Fragenkataloge
für die Überprüfungsgespräche
SS2021

(bitte Legende und Regeln durchlesen)

2. Frage	Fragenkatalog 1		Fragenkatalog 2		Fragenkatalog 3		Fragenkatalog 4	
F2.1	1.1	1.5.4	2.1	2.4.8	3.1	3.5.2	4.1	4.4.6
F2.2	1.3.1	1.5.5	2.3.1	2.4.9	3.3.1	3.5.3	4.3.1	4.4.7
F2.3	1.3.2	1.5.6	2.3.2	2.4.10	3.3.2	3.5.4	4.3.2	4.5.1
F2.4	1.3.3	1.5.7	2.3.3	2.4.11	3.3.3		4.3.3	4.5.2
F2.5	1.3.4	1.5.8	2.3.4	2.4.12	3.3.4		4.3.4	4.5.3
F2.6	n1.4.1	1.5.9	2.3.5	2.5.1	3.3.5		4.3.5	4.5.4
F2.7	1.4.2		2.4.1	2.5.2	3.3.6		4.3.6	4.5.5
F2.8	1.4.3		2.4.2		3.3.7		4.3.7	
F2.9	1.4.4		2.4.3		3.4.1		4.4.1	
F2.10	1.4.5		2.4.4		3.4.2		4.4.2	
F2.11	1.5.1		2.4.5		3.4.3		4.4.3	
F2.12	1.5.2		2.4.6		3.4.4		4.4.4	
F2.13	1.5.3		2.4.7		3.5.1		4.4.5	

Legende und Regeln:

- **Fragenbezeichnung**:
  Die erste Ziffer steht für den Fragenkatalog, die Zweite für die Fragenkategorie, die Dritte für die Stelle an welcher diese spezifische Frage in dem Katalog auftaucht.
  z.B 1.3.2 -> Fragenkatalog: 1, Fragenkategorie: 3, Stelle im Katalog: 2
  Die einzige **Ausnahme** stellen die **Fragen der Kategorie 2** dar, da diese (wenn ich mich nicht verschaut habe) in allen Katalogen gleich sind.

- **Farbe der Kästchen**:
  Rot - Frage wurde nicht beantwortet.
  Gelb - Antwort (wahrscheinlich) unvollständig.
  Grün - Antwort (wahrscheinlich) richtig.

- Sollte eine Antwort unvollständig (oder ein anderer Lösungsweg vorhanden) sein so kann der fehlende Teil nach einem Zeilenumbruch ergänzt werden.

2. Frage

Frage 2.1

Nenne die Grundgrößen der Elektrotechnik, deren Formelzeichen und Einheit.

- Elektrische Spannung: U - [V] … Volt
- Elektrischer Strom: I - [A] … Ampere
- Elektrischer Widerstand: R - [Ω] … Ohm
- (?) Kapazität: C - [F] … Farad
- (?) Induktivität: L - [H] … Henry
- (?) Elektrische Ladung: Q - [C] … Coulomb

Frage 2.2

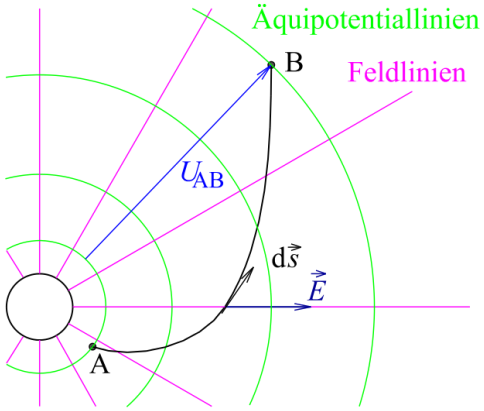
Elektrische **Spannung**: Nenne Definition (nicht über das Ohm´sche Gesetz!), Formelzeichen und Einheit.

- Definition über das Potential:
  "Das Potential ist die Fähigkeit eines Zentralkraftfeldes, Arbeit zu leisten" - Repetitorium, S.20

  Betrachten wir also zwei Punkte (A und B) in einem elektrostatischem Feld so beschreibt das Potential die Energie (= Arbeit), welche verrichtet werden muss um von einem Punkt zum anderen zu gelangen.

  Eine Ausnahme dabei ist wenn sich die beiden Punkte auf derselben Äquipotentiallinie befinden, denn dann ist laut der unten aufgeführten Definition die zu verrichtende Arbeit gleich Null.

  "Kugeloberflächen, in deren Zentrum das Kraftzentrum eines Zentralkraftfeldes ist, sind Äquipotentialflächen. Die Bewegung von Massen bzw. Ladungen auf diesen Flächen verläuft ohne Arbeit." - Repetitorium, S.20



  Daher gilt für die Spannung: $U_{AB} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$

  Das alles führt zu der im Repetitorium gegebenen Definition:

  "Die elektrische Spannung U ist der Unterschied zwischen den elektrischen Potentialen an zwei Stellen eines elektrischen Aufbaus. Diese Potentialdifferenz

bewirkt, dass zur Bewegung elektrischer Ladungen im elektrostatischen Feld Arbeit geleistet oder benötigt wird: Um eine Ladung von 1 As über eine Spannung (=Potentialdifferenz) von 1 V zu bewegen muss 1 J = 1 Ws Arbeit geleistet oder frei werden." - Repetitorium, S. 21

$$1\,V = \frac{1\,Ws}{1\,As}$$

bzw.

$$V = \frac{J}{C}$$

Das Folgt aus den Einheiten der Feldstärke mal dem Weg $d\vec{s}$:

$$V = \frac{N}{C} * m = \frac{Nm}{C} = \frac{J}{C}$$

- Definition 2:
  Er gab noch eine zweite, "einfachere" Definition (mit galvanischen Zellen glaube ich), aber ich kann mich nicht mehr an sie erinnern.

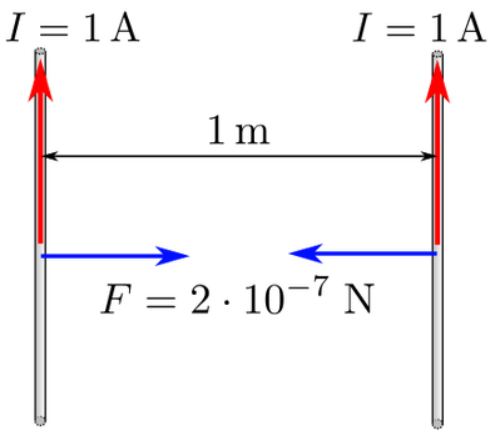
Frage 2.3

Elektrischer **Strom**: Nenne Definition (nicht über das Ohm´sche Gesetz!), Formelzeichen und Einheit

- Definition 1:
  *"Wenn **pro 1 Sekunde $6 \cdot 10^{18}$ Elektronen** durch einen elektrischen Leiter fließen, ergibt sich ein Strom von **1 Ampere**." - Repetitorium, S. 16*

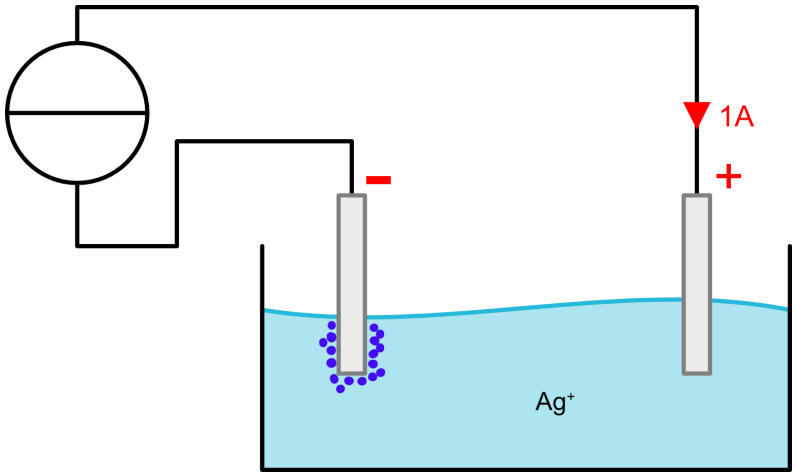
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{1\,C}{1\,s} = \frac{1\,As}{1\,\mathrm{s}} = 1\,A$$

- Definition 2:
  *"Wenn zwei **sehr dünne** im **Abstand von 1 m** parallel montierte **elektrische Leiter** der **Länge 1 m** von jeweils einem **Strom von 1 Ampere durchflossen** werden, üben die beiden Leiter eine **Kraft von $2 \cdot 10^{-7}$ N** aufeinander aus." - Repetitorium, S. 17*



Quelle: [Wikipedia]

- Definition 3:
  *"Ein **elektrischer Strom scheidet** aus einer **Silbernitratlösung** innerhalb von **1 Sekunde** eine Stoffmenge von **1,118 mg Silber ab**." - Repetitorium, S.17*



- Formelzeichen und Einheit: I, [A] … Ampere

Frage 2.4

Elektrischer **Widerstand**: Nenne Definition (nicht über das Ohm´sche Gesetz!), Formelzeichen und Einheit

*"Ein **Kupferdraht** von **1 mm² Querschnitt** und **1 m Länge** hat einen elektrischen **Widerstand von 17 mΩ**." - Repetitorium, S.17*

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R_{Kupfer} = \frac{\rho_{Kupfer} \cdot 1\,m}{10^{-6}\,m^2} = \frac{17 \cdot 10^{-9}\,\Omega m \cdot 1\,m}{10^{-6}\,m^2} = 17 \cdot 10^{-3}\,\Omega = 17\,m\Omega$$

Formelzeichen und Einheit: R, [Ω] … Ohm

Frage 2.5

Elektrische Leistung: Nenne Definition, Formelzeichen und Einheit

- Leistung im Gleichstromnetz:

  Formel für die elektrische Leistung: $P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$
  Einheit: [W] … Watt

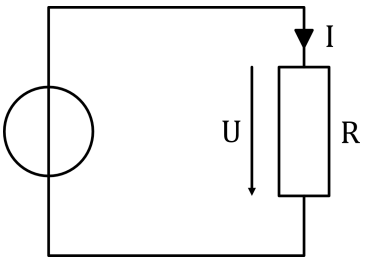
- Leistung im Wechselstromnetz
  Wirkleistung am Ohmschen Widerstand bleibt $P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$
  zu jedem Zeitpunkt, und da Strom und Spannung nicht phasenverschoben sind, muss immer eine positive Leistung entstehen.

  Blindleistung an Kondensatoren oder Spulen
  Hier ist der Mittelwert der Leistung 0W, da die gespeicherte Energie im Magnetfeld oder Elektrischen Feld dann in der halben Periode wieder zurückgegeben wird
  Es gibt die Wirkleistung (W) und Blindleistung (VAr), die Summe ergibt die Scheinleistung (VA). Folgendes Bild illustriert das sehr gut:

Frage 2.6

Wie berechnet man die elektrische Leistung in einem Gleichstromkreis?

Berechne die an einem Widerstand entstehende Leistung, wenn durch ihn bei einer Spannung von 2V ein Strom von 3A fließt.



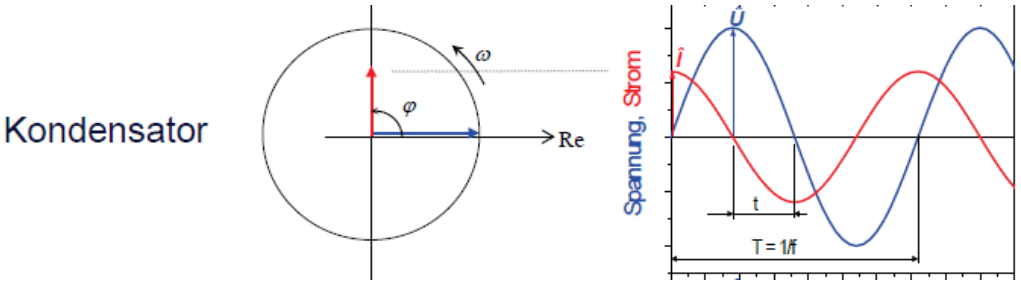
$$P_R = U \cdot I$$
$$= 2\,V \cdot 3\,A = 6\,W$$

Frage 2.7

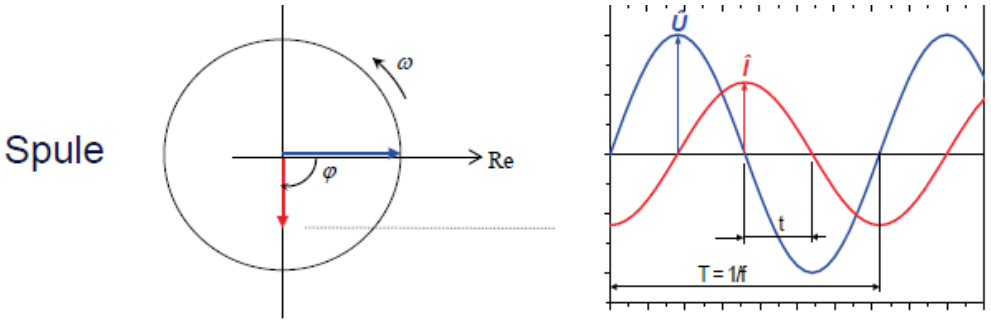
- Welcher Phasenwinkel besteht zwischen Wechselspannung und Wechselstrom an einem idealen **Kondensator**?
- Welcher Phasenwinkel besteht zwischen Wechselspannung und Wechselstrom an einer idealen **Induktivität**?

(Die Vorzeichen brauchen nicht explizit angegeben zu werden, müssen aber verglichen werden).

- Kondensator
  Der Phasenwinkel zwischen Wechselspannung und Wechselstrom beträgt +90° oder π/2. Das heißt der Strom “eilt vor”.



- Induktivität
  Hier “eilt der Strom nach”, was heißt, dass die beiden Kenngrößen um -90° oder -π/2 auseinander liegen.



Frage 2.8

Formuliere das Ohm´sche Gesetz.

Berechne den **Widerstand**, wenn bei einem Strom von 3A eine Spannung von 3V abfällt.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3\,V}{3A} = 1\,\Omega$$

Frage 2.9

Formuliere das Ohm´sche Gesetz.

Berechne den **Strom**, wenn an einem Widerstand von 5Ω eine Spannung von 10V abfällt.

$$R = \frac{U}{I}$$
$$I = \frac{U}{R} = \frac{10\,V}{5\,\Omega} = 2\,A$$

Frage 2.10

Formuliere das Ohm´sche Gesetz.

Berechne die **Spannung**, wenn durch einen Widerstand von 10Ω ein Strom von 5A fließt.

$$R = \frac{U}{I}$$
$$U = R \cdot I = 10\,\Omega \cdot 5\,A = 50\,V$$

Frage 2.11

Formuliere die Kirchhoffschen Regeln.

- Auf welchem physikalischen Grundprinzip beruhen diese?
- An einem Spannungsteiler liegen 9V. Am oberen Widerstand liegen 6V an. Berechne die Spannung am unteren Widerstand.

- Siehe Frage 2.12

- Liegt am oberen Widerstand 6V so muss wegen der Maschenregel am Unteren 3V anliegen:

$$\sum_{k=1}^{n} U_k = 0$$

$$\begin{aligned} U_0 &= U_{oben} + U_{unten} \\ U_{unten} &= U_0 - U_{oben} \\ &= 9\,V - 6\,V = 3\,V \end{aligned}$$

Frage 2.12

Formuliere die Kirchhoffschen Regeln.

- Auf welchem physikalischen Grundprinzip beruhen diese?
- In einen Stromknoten mit drei Leitungen fließen aus einer Leitung 2A hinein und aus einer anderen Leitung 3A hinein.
  Was geschieht in der dritten Leitung?

- *Die Kirchoffschen Regeln beruhen auf dem Energieerhaltungssatz (Conservation of Energy).*

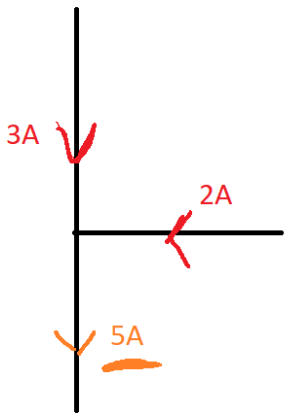
Genauer:

"Die Knotenpunktregel beschreibt die Erhaltung der elektrischen Ladung und sagt aus, dass in den Knoten weder Ladungen vernichtet noch zwischengespeichert werden."

"Die Maschenregel beschreibt die Erhaltung der elektrischen Energie in der Elektrostatik. Darin gilt, dass eine Ladung Q bei einem einmaligen Umlauf des Stromkreises insgesamt keine Arbeit am elektrischen Feld verrichtet. So bewegen sich in dem nebenstehenden einfachen Stromkreis die Ladungen innerhalb des Widerstandes mit dem elektrischen Feld, und innerhalb der Spannungsquelle bewegen sie sich dem Feld entgegen."

1. *Die Summe aller Spannungen in einem Umlauf sind 0* $\sum_{k=1}^{n} U_k = 0$
2. *Die Summe aller Ströme in einem Knoten sind 0* $\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$

- *Es gilt laut der Knotenregel:* $I_{zufluss} = I_{abfluss} \implies 3A + 2A = 5A$



Frage 2.13

- Nenne die Zehnerpotenzen zu den SI - Präfixen Nano, Milli und Mikro.
- Nenne die SI - Präfixe zu: 10+3 10+6 10+9

- Nano: 10^{-9}, Milli: 10^{-3}, Mikro: 10^{-6}
- 10^{3}: Kilo, 10^{6}: Mega, 10^{9}: Giga

Fragenkatalog 1

Frage 1.1

Erzähle von einem Beispiel Deiner Wahl aus dem Bereich Messtechnik.

Frage 1.3.1

- Benenne die beiden wichtigsten elektrotechnischen Eigenschaften (Größen) eines **Widerstandes** (konkreter Bauteil) und gib die korrekten Einheiten dazu an.
- Benenne die wichtigste elektrotechnische Eigenschaft (Größe) eines **Kondensators** (konkreter Bauteil) und gib die korrekte Einheit dazu an.
- Benenne die wichtigste elektrotechnische Eigenschaft (Größe) einer **Spule** (konkreter Bauteil) und gib die korrekte Einheit dazu an.

- Widerstand:
  Widerstand R [Ω] … Ohm
  Leistung P [W] … Watt
- Kondensator:
  Kapazität C [F] … Farad
- Spule:
  Induktivität L [H] … Henry

Frage 1.3.2

- Wie ist ein Spannungsmessgerät mit einer Schaltung zu verbinden?
- Wie ist ein Strommessgerät mit einer Schaltung zu verbinden?
- Welche Maßnahme ist logischerweise nach Abschluss einer Strommessung

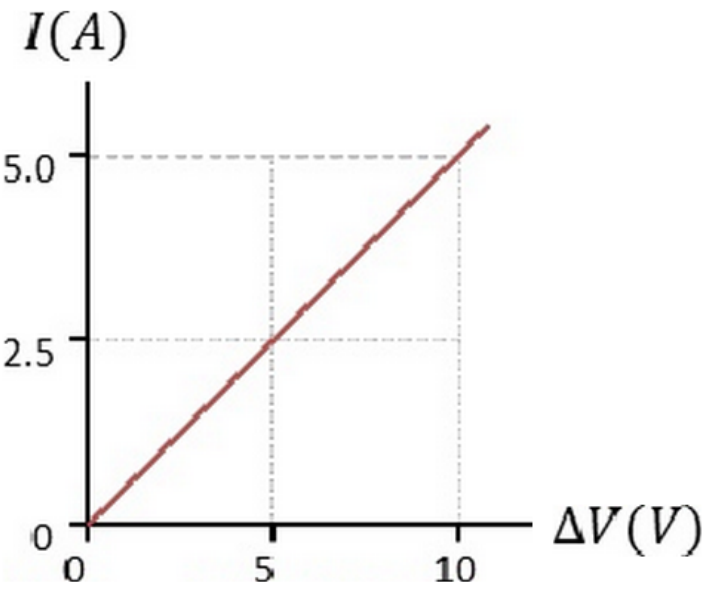
notwendig?

- Ein Spannungsmessgerät ist parallel zu dem zu messenden Bauteil anzuschließen.
- Ein Strommessgerät ist in Serie in der zu messenden Leitung einzubauen.
  Nach einer Strommessung darf man nicht vergessen die offene Leitung wieder zu schließen.

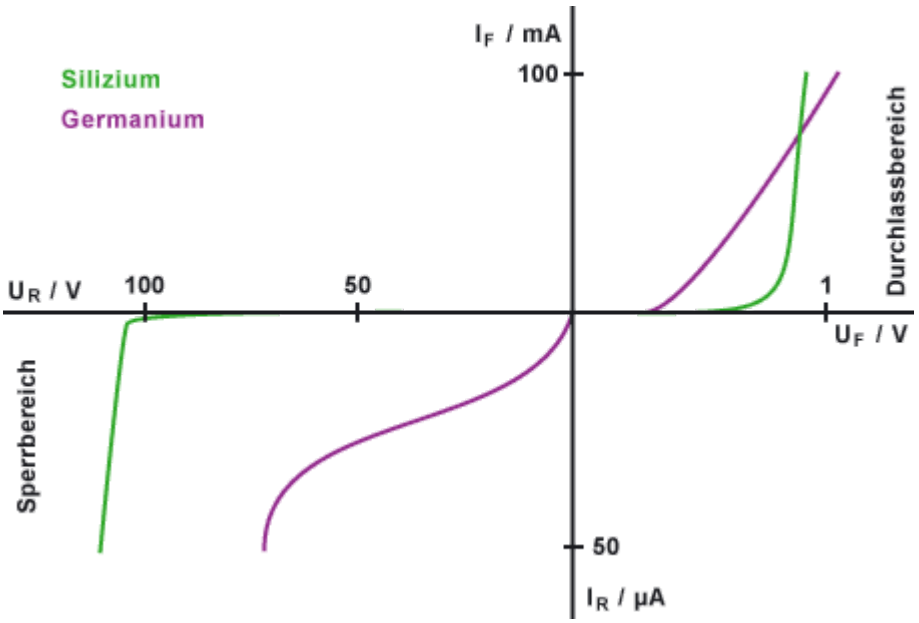
Frage 1.3.3

- Was ist eine Kennlinie?
- Skizziere die Kennlinie eines Ohm´sche n Widerstandes.
- Skizziere die Kennlinie einer Diode.

- *"Eine Kennlinie ist die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen zwei physikalischen Größen, der für ein Bauelementes, eine Baugruppe oder ein Gerät kennzeichnend ist. Der Zusammenhang wird als Linie in einem ebenen Koordinatensystem angegeben." - Wikipedia*
- Beispiel Kennlinie eines Ohm'schen Widerstand:



- Beispiel Kennlinie einer einfachen Diode:



Frage 1.3.4

Nenne die drei Kenngrößen sinusförmiger gleichspannungsfreier Wechselspannung! Benenne auch die korrekten Einheiten dazu!

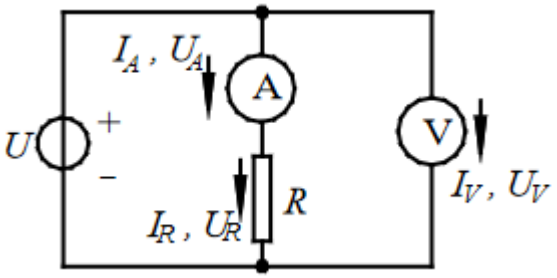
Frequenz [Hz] … Hertz
Phasenverschiebung [grad] oder [rad]
Spitzenwert der Spannung (Amplitude) [V] … Volt

Frage 1.4.1

Es gibt drei Arten der Messung von Widerstandswerten. Benenne und beschreibe sie (Schaltskizze).

Alle Bilder wurden aus diesem [Dokument](#) entnommen.

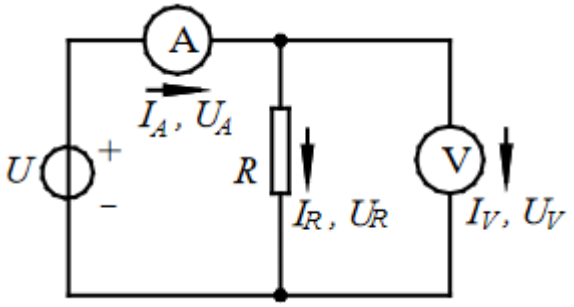
- Stromrichtige Messung



Das Amperemeter wird in Serie zu dem zu messenden Widerstand geschaltet, wobei das Voltmeter in parallel zu beiden geschaltet wird.
Daher gelten folgende Formeln:

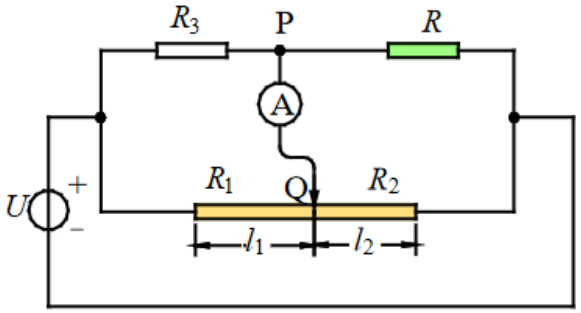
$$I_A = I_R$$
$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V - U_A}{I_A} = \frac{U_V - I_A \cdot R_A}{I_A}$$

- Spannungsrichtige Messung



Hier wird das Voltmeter parallel nur zu dem Widerstand geschaltet und das Amperemeter in Serie zu den beiden.
Daher gelten folgende Formeln:
$$U_V = U_R$$
$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V}{I_A - I_V} = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}}$$

- Ohmmeter
- Wheatstone Brücke (ist nicht gefragt, lass ich aber mal drinnen)



In diesem Fall wurde die Brückenschaltung mit einem Potentiometer realisiert, es können aber auch zwei separate Widerstände R_1 und R_2 sein.
In der Brückenschaltung gelten Spannungsteiler, wodurch es zu folgenden, praktischen Formel kommt:

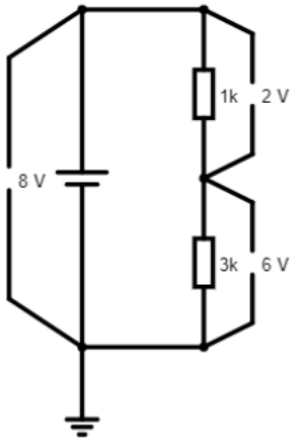
$$\frac{R_3}{R} = \frac{R_1}{R_2}$$

Realisiert man die Schaltung wie in dem Bild mit einem Potentiometer und einem Amperemeter zwischen den Punkten P und Q, so gibt es eine Lage des Potentiometers bei welcher der gemessene Strom 0 beträgt. In diesem Fall sind die Spannungen über allen Widerständen gleich und man kann die oben genannte Formel die bekannten Widerstände einsetzen um R zu berechnen.

Frage 1.4.2

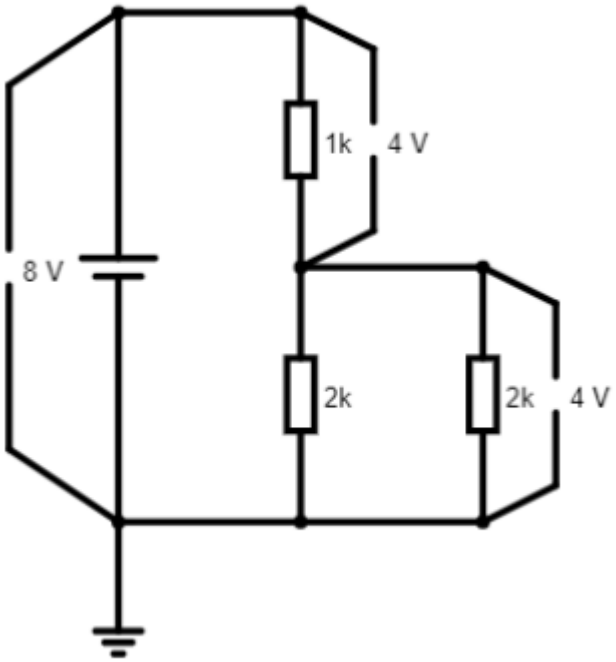
Ein Spannungsteiler 1kΩ zu 3kΩ liegt an einer Spannung von 8V.
Skizziere die Schaltung und berechne die Spannungen an den beiden Widerständen.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2}$$
$$\frac{1\,k\Omega}{3\,k\Omega} = \frac{2\,V}{6\,V}$$



Frage 1.4.3

Ein Spannungsteiler 1kΩ zu 2kΩ parallel 2kΩ liegt an einer Spannung von 8V.
Skizziere die Schaltung und berechne die beiden Teilspannungen.



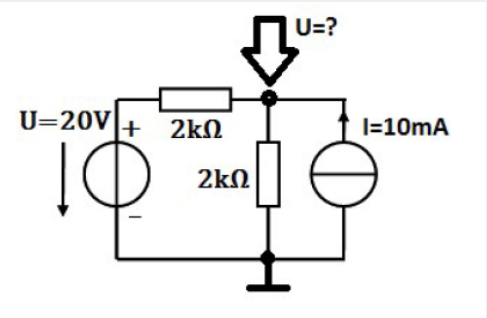
$$\frac{R_1}{R_2||R_3} = \frac{R_1}{R_{23}} = \frac{U_1}{U_{23}}$$

$$R_{23} = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{2\,k\Omega} + \frac{1}{2\,k\Omega}\right)^{-1} = 1\,k\Omega$$

$$\frac{R_1}{R_{23}} = \frac{1\,k\Omega}{1\,k\Omega} = \frac{4\,V}{4\,V}$$

Frage 1.4.4

Berechne die unbekannte Spannung in folgender Schaltung:
Welches Prinzip verwendest Du dabei? (2 Antworten zulässig.)



Skizzen folgen

Es wird das Superpositionsprinzip angewendet.
Zuerst wird die Stromquelle weggelassen. (waagrechter Widerstand = R_1, anderer = R_2)

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_{1U}}{U_{2U}}$$

$$\frac{2\,k\Omega}{2\,k\Omega} = \frac{U_{1U}}{U_{2U}} = \frac{10\,V}{10\,V}$$

Jetzt wird die Spannungsquelle weggelassen.

$$U_{1I} = U_{2I} = R_1||R_2 \cdot I$$

$$R_1||R_2 = \left(\frac{1}{2\,k\Omega} + \frac{1}{2\,k\Omega}\right)^{-1} = 1\,k\Omega$$

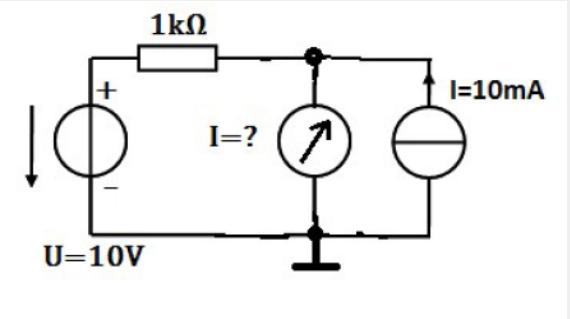
$$U_{1I} = U_{2I} = 1\,k\Omega \cdot 10\,mA = 10\,V$$

Daher lautet die unbekannte Spannung (also die Spannung an R_2):

$$U_2 = U_{2U} + U_{2I} = 10\,V\ +\ 10\,V = 20\,V$$

Frage 1.4.5

Berechne den unbekannten Strom in folgender Schaltung:
Welches Prinzip verwendest Du dabei? (2 Antworten zulässig.)



Wenn man davon ausgeht, dass der Innenwiderstand (0 Ω) des Amperemeters ideal ist, dann ist die Rechnung ganz einfach und man muss nicht das superpositionsprinzip anwenden:

$$I = I_R + 10\,mA = \frac{U}{R} + 10\,mA = \frac{10\,V}{1\,k\Omega} + 10\,mA = 10\,mA + 10\,mA\ = 20\,mA$$

Ansonsten gleiche Vorgehensweise wie in Beispiel 1.4.4 nur mit Strom.

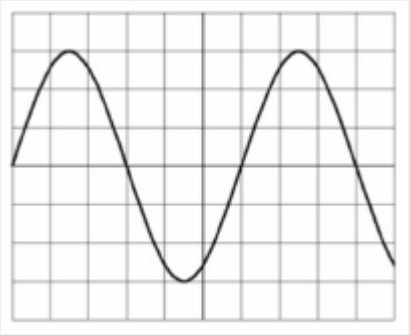
Frage 1.5.1

Was ist ein Oszilloskop?

Ein Oszilloskop ist ein Spannungsmessgerät, welches den zeitlichen Verlauf einer elektrischen Spannung auf einem Gerät sichtbar machen kann. Dieser Verlauf wird in Form eines zweidimensionalen Graphen dargestellt, bei welchem üblicherweise die X-Achse als zeitachse und die Y-Achse als Spannungsachse verwendet wird.

Frage 1.5.2

- Benenne die beiden wichtigsten Bedienungselemente des Oszilloskops für die Y – Achse.
- Beschreibe die Methode der Messung des Spitze – Tal – Wertes mit dem Oszilloskop gemäß Bild rechts und berechne den konkreten Wert. (1V/DIV)



Die ausführlichen Antworten sind im Repetitorium-Skript S. 108 ff.

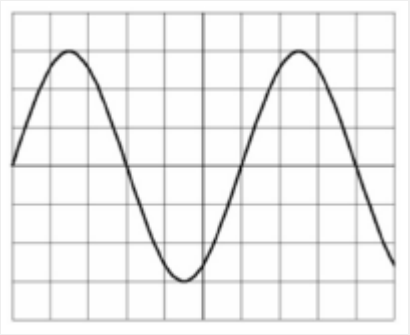
- Potentiometer (drehregler) zur Feststellung des Verstärkungsfaktors V/DIV
- Potentiometer zur Feststellung der Position der 0V-Spannung (vertikales Verschieben des Graphen)

Bei dieser Zeichnung befinden sich 6 DIVs zwischen Spitze und Tal, wodurch man auf eine Spitze-Tal-Spannung von 6 V schließen kann.

Frage 1.5.3

- Benenne die beiden wichtigsten Bedienungselemente des Oszilloskops für die X – Achse.

- Beschreibe die Methode der Periodenzeitmessung mit dem Oszilloskop gemäß Bild rechts und berechne den konkreten Wert. (1ms/DIV)



Die ausführlichen Antworten sind im Repetitorium-Skript S. 108 ff.

- (?) Eingangsbuchse EXT: *“Eine BNC – Buchse, an die man ein Signal anlegen kann, auf das die anderen Signale zeitlich bezogen werden, ohne dass man es selbst anschauen möchte.” - Repetitorium, S.108*
- Wahlschalter TIME/DIV: Hier wird die Geschwindigkeit der Zeitablenkung in einem weiten Bereich gewählt. Damit kann die Spannung gestreckt oder zusammengedrückt werden.
- Potentiometer für die X-Position: Der Graph kann entlang der X-Achse verschoben werden.

Wird davon ausgegangen, dass ganz links (wo der Sinus beginnt) 0 ist, so dauert die Periodendauer 6 DIVs = 6 ms.

Frage 1.5.4

Beschreibe Zweck, elementare Bedienungselemente und elementare Bedienung der Trigger – Einheit des Oszilloskops.

- Zweck:
  Wird dazu verwendet, um beim Messen eines periodischen Signals ein stehendes Bild am Oszilloskop zu erhalten.
  Das Verhalten des Triggers kann mit Bedienelementen am Oszilloskop eingestellt werden.

- Elementare Bedienelemente und Bedienung:
  - Wahlschalter Trigger Source:
    Gibt an auf welche Quelle sich der Trigger bezieht:
    - CH1 - CH4 … Die normalen Eingangssignale
    - EXT … Externes Signal
    - Line … Versorgungsnetz

    Meistens wird auch CH1 - CH4 getriggert

  - Wahlschalter Trigger Up/Down:
    Gibt an, ob bei steigender oder fallender Flanke des Signals getriggert wird.

  - Potenziometer Trigger Level:
    Spannungswert, auf welchen getriggert wird.

  - Wahlschalter der Horizontal-Funktion:
    - AUTO … Es wird immer ein Strahl generiert, egal ob getriggert wurde
    - NORM … Es wird nur ein Strahl generiert, wenn getriggert wurde
    - SINGLE … Wenn getriggert wurde, wird einmalig ein Strahl generiert

  - Wahlschalter des Trigger Filters
    Triggersignal kann vor Verwendung gefiltert werden.
    Anfänger verwenden immer DC.

Frage 1.5.5

Wozu dient ein Funktionsgenerator?
Nenne drei wichtige Einstellungen eines Funktionsgenerators.

Wozu?
Erzeugung periodischer Wechselspannungen mit geringen Amplituden bis etwa 10Veff und geringen Belastbarkeiten bis etwa 100mAeff.

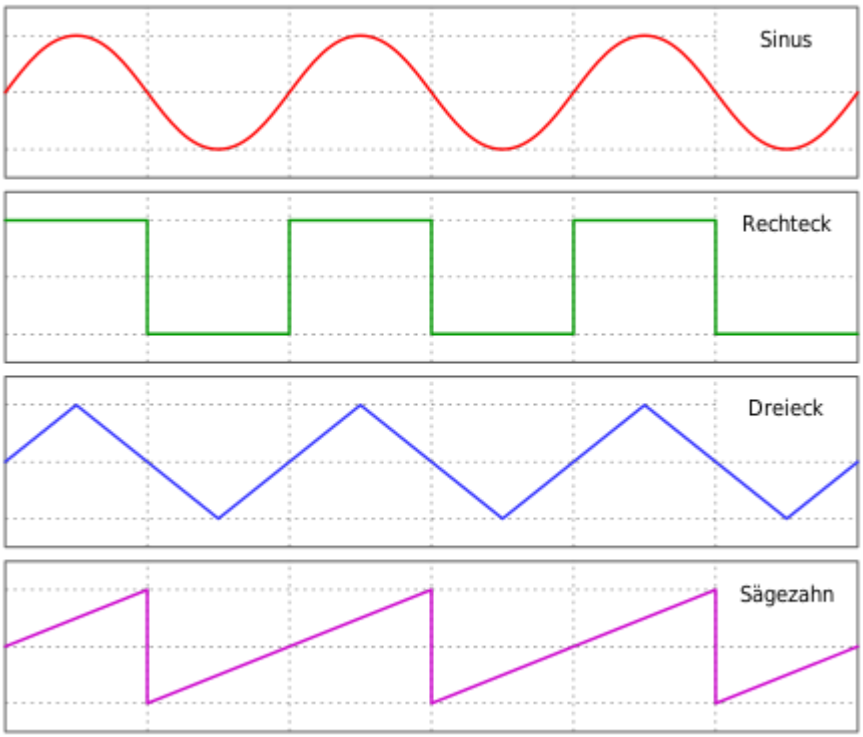
Einstellungen:
- Kurvenform
  - Sinus / Sinewave

    - Dreieck / Triangle
    - Rechteck / Squarewave
    - Sägezahn / Ramp
- Frequenz der Ausgangsspannung
- Amplitude der Ausgangsspannung
- Tastverhältnis - Verhältnis zwischen high- und lowtime

Frage 1.5.6

Benenne drei wichtige vom Funktionsgenerator gelieferte Signalformen auf Deutsch und Englisch und skizziere diese.

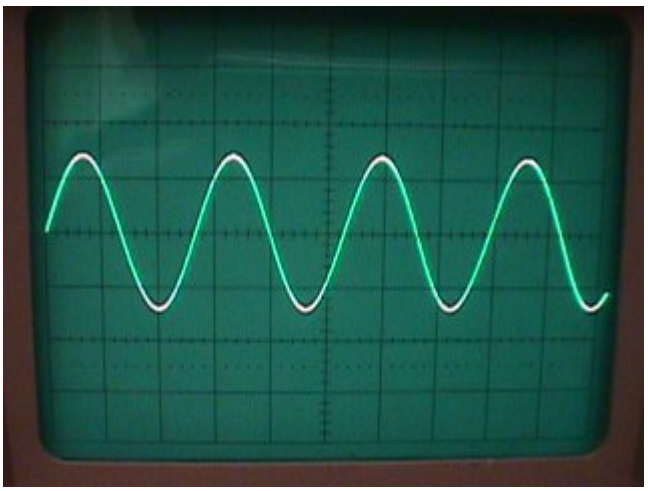
- Sinus / Sinewave
- Rechteck / Squarewave
- Dreieck / Triangle
- Sägezahn / Ramp



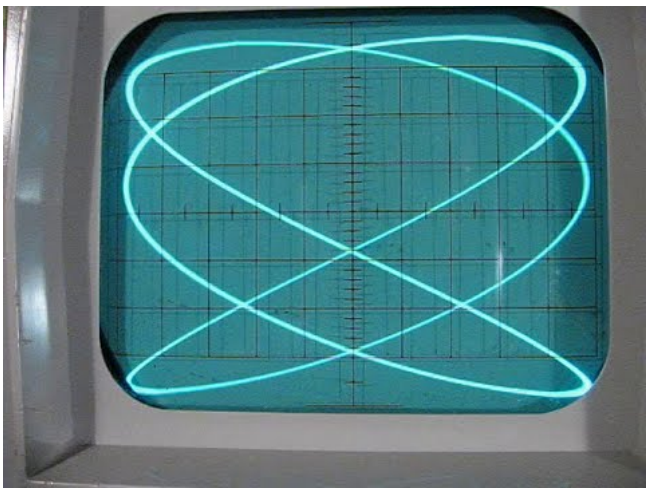
Frage 1.5.7

Was ist der Unterschied zwischen Y – T und X – Y Betrieb eines Oszilloskops?

Beim Y-t Betrieb wird das Eingangssignal auf der y-Achse und die Zeit auf der x-Achse dargestellt. Damit können die Signale “normal” dargestellt werden:

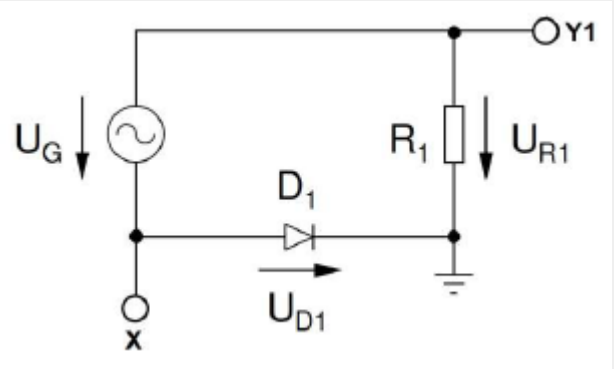


Beim X-Y Betrieb kann sowohl ein Signal für die x-Achse als auch für die y-Achse verwendet werden. Damit können beispielsweise Lissajous Figuren gezeichnet werden:



Frage 1.5.8

- Warum muss in dieser Schaltung Kanal Y1 des Oszilloskops invertiert geschalten werden?
- Warum darf bei solchen Aufbauten die Masse des Funktionsgenerators nicht mit Erde verbunden sein?



(Thomas Rasser, 03.05.2021)

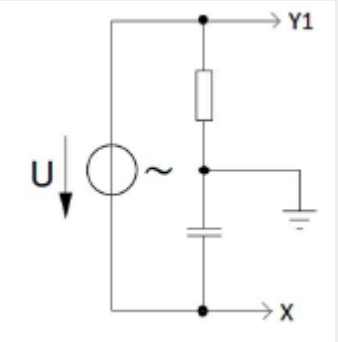
Warum Y1 invertiert? Weil die Masse zwischen der Diode D1 und dem Widerstand R1 liegt und somit die Spannung an Y1 negativ ist.

Warum Masse des Funktionsgenerators nicht mit Erde Verbinden?
Weil sonst der Widerstand R1 kurzgeschlossen ist, wodurch dieser zerstört werden könnte

Frage 1.5.9

Die Werte des Widerstandes, des Kondensators und der Frequenz werden so gewählt, dass die Amplituden der Spannungen X und Y1 gleich sind.

- Die Wechselspannung ist sinusförmig.
- Das Oszilloskop ist in Betriebsart X – Y geschalten.
- Welche Kurve zeigt das Oszilloskop?
- Wie kann man diese Kurve mathematisch erklären?



I guess:
Das Oszilloskop zeigt einen Kreis, da beim Kondensator der Strom um 90° voreilt.
Gilt am Widerstand also eine Spannung von UR = A*sin(t), so gilt am Kondensator eine Spannung von UC = A*sin(t+90°) = A*cos(t)

Dies ist auch die Kurvenbeschreibung eines Kreises:

$$c_{(t)} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A * \sin(t) \\ A * \cos(t) \end{pmatrix}$$

Fragenkatalog 2

Frage 2.1

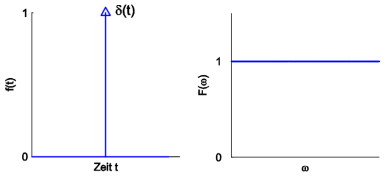
Erzähle von einem Beispiel Deiner Wahl aus dem Bereich Filter.

Frage 2.3.1

Skizziere Kurvenform und Spektrum eines Sinus / symmetrischen Rechteck / Impuls - Signals.
Hinweis: Du legst fest, was genau Du unter "Impuls" verstehst. Das Spektrum muss zur angegebenen Kurvenform passen!

Spektrum der Impuls"funktion"

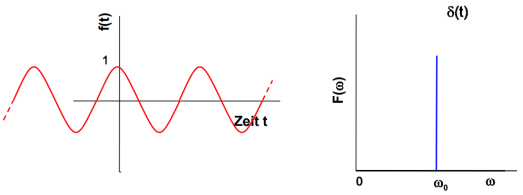
$$\underline{F}\{\delta(t)\} = \underline{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \delta_0(t) e^{-j\omega t} dt = 1$$



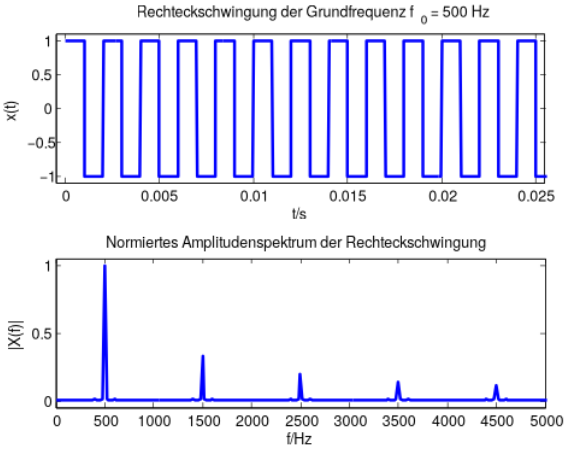
Der Impuls enthält alle Frequenzen mit gleicher Amplitude und ist daher ein sehr gutes (theoretisches) Testsignal für Systeme.

Spektrum einer Sinus-Funktion

$$\underline{F}\{\delta(t)\} = \underline{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \cos(\omega_0 t) e^{-j\omega t} dt = \delta_0(\omega - \omega_0)$$



Links immer der Zeitbereich, rechts der Frequenzbereich



Oben Zeitbereich, unten Frequenzbereich

Man sieht beim **symmetrischen** Rechtecksignal, dass Oberschwingungen existieren (Oberschwingungen sind ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz (in dem Fall 500Hz)).

(Ich glaube verstanden zu haben, das symmetrische Signale nie gerade Oberschwingungen haben. **(bitte verifizieren!!!)**)

Frage 2.3.2

Skizziere den Verlauf des Quotienten U / I

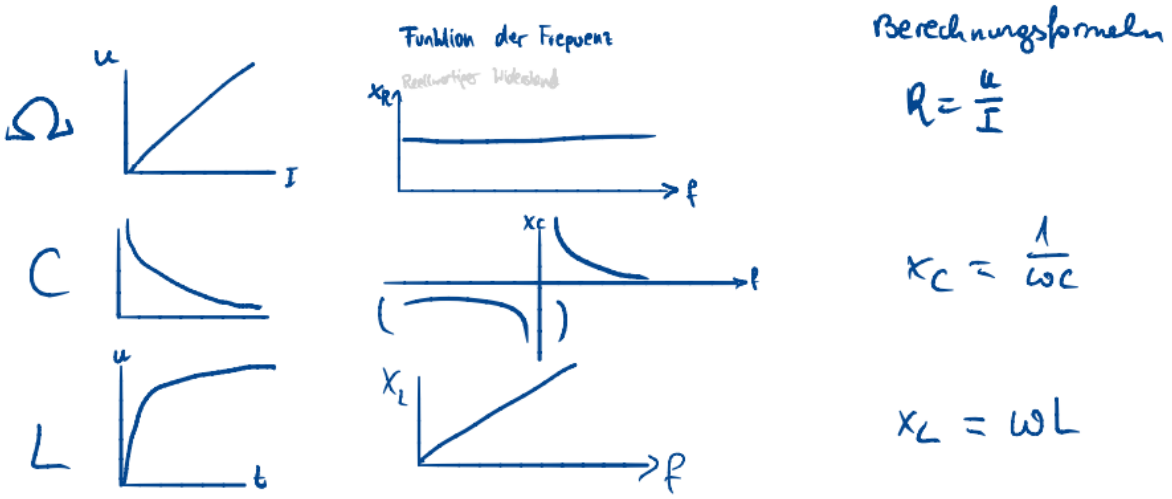
- eines ohmschen Widerstandes
- eines idealen Kondensators

- einer idealen Spule als Funktion der Frequenz.

Begründe Deine Skizzen durch die Angabe der Berechnungsformeln.

aus VOWI (credits: Purzelbaum) eventuell verbesserungswürdig:
Tomischko will hier die Stichworte: Induktiver und Kapazitiver Blindwiderstand hören.

(Filip Coja, 28.05.2021) Mich hat diese Frage voll verwirrt, weil sie auch komisch gestellt ist. “als Funktion der Frequenz.” beim 3. Punkt ist für alle Punkte gemeint, undn icht nur für die 3. Frage. Tomischko wollte nur die Rechte Seite des Bildes sehen (also X-Achse immer nach Frequenz)



Frage 2.3.3

Erkläre die Bedeutung von „dB“.

Welches Spannungsverhältnis wird durch +20dB ausgedrückt?

dB (dezi Bel) ist eine einheitenlose Einheit. Bel beschreibt den dekadische Logarithmus $\log_{10}$ eines Verhältnisses . In unserem Fall ist dies das Verhältnis zwischen Eingangs und Ausgangspannung.

$$\log_{10}\left(\frac{U_a}{U_e}\right) B = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_a}{U_e}\right) dB$$

Dies wird auch **Spannungspegel** genannt. Beim **Spannungspegel** wird das Verhältnis aber auch noch quadriert:

$$10 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_a^2}{U_e^2}\right) dB = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_a}{U_e}\right) dB$$

(Warum wird das Verhältniss quadriert? => Wir vergleichen die Leistung, da P =U^2 / R kürzt sich bei einem Verhältnisse der Widerstand R)
(Daniel Blattner, 26.05.2021)

Eigentlich ist die Formel 10*log(Pout/Pin). Wenn man die Formel P =U^2 / R dafür einsetzt, fallen die Widerstände weg und es bleibt das 10*log(Ua^2/Ue^2) übrig. Daher ist bei Spannung 20*log und bei Leistung 10*log.

(Ergänzung)
Die Formel von Daniel übersichts halber ausgeschrieben:

$$10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P_a}{P_e}\right) = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{\frac{U_a^2}{R}}{\frac{U_e^2}{R}}\right) = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_a^2}{U_e^2}\right) = 10 \cdot \log_{10}\left(\left(\frac{U_a}{U_e}\right)^2\right)$$
$$= 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_a}{U_e}\right)$$

Durch +20dB wird ein Spannungsverhältnis Ua/Ue von 10 beschrieben.

Frage 2.3.4

Welche Phasenverschiebung besteht zwischen Wechselspannung und Wechselstrom

- an einem idealen Kondensator
- einer idealen Spule
- einem ohmschen Widerstand?

Für Kondensator und Spule siehe hier

An einem ohmschen Widerstand herrscht keine Phasenverschiebung (0 grad)

Frage 2.3.5

In einen Stromknoten mit drei Leitungen fließen aus einer Leitung 2A sinusförmiger 50Hz Wechselstrom hinein und aus einer anderen Leitung 3A sinusförmiger 50Hz Wechselstrom hinein.

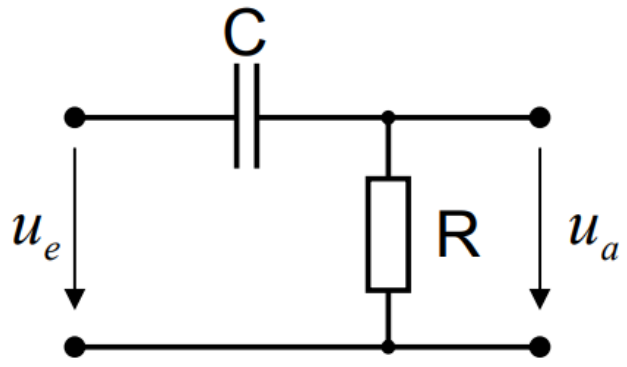
Kannst Du anhand dieser Angaben berechnen, was in der dritten Leitung geschieht? Begründe Deine Entscheidung!

Nein, wir kennen die Phasenverschiebung der Signale nicht und können deshalb nicht sagen, ob sich die Signale auslöschen, sich addieren oder sonst was machen.

(Ergänzung)
Man kann mit diesen Angaben nicht die genaue Leistung bestimmen, jedoch kann das Signal nicht größer als 5A (beide in Phase) und kleiner als 1A (180° Phasenverschoben) sein.

Frage 2.4.1

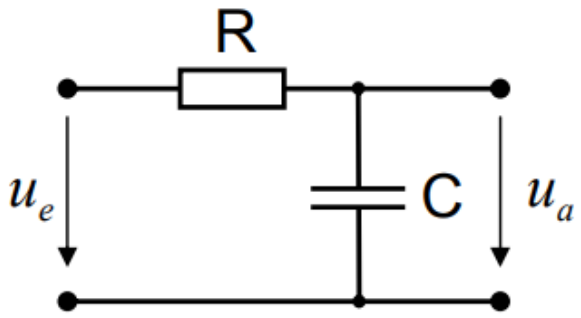
Skizziere die Schaltung eines RC – Hochpassfilters. Gib seine Grenzfrequenz an.



Grenzfrequenz = $fg = \frac{1}{2\pi RC}\,[Hz]$

Frage 2.4.2

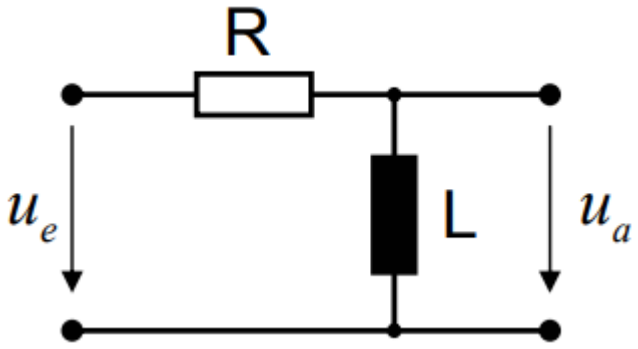
Skizziere die Schaltung eines RC – Tiefpassfilters. Gib seine Grenzfrequenz an.



Grenzfrequenz = $fg = \frac{1}{2\pi RC}\,[Hz]$

Frage 2.4.3

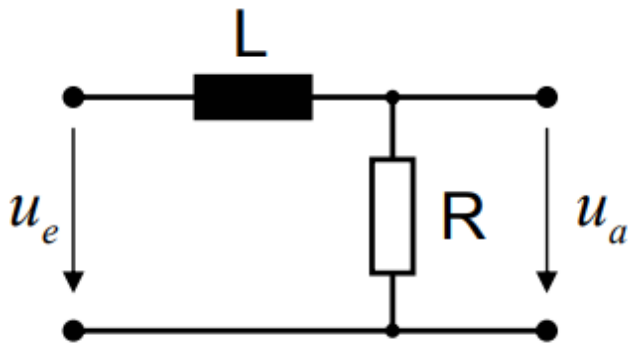
Skizziere die Schaltung eines RL – Hochpassfilters. Gib seine Grenzfrequenz an.



Grenzfrequenz = $fg = \frac{R}{2\pi L}\,[Hz]$

Frage 2.4.4

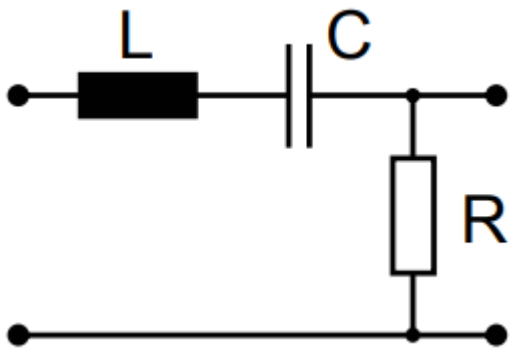
Skizziere die Schaltung eines RL – Tiefpassfilters. Gib seine Grenzfrequenz an.



Grenzfrequenz = $fg = \frac{R}{2\pi L}\,[Hz]$

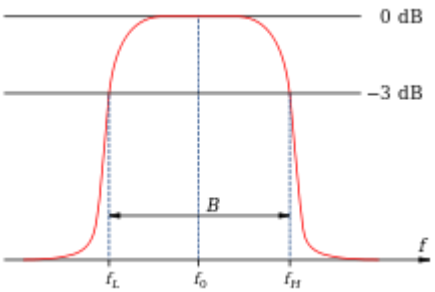
Frage 2.4.5

Skizziere die Schaltung eines RLC – Bandpassfilters. (2 Antworten zulässig).
Gib seine Mittenfrequenz an.



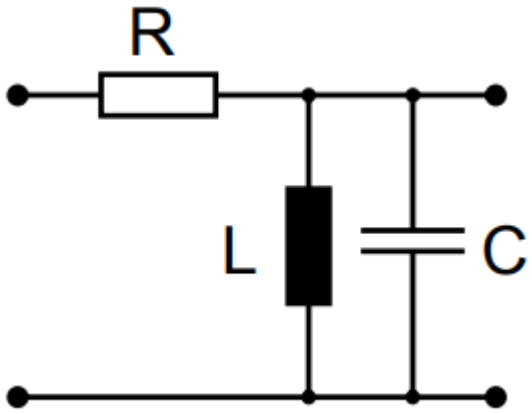
Mittenfrequenz = Resonanzfrequenz = $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\,[Hz]$

falls man fLow und fHigh kennt:



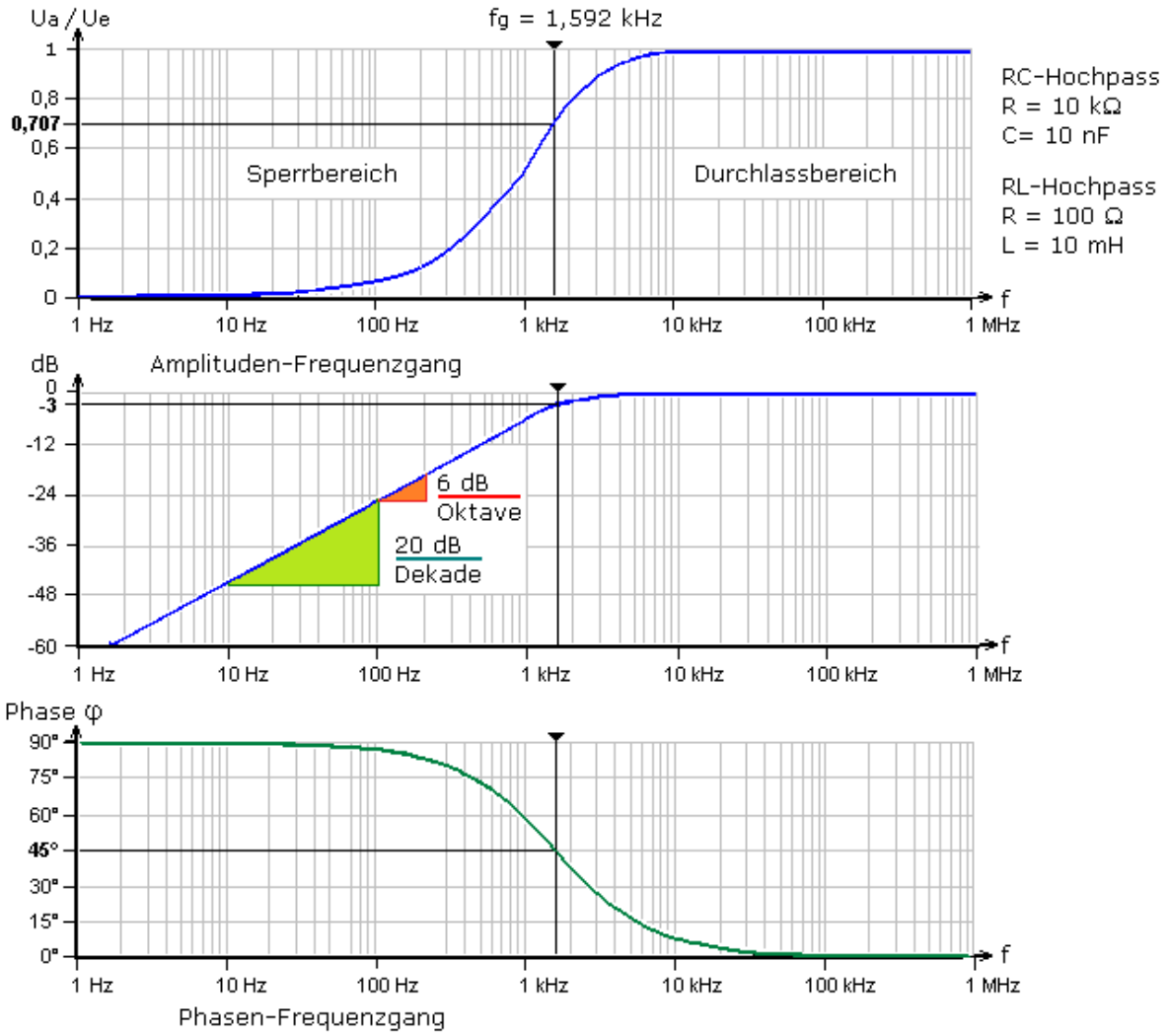
Mittenfrequenz = $f_0 = \sqrt{f_L * f_H}\ [Hz]$

2. Art von RLC-Bandpassfilter:



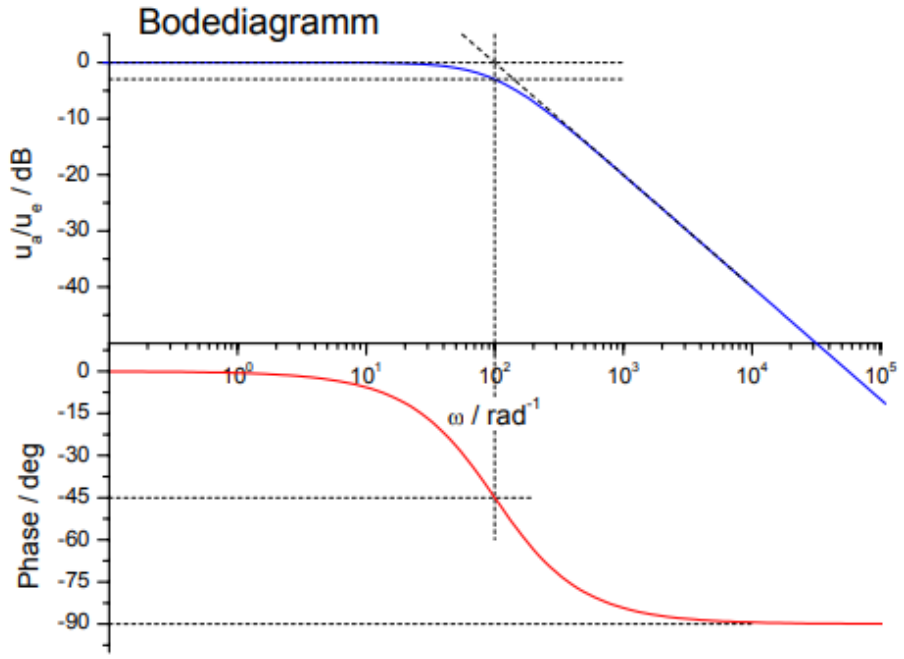
Frage 2.4.6

Skizziere das Bode-Diagramm eines RC – Hochpassfilters. Achte auf die korrekte Achsenteilung!



Frage 2.4.7

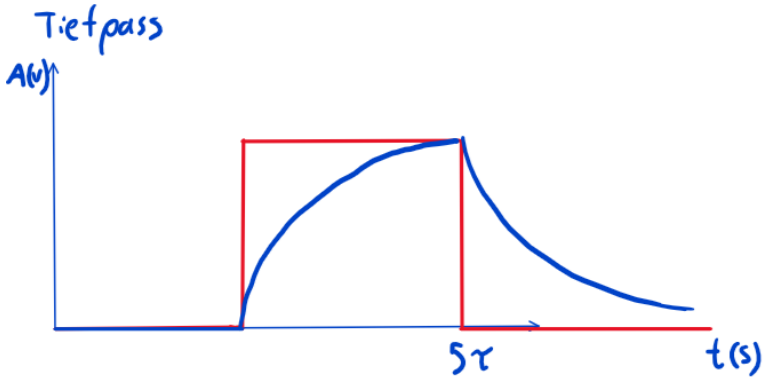
Skizziere das Bode-Diagramm eines RC – Tiefpassfilters.
Achte auf die korrekte Achsenteilung!



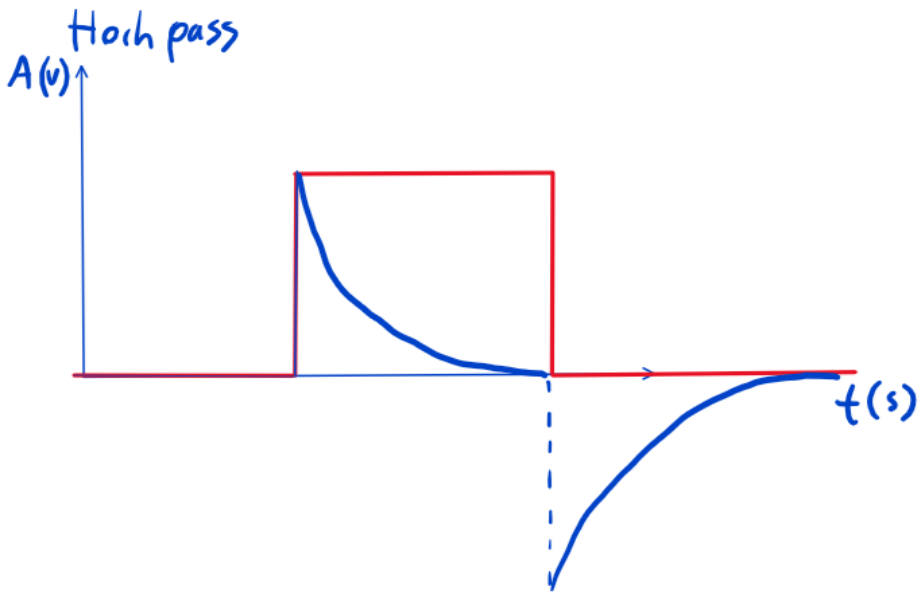
Frage 2.4.8

- Skizziere die Sprungantwort eines Tiefpassfilters 1. Ordnung (beide Flanken!).
- Skizziere die Sprungantwort eines Hochpassfilters 1. Ordnung (beide Flanken!).

Begründe Deine Darstellungen.



Sobald Ueingang anliegt, beginnt der Kondensator sich zu laden. Wenn man das Testsignal genau 5 tau (tau = R*C) laufen lässt erreicht der Kondensator (fast) seine vollständige Kapazität und die gesamte Eingangsspannung liegt am Ausgang an. Nach dem Abschalten des Testsignales entlädt sich der Kondensator.



nicht sicher:
Bei Einschalten des Eingangssignals herrscht am Kondensator die volle Eingangsspannung und der Kondensator baut diese ab. Wird das Eingangssignal wieder abgestellt, ist der Kondensator negativ geladen und erbringt noch einige Zeit eine negative Spannung.

Frage 2.4.9

> Durch welche beiden Messungen lassen sich Filter besonders effektiv charakterisieren?
>
> Wie gehst Du dabei praktisch vor?

sehr vage und ungenau bitte jemand überprüfen:

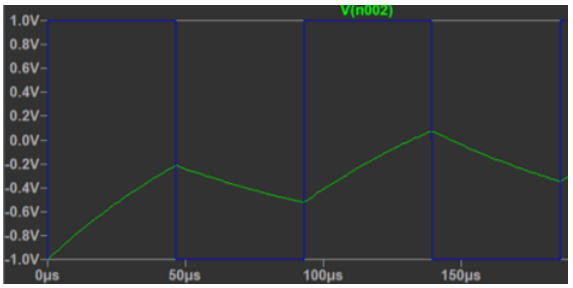
Filter lassen sich sowohl über die Sprungantwort als auch über das Verhalten bei Anlegen unterschiedlicher Frequenzen charakterisieren.
Um die Sprungantwort zu überprüfen, legen wir ein Rechtecksignal an den Filter an und können auf Grund der Systemantwort (Frage 2.4.8) beantworten um was für einen Filter es sich handelt.
Um mittels Frequenz zu überprüfen, legen wir eine Sinusspannung an und überprüfen, ob eine Frequenz durchgelassen wird oder abgeschwächt wird. Dadurch erhalten wir die Grenzfrequenz.

Frage 2.4.10

> - Wie verhält sich die Ausgangsspannung eines Tiefpassfilters bei sinusförmigen Eingangsspannungen mit Frequenzen weit unter der Grenzfrequenz?
> - Wie verhält sich die Ausgangsspannung eines Tiefpassfilters bei rechteckförmigen Eingangsspannungen mit Periodenzeiten kleiner als die Zeitkonstante?

sehr vage und ungenau:

- Die Ausgangsspannung verhält sich (fast) genau so wie die Eingangsspannung. Hohe Spannung am Kondensator -> 1:1 übertragung
- Die Ausgangsspannung steigt “gehackt” langsam an.



Simulation mit 5*tau also wenn Periode kleiner als tau wahrscheinlich Anstieg bis 0V und dann Dreiecksignal?

Aus der Lade-DGL der einzelnen Filter kann man immer die Zeitkonstante herauslesen. An ihr kann man dann nach einem t = 5 * tau, sagen, dass ungefähr 99% des Vorangs “abgeschlossen” sind (Im Fall eines Kondensators => zu 99% geladen).

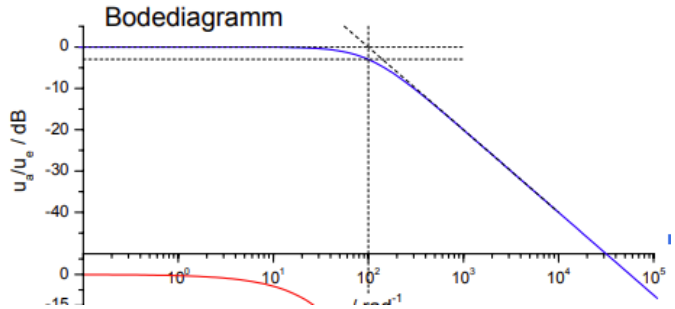
Frage 2.4.11

Wie verläuft die Übertragungsfunktion eines Tiefpassfilters bei Frequenzen deutlich höher als die Grenzfrequenz?

Durch welche elektrotechnische Größe wird dieser Verlauf quantifiziert?

sehr vage und ungenau bitte macht das jemand neu:

Das Signal wird sehr stark gedämpft. Je weiter sich die Frequenz von der Grenzfrequenz entfernt befindet, desto stärker.



Elektrotechnische Größe: Steigung im Bodediagramm [dB/decade]

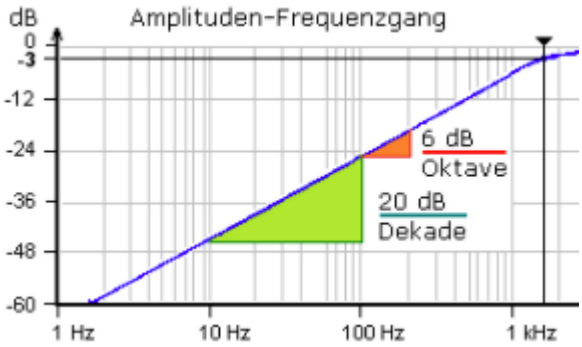
Frage 2.4.12

Wie verläuft die Übertragungsfunktion eines Hochpassfilters bei Frequenzen deutlich niedriger als die Grenzfrequenz?

Durch welche elektrotechnische Größe wird dieser Verlauf quantifiziert?

sehr vage und ungenau bitte macht das jemand neu:

Selbiges wie oben.
Das Signal wird sehr stark gedämpft. Je weiter sich die Frequenz von der Grenzfrequenz entfernt befindet, desto stärker.



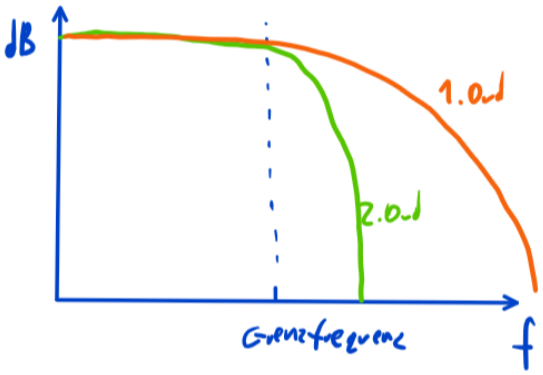
Elektrotechnische Größe: Steigung im Bodediagramm [dB/decade]

Frage 2.5.1

Welchen Vorteil haben Tiefpassfilter 2. Ordnung gegenüber Tiefpassfiltern 1. Ordnung? Skizziere die Übertragungsfunktionen im Frequenzbereich.

verbesserungswürdig:

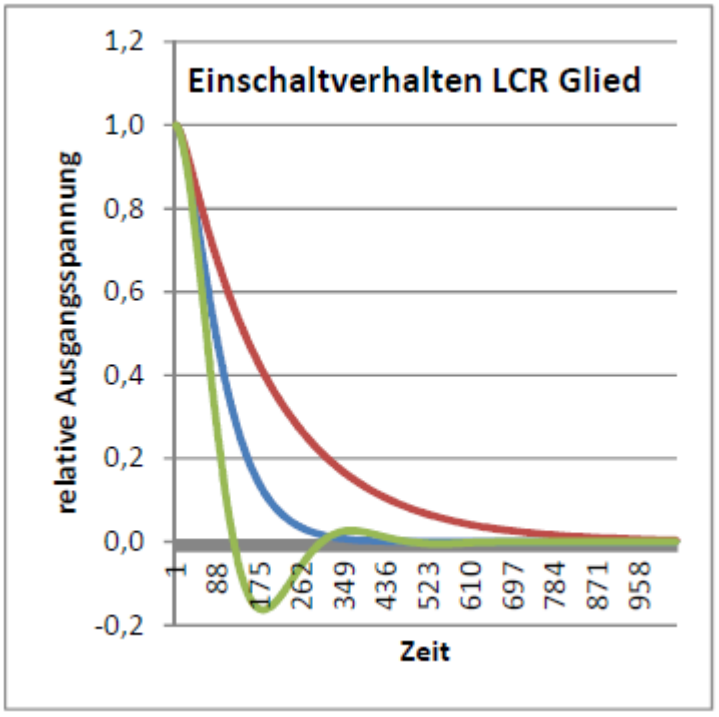
Bei Filtern 2. Ordnung sind die Flanken deutlich steiler und sie nähern sich deshalb dem gewünschten Grenzfrequenz Verhalten deutlich besser an als Filter 1. Ordnung.



Frage 2.5.2

Dieses Diagramm zeigt drei Sprungantworten eines dynamischen Systems 2. Ordnung, beispielsweise eines LCR - Bandpassfilters.

- Wie nennt man diese drei Fälle?
- Was sagen diese drei Sprungantworten über die Dämpfung aus?
- Wie hängt die Dämpfung qualitativ mit dem Wert von R zusammen?
- Wie ist das möglich, dass eine negative Spannung auftritt, obwohl nur passive Bauelemente verwendet werden?



--

- rot: Kriechfall (aperiodischer Fall)
  blau: aperiodischer Grenzfall
  grün: Schwingfall (periodischer Fall)
- rot: starke Dämpfung
  blau: kritische Dämpfung
  grün: schwache Dämpfung
- Die Güte kann man mit der Formel Q = 1/R * sqrt(L/C) (Serienschwingkreis) berechnen. Die Dämpfung und die Güte hängen mit der folgenden Formel zusammen: D = 1/(2Q). d.h. umso höher der Widerstand, umso stärker ist die Dämpfung. Q = 0,5 ;D = 1 aperiodischer Grenzfall
- Das Über-/Unterschwingen entsteht bei einer schwachen Dämpfung. Daraus folgt, dass der Widerstand klein ist und der Strom/Spannung (an C/L) dafür größer. Dadurch wird das elektrische/magnetische Feld schnell auf-/abgebaut. Da die Felder träge sind, schießen sie über das Ziel hinaus und müssen sich erst einpendeln.

(Ergänzung)

Der Fall der kritischen Dämpfung (blau) ist oft gewollt, da die Funktion schnell abfällt, aber das System auch stabil ist da keine Schwingungen zustande kommen. (hat Tomischko gefragt)

Fragenkatalog 3

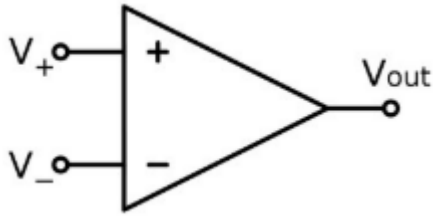
Frage 3.1

Erzähle von einem Beispiel Deiner Wahl aus dem Bereich Operationsverstärker.

Frage 3.3.1

Skizziere einen Operationsverstärker.

Gib seine Übertragungsfunktion an.



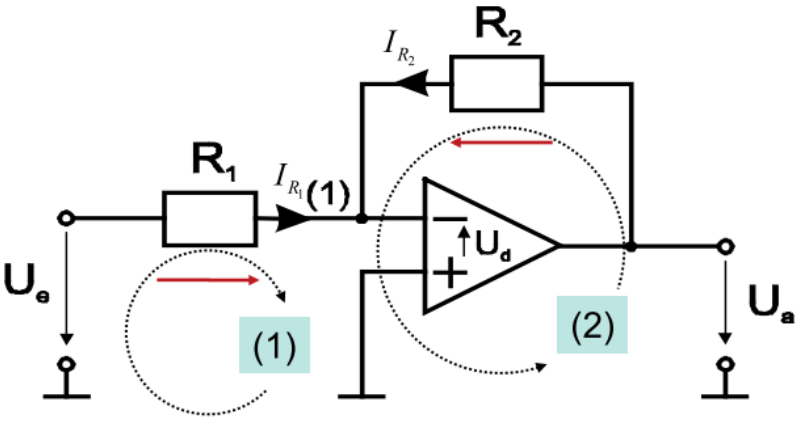
Die allgemeine Übertragungsfunktion eines OPV ist lautet laut *Repetitorium S.159*:
$U_a = A \cdot (U_{i+} - U_{i-})$
Die Ausgangsspannung beträgt also die Differenzspannung zwischen den beiden Eingängen multipliziert mit einem sehr hohen Faktor A.

Frage 3.3.2

Skizziere die Schaltung eines Operationsverstärkers als invertierender Verstärker.

Leite dessen Übertragungsfunktion aus den Kirchhoffschen Regeln ab.

Aus dem Foliensatz *F06_Schaltungstechnik_II* S. 97



$$(1): -U_e + U_{R_1} - \underbrace{U_d}_{=0} = 0 \;\Rightarrow\; U_e = U_{R_1} \;\Rightarrow I_{R_1} = \frac{U_e}{R_1}$$

$$(2): -U_a + U_{R_2} - \underbrace{U_d}_{=0} = 0 \;\Rightarrow\; U_a = U_{R_2} \;\Rightarrow I_{R_2} = \frac{U_a}{R_2}$$

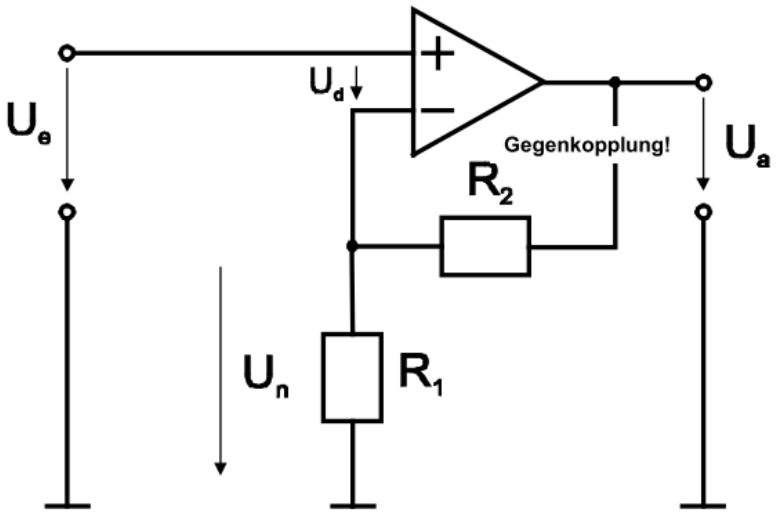
Knotenregel Knoten (1) $I_{R_1} + I_{R2} = 0 \;\Rightarrow\; \frac{U_e}{R_1} + \frac{U_a}{R_2} = 0 \;\Rightarrow\; \frac{U_a}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1}$

Frage 3.3.3

Skizziere die Schaltung eines Operationsverstärkers als nichtinvertierender Verstärker.

Leite dessen Übertragungsfunktion aus der Spannungsteilerregel ab.

Aus dem Foliensatz *F06_Schaltungstechnik_II* S. 98



Spannungsteilerregel:

$$\frac{U_a}{U_n} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

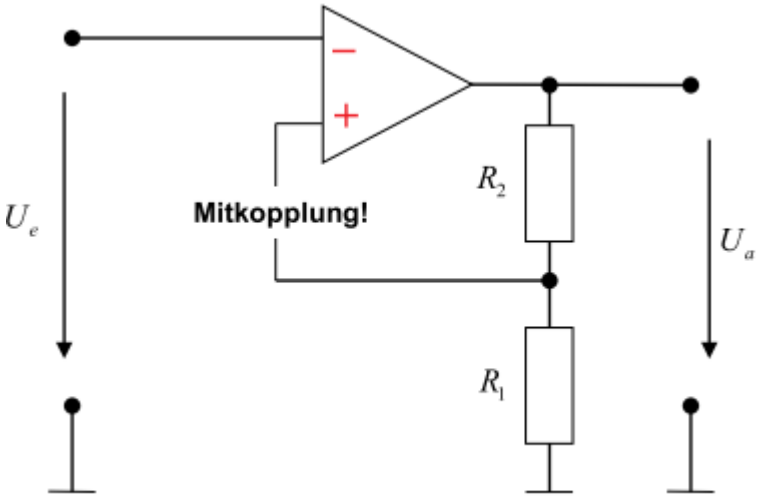
$$U_d = 0 \;\Rightarrow\; U_n = U_e$$

$$\frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Frage 3.3.4

Skizziere die Schaltung eines Operationsverstärkers als invertierender Schmitt Trigger.

Woran erkennst Du, dass es sich um einen Schmitt Trigger und nicht um einen linearen Verstärker handelt?

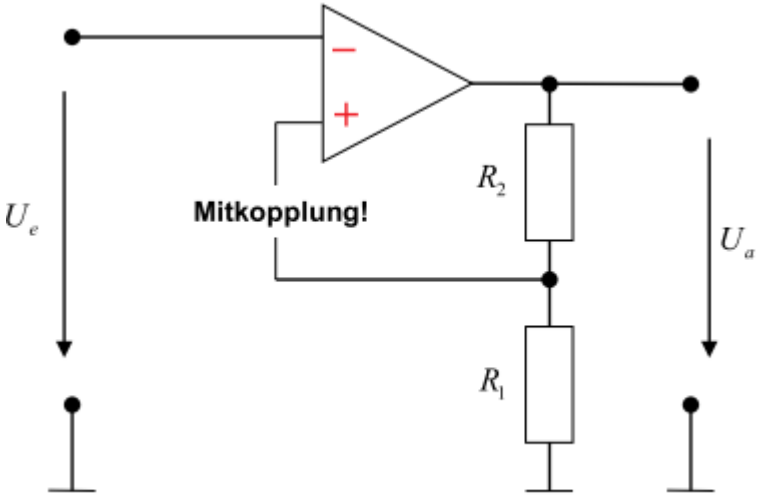


In erster Linie kann ein Schmitt-Trigger über die Mitkopplung erkannt werden. Ein nichtinvertierender Verstärker hätte stattdessen eine Gegenkopplung.

Frage 3.3.5

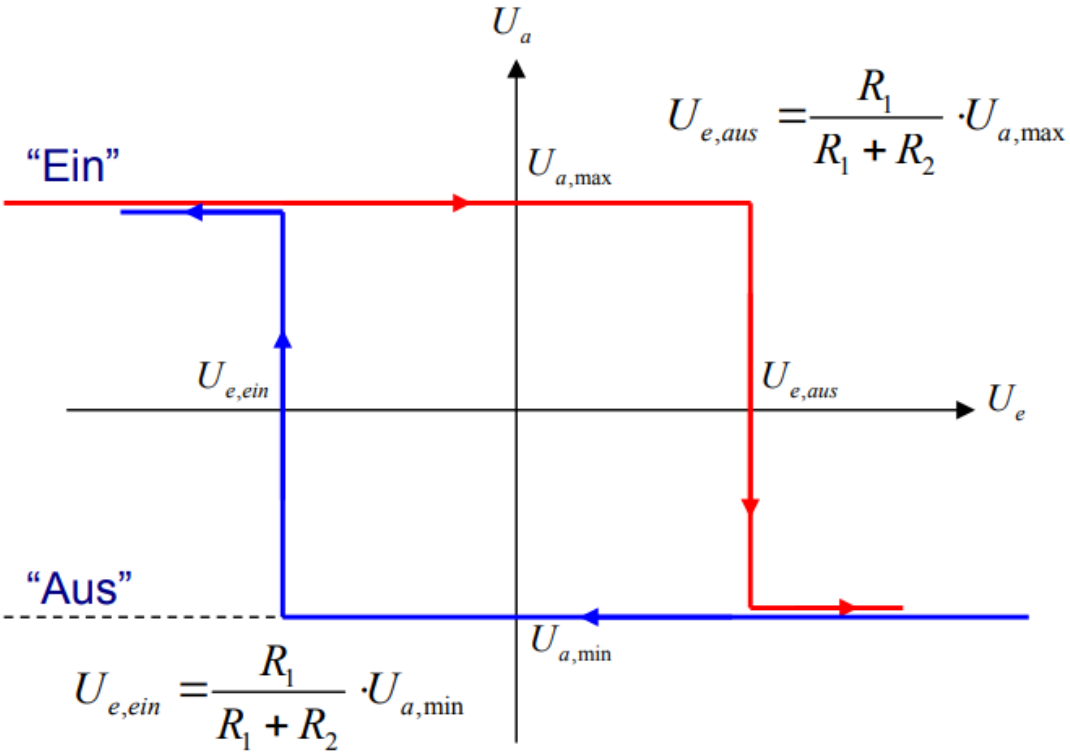
Skizziere die Schaltung eines Operationsverstärkers als invertierender Schmitt Trigger. Dessen Ausgangsspannungsbereich beträgt ± 10V.

Dimensioniere die beiden Widerstände so, dass sich die Ausschaltspannung zu +5V und die Einschaltspannung zu –5V ergibt.



$$U_{e,\text{ein}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{a,\text{min}}$$
$$-5\,V = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot -10\,V$$
$$\frac{5\,V}{10\,V} = \frac{1}{2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Daraus folgt, dass $R_1 = R_2$.
Dasselbe gilt für die Ausschaltspannung, nur verwendet man $U_{e,aus}$ und $U_{a,max}$.

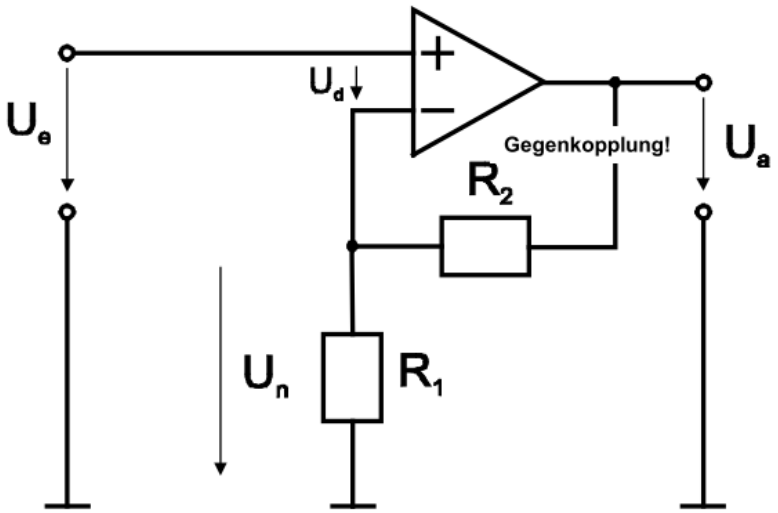


Frage 3.3.6

Skizziere die Schaltung eines Operationsverstärkers als nichtinvertierender Verstärker.
Der Operationsverstärker wird als ideal betrachtet.

Gib den Eingangs- und Ausgangswiderstand dieser Schaltung an.

Begründe Deine Darstellung!



Eingangswiderstand: sehr groß (idealerweise unendlich)
Ausgangswiderstand: sehr klein (idealerweise null)

(Bitte verifizieren)
Die Operationsverstärker, welche wir in der Vorlesung kennengelernt haben, verhalten sich wie Spannungsquellen mit kleinem Innenwiderstand und somit niederohmigen Ausgangswiderstand.

(*Ergänzung)*
Ausgangswiderstand ist der Widerstand, an dem die Ausgangsspannung abfällt, also R1+R2. Hmm, R1+R2//0ohm =~ 0 ohm _(^-^)_/

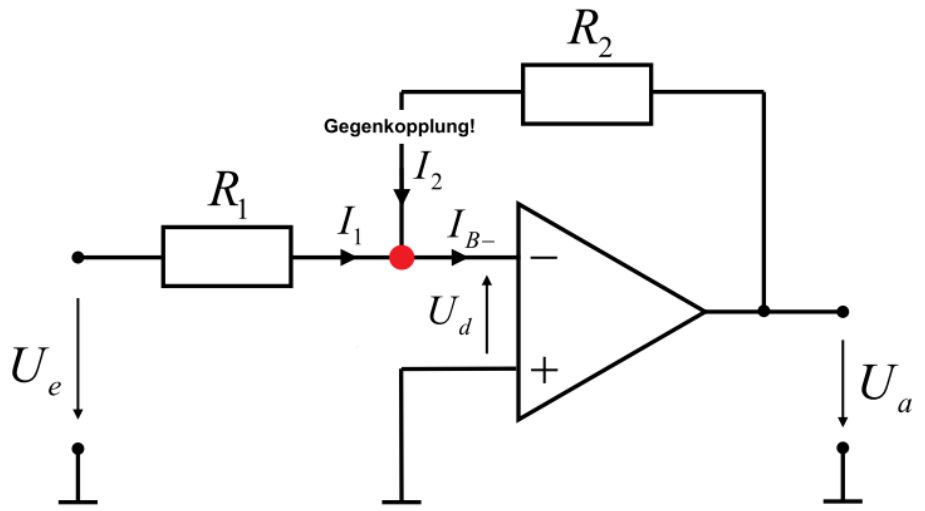
(Ergänzende Ergänzung)
Hätt ich an sich auch gesagt. Allerdings hab ich die Werte von den Folien (*F06_Schaltungstechnik_II S. 99*) und aus dem Elektronik Kompendium (nichtinvertierend, invertierend) genommen, mit dem Gedanken, dass es das ist was sie wollen.

Frage 3.3.7

Skizziere die Schaltung eines Operationsverstärkers als invertierender Verstärker. Der Operationsverstärker wird als ideal betrachtet.

Gib den Eingangs- und Ausgangswiderstand dieser Schaltung an.

Begründe Deine Darstellung!



Eingangswiderstand: R_1
Ausgangswiderstand: sehr klein

(*Ergänzung*)
Hätte gesagt der Ausgangswiderstand ist der Widerstand, an dem Ua abfällt, also R2.
Hier auch wieder R2//0ohm = 0Ohm I guess.

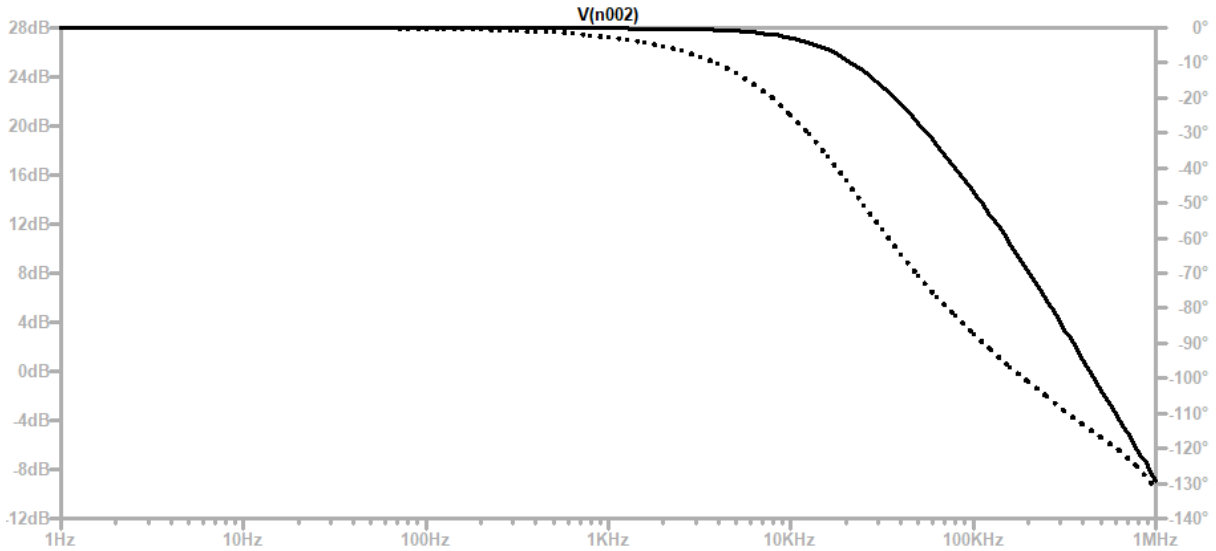
(Ergänzende Ergänzung)
Siehe Kommentar bei 3.3.6

Frage 3.4.1

Ein Operationsverstärker ist als nichtinvertierender Verstärker geschalten.

- Skizziere den Verlauf der Verstärkung dieser Schaltung als Funktion der Frequenz (doppelt logarithmischer Maßstab).
- Zeichne ein, welche maximale Verstärkung die Schaltung bei 0.1fg, 1fg, 10fg, 100fg haben kann. (fg = Grenzfrequenz).

Bitte verifizieren!
Die Skizze der Verstärkung in Abhängigkeit der Frequenz schaut folgendermaßen aus. Der nicht invertierende Verstärker weist Tiefpassverhalten auf.



In Realität weist der OPV eine Zeitverzögerung zwischen der Ausgangsspannung und der verstärkten Differenz der Eingangsspannung auf. Diese Zeitverzögerung ist von der Beschaltung und dem Bauteil selbst abhängig und liegt in der Regel zwischen meheren Millisekunden und unter 1 ns. Das hat zur folge, dass alle Verstärkerschaltungen schwingen.

OPVs sind so konstruiert, dass sie sich wie Tiefpassfilter erster Ordnung verhalten. Die Verstärkung ist daher bei niedrigen Frequenzen maximal und fällt dann bis zur Transitfrequenz (Frequenz bei der Vu = 1 gilt) linear ab.

Die Grenzfrequenz hat aber keinen Einfluss auf die maximale Verstärkung. Diese ist unabhängig von der Grenzfrequenz durch folgende Formel gegeben.

$$\frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Quelle: https://www.elektroniktutor.de/analogverstaerker/opverst.html, Repetitorium S.175

(Ergänzung)
Ich nehme mal an es ist gedacht, dass mit maximaler Verstärkung die Verstärkung an der jeweilige Frequenz gemeint ist. Mit dieser Annahme kann man folgende Werte ermitteln:

0.1 fg = Vmax
1fg = Vmax - 3dB
10 fg = Vmax - 23dB
100 fg = Vmax - 43dB

-3dB weil das ist die Definition von der Grenzfrequenz und der OPV ist ein Tiefpass, welche im Sperrbereich mit -20 dB/dec abfällt. Jedoch falls die wirkliche “globale” maximale Verstärkung gemeint ist, ist die vorige Antwort natürlich richtig.

Frage 3.4.2

Ein Operationsverstärker ist als nichtinvertierender Verstärker geschalten. Der Gegenkopplungswiderstand hat 9kΩ, der Widerstand zur Masse 1kΩ.
Der Operationsverstärker hat eine Verstärkung von 80dB bei Gleichspannung und eine Grenzfrequenz von 1kHz.

- Bestimme die Gleichspannungsverstärkung der Schaltung und die maximale Frequenz, bei der diese Verstärkung noch erreicht wird.

Die Formel für die Verstärkung einer nichtinvertierenden OPV-Schaltung lautet:

$$\frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{9\,k\Omega}{1\,k\Omega} = 10$$

Wodurch die Gleichspannungsverstärkung 10 beträgt.

(Bitte verifizieren)
Durch das Verstärkungs-Bandbreiten Produkt kann nun die Frequenz f, bei welcher diese Verstärkung imm er noch erfüllt wird, berechnet werden. 80 dB entsprechen einer Verstärkung von 10000 wodurch man zu folgender Formel kommt:

$$10^4 \cdot f_g = 10^4 \cdot 10^3\,Hz = 10^7\,Hz = 10\,MHz\ = 10 \cdot f$$

$$f = \frac{10\,MHz}{10} = 1\,MHz$$

Daher ist 1 MHz die maximale Frequenz, bei welcher diese Verstärkung noch erreicht wird.

(Ergänzung, nach der Besprechung)
Das Ergebnis stimmt, allerdings ist der Rechenweg unnötig kompliziert gewählt. Es reicht zu sagen, dass die Verstärkung 20 dB beträgt und die Verstärkung durch das Tiefpassverhalten um 20 dB pro Dekade fällt. Daher gilt: 80 dB -> 1 kHz, 60 dB -> 10 kHz, 40 dB -> 100 kHz, 1 MHz -> 20 dB.

Frage 3.4.3

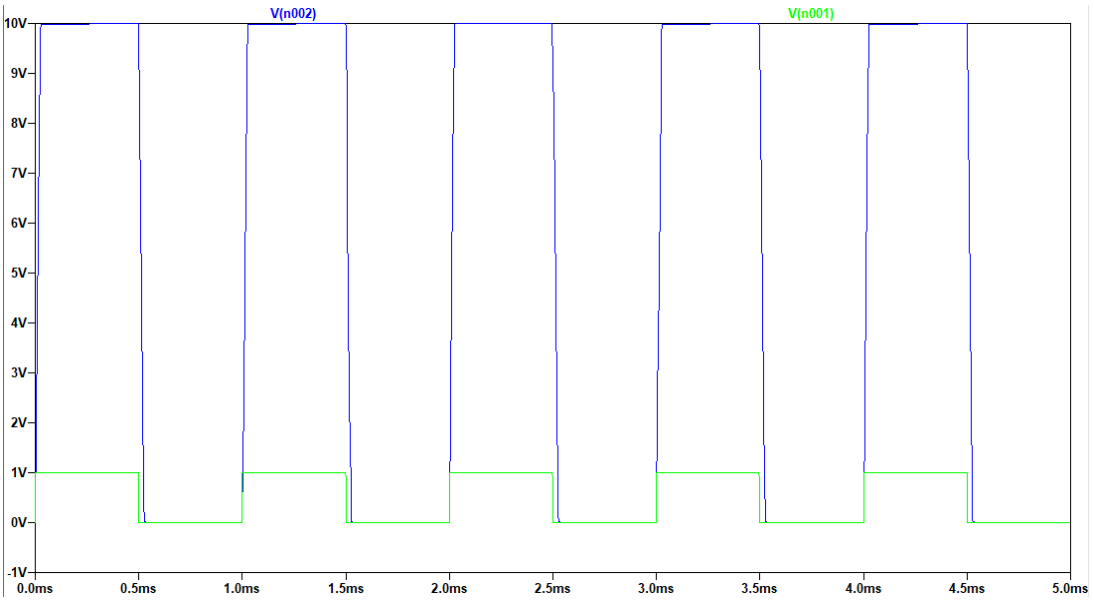
Ein Operationsverstärker ist als nichtinvertierender Verstärker geschalten. Der Gegenkopplungswiderstand hat 9kΩ, der Widerstand zur Masse 1kΩ.
Der Operationsverstärker hat eine Verstärkung von 80dB bei Gleichspannung und eine Grenzfrequenz von 1kHz.

- Du legst an den Eingang eine 1kHz Rechteckspannung. Wird diese in akzeptabler Weise übertragen? Begründe Deine Entscheidung!

- Du legst an den Eingang eine 1MHz Rechteckspannung. Wird diese in akzeptabler Weise übertragen? Begründe Deine Entscheidung!

- Ja. Wie in der Aufgabe 3.4.2 berechnet, besitzt diese Schaltung eine Verstärkung von 10. Da 1 kHz noch weit unter der vorher berechneten Transitfrequenz liegt sollte die Eingangsspannung einfach um einen Faktor 10 vergrößert werden.

(Simulation in LTSpice)



- *(Bitte verifizieren)* ~~Ja. Da 1MHz das Ergebnis aus 3.4.2 ist und derselbe OPV verwendet wird, sollte das Ausgangssignal gerade noch eine Verstärkung von 10 erreichen. Weiters würde bei so einer Frequenz die Schaltgeschwindigkeit des OPV wahrscheinlich auch eine entscheidende Rolle spielen.~~
  @*Ergänzung* hat recht. Wie im Repetitorium-Skriptum beschrieben wird eine symmetrische Rechteckspannung höchstens bis zu der 10-fachen Grenzfrequenz akzeptabel übertragen (welche in unserem Fall 10*1kHz=10 kHz beträgt). Daher lautet die Antwort **nein**.

(Ergänzung) Ich bin mir nicht so sicher ob 1 MHz noch akzeptabel übertragen werden können, da im Skriptum des Repetitoriums S.176 steht, dass eine sym. Rechteckspannung gut übertragen wird, wenn die zehnfache Grundfrequenz noch übertragen wird. Die zehnfache Frequenz von 1 MHz ist 10 MHz. Bei 10 MHz tritt aber nur noch eine Verstärkung von 0 dB und nicht den geforderten 20 dB auf. Daher nehme ich an, dass die Rechteckspannung bei dieser Frequenz nicht mehr akzeptabel übertragen werden kann.

Frage 3.4.4

Ein Operationsverstärker ist als invertierender Schmitt Trigger geschalten. Der Operationsverstärker hat eine Verstärkung von 80dB bei Gleichspannung und eine Grenzfrequenz von 1kHz. Die Schaltpunkte sind ± 1V.

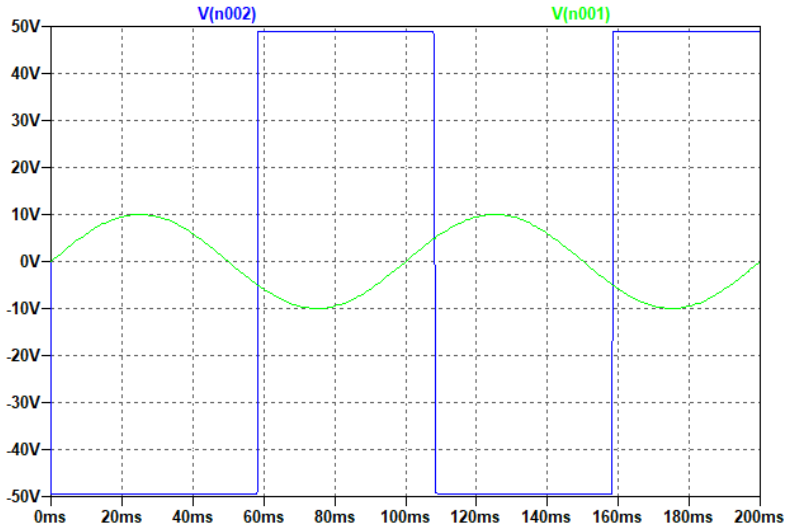
- Du legst an den Eingang eine 10Hz Sinusspannung mit ± 10V Amplitude. Skizziere Eingangs- und Ausgangsspannungen als Funktion der Zeit. Begründe Deine Entscheidung!

- Du legst an den Eingang eine 10MHz Sinusspannung mit ± 10V Amplitude. Skizziere Eingangs- und Ausgangsspannungen als Funktion der Zeit. Begründe Deine Entscheidung!

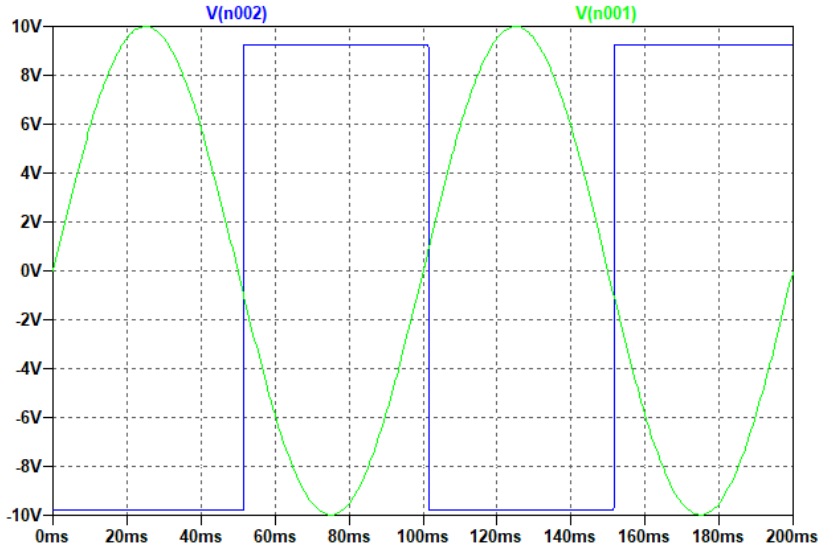
- Da Grenzfrequenz bei 1kHz, nehmen wir an bei 10Hz Sinus ~ 80dB Verstärkung

Die Skizze hängt natürlich stark von der Versorgungsspannung für den OPV ab, dementsprechend werden die Peak-to-Peak Werte vom Rechtecksignal höher oder tiefer sein.

Die Skizze hängt auch davon ab, in welchem Zustand sich die Ausgangspannung befindet, da der Sinus bei 0V anfängt, was im Bereich der Hysterese (-1V bis 1V Bereich) ist. In diesem Fall habe ich den negativen Zustand genommen, da der Sinus davor negativ war. (den positiven Zustand zu nehmen ist genau so valide), da ich den negativen genommen habe, aktiviert sich das Signal auf High bei -1V erst. Man merke an, das die Schaltung im Diagramm eine Versorgungsspannung von 50V für den OPV hat, damit man sieht das die 80dB Verstärkung hier komplett reicht.



- da bei 1kHz ~ 80dB => 10khZ = 60dB => 100kHz = 40dB => 1MHz = 20dB => 10MHz = 0dB bedeutet bei einem Sinus von 10MHz gibt es keine Verstärkung. Daraus folgt das Eingangsspannung = High und Low Spannungen.



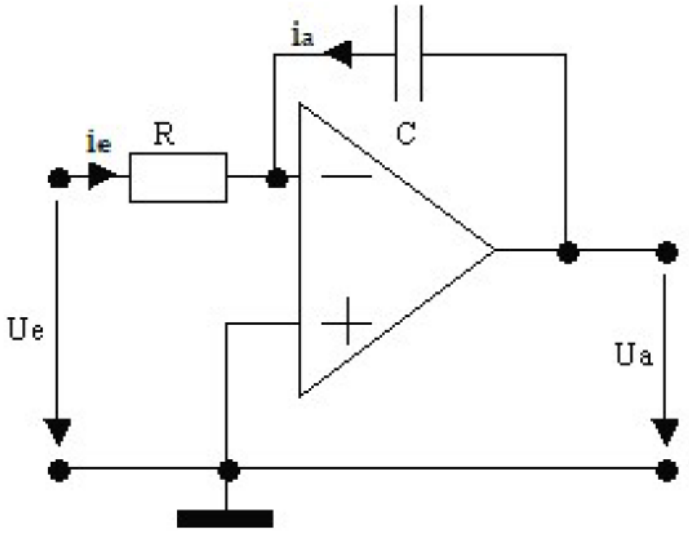
Frage 3.5.1

Ein Operationsverstärker ist als invertierender Integrator geschalten.

- Skizziere die Schaltung und gib die Übertragungsfunktion an. Beachte, dass diese Übertragungsfunktion auch für Eingangs – Gleichspannungen korrekte Ergebnisse liefern muss!

Die Eingangsspannung beträgt konstant +1V.
Zu Beginn des Versuchs ist die Ausgangsspannung 0V.

- Skizziere den Verlauf der Ausgangsspannung über die Zeit.



Wie sich schon aus dem Namen erkennen lässt stellt der invertierende Integrator die mathematische Operation des Integrierens dar. Die Ausgangsspannung ist also ein Integral der Eingangsspannung. Die genaue Formel für die Sprungantwort lautet.

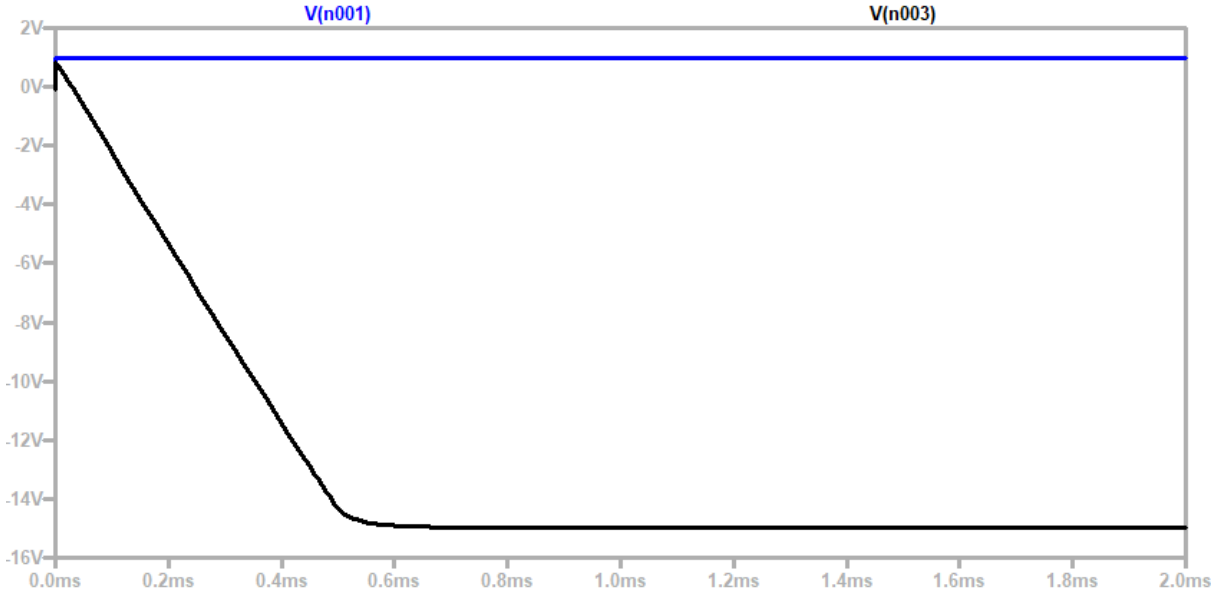
$$u_a(T) = -\frac{1}{RC} \cdot \int_0^T u_e(t)\,dt + u_a(0)$$

Dies kann auch in komplexer Form geschrieben werden wobei $\omega = 2\pi f$ gilt. Das ist bei dem Überprüfungsgespräch aber nicht notwendig.

$$u_a(\omega) = -\frac{u_e(\omega)}{j \cdot \omega \cdot R \cdot C}$$

Die Eingangsspannung ist konstant 1 V und die Ausgangsspannung beträgt zu Beginn 0 V. Weiters wird angenommen, dass der OPV ideal ist. Durch die Übertragungsfunktion ergibt sich am Ausgang des OPV immer das Integral der Eingangsspannung. Da die Eingangsspannung nun konstant 1 V beträgt, fällt die Ausgangsspannung mit konstanter Steigung theoretisch bis - Unendlich ab, wird in der Realität aber durch die Versorgungsspannung des OPV Vss begrenzt.

Die folgende Abbildung wurde in LTSpice erstellt weshalb, der Sprung am Anfang notwendig war, beim Gespräch ist dieser jedoch nicht einzuzeichnen. Auch die kleine Schwankung kann ganz am Anfang kann vernachlässigt werden. Die Eingangsspannung ist blau und die Ausgangsspannung schwarz dargestellt.



Quellen:
https://www.electronics-tutorials.ws/de/operationsverstarker/integrierverstaerker.html
https://www.elektronik-kompendium.de/sites/slt/0412061.htm
Repetitorium S.178

Frage 3.5.2

Ein Operationsverstärker ist als invertierender Integrator geschalten.

- Skizziere die Schaltung und gib die Übertragungsfunktion an. Beachte, dass diese Übertragungsfunktion auch für Eingangs – Gleichspannungen korrekte Ergebnisse liefern muss!

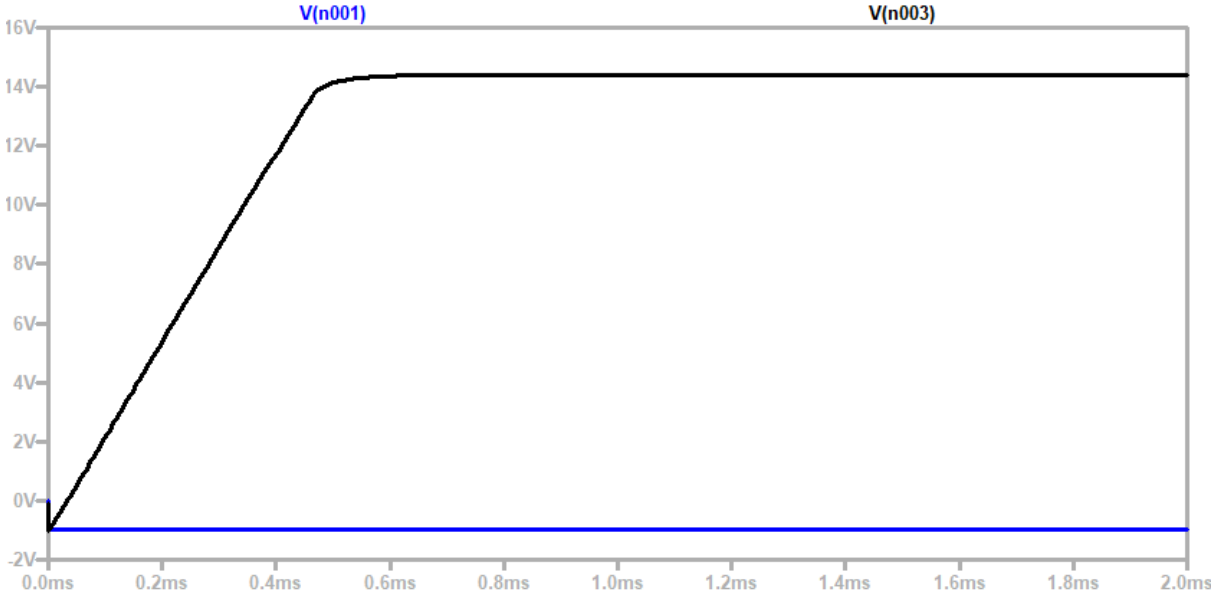
Die Eingangsspannung beträgt konstant -1V.
Zu Beginn des Versuchs ist die Ausgangsspannung 0V.

- Skizziere den Verlauf der Ausgangsspannung über die Zeit.

Der erste Teil ist bereits in Frage 3.5.1 beantwortet worden.

Die Eingangsspannung ist konstant - 1 V und die Ausgangsspannung beträgt zu Beginn 0 V. Weiters wird angenommen, dass der OPV ideal ist. Durch die Übertragungsfunktion ergibt sich am Ausgang des OPV immer das Integral der Eingangsspannung. Da die Eingangsspannung nun konstant - 1 V beträgt, steigt die Ausgangsspannung mit konstanter Steigung theoretisch bis + Unendlich an, wird in der Realität aber durch die Versorgungsspannung des OPV Vdd begrenzt.
Die folgende Abbildung wurde in LTSpice erstellt weshalb, der Sprung am Anfang notwendig war, beim Gespräch ist dieser jedoch nicht einzuzeichnen. Auch die kleine Schwankung

kann ganz am Anfang kann vernachlässigt werden, der schwarze Strich sollte bei 0 V beginnen. Die Eingangsspannung ist blau und die Ausgangsspannung schwarz dargestellt.



Quellen:
https://www.electronics-tutorials.ws/de/operationsverstarker/integrierverstaerker.html
https://www.elektronik-kompendium.de/sites/slt/0412061.htm

Frage 3.5.3

Ein Operationsverstärker ist als invertierender Integrator geschalten.

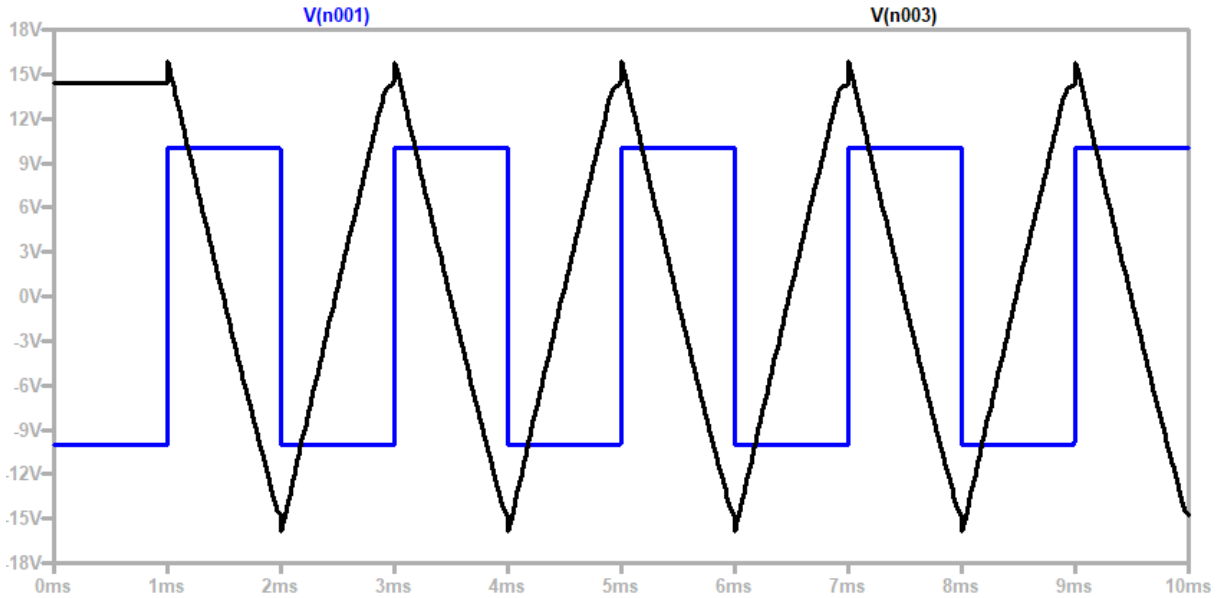
- Skizziere die Schaltung und gib die Übertragungsfunktion an. Beachte, dass diese Übertragungsfunktion auch für Eingangs – Gleichspannungen korrekte Ergebnisse liefern muss!

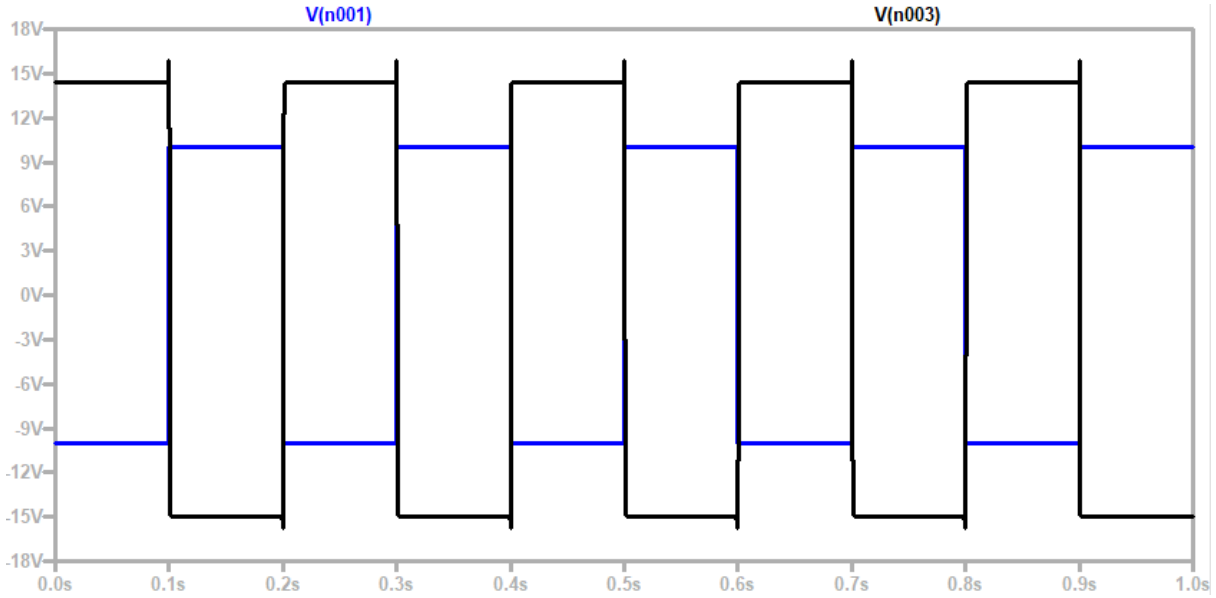
Die Eingangsspannung ist eine Rechteckspannung ± 10V, beginnend mit der steigenden Flanke.
Zu Beginn des Versuchs ist die Ausgangsspannung 0V.

- Skizziere den Verlauf von Eingangs- und Ausgangsspannung als Funktion der Zeit.

Der erste Teil ist bereits in Frage 3.5.1 beantwortet worden.

Für den zweiten Teil wurde wieder eine Simulation in LTSpice erstellt. Dabei wurde die Eingangsspannung immer blau und die Ausgangsspannung immer schwarz eingezeichnet. Es ist zu erwähnen, dass die Form des Ausgangssignals auch stark von der Frequenz abhängt. Dennoch entsteht bei einem Rechtecksignal immer ein Dreiecksignal mit derselben Frequenz, es sei denn bei sehr niedrigen Frequenzen bei denen Vss bzw. Vdd wird erreicht. In der ersten Abbildung wurde ein Rechtecksignal mit 500 Hz dargestellt. In der zweiten Abbildung wurde der Fall einer sehr niedrigen Frequenz 5 Hz des Eingangssignals abgebildet. Achtung da mit LTSpice gearbeitet wurde, konnten nicht bei 0 V begonnen werden.





Frage 3.5.4

Ein Operationsverstärker ist als invertierender Integrator geschalten.

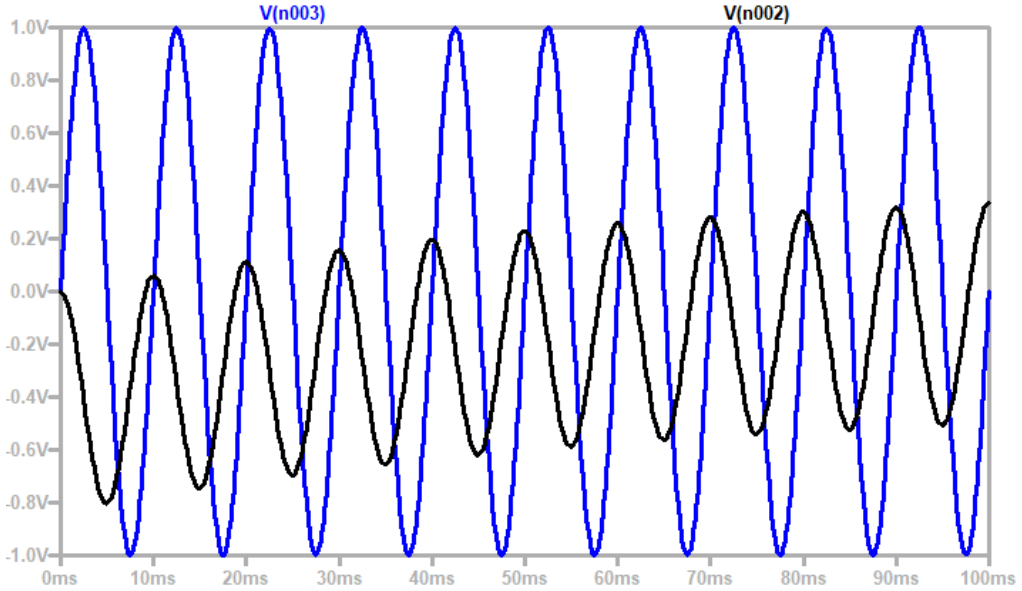
- Skizziere die Schaltung und gib die Übertragungsfunktion an. Beachte, dass diese Übertragungsfunktion auch für Eingangs – Gleichspannungen korrekte Ergebnisse liefern muss!

Die Eingangsspannung ist eine Sinusspannung, beginnend mit 0V steigende Flanke.
Zu Beginn des Versuchs ist die Ausgangsspannung 0V.

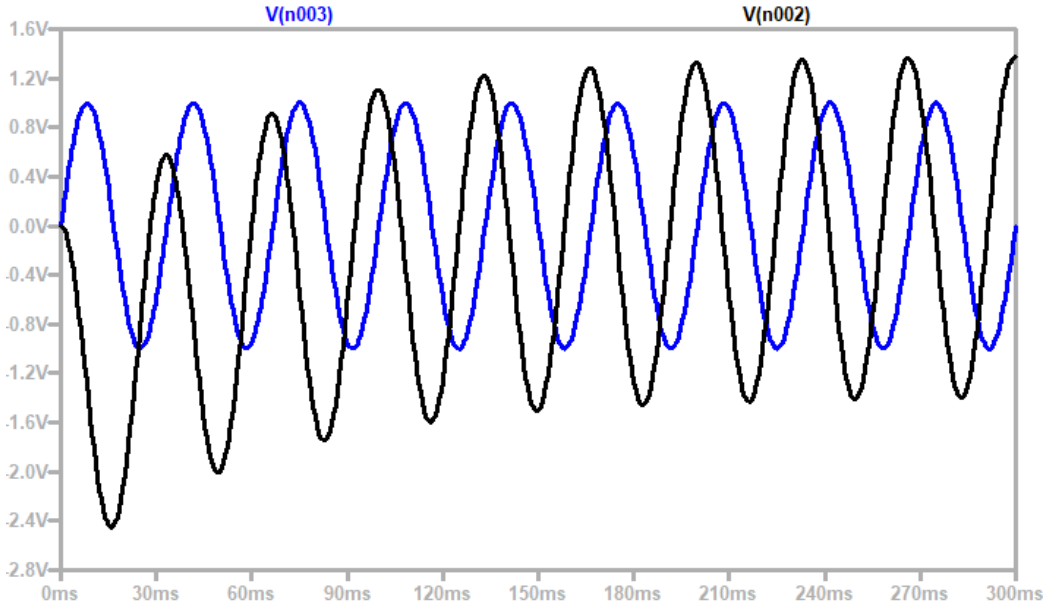
- Skizziere den Verlauf von Eingangs- und Ausgangsspannung als Funktion der Zeit.

Der erste Teil ist bereits in Frage 3.5.1 beantwortet worden.
Ist das Eingangssignal eine Sinusspannung, so ist auch das Ausgangssignal eine sinusförmige Spannung, weist aber eine Phasenverschiebung von 180° bis 0° auf, wobei 180° nur bei sehr niedrigen Frequenzen (< 1 Hz) und 0° nur bei sehr hohen Frequenzen (>

1 MHz) erreicht wird. Über den größten Frequenzbereich beträgt die Phasenverschiebung in etwa 90°. Auch die Verstärkung bzw. Dämpfung hängt von der Frequenz der Eingangsspannung ab.
In der ersten Abbildung wurde eine Frequenz von 100 Hz verwendet. Die Phasenverschiebung beträgt in etwa 90° und das Ausgangssignal wird gedämpft.



In der folgenden Abbildung wurde eine Frequenz von 30 Hz gewählt. Die Phasenverschiebung beträgt nicht ganz 90° und es tritt noch eine Verstärkung auf.



(Ergänzung)
Überlegen, was soll da rauskommen? Da Integral von sin(x) => -cos(x) und das Vorzeichen beim invertierendem Integrator vertauscht ist, sollte der ideale Integrator cos(x) liefern.

Fragenkatalog 4

Frage 4.1

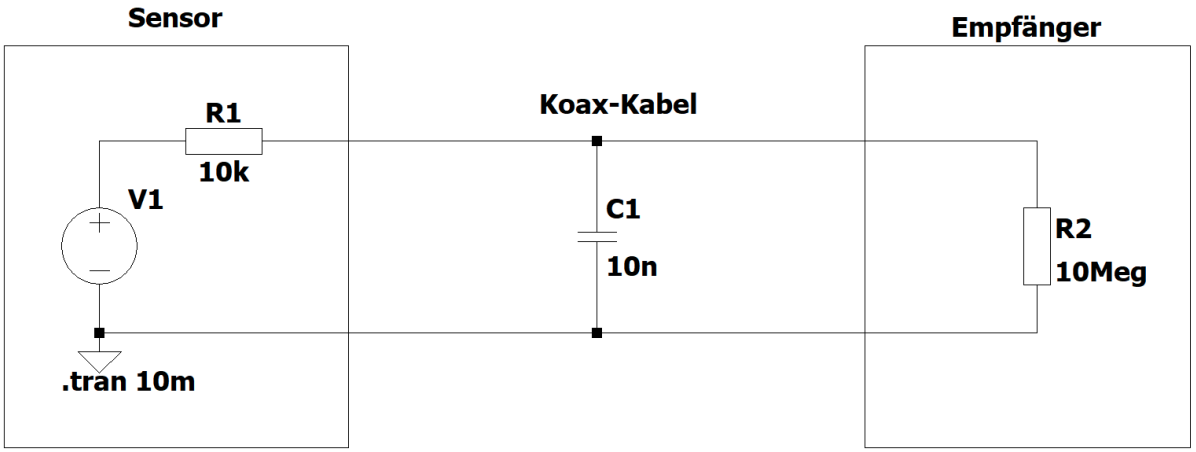
Erzähle von einem Beispiel Deiner Wahl aus dem Bereich Spektren.

Frage 4.3.1

Ein Sensor hat einen Ausgangswiderstand von 10kΩ.
Das Signal wird über ein 100m langes Koaxialkabel mit einer Kapazität von 100pF/m übertragen.
Der Sensor liefert ein symmetrisches Rechtecksignal.

- Schätze die höchste Frequenz dieses Signals ab, das über diese Strecke mit akzeptabler Qualität übertragen werden kann.

(Unnötig ausführliche Lösung, für simplere Lösung mit annähernd gleichem Ergebnis siehe Ergänzung)
Mit den uns gegebenen Werten kann zuerst die Gesamtkapazität des Kabels berechnet,
$C_K = 100 \cdot 100\,pF = 10nF$
und anschließend folgendes Ersatzschaltbild erstellt werden:



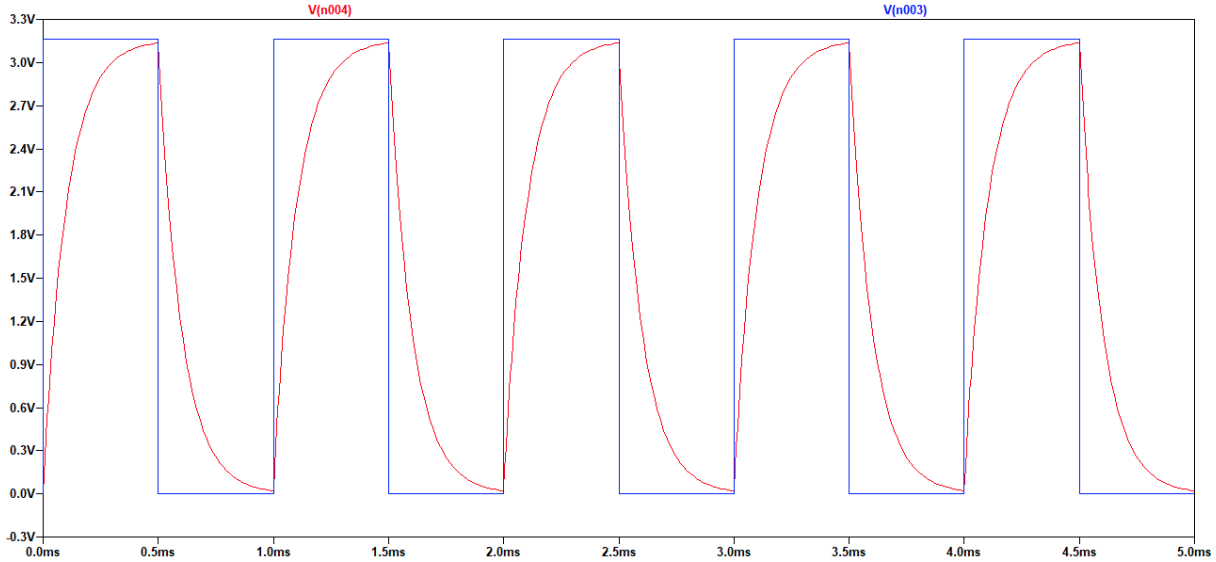
Wie man sieht weist die Verbindung ein Tiefpassverhalten auf. Dies hilft uns bei der Frequenzberechnung, da einfach darauf geachtet werden muss, dass das Signal sauber übertragen werden soll. Das Signal wird sauber übertragen, wenn es einem Rechtecksignal ähnelt, das heißt die von Sensor ausgegebene Spannung erreicht und lange genug hält.
Weiters kennen wir die Formel für die Zeitkonstante eines RC-Tiefpasses,
$\tau = R \cdot C$
und wissen, dass ein Kondensator nach 5τ zu 99% aufgeladen ist.
Das heißt wir können uns die Zeit für das erreichen von der Sensorspannung berechnen:
$\tau = R \cdot C = 10\,k\Omega \cdot 10\,nF = 100\,\mu s$
$5\tau = 500\,\mu s$

Dadurch wissen wir, dass die Sensorspannung nach 500µs erreicht wird. Wenn wir das verdoppeln kommen wir also auf die kleinste Periodendauer wo die Spannung noch erreicht wird:

$$T_{\min} = 2 \cdot 5\tau = 1\,ms$$

$$f_{\min} = \frac{1}{T_{\min}} = 1\,kHz$$

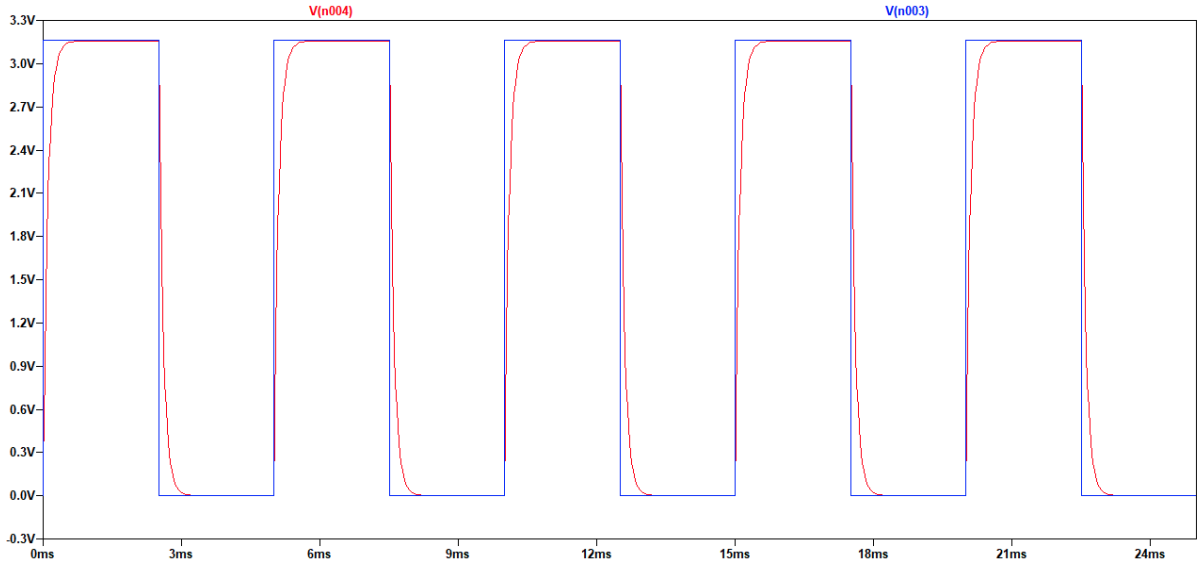
Und das Signal schaut wie folgt aus:



Also noch nicht unbedingt sauber. Daher schätzen wir die Periodendauer auf ungefähr 5 mal länger und bekommen so ein besseres Signal:

$$T = 5\,ms$$

$$f = 200\,Hz$$



(Ergänzung)

Beim vorigen Fragenkatalog gab es auch ein Frage über eine Übertragung eines Rechtecksignals mit akzeptable Qualität. Dabei soll noch die 10-fache Grundfrequenz des Rechtecksignal übertragen werden. Wenn man danach gehen und eine Grenzfrequenz von fg = 1 / (2*Pi*Tau) = 1,59 kHz haben, dann ist die maximale Frequenz fg/10, also **159 Hz.**

$C = 100 \cdot 100pF = 10nF$
$\tau = R \cdot C = 10\,k\Omega \cdot 10\,nF = 100\,\mu s$
Grenzfrequenz: $f_g = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 100\mu s} = 1,592\,kHz$
Da Rechtecksignal nur okay übertragen bei 10x Grundfrequenz: $\frac{1.591kHz}{10} \approx 159.1Hz$
Ist die maximale Frequenz für ein Rechtecksignal.

Frage 4.3.2

Ein Sensor hat einen Ausgangswiderstand von 10kΩ.
Das Signal wird über ein 100m langes Koaxialkabel mit einer Kapazität von 100pF/m übertragen.
Das Ausgangssignal des Sensors ist ein Sprung von 0.0V auf +3.16V.

- Nach welcher Zeit erkennt der Empfänger den Sprung, wenn er bei einer Spannung von etwa +2.00V schaltet.

Berechnungen siehe 4.3.1.
Wir wissen, dass ein Kondensator nach 1τ auf 63% der Spannung aufgeladen wird, praktischerweise ergibt sich aus der Angabe, **das 2V genau 63% von 3.16V sind.**
$U_{63\%} = 3,16V \cdot 0,63 = 1,9908V$
dass unser Kabel genau nach 1τ die gewünschte Spannung erreicht.
Die zeitkonstante τ kann also aus 3.4.1 übernommen werden. Die gewünschte Zeit beträgt daher:
$\tau = R \cdot C = 10\,k\Omega \cdot 10\,nF = 100\,\mu s$

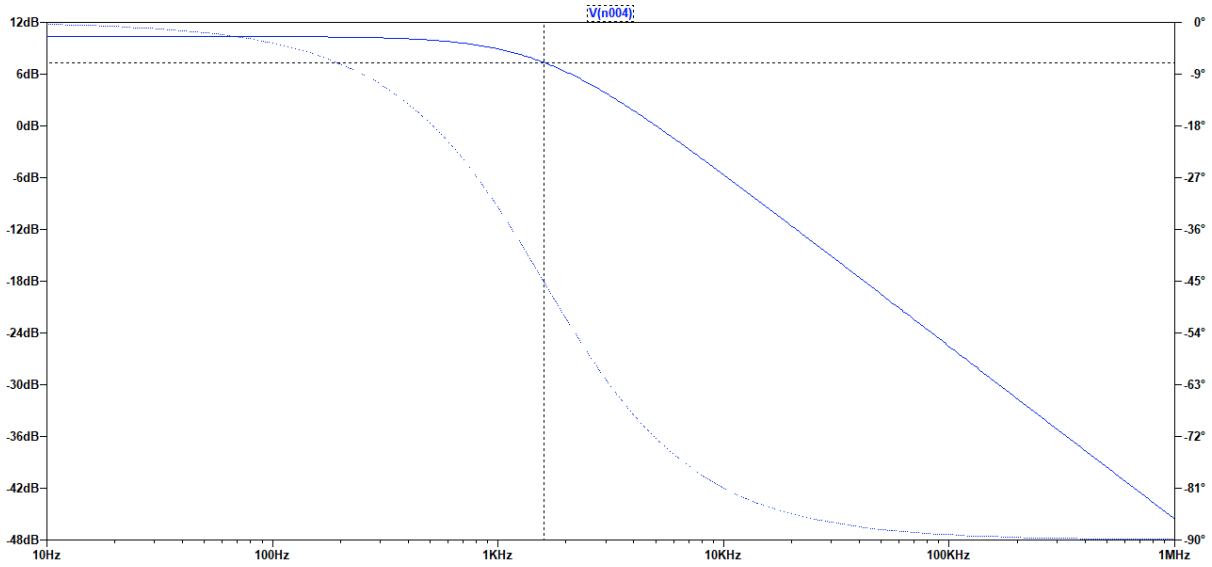
Frage 4.3.3

Ein Sensor hat einen Ausgangswiderstand von 10kΩ.
Das Signal wird über ein 100m langes Koaxialkabel mit einer Kapazität von 100pF/m übertragen.
Der Sensor liefert ein Sinussignal von etwa 3.3 Vpp.

- Bei welcher Frequenz kommen am Empfänger noch etwa 2.33 Vpp an?
- Welche Phasenverschiebung hat das Signal auf seinem Weg durch das Kabel bei dieser Frequenz?

Da wir es immer noch mit dem Tiefpass von Aufgabe 4.3.1 zu tun haben, können wir uns die Verstärkung für die 2,33 Vpp berechnen: Ua / Ue)
$V = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{2,33V}{3,3V}\right) = -3,023\,dB$
Glücklicherweise ergibt diese genau die Verstärkung bei der Grenzfrequenz einer Tiefpassschaltung. Die Grenzfrequenz kann man sich über folgende Formel berechnen:
$f_g = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 100\mu s} = 1,592\,kHz$

Weiters wissen wir, dass die Phasenverschiebung bei der Grenzfrequenz des Tiefpasses immer -45° beträgt.
Für interessierte hier das entsprechende Bode-Diagramm der Schaltung:

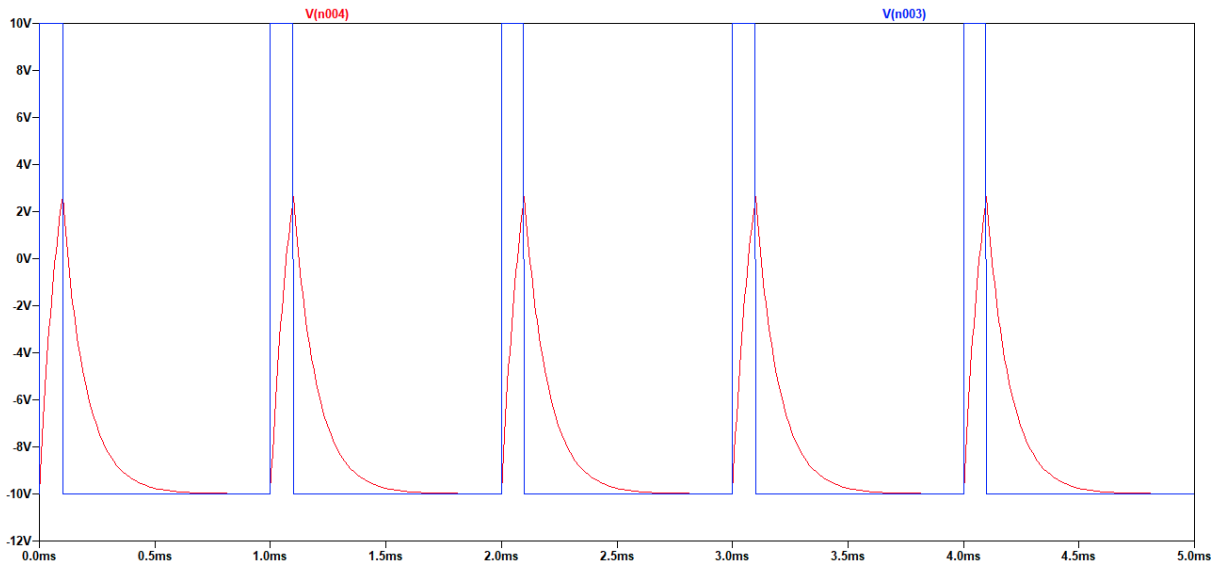


Frage 4.3.4

Ein Sensor hat einen Ausgangswiderstand von 10kΩ.
Das Signal wird über ein 100m langes Koaxialkabel mit einer Kapazität von 100pF/m übertragen.
Der Sensor liefert ein unsymmetrisches Rechtecksignal: +10V für 100µs, dann -10V für 900µs.
Das Signal am Empfänger muss 99% des Sensorsignals sein.

- Kann dieses Signal über dieses Kabel korrekt übertragen werden?

Es wird immer noch die Schaltung und Zeitkonstante aus 4.3.1 verwendet.
Nein, da bei **100µs = 1**τ gerade mal **63%** der Spannung erreicht werden. Wenn man annimmt, dass der Sensor bei ausgeschaltetem (also dem Ausgangs-) Zustand -10V hat, werden die 10V ganz sicher nicht erreicht wodurch das Signal nicht korrekt übertragen wird.
Simulation in LTSpice:

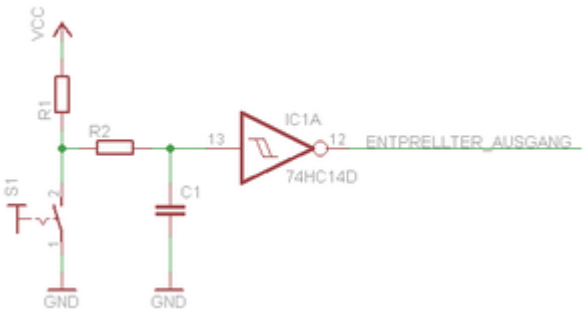


Frage 4.3.5

Ein Taster liefert folgendes Signal:

- Mit welchem Filter kannst Du dieses Prellen aus dem Signal entfernen?
- Mit welcher Schaltung kannst Du danach die Flankensteilheit wieder erhöhen?

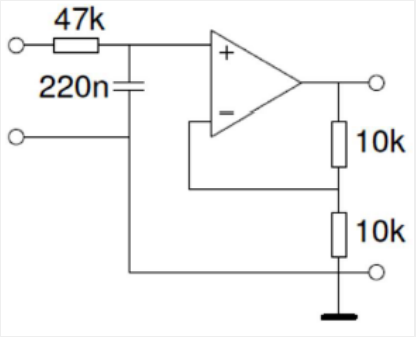
Informationen wurden aus folgender Quelle entnommen.



Das Prellen kann mithilfe eines Tiefpasses entfernt werden (da Prellen **hochfrequent** bzw. Kondensator **nicht so schnell** aufgeladen werden kann) und anschließend kann über eine Komparatorschaltung, wie beispielsweise einen Schmitt-Trigger, die Flankensteilheit wieder erhöht werden. (Oder durch Tiefpassfilter höherer Ordnung)

Frage 4.3.6

Skizziere die Übertragungsfunktion dieser Schaltung:
(Doppelt logarithmischer Maßstab der Achsen)

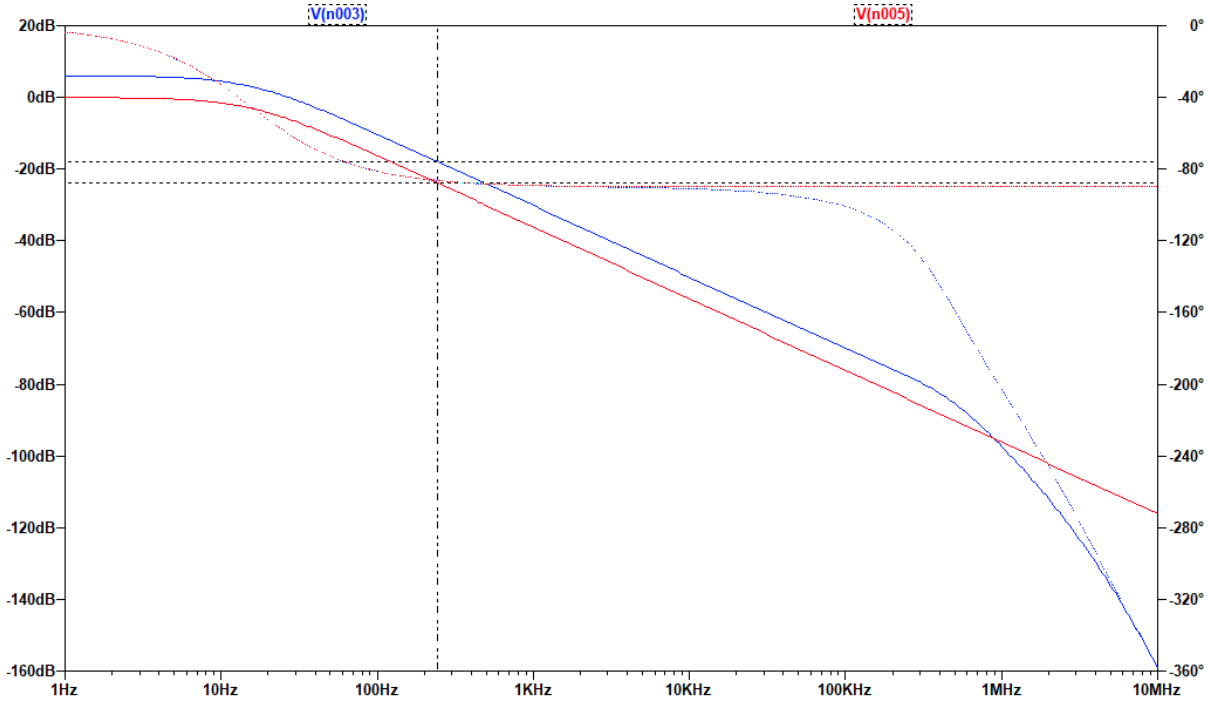


Die Schaltung stellt eine Serienschaltung von einem Tiefpass und einem nichtinvertierenden Verstärker da. Das heißt, dass die Ausgangsspannung des Tiefpasses um einen von der Verstärkerschaltung vorgegebenen Wert verstärkt wird.
Um die Übertragungsfunktion zeichnen zu können brauchen wir daher die Grenzfrequenz des Tiefpasses, sowie die Verstärkung der Verstärkerschaltung.

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 47 \cdot 10^3 \cdot 220 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10,34 \cdot 10^{-3}} = 15,39\,Hz$$

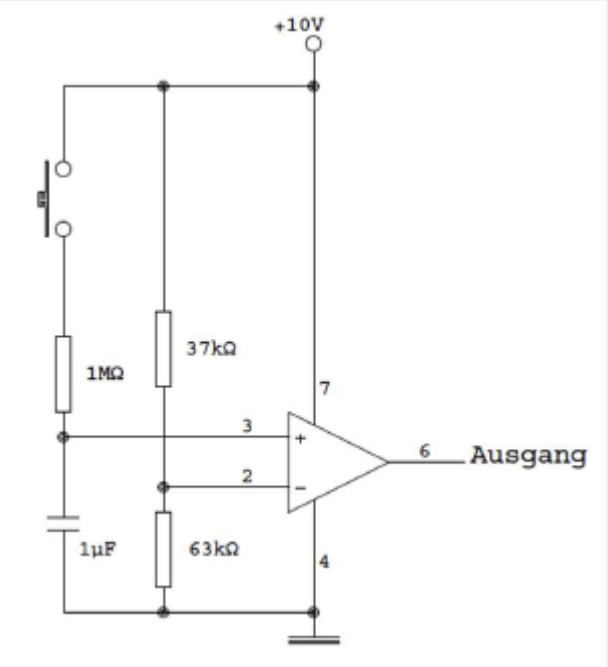
$$V = 20 \cdot \log_{10}\left(1 + \frac{10}{10}\right) = 20 \cdot \log_{10}(2) = 6,02\,dB$$

Mit diesen beiden, kann nun eine um 6 dB nach oben verschobene Tiefpass-Übertragungsfunktion gezeichnet werden.
Die folgende Simulation wurde in LTSpice erstellt. Man beachte, dass bei einem realen Verstärker die Transitfrequenz auch eine Rolle spielt, wodurch es einen Knick bei hohen Frequenzen gibt.
Die Tiefpass-Funktion ist rot und die Übertragungsfunktion der Schaltung ist blau:



Frage 4.3.7

Erkläre das Verhalten dieser Schaltung:
(Zu Beginn des Versuchs ist der Kondensator entladen.)



Am - Eingang vom OPV liegt statisch 6,3 V an (Spannungsteiler).

$U_{-} = 10V \cdot \frac{63k\Omega}{37k\Omega + 63k\Omega} = 10V \cdot 0.63 = 6.3V$

Wenn man den Schalter drückt, lädt sich der Kondensator über den 1MΩ Widerstand auf. Das τ des RC-Glieds entspricht 1 Sekunde. Mit diesen Informationen kann man berechnen, dass der + Eingang nach einer Sekunde auch 6,3 V hat (Da 63%). Also nach einer Sekunde wird der Ausgang auf 10 V verstärkt. Nach dieser Sekunde verstärkt er eigentlich unendlich, aber da Eingangsspannung 10V bleibt der Ausgang auf 10V. Sonst ist der Ausgang auf Gnd. (Da negative Versorgungsspannung 0V)

Frage 4.4.1

Vergleiche das Bode-Diagramm mit einem Spektrum.

- Was sind die Gemeinsamkeiten?
- Was wird womit beschrieben?

Ein Bode-Diagramm besteht auf einem **Amplitudengang** und einem **Phasengang**. In diesem Diagramm wird eine **Übertragungsfunktion** angezeigt: Also wie der **Ausgang** in **abhängigkeit der Frequenz** vom **Eingang** sich ändert. Dies wird verwendet um das Verhalten eines Systems zu messen (z.B. TP/HP, Filter allgemein).
Hingegen ist ein **Spektrum** ein Amplitudengang und zeigt die **Spektralkomponenten** eines ausgewählten Signal an. Dabei wird genau ein Zeitpunkt des Signals angezeigt und man

könnte daraus **Oberschwingungen** oder **Störsignal** erkennen. Also zusammengefasst ein momentanes Abbild der ***Frequenzlandschaft*** eines Signals.
(Bitte verbessern/erweitern wenn bessere Erklärungen gibt :^))

Bode und Spektrum haben beide Amplituden Gang und Phasengang und haben auf X achse Frequenz.

Bode zeigt wie Schaltung bei verschiedenen Frequenzen reagiert.

Spektrum zeigt aus welchen Frequenzen das Signal aufgebaut ist

Frage 4.4.2

Elektrische Spannung kann unter anderem in Vpp, Vrms und dBVrms angegeben werden.

- Beschreibe die Anwendungszwecke und Unterschiede zwischen diesen Arten der Quantifizierung.
- Eine sinusförmige Spannung hat einen Maximalwert von +5V und einen Minimalwert von -5V. Berechne die Spannung in Vpp, Vrms und dBVrms .

Vpp beschreibt den **Spitze-Spitze** Wert von periodischen Signalen. Er wird unter anderem beim Einstellen vom Signalgenerator verwendet, und ist am Osziloskop leicht abzulesen.

Vrm-s (Voltage-Root-Mean-Square) ist auch bekannt unter dem Namen **Gleichrichtwert**. Damit ist der Gleichspannungswert gemeint, der an einem Ohmschen Widerstand zur **selben Leistung** führt wie die Entsprechende **Wechselspannung**. Allgemeine Formel:
$Vrms = \sqrt{(\frac{1}{T}\int_0^T f(t)^2 dt)}$.
Bei Sinusförmigen Spannungen in Form $A\,sin(wt + \varphi)$gilt: $Vrms = A\frac{1}{\sqrt{2}}$
dBVrms ist im Endeffekt das Selbe wie Vrms, nur dass der Berechnete Wert ins Verhältnis zu 1Vrms gesetzt wird, also $dBVrms = 20\,log10(Vrms/1)$. Die Logarithmische Skalierung dieser Größe ist Praktisch für Spektren, da man so Amplituden unterschiedlicher größe leichter in einem Diagramm darstellen kann(ähnlich Bode-Plot).

Mit diesem Wissen also die Berechnung:
Vpp = 5V -(-5V) = 10V
Vrms: Das Signal ist symmetrisch um 0V, also in der Form 5*sin(wt+phi) ->
Vrms = 5*1/sqrt(2)= 3.535
dbVrms = 20*log(Vrms) = 10.967

Vpp => Signaltechnik
Vrms => Leistungselektronik
dbVrms => Audiotechnik

Frage 4.4.3

Elektrische Spannung kann unter anderem in Vss, Veff und dBVeff angegeben werden.

- Beschreibe die Anwendungszwecke und Unterschiede zwischen diesen Arten der Quantifizierung.
- Eine sinusförmige Spannung hat einen Maximalwert von +5V und einen Minimalwert von -5V. Berechne die Spannung in Vss, Veff und dBVeff .

Siehe 4.4.2, wechsle Vss mit Vpp, Veff mit Vrms, und dbVeff mit dbVrms

(*Ergänzung)*
Vss könnte jedoch die minimale (Versorgungs-)Spannung auch beschreiben (z.B. bei dem Beispiel -5V). Diese Bezeichnung wird im englischen Raum hauptsächlich verwendet.

Frage 4.4.4

Gegeben ist eine konstante Kosinusspannung der Amplitude A und der Kreisfrequenz ωs : U(t) = A cos (ω_st)

- Stelle das kontinuierliche Fourier - Integral dazu auf.
- Existiert dieses Integral überhaupt? Begründe deine Entscheidung!

$$\underline{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad ^{*)}$$

"Fouriertransformierte"

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{jwt} = A \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \cos(\omega_s t) \cdot e^{jwt}$$

Bedingung für Existenz: "schnell genug abklingen" $\int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^2 dx < \infty$

nicht erfüllt für $f(t) = A \cdot \cos(\omega_s t) \Rightarrow$ Integral ex. nicht.

Integral existiert nicht => Wenn man Spektrum will, Fourier-Analyse machen in diesem Fall

Frage 4.4.5

> Wozu braucht man in der praktischen Fourier - Analyse Fensterfunktionen?
>
> Nach welchen Kriterien wählst Du die Fensterfunktion für Deine Messaufgabe?

Fensterfunktion ist eine Funktion, welche in einem bestimmten Bereich definiert ist, und ansonsten 0. Diese wird dann mit dem Fourier Transformierten multipliziert.

In der Praxis ist die Periodendauer vorab nicht bekannt. Daher muss auf ein unendliches Integral erweitert werden, was einer zu Konvergenzproblemen führen kann aber vor allem an der begrenzten Datenmenge scheitert.
Deshalb wird die Folge der Datenpunkte vor der Auswertung mit einer Fensterfkt. überlagert.

Kriterien:
- minimaler Lech-Effekt: Eingangsfkt. schiebt sich durch die Fenster und es entstehen kurze Nadelimpulse am Beginn und Ende
- möglichst genaue Amplitudenmessung
- möglichst scharfe Frequenzmessung

Rechteck: höchste Frequenzauflösung, leichte Dämpfung und hohe Anfälligkeit für Lech-Effekt

Blackman-Harris: maximale Amplitude aber schlechtere Frequenzauflösung

Hamming und Von-Hann: guter Kompromiss

Frage 4.4.6

> Was ist der Unterschied zwischen Fourier - Reihe und Fourier - Integral?
>
> Was ist der Unterschied zwischen kontinuierlicher - diskreter - schneller Fourier - Transformation?

Fourier Reihe: Eine Reihe mit cos (gerader Anteil) und sin (ungerader Anteil) mit der man, falls man die Koeffizienten besitzt, **periodische Funktion** approximieren kann.

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{N} \underbrace{a_k \cos(k\omega_0 t)}_{\text{gerader Anteil}} + \underbrace{b_k \sin(k\omega_0 t)}_{\text{ungerader Anteil}}$$

Fourier Integral: Zur Bestimmung der Fourier Transformierten einer **nicht periodischen** Funktion.

$$\underbrace{\underline{F}(\omega)}_{\text{“Fouriertransformierte”}} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad ^{*)}$$

kontinuierlicher FT: Entspricht dem Fourier Integral oben, ist aber leider nur mathematisch anwendbar, da in der Praxis nicht mit kontinuerlichen Signalen (“in der realen Welt der Daten- und Informationstechnologie eigentlich nie!”)

diskrete FT: Entspricht eigentlich fast schon der Fourier Analyse, nur werden hier die Koeffizienten berechnet mithilfe einer endlichen Summe (und nicht einem Integral)

komplexe Koeffizienten der Spektrallinien

$$\underbrace{\underline{c}_k = \cancel{\lim_{T_s \to 0}} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} s(nT_s) e^{-j k \hat{\omega}_0 n}}_{\text{Diskrete Fourier Transformation (DFT)}}$$

(= eigentlich die diskrete Version der Fourieranalyse eines periodischen Signals!)

fast FT: Beliebter Algorithmus und effizienter Algorithmus welcher den DFT oder IDFT berechnet.

Frage 4.4.7

Gegeben sei eine periodische Funktion y = f(t). Wie berechnest Du die Fourier – Transformierte davon?

Da periodische Funktion:

$$\underbrace{\underline{F}(\omega)}_{\text{“Fouriertransformierte”}} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad ^{*)}$$

Da Signal periodisch kann aber die Fourier Transformation nicht angewendet werden, siehe Fourier Analyse.

Bedingung für Existenz: "schnell genug abklingen" $\int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^2 dx < \infty$

Frage 4.5.1

Du misst eine unbekannte periodische Eingangsspannung mit einem digitalen Oszilloskop.

Bei einer Horizontalablenkung 1ms/DIV siehst Du eine volle Periode eines schönen Sinussignals. Das Bild wandert trotz korrektem Trigger langsam von links nach rechts.

- Welche Schlussfolgerung ziehst Du aus diesem Bild?
- Was kannst Du machen, um fatale Fehlinterpretationen zu vermeiden?

”Ich hab gesagt, dass sich das offensichtlich aus dem aliasing ergibt und dass ich in der Praxis einfach beim höchsten abtastwert anfangen würd und dann mich runterarbeiten”

"ich hab ein Oszilloskop an dem ich die Abtastrate nicht einstellen kann, was kann ich stattdessen machen", Antwort: horizontale ms/Div umstellen

Offensichtlich handelt es sich um Aliasing. (Untrabtastung)

Um das Problem zu lösen wird die Ablenkzeit stufenweise nach oben gestellt. Zuerst verflacht das Bild zu einer fast horizontalen Linie, dann wird der Bildschirm hell wegen der kaum noch aufzulösenden Flanken. Einige Stufen weiter ergibt sich dann ein konkretes Bild.
⇒ Eher von der höchsten Ablenkgeschw. hinunterschalten als von d. niedrigsten hinauf.

Frage 4.5.2

Du sollst ein unsymmetrisches 1kHz Rechtecksignal +10V für 100µs, dann -10V für 900µs effektiv digitalisieren.

Wähle eine geeignete Abtastrate und begründe Deine Entscheidung.

Da höchstaufkommende Frequenz = 10kHz (100µs kürzeste Periodendauer) muss laut Shannon Theorem die **Abtastfrequenz doppelt so groß** wie die höchstauftretenste Frequenz sein. Man muss aber richtig abtasten (Extrema, nicht Nullpunkte zb)

$$f_{\max} = \frac{1}{100\mu s} = 10kHz$$

$$\tau < \frac{1}{2 \cdot f_{max}} = \frac{1}{2 \cdot 10kHz} = 50\mu s =$$
$$f_{abtast} > 20kHz$$

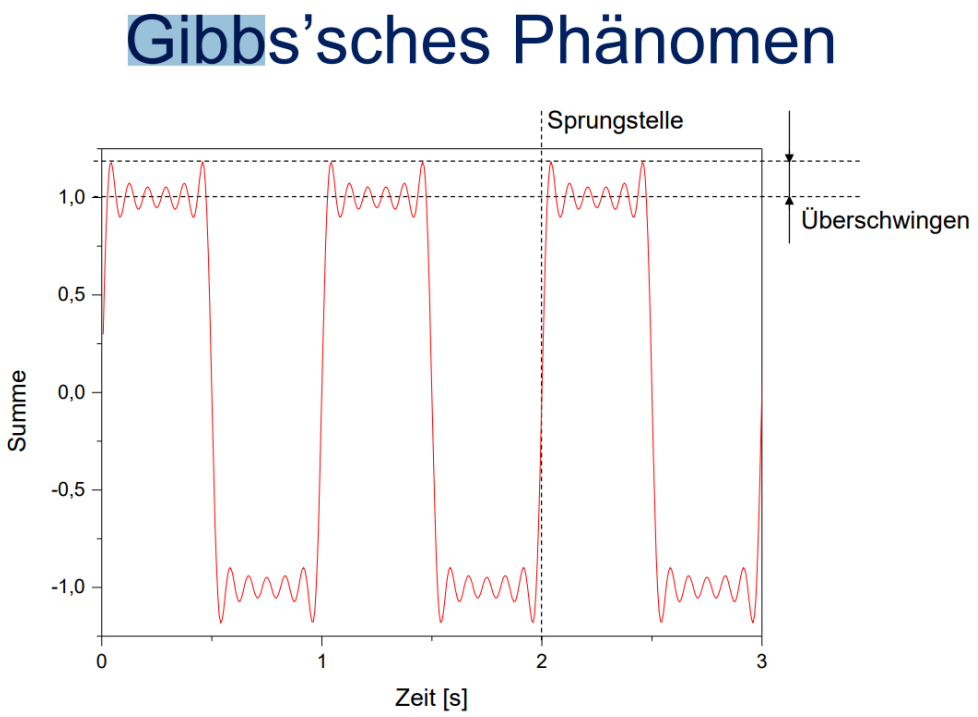
Frage 4.5.3

Was ist das Gibbs´sche Phänomen?

Was kann man praktisch gegen die Auswirkungen dieses Phänomens tun?

Als Gibbsches Phänomen bezeichnet man das Verhalten, dass Fourierreihen bei **Sprungstellen** bzw **Unstetigkeitsstellen** sogenannte **Überschwingungen (9%)** auftreten. Da jedes physikalische und damit elektr. System ein Tiefpassverhalten hat. Dieses "**Überschwingen**" **verschwindet** auch **nicht** mit höherem Grad der Approximierung der Fourier Reihe.

Was tun dagegegen? Tiefpassfilter schalten. Bei richtiger Dimensionierung liefert der dann das tatsächliche gewollte Signal.



Frage 4.5.4

Ein Sensor liefert ein Signal, bestehend aus den beiden Sinusfunktionen sin(10Hz · t) und sin(11Hz · t).
Dein erstes Übertragungssystem ist perfekt linear mit der Übertragungsfunktion
Ua = 3 · Uin
Dein zweites Übertragungssystem ist nichtlinear mit der Übertragungsfunktion
Ua = (Uin)²

Hinweise:

$sin^2(x) = \frac{1}{2}(1 - cos(2x))$

$sin(x) \cdot sin(y) = \frac{1}{2}(cos(x - y) - cos(x + y))$

Skizziere die beiden aus den Übertragungssystemen resultierenden Spektren und interpretiere dieses Ergebnis!
(Hinweis: Eine komplette Berechnung ist nicht erforderlich!).

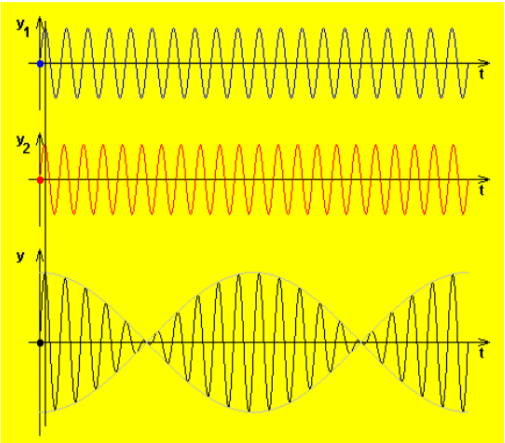
Uin = sin(10Hz * t) + sin(11Hz * t) Signal wird Schwebung haben.

Schwebung

- Tritt auf, wenn zwei Frequenzen nahe beisammen liegen

$$\sin(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t) = \underbrace{2\cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right)}_{Amplitude} \cdot \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right)$$

*) Summensatz S10 → „Amplitudenmodulation“



Hörbeispiel

$400Hz$

$403Hz$

$\frac{400+403}{2} = 401{,}5Hz$

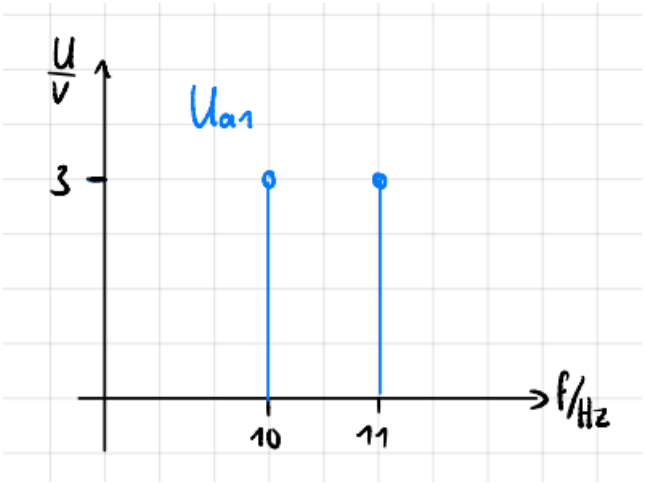
$\frac{403-400}{2} = 1{,}5Hz$

Spektren

60

1) Ua = 3 * Uin
   Ist linear, damit die bleiben Frequenzen erhalten, die auch im Eingangssignal (die zwei Sinus Kurven) vorkommen, die Amplitude wird jedoch verdreifacht

Beim ursprünglichen Spektrum sind die Magnituden auf 1V

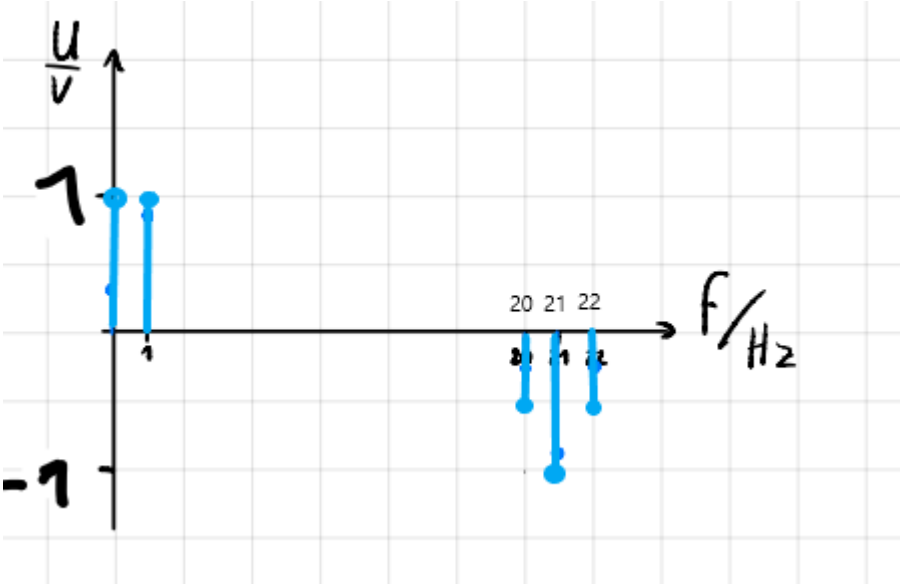


(falls gefragt wird: Warum Magnituden sonst so hoch sind? Fourier Transformation normalisiert die Magnituden nicht.)

2) Ua = (Uin)²

$$(sin(11Hz * t) + sin(10Hz * t))^2 =$$
$$\frac{1}{2} \cdot (1 - \cos(2 \cdot 11Hz \cdot t)) + \cos([11Hz - 10Hz] \cdot t) - \cos([11Hz + 10Hz] \cdot t) + \frac{1}{2}(1 - \cos(2 \cdot 10Hz \cdot t)) =$$
$$\frac{1}{2} - \frac{\cos(22Hz \cdot t)}{2} + \cos(1Hz \cdot t) - \cos(21Hz \cdot t) + \frac{1}{2} - \frac{\cos(20Hz \cdot t)}{2} =$$
$$1 - \frac{\cos(22Hz \cdot t)}{2} + \cos(1Hz \cdot t) - \cos(21Hz \cdot t) - \frac{\cos(20Hz \cdot t)}{2}$$

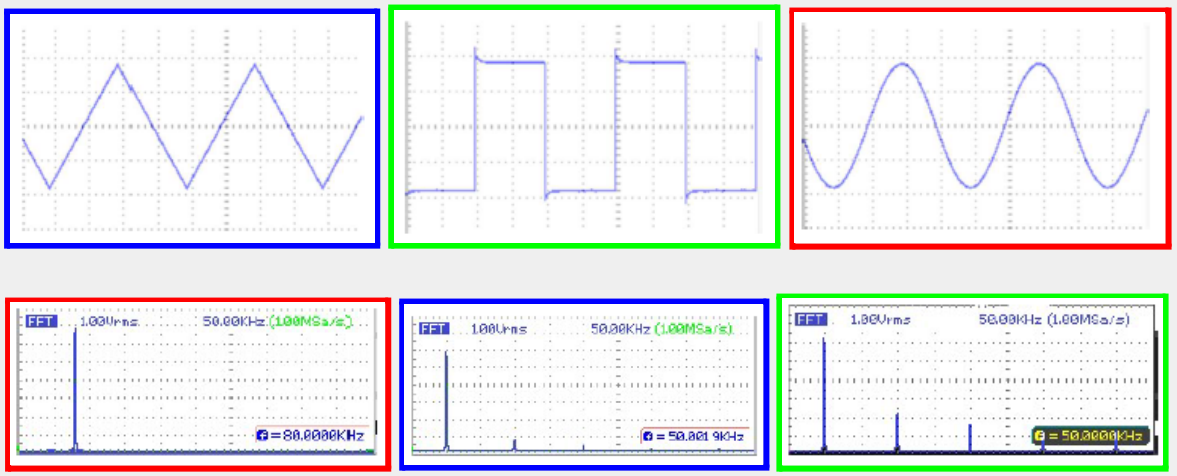
Damit bleiben die Spektrallinien nicht bestehen durch die nicht-lineare Übertragungsfunktion. Wie man sehen kann entstehen 4 neue Spektrallinien.



Frage 4.5.5

Ordne den Funktionen die korrekten Spektren zu:

(Bilder wurden noch nicht zugeordnet (verschoben).)



Sinussignal => Links (hat nur eine Spektralkomponente)
Rechtecksignal => Rechts

(*Ergänzung*)
Die Spetralkomponenten (Oberschwingungen) von einem Dreiecksignal sinker schneller als die von einem Rechtecksignal.