



Amateurfunk Prüfungsvorbereitung

Klasse A

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

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 ...

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

Überblick

Kapitel	Thema	Fragen	Anzahl
5.3.1	Kondensator	AC101 – AC111	11
5.3.2	Spule	AC201 – AC211	11
5.3.3	Übertrager und Transformatoren	AC301 – AC307	7
5.3.4	Diode	AC401 – AC408	8
5.3.5	Transistor	AC501 – AC524	24
5.3.6	Integrierte Schaltkreise	AC601 – AC604	4
Summe			65

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator / Kondensatorgleichung

Die Kondensatorgleichung beschreibt die Beziehung zwischen der Kapazität des Kondensators, der angelegten Spannung und der Ladung des Kondensators:

Die Ladung Q auf einem Kondensator ist proportional zur angelegten Spannung U , wobei C die Kapazität des Kondensators ist:

$$Q = C \cdot U \quad (1)$$

Leitet man die Grundgleichung (1) nach der Zeit ab erhält man:

$$\frac{dQ}{dt} = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

Der Strom I ist definiert als die zeitliche Änderung der Ladung – das ist die linke Seite der Grundgleichung (1).

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

Ersetzt also:

$$I = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

Dies ist die differentielle Form der Kondensatorgleichung. Sie beschreibt, wie sich die Spannung am Kondensator mit der Zeit ändert, wenn ein Strom I fließt. Mit ihr lässt sich mathematisch die Phasenverschiebung zwischen U und I herleiten.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator / Phasenverschiebung von Strom und Spannung

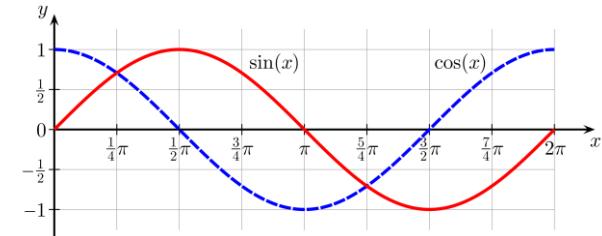
Für eine **sinusförmige Spannung** mit der Frequenz f im zeitlichen Verlauf t gilt:

$$U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t) \quad \text{mit: } \omega = 2\pi f \text{ (Kreisfrequenz)}$$

Für den **Strom** ergibt¹ sich

$$I(t) = C \cdot \frac{dU}{dt} = C \cdot \frac{d(\hat{U} \cdot \sin(\omega t))}{dt} = C \cdot \hat{U} \cdot \cos(\omega t)$$

Der Cosinus-Term zeigt, dass der Strom um 90° ($\pi/2$) gegenüber der Spannung verschoben ist.



Von Geek3 - Eigenes Werk, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10904768>

Bedeutung:

- **Der Strom eilt der Spannung um 90° (oder $\pi/2$) voraus, die Phasenverschiebung ϕ beträgt $+90^\circ$.**
- Der Strom ist gegenüber der Spannung um eine Viertelperiode nach links verschoben.
- Die Stromkurve erreicht ihr Maximum früher als die Spannungskurve.
- I_{\max} bei $U = 0$ und U_{\max} bei $I = 0$

¹ siehe eine Seite zuvor

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC101 Ein verlustloser Kondensator wird an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen. Welche Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom stellt sich ein?

- A** Der Strom eilt der Spannung um 90° voraus.
- B** Die Spannung eilt dem Strom um 90° voraus.
- C** Die Spannung eilt dem Strom um 45° voraus.
- D** Der Strom eilt der Spannung um 45° voraus.

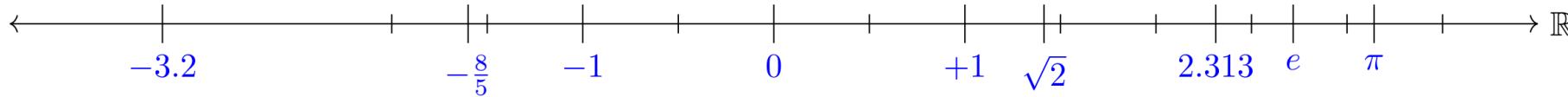
Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

Komplexe Zahlen und Impedanz I

Reelle Zahlen \mathbb{R}



Erweitert man diese eindimensionalen Zahlen (reelle Zahlen liegen auf dem Zahlenstrahl) auf die zweidimensionale Ebene, erhält man:

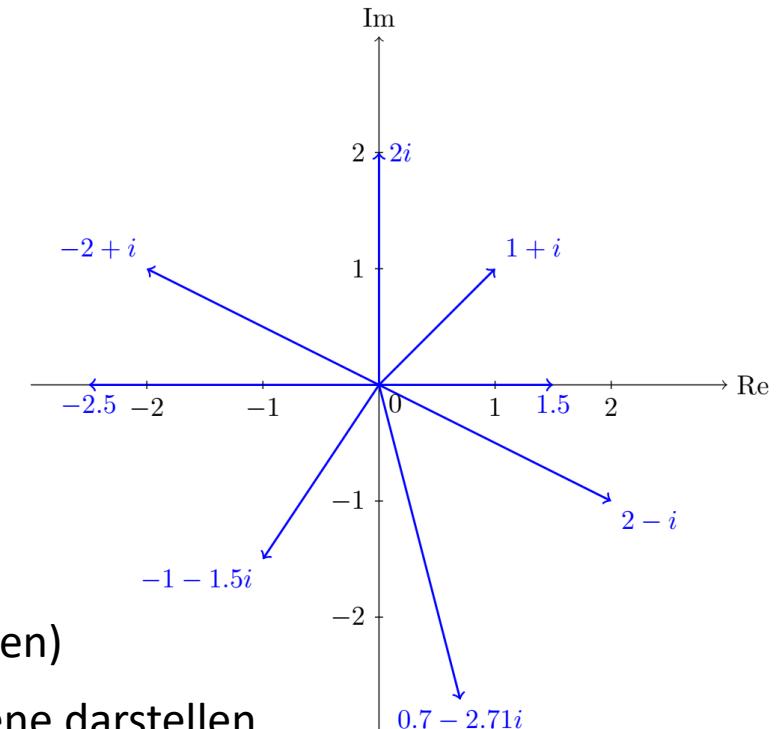
Komplexe Zahlen \mathbb{C}

Sie bestehen aus einem Realteil (Re), den reellen Zahlen und aus einem Imaginärteil (Im), den imaginären Zahlen.

Damit man Realteil und Imaginärteil unterscheiden kann, hängt man in der Mathematik ein i an, während man in der Elektrotechnik ein j anhängt, um Verwechslungen mit der Strom I zu vermeiden.

Schreibweise: $a + bi$ ($\in \mathbb{C}$) bzw. $a + bj$ ($\in \mathbb{C}$) wobei $a, b \in \mathbb{R}$ (reelle Zahlen)

Man kann die komplexen Zahlen als Pfeil (Vektor) in der komplexen Zahlenebene darstellen.



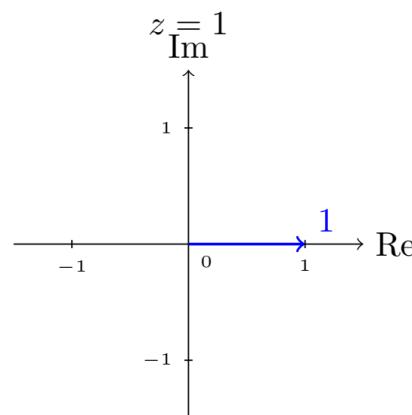
5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

Komplexe Zahlen und Impedanz II

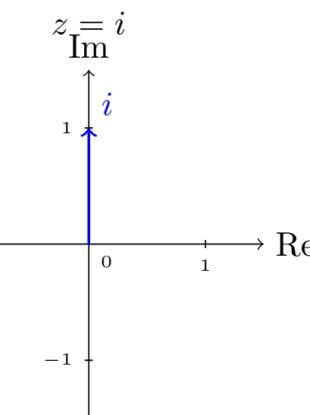
Komplexe Zahlen \mathbb{C}

Die komplexen Zahlen beinhalten die reellen Zahlen, wenn der Imaginärteil i Null ist ($a + bi$ mit $b=0$)

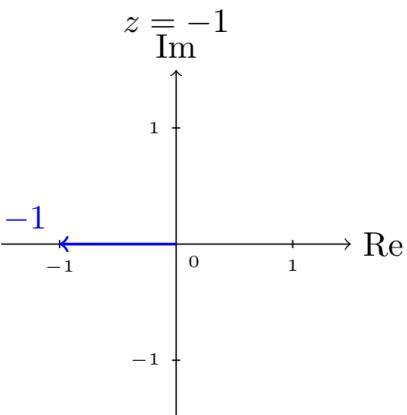
Die imaginäre Einheit i hat nicht nur die Funktion den Imaginärteil zu kennzeichnen – man kann damit auch rechnen und Drehungen beschreiben. Hier wird jeweils um 90° gegen den Uhrzeigersinn rotiert, was einer Multiplikation mit i entspricht, wenn man $i^2 = -1$ definiert:



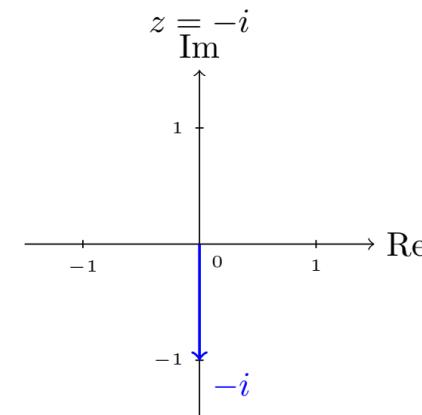
$$1$$



$$1 \cdot i = i$$



$$i \cdot i = i^2 = -1$$



$$-1 \cdot i = -i$$

$$-i \cdot i = -i^2 = -(-1) = 1$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

Komplexe Zahlen und Impedanz III

Warum das Ganze?

Ohmsche Widerstände / Wirkwiderstände R

- sind reale Widerstände und werden als **Realteil R** dargestellt.

Blindwiderstände von Kondensatoren X_C und Spulen X_L

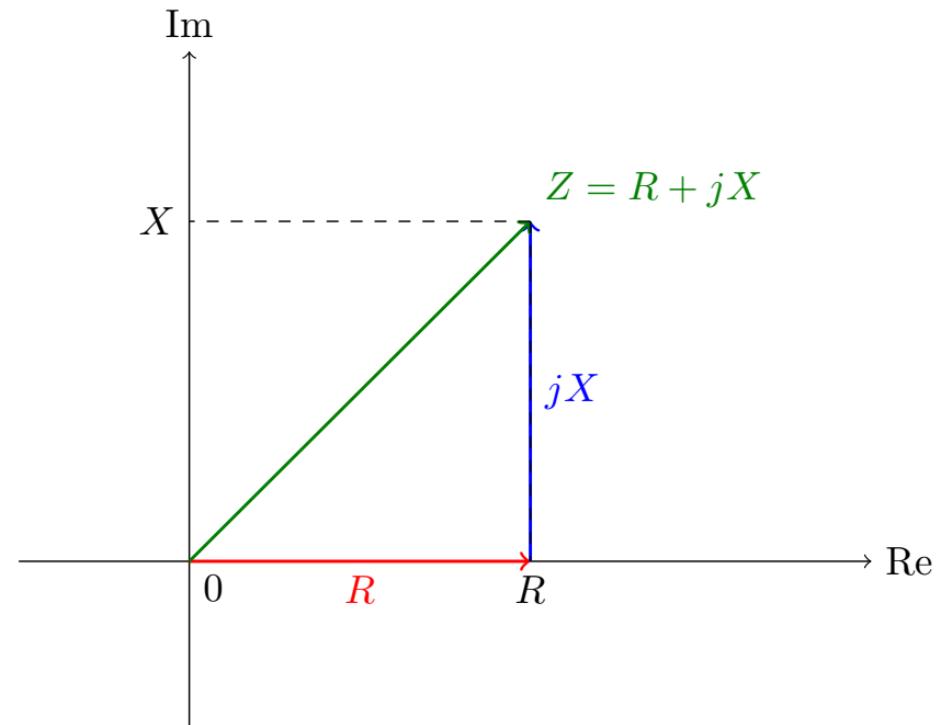
- sind imaginäre Widerstände und werden als **Imaginärteil X** dargestellt.

Impedanz Z oder komplexer Wechselstromwiderstand

- ist die komplexe Zahl $R + jX$

Scheinwiderstand |Z|

Man kann nicht einfach beide Widerstandstypen addieren, um einen Gesamtwiderstand zu erhalten, sondern man muss den Satz des Pythagoras anwenden, um den sogenannten Scheinwiderstand zu erhalten, d.h. die Länge des Pfeils $R + jX$: $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

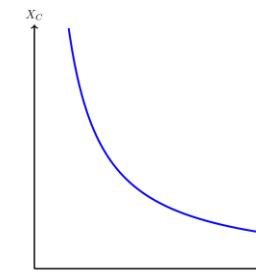
5.3.1 Kondensator / Der Wechselstromwiderstand eines Kondensators oder Blindwiderstand

Blindwiderstand = kapazitiver Blindwiderstand = kapazitive Reaktanz

$$X_C = -\frac{1}{\omega \cdot C} = -\frac{1}{2\pi f \cdot C} \quad (\text{NEGATIV!})$$

Der Blindwiderstand X_C ist also abhängig von der Kapazität C und der Frequenz f

Eigenschaften:

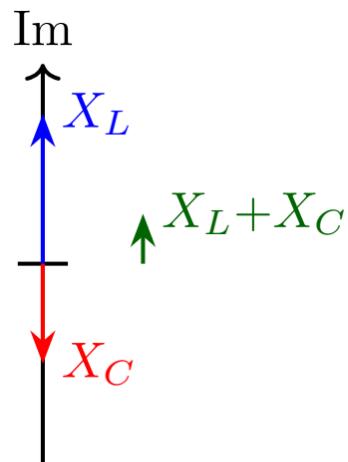
1. Frequenz $f \nearrow$ $\frac{\text{und}}{\text{oder}}$ Kapazität $C \nearrow \Rightarrow$ Blindwiderstand $X_C \searrow$.
2. Frequenz $f = 0$ (Gleichspannung) $\Rightarrow X_C \rightarrow \text{unendlich}$, d.h. der Kondensator sperrt.
3. Im Gegensatz zu einem Wirkwiderstand entstehen beim idealen Blindwiderstand **keine Wärmeverluste**, da die elektrische Energie zwischen Quelle und Energiespeicher (Kondensator) hin- und herpendelt.
4. **Negatives Vorzeichen** bedeutet physikalisch die negative Phasenverschiebung um $-\frac{\pi}{2}$, d.h. U bleibt hinter I zurück.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

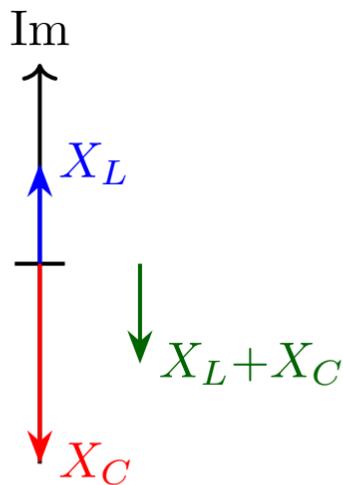
Komplexe Zahlen und Impedanz IV

Addition von Blindwiderständen von Kondensatoren X_C und Spulen X_L (für Spulen schon mal im Vorgriff ...)

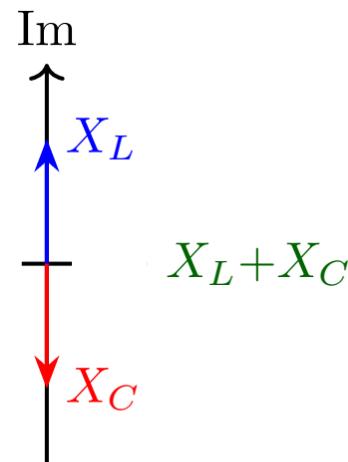
- **Blindwiderstände von Spulen X_L werden im positiven Teil der Imaginärachse (Y-Achse) abgetragen**
- **Blindwiderstände von Kondensatoren X_C werden im negativen Teil der Imaginärachse (Y-Achse) abgetragen**
- **Danach erfolgt eine Vektoraddition ...**



$$X_L > X_C$$



$$X_L < X_C$$



$$X_L = X_C$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC102 Welches Vorzeichen hat der Blindwiderstand eines idealen Kondensators und von welchen physikalischen Größen hängt er ab? Der Blindwiderstand ist ...

- A negativ und abhängig von der Kapazität und der anliegenden Frequenz.
- B negativ und unabhängig von der Kapazität und der anliegenden Frequenz.
- C positiv und abhängig von der Kapazität und der anliegenden Frequenz.
- D positiv und unabhängig von der Kapazität und der anliegenden Frequenz.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

Dem Hilfsmittel kann man entnehmen:

Kapazitiver Blindwiderstand

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Kreisfrequenz

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

So dass zumindest die Abhängigkeit zur Kapazität und Frequenz klar ist – Lösungen B und D scheiden aus.

Leider steht in der Formelsammlung kein Minuszeichen, wohl in der Annahme, dass mit den Beträgen gerechnet wird.

Negativ ist korrekt und damit Lösung A – Lösung C scheidet damit aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC103 Welcher der folgenden Widerstände hat keine Wärmeverluste?

- A Der Blindwiderstand**
- B Der Metalloxidwiderstand**
- C Der Wirkwiderstand**
- D Der NTC-Widerstand**



NTC = Negativer Temperatur Koeffizient,
d.h. Widerstand sinkt bei höheren Temperaturen

Zusatzerklärung:

Wirkwiderstände wie

- Metallocidwiderstände,
- normale Wirkwiderstände und
- NTC-Widerstände

setzen elektrische Energie in Wärme um und haben daher Wärmeverluste.

Bei idealen Blindwiderständen findet keine solche Umwandlung in thermische, mechanische oder chemische Energie statt.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC104 Wie groß ist der Betrag des kapazitiven Blindwiderstands eines Kondensators mit 10 pF bei einer Frequenz von 100 MHz?

A 159 Ω

B 1,59 kΩ

C 318 Ω

D 31,8 Ω

Lösung / Rechenweg:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi f C}$$

mit:

$$f = 100 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$C = 10 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

Einsetzen:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12}} \Omega$$

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{2\pi} \approx 159,15 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC105 Wie groß ist der Betrag des kapazitiven Blindwiderstands eines Kondensators mit 50 pF bei einer Frequenz von 145 MHz ?

- A ca. 22 Ω
- B ca. 0,045 Ω
- C ca. 18,2 kΩ
- D ca. 69 Ω

Lösung / Rechenweg:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi f C}$$

mit:

$$f = 145 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$C = 50 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

Einsetzen:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 145 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-12}} \Omega$$

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 7,25 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{2\pi \cdot 7,25} \Omega$$

$$|X_c| \approx 21,95 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC106 Wie groß ist der Betrag des kapazitiven Blindwiderstands eines Kondensators mit 100 pF bei einer Frequenz von 100 MHz?

- A ca. 15,9 Ω
- B ca. 159 Ω
- C ca. 31,8 Ω
- D ca. 3,2 Ω

Lösung / Rechenweg:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi f C}$$

mit:

$$f = 100 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$C = 100 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

Einsetzen:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 10^2 \cdot 10^6 \cdot 10^2 \cdot 10^{-12}} \Omega$$

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-2}} = \frac{10^3}{2\pi} \Omega$$

$$|X_c| \approx 15,92 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC107 Wie groß ist der Betrag des kapazitiven Blindwiderstands eines Kondensators mit 100 pF bei einer Frequenz von 435 MHz ?

A ca. 3,7 Ω

B ca. 0,27 Ω

C ca. 27,3 kΩ

D ca. 11,5 Ω

Lösung / Rechenweg:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi f C}$$

mit:

$$f = 435 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$C = 100 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

Einsetzen:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 435 \cdot 10^6 \cdot 10^2 \cdot 10^{-12}} \Omega$$

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi \cdot 43,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{2\pi \cdot 43,5} \Omega$$

$$|X_c| \approx 3,66 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC108 An einem unbekannten Kondensator liegt eine Wechselspannung mit 16 V und 50 Hz. Es wird ein Strom von 32 mA gemessen. Welche Kapazität hat der Kondensator?

- A ca. 6,37 μF
- B ca. 0,637 μF
- C ca. 0,45 μF
- D ca. 4,5 μF

Lösung / Rechenweg:

$$|X_c| = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{U}{I}$$

mit:

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$I = 32 \text{ mA} = 0,032 \text{ A}$$

$$U = 16 \text{ V}$$

Einsetzen und Auflösen nach C:

$$\frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot C} \Omega = \frac{16 \text{ V}}{0,032 \text{ A}}$$

$$C = \frac{0,032}{2\pi \cdot 50 \cdot 16} \text{ F} \approx 6,37 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator / Verluste am realen Kondensator

Verluste am realen Kondensator entstehen aus mehreren Gründen:

1. Dielektrische Verluste

Ein kleiner Teil der zur Elektronenverschiebung im Dielektrikum geleisteten Arbeit wird in Verlustwärme umgesetzt.

2. Ohmsche Verluste

Diese treten in den Zuleitungen und Kontaktierungen auf, dargestellt durch den Serienwiderstand R_s im Ersatzschaltbild eines realen Kondensators.

3. Umpolarisierungsverluste

Besonders bei Wechselspannung entsteht durch die ständige Umpolarisierung ein hoher Verlust.

4. Isolationsverluste

Der Isolationswiderstand des Dielektrikums führt zu einer langsamen Selbstentladung des Kondensators.

Diese Verluste werden oft durch den Verlustfaktor $\tan \delta$ oder den Verlustwinkel δ beschrieben.

Je kleiner der Verlustwinkel, desto geringer sind die Verluste im Kondensator.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC109 Kommt es in einem von Wechselstrom durchflossenen realen Kondensator zu Verlusten?

- A** Ja, infolge von Verlusten in Dielektrikum und Zuleitung
- B** Nein, beim Kondensator handelt es sich um eine reine Blindleistung.
- C** Ja, infolge des Blindwiderstands
- D** Nein, bei Wechselstrom treten keine Verluste auf.

Erklärung:

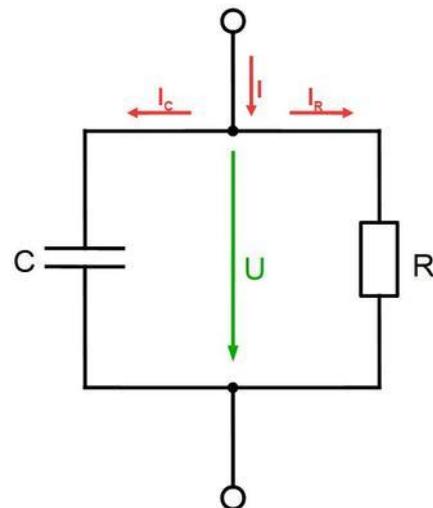
Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

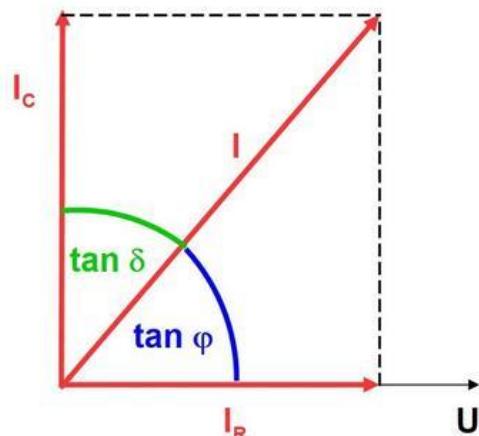
5.3.1 Kondensator / Verlustfaktor $\tan \delta$ beim realen Kondensator

Verlustfaktor $\tan \delta$

- Maß für die dielektrischen Verluste in einem Kondensator, die sich in Wärmeentwicklung äußern.
- Verhältnis zwischen dem Wirkstrom I_R und dem Blindstrom I_C in einem Wechselstromkreis.
Verhältnis zwischen Wirkwiderstand R und Blindwiderstand X_C .
- Abweichung von der idealen 90°-Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung in einem Kondensator



Ersatzschaltbild eines realen Kondensators



$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} = \omega \cdot R \cdot C = \frac{R}{\frac{1}{\omega \cdot C}} = \frac{R}{X_C}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator / Gütefaktor = Q-Faktor

Gütefaktor Q

- Maß für die Effizienz und Verlustlosigkeit des Kondensators. Er beschreibt das Verhältnis zwischen der im Kondensator gespeicherten Energie und den auftretenden Verlusten während einer Schwingungsperiode.
- Ist der Kehrwert von $\tan \delta$:
$$Q = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{1}{\omega \cdot R \cdot C}$$

Frequenzabhängigkeit

Der Gütefaktor eines Kondensators steigt mit zunehmender Betriebsfrequenz.

Typische Werte

Kondensatoren haben oft sehr hohe Gütefaktoren (**$Q \geq 1000$ nicht ungewöhnlich**).

Bedeutung

Ein hoher Gütefaktor bedeutet geringere Verluste und eine schärfere Resonanz, was besonders in der Hochfrequenztechnik vorteilhaft ist. Ein hoher Gütefaktor beim Kondensator ist besonders wichtig für Anwendungen, die eine präzise Frequenzselektion erfordern, wie beispielsweise in Radioempfängern oder anderen Hochfrequenzschaltungen.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC110 Neben dem kapazitiven Blindwiderstand treten im von Wechselstrom durchflossenen Kondensator auch Verluste auf, die rechnerisch in einem parallelgeschalteten Verlustwiderstand zusammengefasst werden können. Die Kondensatorverluste werden oft durch ...

- A** den Verlustfaktor $\tan \delta$ angegeben, der dem Kehrwert des Gütefaktors entspricht.
- B** den relativen Verlustwiderstand in Ohm pro Farad angegeben, mit dem die Kondensatorgüte berechnet werden kann.
- C** den relativen Blindwiderstand in Ohm pro Farad angegeben, mit dem die Kondensatorgüte berechnet werden kann.
- D** den Verlustfaktor $\cos \phi$ angegeben, der dem Kehrwert des Gütefaktors entspricht

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator / Blindleistung und Wirkleistung

Wirkleistung (P)

- Leistung, die tatsächlich in einem elektrischen System genutzt wird, um Arbeit zu verrichten (z.B. Wärme erzeugen).

Blindleistung (Q)

- Energie, die zwischen der Quelle und dem Kondensator hin und her pendelt, ohne tatsächlich Arbeit zu verrichten.

Idealzustand

Für einen idealen Kondensator wäre die aufgenommene Wirkleistung im eingeschwungenen Zustand gleich Null, da ein ideal Kondensator keine Energie in Wärme umwandelt.

Realzustand

Standard-Elektrolytkondensatoren haben ein Verlustfaktor $\tan \delta$ von 0,01. Bessere Kondensatoren mit einer höheren Güte sogar 0,001 bis 0,005 – d.h. der Wirkstrom ist ein tausendstel bis ein hundertstel des Blindstroms.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.1 Kondensator

AC111 An einem Kondensator mit einer Kapazität von $1 \mu F$ wird ein NF-Signal mit 10 kHz und $12 \text{ V}_{\text{eff}}$ angelegt.
Wie groß ist die aufgenommene Wirkleistung im eingeschwungenen Zustand?

- A Näherungsweise 0 W
- B 0,9 W
- C 0,75 W
- D 9 W

Erklärung:

Berechnung Wirkleistung P

$$P = U_{\text{eff}}^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \tan \delta$$

Aufgabenstellung:

$$\begin{aligned}U_{\text{eff}} &= 12 \text{ V} \\ \omega &= 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 104 \text{ Hz} \\ C &= 1 \mu F \\ &= 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}\end{aligned}$$

Annahme:

$\tan \delta \approx 0,01$ (für gute Kondensatoren)

$$P = 12^2 \cdot 2\pi \cdot 10^4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01 \text{ W}$$

$$P \approx 0,09 \text{ W} \text{ (Näherungsweise 0 W)}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule / Induktivität L

Induktivität L

- Fähigkeit eines elektrischen Leiters, bei Veränderung des Stromflusses ein Magnetfeld aufzubauen und in Form von magnetischer Feldenergie zu speichern.
- Haupteigenschaft von Spulen und spielt eine wichtige Rolle beim Phänomen der Induktion, welches die Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität darstellt.
- Die Induktivität wird mit dem **Formelzeichen L** gekennzeichnet und in der **Einheit Henry (H)** gemessen.
1 H erzeugt bei einer Stromänderung von 1 A/s eine induzierte Spannung von 1 V.

Selbstinduktion

Wenn sich der Strom in einem Leiter ändert, wird eine Spannung induziert, die der Stromänderung entgegenwirkt.

Magnetfeldaufbau

Fließt Strom durch eine Spule, baut sich ein Magnetfeld auf, dessen Stärke von der Induktivität abhängt.

Energiespeicherung

Die Induktivität ermöglicht es, Energie im Magnetfeld zu speichern und wieder abzugeben.

Frequenzabhängigkeit

Der induktive Blindwiderstand einer Spule steigt mit zunehmender Frequenz der Wechselspannung.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule / Magnetische Feldstärke H

Magnetische Feldstärke H

- Physikalische Größe, die die Intensität eines magnetischen Feldes in einem bestimmten Raum beschreibt.
Sie charakterisiert das Magnetfeld unabhängig vom Material, durch das es fließt.
- Sie ordnet jedem Raumpunkt eine Stärke und Richtung des erzeugten Magnetfeldes zu.
- SI-Einheit der magnetischen Feldstärke ist **Ampere pro Meter (A/m)**
- Vektorielle Größe:
Die magnetische Feldstärke ist eine gerichtete Größe, die sowohl Stärke als auch Richtung angibt.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule / Magnetische Flussdichte B

Magnetische Flussdichte B

- Flächendichte des magnetischen Fluxes, der senkrecht durch ein bestimmtes Flächenelement hindurchtritt.
- SI-Einheit ist **1 T = 1 Tesla = 1 Vs/m² = 1 N/Am** – alte Einheit: 1 Gauß (1T = 10.000 G)

Die magnetische Feldstärke H steht in folgender Beziehung zur magnetischen Flussdichte B:

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

Wobei μ die magnetische Permeabilität des Mediums ist.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule / Magnetischer Fluss Φ

Magnetischer Fluss Φ

- Größe, die die **Gesamtzahl der Magnetfeldlinien beschreibt, die durch eine bestimmte Fläche hindurchtreten.** Skalare Größe, die das magnetische Feld beschreibt.
- Symbolisiert mit griechischen Buchstaben **Φ (Phi)** und in der **Einheit Weber (Wb) = Vs** gemessen.
- Abhängig von der Stärke des Magnetfeldes und der Größe der betrachteten Fläche.
- Die Ausrichtung der Fläche zum Magnetfeld beeinflusst den Wert des Flusses.

Berechnung

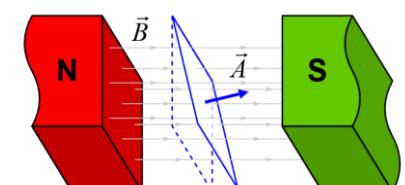
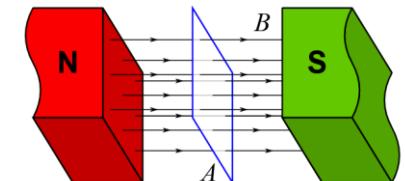
$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

Φ der magnetische Fluss in Weber (Wb)

B die magnetische Flussdichte in Tesla (T)

A die Fläche in Quadratmetern (m^2)

θ der Winkel zwischen dem Magnetfeld und der Flächennormalen.



<https://physikbuch.schule/electromagnetic-induction.html>

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule / Magnetischer Fluss Φ

Vergleich mit elektrischer Ladung

- Der **magnetische Fluss Φ** ist am „ehesten“ mit der elektrischen Ladung Q vergleichbar.
- Beide Größen sind skalare Größen und repräsentieren eine Gesamtmenge:
Der **magnetische Fluss beschreibt die Gesamtzahl der Magnetfeldlinien durch eine Fläche**, während die elektrische Ladung die Gesamtmenge der elektrischen Ladungsträger angibt.

Magnetischer Fluss und Induktivität einer Spule

- Der magnetische Fluss Φ durch eine Spule ist proportional zum Strom I :

$$\Phi = L \cdot I$$

mit L = Induktivität der Spule (konstant).

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule / Faraday'sches Induktionsgesetz

Faraday'sche Induktionsgesetz

Die induzierte Spannung ist proportional zur Änderungsrate des magnetischen Flusses:

$$U_{ind} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Mit N = Windungszahl der Spule, die ja konstant ist. Das Minuszeichen gibt die Wirkrichtung an – d.h. entgegengesetzt.

Umformung zur Spulengleichung

Mit der Identität $\Phi = L \cdot I$ (siehe eine Seite zuvor) ergibt sich:

$$U_{ind} = -N \cdot \frac{d(L \cdot I)}{dt} = -N \cdot L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

NL = Gesamtinduktivität der Spule, daher L

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule und Spulengleichung

Die Spulengleichung beschreibt die Beziehung zwischen der Spannung an einer Spule und dem Strom durch die Spule:

$$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

U_L = Spannung an der Spule

L = Induktivität der Spule

dI/dt = zeitliche Änderung des Stroms

Diese Gleichung ist das Pendant zur Kondensatorgleichung und hat folgende wichtige Eigenschaften:

1. Sie zeigt, dass die Spannung an einer Spule proportional zur Änderungsrate des Stroms ist.
2. Bei Wechselstrom führt diese Gleichung zu einer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung:

Der Strom eilt der Spannung um 90° nach (Induktivität – Strom zu spät).

3. Diese Gleichung erklärt, warum eine Spule Änderungen im Stromfluss entgegenwirkt:
Eine schnelle Stromänderung erzeugt eine hohe Spannung, die dieser Änderung entgegenwirkt.
4. Das negative Vorzeichen in der Lenz'schen Regel ist hier nicht explizit angegeben.
Die korrekte Interpretation der Spannungsrichtung in Bezug auf die Stromänderung stellt sicher, dass die Lenz'sche Regel eingehalten wird, auch ohne explizites Minuszeichen in der Gleichung.

Die Lenz'sche Regel besagt, dass die induzierte Spannung (oder der induzierte Strom) immer so gerichtet ist, dass sie ihrer Ursache entgegen wirkt.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC201 In einer idealen Induktivität, die an einer Wechselspannungsquelle angeschlossen ist, eilt der Strom der angelegten Spannung ...

- A um 90° nach.
- B um 45° voraus.
- C um 45° nach.
- D um 90° voraus.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

**AC202 Welches Vorzeichen hat der Blindwiderstand einer idealen Spule und von welchen physikalischen Größen hängt er ab?
Der Blindwiderstand ist ...**

- A** positiv und abhängig von der Induktivität und der anliegenden Frequenz.
- B** positiv und unabhängig von der Induktivität und der anliegenden Frequenz.
- C** negativ und abhängig von der Induktivität und der anliegenden Frequenz.
- D** negativ und unabhängig von der Induktivität und der anliegenden Frequenz.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

Im Hilfsmittel kann man nachschlagen:

Induktiver Blindwiderstand

$$X_L = \omega \cdot L$$

Kreisfrequenz

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

So dass die Abhängigkeit zur Induktivität und Frequenz klar ist – Lösung B und D scheiden aus.

Der Blindwiderstand ist auch positiv, obwohl man sich nicht auf die Angaben im Hilfsmittel diesbezüglich verlassen kann (siehe kapazitiver Blindwiderstand).

Lösung D ist falsch und Lösung A korrekt.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC203 Beim Anlegen einer Gleichspannung $U = 1 \text{ V}$ an eine Spule messen Sie einen Strom. Wird der Strom beim Anlegen von einer Wechselspannung mit $U_{\text{eff}} = 1 \text{ V}$ größer oder kleiner?

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

A Beim Betrieb mit Gleichspannung wirkt nur der Gleichstromwiderstand der Spule. Beim Betrieb mit Wechselspannung wird der induktive Widerstand X_L wirksam und erhöht den Gesamtwiderstand. Der Strom wird kleiner.

B Beim Betrieb mit Gleichspannung wirkt nur der Gleichstromwiderstand der Spule. Beim Betrieb mit Wechselspannung wirkt nur der kleinere induktive Widerstand X_L . Der Strom wird größer.

C Beim Betrieb mit Gleich- oder Wechselspannung wirkt nur der ohmsche Widerstand X_L der Spule. Der Strom bleibt gleich.

D Beim Betrieb mit Wechselspannung wirkt nur der Wechselstromwiderstand der Spule. Beim Betrieb mit Gleichspannung wird nur der ohmsche Widerstand X_L wirksam. Der Strom wird größer.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC204 Wie groß ist der Betrag des induktiven Blindwiderstands einer Spule mit 3 µH Induktivität bei einer Frequenz von 100 MHz?

- A ca. 1885 Ω
- B ca. 942,0 Ω
- C ca. 1885 kΩ
- D ca. 1,942 Ω

Lösung / Rechenweg:

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

X_L = indukt. Blindwiderstand in Ω
 f = Frequenz in Hz
 L = Induktivität in H

Eingesetzt:

$$X_L = 2\pi \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{-6} H$$

$$X_L = 6\pi \cdot 100 H \approx 1884,96 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC205 Wie groß ist die Induktivität einer Spule mit 14 Windungen, die auf einen Kern mit einer Induktivitätskonstante (A_L -Wert) von 1,5 nH gewickelt ist?

- A** 0,294 μH
- B** 2,94 μH
- C** 29,4 nH
- D** 2,94 nH

Lösung / Rechenweg:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

L = Induktivität in nH

N = Anzahl der Windungen

A_L = Induktivitätskonstante in nH

Eingesetzt:

$$L = 14^2 \cdot 1,5 \text{ nH}$$

$$L = 196 \cdot 1,5 \text{ nH}$$

$$L = 294 \text{ nH}$$

$$L = 0,294 \mu\text{H}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC206 Wie groß ist die Induktivität einer Spule mit 300 Windungen, die auf einen Kern mit einer Induktivitätskonstante (A_L -Wert) von 1250 nH gewickelt ist?

- A 112,5 mH**
- B 112,5 μ H
- C 11,25 mH
- D 1,125 mH

Lösung / Rechenweg:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

L = Induktivität in nH

N = Anzahl der Windungen

A_L = Induktivitätskonstante in nH

Eingesetzt:

$$L = 300^2 \cdot 1250 \text{ nH}$$

$$L = 90000 \cdot 1,5 \text{ nH}$$

$$L = 112500000 \text{ nH}$$

$$L = \frac{112500000}{10^9} \text{ H} = 0,1125 \text{ H}$$

$$L = 112,5 \text{ mH}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC207 Mit einem Ringkern, dessen Induktivitätskonstante (A_L -Wert) mit 250 nH angegeben ist, soll eine Spule mit einer Induktivität von 2 mH hergestellt werden.
Wie groß ist die erforderliche Windungszahl etwa?

A 89

B 3

C 2828

D 53

Lösung / Rechenweg:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

L = Induktivität in nH

N = Anzahl der Windungen

A_L = Induktivitätskonstante in nH

Eingesetzt:

$$2 \cdot 10^{-3} H = N^2 \cdot 250 \cdot 10^{-9} H$$

$$N^2 = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{250 \cdot 10^{-9}} = 8000$$

$$N = \sqrt{8000} \approx 89,44$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC208 Ein Spulenkern hat eine Induktivitätskonstante (A_L -Wert) von 30 nH. Wie groß ist die erforderliche Windungszahl zur Herstellung einer Induktivität von 12 µH in etwa?

A 20

B 400

C 360

D 6

Lösung / Rechenweg:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

L = Induktivität in nH

N = Anzahl der Windungen

A_L = Induktivitätskonstante in nH

Eingesetzt:

$$12 \cdot 10^{-6} H = N^2 \cdot 30 \cdot 10^{-9}$$

$$N^2 = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-9}} = 400$$

$$N = \sqrt{400} = 20$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule / Verlustfaktor $\tan \delta$

Verlustfaktor $\tan \delta$:

Der Verlustfaktor $\tan \delta$ beschreibt die Verluste einer Spule und wird durch das Verhältnis des Widerstands zur Reaktanz der Spule bestimmt.

$$\tan \delta = \frac{R}{\omega \cdot L}$$

Der Kehrwert des Verlustfaktors ist der Gütefaktor Q der Spule:

$$Q = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{\omega \cdot L}{R}$$

Ein kleinerer Verlustfaktor bedeutet, dass die Spule näher an ein ideales Verhalten herankommt.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC209 Neben dem induktiven Blindwiderstand treten in der mit Wechselstrom durchflossenen Spule auch Verluste auf, die rechnerisch in einem seriellen Verlustwiderstand zusammengefasst werden können.

Als Maß für die Verluste in einer Spule wird auch ...

A der Verlustfaktor $\tan \delta$ angegeben, der dem Kehrwert des Gütefaktors entspricht.

B der relative Verlustwiderstand in Ohm pro Henry angegeben, mit dem die Spulengüte berechnet werden kann.

C der relative Blindwiderstand in Ohm pro Henry angegeben, mit dem die Spulengüte berechnet werden kann.

D der Verlustfaktor $\cos \varphi$ angegeben, der dem Kehrwert des Gütefaktors entspricht.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

B:

Es gibt keinen relativen Verlustwiderstand.

C:

Relativer Blindwiderstand in Ohm pro Henry ist keine üblicherweise verwendete Größe.

D:

Es gibt keinen Verlustfaktor φ .

$\cos \varphi$ ist ein Leistungsfaktor, d.h. das Verhältnis von Wirkleistung zur Scheinleistung in einem Wechselstromkreis mit einer Spule.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC210 Um die Abstrahlungen der Spule eines abgestimmten Schwingkreises zu verringern, sollte die Spule ...

- A** in einem leitenden Metallgehäuse untergebracht werden.
- B** einen hohlen Kupferkern aufweisen.
- C** in einem isolierenden Kunststoffgehäuse untergebracht werden.
- D** einen abgestimmten Kunststoffkern aufweisen.

Erklärung:

A:

Ein leitendes Metallgehäuse ist die angemessene und wirksame Methode zur Abschirmung von Abstrahlungen – A ist korrekt.

C:

Ein Kunststoffgehäuse bewirkt keine Abschirmung – C scheidet aus.

B, D:

Nicht ferromagnetische Kerne (Kupfer, Kunststoff) verdrängen / verändern das Magnetfeld der Spule zwar und beeinflussen die Induktivität der Spule, bewirken aber keine Abschirmung – B und D scheiden aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

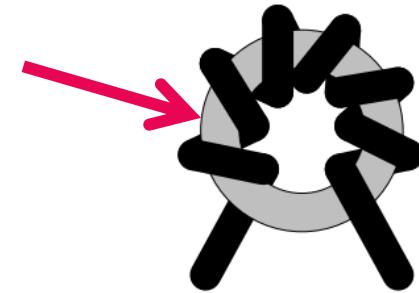
5.3.2 Spule / Ferritkerne und Spulen

Ferritkerne und andere Materialen

Der Kern einer Drossel sollte üblicherweise aus Ferrit bestehen.

Ferrit ist aus folgenden Gründen das bevorzugte Material für Drosselkerne:

- Ferrit ist ein ferromagnetisches Material mit hohen magnetischen Eigenschaften, was zu einer höheren Induktivität bei weniger Windungen führt.
- Ferritkerne zeigen keine Wirbelstromverluste und können für hohe Frequenzen eingesetzt werden.
- Ferrit ermöglicht eine effiziente Führung des Magnetfeldes und trägt zur besseren elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).



Kunststoff

- Als nicht-magnetisches Material würde es die Induktivität nicht erhöhen.

Stahl

- Obwohl ferromagnetisch, ist Stahl aufgrund von Wirbelstromverlusten weniger geeignet als Ferrit für hochfrequente Anwendungen

Diamagnetisches Material

- Diese Materialien haben eine relative Permeabilität nahe 1 und sind für induktive Bauelemente ungeeignet.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.2 Spule

AC211 Das folgende Bild zeigt einen Kern, um den ein Kabel für den Bau einer Drossel gewickelt ist.
Der Kern sollte üblicherweise aus ...

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie



- A** Ferrit bestehen.
- B** Kunststoff bestehen.
- C** Stahl bestehen.
- D** diamagnetischem Material bestehen.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.3 Übertrager und Transformatoren

AC301 Durch Gegeninduktion wird in einer Spule eine Spannung erzeugt, wenn ...

- A ein veränderlicher Strom durch eine magnetisch gekoppelte benachbarte Spule fließt.**
- B ein veränderlicher Strom durch die Spule fließt und sich dabei ein dielektrischer Gegenstand innerhalb der Spule befindet.**
- C ein konstanter Gleichstrom durch eine magnetisch gekoppelte benachbarte Spule fließt.**
- D sich die Spule in einem konstanten Magnetfeld befindet.**

Erklärung:

A:

Gegeninduktion = induktive Kopplung. Wenn sich der Strom in einer Spule ändert, erzeugt das ein sich änderndes Magnetfeld, welches wiederum eine Spannung in einer benachbarten Spule induziert – A ist korrekt.

B:

Dielektrische Gegenstände in der Spule sind für die Gegeninduktion weitgehend irrelevant – B scheidet aus.

C:

Ein konstanter Gleichstrom kann kein sich änderndes Magnetfeld erzeugen und daher auch keine Spannung in einer benachbarten Spule induzieren – C scheidet aus.

D:

Ein konstantes Magnetfeld allein induziert keine Spannung. Für die Induktion ist eine Änderung des magnetischen Flusses erforderlich – D scheidet aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.3 Übertrager und Transformatoren

AC302 Ein Transformator setzt die Spannung von 230 V auf 6 V herunter und liefert dabei einen Strom von 1,15 A. Wie groß ist der dadurch in der Primärwicklung zu erwartende Strom bei Vernachlässigung der Verluste?

- A 30 mA
- B 22,7 mA
- C 0,83 mA
- D 33,3 mA

Lösung / Rechenweg:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \text{oder} \quad U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

Aufgabenstellung:

$$\begin{aligned}I_s &= 1,15 \text{ A} \\U_p &= 230 \text{ V} \\U_s &= 6 \text{ V}\end{aligned}$$

Eingesetzt:

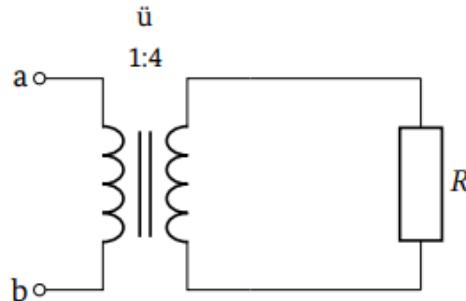
$$230 \text{ V} \cdot I_p = 6 \text{ V} \cdot 1,15 \text{ A}$$

$$I_p = \frac{6,9 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 0,03 \text{ A} = 30 \text{ mA}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.3 Übertrager und Transformatoren

AC303 In dieser Schaltung beträgt $R=16\text{ k}\Omega$. Die Impedanz zwischen den Anschlüssen a und b beträgt im Idealfall ...



- A 1 k Ω .
- B 64 k Ω .
- C 16 k Ω .
- D 4 k Ω .

Lösung / Rechenweg:

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

Aufgabenstellung:

$$Z_p = ? \quad Z_s = 16000\Omega \quad \ddot{u} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{4} = \sqrt{\frac{Z_p}{16000}}$$

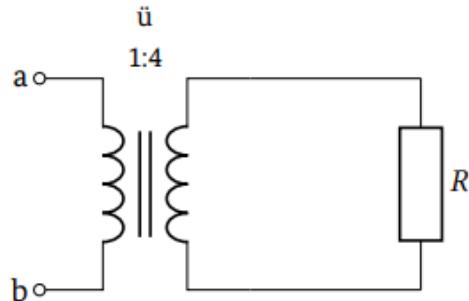
$$\frac{1}{16} = \frac{Z_p}{16000}$$

$$16000 = 16 \cdot Z_p \\ Z_p = 1000 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.3 Übertrager und Transformatoren

AC304 In dieser Schaltung beträgt $R=6,4 \text{ k}\Omega$. Die Impedanz zwischen den Anschlüssen a und b beträgt im Idealfall ...



- A 0,4 k Ω .
- B 26 k Ω .
- C 6,4 k Ω .
- D 1,6 k Ω

Lösung / Rechenweg:

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

Aufgabenstellung:

$$Z_p = ? \quad Z_s = 6400\Omega \quad \ddot{u} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{4} = \sqrt{\frac{Z_p}{6400}}$$

$$\frac{1}{16} = \frac{Z_p}{6400}$$

$$6400 = 16 \cdot Z_p \\ Z_p = 400 \Omega = 0,4 \text{ k}\Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.3 Übertrager und Transformatoren

AC305 Für die Anpassung einer Antenne mit einem Fußpunktwiderstand von $450\ \Omega$ an eine $50\ \Omega$ -Übertragungsleitung sollte ein Übertrager mit einem Windungsverhältnis von ...

- A** 3:1 verwendet werden.
- B** 4:1 verwendet werden.
- C** 9:1 verwendet werden.
- D** 16:1 verwendet werden

Lösung / Rechenweg:

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

Aufgabenstellung:

$$Z_p = 450\Omega \quad Z_s = 50\Omega \quad \ddot{u} = ?$$

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{450}{50}}$$

$$\ddot{u} = \sqrt{9} = 3\ (: 1)$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.3 Übertrager und Transformatoren

AC306 Für die Anpassung einer $50\ \Omega$ Übertragungsleitung an eine endgespeiste Halbwellenantenne mit einem Fußpunktwiderstand von $2,5\ k\Omega$ wird ein Übertrager verwendet. Er sollte in etwa ein Windungsverhältnis von ...

- A** 1:7 aufweisen.
- B** 1:3 aufweisen.
- C** 1:49 aufweisen.
- D** 1:14 aufweisen

Lösung / Rechenweg:

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

Aufgabenstellung:

$$Z_p = 50\Omega \quad Z_s = 2500\Omega \quad \ddot{u} = ?$$

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{50}{2500}}$$

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{1}{50}} = \frac{1}{\sqrt{50}} \approx \frac{1}{\sqrt{49}} = \frac{1}{7}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.3 Übertrager und Transformatoren

AC307 Eine Transformatorwicklung hat einen Drahtdurchmesser von 0,5 mm. Die zulässige Stromdichte beträgt 2,5 A/mm². Wie groß ist der zulässige Strom?

- A** ca. 0,49 A
- B** ca. 1,96 A
- C** ca. 1,25 A
- D** ca. 0,19 A

Lösung / Rechenweg:

$$A_{Dr} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad \text{Querschnittsfläche Draht}$$

$$I = S \cdot A_{Dr}$$

Hilfsmittel "Belastbarkeit von Wicklungen"

Aufgabenstellung:

$$d = 0,5 \text{ mm} \quad \text{und} \quad S = 2,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{Dr} = \pi \cdot \left(\frac{0,5 \text{ mm}}{2}\right)^2 \approx 0,1963 \text{ mm}^2$$

$$I = 2,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \cdot 0,1963 \text{ mm}^2 \approx 0,49 \text{ A}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode

AC401 Ein in Durchlassrichtung betriebener PN-Übergang ermöglicht ...

- A** den Elektronenfluss von N nach P.
- B** die Halbierung des Stromflusses.
- C** keinen Stromfluss.
- D** den Elektronenfluss von P nach N.

Erklärung:

A:

PN-Übergang in Durchlassrichtung heißt:
p-Schicht am Pluspol und n-Schicht am Minuspol.
Elektronen der n-Schicht werden vom Minuspol
abgestoßen und in Richtung p-Schicht getrieben.
Löcher der p-Schicht werden vom Pluspol
abgestoßen, was den Elektronenfluss von N nach
P weiter begünstigt – A ist korrekt.

B:

Es gibt keinen Zusammenhang zwischen
Durchlassrichtung, PN-Übergang und Halbierung
des Stromflusses – B scheidet aus.

C:

In Durchlassrichtung wird der Strom
durchgelassen, nicht blockiert – C scheidet aus.

D:

Siehe Erklärung unter A. D scheidet aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode

AC402 Wie verhalten sich die Elektronen in einem in Durchlassrichtung betriebenen PN-Übergang?

- A Sie wandern von N nach P.**
- B Sie wandern von P nach N.**
- C Sie bleiben im N-Bereich.**
- D Sie zerfallen beim Übergang.**

Erklärung:

A:

PN-Übergang in Durchlassrichtung heißt:
p-Schicht am Pluspol und n-Schicht am Minuspol.
Elektronen der n-Schicht werden vom Minuspol
abgestoßen und in Richtung p-Schicht getrieben.
Löcher der p-Schicht werden vom Pluspol
abgestoßen, was den Elektronenfluss von N nach
P weiter begünstigt – A ist korrekt.

B, C:

Siehe A. B und C scheiden aus.

D:

Elektronen zerfallen nicht. Jedenfalls nicht in
absehbarer Zeit. D scheidet aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode

AC403 Wie verhält sich die Durchlassspannung einer Diode in Abhängigkeit von der Temperatur?

- A Die Spannung sinkt bei steigender Temperatur.**
- B Die Spannung ist unabhängig von der Temperatur.**
- C Die Spannung oszilliert mit steigender Temperatur.**
- D Die Spannung steigt bei steigender Temperatur.**

Erklärung:

A:

Die P- und N-Schicht der Diode besteht aus dotierten Halbleiter-Materialien.

Diese haben die Eigenschaft bei steigender Temperatur besser zu leiten – es werden mehr Ladungsträger im Halbleitermaterial frei.

Daher wird eine geringere Durchlassspannung benötigt, wenn die Temperatur steigt.
Lösung A ist korrekt.

B, C und D:

Scheiden mit der Begründung oben aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode

AC404 Wie verhält sich die Kapazität einer Kapazitätsdiode (Varicap)?

- A Sie nimmt mit abnehmender Sperrspannung zu.
- B Sie nimmt mit abnehmendem Durchlassstrom zu.
- C Sie nimmt mit zunehmender Sperrspannung zu.
- D Sie nimmt mit zunehmendem Durchlassstrom zu.

Erklärung:

A:

Eine Kapazitätsdiode nutzt die Eigenschaft des pn-Übergangs, dessen Kapazität von der Breite der Raumladungszone abhängt.

Bei steigender Sperrspannung verbreitert sich die Raumladungszone.

Dies führt zu einem größeren Abstand zwischen den Ladungsträgern, was einer Vergrößerung des Abstands zwischen Kondensatorplatten entspricht.

Folglich nimmt die Kapazität mit zunehmender Sperrspannung ab – und mit abnehmender Sperrspannung zu. A ist korrekt.

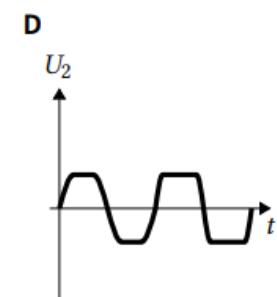
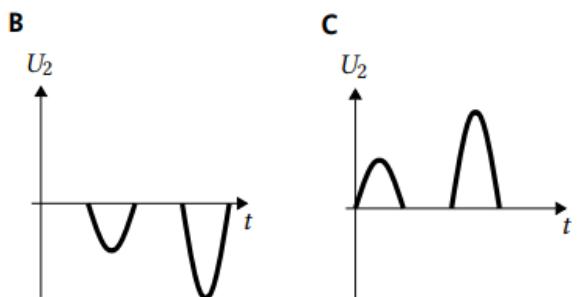
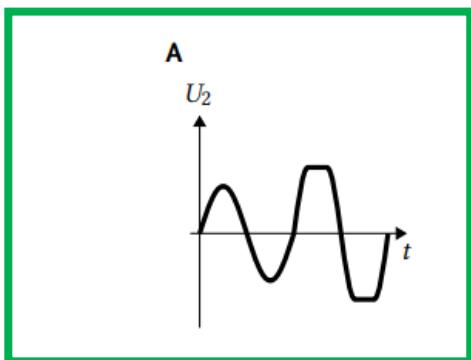
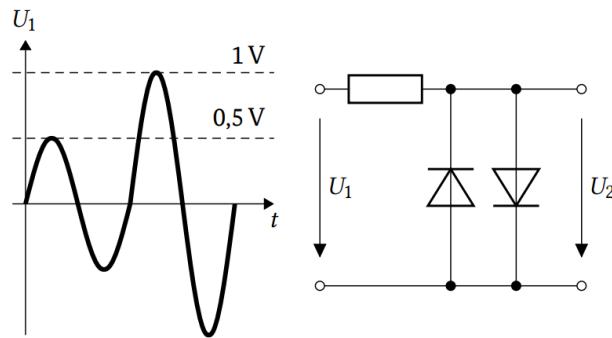
B, C und D:

Scheiden mit der Begründung oben aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode / Amplitudenbegrenzer

AC405 Das folgende Signal wird als U_1 an den Eingang der Schaltung mit Siliziumdioden gelegt. Wie sieht das zugehörige Ausgangssignal U_2 aus?



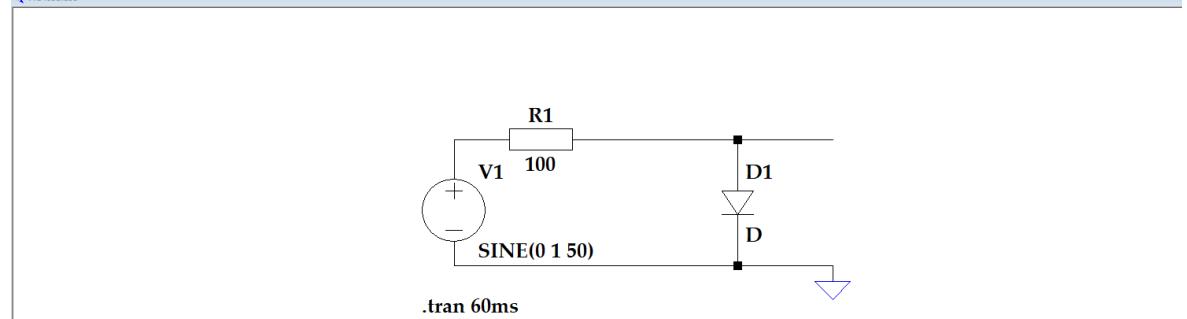
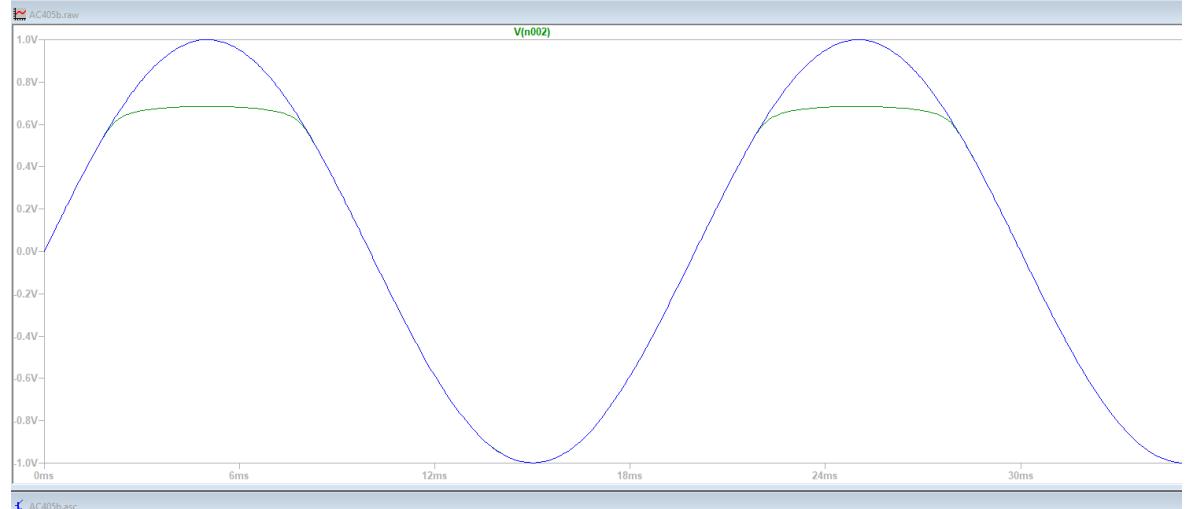
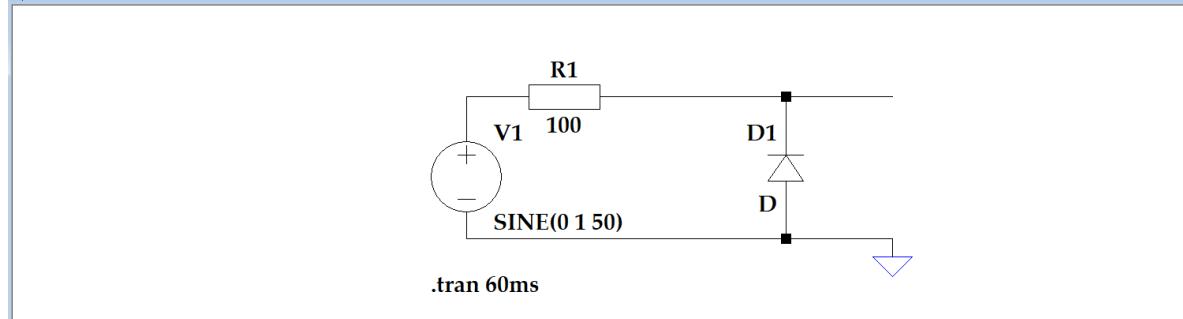
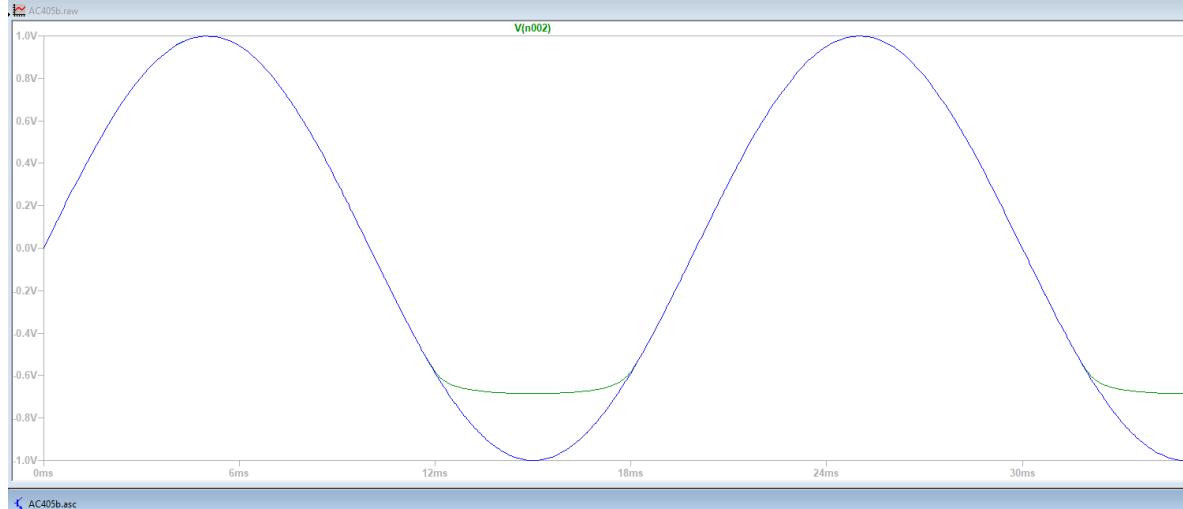
Erklärung:

- Wenn das Signal unterhalb der Schwellenspannung von 0,5 V liegt, leiten die Dioden nicht und das Eingangssignal passiert die Schaltung unverändert.
- Positive Ausschläge werden bei etwa 0,5 V (nicht bei 0 V) abgeschnitten, da die in Durchlassrichtung geschaltete Diode ab dieser Spannung zu leiten beginnt.
- Negative Ausschläge werden bei etwa -0,5 V (nicht bei 0 V) abgeschnitten, da die entgegengesetzt geschaltete Diode dann in Durchlassrichtung arbeitet.

Lösung A ist die dazu passende Visualisierung der Ausgangsspannung.

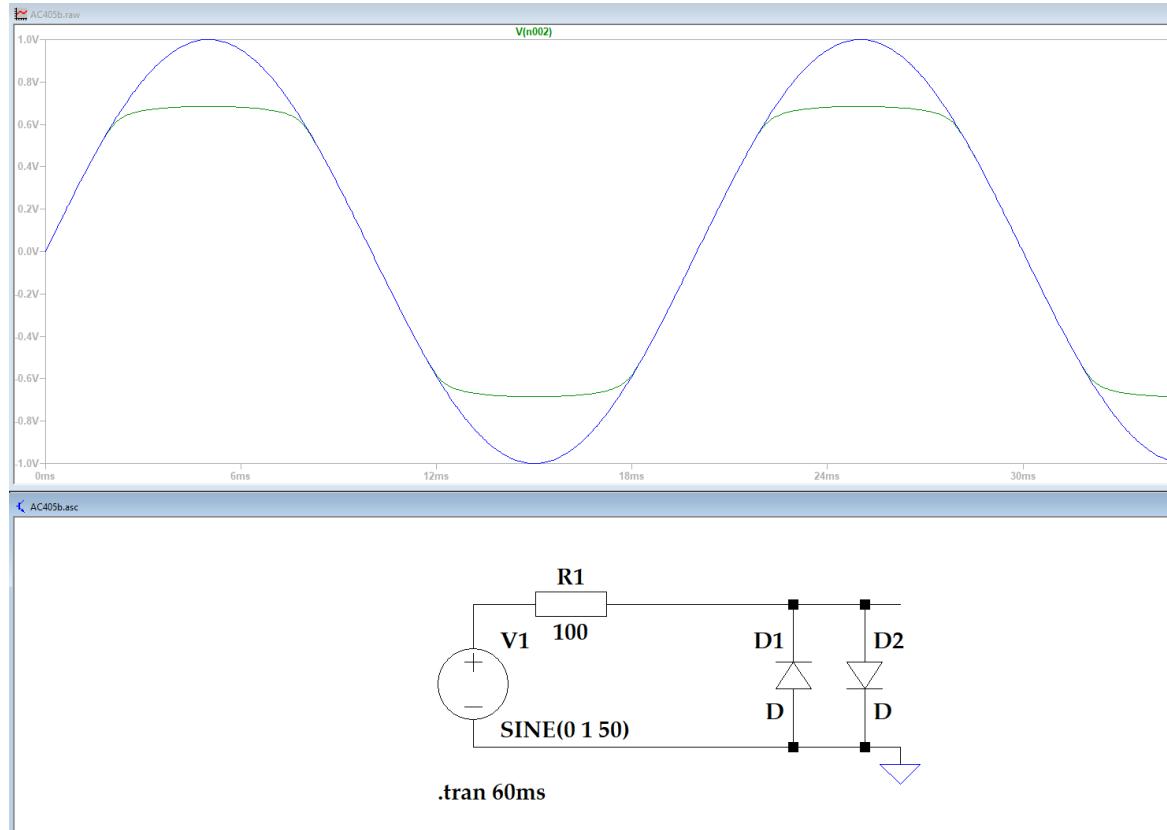
5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode / Simulation AC405 mit LTSpice



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

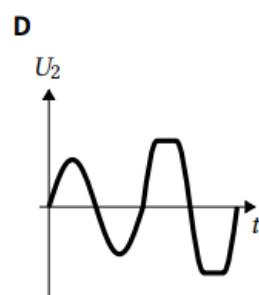
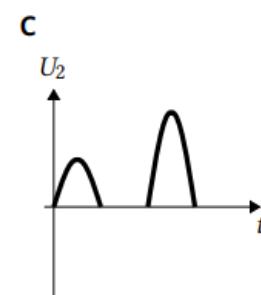
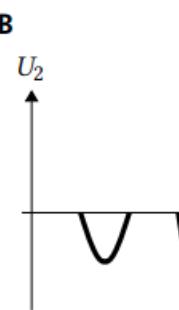
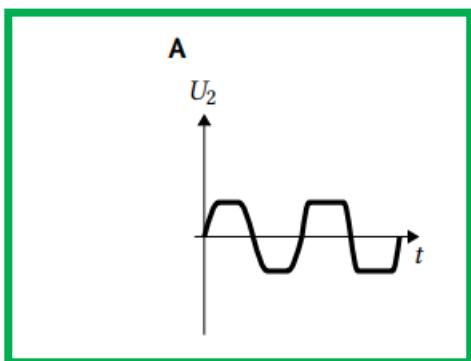
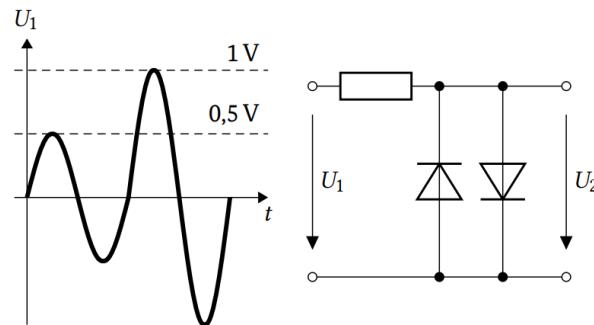
5.3.4 Diode / Simulation AC405 mit LTSpice



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode

AC406 Das folgende Signal wird als U_1 an den Eingang der Schaltung mit Germaniumdioden gelegt. Wie sieht das zugehörige Ausgangssignal U_2 aus?



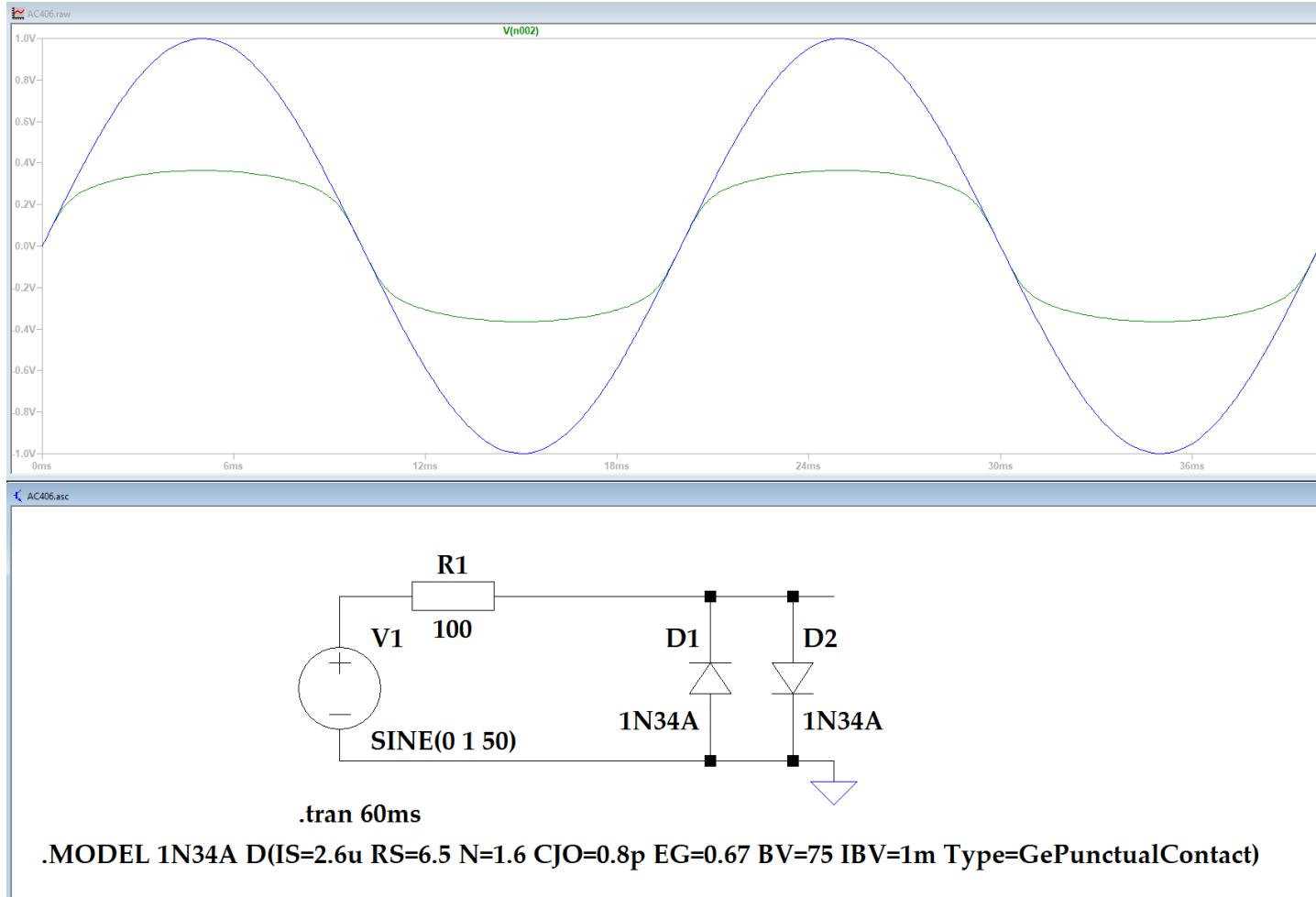
Erklärung:

- Wenn das Signal unterhalb der Schwellenspannung von 0,3 V liegt, leiten die Dioden nicht und das Eingangssignal passiert die Schaltung unverändert.
- Positive Ausschläge werden bei etwa 0,3 V (nicht bei 0 V) abgeschnitten, da die in Durchlassrichtung geschaltete Diode ab dieser Spannung zu leiten beginnt.
- Negative Ausschläge werden bei etwa -0,3 V (nicht bei 0 V) abgeschnitten, da die entgegengesetzt geschaltete Diode dann in Durchlassrichtung arbeitet.

Lösung A ist die dazu passende Visualisierung der Ausgangsspannung.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode / LTSpice Simulation AC406



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

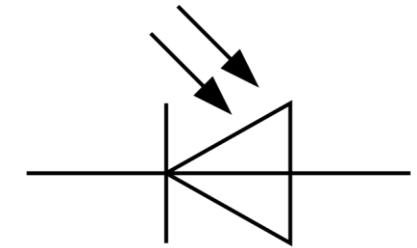
5.3.4 Diode / Fotodiode

Fotodiode

- lichtempfindliches Halbleiterbauelement, das auf dem inneren fotoelektrischen Effekt basiert

Funktionsweise

- Die Fotodiode besteht aus einem pn-Übergang, **der dem Licht gut zugänglich gemacht ist.**
- Wenn Photonen mit ausreichender Energie auf die Diode treffen, werden Elektron-Loch-Paare in der Raumladungszone erzeugt.
- In der Raumladungszone werden die erzeugten Ladungsträger durch das elektrische Feld getrennt. Elektronen wandern zur n-dotierten Seite, Löcher zur p-dotierten Seite.
- **Dies führt zu einem Stromfluss**, dem sogenannten Fotostrom, der proportional zur Lichtintensität ist.



Betrieb

- typischerweise in Sperrrichtung betrieben, um die Empfindlichkeit zu erhöhen und die Kapazität zu verringern.
- Fotodioden reagieren nahezu trägeheitslos auf Lichtänderungen, was sie für schnelle Anwendungen geeignet macht.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode

AC407 Welches Bauteil kann durch Lichteinfall elektrischen Strom erzeugen?

- A Fotodiode**
- B Fotowiderstand
- C Kapazitätsdiode
- D Blindwiderstand

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode / Optokoppler

Optokoppler

- **elektronisches Bauelement, das zur galvanischen Trennung und Signalübertragung zwischen zwei Stromkreisen dient.**

Zwei Hauptkomponenten

- Ein Lichtsender, typischerweise eine Leuchtdiode (LED)
- Ein Lichtempfänger, meist eine Fotodiode oder ein Fototransistor

Funktionsweise

- Das Eingangssignal steuert die LED an.
- Die LED emittiert Licht, oft im Infrarotbereich.
- Das Licht wird vom Fotosensor empfangen und in ein elektrisches Signal umgewandelt.
- Das Ausgangssignal wird erzeugt, basierend auf dem empfangenen Licht.

Hauptmerkmale und Vorteile von Optokopplern

- Galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgang
- Übertragung analoger und digitaler Signale
- Schutz vor Störungen und unerwünschten Stromflüssen
- Erhöhung der Störfestigkeit in Schaltungen
- Potentialfreier Ausgang

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.4 Diode

AC408 Die Hauptfunktion eines Optokopplers ist ...

A die galvanische Entkopplung zweier Stromkreise durch Licht.

B die Erzeugung von hochfrequentem Wechselstrom durch Licht.

C die Signalanzeige durch Licht.

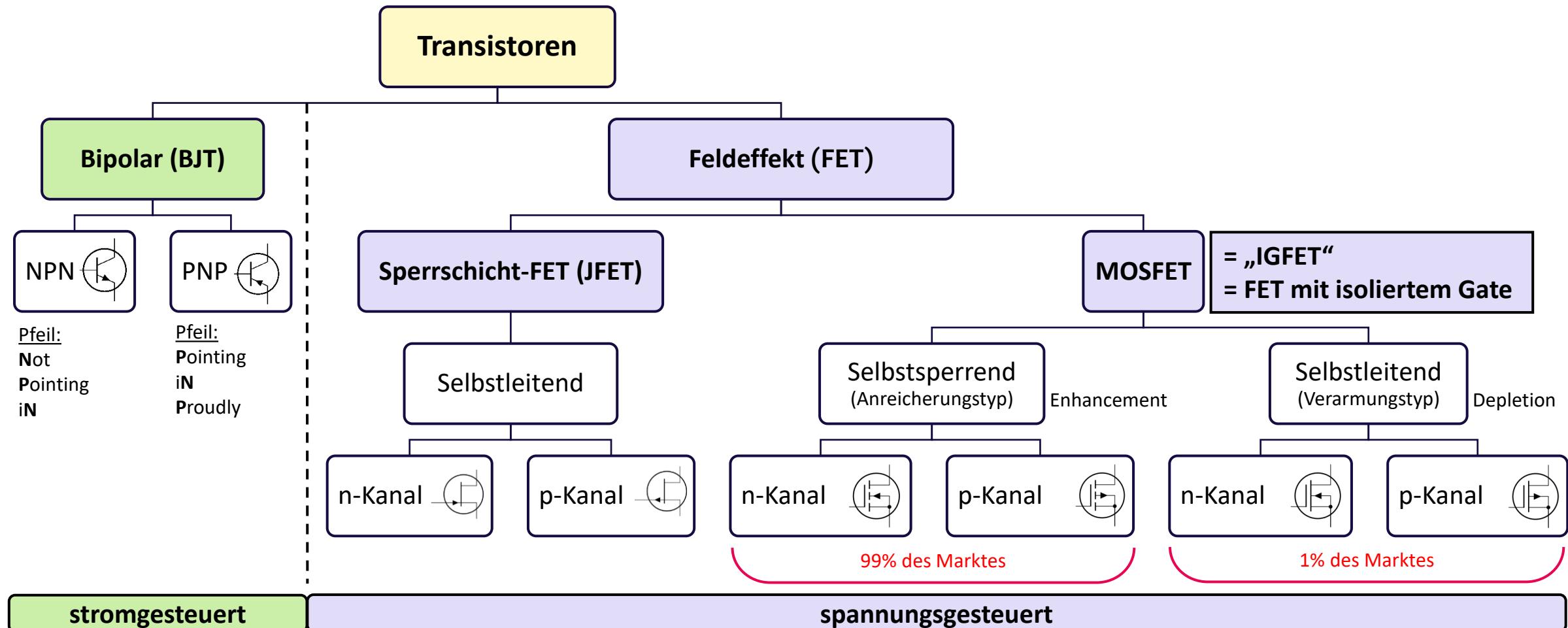
D die Erzeugung von Gleichstrom durch Licht.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor / Typen von Transistoren



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

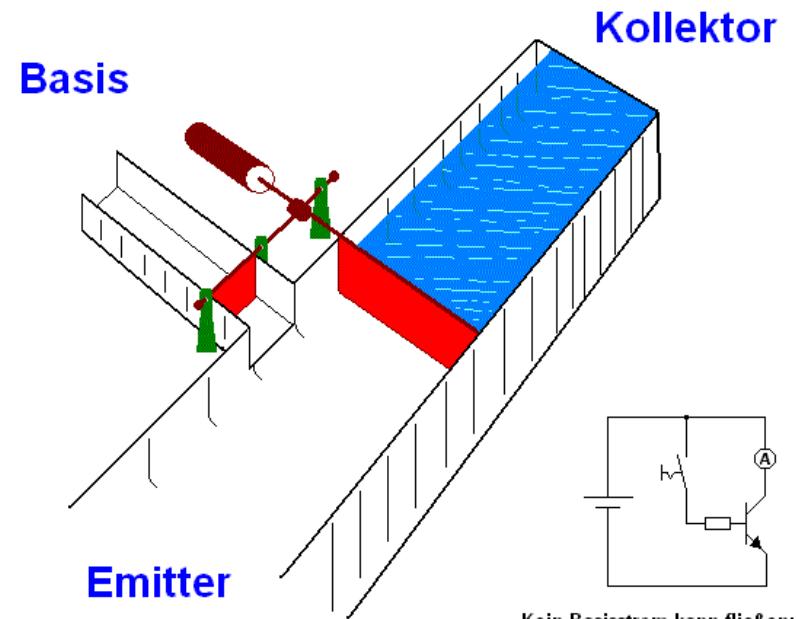
5.3.5 Transistor / Funktionsweise Bipolarer Transistoren

Funktionsweise

- Durch einen elektrischen Strom I_B zwischen Basis und Emitter wird ein stärkerer Strom I_C zwischen Kollektor und Emitter gesteuert – d. h.: Bipolare Transistoren sind stromgesteuert:

$$4 \leq \beta^* = \frac{I_B}{I_C} \leq 1000 \quad (* \text{ Stromverstärkungsfaktor})$$

- Werden nur Kollektor und Emitter angeschlossen (Spannung $U_{CE} > 0$), entspricht dies schaltungstechnisch zwei entgegengesetzt geschalteten Dioden, von denen die Basis-Kollektor-Diode immer gesperrt ist.
- Die Basis-Emitter-Diode wird leitend, wenn die Spannung $U_{BE} > 0,6 \text{ V}$ (Silizium) ist.
- Der Emitter ist höher dotiert als die Basis, was zu einem überwiegenden Elektronenstrom vom Emitter in die Basis führt. Der Elektronenfluss vom Emitter in die Basis ist wesentlich größer als der Löcherstrom von der Basis in den Emitter.
- 99% der Elektronen diffundieren durch die Basis in die Kollektor-Basis-Sperrschiicht, ohne zu rekombinieren (Elektron füllt Loch).
- Die Elektronen driften aufgrund des Potentialabfalls ($U_{CB} > 0$) in den Kollektor.
- Der resultierende Kollektorstrom I_C besteht hauptsächlich aus Elektronen, die vom Emitter durch die Basis in den Kollektor fließen.



Kein Basisstrom kann fließen;
Der Transistor ist gesperrt.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC501 Ein bipolarer Transistor ist ...

- A** stromgesteuert.
- B** spannungsgesteuert.
- C** thermisch gesteuert.
- D** feldgesteuert.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor / Funktionsweise von Feldeffekttransistoren - Sperrschiicht-Feldeffekttransistor (JFET)

Sperrschiicht-Feldeffekttransistor (JFET) = spannungsgesteuertes Halbleiterbauelement mit drei Anschlüssen:

- Drain (D)
- Gate (G)
- Source (S)

Funktionsweise eines JFETs: Steuerung des Stromflusses über ein elektrisches Feld (Spannung)

Diese Funktionsweise ähnelt dem Prinzip, einen Wasserschlauch zusammenzudrücken, um den Durchfluss zu regulieren.

Aufbau

Ein n-Kanal-JFET besteht aus einem n-dotierten Bereich (Kanal), der von einer p-dotierten Zone umschlossen wird.

Der Kanal verbindet Source und Drain, während das Gate mit der p-Zone verbunden ist.

Stromfluss

Ohne angelegte Gate-Spannung fließt ein Strom durch den Kanal zwischen Source und Drain.

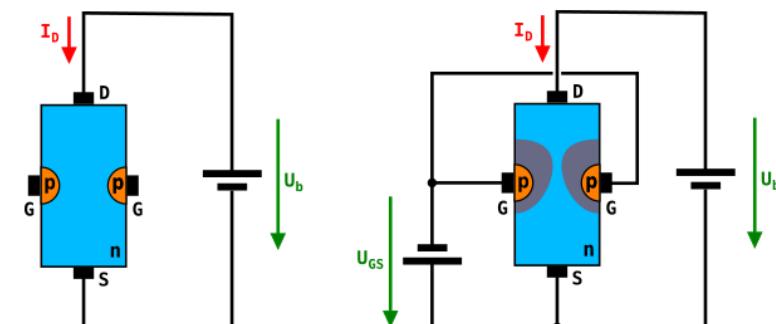
Steuerung

Die Gate-Source-Spannung (U_{GS}) beeinflusst die Breite der Raumladungszone zwischen p- und n-Bereichen.

Kanalmodulation

Eine negative U_{GS} bei einem n-Kanal-JFET vergrößert die Raumladungszone und verengt den Kanal, wodurch der Drain-Strom abnimmt.

Bei der Abschnürspannung (U_p) ist der Kanal vollständig verengt, und der Drain-Strom minimal.

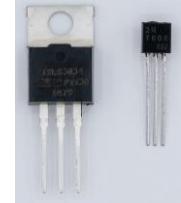


5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor / MOSFET

MOSFET = Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor

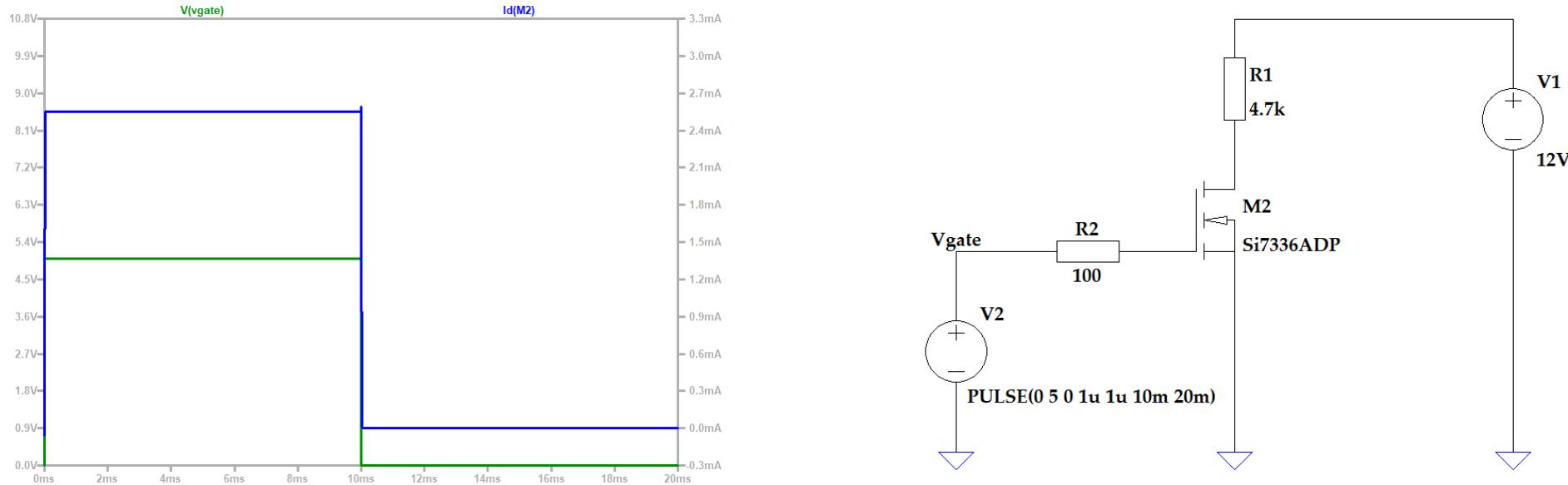
- 3 Anschlüsse: Drain (D), Gate (G), Source (S)
- Spannung zwischen Gate und Source steuert den Stromfluss zwischen Source und Drain



N-Kanal-MOSFET – selbstsperrend / Anreicherungstyp	P-Kanal-MOSFET – selbstsperrend / Anreicherungstyp
<ul style="list-style-type: none">• Öffnet, wenn eine Spannung an seinem Gate anliegt, die gegenüber der Source positiv ist (Schwellenwert überschritten).	<ul style="list-style-type: none">• Öffnet, wenn eine Spannung an seinem Gate anliegt, die gegenüber der Source negativ ist.
N-Kanal-MOSFET – selbstleitend / Verarmungstyp	P-Kanal-MOSFET – selbstleitend / Verarmungstyp
<ul style="list-style-type: none">• Strom fließt selbst wenn keine Spannung am Gate anliegt.• $V_{GS}+$ vergrößert den Kanal. Leitfähigkeit ↗• $V_{GS}-$ verkleinert den Kanal. Leitfähigkeit ↘	<ul style="list-style-type: none">• Strom fließt selbst wenn keine Spannung am Gate anliegt.• $V_{GS}+$ verkleinert den Kanal. Leitfähigkeit ↘• $V_{GS}-$ vergrößert den Kanal. Leitfähigkeit ↗

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor / Verhalten eines selbstsperrenden n-Kanal MOSFET



- **Gatespannung +5 V für 10 ms**

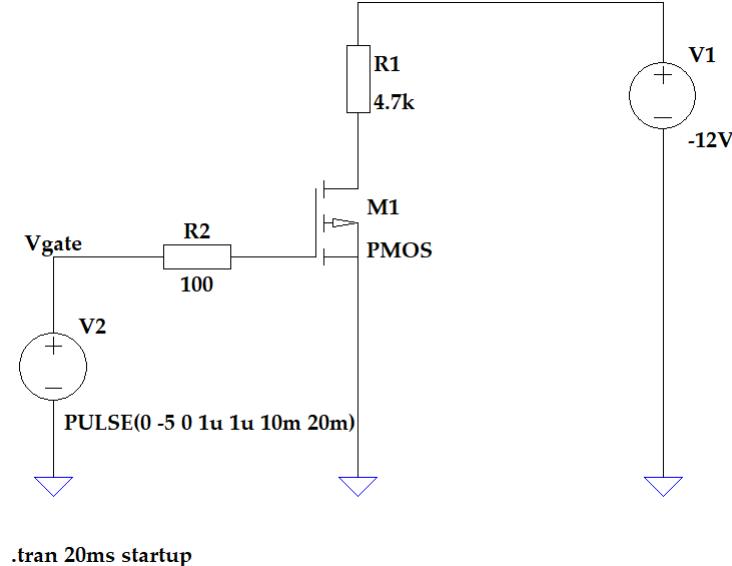
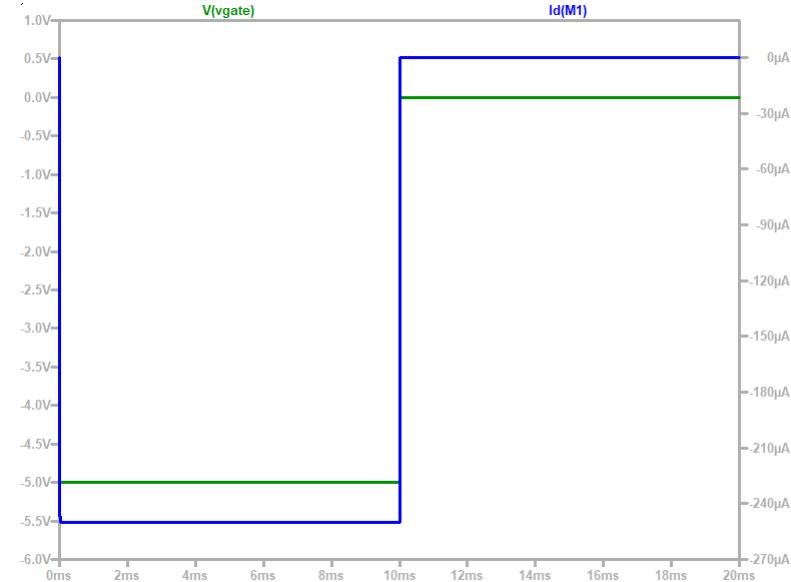
Wenn die Spannungsquelle V2 eine Spannung von **5 V an das Gate** anlegt, wird die Schwellenspannung V_{TH} überschritten. Dadurch entsteht ein leitender n-Kanal zwischen Source und Drain, und ein Drainstrom ($I_D = 2,5 \text{ mA}$) fließt. Dies entspricht der typischen Funktion eines selbstsperrenden MOSFETs (hier M2), bei dem der Stromfluss durch die positive Gate-Source-Spannung (V_{GS}) gesteuert wird.

- **Gatespannung 0 V für 10 ms**

Wenn die Spannung am **Gate auf 0 V** fällt, verschwindet der leitende n-Kanal. Der MOSFET sperrt, und es fließt kein Drainstrom mehr ($I_D = 0 \text{ mA}$). Dies ist charakteristisch für den Sperrzustand eines selbstsperrenden MOSFETs ohne positive Gate-Source-Spannung (V_{GS}).

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor / Verhalten eines selbstsperrenden p-Kanal MOSFET



- **Gatespannung -5 V für 10 ms**

Wenn die Spannungsquelle V_2 eine Spannung von **-5 V an das Gate** anlegt, wird die Schwellenspannung V_{TH} überschritten. Dadurch entsteht ein leitender p-Kanal zwischen Source und Drain, und ein Drainstrom ($I_D = -250 \mu A$) fließt. Dies entspricht der typischen Funktion eines selbstsperrenden MOSFETs (hier M1), bei dem der Stromfluss durch die negative Gate-Source-Spannung (V_{GS}) gesteuert wird.

- **Gatespannung 0 V für 10 ms**

Wenn die Spannung am **Gate auf 0 V** steigt, verschwindet der leitende p-Kanal. Der MOSFET sperrt, und es fließt kein Drainstrom mehr ($I_D = 0 \mu A$). Dies ist charakteristisch für den Sperrzustand eines selbstsperrenden MOSFETs ohne negative Gate-Source-Spannung (V_{GS}).

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC502 Ein Feldeffekttransistor ist ...

- A** spannungsgesteuert.
- B** stromgesteuert.
- C** leistungsgesteuert.
- D** optisch gesteuert.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC503 Mit welchem Anschluss ist der p-dotierte Bereich eines NPN-Transistors verbunden?

- A Basis**
- B Kollektor**
- C Emitter**
- D Gehäuse**

Erklärung:

A:

Der mittlere Buchstabe in „NPN“ (P) bezeichnet den Basisschluss – aufgrund des Aufbaus von bipolaren Transistoren – A ist korrekt.

B, C, D:

Emitter = N-Schicht in NPN
Kollektor = N-Schicht in NPN
Gehäuse = keine Verbindung

B, C und D scheiden aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC504 Mit welchem Anschluss ist der n-dotierte Bereich eines PNP-Transistors verbunden?

- A Basis**
- B Emitter**
- C Kollektor**
- D Gehäuse**

Erklärung:

A:

Der mittlere Buchstabe in „PNP“ (N) bezeichnet den Basisschluss – aufgrund des Aufbaus von bipolaren Transistoren – A ist korrekt.

B, C, D:

Emitter = P-Schicht in PNP
Kollektor = P-Schicht in PNP
Gehäuse = keine Verbindung

B, C und D scheiden aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC505 Bei einem bipolaren Transistor in leitendem Zustand befindet sich der Basis-Emitter-PN- Übergang ...

- A** in Durchlassrichtung.
- B** im Leerlauf.
- C** im Kurzschluss.
- D** in Sperrrichtung.

Erklärung:

A:

Um einen bipolaren Transistor in den leitenden Zustand zu versetzen, muss der Basis-Emitter-Übergang in Durchlassrichtung gepolt sein – A ist korrekt.

B:

Leerlauf = es fließt kein Strom. In einem leitenden Transistor muss jedoch ein Basisstrom fließen, um den Transistor zu aktivieren – B scheidet aus.

C:

Kurzschluss = direkt Verbindung von Basis und Emitter. Das ist nicht der Fall – C scheidet aus.

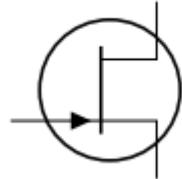
D:

Sperrrichtung = nicht in leitendem Zustand – Widerspruch zur Fragestellung – D scheidet aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC506 Welches Bauteil wird durch das Schaltzeichen symbolisiert?



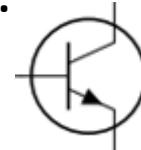
- A Feldeffekttransistor**
- B Bipolartransistor
- C Diode
- D Lautsprecher

Erklärung:

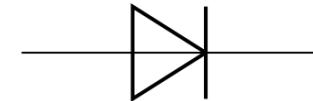
A:

Genau – ein n-Kanal-Sperrschiicht-Feldeffekttransistor. A ist also korrekt.

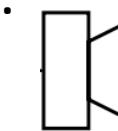
B:



C:



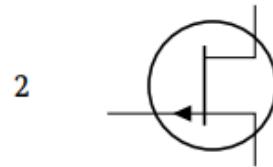
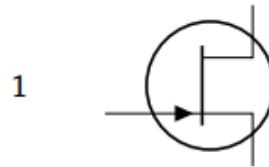
D:



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC507 Welche Bezeichnungen für die Bauelemente sind richtig?



- A** 1: Selbstleitender N-Kanal-Sperrschiicht-FET
2: Selbstleitender P-Kanal-Sperrschiicht-FET

- B** 1: Selbstsperrender N-Kanal-Sperrschiicht-FET
2: Selbstsperrender P-Kanal-Sperrschiicht-FET

- C** 1: Selbstleitender P-Kanal-Sperrschiicht-FET
2: Selbstleitender N-Kanal-Sperrschiicht-FET

- D** 1: Selbstsperrender P-Kanal-Sperrschiicht-FET
2: Selbstsperrender N-Kanal-Sperrschiicht-FET

Erklärung:

A:

Selbstleitend ist korrekt – auch weil es keine selbstsperrenden Sperrschiicht-FETs gibt. Selbstsperrende FETs haben eine gestrichelte vertikale Linie, keine durchgezogene wie hier.

Pfeil-rein = N-Kanal ist korrekt.
Pfeil-raus = P-Kanal ist korrekt.

A ist die richtige Lösung.

C:

Hier sind die P-Kanal und N-Kanal Bezeichnungen vertauscht. C scheidet aus.

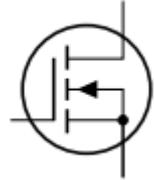
B, D:

Es gibt keine selbstsperrenden Sperrschiicht-FETs. B und D scheiden aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC508 Der folgende Transistor ist ein ...



- A Selbstsperrender N-Kanal-Isolierschicht-FET (MOSFET).**
- B Selbstsperrender P-Kanal-Isolierschicht-FET (MOSFET).**
- C Selbstleitender N-Kanal-Isolierschicht-FET (MOSFET).**
- D Selbstleitender P-Kanal-Isolierschicht-FET (MOSFET).**

Erklärung:

Pfeil-rein = N-Kanal, d.h. B und D scheiden aus.

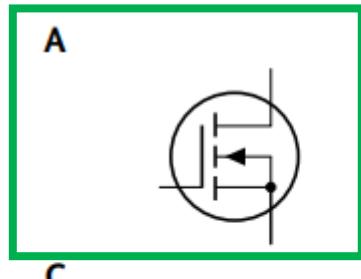
Gestrichelte Linie = selbstsperrend, d.h. C scheidet aus.

A ist die korrekte Lösung.

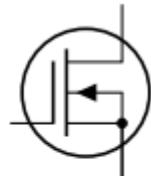
5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

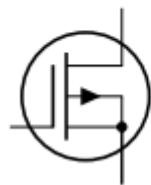
AC509 Welcher der folgenden Transistoren ist ein selbstsperrender N-Kanal-MOSFET?



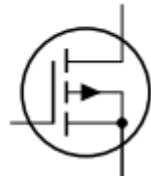
B



D



C



Erklärung:

Selbstsperrend = gestrichelte Vertikale,
d.h. B und C scheiden aus.

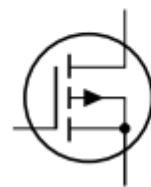
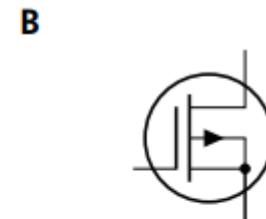
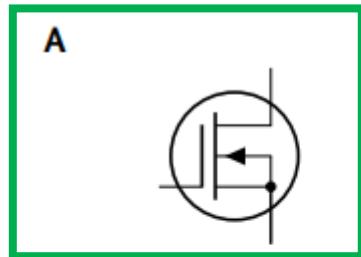
N-Kanal = Pfeil rein (Richtung Kreismitte),
d.h. D scheidet aus.

A ist die korrekte Lösung, weil Pfeil-rein = N-Kanal
und gestrichelte Linie = selbstsperrend.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC510 Welcher der folgenden Transistoren ist ein selbstleitender N-Kanal-MOSFET?



Erklärung:

N-Kanal = Pfeil rein,
d.h. B scheidet aus.

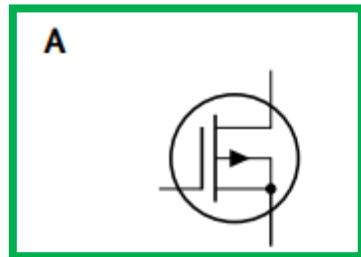
Selbstleitend = Durchgezogene Vertikale,
d.h. C und D scheiden aus.

A erfüllt die Kriterien und ist korrekt.

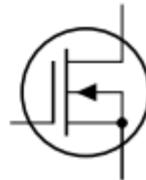
5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

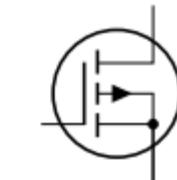
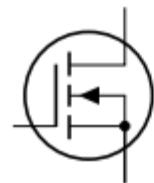
AC511 Welcher der folgenden Transistoren ist ein selbstleitender P-Kanal-MOSFET?



B



D



Erklärung:

P-Kanal = Pfeil raus,
d.h. B scheidet aus.

Selbstleitend = Durchgezogene Vertikale,
d.h. C und D scheiden aus.

A erfüllt die Kriterien und ist korrekt.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC512 Wie lauten die Bezeichnungen der Anschlüsse eines Feldeffekttransistors?

- A Drain, Gate, Source**
- B Emitter, Basis, Kollektor**
- C Emitter, Drain, Source**
- D Gate, Source, Kollektor**

Erklärung:

A:

Genau das sind die Anschlussbezeichnungen eines Feldeffekttransistors – A ist korrekt.

B:

Das sind die Anschlussbezeichnungen eines Bipolaren Transistors – B scheidet aus.

C:

Emitter – Bipolarer Transistor – C scheidet aus.

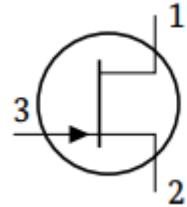
D:

Kollektor – Bipolarer Transistor – D scheidet aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC513 Wie bezeichnet man die Anschlüsse des abgebildeten Transistors?



- A 1: Drain, 2: Source, 3: Gate
- B 1: Anode, 2: Kollektor, 3: Gate
- C 1: Anode, 2: Kathode, 3: Gate
- D 1: Kollektor, 2: Emitter, 3: Basis

Erklärung:

A:

Genau das sind die Anschlussbezeichnungen eines n-Kanal JFET Feldeffekttransistors.

Man braucht für die Lösung dieser Aufgabe die Nummern den Bezeichnungen nicht zuordnen zu können:

B:

Anode ist keine Bezeichnung für einen Bipolaren oder für einen Feldeffekttransistor.
Eine Bezeichnung für eine Röhre (oder Diode).

C:

Kathode ist keine Bezeichnung für einen Bipolaren oder für einen Feldeffekttransistor.
Eine Bezeichnung für eine Röhre (oder Diode).

D:

Das sind Anschlüsse eines Bipolaren Transistors.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC514 Wie erfolgt die Steuerung des Stroms im Feldeffekttransistor (FET)?

- A Die Gate-Source-Spannung steuert den Widerstand des Kanals zwischen Source und Drain.
- B Die Gate-Source-Spannung steuert den Gatestrom.
- C Der Gatestrom steuert den Drainstrom.
- D Der Gatestrom steuert den Widerstand des Kanals zwischen Source und Drain

Erklärung:

A:

Die Steuerung des Stroms erfolgt durch die Gate-Source-Spannung, welche den Widerstand des Kanals zwischen Source und Drain reguliert.

Die GS-Spannung erzeugt ein elektrisches Feld, welches den Kanalwiderstand beeinflusst.

A ist korrekt.

B:

Es fließt kein Gatestrom. Das Gate ist durch eine isolierende Schicht vom Kanal getrennt, daher gibt es keinen direkten Stromfluss.

FETs haben eine sehr hohe Eingangsimpedanz!

C, D:

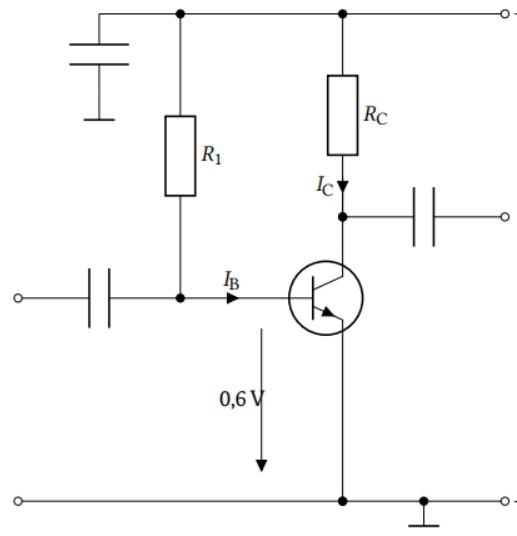
Feldeffekttransistoren sind spannungsgesteuert, daher scheiden C und D von vornherein aus.

Es fließt kein Steuerstrom über das Gate!

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC515 Die Betriebsspannung beträgt 12 V, der Kollektorstrom soll 5 mA betragen, die Gleichstromverstärkung des Transistors beträgt 298. Berechnen Sie den Vorwiderstand R_1 .



- A ca. 680 k Ω
- B ca. 715 k Ω
- C ca. 68 k Ω
- D ca. 2,3 k Ω

Lösung / Rechenweg:

Aufgabenstellung:

$$U_{CC} = 12 \text{ V}; I_C = 5 \text{ mA}$$
$$\beta = 298; U_{BE} = 0,6 \text{ V}$$

Basisstrom I_B berechnen:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5 \text{ mA}}{298} = 0,01678 \text{ mA} = 16,78 \mu\text{A}$$

Berechnung der Spannung über R_1 :

$$U_{R1} = U_{CC} - U_{BE} \quad (\text{Versorgung} - \text{Emmiter})$$
$$U_{R1} = 12 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 11,4 \text{ V}$$

Berechnung von R_1 :

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_B} = \frac{11,4 \text{ V}}{16,78 \mu\text{A}} = 679,5 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor / Faustregel für den Basisstrom I_B

Der Strom durch R_2 sollte etwa 10-mal größer als der Basisstrom I_B sein, um die Stabilität der Schaltung sicherzustellen. (Faustregel)

Vermeidung von Spannungsschwankungen

Der Basisspannungsteiler R_1-R_2 legt die Spannung U_B an der Basis des Transistors fest. Wenn der Strom durch R_2 deutlich größer ist als der Basisstrom I_B , hat der fließende Basisstrom nur einen minimalen Einfluss auf die Spannungsteilung. Dadurch bleibt die Spannung U_B stabil, unabhängig von Schwankungen des Basisstroms.

Unabhängigkeit vom Transistor-Beta (β)

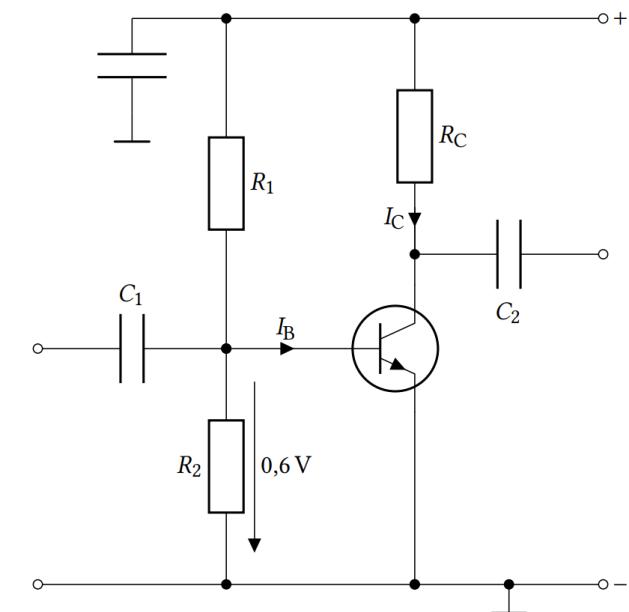
Der Basisstrom I_B hängt von ab: $I_B = I_C / \beta$

Da β zwischen verschiedenen Transistoren stark variieren kann (100-300), könnte ohne diese Dimensionierung die Spannung U_B und somit der Arbeitspunkt stark schwanken. Ein 10-mal größerer Strom durch R_2 macht die Schaltung weitgehend unabhängig von den Variationen von β .

Arbeitspunktstabilität

Der Arbeitspunkt des Transistors wird durch die Basisspannung U_B festgelegt. Eine stabile Basisspannung sorgt dafür, dass der Transistor im gewünschten Bereich (z. B. linearer Bereich für Verstärkung) arbeitet. Ein zu kleiner Strom durch R_2 würde dazu führen, dass der Arbeitspunkt durch kleine Änderungen von I_B (z. B. durch Temperaturschwankungen oder β -Änderungen) stark beeinflusst wird.

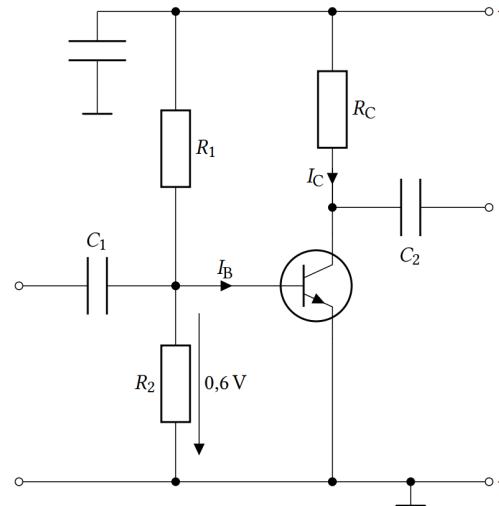
Die Faustregel (s.o.) bietet einen guten Kompromiss zwischen Stabilität und Energieeffizienz.



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC516 Warum soll bei dem gezeigten Basisspannungsteiler der Strom durch R_2 etwa 10-mal größer als der Basisstrom sein?



Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

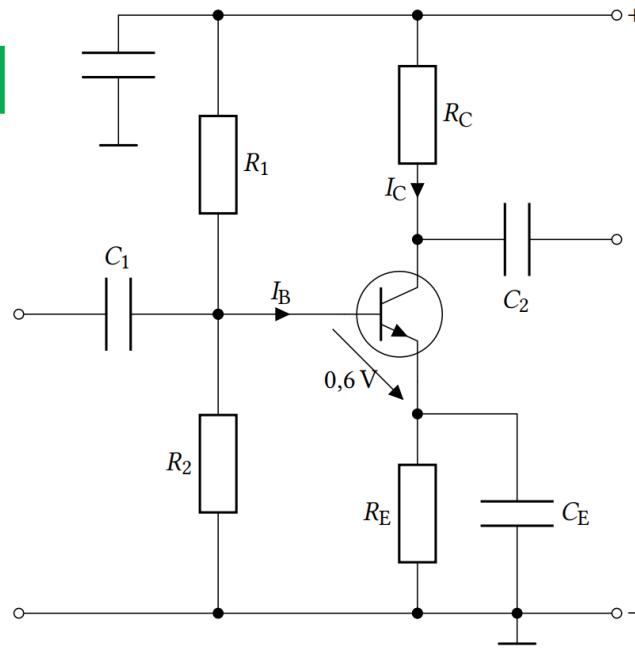
- A** Damit der Arbeitspunkt stabil bleibt.
- B** Damit sich der Basisstrom bei Erwärmung nicht ändert.
- C** Damit R_2 eine Stromgegenkopplung bewirkt.
- D** Damit R_2 eine Spannungsgegenkopplung bewirkt

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC517 Die Betriebsspannung beträgt 10 V, der Kollektorstrom soll 2 mA betragen, die Gleichstromverstärkung des Transistors beträgt 200. Durch den Querwiderstand R_2 soll der zehnfache Basisstrom fließen. Am Emitterwiderstand soll 1 V abfallen. Berechnen Sie den Vorwiderstand R_1 .

- A ca. 76,4 k Ω
- B ca. 540 k Ω
- C ca. 85,5 k Ω
- D ca. 940 k Ω



Lösung / Rechenweg:

$$U_{CC} = 10 \text{ V}; \quad I_C = 2 \text{ mA}; \quad \beta = 200; \quad I_{R2} = 10 \cdot I_B \\ U_{RE} = 1 \text{ V}; \quad U_{BE} = 0,6 \text{ V}; \quad R_1 = ?$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2 \text{ mA}}{200} = 10 \mu\text{A}$$

$$I_{R2} = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 10 \mu\text{A} = 100 \mu\text{A} = 0,1 \text{ mA}$$

$$U_B = U_{RE} + U_{BE} = 1 \text{ V} + 0,6 \text{ V} = 1,6 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{U_B}{I_{R2}} = \frac{1,6 \text{ V}}{0,1 \text{ mA}} = 16 \text{ k}\Omega$$

$$U_{R1} = U_{CC} - U_B = 10 \text{ V} - 1,6 \text{ V} = 8,4 \text{ V}$$

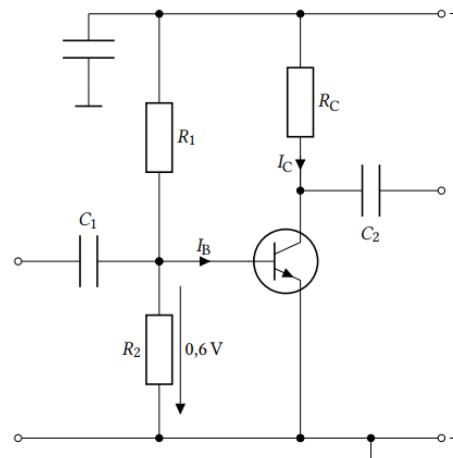
$$I_{R1R2} = I_{R2} + I_B = 0,1 \text{ mA} + 10 \mu\text{A} = 0,11 \text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1R2}} = \frac{8,4 \text{ V}}{0,11 \text{ mA}} \approx 76,36 \text{ k}\Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC518 Die Betriebsspannung beträgt 10 V, der Kollektorstrom soll 2 mA betragen, die Gleichstromverstärkung des Transistors beträgt 200. Durch den Querwiderstand R_2 soll der zehnfache Basisstrom fließen. Berechnen Sie den Vorwiderstand R_1 .



A ca. 85,5 k Ω

B ca. 940 k Ω

C ca. 76,4 k Ω

D ca. 540 k Ω

Lösung / Rechenweg:

Siehe Folgeseite

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

Lösung / Rechenweg zu AC518:

Aufgabenstellung:

$$U_{CC} = 10 \text{ V}; I_C = 2 \text{ mA}$$
$$\beta = 200; U_{BE} = 0,6 \text{ V}; I_{R2} = 10 \cdot I_B; R_1 = ?$$

Basisstrom I_B berechnen:

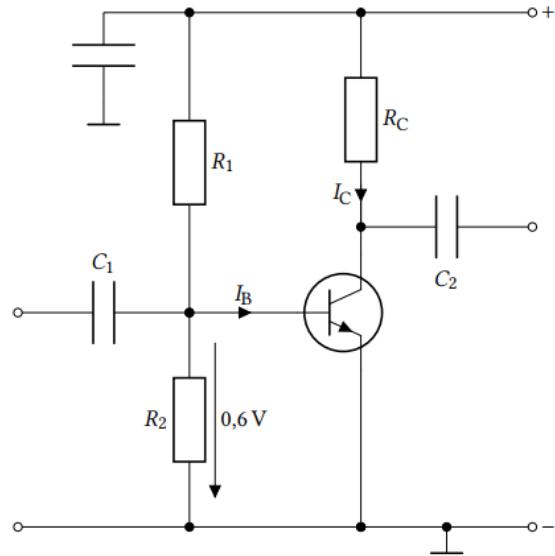
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2 \text{ mA}}{200} = 0,01 \text{ mA} = 10 \mu\text{A}$$

Berechnung des Stroms durch R_2 :

$$I_{R2} = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 10 \mu\text{A} = 100 \mu\text{A}$$

Berechnung des Stroms durch R_1 :

$$I_{R1} = I_B + I_{R2} = 10 \mu\text{A} + 110 \mu\text{A} = 110 \mu\text{A}$$



Berechnung von U_{R1} und R_1 :

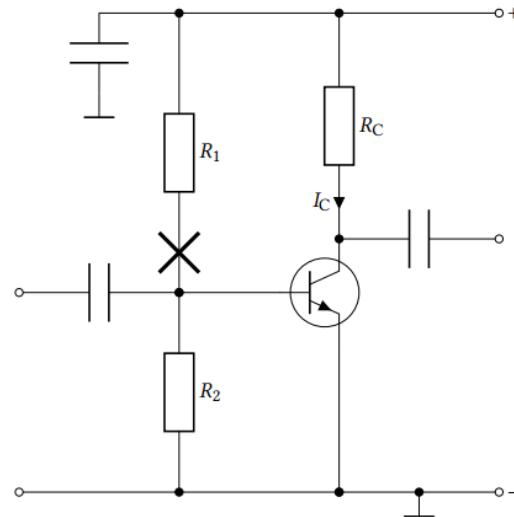
$$U_{R1} = U_{CC} - U_{BE} \quad (\text{Versorgung} - \text{Emmiter})$$
$$U_{R1} = 10 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 9,4 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{9,4 \text{ V}}{110 \mu\text{A}} = 85,45 \text{ k}\Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC519 Was passiert, wenn der Widerstand R_1 durch eine fehlerhafte Lötstelle an einer Seite keinen Kontakt mehr zur Schaltung hat? Welche Beschreibung trifft zu?



- A** Es fließt kein Kollektorstrom mehr. Die Kollektorspannung steigt auf die Betriebsspannung an.
- B** Es fließt Kurzschlussstrom. Der Transistor wird zerstört.
- C** Der Kollektorstrom wird nur durch R_C begrenzt. Die Kollektorspannung sinkt auf zirka 0,1 V.
- D** Der Kollektorstrom steigt stark an. Die Kollektorspannung erhöht sich.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor / Erläuterung zu AC519

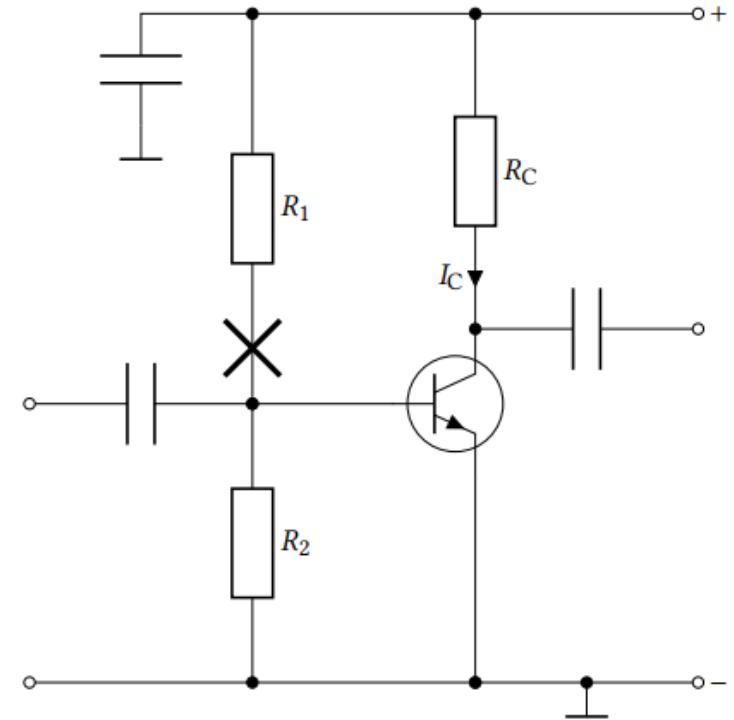
R₁ fehlt

Wenn R₁ fehlt, funktioniert der Spannungsteiler R₁-R₂ nicht und die Basis wird nicht bzw. nicht richtig versorgt, so dass die Basisvorspannung fehlt, damit der Transistor den Kollektorstrom steuern kann.
(Der Kopplungskondensator am Basiseingang sperrt Gleichspannung).
Der Transistor sperrt.

Es fließt kein Kollektorstrom I_C.

Da kein Kollektorstrom I_C fließt, kann an R_C keine Spannung U_C abfallen.

Die Kollektorspannung U_C entspricht der Betriebsspannung U_{CC}.

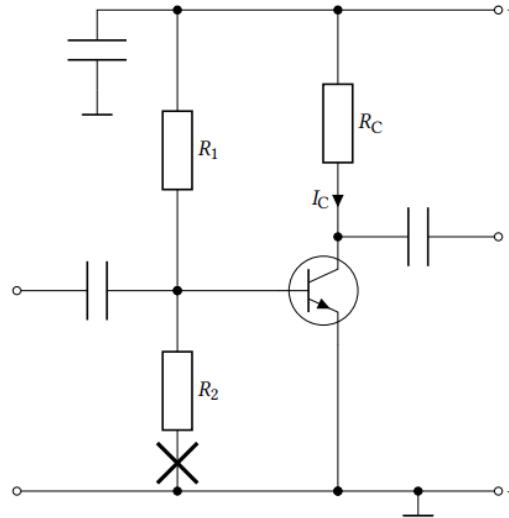


5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC520 Was passiert, wenn der Widerstand R_2 durch eine fehlerhafte Lötstelle an einer Seite keinen Kontakt mehr zur Schaltung hat? In welcher Antwort sind beide Aussagen richtig?

- A Der Kollektorstrom wird nur durch R_C begrenzt. Die Kollektorspannung sinkt auf zirka 0,1 V.
- B Es fließt Kurzschlussstrom. Der Transistor wird zerstört.
- C Es fließt kein Kollektorstrom mehr. Die Kollektorspannung steigt auf die Betriebsspannung an.
- D Der Kollektorstrom steigt stark an. Die Kollektorspannung erhöht sich.



Erklärung:

Ohne R_2 wird die Basis direkt über R_1 an die Versorgungsspannung angeschlossen, d.h. die Basisspannung ist sehr wahrscheinlich sehr hoch.

Wenn die Basisspannung sehr hoch ist, kann der Transistor vollständig durchsteuern, so dass der Kollektorstrom I_C maximal wird und nur durch R_C begrenzt wird.

Die Kollektorspannung fällt über R_C fast vollständig auf 0 V (auf Masse) ab, da der Kollektorstrom sehr groß ist:
 $U_{RC} = I_C \cdot R_C$ (Spannungsabfall an R_C)

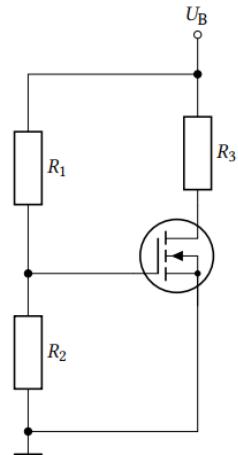
und $U_C = U_{CC} - U_{RC}$

U_{RC} „verbraucht“ die Versorgungsspannung, so dass U_C fast 0 V ist. Der Kollektor liegt dadurch fast auf Masse.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC521 Wie groß ist die Gate-Source-Spannung in der gezeichneten Schaltung? $U_B = 44 \text{ V}$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega$...



A 4 V

B 8 V

C 0,7 V

D 4,4 V

Lösung / Rechenweg:

Um die Gate-Source-Spannung (U_{GS}) in der gegebenen Schaltung zu berechnen, betrachten wir den Spannungsteiler aus R_1 und R_2 , der die Gate-Spannung (U_G) liefert.

Die Gate-Source-Spannung ist dann $U_{GS} = U_G - U_S$, wobei U_S die Spannung an der Source ist.

$$U_G = U_B \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Spannungsteilerformel})$$

$$U_G = 44 \text{ V} \cdot \frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} = 44 \text{ V} \cdot \frac{1}{11} = 4 \text{ V}$$

Die Spannung U_S ist abhängig vom Strom durch den FET. Für einen selbstsperrenden N-Kanal-JFET ist $U_S = I_D \cdot R_3$, wobei der Strom I_D durch die Eigenschaften des FET bestimmt wird.

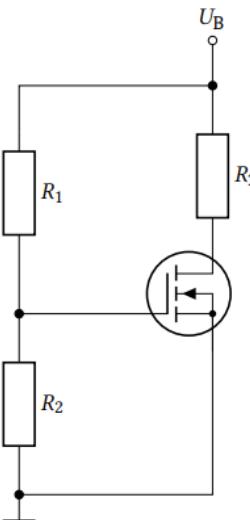
Annahme:

FET arbeitet im Sperrbereich, d.h. $I_D \approx 0$ und damit $U_S \approx 0$ und damit $U_{GS} = 4 \text{ V} - 0 \text{ V} = 4 \text{ V}$.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC522 Wie groß muss R_2 gewählt werden, damit sich eine Spannung von 2,8 V zwischen Gate und Source einstellt?
 $U_B = 44 \text{ V}$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega$...



- A ca. 680 Ω
- B ca. 1405 Ω
- C ca. 68 Ω
- D ca. 820 Ω

Lösung / Rechenweg:

$$U_{GS} = 2,8 \text{ V}; U_B = 44 \text{ V}; \\ R_1 = 10 \text{ k}\Omega; R_2 = ? \text{ k}\Omega;$$

$$U_S = U_G - U_{GS}$$

$$U_G = U_B \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Spannungsteiler})$$

$$U_S = I_D \cdot R_3$$

Annahme:

$$I_D \approx 0 \text{ A} \Rightarrow U_S \approx 0 \text{ V} \Rightarrow U_{GS} = U_G$$

Umstellen und Einsetzen:

$$R_2 = R_1 \cdot \frac{U_{GS}}{U_B - U_{GS}} = 10 \text{ k}\Omega \cdot \frac{2,8 \text{ V}}{44 \text{ V} - 2,8 \text{ V}}$$

$$R_2 = 679,61 \Omega \approx 680 \Omega$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC523 Welche Verlustleistung erzeugt ein PowerMOS-FET mit $R_{DSon} = 4 \text{ m } \Omega$ bei einem Strom von 25 A?

- A 2,5 W
- B 1 W
- C 0,1 W
- D 6,25 W

Lösung / Rechenweg:

$$P = R_{DSon} \cdot I^2$$

$$P = 0,004 \Omega \cdot (25 \text{ A})^2 = 2,5 \text{ W}$$

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor und Freilaufdiode

Funktionen einer Freilaufdiode im Kollektorzweig eines Transistors

Schutz vor Überspannung

Schützt den Transistor vor hohen Spannungsspitzen, die beim Abschalten induktiver Lasten im Kollektorkreis entstehen können.

Begrenzung der Spannung

Die Freilaufdiode begrenzt die auftretende Spannungsspitze auf ihre Durchlassspannung, typischerweise etwa 0,7 V bei Siliziumdioden.

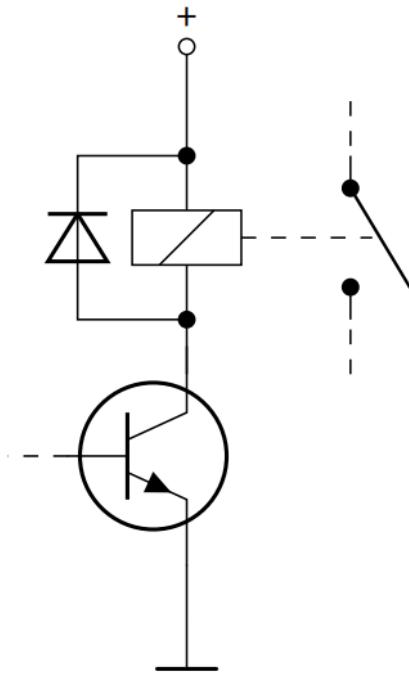
Schutz des Transistors

Durch die Begrenzung der Spannung und Ableitung der Energie verhindert die Freilaufdiode eine Beschädigung oder Zerstörung des Transistors.

Parallelschaltung

Freilaufdioden werden in Sperrrichtung (Kathode → Pluspol) parallel zur Last geschaltet.

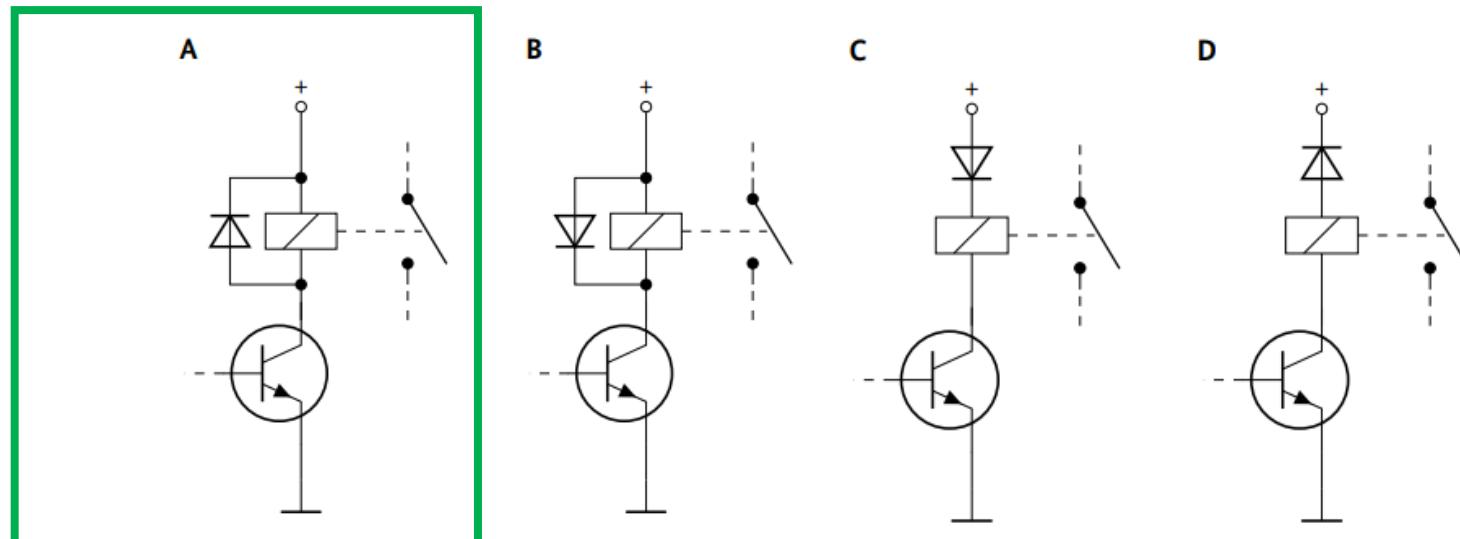
Das Schaltzeichen  steht für ein Gleichspannungsrelais, welches große Lasten schalten soll.



5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.5 Transistor

AC524 In welcher der folgenden Schaltungen ist die Freilaufdiode richtig eingesetzt?



Erklärung:

A:

Im Normalbetrieb, wenn der Transistor durchschaltet und am Relais die Betriebsspannung anliegt, ist die Spannung an der Kathode höher als an der Anode. Die Diode sperrt.

Im Ausschaltmoment ist der Spannungsimpuls an der Anode höher als an der Kathode und die Diode beginnt zu leiten. Die Freilaufdiode schließt den vom Relais induzierten Spannungsimpuls kurz und begrenzt die Spannung auf 0,6 V.

B:

Diode ist in Durchlassrichtung – B scheidet aus.

C, D:

Dioden sind in Reihe – C und D scheiden aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.6 Integrierte Schaltkreise

AC601 Eine integrierte Schaltung ist ...

- A eine komplexe Schaltung auf einem Halbleitersubstrat.
- B eine aus einzelnen Bauteilen aufgebaute vergossene Schaltung.
- C eine miniaturisierte, aus SMD-Bauteilen aufgebaute Schaltung.
- D die Zusammenschaltung einzelner Baugruppen zu einem elektronischen Gerät.

Erklärung:

A:

Integrierte Schaltungen sind komplexe Schaltungen, die direkt auf einem Halbleitersubstrat hergestellt werden, nicht aus einzelnen diskreten Komponenten aufgebaut sind.

B:

Vergossene Schaltungen dienen dem Schutz von elektronischen Komponenten, sind aber nicht dasselbe wie integrierte Schaltungen auf Halbleitersubstraten.

C:

SMD-Bauteile sind separate Komponenten, die auf einer Leiterplatte montiert werden, nicht auf einem einzelnen Halbleitersubstrat integriert.

D:

Das ist der Aufbau eines kompletten Geräts, aber keine integrierte Schaltung.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.6 Integrierte Schaltkreise

AC602 Welche Bauteile sind in einem Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC) enthalten?

- A Ein MMIC enthält alle aktiven und passiven Bauteile auf einem Halbleiter-Substrat.
- B Ein MMIC enthält nur aktive Bauteile auf einem Halbleiter-Substrat.
- C Ein MMIC enthält nur passive Bauteile auf einem Halbleiter-Substrat.
- D Ein MMIC enthält alle aktiven und passiven Bauteile auf einer Leiterplatte.

Erklärung:

A:

Lösung A ist die korrekte Beschreibung eines MMIC.

B:

Es sind auch passive Bauteile (Widerstände, Kondensatoren, Induktivitäten) enthalten – B scheidet aus.

C:

Es sind auch aktive Bauteile (Schottky-Dioden, MESFETs, HEMTs, HBTs – besondere Formen von Transistoren) enthalten – C scheidet aus.

D:

Die Bauteile werden nicht auf einer Leiterplatte ausgebracht – D scheidet aus.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.6 Integrierte Schaltkreise / Vorteile von MMICs

MMICs haben mehrere Vorteile gegenüber diskreten Transistorverstärkern:

Hohe Bandbreite

MMICs sind für den Betrieb bei hohen Frequenzen optimiert, typischerweise zwischen 1 GHz und 100 GHz.

Kompakte Größe

Sie bestehen aus einem einzigen Halbleitersubstrat, was sie sehr klein und leicht macht.

Integrierte Funktionalität

MMICs enthalten alle aktiven und passiven Komponenten auf einem Chip, einschließlich Anpassungsnetzwerke und Bias-Schaltungen.

Hohe Zuverlässigkeit

Aufgrund ihrer monolithischen Struktur sind MMICs weniger störanfällig als diskrete Bauelemente.

Reproduzierbarkeit

MMICs weisen kaum Schwankungen der Leistungsdaten auf, da sie alle mit denselben Prozessierungsschritten hergestellt werden.

Diese Eigenschaften ermöglichen es MMICs, breitbandig eine hohe Verstärkung mit weniger Bauteilen zu bieten als diskrete Transistorverstärker.

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.6 Integrierte Schaltkreise

AC603 Welchen Vorteil hat ein Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC) gegenüber einem diskreten Transistor-verstärker?

A Ein MMIC bietet breitbandig eine hohe Verstärkung mit weniger Bauteilen.

B Ein MMIC bietet schmalbandig eine hohe Verstärkung in einem Bauteil.

C Ein MMIC bietet einen hohen Eingangswiderstand und einen niedrigen Ausgangswiderstand.

D Ein MMIC bietet einstellbare Eingangs- und Ausgangsimpedanz.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

5.3 Elektrische und elektronische Bauteile

5.3.6 Integrierte Schaltkreise

AC604 Was ist typisch für einen Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC)?

- A Ein- und Ausgangsimpedanz entsprechen üblichen Leitungsimpedanzen (z. B. 50 Ohm).
- B Die Verstärkung ist bereits ab 0 Hz konstant.
- C Sie sind nur im Mikrowellenbereich einsetzbar.
- D Der Verstärkungsbereich ist schmalbandig.

Erklärung:

A:

Typisches Merkmal ist die Ein- und Ausgangsimpedanzen auf 50 Ohm ausgelegt sind, so dass sie insbesondere in HF-Schaltungen kaskadiert eingesetzt werden können – A ist korrekt.

B:

Verstärkung konstant aber dem unteren MHz Bereich – B scheidet aus.

C:

MMICs sind nicht ausschließlich im Mikrowellenbereich einsetzbar – C scheidet aus.

D:

Der Verstärkungsbereich ist breitbandig, nicht schmalbandig – D scheidet aus.