
Online-Leistungsnachweis 2/2

Datum, von: 25.06.2021, 10:00 Uhr

Datum, bis: 25.06.2021, 11:30 Uhr

Bearbeitungszeit: 60 Minuten (Start: 10:15 Uhr, Ende: 11:15 Uhr)

Gesamtpunktzahl: 45 Punkte

Abgabe: eine PDF-Datei mit handschriftlichen Lösungen
in die MOODLE Datenbank des Kurses
bis 15 Minuten nach Ende der Bearbeitungszeit

1. Bearbeiten Sie die Aufgaben **handschriftlich** auf dem Aufgabenblatt!
2. Falls Sie keine Möglichkeit haben die Klausur auszudrucken, dann lösen Sie die Aufgaben in digitaler Form direkt im PDF, z.B. mit FoxiReader.
3. Exportieren Sie das Ergebnis in eine (!) PDF-Datei mit maximaler Größe 10MB. Falls mehrere Dateien abgegeben werden, wird nur die zuerst abgegebene Datei gewertet!
4. Lösungen zu einer Aufgabe werden nur innerhalb des zugehörigen Lösungsfeldes gewertet. Falls der Platz nicht ausreicht, so verwenden Sie das Lösungsfeld der englischen Version und machen dies entsprechend kenntlich. Angaben außerhalb der Lösungsfelder werden nicht gewertet!
5. Geben Sie in jeder Rechnung und zu jedem (Teil-)Ergebnis die Einheiten an!
6. Geben Sie den Rechenweg klar strukturiert und leserlich an!
7. Als Hilfsmittel sind sämtliche Vorlesungsunterlagen sowie die darin angegebene Literatur zugelassen.

Eidesstattliche Versicherung

Persönliche Angaben

Name: _____
(Last name)

Vorname: _____
(First name)

Matrikelnummer: _____
(Student-ID)

Studiengang: _____
(Program)

Angaben zur Prüfung

Name der Prüfung: _____
(Title of the exam)

Prüfer: _____
(Examiner)

Prüfungsdatum: _____
(Exam date)

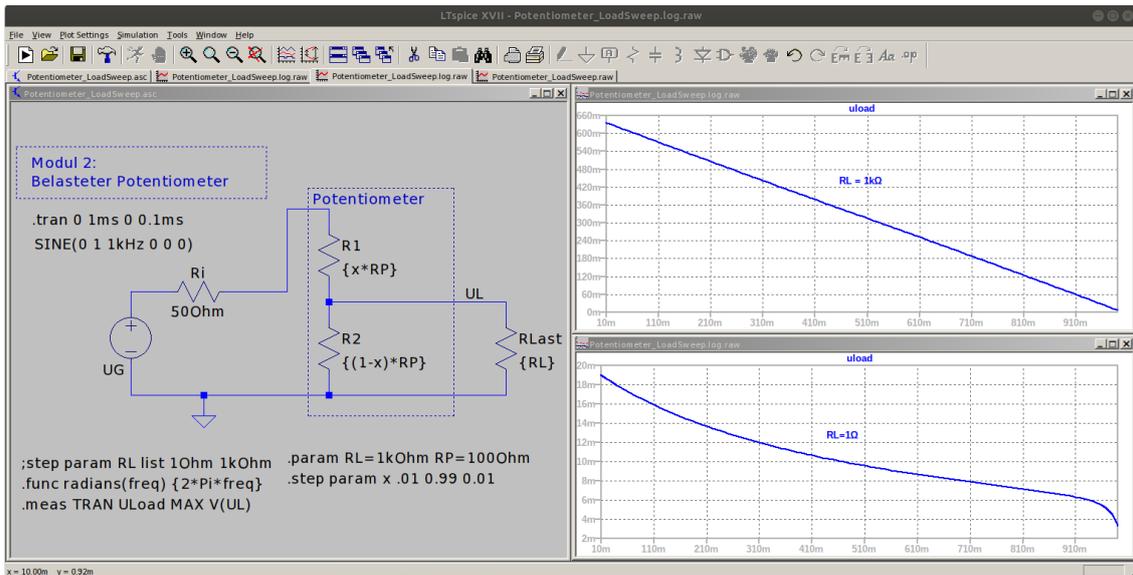
Sehr geehrte Damen und Herren,
hiermit versichere ich an Eides statt,
dass ich die oben bezeichnete Leistung
selbstständig und ohne unzulässige
fremde Hilfe sowie ohne Heranziehung
nicht zugelassener Hilfsmittel bearbei-
tet habe. Mir ist bewusst, dass der Ver-
stoß gegen prüfungsrechtliche Regel-
ungen über die Täuschung bei der Er-
bringung von Prüfungsleistungen eine
Ordnungswidrigkeit darstellt und die
Abgabe einer unrichtigen Versicherung
an Eides statt als Straftat geahndet
wird.

To whom it may concern,

I declare in lieu of an oath that I have
worked on the above-mentioned assess-
ment independently and without un-
authorized assistance. I also confirm
that I have not used any non-permiss-
ible resources. I am aware that the
violation of examination regulations on
cheating during examinations consti-
tutes an administrative offense. I am
also aware that making a false
declaration in lieu of an oath is
punished as a criminal offense.

Ort, Datum: _____
(Place, date)

Unterschrift: _____
(Signature)



Aufgabe 1: Spannungsteiler

(15 Punkte)

1. Leiten Sie die Gleichung für U_2 für die gezeigte Schaltung her. (5 Punkte)
 U_2 soll eine Funktion der Schleiferposition x sein.
Der Spannungsteiler soll zunächst unbelastet sein!

Es gilt nach dem ohm'schen Gesetz $I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1 + R_2}$. Der Spannungsteiler ist als unbelastet angenommen; daher gilt $R_L = \infty$. Für die Spannung an R_2 gilt nach dem ohm'schen Gesetz $U_2 = R_2 \cdot I$.

Damit gilt $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_G$. Da R_1 und R_2 von der Schleiferposition abhängt, gilt $R_1 = x \cdot R$ und $R_2 = (1 - x) \cdot R$. Einsetzen ergibt

$$U_2(x) = \frac{(1 - x) \cdot R}{R} \cdot U_G = (1 - x) \cdot U_G$$

2. Interpretieren Sie die Simulationsergebnisse. Wodurch unterscheidet sich die obere und die untere Kurve? Was verursacht dieses Verhalten? **(5 Punkte)**

Das belastete Potentiometer zeigt bei kleiner Last ein nichtlineares Verhalten (untere Kurve). Bei hohem Lastwiderstand ist die Nichtlinearität nicht bemerkbar und die Schaltung zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen Schleiferposition und Spannung am Lastwiderstand (obere Kurve).

3. Weisen Sie dieses Verhalten anhand der Gleichung für $U_L(x)$ rechnerisch nach. Führen Sie eine Grenzwertbetrachtung durch. **(5 Punkte)**

Für das belastete Potentiometer gilt nach Übung zu Modul 3

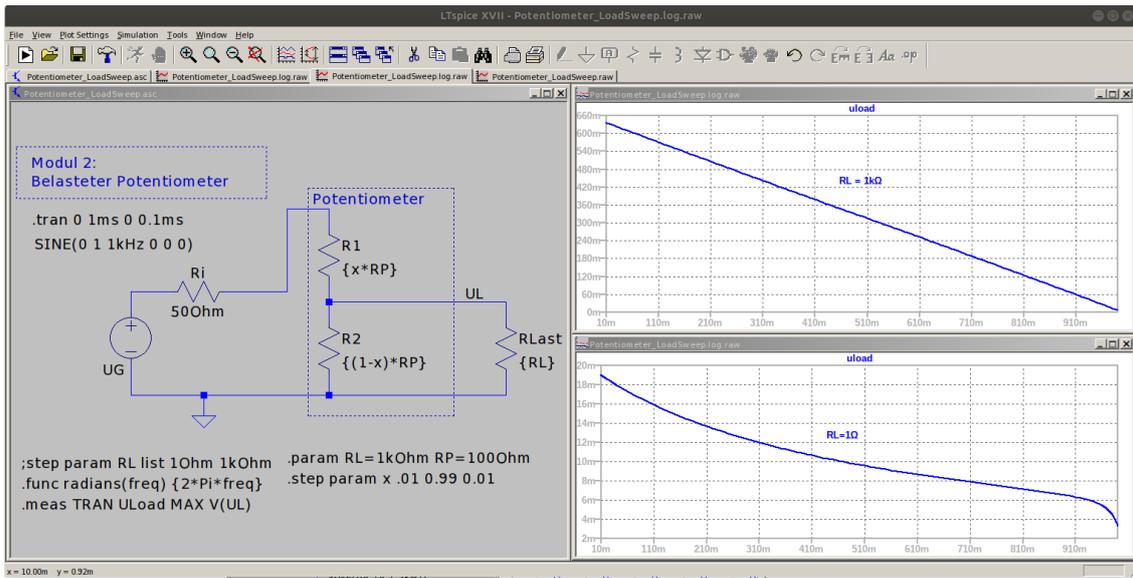
$$U_L(x) = \frac{(1-x)}{1 + ((1-x) - (1-x)^2) \cdot \frac{R}{R_L}} \cdot U$$

(Achtung, hier hat die Schleiferposition x die Rollen vertauscht!)

In der Gleichung für U_L ist die Nichtlinearität zu erkennen (quadratischer Term). Diese verschwindet für $R_L \rightarrow \infty$, denn dann gilt

$$\lim_{R_L \rightarrow \infty} \frac{(1-x)}{1 + ((1-x) - (1-x)^2) \cdot \frac{R}{R_L}} \cdot U = (1-x) \cdot U_G$$

was dem unbelasteten Fall entspricht. Um lineares Verhalten zu beobachten, sollte R_L im Vergleich zu R groß sein.



Voltage divider

(15 Points)

1. Derive the equation for U_2 from the shown circuit.

(5 Points)

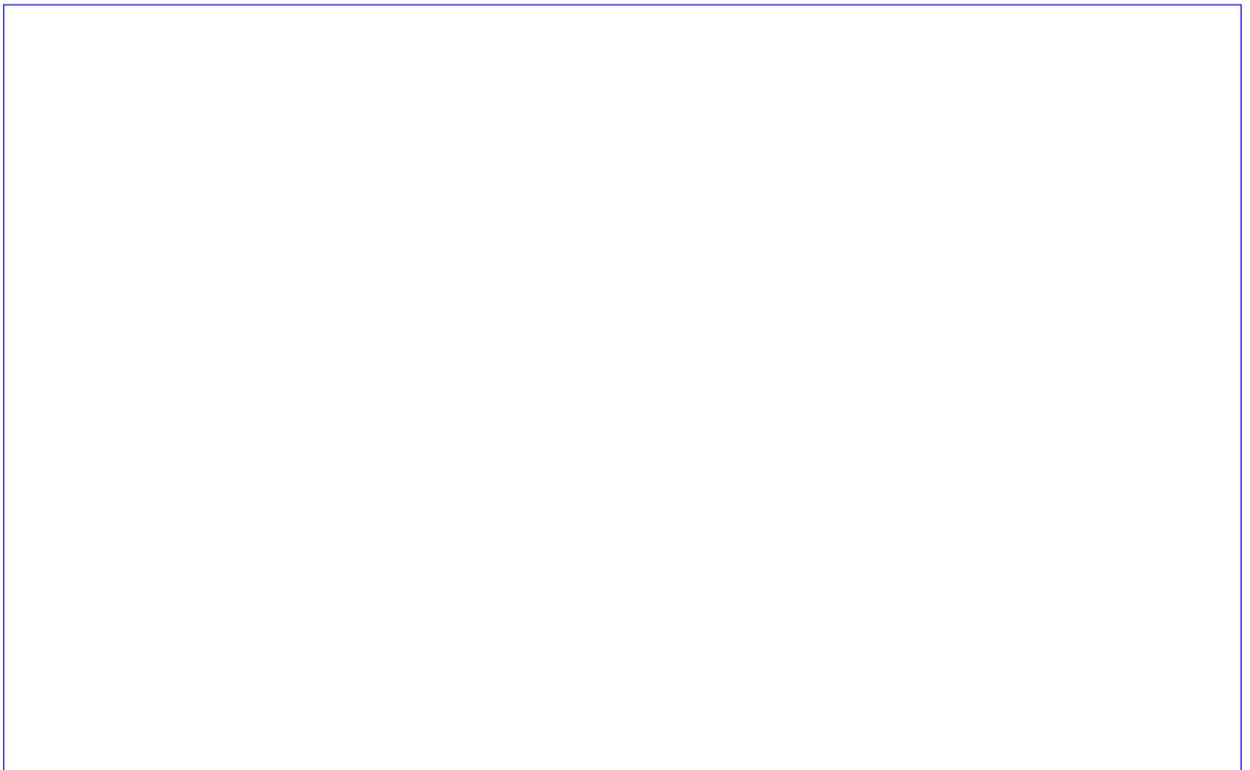
U_2 shall be a function of the slider position x .

The voltage divider shall be unloaded for the moment!

2. Describe the simulation results. How differs the upper from the lower diagram? What causes this behaviour? **(5 Points)**

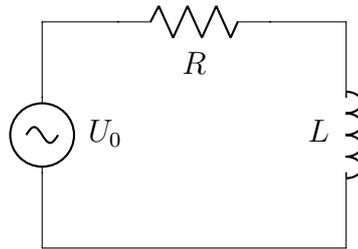
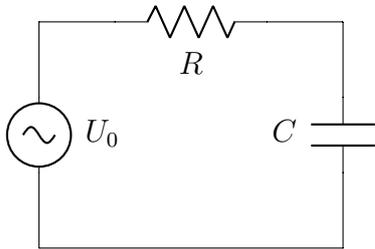


3. Proof the behaviour from equation $U_L(x)$ **(5 Points)**
Perform a limes analysis.



Aufgabe 2: Kapazität und Induktivität

(15 Punkte)



$$U_0 = 1,414 \text{ V}$$

$$f = 100 \text{ Hz}$$

$$R = 10 \Omega$$

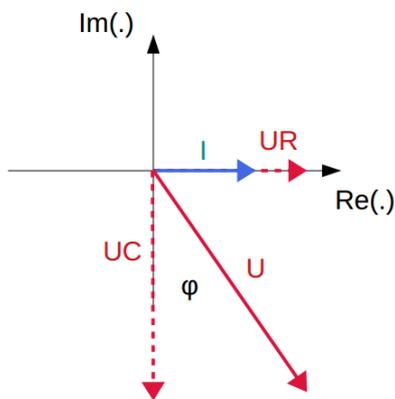
$$C = 0.1 \text{ mF}$$

$$L = 25 \text{ mH}$$

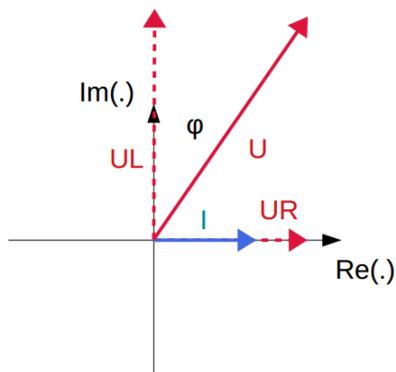
1. a. Stellen Sie Ströme und Spannungen des Tiefpassfilters im Zeigerdiagramm dar. **(3 Punkte)**
- b. Stellen Sie Ströme und Spannungen des Hochpassfilters im Zeigerdiagramm dar. **(3 Punkte)**

Kennzeichnen Sie Hoch- und Tiefpassfilter!

a. Tiefpassfilter (linke Schaltung)



b. Hochpassfilter (rechte Schaltung)



2. a. Berechnen Sie die Phasenverschiebung für beide Schaltungen. (6 Punkte)
b. Geben Sie alle Leistungsfaktoren für beide Schaltungen an. (2 Punkte)
c. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Schein-, Wirk- und Blindleistung? (1 Punkt)

Runden Sie alle Werte auf die zweite Nachkommastelle!

a.+b.

Tiefpassfilter

Der Verlustwinkel δ beträgt $\arctan\left(\frac{\operatorname{Im}\{H(j\omega)\}}{\operatorname{Re}\{H(j\omega)\}}\right)$, wobei

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{1/j\omega C}{R + 1/(j\omega C)} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j2\pi \cdot 100\text{Hz} \cdot 10\Omega \cdot 0.0001\text{F}} \\ &= \frac{1}{1 + j0,63} = \frac{1 - j0,63}{1 + 0,63^2} = \frac{1}{1,39} \cdot (1 - j0,63) = 0,72 - j0,45 \end{aligned}$$

Damit ergibt sich ein Verlustwinkel von $\delta = \arctan -0,45/0,72 \approx -32^\circ$ und eine Phasenverschiebung von $|\phi| = 90 - |\delta| \approx 57^\circ$

$$\text{Leistungsfaktor} = \cos(\phi) \approx 0,85$$

$$\text{Blindleistungsfaktor} = \sin(\phi) = \sqrt{1 - 0,85^2} \approx 0,53$$

Hochpassfilter

Der Verlustwinkel δ beträgt $\arctan\left(\frac{\operatorname{Im}\{H(j\omega)\}}{\operatorname{Re}\{H(j\omega)\}}\right)$, wobei

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{j\omega L}{R + j\omega L} = \frac{1}{1 + R/(j\omega L)} = \frac{1}{1 - j10\Omega/(2\pi \cdot 100\text{Hz} \cdot 0.025\text{H})} \\ &= \frac{1}{1 - j0,64} = \frac{1 + j0,64}{1 + 0,64^2} = \frac{1}{1,41} \cdot (1 + j0,64) = 0,72 + j0,45 \end{aligned}$$

Damit ergibt sich ein Verlustwinkel von $\delta = \arctan +0,45/0,72 \approx +32^\circ$ und eine Phasenverschiebung von $|\phi| = 90 - |\delta| \approx 57^\circ$

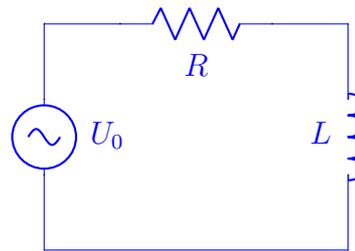
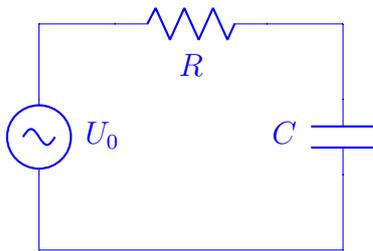
$$\text{Leistungsfaktor} = \cos(\phi) = 0,85$$

$$\text{Blindleistungsfaktor} = \sin(\phi) = \sqrt{1 - 0,85^2} \approx 0,53$$

c. Es gilt $P_{Wirk}^2 + P_{Blind}^2 = P_{Schein}^2 = 0,5 \cdot U_0 \cdot I_0 \cdot \underbrace{(\cos^2 \phi + \sin^2 \phi)}_{=1} =$
 $0,5 \cdot U_0 \cdot I_0 = U_{rms} \cdot I_{rms}.$

Capacitor and Inductor

(15 Points)



$$U_0 = 1,414 \text{ V}$$

$$f = 100 \text{ Hz}$$

$$R = 10 \Omega$$

$$C = 0.1 \text{ mF}$$

$$L = 25 \text{ mH}$$

1. a. Draw currents and voltages for the low-pass filter in a pointer diagram.

(3 Points)

b. Draw currents and voltages for the high-pass filter in a pointer diagram.

(3 Points)

Indicate low-pass and high-pass filter!

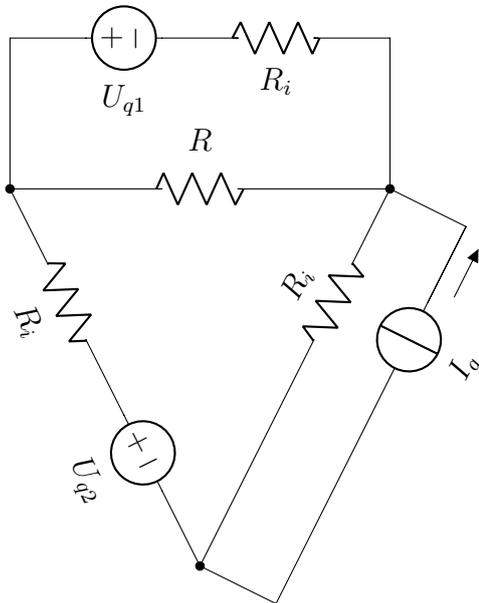
2. a. Calculate the phase shift for both circuits. (6 Points)
b. Give all power factors for both circuits. (2 Points)
c. What is the relation between apparent, real and reactive power? (1 Points)

Round to the second decimal place!



Aufgabe 3: Superpositionsprinzip

(15 Punkte)



$$U_{q1} = 5V$$

$$U_{q2} = 7V$$

$$I_q = 150mA$$

$$R_i = 50\Omega$$

$$R = 25\Omega$$

Hinweis: Lassen Sie sich von der Darstellungsweise nicht aus der Ruhe bringen!

1. Berechnen Sie den Arbeitspunkt des Widerstands R mit dem Superpositionsprinzip

(15 Punkte)

1. I_q und U_{q2} still:

$$R'_g = R_i + (R \parallel (R_i + R_i)) = R_i + \left(\frac{R \cdot 2R_i}{R + 2R_i} \right) = 50\Omega + \frac{25\Omega \cdot 100\Omega}{125\Omega} = 70\Omega$$

$$I'_g = \frac{U_{q1}}{R'_g} = \frac{5V}{70\Omega} = 71,4mA$$

$$I'_R = \frac{U_R}{R} = \frac{U_{q1} - R_i \cdot I'_g}{R} = \frac{5V - 50\Omega \cdot 71,4mA}{25\Omega} \approx 0,05714A = 57,14mA$$

Das ergibt $I'_R \approx 57mA$.

Fortsetzung Aufgabenteil 1.

2. I_q und U_{q1} still:

$$R_g'' = R_i + R \parallel R_i + R_i = R_i + \frac{R \cdot R_i}{R + R_i} + R_i = 100\Omega + \frac{1250\Omega^2}{75\Omega} \approx 117\Omega$$

$$I_g'' = \frac{U_{q2}}{R_g''} = \frac{7V}{117\Omega} \approx 60mA$$

$$I_R'' = \frac{U_R}{R} = \frac{U_{q2} - 2 \cdot R_i \cdot I_g''}{R} = \frac{7V - 6V}{25\Omega} = 0,04A = 40mA$$

Das ergibt $I_R'' \approx 40mA$.

3. U_{q1} und U_{q2} still:

$$\begin{aligned} R_g''' &= R_i \parallel (R_i + (R \parallel R_i)) = R_i \parallel \left(R_i + \frac{R_i \cdot R}{R_i + R} \right) \\ &= 50\Omega \parallel \left(50\Omega + \frac{1250}{75} \right) = 50\Omega \parallel 67\Omega = 29\Omega \end{aligned}$$

$$G_{R_i+R_i \parallel R} = \frac{1}{67\Omega} = 0,015S$$

$$I_{R_i+R_i \parallel R} = \frac{0,015S}{0,034S} \cdot -0,15A = -66mA$$

$$I_R''' = \frac{G}{G + G_i} \cdot -0,066A = \frac{0,04S}{0,04S + 0,02S} \cdot -0,066A \approx -42,8mA$$

Das ergibt $I_R''' \approx -43mA$.

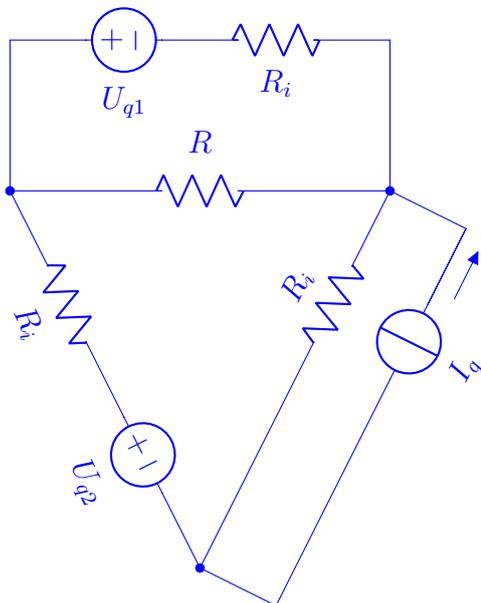
Ergebnis:

$$I_R = I_R' + I_R'' + I_R''' = 57mA + 40mA - 43mA = \mathbf{54mA}$$

$$U_R = 25\Omega \cdot 0,054A = \mathbf{1,35V}$$

Superposition Theorem

(15 Points)



$$U_{q1} = 5V$$

$$U_{q2} = 7V$$

$$I_q = 150mA$$

$$R_i = 50\Omega$$

$$R = 25\Omega$$

Hint: Do not get confused by the style of the circuit!

1. Calculate the operating point for the resistor R with the superposition principle.

(15 Points)

Fortsetzung Aufgabenteil 1.

