
Online-Leistungsnachweis

Name: Matrikelnummer:

Studiengang: Unterschrift:

Bearbeitungszeit: 60 Minuten

Gesamtpunktzahl: 45

Mindestpunktzahl zum Bestehen: 22

zulässige Hilfsmittel: Veranstaltungsunterlagen
Literatur

1. Verwenden Sie keinen Bleistift oder Rotstift!
 2. Unleserliche Angaben werden nicht gewertet!
 3. Verwenden Sie einen Notizbogen für Nebenrechnungen!
 4. Geben Sie den Rechenweg klar strukturiert und leserlich an!
 5. Lösungen ohne Rechenweg werden nur bewertet, falls so von der Aufgabe vorgegeben!
 6. Nur Lösungen in den Lösungsfeldern werden gewertet!

Nutzen Sie ggf. die Lösungsboxen der englischen Version!

Online-Examination

Name: Student number:

Branch of studies: Signature:

Working time: 60 Minutes

Total points: 45

Minimum points to pass: 22

permitted assessories: course records
literature

1. Do not use lead pen or red ink!
 2. Unreadable sections are not assessed!
 3. Use an additional sheets for side calculatipons!
 4. Give your solutions clearly structured and readable!
 5. Solutions without calculation will be assessed only if demanded by the exercise!
 6. Solutions will be assessed only if given in the text boxes!

Use the text boxes of the german version if required!

Selbstständigkeitserklärung Statement of Authorship

Persönliche Angaben

Name: _____
(Last name)

Vorname: _____
(First name)

Matrikelnummer: _____
(Student-ID)

Studiengang: _____
(Program)

Angaben zur Prüfung

Prüfungsdatum: _____
(Exam date)

Raum: _____
(Room)

Studierendenausweis

Hiermit versichere ich, dass ich die oben bezeichnete Leistung selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe sowie ohne Heranziehung nicht zugelassener Hilfsmittel bearbeitet habe. Mir ist bewusst, dass ein Verstoß gegen prüfungsrechtliche Regelungen über die Täuschung bei der Erbringung von Prüfungsleistungen an die Hochschule gemeldet wird.

I declare that I have worked on the above-mentioned assessment independently and without unauthorized assistance. I also confirm that I have not used any non-permissible resources. I am aware that a violation of examination regulations or cheating during examinations is reported to the University.

Ort, Datum: _____
(Place, date)

Unterschrift: _____
(Signature)

This page intentionally left blank.

Skript!

Dieser Versuch bedeutet, daß die Schaltung bzw. die Lösung in den Unterlagen zu finden ist.

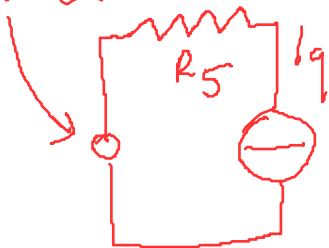
Ausatz 3 zu A1.1. (mit Superposition):

1. R_4 entfernen und I_{N0} mit Superposition berechnen

a. U_q still (SHORT), klemmen an R_4 kurzgeschlossen

1p

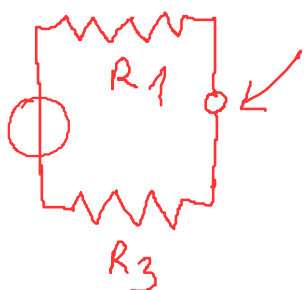
klemmen



Es fließt $I'_{N0} = I_q$
(immer, deshalb kann R_5 entfernt werden. Er hat keinen Einfluß auf den Strom)

2p

b. I_q still (OPEN), klemmen an R_4 kurzgeschlossen



Es fließt $I''_{N0} = \frac{U_q}{R_1 + R_3}$

2p

c. Superposition

$$I_{N0} = I'_{N0} + I''_{N0} = I_q + \frac{U_q}{R_1 + R_3} = I_{N0}$$

2. R_4 entfernen, Quellen still legen



R_5 ist redundant, da I_5 immer 0.

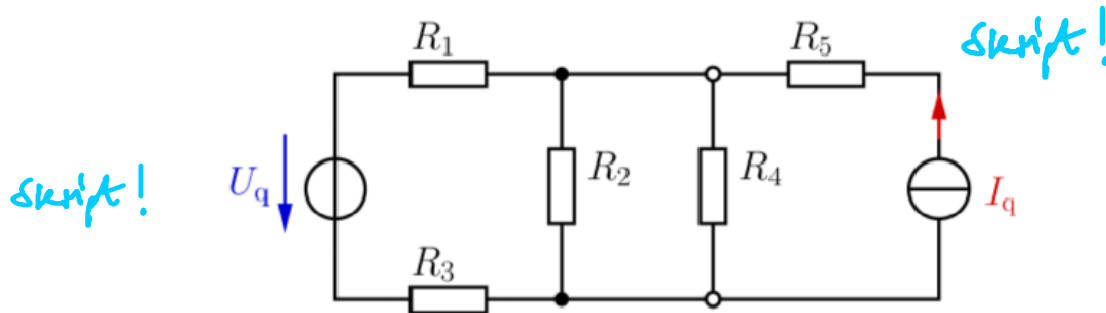
$$G_{N0} = G_{13} + G_{25} = \frac{1}{R_1 + R_3} + \frac{1}{R_2} = G_{N0}$$

2p

Aufgabe 1: Norton-Äquivalent

(15 Punkte)

Gegeben sei folgende Schaltung.



1. Bestimmen Sie das Norton-Äquivalent bezüglich der Klemmen an R_4 . (7 Punkte)
Entfernen Sie den Widerstand R_4 . Rechnen Sie allgemein.

skript!

1p

skript!

Wir kennen die Schaltung aus „Modul 6, Folie 62.“
Dort sollten wir das Thevenin-Äquivalent bestimmen.
Ausatz: Bestimmung des Norton-Äquivalents aus
Thevenin-Äquivalent durch Transformation
linearer Quellen.

$$U_{Th} = R_2 \cdot I_q + R_2 \cdot \frac{U_q - R_2 \cdot I_q}{R_1 + R_2 + R_3} \quad R_{Th} = \frac{R_2 \cdot (R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Transformation nach linear Stromquelle:

$$I_{No} = \frac{U_{Th}}{R_{Th}} = \left(R_2 \cdot I_q + \frac{R_2 \cdot (U_q - R_2 \cdot I_q)}{R_1 + R_2 + R_3} \right) \cdot \frac{R_1 + R_2 + R_3}{(R_1 + R_3) \cdot R_2}$$

$$= \dots = \boxed{\frac{U_q}{R_1 + R_3} + I_q = I_{No}}$$

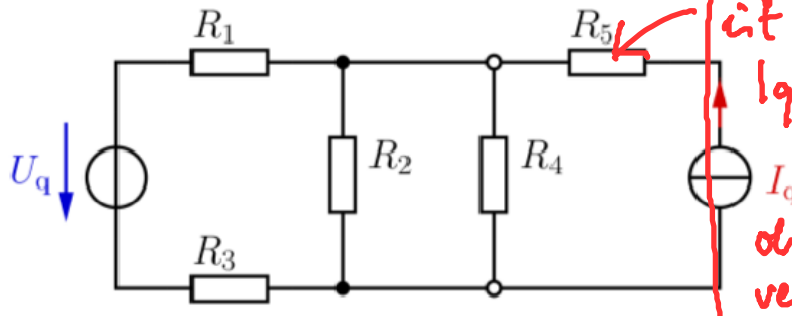
$$G_{No} = \frac{1}{R_{Th}} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{(R_1 + R_3) \cdot R_2} = \dots = \boxed{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1 + R_3} = G_{No}}$$

2p

Exercise 1: Norton equivalent circuit

(15 Points)

Given the following circuit.



egal wie groß R_5 ist, es fließt immer I_q . Deshalb kann R_5 auch 0 sein, ohne den Strom zu verändern

1. Determine the Norton equivalent circuit for the clamps at R_4 .

(7 Points)

Remove the resistor R_4 . Calculate the universal case.

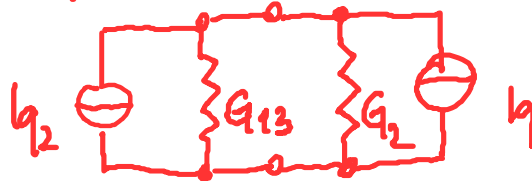
Ansatz 2: Bestimmung des Norton-Äquivalents durch Transformation der Spannungsquelle

2.1. Spannungsquelle nach Stromquelle

$$I_{q2} = \frac{U_q}{R_1 + R_3} \quad G_{13} = \frac{1}{R_1 + R_3}$$

2.2. Ersatzschaltung ohne R_4 . Beobachtung: R_5 kann entfernt werden, da immer I_q fließt.

$$R_{13} = R_1 + R_3$$



2.3. Kurzschlussstrom bestimmen

$$I_K = I_{q2} + I_q = \frac{U_q}{R_1 + R_3} + I_q = I_{N0}$$

Quellen still legen und Ersatzwiderstand be-

$$\text{stimmen: } R_{eq} = R_{13} \parallel R_2 = \frac{(R_1 + R_3) \cdot R_2}{R_1 + R_3 + R_2}$$

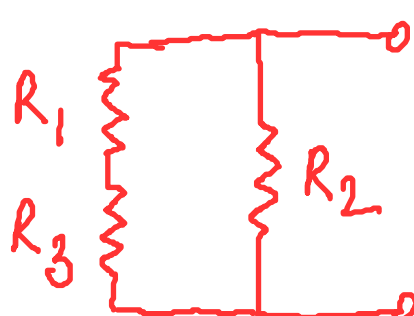
$$G_{N0} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{(R_1 + R_3) \cdot R_2} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{(R_1 + R_3)} = G_{N0}$$

2. Berechnen Sie R_4 , sodaß sich an R_4 der leistungsangepasste Fall einstellt. Nehmen Sie folgende Werte an:
 $R_1 = 50\Omega$, $R_2 = 80\Omega$, $R_3 = 120\Omega$, $R_5 = 25\Omega$. (5 Punkte)

Ausatz: Im leistungsangepassten Fall gilt

$$\frac{1}{R_4} = G_{NO}$$

R_4 entfernen und alle Quellen still legen


$$G_{NO} = \frac{1}{R_1 + R_3} + \frac{1}{R_2}$$

Werte einsetzen und ausrechnen

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1}{80\Omega} + \frac{1}{50\Omega + 120\Omega} = 0,01845$$
$$R_4 = 54,4\Omega$$

3. Geben Sie die allgemeine Bedingung für R_4 an, für die sich in der Schaltung an R_4 immer der leistungsangepasste Fall einstellt. Berechnen Sie für diesen Fall die Wirkungsgrade η . (3 Punkte)

Wie in Teil 2 gerechnet, gilt für den leistungsangepassten Fall

$$G_4 = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1 + R_3}$$

Im leistungsangepassten Fall ist η immer 0,5.

$$\eta = 0,5$$

2. Determine R_4 so that it is impedance matched with the circuit. (5 Points)

Take the following setting for your calculation:

$$R_1 = 50\Omega, R_2 = 80\Omega, R_3 = 120\Omega, R_5 = 25\Omega.$$

3. Determine the general condition for R_4 to be impedance matched (3 Points)
for all settings of the circuit.

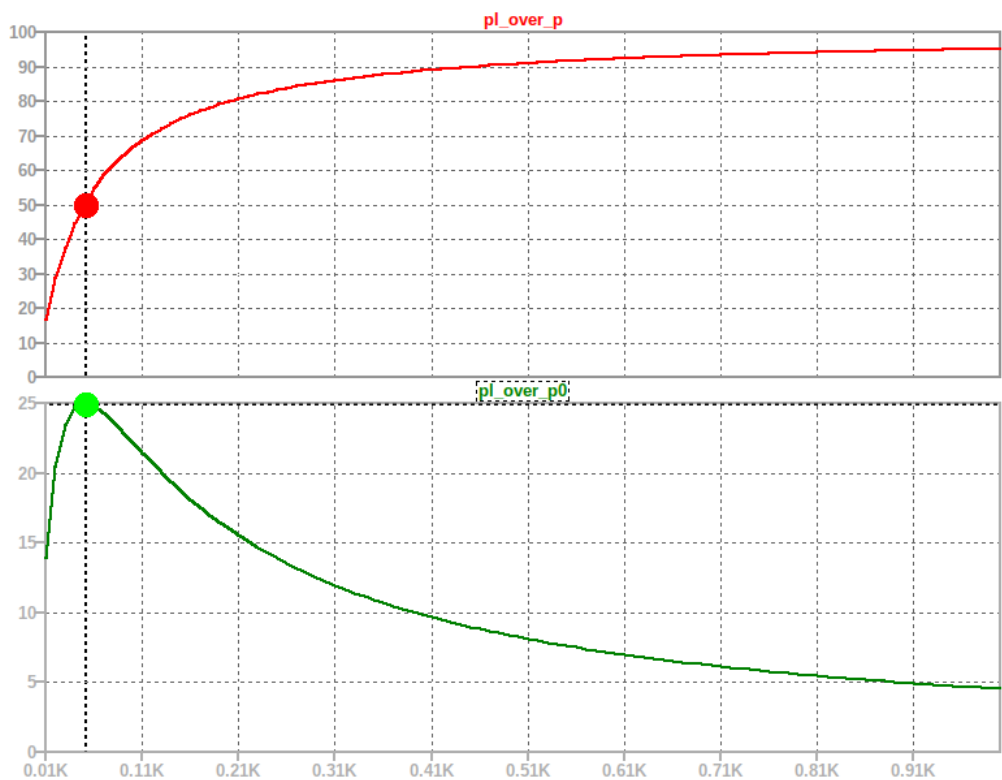
Calculate the efficiency factors η for these cases.

Aufgabe 2: Spannungsteiler

(15 Punkte)

Gegeben seien folgende Kurvenverläufe für eine lineare Spannungsquelle (Quellspannung U_q , Innenwiderstand R_i) mit einem Lastwiderstand R_L an den Klemmen. Die obere Darstellung bildet den Quotienten P_L/P und die untere den Quotienten P_L/P_0 über R_L ab, wobei $P_0 = U_q^2/R_i$, $P = U_q \cdot I_L$ und $P_L = U_L \cdot I_L$.

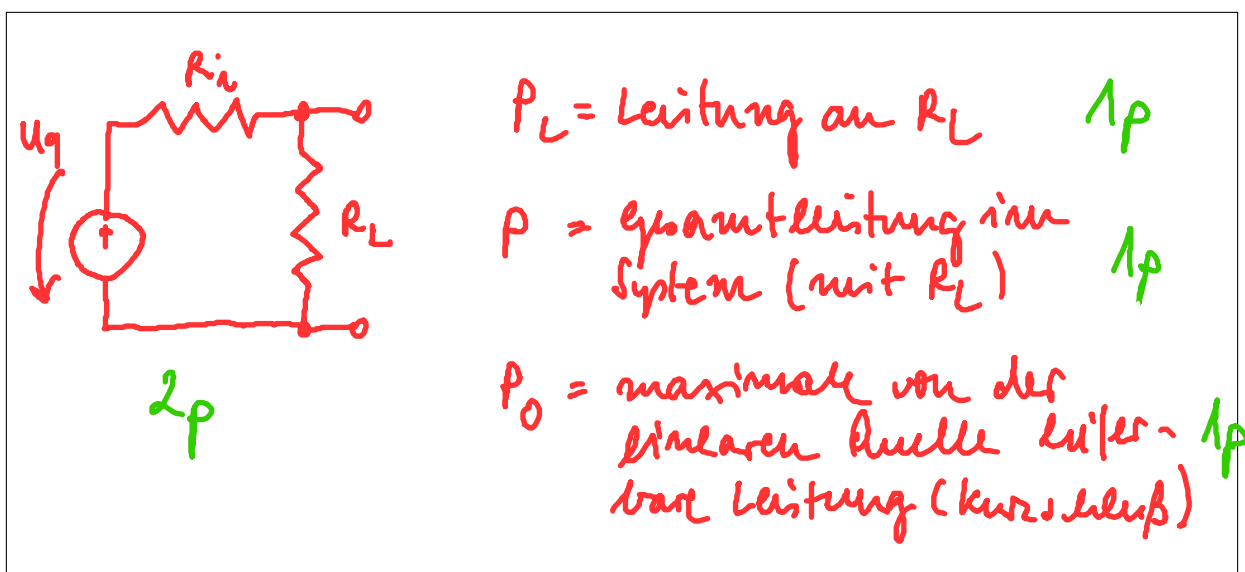
Skript!



1. Zeichnen Sie den Versuchsaufbau und erläutern Sie die Größen P_L , P und P_0 .

(5 Punkte)

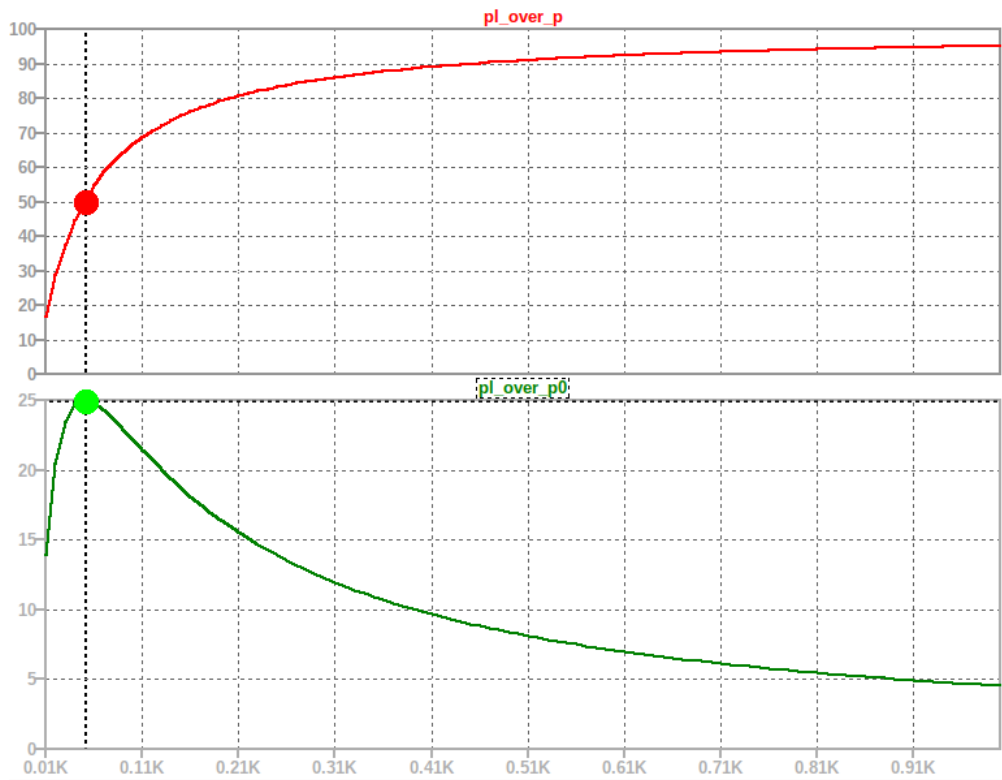
Skript!



Exercise 2: Voltage Divider

(15 Points)

Given the following curves for a linear voltage source (source voltage U_q , series resistance R_i) with a load resistor R_L at the clamps. The upper diagram shows the ratio P_L/P and the lower the ratio P_L/P_0 over R_L , with $P_0 = U_q^2/R_i$ and $P = U_q \cdot I_L$ and $P_L = U_L \cdot I_L$.



1. Draw the test circuit and explain the quantities P_L , P and P_0 .

(5 Points)

Blank area for drawing the test circuit and explaining the quantities P_L , P and P_0 .

2. Erläutern Sie den oberen und den unteren Kurvenverlauf und erklären Sie die Theorie und Bedeutung der markierten Punkte. (6 Punkte)

(Stichworte: Wirkungsgrad, Leistungsanpassung)

Wo sind derartige Sachverhalte von praktischer Bedeutung?

2p

Die rote Kurve stellt den Wirkungsgrad η dar

$$\eta = \frac{P_L}{P} = \frac{R_L \cdot I^2}{(R_L + R_i) \cdot I^2} = \frac{R_L}{R_L + R_i}$$

Es gilt $0 \leq \eta < 1$ mit $\lim_{R_L \rightarrow \infty} \eta = 1$.

Die grüne Kurve stellt den Quotienten P_L über P_0 mit $\max(P_L/P_0) = 0,25$ bei $R_L = R_i$ (gr. Punkt)

Der Hochpunkt der grünen Kurve entspricht dem leistungsangepassten Fall, $R_L = R_i$ (gr. Punkt).

2p

Im leistungsangepassten Fall beträgt der Wirkungsgrad (roter Punkt)

$$\eta = \frac{R_L}{R_L + R_L} = \frac{R_L}{2 R_L} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Das entspricht 25% (0,25) der Maximalleistung P_0 bei $\eta = 0,5$ (Wirkungsgrad 50%). Dann gilt $\frac{1}{4} P_0 = \frac{1}{2} P = P_{L, \max}$.

2p

Von praktischer Bedeutung sind derartige Sachverhalte z.B. für Stromanbieter (vgl. Kraftwerksaufgabe aus der Vorlesung). Um Verluste auf dem Netz zu vermeiden erhöht man den Wirkungsgrad ($\gg 0,5$) und nimmt gleichzeitig weniger Leistung beim Kunden in Kauf.

2. Explain the upper and lower curves and (6 Points)
describe theory and meaning of the indicated points.
(Keywords: Efficiency, Impedance Matching)
Where are such scenarios of practical importance?

4. Die markierten Punkte geben für die x-Achse (R_L) einen Wert 50Ω an. (1 Punkt)
Welche Eigenschaften können Sie daraus für die lineare Spannungsquelle ableiten.

Da Punkte der Leistungsgangepassten Fall markieren gilt

$$\eta = 0,5 = \frac{R_L}{R_L + R_i} = \frac{50\Omega}{50\Omega + R_i}$$

Daraus folgt

$$R_i = R_L = 50\Omega$$

Der Innenwiderstand der Quelle beträgt demnach 50Ω .

5. In welchem Verhältnis müssen R_i und R_L mindestens stehen, damit der Wirkungsgrad η der Schaltung bei mindestens 98% liegt? (3 Punkte)

Ans

$$\eta = \frac{R_L}{R_i + R_L} \geq 0,98$$

folgt

$$R_L \geq 0,98 \cdot (R_i + R_L)$$

$$R_L - 0,98 \cdot R_L \geq 0,98 \cdot R_i$$

$$(1 - 0,98) \cdot R_L \geq 0,98 \cdot R_i$$

$$\underline{R_L \geq 49 \cdot R_i} \quad 1p$$

4. The highlighted points indicate 50Ω on the x-axis (R_L). (1 Points)

What characteristics do you derive for the linear voltage source?

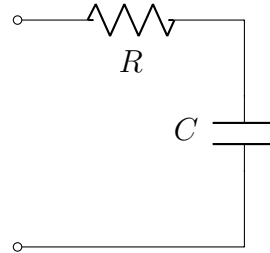
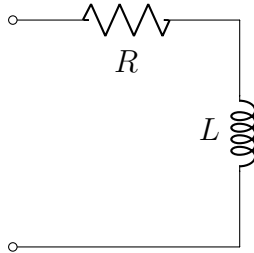
Hinweis: So lassen sich unbekannte
Innenwiderstände (einfach)
ermitteln.

5. What is the minimum ratio of R_i and R_L so that the efficiency η of the circuit is at least 98%? (3 Points)

Aufgabe 3: Kapazität und Spule

(15 Punkte)

Gegeben seien folgende Schaltungen.



1. Geben Sie die Zeitkonstanten an und beschreiben Sie den Zusammenhang zu Strom und Spannung. (3 Punkte)

Skript!

$$\tau_L = \frac{L}{R}$$

$$\tau_C = \frac{C}{G} = RC$$

1p

τ gibt die Zeit an, in der sich die Spannung am Kondensator bzw. der Strom durch die Spule um 63,21% verändert. Nach 5 Zeitkonstanten haben sich die Größen um 99,9% verändert.

1p

Der Verlauf des Stroms durch die Spule und der Spannung am Kondensator ist exponentiell.

1p

$$I_L = I_{\max} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$U_C = U_{\max} (1 - e^{-t/\tau})$$

1. Zeigen Sie, daß die Einheit der Zeitkonstante die Zeit ist.

(2 Punkte)

Rechnen Sie mit Einheiten.

$$H = \frac{Vs}{A} \quad F = \frac{As}{V}$$

$$\Omega = \frac{V}{A}$$

$$\tau_L = \frac{L}{R} \left[\frac{Vs}{A} \cdot \frac{A}{V} = s \right]$$

1p

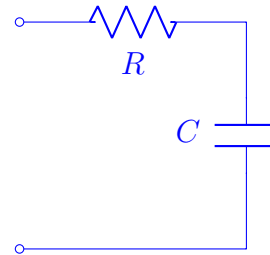
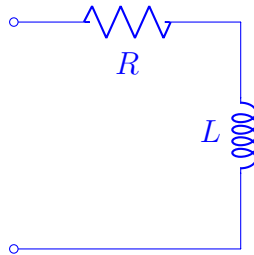
$$\tau_C = \frac{C}{G} \left[\frac{As}{V} \cdot \frac{V}{A} = s \right]$$

1p

Exercise 3: Capacitance and Inductance

(15 Points)

Given the following circuits.



- 1.a. Determine the time constants and explain their correlations to current and voltage.

(3 Points)

beim Ladevorgang bzw.
$$I_L = I_{\max} \cdot e^{-t/\tau} \quad U_C = U_{\max} \cdot e^{-t/\tau}$$

beim Entladevorgang.

- 1.b. Show that the dimension of the time constant is the time.
Calculate with dimensions.

(2 Points)

2. Geben Sie die Ersatzimpedanz beider Schaltungen an.

(5 Punkte)

Tragen Sie die Reaktanz über der Frequenz $0 < f < 200\text{kHz}$
mit $L = 900\mu\text{H}$, $C = 100\text{nF}$ in ein Koordinatensystem ein.

Impedanz:

$$Z_{LR} = R + j\omega L$$

$$Z_{RC} = R - j\frac{1}{\omega C}$$

1p

Reaktanz:

$$X_L = \omega L$$

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

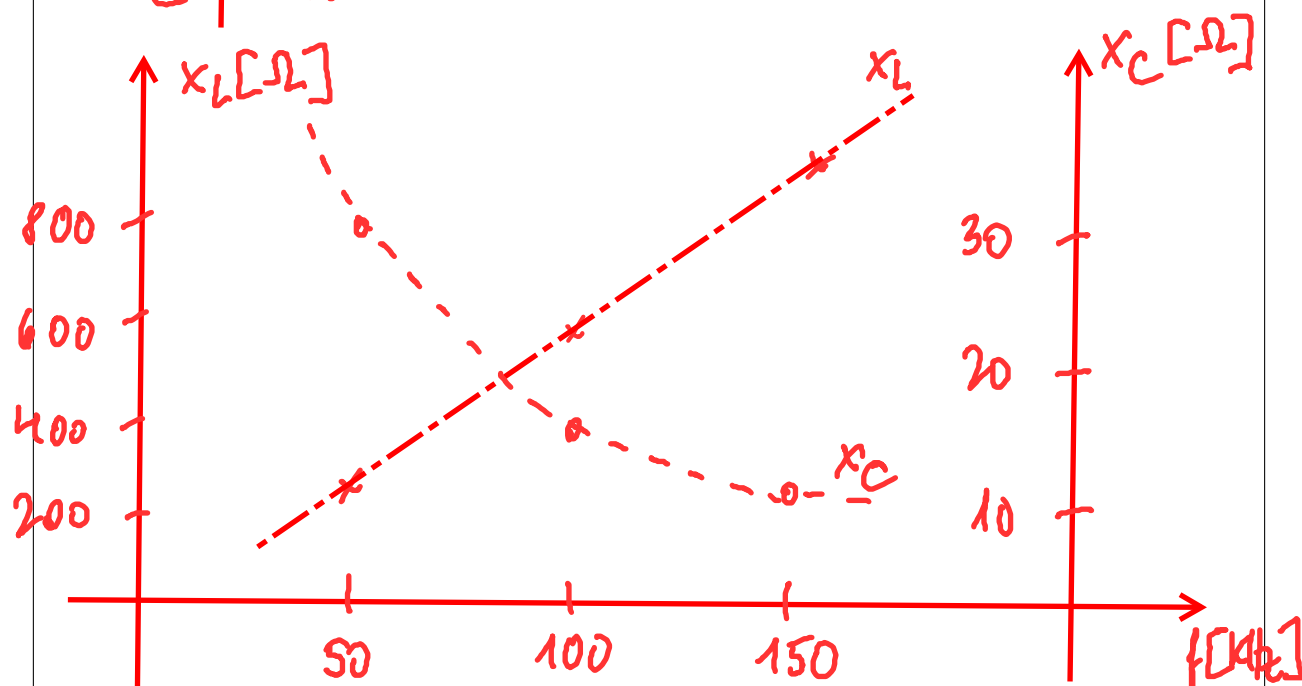
1p

$$X_L = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 900\mu\text{H} = 5,654 \cdot 10^{-3} \cdot f [\Omega]$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = (2 \cdot \pi \cdot f \cdot 100\text{nF})^{-1} = (0,628 \cdot 10^{-6} \cdot f)^{-1} [\Omega]$$

f	50 kHz	100 kHz	150 kHz
X_L	282 Ω	565 Ω	848 Ω
X_C	32 Ω	16 Ω	11 Ω

1p



2. Determine the replacement impedances of the two circuits. (5 Points)
Draw the reactance over the frequency $0 < f < 200kHz$
for $L = 900\mu H$, $C = 100nF$ in a coordinate system.

- 3.a. Geben Sie die Spannung U_C als Funktion einer Eingangsspannung U an den Klemmen an. Berechnen Sie $|U_C/U|$. (3 Punkte) 2

Skript!

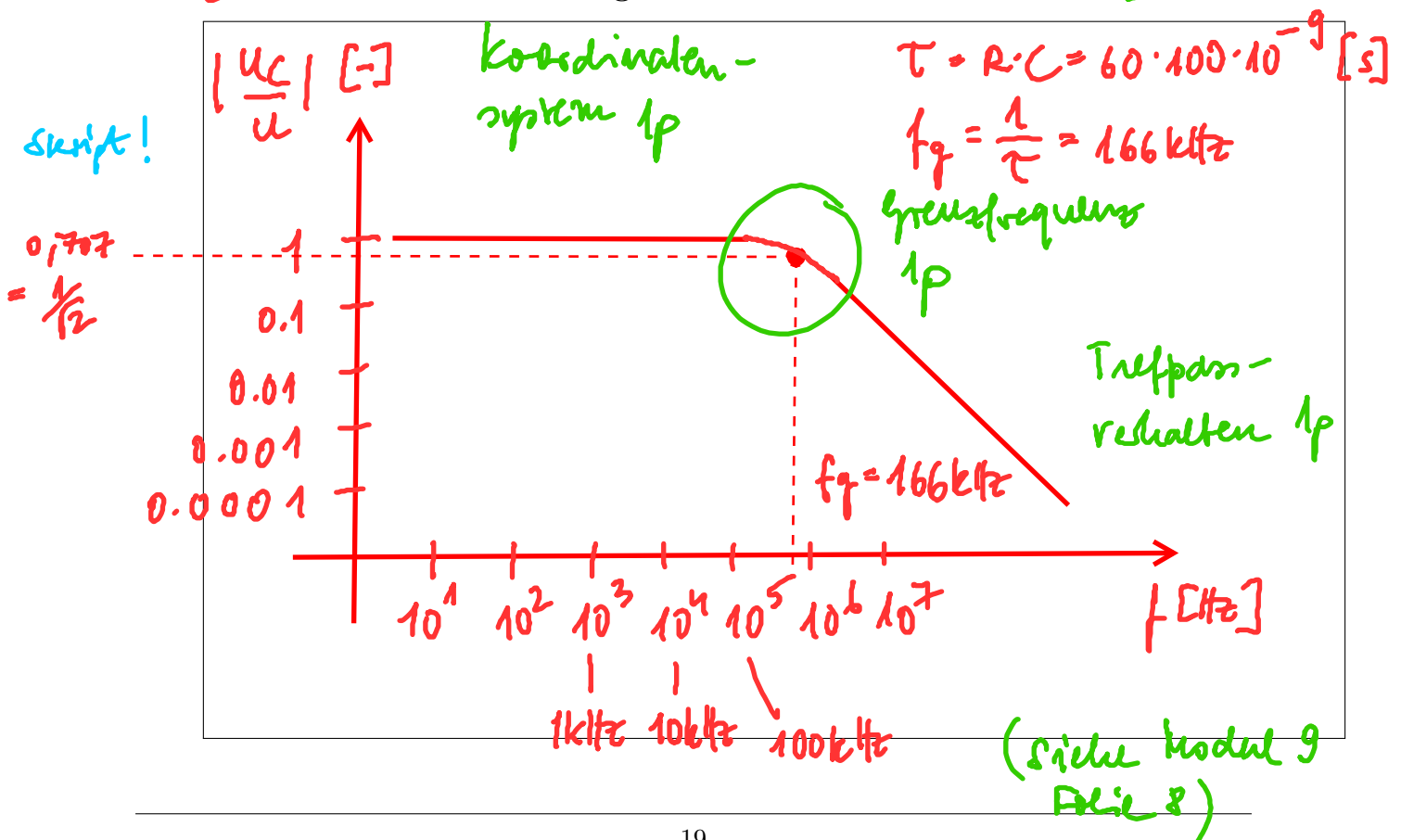
$$U_C = \frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega RC} \quad 1p$$

Skript!

$$\left| \frac{U_C}{U} \right| = \left| \frac{1}{1 + j\omega RC} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \quad 1p$$

(siehe Modul 9
Folie 8)

- 3.b. Skizzieren Sie den Verlauf $|U_C/U|$ über $0 < f < 200 \text{ kHz}$ mit $R = 60 \Omega$, $C = 100 \text{ nF}$. Verwenden Sie logarithmische Skalen zur Basis 10. (2 Punkte) 3



- 3.a. Give the voltage at the inductor U_L as a function of an input voltage U connected to the clamps. **Calculate** $|U_L/U|$. (3 Points)

- 3.b. Sketch the line of $|U_C/U|$ over $0 < f < 200\text{kHz}$ with $R = 60\Omega$, $C = 100$. Use logarithmic scales to the base 10. (2 Points)