

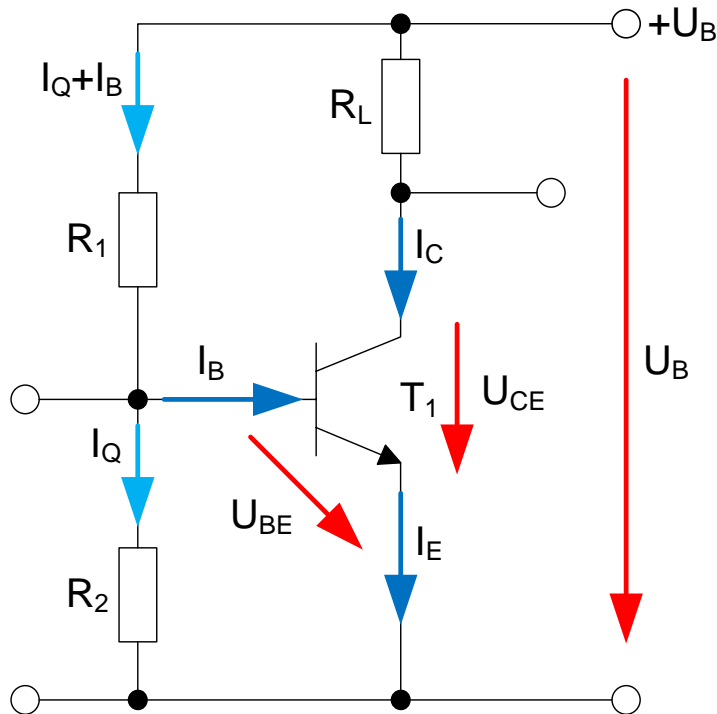
# Übung und Seminar zur Vorlesung „Grundlagen der Technischen Informatik 1“

## 5. Aufgabenkomplex

## 1. Aufgabe

## 1. Aufgabe

## Berechnung einer Transistorschaltung



Werte:

$$U_B = 10\text{V}$$

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

$$I_{CA} = 37,5\text{mA}$$

$$U_{BEA} = 0,7\text{V}$$

$$I_Q = 5 I_{BA}$$

## 1. Aufgabe

# 1. Aufgabe

## Berechnung einer Transistorschaltung

- 1.1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes ( $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$ ) und der Betriebsspannung  $U_B$  die Widerstandsgerade für  $R_L$  im Kennlinienfeld
- 1.2. Berechnen Sie die Spannung  $U_{70mA}$
- 1.3. Berechnen Sie mithilfe der Werte  $U_B$ ,  $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$  den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.4. Berechnen Sie Wert des Widerstandes  $R_L$  aus der Betriebsspannung  $U_B$  und den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.5. Berechnen Sie den Strom  $I_{RL}$  durch den Widerstand  $R_L$
- 1.6. Berechnen Sie die Spannung  $U_{RL}$  über den Widerstand  $R_L$
- 1.7. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom  $I_{BA}$  für den Arbeitspunkt
- 1.8. Berechnen Sie die Stromverstärkung  $B_A$  für den Arbeitspunkt ( $I_{BA}$  und  $I_{CA}$ )
- 1.9. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$
- 1.10. Berechnen Sie den Strom  $I_{R1}$  durch den Widerstand  $R_1$
- 1.11. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R1}$  über den Widerstand  $R_1$
- 1.12. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$

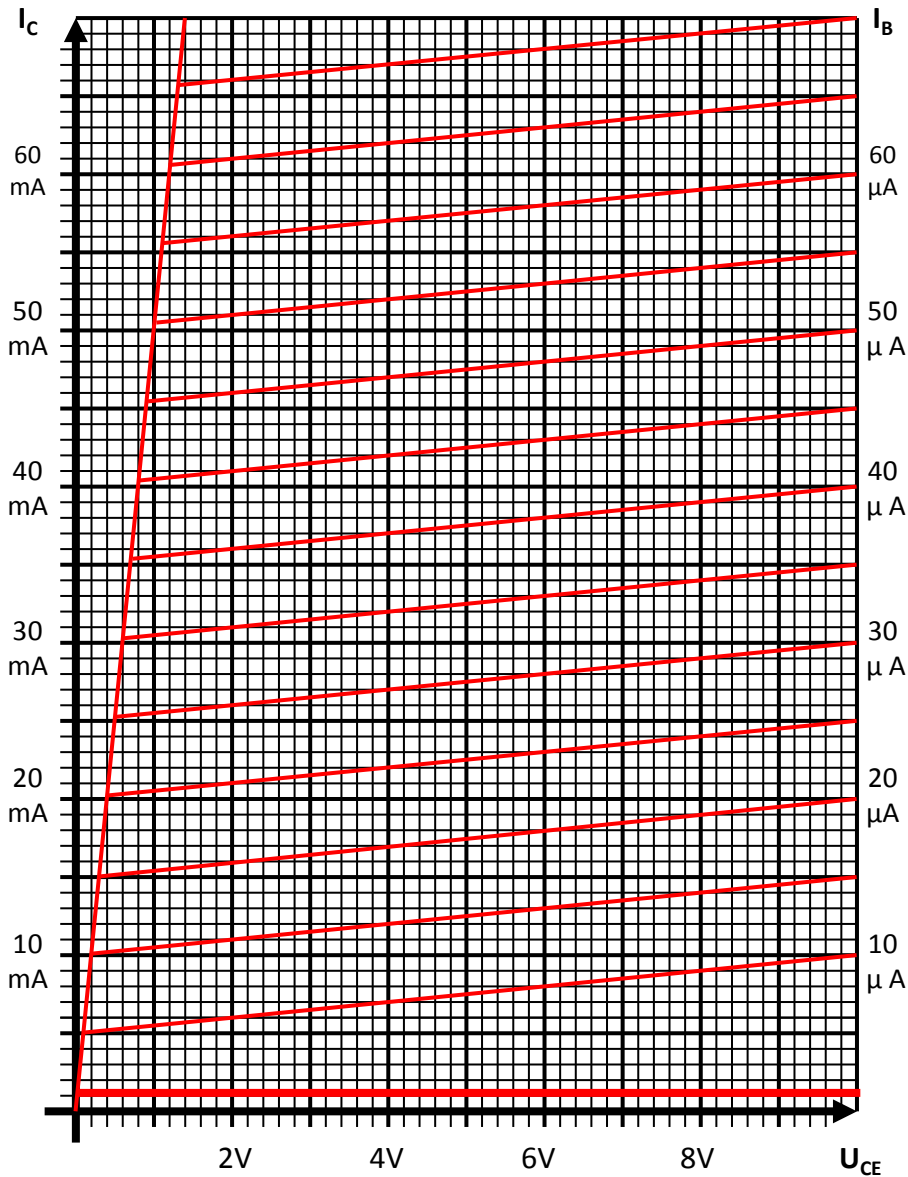
## 1. Aufgabe

# 1. Aufgabe

## Berechnung einer Transistorschaltung

- 1.13. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_2}$  durch den Widerstand  $R_2$
- 1.14. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_2}$  über den Widerstand  $R_2$
- 1.15. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$
- 1.16. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CE0}$  und den Strom  $I_{C0}$  für den nichtangesteuerten Transistor ( $I_B=0$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.17. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CEmax}$  den Strom  $I_{Cmax}$  und den Basisstrom  $I_{Bmax}$  für den vollausgesteuerten Transistor ( $I_C=max$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.18. Berechnen Sie die Basisverlustleistung  $P_B(0\mu A)$ ,  $P_B(40\mu A)$  und  $P_B(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.19. Berechnen Sie die Kollektorverlustleistung  $P_C(0\mu A)$ ,  $P_C(40\mu A)$  und  $P_C(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.20. Berechnen Sie die Totale-Verlustleistung  $P_{tot}(0\mu A)$ ,  $P_{tot}(40\mu A)$  und  $P_{tot}(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$

1. Aufgabe



Werte:  
 $U_B = 10V$   
 $U_{CEA} = 5V$   
 $I_{CA} = 37,5mA$   
 $U_{BEA} = 0,7V$   
 $I_Q = 5 I_{BA}$

## 1. Aufgabe

## Formeln und Maßeinheiten:

*Formel:*

$$U = I \cdot R$$

$$P = U \cdot I$$

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_Q = 5 \cdot I_B$$

$$U_B = U_{RL} + U_{CE}$$

$$= U_{R1} + U_{R2}$$

$$= U_{R1} + U_{BE}$$

$$P_B = U_{BE} \cdot I_B$$

$$P_C = U_{CE} \cdot I_C$$

$$P_{tot} = P_B + P_C \approx P_C$$

*Maßeinheit:*

$$[U] = V$$

$$[I] = A$$

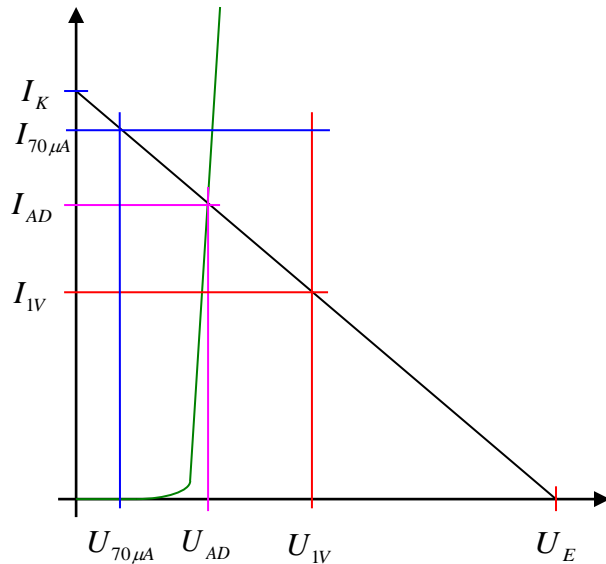
$$[R] = \Omega \left[ = \frac{V}{A} \right]$$

$$[P] = W = V \cdot A$$

## 1. Aufgabe

Hilfe:

Zeichnen der Widerstandsgeraden bei Überschreitung der Eckwerte  $U_E$  und  $I_K$  am Beispiel des Randes von  $70\mu\text{A}$  und  $1\text{V}$ .



Grenzwerte für das Datenblatt  $U_{1V} = 1\text{V} / I_{70\mu\text{A}} = 70\mu\text{A}$

$$I_K = \frac{U_E}{R_B}$$

$$R_B = \frac{U_E}{I_K} = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{1V}}{I_{1V}} \Rightarrow I_{1V} = \frac{U_E - U_{1V}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{70\mu\text{A}}}{I_{70\mu\text{A}}} \Rightarrow U_{70\mu\text{A}} = U_E - I_{70\mu\text{A}} R_B$$

Beispiel für  $U_E = 2\text{V}$  und  $R_B = 25\text{k}\Omega$

Eingangskennlinie:  $U_E = 2\text{V}$   $R_B = 25\text{k}\Omega$

$$U_E = 2\text{V} \quad I_K = \frac{U_E}{R_B} = \frac{2\text{V}}{25\text{k}\Omega} = 80\mu\text{A}$$

Eingangskennlinie:  $U_E = 2\text{V}$   $U_{1V} = 1\text{V}$   $R_B = 25\text{k}\Omega$

$$I_{1V} = \frac{U_E - U_{1V}}{R_B} = \frac{2\text{V} - 1\text{V}}{25\text{k}\Omega} = 40\mu\text{A}$$

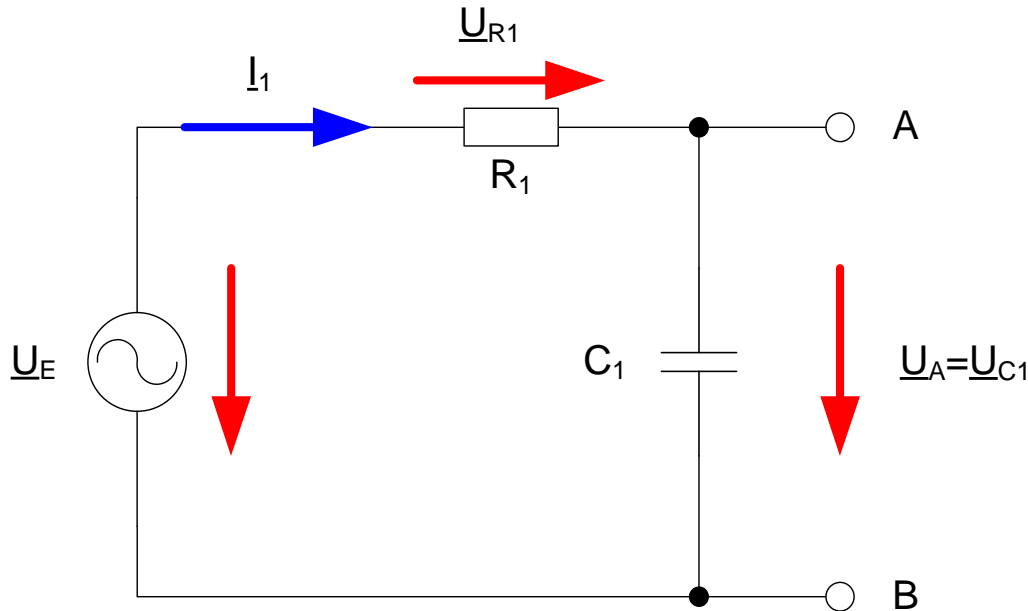
Eingangskennlinie:  $U_E = 2\text{V}$   $I_{70\mu\text{A}} = 70\mu\text{A}$   $R_B = 25\text{k}\Omega$  ( $I_K = 80\mu\text{A}$ )

$$U_{70\mu\text{A}} = U_E - I_{70\mu\text{A}} R_B = 2\text{V} - 70\mu\text{A} \cdot 25\text{k}\Omega = 2\text{V} - 1.75\text{V} = 0,25\text{V}$$

## 2. Aufgabe

## 2. Aufgabe

## Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass



Werte:

$$\underline{U}_E = 2,0V \angle 0^\circ = 2,0V + j \cdot 0V$$

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$C_1 = 200nF$$



## 2. Aufgabe

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f=100\text{Hz}$ .
  - 2.1.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C_1}$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.1.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

**Die folgenden Aufgaben brauchen nicht berechnet zu werden. Sie werden im Seminar vorgerechnet.**

- 2.2. Bestimmen Sie die Werte wie unter 2.1. für die Frequenz von  $f=1\text{kHz}$
- 2.3. Bestimmen Sie die Werte wie unter 2.1. für für die Frequenz von  $f=10\text{kHz}$
- 2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

## 2. Aufgabe

Hilfe:

$$\underline{U}_{R1} = U_{R1,r} + jU_{R1,i} = \tilde{U}_{R1} e^{j\phi_{U_{R1}}} = \tilde{U}_{R1} \angle \phi_{U_{R1}} = \tilde{U}_{R1} (\cos[\phi_{U_{R1}}] + j \sin[\phi_{U_{R1}}])$$

$$U_{R1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{R1}\} = \tilde{U}_{R1} \cos[\phi_{U_{R1}}] \quad U_{R1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{R1}\} = \tilde{U}_{R1} \sin[\phi_{U_{R1}}]$$

$$\tilde{U}_{R1} = |\underline{U}_{R1}| = \sqrt{U_{R1,r}^2 + U_{R1,i}^2}$$

$$\phi_{U_{R1}} = \arctan\left[\frac{U_{R1,i}}{U_{R1,r}}\right] = \arccos\left[\frac{U_{R1,r}}{\tilde{U}_{R1}}\right] = \arcsin\left[\frac{U_{R1,i}}{\tilde{U}_{R1}}\right]$$

Für die imaginären Widerstände (ideale Kapazität und ideale Induktivität) gilt:

$$R_{L,i} = -\frac{1}{G_{L,i}} = \omega \cdot L \quad R_{C,i} = -\frac{1}{G_{C,i}} = -\frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{mit } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$j \cdot R_{L,i} = j \cdot \omega \cdot L \quad \Rightarrow \quad j \cdot G_{L,i} = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L} = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot L}$$

$$j \cdot R_{C,i} = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C} \quad \Rightarrow \quad j \cdot G_{C,i} = \left[-j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}\right]^{-1} = j \cdot \omega \cdot C$$

Transformationsregel aus dem Zeitbereich:

$$a(t) = \bar{a} + \tilde{a} \cos(\omega t + \phi) = \bar{a} + \operatorname{Re}\{\tilde{a} \cdot e^{j(\omega t + \phi)}\} = \bar{a} + \operatorname{Re}\{\underline{a} \cdot e^{j\omega t}\} \quad \text{mit } \underline{a} = \tilde{a} \cdot e^{j\phi}$$

für  $a(t) = \tilde{a} \cos(\omega t + \phi)$  folgt  $\underline{a} = \tilde{a} \cdot e^{j\phi}$  für die Frequenz  $\omega = 2\pi \cdot f$   
dabei ist  $\bar{a}$  der zeitunabhängige Teil.

Die Versorschreibweise  $\angle \phi$  ist eine vereinfachte Schreibweise von  $e^{j\phi}$

# Punkteverteilung:

Gesamtpunktzahl: 30 Punkte

Aufgabe 1.1-1.20      je 1 Punkt

Aufgabe 2.1.1-2.1.10    je 1 Punkt

**Bemerkung:**

- In allen Formeln mit Zahlen sind die Maßeinheiten mitzuschleifen.
- Bei den Endergebnissen sind die Maßeinheiten zu verwenden, die, wenn vorhanden, aus einem Buchstaben bestehen. Während der Rechnung können Sie nach eigenem Ermessen verfahren.
- Bei den Endergebnissen sind die  $10^{\pm 3}$  Präfixe konsequent zu verwenden. Während der Rechnung können Sie nach eigenem Ermessen verfahren. Präfixe nur verwenden, wenn eine Maßeinheit dahinter ist.
- Alle Aufgaben auf eine Mantissengenauigkeit von 4 Stellen genau berechnen, wenn in der Aufgabe nicht anders angegeben (Exponent-Mantissendarstellung).
- Die Aufgaben sind zu nummerieren, auch die Teilaufgaben.
- Der Rechenweg muß ersichtlich sein. Gegebenenfalls das Schmierblatt anheften.
- Jedes Blatt ist wie folgt zu nummerieren Seite/Gesamtzahl der Seiten (z.B. Seite 6/8)
- Spannungen mit der Masche sind positiv, umgekehrt negativ.
- Ströme zum Knoten sind positiv, umgekehrt negativ.
- Phasenwinkel sind in Grad anzugeben

**Nichtbeachtung wird mit Punktabzug geahndet!**

## Bemerkung zu den Kennlinien:

- Alle Werte sind auf 4 Stellen zu berechnen.
- Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den halben Strich runden. Im Zweifelsfall auf den nächsthöheren. Die Genauigkeit ergibt sich hier aus der Ablesegenauigkeit.
- Bei den Basisströmen ist auf  $0,5 \mu\text{A}$  zu interpolieren.

Nichtbeachtung wird mit Punktabzug geahndet!

## Präfixe zur Kennzeichnung des Vielfachen von gesetzlichen Einheiten (dezimal):

Präfix	Faktor	Bezeichnung	Präfix	Faktor	Bezeichnung
Y	$10^{24}$	Yotta	m	$10^{-3}$	Milli
Z	$10^{21}$	Zetta	$\mu$	$10^{-6}$	Mikro
E	$10^{18}$	Exa	n	$10^{-9}$	Nano
P	$10^{15}$	Peta	p	$10^{-12}$	Piko
T	$10^{12}$	Tera	f	$10^{-15}$	Femto
G	$10^9$	Giga	a	$10^{-18}$	Atto
M	$10^6$	Mega	z	$10^{-21}$	Zepto
k	$10^3$	Kilo	y	$10^{-24}$	Yokto

Umgang mit den Präfixen am Beispiel der Mantissengenauigkeit von 4 Stellen:

---,- Präfix Maßeinheit

--,-- Präfix Maßeinheit

-,--- Präfix Maßeinheit

Beispiele:

216,4 $\mu$ F; 33,45kHz; 2,456M $\Omega$ ; 7,482A

# 1. Aufgabe Lösung

## Berechnung einer Transistorschaltung

- 1.1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes ( $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$ ) und der Betriebsspannung  $U_B$  die Widerstandsgerade für  $R_L$  im Kennlinienfeld
- 1.2. Berechnen Sie die Spannung  $U_{70mA}$
- 1.3. Berechnen Sie mithilfe der Werte  $U_B$ ,  $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$  den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.4. Berechnen Sie Wert des Widerstandes  $R_L$  aus der Betriebsspannung  $U_B$  und den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.5. Berechnen Sie den Strom  $I_{RL}$  durch den Widerstand  $R_L$
- 1.6. Berechnen Sie die Spannung  $U_{RL}$  über den Widerstand  $R_L$
- 1.7. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom  $I_{BA}$  für den Arbeitspunkt
- 1.8. Berechnen Sie die Stromverstärkung  $B_A$  für den Arbeitspunkt ( $I_{BA}$  und  $I_{CA}$ )
- 1.9. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$
- 1.10. Berechnen Sie den Strom  $I_{R1}$  durch den Widerstand  $R_1$
- 1.11. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R1}$  über den Widerstand  $R_1$
- 1.12. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$

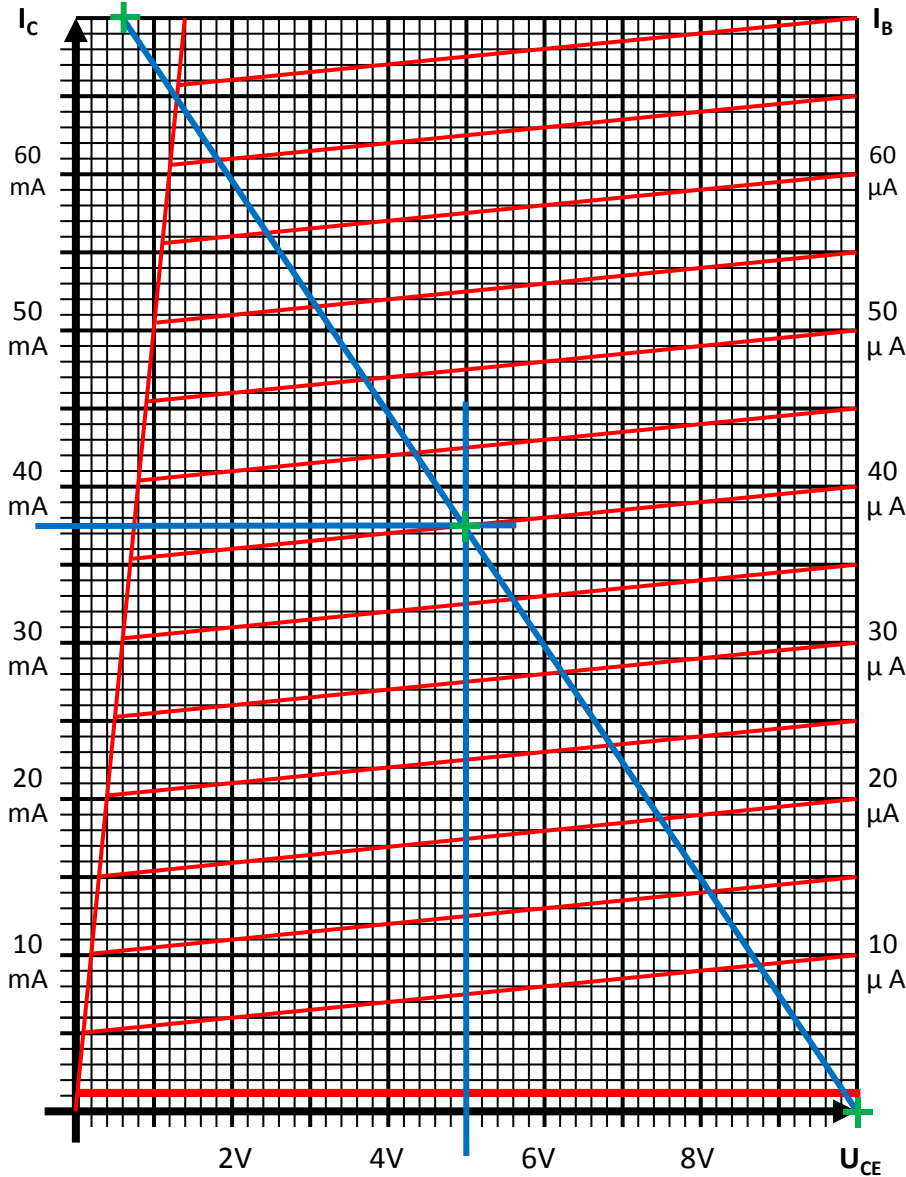


# 1. Aufgabe Lösung

## Berechnung einer Transistorschaltung

- 1.13. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_2}$  durch den Widerstand  $R_2$
- 1.14. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_2}$  über den Widerstand  $R_2$
- 1.15. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$
- 1.16. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CE0}$  und den Strom  $I_{C0}$  für den nichtangesteuerten Transistor ( $I_B=0$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.17. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CEmax}$  den Strom  $I_{Cmax}$  und den Basisstrom  $I_{Bmax}$  für den vollausgesteuerten Transistor ( $I_C=max$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.18. Berechnen Sie die Basisverlustleistung  $P_B(0\mu A)$ ,  $P_B(40\mu A)$  und  $P_B(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.19. Berechnen Sie die Kollektorverlustleistung  $P_C(0\mu A)$ ,  $P_C(40\mu A)$  und  $P_C(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.20. Berechnen Sie die Totale-Verlustleistung  $P_{tot}(0\mu A)$ ,  $P_{tot}(40\mu A)$  und  $P_{tot}(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$

1. Aufgabe - Lösung



1.1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes ( $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$ ) und der Betriebsspannung  $U_B$  die Widerstandsgerade für  $R_L$  im Kennlinienfeld

Werte:  
 $U_B = 10V$   
 $U_{CEA} = 5V$   
 $I_{CA} = 37,5mA$   
 $U_{BEA} = 0,7V$   
 $I_Q = 5 I_{BA}$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.2. Berechnen Sie die Spannung  $U_{70mA}$ 

$$R_L = \frac{U_B - U_{70mA}}{I_{70mA}} = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k} \Rightarrow U_{70mA} = U_B - \frac{(U_B - U_{CEA})I_{70mA}}{I_{CA}}$$

$$U_B = 10V \cdot U_{CEA} = 5V \cdot I_{CA} = 37,5mA \cdot I_{70mA} = 70mA$$

$$U_{70mA} = 10V - \frac{(10V - 5V)70mA}{37,5mA} = 10V - \frac{5V \cdot 70mA}{37,5mA} = 10V - 9,333V = 0,667V = 667mV$$

1.3. Berechnen Sie mithilfe der Werte  $U_B$ ,  $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$  den Kurzschlußstrom  $I_k$ 

$$R_L = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k} \Rightarrow I_k = \frac{U_B \cdot I_{CA}}{U_B - U_{CEA}}$$

$$U_B = 10V \cdot U_{CEA} = 5V \cdot I_{CA} = 37,5mA$$

$$I_k = \frac{10V \cdot 37,5mA}{10V - 5V} = \frac{10V \cdot 37,5mA}{5V} = 75mA$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.4. Berechnen Sie Wert des Widerstandes  $R_L$  aus der Betriebsspannung  $U_B$  und den Kurzschlußstrom  $I_K$

$$R_L = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k} \Rightarrow R_L = \frac{U_B}{I_k}$$

$$U_B = 10V \quad \bullet \quad I_k = 75mA$$

$$R_L = \frac{10V}{75mA} = 133,3\Omega$$

1.5. Berechnen Sie den Strom  $I_{RL}$  durch den Widerstand  $R_L$

$$I_{RL} = I_{CA}$$

$$I_{CA} = 37,5mA$$

$$I_{RL} = 37,5mA$$

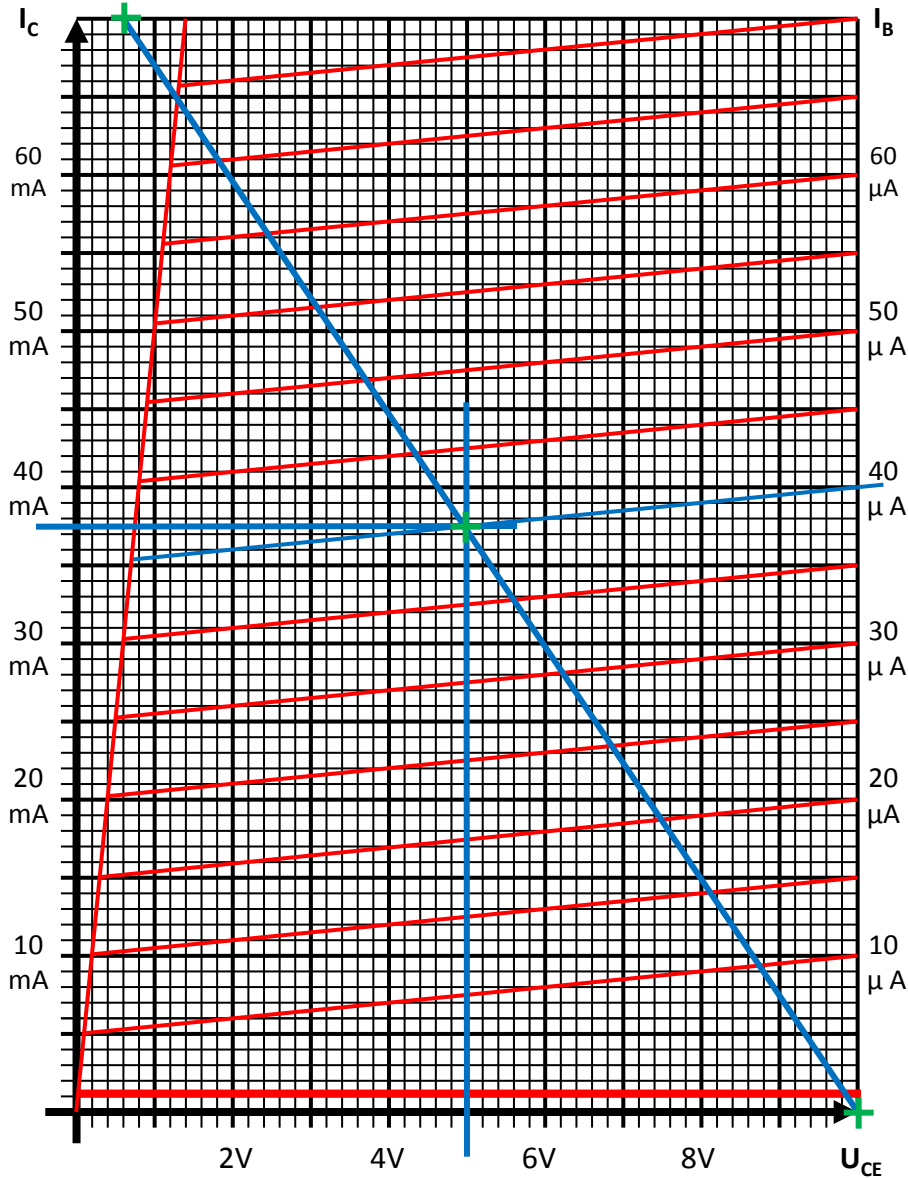
1.6. Berechnen Sie die Spannung  $U_{RL}$  über den Widerstand  $R_L$

$$U_B = U_{RL} + U_{CEA} \Rightarrow U_{RL} = U_B - U_{CEA}$$

$$U_B = 10V \quad \bullet \quad U_{CEA} = 5V$$

$$U_{RL} = 10V - 5V = 5V$$

1. Aufgabe - Lösung



1.7. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom  $I_{BA}$  für den Arbeitspunkt

Werte:

$$U_B = 10V$$

$$U_{CEA} = 5V$$

$$I_{CA} = 37,5mA$$

$$U_{BEA} = 0,7V$$

$$I_{BA} = 40\mu A$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.8. Berechnen Sie die Stromverstärkung  $B_A$  für den Arbeitspunkt ( $I_{BA}$  und  $I_{CA}$ )

$$B_A = \frac{I_{CA}}{I_{BA}}$$

$$I_{CA} = 37,5\text{mA} \quad \bullet \quad I_{BA} = 40\mu\text{A}$$

$$B_A = \frac{37,5\text{mA}}{40\mu\text{A}} = 937,5$$

1.9. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$

$$I_Q = 5 \cdot I_{BA}$$

$$I_{BA} = 40\mu\text{A}$$

$$I_Q = 5 \cdot 40\mu\text{A} = 200\mu\text{A}$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.10. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_1}$  durch den Widerstand  $R_1$

$$I_{R_1} = I_Q + I_{BA}$$

$$I_Q = 200\mu A \quad \bullet \quad I_{BA} = 40\mu A$$

$$I_{R_1} = 200\mu A + 40\mu A = 240\mu A$$

1.11. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_1}$  über den Widerstand  $R_1$

$$U_B = U_{R_1} + U_{R_2} = U_{R_1} + U_{BEA} \quad \Rightarrow \quad U_{R_1} = U_B - U_{BEA}$$

$$U_B = 10V \quad \bullet \quad U_{BEA} = 0,7V$$

$$U_{R_1} = 10V - 0,7V = 9,3V$$

1.12. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}}$$

$$U_{R_1} = 9,3V \quad \bullet \quad I_{R_1} = 240\mu A$$

$$R_1 = \frac{9,3V}{240\mu A} = 38750\Omega = 38,75k\Omega$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.13. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_2}$  durch den Widerstand  $R_2$

$$I_{R_2} = I_Q$$

$$I_Q = 200 \mu A$$

$$I_{R_2} = 200 \mu A$$

1.14. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_2}$  über den Widerstand  $R_2$

$$U_{R_2} = U_{BEA}$$

$$U_{BEA} = 0,7V$$

$$U_{R_2} = 0,7V$$

1.15. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$

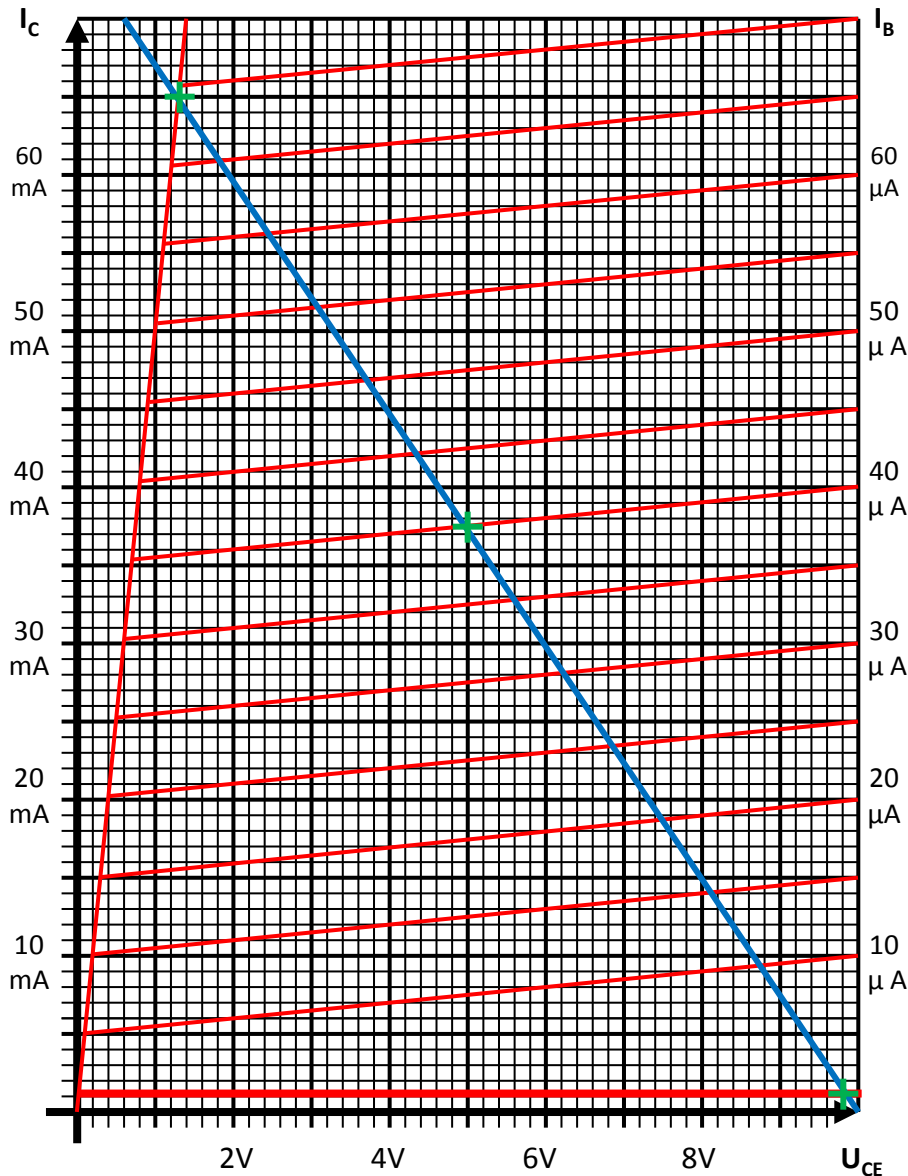
$$R_2 = \frac{U_{R_2}}{I_{R_2}}$$

$$U_{R_1} = 0,7V \cdot I_{R_1} = 200 \mu A$$

$$R_2 = \frac{0,7V}{200 \mu A} = 3500 \Omega = 3,5k\Omega$$



## 1. Aufgabe - Lösung



1.16. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CE0}$  und den Strom  $I_{C0}$  für den nichtangesteuerten Transistor ( $I_B=0$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes

$$I_B(I_B=0) \approx 0 \mu A \quad U_{CE0} = 9,8V \quad I_{C0} = 1mA$$

1.17. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CEmax}$  den Strom  $I_{Cmax}$  und den Basisstrom  $I_{Bmax}$  für den vollausgesteuerten Transistor ( $I_C=\max$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes

$$I_{Bmax} \approx 69,5 \mu A \quad U_{CEmax} \approx 1,3V \quad I_{Cmax} = 65mA$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.18. Berechnen Sie die Basisverlustleistung  $P_B(0\mu A)$ ,  $P_B(40\mu A)$  und  $P_B(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$

$$P_B = U_{BE} \cdot I_B$$

$$I_B = 0\mu A : U_{BE}(0\mu A) = 0,7V \cdot I_B(0\mu A) = 0\mu A$$

$$P_B(0\mu A) = U_{BE}(0\mu A) \cdot I_B(0\mu A) = 0,7V \cdot 0\mu A = 0\mu W$$

$$I_B = 40\mu A : U_{BE}(40\mu A) = 0,7V \cdot I_B(40\mu A) = 40\mu A$$

$$P_B(40\mu A) = U_{BE}(40\mu A) \cdot I_B(40\mu A) = 0,7V \cdot 40\mu A = 28\mu W$$

$$I_{Bmax} = 69,5\mu A : U_{BE}(I_{Bmax}) = 0,7V \cdot I_B(I_{Bmax}) = 69,5\mu A$$

$$P_B(I_{Bmax}) = U_{BE}(I_{Bmax}) \cdot I_B(I_{Bmax}) = 0,7V \cdot 69,5\mu A = 48,65\mu W$$

1.19. Berechnen Sie die Kollektorverlustleistung  $P_C(0\mu A)$ ,  $P_C(40\mu A)$  und  $P_C(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=40\mu A$  und  $I_{Bmax}$

$$P_C = U_{CE} \cdot I_C$$

$$I_B = 0\mu A : U_{CE}(0\mu A) = 9,8V \cdot I_C(0\mu A) = 1mA$$

$$P_C(0\mu A) = U_{CE}(0\mu A) \cdot I_C(0\mu A) = 9,8V \cdot 1mA = 9,8mW$$

$$I_B = 40\mu A : U_{CE}(40\mu A) = 5V \cdot I_C(40\mu A) = 37,5mA$$

$$P_C(40\mu A) = U_{CE}(40\mu A) \cdot I_C(40\mu A) = 5V \cdot 37,5mA = 187,5mW$$

$$I_{Bmax} = 69,5\mu A : U_{CE}(I_{Bmax}) = 1,3V \cdot I_C(I_{Bmax}) = 65mA$$

$$P_C(I_{Bmax}) = U_{CE}(I_{Bmax}) \cdot I_C(I_{Bmax}) = 1,3V \cdot 65mA = 84,5mW$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.20. Berechnen Sie die Totale-Verlustleistung  $P_{\text{tot}}(0\mu\text{A})$ ,  $P_{\text{tot}}(40\mu\text{A})$  und  $P_{\text{tot}}(I_{B\text{max}})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu\text{A}$  und  $I_B=40\mu\text{A}$  und  $I_{B\text{max}}$

$$P_{\text{tot}} = P_B + P_C$$

$$I_B = 0\mu\text{A} \quad : \quad P_B(0\mu\text{A}) = 0\mu\text{W} \quad P_C(0\mu\text{A}) = 9,8\text{mW}$$

$$P_{\text{tot}}(0\mu\text{A}) = 0\mu\text{W} + 9,8\text{mW} = 9,8\text{mW}$$

$$I_B = 40\mu\text{A} \quad : \quad P_B(40\mu\text{A}) = 28\mu\text{W} \quad P_C(40\mu\text{A}) = 187,5\text{mW}$$

$$P_{\text{tot}}(40\mu\text{A}) = 28\mu\text{W} + 187,5\text{mW} = 187,528\text{mW} \approx 187,5\text{mW}$$

$$I_{B\text{max}} = 69,5\mu\text{A} \quad : \quad P_B(I_{B\text{max}}) = 48,65\mu\text{W} \quad P_C(I_{B\text{max}}) = 84,5\text{mW}$$

$$P_{\text{tot}}(I_{B\text{max}}) = 48,65\mu\text{W} + 84,5\text{mW} = 84,54865\text{mW} \approx 84,55\text{mW}$$

## 2. Aufgabe - Teil 2.1

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f=100\text{Hz}$ .
- 2.1.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C_1}$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe - Teil 2.1

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.1.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = R_{1,r} + jR_{1,i} = \check{R}_1 e^{j\phi_{R_1}} = \check{R}_1 \angle \phi_{R_1} \quad \bullet \quad \phi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{R_{1,i}}{R_{1,r}} \right] \quad \check{R}_1 = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2}$$

$$R_{1,r} = 1k\Omega \quad \bullet \quad R_{1,i} = 0k\Omega$$

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega$$

$$\check{R}_1 = \sqrt{(1k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 1k\Omega \quad \bullet \quad \phi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{0k\Omega}{1k\Omega} \right] = 0^\circ$$

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega = 1k\Omega \angle 0^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{C_1} = R_{C_{1,r}} + jR_{C_{1,i}} = \check{R}_{C_1} e^{j\phi_{R_{C_1}}} = \check{R}_{C_1} \angle \phi_{R_{C_1}} \quad \bullet \quad R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{\omega \cdot C} = -\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad \text{mit} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

$$C = 200\text{nF} \quad \bullet \quad f = 100\text{Hz}$$

$$R_{C_{1,r}} = 0\Omega$$

$$R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{2\pi \cdot 100\text{Hz} \cdot 200\text{nF}} = -\frac{1}{2\pi \cdot 100\text{Hz} \cdot 200 \cdot 10^{-9}\text{F}} = -7,958\text{k}\Omega$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot 7,958\text{k}\Omega$$

$$\check{R}_{C_1} = \sqrt{R_{C_{1,r}}^2 + R_{C_{1,i}}^2} \Rightarrow \check{R}_{C_1} = \sqrt{(0\Omega)^2 + (-7,958\text{k}\Omega)^2} = \sqrt{0 + 63,33(\text{k}\Omega)^2} = 7,958\text{k}\Omega$$

$$\phi_{R_{C_1}} = \arctan\left[\frac{R_{C_{1,i}}}{R_{C_{1,r}}}\right] \Rightarrow \phi_{R_{C_1}} = \arctan\left[\frac{-7,958\text{k}\Omega}{0\Omega}\right] = \lim_{R_{C_{1,r}} \rightarrow 0} \left\{ \arctan\left[\frac{-7,958\text{k}\Omega}{R_{C_{1,r}}}\right] \right\} = \arctan(-\infty) = -90^\circ$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\text{k}\Omega - j \cdot 7,958\text{k}\Omega = 7,958\text{k}\Omega \angle -90^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_{C1} = 0k\Omega - j \cdot 7,958k\Omega = 7,958k\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{R}_{\text{ges}} = 1k\Omega + j0k\Omega + 0\Omega - j \cdot 7,958k\Omega = 1k\Omega - j \cdot 7,958k\Omega$$

$$\begin{aligned} \check{R}_{\text{ges}} &= \sqrt{R_{\text{ges},r}^2 + R_{\text{ges},i}^2} \Rightarrow \check{R}_{\text{ges}} = \sqrt{(1k\Omega)^2 + (-7,958k\Omega)^2} = \sqrt{1(k\Omega)^2 + 63,33(k\Omega)^2} \\ &= \sqrt{64,33(k\Omega)^2} = 8,021k\Omega \end{aligned}$$

$$\phi_{R_{\text{ges}}} = \arctan\left[\frac{R_{\text{ges},i}}{R_{\text{ges},r}}\right] \Rightarrow \phi_{R_{\text{ges}}} = \arctan\left[\frac{-7,958k\Omega}{1k\Omega}\right] = \arctan(-7,958) = -82,84^\circ$$

$$\underline{R}_{\text{ges}} = 2k\Omega - j \cdot 7,958k\Omega = 8,021k\Omega \angle -82,84^\circ$$



## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.1.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.1.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{R}_{ges}} \quad \bullet \quad \underline{I}_1 = I_{1,r} + j \cdot I_{1,i} = \check{I}_1 e^{j\phi_1} = \check{I}_1 \angle \phi_1$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \bullet \quad \underline{R}_{ges} = 1k\Omega - j \cdot 7,958k\Omega = 8,021k\Omega \angle -82,84^\circ$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2,0V \angle 0^\circ}{8,021k\Omega \angle -82,84^\circ} = 249,3\mu A \angle 82,84^\circ$$

$$I_{1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \cos[\phi_1] \Rightarrow I_{1,r} = 249,3\mu A \cdot \cos[82,84^\circ] = 249,3\mu A \cdot (0,1246) = 31,06\mu A$$

$$I_{1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \sin[\phi_1] \Rightarrow I_{1,i} = 249,3\mu A \cdot \sin[82,84^\circ] = 249,3\mu A \cdot (0,9922) = 247,4\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 31,06\mu A + j \cdot 247,4\mu A = 249,3\mu A \angle 82,84^\circ \quad = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{R_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 31,06\mu\text{A} + j \cdot 247,4\mu\text{A} = 249,3\mu\text{A} \angle 82,84^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_1 = 1\text{k}\Omega + j \cdot 0\text{k}\Omega = 1\text{k}\Omega \angle 0^\circ$$

$$\underline{U}_{R_1} = 249,3\mu\text{A} \angle 82,84^\circ \cdot 1\text{k}\Omega \angle 0^\circ = 249,3\text{mV} \angle 82,84^\circ$$

$$U_{R_1,r} = \text{Re}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \cos[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,r} = 249,3\text{mV} \cdot \cos[82,84^\circ] = 249,4\text{mV} \cdot (0,1246) = 31,08\text{mV}$$

$$U_{R_1,i} = \text{Im}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \sin[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,i} = 249,3\text{mV} \cdot \sin[82,84^\circ] = 249,4\text{mV} \cdot (0,9922) = 247,5\text{mV}$$

$$\underline{U}_{R_1} = 31,08\text{mV} + j \cdot 247,5\text{mV} = 249,3\text{mV} \angle 82,84^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{C_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C_1}$$

$$\underline{I}_1 = 31,06\mu\text{A} + j \cdot 247,4\mu\text{A} = 249,3\mu\text{A} \angle 82,84^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_{C_1} = 0\text{k}\Omega - j \cdot 7,958\text{k}\Omega = 7,958\text{k}\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1} = 249,3\mu\text{A} \angle 82,84^\circ \cdot 7,958\text{k}\Omega \angle -90^\circ = 1,983\text{V} \angle -7,16^\circ$$

$$U_{C_1,r} = \text{Re}\{\underline{U}_{C_1}\} = \check{U}_{C_1} \cos[\phi_{R_{C_1}}] \Rightarrow U_{C_1,r} = 1,983\text{V} \cdot \cos[-7,16^\circ] = 1,983\text{V} \cdot (0,9922) = 1,968\text{V}$$

$$U_{C_1,i} = \text{Im}\{\underline{U}_{C_1}\} = \check{U}_{C_1} \sin[\phi_{R_{C_1}}] \Rightarrow U_{C_1,i} = 1,983\text{V} \cdot \sin[-7,16^\circ] = 1,983\text{V} \cdot (-0,1246) = -247,1\text{mV}$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1} = 1,968\text{V} - j \cdot 247,1\text{mV} = 1,983\text{V} \angle -7,16^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform

Probe:

$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{R1} = 31,08mV + j \cdot 247,5mV = 249,3mV \angle 82,84^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 1,968V - j \cdot 247,1mV = 1,983V \angle -7,16^\circ$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 31,08mV + j \cdot 247,5mV + 1,968V - 247,1mV$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 1,99908V - j \cdot 0,0004V \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 1,99908V \angle 0,01146^\circ \approx 2V \angle 0^\circ = \underline{U}_E$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{A} = \check{A} \angle \phi_A = A_r + jA_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 100Hz

$$\underline{U}_E(100\text{Hz}) = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_A(100\text{Hz}) = \underline{U}_{C1}(100\text{Hz}) = 1,968V - j \cdot 247,1mV = 1,983V \angle -7,16^\circ$$

$$\underline{A}(100\text{Hz}) = \frac{1,983V \angle -7,16^\circ}{2V \angle 0^\circ} = 0,9915 \angle -7,16^\circ$$

$$A_r(100\text{Hz}) = \text{Re}\{\underline{A}\} = \check{A} \cos[\phi_A] \Rightarrow A_r = 0,9915 \cdot \cos[-7,16^\circ] = 0,9915 \cdot (0,9922) = 0,9838$$

$$A_i(100\text{Hz}) = \text{Im}\{\underline{A}\} = \check{A} \sin[\phi_A] \Rightarrow A_i = 0,9915 \cdot \sin[-7,16^\circ] = 0,9915 \cdot (-0,1246) = -0,1235$$

$$\underline{A}(100\text{Hz}) = 0,9838 - j \cdot 0,1235 = 0,9915 \angle -7,16^\circ$$

## 2. Aufgabe - Teil 2.2

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

2.2. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f=100\text{Hz}$ .

2.2.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$  in der Normal- und der Versorform

2.2.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe - Teil 2.2

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.2.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.2.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = R_{1,r} + jR_{1,i} = \check{R}_1 e^{j\phi_{R_1}} = \check{R}_1 \angle \phi_{R_1} \quad \bullet \quad \phi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{R_{1,i}}{R_{1,r}} \right] \quad \check{R}_1 = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2}$$

$$R_{1,r} = 1k\Omega \quad \bullet \quad R_{1,i} = 0k\Omega$$

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega$$

$$\check{R}_1 = \sqrt{(1k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 1k\Omega \quad \bullet \quad \phi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{0k\Omega}{1k\Omega} \right] = 0^\circ$$

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega = 1k\Omega \angle 0^\circ$$



## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{C_1} = R_{C_{1,r}} + jR_{C_{1,i}} = \check{R}_{C_1} e^{j\phi_{R_{C_1}}} = \check{R}_{C_1} \angle \phi_{R_{C_1}} \quad \bullet \quad R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{\omega \cdot C} = -\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad \text{mit} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

$$C = 200nF \quad \bullet \quad f = 1kHz$$

$$R_{C_{1,r}} = 0\Omega$$

$$R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{2\pi \cdot 1kHz \cdot 200nF} = -\frac{1}{2\pi \cdot 1kHz \cdot 200 \cdot 10^{-9} F} = -795,8\Omega$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot 795,8\Omega$$

$$\check{R}_{C_1} = \sqrt{R_{C_{1,r}}^2 + R_{C_{1,i}}^2} \Rightarrow \check{R}_{C_1} = \sqrt{(0\Omega)^2 + (-795,8\Omega)^2} = \sqrt{0 + 633,3 \cdot 10^3 \Omega^2} = 795,8\Omega$$

$$\phi_{R_{C_1}} = \arctan\left[\frac{R_{C_{1,i}}}{R_{C_{1,r}}}\right] \Rightarrow \phi_{R_{C_1}} = \arctan\left[\frac{-795,8\Omega}{0\Omega}\right] = \lim_{R_{C_{1,r}} \rightarrow 0} \left\{ \arctan\left[\frac{-795,8\Omega}{R_{C_{1,r}}}\right] \right\} = \arctan(-\infty) = -90^\circ$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0k\Omega - j \cdot 795,8\Omega = 795,8\Omega \angle -90^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega = 1k\Omega \angle 0^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_{C1} = 0k\Omega - j \cdot 795,8\Omega = 795,8\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{R}_{ges} = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega + 0k\Omega - j \cdot 795,8\Omega = 1k\Omega - j \cdot 795,8\Omega$$

$$\begin{aligned} \check{R}_{ges} &= \sqrt{R_{ges,r}^2 + R_{ges,i}^2} \Rightarrow \check{R}_{ges} = \sqrt{(1k\Omega)^2 + (-0,7958k\Omega)^2} = \sqrt{1(k\Omega)^2 + 0,6333(k\Omega)^2} \\ &= \sqrt{1,6333(k\Omega)^2} = 1,278k\Omega \end{aligned}$$

$$\phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{R_{ges,i}}{R_{ges,r}}\right] \Rightarrow \phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{-795,8\Omega}{1k\Omega}\right] = \arctan(-0,7958) = -38,51^\circ$$

$$\underline{R}_{ges} = 1k\Omega - j \cdot 795,8\Omega = 1,278k\Omega \angle -38,51^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{R}_{ges}} \quad \bullet \quad \underline{I}_1 = I_{1,r} + j \cdot I_{1,i} = \check{I}_1 e^{j\phi_{I_1}} = \check{I}_1 \angle \phi_{I_1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \bullet \quad \underline{R}_{ges} = 1k\Omega - j \cdot 795,8\Omega = 1,278k\Omega \angle -38,51^\circ$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2,0V \angle 0^\circ}{1,278k\Omega \angle -38,51^\circ} = 1,565mA \angle 38,51^\circ$$

$$I_{1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \cos[\phi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,r} = 1,565mA \cdot \cos[38,51^\circ] = 1,565mA \cdot (0,7825) = 1,225mA$$

$$I_{1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \sin[\phi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,i} = 1,565mA \cdot \sin[38,51^\circ] = 1,565mA \cdot (0,6227) = 974,4\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 1,225mA + j \cdot 974,4\mu A = 1,565mA \angle 38,51^\circ = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{R_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 1,225\text{mA} + j \cdot 974,4\mu\text{A} = 1,565\text{mA} \angle 38,51^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_1 = 1\text{k}\Omega + j \cdot 0\text{k}\Omega = 1\text{k}\Omega \angle 0^\circ$$

$$\underline{U}_{R_1} = 1,565\text{mA} \angle 38,51^\circ \cdot 1\text{k}\Omega \angle 0^\circ = 1,565\text{V} \angle 38,51^\circ$$

$$U_{R_1,r} = \text{Re}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \cos[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,r} = 1,565\text{V} \cdot \cos[38,51^\circ] = 1,565\text{V} \cdot (0,7825) = 1,225\text{V}$$

$$U_{R_1,i} = \text{Im}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \sin[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,i} = 1,565\text{V} \cdot \sin[38,51^\circ] = 1,565\text{V} \cdot (0,6227) = 974,5\text{mV}$$

$$\underline{U}_{R_1} = 1,225\text{V} + j \cdot 974,5\text{mV} = 1,565\text{V} \angle 38,51^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{C1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1}$$

$$\underline{I}_1 = 1,225mA + j \cdot 974,4\mu A = 1,565mA \angle 38,51^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_{C1} = 0k\Omega - j \cdot 795,8\Omega = 795,8\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 1,565mA \angle 38,51^\circ \cdot 795,8\Omega \angle -90^\circ = 1,245V \angle -51,49^\circ$$

$$U_{C1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{C1}\} = \check{U}_{C1} \cos[\phi_{R_{C1}}] \Rightarrow U_{C1,r} = 1,245V \cdot \cos[-51,49^\circ] = 1,245V \cdot (0,6227) = 775,3mV$$

$$U_{C1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{C1}\} = \check{U}_{C1} \sin[\phi_{R_{C1}}] \Rightarrow U_{C1,i} = 1,245V \cdot \sin[-51,49^\circ] = 1,245V \cdot (-0,7825) = -974,2mV$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 775,3mV - j \cdot 974,2mV = 1,245V \angle -51,49^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform

Probe:

$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{R1} = 1,225V + j \cdot 974,5mV = 1,565V \angle 38,51^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 775,3mV - j \cdot 974,2mV = 1,245V \angle -51,49^\circ$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 1,225V + j \cdot 974,5mV + 775,3mV - j \cdot 974,2mV$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 2,0003V - j \cdot 0,0003V \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 2,0003V \angle -0,008593^\circ \approx 2V \angle 0^\circ = \underline{U}_E$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.2.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{A} = \check{A} \angle \phi_A = A_r + jA_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 1kHz

$$\underline{U}_E(1\text{kHz}) = 2\text{V} \angle 0^\circ = 2\text{V} + j \cdot 0\text{V}$$

$$\underline{U}_A(1\text{kHz}) = \underline{U}_{C1}(1\text{kHz}) = 775,3\text{mV} - j \cdot 974,2\text{mV} = 1,245\text{V} \angle -51,49^\circ$$

$$\underline{A}(1\text{kHz}) = \frac{1,245\text{V} \angle -51,49^\circ}{2\text{V} \angle 0^\circ} = 0,6225 \angle -51,49^\circ$$

$$A_r(1\text{kHz}) = \text{Re}\{\underline{A}\} = \check{A} \cos[\phi_A] \Rightarrow A_r = 0,6225 \cdot \cos[-51,49^\circ] = 0,6225 \cdot (0,6227) = 0,3876$$

$$A_i(1\text{kHz}) = \text{Im}\{\underline{A}\} = \check{A} \sin[\phi_A] \Rightarrow A_i = 0,6225 \cdot \sin[-51,49^\circ] = 0,6225 \cdot (-0,7825) = -0,4871$$

$$\underline{A}(1\text{kHz}) = 0,3876 - j \cdot 0,4871 = 0,6225 \angle -51,49^\circ$$

## 2. Aufgabe - Teil 2.3

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

2.3. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f=100\text{Hz}$ .

2.3.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C_1}$  in der Normal- und der Versorform

2.3.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform



## 2. Aufgabe - Teil 2.3

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.3.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.3.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform
- 2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = R_{1,r} + jR_{1,i} = \check{R}_1 e^{j\phi_{R_1}} = \check{R}_1 \angle \phi_{R_1} \quad \bullet \quad \phi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{R_{1,i}}{R_{1,r}} \right] \quad \bullet \quad \check{R}_1 = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2}$$

$$R_{1,r} = 1k\Omega \quad \bullet \quad R_{1,i} = 0k\Omega$$

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j0k\Omega$$

$$\check{R}_1 = \sqrt{(1k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 1k\Omega \quad \bullet \quad \phi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{0k\Omega}{1k\Omega} \right] = 0^\circ$$

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j0k\Omega = 1k\Omega \angle 0^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{C1} = R_{C1,r} + jR_{C1,i} = \check{R}_{C1} e^{j\phi_{R_{C1}}} = \check{R}_{C1} \angle \phi_{R_{C1}} \quad \bullet \quad R_{C1,i} = -\frac{1}{\omega \cdot C} = -\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad \text{mit} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

$$C = 200\text{nF} \quad \bullet \quad f = 10\text{kHz}$$

$$R_{C1,r} = 0\Omega$$

$$R_{C1,i} = -\frac{1}{2\pi \cdot 10\text{kHz} \cdot 200\text{nF}} = -\frac{1}{12570 \cdot 10^{-6} \frac{\text{A}}{\text{V}}} = -0,00007955 \cdot 10^6 \Omega = -79,58\Omega$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 79,58\Omega$$

$$\check{R}_{C1} = \sqrt{R_{C1,r}^2 + R_{C1,i}^2} \Rightarrow \check{R}_{C1} = \sqrt{(0\Omega)^2 + (-79,58\Omega)^2} = \sqrt{0 + 6,333 \cdot 10^3 \Omega^2} = 795,8\Omega$$

$$\phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{R_{C1,i}}{R_{C1,r}}\right] \Rightarrow \phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{-79,58\Omega}{0\Omega}\right] = \lim_{R_{C1,r} \rightarrow 0} \left\{ \arctan\left[\frac{-79,58\Omega}{R_{C1,r}}\right] \right\} = \arctan(-\infty) = -90^\circ$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\text{k}\Omega - j \cdot 79,58\Omega = 79,58\Omega \angle -90^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1ges} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = 1k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_{C1} = 0k\Omega - j79,58\Omega = 79,58\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{R}_{ges} = 1k\Omega + j0k\Omega + 0\Omega - j \cdot 79,58\Omega = 1k\Omega - j \cdot 79,58\Omega$$

$$\begin{aligned} \check{R}_{ges} &= \sqrt{R_{ges,r}^2 + R_{ges,i}^2} \Rightarrow \check{R}_{ges} = \sqrt{(1k\Omega)^2 + (-0,07958k\Omega)^2} = \sqrt{1(k\Omega)^2 + 0,006333(k\Omega)^2} \\ &= \sqrt{1,006333(k\Omega)^2} = 1,003k\Omega \end{aligned}$$

$$\phi_{R_{ges}} = \arctan \left[ \frac{R_{ges,i}}{R_{ges,r}} \right] \Rightarrow \phi_{R_{ges}} = \arctan \left[ \frac{-79,58\Omega}{1k\Omega} \right] = \arctan(-0,07958) = -4,550^\circ$$

$$\underline{R}_{ges} = 1k\Omega - j \cdot 79,58\Omega = 1,003k\Omega \angle -4,550^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{R}_{ges}} \quad \underline{I}_1 = I_{1,r} + j \cdot I_{1,i} = \check{I}_1 e^{j\phi_{I_1}} = \check{I}_1 \angle \phi_{I_1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \bullet \quad \underline{R}_{ges} = 1k\Omega - j \cdot 79,58\Omega = 1,003k\Omega \angle -4,550^\circ$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2,0V \angle 0^\circ}{1,003k\Omega \angle -4,550^\circ} = 1,994mA \angle 4,550^\circ$$

$$I_{1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \cos[\phi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,r} = 1,994mA \cdot \cos[4,550^\circ] = 1,994mA \cdot (0,9968) = 1,988mA$$

$$I_{1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \sin[\phi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,i} = 1,994mA \cdot \sin[4,550^\circ] = 1,994mA \cdot (0,07933) = 0,1582mA$$

$$\underline{I}_1 = 1,988mA + j \cdot 0,1582mA = 1,994mA \angle 4,550^\circ = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{R_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 1,988mA + j \cdot 0,1582mA = 1,994mA \angle 4,550^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_1 = 1k\Omega + j \cdot 0k\Omega = 1k\Omega \angle 0^\circ$$

$$\underline{U}_{R_1} = 1,994mA \angle 4,550^\circ \cdot 1k\Omega \angle 0^\circ = 1,994V \angle 4,550^\circ$$

$$U_{R_1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \cos[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,r} = 1,994V \cdot \cos[4,550^\circ] = 1,994V \cdot (0,9968) = 1,988V$$

$$U_{R_1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \sin[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,i} = 1,994V \cdot \sin[4,550^\circ] = 1,994V \cdot (0,07933) = 0,1582V$$

$$\underline{U}_{R_1} = 1,988V + j0,1582V = 1,994V \angle 4,550^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{C_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C_1}$$

$$\underline{I}_1 = 1,988mA + j \cdot 0,1582mA = 1,994mA \angle 4,550^\circ \quad \bullet \quad \underline{R}_{C_1} = 0k\Omega - j \cdot 79,58\Omega = 79,58\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1} = 1,994mA \angle 4,550^\circ \cdot 79,58\Omega \angle -90^\circ = 158,7mV \angle -85,45^\circ$$

$$U_{C_1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{C_1}\} = \check{U}_{C_1} \cos[\phi_{R_{C_1}}] \Rightarrow U_{C_1,r} = 158,7mV \cdot \cos[-85,45^\circ] = 158,7mV \cdot (0,07932) = 12,59mV$$

$$U_{C_1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{C_1}\} = \check{U}_{C_1} \sin[\phi_{R_{C_1}}] \Rightarrow U_{C_1,i} = 158,7mV \cdot \sin[-85,45^\circ] = 158,7mV \cdot (-0,9968) = -158,2mV$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1} = 12,59mV - j \cdot 158,2mV = 158,7mV \angle -85,45^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform

Probe:

$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{R1} = 1,988V + j0,1582V = 1,994V \angle 4,550^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 12,59mV - 158,2mV = 158,7mV \angle -85,45^\circ$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 1,988V + j0,1582V + 12,59mV - 158,2mV$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 2,00059V - j0,000V \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E$$

$$\underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1} = 2,00059V \angle 0,000^\circ \approx 2V \angle 0^\circ = \underline{U}_E$$



## 2. Aufgabe - Lösung

2.3.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{A} = \tilde{A} \angle \phi_A = A_r + jA_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 100Hz

$$\underline{U}_E(10\text{kHz}) = 2\text{V} \angle 0^\circ = 2\text{V} + j \cdot 0\text{V}$$

$$\underline{U}_A(10\text{kHz}) = \underline{U}_{C1}(10\text{kHz}) = 12,59\text{mV} - 158,2\text{mV} = 158,7\text{mV} \angle -85,45^\circ$$

$$\underline{A}(10\text{kHz}) = \frac{158,7\text{mV} \angle -85,45^\circ}{2\text{V} \angle 0^\circ} = 0,07935 \angle -85,45^\circ$$

$$A_r(10\text{kHz}) = \text{Re}\{\underline{A}\} = \tilde{A} \cos[\phi_A] \Rightarrow A_r = 0,07935 \cdot \cos[-85,45^\circ] = 0,07935 \cdot (0,07933) = 0,006295$$

$$A_i(10\text{kHz}) = \text{Im}\{\underline{A}\} = \tilde{A} \sin[\phi_A] \Rightarrow A_i = 0,07935 \cdot \sin[-85,45^\circ] = 0,07935 \cdot (-0,9968) = -0,07910$$

$$\underline{A}(10\text{kHz}) = 0,006295 - j \cdot 0,07910 = 0,07935 \angle -85,45^\circ$$

## 2. Aufgabe - Teil 2.4

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

## 2. Aufgabe -Lösung

2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

$$\underline{A} = \tilde{A} \angle \phi_A = A_r + j \cdot A_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

Frequenz 100Hz

$$\underline{U}_E(100\text{Hz}) = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \bullet \quad \underline{U}_A(100\text{Hz}) = \underline{U}_{C1}(100\text{Hz}) = 1,968V - j \cdot 247,1mV = 1,983V \angle -7,16^\circ$$

$$\underline{A}(100\text{Hz}) = 0,9838 - j \cdot 0,1235 = 0,9915 \angle -7,16^\circ$$

Frequenz 1kHz

$$\underline{U}_E(1\text{kHz}) = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \bullet \quad \underline{U}_A(1\text{kHz}) = \underline{U}_{C1}(1\text{kHz}) = 775,3mV - j \cdot 974,2mV = 1,245V \angle -51,49^\circ$$

$$\underline{A}(1\text{kHz}) = 0,3876 - j \cdot 0,4871 = 0,6225 \angle -51,49^\circ$$

Frequenz 10kHz

$$\underline{U}_E(10\text{kHz}) = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \bullet \quad \underline{U}_A(10\text{kHz}) = \underline{U}_{C1}(10\text{kHz}) = 12,59mV - 158,2mV = 158,7mV \angle -85,45^\circ$$

$$\underline{A}(10\text{kHz}) = 0,006295 - j \cdot 0,07910 = 0,07935 \angle -85,45^\circ$$

2. Aufgabe -Lösung

2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$  ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

Frequenz	$R_1$		$R_{C1}$		$U_E$		$U_A$		A	
	Betrag	Phase	Betrag	Phase	Betrag	Phase	Betrag	Phase	Betrag	Phase
100Hz	1k $\Omega$	0°	7,958k $\Omega$	-90°	2V	0°	1,983V	-7,16°	0,9915	-7,16°
1kHz	1k $\Omega$	0°	795,8 $\Omega$	-90°	2V	0°	1,245V	-51,49°	0,6625	-51,49°
10kHz	1k $\Omega$	0°	79,58 $\Omega$	-90°	2V	0°	0,1587V	-85,45°	0,07935	-85,45°
Frequenz	$I_1$									
	Betrag	Phase								
100Hz	0,2493mA	82,84°								
1kHz	1,565mA	38,51°								
10kHz	1,994mA	4,550°								