
Leistungsnachweis 1/2

Datum: 10.05.2022

Uhrzeit: 14:00 - 15:30 Uhr

Bearbeitungszeit: 60 Minuten

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! Alle Aufgaben sind grundsätzlich rechnerisch oder wie sonst angegeben zu lösen.
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 stets den Rechenweg (mit Einheiten!) klar strukturiert und leserlich an!
7. Als Hilfsmittel sind sämtliche Vorlesungsunterlagen sowie die darin angegebene Literatur zugelassen.

Selbstständigkeitserklärung

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, dass ich die oben bezeichnete Leistung selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe sowie ohne Heranziehung nicht zugelassener Hilfsmittel bearbeitet habe. Mir ist bewusst, dass der Verstoß gegen prüfungsrechtliche Regelungen über die Täuschung bei der Erbringung von Prüfungsleistungen und die Abgabe einer unrichtigen Versicherung geahndet wird.

To whom it may concern,

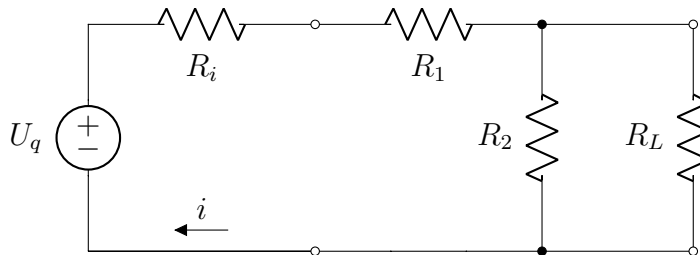
I declare that I have worked on the above-mentioned assessment independently and without unauthorized assistance. I also confirm that I have not used any non-permissible resources. I am aware that the violation of examination regulations on cheating during examinations or a false declaration is punished.

Ort, Datum: _____
(Place, date)

Unterschrift: _____
(Signature)

Aufgabe 1: Belasteter Spannungsteiler

(15 Punkte)



$$\begin{aligned} U_q &= 12 \text{ V} \\ R_i &= 50 \Omega \\ R_1 &= 60 \Omega \\ R_2 &= 110 \Omega \\ R_L &= 70 \Omega \end{aligned}$$

1. Bestimmen Sie das Thevenin-Äquivalent des Spannungsteilers.

(6 Punkte)

$$\begin{aligned} U_{Thev} &= \frac{R_2}{R_i + R_1 + R_2} \cdot U_q \\ &= \frac{110 \Omega}{50 \Omega + 60 \Omega + 110 \Omega} \cdot 12 \text{ V} \\ &= 6 \text{ V} \\ R_{Thev} &= (R_i + R_1) \parallel R_2 \\ &= \frac{(R_i + R_1) \cdot R_2}{R_i + R_1 + R_2} \\ &= \frac{(50 \Omega + 60 \Omega) \cdot 110 \Omega}{50 \Omega + 60 \Omega + 110 \Omega} \\ &= 55 \Omega \end{aligned}$$

Ergebnis: Das Thevenin-Äquivalent ist eine lineare Spannungsquelle mit 6V Quellspannung und einem 55Ω Innenwiderstand in Reihe geschaltet. (Kommentar: alternativ Zeichnung)

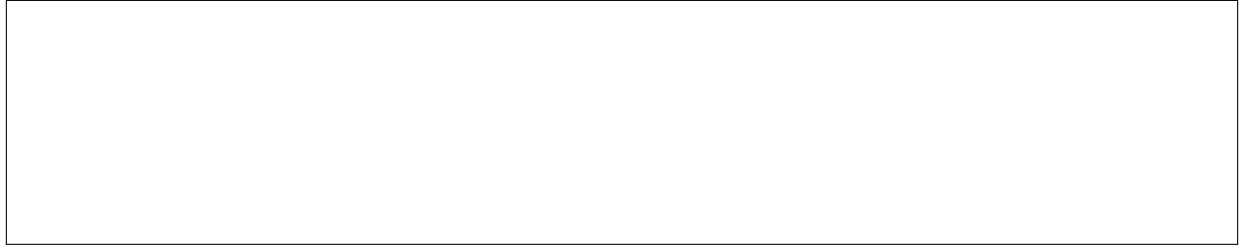
2. Bestimmen Sie den Arbeitspunkt des Lastwiderstands R_L rechnerisch.

(4 Punkte)

$$\begin{aligned} R_{2L} &= R_2 \parallel R_L = \frac{R_L \cdot R_2}{R_L + R_2} = \frac{70 \Omega \cdot 110 \Omega}{70 \Omega + 110 \Omega} \approx 43 \Omega \\ R_L &= \frac{R_{2L}}{R_i + R_1 + R_{2L}} \cdot U_q = \frac{43 \Omega}{50 \Omega + 60 \Omega + 43 \Omega} \cdot 12 \text{ V} \approx 3.4 \text{ V} \end{aligned}$$

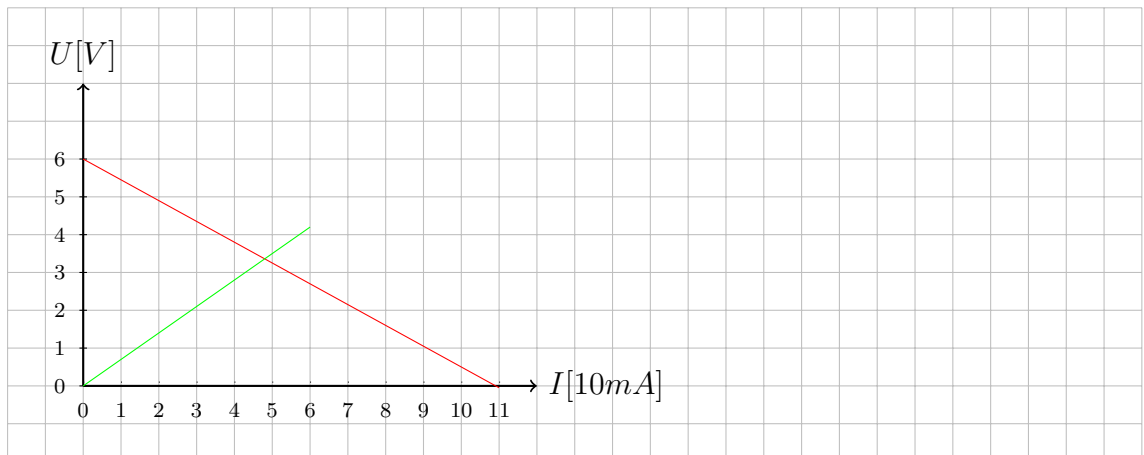
Ergebnis: Der Arbeitspunkt am Lastwiderstand lautet 3.4V bei $3.4 \text{ V} / 70 \Omega \approx 48 \text{ mA}$. (Kommentar: alternativ über Thevenin-Äquivalent)

(Fortsetzung Aufgabenteil 2)



3. Bestimmen Sie den Arbeitspunkt des Lastwiderstands R_L grafisch. (4 Punkte)

Verwende das Thevenin-Äquivalent für den Spannungsteiler zur Bestimmung der Arbeitsgeraden A .



Ergebnis: Der Arbeitspunkt ist am Schnittpunkt der Arbeitsgeraden (rot) mit der Lastgeraden (grün) abzulesen. Die Arbeitspunkt von R_L lautet $3.4V$ bei $48mA$. Dies stimmt mit dem berechneten Werten überein.

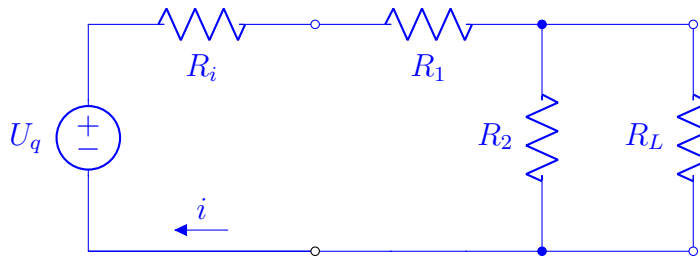
4. Berechnen Sie die Leistung P_L am Lastwiderstand R_L . (1 Punkt)

$$P_L = U_L \cdot I_L = 3.4V \cdot 48mA \approx 163mW$$

Die Leistung am Lastwiderstand R_L beträgt $163mW$.

Loaded voltage divider

(15 Points)



$$\begin{aligned}
 U_q &= 12 \text{ V} \\
 R_i &= 50 \Omega \\
 R_1 &= 60 \Omega \\
 R_2 &= 110 \Omega \\
 R_L &= 70 \Omega
 \end{aligned}$$

1. Give the Thevenin equivalent circuit of the voltage divider.

(6 Points)

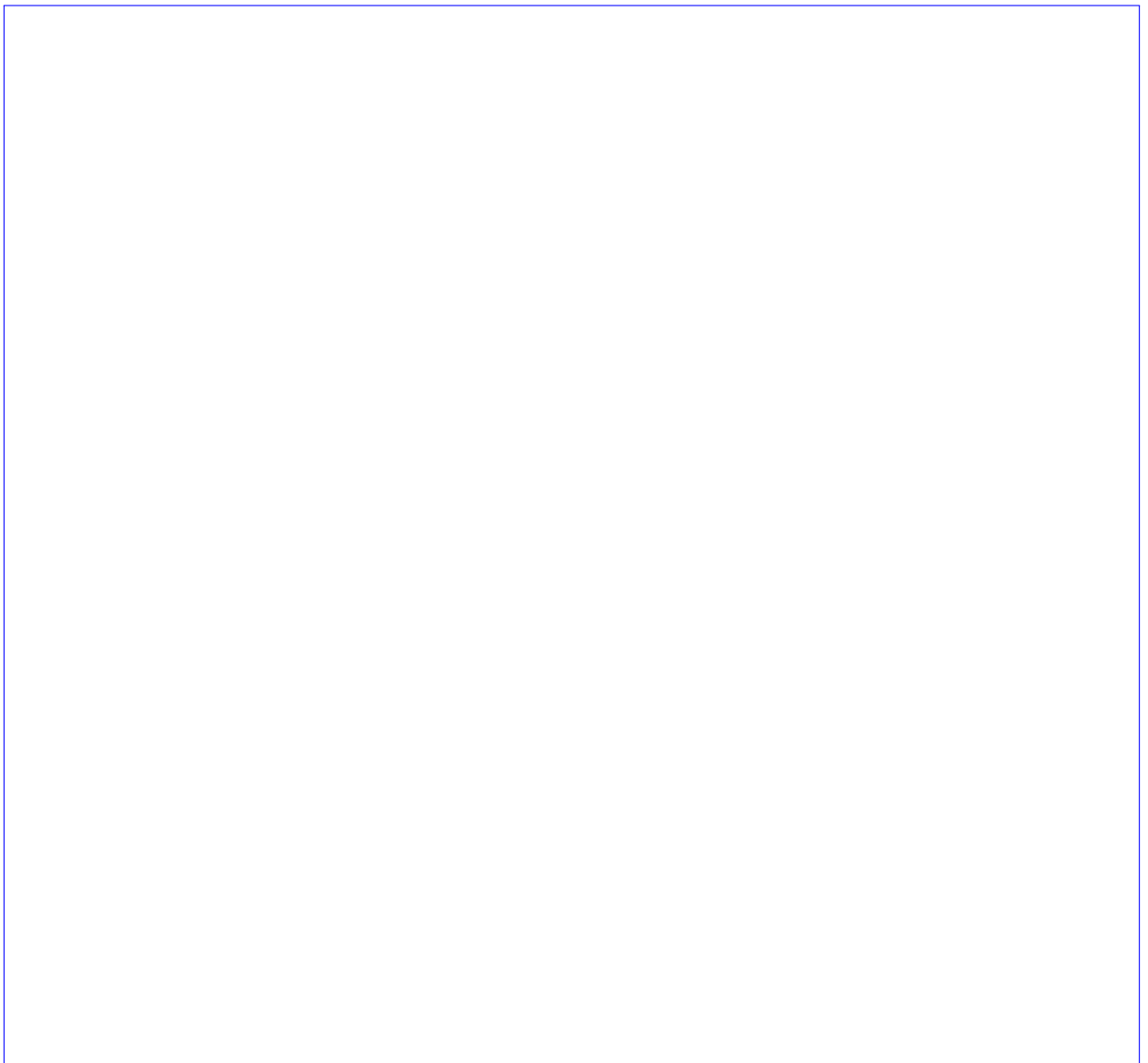
2. Determine the operating point of the load resistor R_L by calculation.

(4 Points)

(Part 2 continued)



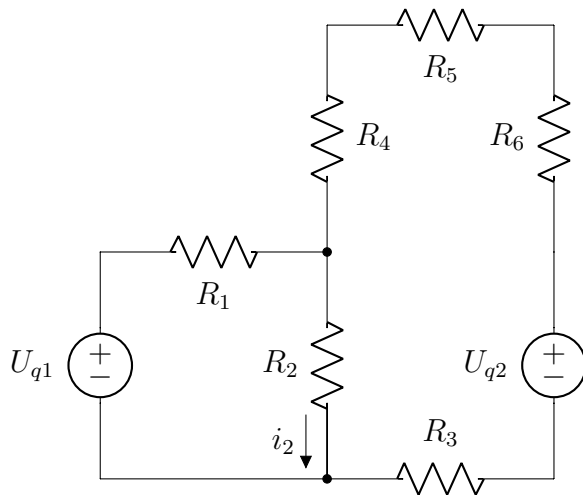
3. Determine the operating point of R_L from graph analysis. **(4 Points)**



4. Calculate the power P_L at the load resistor R_L . **(1 Point)**



Aufgabe 2: Superpositionsprinzip und Kirchhoff'sche Maschenanalyse (15 Punkte)



- $U_{q1} = 6\text{ V}$
- $U_{q2} = 4\text{ V}$
- $R_1 = 10\Omega$
- $R_2 = 20\Omega$
- $R_3 = 30\Omega$
- $R_4 = 40\Omega$
- $R_5 = 50\Omega$
- $R_6 = 60\Omega$

1. Berechnen Sie den Strom i_2 mit dem Superpositionsprinzip. Vereinfachen Sie die Schaltung falls möglich! (8 Punkte)

1. Spannungsquelle $U_{q,1}$ stilllegen:

Vereinfachen

$i_{2,2}$ berechnen

$$i_{g,1} = \frac{U_{q2}}{R_{3456} + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{4\text{V}}{180\Omega + \frac{10\Omega \cdot 20\Omega}{10\Omega + 20\Omega}} = \frac{4\text{V}}{180\Omega + 6.67\Omega} \approx 22\text{mA}$$

$$i_{2,1} = i_{g,1} \cdot \frac{G_2}{G_1 + G_2} = 22\text{mA} \cdot \frac{50\text{mS}}{100\text{mS} + 50\text{mS}} \approx 8\text{mA}$$

(Fortsetzung Aufgabenteil 1)

2. Spannungsquelle $U_{q,2}$ stilllegen:

Vereinfachen

$i_{2,2}$ berechnen

$$i_{g,2} = \frac{U_{q1}}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{3456}}{R_2 + R_{3456}}} = \frac{6V}{10\Omega + \frac{20\Omega \cdot 180\Omega}{20\Omega + 180\Omega}} = \frac{6V}{10\Omega + 18\Omega} \approx 214mA$$

$$i_{2,2} = i_{g,2} \cdot \frac{G_2}{G_2 + G_{3456}} = 214mA \cdot \frac{50mS}{50mS + 5.6mS} \approx 192mA$$

Überlagern

$$i_2 = i_{2,1} + i_{2,2} = 8mA + 192mA = \underline{200mA}$$

2. Erstellen und lösen Sie das Gleichungssystem für die Maschenanalyse¹. (7 Punkte)

Anzahl Unbekannte = 3
 Anzahl linear unabhängiger Gleichungen = 3
 Umlaufsinn Maschen = gegen den Uhrzeigersinn
 Knotengleichungen = wähle eine, damit nur zwei Gleichungen im Gleichungssystem

Knotengleichung:

$$i_2 = i_1 + i_3$$

¹Kirchhoff'sche Maschenanalyse

(Fortsetzung Aufgabenteil 2)

Zusammenfassen von R_3 bis R_6 zu R_{3456} und Maschengleichungen erstellen.

$$U_{q1} = U_1 + U_2 \quad (1)$$

$$U_{q2} = U_2 + U_{3456} \quad (2)$$

Der Strom durch R_4 entspricht dem Strom durch R_{3456} und damit auch durch R_3 . Die Gleichungen lassen sich mit dem Ohm'schen Gesetz umformen.

$$U_{q1} = R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2 \quad (3)$$

$$U_{q2} = R_2 \cdot i_2 + R_{3456} \cdot i_3 \quad (4)$$

i_3 durch Knotengleichung ersetzen.

$$U_{q1} = R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2 \quad (5)$$

$$U_{q2} = R_2 \cdot i_2 + R_{3456} \cdot (i_2 - i_1) \quad (6)$$

Gleichung 6 nach i_2 auflösen und in Gleichung 5 einsetzen.

$$i_2 = \frac{U_{q2} + R_{3456} \cdot i_1}{R_2 + R_{3456}} = \frac{4V + 180\Omega \cdot i_1}{200\Omega} = 0.02A + 0.9 \cdot i_1 \quad (7)$$

$$U_{q1} = R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot (0.02A + 0.9 \cdot i_1) \quad (8)$$

$$U_{q2} = R_2 \cdot i_2 + R_{3456} \cdot (i_2 - i_1) \quad (9)$$

Gleichung 8 nach i_1 auflösen und in Gleichung 9 einsetzen.

$$i_1 = \frac{U_{q1} - R_2 \cdot 0.02A}{R_1 + R_2 \cdot 0.9} = \frac{6V - 20\Omega \cdot 0.02A}{10\Omega + 20\Omega \cdot 0.9} = 200mA \quad (10)$$

$$i_2 = \frac{U_{q2} + R_{3456} \cdot i_1}{R_2 + R_{3456}} = \frac{4V + 180\Omega \cdot 0.2A}{20\Omega + 180\Omega} = 200mA \quad (11)$$

Strom i_3 über Knotengleichung bestimmen.

$$i_1 = \underline{200mA} \quad (12)$$

$$i_2 = \underline{200mA} \quad (13)$$

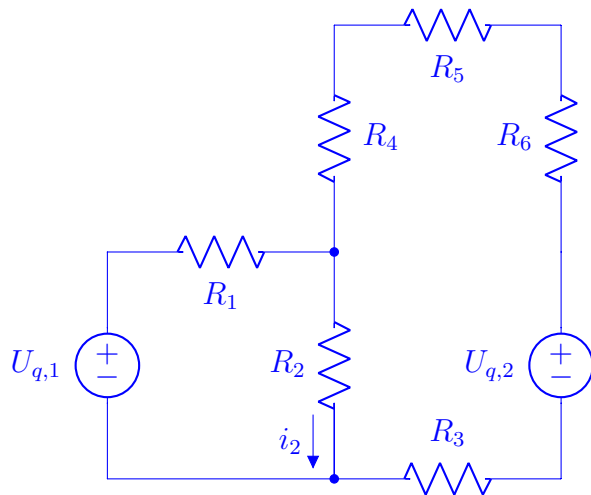
$$i_3 = i_2 - i_1 = \underline{0mA} \quad (14)$$

Quelle 2 liefert in dieser Schaltung keinen Strom.

Hinweis: Beim Superpositionsprinzip wurde Quelle 1 stillgelegt, sodaß Quelle 2 einen Strom von $8mA$ führt und Quelle 1 $192mA$. In der Summe ergibt dies das gleiche Ergebnis. Sie können das Ergebnis leicht durch eine Simulation mit SPICE nachvollziehen.

Theorem of Superposition and
Kirchhoff Analysis

(15 Points)



$$\begin{aligned}
 U_{q,1} &= 6 \text{ V} \\
 U_{q,2} &= 4 \text{ V} \\
 R_1 &= 10 \Omega \\
 R_2 &= 20 \Omega \\
 R_3 &= 30 \Omega \\
 R_4 &= 40 \Omega \\
 R_5 &= 50 \Omega \\
 R_6 &= 60 \Omega
 \end{aligned}$$

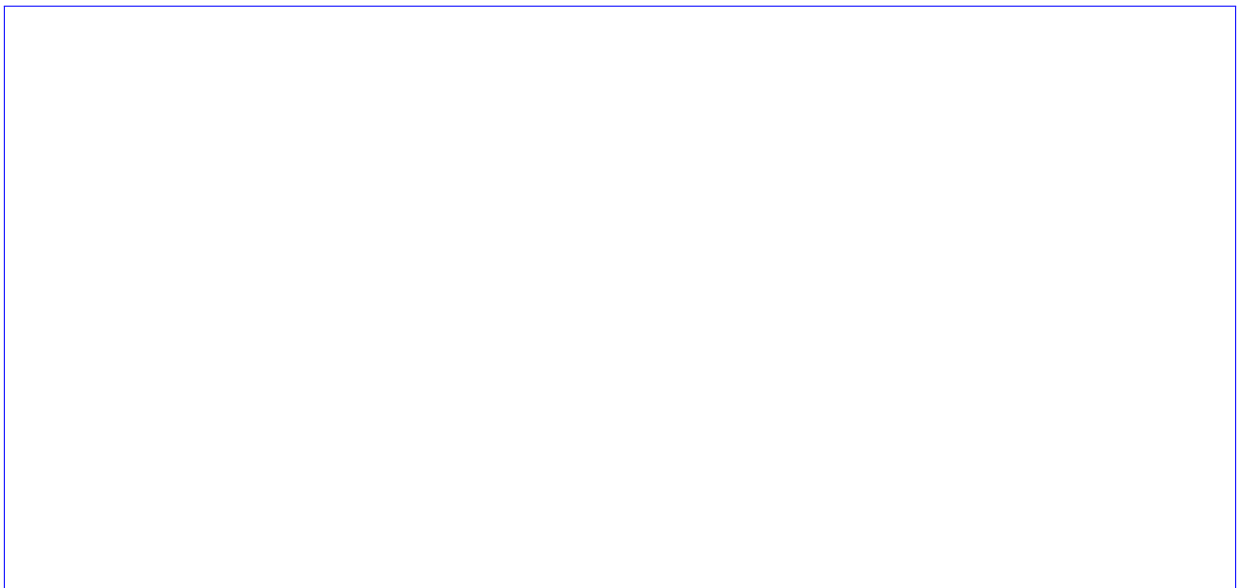
1. Derive the current i_2 from the theorem of superposition.
Simplify the circuit if possible!

(8 Points)

(Part 1 continued)



2. Formulate and solve the system of equations for the mesh analysis¹. (7 Points)



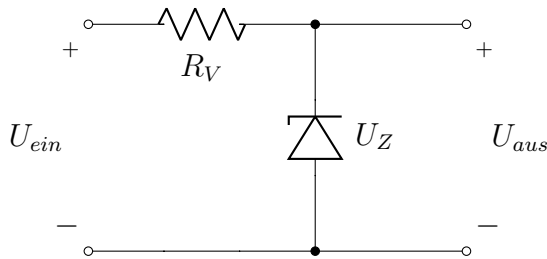
¹Kirchhoff mesh analysis

(Part 2 continued)



Aufgabe 3: Stabilisierung mit Z-Diode

(15 Punkte)



$$\begin{aligned}
 U_{ein} &= 24V \\
 U_Z &= 16V \\
 R_Z &= 8\Omega \\
 R_V &= 1.1k\Omega
 \end{aligned}$$

1. Linearisieren Sie die Schaltung für $U_{aus} > U_Z$ und $U_{aus} \leq U_Z$.
Zeichnen Sie die linearisierten Schaltungen.

(5 Punkte)

$U_{aus} > U_Z$:

$U_{aus} \leq U_Z$:

2. Berechnen Sie den Glättungsfaktor G für $\Delta U_{ein} = 2V$. (5 Punkte)

Der Glättungsfaktor G errechnet sich zu

$$G = \frac{\Delta U_{ein}}{\Delta U_{aus}} = \frac{2V}{\Delta U_{aus}} = \frac{2V}{\Delta U_{aus}}$$

Nach Skript zu Modul 4 Seite 54 gilt:

$$U_D(U_{ein}) = (1 - b) \cdot U_{ein} + b \cdot U_Z$$
$$b = \frac{R_V}{R_V + R_Z} = \frac{1100\Omega}{8\Omega + 1100\Omega} = 0.9927797834$$

Dies ergibt

$$U_D(24V) = 0.0072202166 \cdot 24V + 0.9927797834 \cdot 16V = 16.05776173V$$
$$U_D(26V) = 0.0072202166 \cdot 26V + 0.9927797834 \cdot 16V = 16.07220217V$$
$$\Delta U_D = 0.028880866V$$

Daraus errechnet sich der Glättungsfaktor

$$G = \frac{2V}{0.014440436V} \approx \underline{138.4999733}$$

3. Berechnen Sie den Stabilisierungsfaktor S für $\Delta U_{ein} = 4V$. (5 Punkte)

Der Glättungsfaktor für $\Delta U_{ein} = 4V$ beträgt

$$U_D(24V) = 0.0072202166 \cdot 24V + 0.9927797834 \cdot 16V = 16.05776173V$$

$$U_D(28V) = 0.0072202166 \cdot 28V + 0.9927797834 \cdot 16V = 16.08664260V$$

$$\Delta U_D = 0.0288808692V$$

$$G_4 = \frac{4V}{0.0288808692V} = 138.4999867$$

Die Stabilisierung S ist errechnet sich zu

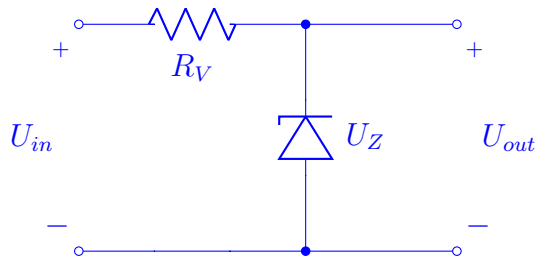
$$S = \frac{\Delta U_{ein}/U_{ein}}{\Delta U_{aus}/U_{aus}} = G_4 \cdot \frac{U_{aus}}{U_{ein}} = G_4 \cdot H$$

wobei H die Übertragungsfunktion ist. Die Stabilisierung ist dann

$$\begin{aligned} S &= 138.4999867 \cdot \frac{16.05776173V}{24V} \\ &= 138.4999867 \cdot 0.6690734054 \\ &\approx \underline{92.66665775} \end{aligned}$$

Stabilization with Z-diode

(15 Points)



$$\begin{aligned}
 U_{in} &= 24V \\
 U_Z &= 16V \\
 R_Z &= 8\Omega \\
 R_V &= 1.1k\Omega
 \end{aligned}$$

1. Linearize the circuit for $U_{out} > U_Z$ and $U_{aus} \leq U_Z$.
Draw the linear circuits.

(5 Points)

2. Calculate the smoothing factor G for $\Delta U_{in} = +2V$.

(5 Points)



3. Calculate the stabilization factor S for $\Delta U_{in} = +2V$.

(5 Points)

