Institut für Nachrichtentechnik

Klausur
„Einführung in die Elektrotechnik für Medienwissenschaftler“ bzw. „Elektrotechnische Grundlagen der Technischen Informatik“

SS 2021 **10.08.2021**

Name:	
Matrikelnummer:	
Fachrichtung:	
y-Nummer:	

Bewertung:

Aufgabe	Punkte	maximal
Aufgabe 1		11
Aufgabe 2		16
Aufgabe 3		16
Aufgabe 4		14
Σ		57
Resultat		

- **Zuordnung von Konstanten**

  Bitte geben Sie Ihre Matrikelnummer an:

$$\underline{\quad} \quad \underline{\quad} \quad \underline{\quad} \quad \underline{\quad} \quad \underline{\quad} \quad \underset{a_2}{\underline{\quad}} \quad \underset{a_1}{\underline{\quad}}$$

  Setzen Sie die entsprechenden Ziffern Ihrer Matrikelnummer nach der oben gezeigten Zuordnung für die Konstanten a_1 und a_2 hier ein:

$$a_1 = \underline{\quad} \quad ; \quad a_2 = \underline{\quad}$$

  In den Klausuraufgabenstellungen werden Konstanten b_1 und b_2 genutzt. Es gilt $b_i = a_i + 1, i \in \{1, 2\}$.

  Tragen Sie sich **Ihre** b_i hier ein und ersetzen Sie b_i bei der Lösung jeder Aufgabe **gleich zu Beginn** durch **Ihre** Zahlenwerte:

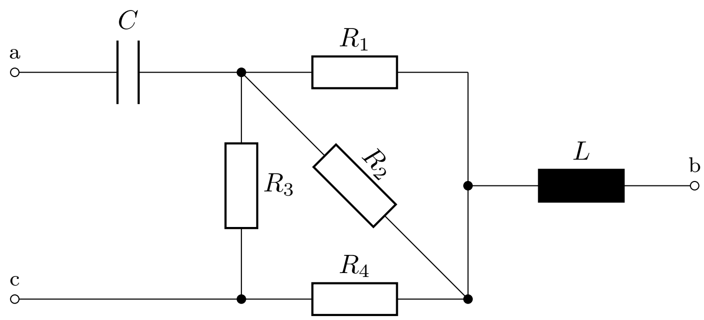
$$b_1 = \underline{\quad} \quad ; \quad b_2 = \underline{\quad}$$

  Ein Lösungsweg mit Variablen b_1 oder b_2 kann nicht gewertet werden!

  Achten Sie darauf, dass Ihre Lösung der Aufgaben auch ohne Farbe lesbar ist, da manche Scanner nur schwarz-weiße Scans erzeugen!

- **Aufgabe 1** **(11 Punkte)**

Gegeben ist nachfolgendes Netzwerk mit der Kapazität C, der Induktivität L, den Widerständen $R_1 = R_2 = R_3 = R$, sowie $R_4 = b_1 \cdot R$, der Kreisfrequenz ω sowie den Klemmen a, b und c.

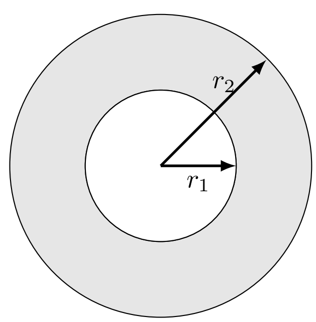


a) Bestimmen Sie formelmäßig die Gesamtimpedanz $\underline{Z}_{ab}$ zwischen den Klemmen a und b.

b) Bestimmen Sie formelmäßig die Gesamtimpedanz $\underline{Z}_{ac}$ zwischen den Klemmen a und c.

c) Bestimmen Sie formelmäßig die Gesamtimpedanz $\underline{Z}_{bc}$ zwischen den Klemmen b und c.

Die Induktivität L wird als Ringspule mit den unten stehenden Maßen ausgelegt. Der Innenradius der Ringspule beträgt $r_1 = 5\,\mathrm{cm}$, der Außenradius beträgt $r_2 = 10\,\mathrm{cm}$ und die Höhe ist $h = 1.82\,\mathrm{cm}$. Die Magnetische Feldkonstante ist $\mu = \mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}^2}$. Die Spule wird mit 10 Windungen/cm gewickelt.

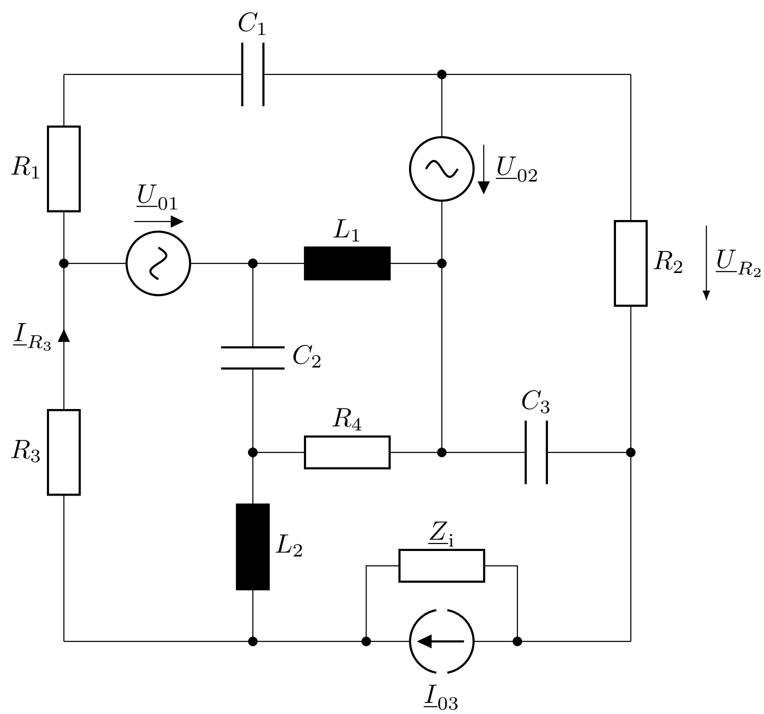


d) Geben Sie die Induktivität L für eine Spulenlänge $\ell = 2\,\mathrm{cm}$ an.

e) Wie lang muss die Spule sein, damit $\underline{Z}_{ab}$ bei $R = 1\,\mathrm{k\Omega}$, $C = 10\,\mathrm{\mu F}$ und $\omega = 2\pi \cdot 10\,\mathrm{kHz}$ rein reellwertig ist?

- **Aufgabe 2** **(16 Punkte)**

Gegeben ist das nachfolgende Netzwerk mit den Ohmschen Widerständen $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ und $\underline{Z}_\mathrm{i} = (11 - b_1) \cdot R$, den Kapazitäten $C_1 = C_2 = C_3 = C$, den Induktivitäten $L_1 = L_2 = L$, den Spannungsquellen $U_{01} = U_{02} = U_0$ und der Stromquelle $I_{03} = U_0/R$.



a) Wandeln Sie die Stromquelle $\underline{I}_{03}$ mit ihrem Innenwiderstand $\underline{Z}_\mathrm{i}$ in eine geeignete Spannungsquelle mit der Quellenspannung $\underline{U}_{03}$ um. Geben Sie die Formel und die Pfeilrichtung von $\underline{U}_{03}$ an.

b) Skizzieren Sie für das Netzwerk einen zusammenhängenden Graphen und kennzeichnen Sie darin einen vollständigen Baum.

c) Berechnen Sie mit Hilfe von Aufgabenteil c) die Anzahl der unabhängigen Maschen formelmäßig. Definieren Sie für jede der Maschen einen Maschenstrom $\mathring{\underline{I}}_1, \mathring{\underline{I}}_2, \ldots$ mit eindeutiger Pfeilrichtung.

d) Stellen Sie das Gleichungssystem zur Berechnung der Maschenströme auf.

e) Geben Sie den Strom $\underline{I}_{R_3}$ und die Spannung $\underline{U}_{R_2}$ in Abhängigkeit Ihrer definierten Maschenströme $\mathring{\underline{I}}_1, \mathring{\underline{I}}_2, \ldots$ und der gegebenen Größen an.

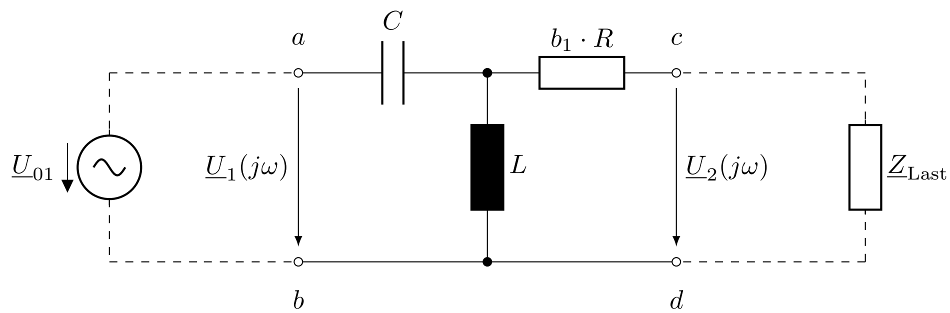
Gehen Sie im Folgenden davon aus, dass folgendes Gleichungssystem gegeben sei:

$$\begin{pmatrix} R_1 + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} & -\frac{1}{j\omega C} & 0 \\ -\frac{1}{j\omega C} & \frac{1}{j\omega C} + j\omega L & j\omega L \\ 0 & j\omega L & R_2 + j\omega L \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathring{\underline{I}}_1 \\ \mathring{\underline{I}}_2 \\ \mathring{\underline{I}}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\underline{U}_{01} \\ 0 \\ \underline{I}_{02} \cdot R_\mathrm{i} \end{pmatrix} \tag{1}$$

f) Lösen Sie das Gleichungssystem nach $\mathring{\underline{I}}_1$, $\mathring{\underline{I}}_2$ und $\mathring{\underline{I}}_3$ auf und berechnen Sie die Werte zahlenmäßig. Es gilt $R_1 = R_\mathrm{i} = R$ und $R_2 = b_2 \cdot R$, $\frac{1}{\omega C} = \omega L = 10 \cdot R$ mit $R = 1\,\mathrm{k}\Omega$, sowie $\underline{U}_{01} = 24\,\mathrm{V} \cdot e^{j0}$ und $\underline{I}_{02} = 12\,\mathrm{mA} \cdot e^{j0}$.

- **Aufgabe 3** **(16 Punkte)**

Gegeben ist der nachfolgende Vierpol mit der Eingangsspannung $\underline{U}_1(j\omega)$, der Ausgangsspannung $\underline{U}_2(j\omega)$, der Kapazität C, der Induktivität L sowie dem Ohmschen Widerstand R. Im späteren Verlauf der Aufgabe wird er von der idealen Wechselspannungsquelle $\underline{U}_{01}$ gespeist und mit der Lastimpedanz $\underline{Z}_{\text{Last}}$ belastet.



a) Berechnen Sie den Frequenzgang $\underline{H}(j\omega) = \dfrac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)}$ des unbelasteten Vierpols.

b) Geben Sie den Betrag $|\underline{H}(j\omega)|$ und die Phase $\varphi(j\omega)$ des Frequenzgangs an.

c) Berechnen Sie die Werte des Betrags und der Phase für $\omega = 0$ und $\omega \to \infty$. Welches Übertragungsverhalten hat der Vierpol?

d) Skizzieren Sie den Betrags– und Phasengang unter Angabe charakteristischer Werte. Achten Sie dabei auf eine vollständige Achsenbeschriftung.

Im Folgenden wird der Vierpol von der idealen Wechselspannungsquelle $\underline{U}_{01}$ an seinen Klemmen a und b gespeist.

e) Bestimmen Sie den komplexwertigen Innenwiderstand $\underline{Z}_{\text{i}}$ des aktiven Zweipols bezüglich der Klemmen c und d.

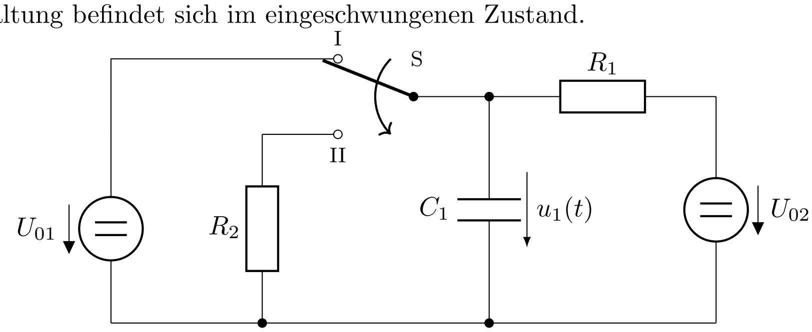
f) Bestimmen Sie die Leerlaufspannung $\underline{U}_L$ und den Kurzschlussstrom $\underline{I}_K$ an den Klemmen c und d.

Nun wird die Lastimpedanz $\underline{Z}_{\text{Last}}$ an die Klemmen c und d angeschlossen.

g) Berechnen Sie den Spannungsabfall $\underline{U}_{\text{Last}}$ an der Lastimpedanz $\underline{Z}_{\text{Last}} = \underline{Z}_{\text{i}}^*$ in Abhängigkeit von $\underline{U}_{01}$. (Tipp: Welche Methode zur vereinfachten Rechnung empfiehlt sich?)

- **Aufgabe 4** **(14 Punkte)**

Gegeben ist ein Netzwerk mit dem Schalter S, den Ohmschen Widerständen R_1 und R_2, der Kapazität C_1, und den Gleichspannungsquellen U_{01} und U_{02}. Für Zeiten $t < 0$ ist Schalter S in Stellung I. Die Schaltung befindet sich im eingeschwungenen Zustand.



Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schalter S in Stellung II gebracht:

a) Bestimmen Sie den Wert der Spannung $u_1(t)$ am Kondensator C_1 zu den Zeitpunkten $t = 0-$ und $t = 0+$ (Anfangsbedingung).

b) Zeichnen Sie das vollständige LAPLACE-Ersatzschaltbild der Schaltung mit allen relevanten Größen für Zeiten $t \geq 0$ (Schalter S in Stellung II).

c) Berechnen Sie die LAPLACE-Transformierte $\underline{U}_1(s)$ der Spannung $u_1(t)$ für Zeiten $t \geq 0$ und vereinfachen Sie auf geeignete Weise.

d) Bestimmen Sie $u_1(t)$ für Zeiten $t \geq 0$ als inverse LAPLACE-Transformierte von $\underline{U}_1(s)$ unter Nutzung der Korrespondenztabelle für die LAPLACE-Transformation.

e) Welchen Wert nimmt die Spannung $u_1(t)$ nach sehr langer Zeit $t \to \infty$ an?

Die Quellenspannungen seien $U_{01} = 12\,\mathrm{V}$ und $U_{02} = 2\,\mathrm{V}$, die Kapazität sei $C_1 = b_2 \cdot 100\,\mu\mathrm{F}$ und die Ohmschen Widerstände seien $R_1 = R_2 = 10\,\mathrm{k}\Omega$.

f) Zu welchem Zeitpunkt t^* erreicht die Spannung $u_1(t)$ den Wert $u_1(t^*) = 7\,\mathrm{V}$?

g) Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung $u_1(t)$ in Abhängigkeit von der Zeit. Kennzeichnen Sie charakteristische Werte.

Zeitbereich ($t \geq 0$) $\circ\!\!-\!\!\bullet$ Bildbereich	
$\delta(t) \cdot \sec^{-1}$ (Dirac-Stoß)	1
1 (Sprung)	$\frac{1}{s}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
e^{-ct}	$\frac{1}{s+c}$
$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-ct}$	$\frac{1}{(s+c)^n}$
$1 - e^{-ct}$	$\frac{c}{s(s+c)}$
$\frac{1}{c_2-c_1}(e^{-c_1 t} - e^{-c_2 t})$	$\frac{1}{(s+c_1)(s+c_2)}$
$\frac{1}{c_2-c_1}(-c_1 e^{-c_1 t} + c_2 e^{-c_2 t})$	$\frac{s}{(s+c_1)(s+c_2)}$

Eigenschaft	Zeitbereich $\circ\!\!-\!\!\bullet$ Bildbereich	
Transformation	$u(t) = \frac{1}{2\pi j} \int\limits_{c-j\infty}^{c+j\infty} \underline{U}(s) e^{st} ds$	$\underline{U}(s) = \int\limits_{0+}^{\infty} u(t) e^{-st} dt$
$u(t)$ rein reell ...	$u(t) = u^*(t)$	$\underline{U}(s) = \underline{U}^*(s^*)$
Zeit-Verschiebung	$u(t - t_0)$	$\underline{U}(s) \cdot e^{-st_0}$
Frequenz-Verschiebung	$u(t) \cdot e^{-ct}$	$\underline{U}(s+c)$
Zeit- & Frequenz-Skalierung	$u(c \cdot t)$	$\frac{1}{\lvert c \rvert} \cdot \underline{U}(\frac{s}{c})$ $c \in \mathbb{R}, c > 0$
Differentiation	$\frac{du(t)}{dt}$	$s\underline{U}(s) - u(0+)$
Integration	$\int\limits_0^t u(\tau) d\tau$	$\frac{1}{s} \mathfrak{L}\{u(t)\} + \frac{u(0+)}{s}$
Überlagerung	$c_1 \cdot u_1(t) + c_2 \cdot u_2(t)$	$c_1 \cdot \underline{U}_1(s) + c_2 \cdot \underline{U}_2(s)$
Faltung	$u(t) * h(t)$	$\underline{U}(s) \cdot \underline{H}(s)$
Anfangswerttheorem	$\lim\limits_{t \to 0+} u(t)$	$\lim\limits_{s \to \infty} s\underline{U}(s)$
Endwerttheorem	$\lim\limits_{t \to \infty} u(t)$	$\lim\limits_{s \to 0} s\underline{U}(s)$