

1.2.1.2 Rechnen mit Zehnerpotenzen

Seite 13

1. a) 1000099 b) -89,999 c) 1002000
2. a) 89,99 b) 1,0000011 c) 0,001999
3. a) 10^4 b) 10^{11} c) 10^{18}
4. a) 10^3 b) 10^{13} c) 10^{-9}
5. a) 10^0 b) 10^{-3} c) 10^2
6. a) 10^{-12} b) 10^{-5} c) 10^6
7. a) 10 000 b) 0,001 c) 100
8. a) 10 b) 100 c) 1000
9. a) $35 \cdot 10^7$ b) 0,46 c) $25 \cdot 10^{-6}$ d) $8,4 \cdot 10^{-4}$
10. a) 0,1 b) 4900 c) 0,004 d) 0,00001
11. $1,89 \cdot 10^9$
12. 19,0

1.2.2 Sonstige Potenzen mit ganzen Exponenten

Seite 14

1. a) 4 b) 2 c) 1 d) 16
2. a) 64 b) 8 c) 1 d) 512
3. a) 100 b) 32768 c) 1024 d) 256
4. a) 4 b) 1024 c) 0,25 d) 4096
5. a) $\frac{1}{54}$ b) 50 c) 4
6. a) 2 b) 25 c) 9
7. a) 262144 b) 1
8. a) 196 b) $\frac{112}{27}$
9. 256
10. 128 \Rightarrow Zahlen 0 bis 127
11. 2097152

1.3 Rechnen mit Wurzeln

Seite 15

1. a) 7 b) 50 c) 12 d) 40
2. a) 8 b) 60 c) 9 d) 30
3. a) 65,12 b) 262,2 c) 675,2 d) 174,4
4. a) 80,87 b) 203,6 c) 931,5 d) 58,49

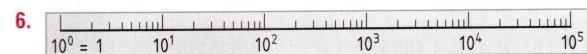
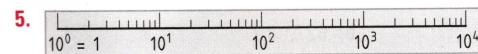
5. a) 5,831 b) 5,468 c) 3,202
6. a) 5,385 b) 6,763 c) 3,905
7. a) 3,873 b) 4,672 c) 2
d) 1,913 e) 11,18 f) 2
8. a) 5,916 b) 6,35 c) 2,236
d) 2 e) 18,52 f) 2

1.4 Logarithmen

1.4.1 Zehnerlogarithmen

Seite 16

1. a) 1,1761 b) 1,3617 c) 1,6128
d) 1,9345 e) 1,9395
2. a) 1,4149 b) 1,8325 c) 1,8865
d) 1,9823 e) 2,3802
3. a) $0,6990 - 1 = 9,6990 - 10$
b) 0,5441
c) 0,8325
d) $0,6335 - 2 = 8,6335 - 10$
4. a) $0,8451 - 1 = 9,8451 - 10$
b) 0,9395
c) 0,7727
d) $0,9243 - 3 = 7,9243 - 10$



7. $l_x = 5,59 \text{ cm}$

8. $l_x = 6,02 \text{ cm}$

9. $l_{10} = 6,49 \text{ cm}$

10. $x = 0,3$

1.4.2 Logarithmische Darstellung, Linearisieren

Seite 17

1. a) $E = 300 \text{ lx}$; $I = 200 \mu\text{A}$
b) $E = 40 \text{ lx}$; $I = 5 \mu\text{A}$
2. a) $E = 100 \text{ lx}$; $I = 8 \mu\text{A}$
b) $E = 2000 \text{ lx}$; $I = 80 \mu\text{A}$
3. a) $f = 1000 \text{ Hz}$; 22 V
b) $f = 500 \text{ Hz}$; 16 V
4. a) $U = 30 \text{ V}$; $f = 2500 \text{ Hz}$
b) $U = 5 \text{ V}$; $f = 25 \text{ Hz}$

5.	T_A	+85 C	+25 C	-40 C
	$I_{\text{OUT}} = 1 \text{ mA}$	5,03 V	5,01 V	4,975 V
	$I_{\text{OUT}} = 50 \text{ mA}$	5,02 V	5 V	4,975 V

6. $I_{\text{OUT}} = 0,15 \text{ A}$

Natürlicher Logarithmus

Seite 17

7. a) 2,4849 b) 3,1781 c) 3,8501 d) 4,4543 e) 4,5643

8. a) 3,5553 b) 3,0445 c) 4,0254 d) 4,3175 e) 4,4886

1.5 Kehrwert, Prozentrechnen

Seite 18

1. a) 0,027778 b) 0,0678571 c) 0,125

2. a) 0,09375 b) -0,075 c) 0,7666667

3. a) 12 b) 12 c) 3 d) 3 e) $\frac{15}{20} = \frac{3}{4}$

4. a) $\frac{5}{2}$ b) $\frac{1}{6}$ c) 10 d) 4 e) $\frac{16}{9}$

5. a) 4,167 b) 1,167 c) 4 d) 0 e) 1,545

6. a) 2,636 b) 0,95 c) 0,1 d) 0,033 e) 0,833

7. a) 64,12 b) 622,08 €

8. a) 18,24 N b) 125,8 m²

9. $R_{\min} = 4,465 \text{ k}\Omega; R_{\max} = 4,935 \text{ k}\Omega$

10. $C_{\min} = 15,3 \text{ mF}; C_{\max} = 14,7 \text{ mF}$

11. $W = 125,6 \text{ €}$

12. a) 37 € b) 1813 €

1.6 Funktionen

1.6.1 Beschreibungsformen bei Funktionen

Seite 20

1. Siehe Lösungsbuch.

2. a) $U = f(d)$ b) $P = f(I); U = \text{konst.}$

3. Siehe Lösungsbuch.

4. a) 36 kΩ b) 16 kΩ c) 7 kΩ
d) 150 Ω e) 250 Ω f) 2,6 kΩ

5. a) 65 kΩ b) 30 kΩ c) 15 kΩ
d) 5,6 kΩ e) 2,5 kΩ f) 1,25 kΩ

1.6.2 Lineare Funktionen

Seite 20

1. Siehe Lösungsbuch.

2. Siehe Lösungsbuch.

3. a) $U = -10 \Omega \cdot I + 20 \text{ V}$
b) Siehe Lösungsbuch.
c) $m = -10 \frac{\text{V}}{\text{A}}$

4. a) $I = 25 \text{ mS} \cdot U_0$
b) Ursprungsgerade 10 V/250 mA.
c) $m = 25 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$

1.6.3 Trigonometrische Funktionen

1.6.3.1 Sinusfunktion und Kosinusfunktion

Seite 21

1. a) $\delta = 17,6^\circ; Z = 2,518 \text{ k}\Omega, R = 761 \text{ }\Omega$
b) $\delta = 10^\circ; Z = 737 \Omega; X_L = 726 \Omega$
c) $\varphi = 82,78^\circ; R = 75,8 \text{ }\Omega; X_L = 598 \Omega$

2. a) $\sin \varphi = 0,929; \varphi = 68,2^\circ; \delta = 21,8^\circ;$
 $\cos \varphi = 0,3714; R = 1,04 \text{ k}\Omega$
b) $\cos \varphi = 0,3; \varphi = 72,54^\circ; \delta = 17,46^\circ;$
 $\sin \varphi = 0,954; X_L = 1202 \Omega$
c) $\sin \varphi = 0,758; \varphi = 49,3^\circ; \delta = 40,7^\circ;$
 $\cos \varphi = 0,652; R = 37 \text{ k}\Omega$

3. $s = 11,04 \text{ m}$

1.6.3.2 Graphen der Sinusfunktion und der Kosinusfunktion

Seite 22

1. a) $\sin 243^\circ = -0,891$ b) $\sin 63^\circ = 0,891$

2. a) $\cos 348^\circ = 0,978$ b) $\cos 127^\circ = -0,602$

3. a) $t_1 = 1,2 \mu\text{s}$ b) $t_2 = -3,36 \mu\text{s}$
c) $t_3 = 5,59 \mu\text{s}$

4. a) $f_1 = 11,581 \text{ kHz}$ b) $f_2 = 56,8 \text{ Hz}$
c) $f_3 = 14,974 \text{ MHz}$

5. Siehe Lösungsbuch.

6. Siehe Lösungsbuch.

7. Siehe Lösungsbuch.

8. Siehe Lösungsbuch.

1.6.3.3 Tangensfunktion

Seite 23

1. a) $m = 8\%$ b) $\alpha = 4,574^\circ$
2. $h = 49,46 \text{ m}$
3. a) $\alpha = 29,36^\circ$ b) $l = 104,59 \text{ cm}$, $h = 58,83 \text{ cm}$
4. a) $h = 1,73 \text{ m}$ b) $l_{AB} = 6,93 \text{ m}$
5. a) $h = 2,19 \text{ m}$ b) $l_{AB} = 7,5 \text{ m}$

2 Rechnen mit Größen

2.1 Begriffe beim Rechnen mit Größen

Seite 24

1. a) Spannung b) Stromstärke c) Zeit
d) Länge e) Widerstand
2. a) Volt b) Ampere c) Kilogramm
d) Ohm e) Sekunden
3. a) An einer Diode liegt eine Spannung von $1,5 \text{ V}$.
b) Durch einen Schichtwiderstand fließt ein Strom von $0,6 \text{ A}$.
4. a) An einem Kondensator liegt eine Spannung von 120 V .
b) Durch eine Diode fließt ein Strom von $0,2 \text{ A}$.

2.2 Umrechnen der Einheiten

Seite 25

1. a) $44,2 \text{ V}$ b) 2 mA
c) $0,00022 \text{ V}$ d) 88 mV
2. a) 7050 V b) $0,88 \Omega$
c) $0,84 \text{ mA}$ d) $0,00000825 \text{ s}$
3. $10000 \text{ M}\Omega$
4. $820000 \text{ k}\Omega$
5. $8,02 \text{ kA}$
6. $1,8 \text{ mW}$

2.3 Addition und Subtraktion

Seite 25

1. a) $1,333 \text{ kV}$ b) $0,78 \text{ A}$ c) 264Ω
2. a) $3,53 \text{ A}$ b) $220 \text{ mV} + 0,3 \text{ A}$ c) 1490 mm

Seite 26

3. a) $215,2 \text{ V}$ b) $0,1 \text{ A}$ c) $318,5 \text{ k}\Omega$
4. a) $218,5 \text{ V}$ b) $20,65 \text{ mV}$ c) 800 ms
5. a) $2 \text{ V} - 22 \text{ A}$ b) $44,1 \text{ V} - 0,1 \text{ A}$
6. a) $1 \text{ ms} + 500 \text{ A} - 300 \text{ V} - 1 \text{ mm}$
b) $-3 \text{ mV} - 0,5 \text{ k}\Omega + 2 \text{ A}$

2.4 Multiplikation und Division

Seite 26

1. a) 42 W b) 42 mW c) $24 \mu\text{W}$ d) 36 W
2. a) 42 mW b) 6 W c) 16 mW d) 42 nW
3. a) 5Ω b) $1,5$
4. a) 2 b) $6 \text{ k}\Omega$
5. a) 2 ns b) $2 \mu\text{A}$ c) 2 mV d) $7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
6. a) $2000 \frac{1}{\text{s}}$ b) $1,5 \frac{1}{\text{s}}$ c) 15 MV d) $10000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

3 Rechnen mit Formeln

3.1 Umstellen von Formeln

Seite 27

1. a) $2V = \frac{2a^2h}{3}$ b) $3V = a^2h$
c) $-6V = -2a^2h$ d) $-V = \frac{-a^2h}{3}$
2. a) $R_1 + R_2 + R_3 = \frac{U}{I} + R_3$ b) $2R_1 + R_2 = \frac{U}{I} + R_1$
c) $R_1 = \frac{U}{I} - R_2$ d) $R_1 + R_2 + \frac{U_3}{I} = \frac{U+U_3}{I}$
3. a) $x = \frac{1}{a-b}$ b) $x_1 = a+b$; $x_2 = -(a+b)$
c) $x = \frac{D}{2} + 2y$ d) $x = \frac{2U-6y}{3}$
4. a) $y = \frac{2a}{5} - 2x$ b) $y = 7d + \frac{A}{x}$
c) $y = \frac{3bx}{5a}$ d) $y = \frac{b-a}{3}$
5. $h = \frac{2A}{d+e}$
6. $h = \frac{3V}{F-G}$
7. a) $d = \sqrt[4]{\frac{4V}{\pi l}}$ b) $d = \sqrt[3]{\frac{12V}{\pi}}$

8. a) $N = \frac{\sqrt{2U}}{2\pi A \hat{B} f}$

b) $N = \frac{Rd^2}{4DQ}$

9. a) $R_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}$

b) $R_2 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3}$

c) $R_3 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2}$

d) $R_4 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$

Seite 28

10. a) $I_1 = \frac{A_2 \cdot l_2}{A_1}$

b) $I_2 = \frac{A_1 \cdot l_1}{A_2}$

c) $A_2 = \frac{l_1 \cdot A_1}{l_2}$

d) $A_1 = \frac{A_2 \cdot l_2}{l_1}$

11. a) $h = \frac{3G}{m-n}$

b) $n = \frac{mh-3G}{h}$

12. a) $h = \frac{3A}{l+m+n}$

b) $m = \frac{3A}{h} - l - n$

13. $R_1 = \frac{R \cdot R_2}{R_2 - R}$

14. $C_2 = \frac{C \cdot C_1}{C_1 - C}$

15. $l = \frac{UA}{\varrho I}$

16. $R = \frac{U^2}{P}$

17. a) $L = \frac{1}{C(2\pi f_x)^2}$

b) $\sqrt{C} = \frac{1}{2\pi f_x \sqrt{L}}$

18. a) $R = \sqrt{Z^2 - \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

b) $L = \sqrt{\frac{Z^2 - R^2}{\omega}} + \frac{1}{\omega^2 C}$

19. $v_e = \sqrt{v_a^2 - 2as}$

20. a) $A = a^2 \left(\frac{\pi}{2-1} \right)$

b) $a = \sqrt{\frac{A}{\frac{\pi}{2}-1}}$

21. $R_e = \frac{R_k}{V \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) - 1}$

22. $V = \frac{U_1}{U_2} = \frac{R(I_1 + I_3) + U_z}{R(I_2 + I_4) + U_z}$

23. $f = \frac{\sqrt{C_1 + C_2}}{2\pi \sqrt{C_1 C_2 L}}$

24. a) $\alpha = \frac{\ln V}{\mu}$

b) $\mu = \frac{\ln V}{\alpha}$

3.2 Formel als Größen-Gleichung

3.2.1 Längen und Flächen

Seite 29

1. a) $l_3 = 1,10 \text{ m}$

b) $l = 77 \text{ mm}; l_1 = 15 \text{ mm}; l_2 = 40 \text{ mm}; l_3 = 22 \text{ mm}$

2. a) $l_4 = 1,15 \text{ m}$

b) $l = 195 \text{ mm} \quad l_1 = 37,5 \text{ mm}$
 $l_2 = l_3 = 50 \text{ mm} \quad l_4 = 57,5 \text{ mm}$

3. a) $D = 25 \text{ mm}$

b) $z \approx 44 \quad c) N_1 = 167$

d) $d_m = 17 \text{ mm} \quad e) N = 7348 \quad f) l = 392 \text{ m}$

g) $A = 0,02 \text{ mm}^2$

Seite 30

4. a) $b_1 + 2 \cdot h = 16 \text{ mm}; a_1 + 2 \cdot h = 22 \text{ mm}; b = 40 \text{ mm}$

b) $N_1 = 222 \quad c) z \approx 33$

d) $N = 7326 \quad e) l_m = 46,85 \text{ mm}$

f) $l = 343 \text{ m} \quad g) A = 0,0214 \text{ mm}^2$

5. Quadrat: $A = 16 \text{ cm}^2; u = 16 \text{ cm}; e = 5,656 \text{ cm}$

Dreieck: $A = 3 \text{ cm}^2$

Kreis: $A = 19,64 \text{ cm}^2; u = 15,7 \text{ cm}$

6. Quadrat: $l = 6 \text{ cm}; u = 24 \text{ cm}; e = 8,484 \text{ cm}$

Trapez: $A = 100 \text{ mm}^2$

Kreis: $A = 78,5 \text{ mm}^2; u = 31,4 \text{ mm}$

7. $V = 178,2 \text{ l}$

8. a) $A_{AI} = 183,8 \text{ mm}^2 \quad b) A_{St} = 29,8 \text{ mm}^2$

c) $\frac{A_{AI}}{A_{St}} = 6,17 : 1$

9. a) $9,6 \text{ m}^2 \quad b) 8,0 \text{ m}^2 \quad c) 12 \quad d) 3 \cdot 4 \text{ Module}$

3.2.2 Satz des Pythagoras

Seite 30

1. $a = 12 \text{ cm}; b = 6 \text{ cm}; c = 13,42 \text{ cm}$

$a = 24,49 \text{ cm}; b = 5 \text{ cm}; c = 25 \text{ cm}$

$a = 14 \text{ cm}; b = 33,17 \text{ cm}; c = 36 \text{ cm}$

2. $a = 2,5 \text{ m}; b = 15,8 \text{ m}; c = 16 \text{ m}$

$a = 2,7 \text{ cm}; b = 3,3 \text{ cm}; c = 4,26 \text{ cm}$

$a = 1,8 \text{ m}; b = 1,59 \text{ m}; c = 2,4 \text{ m}$

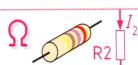
3. $c = 4,08 \text{ m}$

3.2.3 Geschwindigkeiten

Seite 31

1. $s = 9,5 \text{ km}$

2. $t = 15 \text{ min } 47 \text{ s}$



3. $t = 2,56 \text{ s}$

4. $t = 1,72 \text{ h}$

5. a) $v = 2277,65 \text{ mm/s}$ b) $\omega = 151,8 \frac{1}{\text{s}}$

6. a) $n_1 = 454 \frac{1}{\text{min}}$ $n_2 = 227 \frac{1}{\text{min}}$
b) $\omega_1 = 47,5 \frac{1}{\text{s}}$ $\omega_2 = 23,75 \frac{1}{\text{s}}$

7. a) $\omega = 1256,6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ b) $\alpha_1 = 72^\circ$

8. $t_2 = 2,78 \text{ ms}$

9. 3,6

10. a) $t = 66,7 \mu\text{s}$ b) 62 m

4.2.2 Widerstand und Temperatur

Seite 33

1. $R_{\text{wNi}} = 100,9 \Omega$ $R_{\text{wC}} = 97 \Omega$

2. Spule: $R_w = 67,02 \Omega$; Widerstand: $R_w = 59,1 \Omega$

3. $\alpha = -0,0125 \frac{1}{\text{K}}$

4. $\alpha = 8,28 \frac{1}{\text{K}}$

4 Elektrotechnische Grundlagen

4.1 Stromdichte

Seite 32

1. $J = 1,813 \text{ A/mm}^2$

2. $J_1 = 13,33 \text{ A/mm}^2$ $J_2 = 3,571 \text{ A/mm}^2$

3. a) $J = 0,045 \text{ mm}^2$

b) $d = 0,24 \text{ mm}$

4. a) $J = 0,2 \text{ mm}^2$

b) $d = 0,505 \text{ mm}$

5. $I = 0,152 \text{ A}$

6. $I = 0,106 \text{ A}$

7. a) $A = 0,035 \text{ mm}^2$ b) $J = 88,57 \text{ A/mm}^2$

8. a) $A = 0,14 \text{ mm}^2$ b) $J = 29,28 \text{ A/mm}^2$

4.2.3 Leiterwiderstand

Seite 34

1. $R = 0,0714 \Omega$

2. $R = 1,194 \Omega$

3. $R = 2,62 \Omega$

4. $R = 23,6 \Omega$

5. $l = 1,782 \text{ m}$

6. $A = 1129 \text{ m}$

7. $A_{\text{Al}} = 1,56 \cdot A_{\text{Cu}}$

8. 1 : 1,56 : 7,27

9. $R = 10^{11} \Omega$

10. $R = 255 \cdot 10^{12} \Omega$

4.2 Widerstände

4.2.1 Widerstand und Leitwert

Seite 33

1. a) $G = \frac{1}{30} \text{ S}$ b) $G = \frac{1}{10} \text{ S}$ c) $G = \frac{1}{15} \text{ mS}$
d) $G = 0,5 \mu\text{S}$ e) $G = 1,25 \text{ kS}$ f) $G = 0,122 \text{ mS}$

2. a) $R = \frac{1}{15} \Omega$ b) $R = \frac{1}{8} \text{ k}\Omega$ c) $R = 2,08 \Omega$
d) $R = 6,21 \text{ k}\Omega$ e) $R = \frac{1}{3} \text{ M}\Omega$ f) $R = 8,06 \text{ k}\Omega$

3. a) $820 \Omega \pm 10\%$ b) $1,5 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ c) $150 \Omega \pm 5\%$
d) $4,7 \text{ k}\Omega \pm 20\%$ e) $6,8 \text{ M}\Omega \pm 5\%$

4. a) $2,7 \text{ M}\Omega \pm 10\%$ b) $5,6 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ c) $820 \text{ k}\Omega \pm 5\%$
d) $47 \text{ k}\Omega \pm 10\%$ e) $240 \text{ k}\Omega \pm 10\%$

4.3 Das Ohm'sche Gesetz

Seite 35

1. $I_1 = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$

2. $I = 113,3 \Omega$

3. $R = 115 \Omega$

4. $U_2 = 5 \text{ V}$

5. $R_3 = 800 \Omega$

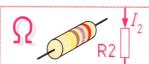
6. a) $R_1 = 0,357 \text{ k}\Omega$ b) $U_4 = 9 \text{ V}$

7. $R = 55 \Omega$

8. $R = 1 \text{ k}\Omega$

9. $I_1 = I_2 = I_3 = 9,1 \text{ mA}$

10. a) $U = 5,5 \text{ V}$ b) $U_{\text{ges}} = 16,5 \text{ V}$



4.4 Messen

4.4.1 Anzeigefehler bei Zeigermessgeräten

Seite 36

1. a) $I = 5,50 \text{ A}$ b) $F = \pm 0,15 \text{ A}$
- c) $I_{\max} = 5,65 \text{ A}; I_{\min} = 5,35 \text{ A}$ d) $f = \pm 0,027$
2. a) $I = 33,0 \text{ mA}$ b) $F = \pm 0,9 \text{ mA}$
- c) $I_{\min} = 32,1 \text{ mA}; I_{\max} = 33,9 \text{ mA}$ d) $f = \pm 0,027$
3. a) $U = 26,15 \text{ V}; F = \pm 0,05 \text{ V}$
 $U_{\max} = 26,20 \text{ V}; U_{\min} = 26,10 \text{ V}$
b) $f = \pm 0,0019 \Rightarrow \pm 0,2 \%$
4. a) $I = 15,75 \text{ A}; F = \pm 0,125 \text{ A}$
 $I_{\min} = 15,625 \text{ A}; I_{\max} = 15,875 \text{ A}$
b) $f = \pm 0,00794 \approx \pm 0,8 \%$
5. Klasse 0,25
6. a) $\Delta U = \pm 1,5 \text{ V}; f = 0,652 \%$
b) $\Delta UV = \pm 5 \text{ V}; f = 2,17 \%$
7. a) $0,225 \text{ V}$ b) $0,025 \text{ V}$

4.4.2 Digitales Messen mit DMM

Seite 37

1. $B_M = 399,9 \text{ mV}$
2. a) 5-stellige Anzeige b) $A = 100 \Omega$
3. $M_s = 2,493 \text{ mA}$ bis $2,507 \text{ mA}$
4. a) $A = 5 \text{ mV}$ b) $F = \pm 184 \text{ mV}$ c) $f \approx \pm 0,56 \%$
5. a) $B_A = 3200$ b) $F_1 \approx \pm 7 \text{ k}\Omega$
c) $f_1 \approx \pm 3 \%$ d) $f_2 \approx \pm 0,86 \%$
6. a) $f = -0,95 \%$ b) $k = \pm 0,98 \%$

4.4.3 Digitales Multimeter DMM

Seite 38

1. $n = 102$
2. $U_{\text{ref}} = 2 \text{ V}$
3. a) $Q_L = 15 \mu\text{As}$ b) $I_L = 0,03 \text{ mA}; I_E = 0,1 \text{ mA}$
4. $t_{\text{ges}} = 650 \text{ ms}$

4.5 Rechnen mit Bezugspfeilen

Seite 39

1. $U = 10 \text{ V}$

2. $R_1 = 0,5 \Omega$

3. $R_L = 1,25 \Omega$

4. $I_2 = -1 \text{ A}$, Richtung entgegengesetzt zum Bezugspfeil

Seite 40 oben

5. $U = 72 \text{ V}$

6. $U_5 = -24 \text{ V}$

7. a) $U_1 = 10 \text{ V}; U_2 = -20 \text{ V}; U_3 = -40 \text{ V}$
b) $U = 70 \text{ V}$

8. Punkt A: $U_1 = 10 \text{ V}$

Punkt B: $U_2 = -20 \text{ V}$

Punkt C: $U_{3M} = -60 \text{ V}$

9. $U_{AB} = 30 \text{ V} \quad U_{AC} = 70 \text{ V} \quad U_{BA} = -30 \text{ V}$

4.6 Elektrische Leistung bei Gleichspannung

Seite 40 unten

1. $I = 3,16 \text{ mA}$

2. $U = 108,40 \text{ V}$

3. $P = 0,625 \text{ W}$

4. $P = 0,133 \text{ W}$

5. $U = 3,87 \text{ V}$

Seite 41

6. a) $U = 2,121 \text{ V}$ b) $U = 8,22 \text{ V}$

c) $U = 25,98 \text{ V}$ d) $U = 118,32 \text{ V}$

7. a) $P = 9,6 \text{ W}$ b) $P_{\text{ges}} = 4,5 \text{ W}$

8. a) $I = 4,44 \text{ mA}$ b) $P = 53,3 \text{ mW}$

9. a) $I = 0,0857 \text{ A}$ b) $P = 1,028 \text{ W}$

10. a) $R_F = 1,2 \Omega$ b) $P_F = 1,2 \text{ W}$

11. a) $R_R = 160 \text{ M}\Omega$ b) $P_R = 4 \text{ mW}$

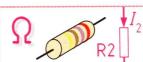
12. $U = 6,75 \text{ V}$

13. $P = 2,056 \text{ kW}$

14. a) 220 V: $P = 440 \text{ W}$; 110 V: $P = 110 \text{ W}$

b) 220 V: $P = 80 \text{ W}$; 110 V: $P = 20 \text{ W}$

15. a) $P = 160 \text{ W}$ b) $P = 10 \text{ W}$



4.7 Arbeit und Energie

4.7.1 Elektrische Arbeit

Seite 42

1. $W = 2,04 \text{ kWh}$

2. $W = 1,008 \text{ kWh}$

3. $U = 5,21 \text{ V}$

4. $U = 220 \text{ V}$

5. $t = 20 \text{ s}$

6. $t = 6,25 \text{ s}$

7. $K_A = 3,53 \text{ €}$

8. $t = 1202 \text{ h}$

9. a) $W = 11,27 \text{ MJ}$ b) $W = 8,14 \text{ MJ}$ c) $K_A = 0,90 \text{ €/h}$

10. a) $W = 2,83 \text{ kJ}$ b) $W = 169,5 \text{ J}$

11. $K_A = 9,36 \text{ €}$

4.7.2 Mechanische Arbeit und Leistung

Seite 43

1. $W = 81,25 \text{ kNm}$

2. $s = 20 \text{ m}$

3. $P = 1,6 \text{ kW}$

4. $P = 6,67 \text{ kW}$

5. $P = 470,9 \text{ kW}$

6. $P = 1,308 \text{ kW}$

7. a) $P = 163,5 \text{ W}$ b) $W = 588,6 \text{ kJ}$

8. a) $P = 436 \text{ kW}$ b) $P = 727 \text{ kW}$

9. $V_{\text{Diesel}} = 52,9 \text{ l}$

4.7.3 Mechanische Arbeit und Leistung bei Drehbewegung

Seite 44

1. $P = 1,465 \text{ W}$

2. $P = 1340 \text{ W}$

3. a) $\omega = 1885 \text{ rad/s}$ b) $M = 9,55 \text{ mNm}$

4. a) $P = 1 \text{ W}$ b) $n = 1910/\text{min}$

5. a) $M = 0,796 \text{ Nm}$ b) $M = 9,55 \text{ mNm}$
c) $M = 1,18 \text{ Nm}$

6. a) $\omega = 31,4 \text{ l/s}$ b) $P = 37,7 \text{ W}$

7. a) $n = 2,65 \text{ l/s}$ b) $v = 21 \text{ km/h}$

8. a) $P = 213,7 \text{ W}$ b) $t = 1 \text{ h } 41 \text{ min}$

9. a) $W = 503 \text{ Nm}$ b) $P = 33,5 \text{ W}$

10. $W = 21,9 \text{ kWh}$

11. $J = 3,04 \cdot 10^3 \text{ kgm}^2$

4.7.4 Wirkungsgrad und Arbeitsgrad

Seite 45

1. $\eta = 0,224 \text{ h}$

2. $I = 0,262 \text{ A}$

3. $\eta = 0,538$

4. $\eta = 0,547$

5. a) $P_{ab1} = 184 \text{ W}$ b) $P_{ab2} = 174,8 \text{ W}$
c) $P_{\text{auf4}} = P_{ab3} = 157,3 \text{ W}$ d) $\eta_{12} = 0,76$
e) $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots$

6. a) $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$
b) $I_1 = 13,14 \text{ A}, I_2 = 13,14 \text{ A}, I_3 = 13,1 \text{ A}, I_4 = 12,5 \text{ A}$

7. a) $W_{\text{auf}} = 21,64 \text{ kWh}$ b) $\zeta = 16,6 \%$

8. a) $W_{\text{auf}} = 3006 \text{ kWh}$ b) $\zeta = 79 \%$

4.8 Grundschaltungen

4.8.1 Reihenschaltung

Seite 46

1. $R_3 = 90 \Omega$

2. $680 \Omega, 220 \Omega, 100 \Omega$

3. a) $R = 930 \Omega$ b) $U_1 = 24,7 \text{ V}$

4. a) $R = 675 \Omega$ b) $U_3 = 88,9 \text{ V}$

5. a) $I = 1,846 \text{ mA}$ b) $U_1 = 7,38 \text{ V}; U_2 = 4,62 \text{ V}$

6. $U_{AB} = 2 \text{ V}; U_{BC} = 5 \text{ V}; U_{CD} = 1 \text{ V}; U_{AC} = 7 \text{ V}; U_{AD} = 8 \text{ V}; U_{BD} = 6 \text{ V}$

7. a) $R_v = 650 \Omega$ b) $P_v = 4,16 \text{ W}$

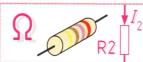
8. $R_v = 72 \Omega; P_v = 18 \text{ W}$

9. $I = 5 \text{ mA}$

10. $U = 18,1 \text{ V}$

11. $R_v = 209 \Omega; P_v = 6,92 \text{ W}$; gewählt: $210 \Omega, 10 \text{ W}$

12. $R_1 = 5800 \Omega; R_2 = 10\,200 \Omega$



4.8.2 Parallelschaltung

Seite 47

1. $R = 0,0667 \Omega$

2. a) $R = 5 \Omega$ b) $G = 0,2 S$

3. $R_2 = 0,2 \Omega$

4. a) $G_1 = 1,6 mS$ b) $R = 0,156 k\Omega$

5. a) $I_2 = 2,5 mA$ b) $R = 4,35 k\Omega$

6. $U = 2,16 V$

7. a) $R = 12,6 \Omega$ b) $U = 4 V$

8. $U = 50 V$

b) $I = 50 mA$

c) $I_1 = I_2 = 25 mA$

$I_3 = I_4 = 12,5 mA$

$I_5 = I_6 = 6,25 mA$

d)	S1	S2	S3	I_{AB}
	0	0	0	0 mA
	1	0	0	6,25 mA
	0	1	0	12,5 mA
	1	1	0	18,75 mA
	0	0	1	25 mA
	1	0	1	31,25 mA
	0	1	1	37,5 mA
	1	1	1	50 mA

OFF: S = 0; ON: S = 1

4.8.3 Gemischte Schaltungen

Seite 48

1. $R = 4,60 k\Omega$

2. $R = 1,35 M\Omega$

3. $R = 132,7 \Omega$

4. $R_x = 19,93 k\Omega$

5. $R_y = 6000 \Omega$

Seite 49

6. $I_1 = 0,4 A$; $U_2 = 13,2 V$; $U_4 = 19,2 V$;
 $I_4 = 0,873 A$; $I_3 = 1,273 A$; $U_3 = 80,8 V$;
 $R_3 = 63,5 \Omega$

7. $I_{12} = 8 mA$; $I_2 = 2 mA$; $U_4 = 400 V$; $U_3 = 160 V$
 $U_1 = 240 V$; $R_1 = 40 k\Omega$; $R_2 = 120 k\Omega$

8. $P_1 = 64 W$; $P_2 = 160 W$; $P_3 = 48 W$; $P_4 = 64 W$

9. $P = 27 W$

10. $U_{b2} = 116,67 V$

11. $I_{b2} = 0,8 A$

12. $U_x = -5,54 V$

13. $\frac{U_1}{U_4} = 1,60$

Seite 50

14. $R_1 = 420 \Omega$; $R_2 = 300 \Omega$; $R_L = 263,2 \Omega$

15. a) $R_2 = 40 \Omega$; $R_1 = 21,6 \Omega$
b) $P_2 = 0,9 W$; $P_1 = 1,67 W$

16. $R_{P1} = 60 \Omega$; $R_{P2} = 48 \Omega$
 P_1 wird überlastet!

17. a) $R_g = 1 k\Omega$

18. a) $2,88 \Omega$ b) $1,18 m$
c) $1,58 \Omega$ d) $7,6 A$
e) $40,5 W$ f) $43,72 W \Rightarrow P_r \uparrow$
g) $11,67 W$ h) rechter Heizgriff kalt

4.8.4 Spannungsteiler

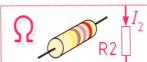
Seite 51

1. a) $U_{20} = 100 V$ b) $U_{20} = 66,7 V$
c) $U_{20} = 50 V$ d) $U_{20} = 33,3 V$

2. a) $U_{21} = 0 V$; $U_{22} = 6 V$; $U_{23} = 12 V$
 $U_{24} = 18 V$; $U_{25} = 24 V$
b) Gerade

3. a) $R_{21} = 0 \Omega$: $U_2 = 0 V$
 $R_{22} = 4 k\Omega$: $U_L = 8 V$
 $R_{23} = 8 k\Omega$: $U_L = 14 V$
 $R_{24} = 12 k\Omega$: $U_L = 24 V$
 $R_{25} = 16 k\Omega$: $U_2 = 56 V$
b) Siehe Lösungsbuch.
c) Gerade
d) Siehe Lösungsbuch.

4. a) Leerlauf: $I_L = 0 A$; $U_{20} = 20 V$
b) Nennlast: $U_2 = 16,7 V$; $I_L = 1,39 mA$
c) Kurzschluss: $U_{2k} = 0 V$; $I_k = 8,33 mA$
d) Gerade
5. a) $U_a = +5 V$
b) $U_a = +2,625 V$
c) $U_a = -9,6 V$



4.9 Brückenschaltungen

Seite 52

1. $R_3 = 291,4 \Omega$
2. $R_4 = 351,5 \Omega$
3. $R_2 = 1020 \Omega$
4. $R_1 = 179,9 \Omega$
5. a) $R_3 = 928,5 \Omega$ b) $U_{Br} = 429 \text{ mV}$
6. a) $U_{Br} = -3,57 \text{ mV}$ b) $U_{Br} = 1,79 \text{ mV}$
c) $U_{Br} = -12,5 \text{ mV}$
7. $R_x = 500 \Omega$
8. $R_3 = 16,7 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 25 \text{ k}\Omega$

4.10 Erzeuger-Ersatzschaltungen

4.10.1 Spannungserzeuger

Seite 53

1. $U = 3,75 \text{ V}$
2. $U = 9,3 \text{ V}$
3. $U_2 = 6,0 \text{ V}$
4. $R_i = 0,5 \Omega$
5. a) $R_i = 50 \Omega$ b) $P_{ab1} = 250 \text{ mW}$; $P_{i1} = 125 \text{ mW}$
6. a) $R_i = 50 \Omega$ b) $P_{ab2} = 250 \text{ mW}$; $P_{i2} = 500 \text{ mW}$
7. $R_i = 0,2 \text{ k}\Omega$; $U_0 = 6 \text{ mV}$

4.10.2 Spannungserzeugung mit Fotovoltaik

Seite 54

1. $I_{\text{Lade}} = 24,0 \text{ A}$
2. a) $U = 211,2 \text{ V}$ b) $I = 2,8 \text{ A}$ c) $P = 591,4 \text{ W}$
3. $U_Z = 0,50 \text{ V}$
4. $U_{MPP} = 19,2 \text{ V}$
5. a) $U_{MPP} = 18,0 \text{ V}$; $I_{MPP} = 4,6 \text{ A}$
b) $P_{MPP} = 82,8 \text{ W}$ c) $R_L = 3,91 \Omega$
6. $R_L = 9,7 \Omega$
7. a) $P_{st} = 545 \text{ W}$ b) $P_{MPP} = 82,8 \text{ W}$
c) $\eta_{MPP} = 15,2 \%$
8. a) $P_{st} = 31,36 \text{ kW}$ b) $\eta_{MPP} = 14,8 \%$

4.10.3 Sekundärelemente (der Energieelektronik) aufladen

Seite 55

	W	t (bei $I = 400 \text{ mA}$)	t (bei $I = 1,5 \text{ A}$)
Stichsäge	72 Wh	10 h	$2\frac{2}{3} \text{ h}$
Schrauber	9,36 Wh	3,25 h	$\frac{13}{15} \text{ h}$
Multischleifer	16,2 Wh	3,75 h	1 h
Bohrhammer	43,2 Wh	7,5 h	2 h

2. $Q = 78 \text{ Ah}$
3. a) $W_1 = 8,58 \text{ Wh}$; $W_2 = 17,16 \text{ Wh}$; $W_3 = 25,74 \text{ Wh}$
b) $P_{A1\max} = 5 \text{ W}$; $P_{A2\max} = 10,5 \text{ W}$
c) $t = 2,45 \text{ h}$
d) $I = 500 \text{ mA}$
4. $K = 50,28 \text{ €}$
5. a) $Q = 8,8125 \text{ Ah}$ b) $I = 1,7625 \text{ A}$
6. $W = 30,7 \text{ kWh}$

4.10.4 Anpassungsarten

Seite 56

1. a) $U = 29,5 \text{ V}$ b) $R_i = 0,212 \Omega$
c) Spannungsanpassung
2. $P_{\max} = 153 \mu\text{W}$
3. a) $I = 235 \mu\text{A}$ b) $R_i = 13,89 \text{ k}\Omega$
c) Stromanpassung
4. a) $R = 78 \Omega$ b) $R_i = 8 \Omega$
c) Spannungsanpassung
5. a) $I = 200; 133; 100; 80; 66,7; 57,1; 50; 44,4; 40 \text{ mA}$
b) $U = 0; 6,7; 10; 12; 13,3; 14,3; 15; 15,54; 16 \text{ V}$
c) Bei $\frac{R_L}{R_i} = 1$ ist $U = \frac{U_0}{2}$ und $I = \frac{I_k}{2}$.
6. a) $P[\text{W}] 0; 0,89; 1,0; 0,96; 0,89; 0,82; 0,75; 0,69; 0,64$
b) Bei $\frac{R_L}{R_i} = 1$

Seite 57

7. $P_{ik}/P_{amax} = 4$
8. a) Stromanpassung b) $P = 0$ c) $I_k/I = 2$



9. a) $R_{CE} = 270 \Omega$ b) $P_{max} = 133 \text{ mW}$

10. a) $R_C = 80,4 \Omega$ b) $R_C = 82 \Omega$

11. a) $R_L = R_i \Rightarrow \frac{R_L}{R_i} = 1$ und $\frac{R_i}{R_L} = 1$

$$\frac{P}{P_{max}} = \frac{4}{1 \cdot (1+1)^2} = \frac{4}{4} = 1 \Rightarrow P = P_{max}$$

b) $\frac{P}{P_{max}} = 0,75$ c) $\frac{P}{P_{max}} = 0,75$

12. a) $\eta = 99\%$ b) $\eta = 50\%$ c) $\eta = 0,99\%$

13. a) $I = 150 \text{ mA}$

b) $P_{max} = 1,8 \text{ W}; P_{S1} = P_{S2} = 225 \text{ mW}$
 $P_{S3} = 450 \text{ mW}; P_{S4} = 900 \text{ mW}$

14. a) 158 mV b) $36,75 \mu\text{W}$ c) $9,1 \mu\text{W}$

4.11 Schaltungen simulieren

4.11.1 Schaltungen simulieren mit Multisim

Seite 58

1. Siehe Lösungsbuch.

2. Siehe Lösungsbuch.

3. Siehe Lösungsbuch.

Seite 59

1. Siehe Lösungsbuch.

2. Siehe Lösungsbuch.

3. Siehe Lösungsbuch.

4.11.2 Schaltungen simulieren mit PSpice

Seite 60

1. Siehe Lösungsbuch.

2. Siehe Lösungsbuch.

Seite 61

3. Siehe Lösungsbuch.

4. Siehe Lösungsbuch.

4.12 Temperatur und Wärme

4.12.1 Wärme und Wärmekapazität

Seite 62

1. $Q = 31170 \text{ J}$

2. a) $C = 4416 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ b) $Q = 154560 \text{ J}$

3. $\Delta T = 6,99 \text{ K}$

4. a) $C = 135360 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ b) $Q = 5,01 \text{ MJ}$

5. $Q = 10,8 \text{ kJ}$

6. $Q = 2,412 \text{ kJ}$

7. $Q = 54 \text{ kJ}$

8. $P = 3 \text{ kW}$

4.12.2 Wärmewiderstand

Seite 63

1. $\vartheta_G = 87,5 \text{ }^\circ\text{C}$

2. $\vartheta_j = 78 \text{ }^\circ\text{C}$

3. $R_{th} = 94,7 \text{ K/W}; I_{Zmax45} = 98,7 \text{ mA}$

4. Der Transistor ist mit $160 \text{ }^\circ\text{C}$ nicht überlastet.

5 Wechselstromtechnik

5.1 Wechselgrößen

5.1.1 Periode, Frequenz, Kreisfrequenz, Wellenlänge

Seite 64

1. $f = 20 \text{ kHz}$

2. $f = 8,06 \text{ kHz}$

3. $T = 13,3 \text{ ms}$

4. $t_{Leucht} = 178,5 \text{ ms}$

5. $f = 423 \text{ THz}$

6. $f = 160 \text{ MHz}$

5.1.2 Maximalwert, Spitze-Tal-Wert, Effektivwert

Seite 65

1. $\hat{u} = 18 \text{ V}$

2. $\hat{u} = 990 \text{ V}$

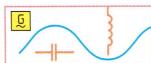
3. $\hat{u} = 325,3 \text{ V}; \hat{i} = 650,6 \text{ A}$

4. a) $\hat{u} = 516 \text{ mA}; \hat{i} = 1,032 \text{ A}$

b) $\hat{u} = 8,49 \text{ V}; \hat{i} = 16,98 \text{ A}$

c) $\hat{i} = 3,39 \text{ A}; \hat{i} = 6,78 \text{ A}$

d) $I_{eff} = I$



e) $\hat{U} = 59,4 \text{ V}$; $\hat{y} = 118,8 \text{ V}$

f) $\hat{U} = 1046,5 \text{ V}$; $\hat{y} = 2093 \text{ V}$

5. $\hat{U} = 200 \text{ mV}$; $\hat{y} = 400 \text{ mV}$; $U = 141,4 \text{ mV}$;
 $T = 160 \mu\text{s}$; $f = 6,25 \text{ kHz}$

6. a) $\hat{U} = 15 \text{ mV}$; $\hat{t} = 6,82 \mu\text{A}$

b) $T/2 = 4 \mu\text{s}$

c) $f = 125 \text{ kHz}$

7. $U = 1,617 \text{ V}$

8. a) $I = 72,6 \text{ mA}$

b) $I = 82,9 \text{ mA}$

5.1.3 Impulse

Seite 67

1. a) $S_r = 1,2 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$ b) $S_f = -0,526 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$

2. a) $\hat{U} = 1,75 \text{ V}$ b) $S_f = -41,2 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$

3. $t_r = 666 \text{ ns}$

4. a) $\hat{U} = 39,6 \text{ mV}$ b) $S_r = 2,48 \frac{\text{V}}{\text{ms}}$

5. a) $t_r = 80 \mu\text{s}$ b) $t_f = 20 \mu\text{s}$

c) $S_f = -1,2 \frac{\text{V}}{\text{ms}}$ d) $t_i = 137,5 \mu\text{s}$

6. a) $A_y = 0,5 \text{ V/Teilung}$ b) $t_r = 16 \mu\text{s}$

c) $t_f = 4 \mu\text{s}$ d) $S_f = -300 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$

e) $t_i = 27,5 \mu\text{s}$

7. $t_p = 680 \text{ ns}$; $g = 0,32$

8. $t_i = 100 \mu\text{s}$; $v = 5$; $g = 0,2$

9. a) $t_i = 0,6 \text{ ms}$ b) $t_p = 1 \text{ ms}$ c) $T = 1,6 \text{ ms}$

d) $f = 625 \text{ Hz}$ e) $g = 0,375$

10. a) $t_i = 0,55 \text{ ms}$ b) $T = 1,6 \text{ ms}$ c) $t_p = 1,05 \text{ ms}$
d) $f = 625 \text{ Hz}$ e) $g = 0,344$

11. a) $t_r = 1,6 \mu\text{s}$; $t_f = 16,5 \mu\text{s}$; $t_i = 6,25 \mu\text{s}$; $S_r = 5 \frac{\text{V}}{\text{ms}}$

b) $T = 700 \mu\text{s}$; $g = 0,00893$; $v = 112$; $f = 1,43 \text{ kHz}$

12. a) $t_r = 43,3 \mu\text{s}$ b) $f = 1,11 \text{ kHz}$

5.2 Kondensator

5.2.1 Elektrisches Feld

Seite 68

1. $E = 0,343 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$

2. $E = 25 \frac{\text{V}}{\text{mm}}$

3. $U = 1,5 \text{ kV}$

4. $U = 2,4 \text{ mV}$

5. $l = 0,215 \mu\text{m}$

6. $l = 16,67 \mu\text{m}$

7. $U_n = 1300 \text{ V}$

5.2.2 Ladung und Kapazität

Seite 69, links

1. $Q = 1,89 \text{ nAs}$

2. a) $W = 15,9 \text{ Ws}$ b) $W = 0,134 \text{ kWh}$

3. $C = 270 \text{ pF}$

4. $C = 1,8 \text{ nF}$

5. $U = 800 \text{ V}$

6. $U = 1,024 \text{ V}$

7. $\Delta U = 600 \text{ V}$

8. $I = 60 \text{ mA}$

9. a) $\Delta t = 5,3 \text{ s}$ b) $Q = 48 \text{ As}$

5.2.3 Kraftwirkung und Energie des elektrischen Feldes

Seite 69, rechts

1. $F = 72,09 \text{ fN}$

2. $F_{\max} = 2100 \text{ N}$

3. a) $W = 138,75 \text{ Ws}$ b) $C = 2,027 \text{ mF}$

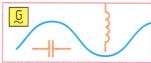
4. Das Kondensatorhochvoltmodul speichert 93,4 % der Energie des Rasenmäherakkus.

5.2.4 Kapazität

Seite 70

1. $C = 220 \text{ pF}$

2. $l = 70,8 \mu\text{m}$



3. $l = 0,677 \mu\text{m}$

4. a) $l = 0,32 \text{ mm}$

5. $d = 1,3 \text{ cm}$

6. a) $l = 8,8 \text{ nm}$

b) $\frac{A}{100 \text{ cm}^2} = 110$

b) $A = 37,06 \text{ cm}^2$

b) $A = 11000 \text{ cm}^2$

8. $f = 79,62 \text{ kHz}$

9. a) $X_{C1} = 589,22 \Omega$

c) $C_2 \approx 150 \text{ pF}$

b) $U_2 = 113,6 \text{ mV}$

10. a) $X_{C1} = 250 \Omega$

c) $X_{C2} = 113,64 \Omega$

d) $U_2 = 2,27 \text{ V}$

e) $U = 7,27 \text{ V}$

5.2.5 Schaltungen von Kondensatoren

Seite 70

1. $C = 83 \text{ nF}$

2. $C_2 = 680 \text{ pF}$

3. $C = 193,26 \text{ pF}$

4. $C = 114,71 \text{ pF}$

5. $C_2 \approx 330 \text{ pF}$

6. Vor Parallelschalten: $W_{\text{ges}} = 0,8 \text{ Ws}$
Nach Parallelschalten: $W_{\text{ges}} = 0,4 \text{ Ws}$

11. a) $X_{C1} = 1326,29 \Omega; X_{C2} = 338,63 \Omega$

b) $I_1 = 2,26 \text{ mA}; I_2 = 8,86 \text{ mA}$

12. a) $X_{C1} = 1539,22 \Omega$

c) $U = 9,24 \text{ V}$

b) $I_1 = 6 \text{ mA}$

d) $C_2 = 146,6 \text{ pF}$

5.2.6 RC-Schaltung an Gleichspannung und Rechteckspannung

Seite 71

1. $\tau = R_C = 56 \text{ ms}$

2. $\tau = R_C = 270 \mu\text{s}$

3. $R = 1,8 \text{ k}\Omega$

4. $C = 5 \mu\text{F}$

5. $C = 50 \mu\text{F}$

6. $R = 180 \text{ k}\Omega$

7. a) $U_C \approx 120 \text{ V}$ b) $I \approx 0 \text{ A}$

8. a) $t = -\tau \cdot \ln \left(1 - \frac{U_C}{U_0} \right)$ b) $t = 1,1 \tau$

5.3 Spule

5.3.1 Elektromagnetismus

5.3.1.1 Magnetische Grundgrößen

Seite 73

1. $\Theta = 160 \text{ A}$

2. $N = 50$

3. $I = 1,88 \text{ A}$

4. $I_2 = 0,09 \text{ A}$

5. $H = 400 \frac{\text{A}}{\text{m}}$

6. $I = 1,68 \text{ A}$

7. $B = 1,2 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$

8. $\Phi = 1,76 \text{ mVs}$

9. $B = 3,14 \text{ mT}$

Seite 74

10. $H = 3,97 \cdot 10^3 \frac{\text{A}}{\text{m}}$

11. $\mu_r = 1512$

12. $B = 0,704 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$

13. a) $H \approx 265 \frac{\text{A}}{\text{m}}$

b) $\mu_r = 901$

14. a) $H \approx 200 \frac{\text{A}}{\text{m}}$

b) $\mu_r = 4375$

15. a) $N = 15$

b) $\mu_r = 994$

16. a) $B \approx 1,2 \text{ T}$

b) $\mu_r = 3409$

5.2.7 Kapazitiver Blindwiderstand

Seite 72

1. $X_C = 3,18 \text{ k}\Omega$

2. a) $X_C = 11,05 \Omega$

b) $B_C = 90,5 \text{ mS}$

3. $I = 81,99 \text{ mA}$

4. $U = 36,85 \text{ mV}$

5. $C \approx 270 \text{ pF}$

6. $C = 94,78 \mu\text{F}$

7. $f = 234,17 \text{ kHz}$



5.3.1.2 Strom im Magnetfeld

Seite 75

1. $I = 0,757 \text{ A}$
2. $F = 0,25 \text{ N}$
3. $U_H = 10,5 \text{ mV}$
4. $B = 1 \text{ Vs/m}^2$
5. $B = 2,88 \text{ T}$

3. $L = 46,05 \text{ H}$

4. $f = 300 \text{ kHz}$

5. $I = 0,498 \text{ mA}$

6. $N = 572$

7. $N_1 = 2384$

8. a) $A_{y2} = 2 \text{ mA/DIV}$

b) $\hat{y}_{bL} = 12 \text{ V}; \hat{i} = 8 \text{ mA}; T = 60 \mu\text{s}; f = 16,67 \text{ kHz}$

c) $X_L = 1,5 \text{ k}\Omega; L = 14,32 \text{ mH}$

5.3.2 Induktion und Induktivität

Seite 76

1. $u_i = 16 \text{ V}$
2. $u_i = 360 \text{ V}$
3. $u_i = 0,2 \text{ V}$
4. $\Delta t = 0,5 \text{ ms}$

5. a) $A_L = 3,5 \frac{\mu\text{Vs}}{\text{A}}$ b) $L_2 = 21,9 \text{ H}$
6. $A_L = 0,1 \frac{\mu\text{Vs}}{\text{A}}$
7. $N = 845$
8. $N = 245$
9. $u_i = 0,248 \text{ V}$
10. $v = 0,192 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

5.3.3 RL-Schaltungen an Gleichspannung

Seite 77

1. $R = 8 \Omega$
2. a) $\tau = 8,33 \text{ ms}$ b) $I = 250 \text{ mA}$
3. a) $\tau = 5 \text{ ms}$ b) $L = 250 \text{ mH}$
4. a) $\tau = 2,625 \text{ s}$ b) $I = 100 \text{ mA}$
c) $W = 3,15 \text{ Ws}$ d) $i = 31,7 \text{ mA}$
5. a) $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ b) $I = 15 \text{ mA}$
c) $i = 11,65 \text{ mA}; u = 3,35 \text{ V}$

5.4 Schaltungen mit Blindwiderständen

5.4.1 RC- und RL-Schaltungen

5.4.1.1 Reihenschaltung von Wirkwiderstand und Blindwiderstand

Seite 79

1. a) $Z = 886,47 \Omega$ b) $I = 259,46 \text{ mA}$
c) $U_w = 176,43 \text{ V}$ d) $U_{bC} = 147,55 \text{ V}$ e) $\varphi = 39,9^\circ$
2. a) $Z = 27,16 \text{ k}\Omega$ b) $I = 1,84 \text{ mA}$
c) $U_w = 40,48 \text{ V}$ d) $U_{bC} = 29,29 \text{ V}$ e) $\varphi = 35,9^\circ$
3. a) $U_w = 2,4 \text{ V}$ b) $U_{bC} = 2,66 \text{ V}$ c) $U = 3,58 \text{ V}$
d) $Z = 1,79 \text{ k}\Omega$ e) $\varphi = 48^\circ$
4. a) $Z = 16,62 \text{ k}\Omega$ b) $I = 1,88 \text{ mA}$
c) $U_w = 18,8 \text{ V}$ d) $U = 31,25 \text{ V}$
5. a) $R = 254,25 \Omega$ b) $I = 133,33 \text{ mA}$
c) $U_w = 33,90 \text{ V}$ d) $U_{bC} = 21,23 \text{ V}$

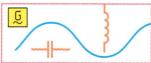
Seite 80

6. a) $Z = 3,85 \text{ k}\Omega$ b) $C = 101,81 \text{ pF}$
c) $U_w = 2,34 \text{ V}$ d) $U_{bC} = 4,42 \text{ V}$
7. $C = 4,61 \mu\text{F}$
8. $C = 5,18 \mu\text{F}$
9. a) $Z = 3/83,40 \Omega$ b) $I = 206,05 \text{ mA}$
c) $U_w = 45,33 \text{ V}$ d) $U_{bL} = 64,70 \text{ V}$ e) $\varphi = 55^\circ$
10. a) $Z = 938,89 \Omega$ b) $I = 112,90 \text{ mA}$
c) $U_w = 63,22 \text{ V}$ d) $U_{bL} = 85,08 \text{ V}$ e) $\varphi = 53,5^\circ$
11. a) $Z = 565,24 \Omega$ b) $U_w = 0,94 \text{ V}$
c) $U_{bL} = 0,628 \text{ V}$ d) $U = 1,13 \text{ V}$ e) $\varphi = 33,8^\circ$
12. a) $I = 222,93 \text{ mA}$ b) $U_w = 14 \text{ V}$
c) $R = 62,8 \Omega$ d) $Z = 88,80 \Omega$
13. a) $R = 5 \Omega$ b) $Z = 8 \Omega$ c) $L = 19,87 \text{ mH}$
14. a) $R = 8 \Omega$ b) $Z = 3,14 \text{ k}\Omega$ c) $L = 50 \text{ mH}$

5.3.4 Induktiver Blindwiderstand

Seite 78

1. $X_L = 245 \Omega$
2. $L = 10,4 \mu\text{H}$



5.4.1.2 Verluste der Spule

Seite 80

1. a) $\varrho = 9,5$ b) $\delta = 6,02^\circ$
2. a) $\varrho = 94,2$ b) $\delta = 0,607^\circ$
3. a) $\varrho = 191$ b) $R_v = 3,7 \Omega$
4. a) $\varrho = 4,7$ b) $X_L = 783 \Omega$
5. a) $\varrho = 25,1$ b) $U = 75,5 \text{ V}$
6. a) $d = 0,0796$ b) $I = 35 \text{ mA}$

5.4.1.3 Parallelschaltung von Wirkwiderstand und Blindwiderstand

Seite 81

1. a) $I_w = 14,4 \text{ mA}$ b) $I_{bc} = 9,05 \text{ mA}$
c) $I = 17,0 \text{ mA}$ d) $Z = 8,47 \text{ k}\Omega$ e) $\varphi = 32,2^\circ$
2. a) $I_w = 17,86 \mu\text{A}$ b) $I_{bc} = 17,58 \mu\text{A}$
c) $I = 25,06 \mu\text{A}$ d) $Z = 399,04 \text{ k}\Omega$ e) $\varphi = 44,6^\circ$
3. $Z = 32,08 \text{ k}\Omega$
4. $R = 2,90 \text{ M}\Omega$
5. a) $I_w = 2,56 \text{ mA}$ b) $I_{bl} = 2,65 \text{ mA}$
c) $I = 3,68 \text{ mA}$ d) $Z = 2,72 \text{ k}\Omega$ e) $\varphi = 45,9^\circ$
6. a) $I = 2,5 \text{ mA}$ b) $I_w = 1,06 \text{ mA}$
c) $I_{bl} = 2,27 \text{ mA}$ d) $L = 175,37 \mu\text{H}$
7. a) $U = 14,4 \text{ V}$ b) $I_{bl} = 1,25 \text{ mA}$
c) $I = 1,73 \text{ mA}$ d) $Z = 8,32 \text{ k}\Omega$
8. a) $Z = 12,02 \text{ k}\Omega$ b) $R = 15,61 \text{ k}\Omega$
c) $I_w = 32,03 \mu\text{A}$ d) $I_{bl} = 26,54 \mu\text{A}$

5.4.1.4 Verluste des Kondensators

Seite 82

1. a) $d = 1,84 \cdot 10^{-4}$ b) $\delta = 0,0105^\circ$
c) $\varrho = 5434,78$
2. a) $\varrho = 7053,7$ b) $d = 1,42 \cdot 10^{-4}$
c) $\delta = 0,0081^\circ$
3. a) $d = 2,91 \cdot 10^{-4}$ b) $\varrho = 3436,43$
c) $R_p = 1,94 \text{ M}\Omega$
4. a) $d = 3,14 \cdot 10^{-4}$ b) $\varrho = 3184,71$
c) $C = 101,42 \text{ pF}$
5. a) $R_{isol} = 1 \text{ M}\Omega$ b) $\tau = 8 \text{ s}$ c) $\varrho = 2512$
d) $d = 3,98 \cdot 10^{-4}$ e) $\delta = 0,0228^\circ$
6. a) $R_{isol} = 20 \text{ M}\Omega$ b) $\varrho = 6280$
c) $d = 1,59 \cdot 10^{-4}$ d) $\delta = 0,0091^\circ$

7. a) $\varrho = 19,08$ b) $C = 12,71 \text{ nF}$
8. a) $d = 0,03333$ b) $\delta = 1,91^\circ$
c) $\varphi = 88,09^\circ$ d) $I = 6,8 \text{ mA}$

5.4.1.5 Hochpässe und Tiefpässe

Seite 83

1. $f_c = 1,85 \text{ kHz}$
2. $f_c = 868 \text{ Hz}$
3. $f_c = 18,4 \text{ nF}$
4. $f_c = 3,1 \text{ kHz}$
5. a) $f_c = 2,19 \text{ Hz}$ b) $U_1 = 113,14 \text{ mV}$ c) $U_{C1} = 80 \text{ mV}$
6. a) $C_3 = 15,0 \text{ nF}$ b) $U_2 = 3,05 \text{ V}$
7. a) $R_4 = 55,84 \text{ k}\Omega$ b) $U_{C4} = 56,93 \text{ mV}$
8. a) $R_2 = 3,39 \text{ k}\Omega$ b) $Z = 336,95 \Omega$

5.4.2 RLC-Schaltungen

5.4.2.1 Reihenschaltung von R, L, C

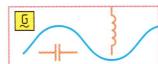
Seite 84

1. a) $X_L = 471,24 \Omega$; $Z = 129,87 \Omega$
b) $I = 1,77 \text{ A}$
c) $U_w = 177 \text{ V}$; $U_{bk} = 834 \text{ V}$; $U_{bc} = 687,4 \text{ V}$
d) $\tan \varphi = 0,637 \Rightarrow \varphi = 32,5^\circ$
2. a) $751,17 \Omega$; $S = 70,42 \text{ VA}$
b) $P = 21,14 \text{ W}$
c) $Q_L = 99,58 \text{ var}$; $Q_C = 30,6 \text{ var}$; $Q = 68 \text{ var}$
d) $U_w = 68,2 \text{ V}$; $U_{bl} = 321,2 \text{ V}$
 $U_{bc} = 98,73 \text{ V}$; $U_b = 222,47 \text{ V}$
3. a) $X_C = 13,3 \Omega$; $X_L = 16,6 \Omega$
 $R = 33,3 \Omega$; $Z = 33,46 \Omega$
b) $Q_C = 120 \text{ var}$; $Q_L = 150 \text{ var}$
 $P = 300 \text{ W}$; $S = 301,14 \text{ VA}$
c) $\varphi = 5,67^\circ$
4. a) $R = 250 \Omega$; b) $L = 6,2 \text{ H}$

5.4.2.2 Schwingkreise

Seite 86

1. $Z = 30,44 \Omega$
2. $R_v = 13,37 \Omega$
3. a) $f_r = 4,212 \text{ MHz}$ b) $Z_r = 4 \Omega$
4. a) $f_r = 686,36 \text{ kHz}$ b) $Z_r = 13,37 \Omega$
5. $L = 139,70 \mu\text{H}$



6. a) $C = 4,23 \mu F$ b) $Z_r = 113,48 k\Omega$
7. a) $L = 243,98 \mu H$ b) $Z_r = 86,52 k\Omega$
- c) $Z = 60,24 k\Omega$
8. a) $Z = 1,99 k\Omega$ b) $Z_r = 25 k\Omega$
- c) $f_r = 559,02 \text{ kHz}$
9. a) $f_r = 575,43 \text{ kHz}$ b) $R_v \approx 5 \Omega$
- c) $Z = 120,05 k\Omega$
10. a) $L = 253,3 \mu H$ b) $R_v \approx 8,44 \Omega$
- c) $Z_r = 300 k\Omega$

5.4.2.3 Güte und Bandbreite bei Schwingkreisen

Seite 87

1. a) $C_Z = 2,37 \text{ nF}$ b) $Z_r = 8 \Omega$ c) $Q = 34,26$
2. a) $Q = 23$ b) $L = 544,1 \mu H$ c) $R_v = 68,41 \Omega$
3. a) $f_r = 503,9 \text{ kHz}$ b) $Z_r \approx 2 k\Omega$
c) $Q = 63,29$ d) $B = 7,96 \text{ kHz}$
4. a) $L = 23,31 \mu H$ b) $Z_r = 58,55 k\Omega$ c) $B = 40 \text{ kHz}$
d) $R_v = 5,86 \Omega$ e) $Z = 11,59 k\Omega$
5. a) $B = 35 \text{ kHz}$ b) $Z = 56,56 k\Omega$ c) $X_L = 9,1 \mu H$
d) $C = 56,87 \text{ pF}$ e) $R_v = 2 \Omega$

5.5 Wechselstromleistungen bei Einphasenwechselstrom

Seite 89

1. $S = 6,9 \text{ VA}$
2. $S = 72 \text{ VA}$
3. $I = 0,733 \text{ A}$
4. $U = 220,3 \text{ V}$
5. $Q_C = 1380 \text{ var}$
6. $Q_L = 460 \text{ var}$
7. a) $S = 2300 \text{ VA}$ b) $P = 2300 \text{ W}$ c) $Q = 0 \text{ var}$
8. $Q_C = 0,1 \text{ var}$
9. $Q_L = 1,8 \text{ var}$
10. a) $P = 200 \text{ mW}$ b) $S = 2 \text{ VA}$
11. a) $Q_L = 1 \text{ var}$ b) $S = 1,2 \text{ VA}$
12. a) $P = 2 \text{ mW}$ b) $Q_L = 6,28 \text{ mvar}$ c) $C = 46,19 \mu F$
13. a) $S = 30,3 \text{ VA}$ b) $C = 16,7 \mu F$

$$14. Q_C = U \cdot (I_{BL} - \sqrt{I^2 - I_w^2})$$

5.6 Drehstrom

5.6.1 Sternschaltung

5.6.1.1 Symmetrische, gleichartige Belastung

Seite 90

1. a) $U_{Str} = 231 \text{ V}$ b) $I_{Str} = 5,25 \text{ A}$ c) $I = 5,25 \text{ A}$
2. a) $U_{Str} = 231 \text{ V}$ b) $U = 400 \text{ V}$
3. $R_{Str} = 6,65 \Omega$
4. $R_{Str} = 11,21 \text{ A}$
5. $C = 24,2 \mu F$

5.6.1.2 Unsymmetrische, gleichartige Belastung

Seite 91

1. $I_N = 5 \text{ A}$, siehe Lösungsbuch.
2. a) $I_{Str} = 15,33 \text{ A}$; $I_{Str2} = 10,22 \text{ A}$; $I_{Str3} = 7,67 \text{ A}$
b) Siehe Lösungsbuch.
3. a) $I_1 = 7,67 \text{ A}$; $I_2 = 5,75 \text{ A}$; $I_3 = 3,83 \text{ A}$
b) $U_{Str1} = U_{Str2} = U_{Str3} = U_{Str} = 230 \text{ V}$
c) Siehe Lösungsbuch.
4. a) $X_{c1} = 96,46 \Omega$; $X_{c2} = 67,73 \Omega$; $X_{c3} = 144,7 \Omega$
 $I_1 = 2,38 \text{ A}$; $I_2 = 3,4 \text{ A}$; $I_3 = 1,59 \text{ A}$
b) Siehe Lösungsbuch.
5. $I_2 = I_3 = 7,61 \text{ A}$, Schaltung siehe Lösungsbuch.

5.6.2 Dreieckschaltung

5.6.2.1 Symmetrische, gleiche Last

Seite 92 oben

1. a) $U_{Str} = 400 \text{ V}$ b) $I_{Str} = 5 \text{ A}$ c) $I = 8,66 \text{ A}$
2. a) $U_{Str} = 400 \text{ V}$ b) $I_{Str} = 18,2 \text{ A}$ c) $I = 31,5 \text{ A}$

5.6.2.2 Unsymmetrische, ungleiche Last

Seite 92 unten

1. a) $I_{12} = 4 \text{ A}$; $I_{23} = 5 \text{ A}$; $I_{31} = 13,3 \text{ A}$
b) Siehe Lösungsbuch.



5.6.3 Leistungen bei Drehstrom

Seite 93

1. a) $U_{\text{Str}} = 231 \text{ V}$ b) $I_{\text{Str}} \approx 0,1 \text{ A}$ c) $I = 0,1 \text{ A}$
2. a) $I = 10 \text{ A}$ b) $U_{\text{Str}} = 231 \text{ V}$ c) $S_{\text{Str}} = 2310 \text{ VA}$
3. a) $S = 3464 \text{ VA}$ b) $P = 2,77 \text{ kW}$ c) $Q = 2,08 \text{ kvar}$
4. a) $S = 5196 \text{ VA}$ b) $P = 4676 \text{ W}$ c) $Q = 2265 \text{ var}$
5. a) $I_{\text{Str}} = 12,6$ b) $S = 15,1 \text{ kVA}$ c) $Q_c = 15,1 \text{ kvar}$
6. a) $I_{\text{Str}} = 5,77 \text{ A}$ b) $S = 4000 \text{ VA}$ c) $P = 4000 \text{ W}$
7. a) $S = 7,5 \text{ kVA}$ b) $I = 10,8 \text{ A}$
c) $\cos \varphi = 0,8$ d) $P_{ab} = 5,1 \text{ kW}$
8. a) $S = 10,59 \text{ kVA}$ b) $I = 12,21 \text{ A}$
c) $Q_L = 5,58 \text{ kvar}$ d) $\eta = 0,889$

5.7 Transformator

5.7.1 Transformatorhauptgleichung

Seite 94

1. $N_1 = 784$
2. $N_1 = 1104$
3. a) $U_2 = 276 \text{ V}$ b) $\hat{B}_2 = 1 \text{ T}$
4. a) $U_1 = 191,7 \text{ V}$ b) $\hat{B}_2 = 1,32 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$
5. $N = 161$
6. $\hat{B} = 1,40 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$
7. $\hat{B} = 1,18 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$
8. $N_1 = 7,04 \frac{\text{cm}^2}{\text{V}} \cdot \frac{U_1}{A}$

5.7.2 Übersetzung von Spannung, Strom und Widerstand

Seite 95

1. $K = 0,574$
2. $U_2 = 32,8 \text{ V}$
3. a) $N_2 = 35$; $I_2 \approx 5,42 \text{ A}$
b) $U_2 = 25,3 \text{ V}$; $I_2 \approx 4,7 \text{ A}$
c) $N_2 = 1312$; $I_1 \approx 0,375 \text{ A}$
d) $N_1 = 765$; $I_1 \approx 535 \text{ mA}$
4. $Z_2 \approx 5 \Omega$

5. $Z_1 \approx 1 \text{ k}\Omega$

6. $\frac{N_1}{N_2} \approx 1:31,6$

6 Elektronische Schaltungen

6.1 Schaltungen mit nicht linearen Widerständen

6.1.1 Differenzieller Widerstand

Seite 96

1. a) $R = 4,4 \text{ k}\Omega$ b) $r = 1,14 \text{ k}\Omega$
2. a) $r = 10 \text{ k}\Omega$ b) $r = 2,7 \text{ k}\Omega$

6.1.2 Impedanzen im Arbeitspunkt

Seite 96

1. a) $I_{\text{--}} = 0,2 \text{ mA}$ b) $R_1 = 0,5 \text{ k}\Omega$
c) $I_{\text{--}} = 12 \text{ mA}$ d) $R_2 = 0,333 \text{ k}\Omega$
2. $I_{\text{--}} = 21,4 \text{ mA}$; $U_{3\text{--}} = 4,29 \text{ V}$;
 $I_{\text{--}} = 1,67 \text{ mA}$; $U_{3\text{--}} = 167 \text{ mV}$

6.1.3 Zeichnerische Lösung der Reihenschaltung

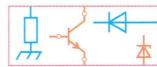
Seite 98

1. $U_1 = 3,33 \text{ V}$; $U_2 = 6,67 \text{ V}$; $I = 3,33 \text{ A}$
2. $U = 900 \text{ V}$; $U_a = 360 \text{ V}$; $U_b = 540 \text{ V}$
3. $R_v = 20 \Omega$
4. Siehe Lösungsbuch.
5. Siehe Lösungsbuch.
6. Siehe Lösungsbuch.

6.1.4 Messschaltungen mit Pt100-Widerstandssensoren

Seite 99

1. $\frac{\Delta R}{\Delta \theta} \approx 0,37 \frac{\Omega}{^\circ\text{C}}$
2. a) $R_0 = 100 \Omega$; $R_{80} = 130,8 \Omega$ (ohne Zuleitung)
 $R_0 = 108 \Omega$; $R_{80} = 138,8 \Omega$ (mit Zuleitung)
3. a) $U_A = \frac{U_B}{2}$ b) $\Delta \theta = 96,1 \text{ K}$



4. a) $U_{P_t} = 100 \text{ mV}$
 b) $I_M = 10 \text{ nA}$; siehe Lösungsbuch.
 5. $\Delta\vartheta = 40 \text{ K}$

4. $P_d = 1,45 \text{ W}$
 5. $I_d = 8,13 \text{ A}$
 6. a) $I_{d\max} = 3300 \text{ mA}$ b) $U_{d\max} = 56,6 \text{ V}$

6.2 Schaltungen mit Dioden

6.2.1 Festlegung des Arbeitspunktes

6.2.1.1 Vorwiderstand von Dioden

Seite 100

1. $R_v = 270 \Omega$
2. $U_F = 1,64 \text{ V}; R_v = 168 \Omega$
3. $R_v = 953,5 \Omega$
4. $U = 2,42 \text{ V}$
5. $I_F = 10 \text{ mA}; R_v = 1415 \Omega$
6. $U = 7,2 \text{ V}$
7. a) $R_v = 50 \text{ k}\Omega$
 b) $I_F = 10,6 \text{ mA}$
8. $U_{1\min} = 28,5 \text{ V}; U_{1\max} = 46,0 \text{ V}$

6.2.1.2 Zeichnerische Bestimmung des Arbeitspunktes

Seite 101

1. a) $I_F = 36 \text{ mA}$ b) $R_v = 64 \Omega$
 c) Siehe Lösungsbuch.
2. a) $U_{F1} = 1,64 \text{ V}$
 b) $R_v = 168 \Omega$
 c) $U_{F2} = 1,66 \text{ V}; I_{F2} = 25,5 \text{ mA}$
3. a) $R_{v\max} = 60 \Omega; R_{v\min} = 29 \Omega$
 b) $U_{F1} = 0,80 \text{ V}; U_{F2} = 0,84 \text{ V}$
4. a) $U_{Z\min} = 4,95 \text{ V}; U_{Z\max} = 5,5 \text{ V}$
 b) $R_{v\max} = 1412 \Omega; R_{v\min} = 93 \Omega$
 c) $R_v = 169 \Omega$.
5. a) $I_{Z1} = 31,5 \text{ mA}; U_{Z1} = 7,6 \text{ V}; U_{Rv1} = 10,4 \text{ V}$
 b) $I_{Z2} = 23 \text{ mA}; U_{Z2} = 7,5 \text{ V}; U_{Rv2} = 10,5 \text{ V}$

6.2.2 Gleichrichterschaltungen

6.2.2.1 Kenngrößen

Seite 102

1. a) $P_T = 11,8 \text{ VA}$ b) M 55
2. a) $P_T = 178,4 \text{ VA}$ b) M 102b
3. $P_d = 50,4 \text{ W}$

6.2.2.2 Glättung und Siebung

Seite 103

1. $s = 25$
2. $U_p \approx 1,01 \text{ V}$
3. $\hat{y}_p \approx 6,0 \text{ V}$
4. $U_p \approx 1,906 \text{ V}$
5. $f \approx 17,05 \text{ kHz}$

6.2.2.3 Siebung mit RC und LC

Seite 104

1. $s = 16,59$
2. $s = 197,5$
3. $s = 199$
4. a) $U_{p1} \approx 0,217 \text{ V}$ b) $U = 6 \text{ V}$ c) $U_{p2} = 19,9 \text{ mV}$
5. a) $R_s = 1,573 \text{ k}\Omega$ b) $U_{LS-} = 9,6 \text{ V}; U_{RS-} = 189 \text{ V}$
6. $L_s = 285 \text{ mH}$

6.2.3 Spannungsstabilisierung mit Z-Dioden

6.2.3.1 Vorwiderstand für die Spannungsstabilisierung mit Z-Diode

Seite 105

1. a) $R_v = 1,32 \text{ k}\Omega$ b) $P = 675 \text{ mW}$
2. a) $I = 0,27 \text{ A}$ b) $I_Z = 0,12 \text{ A}$
3. a) $R_{\max} = 600 \Omega; R_{\min} = 250 \Omega$
 b) gewählt 470 Ω
4. a) $R_{\max} = 2,47 \text{ k}\Omega; R_{\min} = 1,54 \text{ k}\Omega$
 b) gewählt 1,8 $\text{k}\Omega$
5. a) $R_{\max} = 14,8 \Omega; R_{\min} = 21,4 \Omega$
 b) $R_{\max} = 28,2 \Omega; R_{\min} = 21,4 \Omega$
 c) Für b) mit $0 \text{ A} < I_L < 1 \text{ A}$.



6.2.3.2 Eigenschaften von Stabilisierungsschaltungen

Seite 106

1. a) $U_1 = 34 \text{ V}$; $\Delta U_1 \approx 4 \text{ V}$; $S = 7,1$
b) $U_1 = 44 \text{ V}$; $\Delta U_1 \approx 8 \text{ V}$; $S = 10,9$
c) Siehe Lösungsbuch.
2. a) $R_v = 730 \Omega$; $\Delta U_{2u} \approx 0,137 \text{ V}$; $S = 19,7$
b) $R_v = 365 \Omega$; $\Delta U_{2u} \approx 0,274 \text{ V}$; $S = 9,9$
c) Siehe Lösungsbuch.
3. a) $G = 167$ b) $P_1 = 3 \text{ W}$
4. a) $\Delta U_2 = 10 \text{ mV}$ b) $P = 4,75 \text{ W}$
c) $\Delta U_{zi} = -4,5 \text{ mV}$

6.3 Licht

Seite 108

1. a) $\Phi_v = 13 \mu\text{lm}$ b) $s_{v\text{lm}} = 192 \frac{\text{mA}}{\text{lm}}$
2. a) $\Phi_v = 0,04245 \text{ lm}$ b) $P = 0,00311 \text{ W}$
3. a) $\Phi_v = 0,0181 \text{ lm}$ b) $s_{v\text{lm}} = 1,66 \frac{\text{mA}}{\text{lm}}$
4. a) $\Phi_v = 0,02715 \text{ lm}$ b) $P = 1,99 \text{ mW}$
5. a) $I_v = 0,0717 \text{ cd}$ b) $0,0717 \text{ cd} \triangleq 0,2868 \text{ lm}$
c) $P = 5,25 \text{ mW}$
6. a) $I_v = 624 \text{ cd}$ b) $624 \text{ cd} \triangleq 4160 \text{ lm}$
c) $\eta_v = 62,1 \text{ lm/W}$ d) $L_v = 3095 \text{ fLta}$
7. a) $\Phi_v = 0,315 \text{ lm}$ b) $s_{v\text{lx}} = 27,3 \frac{\text{nA}}{\text{lx}}$
c) $P = 3,66 \text{ mW}$
8. a) $I_v = 330 \text{ cd}$ b) 1320 lm
c) $\eta_n = 14,7 \text{ lm/W}$

6.4 Schaltungen mit fotoelektronischen Bauelementen

Seite 109

1. $E_v = 20 \text{ lx}$: $U_{Rv} = 4,29 \text{ V}$; $I = 1,1 \text{ mA}$
 $E_v = 1000 \text{ lx}$: $U_{Rv} = 11,14 \text{ V}$; $I = 2,86 \text{ mA}$
2. a) $E_v \approx 100 \text{ lx}$
b) $E_v = 1 \text{ klx}$: $U_m = -5 \text{ V}$; $E_v = 90 \text{ lx}$: $U_m = 1,07 \text{ V}$
3. a) $I_p = 80 \mu\text{A}$; $U_R = 5,4 \text{ V}$
b) $U_{Rv} = 5,4 \text{ V}$; $U_R = 9,6 \text{ V}$
4. a) $I_F = 8 \text{ mA}$ b) $I_C = 3,7 \text{ mA}$; $U_{CE} = 3,35 \text{ V}$
c) $C_{TR} = 46 \%$

5. a) $R_i = 8 \text{ k}\Omega$
b) $P_{\max} = 5 \mu\text{W}$; $U = 200 \text{ mV}$; $I = 25 \mu\text{A}$
6. $R_v = 320 \Omega$; $P_{Rv} = 32 \text{ mW}$

6.5 Verstärker mit bipolaren Transistoren

- ### 6.5.1 Arbeitspunkt in der Emitterschaltung
- #### 6.5.1.1 Gleichstromgrößen in Emitterschaltung

Seite 110

1. a) $U_{CB} = 8,4 \text{ V}$ b) NPN
2. a) $U_{BE} = 0,4 \text{ V}$ b) PNP
3. a) $U_{CE} = -10 \text{ V}$ b) $U_{CB} = -9,6 \text{ V}$ c) $U_{BE} = -0,4 \text{ V}$
4. a) $U_{CE} = 8,4 \text{ V}$ b) $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ c) $U_{CB} = 7,8 \text{ V}$
5. $U_{CM} = 8,25 \text{ V}$; $U_{BM} = 1,57 \text{ V}$
6. a) $U_{CM} = 8,8 \text{ V}$ b) $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ c) $U_{CB} = 7 \text{ V}$

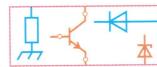
Seite 111

7. $I_E = -3,12 \text{ mA}$
8. $P_- \approx 18,36 \text{ mW}$
9. a) $P_- \approx 300 \text{ mW}$ b) $I_B = 0,417 \text{ mA}$
c) $I_E = -50,417 \text{ mA}$
10. a) $I_C = -1,978 \text{ mA}$ b) $B = 89,91$
c) $U_{CE} \approx -6,067 \text{ V}$
11. a) $U_{BE} = 650 \text{ mV}$ b) $I_C = 15 \text{ mA}$
c) $B = 100$ d) $P_- \approx 105 \text{ mW}$

6.5.1.2 Basisspannungsteiler und Stabilisierung des Arbeitspunktes

Seite 112

1. a) $R_E = 300 \Omega$ b) $U_{RC} = 5,04 \text{ V}$
c) $U_{RE} \approx 0,84 \text{ V}$ d) $\frac{U_{RC}}{U_{RE}} = 6$
2. a) $U_{RC} \approx 10,50 \text{ V}$
c) $R_C = 181,03 \Omega$
e) $R_2 = 3,75 \text{ k}\Omega$ b) $U_{RE} \approx 1,5 \text{ V}$
d) $R_E = 25,86 \Omega$
f) $R_1 = 24,17 \text{ k}\Omega$
3. a) $I_C = 390 \text{ mA}$ b) $U_{RC} \approx 6,92 \text{ V}$
c) $U_{RE} \approx 1,38 \text{ V}$ d) $R_C = 17,74 \Omega$
e) $R_E = 3,55 \Omega$ f) $R_2 = 138,67 \Omega$
g) $R_1 = 496 \Omega$ h) $P_b = 4,92 \text{ W}$



6.5.1.3 Arbeitsgerade für Gleichstrom

Seite 112

1. a) Siehe Lösungsbuch.

$$b) R_{CE} = 10 \Omega$$

$$c) B = 100$$

$$d) P = 6,4 \text{ W}$$

2. a) Siehe Lösungsbuch.

b) Siehe Lösungsbuch.

$$c) B = 179$$

3. a) Siehe Lösungsbuch.

b) Siehe Lösungsbuch.

$$c) U_{GE} = 8,1 \text{ V}$$

6.6 Kippschaltungen

6.6.1 Transistoren als elektronische Schalter

Seite 113

$$1. a) R_{L\min} = 1,09 \text{ k}\Omega \quad b) R_{v\max} = 13,12 \text{ k}\Omega$$

$$2. a) U_{b\max} = 11,11 \text{ V} \quad b) I_{C\max} = 6,07 \text{ mA}$$

$$c) I_{B\max} = 197,93 \mu\text{A}$$

$$3. a) R_1 = 183,3 \Omega \quad b) \ddot{u} = 4,44$$

$$c) R_v = 6,51 \text{ k}\Omega$$

$$4. a) I_B = 5,32 \text{ mA} \quad b) R_v = 319,5 \Omega$$

$$c) R_1 = 528,5 \Omega$$

$$5. a) R_{C\min} = 1,39 \text{ k}\Omega \quad b) R_{L\max} = 444,4 \Omega$$

$$c) R_{v\max} = 23,6 \text{ k}\Omega$$

$$6. R_{v\max} = 48,04 \text{ k}\Omega$$

6.6.2 Schalten bei Ohm'scher, induktiver und kapazitiver Last

Seite 114

$$1. a) I_c = 88,6 \text{ mA} \quad b) P_{\text{mittel}} = 22,15 \text{ mW}$$

$$2. a) I_{sp} = 24 \text{ mA} \quad b) \text{Siehe Lösungsbuch.}$$

$$3. a) R_2 = 150 \Omega \quad b) t_E = 750 \mu\text{s}$$

4. Siehe Lösungsbuch.

6.7 Verstärker mit Feldeffekttransistoren

6.7.1 Gleichstromgrößen von FET in Sourceschaltung

Seite 115

$$1. P_- = 48 \text{ mW}$$

$$2. U_{DS} = 11,43 \text{ V}$$

$$3. I_D = 5,5 \text{ mA}$$

$$4. R_{GS} = 7 \cdot 10^9 \Omega$$

$$5. I_{GSS} = -20 \text{ fA}$$

$$6. a) U_{GS(\text{OFF})} = -4 \text{ V}; \quad I_{DSS} = 12 \text{ mA}$$

$$b) U_{DSsat} = 2 \text{ V}$$

$$7. a) U_{GS(\text{OFF})} = -4 \text{ V}$$

$$b) I_{DSS} = 11,2 \text{ mA}$$

$$8. U_{GS(\text{OFF})} = -4 \text{ V}; \quad U_{GS} = -2 \text{ V};$$

$$R_{GS} = 0,5 \text{ G}\Omega; \quad P = 75 \text{ mW}$$

$$9. U_{GS(\text{OFF})} = -4 \text{ V}; \quad U_{DSsat} = 3 \text{ V};$$

$$I_{GSS} = -0,1 \text{ pA}; \quad P = 80 \text{ mW}$$

6.7.2 Wechselstromgrößen von FET in Sourceschaltung

Seite 116

$$1. S = 4 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$2. S = 1,45 \text{ V}$$

$$3. r_{DS} = 2 \text{ k}\Omega; \quad S = 6,67 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$4. a) \Delta I_D = 2,5 \text{ mA}; \quad \text{Der Drainstrom wird um } 2,5 \text{ mA kleiner.}$$

$$b) \Delta U_{DS} = 13 \text{ V}; \quad \text{Die Drain-Source-Spannung muss um } 13 \text{ V vergrößert werden.}$$

$$5. I_D = 4,4 \text{ mA}; \quad S = 3,27 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$6. U_{DS} = 10 \text{ V}; \quad r_{DS} = 12 \text{ k}\Omega$$

7. a) Siehe Lösungsbuch.

$$b) U_{GS} = -1 \text{ V} \quad S = 3,9 \frac{\text{mA}}{\text{V}}; \quad r_{DS} = 13,3 \text{ k}\Omega$$

8. a) Siehe Lösungsbuch.

$$b) U_{GS} = -2 \text{ V}$$

$$c) S = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} = \frac{10,8 \text{ mA}}{3,2 \text{ V}} = 3,38 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$d) r_{DS} \approx \frac{\Delta U_{DS}}{\Delta I_D} = \frac{20 \text{ V}}{1,3 \text{ mA}} = 15,4 \text{ k}\Omega$$



6.7.3 Analogschalter mit FET

6.7.3.1 Analogschalter mit J-FET

Seite 117

1. a) $U_{ST(ON)} \geq 10\text{ V}$
b) $U_{ST(OFF)} \geq 6\text{ V}$
c) $I_G = 13\text{ }\mu\text{A}$
2. a) Diode sperrt
 $I_{RG} = 0\text{ A}; U_{RG} = 0\text{ V}; U_{GS} = 0\text{ V}$
b) Der Analogschalter leitet.
3. Diode leitet. Der Analogschalter sperrt.
4. Siehe Lösungsbuch.

6.7.3.2 Analogschalter mit IG-FET

Seite 118

1. $R_{ON} = 22\Omega$
2. $I_{S(OFF)} = 1,2\text{ pA}$
3. $R_{ON} = 21\Omega; U_2 = -2,8\text{ V}$
4. $t = 1,5\text{ }\mu\text{s}$

6.8 Leistungselektronik

6.8.1 IGBT

Seite 119

1. a) kurzzeitig; $I_{cmax} = 1600\text{ A}$
b) kurzzeitig; $I_{fmax} = 1600\text{ A}$
2. a) $7,5\text{ }\mu\text{W}$ b) $f = 1,9\text{ }\mu\text{W}$
3. a) Diagramm Bild 2: $I_C = 600\text{ A} \Rightarrow U_{CE} = 3,5\text{ V}$
b) $P_V = 630,63\text{ W}$
4. $\vartheta_V = 74^\circ\text{C}$

6.8.2 Thyristoren als elektronische Schalter

Seite 120

1. a) $F = 1,6$ b) $I_F = 1,6\text{ A}$ c) $P_F = 1,205\text{ W}$
2. a) $F = 2,2$ b) $\bar{I}_F = 2,73\text{ A}$ c) $P_F = 5,61\text{ W}$
3. a) $\hat{I}_F = 15,71\text{ A}$ b) $\bar{I}_F = 0,335\text{ A}$ c) $F = 3,8$
d) $I_F 1,273\text{ A}$ e) $P_F = 0,465\text{ W}$
4. a) $F = 1,75;$ $\bar{I}_F = 0,514\text{ A}$
b) $P_F = 0,579\text{ W}$
c) $\hat{I}_F = 1,89\text{ A};$ $\bar{I}_{FO} = 0,60\text{ A}$
5. a) $\bar{I}_F = 0,6745\text{ A}$
a) $F = 1,8;$ $\bar{I}_F = 3,25\text{ A}$
b) $\bar{I}_{FO} = 3,96\text{ A}$

6.8.3 Gesteuerte Stromrichter

Seite 122

1. $U = 92\text{ V}$
2. a) $\tau = 20\text{ ms}; \tau_p = 30\text{ ms}$ b) $U = 44\text{ V}$
3. $U_{i2} = 206\text{ V}$
4. $U_{i2} = 39,1\text{ V}$
5. $\tau = 0,095\text{ s}; \tau_p = 0,1405\text{ s}$
6. $U = 80\text{ V}$
7. $U_{di\alpha} = 155\text{ V}$
8. $U_{di\alpha} = 11,3\text{ V}$
9. $\alpha = 62,2^\circ$
10. $\alpha = 59,9^\circ$
11. $U_{di\alpha} = 466\text{ V}$
12. $U_{di\alpha} = 192,9\text{ V}$

6.9 Operationsverstärker

6.9.1 Eingangsschaltung des Operationsverstärkers

Seite 123

1. a) I_{C2} geht von $2,5\text{ mA}$ auf $2,0\text{ mA}$ um $\Delta I_{C2} = -0,5\text{ mA}$ zurück.
b) U_2 geht von $-1,5\text{ V}$ auf $-3,0\text{ V}$ um $\Delta U_2 = -1,5\text{ V}$ zurück.
2. a) I_{C2} steigt von $2,5\text{ mA}$ auf $4,5\text{ mA}$ an.
b) U_2 steigt von $-3,6\text{ V}$ auf $+1,2\text{ V}$ um $\Delta U_2 = +4,8\text{ V}$ an.
3. a) $V_u = 25$ b) $\Delta I_{C1} = -1,14\text{ mA}$
4. a) $\Delta U_1 = 0,2\text{ V}$ b) $\Delta I_{C1} = 0,851\text{ mA}$
5. a) $I_{C1} \approx I_{C3} = 3,67\text{ mA}$
b) K2 sperrt $\Rightarrow I_{C2} = 0$
c) $U_2 = -9,9\text{ V}$
6. a) $I_{C2} = 3,03\text{ mA}$ b) K1 sperrt $\Rightarrow I_{C1} = 0$
c) $I_{C3} = 3,03\text{ mA}$ d) $R_4 \approx 1,45\text{ k}\Omega$



6.9.2 Verstärkung ohne Gegenkopplung

Seite 124

1. Siehe Lösungsbuch.
2. $G_0 = 124 \text{ dB}$
3. a) $R_1 = 300 \text{ k}\Omega$
b) $R_3 = 200 \text{ k}\Omega$; siehe Lösungsbuch.

6.9.3 Komparatoren

Seite 125

1. a) $U_s = 6 \text{ V}$
b) $12 \mu\text{V}$
c) Siehe Lösungsbuch.
2. a) 2 V
b) Siehe Lösungsbuch.
3. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $t = 1,39 \text{ s}$
4. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $R_1 = 35 \text{ k}\Omega, R_2 = 55 \text{ k}\Omega$
 $R_3 = R_4 = 45 \text{ k}\Omega$
 $U_{\text{Diode}} \approx 2,4 \text{ V}$
 $R_5 = 3,3 \text{ k}\Omega$

6.9.4 Invertierender Verstärker

Seite 126

1. $V = -15$
2. $V = 146,5$
3. $U_a = -12 \text{ V}$
4. $U_{\text{emax}} = -0,3 \text{ V}$
5. $R_K = 81,6 \text{ k}\Omega$
6. a) $I_e = 15 \text{ mA}$ b) $R_K = 6,67 \text{ k}\Omega$
7. $R_K = 120 \text{ k}\Omega$
8. $R_K = 100 \text{ k}\Omega$
9. a) $-V = 0,5; 1; 2; 10,5; 20,5$
b) $U_{\text{amin}} = -0,25 \text{ V}; U_{\text{amax}} = 10,25 \text{ V}$

6.9.5 Summierverstärker

Seite 127

1. a) $R_K = 10 \text{ k}\Omega$
b) $R_{e1} = 100 \text{ k}\Omega; R_{e2} = 50 \text{ k}\Omega$
c) $U_{\text{amax}} = 7 \text{ V}$

2. a) $R_K = 4 \text{ k}\Omega$
b) $R_{e1} = 80 \text{ k}\Omega; R_{e2} = 40 \text{ k}\Omega; R_{e3} = 20 \text{ k}\Omega$
c) $\Delta U_a = 0,6 \text{ V}$
d) $U_{\text{amax}} = 9 \text{ V}$
3. a) Summierverstärker
b) $U_a = -9 \text{ V}$
c) $I_K = -90 \mu\text{A}$
4. a) $R_K = 27,3 \text{ k}\Omega$
b) $U_a = -7,1 \text{ V}$
c) $U_a = 2,7 \text{ V}$

6.9.6 Nicht invertierender Verstärker und Impedanzwandler

Seite 128

1. $V \approx 1,468$
2. $U_e = -1,47 \text{ V}$
3. $R_K = 90 \text{ k}\Omega$
4. a) $U_a \approx 50 \mu\text{V}$ b) $U_a \approx 980 \text{ mV}$
5. a) $R_Q = 3,85 \text{ k}\Omega$
b) $U_a = 11,8 \text{ V}$
6. a) Nichtinvertierender Verstärker
b) $V = 5,7$
c) $U_e = 2,1 \text{ V}$
7. $R_K = 0 \Omega \Rightarrow$ überbrücken
 $R_Q = \infty \Rightarrow$ weglassen
 $U_a = U_e = 1$

6.9.7 Subtrahierverstärker und Differenzverstärker

Seite 129

1. a) $R_{e1} = 44 \text{ k}\Omega$ b) $R_{e2} = 112 \text{ k}\Omega$
c) $U_{\text{amax}} = 11 \text{ V}; U_{\text{amin}} = -11,5 \text{ V}$
2. a) $R_K = 224 \text{ k}\Omega$ b) $R_{e2} = 224 \text{ k}\Omega$
c) $U_{e2\text{max}} = 10 \text{ V} - 8 \text{ V} = 2 \text{ V}$
3. a) Aussteuerbereich eingehalten
b) Siehe Lösungsbuch.
4. a) $U_a = 12 \text{ V}; U_{e2} = 7,09 \text{ V}$
 $U_a = -12 \text{ V}; U_{e2} = 2,91 \text{ V}$
b) Invertierender Verstärker
5. a) $R_{B0} = 1000 \Omega$
 $R_{B40} = 1150 \Omega$
b) $U_{AB0} = 0 \text{ V}$
 $U_{B40} = 6,419 \text{ V}$
 $U_{AB40} = 0,42 \text{ V}$



- c) $V = 10,7$
 $R_K = 20 \text{ k}\Omega$
d) Siehe Lösungsbuch.
e) Siehe Lösungsbuch.

6.9.8 Instrumentenverstärker (INV)

Seite 130

1. $V = 3$
2. $R_G = \infty; 5,6 \text{ k}\Omega; 50 \text{ k}\Omega; 100,2 \text{ k}\Omega; 5000,5 \Omega$
3. a) $V = 40$ b) $R_E = 1,28 \text{ k}\Omega$
c) $\frac{V_{1,27K}}{V} = 0,00925 = 0,925\%$

6.9.9 Differenzier-Invertierer

Seite 131

1. $\frac{\Delta u_e}{\Delta t} = 0,16 \frac{V}{\mu s}$
2. $\frac{\Delta u_e}{\Delta t} = -0,80 \frac{V}{\mu s}$
3. $C_e = 5,68 \text{ nF}$
4. $R_K = 3,79 \text{ k}\Omega$
5. $R_K = 4,77 \text{ k}\Omega$
6. $C_e = 5,89 \text{ nF}$

6.9.10 Integrier-Invertierer

Seite 132

1. $u_e \cdot \Delta t = -60 \text{ mVs}$
2. $\Delta u_a = 20 \text{ V}$
3. $R_e = 6,4 \text{ k}\Omega$
4. $C_K = 200 \text{ nF}$
5. $C_K = 955 \text{ pF}$
6. $R_e = 67,7 \text{ k}\Omega$

6.10 Kippschaltungen

6.10.1 Astabile Kippschaltung

Seite 133

1. a) $t_i = 0,674 \text{ ms}$ b) $T = 1,123 \text{ ms}$
c) $f = 891 \text{ Hz}$ d) $g = 0,60$
2. a) $f = 200 \text{ Hz}$ b) $R_2 = 28,9 \text{ k}\Omega; R_1 = 14,4 \text{ k}\Omega$

3. a) $T = 2,27 \text{ ms}$ b) $t_p = 0,91 \text{ ms}$
c) $R_2 = 27,9 \text{ k}\Omega; R_1 = 14,0 \text{ k}\Omega$

4. a) $T = 14,66 \mu\text{s}$ b) $f = 68,2 \text{ kHz}$
c) $t_i = 9,77 \mu\text{s}$ d) $g = 0,667$

5. a) $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$ b) $T = 40 \mu\text{s}$
c) $t_i = 30 \mu\text{s}$ d) $C_x = 2,89 \text{ nF}$

6. a) $t_i = 4,158 \text{ ms}$ b) $t_p = 4,158 \text{ ms}$
c) $f = 120 \text{ Hz}$

6.10.2 Monostabile Kippschaltung

Seite 134

1. $t_i = 176 \mu\text{s}$
2. $R_x = 88,6 \text{ k}\Omega$
3. $R_x = 29,6 \text{ k}\Omega$
4. $t_i = 17,1 \text{ ms}$

6.10.3 Schwellwertschalter

Seite 135

1. a) $R_M = 100 \text{ k}\Omega$
b) $U_{1r} = 50 \text{ mV}; U_{1f} \approx -50 \text{ mV}$
2. a) $R_Q = 3,3 \text{ k}\Omega$
b) $U_{1r} = -0,38 \text{ V}$
c) $U_{1f} = 0,38 \text{ V}$
3. $R_M = 33 \text{ k}\Omega$
4. a) $\hat{U}_{Dr} = 9 \text{ V}$
b) $\check{U}_{Dr} = -9 \text{ V}$
c) $\hat{U}_{Dr} = 18 \text{ V}$

Seite 136

5. Siehe Lösungsbuch.
6. a) 9 V
b) $T_1 = 25^\circ\text{C} \Rightarrow U_A \approx U_b$
 $T_2 = 70^\circ\text{C} \Rightarrow U_A \approx 0 \text{ V}$
c) Siehe Lösungsbuch.
d) Siehe Lösungsbuch.
e) Siehe Lösungsbuch.
7. Siehe Lösungsbuch.

6.11 Stabilisieren und Regeln

6.11.1 Spannung stabilisieren

Seite 137

1. a) $R_v = 733,3 \Omega$ b) $G \approx 146,66$ c) $P_v \approx 450 \text{ mW}$
2. a) $R_v = 60 \Omega$ b) $P_v = 136 \text{ mW}$
3. a) $U_Z = 7,05 \text{ V}$ b) $U_a = 6,3 \text{ V}$ c) $P_v \approx 2,28 \text{ W}$
4. a) $R_v = 128,3 \Omega$ b) $P_v \approx 5 \text{ W}$
5. a) $U_{\text{amin}} = 4,2 \text{ V}$; $U_{\text{amax}} = 25,2 \text{ V}$
b) $P_{v\text{max}} \approx 1,1 \text{ W}$ c) $P_v \approx 1,15 \text{ W}$

Seite 138

6. a) $R_{C2} = 910 \Omega$ b) $R_v = 3,18 \text{ k}\Omega$ c) $R_{C1} = 25 \Omega$
d) $R_2 = 4,85 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 4,15 \text{ k}\Omega$
7. a) $R_v = 645 \Omega$ b) $R_{Ka} = 1,76 \text{ k}\Omega$; $R_{Ke} = 13,53 \text{ k}\Omega$
8. $U_{\text{amin}} = -0,53 \text{ V}$; $U_{\text{amax}} = -13,24 \text{ V}$

6.11.2 Strom stabilisieren

Seite 138

1. $R_E \approx 2,5 \text{ k}\Omega$
2. a) $U_Z = 4,7 \text{ V}$ b) $P_v \approx 32 \text{ mW}$

6.11.3 Spannung regeln mit IC

Seite 139

1. $R_2 \approx 1,78 \text{ k}\Omega$
2. $U_a \approx 6,6 \text{ V}$
3. $\eta = 53 \%$
4. $U_a = 7,23 \text{ V}$
5. a) $R_2 = 784 \Omega$ b) $U_{\text{amin}} = 5 \text{ V}$; $U_{\text{amax}} = 10,1 \text{ V}$
6. a) $R_2 = 1373 \Omega$ b) $P_{v\text{max}} = 7,96 \text{ W}$
7. a) $U_1 = 1,2 \text{ V}$ b) $R_1 = 240 \Omega$
c) $R_{2\text{max}} = 4,7 \text{ k}\Omega$ d) $U_{\text{emin}} = 28 \text{ V}$
e) $I_{L\text{max}} = 0,93 \text{ A}$ f) $P_{v\text{max}} = 1,325 \text{ W}$

6.11.4 Schaltnetzteile (SNT)

6.11.4.1 Energiefluss in Schaltnetzteilen

Seite 140

1. a) $U_a = 24 \text{ V}$; $I_a = 1 \text{ A}$
b) $U_a = 36 \text{ V}$; $I_a = \frac{2}{3} \text{ A}$

2. a) $U_e = 12 \text{ V}$; $I_e = 2 \text{ A}$

b) $U_e = 8 \text{ V}$; $I_e = 3 \text{ A}$

3. a) $U_a = 6 \text{ V}$; $I_a = 4 \text{ A}$

b) $U_a = 10,8 \text{ V}$; $I_a = 20 \text{ A}$

4. a) $U_e = 4,8 \text{ V}$; $I_e = 5 \text{ A}$

b) $U_e = 24 \text{ V}$; $I_e = 1 \text{ A}$

6.11.4.2 Durchflusswandler

Seite 141

1. a) $L_1 = 210 \mu\text{H}$ b) $f = 22,22 \text{ kHz}$
c) $I_{L\text{max}} = 250 \text{ mA}$
2. a) $L_1 = 242 \mu\text{H}$ b) $C_2 = 199,6 \mu\text{F}$
c) $f = 24,55 \text{ kHz}$
3. a) $U_a = 9,74 \text{ V}$ b) $\Delta U_a = 3 \text{ mV}$
c) $f = 24,6 \text{ kHz}$ d) $\eta = 90 \%$
4. a) $U_a = 8 \text{ V}$ b) $I_L = 236 \text{ mA}$
c) $\Delta U_a = 4,7 \text{ mV}$

6.11.4.3 Sperrwandler

Seite 142

1. $R_1 = 18,8 \text{ k}\Omega$
2. a) $U_{\text{ref}} = 1,2 \text{ V}$ b) $C_1 \approx 396 \text{ pF}$
3. a) $L_1 = 300 \mu\text{H}$ b) $I_{L\text{max}} = 83,3 \text{ mA}$
c) $f = 22,2 \text{ kHz}$ d) $C_2 = 17,4 \mu\text{F}$
4. a) $U_a = 25 \text{ V}$ b) $f = 60 \text{ kHz}$
c) $\Delta U_a = 1,07 \text{ mV}$
5. a) $U_e = 7,2 \text{ V}$ b) $L_1 = 288 \mu\text{H}$ c) $C_2 = 71,1 \mu\text{F}$
d) $f_{\text{max}} = 30 \text{ kHz}$ e) $\eta = 94 \%$

7 Digitaltechnik

7.1 Aufbau der Zahlensysteme

Seite 143

1. a) 0; 1; 2; 3; 4; 5 b) $B = 6$
2. a) 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6 b) $B = 7$
3. a) Achter-Zahlensystem b) $B = 8$
4. $B = 6$
5. 10^4
6. 10^7
7. Zahl: 4 8 7
Stellenwert: 10^3 10^2 10^1 10^0



8. $B^4; B^3; B^2; B^1; B^0$

9. Zahl: 2 3 4 2
Stellenwert: 5^3 5^2 5^1 5^0

10. $8^4; 8^3; 8^2; 8^1; 8^0$

11. a) 7070 b) 300 c) $8^2; 8^1; 8^0$

12. a) 1000
b) $4^3; 4^2; 4^1; 4^0$
c) $2 \cdot 4^3 = 2 \cdot 64 = 128$
 $0 \cdot 4^2 = 0$
 $2 \cdot 4^1 = 2 \cdot 4 = 8$
 $3 \cdot 4^0 = 3 \cdot 1 = 3$

6. a) 11100 b) 100000 c) 1111,1101

7. a) 1,100010 b) 1010,01 c) 0,0111001

8. a) 100,1
c) 1111,00000110

9. a) 10100,00000101 b) 10001,1 c) 11,11

10. a) 1,1100001 b) 0,000101 c) 1100,01

7.2 Dualzahlen

7.2.1 Umwandlung von Dualzahlen in Dezimalzahlen

Seite 144

1. 5

2. 21

3. a) 10 b) 12 c) 13 d) 29

4. a) 50 b) 53 c) 121 d) 89

5. a) 27,75 b) 3,375 c) 14,4375 d) 12,8125

6. a) 5,25 b) 15,75 c) 21,125 d) 29,8125

7. a) 53 b) 14 c) 17 d) 109

8. a) 42 b) 113 c) 51 d) 158

9. a) 7,6875 b) 6,1875 c) 29,4375 d) 0,8438

10. a) 9,1875 b) 3,6563 c) 25,625 d) 0,140625

7.2.2 Umwandlung von Dezimalzahlen in Dualzahlen

Seite 145

1. a) 110 b) 1011 c) 1110
d) 10001 e) 11001

2. a) 101 b) 1010 c) 1101
d) 10110 e) 100011

3. a) 1010100101111
c) 100110010
e) 1111110010

b) 1101001000101
d) 1101101000
f) 100000001

4. a) 100010101111
c) 1101101100
e) 10001

b) 1111101010
d) 1101111111
f) 110010101101

5. a) 100010 b) 1000000 c) 10000,01

7.2.3 Addition und Subtraktion von Dualzahlen

Seite 146

1. a) 1010000 b) 11000100 c) 10001010

2. a) 110001 b) 10001000 c) 101100000

3. a) 0011 b) 0101 c) 11000

4. a) 00010 b) 110110 c) 100001

5. a) 101110 b) 1011110 c) 000110

6. a) 100010 b) 0101011 c) 01100110

7.2.4 Multiplikation und Division von Dualzahlen

Seite 146

1. a) 11110 b) 1010100 c) 11000 d) 11001

2. a) 101010 b) 1110000 c) 10100 d) 11110

3. a) 10101,0 b) 110100 c) 1101110 d) 100110,11

4. a) 100110,1 b) 1001000 c) 110110 d) 10011,10

5. a) 11 b) 100 c) 100 d) 100

6. a) 100,1 b) 11,11 c) 10,101 d) 11,1

7.2.5 Subtraktion durch Komplementaddition

Seite 147

1. a) 111 b) 10110 c) 100000 d) 100011

2. a) 101111 b) 10101 c) 10110111 d) 1010

3. a) -1011 b) -10 c) -1001 d) -10

4. a) -110000011 b) -1101 c) -10100 d) -1000

5. a) $2345 \triangleq 100100101001$; $253 \triangleq 11111101$

b) 100000101100 c) 100000101100

d) $2345 - 253 = 2092 \triangleq 100000101100$

6. a) $632 \triangleq 1001111000$
 $531 \triangleq 1000010011$
 $23 \triangleq 10111$

b) $+1111100$

7. a) $1654 \triangleq 11001110110$; $345 \triangleq 101011001$
 b) 10100011101
 c) $1309 \triangleq 10100011101$

8. a) $254 \triangleq 11111110$
 $332 \triangleq 101001100$
 $25 \triangleq 11001$

b) -110101
c) $-53 \triangleq -110101$

7.3 BCD-Codes

Seite 148

7.4 Hexadezimalzahlen

7.4.1 Hexadezimalzahlen und Dualzahlen

Seite 149

- 1.** a) 10001
c) 101011001111

2. a) 10100
c) 10001101011

3. a) 11101110
c) 1110111101100101

4. a) 110011010000
c) 10001010111101

5. a) 32 b) D c) 1BD d) C6

- 6.** a) 1C b) E c) AA d) 333
7. a) 1E b) 11 c) 4D d) F6
8. a) 33 b) 49 c) 26B d) E3D

7.4.2 Addition und Subtraktion von Hexadezimalzahlen

Seite 149

1. a) Siehe Lösungsbuch.
b) Siehe Lösungsbuch.
c) Die Hexadezimalzahlen über der Treppenlinie sind einstellig, die Hexadezimalen unter der Treppenlinie sind zweistellig.

2. a) 10 b) 17 c) D d) 18

3. a) 13 b) 15 c) 19 d) 1C

4. a) 5 b) 6 c) 4 d) 6C e) 0C

5. a) A b) 2 c) 1 d) 32 e) 1F

6. a) 3B1; 1B0 b) 561 c) 201
d) $561 \triangleq 1377 = 945 + 432$
 $201 \triangleq 513 = 945 - 432$

7.4.3 Hexadezimalzahlen und Dezimalzahlen

Seite 150

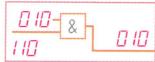
- 1.** a) 62 b) 173 c) 79 d) 157
2. a) 39 b) 1699 c) 32 244 d) 32 956
3. a) 688 b) 2723 c) 1791 d) 59
4. a) 1647 b) 2060 c) 2748 d) 3818
5. a) 38 b) 12 c) 17 d) 55
6. a) 10 b) 24 c) 48 d) 4F
e) 14F f) 2E5 g) 159 h) 11A9

7.5 Kombinatorische Digitaltechnik (Schaltnetze)

7.5.1 Schaltalgebraische Begriffe

Seite 151

1. Siehe Lösungsbuch
 2. Siehe Lösungsbuch
 3. Siehe Lösungsbuch
 4. Siehe Lösungsbuch



Seite 152

5. Siehe Lösungsbuch.
6. Siehe Lösungsbuch.
7. $a_2 = \bar{e}_4 \vee e_1 \wedge e_2 \vee e_3$
8. $a_3 = e_4 \wedge \overline{(e_1 \wedge e_2 \vee e_3)}$

7.5.2 Kommutativgesetz der Schaltalgebra

Seite 152

1. a) $(a \vee b) \wedge c = c \wedge (a \vee b) = c \wedge (b \vee a) = (b \vee a) \wedge c$
b) $(a \wedge b) \vee c = ab \vee c = b \wedge a \vee c = c \vee b \wedge a = c \vee a \wedge b$
c) $(a \wedge b) \wedge (c \vee d) = (c \vee d) \wedge a \wedge b = (d \vee c) \wedge a \wedge b = (c \vee d) \wedge b \wedge a$
2. a) $s_1 = b \wedge c \vee d = c \wedge b \vee d = d \vee c \wedge b = d \vee b \wedge c$
b) $s_2 = (c \vee d) \wedge b = (d \vee c) \wedge b = b \wedge (d \vee c) = b \wedge (c \vee d)$
c) $s_3 = a \wedge c \vee b = c \wedge a \vee b = b \vee c \wedge a = b \vee a \wedge c$
3. a) $s_1 = b \wedge (c \vee d) = (c \vee d) \wedge b = (d \vee c) \wedge b = b \wedge (d \vee c)$
b) $s_2 = (d \vee c) \wedge a = a \wedge (d \vee c) = a \wedge (c \vee d) = (c \vee d) \wedge a$
c) $s_3 = a \wedge (c \vee b) = (c \vee b) \wedge a = (b \vee c) \wedge a = a \wedge (b \vee c)$
4. a) $s_1 = r \wedge (t \vee x) = (t \vee x \wedge r) = (x \vee t \wedge r) = r \wedge (x \vee t)$
b) $s_2 = (a \vee b) \wedge c = (a \vee b) c = c \wedge (a \vee b) = c \wedge (b \vee a) = (b \vee a) \wedge c$
5. a) 1 b) 0 c) a d) b e) 1
6. a) x b) 1 c) 1 d) $x \wedge y$ e) 0
7. a) a b) 1 c) 0 d) $\bar{b} \wedge c \vee d$
8. a) a b) b c) $\bar{a} \wedge b \vee d$ d) $a \vee b$
9. a) a b) 1 c) 0 d) $\bar{a} \vee b$
10. a) 1 b) a c) 0 d) 1

7.5.3 Assoziativgesetz der Schaltalgebra

Seite 153

1. a) $y_{K1} = e_1 \wedge e_2 \wedge e_3 \vee e_4 \wedge e_5$
b) $y_{K1} = e_1 \wedge (e_2 \wedge e_3) \vee e_4 \wedge e_5$
(Es gibt weitere Lösungen.)

2. a) $y_{A2} = y_{K1} \vee e_6 \wedge \bar{e}_7 \vee \bar{e}_6 \wedge e_7 \wedge e_8$

b) $y_{A2} = e_6 \wedge \bar{e}_7 \vee \bar{e}_6 \wedge e_7 \wedge e_8 \vee y_{K1}$

3. $y_{K1} = \bar{s}_1 \wedge \bar{f}_1 \wedge \bar{k}_2 \wedge (\bar{s}_3 \wedge s_2 \vee k_1)$

4. $y_{K2} = \bar{s} \wedge \bar{f}_1 \wedge \bar{k}_1 \wedge (s_3 \wedge \bar{s}_2 \vee k_2)$

5. Siehe Lösungsbuch.

6. Siehe Lösungsbuch.

7. a) $s = (a \cdot b)(c \cdot d) \vee y(x \cdot z)$

b) $s = (c \vee e) \vee (\bar{f} \vee d)$

c) $s = d(a \cdot c \cdot e)$

d) $s = tz \vee yx$

(Es gibt weitere Lösungen.)

8. a) $s = k l(i \cdot m \cdot n) \vee r(p \cdot q \cdot s)$

b) $s = b \vee a \vee d \vee c$

c) $s = k(x \cdot y \cdot z)$

d) $s = (k \vee i) \wedge c \cdot b \cdot a$

(Es gibt weitere Lösungen.)

7.5.4 Distributivgesetze der Schaltalgebra

Seite 154

1. a) $s_1 = (x \vee y) \wedge (x \vee z)$
b) $a = (e_1 \vee e_3) \wedge (e_1 \vee e_4) \wedge (e_2 \vee e_3) \wedge (e_2 \vee e_4)$
c) $s_2 = x \vee (y \vee x) \wedge (y \vee z)$
oder $s_2 = y \vee x \wedge (x \vee z)$
2. a) $s_1 = w \wedge u \vee w \wedge v$
b) $a = y \vee x \vee x \wedge y$
c) $s_2 = x \wedge y \vee z \wedge y \vee x$
3. a) $y_{K1} = (a \vee a \wedge b) \wedge (b \vee c)$
b) $y_{K1} = a \wedge (b \vee c)$
4. a) $y_{K2} = (a \vee a \wedge b) \wedge (a \wedge b \vee a)$
b) $y_{K2} = a$
5. a) $y_{K1} = \bar{a} \wedge b \wedge \bar{k}_2 \vee c \wedge \bar{a} \wedge k_2$
b) $y_{K1} = \bar{a} \wedge (b \wedge \bar{k}_2 \vee c \wedge k_2)$
6. a) $a = e_1 \wedge e_2 \vee e_1 \wedge e_3 \vee e_1 \wedge e_3$
b) $a = e_1 \wedge e_2 \vee e_3$

7.5.5 Schaltalgebraische Funktionen

7.5.5.1 Umkehrgesetze für eine Variable

Seite 155

1. a) 1 b) 0 c) 0 d) 1 e) $a \vee b$
2. a) 0 b) 1 c) \bar{b} d) 0 e) $a \wedge b$
3. a) $\bar{\bar{a}} \wedge b$ b) $\overline{c \vee d}$ c) $\overline{\bar{a} \vee b}$ d) $\overline{\bar{a} \wedge b \wedge d}$

4. a) $\overline{a \vee b \wedge d}$
 b) $a \wedge b \vee c$
 c) $\overline{a \wedge b \wedge \overline{c}}$
 d) $\overline{\overline{a} \wedge b \vee c \wedge \overline{d}}$

5. a) b
 b) $c \wedge f$
 c) 0
 d) 0

6. a) $a \wedge c$
 b) $c \wedge d$
 c) $e \wedge (\overline{f} \wedge \overline{g} \vee f \wedge g)$
 d) 0

7. a) $b \wedge x$
 b) $a \wedge b$
 c) \overline{g}
 d) $\overline{a} \wedge b$

8. a) $a \vee b$
 b) $u \wedge v$
 c) x
 d) \overline{a}

7.5.5.2 Umkehrgesetze für mehrere Variablen

Seite 156

1. Siehe Lösungsbuch.

2. Siehe Lösungsbuch.

3. Siehe Lösungsbuch.

4. Siehe Lösungsbuch.

5. a) $\overline{a} \vee \overline{b}$
 b) $\overline{a} \vee b$
 c) $a \vee \overline{b}$
 d) $a \wedge \overline{b}$

6. a) $\overline{a} \vee \overline{b} \vee \overline{c}$
 b) $a \vee b$
 c) $a \vee \overline{b} \vee \overline{c}$
 d) $\overline{a} \wedge b$

7. a) $\overline{a} \wedge (\overline{b} \vee \overline{c})$
 b) $\overline{a} \wedge \overline{b} \wedge \overline{c}$
 c) $a \wedge (\overline{b} \vee \overline{c})$
 d) $\overline{a} \wedge \overline{b} \wedge c$

8. a) $a \vee \overline{b} \wedge \overline{c}$
 b) $(\overline{a} \vee \overline{b}) \wedge c$
 c) $(a \vee b) \wedge \overline{c}$
 d) $\overline{a} \wedge b \wedge c$

9. $a \wedge b \vee a \wedge \overline{b} = a(b \vee \overline{b}) = a$

10. $(a \vee b)(a \vee \overline{b}) = a a \vee a \overline{b} \vee a b \vee b \overline{b}$
 $= a \vee a \overline{b} \vee a b \vee 0 = a(1 \vee \overline{b} \vee b) = a1 = a$

11. $a \wedge (\overline{a} \vee b) = a \overline{a} \vee a b = 0 \vee a b = a \wedge b$

12. $a \vee (\overline{a} \wedge b) = \overline{a \vee \overline{a} b} = \overline{\overline{a} \overline{a} b} = \overline{\overline{a}(\overline{a} \vee b)} = \overline{\overline{a}(a \vee \overline{b})}$
 $= \overline{\overline{a} a} \vee \overline{\overline{a} \overline{b}} = \overline{\overline{a} \overline{b}} = \overline{\overline{a}} \vee \overline{\overline{b}} = a \vee b$

13. a) $(\overline{a} \vee b \vee \overline{c}) \wedge d$
 b) $\overline{a} \wedge b \wedge \overline{c} \wedge d \wedge e$
 c) $\overline{a} \wedge \overline{b} \wedge c \vee \overline{a} \wedge \overline{b} \wedge d \vee a \wedge c \wedge \overline{d} \vee \overline{b} \wedge c \wedge \overline{d}$

14. a) $(\overline{a} \wedge \overline{b}) \vee (a \wedge c \wedge d) \vee (\overline{b} \wedge c)$
 b) $(\overline{a} \wedge \overline{b} \wedge \overline{e}) \vee (\overline{a} \wedge \overline{b} \wedge \overline{d} \wedge \overline{f}) \vee (\overline{c} \wedge \overline{e}) \vee (\overline{c} \wedge \overline{d} \wedge \overline{f})$
 c) $(a \wedge b \wedge \overline{d}) \vee (a \wedge c \wedge \overline{d}) \vee (b \wedge c \wedge \overline{d})$

15. $s = (e_1 \wedge e_2 \wedge e_3) \vee (e_1 \wedge e_2 \wedge \overline{e}_4)$

16. $s = \overline{a} \wedge \overline{b} \wedge c$

17. $s = c$

18. $s = 1$

7.6 Logische Verknüpfungen von Zahlen

Seite 157

1. a) 0001100111101001
 b) 0101001010010101
 c) 0111111110100000
 d) 1111111111111110

2. a) 0000000000000000
 b) 0100001001101000

3. a) 01011110 \triangleq 5 E
 b) 01111110 \triangleq 7 E
 c) 11110001 \triangleq F1

4. a) 00010010
 b) 11101001
 c) 11111011

5. a) 1010111111101101
 b) 1010111111000000
 c) 0000000000101101

6. a) 1011011101111100
 b) 00000000000001010
 c) 1111000000001111
 d) 0000000010101011
 e) 000010101000
 f) 01100101

7. a) 101111101111
 b) 0000001010000101
 c) 000100100110
 d) 000010111101
 e) 0000000011111111
 f) 001110110101

7.7 Minimieren und Realisieren von Schaltfunktionen

7.7.1 Algebraisches Minimieren

Seite 158

1. a) $y = a \wedge b \vee c$
 b) $y = a b \vee b c = b \wedge (a \vee c)$
 c) $y = a \wedge c$

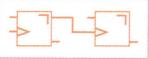
2. $y = b \wedge (\overline{a} \vee d)$

3. a) $x = \overline{a} \vee ab$
 $\Rightarrow \overline{x} = \overline{\overline{a} \vee ab} = \overline{\overline{a}}(\overline{ab})$
 $= a(\overline{a} \vee \overline{b}) = a\overline{a} \vee a\overline{b} = a\overline{b}$
 $\Rightarrow \overline{\overline{x}} = x = a\overline{b} = \overline{a} \vee \overline{b} = \overline{a} \vee b$
 b) Siehe Lösungsbuch.

4. a) $x = a \vee \overline{ab}$
 $\Rightarrow \overline{x} = \overline{a \vee \overline{ab}} = \overline{a}(\overline{a} \overline{b}) = \overline{a}(\overline{a} \vee \overline{b}) = \overline{a}(a \vee \overline{b})$
 $= \overline{a} a \vee \overline{a} \overline{b} = \overline{a} \overline{b}$
 $\Rightarrow \overline{\overline{x}} = x = \overline{a} \overline{b} = \overline{a} \vee \overline{b} = a \vee b$
 b) Siehe Lösungsbuch.

5. a) $x = (\overline{b} \wedge \overline{c}) \vee (a \wedge c)$
 b) $\overline{x} = (b \vee c) \wedge (\overline{a} \vee \overline{c})$
 c) Siehe Lösungsbuch.

6. a) $y = (a \wedge b) \vee c$
 b) $y = c(a \vee \overline{b})$
 c) $y = (a \wedge b) \vee (a \wedge c) \vee (b \wedge c)$



7.7.2 Realisieren mit NAND-Elementen

Seite 159

1. a) $x = \overline{\overline{a} \overline{b} c}$ b) $y = (\overline{ab})(\overline{ac})(\overline{d})$ c) $x = \overline{\overline{a} \overline{c}} \overline{ab}$

2. a) $x = \overline{a} \overline{b} \overline{c}$ b) $y = \overline{\overline{a} d} \overline{c} \overline{d} \overline{b}$ c) $x = \overline{\overline{a} \overline{c}}$

3. a) $x = (\overline{a} \overline{cd})(bcd)$

b) Siehe Lösungsbuch.

4. a) $x = \overline{\overline{\overline{a} \overline{b} d}} (\overline{acd})$

b) Siehe Lösungsbuch.

5. a) $x = (\overline{a} \overline{b})(\overline{a} \overline{b})$; Siehe Lösungsbuch.

b) Die NICHT-Funktionen für a und b müssen nicht gebildet werden; die Schaltung besteht dann aus 3 NAND-Elementen.

7.7.3 Aufstellen des KV-Diagramms

Seite 161

1. 2. und 0. Feld erhalten 1.

2. 0. und 1. Feld erhalten 1.

3. 1. und 3. Feld erhalten 1.

4. in Feld 2 und 6 ist $x = \overline{a} b = 1$.

5. in den Feldern 0, 1, 5, 2, 3, 7 ist $y = a \vee \overline{c} = 1$.

6. in den Feldern 0, 4, 2, 3, 7, 6 ist $y = \overline{a} \vee b = 1$.

7.7.4 Minimieren mit dem KV-Diagramm

Seite 161

1. $x = \overline{c} \wedge (a \vee \overline{b})$

2. $x = \overline{a} \wedge (b \vee \overline{c})$

Seite 162

3. $x = \overline{a} \overline{c} \vee a c (b \vee d)$

4. $x = (\overline{b} \wedge \overline{d}) \vee (\overline{a} \wedge b \wedge (\overline{c} \vee d))$

5. a) keine Minimierung möglich.

b) $s_1 = \overline{a}_1 \overline{b}_1 \ddot{u}_0 \vee \overline{a}_1 b_1 \ddot{u}_0 \vee a_1 \overline{b}_1 \ddot{u}_0 \vee a_1 b_1 \ddot{u}_0$

c) 1-Signal haben die Felder 3, 5, 7, 6.

d) $\ddot{u}_2 = (a_1 \wedge \ddot{u}_0) \vee (a_1 \wedge b_1) \vee (b_1 \wedge \ddot{u}_0)$

6. a) $c_2 = \overline{a}_1 \overline{b}_1 c_1 \overline{d}_1 \vee \overline{a}_1 b_1 c_1 \overline{d}_1 \vee a_1 b_1 c_1 \overline{d}_1$
 $\vee \overline{a}_1 b_1 \overline{c}_1 d_1 \vee a_1 b_1 \overline{c}_1 d_1$

b) 4 Eingangsvariable

$a_1 = a; b_1 = b; c_1 = c; d_1 = d$

Wert 1 haben die Felder 4, 7, 6, 8, 9.

X haben die Felder 10 bis 15.

c) $c_2 = d_1 \vee (\overline{a}_1 \wedge c_1) \vee (b_1 \wedge c_1)$

7. a) $d_2 = a_1 \overline{b}_1 c_1 \overline{d}_1 \vee \overline{a}_1 b_1 c_1 \overline{d}_1 \vee a_1 b_1 c_1 \overline{d}_1$

$\vee \overline{a}_1 \overline{b}_1 \overline{c}_1 d_1 \vee a_1 \overline{b}_1 \overline{c}_1 d_1$

b) Wert 1 haben die Felder 5, 7, 6, 8, 9

X haben die Felder 10 bis 15

c) $d_2 = d_1 \vee (a_1 \wedge c_1) \vee (b_1 \wedge c_1)$

7.8 Lastfaktoren

Seite 163

1. $F_{QH} = 10$

2. a) $F_{QH} = 1600$ b) $F_{QL} = 6400$

3. a) $n_I = 25$ b) $I'_{QL} = 16 \mu A$

4. $I'_{QL} = 4,8 \text{ mA}; I_{QH} = 120 \mu A$

5. a) $I'_{QL} = 9,6 \text{ mA}$ b) $n_z = 4$

6. $I'_{QL} = 4,8 \text{ mA}$
 \Rightarrow zulässig, da $I'_{QL} = 4,8 \text{ mA} < I_{QL} = 6,4 \text{ mA}$

7. $I'_{QH} = 120 \mu A$
 \Rightarrow zulässig, da $I'_{QH} = 120 \mu A < I_{QH} = 1,6 \text{ mA}$

8 Sequenzielle Digitaltechnik (Schaltwerke)

8.1 JK-Kippschaltungen

Seite 164

1. $q_n = 0$

2. $q_n = 1$

3. An J und an K H-Pegel oder an J L-Pegel und an K H-Pegel.

4. An J H-Pegel und an K L-Pegel.

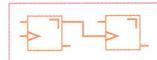
8.2 Wertetabelle und Zeitablaufdiagramm aus der Schaltung

Seite 165

1. Siehe Lösungsbuch.

2. Gleich wie Aufgabe 1, aber beginnend mit 010.

3. Siehe Lösungsbuch.



4. Gleich wie Aufgabe 3, aber beginnend mit 011.
5. Gleich wie Aufgabe 3.
6. Gleich wie Aufgabe 3, aber beginnend mit 100.
7. Siehe Lösungsbuch.
8. Zeitablaufdiagramm, Siehe Lösungsbuch.

8.3 Schaltfunktion aus Wertetabelle

Seite 166

1. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $q_{2n+1} = (q_{2n} \wedge \bar{q}_{1n}) \vee (\bar{q}_{2n} \wedge q_{1n})$
2. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $q_{3n+1} = q_{3n} \wedge (\bar{q}_{1n} \vee \bar{q}_{2n}) \vee (\bar{q}_{3n} \wedge q_{1n} \wedge q_{2n})$
3. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $q_{2n+1} = \bar{q}_{3n} \vee (q_{2n} \wedge q_{1n})$
4. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $q_{3n+1} = q_{2n} \vee \bar{q}_{3n}$
5. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $q_{3n+1} = q_{2n} \vee (q_{3n} \wedge q_{1n}) \vee \bar{q}_{3n}$
6. a) Siehe Lösungsbuch.
b) $q_{2n+1} = \bar{q}_{3n} \vee (q_{1n} \wedge q_{2n})$

8.4 Schaltung aus Schaltfunktion

Seite 167

1. a) $q_{3n+1} = [(\bar{q}_{2n} \vee \bar{q}_{1n}) \wedge q_{3n}] \vee [(q_{2n} \wedge q_{1n}) \wedge \bar{q}_{3n}]$
b) $k_{3n} = q_{2n} \wedge q_{1n}; j_{3n} = q_{2n} \wedge q_{1n}$
c) 1 J und 1 K sind verbunden und über ein UND-Element an Q1 und Q2 angeschlossen.
2. a) $q_{2n+1} = (\bar{q}_{1n} \wedge q_{2n}) \vee (q_{1n} \wedge \bar{q}_{2n})$
b) $k_{2n} = q_{1n}; j_{2n} = q_{1n}$
c) 1 J und 1 K sind verbunden und an Q1 angeschlossen.
3. a) $j_{4n} = q_{1n} \wedge q_{2n} \wedge q_{3n}$
3 Stufen sind erforderlich.
Wertetabelle siehe Lösungsbuch.
b) KV-Diagramme siehe Lösungsbuch.
c), d) $q_{3n+1} = (q_{1n} \wedge q_{3n}) \vee (\bar{q}_{1n} \wedge \bar{q}_{2n} \wedge \bar{q}_{3n})$
 $q_{2n+1} = (q_{1n} \wedge q_{2n}) \vee (\bar{q}_{1n} \wedge \bar{q}_{3n} \wedge \bar{q}_{2n})$
 $q_{1n+1} = \bar{q}_{1n} = (0 \wedge q_{1n}) \vee (1 \wedge \bar{q}_{1n})$
e) $k_{1n} = \bar{0} = 1 \quad j_{1n} = 1$
 $k_{2n} = \bar{q}_{1n} \quad j_{2n} = q_{3n} \wedge \bar{q}_{1n}$
 $k_{3n} = \bar{q}_{1n} \quad j_{3n} = \bar{q}_{1n} \wedge \bar{q}_{2n}$
Zeitablaufdiagramm siehe Lösungsbuch.

4. a) Die oberste Stufe ist dauernd im Zustand 1, ist also durch eine Lampe ersetzbar. Deshalb genügen 3 JK-Flipflops.

Wertetabelle, Siehe Lösungsbuch.

- b) Siehe Lösungsbuch.

- c), d) $q_{3n+1} = [(q_{1n} \vee q_{2n}) \wedge q_{3n}] \vee (\bar{q}_{2n} \wedge \bar{q}_{3n})$
 $q_{2n+1} = (q_{1n} \wedge q_{2n}) \vee [(\bar{q}_{1n} \vee \bar{q}_{3n}) \wedge \bar{q}_{2n}]$
 $q_{1n+1} = (\bar{q}_{2n} \wedge \bar{q}_{3n} \wedge q_{1n}) \vee \bar{q}_{1n}$
- e) $k_{1n} = q_{2n} \vee q_{3n} \quad j_{1n} = 1$
 $k_{2n} = \bar{q}_{1n} \quad j_{2n} = \bar{q}_{1n} \vee \bar{q}_{3n}$
 $k_{3n} = \bar{q}_{1n} \wedge \bar{q}_{2n} \quad j_{3n} = \bar{j}_{2n}$

5. a), b) Siehe Lösungsbuch.

- c), d) $q_{3n+1} = (\bar{q}_{1n} \wedge q_{3n}) \vee (q_{1n} \wedge q_{2n} \wedge \bar{q}_{3n})$
 $q_{2n+1} = (\bar{q}_{3n} \wedge q_{2n}) \vee (q_{1n} \wedge \bar{q}_{3n} \wedge \bar{q}_{2n})$
 $q_{1n+1} = (0 \wedge q_{1n}) \vee (1 \wedge \bar{q}_{1n})$

- e) $k_{1n} = \bar{0} = 1 \quad j_{1n} = 1$

- $k_{2n} = q_{3n} \quad j_{2n} = q_{1n} \wedge \bar{q}_{3n}$
- $k_{3n} = q_{1n} \quad j_{3n} = q_{1n} \wedge q_{2n}$

8.5 Synchrone Zähler mit T-Kippliedern

Seite 168

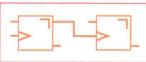
1. $t_{1n} = 1; t_{2n} = q_{1n}$
Wertetabelle und Schaltung siehe Lösungsbuch.
2. $t_{1n} = 1; t_{2n} = \bar{q}_{1n}$
Wertetabelle und Schaltung siehe Lösungsbuch.
3. $t_{1n} = \bar{q}_{3n}; t_{2n} = q_{1n}; t_{3n} = (q_{1n} \wedge q_{2n}) \vee q_{3n}$
a) Wertetabelle siehe Lösungsbuch.
b) Schaltung siehe Lösungsbuch.
4. $t_{3n} = q_{1n} \wedge (q_{2n} \vee q_{3n}); t_{2n} = q_{1n} \wedge q_{3n}; t_{1n} = 1$
Wertetabelle, KV-Diagramme und Schaltung, siehe Lösungsbuch.
5. a) $t_{4n} = \bar{q}_{1n} \wedge \bar{q}_{2n} \wedge \bar{q}_{3n}$
 $t_{3n} = \bar{q}_{1n} \wedge \bar{q}_{2n}$
 $t_{2n} = \bar{q}_{1n} \wedge (q_{2n} \vee q_{3n} \vee q_{4n})$
 $t_{1n} = q_{1n} \vee q_{2n} \vee q_{3n} \vee q_{4n}$
b) Wertetabelle, KV-Diagramme und Schaltung siehe Lösungsbuch.

8.6 Frequenzteiler

Seite 169

1. a) 3 Kipplieder
b) Siehe Lösungsbuch.

- $q_{3n+1} = q_{1n} \wedge q_{2n}$
 $q_{2n+1} = (q_{1n} \wedge \bar{q}_{2n}) \vee (\bar{q}_{1n} \wedge q_{2n})$
 $q_{1n+1} = (\bar{q}_{1n} \wedge \bar{q}_{3n})$



$$\begin{aligned} c) \quad q_{3n+1} &= (0 \wedge q_{3n}) \vee (q_{1n} \wedge q_{2n} \wedge \bar{q}_{3n}) \\ q_{2n+1} &= (\bar{q}_{1n} \wedge q_{2n}) \vee (q_{1n} \wedge \bar{q}_{2n}) \\ q_{1n+1} &= (0 \wedge q_{1n}) \vee (\bar{q}_{3n} \wedge \bar{q}_{1n}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d) \quad k_{3n} = \bar{0} &= 1 & j_{3n} = q_{1n} \wedge q_{2n} \\ k_{2n} = q_{1n} & & j_{2n} = q_{1n} \\ k_{1n} = \bar{0} &= 1 & j_{1n} = \bar{q}_{3n} \end{aligned}$$

Bei D1: 1 K an H, 1 J an Q* von D3

Bei D2: 1 K und 1 J an Q von D1

Bei D3: 1 K an H, 1 J an UND-Element mit den Eingängen an Q von D1 und Q von D2

2. a) 3 Kipplieder

b) Siehe Lösungsbuch.

$$c) \quad q_{3n+1} = (\bar{q}_{1n} \wedge q_{3n}) \vee (q_{1n} \wedge q_{2n} \wedge \bar{q}_{3n})$$

$$q_{2n+1} = (\bar{q}_{1n} \wedge q_{2n}) \vee (q_{1n} \wedge \bar{q}_{3n} \wedge \bar{q}_{2n})$$

$$q_{1n+1} = \bar{q}_{1n}$$

$$d) \quad q_{1n+1} = (0 \wedge q_{1n}) \vee (1 \wedge \bar{q}_{1n})$$

$$q_{2n+1} = (\bar{q}_{1n} \wedge q_{2n}) \vee (q_{1n} \wedge \bar{q}_{3n} \wedge \bar{q}_{2n})$$

$$q_{3n+1} = (\bar{q}_{1n} \wedge q_{3n}) \vee (q_{1n} \wedge q_{2n} \wedge \bar{q}_{3n})$$

$$e) \quad k_{1n} = \bar{0} = 1 \quad j_{1n} = 1$$

$$k_{2n} = q_{1n} \quad j_{2n} = q_{1n} \wedge q_{3n}$$

$$k_{3n} = q_{1n} \quad j_{3n} = q_{1n} \wedge q_{2n}$$

Bei D1: 1 K und 1 J an H

Bei D2: 1 K und 1 J an UND-Element mit den Eingängen an Q von D1 und Q* von D3

Bei D3: 1 K an Q von D1, 1 J an UND-Element mit den Eingängen an Q von D1 und Q von D2

3. a) Zeitablaufdiagramm, Siehe Lösungsbuch.

b) Teilverhältnis 1 : 5

4. a) Zeitablaufdiagramm, Siehe Lösungsbuch.

b) Teilverhältnis 1 : 6

8.7 Direkte digitale Synthese DDS

Seite 170

1. 256

2. $\Delta f = 3906,25 \text{ Hz}$

3. $f_o = 48,828 \text{ kHz}$

4. $n = 8$

5. a) $\Delta f = 12,255 \text{ kHz}$ b) $f_C = 1,56858 \text{ MHz}$

6. a) $\Delta f = 625 \text{ kHz}$ b) $m = 4$

7. a) $\Delta f = 1562,5 \text{ Hz}$ b) $f_o = 4687,5 \text{ Hz}$
c) $n_d = 0011$

8.8 PAL-Schaltkreise anwenden

Schaltkreis PAL 10H8

Seite 172

1. 20 Eingangslinien, 16 Produktlinien

2. 320 Signallinien

3. $pt_1 = 0$, da $i \wedge i = 0$; $ps_1 = pt_0 \vee pt_1 = 0$

4. Da der Signalwert 0 an einem ODER-Eingang neutral ist, beeinflusst das Signal an PT3 die Produktsumme an PS3 nicht.

5. Pin 18: $y = d \wedge e \wedge f$, Pin 17: $x = e \vee f$

6. Schaltung, Siehe Lösungsbuch.

7. Die Funktion kann unter Benutzung nur eines Ausgangs nicht eingegeben werden, da die ODER-Gatter nur je 2 Eingänge haben und da das Ausgangssignal im PAL nicht invertiert werden kann.

8. $v = \bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}$; Schaltung, Siehe Lösungsbuch.

9. Schaltung, Siehe Lösungsbuch.

10. Schaltung, Siehe Lösungsbuch.

8.9 Programmieren mit VHDL

Seite 174

1. a) $x \leq a \text{ AND } (\text{NOT } b) \text{ OR } (\text{NOT } a) \text{ AND } b$;

b) $x \leq (\text{NOT } a \text{ OR } b) \text{ AND } (\text{NOT } (c \text{ OR } d))$;

c) $x \leq \text{NOT } (\text{NOT } (a \text{ AND } b) \text{ OR } c)$;

d) $x \leq a \text{ AND } (\text{NOT } (\text{NOT } (b \text{ AND } c) \text{ AND } d))$;

2. a) Siehe Lösungsbuch.

b) Siehe Lösungsbuch.

3. Siehe Lösungsbuch.

9 Computertechnik

9.1 Berechnung der Speicherkapazität

Seite 175

1. a) $8 \text{ GB} \approx 8,6 \text{ GiB}$ b) $F = 7,5\%$

2. $M = 4,6 \text{ GiB}$

3. $M_S = 2048 \text{ KiB}$

4. a) $M_B = 524288 \text{ B}$ b) $M_{KB} = 512 \text{ KB}$



5. a) $M_B \approx 10^9 B$ b) $M_{MB} \approx 10^3 MB$
 c) $M_b = 8,548 \cdot 10^9 \text{ bit}$
6. a) $M_B \approx 80 \cdot 10^9 B$ b) $M_{MB} \approx 80 \cdot 10^3 MB$
 c) $M_b = 6,4 \cdot 10^{11} \text{ bit}$

9.2 Bildschirmauflösung und Speicherkapazität

Seite 176

1. $w = 50,9 \text{ cm}; h = 28,6 \text{ cm}$
2. $d = 48,66 \text{ cm}$
3. $M = 3,75 \text{ MB} \Rightarrow M = 4 \text{ MB}$
4. $k_F = 409,6 \text{ bit} \Rightarrow \text{gewählt}, 48 \text{ bit}$
5. a) $f_Z = 77,824 \text{ kHz}$ b) $f_B = 76 \text{ Hz}$
 c) $M = 3,75 \text{ MB}; \text{ verwendet: } M = 4 \text{ MB}$
6. a) $n = 10,9 \cdot 10^6 \text{ Pixel}$ b) $M = 62,58 \text{ MB}$

9.3 PC-Firmware

9.3.1 PC-BIOS einstellen

Seite 177

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. Siehe Lösungsbuch.
4. Siehe Lösungsbuch.

9.3.2 UEFI

Seite 178

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. Siehe Lösungsbuch.
4. Siehe Lösungsbuch.

9.4 C/C++ und ARDUINO

9.4.1 Lineare Programme

Seite 179

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.

9.4.2 Programmverzweigungen

Seite 180

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. Siehe Lösungsbuch.

9.4.3 Programmschleifen

Seite 181

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. Siehe Lösungsbuch.

9.4.4 Felder (eindimensional)

Seite 182

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.

9.4.5 Programmieren mit Vorgaben

Seite 182

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.

9.5 Datenbanken

9.5.1 Datenbanken mit Access erstellen

Seite 183

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. Siehe Lösungsbuch.

9.5.2 Arbeiten mit einer Access-Datenbank

Seite 184

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. Siehe Lösungsbuch.
4. Siehe Lösungsbuch.



9.5.3 Datenbanksprache SQL

9.5.3.1 Abfragen mit SQL

Seite 185

1. `SELECT * FROM Kunden;`
2. `SELECT kundenvorname FROM Kunden;`
3. a) `SELECT * FROM Kunden WHERE plz LIKE 7*;`
b) `SELECT * FROM Kunden WHERE plz < 50 000;`
c) `SELECT * FROM Kunden WHERE geboren LIKE #24/12/*#;`
d) `SELECT * FROM Kunden WHERE kundenvorname LIKE B*;`
4. a) `SELECT * FROM Kunden WHERE kundenname = „Römer“;`
b) `SELECT * FROM Kunden WHERE kundenname = „Dehler“ AND kundenvorname = „Fabio“;`
c) `SELECT * FROM Kunden WHERE kundennummer > 5;`
d) `SELECT * FROM Kunden WHERE kundenvorname LIKE J*;`

9.5.3.2 SQL-Aggregatfunktionen

Seite 186

1. `SELECT AVG (artikelpreis) FROM Artikel;`
2. `SELECT SUM (artikelpreis) FROM Artikel;`
3. `SELECT COUNT (*) FROM Artikel;`
4. `SELECT AVG (artikelpreis) FROM Artikel WHERE artikelpreis > 100;`
5. `SELECT 2 * artikelpreis FROM Artikel;`
6. `SELECT 0,5 * artikelpreis FROM Artikel;`
7. `SELECT * FROM Kunden ORDER BY geboren;`
8. `SELECT * FROM Kunden ORDER BY plz DESC;`

10 Kommunikations-technik

10.1 Kommunikationsanlagen

10.1.1 Übertragungsgrößen

10.1.1.1 Übertragungsfaktor, Verstärkungsfaktor, Übertragungskoeffizient

Seite 187

1. $T = 0,75$
2. $T = 0,9$

$$3. S_1 = 10 \text{ mV}$$

$$4. S_2 = 75 \text{ mV}$$

$$5. a) T = 6,667 \quad b) T_1 = 33,3 \frac{\text{mV} \cdot \text{m}^2}{\text{N}}$$
$$c) T_5 = 0,571 \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \text{V}}$$

$$6. a) S_2 = U_1 = 9 \text{ mV} \quad b) T_3 = V_u = 530$$
$$c) U_2 = 4,77 \text{ V}$$

10.1.1.2 Dämpfungsfaktor

Seite 188

1. $D = 1,33$
2. $S_2 = 0,75 \text{ mV}$
3. a) $D_2 = 2,5$ b) $T_1 = 4$ c) $D_3 = 0,00333$
4. a) $T = 0,4$ b) $D = 0,25$ c) $T = 480$

10.1.1.3 Dämpfungsmaß und Verstärkungsmaß Bel und Dezibel

Seite 189

1. a) $D = 1,33$ b) $A = 2,488 \text{ dB}$
2. a) $D = 0,008333$ b) $A = -41,584 \text{ dB}$
3. a) $A = -39 \text{ dB}$ b) $V_u = 89,4$
c) $D_p = 0,0001251$
4. a) $A = -30 \text{ dB}$ b) $V_u = 31,6$
c) $D = 0,03165$ d) $V_p = 1000$
5. a) $A = 60 \text{ dB}$ b) $D = 1000$
c) $U_1 = 5 \text{ V}$

10.1.2 Kenngrößen von Richtantennen

Seite 190

1. $G = 11,48 \text{ dB}$
2. $U_2 = 1,255 \text{ mV}$
3. $G = -3 \text{ dB}$
4. $U_1 = 1,19 \text{ mV}$
5. $G_{VR} = 19,44 \text{ dB}$
6. $U_3 = 556 \mu\text{V}$
7. $L_{u3} = 42 \text{ dB}\mu\text{V}; \quad U_3 = 125,9 \mu\text{V}$
8. $L_{u2} = 64,54 \text{ dB}\mu\text{V}; \quad U_2 = 1,69 \text{ mV}$
9. $\alpha = 32^\circ; \quad G_{VR} = 13,98 \text{ dB}$
10. $\beta = 18^\circ$



10.2 Schaltungen der Kommunikationstechnik

10.2.1 Leistungsverstärker für Niederfrequenz

10.2.1.1 Großsignalverstärker

Seite 191

1. a) $P_{\text{L}} = 3,12 \text{ W}$ b) $P_{\text{z}} = 0,55 \text{ W}$ c) $P_{\text{v}} = 2,57 \text{ W}$
2. $P_{\text{v}} = 40,2 \text{ W}$

10.2.1.2 Gegentaktschaltungen

Seite 192

1. a) $\bar{I}_{\text{C}} = 1,15 \text{ A}$ b) $U_{\text{b}1} = 25 \text{ V}$
2. a) $\bar{I}_{\text{C}} = 1,27 \text{ A}$ b) $I_{\text{b}} = 2,54 \text{ A}$
3. $U_{\text{b}} = 60 \text{ V}$
4. a) $U_{\text{b}1} = 24 \text{ V}$ b) $Z_{\text{L}} = 6 \Omega$
5. a) $U_{\text{b}1} = 32 \text{ V}$ b) $I_{\text{Cmax}} = 0,64 \text{ A}$
c) $\bar{I}_{\text{C}} = 204 \text{ mA}$ d) $P_{\text{L}} = 6,53 \text{ W}$
6. a) $U_{\text{b}1} = 9,6 \text{ V}$ b) $U_{\text{b}} = 19,2 \text{ V}$
c) $I_{\text{b}} = 0,45 \text{ A}$ d) $P_{\text{L}} = 8,64 \text{ W}$

10.2.1.3 Klasse-D-Verstärker

Seite 193

1. a) $L = 42,44 \mu\text{H}$ b) $X_{\text{L}} = 80 \Omega$ c) $X_{\text{C}} = 5,2 \Omega$
2. a) $L = 12,74 \mu\text{H}$ b) $X_{\text{L}} = 90,5 \Omega$ c) $X_{\text{C}} = 7,81 \Omega$
3. $a = -22 \text{ dB}$

10.2.2 Akustik

10.2.2.1 Pegelrechnung beim Schall

Seite 194

1. $L_{\text{p}} = 75,6 \text{ dB}$
2. $L_{\text{p}} = 88,3 \text{ dB}$
3. a) $L_{\text{A}} = 141,2 \text{ dB(A)}$ b) $p = 200 \text{ N/m}^2$
4. a) $p = 2 \text{ Pa}$ b) $L_{\text{A}} = 101 \text{ dB(A)} \approx 101 \text{ phon}$
5. $p = 266 \mu\text{Pa}$

10.2.1.2 Frequenzweichen

Seite 195

$$1. L = 795,8 \mu\text{H}; C = 49,7 \mu\text{F}$$

$$2. f_{\text{c}} = 1,99 \text{ kHz}; L = 639,8 \mu\text{H}$$

Seite 196

$$3. A_{\text{t}} = 7 \text{ dB}; A_{\text{h}} = 0,98 \text{ dB}$$

$$4. f_{\text{c}} = 920,9 \text{ Hz}$$

$$5. f = 600 \text{ Hz}$$

$$6. a) \frac{f}{f_{\text{c}}} = 1,22 \quad b) U_{\text{t}} = 3,16 \text{ V}$$

$$7. L = 1,38 \text{ mH}; C = 10,82 \mu\text{F}$$

$$8. L = 225,1 \mu\text{H}; C = 28 \mu\text{F}$$

$$9. a) L_{\text{t}} = 1,5 \text{ mH}; C_{\text{t}} = 11,7 \mu\text{F}$$

$$b) L_{\text{h}} = 2,25 \text{ mH}; C_{\text{h}} = 7,8 \mu\text{F}$$

$$10. a) L_{\text{h}} = 450,2 \mu\text{H}; C_{\text{h}} = 14,1 \mu\text{F}$$

$$b) Z_{\text{t}} = 12 \Omega \quad c) C_{\text{t}} = 4,69 \mu\text{F}$$

$$11. A_{\text{t}} = 12,3 \text{ dB}; A_{\text{h}} = 0,26 \text{ dB}$$

$$12. a) A_{\text{t}} = 0 \text{ dB}; A_{\text{h}} = 17,65 \text{ dB} \quad b) U_{\text{t}} = 3 \text{ V}$$

$$13. \frac{f_{\text{c}}}{f} = 3,15$$

$$14. f = 1880 \text{ Hz}$$

$$15. a) f_{\text{c}} = 530,5 \text{ Hz} \quad b) C_1 = 75 \mu\text{F} \quad c) C_2 = 7,96 \mu\text{F}$$

$$16. a) Z = 8 \Omega \quad b) C_1 = 27,6 \mu\text{F} \quad c) f_{\text{c}} = 6,63 \text{ kHz}$$

11 Datenübertragung

11.1 Signalabtastung

Seite 197

$$1. f_{\text{s}0} = 12,5 \text{ kHz}$$

$$2. f_{\text{A}0} = 28 \text{ kHz}$$

$$3. a) f_{\text{A}} = 66,67 \text{ Hz} \quad b) f_{\text{s}} = 33,3 \text{ Hz} \quad c) t_{\text{s}} = 0,25 \text{ ms}$$

$$4. a) f_{\text{A}} = 5 \text{ Hz} \quad b) f_{\text{s}0} = 0,625 \text{ Hz} \quad c) t_{\text{H}} \approx 0,333 \text{ ms}$$

11.2 Signalumsetzer

Seite 198

1. a) $z = 255$ b) $\Delta U = 39,2 \text{ mV}$
2. a) $z = 7$ b) $\Delta U = 0,57 \text{ V}$
3. $q_C = 1; q_B = 1; q_A = 0$
4. $3 \text{ V} < U_x < 4 \text{ V}$
5. a) $R_K = 1,185 \text{ k}\Omega$ b) $U_{\text{amin}} = -0,4 \text{ V}$
c) $U_a = -6,78 \text{ V}$
6. a) $R_{e2} = 20 \text{ k}\Omega; R_{e3} = 40 \text{ k}\Omega; R_{e4} = 80 \text{ k}\Omega$
b) $U_{QH} = 4,44 \text{ V}$ c) $U_{\text{amin}} = 0,22 \text{ V}$

11.3 Digitale Modulation

11.3.1 PSK und QAM

Seite 199

1. $r_{ld} = 2214 \text{ Baud}$
2. $B = 97,3 \text{ MHz}$
3. $r_b = 8,58 \text{ Mbit/s}$
4. a) $B > B_k \Rightarrow$ Die Modulationsart 2-PSK ist nicht einsetzbar.
b) $B_{\bar{u}} = 5,9 \text{ MHz}$

5. $n = 16$

6. $n = 64$

7. $r_{b0} = 1,4 \frac{\text{bit/s}}{\text{Hz}}$

8. $n = 128$

9. 2-PSK: $r_b = 2400 \text{ bit/s}; r_{b0} = 0,77 \frac{\text{bit/s}}{\text{Hz}}$

4-PSK: $r_b = 4800 \text{ bit/s}; r_{b0} = 1,5 \frac{\text{bit/s}}{\text{Hz}}$

8-PSK: $r_b = 7200 \text{ bit/s}; r_{b0} = 2,3 \frac{\text{bit/s}}{\text{Hz}}$

16-QAM: $r_b = 9600 \text{ bit/s}; r_{b0} = 3,1 \frac{\text{bit/s}}{\text{Hz}}$

10. a) $r_b = 19,2 \text{ kbit/s}$ b) $r_{b0} = 6,2 \frac{\text{bit/s}}{\text{Hz}}$

c) $n_b = 8 \text{ bit/Digit}$ d) $n\varphi = 32$

e) $\Delta\varphi = 11,25^\circ$

11.3.2 Pulsmodulation

Seite 200

1. a) $f_A = 6,8 \text{ kHz}$ b) $f_A = 8 \text{ kHz}$
2. $f_{smax} = 22,05 \text{ kHz}$

3. $A_{\sigma} \approx 96 \text{ dB}$

4. $n \approx 8 \text{ bit}$

5. a) $H_0 = 65536$ b) $\Delta L_s = 90,31 \text{ dB}$

6. a) $n = 8 \text{ bit}$ b) $\Delta L_s = 42,14 \text{ dB}$

7. $r_b = 2,048 \text{ Mbit/s}$

8. $r_b = 4,3218 \text{ Mbit/s}$

11.3.3 Quantisierung und Codierung

Seite 201

1. a) $a = 0,25 \text{ V}$ b) $u_q = 0,075 \text{ V}$ c) $F_q = 3,85 \%$
2. a) $b_1 = 0,5 \text{ V}; b_2 = 0,5 \text{ V}; b_3 = 1 \text{ V}$
b) $a_1 = 0,0625 \text{ V}; a_2 = 0,125 \text{ V}, a_3 = 0,25 \text{ V}$
c) $F_q = 6,46 \%$
3. a) $F_q = 47,9 \%$ b) $F_q = 21,9 \%$
4. a) $F_q = 2,6 \%$ b) $F_q = 5,8 \%$
5. a) $b_3 = 0,03125 \text{ V}$
b) $U_t = 0,03125 \text{ V}; U_h = 0,0625 \text{ V}$
c) $a_3 = 0,00195125 \text{ V}$

11.4 Geschwindigkeit der Datenübertragung

Seite 202

1. a) $r_b = 2000 \text{ bit/s}$ b) $r_z = 285,7 \text{ Zeichen/s}$
c) $r_{\text{eff}} = 10908 \text{ Zeichen/min}$
2. a) $r_b = 50 \text{ bit/s}$ b) $r_z = 10 \text{ Zeichen/s}$
c) $r_{\text{eff}} = 400 \text{ Zeichen/min}$
3. a) $r_b = 8,39 \text{ Mbit/s}$ b) $t = 2,57 \text{ ms}$
c) $r_z = 1048750 \text{ Zeichen/s}$

Seite 203

4. a) $n_b = 11 \text{ Mbit}$ b) $t = 50,89 \text{ ms}$
c) $r_z = 500000 \text{ Zeichen/s}$
5. a) $r_b = 1000 \text{ bit/s}$ b) $r_d = 750 \text{ digit/s}$
c) $r_{ld} = 750 \text{ Baud}$
6. a) $r_b = 10 \text{ Mbit/s}$ b) $r_b = 13,33 \text{ Mbit/s}$
7. a) $r_b = 2380 \text{ bit/s}$ b) $r_{ld} = 2380 \text{ Baud}$
c) $r_z = 340 \text{ Zeichen/s}$
d) Auf den Datenleitern der V.24-Schnittstelle wird das Bit mit dem Wert 0 durch etwa +11 V und das Bit mit dem Wert 1 durch etwa -11 V dargestellt.

8. a) $n_{bz} = 12 \text{ bit}$ b) $r_b = 2400 \text{ bit/s}$
c) $T_b = 0,42 \text{ ms}$ d) $t = 5 \text{ ms}$

9. a) $n_b = 228,48 \text{ kbit}$ b) $n_{bD} = 227032 \text{ bit}$
 c) $n_z \approx 32433 \text{ Zeichen}$
 d) $n_{zD} \approx 901 \text{ Zeichen/Block}$

10. a) $n_B = 25 \text{ Blöcke}$ b) $n_{zges} = 2826 \text{ Byte}$
 c) $t_d = 5,21 \text{ s}$ d) $r_{\text{eff}} = 28791 \text{ Zeichen/min}$

11. $r_{\text{eff}} \approx 32190 \text{ Zeichen/min}$

11.5 Zeitmultiplexübertragung

Seite 204

1. a) $r_{bM} = 128 \text{ kbit/s}$ b) $r_{bK} = 32 \text{ kbit/s}$
2. a) $r_{bM} = 2048 \text{ kbit/s}$ b) $t_R = 0,125 \text{ ms}$
3. a) $f_{CM} = 8,192 \text{ MHz}$ b) $r_{bM} = 8,192 \text{ Mbit/s}$
 c) $r_{bK} = 64 \text{ kbit/s}$
4. a) $t_R = 0,125 \text{ ms}$ b) $t_Z = 3,91 \mu\text{s}$
 c) $T_b = 0,49 \mu\text{s}$
5. a) $n_{bR} \approx 848 \text{ bit}$ b) $n_{bRnutz} \approx 822 \text{ bit}$
 c) $n_{bRzu} = 26 \text{ bit}$
6. a) $t_R = 44,7 \mu\text{s}$ b) $n_{bRnutz} \approx 1510 \text{ bit}$
 c) $n_{bRzu} = 26 \text{ bit}$ d) $r_{bzu} = 581,7 \text{ kbit/s}$

11.6 Fehlerhäufigkeit

Seite 205

1. $P_b = 1,68 \cdot 10^{-6}$
2. $n_f = 150 \text{ bit}$
3. a) $P_B = 5,2 \cdot 10^{-2}$ b) $n_B = 3600 \text{ Blöcke}$
 c) $n_F \approx 188 \text{ Blöcke}$ d) $t_w \approx 1,3 \text{ min}$
4. a) $n_z = 2306867 \text{ Zeichen}$ b) $n_B = 23069 \text{ Blöcke}$
 c) $n_F = 499 \text{ Blöcke}$ d) $r_z = 72000 \text{ Zeichen/min}$
 e) $t_{\text{ges}} \approx 35,4 \text{ min}$ f) $r_{\text{eff}} = 65166 \text{ Zeichen/min}$
5. $r_{bRKW} = 28 \text{ kbit/s}; \quad t_m = 23,8 \text{ min}$
6. $r_{bRKW} = 28 \text{ kbit/s}; \quad P_b = 1,98 \cdot 10^{-7} \approx 2 \cdot 10^{-7}$
7. a) $n_{B1} = 160 \text{ Blöcke}; \quad n_{B2} = 120 \text{ Blöcke}$
 $n_{B3} = 120 \text{ Blöcke}$
 b) $n_{F1} = 160 \text{ Blöcke}; \quad n_{F2} \approx 5 \text{ Blöcke}$
 $n_{F3} = 120 \text{ Blöcke}$
 c) $P_B = 0,59$

11.7 Pegel und Dämpfung von Datenleitungen

Seite 206

1. $l \approx 8 \text{ km}$
2. $A_v = -54,6 \text{ dB}$
3. $r_b \approx 4000 \text{ bit/s}$
4. $l_{\text{max}} = 6,8 \text{ km}$
5. $U_e = 0,125 \text{ V}$
6. $l \approx 10,8 \text{ km}$

11.8 Wellenwiderstand und Ausbreitungsgeschwindigkeit

Seite 207

1. $Z_w = 231 \Omega$
2. $L = 57,6 \mu\text{H}$
3. $L' = 0,49 \mu\text{H/m}$
4. $C' = 100 \text{ pF/m}$
5. $Z_w = 120 \Omega$
6. a) $\varepsilon_r = 1,66$ b) $k = 0,78$
7. $Z_{w0} = 376,9 \Omega$
8. $c_0 \approx 300 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
9. a) $2\pi f \cdot L' = 7,85 \text{ m}\Omega/\text{m}$ b) $\frac{R'}{2\pi f \cdot L'} = 28$
 c) $Z_w = 342 \Omega$
10. $f = 3,16 \text{ kHz}$

11.9 Verbindungstechnik

11.9.1 Glasfasertechnik

Seite 208

1. a) $A_N = 0,34$ b) $\alpha = 19,9^\circ$
2. a) $A_N = 0,35$ b) $n_2 = 1,486$
3. a) $t_1 = 3,17 \text{ ms}$ b) $t_2 = 240 \text{ ms}$
4. a) $c_{11} = 200000 \text{ km/s}; \quad c_{12} = 206897 \text{ km/s}$
 b) $t_1 = 50 \mu\text{s}; \quad t_2 = 50,04 \mu\text{s}$
5. $D \approx 3 \text{ ns/km}$
6. $l = 7,05 \text{ km}$
7. $r_{b\text{max}} = 5,17 \text{ MBit/s}$
8. $l_{\text{max}} = 40,2 \text{ km}$



11.9.2 Übertragungsreichweiten in Glasfaser netzen

Seite 209

1. $B_0 = 3,15 \text{ GHz} \cdot \text{km}$
2. $l = 12,5 \text{ km}$
3. $L_{p2} = -30,97 \text{ dBm}$
4. $l = 29 \text{ km}$
5. a) $l = 37 \text{ km}$ b) $l = 17 \text{ km}$ c) 17 km
d) $P_1 = 31,6 \text{ W}$

2. $l_{CP} = 9 \text{ m}$

3. $l_{Fix} = 90 \text{ m}$

4. $l_{Fix} = 61,6 \text{ m bei } 35^\circ\text{C}$

5. $l_{Fix} = 77,4 \text{ m bei } 45^\circ\text{C}$

12.1.2.3 Gebäudeverkabelung

Seite 214

1. a) $N = 3$ b) $l_{max} = 270 \text{ m}$
2. $l_{max} = 4180 \text{ m}$
3. $l_{steig} = 465 \text{ m}$
4. $L_{summe} = 9,5 \text{ dB} < L_{zug}$
Die zulässige Dämpfung wird eingehalten.
5. a) $l = 750 \text{ m LWL}$
b) $L = 0,3 \text{ dB}$
Die zulässige Dämpfung wird eingehalten

12 Netztechnik

12.1 Aufbau von IT-Netzen, Routingtabelle

Seite 210

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. Siehe Lösungsbuch.
4. Siehe Lösungsbuch.

Seite 211

1. Siehe Lösungsbuch.
2. Siehe Lösungsbuch.
3. a), b) Siehe Lösungsbuch.

12.1.2 Errichten lokaler Netzwerke

12.1.2.1 Gesamtlänge einer horizontalen Verkabelung

Seite 212

1. a) $l_{ch} = 43,5 \text{ m}; \text{ STP-Kabel}$
b) $l_{ch} = 40,8 \text{ m}; \text{ UTP-Kabel}$
2. $l_{ch} = 100 \text{ m} \leq 100 \text{ m}$
3. $l_{Fix} \approx 89 \text{ m}$
4. $l_{ch} = 44,7 \text{ m} \leq 100 \text{ m}$

12.1.2.2 Längeneinschränkungen von fest verlegten Verkabelungsstrecken

Seite 213

1. $l_{Fix} = 85 \text{ m}$

12.2 Messen im LAN

12.2.1 Grundlagen NEXT, FEXT

Seite 215

1. $\text{NEXT} = 53,98 \text{ dB}$
2. $\text{FEXT} = 60 \text{ dB}$
3. a) $U_{2N} = 0,003 \text{ V}$
b) $U_{2F} = 1,91 \text{ mV}$
4. a) $U_{2N} = 2,08 \text{ mV}$
b) $U_{2F} = 2,23 \text{ mV}$

12.2.2 Messen und Fehlersuche

Seite 216

1. $ACR = 18,2 \text{ dB}$
2. $16,9 \text{ dB} < 21,7 \text{ dB}$
 $\text{NEXT}_{\text{ist}} 43,4 \text{ dB} > 39,9 \text{ dB}$
3. $\text{NEXT} = 72,5 \text{ dB}$
4. a) $ACR = 18,2 \text{ dB}$ b) Klasse E
5. $l = 97,5 \text{ m}$
6. $l = 50 \text{ m}$

12.3 Adressierung von Netzen

12.3.1 Internetadressierung IPv4

Seite 217

1. a) 1100 0010.0011 1110.0000 1111.0000 0010

b) Klasse C

c) 194.62.15. = Netzwerkteil
.2 = Rechnerteil

2. a) 192.168.2.2 ist eine gültige Klasse-C-Adresse.

b) Broadcastadresse: 192.168.2.255

3. Internetklasse A: 16 777 216 Adressen

Internetklasse B: 65 536 Adressen

Internetklasse C: 256 Adressen

4. a) Klasse-B-Adresse: 134.189.0.0

b) Broadcastadresse: 134.189.255.255

c) verfügbarer Adressbereich:
von 134.189.0.1 bis 134.189.255.254

d) 134.289.21.34 < 255, Adresse im gleichen Netz.

12.3.2 Internetadressierung IPv6

Seite 218

1. 1080:7:700:3:316b

2001:db8::f065:ff:0:3sec

2001:db8:3c4d:16::2a3f:2a4d

2001:A60:F0A0::1

2111:ab:0:4::1234

2. 2001:0000:0000:0000:0002:0000:0000:0001

2001:0db8:0000:000c:0000:0000:0000:001c

1080:0000:0000:0000:9956:0000:0000:0234

2001:0638:0208:ef34:0000:91ff:0000:5424

2001:0000:85a4:0000:0000:4a1e:0370:7112

3. 1. 2001:db8:aaaa:bb00:: letzten acht Bit in binär:
0000 0000 Decimal: 0

2. 2001:db8:aaaa:bb40:: letzten acht Bit in binär:
0100 0000 Decimal: 64

3. 2001:db8:aaaa:bb80:: letzten acht Bit in binär:
1000 0000 Decimal: 128

4. 2001:db8:aaaa:bbc0:: letzten acht Bit in binär:
1100 0000 Decimal: 192

4. 2001:db8:1234::/56, 100::/56, 200::/56, 300::/56, 400::/56,

500::/56, 600::/56, 700::/56,

800::/56, 900::/56, a00::/56, b00::/56,

c00::/56, d00::/56, e00::/56, f00::/56

12.3.3 Subnetze

Seite 219

1. 192.168.63.0

2. a) 254 b) 65534 c) 16382 d) 2

3. erste Adresse: 147.126.160.1
letzte Adresse: 147.126.191.254

4. 255.255.255.248

5. a) 255.255.255.224
b) erste IP-Adresse: 194.173.102.1
letzte IP-Adresse: 194.173.102.30

6. 210.255.0.237; 210.255.0.238

12.3.4 Aufteilung in Subnetze

Seite 220

1. RFC 950: $N = 14$

RFC 1878: $N = 16$

2. a) $N = 2^n \Rightarrow 1b N = n = 1b 4 = 2$

1. Subnetz 192.168.10.0/26

2. Subnetz 192.168.10.64/26

3. Subnetz 192.168.10.128/26

4. Subnetz 192.168.10.192/26

b) 26 Subnetzbits $\Rightarrow 255.255.255.192$

c) $H = 62$

3. a) 255.255.255.252

b) $H = 2$

4. $H = 100$ (Subnetz 1) $\Rightarrow 25$ Subnetzbits

Subnetzadresse: 134.212.32.0

Subnetzmaske: 255.255.255.128

Hostadressbereich:

134.212.32.1 bis 134.212.32.126

$H = 50$ (Subnetz 2) $\Rightarrow 26$ Subnetzbits

Subnetzadresse: 134.212.32.128

Subnetzmaske: 255.255.255.192

Hostadressbereich:

134.212.32.129 bis 134.212.32.190

13 Regelungstechnik

13.1 Unstetige Regler

Zweipunktregler

Seite 221

Beispiel 1b) Siehe Lösungsbuch.

Seite 222

1. a) $U_0 = -1,5 \text{ V}$; $U_u = -13,5 \text{ V}$; $\Delta U_x = 7,5 \text{ V}$
b) Diagramm siehe Lösungsbuch.
2. a) $U_0 = 0 \text{ V}$; $U_u = -10 \text{ V}$
b) $\Delta U_x = 10 \text{ V}$
3. Fall 1: Potenziometereinstellung $10 \text{ k}\Omega$
 $\Rightarrow R_k = 33 \text{ k}\Omega \Rightarrow \Delta U_x = \frac{2}{3} U_{y \max}$
 Fall 2: Potenziometereinstellung $33 \text{ k}\Omega$
 $\Rightarrow R_k = 66 \text{ k}\Omega \Rightarrow \Delta U_x = 0,3 U_{y \max}$
4. a) $U_0 = U_w$; $U_u = U_w$
b) $\Delta U_x = 0$
5. a) $U_0 = 9 \text{ V} \triangleq 900^\circ\text{C}$; $U_u = 7 \text{ V} \triangleq 700^\circ\text{C}$
b) $U_w = 800^\circ\text{C}$
c) $\Delta\vartheta = 200^\circ\text{C}$
d) $t_i = 1,2 \text{ min}$; $t_p = 1,6 \text{ min}$
e) Diagramm siehe Lösungsbuch.

13.2 Stetige Regler
13.2.1 P-Regler
Seite 223

1. $X_p = 20 \frac{1}{\text{min}}$
2. a) $K_R = 2,5 \text{ min} \cdot \text{mm}$ b) $X_{p\%} = 33,3 \%$
3. a) $e = 5 \text{ mm}$ b) $y = 35 \text{ mm}$
4. a) $e = -5 \text{ mm}$ b) $y = 5 \text{ mm}$
5. $K_p = 6,4$
6. $e = 2,5 \text{ mm}$
7. a) $U_a = -10 \text{ V}$ b) $U_a = 10 \text{ V}$
8. $R_{e1} = 5,4 \text{ k}\Omega$
9. $U_i = -6,41 \text{ V}$
10. $R_K/R_e = 7,5$

13.2.2 Analyse von Regelstrecken
Seite 224

1. $\Delta y = 2$
 - a) $\Delta x_A = 1$; $K_{PA} = 0,5$; $\Delta x_B = 0,5$; $K_{PB} = 0,25$
 - b) $\Delta x_C = 5$; $K_{PC} = 2,5$; $T_{tC} = 1 \text{ s}$
 $\Delta x_D = (-2)$; $K_{PD} = (-1)$; $T_{tD} = 3 \text{ s}$
2. $\Delta y = 5$
 - a) $x_{E0} = 0$; $x_{E\infty} = 7,5$; $x_{F0} = 2$; $x_{F\infty} = 7$
 - b) $\Delta x_E = 7,5$; $K_{PE} = 1,5$; $\Delta x_F = 5$; $K_{PF} = 1$
 - c) $x_{tE} = 4,725$; $x_{tF} = 5,15$

- d) $\tau_E = 1,5 \text{ s}$; $\tau_F = 2,5 \text{ s}$
- e) $K_p = 0,8$; $\tau = 1,5 \text{ s}$; $T_t = 1 \text{ s}$
- f) Diagramm, siehe Lösungsbuch.

Seite 225

3. a) Siehe Lösungsbuch.
b) Siehe Lösungsbuch.
4. a) $p_0 = 0 \text{ bar}$; $p_\infty = 6 \text{ bar}$
b) $\Delta p = 6 \text{ bar}$; $K_p = 6 \text{ bar}$
c) $T_e = 1,3 \text{ min}$; $T_b = 7 \text{ min}$
 $T_e = 2,4 \text{ min}$; $T_b = 9 \text{ min}$
d) Siehe Lösungsbuch.
5. a) Füllstand steigt in 10 Minuten um 2,4 m.
b) $K_I = 0,24 \text{ m/min}$; $T_I = 4,17 \text{ min/m}$
6. a) Füllstand steigt in 10 Minuten um 4 m.
b) $K_I = 0,4 \text{ m/min}$; $T_I = 2,5 \text{ min/m}$
c) $\tau = 8 \text{ min}$
7. a) PT_1 -Strecke: Zeitverlauf siehe Lösungsbuch.
 $K_p = 250 \text{ m/Ws}$; $\tau = 4 \text{ s}$
 b) Strecke höherer Ordnung: Zeitverlauf siehe Lösungsbuch.
 $K_p = 30 \text{ Ks/m}^3$; $T_e = 1,9 \text{ s}$; $T_b = 7 \text{ s}$
 c) IT_t -Strecke: Zeitverlauf siehe Lösungsbuch.
 $K_I = 0,015 \text{ m/Vs}$; $T_t = 3 \text{ s}$

13.2.3 PI-Regler
Seite 226

1. $K_I = 0,75 \text{ s}^{-1}$; $T_I = 1,33 \text{ s}$
2. $T_i = 3 \text{ s}$; $T_I = 0,6 \text{ s}$
3. $K_p = 6$; $T_i = 45 \text{ ms}$
 Skizze siehe Lösungsbuch.
4.

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
K_p	2	2,5	0,4	5	1,2	8
T_i	0,333 s	4 s	20 ms	2 s	15 ms	80 ms
K_I	3/s	0,625/s	20 s ⁻¹	2,5 s ⁻¹	80/s	100 s
T_I	0,667 s	1,6 s	0,05 s	400 ms	12,5 ms	10 ms
R_e	80 k Ω	48 k Ω	227 k Ω	0,1 M Ω	500 k Ω	20 k Ω
R_K	160 k Ω	120 k Ω	90,6 k Ω	0,5 M Ω	600 k Ω	160 k Ω
C_K	4,17 μ F	33,3 μ F	220 nF	4 μ F	25 nF	0,5 μ F

5. a) $K_p = 0,5$; $K_I = 5 \text{ s}^{-1}$; $T_I = 0,2 \text{ s}$; $T_i = 0,1 \text{ s}$
 b) $K_p = 1,25$; $K_I = 1,25 \text{ s}^{-1}$; $T_I = 0,8 \text{ s}$; $T_i = 1 \text{ s}$
6. a), b), c) Siehe Lösungsbuch.