Zusammenschalten von Kondensatoren

1. Welche Gesamtkapazität ergibt sich bei einer Reihenschaltung der Kondensatoren von $C_1 = 47$ nF; $C_2 = 82000$ pF und $C_3 = 0{,}06$ µF?
2. Welche Serienkapazität ist erforderlich, wenn man eine Gesamtkapazität von 524 pF erhalten will und die eine Teilkapazität 2 nF beträgt?
3. Die Gesamtkapazität der Schaltung in **Bild A 4.6/3** beträgt $C_{ges} = 148$ pF. Berechnen Sie C_3!

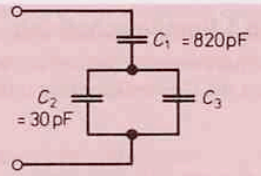


Bild A 4.6/3

4. Zwei Kondensatoren $C_1 = 100$ pF und $C_2 = 10$ nF liegen in Reihe an 100 V. Berechnen Sie die Spannungen an den Kondensatoren!
5. Zwei Kondensatoren von 0,1 µF und 15 nF liegen in Reihe. An $C_1 = 0{,}1$ µF wird eine Spannung von 25 V gemessen. Berechnen Sie die Gesamtspannung!
6. Die Schaltung in **Bild A 4.6/6** hat bei 100 kHz einen kapazitiven Blindwiderstand von 26,5 kΩ. Auf welchem Wert steht der Drehkondensator?
7. Zwei Kondensatoren mit $C_1 = 180$ pF und $C_2 = 60$ pF liegen in Reihe. Ein dritter Kondensator mit $C_3 = 50$ pF wird dazu parallel geschaltet. Berechnen Sie den kapazitiven Blindwiderstand dieser Schaltung bei 600 kHz.

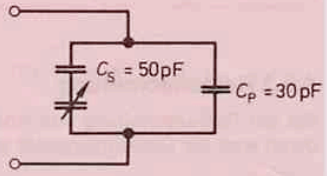


Bild A 4.6/6

8. Drei Kondensatoren $C_1 = 800$ pF, $C_2 = 500$ pF und $C_3 = 400$ pF liegen in Reihe an 220 V/50 Hz. Berechnen Sie die Gesamtkapazität, den Strom und den Spannungsabfall an jedem Kondensator.
9. Mit der Schaltung in **Bild A 4.6/3** soll bei der Frequenz $f = 450$ kHz ein kapazitiver Blindwiderstand von $X_C = 3{,}15$ kΩ erreicht werden. Welche Kapazität muß der Kondensator C_3 haben?
10. In der Schaltung nach **Bild A 4.6/3** hat der Kondensator C_3 den Wert $C_3 = 68$ pF. Bei welcher Frequenz hat diese Schaltung einen Blindwiderstand $X_C = 5$ kΩ?
11. In der Schaltung nach **Bild A 4.6/6** wird ein Drehkondensator mit $C = 20$ pF bis 500 pF eingesetzt. Berechnen Sie die jeweilige Gesamtkapazität.
12. Auf welchen Wert muß der Drehkondensator in der Schaltung nach **Bild A 4.6/6** eingestellt werden, damit diese Schaltung bei einer Frequenz $f = 972$ kHz einen Blindwiderstand von $X_C = 2{,}7$ kΩ besitzt?
13. Es werden drei Kondensatoren in Reihe an $U = 200$ V Gleichspannung gelegt. Welche Spannung steht an jedem Kondensator, wenn $C_1 = 4{,}7$ nF; $C_2 = 820$ pF und $C_3 = 680$ pF groß sind?
14. Zwei Kondensatoren $C_1 = 1{,}2$ µF und $C_2 = 470$ nF sind in Reihe geschaltet und an eine sinusförmige Spannung $U = 24$ V; $f = 1$ kHz angeschlossen. Zu berechnen sind:
    a) die kapazitiven Blindwiderstände X_{C1} und X_{C2}
    b) der kapazitive Blindwiderstand X_{Cges}
    c) die Gesamtkapazität der Reihenschaltung C_{ges}
    d) der Strom I_C
    e) die Spannungen U_{C1} und U_{C2}

4.6 Zusammenschaltung von Kondensatoren

Seite 96

1. $C_{ges} = 20$ nF
2. $C_2 = 710$ pF
3. $C_3 = 151$ pF
4. $U_1 = 99$ V; $U_2 = 1$ V
5. $U_{ges} = 192$ V
6. $C = 75$ pF
7. $X_c = 2{,}8$ kΩ
8. $C_{ges} = 174$ pF; $I = 12$ µA
   $U_1 = 48$ V; $U_2 = 76{,}5$ V
   $U_3 = 96$ V
9. $C_3 = 100$ pF
10. $f = 363{,}62$ kHz
11. $C = 20$ pF: $C_{ges} = 44{,}29$ pF
    $C = 500$ pF: $C_{ges} = 75{,}45$ pF
12. $C_{Dreh} = 79{,}2$ pF
13. $U_{C1} = 14{,}7$ V
    $U_{C2} = 84{,}3$ V
    $U_{C3} = 101$ V
14. a) $X_{C1} = 132{,}63\ \Omega$
    $X_{C2} = 338{,}63\ \Omega$
    b) $X_{Cges} = 471{,}26\ \Omega$
    c) $C_{ges} = 337{,}72$ nF
    d) $I_C = 50{,}93$ mA
    e) $U_{C1} = 6{,}75$ V
    $U_{C2} = 17{,}25$ V

Kondensator im Gleichstromkreis

1. Ein Kondensator mit 27 nF wird über einen Widerstand von 560 kΩ an 150 V Gleichspannung gelegt. Berechnen Sie die Kondensatorspannung nach einer Ladezeit von 15,12 ms. Wie groß ist dann der Ladestrom?
2. Parallel zu einem auf 30 V aufgeladenen Kondensator legt man einen Widerstand mit 68 kΩ. Nach 1,02 s beträgt die Kondensatorspannung noch 11,1 V. Welchen Wert hat der Kondensator?
3. Ein Kondensator von 20 µF wird über einen Widerstand von 300 kΩ auf eine Spannung von 150 V geladen. Welche Werte haben die Kondensatorspannung und der Ladestrom a) 0,3 s; b) 1,2 s; c) 2,4 s; d) 6 s und e) 15 s nach dem Einschalten?
4. Ein Kondensator mit einer Kapazität von 820 pF wird auf 50 V aufgeladen. Anschließend entlädt man ihn über einen Widerstand von 39 kΩ. Berechnen Sie die Kondensatorspannung und den Entladestrom nach einer Entladezeit von 32 µs.
5. Eine Impulsformerschaltung soll eine Zeitkonstante von 52 µs haben. Der zum Transistorinnenwiderstand von 30 kΩ parallelliegende Widerstand hat 18 kΩ und bestimmt die Zeitkonstante mit. Welchen Wert muß der Kondensator haben?
6. Nach welcher Zeit ist der Ladestrom eines über einen Widerstand $R = 120$ kΩ zu ladenden Kondensators von $C = 10$ nF auf die Hälfte seines Anfangswertes abgesunken?
7. Ein Kondensator mit $C = 10$ µF soll mit einem Vorwiderstand von $R = 120$ Ω eine Zeitkonstante von $\tau = 2$ ms ergeben. Welche Kapazität muß der parallel zu schaltende Kondensator haben?
8. In einer Impulsformerschaltung soll der Kondensator mit $C = 4{,}7$ nF nach $t = 12$ µs auf 80 % der anliegenden Spannung aufgeladen sein. Welchen Wert muß der Widerstand haben?
9. Ein Impulsformerglied hat eine Zeitkonstante von $\tau = 10$ ms. Nach welcher Zeit ist die Kondensatorspannung von $U = 5$ V auf $u_c = 0{,}7$ V abgesunken?

Seite 93

4.4 Kondensator an Gleichspannung

1. $U_c = 94{,}8$ V; $I_c = 99$ µA
2. $C = 15$ µF
3.

t in s	U_c in V	I_c in µA
0,3	7,32	475,6
1,2	27,2	409,4
2,4	49,46	335,2
6	98,82	183,9
15	137,69	41,1

4. $U_c = 18{,}5$ V; $I_c = 0{,}474$ mA
5. $C = 4{,}62$ nF
6. $t = 831{,}78$ µs
7. $C = 6{,}67$ µF
8. $R = 1586{,}39$ Ω
9. $t = 19{,}66$ ms

Kondensator im Wechselstromkreis

1. Wie groß ist der kapazitive Blindwiderstand eines 470-pF-Kondensators bei 500 kHz?
2. Für den Fernsehkanal 9 ($f = 202$ MHz) wird ein kapazitiver Widerstand 250 Ω benötigt. Berechnen Sie die erforderliche Kapazität!
3. Ein Kondensator von 80 pF hat einen Widerstand von 2,2 kΩ. Berechnen Sie die Frequenz!
4. Für die Wellenlänge $\lambda = 150$ m wird ein kapazitiver Blindwiderstand $X_C = 33$ kΩ benötigt. Welche Kapazität ist erforderlich?
5. An einem Kondensator von 5 µF liegt eine Spannung von 218 V. Es werden folgende Ströme gemessen a) 0,6 A; b) 0,8 A; c) 0,342 A. Um welche Frequenzen handelt es sich?
6. Durch einen Kondensator von 1,2 µF mit einer Toleranzangabe von ± 20 % soll bei 50 Hz ein Effektivstrom von 0,1 A fließen. Mit welchem maximal möglichen Scheitelwert der Spannung muß gerechnet werden?
7. Zwischen welchen Werten kann der Strom liegen, wenn ein Kondensator von 2,5 µF ± 10 % an eine Spannung von 380 V und 50 Hz angeschlossen wird?
8. Ein unbekannter Kondensator nimmt bei 220 V/50 Hz einen Strom von 132 mA auf. Berechnen Sie die Kapazität.
9. Welchen Strom mißt man, wenn man einen Kondensator von 186 pF an eine Wechselspannung von 56 V legt? Diese Wechselspannung hat eine Wellenlänge von $\lambda = 600$ m.

Seite 94

4.5 Kondensator an Wechselspannung

1. $X_C = 678$ Ω
2. $C = 3{,}15$ pF
3. $f = 905$ kHz
4. $C = 2{,}42$ pF
5. a) $f = 87{,}6$ Hz
   b) $f = 116{,}8$ Hz
   c) $f = 50$ Hz
6. $U = 375$ V
7. $I = 0{,}269$ A und $I = 0{,}328$ A
8. $C = 1{,}91$ µF
9. $I = 32{,}2$ mA



Abb. 1: Verschiedene Kondensatoren

Aufgaben

1. Mit einem parallelgeschalteten Kondensator reagiert ein Relais anzugs- und abfallverzögert (Abb. 2). Der Widerstand des Relais soll als Wirkwiderstand mit 500 Ω aufgefaßt werden.

a) Berechnen Sie die Stromstärke I im Einschaltmoment?

b) Wie groß ist die Stromstärke I, wenn der Aufladevorgang abgeschlossen ist?

c) Berechnen Sie die Spannung am Relais, wenn der Aufladevorgang abgeschlossen ist?

d) Wie groß ist die Stromstärke durch die Relaiswicklung, wenn nach Ablauf der Aufladung der Schalter geöffnet wird?

e) Berechnen Sie die Stromstärke durch die Relaiswicklung eine Sekunde nach Öffnen des Schalters (Lösung mit normiertem Diagramm und mathematisch)!

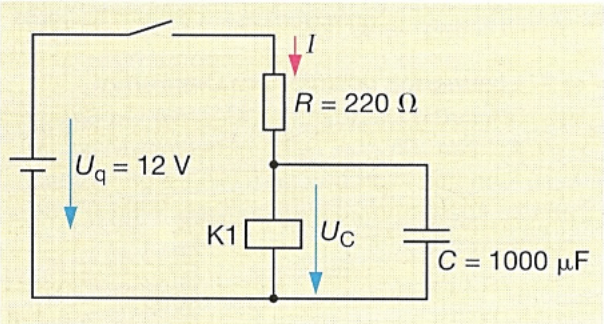


Abb. 2: Relaisschaltung

2. Am Eingang einer Transistorschaltung (Abb. 3) liegen Rechteckimpulse mit einer Impulshöhe von 5 V. Bekannt sind folgende Größen:
C = 68 nF; R_1 = 3,9 kΩ; R_{BE} = 2,4 kΩ (Eingangswiderstand des Transistors).

a) Berechnen Sie die Zeitkonstante der Parallelschaltung aus R_1 und C!

b) Wie groß ist der maximale Basisstrom I_B, wenn die Spannung von 0 V auf 5 V ansteigt?

c) Wie groß ist die Spannung U_{BE}, wenn Ausgleichsvorgänge abgeschlossen sind und der Eingangsimpuls von 5 V lange genug anliegt?

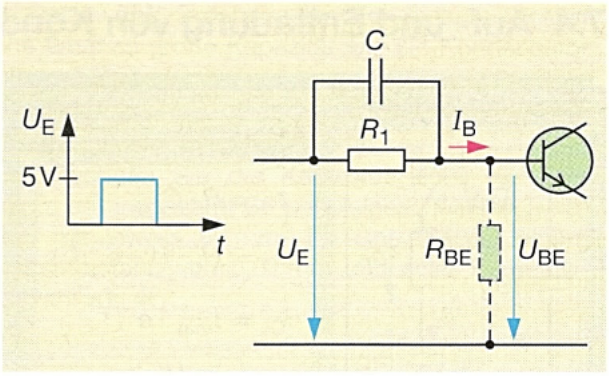


Abb. 3: RC-Glied und Transistor

3. Das in Abb. 4 dargestellte RC-Netzwerk soll untersucht werden. Dazu wird der Schalter geschlossen und nach Aufladung des Kondensators wieder geöffnet. Zur Überprüfung meßtechnischer Ergebnisse sollen die folgenden Größen berechnet werden: I_1, I_2, I_3, U_c und U_2. Folgende Zeitpunkte sind vorgesehen:

a) Einschaltmoment.

b) Nach abgeschlossener Aufladung des Kondensators.

c) Der Moment, in dem der Schalter nach erfolgter Aufladung wieder geöffnet wird.

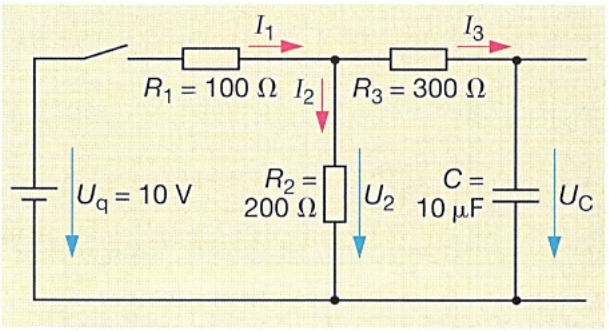


Abb. 4: Netzwerk

4. Die Transistorschaltung in Abb. 5 befindet sich in einer Logikschaltung, in der Rechteckimpulse auftreten. Folgende Werte sind bekannt bzw. vorgegeben: R_1 = 10 kΩ; R_{BE} = 4,8 kΩ (Eingangswiderstand des Transistors).
Die Kapazität des Kondensators soll so bemessen werden, daß die Eingangsschaltung eine Zeitkonstante von 0,14 ms aufweist. Wie groß ist die Kapazität? Wählen Sie den nächstliegenden Normwert!

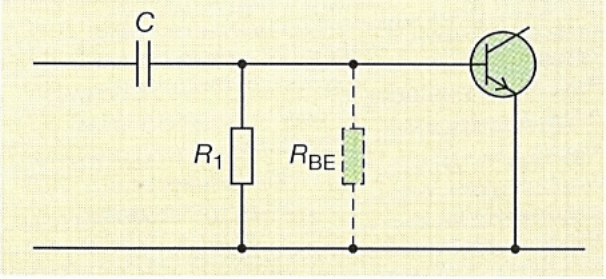


Abb. 5: Zeitkonstante im Eingangsbereich

Kondensatoren sind keine idealen Bauteile. Aufgrund des Dielektrikums liegt zur Kapazität immer ein Wirkwiderstand parallel (Isolationswiderstand). Zur Bestimmung dieses Isolationswiderstandes wurden bei einem 10 µF Kondensator folgende Messungen durchgeführt:

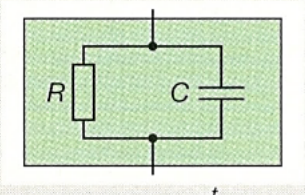
- Aufladespannung 100 V,
- nach einer Zeit von 2,2 s wurde noch eine Spannung von 60 V gemessen, nachdem er von der Spannungsquelle getrennt wurde.

Berechnen Sie den Isolationswiderstand!

Beispiellösung

Geg.: $C = 10\ \mu F$; $U_q = 100\ V$; bei $t = 2{,}2\ s$ wird eine Spannung von 60 V gemessen.

Ges.: Isolationswiderstand



$$u_C = U_q \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\frac{u_C}{U_q} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$0{,}6 = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Den Exponenten $\frac{t}{\tau}$ erhält man, indem auf dem Taschenrechner die Umkehrfunktion gebildet wird (natürlicher Logarithmus, ln).

$$-\frac{t}{\tau} = \ln 0{,}6 \qquad \tau = R \cdot C$$

$$-\frac{t}{R \cdot C} = \ln 0{,}6 \quad \boxed{\ln} \qquad R = \frac{-t}{C \cdot \ln 0{,}6}$$

$$R = \frac{-2{,}2\ s}{10 \cdot 10^{-6}\ \frac{As}{V} (-0{,}511)} \qquad \underline{\underline{R = 431\ k\Omega}}$$

5. Das RC-Glied in Abb. 6 dient der Übertragung von Impulsen zwischen zwei Verstärkern. In dem abgebildeten Widerstand R ist bereits der Eingangswiderstand der nachfolgenden Stufe enthalten.

a) Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung u_R, wenn als Eingangsspannungen rechteckförmige Impulse mit einem Maximalwert von 4,8 V auftreten! Die Periodendauer der Impulse ist etwa 10 mal so groß wie die Zeitkonstante der RC-Schaltung.

b) Berechnen Sie die Zeitkonstante!

c) Berechnen Sie die Spannung u_R, wenn nach einem positiven Spannungssprung am Eingang Zeiten von $0{,}10 \cdot \tau$ und $0{,}75 \cdot \tau$ vergangen sind!

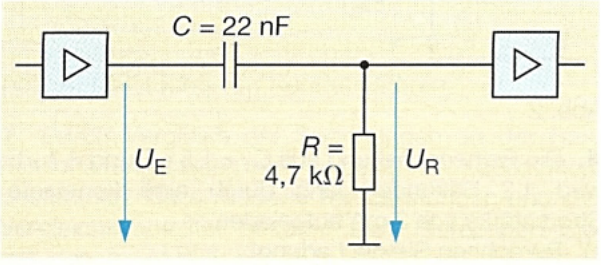


Abb. 6: RC-Koppelglieder

6. Der Kondensator in Abb. 7 soll in Verbindung mit dem Eingangswiderstand der nachfolgenden Stufe als Impulsformer arbeiten. Die damit erzielbare Zeitkonstante reicht jedoch nicht aus. Mit einem zuschaltbaren Widerstand bzw. Kondensator soll eine Verdopplung der Zeitkonstante erreicht werden. Zeichnen Sie die Schaltung und berechnen Sie die zuschaltbaren Bauteile!

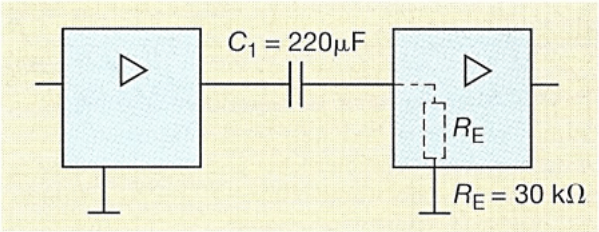


Abb. 7: Impulsformung durch RC-Glied

7. Die Glimmlampe in Abb. 8 besitzt eine Zündspannung von 83 V. Sie wird über einen Vorwiderstand an einer Gleichspannung mit $U_q = 200\ V$ betrieben. Im ungezündeten Zustand ist der Widerstand der Glimmlampe im Vergleich zum Vorwiderstand sehr groß (vernachlässigbar).

Berechnen Sie die Zeit, die bis zum Zünden der Glimmlampe nach dem Betätigen des Schalters vergeht!

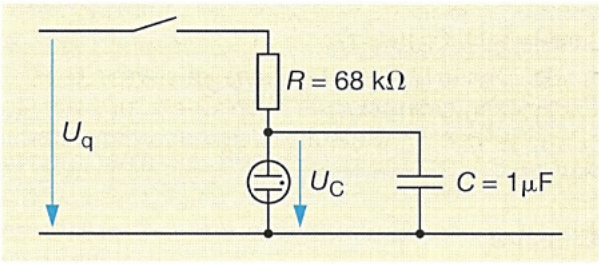


Abb. 8: Schaltung mit Glimmlampe

8. Die Zeitkonstante aus R_1 und C_1 in Abb. 9 beträgt $47 \cdot 10^{-3}$ s.

a) Auf welchen Wert sinkt die Spannung am Kondensator, wenn der Widerstand $R_2 = 4{,}7\ k\Omega$ hinzugeschaltet wird?

b) Skizzieren Sie die Spannung u_C und die Stromstärke i_C, wenn der Schalter hin- und hergeschaltet wird. Die Schaltzeiten betragen etwa $5 \cdot \tau$.

c) Berechnen Sie für die Schaltvorgänge in b) die maximalen Stromstärken!

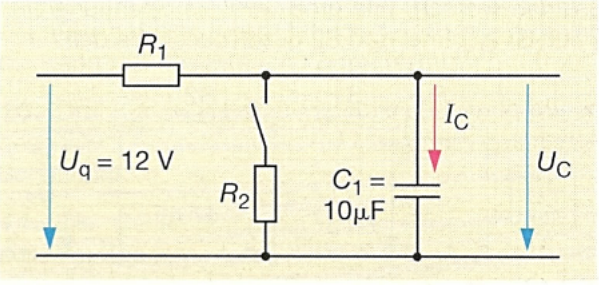
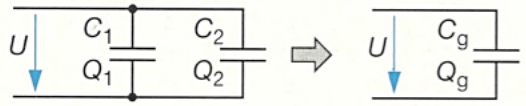


Abb. 9

7.5 Schaltungen mit Kondensatoren

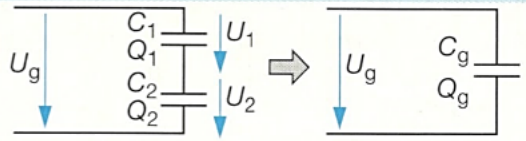
Parallelschaltung von Kondensatoren



$Q_1 = C_1 \cdot U$
$Q_2 = C_2 \cdot U$

$Q_g = Q_1 + Q_2$
$C_g = C_1 + C_2$

Reihenschaltung von Kondensatoren



$Q_1 = C_1 \cdot U_1$
$Q_2 = C_2 \cdot U_2$
$Q_1 = Q_2 = Q_g$

$U_g = U_1 + U_2$
$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

Zur Glättung einer pulsierenden Gleichspannung werden Kondensatoren eingesetzt. Zur Erhöhung der Wirksamkeit sind zwei Kondensatoren mit den Kapazitäten $C_1 = 220\ \mu F$ und $C_2 = 470\ \mu F$ parallel geschaltet.

a) Wie groß ist die Gesamtkapazität?

b) Wie groß sind die gespeicherten Einzelladungen und die Gesamtladung, wenn eine Spannung von 5,3 V an den Kondensatoren gemessen wurde?

Beispiellösung

Geg.: $C_1 = 220\ \mu F$; $C_2 = 470\ \mu F$; $U = 5{,}3\ V$

Ges.: a) C_g; b) Q_1, Q_2 u. Q_g

a) $C_g = C_1 + C_2$ $\quad C_g = 690\ \mu F$

b) $Q_1 = C_1 \cdot U$ $\quad Q_1 = 220\ \mu F \cdot 5{,}3\ V$

$Q_1 = 1{,}17 \cdot 10^{-3}\ As$

$Q_2 = C_2 \cdot U$ $\quad Q_2 = 470\ \mu F \cdot 5{,}3\ V$

$Q_2 = 2{,}49 \cdot 10^{-3}\ As$

$Q_g = Q_1 + Q_2$ $\quad Q_g = 3{,}66 \cdot 10^{-3}\ As$

Mit Hilfe einer Reihenschaltung aus zwei Kondensatoren soll eine Gesamtkapazität von 27 nF realisiert werden. Es steht ein Kondensator mit $C_1 = 150$ nF zur Verfügung. Wie groß ist die Kapazität des zuschaltbaren Kondensators? (nächstliegenden Normwert wählen)

Beispiellösung

Geg.: $C_g = 27$ nF; $\quad C_1 = 150$ nF

Ges.: C_2

$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\qquad \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_g} - \frac{1}{C_1}$

$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{27\ nF} - \frac{1}{150\ nF}$

$\frac{1}{C_2} = \frac{30{,}3}{\mu F}$

$C_2 = 0{,}033\ \mu F$ $\quad$ gewählter Wert: $C_2 = 33$ nF

Aufgaben

1. Blitzlichtgeräte benötigen für die Blitzlichtlampen in kurzer Zeit eine große Menge an elektrischer Energie. Dazu werden Kondensatoren als Ladungsspeicher verwendet. In einer vorhandenden Anlage befindet sich ein Kondensator mit 470 µF, der mit 300 V aufgeladen wird. Durch Parallelschaltung eines weiteren Kondensators soll die Gesamtladung auf $Q_g = 0{,}5$ As vergrößert werden. Wie groß ist die Kapazität des zuschaltbaren Kondensators (Normwert wählen)?

2. Der Kondensator C_1 in Abb. 1 ist auf 90 V aufgeladen worden. Wie groß wird die Spannung U_2, wenn S1 geöffnet und S2 geschlossen werden?

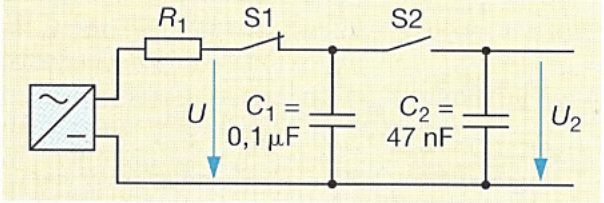
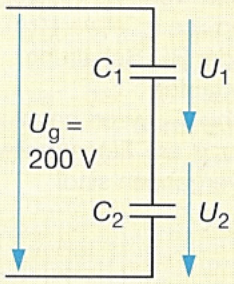


Abb. 1

3. Die Reihenschaltung aus zwei Kondensatoren in Abb. 2 liegt an einer Gesamtspannung von 200 V. Die Kondensatoren sind für jeweils 100 V Nennspannung ausgelegt. Berechnen Sie, ob in dieser Schaltung die Nennspannungen überschritten werden!



$C_1 = 0{,}5\ \mu F$; $U_{1N} = 100\ V$

$C_2 = 0{,}3\ \mu F$; $U_{2N} = 100\ V$

Abb. 2

4. Die Reihenschaltung aus $C_1 = 1{,}5\ \mu F$ und 4,7 µF wird 1,2 Sekunden lang durch eine konstante Stromstärke von 3 mA aufgeladen.

a) Berechnen Sie die Ladung!

b) Wie groß ist die Gesamtkapazität?

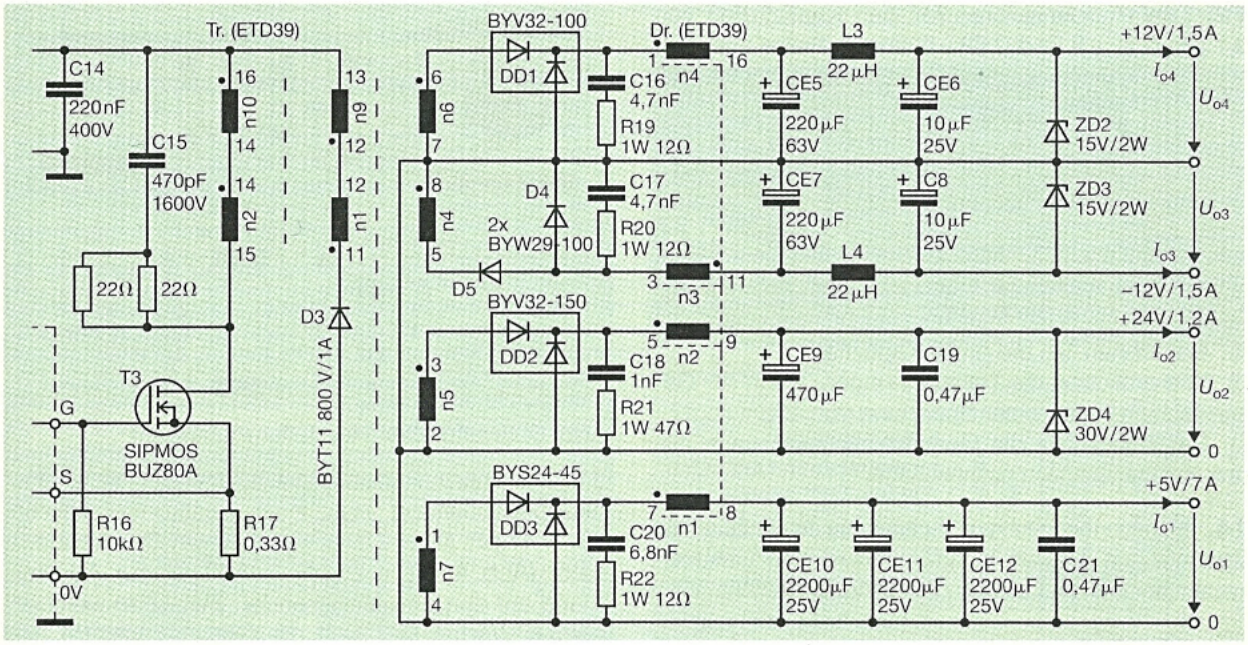


Abb. 3: Schaltnetzteil (Schaltbildauszug)

5. Einige der in Abb. 3 vorhandenen Kondensatoren sollen untersucht werden.

a) Geben Sie die Bezeichnungen der Kondensatoren an, die parallel geschaltet sind!

b) Berechnen Sie für die Parallelschaltungen die Gesamtkapazität und die Gesamtladung!

c) Welche Bedeutung für die jeweilige Gesamtkapazität haben die Kondensatoren C19 und C21?

d) Berechnen Sie die in CE6 und CE9 gespeicherte Ladung!

6. Die Kondensatoren $C_1 = 10\ \text{nF}$ und $C_2 = 30\ \text{nF}$ in Abb. 4 sind in den Schalterstellungen 1 (S1 und S2) aufgeladen worden. Nach erfolgter Aufladung werden die Schalter in Stellung 2 gebracht. Verluste können vernachlässigt werden. Berechnen Sie die Spannung an den Kondensatoren, wenn die Ausgleichsvorgänge abgeschlossen sind!

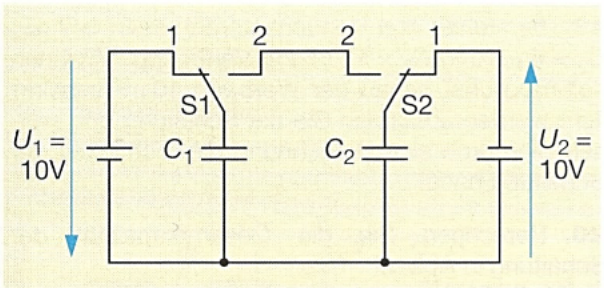


Abb. 4: Umladung von Kondensatoren

7. Durch Vergleich der Spannungen an der Reihenschaltung lassen sich unbekannte Kapazitäten bestimmen. Dazu müssen Teilspannungen und die Vergleichskapazität bekannt sein. Berechnen Sie mit den in Abb. 5 gegebenen Werten die unbekannte Kapazität C_X.



Abb. 5: Kapazitätsvergleich

8. Der Kondensator in Abb. 6 besitzt ein geschichtetes Dielektrikum.

a) Wie sind die beiden Teilkapazitäten geschaltet? Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild!

b) Berechnen Sie die Einzelkapazitäten und die Gesamtkapazität!

c) Stellen Sie eine allgemeine Gleichung für die Gesamtkapazität auf!

d) Berechnen Sie die Ladung, wenn eine Spannung von $U = 24\ \text{V}$ angelegt wird!

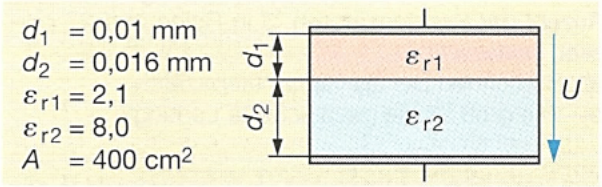


Abb. 6: Kondensator mit geschichtetem Dielektrikum

9. Die Reihenschaltung aus zwei Kondensatoren besitzt eine Gesamtkapazität von 16 µF. Ein Kondensator hat eine Kapazität von 47 µF. Wie groß ist die Kapazität des zweiten Kondensators?

10. Drei Kondensatoren mit je 22 nF sind in Reihe geschaltet. Berechnen Sie die Gesamtkapazität der Schaltung!

11. Die Gesamtkapazität einer Reihenschaltung aus drei Kondensatoren beträgt 120 nF. Zwei Kondensatoren haben die Werte 470 nF und 560 nF. Wie groß ist C_3?

12. Drei Kondensatoren mit den Kapazitäten von 0,1 µF; 0,22 µF und 0,68 µF sind in Reihe geschaltet und liegen an einer Gesamtspannung von 100 V. Berechnen Sie die
a) Gesamtkapazität,
b) Spannungen an den Einzelkondensatoren und
c) Ladungen der Kondensatoren!

13. Drei Kondensatoren sind in Reihe geschaltet. Bekannt ist die Gesamtkapazität und zwei Teilkapazitäten: $C_g = 18$ nF; $C_1 = 47$ nF; $C_2 = 56$ nF
a) Berechnen Sie die dritte Kapazität!
b) Wie groß sind die Teilspannungen, wenn die Gesamtschaltung an einer Spannung von 136 V liegt?
c) Berechnen Sie die Gesamtkapazität, wenn alle drei Kondensatoren parallel liegen!

14. Berechnen Sie zur Schaltung in Abb. 1 die Spannungen an den Kondensatoren, die Gesamtkapazität und die Ladung der Kondensatoren!

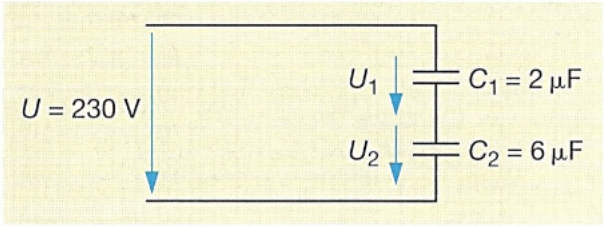


Abb. 1: Spannungsaufteilung

15. In Schaltungen der Energieversorgung werden oft Kondensatoren zu Batterien zusammengeschaltet. In Abb. 2 sind Al-Elektrolyt-Kondensatoren als Energiespeicher für einen Umrichter-Zwischenkreis zu sehen. Die zu den Kondensatoren parallel geschalteten Widerstände können vernachlässigt werden. Sie sorgen dafür, daß an jedem Kondensator die gleiche Spannung liegt. Vom Hersteller wurden folgende Daten gegeben:
Einzelkapazität $C = 6000$ µF; Spannung $U = 350$ V, Anzahl der Kondensatoren: 3 in Reihe und 27 parallel, insgesamt 81.
a) Berechnen Sie die Gesamtkapazität!
b) Wie groß ist die gespeicherte Ladung?

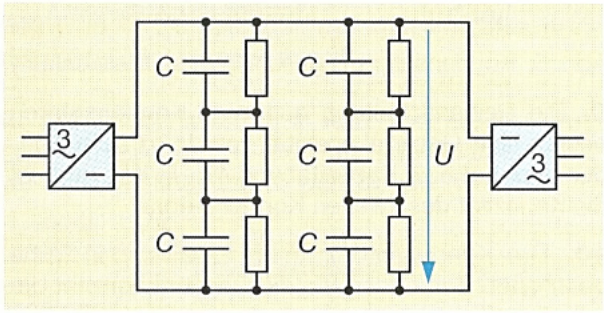


Abb. 2: Kondensatoren im Umrichter

16. Entstörfilter besitzen Spulen und Kondensatoren (Abb. 3). Berechnen Sie die Gesamtkapazität aus C_x und C_y auf der Eingangsseite!

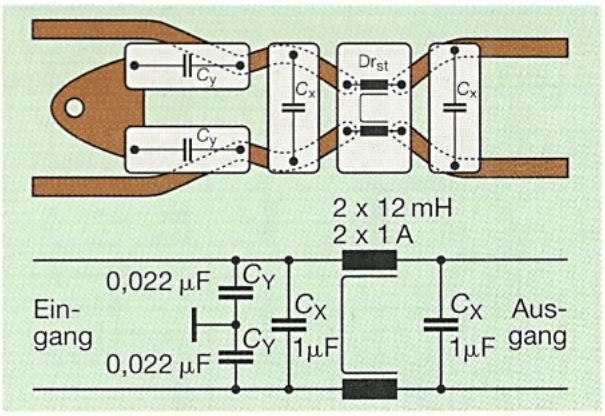


Abb. 3: Entstörfilter (Herstellerunterlagen)

17. In einem Rundfunkgerät befindet sich eine Gruppenschaltung aus zwei Festkondensatoren ($C_1 = 47$ pF; $C_2 = 270$ pF) und einem Drehkondensator (Abb. 4, $C_3 = 25$ pF ... 500 pF) zur Abstimmung auf den Empfangssender. Zwischen welchen beiden Werten läßt sich die Gesamtkapazität der Schaltung verändern?

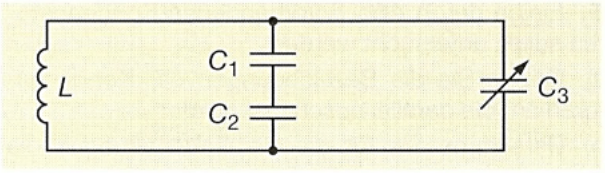


Abb. 4: Schwingkreisabstimmung

18. Wie groß muß in Abb. 5 der Einstellbereich von C_2 sein, wenn die Gesamtkapazität C_g von 59 pF ... 114 pF veränderbar sein soll?

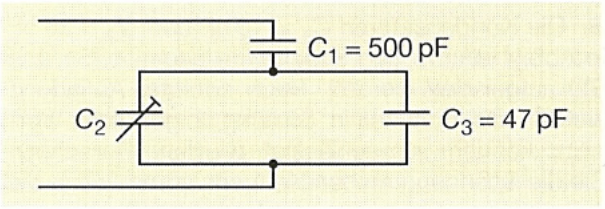


Abb. 5: Einstellbereich

19. Es stehen drei Kondensatoren mit $C_1 = 7$ µF; $C_2 = 4$ µF und $C_3 = 12$ µF zur Verfügung. Mit ihnen soll möglichst genau der Wert von 10 µF verwirklicht werden. Zeichnen Sie die Schaltung und weisen Sie durch eine Berechnung die Richtigkeit der Schaltung nach!

20. Berechnen Sie die Gesamtkapazität der Schaltung in Abb. 6!

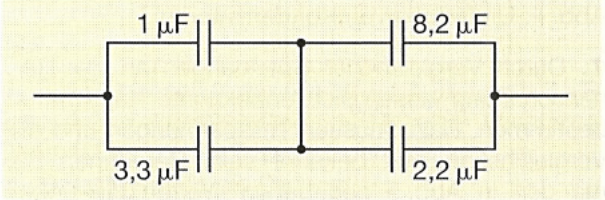


Abb. 6: Gruppenschaltung

7.4 Auf- und Entladung von Kondensatoren

1. a) $I = \frac{U_q}{R}$ $I = \frac{12\,\text{V}}{220\,\Omega}$ $I = \underline{54{,}5\,\text{mA}}$

b) $I = \frac{U_q}{R + R_{Rel}}$ $I = \underline{16{,}7\,\text{mA}}$

c) $\frac{U_C}{U_q} = \frac{R_{Rel}}{R_{Rel} + R}$ $U_C = \frac{12\,\text{V} \cdot 500\,\Omega}{720\,\Omega}$ $U_C = \underline{8{,}33\,\text{V}}$

d) $I_C = \frac{U_C}{R_{Rel}}$ $I_C = \frac{8{,}33\,\text{V}}{500\,\Omega}$ $I_C = \underline{16{,}7\,\text{mA}}$

e) 1. Diagramm:

$\tau = R_{Rel} \cdot C$ $\tau = 0{,}5 \cdot 10^3\,\Omega \cdot 1 \cdot 10^{-3}\,\text{F}$ $\tau = \underline{0{,}5\,\text{s}}$

$\frac{t}{\tau} = \frac{1\,\text{s}}{0{,}5\,\text{s}}$ $\frac{t}{\tau} = 2$

$-\frac{i_C}{I_{Cmax}} = 0{,}13$ $-i_C = I_{Cmax} \cdot 0{,}13$

$I_{Cmax} = \frac{U_{Cmax}}{R_{Rel}}$ $I_{Cmax} = 16{,}7\,\text{mA}$ $-i_C = \underline{2{,}17\,\text{mA}}$

2. Mathematisch:

$-i_C = I_{Cmax} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $-i_C = 16{,}7\,\text{mA} \cdot e^{-2}$ $-i_C = \underline{2{,}26\,\text{mA}}$

2. a) $\tau = R_1 \cdot C$ $\tau = 68 \cdot 10^{-9}\,\text{F} \cdot 3{,}9 \cdot 10^3\,\Omega$ $\tau = \underline{0{,}265\,\text{ms}}$

b) $I_B = \frac{U_E}{R_{BE}}$ $I_B = \frac{5\,\text{V}}{2{,}4\,\text{k}\Omega}$ $I_B = \underline{2{,}08\,\text{mA}}$

c) $I_B = \frac{U_E}{R_1 + R_{BE}}$ $I_B = \frac{5\,\text{V}}{6{,}3\,\text{k}\Omega}$ $I_B = \underline{0{,}794\,\text{mA}}$

3. a) $I_1 = \frac{U_q}{R_1 + R_2 \parallel R_3}$ $R_2 \parallel R_3 = 120\,\Omega$

$I_1 = \frac{10\,\text{V}}{220\,\Omega}$ $I_1 = \underline{45{,}5\,\text{mA}}$ $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$ $I_2 = \underline{27{,}3\,\text{mA}}$

$I_3 = \frac{U_2}{R_3}$ $I_3 = \underline{18{,}2\,\text{mA}}$

$U_C = \underline{0\,\text{V}}$ $U_2 = I_1 \cdot (R_2 \parallel R_3)$ $U_2 = \underline{5{,}45\,\text{V}}$

b) Endzustand: C aufgeladen

$I_1 = I_2$ $I_1 = \frac{U_q}{R_1 + R_2}$ $I_1 = \frac{10\,\text{V}}{300\,\Omega}$ $I_1 = \underline{33{,}3\,\text{mA}}$

$U_2 = U_C$ $U_2 = I_2 \cdot R_2$ $U_2 = \underline{6{,}67\,\text{V}}$

c) Ausschaltmoment:

$U_C = \underline{6{,}67\,\text{V}}$ $I_1 = \underline{0\,\text{A}}$ $I_3 = I_2$

$I_2 = \frac{U_C}{R_2 + R_3}$ $I_2 = \frac{6{,}67\,\text{V}}{500\,\Omega}$ $I_2 = \underline{13{,}3\,\text{mA}}$

$U_2 = I_2 \cdot R_2$ $U_2 = \underline{2{,}67\,\text{V}}$

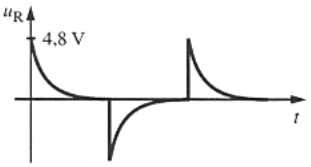
4. $\tau = R \cdot C$ $R = R_1 \parallel R_{BE}$ $R = \underline{3{,}24\,\text{k}\Omega}$

$C = \frac{\tau}{R}$ $C = \frac{0{,}14 \cdot 10^{-3}\,\text{s}}{3{,}24 \cdot 10^3\,\Omega}$ $C = 43{,}2\,\text{nF}$ $C = \underline{47\,\text{nF}}$

(Normwert)

115

5. a)



b) $\tau = R \cdot C$

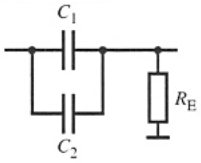
$\tau = 4{,}7\,\text{k}\Omega \cdot 22\,\text{nF}$

$\tau = \underline{\underline{0{,}103\,\text{ms}}}$

c) $u_R = U_q \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\quad u_{R1} = 4{,}8\,\text{V} \cdot e^{-0{,}1}$ $\quad u_{R1} = \underline{\underline{4{,}34\,\text{V}}}$

$u_{R2} = 4{,}8\,\text{V} \cdot e^{-0{,}75}$ $\quad u_{R2} = \underline{\underline{2{,}27\,\text{V}}}$

6. a) **Kondensator**

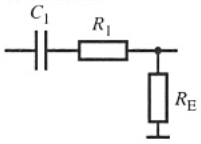


$\tau_1 = R_E \cdot C_1$ $\quad \tau_2 = 2 \cdot \tau_1$

$2 \cdot R_E \cdot C_1 = R_E\,(C_1 + C_2)$

$C_1 = C_2$ $\quad C_2 = \underline{\underline{220\,\mu\text{F}}}$

b) **Widerstand**



$2 \cdot R_E \cdot C_1 = (R_1 + R_E)\,C_1$

$R_1 = R_E$ $\quad R_1 = \underline{\underline{30\,\text{k}\Omega}}$

7. $\tau = R \cdot C$ $\quad \tau = 68\,\text{k}\Omega \cdot 1 \cdot 10^{-6}\,\text{F}$ $\quad \tau = \underline{\underline{68\,\text{ms}}}$

$u_C = U_q\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ $\quad \frac{u_C}{U_q} = \frac{83\,\text{V}}{200\,\text{V}}$ $\quad \frac{u_C}{U_q} = 0{,}415$

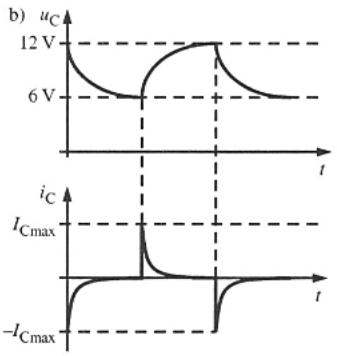
$\frac{u_C}{U_q} = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\quad e^{-\frac{t}{\tau}} = 1 - \frac{u_C}{U_q}$ $\quad e^{-\frac{t}{\tau}} = 0{,}585$

$-\frac{t}{\tau} = \ln 0{,}585$ $\quad -t = \tau \cdot \ln 0{,}585$ $\quad t = \underline{\underline{36{,}5\,\text{ms}}}$

8. a) $\tau = R_1 \cdot C_1$ $\quad R_1 = \frac{\tau}{C_1}$ $\quad R_1 = \frac{47 \cdot 10^{-3}\,\text{s}}{10 \cdot 10^{-6}\,\frac{\text{As}}{\text{V}}}$ $\quad R_1 = 4{,}7\,\text{k}\Omega$

$U_C = \frac{U_q}{2}$ $\quad$ da $R_1 = R_2$ $\quad U_C = \underline{\underline{6\,\text{V}}}$

b)



c) $I_{Cmax} = \frac{\Delta U}{R_2}$

$I_{Cmax} = \frac{6\,\text{V}}{4{,}7\,\text{k}\Omega}$

$I_{Cmax} = \underline{\underline{1{,}28\,\text{mA}}}$

116

7.5 Schaltungen mit Kondensatoren

1. $Q_1 = C_1 \cdot U$ $\quad Q_1 = 0{,}47 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 300\,\text{V}$ $\quad Q_1 = 0{,}141\,\text{As}$

$Q_2 = Q_g - Q_1$ $\quad Q_2 = 0{,}359\,\text{As}$

$C_2 = \frac{Q_2}{U}$ $\quad C_2 = \frac{0{,}359\,\text{As}}{300\,\text{V}}$ $\quad C_2 = 1{,}12 \cdot 10^{-3}\,\text{F}$

gewählt: $C_2 = \underline{\underline{1200\,\mu\text{F}}}$

2. Gesamtladung: $Q_g = C_1 \cdot U$ $\quad Q_g = 0{,}1 \cdot 10^{-6}\,\frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 90\,\text{V}$

$Q_g = 9 \cdot 10^{-6}\,\text{As}$

Ladungsaufteilung: $Q_g = Q_1 + Q_2$ $\quad Q_g = C_1 \cdot U_2 + C_2 \cdot U_2$

$U_2 = \frac{Q_g}{C_1 + C_2}$ $\quad U_2 = \frac{9 \cdot 10^{-6}\,\text{As}}{0{,}147 \cdot 10^{-6}\,\frac{\text{As}}{\text{V}}}$

$U_2 = \underline{\underline{61{,}2\,\text{V}}}$

3. $\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\quad C_g = 0{,}1875\,\mu\text{F}$

$Q = C_g \cdot U$ $\quad Q = 0{,}1875 \cdot 10^{-6}\,\frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 200\,\text{V}$

$Q = 37{,}5 \cdot 10^{-6}\,\text{As}$

$U_1 = \frac{Q}{C_1}$ $\quad U_1 = \frac{37{,}5 \cdot 10^{-6}\,\text{As}}{0{,}5 \cdot 10^{-6}\,\frac{\text{As}}{\text{V}}}$ $\quad U_1 = \underline{\underline{75\,\text{V}}}$

$U_2 = \underline{\underline{125\,\text{V}}}$

Bei C_2 wird die Nennspannung überschritten

4. a) $Q = I \cdot t$ $\quad Q = 3 \cdot 10^{-3}\,\text{A} \cdot 1{,}2\,\text{s}$ $\quad Q = \underline{\underline{3{,}6\,\text{mAs}}}$

b) $\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\quad C_g = \underline{\underline{1{,}14\,\mu\text{F}}}$

5. a) I: CE9 u. C19; $\quad$ II: CE10 u. CE11 u. C12 u. C21

b) I: $C_g = 470{,}47\,\mu\text{F}$

$Q = C \cdot U$ $\quad Q = 470{,}47 \cdot 10^{-6}\,\text{As} \cdot 24\,\text{V}$

$Q = \underline{\underline{11{,}29 \cdot 10^{3}\,\text{As}}}$

II: $C_g = 6600{,}47\,\mu\text{F}$ $\quad Q = \underline{\underline{33 \cdot 10^{-3}\,\text{As}}}$

c) Kompensation der Induktivitäten der Elektrolytkondensatoren (HF-Kurzschluß)

d) $Q_1 = \text{CE6} \cdot 12\,\text{V}$ $\quad Q_1 = 10 \cdot 10^{-6}\,\frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 12\,\text{V}$

$Q_1 = \underline{\underline{120 \cdot 10^{-6}\,\text{As}}}$

$Q_2 = \text{CE9} \cdot 24\,\text{V}$ $\quad Q_2 = 470 \cdot 10^{-6}\,\frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 24\,\text{V}$

$Q_2 = \underline{\underline{11{,}28 \cdot 10^{-3}\,\text{As}}}$

6. $Q_1 = C_1 \cdot U$ $\quad Q_1 = 10\,\text{nF} \cdot 10\,\text{V}$ $\quad Q_1 = 100 \cdot 10^{-9}\,\text{As}$

$Q_2 = C_2 \cdot (-U_2)$ $\quad Q_2 = 30\,\text{nF} \cdot (-10\,\text{V})$ $\quad Q_2 = -300 \cdot 10^{-9}\,\text{As}$

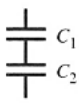
$Q_{ges} = -200 \cdot 10^{-9}\,\text{As}$ $\quad C_{ges} = 40\,\text{nF}$ $\quad U = \frac{Q_{ges}}{C_{ges}}$

$U = \frac{-200 \cdot 10^{-9}\,\text{As}}{40 \cdot 10^{-9}\,\frac{\text{As}}{\text{V}}}$ $\quad U = \underline{\underline{-5\,\text{V}}}$ (Pfeilrichtung wie U_2)

7. $Q_X = Q_N$ $\quad C_X \cdot U_X = C_N \cdot U_N$ $\quad C_X = \frac{C_N \cdot U_N}{U_X}$

$C_X = \frac{5\,\text{nF} \cdot 170\,\text{V}}{230\,\text{V}}$ $\quad C_X = \underline{\underline{3{,}7\,\text{nF}}}$

8. a) Reihenschaltung



b) $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d_1}$ $\quad C_1 = \frac{8{,}86 \cdot 10^{-12}\,\text{As} \cdot 2{,}1 \cdot 400 \cdot 10^{-4}\,\text{m}^2}{0{,}01 \cdot 10^{-3}\,\text{m} \cdot \text{Vm}}$

$C_1 = \underline{\underline{74{,}4\,\text{nF}}}$ $\quad C_2 = \underline{\underline{177{,}2\,\text{nF}}}$

$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\quad C_g = \underline{\underline{52{,}4\,\text{nF}}}$

117

c) $\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{r1} \cdot A}{d_1}$ $C_2 = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{r2} \cdot A}{d_2}$

$\frac{1}{C_g} = \frac{d_1}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{r1} \cdot A} + \frac{d_2}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{r2} \cdot A}$ $C_g = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{\frac{d_1}{\varepsilon_{r1}} + \frac{d_2}{\varepsilon_{r2}}}$

d) $Q_g = C_g \cdot U_g$ $Q_g = 52{,}4 \cdot 10^{-9} \frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 24\,\text{V}$

$Q_g = \underline{1{,}26 \cdot 10^{-6}\,\text{As}}$

9. $\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\frac{1}{C_2} = \frac{1}{16\,\mu\text{F}} - \frac{1}{47\,\mu\text{F}}$ $C_2 = \underline{24{,}3\,\mu\text{F}}$

10. $\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1}$ $\frac{1}{C_g} = \frac{3}{C_1}$ $C_g = \frac{C_1}{3}$ $C_1 = \underline{7{,}33\,\text{nF}}$

11. $\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ $\frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_g} - \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2}$ $C_3 = \underline{226\,\text{nF}}$

118

12. a) $C_{ges} = \underline{62{,}4\,\text{nF}}$

b) $Q_{ges} = C_{ges} \cdot U$ $Q_{ges} = 6{,}24 \cdot 10^{-6}\,\text{As}$

$U_1 = \frac{Q_{ges}}{C_1}$ $U_1 = \underline{62{,}4\,\text{V}}$

$U_2 = \underline{28{,}4\,\text{V}}$ $U_3 = \underline{9{,}2\,\text{V}}$

c) $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{ges}$ $Q = \underline{6{,}24 \cdot 10^{-6}\,\text{As}}$

13. a) $\frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_g} - \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2}$ $\frac{1}{C_3} = \frac{1}{18\,\text{nF}} - \frac{1}{47\,\text{nF}} - \frac{1}{56\,\text{nF}}$

$C_3 = \underline{60{,}9\,\text{nF}}$

b) $C_g \cdot U_g = C_1 \cdot U_1$ $U_1 = \frac{C_g \cdot U_g}{C_1}$ $U_1 = \underline{52{,}1\,\text{V}}$

$U_2 = \underline{43{,}7\,\text{V}}$ $U_3 = \underline{40{,}2\,\text{V}}$

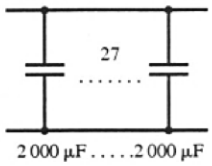
c) $C_g = C_1 + C_2 + C_3$ $C_g = \underline{163{,}9\,\text{nF}}$

14. $C_{ges} = \underline{1{,}5\,\mu\text{F}}$ $Q_{ges} = Q_1 = Q_2$ $Q_{ges} = C_{ges} \cdot U$

$Q_{ges} = 1{,}5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 230\,\text{V}$ $Q_{ges} = \underline{345 \cdot 10^{-6}\,\text{As}}$

$U_1 = \frac{Q_{ges}}{C_1}$ $U_1 = \underline{172{,}5\,\text{V}}$ $U_2 = \frac{Q_{ges}}{C_2}$ $U_2 = \underline{57{,}5\,\text{V}}$

15. a)



$C_{ges} = 27 \cdot 2000\,\mu\text{F}$

$C_{ges} = \underline{54000\,\mu\text{F}}$

b) $Q_g = C_g \cdot U$ $Q_g = 54 \cdot 10^{-3} \frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 350\,\text{V}$ $Q_g = \underline{18{,}9\,\text{As}}$

16. $C_{yg} = 0{,}011\,\mu\text{F}$ $C_g = C_{yg} + C_x$ $C_g = \underline{1{,}011\,\mu\text{F}}$

17. $\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\frac{1}{C_{1,2}} = (21{,}3 + 3{,}7) \cdot \frac{10^{-3}}{\text{pF}}$ $C_{1,2} = 40\,\text{pF}$

Anfangskapazität: $C_A = 25\,\text{pF} + 40\,\text{pF}$ $C_A = \underline{65\,\text{pF}}$

Endkapazität: $C_E = \underline{540\,\text{pF}}$

18. $C_{g1} = 59\,\text{pF}$ $\frac{1}{C_{g1}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{231}}$ $\frac{1}{C_{231}} = \frac{1}{C_{g1}} - \frac{1}{C_1}$

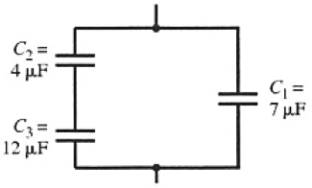
$\frac{1}{C_{231}} = (16{,}9 - 2) \cdot \frac{1}{\text{nF}}$ $C_{231} = 66{,}9\,\text{pF}$

$C_{21} = C_{231} - C_3$ $C_{21} = \underline{19{,}9\,\text{pF}}$

$\frac{1}{C_{232}} = \frac{1}{C_{g1}} - \frac{1}{C_1}$ $\frac{1}{C_{232}} = \frac{(8{,}77 - 2)}{\text{nF}}$ $C_{232} = 148\,\text{pF}$

$C_{22} = \underline{101\,\text{pF}}$

19.



$\frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

$C_{23} = 3\,\mu\text{F}$

$C_g = C_{23} + C_1$

$C_g = \underline{10\,\mu\text{F}}$

20. $C_1 = 8{,}2\,\mu\text{F} + 2{,}2\,\mu\text{F}$ $C_1 = 10{,}4\,\mu\text{F}$

$C_2 = 1\,\mu\text{F} + 3{,}3\,\mu\text{F}$ $C_2 = 4{,}3\,\mu\text{F}$

$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $C_g = \underline{3{,}04\,\mu\text{F}}$

[redacted]

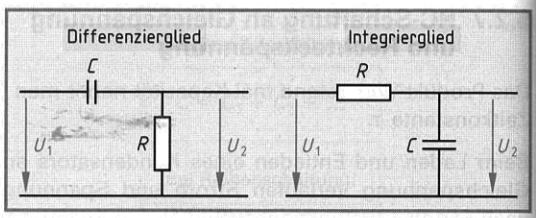


Bild 1: *RC*-Glieder

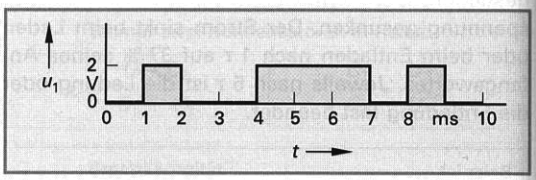


Bild 2: Spannungsimpulse

15. Mit einem Differenzierglied **(Bild 1)** sollen aus einer Rechteckspannung mit $f = 5$ kHz und einem Tastgrad $g = 0{,}5$ eine Nadelimpulsfolge erzeugt werden. Wie groß muss R sein, wenn $C = 15$ nF und die Zeitkonstante τ ein Fünftel der Impulsdauer t_i betragen soll?

16. Mit einem Integrierglied **(Bild 1)** soll aus einer Rechteckmischspannung mit $f = 50$ Hz und einem Tastgrad $g = 0{,}5$ eine Gleichspannung erzeugt werden. Wie groß muss C sein, wenn $R = 100$ kΩ und $\tau = 10\ t_i$ betragen soll?

17. Die mit einem Differenzierglied erzeugten Nadelimpulse sollen die maximale Impulsbreite von 15 µs haben. a) Wie groß ist C, wenn $R = 18$ kΩ beträgt? b) Wie groß muss die Frequenz der Rechteckspannung ($g = 0{,}5$) sein, damit das Verhältnis $t_i/\tau = 12$ erfüllt ist?

18. An einem Differenzierglied in der Impulstrennstufe eines Fernsehempfängers mit $C = 27$ pF und $R = 100$ kΩ sollen aus den Zeilen-Synchronisierimpulsen mit $f = 15\,625$ Hz und $g = 0{,}1$ eine Nadelimpulsfolge erzeugt werden. a) Welche maximale Impulsbreite haben die Nadelimpulse? b) Wie groß ist das Verhältnis t_i/τ?

19. Ein Integrierglied soll aus einer Rechteckmischspannung mit $f = 10$ kHz und $g = 0{,}5$ eine Gleichspannung erzeugen, deren noch überlagerte Wechselspannung einen Spitze-Tal-Wert von 2 % des Gleichspannungswertes besitzt. Wie groß muss C sein, wenn $R = 12$ kΩ beträgt?

20. Ein Integrierglied mit $R = 220$ kΩ und $C = 1{,}5$ µF macht aus einer Rechteckmischspannung mit $f = 7{,}5$ kHz und $g = 0{,}5$ eine Rechteckmischspannung mit sehr kleinem Wechselspannungsanteil. Wie groß ist bei der Rechteckwechselspannung am Widerstand R das Dachgefälle in %?

21. Der Kondensator eines Integrierglieds ist bereits auf 2 V geladen. Wie groß ist die Kondensatorspannung, wenn 1 ms lang an den Eingang des Integrierglieds eine Gleichspannung von 10 V angelegt wird? Die Zeitkonstante beträgt 4,6 ms.

22. An den Eingang eines Integrierglieds wird die Spannung **Bild 2** angelegt. Berechnen Sie die Ausgangsspannung nach 2 ms, 4 ms, 7 ms, 8 ms und 9 ms, wenn $\tau = 5$ ms beträgt und zur Zeit $t = 0$ der Kondensator völlig ungeladen war.

5.2.8 Kapazitiver Blindwiderstand

Der Kondensator wirkt im Wechselstromkreis als Blindwiderstand X_C. Den Kehrwert des kapazitiven Blindwiderstandes nennt man kapazitiven Blindleitwert B_C.

$$[X_C] = \frac{s}{F} = \frac{s \cdot V}{As} = \Omega \qquad X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$B_C = \frac{1}{X_C} \qquad X_C = \frac{U_{bC}}{I}$$

X_C	kapazitiver Blindwiderstand
ω	Kreisfrequenz
C	Kapazität
U_{bC}	kapazitive Blindspannung
I	Stromstärke
B_C	kapazitiver Blindleitwert

Aufgaben zu 5.2.8

1. Wie groß ist bei 50 Hz der kapazitive Blindwiderstand eines Kondensators mit 1 µF?
2. Berechnen Sie für $f = 800$ kHz und $C = 18$ nF a) Blindwiderstand, b) Blindleitwert.
3. Ein Kondensator mit 680 pF liegt an 1,6 MHz 12 V. Wie groß ist der Strom?
4. Wie groß ist der Spannungsfall, wenn in einen Kondensator von 47 nF ein Strom von 460 kHz 5 mA fließt?
5. In einen Kondensator, der an einer Wechselspannung von 120 kHz 6 V liegt, fließt ein Strom von 1,22 mA. Wie groß ist die Kapazität?
6. Ein Emitterkondensator soll bei 30 Hz einen Blindwiderstand von 56 Ω haben. Wie groß ist die Kapazität?
7. Bei welcher Frequenz hat ein Kondensator von 680 pF einen Blindleitwert von 1 mS?
8. Ein Kondensator mit 50 nF liegt an einer Wechselspannung von 120 mV. Der Strom beträgt 3 mA. Welche Frequenz hat die Spannung?
9. Berechnen Sie aus Schaltung **Bild 1** mit $U = 150$ mV, $U_1 = 36{,}4$ mV und $C_1 = 470$ pF bei $f = 575$ kHz a) Blindwiderstand von C_1, b) Spannung an C_2, c) Kapazität von C_2.
10. Berechnen Sie aus Schaltung **Bild 1** mit $I = 20$ mA, $U_1 = 5$ V, $C_1 = 15$ nF und $C_2 = 33$ nF a) Blindwiderstand von C_1, b) Frequenz der angelegten Spannung, c) Blindwiderstand von C_2, d) Spannung an C_2, e) Gesamtspannung.
11. Berechnen Sie aus Schaltung **Bild 2** mit $U = 3$ V, $f = 1$ kHz, $C_1 = 120$ nF und $C_2 = 470$ nF a) Blindwiderstand von C_1 und von C_2, b) Ströme I_1 und I_2.
12. Berechnen Sie aus Schaltung **Bild 2** mit $C_1 = 220$ pF, $I = 10$ mA, $I_2 = 4$ mA und $f = 470$ kHz a) Blindwiderstand von C_1, b) Strom I_1, c) Spannung U, d) Kapazität von C_2.

Beispiel:
Bei welcher Frequenz hat ein Kondensator mit $C = 2{,}2$ nF den kapazitiven Blindwiderstand von 3,62 kΩ?

Lösung:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 2{,}2\ \text{nF} \cdot 3{,}62\ \text{k}\Omega} = \mathbf{20\ kHz}$$

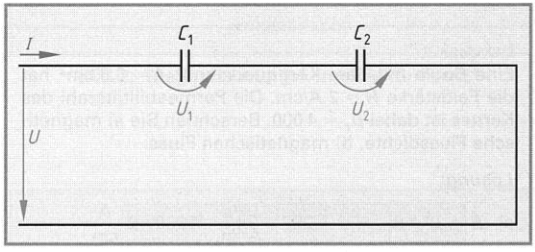


Bild 1: Reihenschaltung

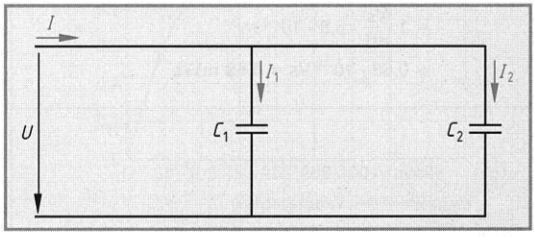


Bild 2: Parallelschaltung



78/15 $T = 1/f = 1/5\,kHz = 0{,}2\,ms$; $g = t_i/T \Rightarrow t_i = g \cdot T = 0{,}5 \cdot 0{,}2\,ms = 0{,}1\,ms$

$\tau = t_i/5 = 0{,}1\,ms/5 = 20\,\mu s$; $\tau = R \cdot C \Rightarrow R = \tau/C = 20\,\mu s/15\,nF =$ **1,33 kΩ**

78/16 $T = 1/f = 1/50\,Hz = 20\,ms$; $g = t_i/T \Rightarrow t_i = g \cdot T = 0{,}5 \cdot 20\,ms = 10\,ms$

$\tau = 10 \cdot t_i = 10 \cdot 10\,ms = 100\,ms$; $\tau = R \cdot C \Rightarrow C = \tau/R = 100\,ms/100\,k\Omega =$ **1 µF**

78/17 **a)** $15\,\mu s = 5\tau \Rightarrow \tau = 3\,\mu s$

$\tau = R \cdot C \Rightarrow C = \tau/R = 3\,\mu s/18\,k\Omega =$ **166,67 pF**

b) $t_i/\tau = 12 \Rightarrow t_i = 12\tau = 12 \cdot 3\,\mu s = 36\,\mu s$

$g = t_i/T \Rightarrow T = t_i/g = 36\,\mu s/0{,}5 = 72\,\mu s$

$f = 1/T = 1/72\,\mu s =$ **13,89 kHz**

78/18 **a)** $\tau = R \cdot C = 100\,k\Omega \cdot 27\,pF = 2{,}7\,\mu s$

$t_{imax} = 5\tau = 5 \cdot 2{,}7\,\mu s = \mathbf{13{,}5\,\mu s}$

b) $T = 1/f = 1/15\,625\,Hz = 64\,\mu s$

$g = t_i/T \Rightarrow t_i = g \cdot T = 0{,}1 \cdot 64\,\mu s = 6{,}4\,\mu s$

$t_i/\tau = 6{,}4\,\mu s/2{,}7\,\mu s = \mathbf{2{,}37}$

78/19 $T = 1/f = 1/10\,kHz = 100\,\mu s$

$g = t_i/T \Rightarrow t_i = g \cdot T = 0{,}5 \cdot 100\,\mu s = 50\,\mu s$

$t_p = T - t_i = 100\,\mu s - 50\,\mu s = 50\,\mu s$

$u_C = u \cdot \exp(-t_p/\tau) \Rightarrow \tau = t_p/\ln(u/u_C) = 50\,\mu s/\ln(1{,}01/0{,}99) = 2{,}5\,ms$

$\tau = R \cdot C \Rightarrow C = \tau/R = 2{,}5\,ms/12\,k\Omega = \mathbf{208{,}33\,nF}$

78/20 $\tau = R \cdot C = 220\,k\Omega \cdot 1{,}5\,\mu F = 0{,}33\,s$

$T = 1/f = 1/7{,}5\,kHz = 133{,}33\,\mu s$

$g = t_i/T \Rightarrow t_i = g \cdot T = 0{,}5 \cdot 133{,}33\,\mu s = 66{,}67\,\mu s$

$u_R = u \cdot \exp(-t_i/\tau) \Rightarrow \frac{u_R}{u} = \exp(-t_i/\tau) = \exp(-66{,}67\,\mu s/0{,}33\,s) = 0{,}999\,8$

d. h. der Dachabfall beträgt **0,02 %**

78/21 $u_C = (U_2 - U_1)\left[1 - \exp(-t/\tau)\right] + U_1 = (10\,V - 2\,V)\left[1 - \exp(-1\,ms/4{,}6\,ms)\right] + 2\,V = \mathbf{3{,}56\,V}$

78/22

nach 2 ms: $u_{C1} = U_1\left[1 - \exp(-t/\tau)\right] = 2\,V\left[1 - \exp(-1\,ms/5\,ms)\right] = \mathbf{0{,}363\,V}$

nach 4 ms: $u_{C2} = u_{C1} \cdot \exp(-t/\tau) = 0{,}363\,V \cdot \exp(-2\,ms/5\,ms) = \mathbf{0{,}243\,V}$

nach 7 ms: $u_{C3} = (U_1 - u_{C2})\left[1 - \exp(-t/\tau)\right] + u_{C2}$

$= (2\,V - 0{,}243\,V)\left[1 - \exp(-3\,ms/5\,ms)\right] + 0{,}243\,V = \mathbf{1{,}036\,V}$

nach 8 ms: $u_{C4} = u_{C3} \cdot \exp(-t/\tau) = 1{,}036\,V \cdot \exp(-1\,ms/5\,ms) = \mathbf{0{,}848\,V}$

nach 9 ms: $u_{C5} = (U_1 - u_{C4})\left[1 - \exp(-t/\tau)\right] + u_{C4}$

$= (2\,V - 0{,}848\,V)\left[1 - \exp(-1\,ms/5\,ms)\right] + 0{,}848\,V = \mathbf{1{,}057\,V}$

Lösungen zu 5.2.8 Kapazitiver Blindwiderstand

79/1 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50\,Hz \cdot 1\,\mu F} = \mathbf{3{,}18\,k\Omega}$

79/2 **a)** $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 800\,kHz \cdot 18\,nF} = \mathbf{11{,}05\,\Omega}$; **b)** $B_C = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{11{,}05\,\Omega} = \mathbf{90{,}5\,mS}$

79/3 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 1{,}6\,MHz \cdot 680\,pF} = 146{,}36\,\Omega$; $I = \frac{U}{X_C} = \frac{12\,V}{146{,}36\,\Omega} = \mathbf{81{,}99\,mA}$

79/4 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 460\,\text{kHz} \cdot 47\,\text{nF}} = 7{,}37\,\Omega$; $U = IX_C = 5\,\text{mA} \cdot 7{,}37\,\Omega = \mathbf{36{,}85\,mV}$

79/5 $X_C = \frac{U}{I} = \frac{6\,\text{V}}{1{,}22\,\text{mA}} = 4{,}92\,\text{k}\Omega$

$X_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 120\,\text{kHz} \cdot 4{,}92\,\text{k}\Omega} \approx \mathbf{270\,pF}$

79/6 $X_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 30\,\text{Hz} \cdot 56\,\Omega} = \mathbf{94{,}78\,\mu F}$

79/7 $B_C = \omega C \Rightarrow f = \frac{B_C}{2\pi C} = \frac{1\,\text{ms}}{2\pi \cdot 680\,\text{pF}} = \mathbf{234{,}17\,kHz}$

79/8 $X_C = \frac{U}{I} = \frac{120\,\text{mV}}{3\,\text{mA}} = 40\,\Omega$

$X_C = \frac{I}{\omega C} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi \cdot CX_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50\,\text{nF} \cdot 40\,\Omega} = \mathbf{79{,}62\,kHz}$

79/9

a) $X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 575\,\text{kHz} \cdot 470\,\text{pF}} = \mathbf{589{,}22\,\Omega}$

b) $U_2 = U - U_1 = 150\,\text{mV} - 36{,}4\,\text{mV} = \mathbf{113{,}6\,mV}$

c) $\frac{C_2}{C_1} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow C_2 = \frac{C_1 U_1}{U_2} = \frac{470\,\text{pF} \cdot 36{,}4\,\text{mV}}{113{,}6\,\text{mV}} \approx \mathbf{150\,pF}$

79/10

a) $X_{C1} = \frac{U_1}{I} = \frac{5\,\text{V}}{20\,\text{mA}} = \mathbf{250\,\Omega}$

b) $X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi \cdot C_1 X_{C1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 15\,\text{nF} \cdot 250\,\Omega} = \mathbf{42{,}46\,kHz}$

c) $X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 42{,}46\,\text{kHz} \cdot 33\,\text{nF}} = \mathbf{113{,}64\,\Omega}$

d) $U_2 = IX_{C2} = 20\,\text{mA} \cdot 113{,}64\,\Omega = \mathbf{2{,}27\,V}$

e) $U = U_1 + U_2 = 5\,\text{V} + 2{,}27\,\text{V} = \mathbf{7{,}27\,V}$

79/11

a) $X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 1\,\text{kHz} \cdot 120\,\text{nF}} = \mathbf{1\,326{,}29\,\Omega}$

$X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 1\,\text{kHz} \cdot 470\,\text{nF}} = \mathbf{338{,}63\,\Omega}$

b) $I_1 = \frac{U}{X_{C1}} = \frac{3\,\text{V}}{1\,326{,}29\,\Omega} = \mathbf{2{,}26\,mA}$

$I_2 = \frac{U}{X_{C2}} = \frac{3\,\text{V}}{338{,}63\,\Omega} = \mathbf{8{,}86\,mA}$

79/12

a) $X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 470\,\text{kHz} \cdot 220\,\text{pF}} = \mathbf{1\,539{,}22\,\Omega}$

b) $I_1 = I - I_2 = 10\,\text{mA} - 4\,\text{mA} = \mathbf{6\,mA}$

c) $U = I_1 \cdot X_{C1} = 6\,\text{mA} \cdot 1\,539{,}22\,\Omega = \mathbf{9{,}24\,V}$

d) $X_{C2} = \frac{U}{I_2} = \frac{9{,}24\,\text{V}}{4\,\text{mA}} = 2{,}31\,\text{k}\Omega$

$X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega \cdot X_{C2}} = \frac{1}{2\pi \cdot 470\,\text{kHz} \cdot 2{,}31\,\text{k}\Omega} = \mathbf{146{,}6\,pF}$

