100 \text{ W}$ und $220 \text{ V} / 40 \text{ W}$ zur Verfügung. Die Netzspannung beträgt aber 220 V .

Untersuchen und bewerten Sie folgende Lösungsvarianten:

- Betreiben der Lampen über Vorwiderstände
- Reihenschaltung von Lampen gleicher Leistung
- Reihenschaltung von Lampen ungleicher Leistung

33.) Sechs Akkuzellen, jeweils $U_q = 2 \text{ V}$, $R_i = 0,5 \Omega$ sollen wahlweise

- in Reihe
- parallel
- zu zweien parallel in Reihenschaltung
- zu dreien parallel in Reihenschaltung verschaltet werden.

Bestimmen Sie jeweils den Ersatzinnenwiderstand R_{iers} und die Klemmenspannung im Leerlauf sowie bei Belastung mit $R_a = 4 \Omega$.

Wie groß wird dabei jeweils der Laststrom durch R_a ?

- 34.) Die Sendestation einer drahtgebundenen Fernschreibanlage (elektromechanischer Relaisschalter), besitzt als Spannungserzeuger 12 Akkuzellen a 2,1 V und $0,03 \Omega$ Innenwiderstand in Reihenschaltung. Das Empfangsgerät (Magnetschalter) ist 60 km vom Sender entfernt und hat einen Eingangswiderstand $R_E = 600 \Omega$. Für die benutzte Freileitung wird Bronzedraht von 2,5 mm Durchmesser verwendet, $\rho = 0,021 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$. Wie groß ist der Strom im Leitungsdraht und die Klemmenspannung am Sender und am Empfangsgerät ?
- 35.) Eine Trockenbatterie mit $U_q = 4,5 \text{ V}$ und $R_i = 0,9 \Omega$ hat unter Belastung eine Klemmenspannung von $3,6 \text{ V}$. Bestimmen Sie den Lastwiderstand, die Leistung am Verbraucher, den Leistungsverlust an R_i sowie den Wirkungsgrad der gesamten Anordnung.
- 36.) Eine Spannungsquelle wird nacheinander mit 2 verschiedenen Verbrauchern belastet, mit $R_{a1} = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_{a2} = 200 \Omega$. Die an den Verbrauchern gemessenen Spannungen sind $U_1 = 24 \text{ V}$ und $U_2 = 20 \text{ V}$. Wie groß sind der Innenwiderstand R_i , die Quellspannung U_q und der Kurzschlussstrom I_K der Spannungsquelle?
- 37.) Eine Spannungsquelle (bzw. Stromquelle) wird nacheinander belastet mit $I_1 = 0,1 \text{ A}$ und mit $I_2 = 12 \text{ A}$. Es ergeben sich dabei Klemmenspannungen $U_1 = 9,5 \text{ V}$ und $U_2 = 3,5 \text{ V}$. Gesucht sind R_i , U_q und I_K .
- 38.) Berechnen Sie die Verbraucherleistung P_a , die maximale Verbraucherleistung $P_{a \text{ max}}$, die innere Verlustleistung P_i , die Gesamtleistung P_{ges} und die Kurzschlußleistung P_K des Grundstromkreises und stellen Sie die Verhältnisse

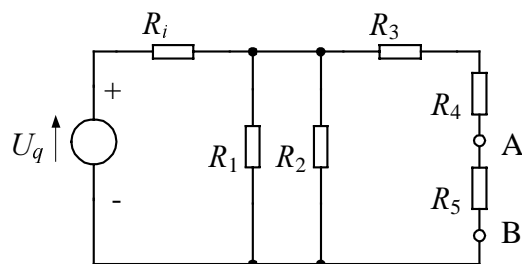
$$P_a / P_{a \text{ max}} \quad P_a / P_{\text{ges}} \quad P_a / P_K \quad \text{und} \quad P_i / P_{\text{ges}}$$

als Funktion von R_a / R_i analytisch und grafisch dar, z.B. für die Werte

$$R_a / R_i = 0; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10$$

(siehe hierzu auch Aufgabe 29.)

39.)

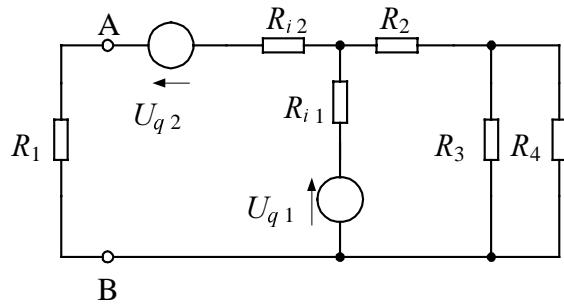


Berechnen Sie mit Hilfe der Zweipoltheorie die Spannung U_{R5} nach erfolgter Bestimmung der Ersatzschaltbildelemente $U_{q\text{ers}}$ und $R_{i\text{ers}}$:

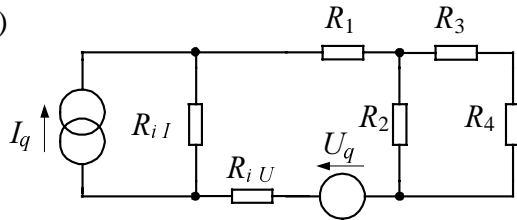
- nach dem Spannungsquellen - ESB
- nach dem Stromquellen - ESB (nach Quellenumwandlung)
- nach dem Stromquellen - ESB (ohne Quellenumwandlung)

Gegeben sind $R_1 \dots R_5 = 10 \Omega$, $R_i = 3 \Omega$, $U_q = 10 \text{ V}$.

- 40.) Bestimmen Sie mit Hilfe der Zweipoltheorie die Spannung U_{R1} .
Geben Sie I_{R3} für den Fall $R_1 \rightarrow \infty$ an.



- 41.)

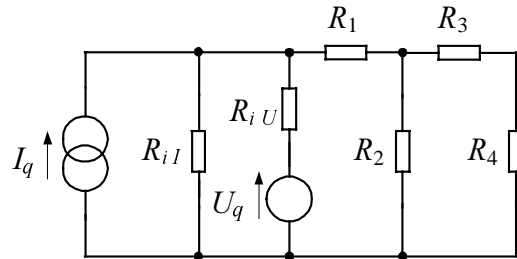


Bestimmen Sie mit Hilfe der Zweipoltheorie die Spannung U_{R2} nach dem Spannungsquellen - ESB.

Wie muss R_2 bei sonst gegebenen Bauelementwerten dimensioniert werden, damit die an R_2 umgesetzte Leistung P_{R2} maximal wird? Wie groß ist dann $P_{R2\max}$?

Bestimmen Sie I_{R3} nach der Stromteilerregel.

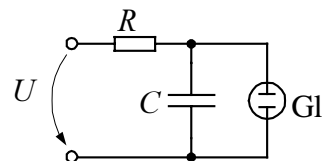
- 42.) Bestimmen Sie mit Hilfe der Zweipoltheorie die Ströme I_{R1} und I_{R2} sowie die Spannungen U_{R1} und U_{R2} nach dem Stromquellen - ESB.
Geben Sie I_{R1} für $R_2 \rightarrow \infty$ nach der Stromteilerregel an.



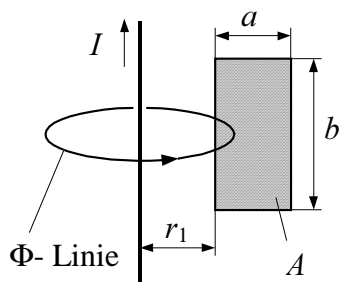
- 43.) Die zwei Platten eines Hochspannungskondensators haben eine Fläche von je 100 cm^2 . Als Dielektrikum wird Polystyrol ($\epsilon = 2,3$) verwendet, der Plattenabstand beträgt 8 mm . Berechnen Sie die Kapazität, die aufgenommene Ladung und die Feldstärke, wenn die angelegte Spannung 6 kV beträgt.
- 44.) Ein Plattenkondensator mit geschichtetem Dielektrikum hat folgende Kenndaten:
 $A = 900 \text{ cm}^2$, $U = 250 \text{ V}$
 $d_1 = 12 \text{ mm}$ mit $\epsilon_{r1} = 2,2$
 $d_2 = 36 \text{ mm}$ mit $\epsilon_{r2} = 6,4$ (Grenzfläche parallel zu den Platten)
 Berechnen Sie die Gesamtkapazität, die Teilkapazitäten und die Teilspannungen (wenn die Bereiche ϵ_{r1} und ϵ_{r2} durch eine metallische Fläche getrennt sind) und die gespeicherte Gesamtladung.
- 45.) Wie müsste ein kapazitiver Spannungsteiler ausgelegt werden, damit die Wechselspannung einer 10 kV -Anlage mit einem hochohmigen Spannungsmesser im Messbereich 100 V gemessen werden kann?
- 46.) Ein einstellbarer Kondensator (Drehkondensator) mit linearer Abhängigkeit der Kapazität vom Drehwinkel ($0^\circ < \alpha < 180^\circ$) und $C_{\max} = 400 \text{ pF}$ wird mit einem Kondensator $C_2 = 200 \text{ pF}$ in Reihe bzw. Parallel zusammengeschaltet. Wie groß ist jeweils die Gesamtkapazität als Funktion des Drehwinkels? (Grafische Darstellung)

- 47.) Ein Kondensator $C = 100 \mu\text{F}$ ist mit einer Ladung $Q_0 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ As}$ aufgeladen. Er wird durch einen zeitlich konstanten Strom $I_e = 4 \text{ mA}$ entladen. Gesucht ist der zeitliche Verlauf der Kondensatorspannung $u_c(t)$. Wie groß muss die Stromergiebigkeit I_A einer Konstantstromquelle sein, um den entladenen Kondensator innerhalb einer Zeit von $0,5 \text{ s}$ auf 15 V aufzuladen?
- 48.) Welche Gleichungen beschreiben das Übergangsverhalten von Strom und Spannung, wenn R - C -Schaltungen zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ einem Gleichspannungs-Schaltvorgang (Ein- bzw. Ausschaltvorgang) unterliegen? Welche Werte ergeben sich für Zeiten $t = 3 \tau$ und $t = 5 \tau$? Zeigen Sie, dass aus der Tangente an die Kurve im Punkt t_0 die Zeitkonstante τ bestimmt werden kann. Wie kann τ messtechnisch ermittelt werden? Erläutern Sie die Rand- bzw. Anfangsbedingungen des Schaltvorganges.
- 49.) Der Speicher eines Taschenrechners, ersatzweise dargestellt durch einen Lastwiderstand $R_L = 2,2 \text{ M}\Omega$, soll zur Datensicherung während des Batteriewechsels ($U_B = 3 \text{ V}$) aus einem Stützkondensator C gespeist werden. Dimensionieren Sie C so, dass bei einer angenommenen Batteriewechselzeit $t_w = 30 \text{ s}$ die Versorgungsspannung des Datenspeichers nicht unter den Wert $U_{\min} = 1,7 \text{ V}$ sinkt.

- 50.) Eine Blinkgeberschaltung besteht aus $C = 2 \mu\text{F}$, $R = 5 \text{ M}\Omega$ und einer Glimmlampe mit der Zündspannung $U_z = 200 \text{ V}$ sowie der Löschspannung $U_L = 20 \text{ V}$. Erläutern Sie die Funktionsweise der Schaltung. Wie groß ist die Periodendauer T der entstehenden Kippschwingung bei einer Spannung $U = 250 \text{ V}$? Die Zeitkonstante der Entladung der Kapazität soll dabei zu Null angenommen werden!

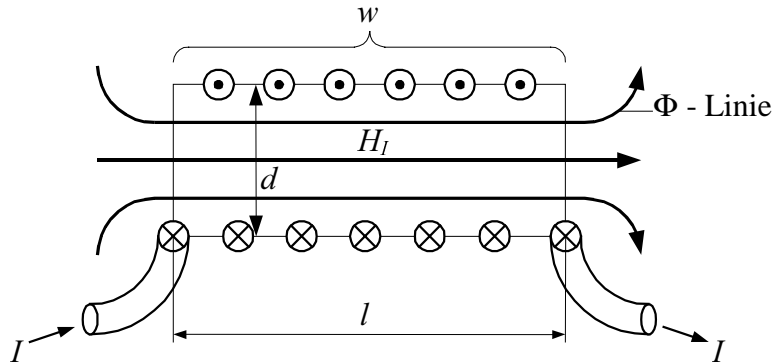


- 51.)

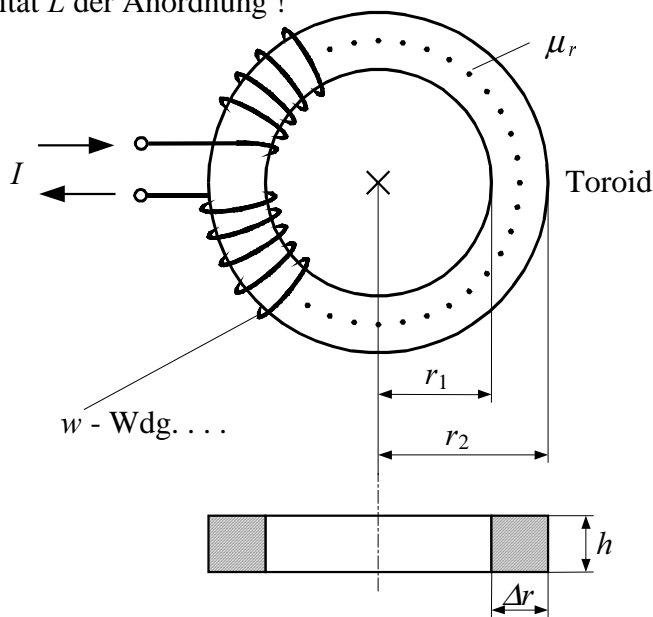


Geben Sie unter Nutzung des Durchflutungsgesetzes die magnetische Feldstärke H außerhalb eines dünnen vom Strom I durchflossenen Leiters als Funktion des Abstandes r an. (Nutzung eines kreisförmigen Umlaufwegs längs einer Feldlinie) Ermitteln Sie den magnetischen Fluss Φ , der durch eine in einer Ebene zum gegebenen Leiter liegende rechteckige Fläche der Breite b und der Länge a fließt. Die leiternächste Begrenzung der durchflossenen Fläche soll den Abstand r_1 zum Leiter haben.

- 52.) Bestimmen Sie die magnetische Feldstärke H_I im Innern einer Zylinderspule der Länge l mit w -Windungen Draht bei einem Strom I .
 (Voraussetzungen: homogenes Feld im Innern sowie vernachlässigbare Feldstärke im Außenraum)
 Geben Sie die Flussdichte B und den Fluss Φ bei einem Spulendurchmesser d an.



- 53.) Ein Toroid-förmiger magnetischer Kreis (kreisförmiger Ring mit rechteckigem Querschnitt der Höhe h und der Dicke $\Delta r = r_2 - r_1$, wobei Radien r auf den Mittelpunkt bezogen, Permeabilität μ_r) ist mit w -Windungen Draht umwickelt, die vom Strom I durchflossen werden. Bestimmen Sie den magnetischen Fluss Φ im magnetischen Kreis und die Induktivität L der Anordnung !



- 54.) Berechnen Sie die Induktivität einer Drosselspule (mit Eisenkern)
 a) ohne Luftspalt
 b) mit Luftspalt $l_L = 1 \text{ mm}$

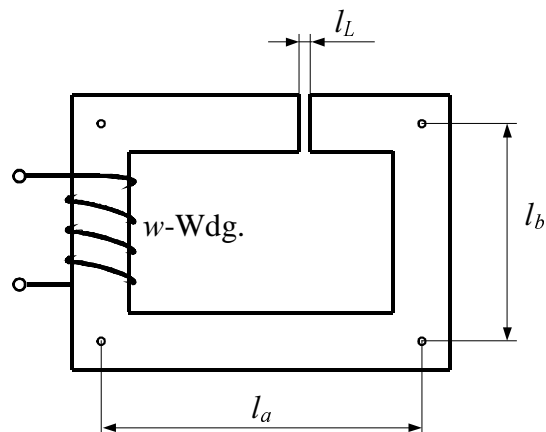
Gegeben sind:

$$A_{Fe} = 12 \text{ mm}^2 \quad \mu_{Fe} = 1200$$

$$w = 4000$$

$$l_a = 150 \text{ mm} \quad l_b = 100 \text{ mm}$$

$$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$$



55.) Eine Zylinderspule der Länge $l = 23 \text{ cm}$ mit einem mittleren Durchmesser $d = 2,5 \text{ cm}$ trägt $w = 210$ Windungen und wird von einem Strom $I = 1,8 \text{ A}$ durchflossen.

a) Wie groß sind die magn. Feldstärke H , die Flussdichte B und der magn. Fluß Φ ?

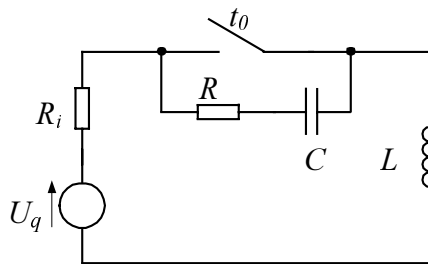
Berechnen Sie die Induktivität L der Spule!

b) Welche Windungszahl wäre bei folg. Daten erforderlich:

$$L = 54 \text{ mH}, \quad \mu_r = 26, \quad l = 7,5 \text{ cm}, \quad d = 1,4 \text{ cm?}$$

56.) Welchen Verlauf hat die Induktionsspannung in einer als Magnetflusssonde genutzten Leiterschleife, wenn der durchsetzende magnetische Fluss durch eine Sinusfunktion der Amplitude 7 mVs und der Periodendauer 20 ms gegeben ist?

57.)



Durch einen mechanischen Schalter wird der durch eine Induktivität $L = 1,256 \text{ mH}$ fließende (eingepägte) Strom $I = 2 \text{ A}$ abgeschaltet. Der beim Abschalten (Öffnen des Stromkreises zum Zeitpunkt t_0) entstehende Öffnungsfunke soll mit einem Kondensator C der Spannungsfestigkeit 250 V gelöscht werden. Wie muss dessen Kapazität bemessen werden, wenn die Lösung des Problems über die Betrachtung der in Induktivität und Kapazität speicherbaren Energie erfolgt?

58.) Ein Draht wird mit einer Geschwindigkeit $v = 10 \text{ cm/s}$ durch ein homogenes Magnetfeld mit der Flussdichte $B = 150 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/cm}^2$ bewegt. Die wirksame Breite des Feldes beträgt 40 cm . Bestimmen Sie die maximal erreichbare Induktionsspannung. Wie muss hierzu der Draht im Feld orientiert werden?

59.) Welche Gleichungen beschreiben das Übergangsverhalten von Strom und Spannung, wenn R - L -Schaltungen zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ einem Gleichspannungs-Schaltvorgang (Ein- bzw. Ausschaltvorgang) unterliegen?

Welche Werte ergeben sich für Zeiten $t = 3\tau$ und $t = 5\tau$?

Zeigen Sie, dass aus der Tangente an die Kurve im Punkt t_0 die Zeitkonstante τ bestimmt werden kann. Wie kann τ messtechnisch ermittelt werden?

Erläutern Sie die Rand- bzw. Anfangsbedingungen des Schaltvorganges.

Bemerkung:

Die folgenden Aufgaben sollen in Kenntnis des Schaltverhaltens an R - C - und R - L -Schaltungen durch Bestimmung der Zeitkonstante τ sowie des Anfangswertes, des stationären Endwertes und evtl. von Extremwerten der Spannung (des Stromes) gelöst werden.

Entscheiden Sie, ob die Schaltungen integrierendes- oder differenzierendes Verhalten aufweisen und nutzen Sie die entsprechenden Funktionsansätze! Zur Bestimmung der Zeitkonstante ist die Betrachtungsweise der Zweipoltheorie zweckmäßig.

- 60.) Wie groß muss der Widerstand R eines R - C -Differenziergliedes vor dem Eingang eines CMOS-Gatters dimensioniert werden, wenn mit $C = 470 \text{ pF}$ ein vom Gattereingang als H-Potential zu bewertender Impuls ($U_H \geq 0,6 U_{DD}$) der Länge $t_p = 50 \text{ ns}$ aus einer Rechtecksignalflanke der Amplitude U_{DD} entstehen soll.

(Gattereingangswiderstand $\rightarrow \infty$)

- 61.) Ein Kondensator $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ wird über einen Strom in Form einer sin-Halbwellen der Amplitude 1 mA innerhalb $T/2 = 10 \text{ ms}$ aufgeladen.

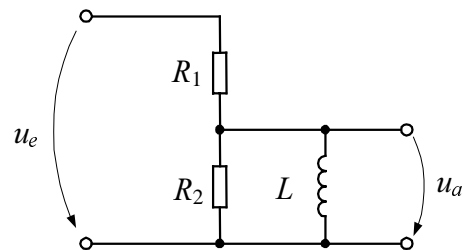
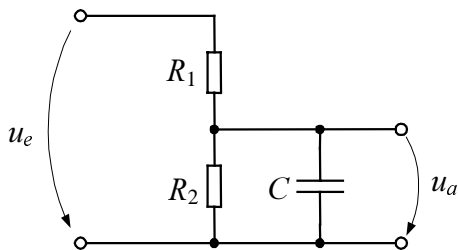
Geben Sie die Ladeendspannung an.

Wie groß wäre ein Gleichstrom innerhalb $T/2$ für das selbe Ergebnis?

(Anfangsladespannung jeweils $u_c = 0$)

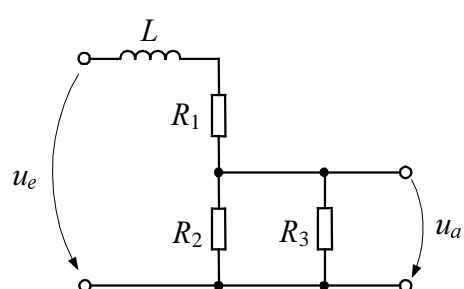
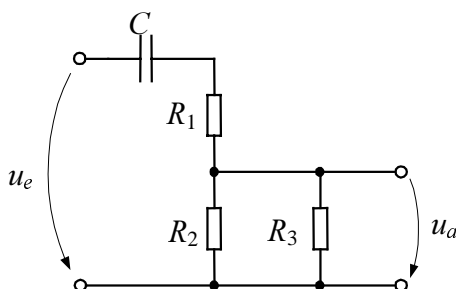
- 62.) An den Eingangsklemmen der gegebenen Schaltungen soll ein ∞ -steiler Spannungssprung u_e (z.B. von 0 V auf $+5 \text{ V}$) wirken, der Innenwiderstand der Spannungsquelle sei $R_i = 0$.

Geben Sie $u_a(t)$ an.

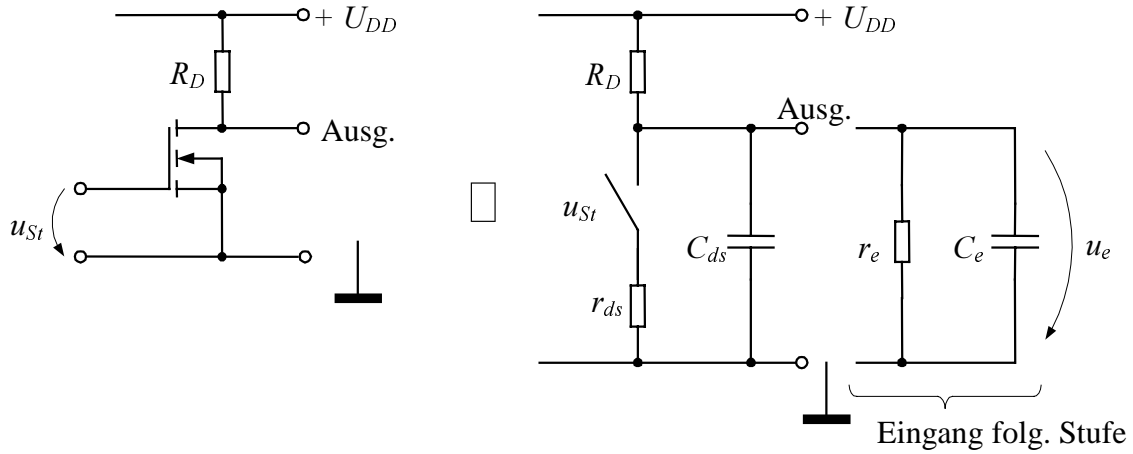


- 63.) Für die gegebenen Schaltungen soll die Betrachtung für $u_a(t)$ sowohl für einen positiven, als auch für einen negativen Spannungssprung u_e (z.B. von 0 V auf $+5 \text{ V}$, bzw. umgekehrt) erfolgen!

Geben Sie jeweils $u_a(t)$ an.



- 64.) Eine MOSFET-Schaltstufe mit Drainwiderstand R_D und Eingang-Ersatzschaltbild der nachfolgend angeschalteten Stufe kann folgendermaßen dargestellt werden:

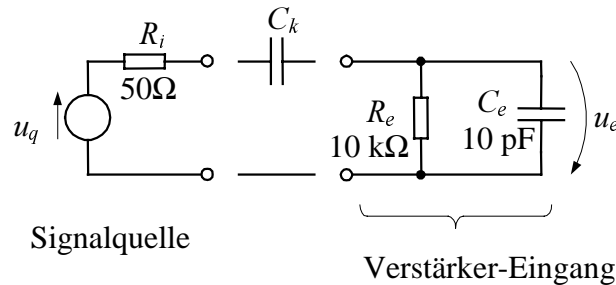


Der MOSFET wird durch eine Ausgangskapazität C_{ds} und im eingeschalteten Zustand durch einen Kanalwiderstand r_{ds} beschrieben.

Bestimmen Sie $u_e(t)$ für den Ein- und Ausschaltvorgang, die Anstiegszeiten $t_{a\text{ ein}}$ und $t_{a\text{ aus}}$, sowie die Grenzfrequenz der Schaltstufe für eine sinusförmige Spannung u_e .

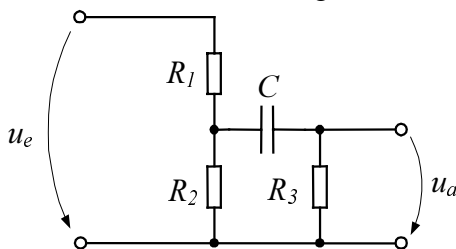
Der Innenwiderstand der Versorgungsspannungsquelle U_{DD} sei vernachlässigbar klein.

- 65.) Eine Signalquelle wird kapazitiv an einen Verstärkereingang angekoppelt. Bestimmen Sie für sin-förmige $u_q(t)$ für eine zu realisierende untere Grenzfrequenz $f_{\text{grn}} = 1 \text{ kHz}$ den Koppelkondensator C_k . Wie groß ist die obere Grenzfrequenz für $|u_e/u_q|$?

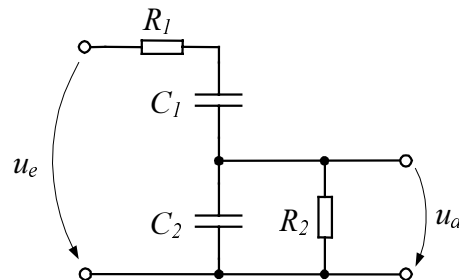


- 66.) Geben Sie die obere- bzw. untere Grenzfrequenz für $|u_a/u_e|$ der Schaltungen in Aufg. 62.) und Aufg. 63.) bei sin-förmiger Eingangsspannung an.

- 67.) Geben Sie die Ausgangsspannung folgender Schaltungen für einen Schaltsprung der Eingangsspannung zum Zeitpunkt t_0 für u_e von 0 V auf +5 V im Zeitpunkt des Einschaltens und nach ∞ -langer Zeit an:

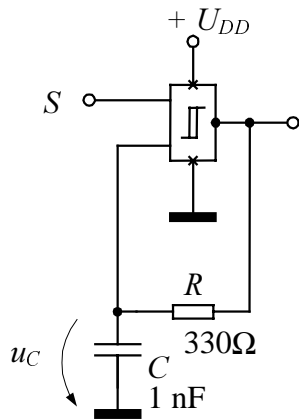


auch Ersetzen von C durch L untersuchen!



$R_2 \gg R_1$ und $C_1 \approx C_2$
geben Sie hier näherungsweise den Maximalwert von u_a an!

68.)



Gegeben sei ein Rechteckgenerator mit Schmitt-Trigger-Gatter in CMOS-Technologie.

Beschreiben Sie die Funktion der Schaltung. Berechnen Sie die Schwingfrequenz des Generators.

Hinweis: Es sollen keine Restspannungen in den H / T - Schaltzuständen auftreten. Die Ausgangs- und Eingangswiderstände des Gatters sind zu vernachlässigen.

Betriebsspannung $U_{DD} = 5 \text{ V}$

Triggerumschaltpunkte liegen bei $2/3 U_{DD}$ für ansteigende Spannung und bei $1/3 U_{DD}$ für abfallende Spannung.

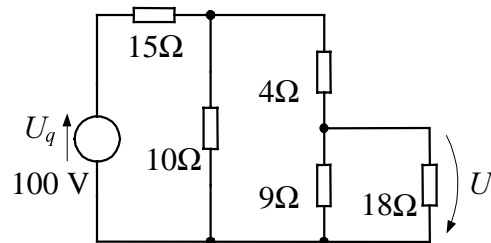
69.) Ein Speicherkondensator $C = 0,04 \text{ pF}$ eines DRAM soll innerhalb einer Schalter-schließzeit $t_s = 10 \text{ ns}$ nahezu vollständig umgeladen werden, die Versorgungsspannung des CMOS-Schaltkreises ist $3,3 \text{ V}$. Wie niederohmig muss hierzu der Transistorschalter mindestens sein?

Welcher Gleichstrom erzeugt vergleichsweise eine vollständige Umladung innerhalb der Schalterschließzeit $t_s = 10 \text{ ns}$?

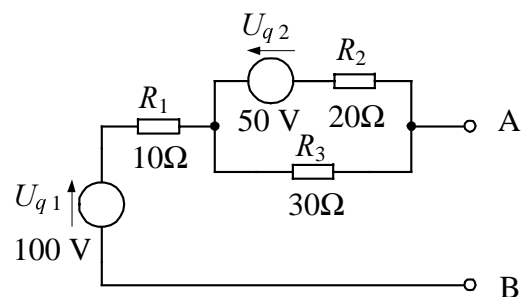
Nach welcher Zeit muss der Refresh (Nachladung) des Speicherkondensators erfolgen, wenn infolge Leckstrom des offenen Schalters ($r_{\text{off}} = 2 \text{ G}\Omega$) ein Rückgang der Ladespannung auf max. 80% der Anfangsladespannung zulässig ist?

70.) Gegeben sei das dargestellte Netzwerk.

Berechnen Sie den Spannungsabfall über dem 18Ω - Widerstand mittels Spannungsteilerregel.

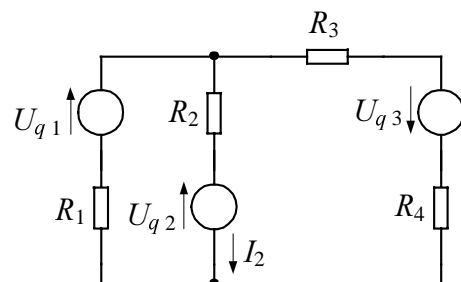


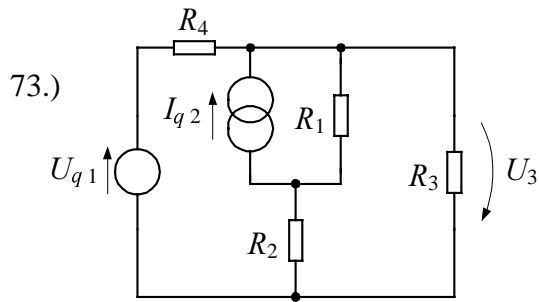
71.) Welche Leistung kann dem aktiven Zweipol zwischen den Klemmen A – B maximal entnommen werden?



72.) Im Netzwerk ist der Strom I_2 durch Anwendung des Überlagerungssatzes sowie der Stromteilerregel in Verbindung mit dem Ohmschen Gesetz zu berechnen.

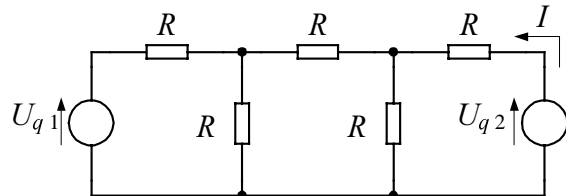
Alle Netzwerkelemente sind gegeben.



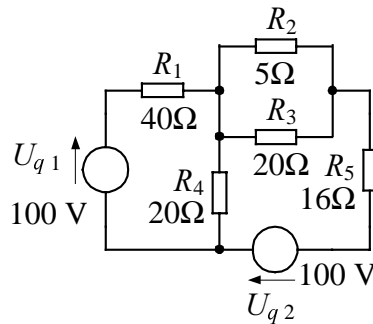


Im Netzwerk ist die Spannung U_3 mit Hilfe des Überlagerungssatzes in Verbindung mit der Strom- und Spannungsteilerregel zu ermitteln.

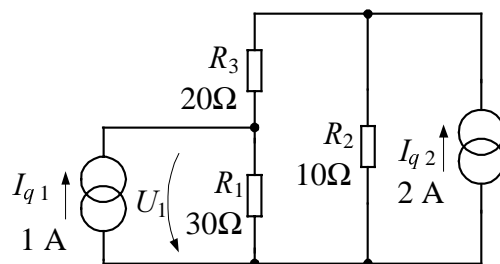
- 74.) Mit Hilfe des Überlagerungssatzes und durch Anwendung
- der Spannungsteilerregel
 - der Stromteilerregel
- ist der eingetragene Strom I zu bestimmen.



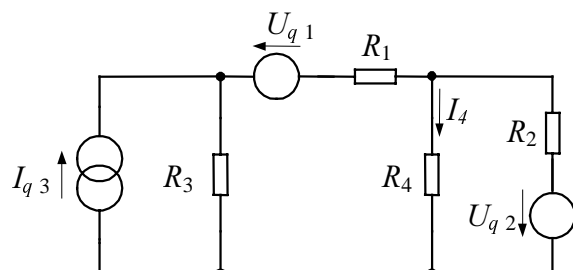
- 75.) Für das dargestellte Netzwerk ist der Strom I_4 zu berechnen.



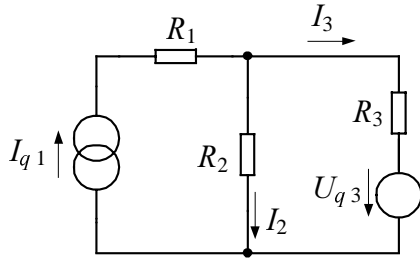
- 76.) Mittels Überlagerungssatz ist die Spannung U_1 zu berechnen.



- 77.) Im dargestellten Netzwerk ist der Zweigstrom I_4 durch Anwendung des Überlagerungssatzes zu bestimmen.



78.)

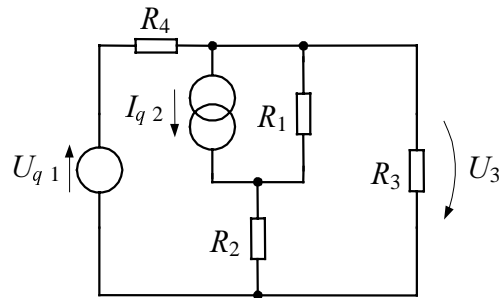


Gegeben sind die folgenden Parameter des dargestellten Netzwerks:

$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \, \Omega & I_{q1} &= 5 \, \text{A} \\ R_2 &= 4 \, \Omega & U_{q3} &= 20 \, \text{V} \\ R_3 &= 6 \, \Omega \end{aligned}$$

Man berechne die Zweigströme I_2 und I_3 . Weiterhin ist der Nachweis zu führen, dass die von den Quellen zusammen aufgebraachte Leistung gleich der ist, der in den Widerständen insgesamt umgesetzten Leistung.

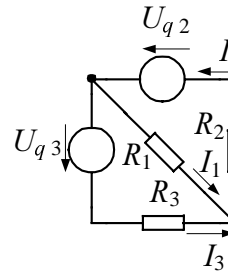
79.) Im dargestellten Netzwerk ist mittels Maschenstromanalyse die Spannung U_3 zu bestimmen. Zum Vergleich ist U_3 mit Hilfe des Superpositionsprinzips in Verbindung mit der Spannungsteilerregel zu ermitteln.



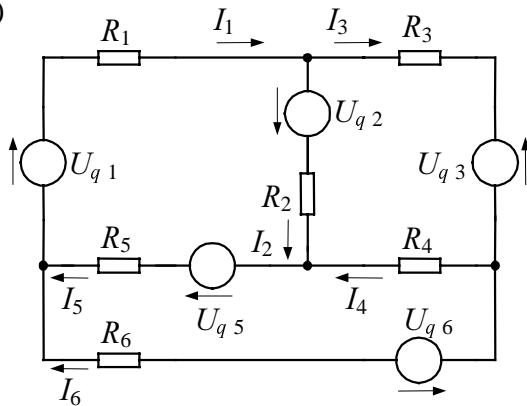
80.) Gegeben sind die folgenden Parameter des Netzwerks:

$$\begin{aligned} R_1 &= 10 \, \Omega & U_{q2} &= 2 \, \text{V} \\ R_2 &= 25 \, \Omega & U_{q3} &= 4 \, \text{V} \\ R_3 &= 100 \, \Omega. \end{aligned}$$

Man berechne die Ströme I_1 , I_2 und I_3 durch Zweigstromanalyse!

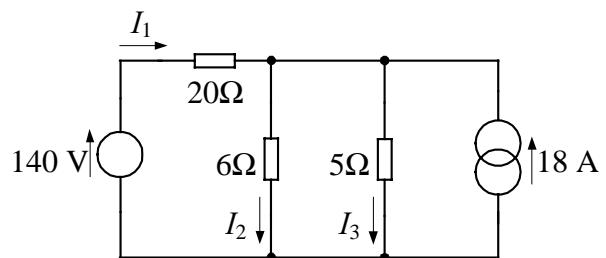


81.)

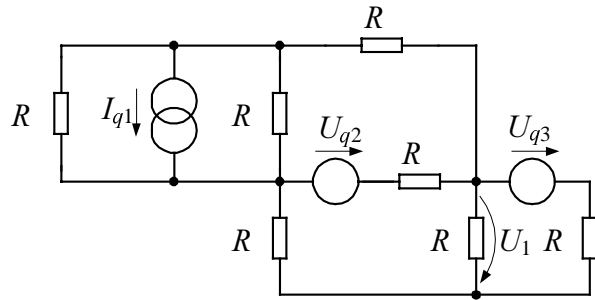


Gegeben ist das dargestellte Netzwerk. Es ist ein vollständiges Gleichungssystem für die Berechnung der eingetragenen Zweigströme mit Hilfe der Kirchhoffschen Sätze aufzustellen!

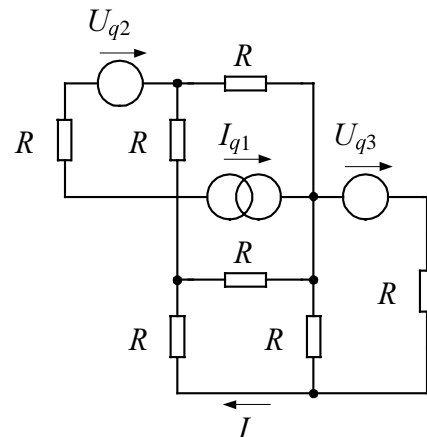
82.) Mit Hilfe der Kirchhoffschen Sätze sind die Ströme I_1 , I_2 und I_3 zu berechnen.



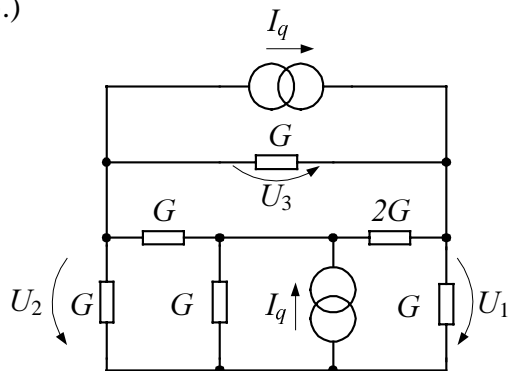
- 83.) Man berechne für das dargestellte Netzwerk die Spannung U_1 durch Knotenspannungsanalyse!
 ($R = 10 \Omega$, $I_{q1} = 5 \text{ A}$,
 $U_{q1} = U_{q2} = 50 \text{ V}$)



- 84.) Gegeben sind die folg. Parameter des dargestellten Netzwerkes:
 $I_{q1} = 6 \text{ A}$, $U_{q2} = U_{q3} = 84 \text{ V}$,
 $R = 14 \Omega$
 Man berechne den eingetragenen Zweigstrom mit Hilfe der Knotenspannungsanalyse !

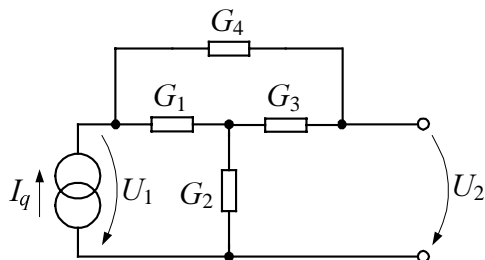


- 85.)



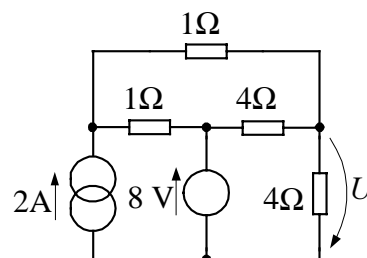
Man berechne für das angegebene Netzwerk die eingetragenen Spannungen U_1 , U_2 und U_3 durch Knotenspannungsanalyse !

- 86.)

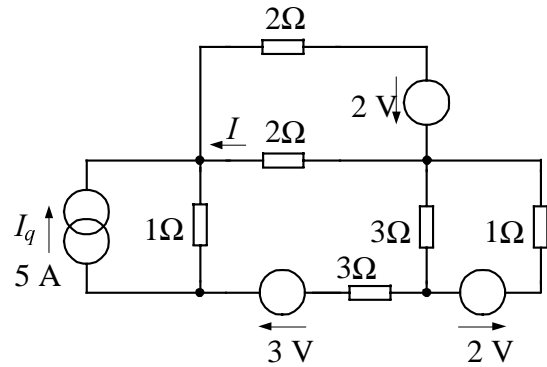


Gegeben sind im dargestellten Netzwerk der Quellstrom $I_q = 1 \text{ A}$ sowie die Leitwerte $G_1 = 1 \text{ S}$, $G_2 = 2 \text{ S}$, $G_3 = 3 \text{ S}$, $G_4 = 4 \text{ S}$
 Man berechne die Spannungen U_1 und U_2 !

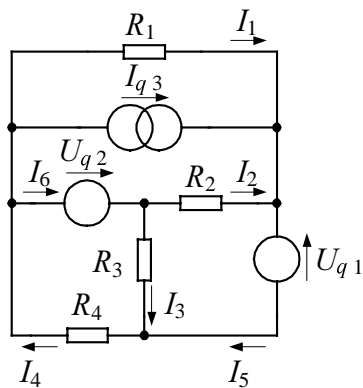
- 87.) Es ist im angegebenen Netzwerk die Spannung U mittels Knotenspannungsanalyse zu berechnen!



- 88.) Im gegebenen Netzwerk ist mittels Maschenstromanalyse der eingetragene Strom I zu berechnen!



- 89.)



Für das dargestellte Netzwerk (eingetragene Zweigströme I_1 bis I_6 unbekannt) sind gesucht:

- ein vollständiges Gleichungssystem nach Kirchhoff
- Berechnung der unbekannteten Zweigströme mit Hilfe der Maschenstromanalyse mit folgenden Zahlenwerten:
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R = 1 \Omega$
 $U_{q1} = U_{q2} = U_q = 1 \text{ V}$
 $I_{q3} = I_q = 1 \text{ A}$

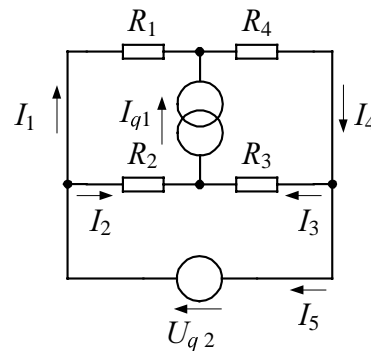
- 90.) Berechnen Sie durch Maschenstromanalyse die in das Netzwerk eingetragenen unbekannteten Zweigströme $I_1 \dots I_5$!
Gegeben sind die folgende Parameter:

$$I_{q1} = 1 \text{ A},$$

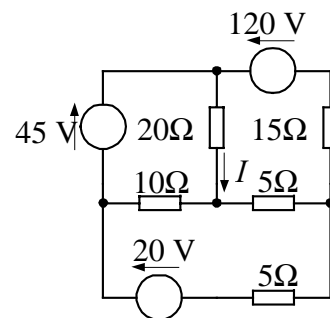
$$U_{q2} = 5 \text{ V}$$

$$R_1 = R_3 = 2 \Omega,$$

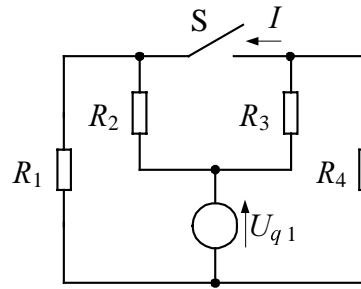
$$R_2 = R_4 = 3 \Omega$$



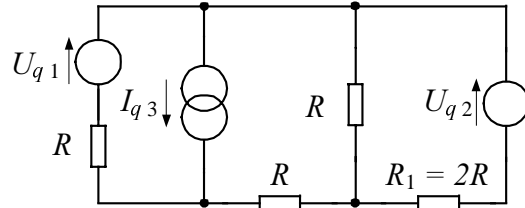
- 91.) Es ist der eingetragene Zweigstrom durch den 20Ω - Widerstand durch Anwendung des Satzes von Helmholtz (Ersatz-Zweipolquelle) zu berechnen.



- 92.) Man berechne den nach Schließen des Schalters S fließenden Strom I
- mit Hilfe der Zweigstromanalyse nach Kirchhoff
 - mittels Ersatzzweipolverfahren!



- 93.) Es ist der Zweigstrom I_{R1} nach verschiedenen Verfahren zu berechnen:
- Zweigstromanalyse
 - Knotenspannungsanalyse
 - Maschenstromanalyse
 - durch Anwendung eines Ersatzschaltbildes für einen den Widerstand R_1 speisenden aktiven Zweipol.



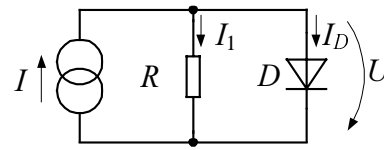
- 94.) Bei reinem Germanium und Silizium wurden bei Zimmertemperatur (300 K) folgende Ladungsträgerdichten und Beweglichkeiten ermittelt:

	n_i/cm^{-3}	$b_n/\text{cm}^2/\text{Vs}$	$b_p/\text{cm}^2/\text{Vs}$	Atome/ cm^{-3}
Ge	$2,4 \cdot 10^{13}$	3900	1900	$4,20 \cdot 10^{22}$
Si	$1,2 \cdot 10^{10}$	1500	450	$4,99 \cdot 10^{22}$

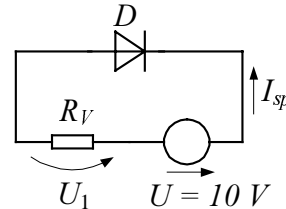
- Wie groß ist der spezifische Widerstand ?
 - Wie hoch ist der Anteil quasifreier Elektronen und Löcher pro Atom?
 - An einen Halbleiterschichtwiderstand der Länge 2 cm und der Fläche $100 \mu\text{m} \cdot 1 \text{mm}$ wird eine Spannung von 6 V angelegt. Wie groß ist die Stromdichte, die Driftgeschwindigkeiten der Löcher und der Elektronen?
- 95.) Berechnen Sie den Diffusionskoeffizienten der Löcher und der Elektronen bei 300 K. An einer Grenzschicht sei im Silizium ein Konzentrationsgefälle der Elektronen von $n_n = n_{n0} \cdot e^{-x/L_n}$ vorhanden. Wie groß ist die Diffusionsstromdichte bei $n_{n0} = 2,4 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$ und einer Diffusionslänge $L_n = 41 \mu\text{m}$?
- 96.) Berechnen Sie für Ge, Si und GaAs die Schwellspannung U_s (näherungsweise aus der Diffusionsspannung U_D).
Gegeben sei $N_A \cdot N_D = 10^{34} \text{cm}^{-6}$, $n_i(\text{GaAs}) = 2,3 \cdot 10^6 \text{cm}^{-3}$
- 97.) Berechnen Sie die Diodenkennlinie eines pn-Übergangs mit Hilfe der Kennliniengleichung von Shockley!
- Berechnen Sie die Temperaturspannung U_T (Faktor $n = 1$ für Ge, $n = 2$ für Si).
 - Berechnen Sie den Kennlinienverlauf $I = f(U)$ mit $I_s = 5 \mu\text{A}$ für die Spannungen $U/V = -0,1 ; -0,05 ; 0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4$ (grafische Darstellung)
 - Geben Sie den differentiellen Widerstand r_{diff} der Halbleiterdiode als $f(I)$ an!

98.) Bestimmen Sie in der folgenden Schaltung die Spannung U :

$$\begin{aligned} I &= 100 \text{ mA} \\ I_1 &= 30 \text{ mA} \\ U_T &= 25 \text{ mV} \\ I_s &= 10^{-13} \text{ A} \end{aligned}$$

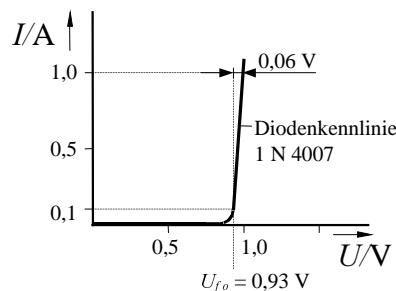
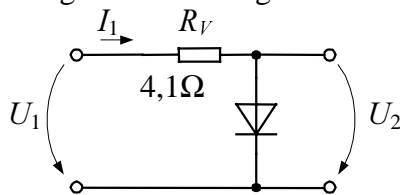


99.) Der gemessene Sperrstrom einer Diode im Bereich $-12 \text{ V} < U_R < -5 \text{ V}$ ist 50 nA . Bestimmen Sie U_1 für $R_V = 1 \text{ k}\Omega, 1 \text{ M}\Omega, 100 \text{ M}\Omega$ grafisch und rechnerisch!



100.) An einer Diode liegt die Spannung $u(t) = 0,75 \text{ V} \cdot \sin \omega t$. Berechnen Sie den Diodenstrom für die Zeitpunkte $t = 4 \text{ ms}, 5 \text{ ms}, 10 \text{ ms}, 15 \text{ ms}$!
 $I_s = 10^{-13} \text{ A}$ $U_T = 25 \text{ mV}$, Periodendauer $T = 20 \text{ ms}$
 (Skizze zum zeitlichen Verlauf von u und i)

101.) Es sei folgende Schaltung zur Stabilisierung kleiner Spannungen gegeben:



Die Eingangsspannung schwankt im Bereich von $2,5 \text{ V}$ bis $3,7 \text{ V}$. Die Ausgangsspannung soll stabilisiert werden, geben Sie ΔU_2 (näherungsweise) an! Lösen Sie die Aufgabe zunächst grafisch und anschließend rechnerisch.

102.) Mit Hilfe von Z-Dioden lassen sich für einen bestimmten Belastungsbereich Konstantspannungsquellen aufbauen.

In einer einfachen Stabilisierungsschaltung soll eine Z-Diode mit einer Referenzspannung $U_z = 9,4 \text{ V}$ und einer Verlustleistung $P_v = 250 \text{ mW}$ eingesetzt werden.

Die angeschlossene Schaltung verlangt eine Konstantspannung von $9,3 \text{ V} \pm 0,1 \text{ V}$ und weist Stromschwankungen im Bereich von $10 \text{ mA} \dots 30 \text{ mA}$ auf.

Für U_1 steht eine Rohspannungsquelle mit $U_q = 12 \text{ V}$ und $R_i = 60 \Omega$ zur Verfügung.

- Welche einfache Schaltung mit Z-Diode ist anwendbar ?
- Dimensionieren Sie die Elemente dieser Schaltung (Z-Diodenstrombereich, erforderlicher differentieller Z-Widerstand, Bestimmung des Vorwiderstands R_V)
- Welcher Arbeitspunktbereich der Z-Diode stellt sich unter den gegebenen Bedingungen ein (näherungsweise grafische Darstellung)?
- Überprüfen Sie den Ausgangsspannungsbereich der dimensionierten Schaltung sowie die Teilströme und Teilspannungen!

- 103.) a) Entwerfen Sie ein schematisches Kennlinienfeld für einen npn-Transistor mit $I_{CEO} = 1,5 \mu\text{A}$, $B_N = 75$ und einer $U_{CER} = 0,5 \text{ V}$ bei $I_C = 150 \text{ mA}$.
 b) wie ändert sich dieses Kennlinienfeld bei $B_N = 150$?
 c) welcher Basisstrom muss im Fall a) mindestens eingespeist werden, damit der Transistor bei $I_C = 0 \dots 50 \text{ mA}$ auf der Restspannungsgeraden arbeitet?

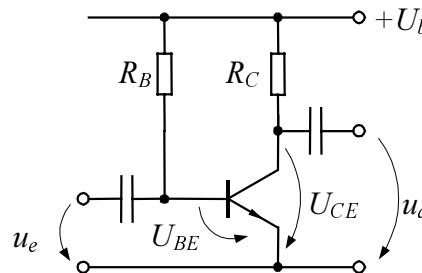
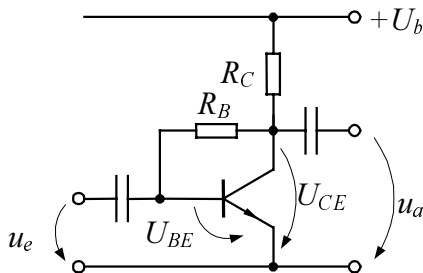
104.) An einem Transistor wurden gemessen:

$$I_{ES} = 10^{-8} \text{ A}, \quad I_{CS} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ A}, \quad A_N = 0,98, \quad A_I = 0,3$$

- a) Berechnen Sie den Strom, der bei sperrgepoltem C-B-Übergang und leerlaufendem Eingang fließt!
 b) Wie groß sind Basisstrom und Kollektorstrom bei $I_E = 1 \text{ mA}$?
 c) Wie groß sind die Änderungen ΔI_B und ΔI_C , wenn $\Delta I_E = 200 \mu\text{A}$ beträgt?
 (vgl. Aufg. b)

105.) Dimensionieren Sie in den folgenden Schaltungen den Basis- und Kollektorwiderstand mit folgenden Daten für den einzustellenden Arbeitspunkt:

$$B_N = 100 \quad U_b = 12 \text{ V} \quad U_{BE} = 0,6 \text{ V} \quad I_C = 5 \text{ mA} \quad U_{CE} = 1/3 U_b$$



106.) Wie verändert sich der Arbeitspunkt der vorigen zwei Schaltungen, wenn ein Transistor mit $B_N = 50$ eingesetzt wird?
 Berechnen Sie die Ströme und Spannungen.

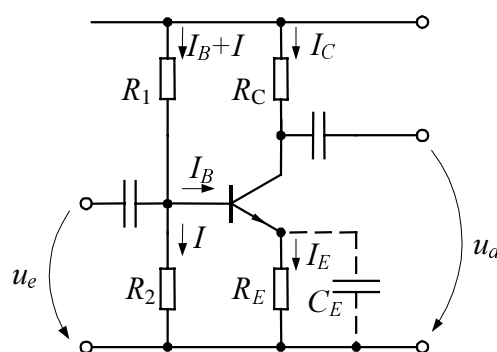
107.) Berechnen Sie in der folgenden Schaltung die Transistorströme I_B , I_C , I_E und den erforderlichen Strom durch R_2 sowie die Spannungen der Transistoranschlüsse gegen Massepotential.

$$R_1 = 68 \text{ k}\Omega \quad U_{BE} = 0,6 \text{ V}$$

$$R_2 = 47 \text{ k}\Omega \quad U_b = 12 \text{ V}$$

$$R_C = 2,2 \text{ k}\Omega \quad B_N = 100$$

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega$$



108.) Gegeben seien für die vorige Schaltung folgende Werte:

$$B_N = 100 \quad I_Q = 5 I_B \quad I_C = 5 \text{ mA}$$

$$U_b = 12 \text{ V} \quad U_{BE} = 0,6 \text{ V} \quad U_{RC} = 1/2 U_b \quad U_E = 1/5 U_b$$

- a) Berechnen Sie alle Widerstände sowie die Transistorströme I_B und I_E .
 b) Wie verändern sich die Ströme und Spannungen, wenn $B_N = 50$ eingesetzt wird?

109.) Gegeben ist folgende dimensionierte Schaltung.

Berechnen Sie I_C , I_B , I_E ,
die Elektrodenspannungen U_C , U_B , U_E
gegen Massepotential und
die Spannungen U_{CE} , U_{CB} .

