



ME2700

09. Oktober 2018

## Klausur: Grundlagen der Elektrotechnik 2

Sommersemester 2018

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

Nachname: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Studiengang: \_\_\_\_\_

			$\Sigma$
32	34	34	$\Sigma 100$

### 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

			$\Sigma$
8	13	11	$\Sigma$ 32

### a) Wissen & Verständnis (8 Punkte)

Eine elektrische Schaltung sei durch die Differentialgleichung

$$\frac{d^2 i_L(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di_L(t)}{dt} + \frac{1}{LC} i_L(t) = \frac{1}{LC} i_{in}(t) \quad \text{mit} \quad i_{in}(t) = \hat{I} \cdot \cos(\omega_1 t) \quad (1)$$

beschrieben, wobei  $R = 20 \Omega$ ,  $L = 1 \text{ mH}$ , sowie  $C = 1 \text{ mF}$ . Kreuzen Sie für jede der folgenden Aussagen an, ob diese wahr oder falsch ist. Sie müssen Ihre Antworten nicht begründen.

**Hinweis:** Falsche Antworten führen zu Punktabzug.

- i) Die Menge der homogenen Lösungen  $i_{L,H}(t)$  der Differentialgleichung (1) ist gleich der Menge aller Lösungen  $i_L(t)$  der Gleichung (1) für beliebige Anfangsbedingungen, wenn  $\hat{I} = 0 \text{ A}$ .
  - Die Aussage ist wahr.
  - Die Aussage ist falsch.
- ii) Zur Bestimmung einer partikulären Lösung der Differentialgleichung (1) ist  $i_{L,P}(t) = \text{konst}$  ein zielführender Ansatz.
  - Die Aussage ist wahr.
  - Die Aussage ist falsch.
- iii) Im eingeschwungenen Zustand gilt für die Lösung der Differentialgleichung (1), dass  $i_L(t) = i_{in}(t)$  ist.
  - Die Aussage ist wahr.
  - Die Aussage ist falsch.
- iv) Die zugrundeliegende Schaltung ist für die gegebenen Parameterwerte unterkritisch gedämpft.
  - Die Aussage ist wahr.
  - Die Aussage ist falsch.

**Raum für Notizen. Wird *nicht* bewertet!**

### b) Anwendung (13 Punkte)

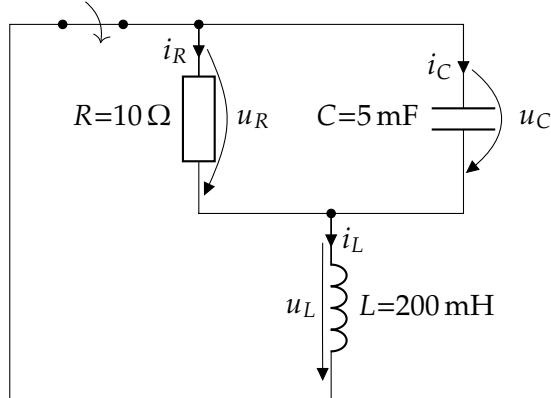
In der Schaltung in Abbildung 1a wurde zum Zeitpunkt  $t = 0$  s der Schalter geschlossen; es gilt nun die Differentialgleichung

$$\frac{d^2 u_L(t)}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{du_L(t)}{dt} + \frac{1}{LC} u_L(t) = 0 \text{ V/s}^2.$$

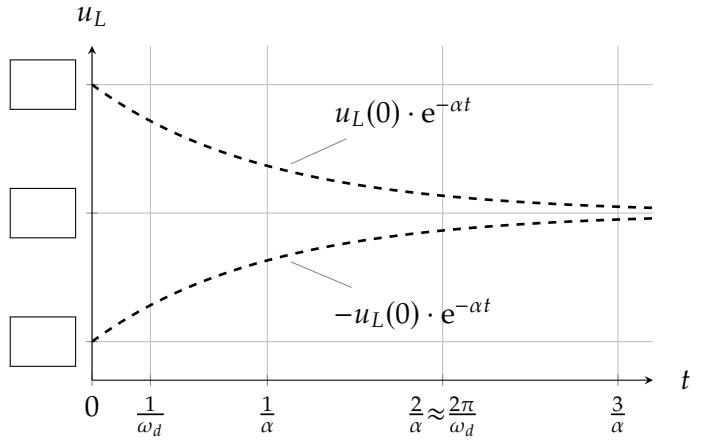
Zum Zeitpunkt  $t = 0^-$  befindet sich die Schaltung im Zustand  $u_C(t = 0^-) = 1 \text{ V}$ ,  $i_L(t = 0^-) = 0 \text{ A}$  und es gilt  $\frac{du_L(t=0^-)}{dt} = 20 \text{ V/s}$ .

- Bestimmen Sie zunächst den Wert der Spannung  $u_L(t)$  an der Induktivität zum Zeitpunkt  $t = 0^+$  sowie für  $t \rightarrow \infty$ .
- Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung  $u_L(t)$  für  $t \geq 0$  s im in Abbildung 1b gegebenen Diagramm. Beschriften Sie hierzu zunächst die y-Achse unter Verwendung der dafür vorgesehenen Kästchen mit Zahlenwerten und Einheiten.

Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.



(a)



(b)

Abbildung 1

**Lösung:**

### c) Analyse (11 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung in Abbildung 2. Für die verwendete, ideale Diode gelte  $i_D = 0 \text{ A}$  für  $u_D < 0 \text{ V}$ , und  $u_D = 0 \text{ V}$  für  $i_D > 0 \text{ A}$ .

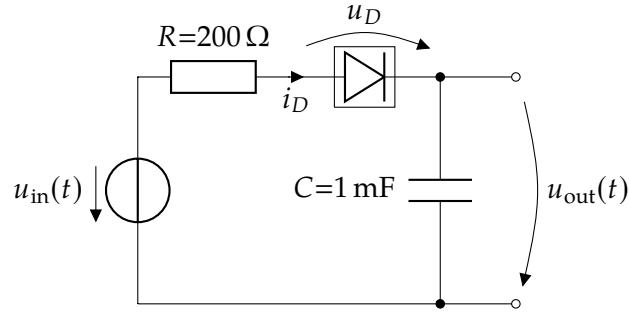


Abbildung 2

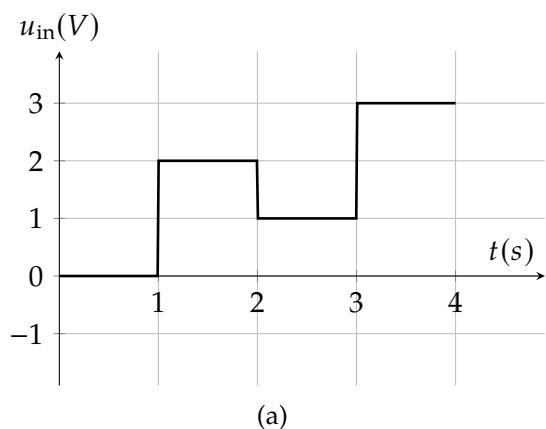
- i) Geben Sie jeweils ein Ersatzschaltbild der gesamten Schaltung für die zwei möglichen Zustände der Diode an (in Durchlassrichtung bzw. in Sperrrichtung betrieben), und bestimmen Sie deren Gültigkeitsbereich. Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

**Lösung:**

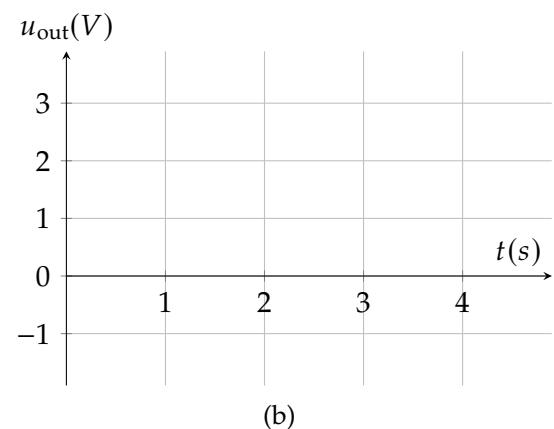
- ii) Abbildung 3a stellt den Verlauf der Eingangsspannung  $u_{\text{in}}(t)$  dar. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  s betrage die Ausgangsspannung  $u_{\text{out}}(0) = 0$  V. Bestimmen Sie näherungsweise den Wert der Ausgangsspannung zum Zeitpunkt  $t = 3$  s, und erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

**Lösung:**

- iii) Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung für  $0$  s  $\leq t \leq 4$  s im in Abbildung 3b gegebenen Diagramm.



(a)



(b)

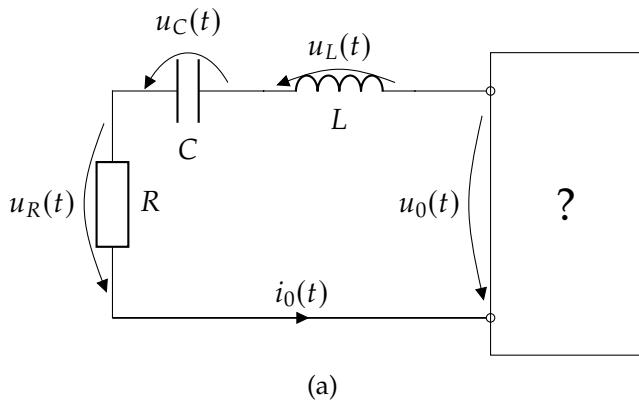
Abbildung 3

## Aufgabe 2: Frequenzbereich

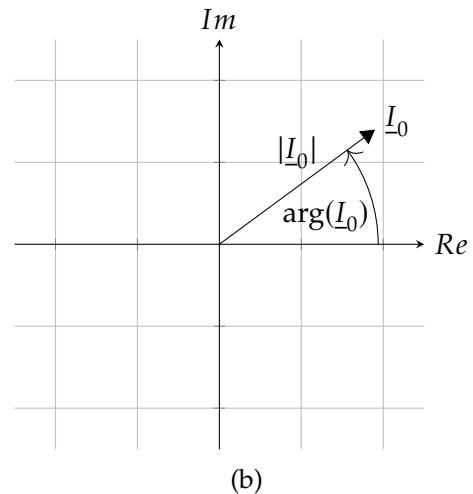
			$\Sigma$
10	14	10	$\Sigma 34$

### a) Wissen & Verständnis (10 Punkte)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 4a, in welcher eine RLC-Reihenschaltung an ein unbekanntes Netzwerk angeschlossen ist. Amplitude und Phase des durch die Schaltung fließenden Stroms  $i_0(t)$  wurden bereits ins Zeigerdiagramm in Abbildung 4b eingetragen.



(a)



(b)

Abbildung 4

Beantworten Sie die folgenden Fragen. Sie müssen Ihre Antworten *nicht* begründen.

- Zeichnen Sie die Richtungen der Zeiger für die drei Spannungen  $U_R$ ,  $U_C$  und  $U_L$  ins Diagramm ein.
- Welche Aussage können Sie über die Beziehung zwischen den Zeigern  $U_R$ ,  $U_C$ ,  $U_L$  und  $U_0$  treffen, unabhängig von den Bauteilwerten  $R$ ,  $L$  und  $C$ ?
- Welche möglichen Werte kann der Phasenwinkel der Gesamtspannung  $U_0$  an der Reihenschaltung annehmen?

**Lösung:**

**b) Anwendung (14 Punkte)**

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 5.

- 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  $R$ ,  $L$  und  $C$  auf, und bestimmen Sie die Resonanzfrequenz  $\omega_0$ .

- ii) Für welchen Wert von  $R$  gilt bei der Resonanzfrequenz  $|\underline{H}(j\omega_0)| = 1$ ?

Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

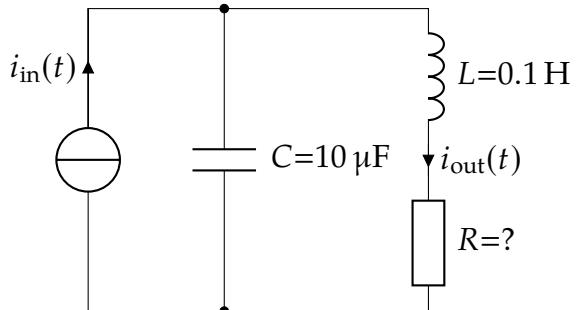


Abbildung 5

**Lösung:**

### c) Synthese (10 Punkte)

Ein Sensorsignal wird von einem hochfrequenten Störsignal überlagert. Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt des ursprünglichen Sensorsignals  $u_A(t)$  sowie des gestörten Signals  $u_B(t)$ .

- i) Entwerfen Sie eine einfache Schaltung, welche das Signal  $u_B(t)$  als Eingang verwendet und an ihrem Ausgang  $u_{\text{out}}(t)$  möglichst gut das ursprüngliche Signal  $u_A(t)$  rekonstruiert. Nehmen Sie hierfür an,  $u_A(t)$  enthalte keine Frequenzen über 10 rad/s.
- ii) Geben Sie passende Bauteilparameter für die von Ihnen gewählte Schaltung an, sodass das ursprüngliche Signal  $u_A(t)$  um weniger als 3 dB gedämpft wird.

Erläutern Sie ihren Lösungsweg.

**Hinweis:** Sie dürfen annehmen, dass das Signal  $u_B(t)$  in Form einer idealen Spannungsquelle zur Verfügung steht.

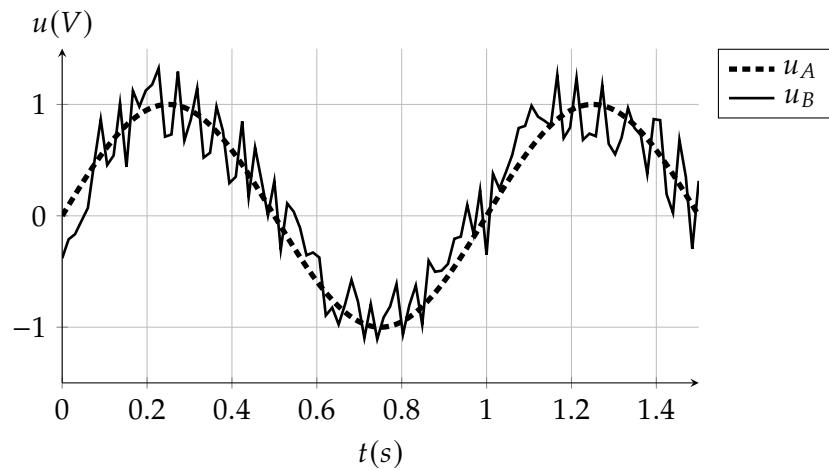


Abbildung 6

**Lösung:**

## **Extra-Platz für Lösungen**

**Fortsetzung von Aufgabe \_\_\_\_ (bitte auch dort vermerken):**

## Aufgabe 3: Operationsverstärker

			$\Sigma$
10	13	11	$\Sigma 34$

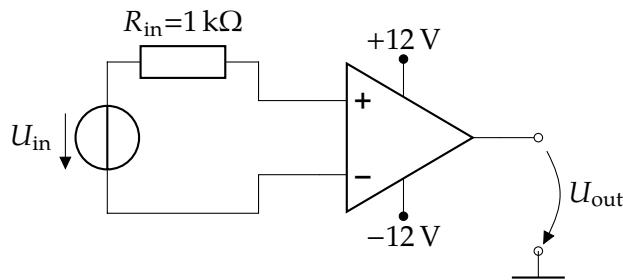
### Definition: Idealer Operationsverstärker

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  $r_t \rightarrow 0$  gilt.

### a) Wissen / Verständnis (10 Punkte)

Gehen Sie in allen Teilen dieser Aufgabe davon aus, für den verwendeten Operationsverstärker gelte  $r_i \rightarrow \infty$  sowie  $r_t \rightarrow 0$ .

- i) Für welche Eingangsspannungen wird der Operationsverstärker in der folgenden Schaltung *nicht* in Sättigung betrieben, falls  $A = 100.000$ ? Erläutern Sie Ihre Antwort.

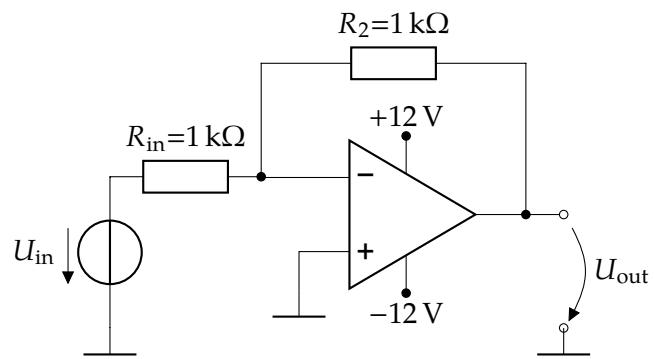


Lösung:

- ii) Für welche Eingangsspannungen wird der Operationsverstärker in Aufgabenteil i) *nicht* in Sättigung betrieben, falls  $A \rightarrow \infty$ ? Kreuzen Sie alle korrekten Antworten an. Sie müssen Ihre Wahl nicht begründen.

- $-12\text{ V} \leq U_{in} \leq +12\text{ V}$
- Der Operationsverstärker geht nie in Sättigung.
- Der Operationsverstärker geht unabhängig von  $U_{in}$  immer in Sättigung.
- $U_{in} = 0\text{ V}$

- iii) Für welche Eingangsspannungen wird der Operationsverstärker in der folgenden Schaltung *nicht* in Sättigung betrieben, falls  $A \rightarrow \infty$ ? Erläutern Sie Ihre Antwort.



**Lösung:**

**b) Anwendung (13 Punkte)**

Nehmen Sie an, der Operationsverstärker in der dargestellten Schaltung sei ideal und befnde sich nicht in Sättigung. Bestimmen Sie das Verhältnis  $U_{\text{in}}/I_{\text{in}}$  in dieser Schaltung und erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

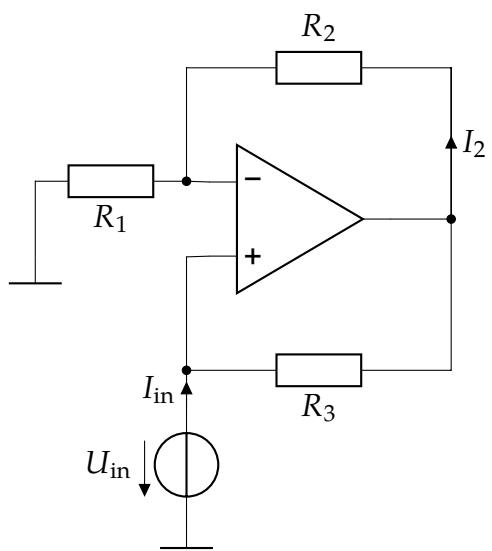


Abbildung 7

**Lösung:**

### c) Analyse (11 Punkte)

Abbildung 8a zeigt eine Schaltung mit einem idealen Operationsverstärker, für die der zeitliche Verlauf der Eingangsspannung  $u_{\text{in}}(t)$  in Abbildung 8b dargestellt ist. Nehmen Sie an, es gelte  $u_{\text{out}}(t = 0) = 10 \text{ V}$ .

- i) Worin unterscheidet sich diese Schaltung vom nichtinvertierenden Verstärker?
- ii) Für welche Werte der Eingangsspannung geht der Operationsverstärker in positive Sättigung, falls er sich zuvor in negativer Sättigung befunden hat? Für welche bleibt er in negativer Sättigung?
- iii) Für welche Werte der Eingangsspannung geht der Operationsverstärker in negative Sättigung, falls er sich zuvor in positiver Sättigung befunden hat? Für welche bleibt er in positiver Sättigung?
- iv) Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung  $u_{\text{out}}(t)$  im leeren Diagramm in Abbildung 8c.

Erläutern Sie jeweils Ihren Lösungsweg.

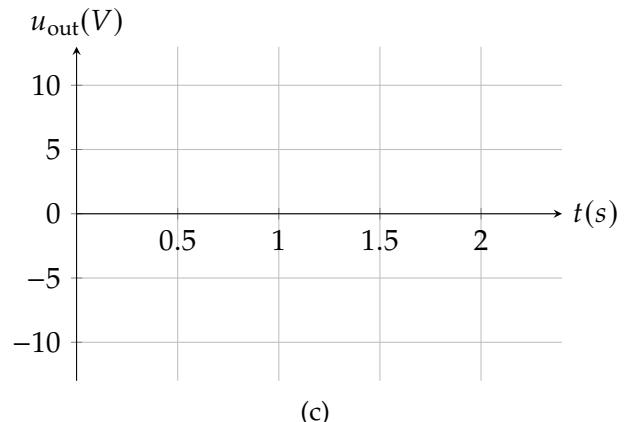
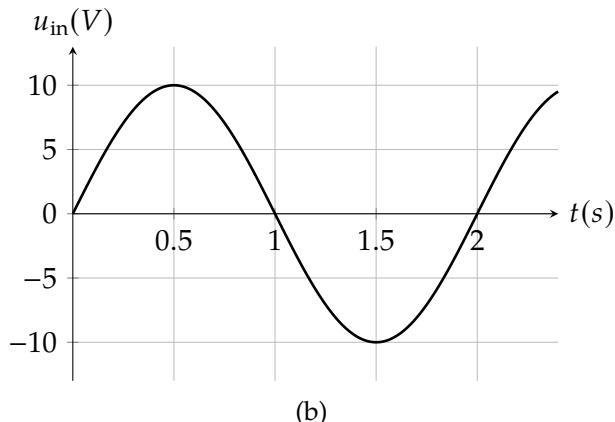
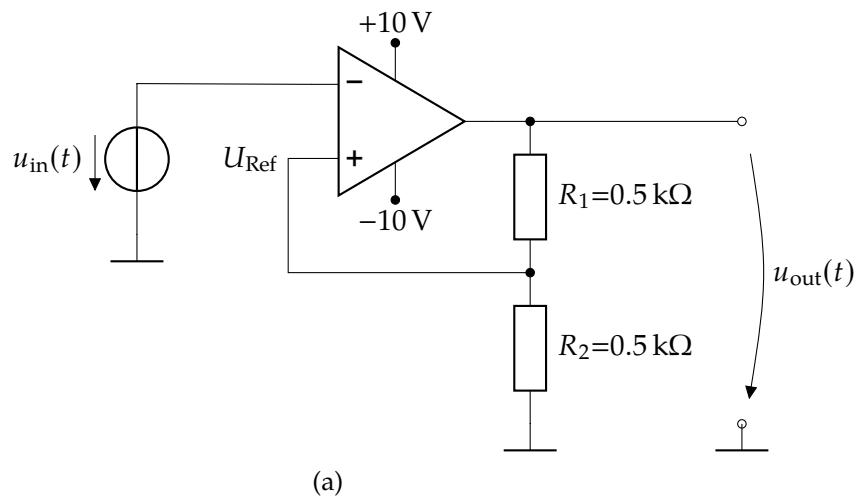


Abbildung 8

**Lösung:**

## **Extra-Platz für Lösungen**

**Fortsetzung von Aufgabe \_\_\_\_ (bitte auch dort vermerken):**