

Leseproben aus dem Buch

"Aufgaben mit Lösungen zur Elektrotechnik"

Franzis Verlag, 85586 Poing

ISBN 978-3-7723-4046-8

Autor des Buches: Leonhard Stiny

Autor dieser Leseprobe: Leonhard Stiny © 2005/08, alle Rechte vorbehalten.

Die Formatierung dieser Leseprobe weicht von der Formatierung des Buches ab.

Leseprobe 1

1.1 Widerstand und Leitfähigkeit

Aufgabe

- a) Was versteht man unter JOULEscher Wärme?
- b) Wie sind Widerstand und Leitfähigkeit miteinander verknüpft?

Lösung

- a) JOULEsche Wärme tritt bei allen stromdurchflossenen Leitern auf. Sie entsteht durch Zusammenstöße fließender Elektronen mit den Atomrümpfen. Die Elektronen geben dabei die ihnen von der Spannungsquelle zugeführte Energie an die Atomrümpfe ab, wodurch sich deren Wärmeschwingungen verstärken und sich das Leitermaterial erwärmt.
- b) Der Widerstand ist der Kehrwert der Leitfähigkeit.

1.7 Halbleiter

Aufgabe

Wie verhält sich der Widerstand eines Halbleiters und eines metallischen Leiters mit steigender Temperatur? Erläutern Sie jeweils dieses Verhalten.

Lösung

Der Widerstand eines Halbleiters nimmt mit steigender Temperatur stark *ab*, da sich die Anzahl freier Elektronen mit steigender Temperatur erhöht. Bei einem Metall nimmt der Widerstand mit steigender Temperatur *zu*, da die freien Elektronen öfter mit den stärker um ihre Ruhelage schwingenden Atomrümpfen zusammenstoßen und „gebremst“ werden.

Leseprobe 2

2.6 Elektrische Leistung

Aufgabe

Eine Glühlampe hat folgende Nenndaten: $U = 12 \text{ V}$, $P = 55 \text{ W}$.

- Wie groß ist die Stromaufnahme der Glühlampe?
- Wie hoch ist der Widerstand des Glühfadens für diesen Betriebspunkt?

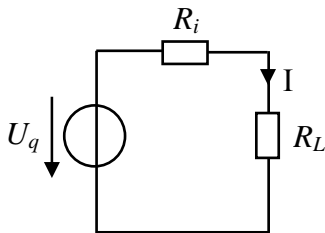
Lösung

a) Aus $P = U \cdot I$ folgt $I = \frac{P}{U} = \frac{55 \text{ W}}{12 \text{ V}} = \underline{\underline{4,58 \text{ A}}}$

b) Ohmsches Gesetz: $R = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ V}}{4,58 \text{ A}} = \underline{\underline{2,62 \Omega}}$

Aufgabe

Die Spannungsquelle mit der Leerlaufspannung U_q und dem Innenwiderstand R_i wird mit dem Lastwiderstand R_L belastet. Wie groß ist die vom Lastwiderstand aufgenommene Leistung P_L in Abhängigkeit von R_L ?



Lösung

Allgemein: $P = R \cdot I^2$; hier: $I = \frac{U_q}{R_i + R_L}$; $P_L = R_L \cdot \left(\frac{U_q}{R_i + R_L} \right)^2$

3.1 Der ohmsche Widerstand

Aufgabe

Ein Präzisionswiderstand darf seinen Wert um höchstens $\pm 0,01\%$ gegenüber seinem Wert bei 20°C ändern. In welchem Temperaturbereich kann der Widerstand verwendet werden? Der Temperaturkoeffizient bei 20°C beträgt $\alpha_{20} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Lösung

Die Widerstandsänderung in Ohm eines metallischen Leiters durch eine von 20°C abweichende Umgebungstemperatur ergibt sich nach $\Delta R = \alpha_{20} \cdot R_{20} \cdot \Delta \vartheta$. Die relative (prozentuale) Widerstandsabweichung ist $\frac{\Delta R}{R_{20}} = \alpha_{20} \cdot \Delta \vartheta$. Es ist $\pm 0,01\% = \pm 10^{-4}$.

$$\text{Es folgt: } \pm 10^{-4} = \alpha_{20} \cdot \Delta \vartheta; \quad \Delta \vartheta = \frac{\pm 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}} = \pm 2,5 \text{ K}$$

Als Abweichung von 20 °C ergibt sich damit ein Temperaturbereich zwischen 17,5 °C und 22,5 °C. 17,5 °C ≤ ϑ ≤ 22,5 °C

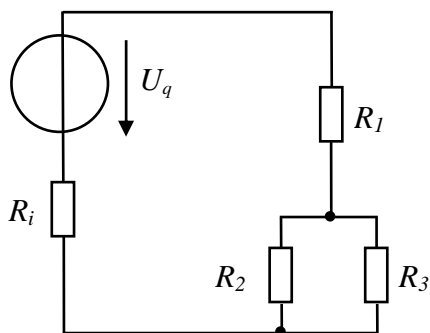
3.4 Aufteilung einer Spannung

Aufgabe

Berechnen Sie den Strom I_3 durch R_3 in der angegebenen Schaltung mit Hilfe

- der Spannungsteilerregel
- der Stromteilerregel.

Gegeben: $U_q = 12 \text{ V}$; $R_i = 1 \Omega$; $R_1 = 9 \Omega$; $R_2 = 8 \Omega$; $R_3 = 2 \Omega$



Lösung

$$\text{a) } U_3 = U_q \cdot \frac{\frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}}{\frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + R_i + R_1} = 12 \text{ V} \cdot \frac{2 \cdot 8}{1,6 + 10} = 1,66 \text{ V}$$

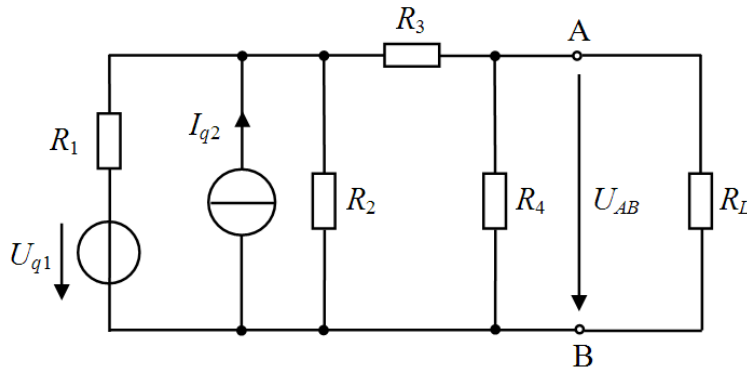
$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{1,66 \text{ V}}{2 \Omega} = \underline{\underline{0,83 \text{ A}}}$$

$$\text{b) } I_3 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = \frac{U_q}{R_i + R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = \frac{12 \text{ V}}{11,6 \Omega} \cdot \frac{8}{10} = \underline{\underline{0,83 \text{ A}}}$$

Leseprobe 3

4.2 Ersatzspannungsquelle

Aufgabe



Gegeben: $U_{q1} = 10 \text{ V}$, $I_{q2} = 2 \text{ A}$, $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 0,5 \Omega$, $R_3 = 3 \Omega$, $R_4 = 6 \Omega$, $R_L = 4 \Omega$

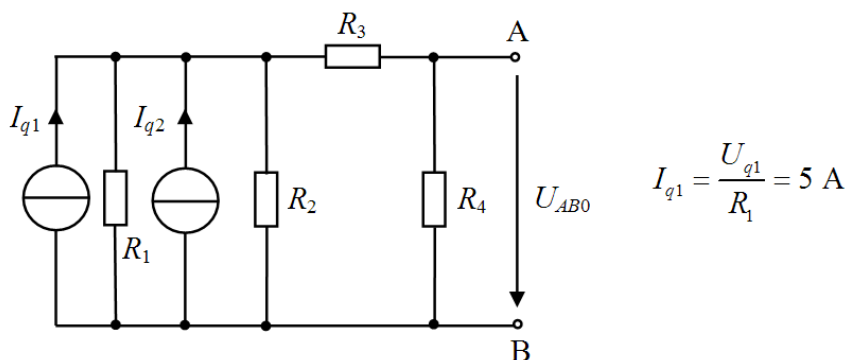
- Das Netzwerk links von den Klemmen A und B soll als Ersatzspannungsquelle dargestellt werden.
- Welche Leistung wird im Lastwiderstand R_L umgesetzt?
- Wie müsste R_L gewählt werden, damit die in ihm umgesetzte Leistung maximal wird? Wie groß ist die Leistung in diesem Fall?

Lösung

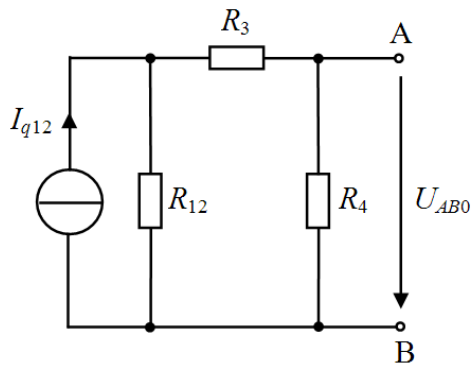
- Der Innenwiderstand R_i der Ersatzspannungsquelle mit den Klemmen A und B wird bestimmt, indem zunächst alle Spannungsquellen im Netzwerk kurzgeschlossen und alle Stromquellen aufgetrennt werden. Anschließend schaut man von den Klemmen A und B in das Netzwerk hinein und ermittelt den Widerstand, den man von dort aus sieht.

$$R_i = R_4 \parallel (R_1 \parallel R_2 + R_3); R_i = R_4 \parallel \frac{R_1 R_2 + (R_1 + R_2) R_3}{R_1 + R_2}; R_i = 6 \Omega \parallel 3,4 \Omega; \underline{\underline{R_i = 2,17 \Omega}}$$

Nun soll die Leerlaufspannung U_{AB0} bestimmt werden. Hierzu wird die Spannungsquelle U_{q1} in eine Stromquelle umgewandelt, R_L entfällt (Leerlauf). Man erhält folgendes Netzwerk.



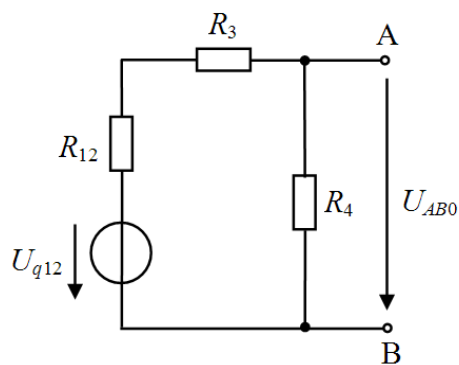
Die beiden parallel liegenden Stromquellen werden zusammengefasst.



$$I_{q12} = I_{q1} + I_{q2} = 7 \text{ A}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 0,4 \text{ } \Omega$$

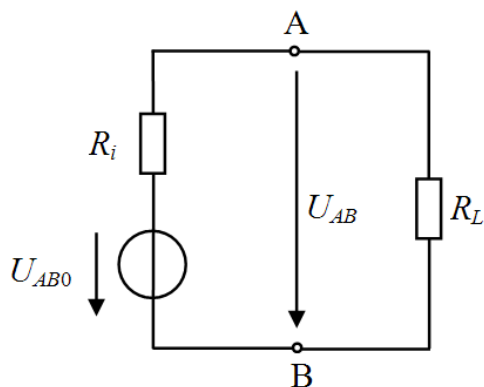
Das Ergebnis wird wieder in eine Spannungsquelle umgewandelt.



$$U_{q12} = I_{q12} \cdot R_{12} = 2,8 \text{ V}$$

$$U_{AB0} \text{ ist nach der Spannungsteilerregel } U_{AB0} = U_{q12} \frac{R_4}{R_{12} + R_3 + R_4} \cdot \underline{\underline{U_{AB0} = 1,79 \text{ V}}}$$

Es folgt die Darstellung des ursprünglichen Netzwerkes mit der Ersatzspannungsquelle.



b) Am Lastwiderstand fällt folgende Spannung ab:

$$U_{AB} = U_{AB0} \frac{R_L}{R_i + R_L} = 1,79 \text{ V} \frac{4 \text{ } \Omega}{6,17 \text{ } \Omega} = 1,16 \text{ V}$$

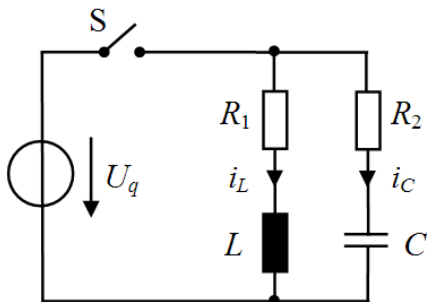
$$\text{An } R_L \text{ entsteht die Leistung: } P_L = \frac{U_{AB}^2}{R_L} = \underline{\underline{0,34 \text{ W}}}$$

- c) R_L müsste gleich dem Innenwiderstand R_i gewählt werden, damit Leistungsanpassung vorliegt. Die Klemmenspannung U_{AB} ist in diesem Fall die Hälfte von U_{AB0} . Die an R_L verbrauchte

$$\text{Leistung ist dann } P_L^{\max} = \frac{\left(\frac{1,79 \text{ V}}{2}\right)^2}{2,17 \Omega} = \underline{\underline{0,37 \text{ W}}}$$

7.2 Schaltvorgang bei der Spule

Aufgabe



U_q ist eine Gleichspannungsquelle. Der Schalter S ist lange Zeit offen und wird zum Zeitpunkt $t = 0$ geschlossen.

Wie groß sind die Werte von $i_L(t = 0+)$ und $i_C(t = 0+)$ unmittelbar nach dem Schließen des Schalters (Anfangswerte)?

Lösung

$t < 0$: Vor dem Schließen des Schalters S ist $i_L(t) = 0$ und $i_C(t) = 0$.

$t = 0+$: Der Spulenstrom $i_L(t)$ springt nicht, er steigt, beginnend mit dem Wert Null, nach einer e-Funktion mit der Zeitkonstante $\tau = \frac{L}{R_1}$ an. $\underline{\underline{i_L(t = 0+) = 0}}$

Die Kondensatorspannung springt nicht, sie steigt, beginnend mit dem Wert Null, nach einer e-Funktion mit der Zeitkonstante $\tau = R_2 C$ an (der Kondensator wird geladen). Der Kondensatorstrom $i_C(t)$ macht jedoch beim Schließen des Schalters einen Sprung, er wird bei $t = 0+$ nur

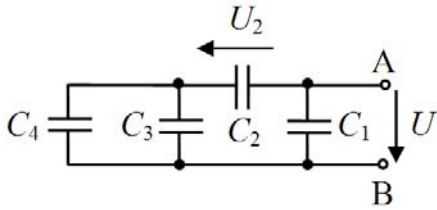
durch R_2 begrenzt. $\underline{\underline{i_C(t = 0+) = \frac{U_q}{R_2}}}$

8.2 Parallelschaltung von Kondensatoren

Aufgabe

- Gesucht ist die Gesamtkapazität C_{ges} zwischen den Klemmen A und B des abgebildeten Netzwerkes mit Kondensatoren.
- Bestimmen Sie das Verhältnis U_2/U mit Hilfe der kapazitiven Spannungsteilerregel.
- Vergleichen Sie allgemein die kapazitive Spannungsteilerregel mit der Spannungsteilerregel für ohmsche Widerstände.

Gegeben: $C_1 = 500 \text{ pF}$; $C_2 = 30 \text{ nF}$; $C_3 = 50 \text{ nF}$; $C_4 = 10 \text{ nF}$



Lösung

a) Der Kapazitätswert $C_3 \parallel C_4$ ist: $C_3 + C_4$

Der Kapazitätswert der Reihenschaltung von C_2 und $C_3 \parallel C_4$ ist $\frac{C_2 \cdot (C_3 + C_4)}{C_2 + C_3 + C_4}$

Zwischen den Klemmen A und B ist die Kapazität $C_{ges} = C_1 + \frac{C_2 \cdot (C_3 + C_4)}{C_2 + C_3 + C_4}$

$$C_{ges} = 0,5 \text{ nF} + \frac{30 \cdot 60}{90} \text{ nF} = \underline{\underline{20,5 \text{ nF}}}$$

b) Bei der Reihenschaltung von Kondensatoren ist die Teilspannung U_x am Teilkondensator C_x

$$U_x = U \cdot \frac{C_{ges}}{C_x} \text{ (kapazitive Spannungsteilerregel).}$$

$$\frac{U_2}{U} = \frac{\frac{C_2 \cdot (C_3 + C_4)}{C_2 + C_3 + C_4}}{C_2} = \frac{C_3 + C_4}{C_2 + C_3 + C_4} = \frac{60 \text{ nF}}{90 \text{ nF}}; \quad \underline{\underline{\frac{U_2}{U} = \frac{2}{3}}}}$$

c) Bei der Reihenschaltung von ohmschen Widerständen ist die Teilspannung U_x am Teilwider-

$$\text{stand } R_x: U_x = U \cdot \frac{R_x}{R_{ges}}$$

Beim ohmschen Spannungsteiler ist die Teilspannung U_x am Teilwiderstand R_x umso größer, je größer der Teilwiderstand R_x ist. Beim kapazitiven Spannungsteiler ist die Teilspannung U_x am Teilkondensator C_x umso größer, je kleiner die Teilkapazität C_x ist.

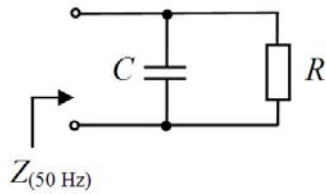
Leseprobe 4

11.6 Parallelschaltung aus Widerstand und Kondensator

Aufgabe

Berechnen Sie die Klemmenimpedanz Z bei 50 Hz nach Betrag und Winkel (mit Zahlenwerten).

Gegeben: $R = 100 \Omega$, $C = 47 \mu\text{F}$



Lösung

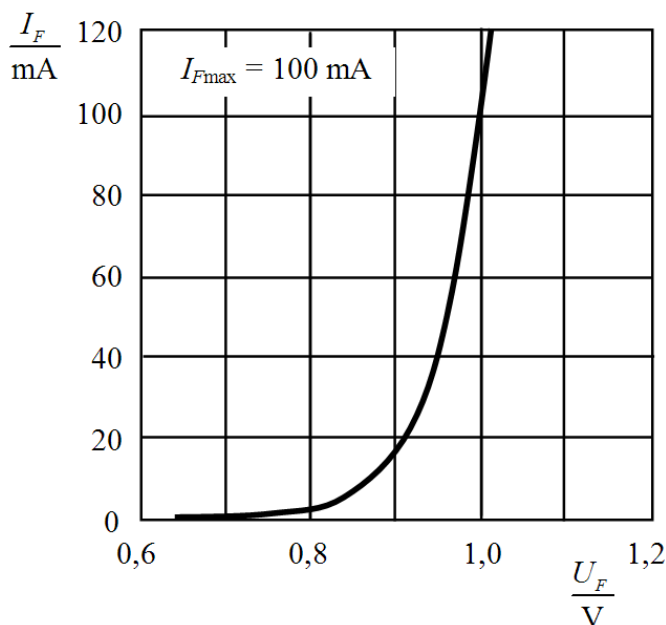
$$\underline{Z} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C} = \frac{R}{1 + j\omega RC}; \quad |\underline{Z}| = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2} \cdot e^{j \cdot \arctan \frac{\omega RC}{1}}} = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \cdot e^{-j \cdot \arctan \omega RC}$$

$$\underline{|\underline{Z}|} = \underline{Z_{(50 \text{ Hz})}} = \underline{56 \Omega \cdot e^{-j55,9^\circ}}$$

16.1 Diodenkennlinie

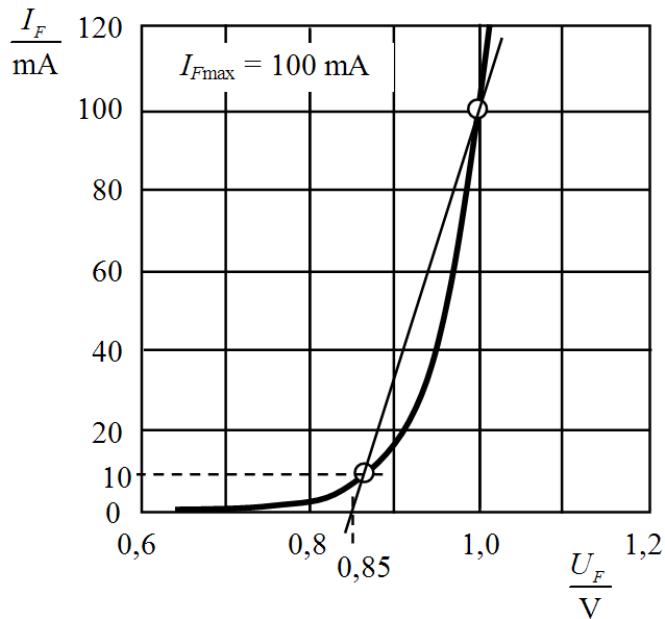
Aufgabe

- Bestimmen Sie aus der Diodenkennlinie grafisch die Schleusenspannung U_S und den durch eine Gerade angenäherten differentiellen Widerstand r_F .
- Handelt es sich um eine Silizium- oder um eine Germaniumdiode?
- Geben Sie mit den Größen U_S und r_F die stückweise lineare Kennlinie und die Ersatzschaltung der gegebenen Diode an.
- Wie kann der Durchlasswiderstand der Diode in Zusammenhang mit dem ermittelten differentiellen Widerstand r_F gesehen werden?
- Charakterisieren Sie allgemein (quantitativ) den differentiellen Widerstand im Durchlass-, Sperr- und Durchbruchbereich einer Diode.
- Der Wärmewiderstand der Diode beträgt $R_{thU} = 380 \text{ K/W}$. Wie hoch ist die Sperrschichttemperatur T_J bei einer Umgebungstemperatur $T_U = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ und einer Verlustleistung der Diode von $P_V = 100 \text{ mW}$?



Lösung

- a) Die Schleienspannung (auch Durchlass- oder Kniespannung genannt) wird häufig als derjenige Spannungswert an der Diode in Flussrichtung definiert, bei dem ca. ein Zehntel des maximal zulässigen Dioden-Durchlassstromes fließt. Die Ersatzkennlinie ist eine Widerstandsgerade, die durch die Schnittpunkte der Diodenkennlinie mit den Werten $I_{F\max}$ und $\frac{1}{10} I_{F\max}$ festgelegt ist. Hier ist $\frac{1}{10} I_{F\max} = 10 \text{ mA}$.



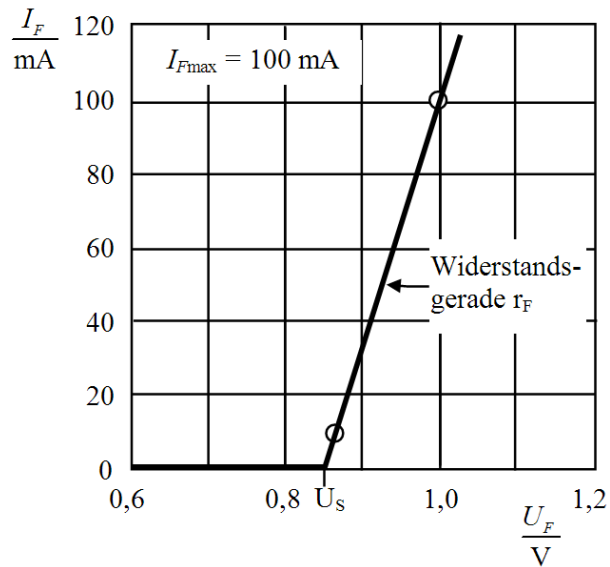
Die Schleienspannung kann auch aus dem Schnittpunkt der Ersatzgeraden mit der Abszisse abgelesen werden. Es ergibt sich $\underline{U_S = 0,85 \text{ V}}$.

Der differentielle (dynamische) Widerstand r_F entspricht in erster Näherung der Steigung der

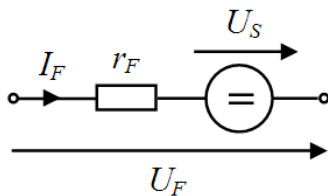
Ersatzgeraden.
$$r_F = \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F} = \frac{1 \text{ V} - 0,85 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = \underline{\underline{1,5 \Omega}}$$

- b) Da $U_S > 0,6 \text{ V}$ ist, handelt es sich um eine Siliziumdiode.

c)



Stückweise lineare Kennlinie der Diode



Ersatzschaltung der Diode mit differentiellem Widerstand und Schleusenspannung

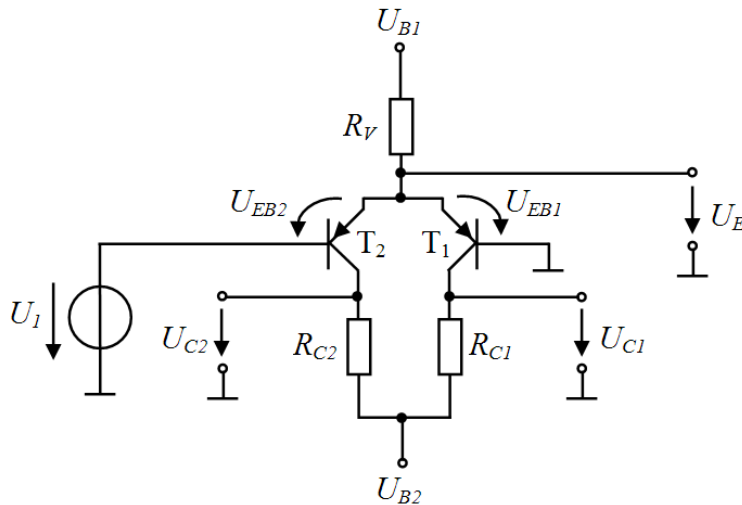
- d) Der Durchlasswiderstand entspricht dem hier im ganzen Durchlassbereich durch eine Gerade angenäherten differentiellen Widerstand.
- e) Der differentielle Widerstand ist durch die Krümmung der Diodenkennlinie von der Lage des Arbeitspunktes abhängig. Im Durchlassbereich ist der differentielle Widerstand klein, eine kleine Spannungsänderung hat eine große Stromänderung zur Folge. Im Sperrbereich ist der differentielle Widerstand sehr groß, bei Änderung der Sperrspannung ändert sich der Sperrstrom fast nicht. Im Durchbruchbereich ist der differentielle Widerstand sehr klein, eine kleine Spannungsänderung hat eine sehr große Stromänderung zur Folge.

$$f) T_J = R_{thJU} \cdot P_V + T_U = 380 \frac{\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,1 \text{ W} + 50 \text{ °C} = \underline{\underline{88 \text{ °C}}}$$

17.4 Differenzverstärker

Aufgabe

Es ist folgende Transistorschaltung gegeben:



Gegebene Werte: $U_{B1} = +5 \text{ V}$, $U_{B2} = -5 \text{ V}$, $U_1 = +0,5 \text{ V}$ Gleichspannung,

$$R_V = R_{C1} = R_{C2} = 1 \text{ k}\Omega, \beta_1 = \beta_2 = 100$$

- Um welche spezielle Transistorschaltung handelt es sich?
- Leiten oder sperren die Transistoren T_1 , T_2 ?
- Bestimmen Sie die Spannungen U_E , U_{C1} und U_{C2} .

Lösung

- Die Schaltung ist ein Differenzverstärker.
- Entsprechend dem Schaltzeichen handelt es sich um npn-Transistoren. Ein npn-Transistor leitet, wenn seine Basis negativ ist. Dementsprechend sperrt T_2 , da dessen Basis auf einem Potenzial von $+0,5 \text{ V}$ liegt. Nimmt man an, dass T_1 leitet, so ist U_{EB1} ca. $0,7 \text{ V}$. U_{EB2} ist dann ca. $0,2 \text{ V}$ (T_2 sperrt). Ergebnis: T_1 leitet, T_2 sperrt.
- $U_E = U_{EB1} = \underline{\underline{0,7 \text{ V}}}$

Durch R_V fließt der Strom $I_{RV} = \frac{U_{RV}}{R_V} = \frac{U_{B1} - U_{EB1}}{R_V} = \frac{5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 4,3 \text{ mA}$. Dieser Strom fließt

auch durch R_{C1} , an dem somit $U_{RC1} = I_{RV} \cdot R_{C1} = 4,3 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 4,3 \text{ V}$ abfallen.

$$\text{Für } U_{C1} \text{ ergibt sich: } U_{C1} = U_{RC1} + U_{B2} = 4,3 \text{ V} - 5 \text{ V} = \underline{\underline{-0,7 \text{ V}}}$$

Da T_2 sperrt, fließt durch R_{C2} kein Strom und es ist $U_{RC2} = 0 \text{ V}$ (kein Spannungsabfall an R_{C2}).

Somit ist $U_{C2} = U_{B2} = \underline{\underline{-5 \text{ V}}}$.

**Ende der Leseprobe des Buches
"Aufgaben mit Lösungen zur Elektrotechnik"**