

Elektrotechnik Grundlagen

Kurs

Kapitel 7

Übungen und Lösungen

7.1 Übungen und Lösungen zu Kurs 1 Kapitel 1

7.1.1 Übungen

1. LADUNG KRAFTWIRKUNG

- a) Wieviele Elementarladungen e ergeben die Ladung 5 nC (NanoCoulomb) ?
- b) Mit welcher Kraft F ziehen sich zwei Punktladungen von 3 μC in einem Abstand von 7 cm gegenseitig an ?

2. LADUNG KRAFTWIRKUNG

Zwei Punktladungen Q_1 und Q_2 befinden sich in einem Abstand von $d = 3 \text{ dm}$. Q_1 enthält $2 \cdot 10^{15} e$ und 5 Milliarden e machen Q_2 aus.

- a) Wie gross sind die beiden Ladungen in C ?
- b) Mit welcher Kraft F ziehen sich die beiden Punktladungen gegenseitig an ?

3. SUMMENZEICHEN LÄNGENMASS

Gegeben seien $L_1=5,6 \text{ cm}$, $L_2=390 \text{ mm}$, $L_3=4,7 \text{ dm}$, $L_4=2,7 \text{ m}$, $L_5=82 \text{ mm}$.

- a) Bilden Sie $L_6 = \sum_{k=2}^4 L_k$; $L_7 = \sum_{k=1}^5 L_k$; $L_8 = \sum_{k=3}^4 L_k$
- b) Bilden Sie $L_9 = \sum_{k=5}^7 L_k$; $L_{10} = \sum_{k=7}^8 L_k$; $L_{11} = \sum_{k=3}^6 L_k$
- c) Bilden Sie $A_1 = \frac{L_3}{L_{10}}$; $A_2 = \frac{L_5}{L_1}$; $A_3 = \frac{L_{11}}{L_4}$

4. GESETZ VON OHM DRAHTWIDERSTAND

Aus 1,1 kg Aluminium (Al) mit der Dichte $\delta = 2,7 \text{ gcm}^{-3}$ werde ein Draht gezogen. Der Draht weise einen Widerstand von $R = 45 \Omega$ auf.

- a) Wie lang wird der Draht ? $\ell = ?$
- b) Querschnitt und Durchmesser des Drahtes ? $A = ?$, $d = ?$
- c) Wie gross wird der Widerstand des Drahtes bei $\vartheta_1 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$? $R_{5^\circ\text{C}} = ?$
- d) Bei welcher Temperatur ϑ_2 wird der Drahtwiderstand $R_2 = 50 \Omega$? $\vartheta_2 = ?$

$$\rho_{\text{Al}} = 28,6 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m} \quad \alpha_{\text{Al}} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

5. GESETZ VON OHM

WIRTSCHAFTLICHKEIT

In einer $\ell = 5$ km langen Freileitung aus Kupferdraht (Cu) soll jeder Leiter einen Strom von $I = 300$ A führen.

Gesucht ist der wirtschaftlichste, der optimale Querschnitt A , wenn 1 kg Cu Fr. 32.50 kostet und 1 kW Verlustleistung die Anlage (das EW) mit Fr. 2325.- belastet.

$$\text{Dichte } \delta_{\text{Cu}} = 8,93 \text{ kgdm}^{-3} \quad \rho_{\text{Cu}} = 17,5 \cdot 10^{-3} \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$$

6. WIDERSTAND EINES LEITERS

Der Widerstand R eines Leiters ist abhängig von seiner Länge ℓ und seinem Querschnitt A . Vervollständigen Sie die nachfolgende Tabelle

Widerstand R	Material	Länge ℓ	Querschnitt A	spezifischer Widerstand ρ	Leitfähigkeit γ
	Cu	1 km	1 mm ²	$17,5 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$	Sm^{-1}
5 Ω	Al		10 mm ²	$0,0286 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$	Scm^{-1}
	Ag	1 m	10^{-3}mm^2	$0,0165 \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$	Sm^{-1}
1 Ω	Al	5 km		$28,6 \cdot 10^{-3} \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$	Scm^{-1}

7. WIDERSTAND EINES LEITERS

Der spezifische Widerstand ρ (eine Materialkonstante) und damit der Widerstand R sind von der Temperatur ϑ abhängig.

$R_{20^\circ\text{C}}$	Material	$R(\vartheta)$	$\rho(\vartheta)$	α in $^\circ\text{C}^{-1}$	$\Delta\vartheta$	ϑ in $^\circ\text{C}$
27 Ω	Ag			$4,1 \cdot 10^{-3}$	50 $^\circ\text{C}$	
	Cu	70 Ω		0,0043		180
2,2 k Ω	Kohle			$-2 \cdot 10^{-4}$	120 K	
5,6 k Ω	Al			$4,7 \cdot 10^{-3}$		-100

8. SCHREIBWEISE TECHNISCHER GRÖSSEN (1 BIS 3 STELLEN VOR DEM KOMMA)

Aufgabe	Lösung	Aufgabe	Lösung	Faktor	Zeichen
$57,9 \cdot 10^{-5}$		46'578 V		10^{18}	E Exa
$3,24 \cdot 10^{-2}$		0,035 A		10^{15}	P Peta
$1,9 \cdot 10^4$		2'651 kV		10^{12}	T Tera
$5,601 \cdot 10^5$		0,053 mA		10^9	G Giga
$4,7 \cdot 10^{-3}$		0,078 mV		10^6	M Mega
$33 \cdot 10^{-5}$		61'532 mV		10^3	k Kilo
$0,022 \cdot 10^2$		$0,5 \cdot 10^{-6}$ A		$10^0 = 1$	
$1,5 \cdot 10^8$		$23 \cdot 10^4$ kV		10^{-3}	m Milli
$821 \cdot 10^{-4}$		$2,3 \cdot 10^{-2}$ V		10^{-6}	μ Mikro
$5,6 \cdot 10^{-11}$		$0,68 \cdot 10^{-4}$ A		10^{-9}	n Nano
$3,93 \cdot 10^{13}$		$452 \cdot 10^4$ mA		10^{-12}	p Piko
$0,027 \cdot 10^{-2}$		$0,027 \cdot 10^{-8}$ kV		10^{-15}	f Femto
$57,9 \cdot 10^{-17}$		$23'235 \cdot 10^2$ μV		10^{-18}	a Atto

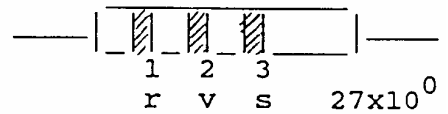
9. REIHE E - 12

Welche der nachstehenden Werte gehören in die Reihe E 12 ?

11	12	89	55	56	68	86
65	32	23	39	27	88	28
15	44	51	93	47	76	74
81	18	91	19	26	34	59
95	33	41	14	35	67	87
2,6	6,8	8,3	9,7	1,4	1,5	2,7
4,5	5,6	6,7	3,3	3,6	2,4	4,7
6,3	7,4	6,8	5,6	8,7	10	1,3
1,2	2,7	1,6	1,8	5,2	4,3	3,9
5,6	6,8	6,5	8,6	3,0	3,6	8,2
100	200	233	220	350	390	470
122	470	560	240	150	820	460
680	144	256	940	180	330	565
600	470	360	270	325	688	820
150	390	280	560	450	680	120
11	2,6	100	122	4,5	65	15
122	6,3	81	95	680	600	1,2
12	6,8	200	470	5,6	32	44
7,4	144	470	2,7	6,8	18	33
55	9,7	220	240	3,3	39	93
5,6	940	270	1,8	8,6	19	14
86	2,7	470	460	4,7	28	74
1,3	565	820	3,9	59	87	120
68	1,5	390	820	2,4	88	76
10	330	688	4,3	34	67	3,6
100	6,5	41	91	1,6	280	360
2,7	39	58	33,3	5,69	820	750
390	67,8	77,4	4,5	3,6	770	920
1,2	180	68	240	45,6	6,8	47
150	14,7	89,5	3,9	22	270	3,33

10. FARBENCODE

s	schwarz	0	gn	grün	5
bn	braun	1	bl	blau	6
r	rot	2	v	violett	7
og	orange	3	gu	grau	8
gb	gelb	4	w	weiss	9

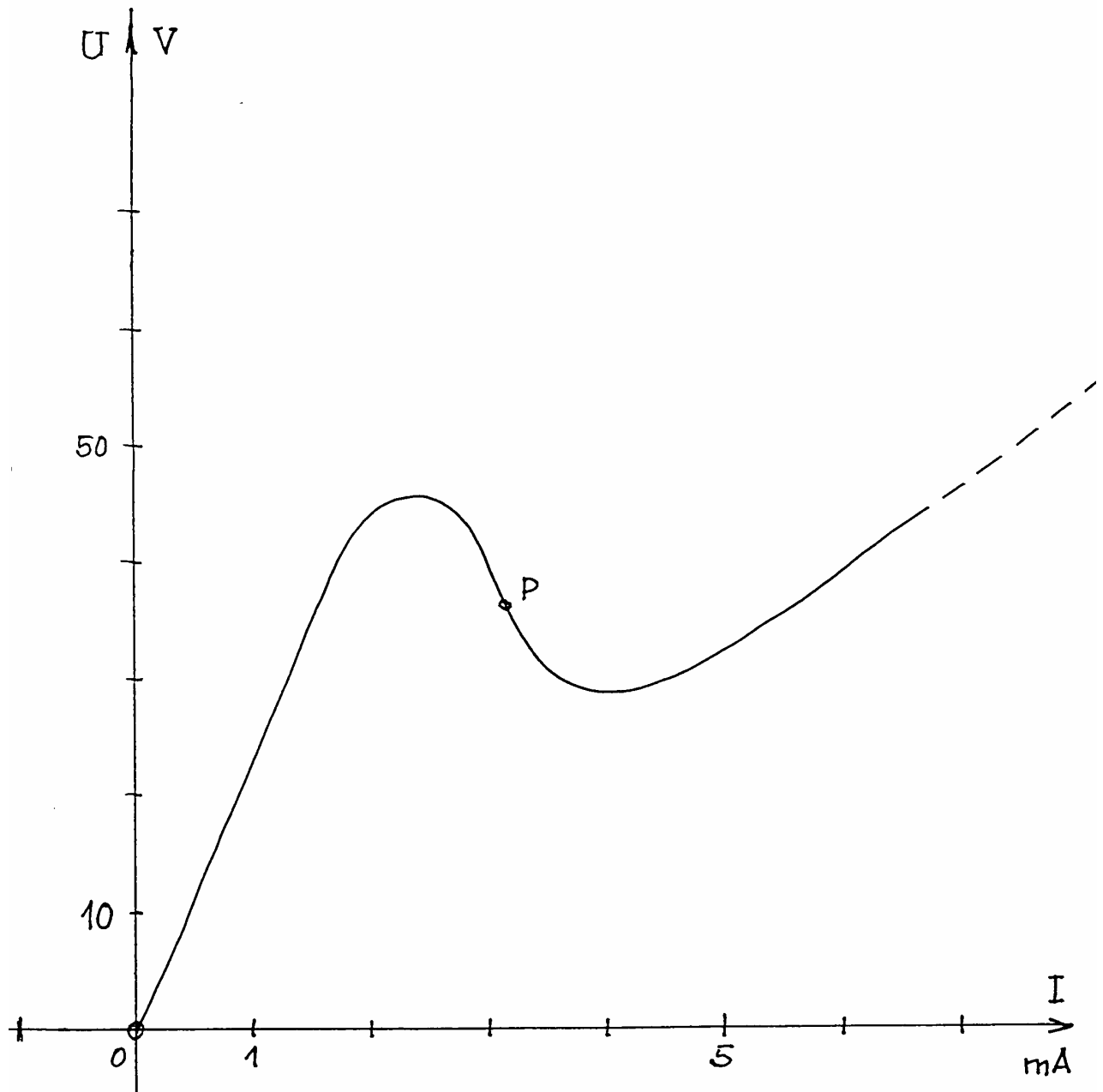


Wert	Farben		
	1	2	3
6,8 kO			
8,2 MO			
27 O			
1 kO			
1,2 MO			
270 O			
1,8 kO			
39 O			
220 kO			
3,3 kO			
18 O			
820 MO			
12 kO			
180 kO			
1,5 kO			
68 O			
470 kO			
82 O			
18 kO			
270 kO			
3,3 kO			
1 kO			
120 O			
8,2 kO			
180 O			
56 kO			
470 kO			
3,9 MO			

Wert	Farben		
	1	2	3
	gb	v	og
	bn	r	s
	og	og	og
	gu	r	bn
	r	r	s
	bn	gu	gn
	og	w	gb
	gu	r	r
	bl	gu	gb
	bn	r	s
	bn	gu	bl
	gb	v	s
	bn	s	og
	gn	bl	gb
	bn	gu	og
	r	v	gn
	gn	bl	bl
	bl	gu	r
	og	w	og
	bn	s	gn
	gu	r	r
	r	r	gb
	gb	v	og
	r	v	bn
	gu	r	bn
	gb	v	r
	og	w	bn
	gn	bl	s

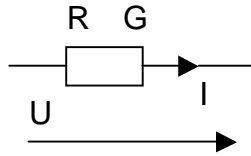
Wert	Farben		
	1	2	3
12 O			
	bn	gn	gn
	og	w	gn
56 O			
470 O			
	gb	v	s
	og	og	gb
330 kO			
27 kO			
	bl	gu	s
150 kO			
	og	w	bl
2,2 kO			
	bn	s	gb
33 kO			
	gu	r	og
	og	w	bn
220 kO			
27 O			
	gn	bl	og
1,2 kO			
	r	r	s
39 kO			
	gn	bl	bn
33 O			
180 kO			
	bn	gu	bn
	bn	gn	r

11. NICHTLINEARE U – I - KENNLINIE



- a) Konstruieren Sie den Widerstand R_P im Punkt P mit $R_P = \frac{U_P}{I_P}$.
(Strahlensatz, Ähnlichkeitssätze). Der so gefundene Widerstand R_P ist ein statischer Widerstand.
- b) Konstruieren Sie den statischen Widerstand für viele Punkte auf der Kennlinie.

12. GESETZ VON OHM



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U	R	I	G
20 V	820 Ω		
4 mV	6 Ω		
180 V		5 μ A	
9,25 V		450 mA	
	150 k Ω	60 μ A	
	900 m Ω	3 A	
8 V			5 S
		4 A	8 mS
250 mV		8 μ A	
5 mV		2,5 kA	

13. LEISTUNG

Ein Heizkörper soll statt 1 kW Leistung nur noch 250 W abgeben.
Um wie viele Prozent muss die Anschlussspannung gesenkt werden ?

14. LEISTUNG

Ein Farb – TV Gerät mit einer Anschlussleistung von 120 W werde täglich während vier Stunden benutzt.

- Wie viele Tage TV – Genuss (Verdruss) ergeben sich bei einem Einsatz von CHF 30.-, wenn eine Kilowattstunde (kWh) 21 Rappen kostet ?
- Wie viele Atomkraftwerke mit 1 GW Leistung sind nötig, wenn mit fünf Millionen TV – Geräten und einer Einschaltquote von 60% gerechnet wird ?

7.1.2 Lösungen

1. LADUNG KRAFTWIRKUNG

- a) $n = 31,21 \cdot 10^9 = 31,2$ Milliarden.
 b) $F = 16,51$ N

2. LADUNG KRAFTWIRKUNG

- a) $Q_1 = 320,4 \mu\text{C}$, $Q_2 = 801 \mu\text{C}$
 b) $F = 25,63$ kN

3. SUMMENZEICHEN LÄNGENMASS

- a) $L_6 = 3,56$ m , $L_7 = 3,698$ m , $L_8 = 3,17$ m
 b) $L_9 = 7,34$ m , $L_{10} = 6,868$ m , $L_{11} = 6,812$ m
 c) $A_1 = 68,433 \cdot 10^{-3}$ $A_2 = 1,4643$ $A_3 = 2,523$

4. GESETZ VON OHM DRAHTWIDERSTAND

- a) $l = 800,64$ m b) $A = 0,509$ mm² , $d = 804,92$ μm
 c) $R_{5^\circ\text{C}} = 41,828$ Ω d) $\vartheta_2 = 43,641$ °C

5. GESETZ VON OHM WIRTSCHAFTLICHKEIT

Gesucht ist das Minimum der Gesamtkosten = Kosten_{Kupfer} + Kosten_{Verluste} =
 $K_T = l \cdot \delta_{\text{Cu}} \cdot \text{Preis}_{\text{Cu}} \cdot A + l \cdot \rho_{\text{Cu}} \cdot \text{Preis}_{\text{Verluste}} \cdot I^2 / A$
 $A_{\text{optimal}} = 112,33$ mm²

6. WIDERSTAND EINES LEITERS

Widerstand R	Material	Länge l	Querschnitt A	spezifischer Widerstand ρ	Leitfähigkeit γ
17,5 Ω	Cu	1 km	1 mm ²	$17,5 \cdot 10^{-9}$ Ωm	57,14 MSm ⁻¹
5 Ω	Al	1,75 km	10 mm ²	$0,0286 \cdot 10^{-6}$ Ωm	349,65 kScm ⁻¹
16,5 Ω	Ag	1 m	10 ⁻⁶ mm ²	$0,0165$ Ωmm ² m ⁻¹	61 MSm ⁻¹
1 Ω	Al	5 km	143 mm ²	$28,6 \cdot 10^{-3}$ Ωmm ² m ⁻¹	350 kScm ⁻¹

7. WIDERSTAND EINES LEITERS

$R_{20^\circ\text{C}}$	Material	$R(\vartheta)$	$\rho(\vartheta)$ in $\Omega \text{ mm}^2\text{m}^{-1}$	α in $^\circ\text{C}^{-1}$	$\Delta\vartheta$	ϑ in $^\circ\text{C}$
27 Ω	Ag	32,5 Ω	0,0199	$4,1 \cdot 10^{-3}$	50 $^\circ\text{C}$	
41,5 Ω	Cu	70 Ω	0,0295	0,0043	160 $^\circ\text{C}$	180
2,2 k Ω	Kohle	2,15 k Ω	63,4	$-2 \cdot 10^{-4}$	120 K	140
5,6 k Ω	Al	2,44 k Ω	0,0125	$4,7 \cdot 10^{-3}$	-120 K	-100

8. SCHREIBWEISE TECHNISCHER GRÖSSEN (1 BIS 3 STELLEN VOR DEM KOMMA)

Aufgabe	Lösung	Aufgabe	Lösung	Faktor	Zeichen
$57,9 \cdot 10^{-5}$	$579 \cdot 10^{-6}$	46'578 V	46,578 kV	10^{18}	E Exa
$3,24 \cdot 10^{-2}$	$32,4 \cdot 10^{-3}$	0,035 A	35 mA	10^{15}	P Peta
$1,9 \cdot 10^4$	$19 \cdot 10^3$	2'651 kV	2,651 MV	10^{12}	T Tera
$5,601 \cdot 10^5$	$560,1 \cdot 10^3$	0,053 mA	53 μA	10^9	G Giga
$4,7 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	0,078 mV	78 μV	10^6	M Mega
$33 \cdot 10^{-5}$	$330 \cdot 10^{-6}$	61'532 mV	61,532 V	10^3	k Kilo
$0,022 \cdot 10^2$	2,2	$0,5 \cdot 10^{-6}$ A	500 nA	$10^0 = 1$	
$1,5 \cdot 10^8$	$150 \cdot 10^6$	$23 \cdot 10^4$ kV	230 MV	10^{-3}	m Milli
$821 \cdot 10^{-4}$	$82,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$ V	23 mV	10^{-6}	μ Mikro
$5,6 \cdot 10^{-11}$	$56 \cdot 10^{-12}$	$0,68 \cdot 10^{-4}$ A	68 μA	10^{-9}	n Nano
$3,93 \cdot 10^{13}$	$39,3 \cdot 10^{12}$	$452 \cdot 10^4$ mA	4,52 kA	10^{-12}	p Piko
$0,027 \cdot 10^{-2}$	$270 \cdot 10^{-6}$	$0,027 \cdot 10^{-8}$ kV	270 nV	10^{-15}	f Femto
$57,9 \cdot 10^{-17}$	$579 \cdot 10^{-18}$	$23'235 \cdot 10^2$ μV	2,3235 V	10^{-18}	a Atto

9. REIHE E - 12

Welche der nachstehenden Werte gehören in die Reihe E 12 ?

11	12	89	55	56	68	86
65	32	23	39	27	88	28
15	44	51	93	47	76	74
81	18	91	19	26	34	59
95	33	41	14	35	67	87
2,6	6,8	8,3	9,7	1,4	1,5	2,7
4,5	5,6	6,7	3,3	3,6	2,4	4,7
6,3	7,4	6,8	5,6	8,7	10	1,3
1,2	2,7	1,6	1,8	5,2	4,3	3,9
5,6	6,8	6,5	8,6	3,0	3,6	8,2
100	200	233	220	350	390	470
122	470	560	240	150	820	460
680	144	256	940	180	330	565
600	470	360	270	325	688	820
150	390	280	560	450	680	120
11	2,6	100	122	4,5	65	15
122	6,3	81	95	680	600	1,2
12	6,8	200	470	5,6	32	44
7,4	144	470	2,7	6,8	18	33
55	9,7	220	240	3,3	39	93
5,6	940	270	1,8	8,6	19	14
86	2,7	470	460	4,7	28	74
1,3	565	820	3,9	59	87	120
68	1,5	390	820	2,4	88	76
10	330	688	4,3	34	67	3,6
100	6,5	41	91	1,6	280	360
2,7	39	58	33,3	5,69	820	750
390	67,8	77,4	4,5	3,6	770	920
1,2	180	68	240	45,6	6,8	47
150	14,7	89,5	3,9	22	270	3,33

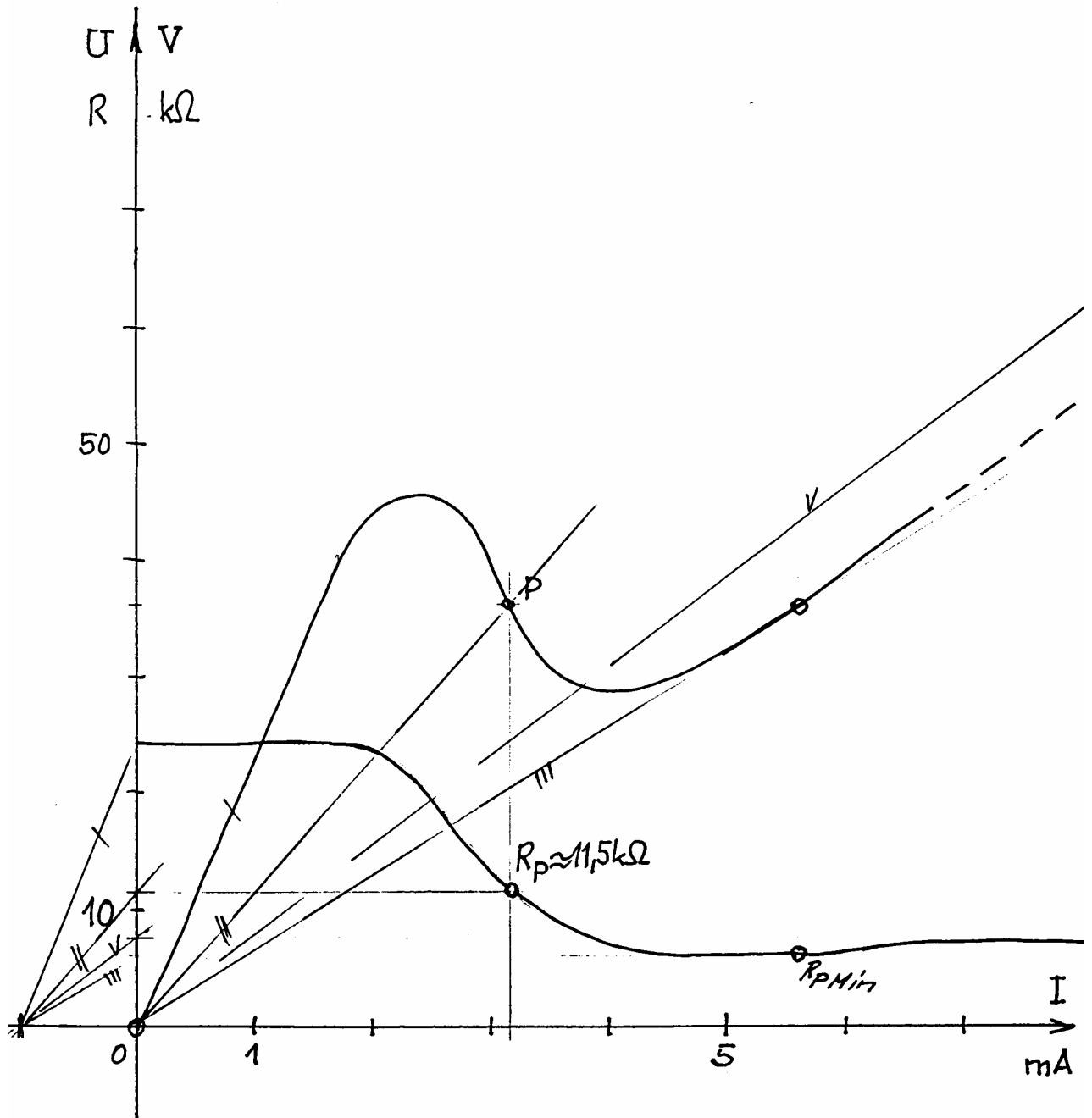
10. FARBENCODE

Wert	Farben		
	1	2	3
6,8 kΩ	bl	gu	r
8,2 MΩ	gu	r	gn
27 Ω	r	v	s
1 kΩ	bn	s	r
1,2 MΩ	bn	r	gn
270 Ω	r	v	bn
1,8 kΩ	bn	gu	r
39 Ω	og	w	s
220 kΩ	r	r	gb
3,3 kΩ	og	og	r
18 Ω	bn	gu	s
820 MΩ	gu	r	v
12 kΩ	bn	r	og
180 kΩ	bn	gu	gb
1,5 kΩ	bn	gn	r
68 Ω	bl	gu	s
470 kΩ	gb	v	gb
82 Ω	gu	r	s
18 kΩ	bn	gu	og
270 kΩ	r	v	gb
3,3 kΩ	og	og	r
1 kΩ	bn	s	r
120 Ω	bn	r	bn
8,2 kΩ	gu	r	r
180 Ω	bn	gu	bn
56 kΩ	gn	bl	og
470 kΩ	gb	v	gb
3,9 MΩ	og	w	gn

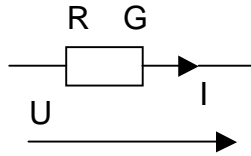
Wert	Farben		
	1	2	3
47 kΩ	gb	v	og
12 Ω	bn	r	s
33 kΩ	og	og	og
820 Ω	gu	r	bn
22 Ω	r	r	s
1,8 MΩ	bn	gu	gn
390 kΩ	og	w	gb
8,2 kΩ	gu	r	r
680 kΩ	bl	gu	gb
12 Ω	bn	r	s
18 MΩ	bn	gu	bl
47 Ω	gb	v	s
10 kΩ	bn	s	og
560 kΩ	gn	bl	gb
18 kΩ	bn	gu	og
2,7 MΩ	r	v	gn
56 MΩ	gn	bl	bl
6,8 kΩ	bl	gu	r
39 kΩ	og	w	og
1 MΩ	bn	s	gn
8,2 kΩ	gu	r	r
220 kΩ	r	r	gb
47 kΩ	gb	v	og
270 Ω	r	v	bn
820 Ω	gu	r	bn
4,7 kΩ	gb	v	r
390 Ω	og	w	bn
56 Ω	gn	bl	s

Wert	Farben		
	1	2	3
12 Ω	bn	r	s
1,5 MΩ	bn	gn	gn
3,9 MΩ	og	w	gn
56 Ω	gn	bl	s
470 Ω	gb	v	bn
47 Ω	gb	v	s
330 kΩ	og	og	gb
330 kΩ	og	og	gb
27 kΩ	r	v	og
68 Ω	bl	gu	s
150 kΩ	bn	gn	gb
39 MΩ	og	w	bl
2,2 kΩ	r	r	r
100 kΩ	bn	s	gb
33 kΩ	og	og	og
82 kΩ	gu	r	og
390 Ω	og	w	bn
220 kΩ	r	r	gb
27 Ω	r	v	s
56 kΩ	gn	bl	og
1,2 kΩ	bn	r	r
22 Ω	r	r	s
39 kΩ	og	w	og
560 Ω	gn	bl	bn
33 Ω	og	og	s
180 kΩ	bn	gu	gb
180 Ω	bn	gu	bn
1,5 kΩ	bn	gn	r

11. NICHTLINEARE U – I - KENNLINIE



12. GESETZ VON OHM



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U	R	I	G
20 V	820 Ω	24,39 mA	1,22 mS
4 mV	6 Ω	666,67 μ A	166,67 mS
180 V	36 M Ω	5 μ A	27,78 nS
9,25 V	20,56 Ω	450 mA	48,65 mS
9 V	150 k Ω	60 μ A	6,67 μ S
2,7 V	900 m Ω	3 A	1,11 S
8 V	200 m Ω	40 A	5 S
500 V	125 Ω	4 A	8 mS
250 mV	31,25 k Ω	8 μ A	32 μ S
5 mV	2 $\mu\Omega$	2,5 kA	500 kS

13. LEISTUNG

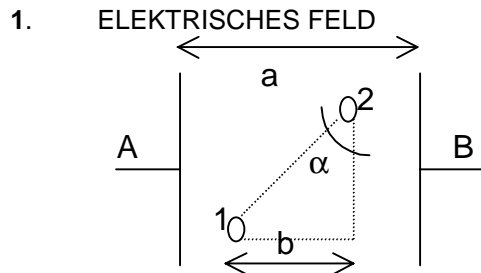
Die Spannung muss um 50 % gesenkt werden.

14. LEISTUNG

a) 298 Tage b) 0,36 Atomkraftwerk vom Typ Gösgen

7.2 Übungen und Lösungen zu Kurs 1 Kapitel 2

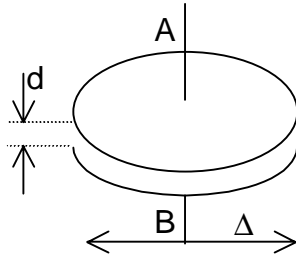
7.2.1 Übungen



Zwischen zwei metallischen Platten mit dem Abstand $a = 15 \text{ mm}$ herrsche eine elektrische Feldstärke von $E = 500 \text{ kV/m}^{-1}$. Weiter sind $\alpha = \pi/6$ und $b = 3 \text{ mm}$.

- Wie gross wird die Spannung U_{12} zwischen den zwei Punkten 1 und 2 ?
- Wie gross wird die Spannung zwischen den Klemmen A und B ?

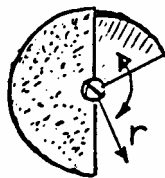
2. PLATTENKONDENSATOR



Gegeben seien zwei kreisförmige metallische Platten im Abstand von $d = 2 \text{ mm}$. Plattendurchmesser $\Delta = 400 \text{ mm}$.

- Wie gross ist die Kapazität C dieser Anordnung in Luft ?
- Wie gross ist die gespeicherte Energie W bei $U_{AB} = 1 \text{ kV}$?
- Wie gross wird die Anziehungskraft F zwischen den Platten ?
- Zwischen die Platten wird Pertinax gebracht. Wie gross werden so a) bis c) ?

3.



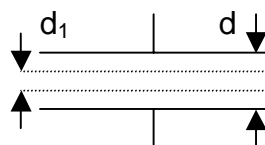
$r = 3 \text{ cm}$

DREHKONDENSATOR IN LUFT

Stator und Rotor eines Luftdrehkondensators sind aus halbkreisförmigen Aluminiumplatten-Platten gebildet. Der Abstand zwischen den Platten betrage $\delta_{\text{Luft}} = 600 \mu\text{m}$.

Mit wie vielen Platten kann eine Kapazität von $C = 250 \text{ pF}$ erreicht werden ? $n = ?$

4. PLATTENKONDENSATOR



Gegeben sei ein Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d = 1 \text{ mm}$, angeschlossen an eine Spannung von $U = 500 \text{ V}$.

In den Plattenraum wird eine Teflonplatte mit $d_1 = 600 \mu\text{m}$ gebracht.

Welche Spannung U_1 liegt an der Teflonplatte ?

5. STROMDICHTE

An einem stromführenden Kupferdraht wird zwischen zwei $\ell = 5$ m auseinanderliegenden Punkten die Spannung $U = 450$ mV gemessen. Der Drahtdurchmesser beträgt $\delta = 700$ μm . $\rho_{\text{Cu}} = 17,5 \cdot 10^{-9}$ Ωm

- Welche Stromdichte J herrscht im Leiter ?
- Welcher Strom I fließt im Leiter ?

6. ELEKTRISCHES FELD

Feld einer Punktladung

Gegeben sei im Punkt P eine **negative** Punktladung. Im Punkt A herrscht eine Feldstärke von $E = 30$ Vm^{-1} . Bestimmen Sie den Feldstärkevektor im Punkt Q.

$$\vec{R}_P = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} \text{m} \quad \vec{R}_A = \begin{pmatrix} -3 \\ -4 \end{pmatrix} \text{m} \quad \vec{R}_Q = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} \text{m}$$

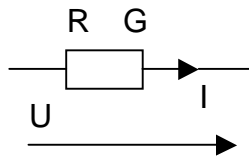
7. ELEKTRISCHES FELD

Feld einer Punktladung

Gegeben sei im Punkt P eine **negative** Punktladung. Im Punkt A herrscht eine Feldstärke von $E = 60$ Vm^{-1} . Bestimmen Sie den Feldstärkevektor im Punkt C.

$$\vec{R}_P = \begin{pmatrix} 60 \\ 40 \end{pmatrix} \text{mm} \quad \vec{R}_A = \begin{pmatrix} 50 \\ 40 \end{pmatrix} \text{mm} \quad \vec{R}_C = \begin{pmatrix} 40 \\ 20 \end{pmatrix} \text{mm}$$

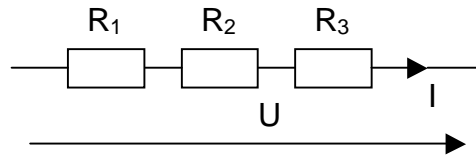
8. GESETZ VON OHM



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U	R	I	G
22,4 V	785 Ω		
4,39 mV	6,82 Ω		
182 V		5,3 μA	
9,25 V		470 mA	
	130 k Ω	63,9 μA	
	952 m Ω	3,58 A	
8,34 V			5,28 S
		4,44 A	7,38 mS
263 mV		7,82 μA	
5,2 mV		2,37 kA	

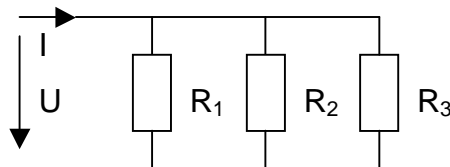
9. SERIESCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Grössen:

U	I	R ₁	R ₂	R ₃
42,8 V		1,35 kΩ	870 Ω	1,05 kΩ
	345 μA	850 kΩ	1,15 MΩ	20 kΩ
783 mV	523 μA		345 Ω	620 Ω
2,85 kV	57,3 A	39 Ω		7,4 Ω
827 V	30,4 mA	8,43 kΩ	12,4 kΩ	
62,8 kV		1,65 kΩ	470 Ω	1,85 kΩ
	243 μA	450 kΩ	2,3 MΩ	200 kΩ
585 mV	535 μA		225 Ω	810 Ω
2,85 V	67,3 mA	28 Ω		6,4 Ω
827 kV	30,4 A	8,43 kΩ	12,4 kΩ	

10. PARALLELSCHALTUNG

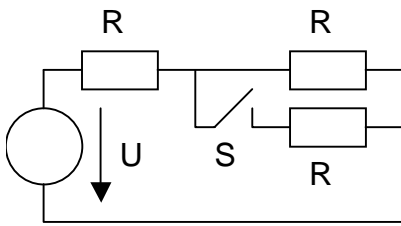


Bestimmen Sie die fehlenden Grössen:

U	I	R ₁	R ₂	R ₃
49,8 V		1,83 kΩ	370 Ω	12,3 kΩ
	545 μA	630 kΩ	1,65 MΩ	132 kΩ
42,8 V		1,35 kΩ	870 Ω	1,05 kΩ
	35 mA	850 kΩ	1,15 MΩ	20 kΩ
783 mV	523 μA		3,45 kΩ	6,2 kΩ
2,85 kV	67,3 A	390 Ω		74 Ω
827 V	30,4 mA	84,3 kΩ	124 kΩ	
62,8 kV		1,65 kΩ	470 Ω	1,85 kΩ
	243 μA	450 kΩ	2,3 MΩ	200 kΩ
585 mV	535 μA		2,25 kΩ	8,1 kΩ

11. Zwei gleiche Kochplatten werden zuerst parallel, dann in Serie an eine ideale Quelle geschaltet.
Wie verhalten sich die Leistungen der beiden Beschaltungen zueinander ?

12. Gegeben seien drei Heizofen mit je gleichen Eigenschaften, die folgendermassen zusammengeschaltet sind:



Wie verändern sich die Spannungen über den Heizofen und die Ströme durch die Heizofen, wenn der Schalter S geschlossen wird ?

- a) mit $U = 110 \text{ V}$ und $R = 15 \Omega$
 b) allgemein

13. Aus drei Heizwendeln mit $R_1 = 25 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$ und $R_3 = 100 \Omega$ soll eine mehrstufige Kochplatte für das Netz mit $U = 230 \text{ V}$ konstruiert werden. Wie viele Stufen wird die Kochplatte aufweisen ? Schema ? Erstellen Sie ein Diagramm mit den Stufen als Abszisse und den Leistungen als Ordinate.

14. Wie kann der Bereich eines Ampere – Meters erweitert werden ?

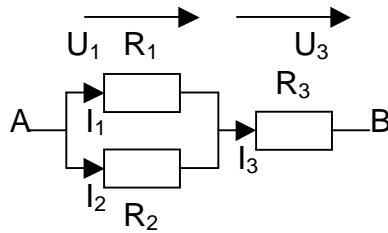
- a) allgemein
 b) gegeben sei ein Ampere – Meter mit dem Bereich $100 \mu\text{A}$ und einem Innenwiderstand von 800Ω . Es soll ein Strom von 2 A gemessen werden. Was ist zu tun ?

Wie kann mit einem Ampere – Meter eine Spannung gemessen werden ?

- c) Mit dem aus b) gegebenen Instrument soll eine Spannung von $4,5 \text{ V}$ gemessen werden. Was ist zu tun ?

15. Ein Kollege schenkt Ihnen einen Dia – Projektor aus den U.S.A mit folgenden Daten: Anschlussspannung 110 V , Anschlussleistung 180 W (Lampe 150 W , Ventilator 30 W). Sie wollen den Projektor mit einem Vorwiderstand an unserem Netz mit 230 V betreiben. Wie gross wird der Vorwiderstand ? Was geschieht, wenn die Projektorlampe ausfällt ?

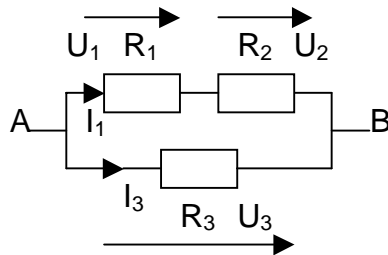
16. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U_{AB}	U_1	U_3	G_{AB}	R_1	R_2	R_3	I_1	I_2	I_3
15 V				90 k Ω	90 k Ω	45 k Ω			
	100 V		50 mS	20 Ω					10 A
	500 mV	1 V				200 Ω		2,5 mA	
			200 μ S		5 k Ω			2 mA	4 mA
	2 V					500 Ω	2 mA		4 mA
10 V				10 k Ω	10 k Ω	5 k Ω			
6 V		2 V			4 k Ω				2 mA
		30 V	1 μ S		800 k Ω		25 μ A		

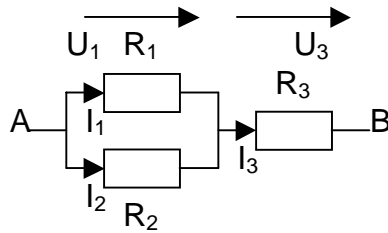
17. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U_1	U_2	U_3	G_{AB}	R_1	R_2	R_3	I_{AB}	I_1	I_3
10 V		20 V		20 k Ω					500 μ A
	15 V	25 V			10 k Ω		2 mA		
50 V	100 V					30 k Ω		5 mA	
		5 V	200 μ S		5 k Ω				500 μ A
				2 k Ω	3 k Ω	5 k Ω	40 mA		
			20 μ S	30 k Ω	70 k Ω		2 μ A		
	500 mV					500 Ω		2 mA	4 mA
				20 m Ω		100 m Ω		40 A	40 A

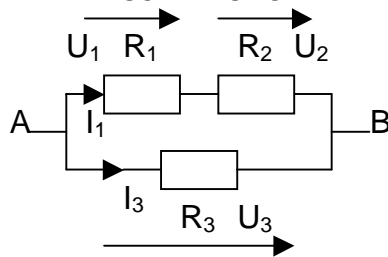
18. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U_{AB}	U_1	U_3	G_{AB}	R_1	R_2	R_3	I_1	I_2	I_3
15 V				82 k Ω	100 k Ω	47 k Ω			
	95 V		50 mS	27 Ω					10 A
	500 mV	1 V				180 Ω		2,5 mA	
			200 μ S		3,9 k Ω			1,8 mA	3,7 mA
	2,5 V					560 Ω	2 mA		4,3 mA
10 V				8,2 k Ω	12 k Ω	4,7 k Ω			
5,2 V		2 V			3,9 k Ω				2 mA
		30 V	1 μ S		680 k Ω		25 μ A		

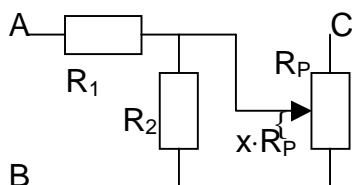
19. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U_1	U_2	U_3	G_{AB}	R_1	R_2	R_3	I_{AB}	I_1	I_3
12 V		18 V		18 k Ω					500 μ A
	15 V	24 V			12 k Ω		2 mA		
50 V	100 V					33 k Ω		4,7 mA	
		4,5 V	200 μ S		5,6 k Ω				500 μ A
				2,2 k Ω	3,3 k Ω	4,7 k Ω	40 mA		
			20 μ S	39 k Ω	56 k Ω		2 μ A		
	500 mV					470 Ω		1,9 mA	4,5 mA
				22 m Ω		120 m Ω		75 A	38 A

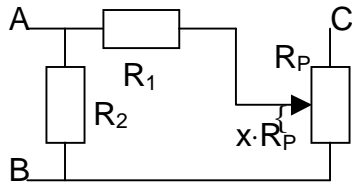
20. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER



In der nebenstehenden Schaltung sind gegeben:

$R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$ und $R_P = 100 \text{ k}\Omega$.
Suchen Sie $R_{AB}(x=0)$, $R_{AB}(x=1)$ und $R_{AB}(x)$,
sowie den Graph zu $R_{AB}(x)$.

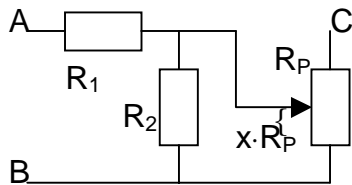
21. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER



In der nebenstehenden Schaltung sind gegeben:

$R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 18 \text{ k}\Omega$ und $R_P = 50 \text{ k}\Omega$.
Suchen Sie $R_{AB}(x=0)$, $R_{AB}(x=1)$ und $R_{AB}(x)$,
sowie den Graph zu $R_{AB}(x)$.

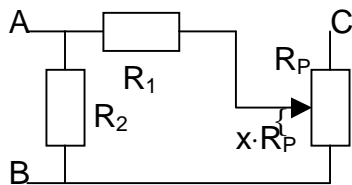
22. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER



Mit der nebenstehenden Schaltung soll erreicht werden, dass R_{AB} von $R_{AB1} = 5 \text{ k}\Omega$ bis $R_{AB2} = 20 \text{ k}\Omega$ verändert werden kann. $R_P = 30 \text{ k}\Omega$.

Berechnen Sie R_1 und R_2 .

23. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER

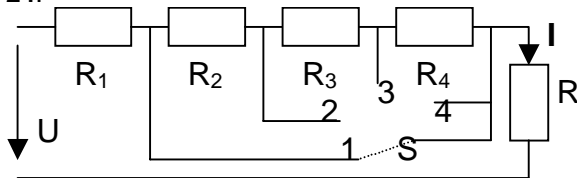


In der nebenstehenden Schaltung sind gegeben: $R_1 = p \cdot R_P$ und $R_2 = q \cdot R_P$.

Suchen Sie den Graph zu $\frac{R_{AC}}{R_P}(x)$ und

$\frac{R_{BC}}{R_P}(x)$.

24.



Berechnen Sie R_1 , R_2 , R_3 und R_4 so, dass der Strom $I = 1,8 \text{ mA}$ mit $R = 270 \Omega$ konstant bleibt für:

$U = 1 \text{ V}$, wenn der Schalter S in der Stellung 1 ist; $U = 5 \text{ V}$, wenn S in 2; $U = 20 \text{ V}$, wenn S in 3; $U = 70 \text{ V}$, wenn S in 4.

25. REALE QUELLE

An einer realen Quelle (z.B. Batterie, Akkumulator) messen Sie eine Leerlaufspannung von $U_l = 87 \text{ V}$ und einen Kurzschlussstrom von $I_k = 537 \text{ mA}$.

Berechnen Sie die Quellenkenngrößen R_i und G_i und zeichnen Sie das Spannungsquellen- und das Stromquellen – Ersatzschaltbild.

26. REALE QUELLE

Sie messen an einer realen Quelle eine Leerlaufspannung von $U_l = 78 \text{ V}$. Bei einer Stromentnahme von $I_L = 3,6 \text{ A}$ sinkt die Spannung an den Klemmen der Quelle auf $U_L = 10,3 \text{ V}$.

Berechnen Sie die Quellenkenngrößen R_i , G_i und I_k . Zeichnen Sie die beiden Ersatzschaltbilder mit den zugehörigen Werten und die Quellenkennlinie.

27. REALE QUELLE

An einer realen Quelle (Ladungsquelle) messen Sie einen Kurzschlussstrom von $I_k = 4,3 \text{ A}$. Wenn Sie die Quelle mit einem Widerstand von $R_L = 11,2 \Omega$ belasten, fliesst ein Strom von $I_L = 343 \text{ mA}$.

Berechnen Sie die Quellenkenngrössen R_i , G_i und I_k . Zeichnen Sie die beiden Ersatzschaltbilder mit den zugehörigen Werten und die Quellenkennlinie.

28. REALE QUELLE

An einer realen Quelle messen Sie eine Leerlaufspannung von $U_\ell = 785 \text{ mV}$. Bei einer Belastung der Quelle mit $R_L = 82 \text{ k}\Omega$ fliesst ein Strom von $I_L = 3,7 \mu\text{A}$ durch den Lastwiderstand R_L .

Berechnen Sie die Quellenkenngrössen.

Der Widerstand R_L werde ersetzt mit $R_{L1} = 47 \text{ k}\Omega$. Wie gross werden der Strom I_{L1} durch R_{L1} und die Spannung U_{L1} über dem Widerstand R_{L1} ?

29. REALE QUELLE

An einer realen Quelle mit dem Kurzschlussstrom $I_k = 67 \text{ A}$ messen Sie an einem Widerstand von $R_L = 5,6 \Omega$ eine Spannung von $U_L = 82 \text{ V}$.

Berechnen Sie die Quellenkenngrössen. Zeichnen Sie die Ersatzschaltbilder.

30. REALE QUELLE

Eine reale Quelle wird nacheinander mit zwei unterschiedlichen Widerständen belastet. Sie messen folgende Werte:

an $R_{L1} = 8,2 \text{ k}\Omega$ eine Spannung von $U_{L1} = 130 \text{ V}$ und

durch $R_{L2} = 3,3 \text{ k}\Omega$ einen Strom von $I_{L2} = 35 \text{ mA}$.

Berechnen Sie die Quellenkenngrössen R_i , G_i , U_ℓ und I_k . Zeichnen Sie die beiden Ersatzschaltbilder mit den zugehörigen Werten und die Quellenkennlinie.

31. REALE QUELLE

Eine reale Quelle wird nacheinander mit unterschiedlich belastet. Sie messen folgende Werte:

an $R_{L1} = 56 \Omega$ eine Spannung von $U_{L1} = 14,56 \text{ V}$ und

durch $R_{L2} = 36 \Omega$ einen Strom von $I_{L2} = 260 \text{ mA}$.

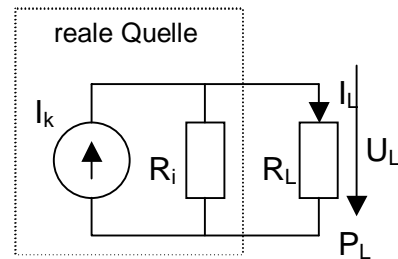
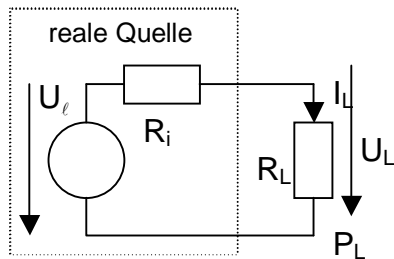
Berechnen Sie die Quellenkenngrössen R_i , G_i , U_ℓ und I_k . Zeichnen Sie die beiden Ersatzschaltbilder mit den zugehörigen Werten und die Quellenkennlinie.

32. REALE QUELLE

Bei einem Laststrom von $I_{L1} = 32 \text{ mA}$ messen Sie über der Last R_1 eine Spannung von $U_{L1} = 25 \text{ V}$. Sie schalten nun zusätzlich zur bestehenden Last R_1 einen Widerstand $R_2 = 220 \Omega$ parallel. Damit steigt der Gesamtstrom durch beide Lasten auf $I_L = 41 \text{ mA}$.

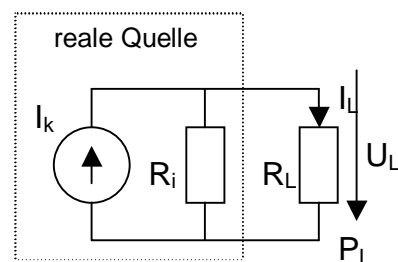
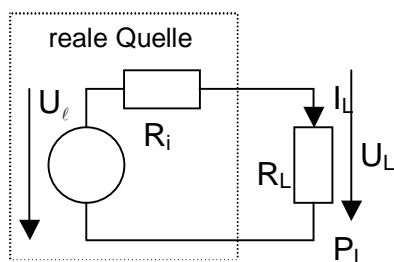
Wie gross werden U_{L2} , I_{L2} und die Quellenkenngrössen ?

33. REALE QUELLE



U_ℓ	R_i	I_k	U_L	R_L	I_L	P_L
90 V	56 Ω			47 Ω		
	33 Ω	113 mA		39 Ω		
	680 Ω				11 mA	230 mW
		52 A	7,8 V			83 W
		12 A		12 Ω	6 A	
6 V	30 m Ω				100 A	

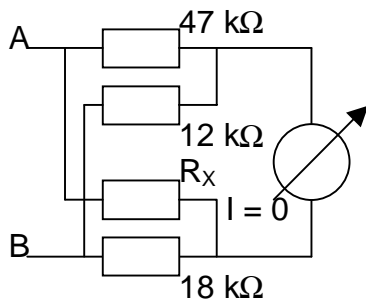
34. REALE QUELLE



U_ℓ	R_i	I_k	U_L	R_L	I_L	r
90 V	68 Ω			39 Ω		
	39 Ω	127 mA		39 Ω		
	680 Ω				11 mA	0,592
		5,2 A	7,8 V			- 0,32
		12 A		12 Ω		- 0,07
	30 m Ω				100 A	0

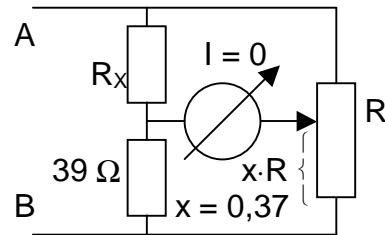
35. BRÜCKENSCHALTUNG

a)



Berechnen Sie den unbekanntnen Widerstand R_x .

b)



36. DAS dB – MASS

Ergänzen Sie die nachstehende Tabelle

$\frac{U_1}{U_2}$	39^{-1}	$3 \cdot 10^{-5}$			$7,3 \cdot 10^{13}$	
dB			19	- 28,6		26

$\frac{P_1}{P_2}$	0,5			50		10^{-6}
dB		12	- 9,54		26	

37. DAS ABSOLUTE dB – MASS

Ergänzen Sie die nachstehende Tabelle

P	4 W			$2 \mu\text{W}$		7 kW
dBm		12	-9,54		26	

U	15 V			73 mV		7 kV
dB μV		12	- 9,54		26	

7.2.2 Lösungen

1. ELEKTRISCHES FELD

a) $U_{12} = 1,5 \text{ kV}$ b) $U_{AB} = 7,5 \text{ kV}$

2. PLATTENKONDENSATOR

a) $C = 556,31 \text{ pF}$ b) $W = 278,16 \text{ }\mu\text{J}$ c) $F = 139,1 \text{ mN}$
d) $C = 2,67 \text{ nF}$ $W = 1,335 \text{ mJ}$ $F = 667,6 \text{ mN}$

3. DREHKONDENSATOR IN LUFT

$n = 13 \text{ Platten}$

4. PLATTENKONDENSATOR

$U_1 = 208,33 \text{ V}$

5. STROMDICHTHE

a) $J = 5,143 \text{ MAmm}^{-2} = 5,143 \text{ Amm}^{-2}$ b) $I = 1,98 \text{ A}$

6. ELEKTRISCHES FELD

Feld einer Punktladung

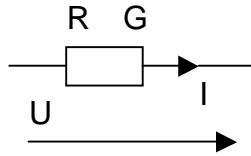
$$\vec{E}_Q = \begin{pmatrix} -18 \\ -24 \end{pmatrix} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

7. ELEKTRISCHES FELD

Feld einer Punktladung

$$\vec{E}_C = \begin{pmatrix} 5,303 \\ 5,303 \end{pmatrix} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

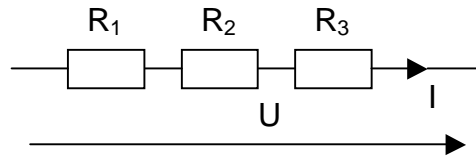
8. GESETZ VON OHM



Bestimmen Sie die fehlenden Grössen:

U	R	I	G
22,4 V	785 Ω	28,54 mA	1,274 mS
4,39 mV	6,82 Ω	643,7 μ A	146,63 mS
182 V	34,34 M Ω	5,3 μ A	29,12 nS
9,25 V	19,68 Ω	470 mA	50,81 mS
8,31 V	130 k Ω	63,9 μ A	7,69 μ S
3,41 V	952 m Ω	3,58 A	1,05 S
8,34 V	189,39 m Ω	44,04 mA	5,28 S
601,63 V	135,5 Ω	4,44 A	7,38 mS
263 mV	33,63 k Ω	7,82 μ A	29,734 μ S
5,2 mV	2,194 $\mu\Omega$	2,37 kA	455,77 kS

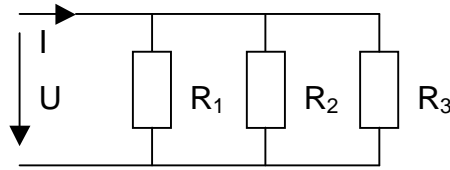
9. SERIESCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Grössen:

U	I	R ₁	R ₂	R ₃
42,8 V	13,09 mA	1,35 k Ω	870 Ω	1,05 k Ω
696,9 V	345 μ A	850 k Ω	1,15 M Ω	20 k Ω
783 mV	523 μ A	532,13 Ω	345 Ω	620 Ω
2,85 kV	57,3 A	39 Ω	3,34 Ω	7,4 Ω
827 V	30,4 mA	8,43 k Ω	12,4 k Ω	6,374 k Ω
62,8 kV	15,82 A	1,65 k Ω	470 Ω	1,85 k Ω
716,85 V	243 μ A	450 k Ω	2,3 M Ω	200 k Ω
585 mV	535 μ A	58,46 Ω	225 Ω	810 Ω
2,85 V	67,3 mA	28 Ω	7,948 Ω	6,4 Ω
827 kV	30,4 A	8,43 k Ω	12,4 k Ω	6,374 k Ω

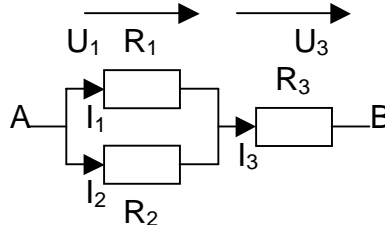
10. PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U	I	R ₁	R ₂	R ₃
49,8 V	165,86 mA	1,83 kΩ	370 Ω	12,3 kΩ
55,79 V	545 μA	630 kΩ	1,65 MΩ	132 kΩ
42,8 V	121,66 mA	1,35 kΩ	870 Ω	1,05 kΩ
672,48 V	35 mA	850 kΩ	1,15 MΩ	20 kΩ
783 mV	523 μA	4,613 kΩ	3,45 kΩ	6,2 kΩ
2,85 kV	67,3 A	390 Ω	132,69 Ω	74 Ω
827 V	30,4 mA	84,3 kΩ	124 kΩ	59,41 kΩ
62,8 kV	205,62 A	1,65 kΩ	470 Ω	1,85 kΩ
31,736 V	243 μA	450 kΩ	2,3 MΩ	200 kΩ
585 mV	535 μA	2,885 kΩ	2,25 kΩ	8,1 kΩ

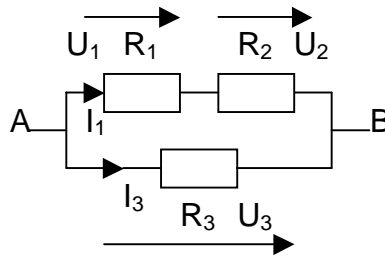
16. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U _{AB}	U ₁	U ₃	G _{AB}	R ₁	R ₂	R ₃	I ₁	I ₂	I ₃
15 V	7,5 V	7,5 V	11,1 μS	90 kΩ	90 kΩ	45 kΩ	83,3 μA	83,3 μA	166,7 μA
200 V	100 V	100 V	50 mS	20 Ω	20 Ω	10 Ω	5 A	5 A	10 A
1,5 V	500 mV	1 V	3,3 mS	200 Ω	200 Ω	200 Ω	2,5 mA	2,5 mA	5 mA
20 V	10 V	10 V	200 μS	5 kΩ	5 kΩ	2,5 kΩ	2 mA	2 mA	4 mA
4 V	2 V	2 V	1 mS	1 kΩ	1 kΩ	500 Ω	2 mA	2 mA	4 mA
10 V	5 V	5 V	100 μS	10 kΩ	10 kΩ	5 kΩ	500 μA	500 μA	1 mA
6 V	4 V	2 V	333,3 μS	4 kΩ	4 kΩ	1 kΩ	1 mA	1 mA	2 mA
50 V	20 V	30 V	1 μS	800 kΩ	800 kΩ	600 kΩ	25 μA	25 μA	50 μA

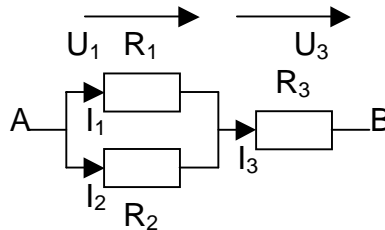
17. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U_1	U_2	U_3	G_{AB}	R_1	R_2	R_3	I_{AB}	I_1	I_3
10 V	10 V	20 V	$50 \mu S$	$20 k\Omega$	$20 k\Omega$	$40 k\Omega$	1 mA	$500 \mu A$	$500 \mu A$
10 V	15 V	25 V	$80 \mu S$	$6,67 k\Omega$	$10 k\Omega$	$50 k\Omega$	2 mA	1,5 mA	$500 \mu A$
50 V	100 V	150 V	$66,7 \mu S$	$10 k\Omega$	$20 k\Omega$	$30 k\Omega$	10 mA	5 mA	5 mA
2,5 V	2,5 V	5 V	$200 \mu S$	$5 k\Omega$	$5 k\Omega$	$10 k\Omega$	1 mA	$500 \mu A$	$500 \mu A$
40 V	60 V	100 V	$400 \mu S$	$2 k\Omega$	$3 k\Omega$	$5 k\Omega$	40 mA	20 mA	20 mA
30 mV	70 mV	100 mV	$20 \mu S$	$30 k\Omega$	$70 k\Omega$	$100 k\Omega$	2 μA	1 μA	1 μA
1,5 V	500 mV	2 V	3 mS	750Ω	250Ω	500Ω	6 mA	2 mA	4 mA
800 mV	3,2 V	4 V	20 S	$20 m\Omega$	$80 m\Omega$	$100 m\Omega$	80 A	40 A	40 A

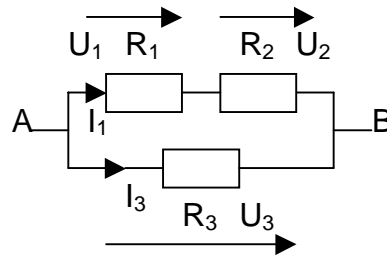
18. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U_{AB}	U_1	U_3	G_{AB}	R_1	R_2	R_3	I_1	I_2	I_3
15 V	7,34 V	7,66 V	$10,9 \mu S$	$82 k\Omega$	$100 k\Omega$	$47 k\Omega$	$89,5 \mu A$	$73,4 \mu A$	$163 \mu A$
200 V	95 V	105 V	50 mS	27Ω	$14,66 \Omega$	$10,5 \Omega$	3,52 A	6,48 A	10 A
1,5 V	500 mV	1 V	3,7 mS	$163,6 \Omega$	200Ω	180Ω	3,06 mA	2,5 mA	5,56 mA
18,5 V	7,02 V	11,48 V	$200 \mu S$	$3,69 k\Omega$	$3,9 k\Omega$	$3,1 k\Omega$	1,9 mA	1,8 mA	3,7 mA
4,908 V	2,5 V	2,408 V	$876,1 \mu S$	$1,25 k\Omega$	$1,09 k\Omega$	560Ω	2 mA	2,3 mA	4,3 mA
10 V	5,09 V	4,91 V	$104,5 \mu S$	$8,2 k\Omega$	$12 k\Omega$	$4,7 k\Omega$	$620,7 \mu A$	$424 \mu A$	$1,04 mA$
5,2 V	3,2 V	2 V	$384,6 \mu S$	$2,71 k\Omega$	$3,9 k\Omega$	$1 k\Omega$	1,18 mA	$820,5 \mu A$	2 mA
40,625V	10,625V	30 V	$1 \mu S$	$425 k\Omega$	$680 k\Omega$	$738,5 k\Omega$	$25 \mu A$	$5,62 \mu A$	$40,62 \mu A$

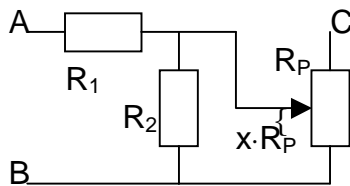
19. SERIESCHALTUNG UND PARALLELSCHALTUNG



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U_1	U_2	U_3	G_{AB}	R_1	R_2	R_3	I_{AB}	I_1	I_3
12 V	6 V	18 V	64,8 μ S	18 k Ω	9 k Ω	36 k Ω	1,17 mA	667 μ A	500 μ A
9 V	15 V	24 V	83,3 μ S	7,2 k Ω	12 k Ω	32 k Ω	2 mA	1,25 mA	750 μ A
50 V	100 V	150 V	61,7 μ S	10,6 k Ω	21,3 k Ω	33 k Ω	9,25 mA	4,7 mA	4,55 mA
2,26 V	2,24 V	4,5 V	200 μ S	5,65 k Ω	5,6 k Ω	9 k Ω	900 μ A	400 μ A	500 μ A
40,55 V	60,82 V	101,4 V	394,6 μ S	2,2 k Ω	3,3 k Ω	4,7 k Ω	40 mA	18,4 mA	21,6 mA
41,05mV	58,95mV	100 mV	20 μ S	39 k Ω	56 k Ω	105,6k Ω	2 μ A	1,05 μ A	947 nA
1,62 V	500 mV	2,12 V	3,03 mS	850 Ω	263,2 Ω	470 Ω	6,4 mA	1,9 mA	4,5 mA
1,65 V	2,91 V	4,56 V	24,78 S	22 m Ω	38,8 m Ω	120 m Ω	113 A	75 A	38 A

20. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER



$$R_{AB} = R_1 + R_2 \parallel xR_P$$

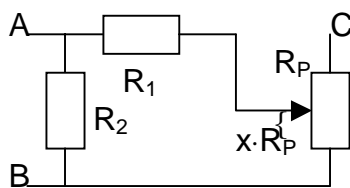
Mit $R_1 = pR_P$ und $R_2 = qR_P$ wird

$$R_{AB}(x) = R_P \frac{pq + (p+q)x}{q+x}; p=0,056, q=0,22$$

$$R_{ABx=0} = pR_P = R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ABx=1} = R_1 + R_2 \parallel R_P = 23,633 \text{ k}\Omega$$

21. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER

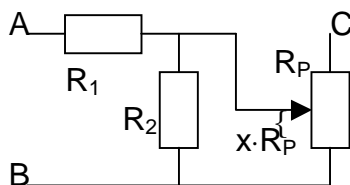


$$R_{AB} = R_2 \parallel (R_1 + xR_P) \quad R_1 = p \cdot R_P \quad R_2 = q \cdot R_P$$

$$R_{AB}(x) = R_P \frac{q(p+x)}{q+p+x}; 0 \leq x \leq 1$$

$$R_{ABx=0} = 3,935 \text{ k}\Omega, \quad R_{ABx=1} = 13,67 \text{ k}\Omega$$

22. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER



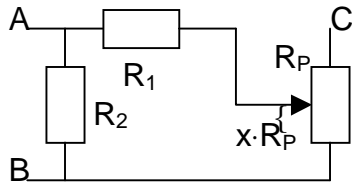
$$R_{AB} = R_1 + R_2 \parallel xR_P$$

$$x=0: R_{AB} = R_1 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$x=1: R_{AB} = R_1 + R_2 \parallel R_P = 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 5 \text{ k}\Omega \quad R_2 \parallel R_P = 15 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_2 = 30 \text{ k}\Omega$$

23. SCHALTUNG MIT POTENTIOMETER



$$R_{AC} = R_1 || (R_2 + xR_P) + (1-x)R_P$$

$$\frac{R_{AC}}{R_P}(x) = \frac{p + pq + q + (1-q)x - x^2}{p + q + x}$$

$$R_{BC} = (R_1 + R_2) || xR_P + (1-x)R_P$$

$$\frac{R_{BC}}{R_P}(x) = \frac{p + q + x - x^2}{p + q + x}$$

24.

$$R_1 = 285,556 \, \Omega, \quad R_2 = 2,222 \, \text{k}\Omega, \quad R_3 = 8,333 \, \text{k}\Omega, \quad R_4 = 27,778 \, \text{k}\Omega$$

32.

$$R_L = 171,66 \, \Omega, \quad U_L = 7,038 \, \text{V}, \quad R_i = 1,996 \, \text{k}\Omega, \quad U_i = 88,865 \, \text{V}, \quad I_k = 44,52 \, \text{mA}$$

33. REALE QUELLE

U_i	R_i	I_k	U_L	R_L	I_L	P_L
90 V	56 Ω	1,61 A	41,07 V	47 Ω	873,79mA	35,885 W
3,729 V	33 Ω	113 mA	2,02 V	39 Ω	51,792mA	104,6mW
28,39 V	680 Ω	41,75 mA	20,91 V	1,9 k Ω	11 mA	230 mW
9,807 V	188,59m Ω	52 A	7,8 V	733 m Ω	10,64 A	83 W
144 V	12 Ω	12 A	72 V	12 Ω	6 A	432 W
6 V	30 m Ω	200 A	3 V	30 m Ω	100 A	300 W

34. REALE QUELLE

U_i	R_i	I_k	U_L	R_L	I_L	r
90 V	68 Ω	1,32 A	32,8 V	39 Ω	841,1 mA	- 0,271
4,953 V	39 Ω	127 mA	2,4765V	39 Ω	63,5 mA	0
36,652 V	680 Ω	53,9 mA	29,172 V	2,652 k Ω	11 mA	0,592
22,94 V	4,412 Ω	5,2 A	7,8 V	2,287 k Ω	3,41 A	- 0,32
165,7 V	13,81 Ω	12 A	77 V	12 Ω	6,42 A	- 0,07
6 V	30 m Ω	200 A	3 V	30 m Ω	100 A	0

35. BRÜCKENSCHALTUNG

a) $R_X = 70,5 \, \text{k}\Omega$

b) $R_X = 66,405 \, \Omega$

36. DAS dB – MASS

Ergänzen Sie die nachstehende Tabelle

$\frac{U_1}{U_2}$	39^{-1}	$3 \cdot 10^{-5}$	8,91	$37,2 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{13}$	20
dB	- 31,82	- 90,46	19	- 28,6	277,27	26

$\frac{P_1}{P_2}$	0,5	15,85	0,1112	50	398	10^{-6}
dB	- 3	12	- 9,54	17	26	- 60

37. DAS ABSOLUTE dB – MASS

Ergänzen Sie die nachstehende Tabelle

P	4 W	15,85 mW	111,2 μ W	2 μ W	398 mW	7 kW
dBm	36	12	-9,54	- 27	26	68,45

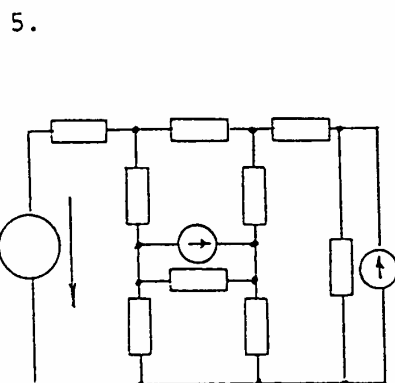
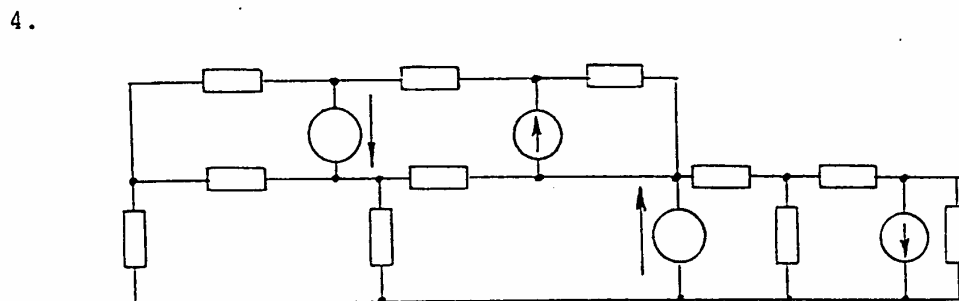
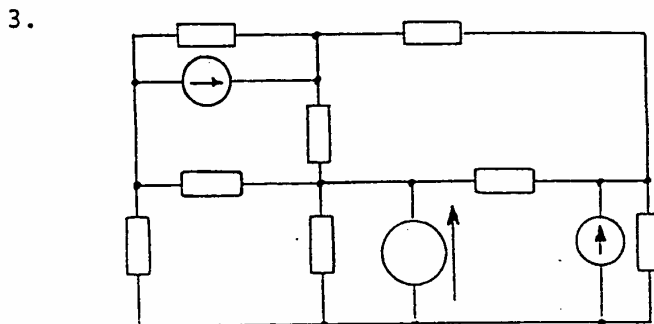
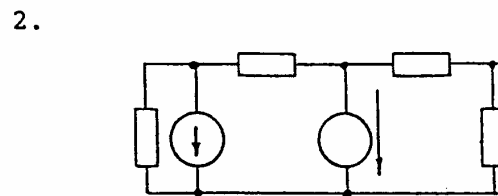
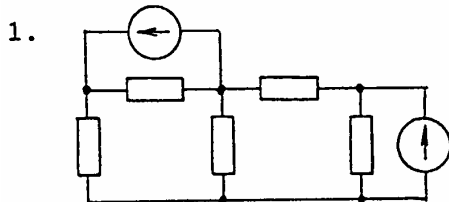
U	15 V	4 μ V	333 nV	73 mV	400 mW	7 kV
dB μ V	143,52	12	- 9,54	97,23	26	196,9

7.3 Übungen und Lösungen zu Kurs 1 Kapitel 3

7.3.1 Übungen

1. KNOTEN UND MASCHEN

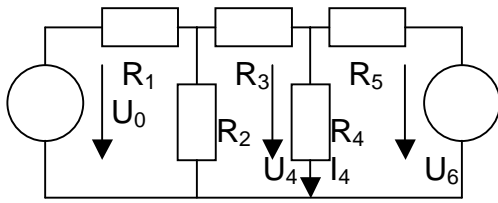
Wie viele Maschen- und Knotengleichungen werden in den nachfolgenden Schaltungen benötigt, um unbekannte Größen zu berechnen ?



Lösungen:

1. $7 - 4 + 1 - 2 = 2$ M'gl.	$4 - 1 - 0 = 3$ K'gl.
2. $6 - 4 + 1 - 1 = 2$	$4 - 1 - 1 = 2$
3. $11 - 5 + 1 - 2 = 5$	$5 - 1 - 1 = 3$
4. $15 - 8 + 1 - 2 = 6$	$8 - 1 - 2 = 5$
5. $12 - 7 + 1 - 2 = 4$	$7 - 1 - 1 = 5$

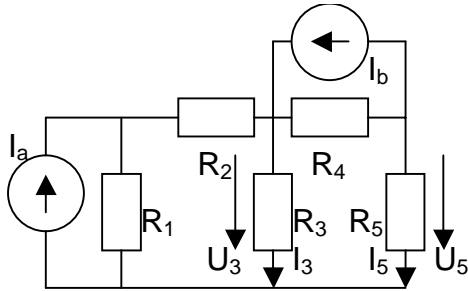
2. KNOTEN- UND MASCHENGLEICHUNGEN



Gesucht werden in der nebenstehenden Schaltung die Spannung U_4 und der Strom I_4 .

- Wie viele Maschen- und Knotengleichungen werden benötigt ?
- Wie lautet der Ansatz mit Knotengleichungen ? Suchen Sie das geordnete Gleichungssystem

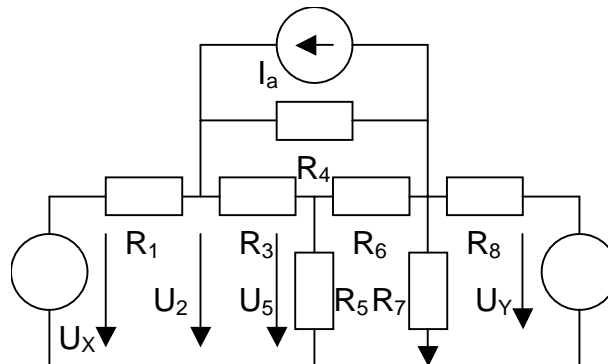
3.



Die Größen I_3 , U_3 , I_5 und U_5 sollen bestimmt werden.

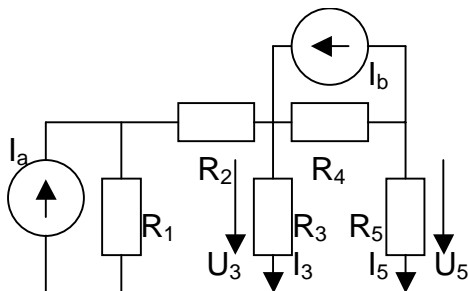
- Wie viele Maschen- und Knotengleichungen werden benötigt ?
- Wie lautet der Ansatz mit Maschengleichungen ? Suchen Sie das geordnete Gleichungssystem

4.



Gesucht sind die Größen U_2 und U_5 . Suchen Sie ein geordnetes Gleichungssystem das erlaubt, diese beiden Spannungen zu finden.

5.

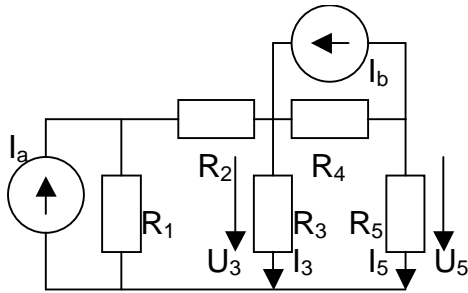


Die Größen I_3 und I_5 sollen berechnet werden.

Gegeben sind die Werte:

$$\begin{aligned}
 I_a &= 8 \text{ mA} & I_b &= 3 \text{ mA} \\
 R_1 &= 1,5 \text{ k}\Omega & R_2 &= 680 \text{ }\Omega & R_3 &= 3,9 \text{ k}\Omega \\
 R_4 &= 1,2 \text{ k}\Omega & R_5 &= 270 \text{ }\Omega
 \end{aligned}$$

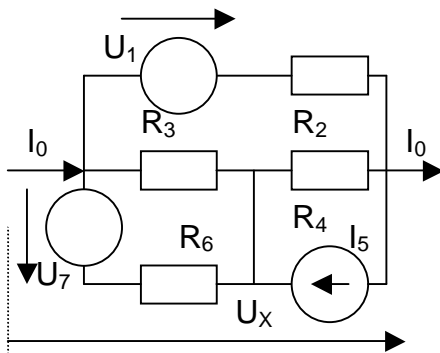
6.



Der Strom I_3 soll gerade Null werden.

Übernehmen Sie aus der vorangehenden Aufgabe die Werte für I_a und R_1 bis 5 und bestimmen Sie I_{bx}

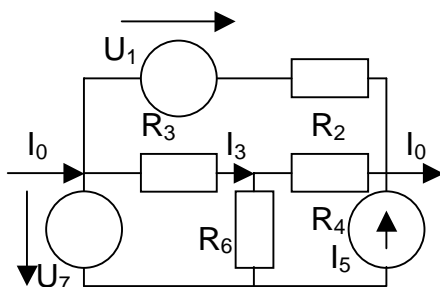
7.



Suchen Sie zur Bestimmung von U_x ein geordnetes Gleichungssystem mit dem

- Knotenansatz (Knotenpunktverfahren),
 - Maschenansatz (Maschenstromverfahren).
- Die Elemente sind gegeben.

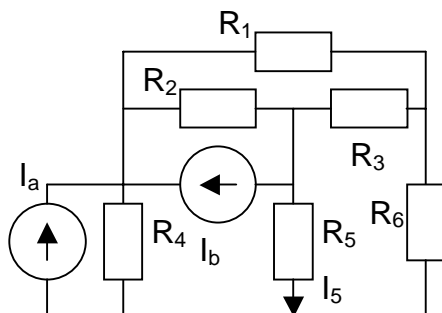
8.



Suchen Sie zur Bestimmung von I_3 ein geordnetes Gleichungssystem mit dem

- Knotenansatz (Knotenpunktverfahren),
 - Maschenansatz (Maschenstromverfahren).
- Die Elemente sind gegeben.

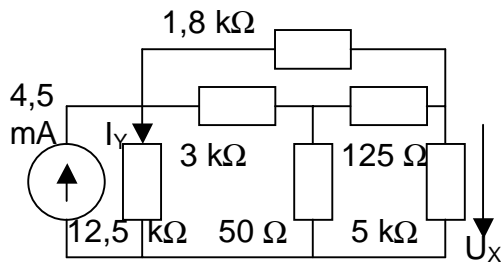
9.



Gesucht werde der Strom I_5 durch den Widerstand R_5 .

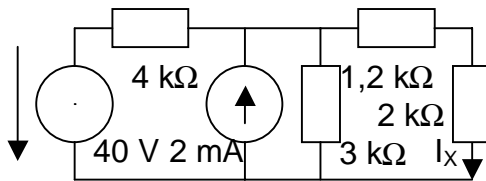
Suchen Sie das geordnete Gleichungssystem für einen Maschenansatz, das zu den gesuchten Größen führen wird.

10.



Berechnen Sie in der skizzierten Schaltung die Spannung U_X und den Strom I_Y .

11.



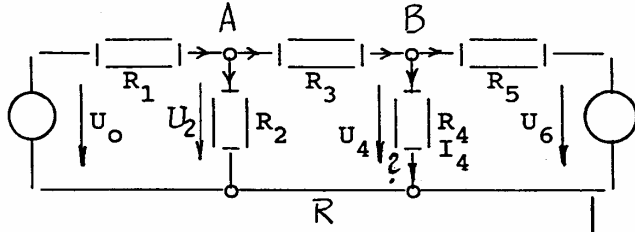
Gesucht ist der Strom I_X .

Suchen Sie I_X mit dem Knoten- und dem Maschenansatz.

7.3.2 Lösungen

2.

KNOTEN- UND MASCHENGLEICHUNGEN

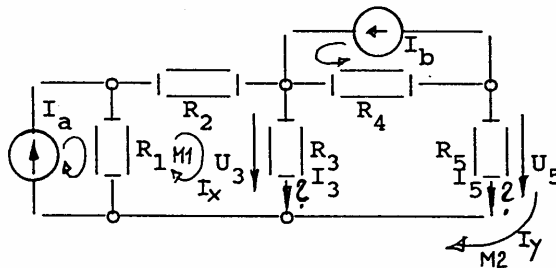


a) $7 - 5 + 1 - 0 = 3$ Maschen
 $5 - 1 - 2 = 2$ Knoten

b) A: $\frac{U_0 - U_2}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_2 - U_4}{R_3}$
 B: $\frac{U_2 - U_4}{R_3} = \frac{U_4}{R_4} + \frac{U_4 - U_6}{R_5}$

Geordnetes System:
$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_4 \\ U_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{U_6}{R_5} \\ \frac{U_0}{R_1} \end{pmatrix}$$

3.

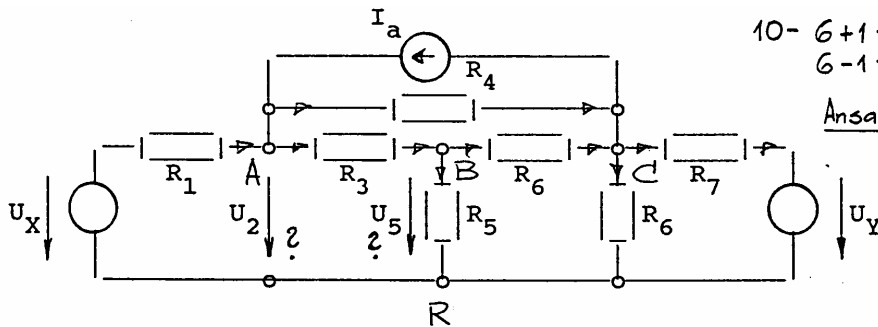


a) $7 - 4 + 1 - 2 = 2$ Maschen
 $4 - 1 - 0 = 3$ Knoten

b) M1: $(I_x + I_y)R_2 + I_x R_3 + (I_x + I_y - I_a)R_4 = 0$
 M2: $(I_x + I_y)R_2 + (I_y + I_b)R_4 + I_y R_5 + (I_y + I_x - I_a)R_1 = 0$

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_3)I_x + (R_1 + R_2) \cdot I_y = R_4 I_a \\ (R_1 + R_2) \cdot I_x + (R_1 + R_2 + R_4 + R_5) I_y = R_4 I_a - R_4 I_b \end{cases}$$

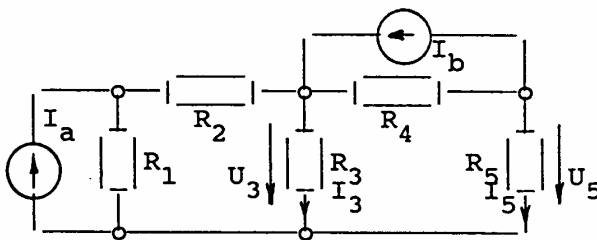
4.



$10 - 6 + 1 - 1 = 4$ Maschen
 $6 - 1 - 2 = 3$ Knoten

Ansatz: Knoten

5.

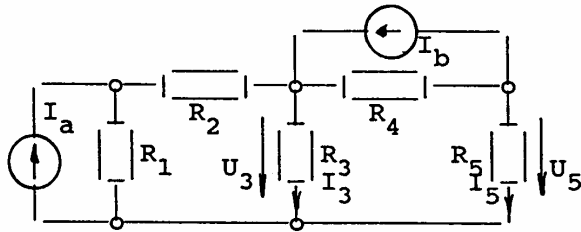


Aus 2.: $I_3 = I_x$ $I_5 = I_y$
 kΩ, mA, V

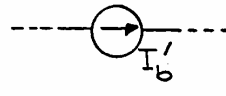
$$\begin{cases} 6,08 I_x + 2,18 I_y = 12 \\ 2,18 I_x + 3,65 I_y = 8,4 \end{cases}$$

$I_3 = 1,462 \text{ mA}$; $I_5 = 1,428 \text{ mA}$

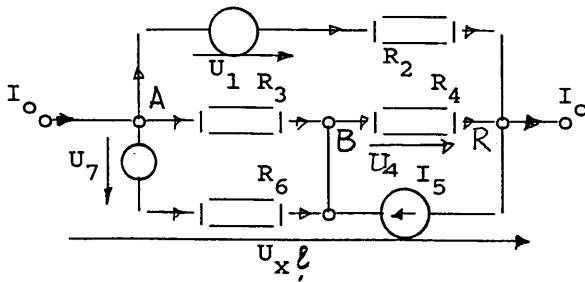
6.



$$\underline{\underline{I'_b = -6,7 \text{ mA}}}$$



7.



$$8 - 5 + 1 - 2 = 2 \text{ Maschengleichungen}$$

$$5 - 1 - 2 = 2 \text{ Knotengleichungen}$$

Knotenansatz: U_x, U_4

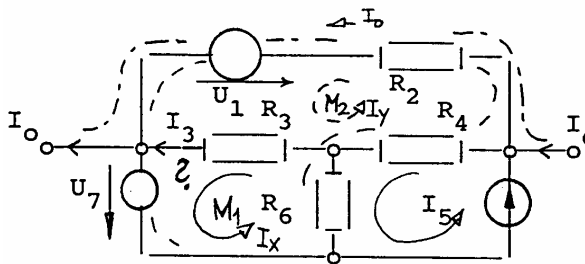
$$A: I_o = \frac{U_x - U_1}{R_2} + \frac{U_x - U_4}{R_3} + \frac{U_x - U_4 - U_7}{R_6}$$

$$B: \frac{U_x - U_4}{R_3} + \frac{U_x - U_4 - U_7}{R_6} + I_5 = \frac{U_4}{R_4}$$

$$\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) U_x - \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) U_4 = I_o + \frac{U_7}{R_6} + \frac{U_7}{R_6}$$

$$-\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) U_x + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_6} \right) U_4 = I_5 - \frac{U_7}{R_6}$$

8.



$$8 - 5 + 1 - 2 = 2 \text{ M'gl.}$$

$$5 - 1 - 2 = 2 \text{ K'gl.}$$

Maschenansatz: $I_x = I_3, I_y$

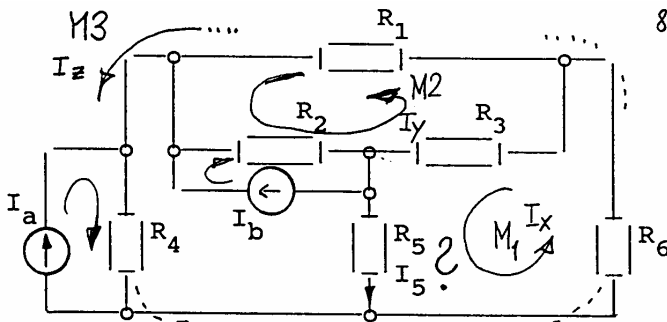
$$M1: I_x \cdot R_3 + U_7 + (I_x + I_y - I_5) R_6 = 0 \quad = 0$$

$$M2: (I_y + I_o) R_2 - U_1 + U_7 + (I_y + I_x - I_5) R_6 + (I_y - I_5) R_4$$

$$\left(R_3 + R_6 \right) I_x + R_6 \cdot I_y = I_5 R_6 - U_7$$

$$R_6 \cdot I_x + (R_2 + R_4 + R_6) I_y = U_1 - U_7 + I_5 (R_4 + R_6) - I_o R_2$$

9.



$$8 - 4 + 1 - 2 = 3 \text{ M'gl.}$$

$$4 - 1 - 0 = 3 \text{ K'gl.}$$

Maschenansatz: $I_x = I_5, I_y, I_z$

$$M1: I_x \cdot R_5 + (I_x + I_z) R_6 + (I_x - I_y) R_3 = 0$$

$$M2: (I_y + I_o) R_2 + (I_y - I_x) R_3 + (I_y + I_z) R_1 = 0$$

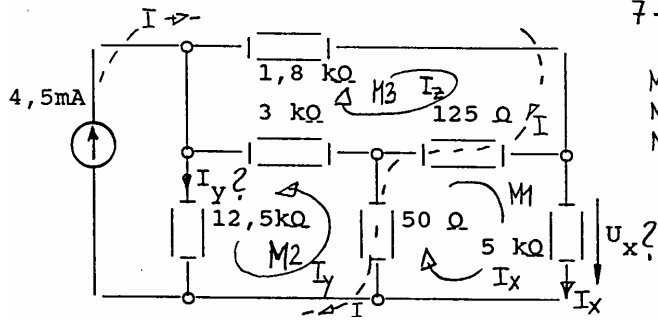
$$M3: (I_z + I_a) R_4 + (I_z + I_x) R_6 + (I_z + I_y) R_1 = 0$$

$$\left(R_3 + R_5 + R_6 \right) I_x - R_3 \cdot I_y + R_6 \cdot I_z = 0$$

$$-R_3 \cdot I_x + (R_1 + R_2 + R_3) I_y + R_1 \cdot I_z = -I_o R_2$$

$$R_6 \cdot I_x + R_1 \cdot I_y + (R_1 + R_4 + R_6) I_z = -I_a R_4$$

10.



$$7 - 4 + 1 - 1 = 3 \text{ M'gl.} \quad \text{k}\Omega, \text{ mA, V}$$

$$4 - 1 - 0 = 3 \text{ K'gl.}$$

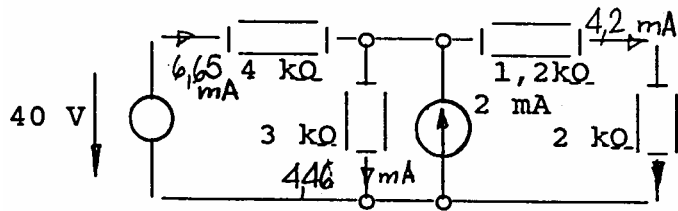
$$M1: I_x \cdot 5 + (I_x + I_y - 4.5) \cdot 0.05 + (I_x - I_z - 4.5) \cdot 0.125 = 0$$

$$M2: I_y \cdot 12.5 + (I_y + I_x - 4.5) \cdot 0.05 + (I_y + I_z) \cdot 3 = 0$$

$$M3: (I_z + 4.5) \cdot 1.8 + (I_z + 4.5 - I_x) \cdot 0.125 + (I_z + I_y) \cdot 3 = 0$$

$$\begin{cases} 5.13 \cdot I_x + 0.05 \cdot I_y - 0.125 \cdot I_z = 0.585 \\ 0.05 \cdot I_x + 15.55 \cdot I_y + 3 \cdot I_z = 0.225 \\ -0.125 \cdot I_x + 3 \cdot I_y + 4.925 \cdot I_z = -8.425 \end{cases}$$

11.



$$6 - 4 + 1 - 1 = 2 \text{ M'gl.}$$

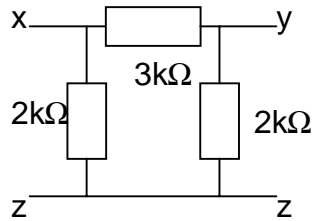
$$4 - 1 - 1 = 2 \text{ K'gl.}$$

$$I_x = \underline{\underline{4.186 \text{ mA}}}$$

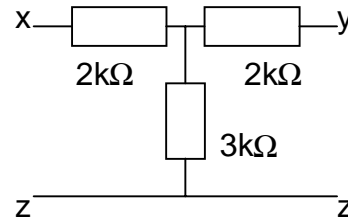
7.4 Übungen und Lösungen zu Kurs 1 Kapitel 4

7.4.1 Übungen

1. Π - T - Transformation



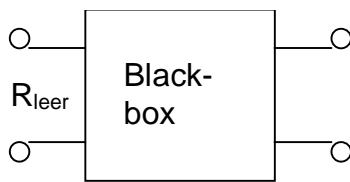
Transformieren Sie das gegebene Π - Netzwerk in ein T - Netzwerk.



Transformieren Sie das gegebene T - Netzwerk in ein Π - Netzwerk.

2. Π - und T - Netzwerk

Die dargestellte Black - Box, ein Zweitor, enthalte ein Π - Netzwerk oder ein T - Netzwerk.



Im Leerlauf (Ausgangsklemmen ohne Last) messen wir am Zweitor (Black - Box) einen Widerstand von $R = 1,8 \text{ k}\Omega$ und im Kurzschlussfall (Ausgangsklemmen kurzgeschlossen) einen solchen von $R = 800 \Omega$.

Bestimmen Sie die im Zweitor enthaltenen Elemente für ein Π - Netzwerk oder ein T - Netzwerk. Die Netzwerke sind symmetrisch wie in Aufgabe 1.

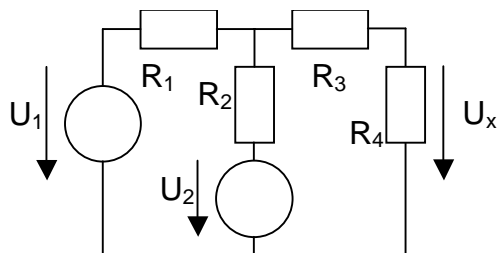
3. Lineare Operation

Eine mathematische Operation sei gegeben durch folgende Beziehung:

$$F(y) = \text{Op}\{f(x)\} = \frac{d\{f(x) \cdot e^{y \cdot x}\}}{dx}$$

Untersuchen Sie, ob $\text{Op}\{f(x)\}$ eine lineare Operation ist.

4.



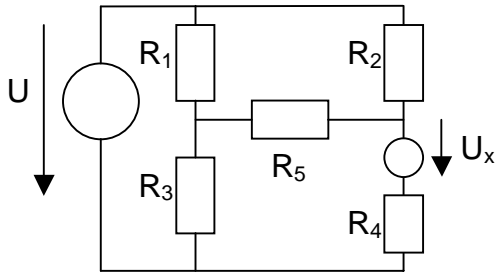
Gegeben sind:

$$R_1 = 330 \Omega \quad R_2 = 560 \Omega \quad R_3 = 270 \Omega$$

$$R_4 = 680 \Omega \quad U_1 = 6 \text{ V}$$

Um wie viel ändert sich die Spannung U_x , wenn U_2 von $+1 \text{ V}$ auf -1 V geändert wird ?

5.



Gegeben sind:

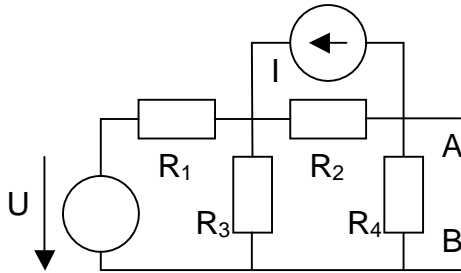
$$R_1 = 6 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 3 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_5 = 2 \text{ k}\Omega \quad U = 10 \text{ V}$$

Um wie viel ändert sich der Strom I_5 , wenn die Spannung U_x von 0 V auf 300 mV ansteigt ?

6.

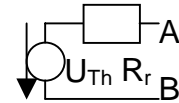
Theorem von Thévenin



$$R_1 = 390 \text{ }\Omega \quad R_2 = 560 \text{ }\Omega \quad R_3 = 680 \text{ }\Omega$$

$$R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega \quad I = 1,2 \text{ mA} \quad U = 30 \text{ V}$$

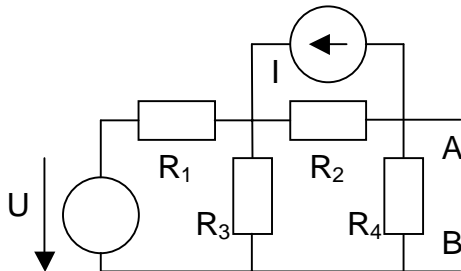
Bestimmen Sie das Ersatzschaltbild



- a) formal und
b) mit den gegebenen Werten.

7.

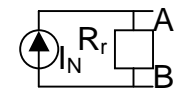
Theorem von Norton



$$R_1 = 3,9 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 680 \text{ }\Omega \quad R_3 = 820 \text{ }\Omega$$

$$R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega \quad I = 1,8 \text{ mA} \quad U = 24 \text{ V}$$

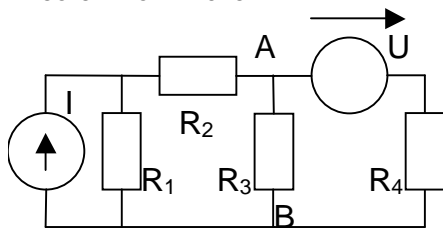
Bestimmen Sie das Ersatzschaltbild



- a) formal und
b) mit den gegebenen Werten.

8.

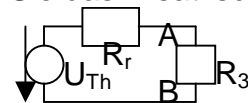
Theorem von Thévenin



$$R_1 = 8,2 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 1,8 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 680 \text{ }\Omega$$

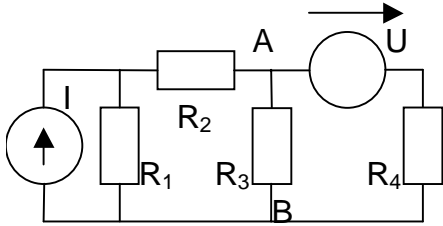
$$R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega \quad I = 1,2 \text{ mA} \quad U = 12 \text{ V}$$

Bestimmen Sie das Ersatzschaltbild

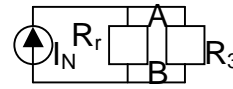


- a) formal und
b) mit den gegebenen Werten.

9. Theorem von Norton

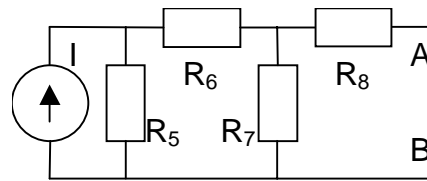
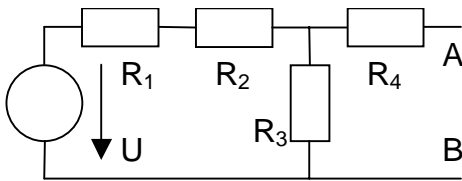


$R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 820 \Omega$ $R_3 = 470 \Omega$
 $R_4 = 2,7 \text{ k}\Omega$ $I = 2 \text{ mA}$ $U = 15 \text{ V}$
 Bestimmen Sie das Ersatzschaltbild

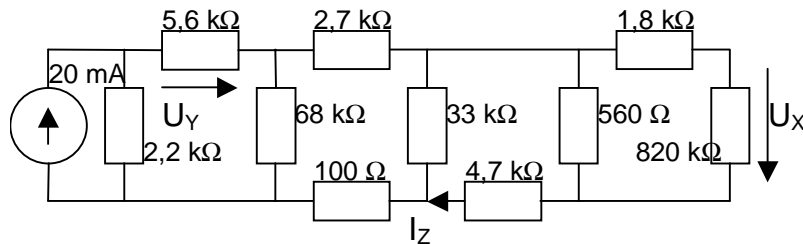


- a) formal und
- b) mit den gegebenen Werten.

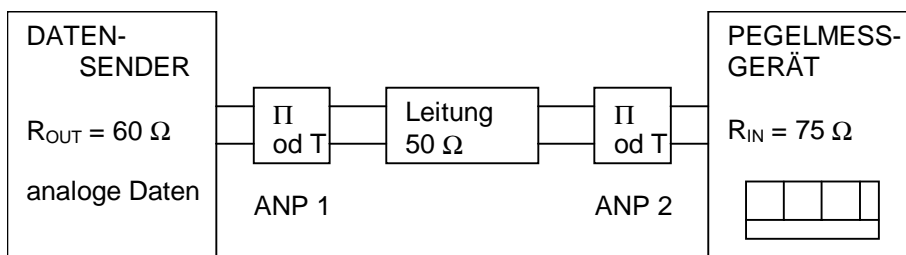
10. Bestimmen Sie für die beiden folgenden Schaltungen die Ersatzschaltbilder nach Thévenin und Norton.



11. Leiteranalyse
 Bestimmen Sie U_x , U_y und I_z .

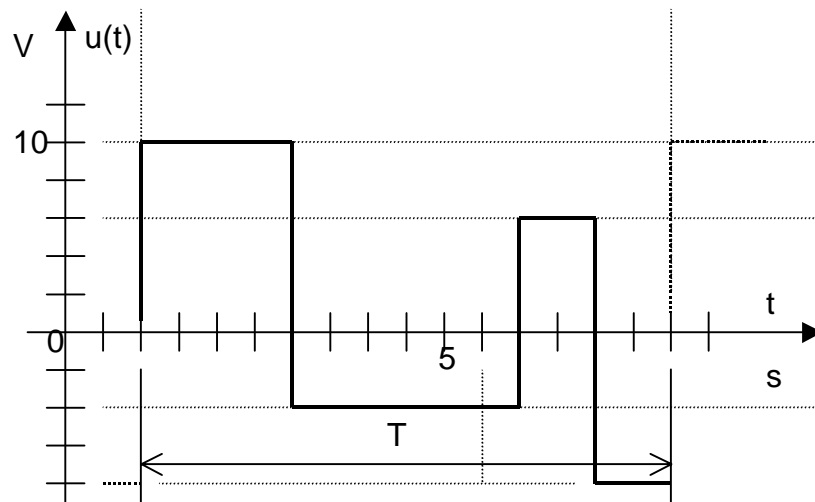


12. Anpassung

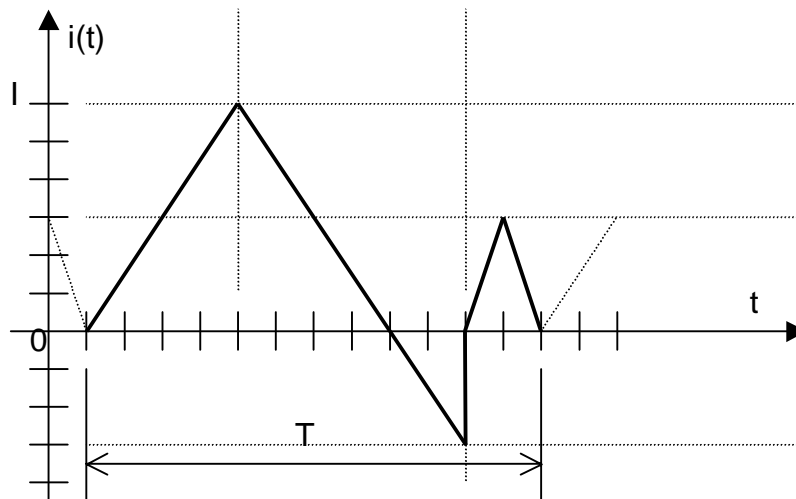


Dimensionieren Sie die Blöcke ANP 1 (mit einem T – Glied) und ANP 2 (mit einem Π - Glied) so, dass die Dämpfung zwischen Datensender und Pegelmesser $A = -40 \text{ dB}$ beträgt.
 Die beiden Blöcke ANP 1 und ANP 2 stellen je Anpassung her.

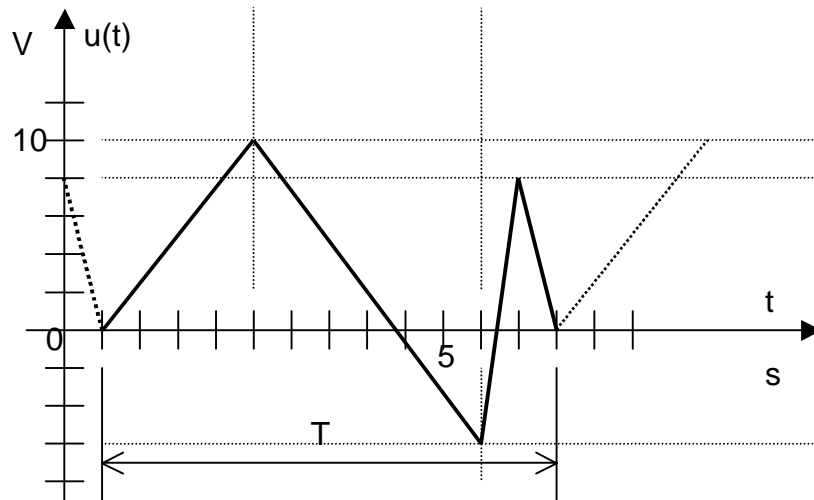
13. Stellen Sie die nachfolgenden Funktion Modulo T mathematisch dar.



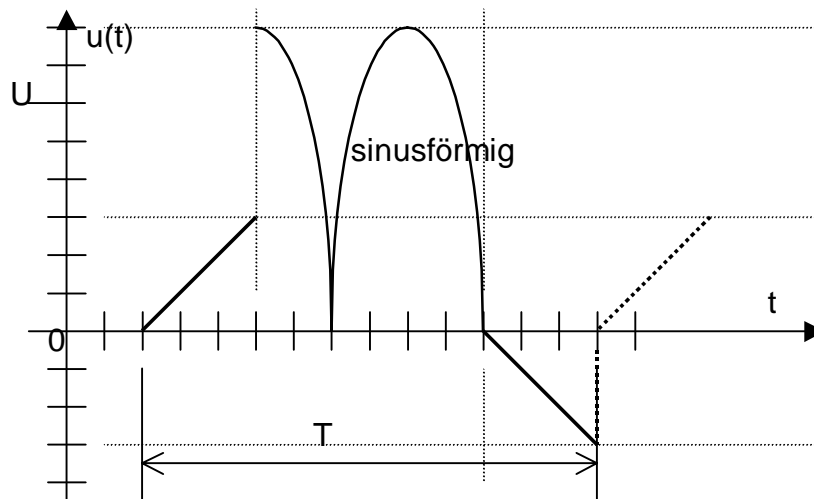
14. Stellen Sie die nachfolgenden Funktion Modulo T mathematisch dar.



15. Stellen Sie die nachfolgenden Funktion Modulo T mathematisch dar.



16. Stellen Sie die nachfolgenden Funktion Modulo T mathematisch dar.



7.4.2 Lösungen

6. THEOREM VON THÉVENIN Gesucht sind U_{Th} und R_r

$$R_r = R_4 \parallel (R_2 + R_1 \parallel R_3) = \frac{R_4 \cdot (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)}{R_4 \cdot (R_1 + R_3) + (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)} = 525,067 \, \Omega$$

$$\begin{aligned} U_{Th} &= U_x \cdot \frac{R_3 \parallel (R_2 + R_4)}{R_1 + R_3 \parallel (R_2 + R_4)} \cdot \frac{R_4}{R_2 + R_4} - I_y \cdot \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_1 \parallel R_3 + R_4} = \\ &= \frac{R_4 \cdot [U_x \cdot R_3 - I_y \cdot R_2 \cdot (R_1 + R_3)]}{R_4 \cdot (R_1 + R_3) + (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)} = 11,955 \, V \end{aligned}$$

7. THEOREM VON NORTON Gesucht sind I_N und R_r

$$R_r = R_4 \parallel (R_2 + R_1 \parallel R_3) = \frac{R_4 \cdot (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)}{R_4 \cdot (R_1 + R_3) + (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)} = 712,61 \, \Omega$$

$$I_N = \frac{(U_x \cdot R_3 - I_y \cdot R_2) \cdot (R_1 + R_3)}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} = 2,17 \, \text{mA}$$

8. THEOREM VON THÉVENIN Gesucht sind U_{Th} und R_r

$$R_r = R_4 \parallel (R_1 + R_2) = \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_4} = 1,304 \, \text{k}\Omega$$

$$U_{Th} = \frac{I_y R_1 - U_x}{R_1 + R_2 + R_4} \cdot R_4 + U_x = \frac{U_x \cdot (R_1 + R_2) + I_y \cdot R_1 R_4}{R_1 + R_2 + R_4} = 11,718 \, V$$

9. THEOREM VON NORTON Gesucht sind I_N und R_r

$$R_r = R_4 \parallel (R_1 + R_2) = \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_4} = 1,179 \, \text{k}\Omega$$

$$I_N = \frac{I_y \cdot R_1}{R_1 + R_2} + \frac{U_x}{R_4} = \frac{U_x \cdot (R_1 + R_2) + I_y \cdot R_1 R_4}{(R_1 + R_2) \cdot R_4} = 7,258 \, \text{mA}$$

10. THEOREME

Ersatzschaltbilder

$$\text{Fall a) } R_r = R_4 + R_3 \parallel (R_1 + R_2) = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_3 R_4}{R_1 + R_2 + R_3} \quad U_{\text{Th}} = U \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$I_N = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3 \parallel R_4} \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} = \frac{U \cdot R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_3 R_4}$$

$$\text{Fall b) } R_r = R_8 + R_7 \parallel (R_5 + R_6) = \frac{(R_5 + R_6)(R_7 + R_8) + R_7 R_8}{R_5 + R_6 + R_7} \quad U_{\text{Th}} = I \cdot R_5 \cdot \frac{R_7}{R_5 + R_6 + R_7}$$

$$I_N = \frac{I \cdot R_5}{R_5 + R_6 + R_7 \parallel R_8} = \frac{I \cdot R_5 \cdot R_7 R_8}{(R_5 + R_6)(R_7 + R_8) + R_7 R_8}$$

13.

$$u(t) = \left\{ \begin{array}{l} 10\text{V} ; 1\text{s} \leq t \leq 3\text{s} \\ -4\text{V} ; 3\text{s} \leq t \leq 6\text{s} \\ 6\text{V} ; 6\text{s} \leq t \leq 7\text{s} \\ -8\text{V} ; 7\text{s} \leq t \leq 8\text{s} \end{array} \right\} \text{Modulo } T = 7\text{s}$$

14.

$$u(t) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{3 \cdot I}{T} \cdot \left(t - \frac{T}{12}\right) ; \frac{T}{12} \leq t \leq \frac{5 \cdot T}{12} \\ -\frac{3 \cdot I}{T} \cdot \left(t - \frac{3 \cdot T}{4}\right) ; \frac{5 \cdot T}{12} \leq t \leq \frac{11 \cdot T}{12} \\ \frac{6 \cdot I}{T} \cdot \left(t - \frac{11 \cdot T}{12}\right) ; \frac{11 \cdot T}{12} \leq t \leq T \\ -\frac{6 \cdot I}{T} \cdot \left(t - \frac{13 \cdot T}{12}\right) ; T \leq t \leq \frac{13 \cdot T}{12} \end{array} \right\} \text{Modulo } T$$

15.

$$u(t) = \left\{ \begin{array}{l} 5 \text{Vs}^{-1} \cdot (t - 0,5\text{s}) ; 0,5\text{s} \leq t \leq 2,5\text{s} \\ -5,3 \text{Vs}^{-1} \cdot (t - 2,5\text{s}) + 10\text{V} ; 2,5\text{s} \leq t \leq 5,5\text{s} \\ 28 \text{Vs}^{-1} \cdot (t - 5,5\text{s}) - 6\text{V} ; 5,5\text{s} \leq t \leq 6\text{s} \\ -16 \text{Vs}^{-1} \cdot (t - 6,5\text{s}) ; 6\text{s} \leq t \leq 6,5\text{s} \end{array} \right\} \text{Modulo } T = 6\text{s}$$

16.

$$u(t) = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{2 \cdot U}{T} \cdot \left(t - \frac{T}{6} \right) & ; \quad \frac{T}{6} \leq t \leq \frac{5 \cdot T}{12} \\ \frac{4 \cdot U}{3} \cdot \sin \left(\frac{3 \cdot \pi}{T} \cdot t - \frac{3 \cdot \pi}{4} \right) & ; \quad \frac{5 \cdot T}{12} \leq t \leq \frac{7 \cdot T}{12} \\ \frac{4 \cdot U}{3} \cdot \sin \left(\frac{3 \cdot \pi}{T} \cdot t - \frac{7 \cdot \pi}{4} \right) & ; \quad \frac{7 \cdot T}{12} \leq t \leq \frac{11 \cdot T}{12} \\ -\frac{2 \cdot U}{T} \cdot \left(t - \frac{11 \cdot T}{12} \right) & ; \quad \frac{11 \cdot T}{12} \leq t \leq \frac{14 \cdot T}{12} \end{array} \right\} \text{Modulo } T$$

7.5 Übungen zu Kurs 1 Kapitel 5

7.5.1 Aufgaben

1. Nichtinvertierender Verstärker

- $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$. Wie gross ist die Verstärkung v_U ?
- $R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega$. Wie gross wird R_2 für $v_U = 100$?
- Wie gross darf in a) die Eingangsspannung höchstens sein, wenn die Ausgangsspannung die Speisespannung $U_{CC} = 15 \text{ V}$ nicht überschreiten darf ?
- Was geschieht für $R_2 = 0$?

2. Invertierender Verstärker

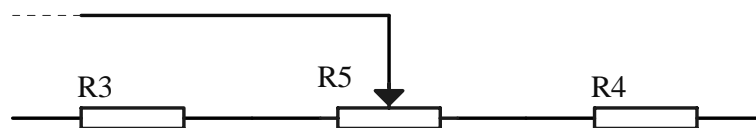
- $R_2 = 150 \text{ k}$ und $\text{dB } v_U = +32 \text{ dB}$. Wie gross wird R_1 ?
- $U_E = 2 \text{ V} + \frac{1 \text{ V}}{2 \cdot T} \cdot t$, $0 < t < 4 \text{ s}$, $T = 1 \text{ s}$, $R_1 = R_2 = R$. Wie verläuft U_A als Funktion der Zeit ?

3. Summierer

- In der Beschaltung nach Fig. 5-9 seien $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3,9 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 5,6 \text{ k}\Omega$, und $R_0 = 4,7 \text{ k}\Omega$.
Wie gross wird die Spannung U_A für $U_1 = 2,3 \text{ V}$, $U_2 = 1,8 \text{ V}$, $U_3 = 2 \text{ V}$. $U_A = ?$
- In der Beschaltung nach Fig. 5-9 seien $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3,9 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 5,6 \text{ k}\Omega$, und $R_0 = 4,7 \text{ k}\Omega$.
Wie gross wird die Spannung U_2 für $U_1 = 2,3 \text{ V}$, $U_3 = 1,8 \text{ V}$, $U_A = 7 \text{ V}$. $U_2 = ?$

4. Potentiometrische Rückführung

- Leiten Sie die Formel (5-6) für die Verstärkung v_U in der potentiometrischen Rückführung her.
- Wie gross wird die Verstärkung v_U für $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 82 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 5,6 \text{ k}\Omega$, und $R_4 = 1,2 \text{ k}\Omega$. $v_U = ?$
- In den Rückführungsweig wird ein Potentiometer R_5 gefügt:



In welchem Bereich lässt sich die Verstärkung v_U einstellen mit $R_5 = 2,2 \text{ k}\Omega$ und den Werten aus b) ?

- Die Verstärkung v_U soll einstellbar sein von 29,54 dB bis 34 dB. Bestimmen Sie R_3 und R_4 für $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$ und $R_5 = 2,2 \text{ k}\Omega$.

5. Differenzverstärker

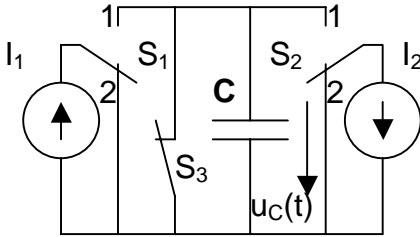
- Leiten Sie die Formel (5-8) her.
- Wie gross wird U_A für $U_{E1} = 1,1 \text{ V}$, $U_{E2} = 1,2 \text{ V}$, $R_1 = 3,9 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 56 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 5,6 \text{ k}\Omega$, und $R_4 = 33 \text{ k}\Omega$?
- Es soll $\Delta U_E = U_{E2} - U_{E1}$ um den Faktor $v_U = 20$ verstärkt werden. Es sei $R = 2,7 \text{ k}\Omega$. Dimensionieren Sie den Differenzverstärker.

7.5.2 Lösungen

7.6 Übungen und Lösungen zu Kurs 1 Kapitel 6

7.6.1 Aufgaben

1.



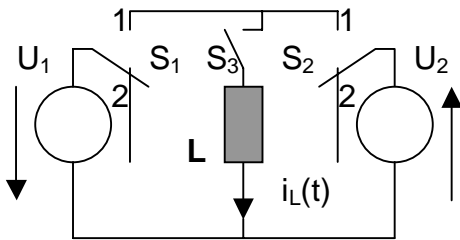
$C = 10 \mu\text{F}$, $I_1 = 500 \mu\text{A}$, $I_2 = 1,5 \text{ mA}$.
 Wie verläuft die Spannung $u_C(t)$?
 Beschreiben Sie den Verlauf von $u_C(t)$ mathematisch.

Zur Zeit $t_0 = 0$ werde S_3 geöffnet.
 Anschliessend folgen sich:

t ms	S1	S2
$t_0 = 0$		in 1
$t_1 = 100$	in 1	in 2
$t_2 = 200$	in 2	
$t_3 = 300$	in 1	
$t_4 = 400$	in 2	in 1
$t_5 = 500$	in 1	in 2

Nach der Zeit $t_6 > 500 \text{ ms}$ beginne der Vorgang von vorn [$u_C(t_6) = 0$, $t_6 = ?$].

2.



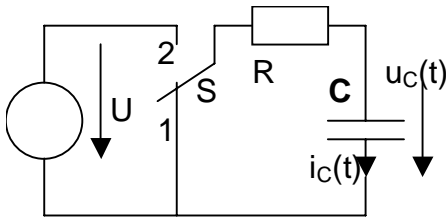
$L = 10 \text{ mH}$, $U_1 = 5 \text{ V}$, $U_2 = 15 \text{ V}$.
 Wie verläuft der Strom $i_L(t)$?
 Beschreiben Sie den Verlauf von $i_L(t)$ mathematisch.

Zur Zeit $t_0 = 0$ werde S_3 geschlossen.
 Anschliessend folgen sich:

t ms	S1	S2
$t_0 = 0$	in 1	
$t_1 = 100$	in 2	in 1
$t_2 = 120$		in 2
$t_3 = 150$		in 1
$t_4 = 200$	in 1	in 2
$t_5 = 400$	in 2	in 1

Nach welcher Zeit t_6 kann der Vorgang von vorn angefangen werden? [$i_L(t_6) = 0$].

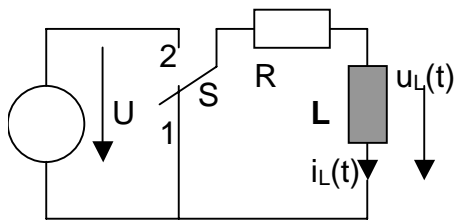
3.



$R = 12 \text{ k}\Omega$, $C = 150 \text{ nF}$, $U = 15 \text{ V}$

- Wie gross wird die Zeitkonstanten τ ?
- Zur Zeit $t_0 = 0$ werde der Schalter S von der Stellung 1 in die Stellung 2 gebracht. Zur Zeit $t_1 = 6 \cdot \tau$ werde S zurückgelegt. Wie verlaufen die Spannung $u_C(t)$ und der Strom $i_C(t)$?
- Zu welcher Zeit t_2 erreicht u_C den Wert $u_C = 7.5 \text{ V}$?

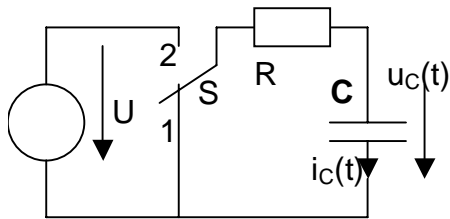
4.



$$R = 10 \, \Omega, \quad L = 20 \, \text{mH}, \quad U = 9 \, \text{V}$$

- Wie gross wird die Zeitkonstanten τ ?
- Zur Zeit $t_0 = 0$ werde der Schalter S von der Stellung 1 in die Stellung 2 gebracht. Zur Zeit $t_1 = 6 \cdot \tau$ werde S zurückgelegt. Wie verlaufen die Spannung $u_L(t)$ und der Strom $i_L(t)$?
- Zu welcher Zeit t_2 erreicht i_C den Wert $i_C = 450 \, \text{mA}$?

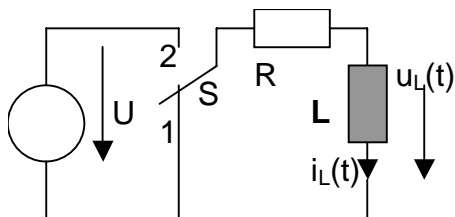
5.



$$R = 15 \, \text{k}\Omega, \quad C = 120 \, \text{nF}, \quad U = 10 \, \text{V}$$

- Zur Zeit $t_0 = 1,2 \, \text{ms}$ werde der Schalter S von 1 in 2 gebracht und zur Zeit $t_1 = 3 \, \text{ms}$ wieder zurückgelegt. Wie verlaufen $u_C(t)$ und $i_C(t)$? Charakteristische Werte ?
- Wie gross wird der Strom i_C zur Zeit $t_2 = 4 \, \text{ms}$?
- Zu welcher Zeit t_3 erreicht u_C den Wert $u_C = 5 \, \text{V}$?

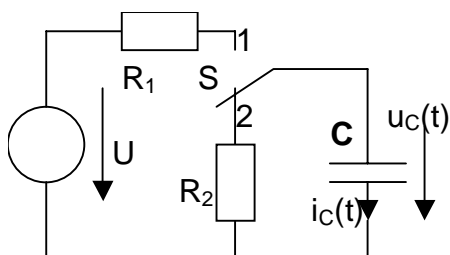
6.



$$R = 10 \, \Omega, \quad L = 20 \, \text{mH}, \quad U = 5 \, \text{V}$$

- Zur Zeit $t_0 = 1 \, \text{ms}$ werde der Schalter S von 1 in 2 gebracht und zur Zeit $t_1 = 3 \, \text{ms}$ wieder zurückgelegt. Wie verlaufen $u_L(t)$ und $i_L(t)$? Charakteristische Werte ?
- Wie gross wird der Strom i_L zur Zeit $t_2 = 4 \, \text{ms}$?
- Zu welcher Zeit t_3 erreicht i_L den Wert $i_L = 200 \, \text{mA}$?

7.

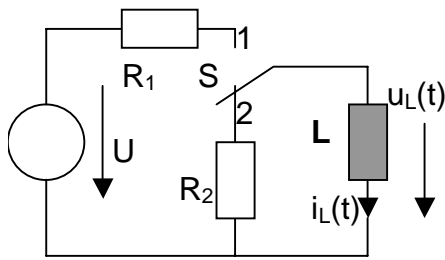


$$R_1 = 120 \, \text{k}\Omega, \quad R_2 = 56 \, \text{k}\Omega, \\ C = 820 \, \text{nF}, \quad U = 15 \, \text{V}$$

- Wie gross werden die beiden Zeitkonstanten $\tau_1 = R_1 C$ und $\tau_2 = R_2 C$?
- Zur Zeit $t_0 = 0$ werde der Schalter S von der Stellung 2 in die Stellung 1 gebracht. Nach der Zeit $t_1 = 5 \cdot \tau_1$ werde S zurückgelegt.

Wie verlaufen die Spannung $u_C(t)$ und der Strom $i_C(t)$?

8.



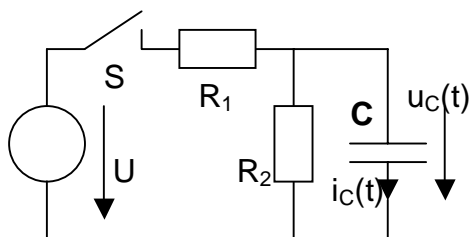
$$R_1 = 33 \, \Omega, \\ L = 150 \, \text{mH},$$

$$R_2 = 15 \, \Omega \\ U = 10 \, \text{V}$$

- a) Wie gross werden die beiden Zeitkonstanten $\tau_1 = L/R_1$ und $\tau_2 = L/R_2$?
- b) Zur Zeit $t_0 = 0$ werde der Schalter S von der Stellung 2 in die Stellung 1 gebracht. Nach der Zeit $t_1 = 5 \cdot \tau_1$ werde S zurückgelegt.

Wie verlaufen die Spannung $u_L(t)$ und der Strom $i_L(t)$?

9.



$$R_1 = 2,7 \, \text{k}\Omega, \\ C = 470 \, \text{nF},$$

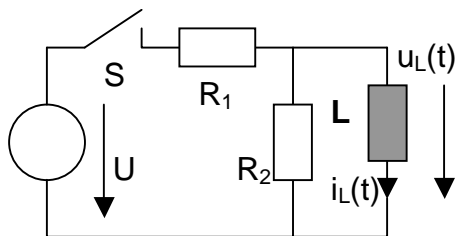
$$R_2 = 5,6 \, \text{k}\Omega \\ U = 15 \, \text{V}$$

Zur Zeit $t_0 = 0$ werde der Schalter S geschlossen und zur Zeit $t_1 = 1 \, \text{ms}$ wieder geöffnet.

Wie verlaufen die Spannung $u_C(t)$ und der Strom $i_C(t)$? (Graph und charakteristische Werte).

Beschreiben Sie die Verläufe mathematisch.

10.



$$R_1 = 150 \, \Omega, \\ L = 300 \, \text{mH},$$

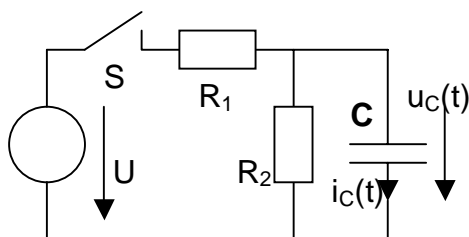
$$R_2 = 120 \, \Omega \\ U = 12 \, \text{V}$$

Zur Zeit $t_0 = 5 \, \text{ms}$ werde der Schalter S geschlossen und zur Zeit $t_1 = 9,5 \, \text{ms}$ wieder geöffnet.

Wie verlaufen die Spannung $u_L(t)$ und der Strom $i_L(t)$? (Graph und charakteristische Werte).

Beschreiben Sie die Verläufe mathematisch.

11.



$$R_1 = 39 \, \text{k}\Omega,$$

$$R_2 = 47 \, \text{k}\Omega$$

$$C = 68 \, \text{nF}, \quad U = 15 \, \text{V}$$

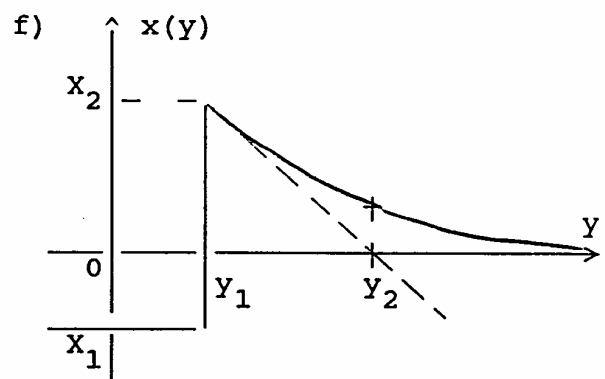
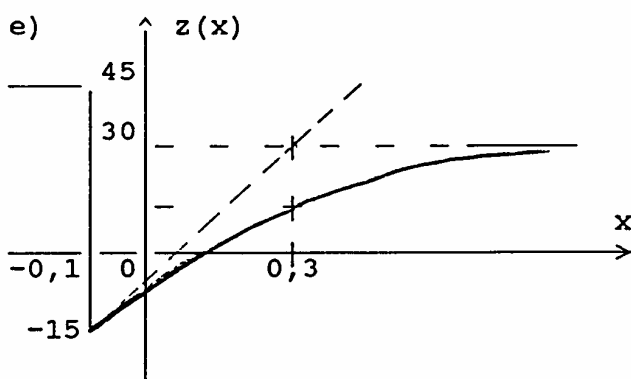
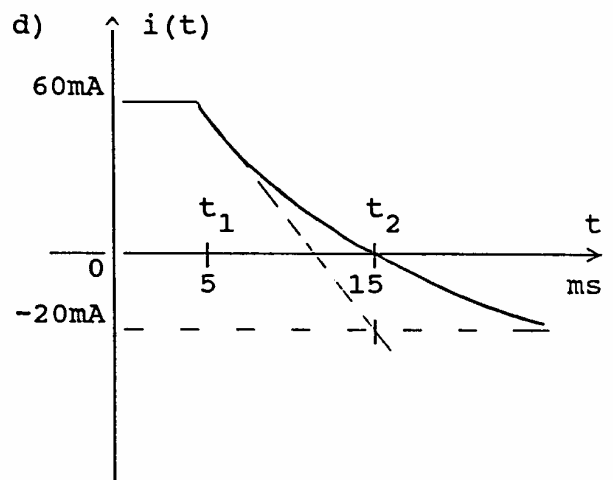
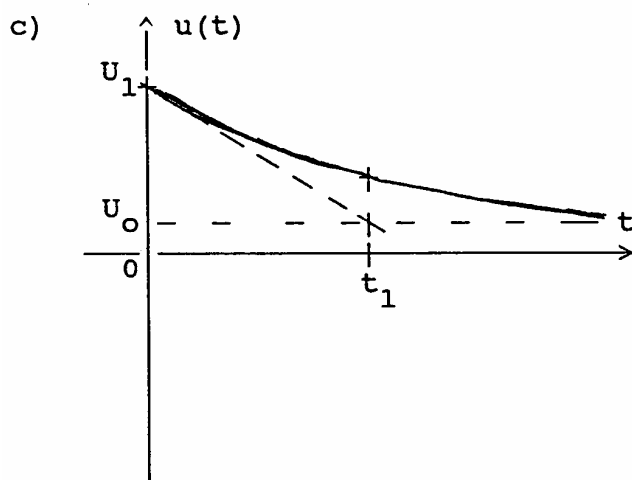
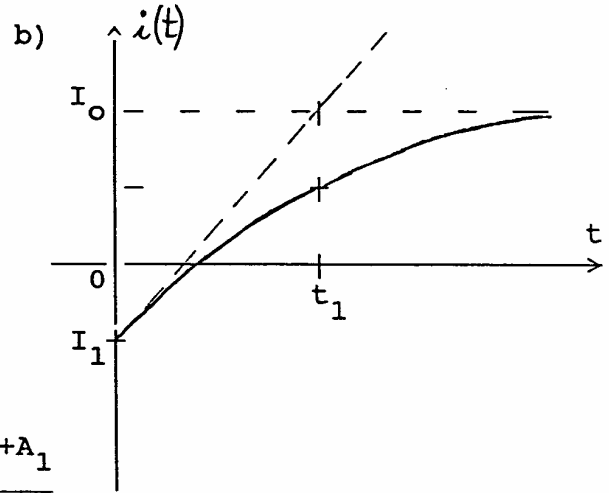
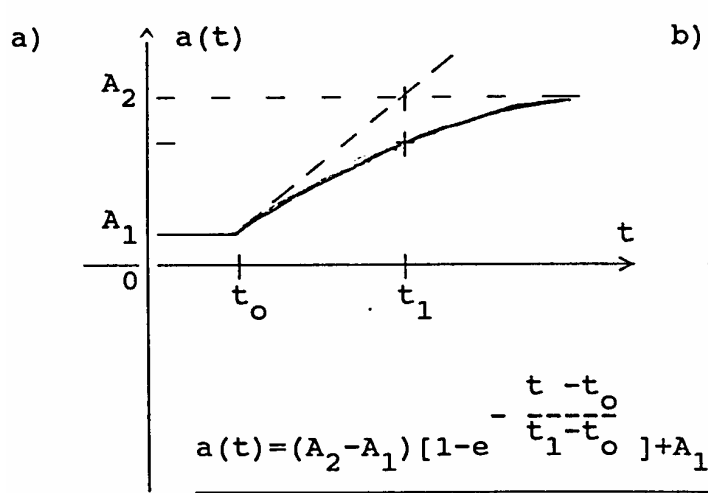
Zur Zeit $t_0 = 0$ werde der Schalter S geschlossen und zur Zeit $t_1 = 3,2 \, \text{ms}$ wieder geöffnet.

Wie verlaufen die Spannung $u_C(t)$ und der Strom $i_C(t)$? (Graph und charakteristische Werte).

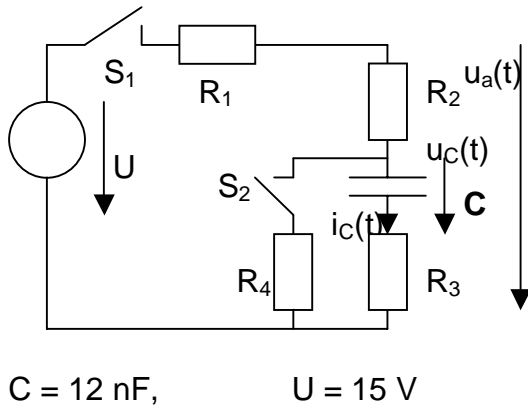
Zu welchen Zeiten wird $u_C(t_k) = 3 \, \text{V}$?

12. Übung zu den e - Funktionen

Schreiben Sie die nachstehenden Graphen als e – Funktionen an [wie in der Teilaufgabe a) gezeigt]:



13.



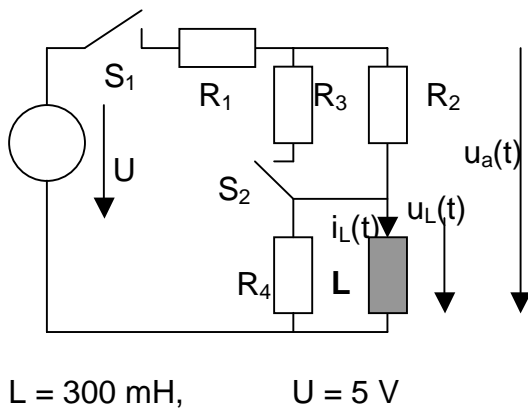
Wie verlaufen die Spannungen $u_a(t)$, $u_c(t)$ und der Strom $i_c(t)$? (Graph und charakteristische Werte). $u_c(0) = 0$.

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 56 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 120 \text{ k}\Omega, \quad R_4 = 220 \text{ k}\Omega$$

t ms	S1	S2
t0 = 0	zu	
t1 = 2		zu
t2 = 5		auf
t3 = 20	auf	zu

14.



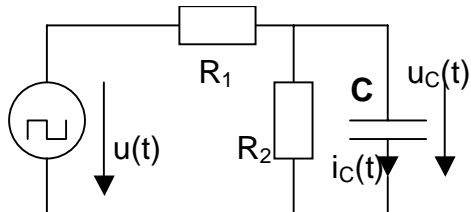
Wie verlaufen die Spannungen $u_a(t)$, $u_L(t)$ und der Strom $i_L(t)$? (Graph und charakteristische Werte). $i_L(0) = 0$

$$R_1 = 150 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 82 \text{ k}\Omega, \quad R_4 = 470 \text{ k}\Omega$$

t ms	S1	S2
t0 = 1	zu	
t1 = 3	auf	
t2 = 4	zu	zu
t3 = 45	auf	auf

15.



Wie verlaufen die Spannung $u_c(t)$ und der Strom $i_c(t)$? (Graph und charakteristische Werte).

$$u(t) = \begin{cases} 0 & ; 0 \leq t \leq 2\mu\text{s} \\ U & ; 2\mu\text{s} \leq t \leq 6\mu\text{s} \end{cases} \text{ Modulo } T = 6\mu\text{s}$$

$$R_1 = 3,9 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 5,6 \text{ k}\Omega$$

$$C = 470 \text{ pF}, \quad U = 15 \text{ V}$$

Wie gross ist das Tastverhältnis des Rechtecksignals $u(t)$?

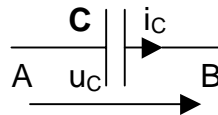
16. Die Kapazität C und sinusförmiges Signal

C	f	ω	$ Z_{AB} $
100 nF	50 kHz		
	20 kHz		2 k Ω
27 μ F		$2 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$	
		$4 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$	3 k Ω
68 pF	2 MHz		
	50 Hz		10 Ω

17. Die Induktivität L und sinusförmiges Signal

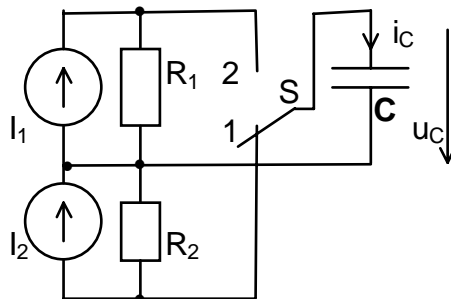
L	f	ω	$ Z_{AB} $
10 mH	20 kHz		
		$3 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$	1 k Ω
		$7 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$	5 Ω
5 H		$2 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$	
	500 Hz		30 k Ω
4 μH	30 MHz		

18. Die Kapazität C und sinusförmiges Signal



C	f	ω	$ Z_{AB} $	u	i
10 μF	10 kHz			20 V	
		$3,3 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$	3,9 k Ω		1 mA
270 nF	1 MHz			15 V	
		314 s^{-1}		230 V	3 mA
470 pF		50 s^{-1}			2 μA
	16 kHz		560 Ω	400 V	

19. SCHALTVORGÄNGE



$$I_1 = I_2 = 1,5 \text{ mA}$$

$$R_1 = R_2 = 12 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1,5 \text{ nF}$$

SPRUNGANTWORT EINES KONDENSATORS

Zur Zeit $t_1 = 90 \mu\text{s}$ werde der Schalter S von der Stellung 1 in die Stellung 2 gebracht und zur Zeit $t_2 = 108 \mu\text{s}$ wieder in die Stellung 1 zurückgelegt.

- Skizzieren Sie das Verhalten von u_C und i_C (Graph mit charakteristischen Werten).
- Wie gross wird die Spannung zur Zeit $t_3 = 126 \mu\text{s}$? $u_C(t_3) = ?$
- Zu welchen Zeiten wird $u_C(t) = 0 \text{ V}$?

7.6.2 Lösungen

3. a) $\tau = 1,8 \text{ ms}$ c) $t_{21} = 1,248 \text{ ms}$ $t_{22} = 12,05 \text{ ms}$

4. a) $\tau = 2 \text{ ms}$ c) $t_{21} = 1,386 \text{ ms}$ $t_{22} = 13,386 \text{ ms}$

5. b) $i_C(t_2) = -241 \mu\text{A}$ c) $t_{31} = 2,45 \text{ ms}$ $t_{32} = 3,416 \text{ ms}$

6. b) $i_L(t_2) = 191,1 \text{ mA}$ c) $t_{31} = 2,022 \text{ ms}$ $t_{32} = 3,91 \text{ ms}$
