Amateurfunk Prüfungsvorbereitung Klasse A

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

Methodik und Hinweis auf mögliche Fehler

Die richtigen Lösungen zu den Prüfungsfragen sind aus dem Fragenkatalog bekannt, hier geht es nur um den Weg dorthin.

- Bei Rechenaufgaben bekommst Du einen hoffentlich hinreichend nachvollziehbaren Lösungsweg präsentiert, der Dir zeigt, wie Du auf den richtigen Wert kommst.

- Bei Wissensfragen in Textform bekommst Du eine Argumentation, warum die richtige Lösung richtig und die anderen Lösungsvorschläge falsch sind.

- Außerdem bekommst Du die Hintergrundinformationen, die Du benötigst, um die Wissens-/Textaufgaben lösen zu können. Dies kann in vielen Fällen ausreichend sein, hängt aber auch von Deinen persönlichen Kenntnissen in Mathematik und Physik ab.

- Dieses Lernmaterial kann einen Amateurfunk-Prüfungsvorbereitungskurs vor Ort oder Online und/oder ein Lehrbuch selbstverständlich nicht ersetzen, sondern nur ergänzen.

Die Unterlage wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Fehler sind jedoch nicht gänzlich auszuschließen …

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

Überblick

Kapitel	Thema	Fragen	Anzahl
5.4.1	Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren	AD101 – AD115	15
5.4.2	Schwingkreise und Filter	AD201 – AD229	29
5.4.3	Strom- und Spannungsversorgung	AD301 – AD325	25
5.4.4	Verstärker	AD401 – AD433	33
5.4.5	Modulator / Demodulator	AD501 – AD510	10
5.4.6	Oszillator	AD601 – AD620	20
5.4.7	Phasenregelkreise	AD701 – AD705	5
5.4.8	Dämpfungsglieder	AD801 – AD806	6
		Summe	**143**

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD101 Wie groß ist die Gesamtkapazität, wenn drei Kondensatoren C_1 = 0,10 nF, C_2 = 47 pF und C_3 = 22 pF in Reihe geschaltet werden?

A 13,0 pF

B 0,13 nF

C 169 pF

D 16,9 pF

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$C_1 = 0{,}10\ nF = 100\ pF$
$C_2 = 47\ pF$
$C_3 = 22\ pF$

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{100\ pF} + \frac{1}{47\ pF} + \frac{1}{22\ pF}$$

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1056 + 2200 + 4700}{100 \cdot 47 \cdot 22\ pF} = \frac{7956}{103400\ pF}$$

$$C_{ges} = \frac{103400}{7956}\ pF \approx 12{,}996\ pF \approx 13\ pF$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD102 Wie groß ist die Gesamtinduktivität von drei in Reihe geschalteten Spulen von 2200 nH, 0,033 mH und 150 µH?

A 185,2 µH

B 155,5 µH

C 205,0 nH

D 205,0 µH

Lösung / Rechenweg:

$$L_{ges} = L_1 + L_2 + L_3$$

$Aufgabenstellung$:

$L_1 = 2200\ nH = 2{,}2\ \mu H$
$L_2 = 0{,}033\ mH = 33\ \mu H$
$L_3 = 150\ \mu H$

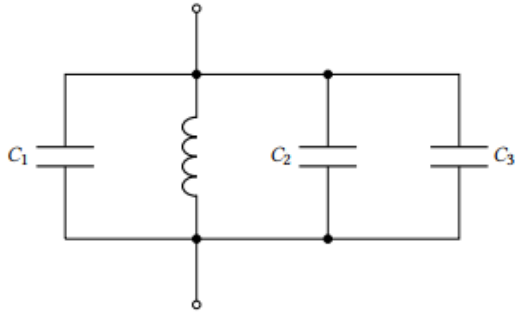
$Einsetzen$:

$L_{ges} = 2{,}2\ \mu H + 33\ \mu H + 150\ \mu H$
$L_{ges} = 185{,}2\ \mu H$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD103 Wie groß ist die Gesamtkapazität dieser Schaltung, wenn C_1 = 0,1 nF, C_2 = 1,5 nF, C_3 = 220 pF und die Eigenkapazität der Spule 1 pF beträgt?



A 1821 pF

B 66 pF

C 1,6 nF

D 1 pF

Lösung / Rechenweg:

$$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3 + C_{Spule}$$

$Aufgabenstellung$:

$$C_1 = 0{,}1\,nF = 0{,}1 \cdot 10^{-9}\,F$$
$$C_2 = 1{,}5\,nF = 1{,}5 \cdot 10^{-9}\,F$$
$$C_3 = 220\,pF = 220 \cdot 10^{-12}\,F$$
$$C_{Spule} = 1\,pF = 1 \cdot 10^{-12}\,F$$

$Einsetzen$:

$$C_{ges} = \begin{array}{l} 0{,}1 \cdot 10^{-9} \\ + 1{,}5 \cdot 10^{-9} \\ + 220 \cdot 10^{-12} \\ + 1 \cdot 10^{-12}\,F \end{array}$$

$$C_{ges} = 1{,}821 \cdot 10^{-9}\,F = 1821 \cdot 10^{-12}\,F$$

$$C_{ges} = 1821\,pF$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD104 Berechne den Betrag des Scheinwiderstands Z für eine Reihenschaltung aus R = 100 Ω und C = 1 nF bei 1 MHz.

A $|Z|$ = 188 Ω

B $|Z|$ = 159 Ω

C $|Z|$ = 636 Ω

D $|Z|$ = 259 Ω

Lösung / Rechenweg:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad und \quad |Z| = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$Aufgabenstellung$:

$R = 100\ \Omega$
$C = 1\ nF = 1\ \cdot 10^{-9}\ F$
$f = 1\ MHz = 1\ \cdot\ 10^{6}\ Hz$

$Einsetzen$:

$$X_C = \frac{1}{2\pi 10^{-9} 10^{6}} = \frac{1000}{2\pi} \approx 159{,}15\ \Omega$$

$$|Z| = \sqrt{100^2 + 159{,}15^2} \approx 187{,}96\ \Omega$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD105 Berechne den Betrag des Scheinwiderstands Z für eine Reihenschaltung aus R = 100 Ω und L = 100 µH bei 1 MHz.

A $|Z|$ = 636 Ω

B $|Z|$ = 628 Ω

C $|Z|$ = 188 Ω

D $|Z|$ = 259 Ω

Lösung / Rechenweg:

$X_L = 2\pi f L \quad und \quad |Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

$Aufgabenstellung$:

$R = 100\ \Omega$
$L = 100\mu H = 100 \cdot 10^{-6} H$
$f = 1\ MHz = 1 \cdot 10^6\ Hz$

$Einsetzen$:

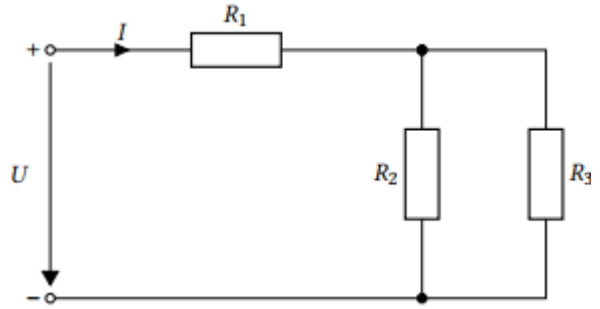
$X_L = 2\pi \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-6}\ \Omega \approx 628{,}32\ \Omega$

$|Z| = \sqrt{100^2 + 628{,}32^2} \approx 636{,}27\ \Omega$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD106 Wie groß ist die Spannung U, wenn durch R_3 ein Strom von 1 mA fließt und alle Widerstände R_1 bis R_3 je 10 kΩ betragen?



A 30 V

B 20 V

C 15 V

D 40 V

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad und \quad R_{ges} = R_1 + R_{23}$$

$Aufgabenstellung$:
$R_1 = R_2 = R_3 = 10000\ \Omega$
$I_3 = 1\ mA$

$Einsetzen$:
$R_{23} = 5000\ \Omega$
$R_{ges} = 10000 + 5000 = 15000\ \Omega$

$Da\ durch\ R_3\ ein\ Strom\ I_3 = 1\ mA\ fließt,$
$fließt\ dieser\ auch\ durch\ R_2, damit$:

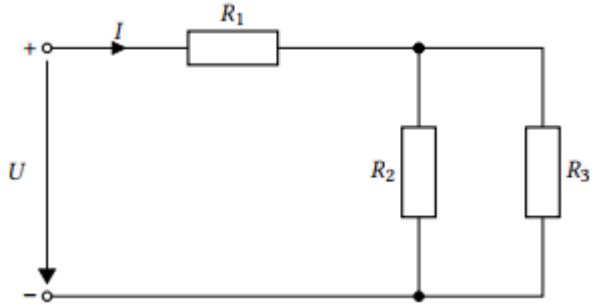
$I_{ges} = I_2 + I_3 = 1\ mA + 1\ mA = 2\ mA$

$U = I_{ges} \cdot R_{ges} = 2\ mA \cdot 15000\ \Omega = 30\ V$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD107 Wie groß ist der Strom durch R_3, wenn U = 15 V und alle Widerstände R_1 bis R_3 je 10 kΩ betragen?



A 0,5 mA

B 1,0 mA

C 1,6 mA

D 4,5 mA

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{und} \quad R_{ges} = R_1 + R_{23}$$

$$I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} \quad \text{und} \quad I_3 = \frac{I_{ges}}{2}$$

$Einsetzen$:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{10000} + \frac{1}{10000}\ \Omega \implies R_{23} = 5k\Omega$$

$$R_{ges} = 10\ k\Omega + 5\ k\Omega = 15\ k\Omega$$

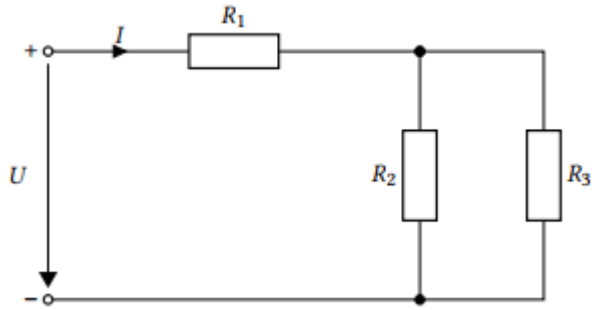
$$I_{ges} = \frac{15\ V}{15000\ \Omega} = 1\ mA$$

$$I_3 = \frac{1\ mA}{2} = 0{,}5\ mA$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD108 Welche Leistung tritt in R_2 auf, wenn U = 15 V und alle Widerstände R_1 bis R_3 je 10 kΩ betragen?



A 2,5 mW

B 5,0 mW

C 1,5 mW

D 0,15 W

Lösung / Rechenweg:

$U_2 = R_2 \cdot I_2$
$P_2 = U_2 \cdot I_2$

$siehe\ Aufgabe\ AD107$:

$I_2 = I_3 = 0{,}5\ mA$

$Einsetzen$:

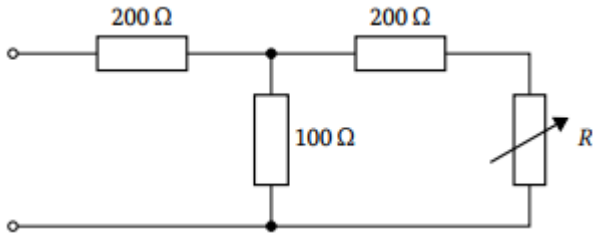
$U_2 = 10000 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3}\ V = 5\ V$

$P_2 = 5\ V \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3}\ A = 2{,}5\ mW$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD109 In welchem Bereich liegt der Eingangswiderstand der folgenden Schaltung, wenn R alle Werte von 0 Ω bis 1 kΩ annehmen kann?



A 267–292 Ω

B 300–500 Ω

C 292–367 Ω

D 300–367 Ω

Lösung / Rechenweg:

$Aufgabenstellung$:
$R_1 = 200\ \Omega$
$R_{21} = 200\ \Omega, R_{2v} = [0, 1000]\ \Omega$
$R_{22} = 100\ \Omega$

R_{21} *in Reihe mit* R_{2v} *und beide parallel zu* R_{22}.
Diese drei bilden den Ersatzwiderstand R_2.
R_2 *und* R_1 *sind in Reihe geschaltet.*

$$R_{2_{min}} = \frac{1}{\frac{1}{200+0} + \frac{1}{100}} \approx 66{,}67\ \Omega$$

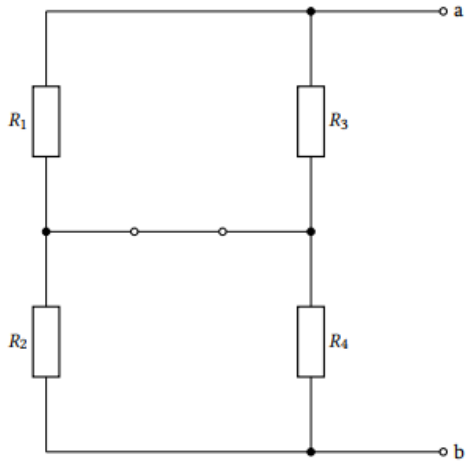
$$R_{2_{max}} = \frac{1}{\frac{1}{200+1000} + \frac{1}{100}} \approx 92{,}31\ \Omega$$

$$R_{ges_{min}} = R_1 + R_{2_{min}} = 200 + 67\ \Omega = 267\ \Omega$$
$$R_{ges_{max}} = R_1 + R_{2_{max}} = 200 + 92\ \Omega = 292\ \Omega$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD110 Wenn R_1 und R_3 je 2,2 kΩ haben und R_2 und R_4 je 220 Ω betragen, hat die Schaltung zwischen den Punkten a und b einen Gesamtwiderstand von ...



A 1210 Ω.

B 1540 Ω.

C 4840 Ω.

D 2420 Ω.

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$Aufgabenstellung$:

$$R_1 = R_3 = 2200\,\Omega$$
$$R_2 = R_4 = 220\,\Omega$$

$Einsetzen$:

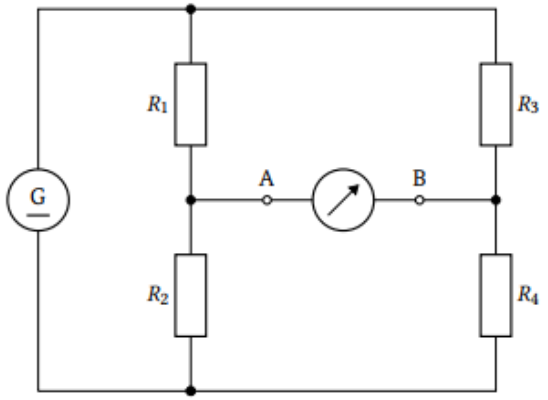
$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{2200\,\Omega + 220\,\Omega} \cdot 2 = \frac{2}{2420\,\Omega}$$

$$R_{ges} = \frac{2420}{2}\Omega = 1210\,\Omega$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD111 In welchem Verhältnis müssen die Widerstände R_1 bis R_4 zueinander stehen, damit das Messinstrument im Brückenzweig keine Spannung anzeigt?



A $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

B $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$

C $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_4}$

D $\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$

Lösung / Rechenweg:

Dargestellt ist eine Wheatstonesche Messbrücke. An den Zweigen $R_1 - R_2$ *und* $R_3 - R_4$ *liegt die gleiche Spannung U an:*

$U = U_1 + U_2 = U_3 + U_4$

Die Spannung U teilt sich auf die beiden Zweige der Brücke auf:

$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ *und* $U_3 = U \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}$

Die Differenzspannung zwischen den Zweigen ist:

$U_{AB} = U_3 - U_1 = U \cdot \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)$

$U_{AB} = 0, wenn:$

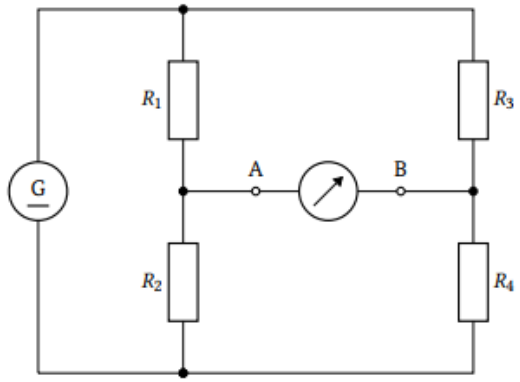
$\frac{R_3}{R_3+R_4} = \frac{R_1}{R_1+R_2} \Leftrightarrow R_3R_1 + R_3R_2 = R_1R_3 + R_1R_4$

$R_2R_3 = R_1R_4 \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD112 Die Spannung an der Brückenschaltung beträgt 10 V. Alle Widerstände haben einen Wert von 50 Ω. Wie groß ist die Spannung zwischen A und B im Brückenzweig (gemessen von A nach B)?



A 0 V

B -5 V

C 5 V

D 2,5 V

Lösung / Rechenweg:

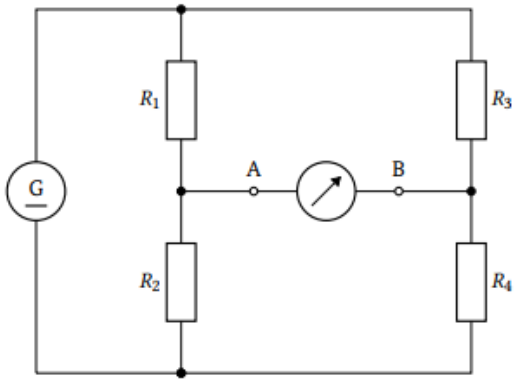
$$Da\ \frac{R_1}{R_2} = \frac{50\ \Omega}{50\ \Omega} = \frac{R_3}{R_4}\ ist, gilt:$$

$$U_{AB} = 0\ V$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD113 Die Spannung an der Brückenschaltung beträgt 11 V. Die Widerstände haben folgende Werte: R_1 = 1 kΩ; R_2 = 10 kΩ; R_3 = 10 kΩ; R_4 = 1 kΩ. Wie groß ist die Spannung zwischen A und B im Brückenzweig (gemessen von A nach B)?



A U_{AB} = 9 V

B U_{AB} = -9 V

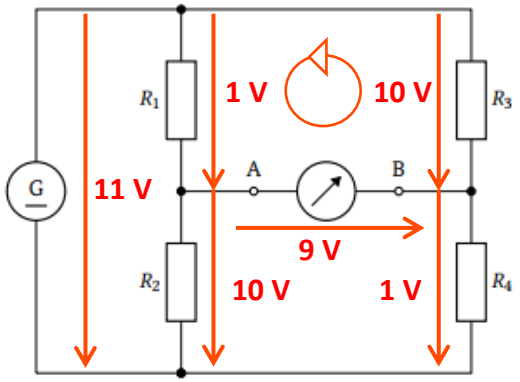
C U_{AB} = 10 V

D U_{AB} = -10 V

Lösung / Rechenweg:

$$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad und \quad U_3 = U \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$U_{AB} = U_3 - U_1$$



Aufgabenstellung:

$R_1 = R_4 = 1000\,\Omega$
$R_2 = R_3 = 10000\,\Omega$
$U = 11\,V$

Einsetzen:

$$U_1 = 11 \cdot \frac{1000}{1000 + 10000} = 1\,V$$

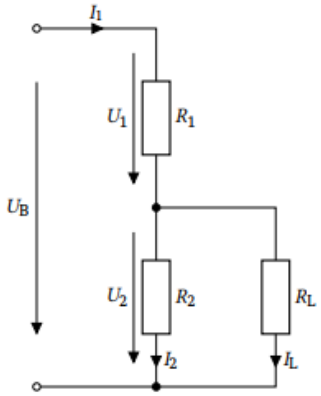
$$U_3 = 11 \cdot \frac{10000}{10000 + 1000} = 10\,V$$

$$U_{AB} = U_3 - U_1 = 10\,V - 1\,V = 9\,V$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD114 Wie groß ist die Spannung U_2 in der Schaltung mit folgenden Werten: U_B = 12 V, R_1 = 10 $k\Omega$, R_2 = 2, 2 $k\Omega$, R_L = 8, 2 $k\Omega$



A 1,8 V

B 2,2 V

C 5,4 V

D 8,2 V

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{1}{R_{2L}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L} \quad und \quad R_{ges} = R_1 + R_{2L}$$

$Aufgabenstellung$:

$R_1 = 10000\ \Omega, R_2 = 2200\ \Omega, R_L = 8200\ \Omega$
$U_B = 12\ V$

$Einsetzen$:

$R_{2L} = 1734{,}62\ \Omega$
$R_{ges} = 11734{,}62\ \Omega$

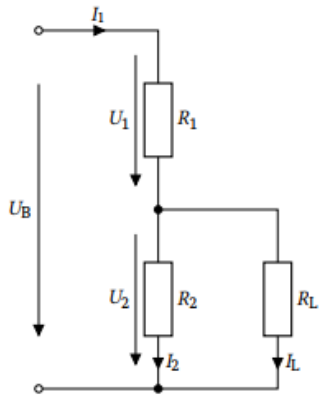
$Spannungsteilerregel$:

$$U_2 = U_B \cdot \frac{R_{2L}}{R_{ges}} = 12 \cdot \frac{1734{,}62}{11734{,}62} \approx 1{,}77\ V$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.1 Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen, Spulen und Kondensatoren

AD115 Wenn der dargestellte Spannungsteiler mit R_L belastet wird, dann ergibt sich folgender Zusammenhang:



A I_1 steigt, R_1 setzt mehr Leistung in Wärme um.

B I_1 steigt, R_2 setzt mehr Leistung in Wärme um.

C I_1 sinkt, R_2 setzt mehr Leistung in Wärme um.

D I_2 steigt, R_1 setzt weniger Leistung in Wärme um.

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{1}{R_{2L}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L} \Leftrightarrow R_{2L} = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$$

R_1	R_2	R_L	R_{2L}	R_{ges}
10 Ω	10 Ω	0 Ω	10 Ω	20 Ω
10 Ω	10 Ω	10 Ω	5 Ω	15 Ω
=	=	↗	↘	↘

Der Gesamtwiderstand der Schaltung wird kleiner, wenn eine Belastung R_L eingefügt wird.

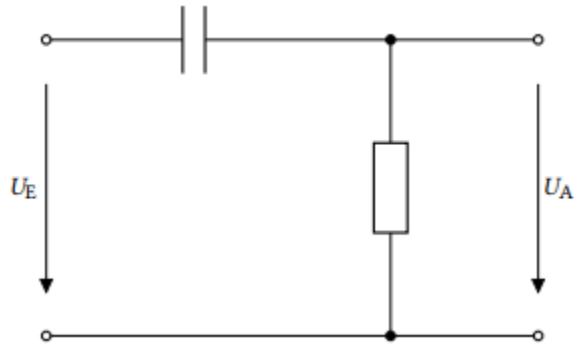
Bei gleichbleibender Spannung U_B und verringertem Gesamtwiderstand R_{ges} steigt der Gesamtstrom I_1 gemäß $I_1 = U_1 / R_{ges}$

Wegen $P_1 = I^2 R_1$ steigt auch die Leistung an R_1 und R_1 setzt mehr Leistung in Wärme um.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD201 Welche Grenzfrequenz ergibt sich bei einem Hochpass mit einem Widerstand von 4,7 kΩ und einem Kondensator von 2,2 nF?



A 15,4 kHz

B 1,54 kHz

C 154 kHz

D 154 Hz

Lösung / Rechenweg:

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

$Aufgabenstellung$:

$R = 4700\ \Omega$
$C = 2{,}2\ nF = 2{,}2 \cdot 10^{-9}\ F$

$Einsetzen$:

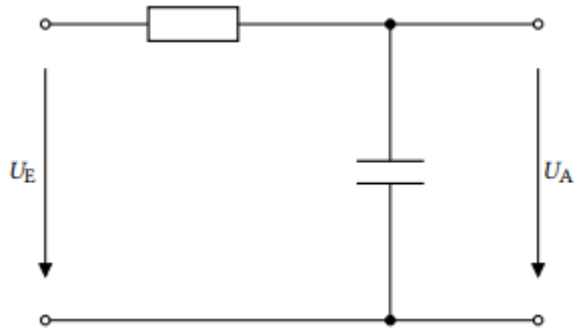
$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot 4700 \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-9}} = 15392{,}16\ Hz$$

$$f_g \approx 15{,}4\ kHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD202 Welche Grenzfrequenz ergibt sich bei einem Tiefpass mit einem Widerstand von 10 kΩ und einem Kondensator von 47 nF?



A 339 Hz

B 3,39 kHz

C 339 kHz

D 33,9 Hz

Lösung / Rechenweg:

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

$Aufgabenstellung$:

$R = 10000\ \Omega$
$C = 47\ nF = 47 \cdot 10^{-9}\ F$

$Einsetzen$:

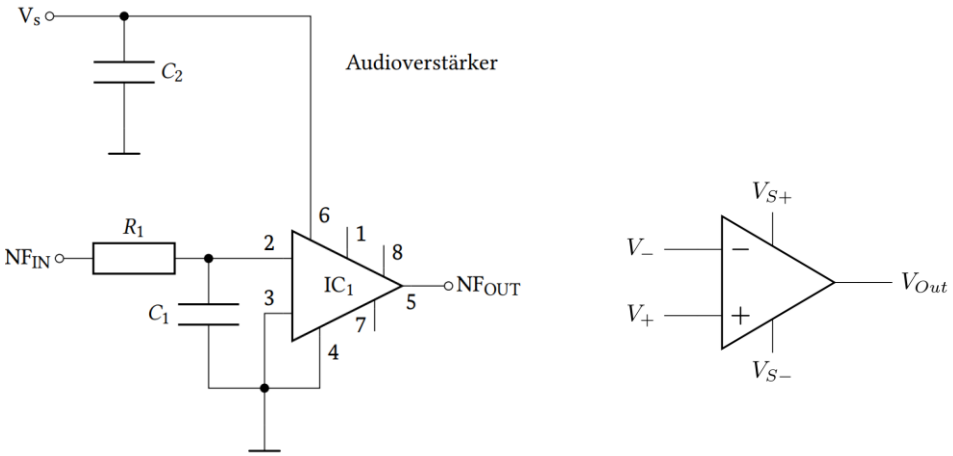
$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot 10000 \cdot 47 \cdot 10^{-9}} = 338{,}63\ Hz$$

$$f_g \approx 339\ Hz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter / Operationsverstärker

Zur Erklärung der folgenden Aufgabe



Uneinheitlichkeit PIN2 und PIN3

Je nach Modell des Operationsverstärkers (OpAmp) sind die Funktionen von PIN2 und PIN3 vertauscht.

Der nicht-invertierende Eingang liegt oft direkt an einer festen Spannung (Masse oder Referenzspannung), während der invertierende Eingang oft eine Rückkopplung vom Ausgang bekommt.

Pinbelegung

Pin 1: nicht belegt
Pin 2: V_- invertierender Eingang
Pin 3: V_+ nicht-invertierender Eingang gegen Masse
Pin 4: V_{S-} negative Spannungsversorgung) gegen Masse
Pin 5: V_{out} Ausgang
Pin 6: V_{S+} positive Spannungsversorgung
Pin 7: nicht belegt
Pin 8: nicht belegt

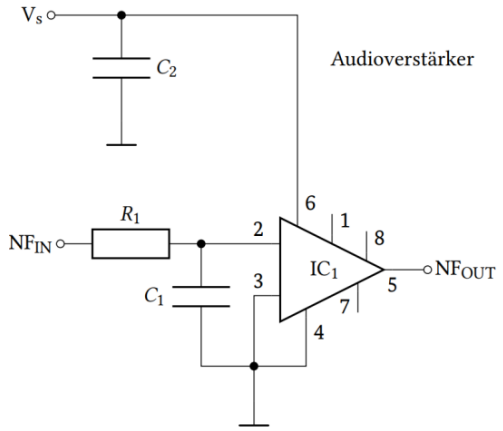
C_2 dient in dieser Schaltung der Entkopplung und Spannungsstabilisierung und Entstörung:

- Hält hochfrequente Störungen in der Versorgungsspannung ab und leitet sie an Masse
- Gleicht kurzfristige Spannungsschwankungen aus
- Reduziert das Rauschen in der Versorgungsspannung
- Er hat keinen Einfluss auf die Grenzfrequenz

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD203 Wo liegt die Grenzfrequenz des Audioverstärkers, wenn R_1 = 4,7 kΩ, C_1 = 6,8 nF und C_2 = 47 nF betragen? Der Verstärker hat eine Grenzfrequenz von 1 MHz und die Impedanz des Eingangs PIN 2 ist mit 1 MΩ sehr hochohmig.



A ca. 5 kHz

B ca. 720 Hz

C ca. 2,7 kHz

D ca. 294 Hz

Lösung / Rechenweg:

$$f_g = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$Aufgabenstellung$:

$R_1 = 4700\ \Omega$
$C_1 = 6{,}8\ nF = 6{,}8 \cdot 10^{-9}\ F$

$Einsetzen$:

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot 4700 \cdot 6{,}8 \cdot 10^{-9}} = 4979{,}81\ Hz$$

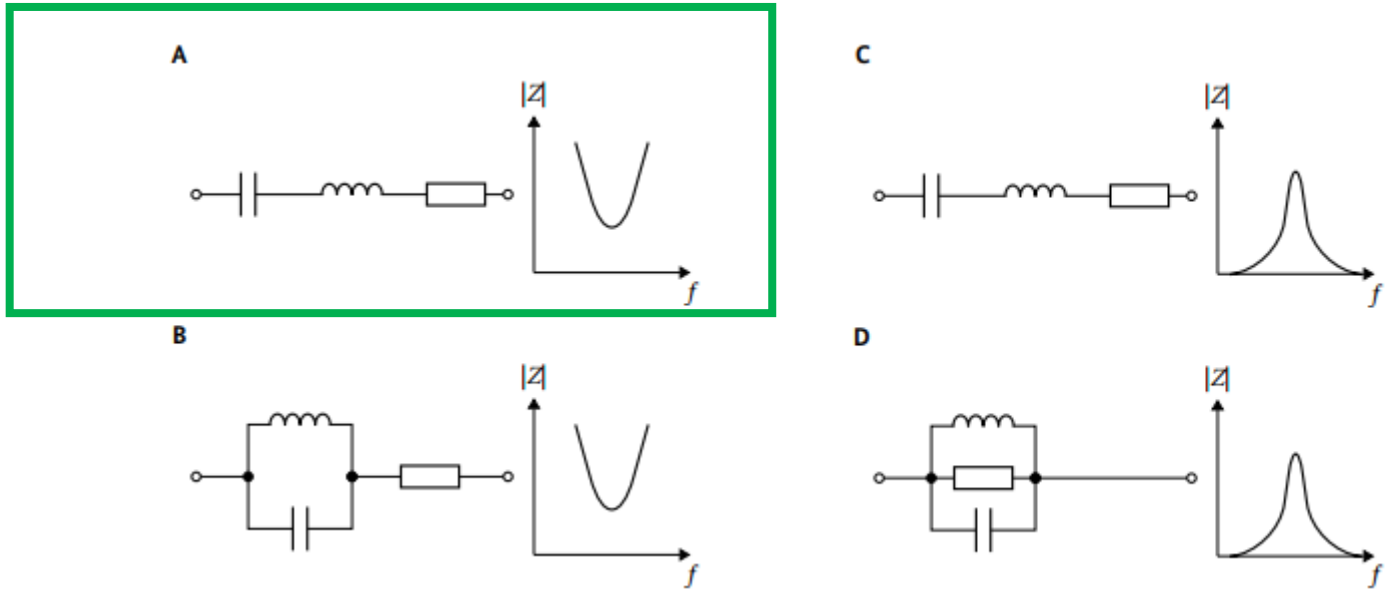
$f_g \approx 5\ kHz$

C_2 *hat nur eine Entkopplungsfunktion.*

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD204 Welcher Schwingkreis passt zu dem neben der jeweiligen Schaltung dargestellten Verlauf der Impedanz?



Erklärung:

A:

Serienschwingkreis
Impedanzverlauf eines Serienschwingkreises
A ist korrekt.

B:

Parallelschwingkreis
Impedanzverlauf eines Serienschwingkreises
B scheidet aus.

C:

Serienschwingkreis
Impedanzverlauf eines Parallelschwingkreises
C scheidet aus.

D:

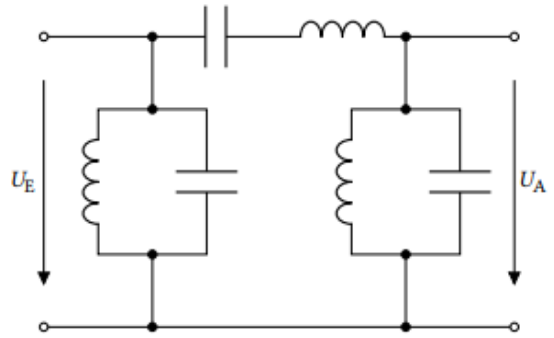
Parallelschwingkreis
Impedanzverlauf eines Parallelschwingkreises –
D ist fälschlicherweise auch korrekt. Ignorieren!

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter / Bandpassschaltung – Aufbau und Funktionsweise

Aufbau der Bandpassschaltung

- Zwischen Eingang und Ausgang gibt es zwei Resonanzkreise (Parallelschaltung von Spule und Kondensator)
- Dazwischen gibt es eine Kopplungsschaltung aus Spule und Kondensator, die die Energieübertragung zwischen den Resonanzkreisen ermöglicht.



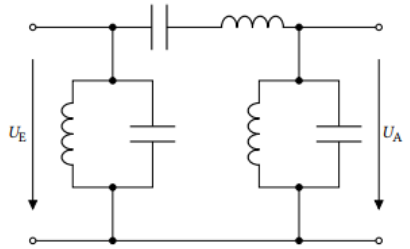
Funktionsweise

- Jeder der beiden Resonanzkreise hat eine eigene Resonanzfrequenz, die von L und C abhängt (Thomsonsche Schwinungsformel). Die Resonanzfrequenzen liegen „relativ“ eng beieinander. Daraus ergibt sich die Bandbreite des Bandpassfilters – das „Plateau“ der Filterkurve.
- Die Parallelschwingkreise haben bei Resonanz einen hohen Widerstand – sie blockieren und filtern Frequenzen außerhalb der Resonanzfrequenz. Sie selektieren die Frequenzen, die weitergeleitet werden sollen.
- Der Koppelkondensator und die Kopplungsspule diesen der Bandbreitensteuerung, indem sie die Energie zwischen den Schwingkreisen bei einer gewünschten Frequenz übertragen.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD205 Welche der nachfolgenden Beschreibungen trifft auf diese Schaltung zu und wie nennt man sie?



A Es handelt sich um einen Bandpass. Frequenzen oberhalb der oberen Grenzfrequenz und Frequenzen unterhalb der unteren Grenzfrequenz werden bedämpft. Er lässt nur einen bestimmten Frequenzbereich passieren.

B Es handelt sich um einen Hochpass. Frequenzen unterhalb der Grenzfrequenz werden bedämpft, oberhalb der Grenzfrequenz durchgelassen.

C Es handelt sich um einen Tiefpass. Frequenzen oberhalb der Grenzfrequenz werden bedämpft, unterhalb der Grenzfrequenz durchgelassen.

D Es handelt sich um eine Bandsperre. Frequenzen oberhalb der oberen Grenzfrequenz und Frequenzen unterhalb der unteren Grenzfrequenz werden durchgelassen. Sie bedämpft nur einen bestimmten Frequenzbereich.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD206 Was ist im Resonanzfall bei der Reihenschaltung einer Induktivität mit einer Kapazität erfüllt?

A Der Betrag des induktiven Widerstands ist dann gleich dem Betrag des kapazitiven Widerstands.

B Der Betrag des Verlustwiderstandes der Spule ist dann gleich dem Betrag des Verlustwiderstandes des Kondensators.

C Der Betrag des elektrischen Feldes in der Spule ist dann gleich dem Betrag des elektrischen Feldes im Kondensator.

D Der Betrag des magnetischen Feldes in der Spule ist dann gleich dem Betrag des magnetischen Feldes im Kondensator.

Erklärung:

$X_L = 2\pi f L$

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

$Thomsonsche\ Schwinungsgleichung\ f\ddot{u}r\ die\ Resonanzfrequenz\ f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$F\ddot{u}r\ f_r\ also:$

$X_L = \frac{2\pi L}{2\pi\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$

$X_C = \frac{1}{2\pi\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$

$Damit\ \ X_L = X_C$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD207 Bei der Resonanzfrequenz ist die Impedanz dieser Schaltung …

A gleich dem Wirkwiderstand R.

B unendlich hoch.

C gleich dem kapazitiven Widerstand X_C.

D gleich dem induktiven Widerstand X_L.

Lösung / Rechenweg:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_L = 2\pi f L$$

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

$$Thomsonsche\ Schwinungsgleichung\ f\text{ür}\ die\ Resonanzfrequenz\ f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$F\text{ür}\ f_r\ also\text{:}$$

$$X_L = \frac{2\pi L}{2\pi\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Damit\ \ X_L - X_C = 0\ \ und\ Z_{min} = \sqrt{R^2} = R$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD208 Welche Resonanzfrequenz f_{res} hat die Reihenschaltung einer Spule von 1,2 µH mit einem Kondensator von 6,8 pF und einem Widerstand von 10 Ω?

A 55,7 MHz

B 5,57 MHz

C 557 MHz

D 557 kHz

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$Aufgabenstellung$:

$R = 10\ \Omega$
$C = 6{,}8\ pF = 6{,}8 \cdot 10^{-12}\ F$
$L = 1{,}2\ \mu H = 1{,}2 \cdot 10^{-6}\ H$

$Einsetzen$:

$Der\ 10\ \Omega\ Widerstand\ hat\ keinen\ Einfluss\ auf\ die\ Resonanzfrequenz.$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{6{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-6}}} Hz = 55{,}71\ MHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD209 Welche Resonanzfrequenz f_{res} hat die Reihenschaltung einer Spule von 10 µH mit einem Kondensator von 1 nF und einem Widerstand von 0,1 kΩ?

A 1,592 MHz

B 159,2 kHz

C 15,92 MHz

D 15,92 kHz

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$Aufgabenstellung$:

$R = 0{,}1\ k\Omega$
$C = 1\ nF = 1 \cdot 10^{-9}\ F$
$L = 10\ \mu H = 10 \cdot 10^{-6}\ H$

$Einsetzen$:

$Der\ 0{,}1\ k\Omega\ Widerstand\ hat\ keinen\ Einfluss\ auf\ die\ Resonanzfrequenz.$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}} Hz = 1{,}592\ MHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD210 Welche Resonanzfrequenz f_{res} hat die Reihenschaltung einer Spule von 100 µH mit einem Kondensator von 0,01 µF und einem Widerstand von 100 Ω?

A 159 kHz

B 15,9 kHz

C 1,59 kHz

D 1590 kHz

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$Aufgabenstellung$:

$R = 100\ \Omega$
$C = 0{,}01\ \mu F = 0{,}01 \cdot 10^{-6}\ F$
$L = 100\ \mu H = 100 \cdot 10^{-6}\ H$

$Einsetzen$:

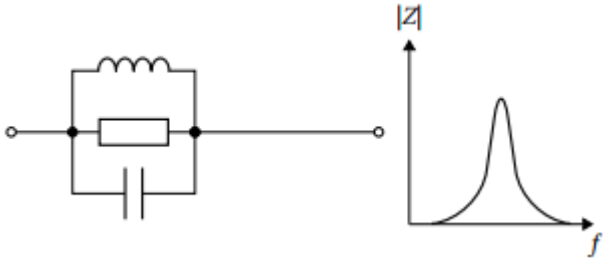
$Der\ 100\ \Omega\ Widerstand\ hat\ keinen\ Einfluss\ auf\ die\ Resonanzfrequenz.$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{0{,}01 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6}}} Hz = 159{,}15\ kHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD211 Welche Resonanzfrequenz f_{res} hat die Parallelschaltung einer Spule von 2,2 µH mit einem Kondensator von 56 pF und einem Widerstand von 10 kΩ?



A 14,34 MHz

B 143,4 MHz

C 1,434 MHz

D 143,4 kHz

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$Aufgabenstellung$:

$R = 10\ k\Omega$
$C = 56\ pF = 56 \cdot 10^{-12}\ F$
$L = 2{,}2\ \mu H = 2{,}2 \cdot 10^{-6}\ H$

$Einsetzen$:

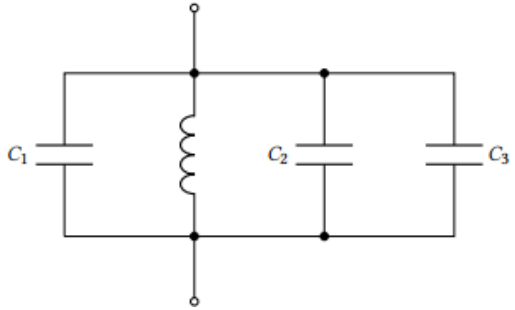
$Der\ 10\ k\Omega\ Widerstand\ hat\ keinen\ Einfluss\ auf\ die\ Resonanzfrequenz.$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{56 \cdot 10^{-12} \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-6}}}\ Hz = 14{,}34\ MHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD212 Wie groß ist die Resonanzfrequenz dieser Schaltung, wenn die Kapazitäten C_1 = 0,1 nF, C_2 = 1,5 nF, C_3 = 220 pF und die Induktivität der Spule 1,2 mH betragen?



A 107,7 kHz

B 10,77 kHz

C 1,077 kHz

D 1,077 MHz

Lösung / Rechenweg:

$$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{ges}}}$$

$Aufgabenstellung$:

$$L = 1{,}2\ mH = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ H$$

$$C_1 = 0{,}1\ nF = 0{,}1\ \cdot 10^{-9}\ F$$
$$C_2 = 1{,}5\ nF = 1{,}5\ \cdot 10^{-9}\ F$$
$$C_3 = 220\ pF = 220\ \cdot 10^{-12}\ F$$

$Einsetzen$:

$$C_{ges} = 1{,}821 \cdot 10^{-9}\ F = 1821 \cdot 10^{-12}\ F$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{1821 \cdot 10^{-12} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-3}}}\ Hz \approx 107{,}7\ kHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD213 Sie wollen die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises vergrößern. Welche der folgenden Maßnahmen ist geeignet?

A Kleineren Spulenwert verwenden

B Spule zusammenschieben

C Ferritkern in die Spule einführen

D Anzahl der Spulenwindungen erhöhen

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Bei den Antworten geht es um die Induktivität L.
Die Resonanzfrequenz ist umgekehrt proportional zur Wurzel aus L.

Die Resonanzfrequenz vergrößert sich, wenn die Induktivität verkleinert wird.
Das würde erreicht, wenn:

- Windungszahl verringert wird
- Spule auseinander gezogen wird
- Ferritkern entfernt wird
- Nicht-magnetischer Kern eingeführt wird

Oder direkt eine Spule mit kleinerer Induktivität („Spulenwert“) verwendet wird.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD214 Sie wollen die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises vergrößern. Welche der folgenden Maßnahmen ist geeignet?

A Anzahl der Spulenwindungen verringern

B Spule zusammenschieben

C Größeren Spulenwert verwenden

D Größeren Kondensatorwert verwenden

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Bei den Antworten geht es vorrangig um die Induktivität L.
Die Resonanzfrequenz ist umgekehrt proportional zur Wurzel aus LC.

Die Resonanzfrequenz vergrößert sich, wenn die Induktivität verkleinert wird.
Das würde erreicht, wenn:

- **Windungszahl verringert wird**
- Spule auseinander gezogen wird
- Ferritkern entfernt wird
- Nicht-magnetischer Kern eingeführt wird

Die Resonanzfrequenz vergrößert sich auch, wenn die Kapazität verkleinert, d.h. ein kleinerer Kondensatorwert verwendet wird.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD215 Sie wollen die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises verringern. Welche der folgenden Maßnahmen ist geeignet?

A Größeren Kondensatorwert verwenden

B Kleineren Spulenwert verwenden

C Anzahl der Spulenwindungen verringern

D Spule auseinanderziehen

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Bei den Antworten geht es vorrangig um die Induktivität L.
Die Resonanzfrequenz ist umgekehrt proportional zur Wurzel aus LC.

Die Resonanzfrequenz verringert sich, wenn die Kapazität vergrößert wird, d.h. **A** ist korrekt.

Die Resonanzfrequenz verringert sich, wenn die Induktivität vergrößert wird.

Kleinerer Spulenwert	Bedeutet: verringerte Induktivität, d.h. **B**, **C**, **D** sind falsch
weniger Windungen	
Spule auseinanderziehen	

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD216 Sie wollen die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises verringern. Welche der folgenden Maßnahmen ist geeignet?

A Spule zusammenschieben

B Spule auseinanderziehen

C Kleineren Kondensatorwert verwenden

D Kleineren Spulenwert verwenden

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Bei den Antworten geht es vorrangig um die Induktivität L.
Die Resonanzfrequenz ist umgekehrt proportional zur Wurzel aus LC.

Die Resonanzfrequenz verringert sich, wenn die Induktivität vergrößert wird.
Das würde erreicht, wenn:

- **Spule zusammen geschoben wird,** d.h. **A** ist richtig, **B** ist falsch.
- Größerer Spulenwert verwendet wird, d.h. **D** ist falsch.

Die Resonanzfrequenz verringert sich, wenn die Kapazität vergrößert wird, d.h. **C** ist falsch.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD217 Sie wollen die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises verringern. Welche der folgenden Maßnahmen ist geeignet?

A Ferritkern in die Spule einführen

B Spule auseinanderziehen

C Kleineren Kondensatorwert verwenden

D Kleineren Spulenwert verwenden

Lösung / Rechenweg:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Bei den Antworten geht es vorrangig um die Induktivität L. Die Resonanzfrequenz ist umgekehrt proportional zur Wurzel aus LC.

Die Resonanzfrequenz verringert sich, wenn die Induktivität vergrößert wird.
Das würde erreicht, wenn:

- **Ein Ferritkern in die Spule eingesetzt wird,** d.h. **A** ist richtig.
- Spule zusammen geschoben wird, d.h. **B** ist falsch.
- Größerer Spulenwert verwendet wird, d.h. **D** ist falsch.

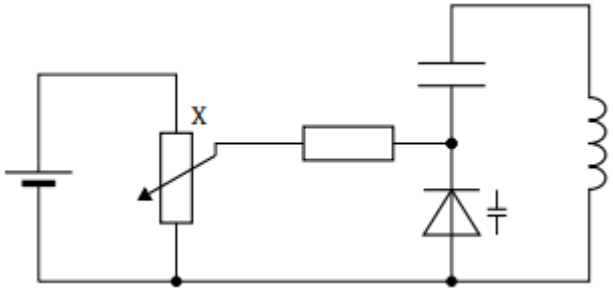
Die Resonanzfrequenz verringert sich, wenn die Kapazität vergrößert wird, d.h. **C** ist falsch.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

Kapazitätsdiode immer in Sperrichtung betreiben,
d.h. Pluspol an Kathode!
Höhere Sperrspannung bedeutet verringerte Kapazität.

AD218 Wie verändert sich die Frequenz des Schwingkreises in der folgenden Schaltung, wenn das Potentiometer mehr in Richtung X gedreht wird?



A Die Frequenz des Schwingkreises steigt.

B Die Frequenz des Schwingkreises sinkt.

C Die Frequenz des Schwingkreises ändert sich nicht.

D Die Frequenz sinkt zunächst und steigt dann stark an.

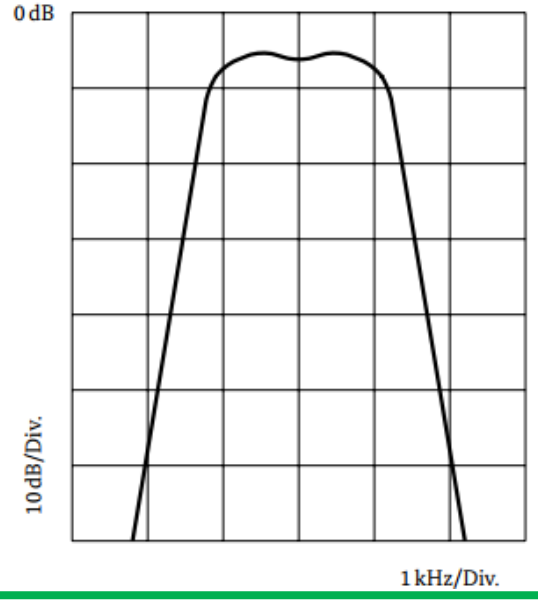
Erklärung:

- Potentiometer, Zeiger nach unten = 0 Ohm, Zeiger nach oben = hoher Widerstand. Drehung im Uhrzeigersinn = R ↗ Hier also: bei steigendem Widerstand.
- Der Festkondensator oben ist notwendig, da sonst ein Kurzschluss über die Spule stattfinden würde.
- Das Potentiometer bildet mit der Spannungsquelle einen Spannungsteiler. Bei höherem Widerstand steigt der Spannungsabfall am Potentiometer.
- Dadurch liegt eine höhere Sperrspannung an der Kapazitätsdiode an. Die Verarmungszone verbreitert sich, d.h. der Abstand der Kondensatorplatten vergrößert sich, d.h. die Kapazität sinkt.
- Sinkende Kapazität bedeutet für den Schwingkreis eine steigende Frequenz (Thomsonsche Schwingungsformel).

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD219 Wie groß ist die Bandbreite in dem dargestellten Diagramm bei –60 dB?



A Etwa 4,0 kHz

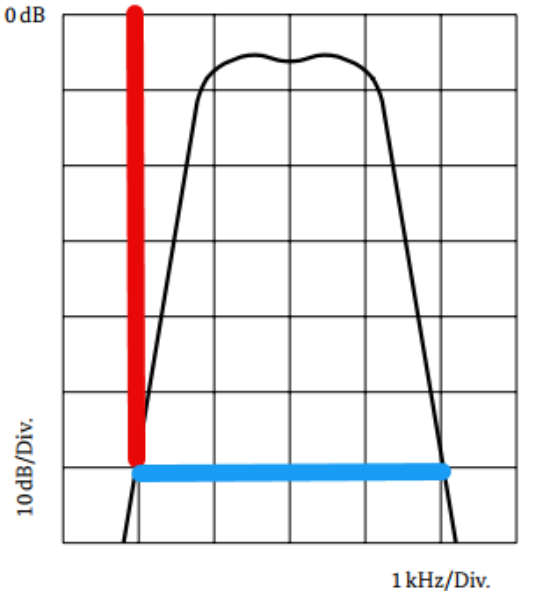
B Etwa 6,5 kHz

C Etwa 6,0 kHz

D Etwa 2,5 kHz

Lösung / Rechenweg:

„Kästchen zählen“:
6 nach unten = - 60 dB
4 zw. den beiden Kurven-Ästen = 4,0 kHz



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD220 Wie ergibt sich die Bandbreite B eines Parallelschwing-kreises aus der Resonanzkurve?

A Die Bandbreite ergibt sich aus der Differenz der beiden Frequenzen, bei denen die Spannung auf den 0,7-fachen Wert gegenüber der maximalen Spannung bei der Resonanzfrequenz abgesunken ist.

B Die Bandbreite ergibt sich aus der Differenz der beiden Frequenzen, bei denen die Spannung auf den 0,5-fachen Wert gegenüber der maximalen Spannung bei der Resonanzfrequenz abgesunken ist.

C Die Bandbreite ergibt sich aus der Multiplikation der Resonanzfrequenz mit dem Faktor 0,5.

D Die Bandbreite ergibt sich aus der Multiplikation der Resonanzfrequenz mit dem Faktor 0,7.

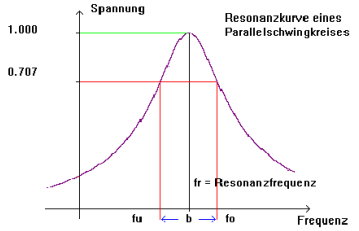
Lösung / Rechenweg:

A ist die **Definition der Bandbreite eines Schwingkreises**:

Die Bandbreite B ist die Differenz zwischen zwei Frequenzen, bei denen die Spannung auf 70,7% (oder -3 dB) des Maximalwerts bei der Resonanzfrequenz abgefallen ist.

$$B = \Delta f = f_o - f_u$$
$$f_o = obere\ Grenzfrequenz$$
$$f_u = untere\ Grenzfrequenz$$

Bei -3dB ist die Leistung auf die Hälfte (50%) des Maximalwerts bei der Resonanzfrequenz abgefallen.



https://elektronikbasteln.pl7.de/schwingkreise-spulen-und-filter-dimensionieren-und-berechnen

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD221 Ein Quarzfilter mit einer 3 dB-Bandbreite von 2,7 kHz eignet sich besonders zur Verwendung in einem Sendeempfänger für ...

A SSB.

B AM.

C FM.

D CW.

Erklärung:

A:

SSB benötigt eine Bandbreite von 2,7 kHz – A ist korrekt.

B:

AM benötigt eine Bandbreite von 6 kHz – B scheidet aus.

C:

FM benötigt eine Bandbreite von 12,5 kHz – C scheidet aus

D:

CW benötigt eine Bandbreite von 500-800 Hz – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD222 Ein Quarzfilter mit einer 3 dB-Bandbreite von 500 Hz eignet sich besonders zur Verwendung in einem Sendeempfänger für ...

A CW.

B SSB.

C AM.

D FM.

Erklärung:

A:

CW benötigt eine Bandbreite von 500-800 Hz – A ist korrekt.

B:

SSB benötigt eine Bandbreite von 2,7 kHz – B scheidet aus.

C:

AM benötigt eine Bandbreite von 6 kHz – C scheidet aus.

D:

FM benötigt eine Bandbreite von 12,5 kHz – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD223 Welche Bandbreite B hat die Reihenschaltung einer Spule von 100 µH mit einem Kondensator von 0,01 µF und einem Widerstand von 10 Ω?

A 15,9 kHz

B 159 kHz

C 1,59 kHz

D 159 Hz

Lösung / Rechenweg:

Für den Reihenschwingkreis gilt:

$$Bandbreite\ B = \frac{R}{2\pi \cdot L}$$

Die Bandbreite eines Reihenschwingkreises wird hauptsächlich durch die Güte der Spule bestimmt. Der Verlustfaktor der Spule dominiert die Gesamtverluste des ReihenSchwingkreises. Die Verluste des Kondensators sind bei niedrigen und mittleren Frequenzen meistens vernachlässigbar klein.

Aufgabenstellung:

$R = 10\ \Omega$
$C = 0{,}01\ \mu F\ (kein\ Einfluß\ auf\ B)$
$L = 100\ \mu H = 100 \cdot 10^{-6}\ H$

Einsetzen:

$$B = \frac{10}{2\pi \cdot 100 \cdot 10^{-6}}\ Hz \approx 15{,}915\ kHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD224 Welche Bandbreite B hat die Parallelschaltung einer Spule von 2,2 µH mit einem Kondensator von 56 pF und einem Widerstand von 1 kΩ?

A 2,84 MHz

B 28,4 MHz

C 284 kHz

D 28,4 kHz

Lösung / Rechenweg:
Für den Parallelschwingkreis gilt:

$$Bandbreite\ B = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

Die Induktivität L der Spule taucht in dieser Formel nicht auf, da ihre Verluste bei niedrigen und mittleren Frequenzen oft vernachlässigbar sind im Vergleich zum Parallelwiderstand.

Aufgabenstellung:

$R = 1000\ \Omega$
$C = 56\ pF = 56 \cdot 10^{-12}\ F$

$L = 2{,}2\ \mu H\ (kein\ Einfluß\ auf\ B)$

Einsetzen:

$$B = \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot 56 \cdot 10^{-12}}\ Hz \approx 2{,}842\ MHz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD225 Welchen Gütefaktor Q hat die Reihenschaltung einer Spule von 100 µH mit einem Kondensator von 0,01 µF und einem Widerstand von 10 Ω?

A 10

B 1

C 0,1

D 100

Lösung / Rechenweg:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}01 \cdot 10^{-6}}}\ Hz$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-6}}\ Hz = 159159{,}64\ Hz$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

$$X_L = 2\pi \cdot 159159{,}64 \frac{1}{s} \cdot 100\ \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{A}$$

$$X_L = 100\ \Omega$$

$$Q = \frac{X_L}{R_s} = \frac{100\ \Omega}{10\ \Omega} = 10$$

Reihenschwingkreis

$B = \frac{R_s}{2 \cdot \pi \cdot L}$

$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{X_L}{R_s}$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD226 Welchen Gütefaktor Q hat die Parallelschaltung einer Spule von 2,2 µH mit einem Kondensator von 56 pF und einem Widerstand von 1 kΩ?

A 5

B 50

C 15

D 0,2

Lösung / Rechenweg:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{2{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 56 \cdot 10^{-12}}}\ Hz$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot 1{,}11 \cdot 10^{-8}}\ Hz = 14\,338\,865\ Hz$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

$$X_L = 2\pi \cdot 14\,338\,865 \frac{1}{s} \cdot 2{,}2\ \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{A}$$

$$X_L = 198{,}21\ \Omega$$

$$Q = \frac{R_p}{X_L} = \frac{1000\ \Omega}{198{,}21\ \Omega} = 5{,}04\ \approx 5$$

Parallelschwingkreis

$B = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_p \cdot C}$

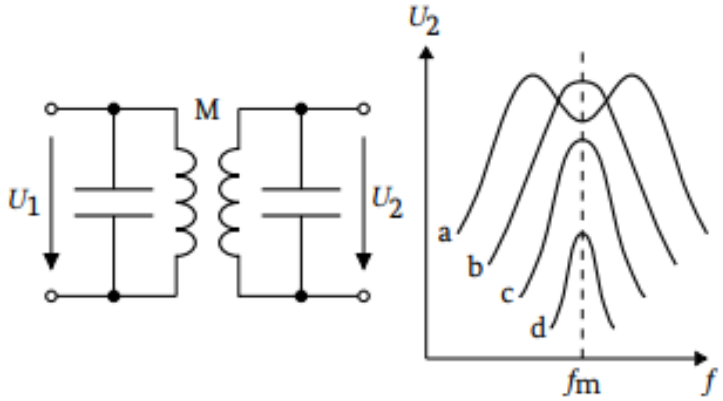
$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L}$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter / Induktive Kopplung von Bandfiltern

Induktive Kopplung von Bandfiltern

Die Grafik rechts zeigt die induktive Kopplung von zwei Bandfiltern.



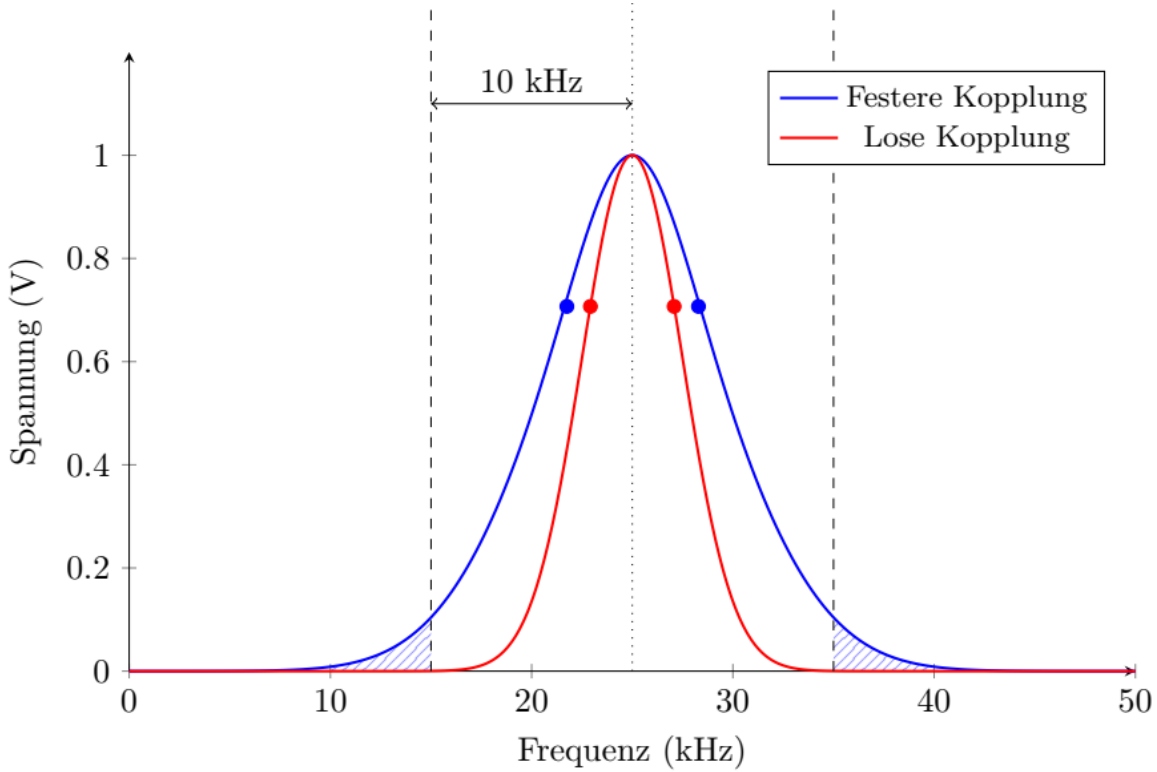
Dazu Begriffe und Eigenschaften:

Abstand der Spulen	Art der Kopplung	Bandbreite der Durchlasskurve	Trennschärfe	Duchlasskurve im Diagramm
Weit	Lose (unterkritisch)	Schmal / klein	Groß	d Spitz
Normal	Mittel (kritisch)	Mittel	Mittel	b = kritisch, c **kritisch = maximale Breite, aber noch flach ohne Einsattelung**
Eng	(sehr) Fest (überkritisch)	Groß	Klein	a - mit deutlicher Einsattelung

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter / Induktive Kopplung von Bandfiltern

Man erkennt die Durchlasskurven von zwei induktiv gekoppelten Bandfiltern.
rot = lose und **blau im Vergleich zu rot: fester.**
10 kHz sei hier ein Senderabstand zu einer Nachbarfrequenz.



schraffierten Bereiche außerhalb der 10 kHz Abstände:
Zeigen die schlechtere Trennschärfe der blauen = festeren Durchlasskurve an.

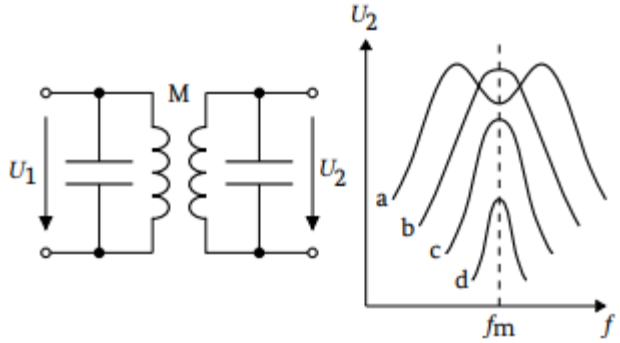
Abstand der beiden roten 3 dB Punkte:
schmale Bandbreite der roten Kurve

Abstand der beiden blauen 3 dB Punkte:
größere Bandbreite der blauen Kurve

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD227 Das folgende Bild zeigt ein induktiv gekoppeltes Bandfilter und vier seiner möglichen Übertragungskurven (a bis d). Welche der folgenden Aussagen ist richtig?



A Bei der Kurve c ist die Kopplung loser als bei der Kurve a.

B Bei der Kurve b ist die Kopplung loser als bei der Kurve c.

C Bei der Kurve a ist die Kopplung loser als bei der Kurve c.

D Bei der Kurve b ist die Kopplung loser als bei der Kurve d.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

Alternativer „Lösungsansatz“:

Durch alphabetischen Vergleich der Buchstaben, da die Durchlasskurven geordnet sind:

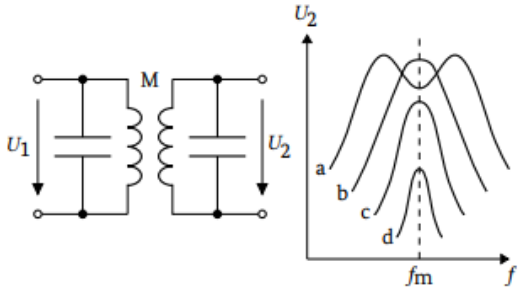
- „c“ kommt nach „a“ im Alphabet
- „b“ kommt vor „c“
- „a“ kommt vor „c“
- „b“ kommt vor „d“

Lösung A ist die einzige Lösung, die sich qualitativ von den anderen unterscheidet.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD228 Das folgende Bild zeigt ein typisches ZF-Filter und vier seiner möglichen Übertragungskurven (a bis d). Welche Kurve ergibt sich bei kritischer Kopplung und welche bei überkritischer Kopplung?



A Die Kurve b zeigt kritische, die Kurve a zeigt überkritische Kopplung.

B Die Kurve a zeigt kritische, die Kurve b zeigt überkritische Kopplung.

C Die Kurve c zeigt kritische, die Kurve b zeigt überkritische Kopplung.

D Die Kurve d zeigt kritische, die Kurve c zeigt überkritische Kopplung.

Erklärung:

A:

Die überkritische Koppelung zeigt eine deutliche „Delle“ = Einsattelung in der Mittenfrequenz. Lösung A mit Kurve a ist die einzige Lösung, auf die das zutrifft.

b ist außerdem die kritische Kurve, da sie die größte Breite hat, aber noch flach ist.

B, C, D:

Diese Lösungsvorschläge scheiden aus (s.o.).

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.2Schwingkreise und Filter

AD229 Welche Kopplung eines Bandfilters wird „kritische Kopplung“ genannt?

A Die Kopplung, bei der die Resonanzkurve ihre größte Breite hat und dabei am Resonanzmaximum noch völlig eben ist.

B Die Kopplung, bei der die Resonanzkurve des Bandfilters ihre größtmögliche Breite hat.

C Die Kopplung, bei der die Resonanzkurve des Bandfilters eine Welligkeit von 3 dB (Höcker- zu Sattelspannung) zeigt.

D Die Kopplung, bei der die Ausgangsspannung des Bandfilters das 0,707-fache der Eingangsspannung erreicht.

Erklärung:

A:

Definition von kritischer Koppelung.
Siehe vorhergehende Folien.

B:

Das ist die überkritische Koppelung, die Resonanzkurve muss für „kritisch“ ohne Einsattelung sein.

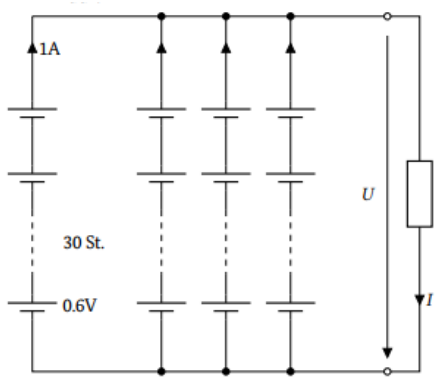
C, D:

Unzutreffend.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD301 Ein Photovoltaikmodul besteht aus vier parallel geschalteten Reihen von je 30 Solarzellen mit je Zelle 0,6 V Leerlaufspannung und 1 A Kurzschlussstrom. Welche Leerlaufspannung und welchen Kurzschlussstrom liefert das Modul?



A Leerlaufspannung: 18 V, Kurzschlussstrom: 4 A

B Leerlaufspannung: 18 V, Kurzschlussstrom: 30 A

C Leerlaufspannung: 2,4 V, Kurzschlussstrom: 4 A

D Leerlaufspannung: 2,4 V, Kurzschlussstrom: 30 A

Lösung / Rechenweg:

$Aufgabenstellung$:

$U_{oc} = 0{,}6\ V\ je\ Zelle$
$I_{sc} = 1\ A\ je\ Zelle$
$Anzahl\ Zellen\ in\ Reihe\ n\ =\ 30$
$Anzahl\ parallele\ Reihen\ m = 4$

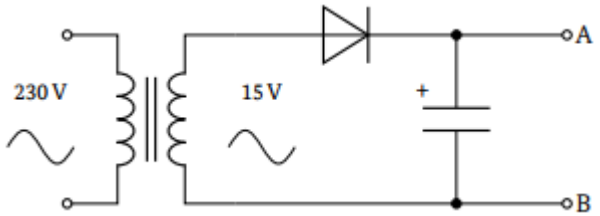
$Die\ Leerlaufspannung\ des\ Moduls\ wird\ durch\ die\ Anzahl\ der\ in\ Reihe\ geschalteten\ Zellen\ bestimmt.\ Da\ jede\ Zelle\ eine\ Leerlaufspannung\ von\ 0{,}6\ V\ hat,\ ergibt\ sich\ die\ Gesamtspannung\ für\ die\ 30\ Zellen\ in\ Reihe$:
$U_{total} = n \cdot Uoc = 30 \cdot 0{,}6\ V = 18\ V$

$Der\ Kurzschlussstrom\ des\ Moduls\ wird\ durch\ die\ Anzahl\ der\ parallelen\ Reihen\ bestimmt.\ Da\ jede\ Zelle\ einen\ Kurzschlussstrom\ von\ 1\ A\ hat\ und\ es\ 4\ parallele\ Reihen\ gibt,\ ergibt\ sich\ der\ Gesamtstrom$:
$I_{total} = m \cdot Isc = 4 \cdot 1\ A = 4\ A$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD302 Berechnen Sie für diese Schaltung die Leerlaufspannung an den Klemmen A - B.



A Zirka 21 V

B Zirka 15 V

C Zirka 30 V

D Zirka 42 V

Lösung / Rechenweg:

Dargestellt ist ein Einweggleichrichter.

Bei dem anliegenden Wert von 15 V handelt es sich um den Effektivwert der Spannung.

Der zugehörige Spitzenwert ist:

$$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} = 15 \cdot \sqrt{2} = 21{,}2\ V$$

Zusätzlich fallen den der Diode ca. 0,6 V die erforderlich sind, um die Diode leitend zu machen.

Daher:

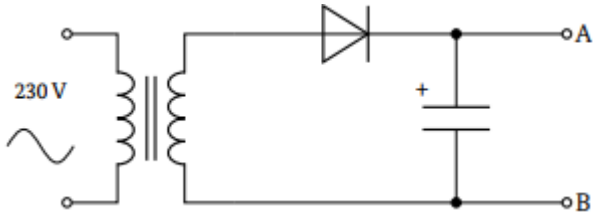
$$U_{AB} = \hat{U} - U_{Schwellspannung} = 21{,}2 - 0{,}6\ V$$

$$U_{AB} = 20{,}6\ V \approx 21\ V$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD303 Welche Spannungsfestigkeit des Kondensators sollte mindestens gewählt werden, wenn das Transformations-verhältnis 20:1 beträgt und ein Sicherheitsaufschlag auf die Spannungsfestigkeit von 50 % berücksichtigt werden soll?



A 25 V

B 16 V

C 35 V

D 10 V

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{20}{1} = \frac{230}{U_s} \Longrightarrow U_s = 11{,}5\ V$$

$Sicherheitsaufschlag\ berücksichtigen$:
$U_s + 50\ \% = U_s \cdot 1{,}5 = 17{,}25\ V$

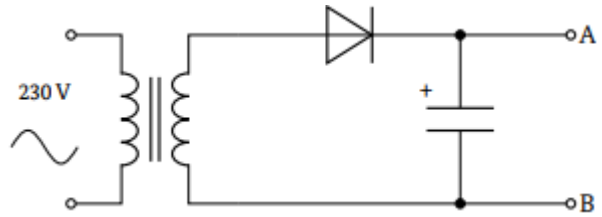
$Daher\ Wahl\ der\ nächsthöheren\ Spannungs\ festigkeit$:

$25\ V$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD304 Bei einem Transformationsverhältnis von 5:1 sollte die Spannungsfestigkeit der Diode (max. Spannung plus 20 % Sicherheitsaufschlag) in dieser Schaltung nicht weniger als ...



A 156 V betragen.

B 78 V betragen.

C 90 V betragen.

D 130 V betragen.

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{5}{1} = \frac{230}{U_s} \Longrightarrow U_s = 46\,V$$

Sicherheitsaufschlag berücksichtigen:
$U_s + 20\,\% = U_s \cdot 1{,}2 = 55{,}2\,V\ (effektiv)$

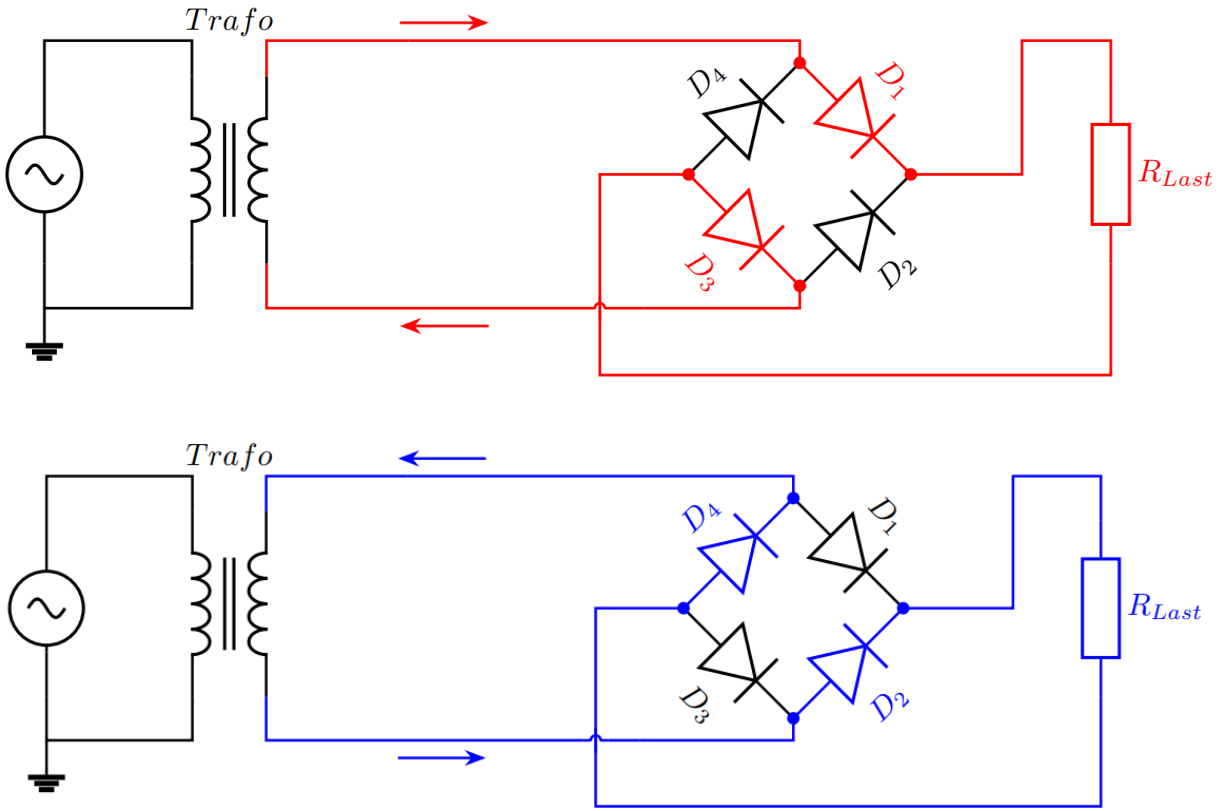
Es muss mit dem Spitzenwert gerechnet werden: $\widehat{U} = 55{,}2\,V \cdot \sqrt{2} = 77{,}8\,V \approx 78\,V$

Der Kondensator wird mit der Spannung der positiven Halbwelle aufgeladen.

Daher muss die Diode nochmals die doppelte Spannung aushalten können. Verdopplung der Spannungsfestigkeit auf $156\,V$.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Brückengleichrichter



Die Brücken-Gleichrichterschaltung setzt sich aus zwei Diodenpaaren zusammen.

Durch die spezifische Anordnung der Dioden fließt der Wechselstrom während der positiven und negativen Halbwelle jeweils über unterschiedliche Wege zum Lastwiderstand.

Auf diese Weise wird der Verbraucher stets mit dem Strom in derselben Polarität versorgt:

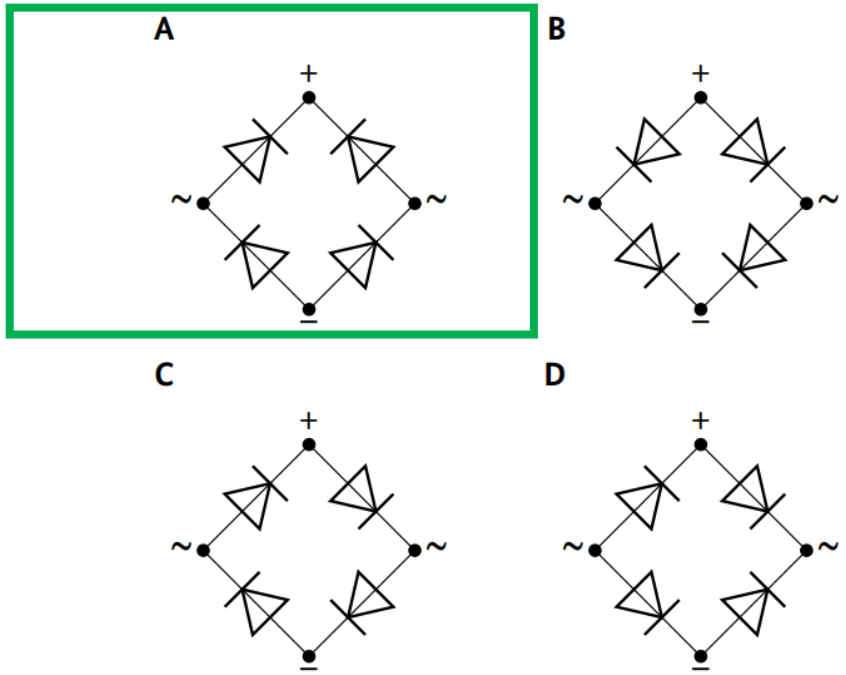
- Während der positiven Halbwelle fließt der Strom über die Diode D1, den Lastwiderstand und weiter durch D3 zurück zum Trafo.
- In der negativen Halbwelle erfolgt der Stromfluss über die Diode D2, den Lastwiderstand und anschließend über D4 zurück zum Trafo.

Beide Halbwellen werden dabei genutzt, und im Gegensatz zur Zweiweg-Gleichrichterschaltung ist für diese Variante kein Trafo mit Mittelanzapfung erforderlich.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD305 Welche der folgenden Auswahlantworten enthält die richtige Diodenanordnung und Polarität eines Brücken-gleichrichters?



Erklärung:

A:

- **alle Kathoden zeigen zum Pluspol – richtig**
- **alle Anoden zeigen zum Minuspol – richtig**

B:

- alle Kathoden zeigen zum Minuspol – falsch
- alle Anoden zeigen zum Pluspol – falsch

C:

- Dioden sind im Uhrzeigersinn angeordnet (erinnert an den Ringmodulator) – falsch

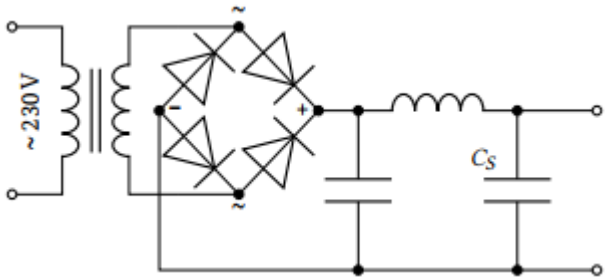
D:

- Dioden sind alle zum rechten Wechselspannungspol orientiert – falsch

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD306 Wie groß ist die Spannung am Siebkondensator C_S im Leerlauf, wenn die Netzwechselspannung von 230 V anliegt und das Windungsverhältnis 8:1 beträgt?



A etwa 40 V

B etwa 20 V

C etwa 29 V

D etwa 58 V

Lösung / Rechenweg:

$Berechnung\ der\ Sekundärspannung$:

$$U_S = \frac{230\ V}{8} = 28{,}75\ V$$

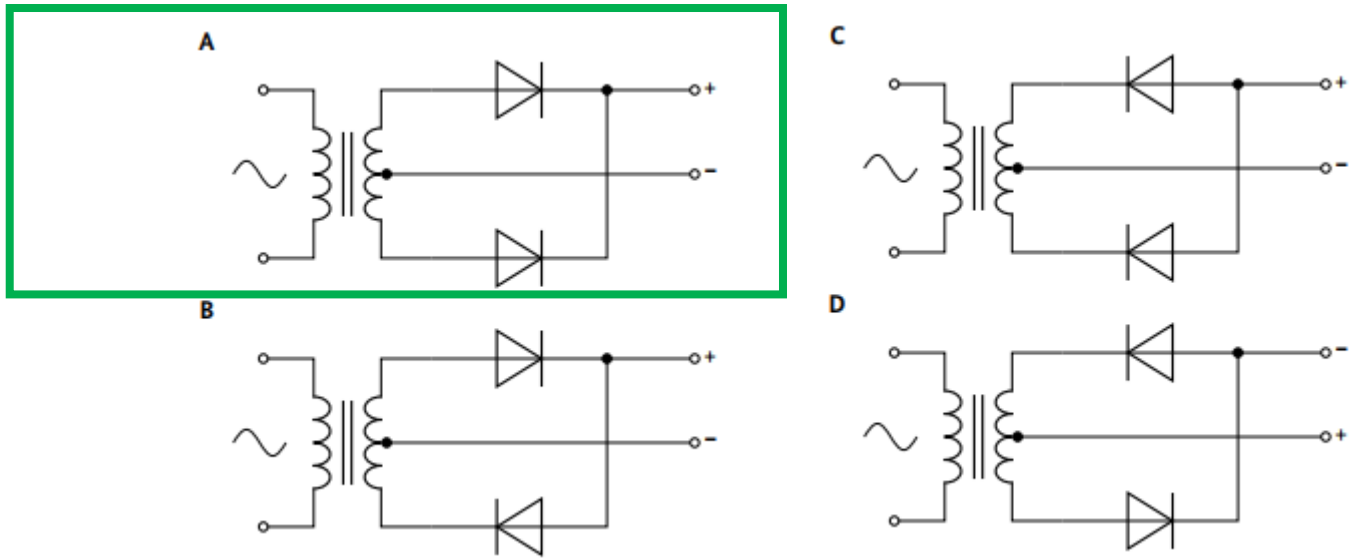
$Berechnung\ Spitzenwert\ Sekundärspannung$:

$$U_{SS} = U_S \cdot \sqrt{2} = 28{,}75 \cdot \sqrt{2} \approx 40{,}68\ V \approx 40\ V$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD307 Welche Gleichrichterschaltung erzeugt eine Vollweg-Gleichrichtung mit der angezeigten Polarität?



Erklärung:

A:

Das ist die korrekte Schaltung für eine Vollweg-gleichrichtung mit Mittelpunktschaltung. Pulsierende Gleichspannung der doppelten Frequenz.

B:

Hier ist eine der Dioden verpolt. Dadurch entsteht ein Kurzschluss über den Transformator. In der positiven Halbwelle würde normalerweise eine Spannung an der Last entstehen, aber da die negative Halbwelle fehlt, bleibt der Stromkreis unvollständig. Während der negativen Halbwelle leitet die falsch gepolte Diode direkt zurück zum Transformator, sodass die Last umgangen wird. Dadurch wird kein Ausgangssignal erzeugt.

C:

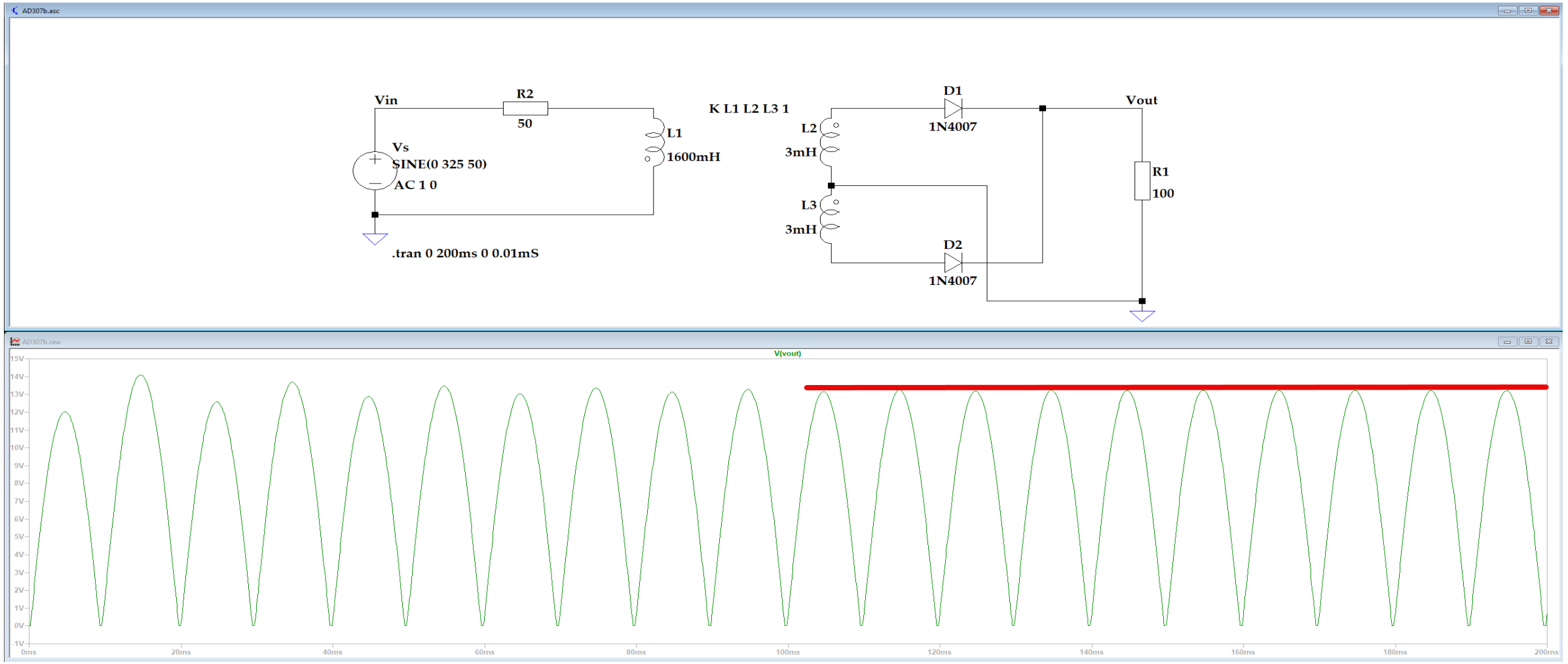
Siehe Aufgabe AD308

D:

Wie B mit vertauschter Polarität (?)

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

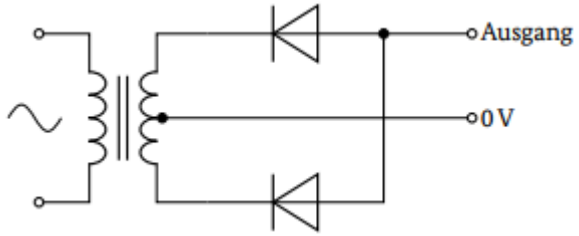
5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / AD307 Simulation

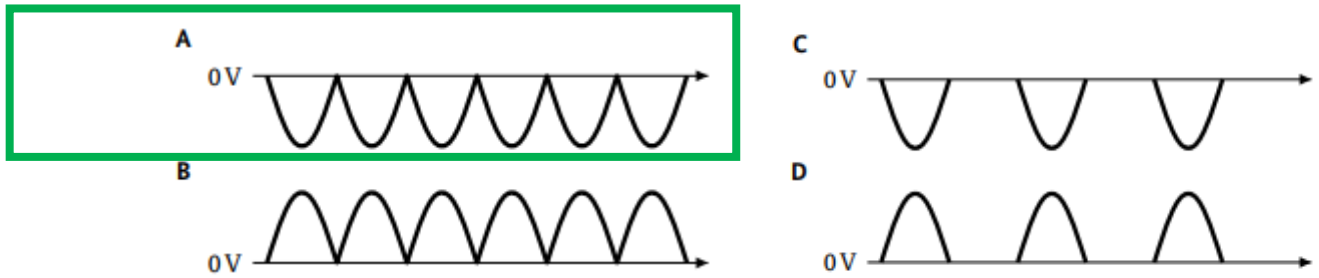


5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD308 Welche Form hat die Ausgangsspannung der dargestellten Schaltung?





Erklärung:

Es handelt sich um eine Mittelpunkt-Zweiweg-gleichrichtung (Zweipuls-Mittelpunkt-Schaltung).

Die Dioden sind hier allerdings in Sperrrichtung orientiert.

Die Sekundärwicklung des Transformators hat einen Mittenabgriff, der als Bezugspunkt (oft Masse) verwendet wird.

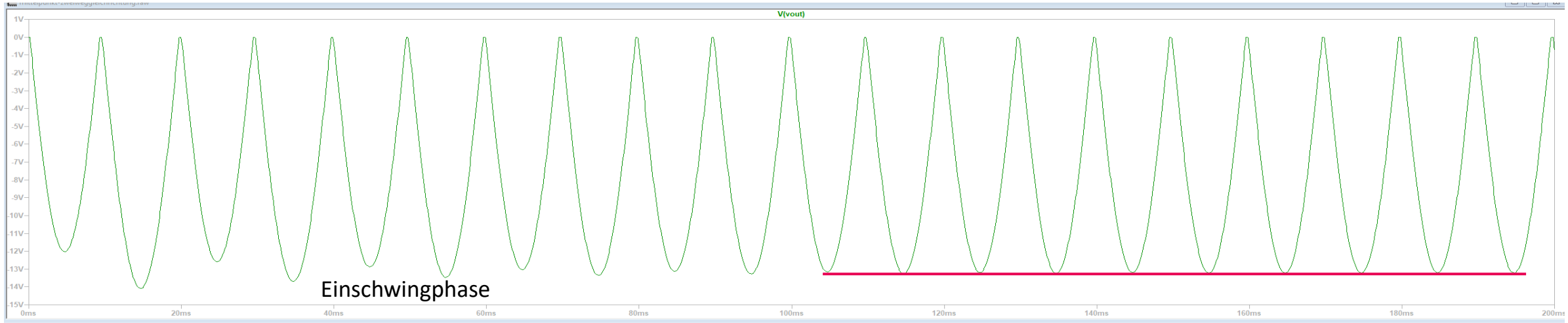
Dadurch wird die Sekundärwicklung in zwei gleich große Hälften unterteilt, die jeweils eine um 180° phasenverschobene Spannung liefern.

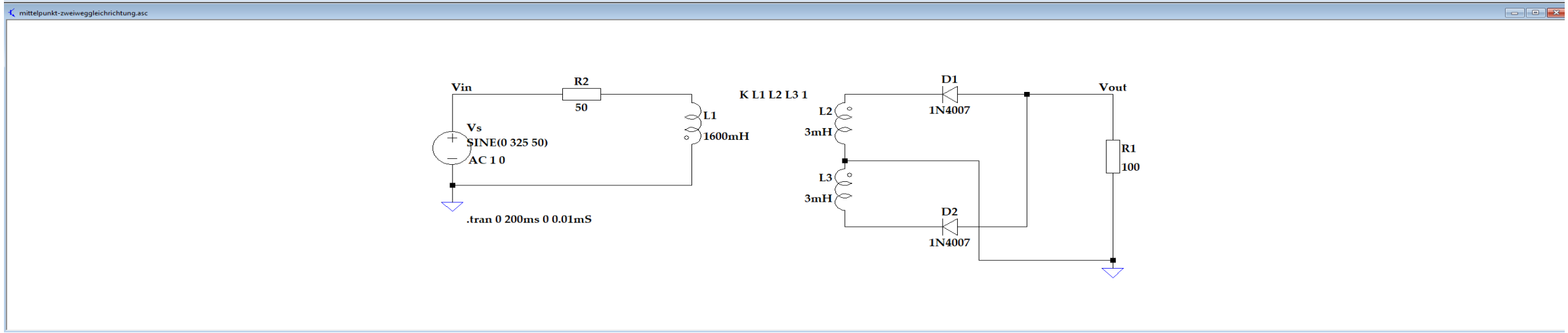
Von den beiden Dioden sperrt immer eine, während die andere geöffnet ist – und geöffnet ist sie in diesem Fall, wenn eine negative Halbwelle ansteht.

D.h. die Schaltung lässt nur die negativen Halbwellen durch, diese aber kontinuierlich, da die Spule mit Mittelabgriff immer eine entgegengesetzte Halbwelle bereitstellt. Daher ist Lösung A korrekt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

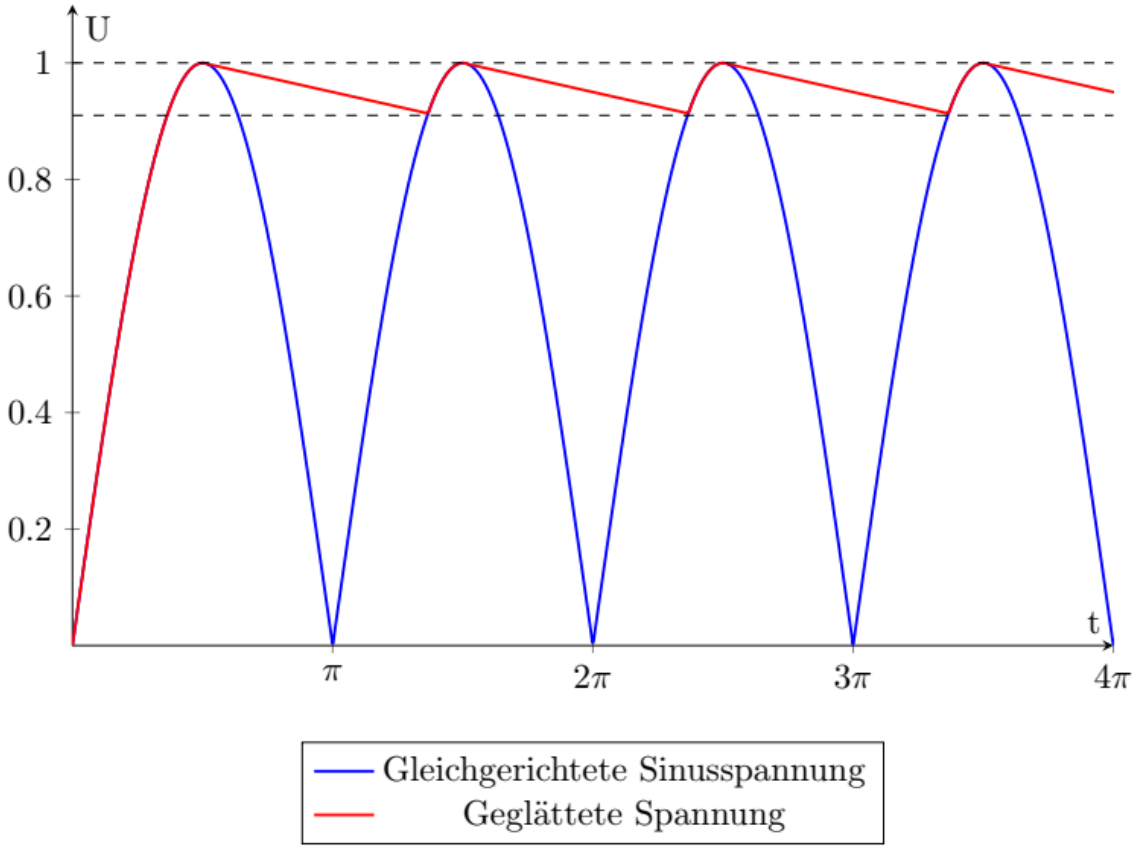
5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / AD308 in LTSpice simuliert





5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Restwelligkeit



Restwelligkeit

- **verbleibender Wechselspannungsanteil** in einer **gleichgerichteten** und **geglätteten Spannung** – entsteht also, wenn eine Gleichspannung aus einer Wechselspannung durch Gleichrichtung erzeugt wird.
- ist eine Mischspannung aus Gleich- und überlagerter Wechselspannung.
- bleibt trotz Glättungsmaßnahmen wie Kondensatoren oder Drosseln bestehen.
- ist in den meisten Anwendungen unerwünscht, da die **Stabilität umso höher ist, je kleiner die Restwelligkeit ist.**
- In der Praxis oft als Effektivwert oder Spitze-Tal-Wert in Millivolt oder Volt angegeben.
- Also: **Messen der Spitze-Spitze-Spannung der Wellenform.**

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Brummfrequenz

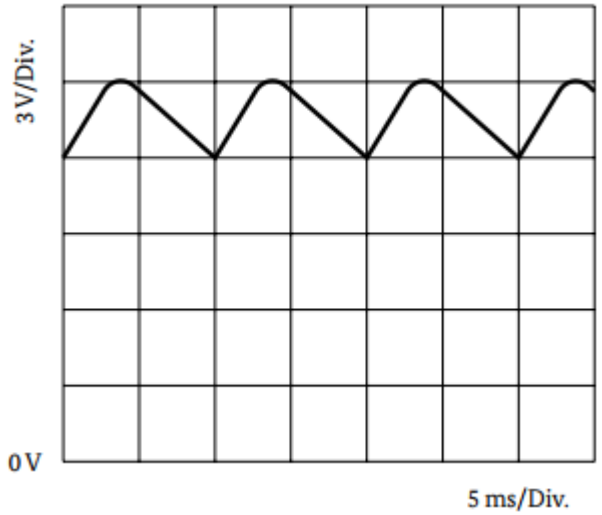
Brummfrequenz

- unerwünschte niederfrequente Störung in elektrischen Systemen, die oft in Zusammenhang mit der Netzfrequenz auftritt
- Typische Brummfrequenzen sind:
  50 Hz in Europa (entspricht der Netzfrequenz) und 100 Hz bei Vollwellengleichrichtung des 50 Hz Netzes.
- Kann am Oszilloskop abgelesen werden, wenn mehrere Perioden des Brummsignals dargestellt werden:
  - Zeitdauer einer vollständigen Periode ablesen
  - Mit f = 1 / T die Frequenz berechnen.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD309 Im folgenden Bild ist die Spannung am Ausgang einer Stromversorgung dargestellt. Die Restwelligkeit und die Brummfrequenz betragen …



A 3 V; 100 Hz

B 3 V; 50 Hz

C 13,5 V ±1,5 V; 50 Hz

D 13,5 V ±1,5 V; 100 Hz

Lösung / Rechenweg:

Restwelligkeit:

Von Spitze zu Spitze = 1 Quadrat = 3 V

Brummfrequenz:

Ablesen einer vollen Periode = 10 ms

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}\ s} = 100\ Hz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD310 Welche Grundfrequenz hat die Ausgangsspannung eines Vollweggleichrichters, der an eine 50 Hz-Versorgung angeschlossen ist?

A 100 Hz

B 50 Hz

C 25 Hz

D 200 Hz

Erklärung:

Ein Vollweggleichrichter wandelt Wechselspannung in pulsierende Gleichspannung um. Es werden sowohl positive als auch negative Halbwellen genutzt.

Die Frequenz der Ausgangsspannung f_A entspricht der Anzahl der "Pulsationen" pro Sekunde.

Bei einer Frequenz der Eingangsspannung f_E von 50 Hz entstehen zwei Pulsationen pro Wechsel-spannungsperiode: eine aus der positiven und eine aus der negativen Halbwelle.

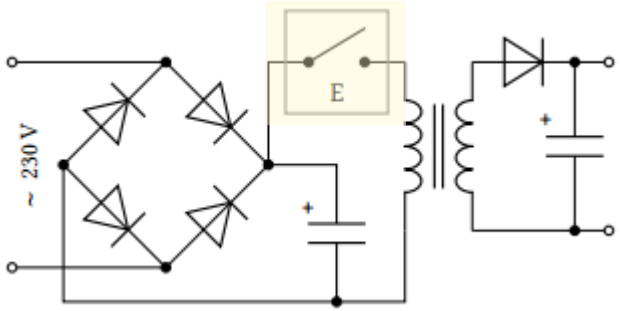
Die Grundfrequenz der Ausgangsspannung eines Vollweggleichrichters ist daher doppelt so hoch wie die Netzfrequenz:

$$f_{Ausgang} = 2 \cdot f_{Eingang} = 2 \cdot 50\ Hz = 100\ Hz$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Impulsbreitenmodulator in Schaltnetzteilen I

Was macht ein Impulsbreitenmodulator (hier als E dargestellt) in einem Schaltnetzteil?



Spannungsregelung
Der Impulsbreitenmodulator regelt die Ausgangsspannung des Schaltnetzteils, indem er die Einschaltdauer (Pulsbreite) des elektronischen Schalters variiert.

Energieübertragung
Durch Anpassung der Schaltzeit wird die Energieübertragung von der Eingangsseite zur Lastseite gesteuert. Eine längere Einschaltdauer führt zu mehr Energietransport und einer höheren Ausgangsspannung.

Konstante Frequenz
Der Impulsbreitenmodulator arbeitet mit einer festen Schaltfrequenz, während er die Pulsbreite (Einschaltdauer) variiert, um die Ausgangsspannung zu regulieren.

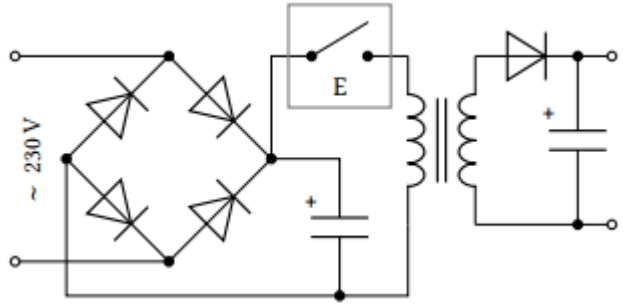
Effizienzsteigerung
Durch die präzise Steuerung der Schaltzeiten wird eine hohe Effizienz des Netzteils erreicht, da Verluste minimiert werden.

Rückkopplungssteuerung
Der Modulator ist Teil eines Regelkreises, der die Ausgangsspannung überwacht und entsprechend anpasst, um sie konstant zu halten.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD311 Welche Funktion übernimmt der elektronische Schalter (Block E) des Schaltnetzteils?



A Impulsbreitenmodulator

B Überspannungsableiter

C Gleichrichter

D Puls-Gleichrichter

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

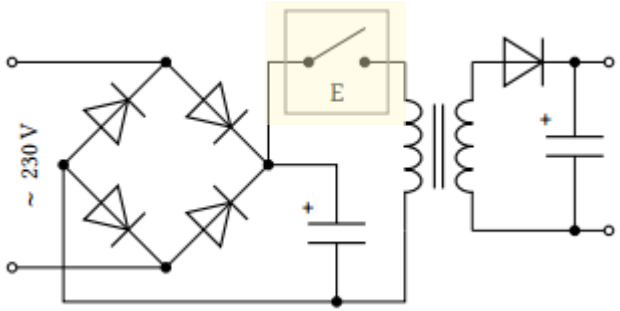
5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Impulsbreitenmodulator in Schaltnetzteilen II

Mögliche Auswirkungen der Impulsbreitenmodulation auf HF

Störfrequenzen
Die PWM erzeugt pulsförmige Stromaufnahme, was zu **Störfrequenzen** führen kann. Diese können sich auf benachbarte Frequenzen auswirken und HF-Störungen verursachen.

Instabile Versorgungsspannung
Ohne ausreichende Pufferung durch Kondensatoren kann die pulsförmige Stromaufnahme der PWM zu Instabilitäten in der Versorgungsspannung führen, was wiederum **HF-Störungen** verursachen kann.

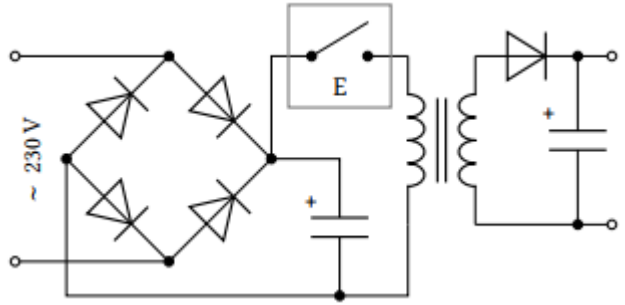
Verzerrung der Impulsflanken
Bei hohen Frequenzen kann es zu Verzerrungen der Impulsflanken kommen, was die PWM-Funktion beeinträchtigen und zu HF-Problemen führen kann.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD312 Was ist der Hauptnachteil des dargestellten Schaltnetzteils?



A Der elektronische Schalter in Block E erzeugt ein unerwünschtes Signalspektrum.

B Der Transformator bewirkt hohe Verluste

C Der Brückengleichrichter erzeugt eine Spannung mit Restwelligkeit.

D Die Diode am Ausgang muss hohe Frequenzen gleichrichten.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Störungen durch Schaltnetzteile

Mögliche elektromagnetische Störungen (EMI) durch Schaltnetzteile

- **Breitbandige Störungen**
  Schaltnetzteile erzeugen oft ein breites Spektrum an Störfrequenzen aufgrund der **schnellen Schaltvorgänge**
- **Harmonische Oberwellen**
  Die Schaltfrequenz des Netzteils und ihre Harmonischen können Störsignale erzeugen.
- **Leitungsgebundene und abgestrahlte Emissionen**
  Schaltnetzteile können sowohl über Leitungen als auch durch Abstrahlung Störungen verursachen
- **Hochfrequente Störsignale**
  Die internen Wechselspannungen in Schaltnetzteilen, oft Rechtecksignale, können Störungen im MHz-Bereich verursachen. **Schaltfrequenzen sind üblicherweise im Bereich von 10 kHz bis einigen 100 kHz.**

Typische Merkmale von Schaltnetzteil-Störungen

- Breitbandiges Rauschen
- Diskrete Störfrequenzen, die mit der Schaltfrequenz und ihren Harmonischen zusammenhängen
- Mögliche Modulationen dieser Frequenzen

Reduktionsmöglichkeiten

- Filter
- Verbesserter Abschirmung
- Spezielle Schaltungstechniken

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD313 In einem Amateurfunkempfänger werden etwa alle 120 kHz unerwünschte Signale festgestellt. Dies ist wahrscheinlich zurückzuführen auf ...

A unerwünschte Abstrahlungen eines Schaltnetzteils.

B einen schlecht entstörten Bürstenmotor.

C unerwünschte Abstrahlungen eines linearen Netzteils.

D eine Amateurfunkstelle mit unzureichender Anpassung der Antenne.

Erklärung:

A:

Periodische hochfrequente Störsignale entstehen aufgrund der hohen Schaltfrequenzen von Schaltnetzteilen zusammen mit den harmonischen Oberwellen – A ist korrekt.

B:

Störungen von Bürstenmotoren sind breitbandiger und unregelmäßiger. Es gibt keine gleichen Abstände von 120 kHz – B scheidet aus.

C:

Lineare Netzteile haben keine hochfrequenten Schaltvorgänge, sie arbeiten mit Netzfrequenzen (50 Hz) und erzeugen keine gleichmäßigen HF-Störungen – C scheidet aus.

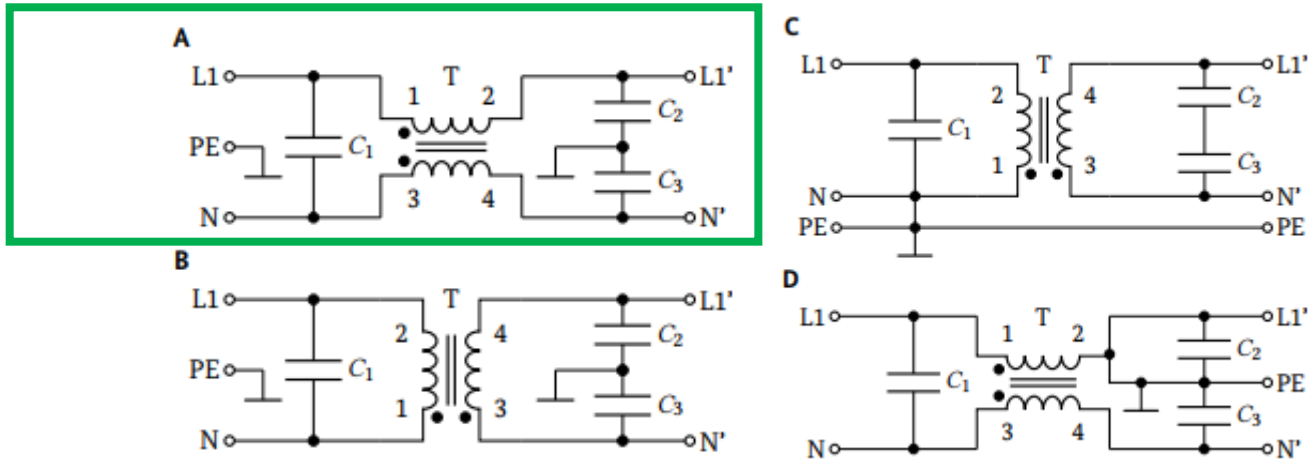
D:

Ergebnis sind unregelmäßige Verzerrungen und Rückkopplungen – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD314 Welche der dargestellten Schaltungen könnte in den Netzeingang eines Schaltnetzteils eingebaut werden, um eine Verbreitung von Störungen in das Stromversorgungsnetz zu verringern?



Erklärung:

C, D:

PE (Schutzleiter) darf nicht mit L1 (Phase) oder N (Neutralleiter) verbunden sein! Sicherheitsrisiko!!

Daher scheiden C und D als Lösungen aus.

B:

Die Drossel T ist hier in Form eines Transformators geschaltet, was Störungen nicht verhindert – B scheidet ebenfalls aus.

A:

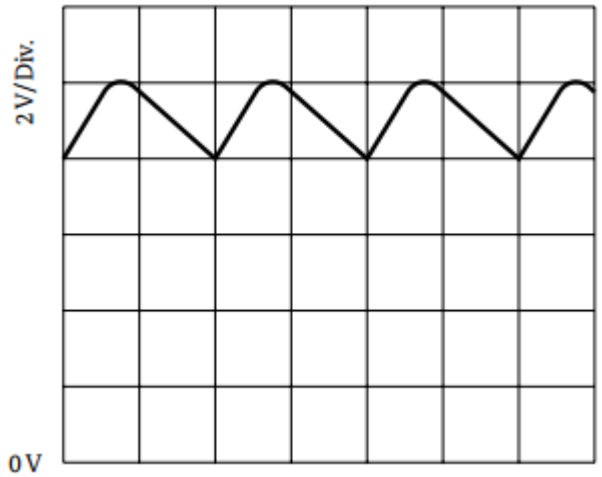
PE ist nicht verbunden mit L1 oder N – ok.
T ist nicht als Transformator eingesetzt – ok.

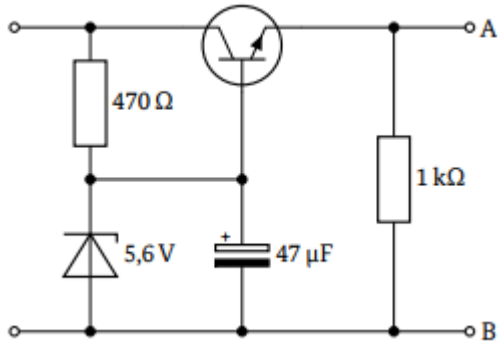
T fungiert als Gleichtaktdrossel, die Gleichtaktstörungen eine hohe Induktivität bietet und diese effektiv dämpft – sie bietet gemeinsamen Störungen auf L und N eine hohe Impedanz.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD315 Wenn man folgendes Signal an den Eingang der gezeigten Schaltung anlegt, beträgt die Ausgangsspannung zwischen A und B ungefähr ...





A 5 V.

B 11,2 V.

C 6,2 V.

D 5,6 V.

Erklärung:

Die Z-Diode begrenzt die Spannung auf 5,6 V.

Der 47 µF Kondensator glättet das dreieckförmige Eingangssignal. Unter idealen Bedingungen hält der Kondensator die Spannung nahezu bei 5,6 V.

Der 1 kΩ Widerstand ist der Lastwiderstand der Schaltung – damit der Transistor korrekt arbeiten kann.

Der 470 Ω Widerstand begrenzt den Strom durch die Z-Diode und den Basis-Emitter-Übergang des Transistors.

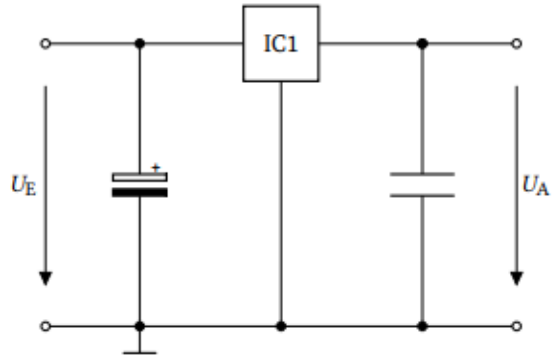
Der Transistor fungiert als Emitterfolger und sorgt für eine niedrige Ausgangsimpedanz. Die Spannung an Punkt A ist aufgrund des Basis-Emitter-Spannungsabfalls des Transistors etwas niedriger als die Zener-Spannung (5,6 V – 0,6/0,7 V ≈ 5 V)

Die korrekte Antwort ist A.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Linearspannungsregler

Linearspannungsregler (IC1)



- **IC1 ist ein Linearspannungsregler, der die Aufgabe hat, die Spannung auf einen festen, stabilen Wert zu regeln. Die Eingangsspannung ist dabei größer als die Ausgangsspannung.**
  Er wandelt die Eingangsspannung in eine stabile Ausgangsspannung um.
  Überschüssige Energie wird in Form von Wärme abgegeben.
- Die Eingangsspannung (U_E) wird auf den gewünschten Ausgangswert (U_A) geregelt, solange die Eingangsspannung über einem Mindestwert liegt (Dropout-Spannung des Reglers) und die Stromaufnahme der Last innerhalb der Spezifikationen von IC1 liegt.
  Die Eingangsspannung muss nicht nur größer sein als die Ausgangsspannung, sondern sogar größer als die Ausgangsspannung plus die Dropout-Spannung des Reglers. ($U_E \geq U_A$ + Dropout-Spannung)

Elko vor IC1 / am Eingang

- dient zur Glättung und Stabilisierung der Eingangsspannung.
- puffert Spannungsschwankungen und kurzzeitige Spannungseinbrüche und stellt sicher, dass IC1 eine gleichmäßige Spannung erhält.

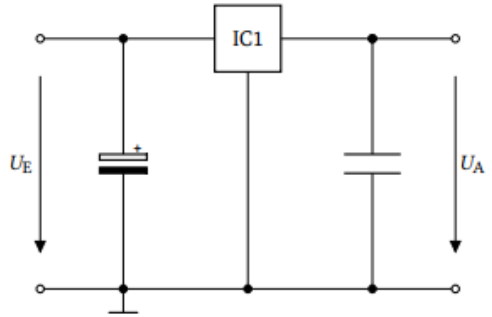
Kondensator hinter IC1

- dient zur Glättung der Ausgangsspannung und zur Filterung hochfrequenter Störungen.
- sorgt dafür, dass die geregelte Ausgangsspannung möglichst stabil bleibt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD316 Welche Beziehung muss zwischen der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung der folgenden Schaltung bestehen, damit der Linearspannungsregler IC1 eine stabilisierte Ausgangsspannung erzeugt?



A Die Eingangsspannung muss größer als die gewünschte Ausgangsspannung sein.

B Die Eingangsspannung muss gleich der gewünschten Ausgangsspannung sein

C Die Eingangsspannung muss mindestens doppelt so groß wie die gewünschte Ausgangsspannung sein.

D Die Eingangsspannung muss kleiner als die gewünschte Ausgangsspannung sein.

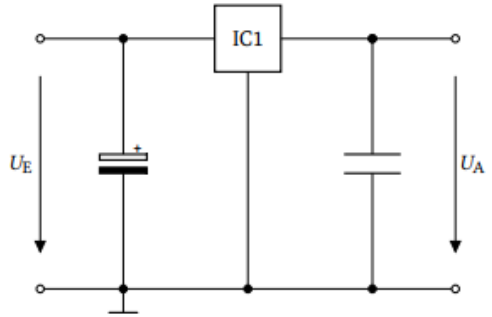
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD317 Bei dieser Schaltung mit einem 12 V Festspannungsregler schwankt die Eingangsspannung zwischen 15 V und 18 V. Wie groß ist die Spannungsschwankung am Ausgang?



A Die Spannungsschwankung beträgt nahezu null Volt.

B Die Spannungsschwankung beträgt ca. 3 V.

C Die Spannungsschwankung beträgt ca. 0,7 V.

D Die Spannungsschwankung liegt zwischen 0,7 V und 3 V

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folien.
Ein Festspannungsregler ist auch ein Linear-spannungsregler.

„Festspannungsregler“ deutet schon drauf hin die Spannungsschwankung nahezu null ist.
A ist korrekt.

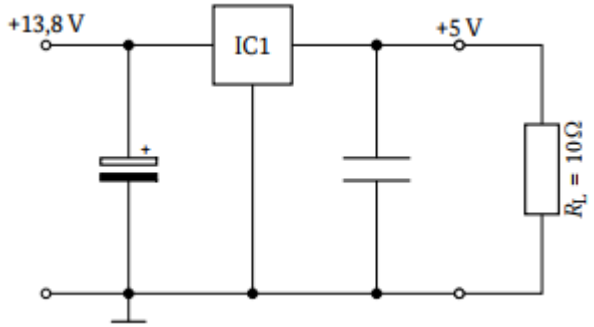
B, C, D:

Scheiden aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD318 Wie groß ist die Verlustleistung im Linearspannungsregler IC1?



A 4,4 W

B 2,5 W

C 7,9 W

D 5,0 W

Lösung / Rechenweg:

$Ausgangsstrom$

$$I_A = \frac{U_A}{R_L} = \frac{5\ V}{10\ \Omega} = 0{,}5\ A$$

$Verlustspannung$

$$U_V = U_E - U_A = 13{,}8\ V - 5\ V = 8{,}8\ V$$

$Verlustleistung$

$$P_V = U_V \cdot I_A = 8{,}8\ V \cdot 0{,}5\ A = 4{,}4\ W$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD319 Ein linearer Spannungsregler stabilisiert eine Eingangsspannung von 13,8 V auf eine Ausgangsspannung von 9 V. Es fließt ein Ausgangsstrom von 900 mA. Wie groß ist die Verlustleistung im Spannungsregler?

A 4,32 W

B 8,10 W

C 12,42 W

D 1,53 W

Lösung / Rechenweg:

$$P_v = (U_{ein} - U_{aus}) \cdot I_{aus}$$

$Aufgabenstellung$:

$I_{aus} = Ausgangsstrom = 0{,}9\ A$
$U_{aus} = Ausgangsspannung = 9\ V$
$U_{ein} = Eingangsspannung = 13{,}8\ V$
$P_v = Verlustleistung = ?$

$Einsetzen$:

$$P_v = (13{,}8\ V - 9\ V) \cdot 0{,}9\ A = 4{,}32\ W$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD320 Ein linearer Spannungsregler stabilisiert eine Eingangsspannung von 13,8 V auf eine Ausgangsspannung von 5 V. Es fließt ein Eingangsstrom von 455 mA und ein Ausgangsstrom von 450 mA. Wie groß ist der Wirkungsgrad?

A 0,36

B 0,99

C 0,56

D 0,64

Lösung / Rechenweg:

$P_{out} = U_{out} \cdot I_{out}$
$P_{in} = U_{in} \cdot I_{in}$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$Aufgabenstellung$:

$I_{out} = Ausgangsstrom = 0{,}450\ A$
$U_{out} = Ausgangsspannung = 5\ V$
$I_{in} = Eingangstrom = 0{,}455\ A$
$U_{in} = Eingangsspannung = 13{,}8\ V$

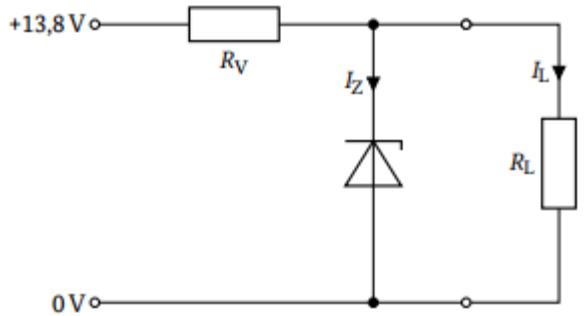
$Einsetzen$:

$$\eta = \frac{5\ V \cdot 0{,}450\ A}{13{,}8\ V \cdot 0{,}455\ A} = 0{,}358 \approx 0{,}36$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD321 Wie groß ist der Wirkungsgrad ($\eta = P_L / P_{IN}$) der dargestellten Spannungsstabilisierung, wenn durch den Lastwiderstand R_L = 470 Ω ein Strom von I_L = 10 mA und durch die Z-Diode ein Strom I_Z = 15 mA fließt.



A 0,14

B 0,34

C 0,17

D 0,21

Lösung / Rechenweg:

Man muss I_{ges} errechnen, um P_{IN} berechnen zu können:

$$I_{ges} = I_L + I_Z = 10\ mA + 15\ mA = 25\ mA$$

$$P_{IN} = U_{IN} \cdot I_{ges} = 13{,}8\ V \cdot 0{,}025\ A = 0{,}345\ W$$

Für P_L ist alles bereits vorgegeben:

$$P_L = I_L^2 \cdot R_L = (0{,}01\ A)^2 \cdot 470\ \Omega = 0{,}047\ W$$

Danach kann der Wirkungsgrad errechnet werden:

$$\eta = \frac{P_L}{P_{IN}} = \frac{0{,}047\ W}{0{,}345\ W} \approx 0{,}136 \approx 0{,}14$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

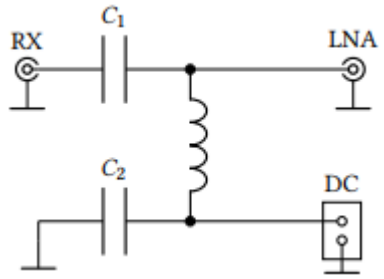
5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung / Bias-T oder Fernspeiseweichen

Bias-T (Bias = Gleichstromvorspannung, T = Art der Zusammenschaltung)

- **Dient der Gleichspannungsversorgung und HF-Signalübertragung über eine gemeinsame Leitung.**

Aufbau

- Drei Anschlüsse, oft T-förmig angeordnet:
  - DC-Eingang (Niederfrequenz)
  - RF-Eingang/Ausgang (Hochfrequenz)
  - Kombinierter Ausgang (RF+DC)



Funktionsweise

- **Der Kondensator C_1 blockiert den Gleichstrom (zur Versorgung des LNA), lässt aber HF-Signale passieren – hier zum Receiver.**
- Die Spule leitet Gleichstrom, blockiert jedoch HF-Signale, so dass der LNA mit Gleichspannung versorgt werden kann.

Dimensionierung

- **Die Spule muss so ausgelegt sein, dass sie den maximalen Gleichstrom aushält.**

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD322 Zu welchem Zweck wird ein Bias-T (Fernspeiseweiche) eingesetzt?

A Zur Gleichspannungsversorgung und HF-Signalübertragung über eine gemeinsame Leitung.

B Zur Verteilung der Gleichspannung auf zwei unterschiedliche Geräte.

C Zur Verteilung eines HF-Signals auf zwei Ausgänge.

D Zur Übertragung von zwei unterschiedlichen Gleichspannungen über eine gemeinsame Leitung.

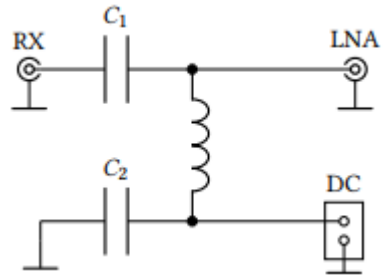
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD323 Was stellt die folgende Schaltung dar?



A Bias-T

B Bandsperre

C PI-Filter

D Netzfilter

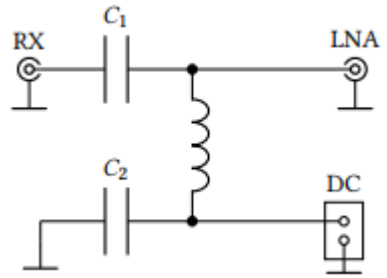
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD324 Zu welchem Zweck dient C_1 in dem dargestellten Bias-T?



A Zur Trennung der Gleichspannung vom Empfängereingang.

B Zur Siebung der Gleichspannung.

C Zur HF-Trennung von RX und LNA.

D Zur Verbesserung des Tiefpass-Verhaltens

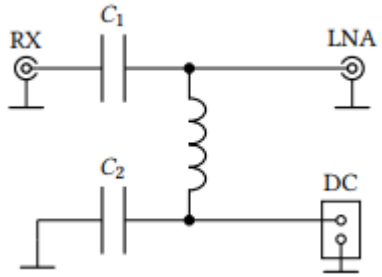
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.3 Strom- und Spannungsversorgung

AD325 Was ist bei der Dimensionierung der Spule in dem dargestellten Bias-T zu beachten?



A Strombelastbarkeit

B Spannungsfestigkeit

C Temperaturkoeffizient

D Güte

Erklärung:

A:

Die Spule im DC-Pfad muss den maximalen Gleichstrom, der durch sie fließt sicher führen können, ohne zu überhitzen oder ihre Induktivität zu verlieren. A ist am wichtigsten – A ist korrekt.

B:

Sie muss lediglich der Betriebsspannung des Systems standhalten – i.d.R. unproblematisch.

C:

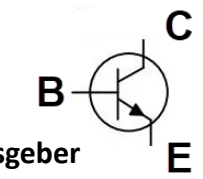
Wäre relevant, wenn die Spule unter wechselnden Temperaturen betrieben würde – erscheint hier unkritisch. Eine stabile Induktivität ist notwendig, damit die Spule HF-Signal effektiv blockiert.

D:

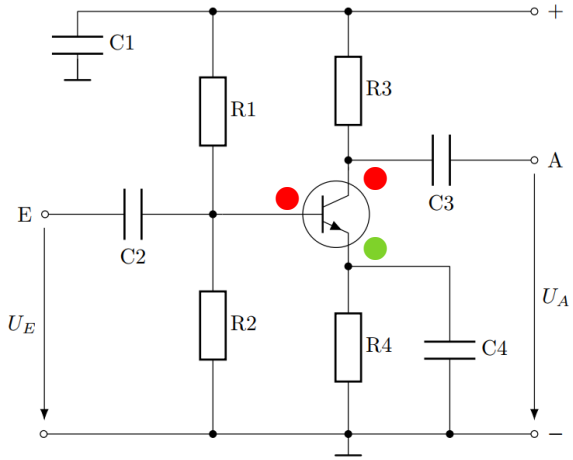
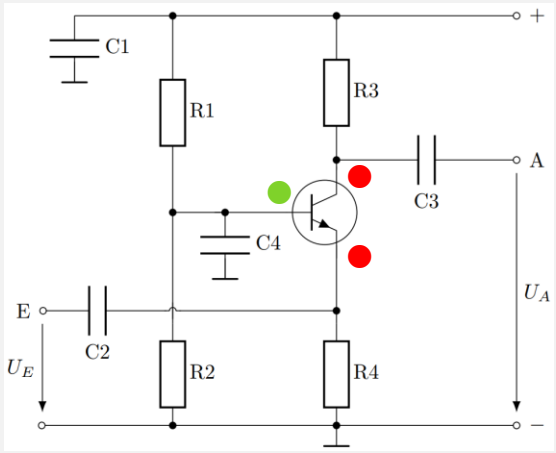
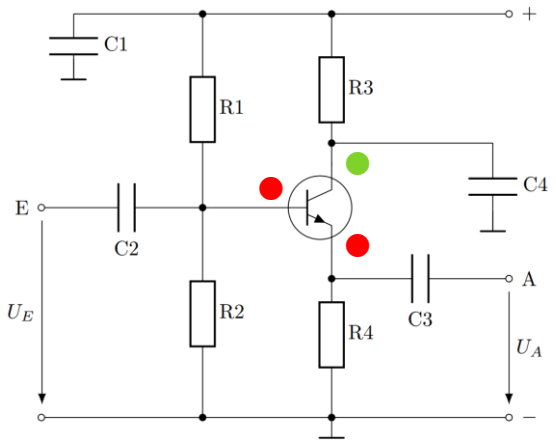
Die Güte ist auch entscheidend für eine gute HF-Blockierung, aber in erster Linie muss die Spule dem Strom standhalten.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Gegenüberstellung der Transistorverstärkerschaltungen



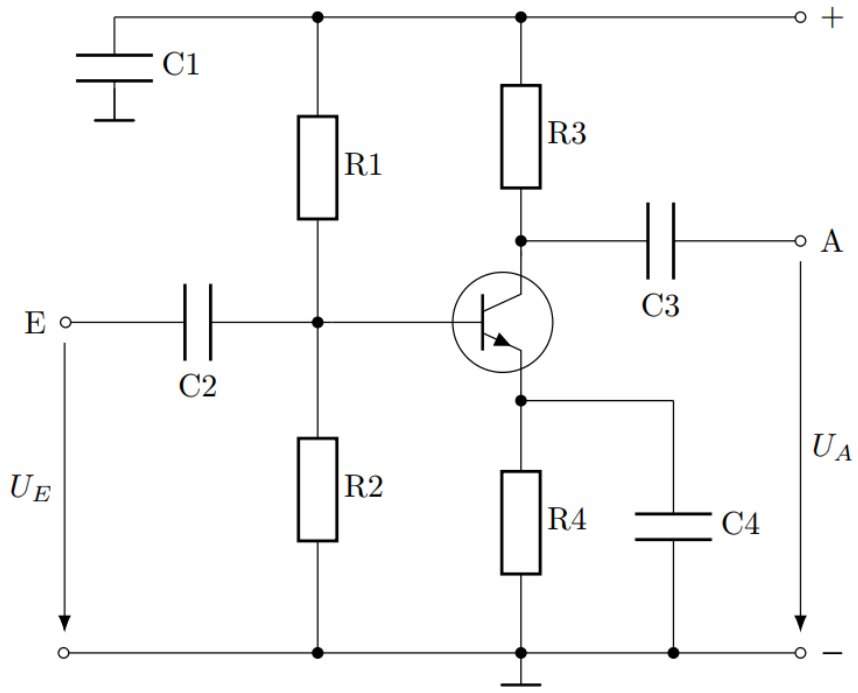
● = Belegt (E/A)
● = Frei = Namensgeber

	Emitterschaltung	Basisschaltung	Kollektorschaltung
Praktische Schaltung	 Kleinsignalverstärker Phasenumkehrstufe	 Antennenvorverstärker	 Impedanzwandler **Pufferstufe**
r_e	mittel z.B. 1 kΩ	klein z.B. 50 Ω	**groß z.B. 100 kΩ**
r_a	mittel z.B. 10 kΩ	groß z.B. 100 kΩ	**klein z.B. 50 Ω**
v_i	groß z.B. 100	< 1 z.B. 0,9	groß z.B. 100
v_u	**groß z.B. 100**	groß z.B. 100	**< 1 z.B. 0,99**
v_p	sehr groß z.B. 10000	groß z.B. 100	groß z.B. 100
φ_u	**gegenphasig 180°**	gleichphasig 0°	**gleichphasig 0°**

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Emitterschaltung I

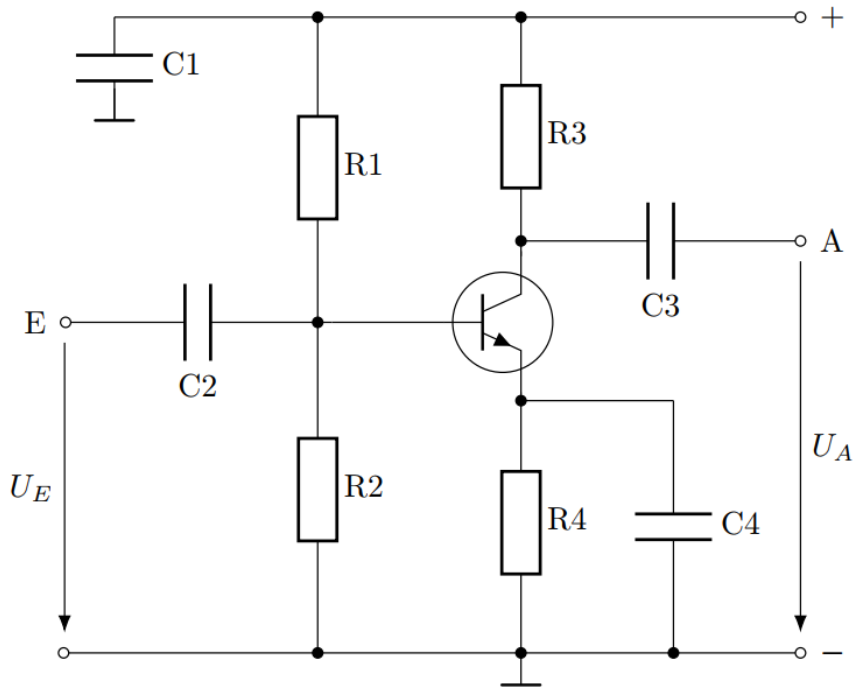
NPN	verstärkt das Eingangssignal U_E, das an die Basis des Transistors angelegt wird. Die Basis-Emitter-Strecke steuert den Kollektorstrom, welcher die Verstärkung bewirkt.
R1, R2	bilden einen Spannungsteiler und legen die Arbeitspunkteinstellung der Basis fest. Sie sorgen für die richtige Vorspannung des Transistors.
R3	liegt in der Kollektorleitung und begrenzt den Kollektorstrom.
R4	liegt in der Emitterleitung und stabilisiert den Arbeitspunkt. Zusammen mit C4 wird die Wechselstromverstärkung beeinflusst.
C1	Abblockkondensator, der die Versorgungsspannung stabilisiert, indem er hochfrequente Störungen filtert.
C2	Kopplungskondensator koppelt das Eingangssignal U_E ein. Verhindert, dass die Gleichspannung der Quelle in die Basis gelangt.
C3	Dieser Kopplungskondensator koppelt das verstärkte Signal U_A am Ausgang ab. Verhindert, dass eine Gleichspannung von der Transistorschaltung in die nächste Stufe gelangt.
C4	Dieser Kondensator überbrückt den Emitterwiderstand R4 für Wechselstrom. Dadurch wird die Wechselstromverstärkung erhöht, ohne den Arbeitspunkt zu beeinflussen.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Emitterschaltung II

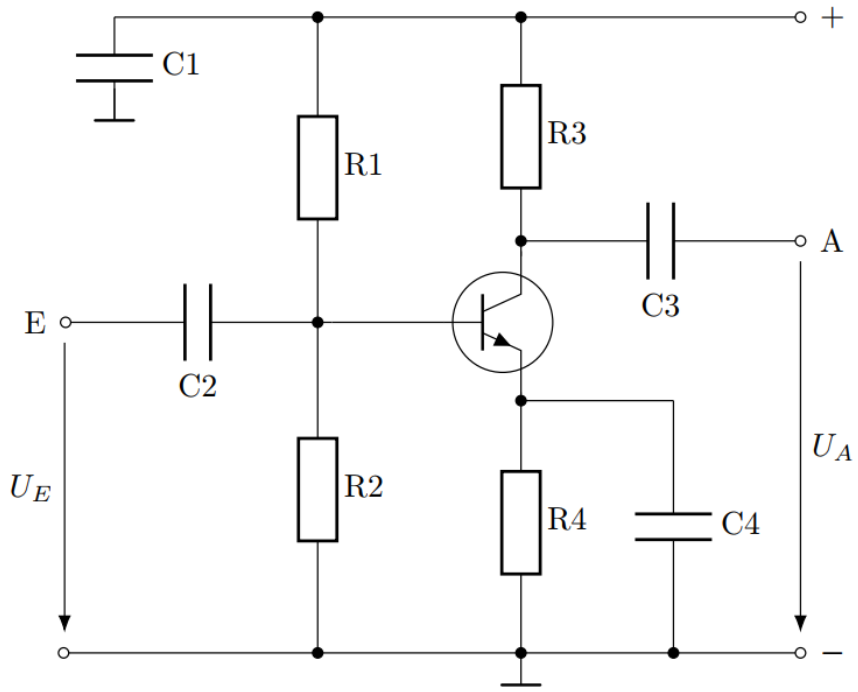
R3	**Begrenzung des Kollektorstroms (I_C)** Ohne R3 könnte der Strom unbegrenzt ansteigen, was den Transistor oder andere Komponenten beschädigen könnte. R3 begrenzt den maximalen Strom, der durch den Transistor fließt, und schützt somit die Schaltung. **Erzeugung des Ausgangssignals** Das verstärkte Signal wird als Spannungsabfall über R3 erzeugt. Der Kollektorstrom I_C fließt durch R3, und das Ohm'sche Gesetz ($U=R \cdot I$) bewirkt, dass die Spannung U_{R3} proportional zum Strom ist. Die Spannung am Kollektor (U_C) wird durch die Versorgungsspannung V_{CC} und den Spannungsabfall an R3 bestimmt: $U_C = V_{CC} - I_C \cdot R3$ Das Ausgangssignal U_A ist daher direkt von R3 abhängig. **Beeinflussung der Verstärkung** Die Spannungsverstärkung der Schaltung wird durch das Verhältnis von R3 zu anderen Widerständen (z. B. R4 im Emitter) bestimmt. Ein größerer R3-Wert erhöht den Spannungsabfall und damit die Spannungsverstärkung. **Arbeitspunktstabilisierung** R3 wirkt sich indirekt auf den Arbeitspunkt des Transistors aus. Zusammen mit R1,R2 und R4 sorgt R3 dafür, dass der Transistor im linear aktiven Bereich bleibt und nicht in die Sättigung oder Abschaltung geht.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Emitterschaltung III

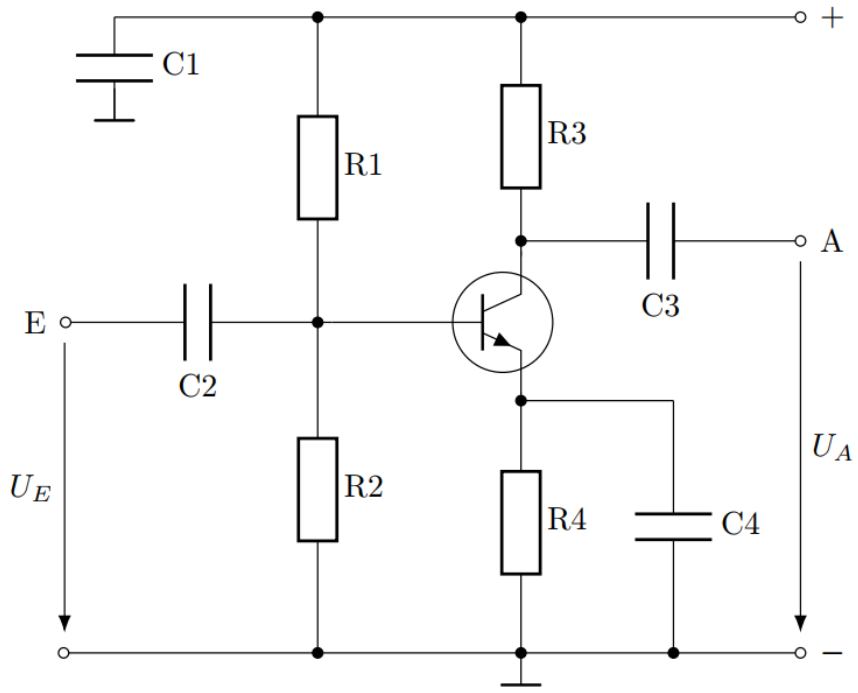
R4	**Stabilisierung des Arbeitspunktes** Erzeugt einen negativen Rückkopplungseffekt, der den Arbeitspunkt stabilisiert. Der Spannungsabfall über R4 ($U_{R4} = I_E \cdot R_4$) sorgt dafür, dass die Basisspannung (U_B) relativ zur Emitterspannung (U_E) konstant bleibt. Dies macht die Schaltung weniger empfindlich gegenüber Temperaturschwankungen oder Schwankungen der Transistorverstärkung. Der Emitterwiderstand wirkt wie ein "automatischer Regler", der Änderungen des Kollektorstroms I_C entgegenwirkt. **Beeinflussung der Wechselstromverstärkung** Für Wechselstrom reduziert R4 die Verstärkung der Schaltung, da der Widerstand den Emitterstrom begrenzt. Die Wechselstromverstärkung ist umgekehrt proportional zu R4. Ein großer R4-Wert führt zu einer geringeren Verstärkung. **Strombegrenzung** R4 begrenzt den maximalen Strom (I_E), der durch den Transistor fließen kann. Dies schützt den Transistor vor Überlastung.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Emitterschaltung IV

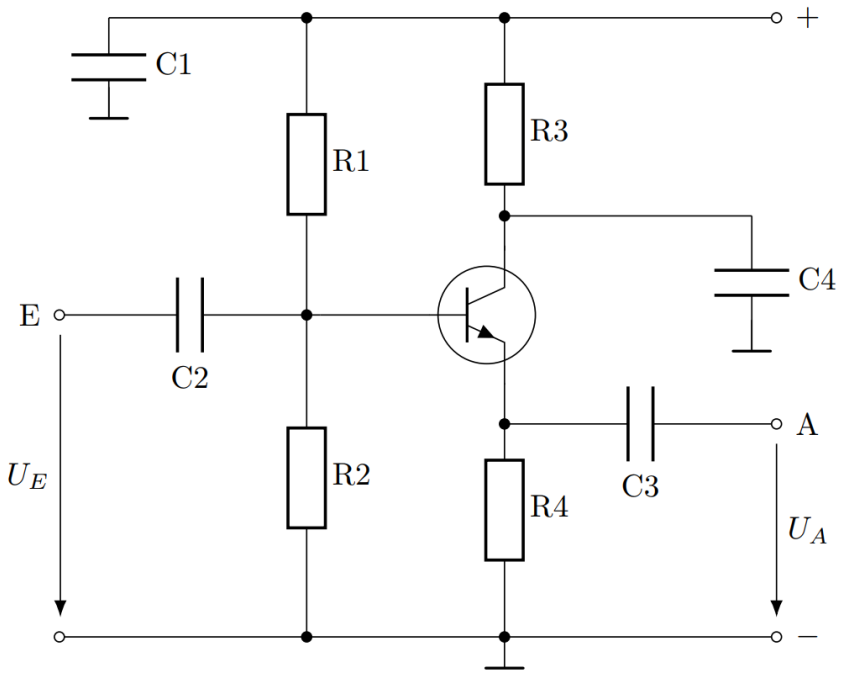
R4, C4	**Wechselstrom-Überbrückung durch C4** Für Wechselstrom wird der Widerstand R4 häufig von einem Kondensator (C4) überbrückt. Der Kondensator C4 bietet für hochfrequente Signale einen sehr niedrigen Widerstand und sorgt dafür, dass der Emitterstrom bei Wechselstrom nicht durch R4 begrenzt wird. Die Gleichstromstabilisierung durch R4 bleibt erhalten, während die Wechselstromverstärkung der Schaltung maximiert wird. **R4 beeinflusst die Verstärkung der Schaltung in Kombination mit R3** • **Ohne C4** Die Wechselstromverstärkung ist reduziert, da der Widerstand R4 in der Emitterleitung wirksam ist. • **Mit C4** Der Kondensator C4 überbrückt R4 für Wechselstrom, sodass die Verstärkung nur von R3 und den anderen Bauelementen abhängt – sog. Stromgegenkopplung. **Kompromiss zwischen Stabilität und Verstärkung** • Ein kleiner R4-Wert erhöht die Verstärkung, reduziert jedoch die Stabilität des Arbeitspunktes. • Ein großer R4-Wert stabilisiert die Schaltung besser, verringert aber die Verstärkung.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Kollektorschaltung I

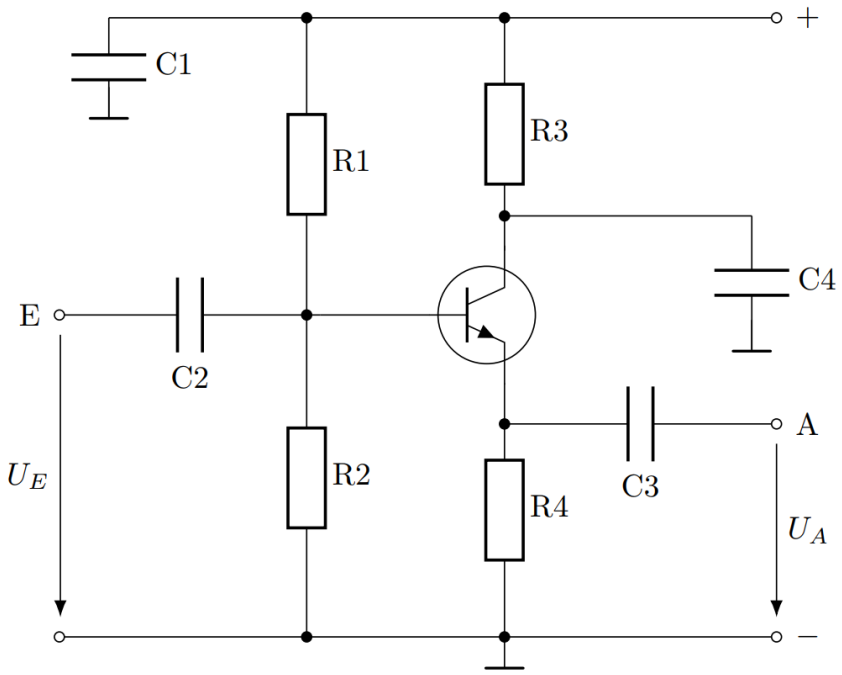
NPN	arbeitet als Spannungsverstärker mit einer Verstärkung von etwa 1 (kein Spannungsgewinn, jedoch Impedanz-Wandlung). Die Emitterspannung U_E folgt der Basisspannung U_B, abzüglich der Basis-Emitter-Spannung (U_{BE}≈0.7 V).
R1, R2	Spannungsteiler, der die Basisspannung des Transistors einstellt. Der Spannungsteiler sorgt dafür, dass der Transistor im linearen Bereich arbeitet (also nicht gesperrt oder voll durchgesteuert ist). Die Basisspannung (U_B) wird durch den Spannungsteiler definiert: $U_B = U_E \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$
R3	stabilisiert den Arbeitspunkt, indem er den Kollektorstrom begrenzt. Der Kollektor ist direkt mit der Betriebsspannung +U_E verbunden. Dadurch bleibt die Ausgangsspannung unabhängig von Laständerungen.
C1	entkoppelt die Betriebsspannung +U_E, sodass hochfrequente Störungen unterdrückt werden. Wirkt als Filter, um Wechselspannungsanteile der Versorgungsspannung zu reduzieren.
C2	koppelt das Eingangssignal U_E in die Schaltung ein und blockiert dabei Gleichspannungsanteile. Dadurch wird sichergestellt, dass nur das Wechselspannungssignal an der Basis des Transistors ankommt.
C3	koppelt das Ausgangssignal U_A aus der Schaltung aus. Verhindert, dass die Gleichspannung des Emitteranschlusses auf die nachfolgende Stufe übertragen wird.
C4	Filtert optional hochfreq. Wechselspannungen und stabilisiert Strompfad am Ausgang.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Kollektorschaltung II

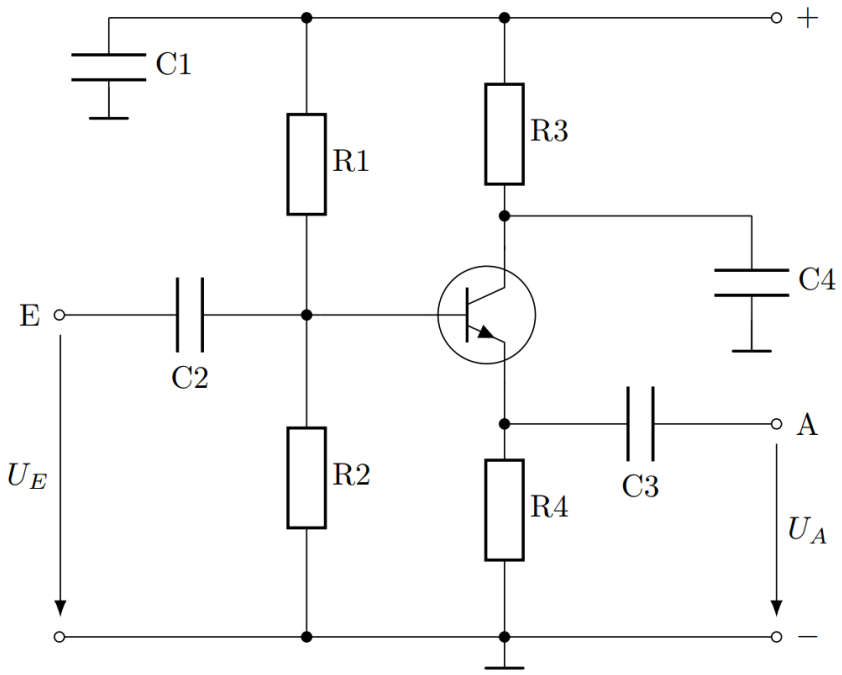
R4	**Stabilisierung des Arbeitspunkts** Er trägt zur Stromgegenkopplung bei, wodurch der Arbeitspunkt stabilisiert wird. Der Emitterstrom I_E, der durch R4 fließt, erzeugt einen Spannungsabfall $U_{R4} = I_E \cdot R_4$. Dieser wirkt der Basisspannung entgegen und sorgt dafür, dass Schwankungen im Transistorstrom (z. B. durch Temperaturänderungen oder Bauteiltoleranzen) ausgeglichen werden. Bei einer Erhöhung von I_E steigt U_{R4}, was die Basisspannung relativ zur Emitterschaltung reduziert und den Stromanstieg begrenzt. **Ausgangsimpedanz** Die Ausgangsimpedanz der Kollektorschaltung hängt stark von R4 ab. Ohne R4 würde die Ausgangsimpedanz vom Emitterwiderstand des Transistors abhängen (dynamischer Widerstand r_e), der typischerweise sehr klein ist ($r_e \approx 26\ mV / I_E$). Mit R4 wird die Ausgangsimpedanz effektiv auf R4 parallel r_e erhöht. Somit passt die Schaltung besser zu niederohmigen Lasten, wie z. B. Lautsprechern oder anderen Verstärkerstufen. **Beeinflussung des Verstärkungsverhaltens** Die Spannungsverstärkung der Kollektorschaltung liegt bei etwa 1 (ohne zusätzliche Stufen). R4 hat dabei kaum Einfluss auf die Spannungsverstärkung, da die Schaltung primär als Impedanzwandler arbeitet. Der Widerstand R4 sorgt jedoch für eine saubere Stromverstärkung und verhindert Signalverzerrungen durch unstabile Betriebszustände des Transistors.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Kollektorschaltung III

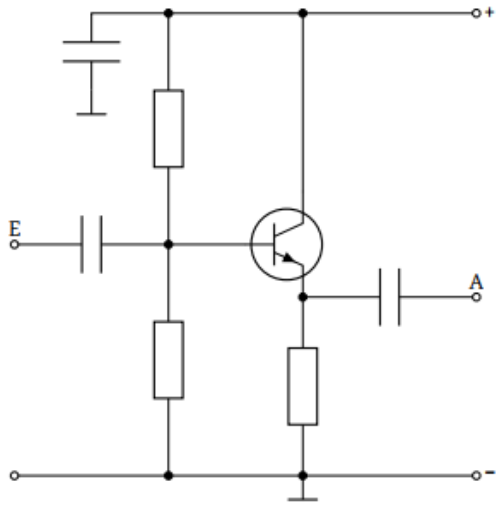
R4	**Rückkopplung zur Temperaturstabilisierung** Transistoren sind stark temperaturabhängig. Eine Temperaturerhöhung führt dazu, dass der Kollektorstrom I_C steigt, da der Basis-Emitter-Strom zunimmt. Durch die Gegenkopplung über R4 wird dieser Effekt abgemildert: • Steigt I_C, erhöht sich auch I_E (da $I_E \approx I_C$). • Dies führt zu einem größeren Spannungsabfall über R4 (U_{R4}). • Der Spannungsabfall U_{R4} senkt die Basisspannung relativ zum Emitter und reduziert damit den Basisstrom I_B. In der Folge sinkt auch I_C. Damit wird der Transistor weniger empfindlich auf Temperaturänderungen. **Kleinere Werte von R4** • Führen zu einer niedrigeren Ausgangsimpedanz. • Können jedoch die Stabilisierung des Arbeitspunkts verschlechtern, da die Gegenkopplung weniger wirksam ist. **Größere Werte von R4** • Erhöhen die Stabilität der Schaltung und verbessern die Temperaturkompensation. • Erhöhen jedoch auch die Ausgangsimpedanz, was problematisch sein kann, wenn die Schaltung niederohmige Lasten treiben muss.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD401 Bei dieser Schaltung handelt es sich um …



A einen Verstärker in Kollektorschaltung.

B einen Verstärker in Emitterschaltung.

C einen Oszillator in Kollektorschaltung.

D einen Oszillator in Emitterschaltung.

Erklärung:

A:

Die Basis ist mit dem Eingang belegt, der Emitter ist mit dem Ausgang belegt. Der Kollektor ist frei. Die Basisvorspannung wird über einen Spannungsteiler eingestellt. Es handelt sich um einen Verstärker in Kollektorschaltung.

B:

Der Emitter ist mit dem Ausgang belegt, es kann sich nicht um eine Emitterschaltung handeln.

C, D:

Es sind keine Oszillatorelemente erkennbar:

- LC-Schwingkreis (Spule fehlt)
- Schwingquarz
- Andere ICs (z.B. MEMS-Resonator)
- Drei in Reihe geschaltete RC-Glieder für einen Phasenschieberoszillator

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Transistorverstärker in Kollektorschaltung

Wechselspannungsverstärkung $v_U \approx 1$

- Die **Wechselspannungsverstärkung in einer Kollektorschaltung beträgt nahezu 1** (oder 0 dB). Das bedeutet, dass die Ausgangsspannung nahezu gleich der Eingangsspannung ist, jedoch mit einer gewissen Verstärkung durch den Transistor.
- Diese Konfiguration wird häufig verwendet, um **eine hohe Eingangsimpedanz und eine niedrige Ausgangsimpedanz zu erreichen**, was sie **ideal für die Impedanzanpassung** macht.

Phasenverschiebung $\phi = 0°$

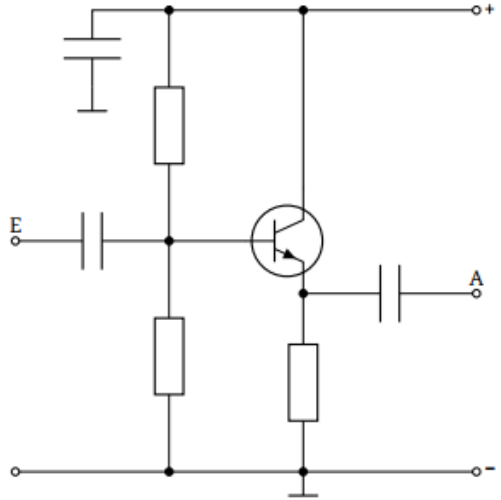
- In einer Kollektorschaltung gibt es **keine Phasenverschiebung** zwischen der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung.
  Das bedeutet, dass die Ausgangsspannung in Phase mit der Eingangsspannung bleibt (0° Phasenverschiebung).

Diese Eigenschaften machen sie besonders nützlich in Anwendungen, bei denen **Signalverzerrungen vermieden werden sollen.**

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD402 Was lässt sich über die Wechselspannungsverstärkung v_U und die Phasenverschiebung φ zwischen Ausgangs- und Eingangsspannung dieser Schaltung aussagen?



A v_U ist klein (z. B. 0,9 ... 0,98) und φ = 0°.

B v_U ist groß (z. B. 100 ... 300) und φ = 0°.

C v_U ist klein (z. B. 0,9 ... 0,98) und φ = 180°.

D v_U ist groß (z. B. 100 ... 300) und φ = 180°.

Erklärung:

Es handelt sich um eine Verstärkerschaltung in Kollektorschaltung:

Kennzeichen:

- Basis belegt (Eingang)
- Emitter belegt (Ausgang)

Damit bleibt nur „Kollektor“, d.h. Kollektorschaltung.

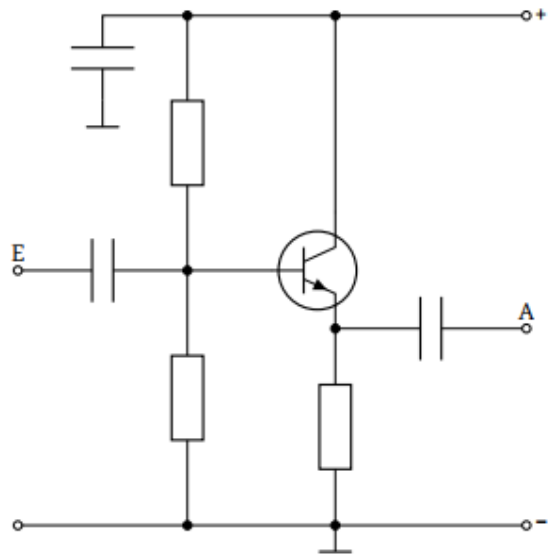
Ein Verstärker in Kollektorschaltung erzeugt keine Phasenverschiebung (φ = 0°) – das macht nur ein Verstärker in Emitterschaltung.

Eigenschaften siehe vorherige Seite.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD403 Die Ausgangsimpedanz dieser Schaltung ist ...



A sehr niedrig im Vergleich zur Eingangsimpedanz.

B in etwa gleich der Eingangsimpedanz und niederohmig.

C sehr hoch im Vergleich zur Eingangsimpedanz.

D in etwa gleich der Eingangsimpedanz und hochohmig.

Erklärung:

Es handelt sich um eine Verstärkerschaltung in Kollektorschaltung:

Kennzeichen:

- Basis belegt (Eingang)
- Emitter belegt (Ausgang)

Damit bleibt nur „Kollektor“, d.h. Kollektorschaltung.

Die Kollektorschaltung hat die Eigenschaft:

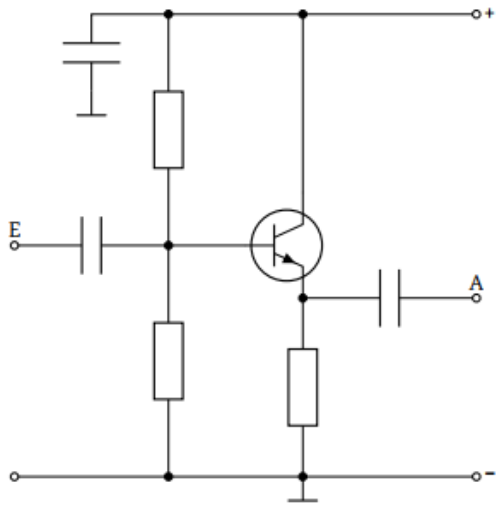
- Große Eingangsimpedanz, z.B. 100 kOhm
- Kleine Ausgangsimpedanz, z.B. 50 Ohm

Eigenschaften siehe vorherige Seite.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD404 Diese Schaltung kann unter anderem als …



A Pufferstufe zwischen Oszillator und Last verwendet werden.

B Spannungsverstärker mit hoher Verstärkung verwendet werden.

C Phasenumkehrstufe verwendet werden.

D Frequenzvervielfacher verwendet werden.

Erklärung:

Das Schaltbild zeigt eine Verstärkerschaltung in in Kollektorschaltung:

- Hohe Stromverstärkung
- Hoher Impedanzunterschied (E: Z groß, A: Z klein)

Es gibt mehrere Effekte, die der Pufferung dienen:

- **Impedanztrennung**
  hohe Impedanz belastet Oszillator nicht, entkoppelt aber durch niedrige Ausgangs-impedanz die Last effektiv vom Oszillator.
- **Stromverstärkung**
  Pufferstufe liefert höheren Ausgangsstrom ohne den Oszillator zu belasten – also weniger Einfluss durch Laständerungen.
- **Spannungsstabilisierung**
  Pufferstufe hält die Spannung am Oszillatorausgang konstant, unabhängig von Lastschwankungen.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD405 Welche Phasenverschiebung tritt zwischen den sinusförmigen Ein- und Ausgangsspannungen eines Transistorverstärkers in Kollektorschaltung auf?

A 0°

B 90°

C 180°

D 270°

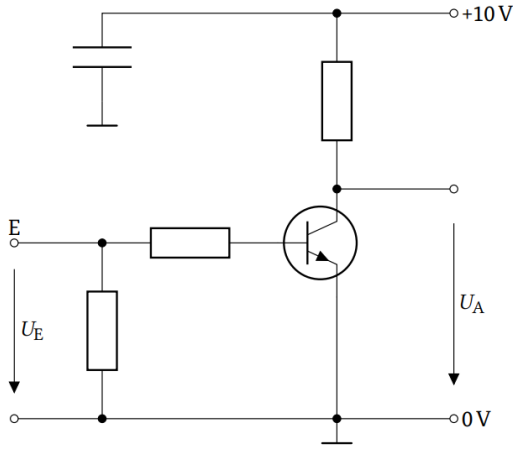
Erklärung:

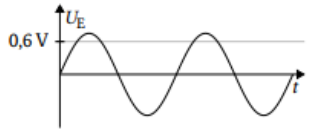
Nur ein Transistorverstärker in Emitterschaltung hat eine 180° Phasenverschiebung – alle anderen Schaltungen (Kollektor, Basis) haben keine Phasenverschiebung (d.h. 0°).

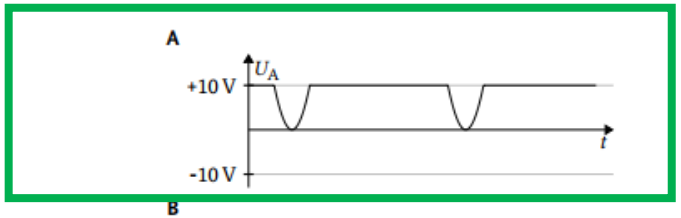
5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

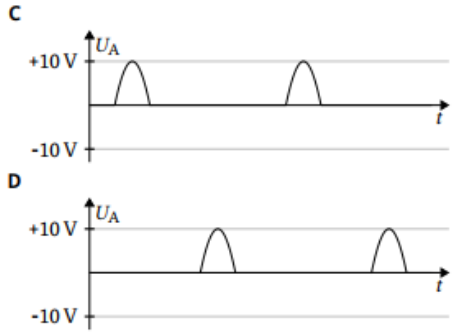
5.4.4 Verstärker

AD406 An den Eingang dieser Schaltung wird das folgende Signal gelegt. Welches ist ein mögliches Ausgangssignal U_A?









Erklärung:

Es liegt ein Transistorverstärker in Emitterschaltung vor (E frei, B und C belegt mit Eingang und Ausgang).

A,B:

Wenn die Basisspannung (über U_E) 0,6 V überschreitet, leitet der Transistor und verstärkt U_E – ansonsten sperrt der Transistor und die Spannung U_A bleibt bei +10 V (Lösung B scheidet aus).
Wenn der Transistor leitet, steigt der Kollektorstrom I_C und damit U_R am Widerstand.
Da die Gesamtspannung U = 10 V konstant ist, muss $U_{CE} = U_A$ sinken (Veränderung der Spannungsteilung).

C, D:

Die Emitterschaltung sorgt für eine 180° Phasenverschiebung (U_A als eine Art Invertierung von U_E).
C und D zeigen keine 180° Phasenverschiebung und scheiden daher aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD407 Welche Phasenverschiebung tritt zwischen den sinusförmigen Ein- und Ausgangsspannungen eines Transistorverstärkers in Emitterschaltung auf?

A 180°

B 90°

C 0°

D 270°

Erklärung:

A:

Wesentliche Eigenschaft der Emitterschaltung: Phasenverschiebung von 180° - A ist korrekt.

B, D:

Die hier vorgestellten Verstärkerschaltungen haben nur eine Phasenverschiebung von 0° (Basis, Kollektor) oder 180° (Emitter).
Daher scheiden B und D grundsätzlich aus.

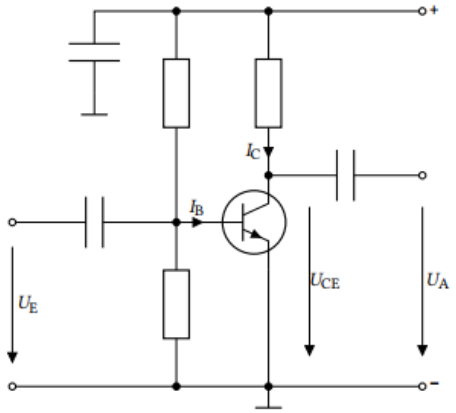
C:

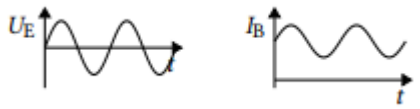
0° Phasenverschiebung gilt für die Basis- und Kollektorschaltung, aber nicht für die Emitterschaltung – C scheidet aus.

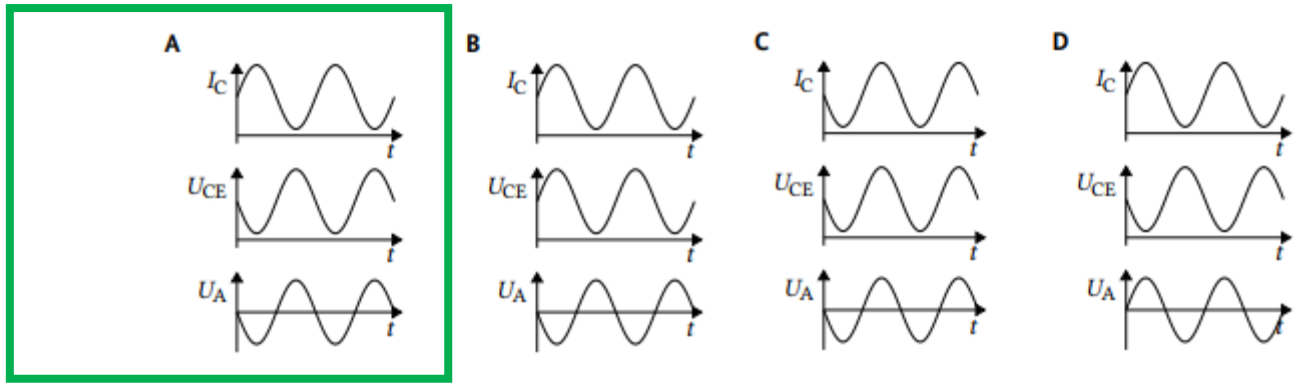
5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD408 Das Signal U_E wird auf den Eingang folgender Schaltung gegeben. In welcher Antwort sind alle dargestellten Signale phasenrichtig zugeordnet?







Erklärung:

Man sieht einen Verstärker in Emitterschaltung.

A:

I_C in Phase zu I_B - ok. U_A in Phase zu U_{CE} – ok. U_{CE} phasenversetzt zu U_E - ok. A ist korrekt.

B:

U_{CE} ist nicht um 180° phasenversetzt – B scheidet aus.

C:

Es gilt $I_C = \beta \cdot I_B$ – kein Phasenversatz für I_C – C scheidet aus. (I_C wird über I_B gesteuert)

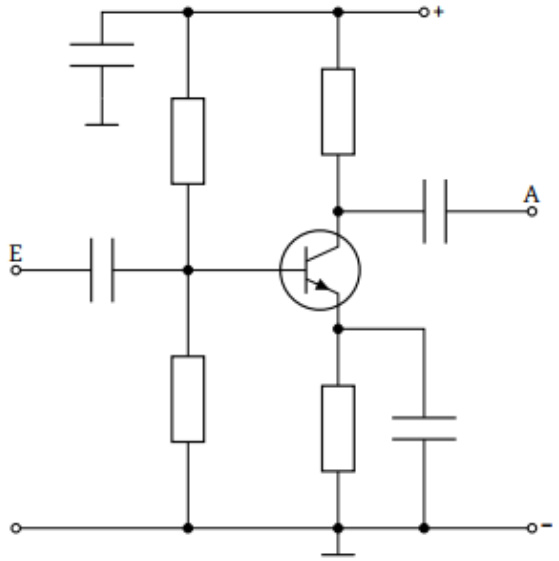
D:

U_A muss ebenfalls 180° phasenversetzt sein, da dieser Phasenversatz durch die Transistorschaltung entsteht und nicht durch den Kopplungskondensator beeinflusst wird – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD409 Bei dieser Schaltung handelt es sich um ...



A einen Verstärker in Emitterschaltung.

B einen Verstärker als Emitterfolger.

C einen Verstärker in Kollektorschaltung.

D einen Verstärker für Gleichspannung.

Erklärung:

A:

Basis belegt (E), Kollektor belegt (A).
Daher ist der Emitter frei.
Es handelt sich also um eine Emitterschaltung.
A ist korrekt.

B, C:

Emitterfolger = Kollektorschaltung.
Bei einer Kollektorschaltung ist der Kollektor frei.
Der Kollektor ist hier aber mit dem Ausgang belegt – daher scheiden B und C aus.

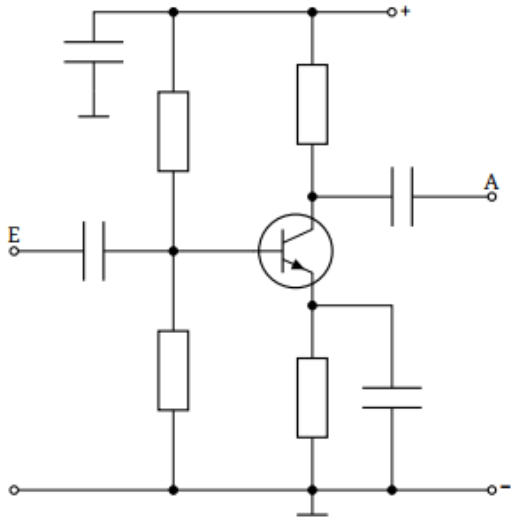
D:

Prinzipiell / Theoretisch ist eine Emitterschaltung zur Verstärkung von Gleichspannung einsetzbar, hier allerdings werden Koppelkondensatoren am Eingang und Ausgang verwendet, die Gleichspannung blockieren und nur Wechselspannung passieren lassen – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD410 Was lässt sich über die Wechselspannungsverstärkung v_U und die Phasenverschiebung φ zwischen Ausgangs- und Eingangsspannung dieser Schaltung aussagen?



A v_U ist groß (z. B. 100 ... 300) und φ = 180°.

B v_U ist groß (z. B. 100 ... 300) und φ = 0°

C v_U ist klein (z. B. 0,9 ... 0,98) und φ = 180°.

D v_U ist klein (z. B. 0,9 ... 0,98) und φ = 0°.

Erklärung:

Dargestellt ist eine Transistor-Verstärkerschaltung in Emitterschaltung.

A:

Wesentliche Eigenschaften der Emitterschaltung:

- Phasenverschiebung von 180°
- Große Spannungsverstärkung

Daher ist Lösung A korrekt.

B, D:

Scheiden aus wegen Phasenverschiebung = 0°

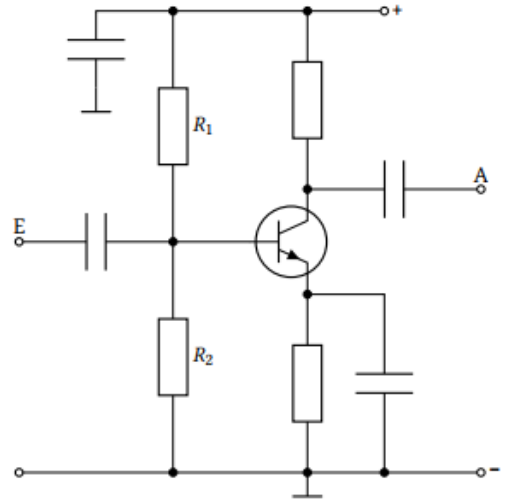
C:

Scheidet aus wegen kleiner Spannungsverstärkung, die ein Kennzeichen der Kollektorschaltung ist.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD411 Welche Funktion haben die Widerstände R_1 und R_2 in der folgenden Schaltung? Sie dienen zur ..



A Einstellung der Basisvorspannung.

B Verhinderung von Phasendrehungen.

C Verhinderung von Eigenschwingungen.

D Einstellung der Gegenkopplung.

Erklärung:

Dargestellt ist eine Transistor-Verstärkerschaltung in Emitterschaltung.

A:

R1 und R2 bilden einen Spannungsteiler zur Einstellung der Basisvorspannung. A ist korrekt.

B:

Der Spannungsteiler hat keinen Einfluss auf die Phasendrehung, die eine inhärente Eigenschaft der Emitterschaltung ist.

C:

Der Spannungsteiler dient nicht primär der Verhinderung von Eigenschwingungen. Stabilität wird eher durch die Stromgegenkopplung erreicht.

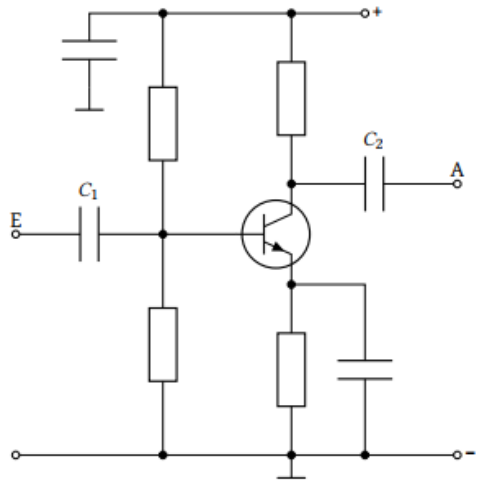
D:

Die Gegenkopplung wird typischerweise durch den Emitterwiderstand erreicht.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD412 Welche Funktion haben die Kondensatoren C_1 und C_2 in der folgenden Schaltung? Sie dienen zur ...



A Wechselstromkopplung und Gleichspannungsentkopplung.

B Festlegung der oberen Grenzfrequenz.

C Erzeugung der erforderlichen Phasenverschiebung.

D Anhebung niederfrequenter Signalanteile.

Erklärung:

C_1 und C_2 sind Kopplungskondensatoren und entkoppeln

- Gleichspannung, die über den Eingang oder Ausgang in die Schaltung kommen könnten (Gleichstromwiederstand hoch)

und koppeln

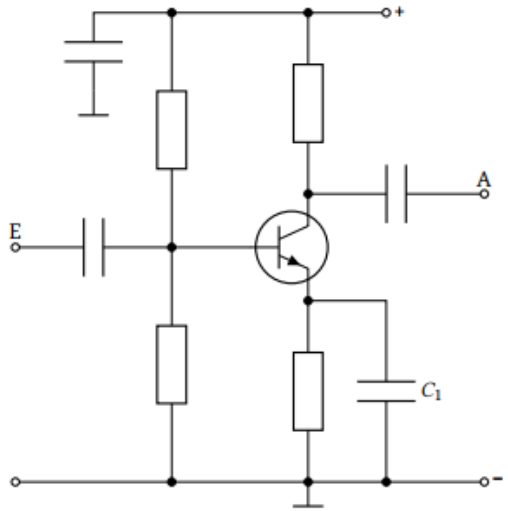
- Wechselspannung von der vorhergehenden Stufe ein bzw. in die nachfolgende Stufe ein (Wechselstromwiderstand klein)

Lösung A ist korrekt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD413 Welche Funktion hat der Kondensator C_1 in der folgenden Schaltung? Er dient zur ...



A Maximierung der Wechselspannungsverstärkung.

B Verringerung der Wechselspannungsverstärkung.

C Stabilisierung des Arbeitspunktes des Transistors.

D Einstellung der Vorspannung am Emitter.

Erklärung:

C_1 dient der Wechselspannungsverstärkung.

Der Kondensator überbrückt den Emitterwiderstand R_E für Wechselspannung, der ansonsten zusammen mit dem Kollektorwiderstand R_C für die Spannungsverstärkung verantwortlich wäre.

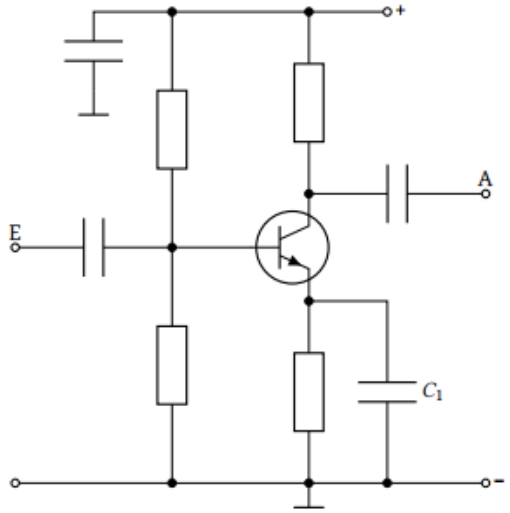
Der Widerstand R_E erzeugt bei Wechselstromsignalen eine Rückkopplung. Wenn das Eingangssignal U_E eine Änderung bewirkt, verändert sich der Strom I_E durch den Transistor. Dies führt zu einer Spannungsänderung über R_E, die der Änderung der Eingangsspannung teilweise entgegenwirkt. Dadurch wird die effektive Eingangsänderung reduziert, was die Verstärkung begrenzt.

Lösung A ist korrekt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD414 Wie verhält sich die Spannungsverstärkung bei der folgenden Schaltung, wenn der Kondensator C_1 entfernt wird?



A Sie nimmt ab.

B Sie bleibt konstant.

C Sie nimmt zu.

D Sie fällt auf Null ab.

Erklärung:

C_1 überbrückt den Emitterwiderstand R_E für $U_\sim$. Dadurch wird der Wechselstromanteil i_E des Emitterstroms direkt zur Masse geleitet und R_E hat $U_\sim$ keine verstärkungsreduzierende Wirkung. Die Verstärkung ist hoch, da R_E keinen Einfluss auf die Wechselspannung $U_\sim$ hat.

Ohne C_1 bleibt R_E im Wechselstrompfad aktiv. R_E begrenzt den Stromfluss durch den Transistor und „verbraucht" einen Teil der Eingangsspannung. Die Spannungsverstärkung nimmt ab, aber wird nicht Null, d.h. Lösung **A** ist korrekt. R_E wirkt wie eine Gegenkopplung und begrenzt die Verstärkung. Je größer R_E, desto geringer die Verstärkung.

C:

R_E alleine reduziert die Verstärkung, indem er den Stromfluss einschränkt. C scheidet aus.

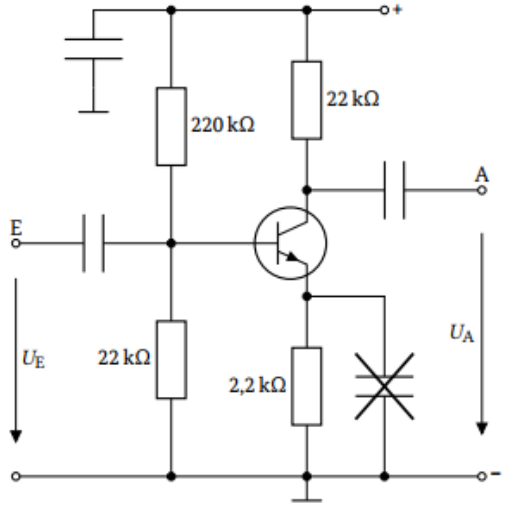
D:

Die Schaltung verstärkt in jedem Fall weiterhin (aufgrund des Transistors). D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD415 Bei folgender Emitterschaltung wird die Schaltung ohne den Emitterkondensator betrieben. Auf welchen Betrag sinkt die Spannungsverstärkung ungefähr?



A 10

B 1/10

C 1

D 0

Erklärung:

Wenn R_E nicht durch C_E überbrückt wird, hat das einen deutlichen Einfluss auf die Spannungsverstärkung V_u.

Es gilt die Näherungsformel:

$$V_u \approx \frac{R_C}{R_E + \frac{r_e}{\beta}} \quad mit \quad r_e \approx \frac{25}{I_E}\ \Omega$$

r_e = *dynamischer Innenwiderstand Emitter*
β = *Verstärkungsfaktor des Transistors*

Da $R_E \gg \frac{r_e}{\beta}$ *kann man vereinfachen:*

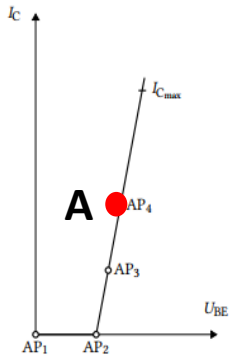
$$V_u \approx \frac{R_C}{R_E} = \frac{22\ k\Omega}{2{,}2\ k\Omega} = 10$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Arbeitspunkte in der Transistorkennlinie und Betriebsarten

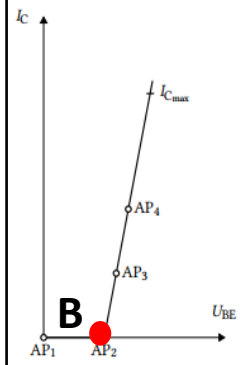
A-Betrieb

- Geringe Spitze-Spitze-Ausdehnung
- Verstärkt positive und negative Halbwellen gleichermaßen
- Sehr lineare Verstärkung
- **sehr geringer Oberschwingungsanteil**
- **hoher Ruhestrom (halber Max-Strom)**
- **Wirkungsgrad liegt bei etwa 40%**
- Eignet sich für Kleinsignal- oder Vorverstärker



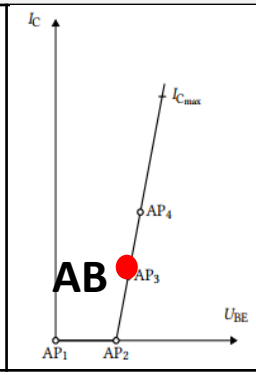
B-Betrieb

- Arbeitspunkt am unteren Ende der Kennlinie
- Kann nur eine Halbwelle verarbeiten
- Höhere Spannungsverstärkung möglich
- Wird oft in Gegentakt-Endstufen verwendet
- Transistoren arbeiten voll sperrend und voll leitend
- Kann Übernahmeverzerrungen verursachen
- **Wirkungsgrad bis zu 80 %**
- **geringer Oberschwingungsanteil**
- **sehr geringer Ruhestrom, daher kostengünstiger**



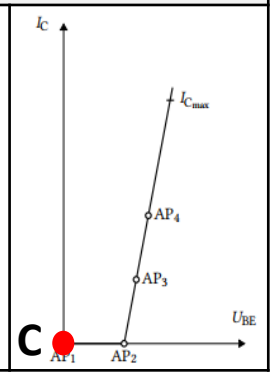
AB-Betrieb (A- und B-Kombination)

- Häufig in Gegentakt-Endstufen
- Kleine Signale wie im A-Betrieb, große wie im B-Betrieb verstärkt
- Besonders verzerrungsarm, aber schlechterer Wirkungsgrad als B-Betrieb (50–80 %)



C-Betrieb

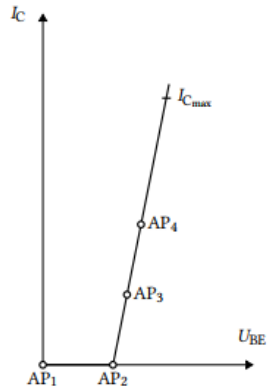
- Anwendung in Radar und Sende-Endstufen bei FM-Modulation und bei Frequenzvervielfachern
- Arbeitspunkt liegt außerhalb des aktiven Bereichs der Kennlinie
- **Wirkungsgrad 80–87 %, hoher Oberschwingungsanteil, der Ruhestrom ist null (0 A).**



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD416 Das folgende Bild zeigt eine idealisierte Steuerkennlinie eines Transistors mit vier eingezeichneten Arbeitspunkten AP_1 bis AP_4.
Welcher Arbeitspunkt ist welcher Verstärkerbetriebsart zuzuordnen?



A AP_1 entspricht C-Betrieb, AP_2 entspricht B-Betrieb, AP_3 entspricht AB-Betrieb, AP_4 entspricht A-Betrieb.

B AP_1 ist kein geeigneter Verstärkerarbeitspunkt, AP_2 entspricht C-Betrieb, AP_3 entspricht B-Betrieb, AP_4 entspricht A-Betrieb.

C AP_1 ist kein geeigneter Verstärkerarbeitspunkt, AP_2 entspricht A-Betrieb, AP_3 entspricht B-Betrieb, AP_4 entspricht C-Betrieb.

D AP_1 entspricht A-Betrieb, AP_2 entspricht AB-Betrieb, AP_3 entspricht B-Betrieb, AP_4 entspricht C-Betrieb.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD417 Wie verhält sich der Kollektorstrom eines NPN-Transistors in einer HF-Verstärkerstufe im B-Betrieb, wenn die Basis-Emitterspannung erhöht wird?

A Er nimmt erheblich zu.

B Er verringert sich geringfügig.

C Er bleibt konstant.

D Er nimmt erheblich ab.

Erklärung:

A:

Wenn die U_{BE} eines NPN-Transistors erhöht wird, führt dies zu einer Zunahme des Basisstroms. Da I_C direkt von I_B abhängt (über β) und um ein Vielfaches größer ist (20- bis 10000-mal), führt eine Erhöhung von I_B zu einer erheblichen Zunahme des Kollektorstroms I_C.
Im B-Betrieb liegt der Arbeitspunkt am unteren Ende der Kennlinie, was bedeutet, dass der Transistor nur eine Halbwelle verarbeiten kann. Wenn U_{BE} erhöht wird, bewegt sich der Arbeitspunkt in den aktiven Bereich, was zu einer signifikanten Zunahme von I_C führt.

B, C, D:

B und D sind falsch, da I_C bei Erhöhung von U_{BE} zunimmt, nicht abnimmt oder sich verringert.

C ist ebenfalls falsch, da I_C nicht konstant bleibt, sondern sich in Abhängigkeit von I_B ändert.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD418 In welcher Größenordnung liegt der Ruhestrom eines HF-Leistungsverstärkers im C-Betrieb?

A Bei null Ampere

B Bei etwa 10–20 % des Stromes bei Nennleistung

C Bei etwa 70–80 % des Stromes bei Nennleistung

D Bei fast 100 % des Stromes bei Nennleistung

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD419 Welche Merkmale hat ein HF-Leistungsverstärker im A-Betrieb?

A Wirkungsgrad ca. 40 %,
sehr geringer Oberschwingungsanteil,
hoher Ruhestrom.

B Wirkungsgrad bis zu 70 %,
geringer Oberschwingungsanteil,
geringer bis mittlerer Ruhestrom.

C Wirkungsgrad bis zu 80 %,
geringer Oberschwingungsanteil,
sehr geringer Ruhestrom.

D Wirkungsgrad 80–87 %,
hoher Oberschwingungsanteil,
der Ruhestrom ist null.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD420 Welche Merkmale hat ein HF-Leistungsverstärker im B-Betrieb?

A Wirkungsgrad bis zu 80 %,
geringer Oberschwingungsanteil,
sehr geringer Ruhestrom.

B Wirkungsgrad bis zu 70 %,
geringer Oberschwingungsanteil,
geringer bis mittlerer Ruhestrom.

C Wirkungsgrad ca. 40 %,
sehr geringer Oberschwingungsanteil,
hoher Ruhestrom.

D Wirkungsgrad 80–87 %,
hoher Oberschwingungsanteil,
der Ruhestrom ist null.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD421 Welche Merkmale hat ein HF-Leistungsverstärker im C-Betrieb?

A Wirkungsgrad 80–87 %,
hoher Oberschwingungsanteil,
der Ruhestrom ist null.

B Wirkungsgrad bis zu 70 %,
geringer Oberschwingungsanteil,
geringer bis mittlerer Ruhestrom.

C Wirkungsgrad bis zu 80 %,
geringer Oberschwingungsanteil,
sehr geringer Ruhestrom.

D Wirkungsgrad ca. 40 %,
sehr geringer Oberschwingungsanteil,
hoher Ruhestrom

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Betriebsformen und SSB

Für SSB-Sender wird häufig der AB-Betrieb gewählt:

- **Linearität**
  Der AB-Betrieb bietet eine gute Linearität, die für SSB-Signale wichtig ist, um Verzerrungen zu minimieren und die Signalqualität zu erhalten. Dies ist entscheidend, da SSB-Signale empfindlich auf nichtlineare Verzerrungen reagieren, die zu Intermodulationsprodukten führen können.
- **Ruhestrom**
  Im AB-Betrieb fließt ein moderater Ruhestrom, der hilft, den Verstärker schnell in den aktiven Bereich zu bringen, wenn ein Signal anliegt. Dies verbessert die Effizienz im Vergleich zum A-Betrieb, bei dem der Ruhestrom höher ist.
- **Effizienz**
  Der AB-Betrieb bietet einen Kompromiss zwischen dem Wirkungsgrad und der Linearität. Während der A-Betrieb eine hohe Linearität bietet, ist sein Wirkungsgrad niedriger. Der AB-Betrieb verbessert den Wirkungsgrad gegenüber dem A-Betrieb, während er immer noch eine ausreichende Linearität für SSB-Signale bietet.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Betriebsformen und SSB

Der C-Betrieb ist für SSB-Sender nicht geeignet

- Da er sehr hohe Verzerrungen (großen Klirrfaktor) erzeugt
- Die Signalform am Ausgang kein wirkliches Abbild der Signale am Eingang mehr ist, da nur Teile der positiven Wechselspannungsspitzen verstärkt werden.
- Die mangelnde Linearität des C-Betriebs zu starken Verzerrungen des SSB-Signals führt. SSB-Sender aber eine hohe Linearität benötigen, um die Signalqualität zu erhalten und Intermodulationsprodukte zu vermeiden. Daher werden SSB-Senderstufen typischerweise im A-Betrieb für kleine Leistungen und im AB-Betrieb für Endstufen betrieben.
- Der C-Betrieb eignet sich hingegen gut für FM- und CW-Sender, wo Signalverzerrungen weniger kritisch sind und der hohe Wirkungsgrad (über 80%) vorteilhaft ist.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD422 In welchem Arbeitspunkt kann ein HF-Leistungsverstärker für einen SSB-Sender betrieben werden?

A A-, AB- oder B-Betrieb

B AB-, B- oder C-Betrieb

C B- oder C-Betrieb

D A-, AB-, B- oder C-Betrieb

Erklärung:

Siehe vorhergehende Seiten.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD423 Wenn ein linearer HF-Leistungsverstärker im AB-Betrieb durch ein SSB-Signal übersteuert wird, führt dies zu ...

A Splatter auf benachbarten Frequenzen.

B parasitären Schwingungen des Verstärkers.

C Frequenzsprüngen in der Sendefrequenz.

D Chirp im Sendesignal.

Erklärung:

A:

Bei zu großer Aussteuerung eines AB-Verstärkers verbreitert sich das Signal.

Die Übersteuerung führt zu nichtlinearem Verhalten des Verstärkers, was Verzerrungen erzeugt.

Diese Verzerrungen manifestieren sich als Splatter, also unerwünschte Aussendungen auf benachbarten Frequenzen. A ist korrekt.

B:

Sind Folgen von Rückkopplungen + schlechtem Design, sind unabhängig von der Signalstärke.

C:

Oszillator- oder Frequenzsyntheseprobleme.

D:

Oszillatorinstabilitäten beim Einschalten.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD424 Ein HF-Leistungsverstärker im A-Betrieb wird mit einer Drainspannung von 50 V und einem Drainstrom von 2 A betrieben. Wie hoch ist die zu erwartende Ausgangsleistung des Verstärkers?

A ≈ 40 W

B ≈ 85 W

C ≈ 60 W

D ≈ 75 W

Lösung / Rechenweg:

$Gleichstromleistung$:

$$P_{DC} = U_D \cdot I_D = 50\,V \cdot 2\,A = 100\,W$$

$$Wirkungsgrad\ \eta \approx 40\,\%, da\ A - Betrieb$$

$$P_{out} \approx 0{,}4 \cdot PDC \approx 0{,}4 \cdot 100\,W \approx 40\,W$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD425 Ein HF-Leistungsverstärker im C-Betrieb wird mit einer Drainspannung von 50 V und einem Drainstrom von 2 A betrieben. Wie hoch ist die zu erwartende Ausgangsleistung des Verstärkers?

A ≈ 85 W

B ≈ 70 W

C ≈ 60 W

D ≈ 40 W

Lösung / Rechenweg:

$Gleichstromleistung$:

$$P_{DC} = U_D \cdot I_D = 50\,V \cdot 2\,A = 100\,W$$

$$Wirkungsgrad\ \eta \approx 85\,\%, da\ C - Betrieb$$

$$P_{out} \approx 0{,}85 \cdot P_{DC} \approx 0{,}85 \cdot 100\,W \approx 85\,W$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD426 Ein HF-Leistungsverstärker hat eine Verstärkung von 16 dB. Welche HF-Ausgangsleistung ist zu erwarten, wenn der Verstärker mit 1 W HF-Eingangsleistung angesteuert wird?

A 40 W

B 80 W

C 16 W

D 20 W

Lösung / Rechenweg:

$10\ dB\ =\ Verzehnfachung\ (bei\ P)$
$3\ dB\ =\ Verdoppelung\ (bei\ P)$

$d.h.also$:

$1\ W\ \cdot 10\ \cdot 2\ \cdot 2 = 40\ W$

Leistungsverhältnis	
−20 dB	0,01
−10 dB	0,1
−6 dB	0,25
−3 dB	0,5
−1 dB	0,79
0 dB	1
1 dB	1,26
3 dB	2
6 dB	4
10 dB	10
20 dB	100

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD427 Ein NF-Verstärker hebt die Eingangsspannung von 1 mV auf 4 mV Ausgangsspannung an. Eingangs- und Ausgangswiderstand sind gleich. Wie groß ist die Spannungsverstärkung des Verstärkers?

A 12 dB

B 3 dB

C 6 dB

D 9 dB

Lösung / Rechenweg:

$6\,dB\ =\ Verdoppelung\ (bei\ U)$

$d.h.also$:

$1\,mW\ \cdot 2 \cdot 2 = 4\,mW$

$Zwei\ Verdoppelungen$:
$6\,dB + 6\,dB = 12\,dB$

	Spannungsverhältnis
−20 dB	0,1
−10 dB	0,32
−6 dB	0,5
−3 dB	0,71
−1 dB	0,89
0 dB	1
1 dB	1,12
3 dB	1,41
6 dB	2
10 dB	3,16
20 dB	10

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD428 Ein Leistungsverstärker hebt die Eingangsleistung von 2,5 W auf 38 W Ausgangsleistung an. Dem entspricht eine Leistungsverstärkung von ...

A 11,8 dB.

B 15,2 dB.

C 17,7 dB.

D 23,6 dB.

Lösung / Rechenweg:

$Verstärkung\ von\ 2{,}5\ W\ auf\ 38\ W\ bedeutet\ eine\ Verstärkung\ um\ den\ Faktor$:

$$\frac{38}{2{,}5} = 15{,}2$$

$$10 \cdot log_{10}(15{,}2) \approx 11{,}818\ dB$$

Alternativer Lösungsweg ohne Taschenrechner:

- 2,5 W verdoppelt sind 5 W (entspricht 3 dB)
- 5 W verzehnfacht sind 50 W (entspricht 10 dB)
- 38 W $<$ 50 W,
  d.h. das Ergebnis muss unter 3+10 = 13 dB liegen.
- Es bleibt nur Lösung A mit 11,8 dB.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD429 Eine Treiberstufe eines HF-Verstärkers braucht am Eingang eine Leistung von 1 W, um am Ausgang 10 W an die Endstufe abgeben zu können. Sie benötigt dazu eine Gleichstromleistung von 25 W.
Wie hoch ist der Wirkungsgrad der Treiberstufe?

A 40 %

B 25 %

C 15 %

D 10 %

Lösung / Rechenweg:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{DC}} \cdot 100\ \%$$

$Aufgabenstellung$:

$P_{out} = 10\ W$
$P_{DC} = 25\ W$

$Einsetzen$:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{DC}} \cdot 100\ \% = \frac{10\ W}{25\ W} \cdot 100\ \% = 40\ \%$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD430 Ein HF-Verstärker ist an eine 12,5 V Gleichstrom-Versorgung angeschlossen. Wenn die HF-Ausgangsleistung des Verstärkers 90 W beträgt, zeigt das an die Stromversorgung angeschlossene Strommessgerät 16 A an. Der Wirkungsgrad des Verstärkers beträgt ...

A 45 %.

B 55 %.

C 100 %.

D 222 %.

Lösung / Rechenweg:

$$P_{DC} = I_{DC} \cdot U_{DC}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{DC}} \cdot 100\ \%$$

$Aufgabenstellung$:

$I_{DC} = 16\ A$
$U_{DC} = 12{,}5\ V$
$P_{out} = 90\ W$

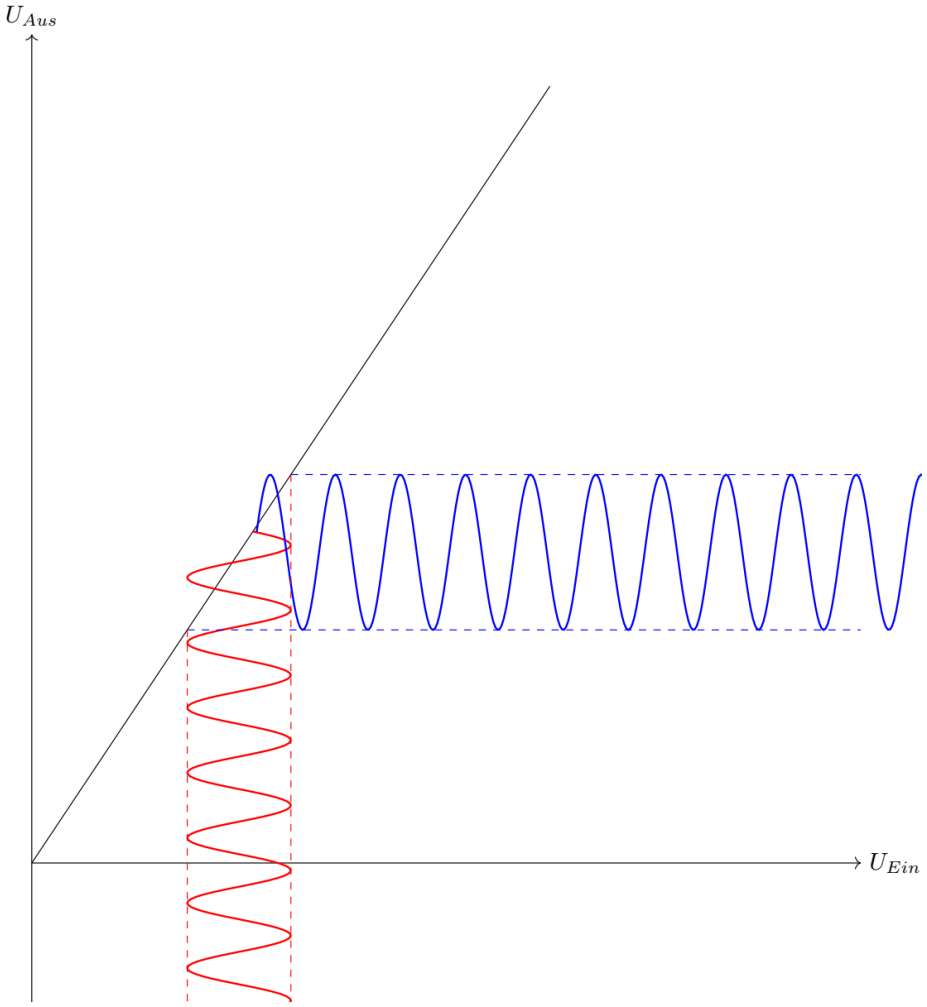
$Einsetzen$:

$$P_{DC} = 16\ A\ \cdot 12{,}5\ V = 200\ W$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{DC}} \cdot 100\ \% = \frac{90\ W}{200\ W} \cdot 100\ \% = 45\ \%$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Wesentliche Eigenschaft eines Linearverstärkers



Hier ist schematisch die Funktion eines Linearverstärkers dargestellt – die Kennlinie ist eine Gerade (hier idealisiert über den ganzen Bereich).

Das **Eingangssignal** wird an der Kennlinie gespiegelt und es entsteht das **verstärkte Ausgangssignal**.

Wesentlich ist, dass die Kurvenform erhalten bleibt und keine Verzerrungen auftreten. Das Signal wird lediglich verstärkt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD431 Welche Eigenschaft besitzt ein Linearverstärker?

A Die Kurvenform am Ausgang entspricht der Kurvenform am Eingang.

B Er ist nur für sinusförmige Signale geeignet.

C Die Phasenlage zwischen Eingang und Ausgang beträgt immer 180°.

D Die Amplitude am Ausgang entspricht der Amplitude am Eingang.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker / Rückkopplungen Ausgang und Eingang

Kopplungen zwischen Ausgang und Eingang können zu Eigenschwingungen eines Verstärkers führen, weil sie eine ungewollte Rückkopplung erzeugen.

Gründe:

- **Rückkopplungsschleife**
  Ein Teil des verstärkten Ausgangssignals wird zum Eingang zurückgeführt.
- **Verstärkung der Rückkopplung**
  Das zurückgeführte Signal wird erneut verstärkt, was zu einer sich selbst verstärkenden Schleife führt.
- **Phasenbeziehung**
  Wenn das rückgekoppelte Signal in Phase mit dem Eingangssignal ist, verstärkt es sich selbst.

} positive Rückkopplung

- **Schwellenwert**
  Sobald die Schleifenverstärkung größer als 1 wird, setzt Selbsterregung ein.
- **Frequenzabhängigkeit**
  Die Stärke der Kopplung und die Phasenbeziehung können frequenzabhängig sein, was zu Schwingungen bei bestimmten Frequenzen führt.

Um Eigenschwingungen zu verhindern, müssen Verstärker sorgfältig abgeschirmt und die Anpassnetzwerke am Ein- und Ausgang so ausgelegt werden, dass sie in allen Betriebszuständen stabil bleiben.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD432 Was ist die Ursache für Eigenschwingungen eines Verstärkers?

A Kopplung zwischen Ausgang und Eingang

B Unzulängliche Verstärkung

C Zu hohe Restwelligkeit in der Stromversorgung

D Unzulängliche Regelung der Stromversorgung

Erklärung:

A:

Positive Rückkopplung (Ausgangssignale kommen zum Eingang) führen zu Eigenschwingungen (sich selbst erhaltende Schwingung) – A ist korrekt.

B:

Zu geringe Verstärkung führt zu keinen Eigenschwingungen – B scheidet aus.

C:

Restwelligkeit führt zu Brummstörungen oder Modulationen, aber nicht zu Eigenschwingungen. Eigenschwingungen sind unabhängig von der Stromversorgung – C scheidet aus.

D:

Unzureichende Regelung der Stromversorgung führt zu Verzerrungen und Spannungseinbrüchen aber nicht zu eigenschwingungsbedingten Frequenzprobleme – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.4 Verstärker

AD433 Welche Baugruppe sollte für die Begrenzung der NF-Bandbreite eines Mikrofonverstärkers verwendet werden?

A Bandpassfilter

B Notchfilter

C Hochpassfilter

D Amplitudenbegrenzer

Erklärung:

A:

Filterung unterhalb 300 Hz und oberhalb 3000 Hz entspricht einem Bandpassfilter. Die Frequenzen unterhalb 300 Hz und oberhalb 3000 Hz dienen nicht der Sprachverständlichkeit - A ist korrekt.

B:

Ein Notchfilter unterdrückt nur eine Frequenz oder ein sehr schmales Frequenzband. Er ist daher nicht geeignet Frequenzen unterhalb 300 Hz oder oberhalb 3000 Hz zu filtern – B scheidet aus.

C:

Ein Hochpassfilter würde zwar ab 300 Hz filtern können, aber auch Frequenzen oberhalb 3000 Hz durchlassen – C scheidet aus.

D:

Dieser hätte keinen Einfluss auf die NF-Bandbreite, nur auf die Lautstärke – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator – Hüllkurvendemodulator zur Demodulation von AM-Signalen

Komponenten des Hüllkurvendemodulators zur Demodulation von AM-Signalen

ZF (Zwischenfrequenzsignal)

Das Eingangssignal, welches das modulierte AM-Signal darstellt. Es besteht aus einer hochfrequenten Trägerschwingung und der niederfrequenten Modulation.

Transformator

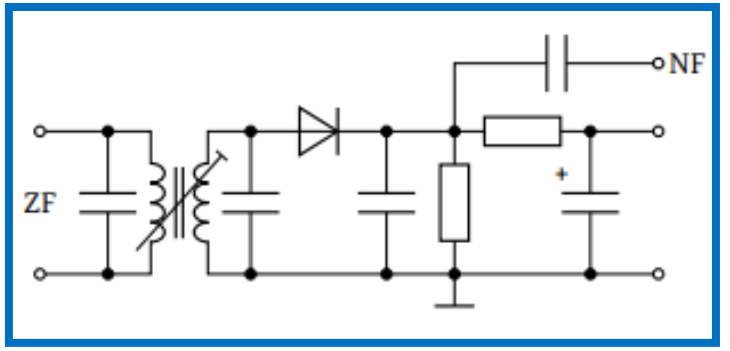
Der Transformator dient der Impedanzanpassung und koppelt das Eingangssignal in den Demodulator ein.

Diode

Die Diode fungiert als Gleichrichter. Sie lässt nur eine Halbwelle des AM-Signals passieren, wodurch die negative Hälfte der Trägerschwingung entfernt wird. Das resultierende Signal ist pulsierend.

Kondensatoren (C)

Die Kondensatoren spielen eine wichtige Rolle bei der Glättung und Filterung des Signals. Der Kondensator parallel zur Diode speichert Ladung und bildet zusammen mit dem Lastwiderstand einen Tiefpassfilter, der die hochfrequente Trägerschwingung entfernt. Weitere Kondensatoren blockieren Gleichspannungen oder dienen als zusätzliche Filterelemente.



Widerstand

Der Widerstand bildet zusammen mit dem Kondensator einen RC-Tiefpass-filter. Dadurch wird die Hüllkurve des AM-Signals geglättet.

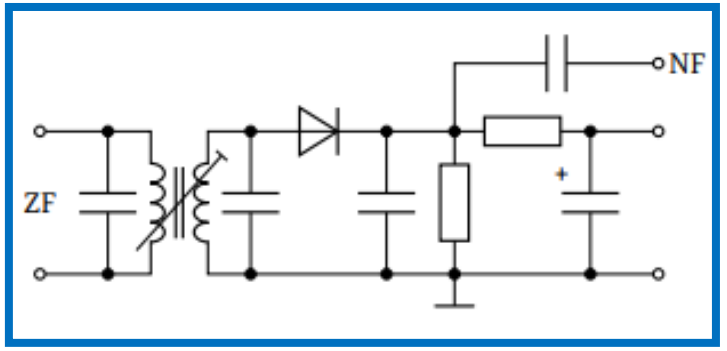
NF (Niederfrequenz-Ausgang)

Der NF-Ausgang führt die demodulierte Hüllkurve ab, die das ursprüngliche Audiosignal oder die Informationskomponente des AM-Signals darstellt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator – Hüllkurvendemodulator zur Demodulation von AM-Signalen

Arbeitsweise des Hüllkurvendemodulators zur Demodulation von AM-Signalen



Eingangssignal (ZF)

Das AM-Signal wird über den Transformator eingespeist. Es besteht aus der Trägerschwingung und der niederfrequenten Modulationsinformation.

Gleichrichtung

Die Diode unterdrückt die negative Halbwelle des Signals. Dadurch wird das Signal in eine pulsierende Gleichspannung umgewandelt.

Glättung

Der Kondensator hinter der Diode speichert die Ladung während der positiven Halbwellen und gibt sie in den Zwischenräumen ab. Dies glättet die Spannung, sodass eine nähere Annäherung an die Amplitudenhüllkurve entsteht.

Filterung

Der Widerstand und die Kondensatoren wirken als Tiefpassfilter. Sie entfernen die verbleibenden hochfrequenten Anteile des Trägersignals. Das Ergebnis ist die reine Hüllkurve.

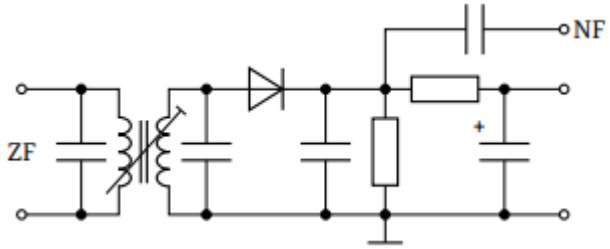
Ausgabe (NF)

Am Ausgang wird das demodulierte Signal (die Hüllkurve) bereitgestellt, das die ursprüngliche niederfrequente Information enthält.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD501 Bei dieser Schaltung handelt es sich um einen ...



A Hüllkurvendemodulator zur Demodulation von AM-Signalen.

B SSB-Modulator.

C FM-Demodulator.

D Produktdetektor zur Demodulation von SSB Signalen.

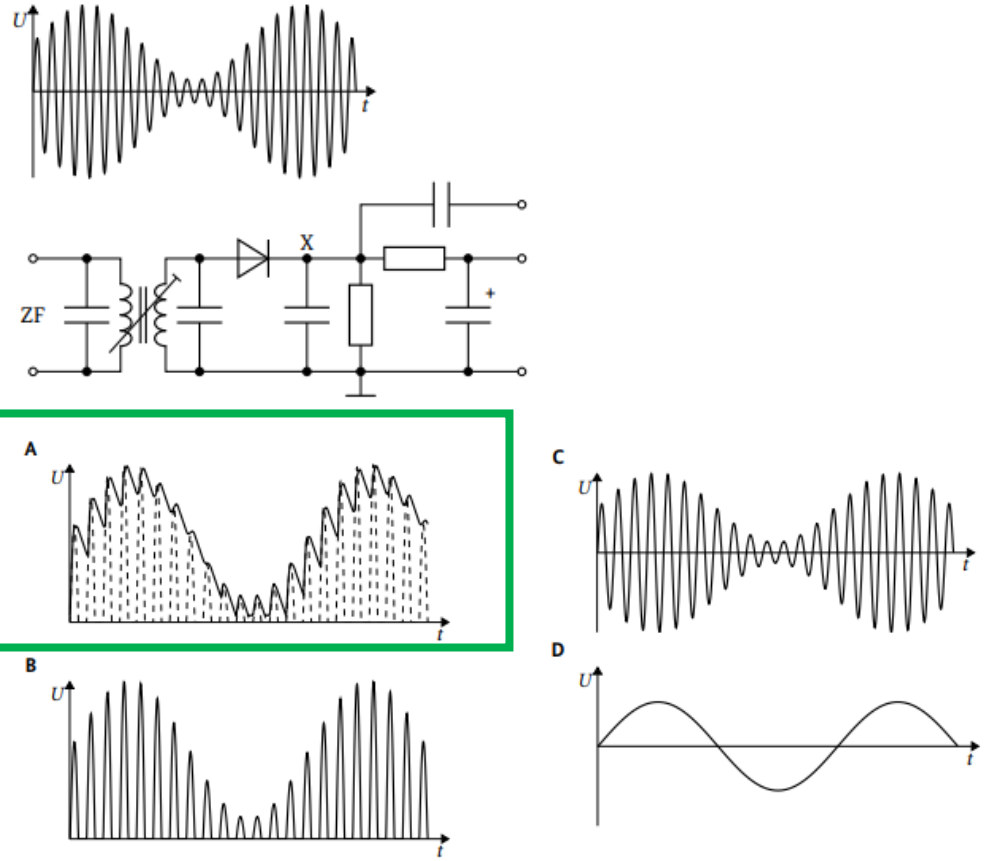
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD502 Am ZF-Eingang des Hüllkurvendemodulators liegt das dargestellte Signal an. Welches der folgenden Signale zeigt sich an dem mit X bezeichneten Punkt der Schaltung?



Erklärung:

A:

Diagramm A enthält weder HF-Anteile noch negative Schwingungsanteile, sondern nur noch die NF-Hüllkurve.

Solch ein Signal zu erzeugen ist die Aufgabe eines Hüllkurvendemodulators – A ist korrekt.

B:

Das Signal B enthält zwar keine negativen Anteile mehr, jedoch HF-Anteile, diese werden jedoch durch den Kondensator und Lastwiderstand als Tiefpassfilter entfernt – B scheidet aus.

C, D:

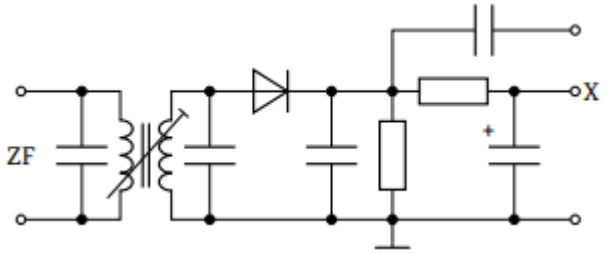
Durch die Diode werden die negativen Anteile der Schwingung entfernt – C und D scheiden aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

Es handelt sich um eine Demodulatorschaltung.
Siehe AD501.

AD503 Bei dieser Schaltung ist der mit X bezeichnete Anschluss ...



A der Ausgang für eine Regelspannung.

B der Ausgang für das NF-Signal.

C der Ausgang für das Oszillatorsignal.

D der Ausgang für das ZF-Signal.

Erklärung:

A:

Am Punkt X liegt der Mittelwert der Signalspannung (an der Diode) in Form einer Gleichspannung an.
Sie kann als AGC-Spannung (Automatic Gain Control) genutzt werden, wenn sie so eingesetzt wird, dass die Verstärkung sinkt, wenn die Regelspannung steigt (Rückführung zum Verstärker).

B:

Der Ausgang für das NF-Signal befindet sich am Anschluss über X (mit einem Kopplungskondensator) – B scheidet aus.

C:

Es gibt hier keine Schwingkreiselemente (Quarz, Spule/Kondensator), daher auch keine Oszillator-frequenz – C scheidet aus.

D:

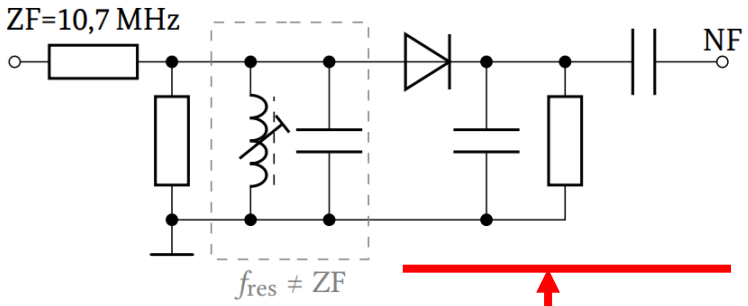
Es gibt keinen Ausgang für das ZF-Signal, nur den Eingang (links), da Demodulator – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

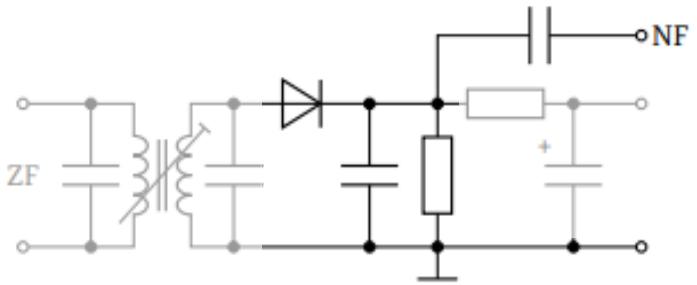
5.4.5 Modulator / Demodulator – Flankendiskriminator zur Demodulation von FM-Signalen

Flankendemodulator / Flankendiskriminator

- Verwendet einen **Schwingkreis**, der das zu demodulierende FM-Signal in ein AM-moduliertes Signal umwandelt und dann
- **AM-Demodulation** anwendet, um eine NF zu erhalten.

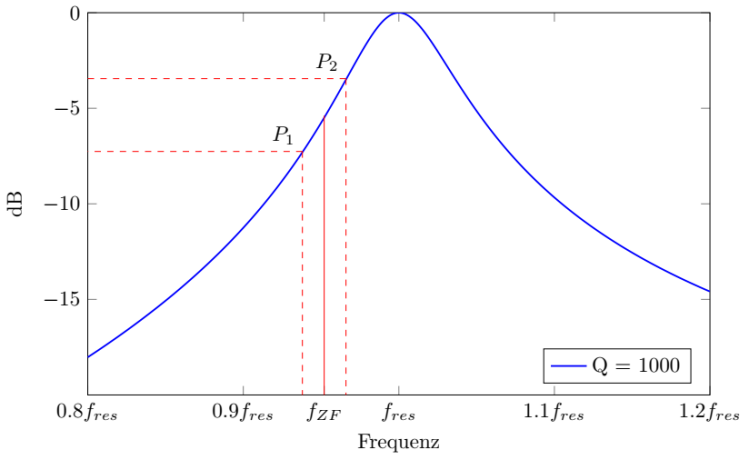


AM-Demodulator (siehe Folien zuvor)



Den FM-AM-Wandler nennt man auch Flankendiskriminator

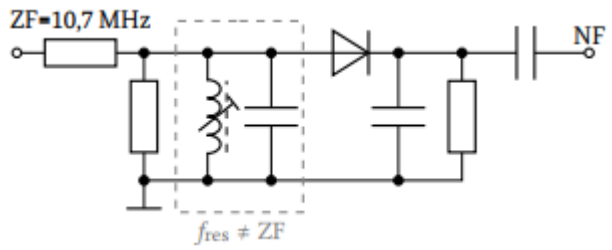
- Die Resonanzfrequenz darf nicht der Zwischenfrequenz entsprechen, muss also ober- oder unterhalb der ZF liegen, damit der Arbeitsbereich eine möglichst lange lineare Flanke ($\overleftrightarrow{P_1P_2}$) nutzen kann.
- Die Zwischenfrequenz wird auf die Flankenmitte gelegt.
- Der Schwingkreis muss eine hohe Güte (z.B. Q=1000) besitzen.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD504 Bei dieser Schaltung handelt es sich um einen ...



A Flanken-Diskriminator zur Demodulation von FM-Signalen.

B Produktdetektor zur Demodulation von SSB-Signalen.

C Produktdetektor zur Demodulation von FM-Signalen.

D Diodendetektor zur Demodulation von SSB-Signalen

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

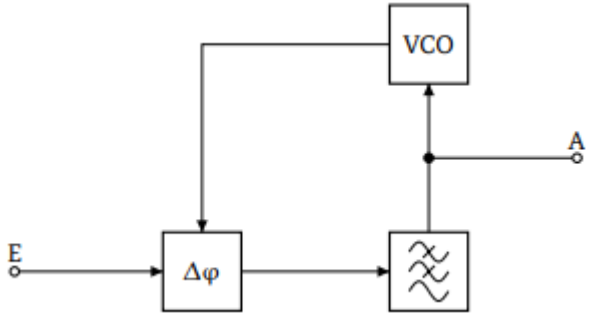
BFO fehlt, d.h. B und D scheiden aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator – Das Funktionsprinzip des PLL-FM-Demodulators

Der PLL-FM-Demodulator besteht aus 3 Hauptkomponenten

1. **Phasendetektor $\Delta\varphi$**
   vergleicht die Phasenlage des Eingangssignals E mit der des gesteuerten Oszillators VCO.
2. **Filter**
   filtert das Fehlersignal vom Phasendetektor $\Delta\varphi$ und erzeugt ein Steuersignal für den Oszillator VCO.
3. **Spannungsgesteuerter Oszillator VCO (Voltage controlled oscillator)**
   erzeugt ein Ausgangssignal, dessen Freuqenz durch die Steuerspannung beeinflusst wird.

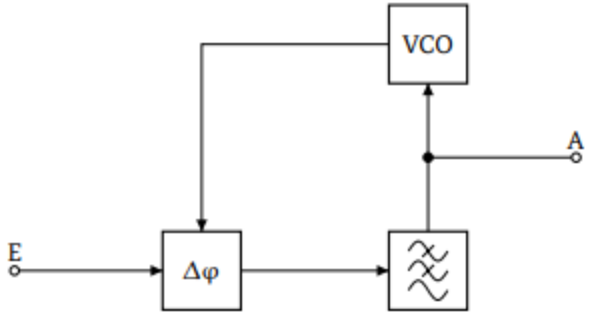


Die Komponenten bilden einen Regelkreis, bei dem die Frequenz des VCO der des Eingangssignals folgt. Ändert sich die Eingangsfrequenz, wird der VCO zur neuen Frequenz gesteuert, wodurch das FM-Signal demoduliert wird.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD505 Bei dieser Schaltung handelt es sich um einen ...



A PLL-FM-Demodulator.

B SSB-Demodulator mit PLL-gesteuertem BFO.

C PLL-Abwärtsmischer.

D AM-Modulator.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator – Produktdetektor zur Demodulation von SSB-Signalen

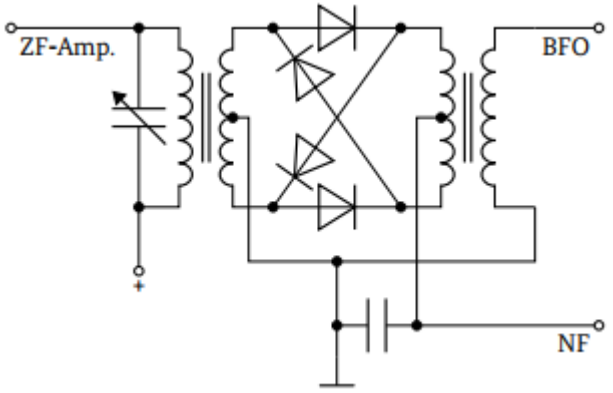
Funktionsprinzip des Produktdetektors zur Demodulation von SSB-Signalen

Multiplikation (Mischung) des eingehenden SSB-Signals mit einem lokal erzeugten Trägersignal:

- SSB-Signal wird in den Produktdetektor eingespeist.
- Beat Frequency Oscillator (BFO) erzeugt ein lokales Trägersignal, das auf die Frequenz des unterdrückten Trägers des SSB-Signals abgestimmt ist.
- SSB-Signal + BFO-Signal werden in einem Ringmischer/-modulator multipliziert.
- Dadurch entstehen Summen- und Differenzfrequenzen. Die Differenzfrequenz entspricht dem ursprünglichen Audiosignal.
- Tiefpassfilter entfernt die hochfrequenten Komponenten und lässt nur das gewünschte Audiosignal durch.

Vorteil des Produktdetektors gegenüber einfacheren Detektoren

- Unabhängigkeit von der HF-Amplitude
- Effektive Demodulation von SSB-Signalen



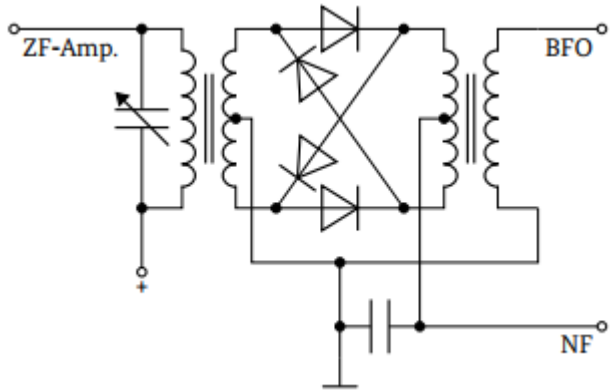
Erkennungsmerkmal

- **Ringmodulator mit vier Dioden, die in einer kreisförmigen Anordnung verbunden sind**
- **BFO**
- **Induktive Kopplung über 2 Spulen mit Mittenabgriff**

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD506 Bei dieser Schaltung handelt es sich um einen ...



A Produktdetektor zu Demodulation von SSB-Signalen.

B Flankendemodulator zur Demodulation von FM-Signalen.

C Hüllkurvendemodulator zur Demodulation von AM-Signalen.

D Diskriminator zur Demodulation von FM-Signalen.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

Das „BFO“ rechts oben gibt den Hinweis auf „SSB“.

Die Diodenschaltung in der Mitte ist zuständig für die Produktbildung, also Produktdetektor.

Lösung A ist korrekt.

B:

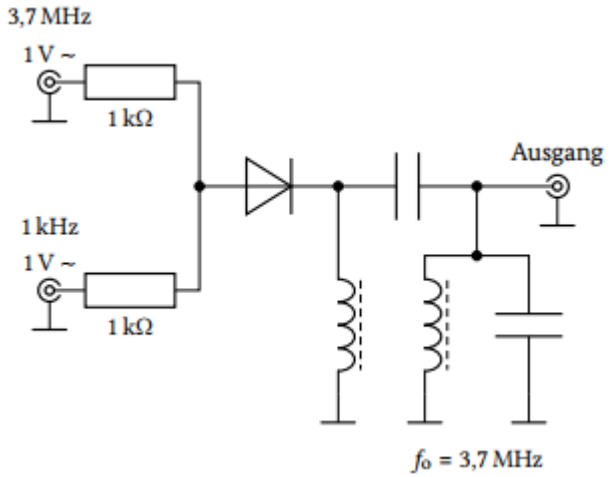
Auch ein Flankendemodulator ist auch sehr einfach aufgebaut (eine Diode) – B scheidet aus.

C:

Ein Hüllkurvendemodulator ist wesentlich einfacher aufgebaut (nur eine Diode) – C scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator – AM-Modulator-Schaltung (Additive Mischung)



Eingangssignale

- Eingang HF-Träger 3,7 MHz mit einem 1k Widerstand, der den Strom begrenzt und an den Mischpunkt anpasst.
- Eingang NF-Signal 1 kHz z.B. Audiosignal. Der Widerstand hat die gleiche Funktion.

Modulationsstufe (Diode)

- Die Diode mit exponentieller (nicht-linearer) Kennlinie, mischt die beiden Signale additiv – weniger eine Eigenart der Diode als vielmehr die Tatsache, dass beide Signale gleichzeitig an der Diode anliegen.
- Alte und neue Frequenzkomponenten: 3,7 MHz und 1 kHZ sowie
  3,7 MHz - 1kHz = 3,699 MHz und 3,7MHz + 1kHz = 3,701 MHz
  Die letzten Beiden sind die Seitenbänder.

Bandpassfilterung auf 3,7 MHz durch einen Resonanzkreis

- Oberwellen und unerwünschte Frequenzen werden über einen resonanten LC-Kreis, der auf 3,7 MHz angestimmt ist (Mittenfrequenz = Trägerfrequenz) gefiltert.

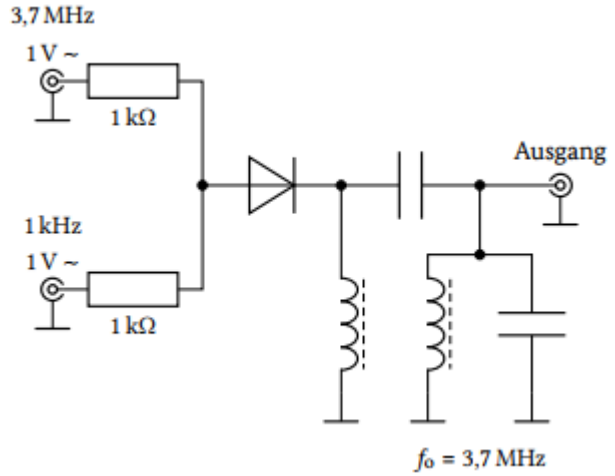
Ausgang

- Es bleibt das modulierte Signal am Ausgang: Trägerfrequenz + LSB + USB

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD507 Bei dieser Schaltung handelt es sich um einen ...



A AM-Modulator.

B USB-Modulator.

C FM-Modulator.

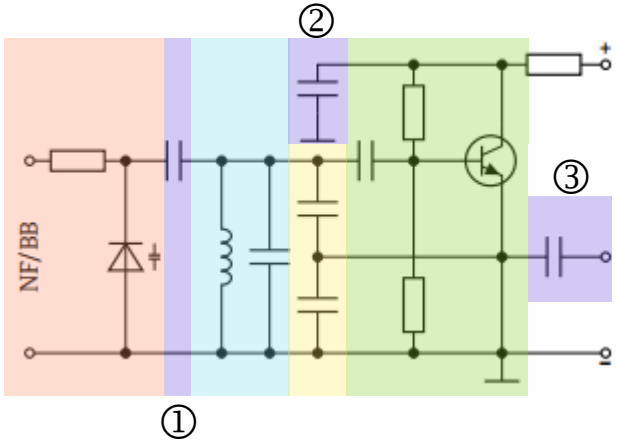
D LSB-Modulator.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator / Modulator zur Erzeugung von frequenzmodulierten Signalen I



Erläuterung durch Aufteilung in Funktionseinheiten

Eingangsstufe (Rosa/Beige)

- NF/BB (Niederfrequenz/Breitband) kennzeichnet das Eingangssignal, welches als Modulationssignal dient (Sprache)
- Die Varicap-Diode (Kapazitätsdiode) verändert ihre Kapazität in Abhängigkeit von der anliegenden Gleichspannung.
  Das anliegende Modulationssignal beeinflusst die Kapazität der Varicap-Diode, was zur Frequenzänderung des angeschlossenen Schwingkreises führt.
- Der horizontale Widerstand links oberhalb der Varicap sorgt für deren Vorspannung (Bias). Diese benötigt eine negative Sperrspannung, damit sie als spannungsgesteuerter Kondensator arbeiten kann. Der Widerstand begrenzt auch den Stromfluss und schützt die Varicap.

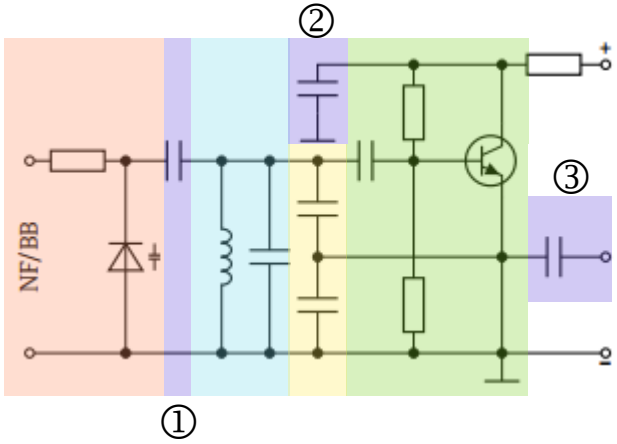
Schaltung ist fehlerhaft!
Zu viele Kurzschlüsse!

Entkopplung 1 (Lila)

- Kopplungskondensator ① blockiert evtl. Gleichspannungskomponenten und lässt nur Wechselspannung passieren.
- Der Kondensator verhindert zusammen mit dem Widerstand als Tiefpass, dass hochfrequente Signale vom folgenden (hellblauen) Schwingkreis an die Varicap gelangen.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator / Modulator zur Erzeugung von frequenzmodulierten Signalen II



Erläuterung durch Aufteilung in Funktionseinheiten

LC-Schwingkreis (Hellblau)

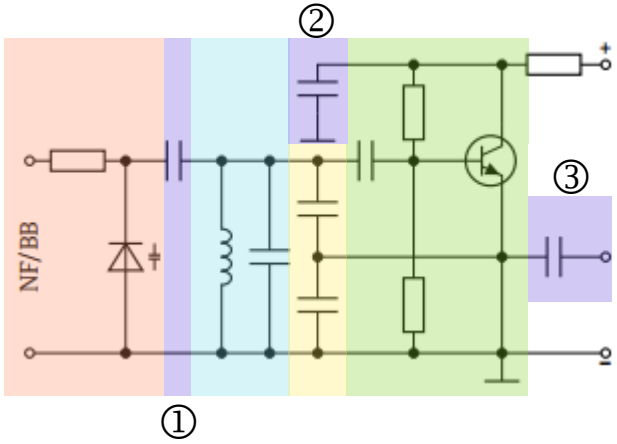
- Die Frequenz des Schwingkreises wird durch die Varicap Diode moduliert, wodurch eine Frequenzmodulation entsteht.

Kapazitiver Spannungsteiler (Gelb)

- Schafft die Rückkopplung zum LC-Schwingkreis (Oszillator), damit dieser kontinuierlich schwingt.
- Bestimmt wieviel HF-Energie aus dem LC-Schwingkreis an die Verstärkerstufe weitergeleitet wird.
- Bestimmt wie stark die Frequenzänderung der Varicap Diode an den Transistor weitergegeben wird.
- Stabilisiert die Signalführung und verhindert unerwünschte Rückkopplungen / Verzerrungen

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator / Modulator zur Erzeugung von frequenzmodulierten Signalen III



Erläuterung durch Aufteilung in Funktionseinheiten

Transistorstufe (Grün)

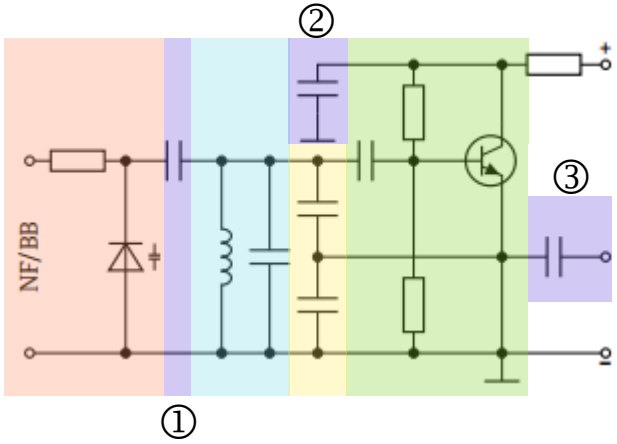
- Hier als Kollektorschaltung (Basis belegt, Emitter belegt, Kollektor frei)
- Hohe Eingangsimpedanz belastet den LC-Schwingkreis nur minimal
- Niedrige Ausgangsimpedanz für effiziente Kopplung und verlustarme Signalweitergabe
- Hohe Stromverstärkung, um das HF-Signal zu treiben, ohne es zu verzerren
- Puffert, damit nachfolgende Schaltungen den Schwingkreis nicht beeinflussen.

Entkopplung 2 (Lila)

- Bietet Entkopplung, damit HF-Signale nicht über die Gleichspannungseinspeisung zurück in die Versorgung gelangen.
- Leitet HF-Signale ab, damit die Varicap Diode nicht beeinflusst wird und dort nur die gewünschte Modulationsspannung anliegt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator / Modulator zur Erzeugung von frequenzmodulierten Signalen IV



Erläuterung durch Aufteilung in Funktionseinheiten

Widerstand am Pluspol

- Begrenzung des Kollektorstroms und sorgt damit für einen stabilen Arbeitspunkt
- Sorgt für einen definierten Spannungsabfall, der notwendig ist, um die richtige Ausgangsspannung zu erhalten.
- Beeinflusst wie viel Strom dem Transistor zur Verfügung steht und damit wie stark das Signal weitergegeben wird.

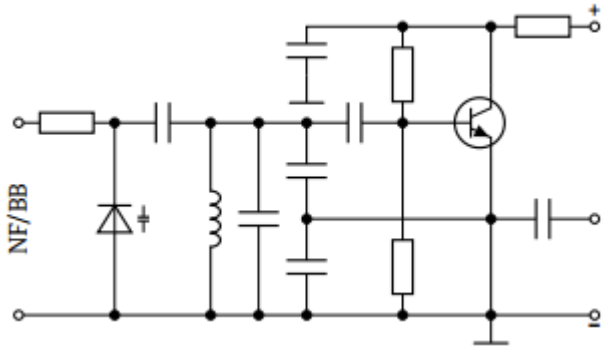
Entkopplung 3 (Lila)

- Blockiert Gleichspannungskomponenten von nachfolgenden Stufen
- Lässt nur das rein modulierte HF-Signal durch
- Sorgt für eine Impedanzanpassung für die folgende Stufe.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD508 Bei dieser Schaltung handelt es sich um einen Modulator zur Erzeugung von …



A frequenzmodulierten Signalen.

B phasenmodulierten Signalen.

C AM-Signalen mit unterdrücktem Träger.

D AM-Signalen.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

Bei Auftreten einer Kapazitätsdiode mit insgesamt 5 Kapazitäten und einer Spule direkt an FM denken!

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator – Hubbegrenzung und Einstellung bei FM-Funkgeräten

Rechts eine Schaltung zur Hubbegrenzung und Hubeinstellung bei FM-Funkgeräten

1 – Eingangsverstärker

- Verstärkt das eingehende NF-Signal (0,3 – 3,4 kHz) und stellt sicher, dass das Signal eine ausreichende Amplitude zur Modulation hat.

2 – Begrenzerdioden (zwei gegensinnig geschaltete Dioden nach dem NF-Verstärker)

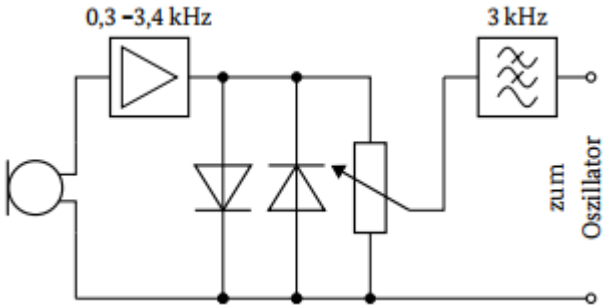
- Begrenzen den Pegel – bei niedrigen Signalpegeln bleiben die Dioden gesperrt und das Signal wird unverändert weitergeleitet. Überschreitet der Signalpegel eine bestimmte Amplitude, leiten die Dioden und begrenzen so die maximale Spannung.
- Übermäßige Hubauslenkung wird vermieden und der Modulator vor Verzerrungen geschützt.

3 – Potentiometer

- Zur Feineinstellung des Hubs – Amplitude des Signals kann verändert werden, was direkt die Stärke der Frequenzmodulation beeinflusst.

5 – Oszillatorausgang

- Gefiltertes und begrenztes Signal dient der Modulation des Oszillators



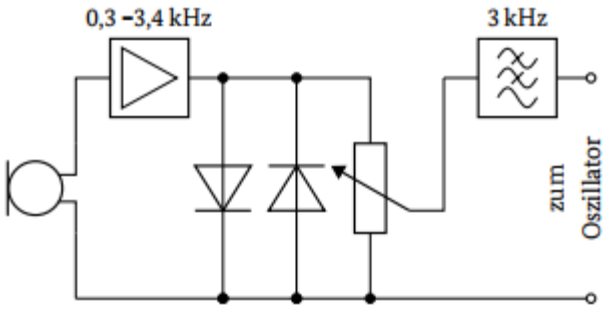
4 – Tiefpassfilter

- Entfernt störende HF-Komponenten
- Stellt sicher, das nur das gewünschte NF-Band von max. 3 kHz zum Modulator gelangt
- Übermäßige HF-Anteile könnten zu Signalver-zerrungen und zu großer Bandbreite führen

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD509 Was ermöglicht die abgebildete Schaltung?



A Die Hubbegrenzung und Hubeinstellung bei FM-Funkgeräten

B Die HF-Pegelbegrenzung und HF-Pegeleinstellung bei FM-Funkgeräten

C Die Erzeugung von Amplitudenmodulation

D Die Erzeugung von Phasenmodulation

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator – Der Ringmodulator (symmetrischer Balancemischer)

Symmetrisch eingestellter Balancemischer = Ringmodulator = Ringmischer

- **erzeugt am Ausgang ein Doppelseitenband-Signal (DSB)**
  Dieses Signal enthält die beiden Seitenbänder des modulierten Trägers, während der Träger selbst unterdrückt wird.

Eigenschaften des Balancemischers

- **Trägerunterdrückung**
  Der Balancemischer ist so konstruiert, dass er den Träger unterdrückt. Dies wird durch die symmetrische Anordnung der Dioden oder Transistoren in einer Ringschaltung erreicht.
- **Seitenbänder**
  Am Ausgang stehen die beiden Seitenbänder an, die durch die Mischung des Eingangssignals mit dem Lokaloszillator-Signal entstehen.
- **Unterdrückung unerwünschter Signale**
  Durch seinen symmetrischen Aufbau werden die Eingangssignale im Ausgang maximal unterdrückt, was ihn besonders effektiv für die Erzeugung reiner Mischprodukte macht.
- **Anwendung in SSB-Modulatoren**
  Der Balancemodulator ist oft die erste Stufe eines Einseitenband-Modulators. Das erzeugte Doppelseitenband-Signal wird anschließend durch ein Bandpass-Filter geleitet, um ein einzelnes Seitenband (SSB) zu erhalten.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.5 Modulator / Demodulator

AD510 Welche Signale stehen am Ausgang eines symmetrisch eingestellten Balancemischers an?

A Die zwei Seitenbänder

B Viele Mischprodukte

C Der verringerte Träger und ein Seitenband

D Der vollständige Träger

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD601 Was versteht man unter einem VCO? Ein VCO ist ein ...

A spannungsgesteuerter Oszillator.

B Oszillator, der mittels eines Drehkondensators abgestimmt wird.

C quarzstabilisierter Referenzoszillator.

D variabler Quarzoszillator

Erklärung:

Im Hilfsmittel nachschauen:

VCO	Voltage-Controlled Oscillator (Spannungsgesteuerter Oszillator)

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD602 Unter einem TCXO versteht man einen ...

A temperaturkompensierten Quarzoszillator.

B kapazitiv abgestimmten Quarzoszillator.

C temperaturkompensierten LC-Oszillator.

D Oszillator, der auf konstanter Temperatur gehalten wird.

Erklärung:

Im Hilfsmittel nachschauen:

TCXO	Temperature Compensated Crystal Oscillator (Temperaturkompensierter Quarzoszillator)

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD603 Wie nennt man einen temperaturkompensierten Quarzoszillator?

A TCXO

B OCXO

C VCO

D VFO

Erklärung:

Im Hilfsmittel nachschauen:

TCXO	Temperature Compensated Crystal Oscillator (Temperaturkompensierter Quarzoszillator)
OCXO	Oven-Controlled Crystal Oscillator (Quarzoszillator mit Quarzofen)
VCO	Voltage-Controlled Oscillator (Spannungsgesteuerter Oszillator)

Der VFO ist dort nicht genannt, allerdings kann man die richtige Lösung dort bereits finden – alle anderen Möglichkeiten scheiden dann aus. VFO steht für:

VFO	Variable Frequency Oscillator

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD604 Welcher Oszillator ist für einen SSB-SDR-Sender im 3 cm Band geeignet?

A TCXO

B VCO

C LC-Oszillator

D RC-Oszillator

Erklärung:

$$f = \frac{300}{\lambda} = \frac{300}{3 \cdot 10^{-2}} = 10000\ MHz = 10\ GHz$$

A:

TCXOs (Temperaturkompensierte Quarz-Oszillatoren) bieten eine hohe Frequenzstabilität von weniger als 1 ppm, im Vergleich zu typischen Quarzen mit 30 ppm.

Diese Stabilität ist entscheidend für SSB-Betrieb im 3 cm Band (ca. 10 GHz), da Frequenzabweichungen bei höheren Frequenzen verstärkt werden.

B, C, D:

VCOs, LC-Oszillatoren und RC-Oszillatoren haben nicht die erforderliche Stabilität für SSB-Betrieb in diesem Frequenzbereich – sie scheiden aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD605 Welcher der angegebenen Oszillatoren hat die größte Frequenzstabilität?

A OCXO

B TCXO

C VCO

D XO

Erklärung:

OCXOs bieten die höchste Frequenzstabilität unter den genannten Optionen, da sie den Quarzkristall in einem temperaturkontrollierten "Ofen" betreiben. Dies minimiert Frequenzschwankungen durch Temperaturänderungen erheblich.

Die Rangfolge der Frequenzstabilität:

- OCXO (Oven Controlled Crystal Oscillator): Höchste Stabilität (Größenordnung: 0,1 ppb)
- TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator): Sehr gute Stabilität
- XO (Crystal Oscillator): Gute Stabilität
- VCO (Voltage Controlled Oscillator): Geringste Stabilität der genannten Optionen

A ist korrekt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator / GPSDO

Was ist ein GPSDO?

- Ein GPSDO kombiniert als **externes Referenzsignal** ein GPS-Empfangsmodul mit einem hochpräzisen Oszillator (meist ein Quarzoszillator), um die Frequenz des Oszillators mit einer GPS-Zeitreferenz zu stabilisieren.

Hohe Genauigkeit und Stabilität
GPSDOs bieten eine Genauigkeit von wenigen Nanosekunden oder besser.

Langfristige Stabilität
Die GPS-Zeitreferenz bietet eine sehr geringe Langzeitdrift.

Grundprinzip

- **GPS-Signal als Zeitreferenz**
  GPS-Satelliten senden kontinuierlich Zeit- und Positionsdaten.
  Der GPSDO empfängt dieses Signal und nutzt die hochpräzise Zeitinformation.
- **Synchronisation des Oszillators**
  Der GPSDO vergleicht die Zeit des GPS-Signals mit der eigenen Oszillatorzeit und passt diese an, um langfristige Frequenzabweichungen zu korrigieren.

Technische Komponenten

GPS-Empfänger – Empfängt GPS-Signale und entschlüsselt die Zeitreferenz.
Oszillator (Quarz oder Rubidium) – Liefert die Ausgangsfrequenz, die durch das GPS-Signal stabilisiert wird.
Frequenzvergleichseinheit – Vergleicht die Frequenz des Oszillators mit der GPS-Zeit und sorgt für die Korrektur.
Phase-Locked Loop (PLL) – Ein Regelkreis, der dafür sorgt, dass der Oszillator mit der GPS-Zeit synchron bleibt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD606 Welche Eigenschaften besitzt ein GPSDO?

A Er hat eine hohe Kurz- und Langzeitstabilität durch ein externes Referenzsignal.

B Er hat eine niedrige Kurz- und hohe Langzeitstabilität durch ein externes Referenzsignal.

C Er hat eine hohe Kurz- und niedrige Langzeitstabilität durch ein internes Referenzsignal.

D Er hat eine hohe Kurz- und Langzeitstabilität durch ein internes Referenzsignal

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator / Voraussetzungen für Frequenzstabilität eines VFOs (Variable Frequency Oscillator)

Bei der Spannungsversorgung eines VFO (Variable Frequency Oscillator) ist es entscheidend, eine spannungsstabilisierte Gleichspannung zu verwenden.

- **Frequenzstabilität**
  Änderungen in der Betriebsspannung wirken sich direkt auf die erzeugte Frequenz des VFO aus2. Eine stabile Spannung ist daher unerlässlich, um Frequenzschwankungen zu minimieren.
- **Rauschunterdrückung**
  Eine gut stabilisierte Spannungsversorgung hilft, das Rauschen im Oszillator zu reduzieren.
- **Brummunterdrückung**
  Eine stabilisierte Gleichspannung unterdrückt effektiv Brummspannungen, die bei Netzbetrieb auftreten können und zu unerwünschter FM-Brumm-Modulation führen würden.
- **Temperaturkompensation**
  Eine stabile Spannungsversorgung trägt zur Temperaturkompensation bei, was für die Langzeitstabilität des VFO wichtig ist.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD607 Wie sollte der VFO in einem Sender betrieben werden, damit seine Frequenz stabil bleibt?

A Er sollte mit einer stabilisierten Gleichspannung versorgt werden.

B Er sollte in einem verlustarmen Teflongehäuse untergebracht sein.

C Er sollte mit einer unstabilisierten Wechselspannung versorgt werden.

D Er sollte in einem Pertinaxgehäuse untergebracht sein.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD608 Worauf ist bei der Spannungsversorgung eines VFO zu achten?

A Spannungsstabilisierte Gleichspannung

B Unmittelbare Stromzufuhr vom Gleichrichter

C Stromstabilisierte Gleichspannung

D Stabilisierte Wechselspannung

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD609 Wodurch wird „Chirp“ bei Morsetelegrafie hervorgerufen?

A Durch Betriebsspannungsänderungen des Oszillators bei der Tastung.

B Durch Amplitudenänderungen des Oszillators, weil die Tastung in der falschen Stufe erfolgt.

C Durch zu steile Flanken des Tastsignals.

D Durch zu schnelle Tastung der Treiberstufe.

Erklärung:

Chirp tritt auf, wenn:

Ein leichter Frequenzunterschied zwischen

- ansteigender Flanke eines Impulses und
- abfallende Flanke

besteht.

Ursache:

- Bei einem **schlecht spannungsstabilisierten Oszillator kann es beim Tasten in Telegrafie** zu Frequenzverwerfungen kommen, die sich wie das Chirpen eines Spatzes anhören.
- Diese Frequenzinstabilität entsteht durch Änderungen der Oszillatorfrequenz, die beispielsweise durch eine zu schwach ausgelegte Stromversorgung verursacht werden können.

https://www.youtube.com/watch?v=oWJIPxTmJug

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD610 Wie sollte ein Oszillator im Regelfall ausgangsseitig betrieben werden?

A Er sollte an eine Pufferstufe angeschlossen sein.

B Er sollte direkt an einen HF-Leistungsverstärker angeschlossen sein.

C Er sollte an ein passives Hochpassfilter angeschlossen sein.

D Er sollte an ein passives Notchfilter angeschlossen sein.

Erklärung:

A:

Eine oder besser zwei Pufferstufen verhindern, dass Impedanzschwankungen am Ausgang des Oszillators zum Steuertransistor durchdringen. Die Pufferstufe gewährleistet die Frequenzstabililität und Reinheit des Oszillator-signals. Sie verhindert die Rückübertragung von Störungen und Schwankungen nachfolgender Stufen auf den empfindlichen Oszillator.

B:

Ein direkter Anschluss des Oszillators an den HF-Leistungsverstärker würde zu Rückwirkungen auf den Oszillator führen – B scheidet aus.

C, D:

Passive Filter allein reichen nicht aus, um den Oszillator vor Rückwirkungen zu schützen und die notwendige Impedanzanpassung zu erreichen – C und D scheiden aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD611 Wenn HF-Signale unerwünscht auf einen VFO zurückkoppeln, kann dies zu ...

A Frequenzinstabilität führen.

B Frequenzsynthese führen.

C Gegenkopplung führen.

D Mehrwegeausbreitung führen.

Erklärung:

A:

HF-Einstreuungen können die empfindliche Balance des Oszillatorkreises stören, auch können HF-Rückkopplungen parasitäre kapazitive Änderungen bewirken, die Auswirkungen auf die Frequenzstabilität haben – A ist korrekt.

B:

Methode zur Erzeugung stabiler Frequenzen, nicht das Ergebnis unerwünschter Rückkopplungen – B scheidet aus.

C:

Gegenkopplung wird verwendet, um die Stabilität von Oszillatoren zu verbessern, nicht sie zu verschlechtern – C scheidet aus.

D:

Bezieht sich auf die Ausbreitung von Funkwellen in der Atmosphäre – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator / Anforderungen an die Beschaffenheit der Gleichspannungsversorgung für VFOs

Gleichspannungsversorgung eines VFOs (Variable Frequency Oscillator)
sollte sorgfältig gestaltet sein, um Rückwirkungen von nachfolgenden HF-Leistungsverstärkerstufen (PA - Power Amplifier) zu verhindern:

- **Eine gute Filterung und Entkopplung von der PA-Spannungsversorgung sind entscheidend, um zu gewährleisten:**
  - Frequenzstabilität und
  - Reinheit des VFO-Signals
- Diese Maßnahme verhindert, dass Störungen und Schwankungen aus der Leistungsverstärkerstufe auf den empfindlichen VFO übertragen werden, was sonst zu Frequenzinstabilitäten oder unerwünschten Modulationen führen könnte.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD612 Wie sollte die Gleichspannungsversorgung eines VFOs beschaffen sein, um Rückwirkungen nachfolgender HF-Leistungsverstärkerstufen zu verhindern?

A Sie muss gut gefiltert und von der Spannungsversorgung der PA entkoppelt werden.

B Sie muss möglichst direkt an die Spannungsversorgung der PA angekoppelt werden.

C Sie darf nicht mit der Masseleitung der PA verbunden werden.

D Die durch die PA hervorgerufenen HF-Überlagerungen auf der VFO-Stromversorgung müssen mit einem Hochpass gefiltert werden.

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folie – A ist korrekt.

B:

Direkte Ankopplung bewirkt die Übertragung von Störungen der PA an den VFO, was die Frequenzstabilität beeinträchtigt – B scheidet aus.

C:

Eine gemeinsame Masse ist oft notwendig, muss aber sorgfältig gestaltet sein, um Masseschleifen (Groundloops) zu vermeiden – C scheidet aus.

D:

HF-Überlagerungen würden mit einem Tiefpass oder einer Tiefpass-/Sperrfilter Kombination entfernt werden – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator / Der Begriff der Schleifenverstärkung und das Stabilitätskriterium von Barkhausen

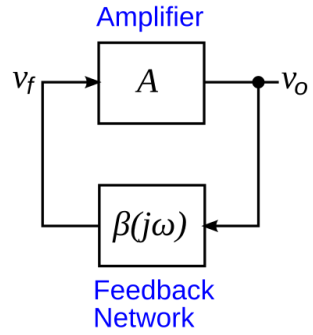
Schleifenverstärkung

- Gibt an, um welchen Faktor ein Signal verstärkt wird, welches in einer elektronischen Schaltung einer Rückkopplung ausgesetzt ist, wenn es einmal die Schleife durchläuft.
- Rückkopplung bedeutet, dass ein Teil einer verstärkten Ausgangsspannung auf den Eingang zurückgeführt wird.
- Mit Durchlauf einer Schleife ist hier der Durchlauf des Signals von einem Punkt bis zu diesem Punkt zurück gemeint.

Stabilitätskriterium von Barkhausen

Notwendige, mathematische Bedingung, wann eine elektrische Schaltung, die aus einem Verstärker und einer geeigneten Rückkopplung besteht, selbständig schwingen kann:

- Schleifenverstärkung = 1 (Minimalbedingung)
- Die Phasenverschiebung muss auf die Oszillatorfrequenz eine positive Rückkopplung aufweisen.



Von Chetvorno - Eigenes Werk, Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7106329

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD613 Welche Bedingungen müssen zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen in Oszillatoren erfüllt sein?

A Das an einem Schaltungspunkt betrachtete Oszillatorsignal muss auf dem Signalweg im Oszillator so verstärkt und phasengedreht werden, dass es wieder gleichphasig und mit mindestens der gleichen Amplitude zum selben Punkt zurückgekoppelt wird.

B Die Grenzfrequenz des verwendeten Verstärkerelements muss mindestens der Schwingfrequenz des Oszillators entsprechen, und das entstehende Eingangssignal muss über den Rückkopplungsweg wieder gegenphasig zum Eingang zurückgeführt werden.

C Die Schleifenverstärkung des Signalwegs im Oszillator muss kleiner als 1 sein, und das entstehende Oszillatorsignal darf auf dem Rückkopplungsweg nicht in der Phase gedreht werden.

D Die Schleifenverstärkung des Signalwegs im Oszillator muss größer als 1 sein, und das Ausgangssignal muss über den Rückkopplungsweg in der Phase so gedreht werden, dass es gegenphasig zum Ausgangspunkt zurückgeführt wird

Erklärung:

A:

Die Schleifenverstärkung muss mindestens 1 sein. Dies gewährleistet, dass das Signal mit mindestens der gleichen Amplitude zurückgekoppelt wird.

Die Phasenverschiebung der Rückkopplungsschleife muss ein ganzzahliges Vielfaches von 360° betragen. Dies stellt sicher, dass das Signal gleichphasig zurückgeführt wird und zu einer Verstärkung und nicht zu einer Dämpfung führt.

B, D:

Gegenphasige Rückführung ist falsch –
B und D scheiden aus.

C:

Eine Schleifenverstärkung kleiner 1 würde zu gedämpften Schwingungen führen – C scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator / Kapazitiver Spannungsteiler und kapazitive Rückkopplung

Funktionsweise

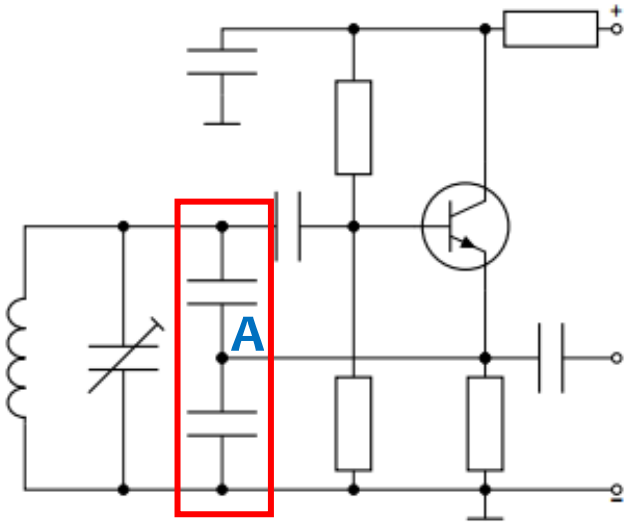
Der kapazitive Spannungsteiler besteht aus zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren, die einen Teil der Ausgangsspannung zurück zum Eingang des Verstärkers führen.

Spannungsaufteilung

Die Spannung verteilt sich umgekehrt proportional zu den Kapazitäten der Kondensatoren. Am größeren Kondensator fällt die kleinere Spannung ab, am kleineren die größere.

Beide Teilspannungen haben die entgegengesetzte Phasenlage (180°) – bezogen auf Punkt A:

- Die Spannung an einem Kondensator ist immer um 90° verschoben zur Stromrichtung, und in einer Reihenschaltung der Kondensatoren führt dies zu einer 180°-Phasenverschiebung zwischen den Teilspannungen.



Rückkopplungsspannung

Der Spannungsteiler ermöglicht die Entnahme einer kleinen Spannung für die Rückkopplung, um dem Verstärker einen Impuls zu geben, die (gedämpfte) Schwingung wieder zu stabilisieren.

Frequenzbestimmung

Die Kondensatoren des Spannungsteilers beeinflussen die Schwingkreiskapazität und damit die Oszillatorfrequenz.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

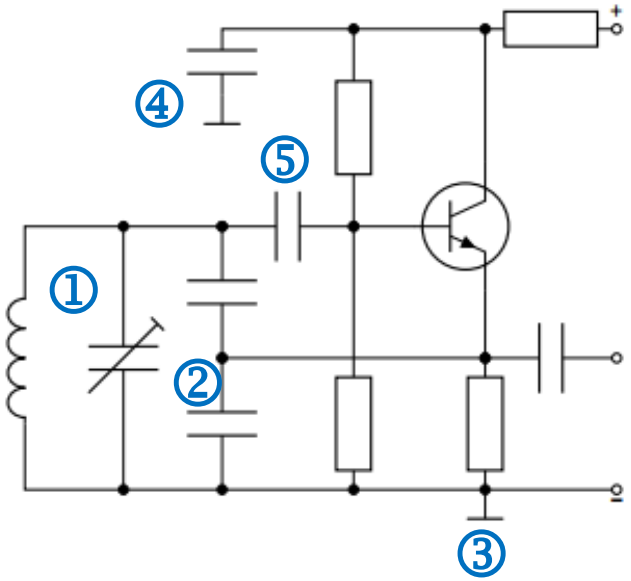
5.4.6 Oszillator / kapazitiv rückgekoppelter Dreipunkt-Oszillator

Wie erkenne ich einen kapazitiv rückgekoppelten Dreipunkt-Oszillator?

1. Es gibt einen Schwingkreis, bestehend aus einer Spule und einem Kondensator (meist einem Trimmkondensator).
2. Das Ausgangssignal wird über einen kapazitiven Spannungsteiler zurückgekoppelt. Dieser besteht aus zwei Kondensatoren, die in Reihe geschaltet sind.
3. Der Mittelpunkt des kapazitiven Spannungsteilers ist typischerweise auf Masse bezogen.
4. Bei Verwendung eines Transistors ist der Kollektor meist wechselspannungsmäßig auf Masse gelegt (Kollektorschaltung).
5. Der Abblockkondensator verhindert den Kurzschluss der Versorgungsspannung mit dem Schwingkreis.

Diese Konfiguration ermöglicht die notwendige Phasendrehung (2 Kondensatoren in Reihe) und Verstärkung, um die Schwingbedingungen zu erfüllen und eine stabile Oszillation aufrechtzuerhalten.

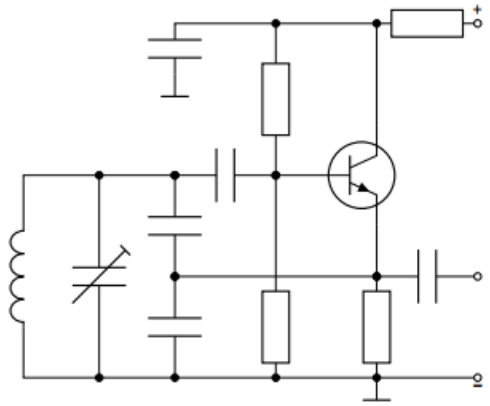
Collpits-Oszillator in Kollektorschaltung



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD614 Bei dieser Schaltung handelt es sich um ...



A einen kapazitiv rückgekoppelten Dreipunkt-Oszillator.

B einen Hochfrequenzverstärker in Kollektorschaltung.

C einen Hochfrequenzverstärker in Emitterschaltung.

D einen Oberton-Oszillator in Kollektorschaltung

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folien

B, C:

Kein HF-Verstärker, weil ein LC-Schwingkreis (links unten) enthalten ist – B und C scheiden aus.

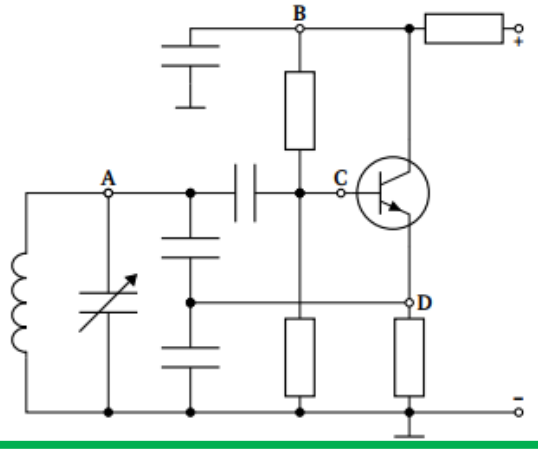
D:

Ein Oberton-Oszillator ist eine spezielle Art von Quarzoszillator. D scheidet aus, da kein Quarz vorhanden ist – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD615 An welchem Punkt der Schaltung sollte die HF-Ausgangsleistung ausgekoppelt werden?



A Schaltungspunkt D

B Schaltungspunkt A

C Schaltungspunkt B

D Schaltungspunkt C

Erklärung:

A:

Bei der Kollektorschaltung wie hier steht aus Ausgangssignal am Emitter zur Verfügung. Hier der kleinere Teil, weil ein Großteil zur Basis zurückgeleitet wird.

B:

Abgriff am Punkt A würde nur die Resonanzspannung liefern, keine HF-Ausgangsleistung – B scheidet aus.

C:

Abgriff am Punkt B?.

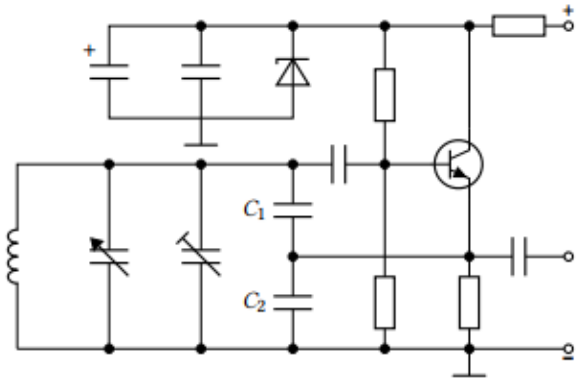
D:

Abgriff am Punkt C würde die Basisspannung stören und damit die Verstärkung. Es würde zu Instabilität führen – D scheidet aus.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD616 Welche Funktion haben die beiden Kondensatoren C_1 und C_2 in der folgenden Schaltung?



A Sie bilden im dargestellten LC-Oszillator einen kapazitiven Spannungsteiler zur Rückkopplung.

B Sie bilden in der dargestellten Audionschaltung die notwendige Rückkopplung.

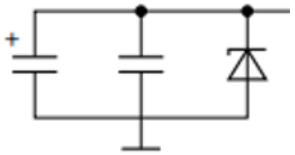
C C_1 stabilisiert die Basisvorspannung und C_2 die Emittervorspannung.

D C_1 kompensiert die Basis-Kollektor-Kapazität und C_2 die Basis-Emitter-Kapazität.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

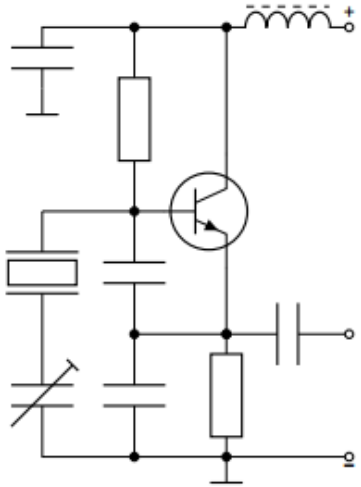
Im linken oberen Teil ist eine schöne Spannungs-stabilisierung zu sehen:



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD617 Bei dieser Oszillatorschaltung handelt es sich um einen kapazitiv rückgekoppelten Quarz-Oszillator in ...



A Kollektorschaltung. Der Quarz schwingt auf seiner Grundfrequenz.

B Kollektorschaltung. Der Quarz schwingt auf dem dritten Oberton.

C Emitterschaltung. Der Quarz wird in Parallelresonanz betrieben.

D Emitterschaltung. Der Quarz wird in Serienresonanz betrieben.

Erklärung:

C, D:

Die Basis ist durch den Quarz und die Rückkopplung belegt und der Emitter durch den Ausgang über den Kopplungskondensator, d.h. es handelt sich um eine Kollektorschaltung.
C und D scheiden als Lösungen aus.

A, B:

Quarze können sowohl auf der Grundfrequenz als auch auf Oberton-Frequenzen schwingen.

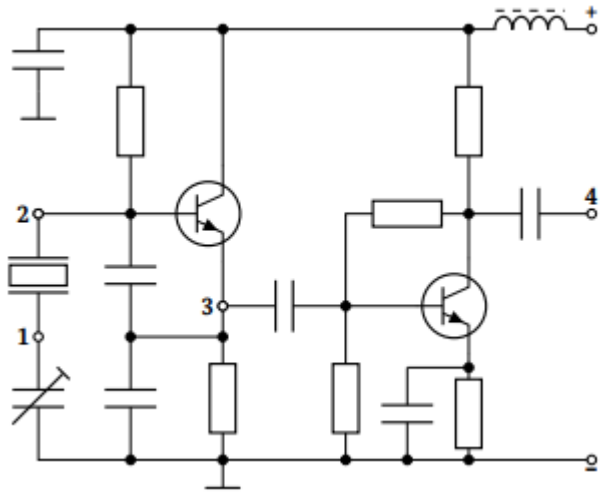
Zur Nutzung von Oberton-Frequenzen muss der Verstärker diese Frequenzen z.B. durch Verwendung eines weiteren Schwingkreises selektieren. Hier ist kein weiterer Schwingkreis erkennbar, daher scheidet Lösung B aus.

Der Quarz schwingt auf seiner Grundfrequenz. Lösung A ist korrekt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator / Folgenabschätzung Einsatz eines Tastkopfs an verschiedenen Stellen einer Quarzoszillatorschaltung

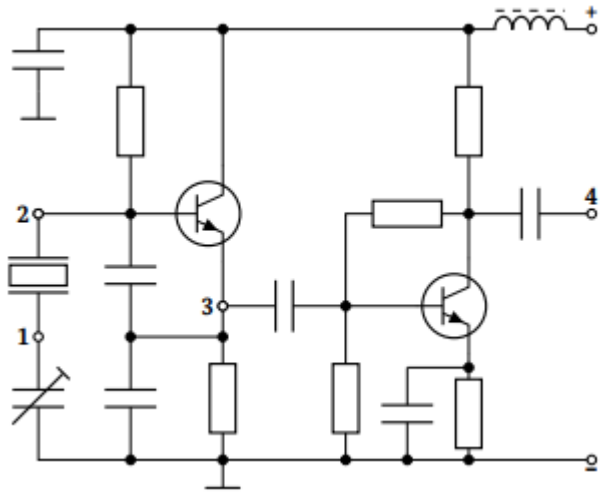
Position 1	**Position 2**
• Teil des frequenzbestimmenden Schwingkreises (bestehend aus dem Quarz und dem variablen Kondensator). • Das Anschließen eines Tastkopfes kann die Kapazität und damit die Resonanzfrequenz des Schwingkreises beeinflussen. **Warum?** • Tastköpfe haben eine Eingangskapazität (z. B. 10–15 pF), die zum Gesamtschwingkreis addiert wird, wodurch die Resonanzfrequenz geringfügig abgesenkt wird. Wenn der Tastkopf nicht hochimpedant ist, kann die Schwingung auch gedämpft werden.	• Dieser Punkt hat eine hohe Impedanz (mehrere kΩ bis MΩ), da es sich um den Basiseingang des ersten Transistors handelt (Kollektorschaltung!) • Das Anschließen eines Tastkopfes kann das Signal beeinflussen oder die Schaltung stören. **Warum?** • Ein Tastkopf mit geringer Eingangsimpedanz belastet den Basiseingang und kann das Signal verzerren oder sogar den Oszillator aus dem Betrieb bringen. • Ein hochimpedanter Tastkopf (10 MΩ) minimiert diese Effekte.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator / Folgenabschätzung Einsatz eines Tastkopfs an verschiedenen Stellen einer Quarzoszillatorschaltung

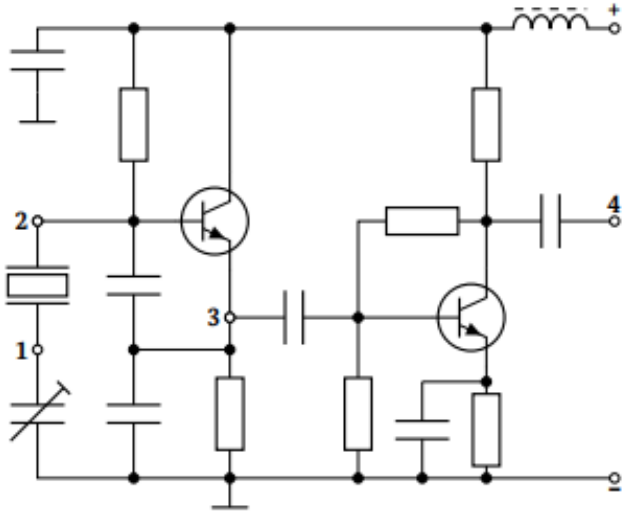
Position 3	Position 4
Kapazitive Belastung Der Tastkopf fügt eine zusätzliche Kapazität zur Schaltung hinzu, die die Gesamtkapazität des Schwingkreises verändert und **damit die Resonanzfrequenz des Quarzes beeinflusst.** **Impedanzänderung** Die Eingangsimpedanz des Tastkopfes bildet einen Spannungsteiler mit der Schaltung, was die effektive Impedanz am Messpunkt verändert. Dies **kann die Arbeits-bedingungen des Oszillators beeinflussen und zu Frequenzänderungen führen.** **Resonanzeffekte** Der Tastkopf kann mit seiner Eingangs-kapazität und der Masseleitung einen Schwingkreis bilden, der durch das Oszillatorsignal angeregt wird.	An diesem Punkt wird das Signal an die Last bzw. die nächste Stufe weitergegeben. **Das Anschließen eines Tastkopfes kann die Amplitude des Signals geringfügig reduzieren – es kommt jedoch zu keinen Frequenzänderungen.** **Warum?** Der Tastkopf bildet eine zusätzliche Kapazität und Last am Ausgang. Eine zu hohe Last (z. B. ein niederohmiger Tastkopf) kann die Signalqualität verschlechtern. Ein gut angepasster Tastkopf (z. B. 10:1 mit hoher Eingangsimpedanz) hat wenig Einfluss.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD618 Welche Auswirkung hat die Messung der Oszillatorfrequenz mit einem Tastkopf an Punkt 3?



A Die Oszillatorfrequenz verändert sich.

B Der Transistor wird überlastet.

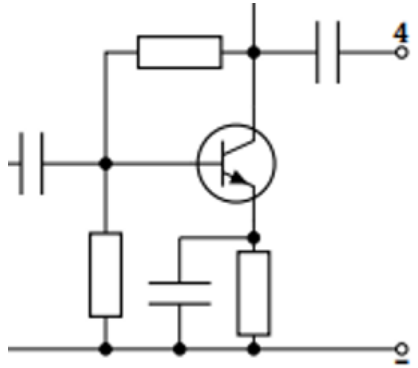
C Der Quarz wird überlastet.

D Es gibt keine Auswirkungen.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

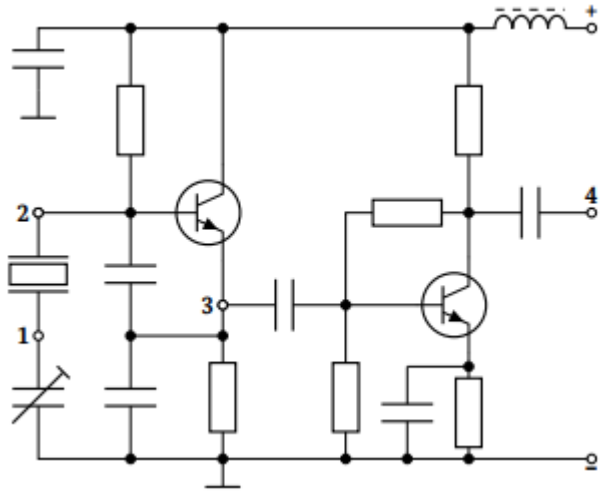
Im rechten unteren Teil ist eine Pufferstufe zu erkennen, die den Oszillator vor schädlichen Außeneinflüssen schützt, d.h. die Pufferstufe würde im Fall der Fälle zuerst zerstört.



5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD619 Für die Messung der Oszillatorfrequenz sollte der Tastkopf hier vorzugsweise am Punkt ...



A 4 angelegt werden.

B 1 angelegt werden.

C 3 angelegt werden.

D 2 angelegt werden.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

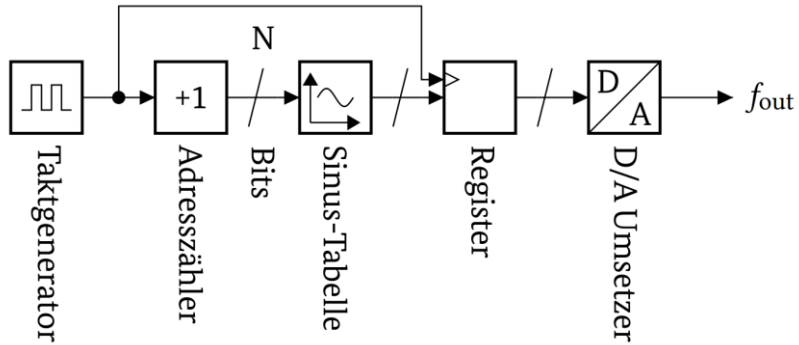
5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

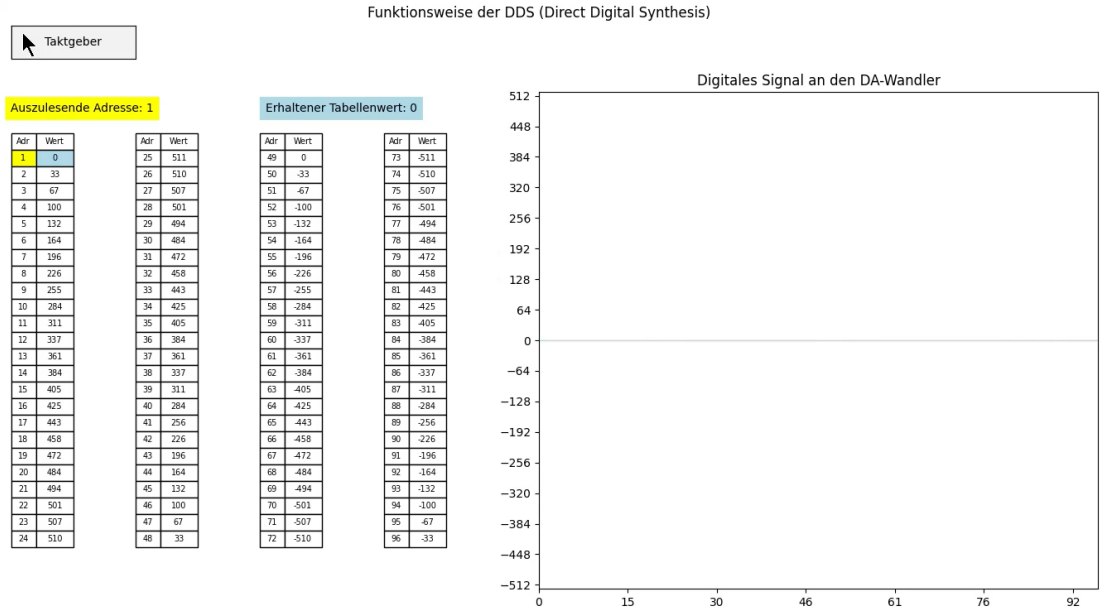
5.4.6 Oszillator / Direct Digital Synthesis (DDS)

Direkte Digitale Synthese (DDS)

Sie ist eine Art der Frequenzaufbereitung, die ein analoges Sinussignal aus digitalen Werten erzeugt:

1. Der Taktgenerator liefert ein stabiles Taktsignal für den gesamten Schaltkreis.
2. Der Adresszähler wird vom Taktgenerator angesteuert und erzeugt fortlaufend Adressen.
3. Diese Adressen werden verwendet, um Werte aus der Sinustabelle auszulesen. Die Sinustabelle enthält digitale Repräsentationen einer Sinuswelle.
4. Die ausgelesenen Werte werden in einem Register zwischengespeichert.
5. Der D/A-Umsetzer wandelt die digitalen Werte in ein analoges Signal um.
6. Am Frequenzausgang liegt schließlich das erzeugte Sinussignal an.

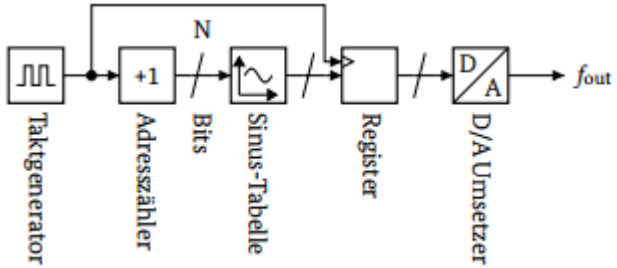




5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.6 Oszillator

AD620 Um welche Art von Frequenzaufbereitung handelt es sich bei der dargestellten Schaltung?



A DDS (Direct Digital Synthesis)

B PLL (Phase Locked Loop)

C VCO (Voltage Controlled Oszillator)

D VFO (Variable Frequency Oszillator)

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.7 Phasenregelkreise

Bestandteile eines Phasenregelkreise – einer Phase Locked Loop (PLL)

- **Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO)**

und
- **Tiefpassfilter**
- **Phasendetektor, Phasenkomparator oder –vergleicher**

  - Vergleicht die Phasen des Referenzsignals und des rückgekoppelten Signals
- Rückkopplungspfad, der einen Frequenzteiler

enthalten kann

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.7 Phasenregelkreise

AD701 Welche Baugruppen muss eine Phasenregelschleife (PLL) mindestens enthalten?

A Einen VCO, einen Tiefpass und einen Phasenvergleicher

B Einen VCO, einen Hochpass und einen Phasenvergleicher

C Einen Phasenvergleicher, einen Tiefpass und einen Frequenzteiler

D Einen Phasenvergleicher, einen Hochpass und einen Frequenzteiler

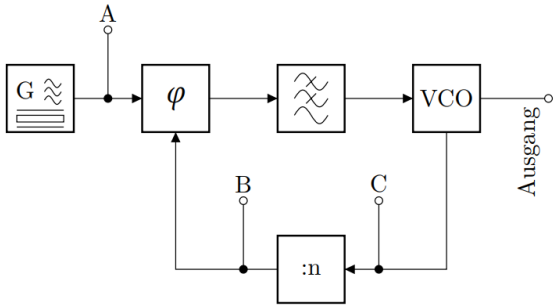
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.7 Phasenregelkreise

AD702 Welche der nachfolgenden Aussagen ist richtig, wenn die im Bild dargestellte Regelschleife in stabilem Zustand ist?



A Die Frequenzen an den Punkten A und B sind gleich.

B Die Frequenz an Punkt A ist höher als die Frequenz an Punkt B.

C Die Frequenzen an den Punkten A und C sind gleich.

D Die Frequenz an Punkt B ist höher als die Frequenz an Punkt C.

Erklärung:

Wenn die im Blockschaltbild dargestellte PLL-Regelschleife in stabilem Zustand ist, gilt folgende Aussage:

Die Frequenz am Punkt B (Ausgang des Teilers) ist gleich der Frequenz am Punkt A (zwischen G und ϕ). In einer eingerasteten (locked) PLL-Schaltung sind die Frequenzen und Phasenlagen an den Eingängen des Phasendetektors identisch.

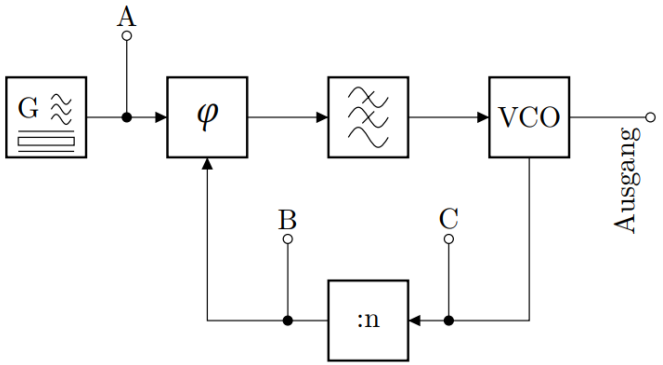
Der Phasendetektor vergleicht das Signal am Punkt A (Referenzfrequenz) mit dem Signal am Punkt B (geteilte VCO-Frequenz).

Im stabilen Zustand müssen diese beiden Signale die gleiche Frequenz aufweisen, damit die Phasenregel-schleife eingerastet bleibt und stabil arbeitet.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.7 Phasenregelkreise

AD703 Wie groß muss bei der folgenden Schaltung die Frequenz an Punkt A sein, wenn ein Kanalabstand von 12,5 kHz benötigt wird?



A 12,5 kHz

B 25 kHz

C 1,25 kHz

D 11,64 Hz

Erklärung:

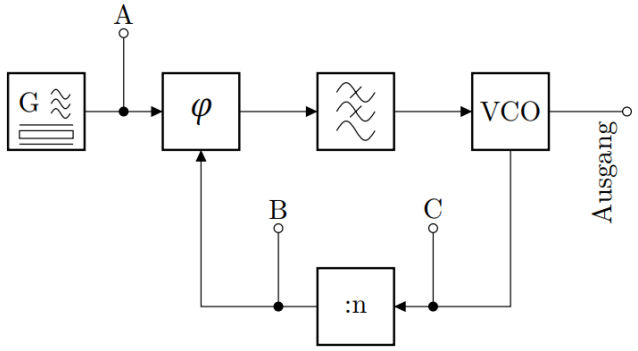
Bei einem Phasenregelkreis (PLL) bestimmt die Frequenz am Punkt A, auch als Referenzfrequenz oder Vergleichsfrequenz bezeichnet, den minimalen Frequenzschritt, den der Synthesizer erzeugen kann. Um einen Kanalabstand von 12,5 kHz zu erreichen, muss die Frequenz an Punkt A genau 12,5 kHz betragen.

Durch die Wahl einer Referenzfrequenz von 12,5 kHz kann der Synthesizer Frequenzen in Schritten von 12,5 kHz erzeugen, was dem geforderten Kanalabstand entspricht. Dies ermöglicht eine präzise Einstellung der Ausgangsfrequenz und gewährleistet, dass benachbarte Kanäle genau 12,5 kHz voneinander entfernt sind.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.7 Phasenregelkreise

AD704 Die Frequenz an Punkt A beträgt 12,5 kHz. Es sollen Ausgangsfrequenzen im Bereich von 12,000 MHz bis 14,000 MHz erzeugt werden. In welchem Bereich bewegt sich dabei das Teilerverhältnis n?



A 960 bis 1120

B 300 bis 857

C 960 bis 857

D 300 bis 1120

Erklärung:

Um den Bereich des Teilerverhältnisses n zu bestimmen, müssen wir die Ausgangsfrequenzen durch die Eingangsfrequenz (Referenzfrequenz) teilen.

Untere Grenze des Teilerverhältnisses:
n_{min} = 12,000 MHz / 12,5 kHz = 960

Obere Grenze des Teilerverhältnisses:
n_{max} = 14,000 MHz / 12,5 kHz = 1120

In einem Phasenregelkreis (PLL) wird das Teiler-verhältnis n verwendet, um die gewünschte Ausgangsfrequenz zu erzeugen.

Der spannungsgesteuerte Oszillator (VCO) erzeugt die Ausgangsfrequenz, die dann durch den Teiler dividiert und mit der Referenzfrequenz verglichen wird.

Durch Anpassung des Teilerverhältnisses kann die PLL verschiedene Ausgangsfrequenzen erzeugen, während sie auf die stabile Referenzfrequenz von 12,5 kHz synchronisiert bleibt.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.7 Phasenregelkreise

AD705 Ein Frequenzsynthesizer soll eine einstellbare Frequenz mit hoher Frequenzgenauigkeit erzeugen. Die Genauigkeit und Stabilität der Ausgangsfrequenz eines Frequenzsynthesizers wird hauptsächlich bestimmt von ...

A den Eigenschaften des eingesetzten Quarzgenerators.

B den Eigenschaften des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO).

C den Eigenschaften der eingesetzten Frequenzteiler.

D den Eigenschaften des eingesetzten Phasenvergleichers.

Erklärung:

Die Genauigkeit und Stabilität der Ausgangsfrequenz eines Frequenz-synthesizers wird hauptsächlich bestimmt von der Referenzfrequenz.

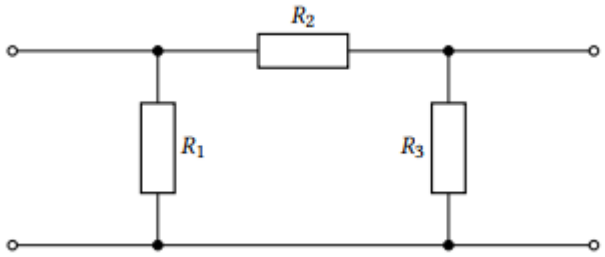
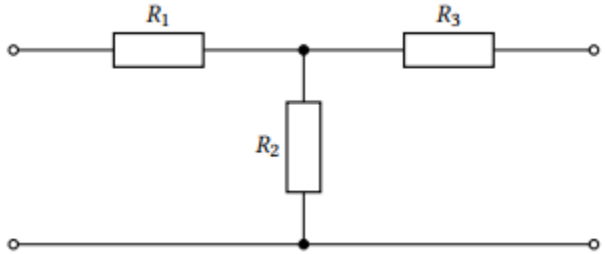
Ein hochgenauer Frequenzsynthesizer verwendet typischerweise einen sehr genauen:

- TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator) oder
- OCXO (Oven Controlled Crystal Oscillator)

als interne Referenzquelle.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.8 Dämpfungsglieder / Pi- und T-Dämpfungsglieder

Pi-Dämpfungsglied	T-Dämpfungsglied
 π	 T

Wozu der Aufwand?

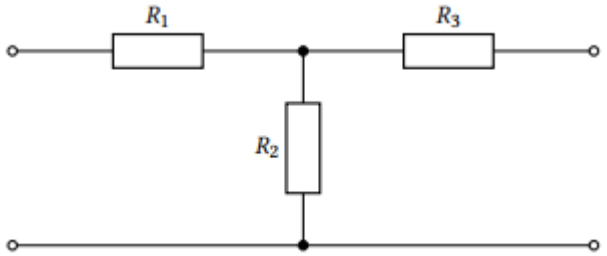
- Könnte man nicht das gleiche mit einem Widerstand erreichen?
- Für Gleichspannungsschaltungen: ja – für Wechselspannungs- oder HF-Schaltungen: nein
- Die parallelgeschalteten Widerstände sorgen (richtig berechnet) dafür, dass gilt:

$$Eingangsimpedanz\ Z_{IN} = \ Ausgangsimpedanz\ Z_{OUT} = Systemimpedanz\ Z_0\ (z.B. 50\ \Omega)$$

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.8 Dämpfungsglieder

AD801 Was zeigt diese Schaltung?



A Dämpfungsglied

B Verstärker

C Hochpass

D Tiefpass

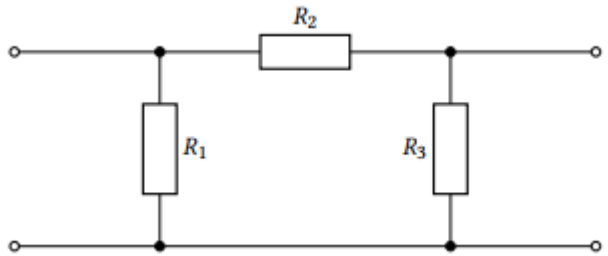
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.8 Dämpfungsglieder

AD802 Was zeigt diese Schaltung?



A Dämpfungsglied

B Verstärker

C Hochpass

D Tiefpass

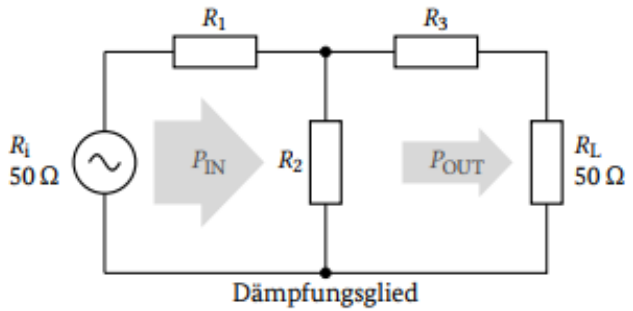
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.8 Dämpfungsglieder

AD803 Dargestellt ist ein 20 dB Dämpfungsglied. Wie groß ist das Leistungsverhältnis zwischen der Eingangsleistung P_{IN} und der Leistung am Lastwiderstand P_{RL}?



A 100

B 10

C 20

D 50

Erklärung:

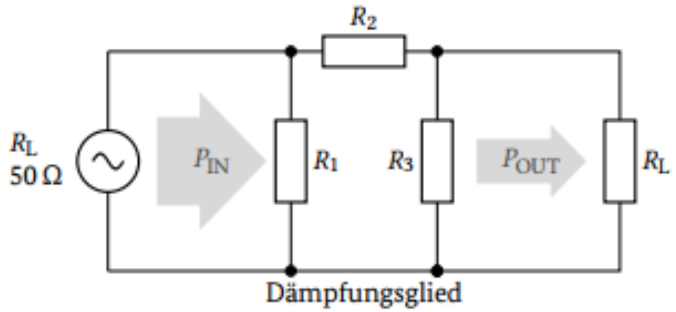
$$\frac{P_{IN}}{P_{RL}} = 10^{\frac{20}{10}} = 10^2 = 100$$

Die Eingangsleistung ist also 100-mal größer als die Leistung am Lastwiderstand.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.8 Dämpfungsglieder

AD804 Dargestellt ist ein 6 dB Dämpfungsglied. Wie groß ist das Leistungsverhältnis zwischen der Eingangsleistung P_{IN} und der Leistung am Lastwiderstand P_{RL}?



A 4

B 2

C 3

D 6

Erklärung:

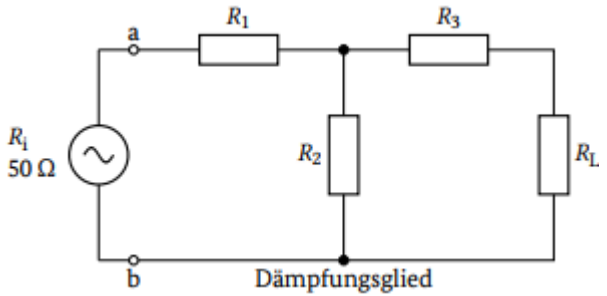
$$\frac{P_{IN}}{P_{RL}} = 10^{\frac{6}{10}} = 10^{0,6} \approx 3,98$$

Die Eingangsleistung ist also ungefähr 4-mal größer als die Leistung am Lastwiderstand.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.8 Dämpfungsglieder

AD805 Dargestellt ist ein symmetrisches 50 Ω Dämpfungsglied. Welche Impedanz ist zwischen a und b messbar, wenn R_L = 50 Ω beträgt?



A 50 Ω

B 100 Ω

C $R1$ + 50 Ω

D $R1$ + $R2$ + 50 Ω

Erklärung:

Bei einem symmetrischen 50 Ω Dämpfungsglied mit einem angepassten Lastwiderstand R_L = 50 Ω beträgt die Impedanz zwischen den Einspeisepunkten a und b ebenfalls 50 Ω.

Die Symmetrie des Dämpfungsglieds und die Anpassung des Lastwiderstands sorgen dafür, dass die Eingangsimpedanz gleich der Ausgangsimpedanz ist.

Dies ist ein wesentliches Merkmal von symmetrischen Dämpfungsgliedern in der HF-Technik.

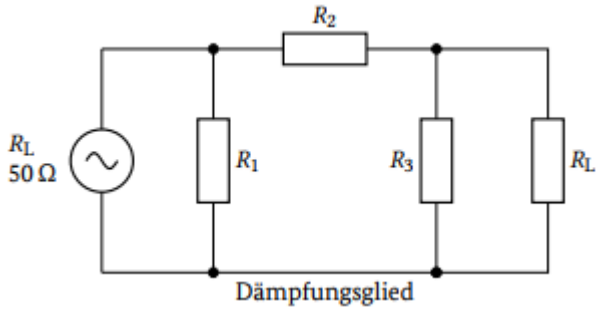
Unabhängig von der internen Struktur (T oder Pi) ist die Impedanz an den Einspeisepunkten so ausgelegt, dass sie der Systemimpedanz von 50 Ω entspricht.

Diese Impedanzanpassung ist wichtig, um Reflexionen zu vermeiden und eine optimale Leistungsübertragung zu gewährleisten.

5.4 Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

5.4.8 Dämpfungsglieder

AD806 In einem 50 Ω System wird in ein symmetrisches 20 dB Dämpfungsglied die Leistung von 100 W eingespeist. Der Widerstand R_L = 50 Ω ist an das Dämpfungsglied angepasst. Welche Leistung wird insgesamt im Dämpfungsglied in Wärme umgesetzt?



A 99 W

B 50 W

C 2 W

D 1 W

Erklärung:

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir zunächst die Leistungsverhältnisse in einem Dämpfungsglied verstehen und dann die gegebenen Werte anwenden.

Ein 20 dB Dämpfungsglied reduziert die Ausgangs-leistung um den Faktor 100 im Vergleich zur Eingangsleistung:

$$\frac{P_{Ein}}{P_{Aus}} = 10^{\frac{20}{10}} = 10^2 = 100$$

Das bedeutet, dass bei einer Eingangsleistung von 100 W die Ausgangsleistung 1 W beträgt.

Die in Wärme umgesetzte Leistung im Dämpfungsglied ist die Differenz zwischen der Eingangs- und Ausgangsleistung:

$$P_{Wärme} = P_{Ein} - P_{Aus} = 100 - 99\,W = 1W$$