



ME2700

08. Oktober 2019

Klausur: Grundlagen der Elektrotechnik 2

Sommersemester 2019

Matrikelnummer: _____

Nachname: _____

Vorname: _____

Studiengang: _____

			Σ
36	32	32	$\Sigma 100$

HINWEISE:

- Die Prüfung dauert 90 min.
- Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 100 Punkte.
- In vielen Aufgaben sind mehrere Lösungswege möglich und korrekt.
- Bitte überprüfen Sie die Korrektheit Ihrer Angaben.
- Bitte informieren Sie uns *vor* Beginn der Klausur über ein etwaiges Unwohlsein.
- Beginnen Sie *nicht* mit dem Schreiben, bevor das Institutspersonal dies offiziell erlaubt.
- Verwenden Sie bitte *kein eigenes Papier* zum Notieren Ihrer Lösungen. Sie können auf Nachfrage zusätzliche Papierbögen vom Institutspersonal erhalten.

Zuwiderhandlung führt zu Nicht-Bestehen und/oder Ausschluss von der Klausur!

ERLAUBTE HILFSMITTEL:

- Dokumentenechter Schreiber in blau oder schwarz, Bleistift für Skizzen.
- Farbige Stifte für Hervorhebungen in allen Farben außer rot und grün, sowie ähnlichen Farbtönen.
- Unterlagen aller Art.

NICHT ERLAUBTE HILFSMITTEL:

- Elektronische Hilfsmittel (Taschenrechner, Mobiltelefone etc.). Bitte überprüfen Sie, dass Ihr Mobiltelefon vollständig deaktiviert und nicht leicht zugänglich verstaut ist.

Unterschrift (gelesen und verstanden): _____

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

Aufgabe 1: Zeitbereich

			Σ
12	14	10	$\Sigma 36$

a) Wissen & Verständnis (12 Punkte)

- i) In der in Abbildung 1 dargestellten RC-Reihenschaltung wird die Eingangsspannung $u_{\text{in}}(t)$ zum Zeitpunkt $t = 0$ sprungförmig verändert:

$$u_{\text{in}}(t) = \begin{cases} 0 \text{ V} & \text{für } t < 0, \\ 1 \text{ V} & \text{für } t \geq 0. \end{cases}$$

Wie können folgende Eigenschaften der Sprungantwort $u_{C_1}(t)$ durch geeignete Modifikation der Bauteilparameter R_1 und C_1 verändert werden? Kreuzen Sie jeweils alle korrekten Antwortmöglichkeiten an.

Hinweis: Sie müssen Ihre Antworten *nicht* begründen. Jede vollständig korrekte Antwort gibt +2 Punkte, jede falsche Antwort -1 Punkt. Sie müssen kein Kreuz setzen.

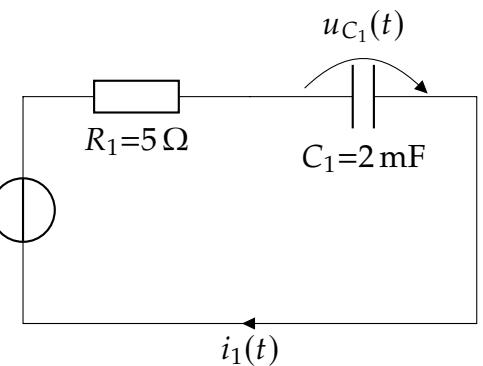


Abbildung 1

- Die Zeitdauer, bis $u_{C_1}(t) \geq 0.5 \text{ V}$ gilt, kann vergrößert werden:
 - Durch Erhöhung von R_1 .
 - Durch Reduktion von C_1 .
 - Weder durch Modifikation von R_1 noch C_1 .
- Der statische Endwert $u_{C_1}(t \rightarrow \infty)$ kann reduziert werden:
 - Durch Erhöhung von R_1 .
 - Durch Reduktion von C_1 .
 - Weder durch Modifikation von R_1 noch C_1 .
- Die Anzahl der Oszillationen der Sprungantwort $u_{C_1}(t)$ kann erhöht werden:
 - Durch Erhöhung von R_1 .
 - Durch Reduktion von C_1 .
 - Weder durch Modifikation von R_1 noch C_1 .
- Das Maximum der Sprungantwort $u_{C_1}(t)$ kann verändert werden:
 - Durch Erhöhung von R_1 .
 - Durch Reduktion von C_1 .
 - Weder durch Modifikation von R_1 noch C_1 .

- ii) Die Schaltung in Abbildung 2 hat bezüglich $u_C(t)$ exakt dieselbe Sprungantwort wie die Schaltung in Abbildung 1: $u_{C_1}(t) = u_{C_2}(t)$. Worin unterscheidet sich das Verhalten der beiden Schaltungen? Betrachten Sie hierfür nicht nur die Spannungen. Begründen Sie Ihre Antwort.

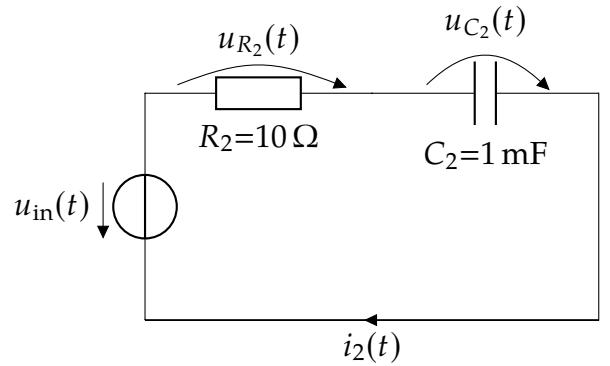


Abbildung 2

Lösung:

b) Anwendung (14 Punkte)

In dem nebenstehend abgebildeten Reihenschwingkreis gilt die Differentialgleichung

$$\frac{d^2u_C(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{LC} u_C(t) = 0 \text{ V/s}^2.$$

- i) Bestimmen Sie den Dämpfungsfaktor α sowie die natürliche Frequenz ω_0 der Schaltung.
 ii) Nehmen Sie an, der Verlauf der Spannung $u_C(t)$ für $t \geq 0$ s habe die Form

$$u_C(t) = A_1 \cdot e^{-t/\tau_1} + A_2 \cdot e^{-t/\tau_2}$$

mit $\tau_1 = \frac{1}{2}$ ms und $\tau_2 = \frac{1}{8}$ ms. Bestimmen Sie die Parameter A_1 und A_2 für die Anfangsbedingungen $u_C(t=0) = 1$ V und $i(t=0) = 1$ A.

Erläutern Sie jeweils Ihren Lösungsweg.

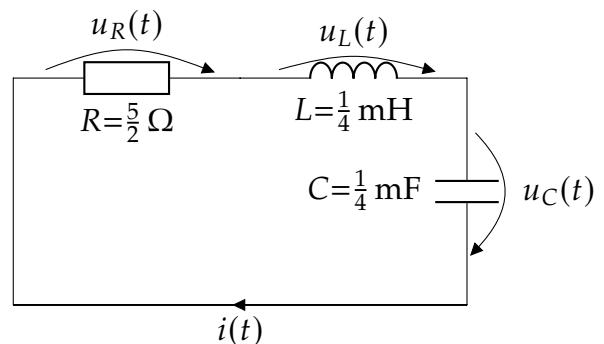


Abbildung 3: Reihenschwingkreis

Lösung:

c) Synthese (10 Punkte)

In der Schaltung in Abbildung 4 soll gelten, dass

- i) der Strom i_1 bei geschlossenem Schalter im statischen Endzustand $i_1(t \rightarrow \infty) = 250 \text{ mA}$ beträgt, sowie
- ii) der Strom i_1 *frühestens* 1 ms nach dem Schließen des Schalters auf 65% seines Endwerts angestiegen ist.

Vervollständigen Sie zu diesem Zweck das Ersatzschaltbild in Abbildung 4 mit weiteren, geeigneten Bauteilen, und erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

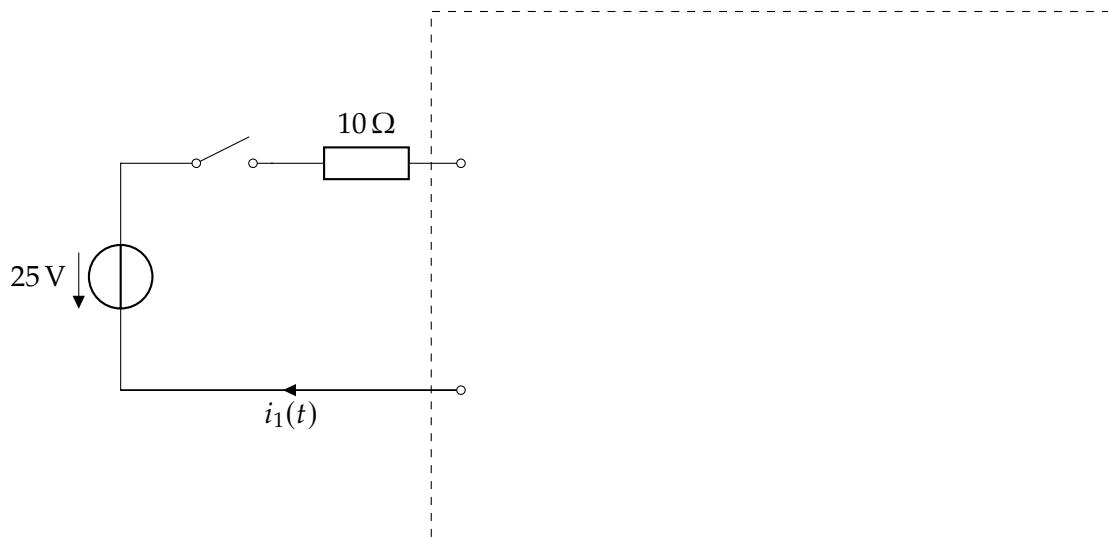


Abbildung 4

Lösung:

Lösung:

Aufgabe 2: Frequenzbereich

			Σ
12	12	8	$\Sigma 32$

a) Wissen & Verständnis (12 Punkte)

Abbildung 5 zeigt einen Reihenschwingkreis, wobei $u_L(t) = u_{\text{out}}(t)$ sein soll. Es gilt

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_{\text{out}}(j\omega)}{\underline{U}_{\text{in}}(j\omega)} = \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^2 + j\omega \frac{R}{L} + \frac{1}{LC}}.$$

Kreuzen Sie für die folgenden Aussagen jeweils an, ob die Aussage wahr oder falsch ist.

Hinweis: Sie müssen Ihre Antworten *nicht* begründen. Jedes korrekt gesetzte Kreuz gibt +3 Punkte, jedes falsch gesetzte Kreuz -2 Punkte. Sie müssen kein Kreuz setzen.

Der Betragsverlauf des Bode-Diagramms zur Übertragungsfunktion $\underline{H}(j\omega)$...

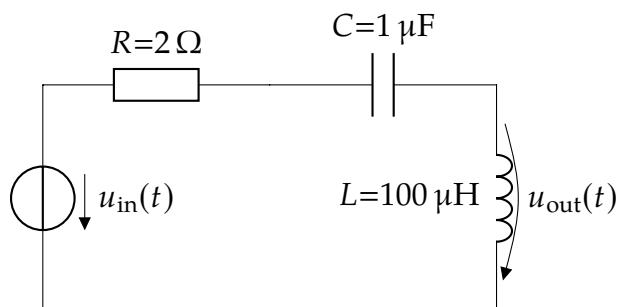


Abbildung 5

- ... weist einen Resonanzpeak auf.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.
- ... hat für große Frequenzen den Wert 0 dB.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.
- ... zeigt Bandpassverhalten.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.
- ... hat einen Knick bei der Frequenz 10^6 rad/s.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.

**Platz für Notizen
(wird nicht bewertet)**

b) Anwendung (12 Punkte)

Betrachten Sie nebenstehende Schaltung.

- i) Stellen Sie die Übertragungsfunktion

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{I}_{\text{out}}(j\omega)}{\underline{I}_{\text{in}}(j\omega)}$$

in Abhängigkeit der Bauteilparameter R und C auf, und tragen Sie diese in das folgende Feld ein:

$$\underline{H}(j\omega) =$$

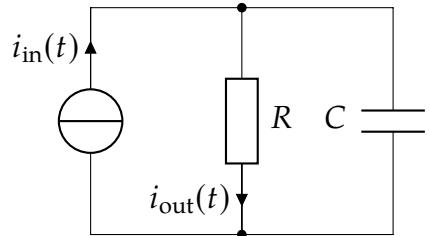


Abbildung 6

- ii) Untersuchen Sie, wie sich die Übertragungsfunktion für sehr große und sehr kleine Frequenzen verhält.

Erläutern Sie jeweils Ihren Lösungsweg.

Lösung:

Lösung:

c) Synthese (8 Punkte)

Eine Hochpassfilterschaltung habe die Übertragungsfunktion

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_{\text{out}}(j\omega)}{\underline{U}_{\text{in}}(j\omega)} = \frac{(j\omega)^2 LC}{(j\omega)^2 LC + j\omega RC + 1}$$

mit $R = 10 \Omega$, $L = 1 \text{ mH}$ und $C = 10 \mu\text{F}$. Bestimmen Sie alternative Bauteilwerte C und L für die Kapazität und die Induktivität, sodass die Schaltung kritisch gedämpft wird, der Durchlassbereich der Filterschaltung jedoch näherungsweise unverändert bleibt.

Hinweis: Der Durchlassbereich einer Schaltung ist der Frequenzbereich, in dem Eingangssignale näherungsweise ungedämpft an den Ausgang weitergegeben werden. Beachten Sie, dass der Widerstandswert R nicht verändert werden soll!

Lösung:

Aufgabe 3: Operationsverstärker

			Σ
12	12	8	$\Sigma 32$

Definition: Idealer Operationsverstärker

Wenn im Folgenden ein *idealer Operationsverstärker* verwendet wird, so bedeutet dies, dass für die interne Spannungsverstärkung $A \rightarrow \infty$ gilt, für den internen Eingangswiderstand $r_i \rightarrow \infty$ gilt, und für den internen Ausgangswiderstand $r_t = 0\Omega$ gilt. Wenn eine *ideale Schaltung* verwendet wird, so bedeutet dies, dass ein idealer Operationsverstärker verwendet wird und dieser nicht in Sättigung betrieben wird.

a) Wissen / Verständnis (12 Punkte)

Kreuzen Sie für die folgenden Aussagen jeweils an, ob die Aussage wahr oder falsch ist.

Hinweis: Sie müssen Ihre Antworten *nicht* begründen. Jedes korrekt gesetzte Kreuz gibt +3 Punkte, jedes falsch gesetzte Kreuz -2 Punkte. Sie müssen kein Kreuz setzen.

- Punkte in einem Ersatzschaltbild mit gleichem Potential können durch ideale Leitungen miteinander verbunden werden, ohne dass durch diesen ein Strom fließt. In einem idealen Buffer (siehe Abbildung 7) gilt $U_{\text{out}} = U_{\text{in}}$. Daher kann der Buffer im Ersatzschaltbild durch eine ideale Leitung ersetzt werden.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.
- Eine ideale, nicht-invertierende Verstärkerschaltung (siehe Abbildung 8) kann Signale nicht abschwächen: Es gilt $U_{\text{out}} = (1 + \frac{R_2}{R_1})U_{\text{in}}$, und somit $U_{\text{out}} \geq 1 \cdot U_{\text{in}}$, da keine negativen Widerstände existieren.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.
- Wird ein idealer Operationsverstärker ohne Rückführung betrieben, so geht dieser im Allgemeinen bei $U_+ \neq U_-$ in Sättigung, da $U_{\text{out}} = A \cdot (U_+ - U_-)$ für $A \rightarrow \infty$ gegen plus bzw. minus unendlich geht.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.
- Wird in einer Bufferschaltung (siehe Abbildung 7) ein Operationsverstärker mit $A < \infty$ verwendet, so gilt $U_{\text{out}} = A \cdot U_{\text{in}}$, und somit ist U_{out} vom genauen Wert von A abhängig.
 - Die Aussage ist wahr.
 - Die Aussage ist falsch.

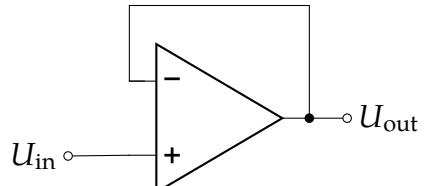


Abbildung 7: Buffer-Schaltung

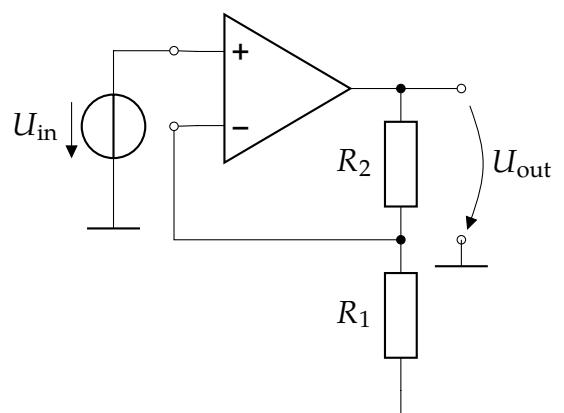


Abbildung 8: Nicht-invertierende Verstärkerschaltung

b) Anwendung (12 Punkte)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 9 und nehmen Sie an, der verwendete Operationsverstärker sei ideal und werde nicht in Sättigung betrieben.

- i) Bestimmen Sie ein äquivalentes Ersatzschaltbild für diese Schaltung, indem Sie den Operationsverstärker durch ein geeignetes Modell ersetzen.
- ii) Bestimmen Sie U_{out} als Funktion von U_{in} .

Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

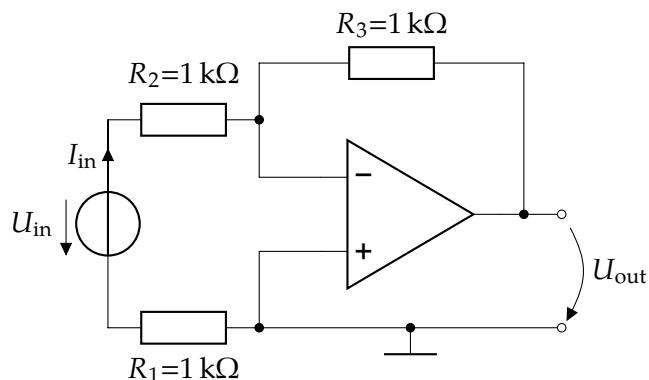


Abbildung 9

Lösung:

c) Analyse (8 Punkte)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 10a. Bestimmen Sie die Parameter U_{Th} und R_{Th} einer äquivalenten Ersatzspannungsquelle bezüglich der Klemmen A und B, entsprechend Abbildung 10b. Nehmen Sie an, der verwendete Operationsverstärker sei ideal und werde nicht in Sättigung betrieben. Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

Hinweis: Es kann hierfür hilfreich sein, den Kurschlussstrom I_K sowie die Leerlaufspannung U_0 zu bestimmen.

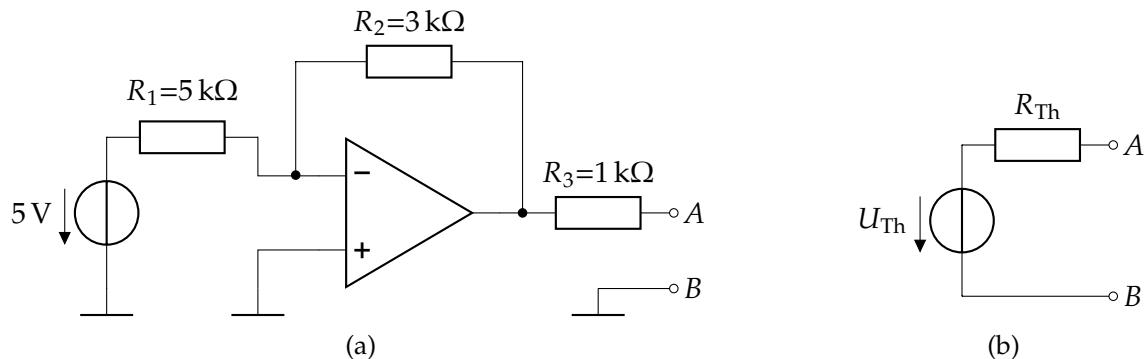


Abbildung 10

Lösung:

Extra-Platz für Lösungen

Fortsetzung von Aufgabe ___ (bitte auch dort vermerken):