



ME2700

08. August 2017

## Klausur: Grundlagen der Elektrotechnik 2

Sommersemester 2017

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

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

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

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

			$\Sigma$
33	33	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.

Zu widerhandlung 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

			$\Sigma$
9	14	10	$\Sigma 33$

### a) Wissen / Verständnis (9 Punkte)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 1 mit den unbekannten Bauteilparametern  $R$ ,  $L$  und  $C$ . Die Eingangsspannung  $u_{\text{in}}(t)$  führe den in Abbildung 2a dargestellten Sprung durch.

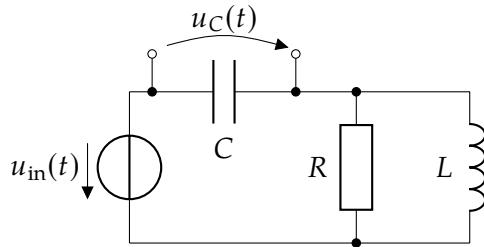
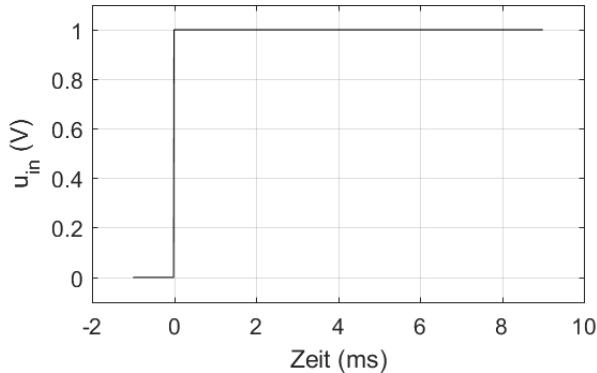
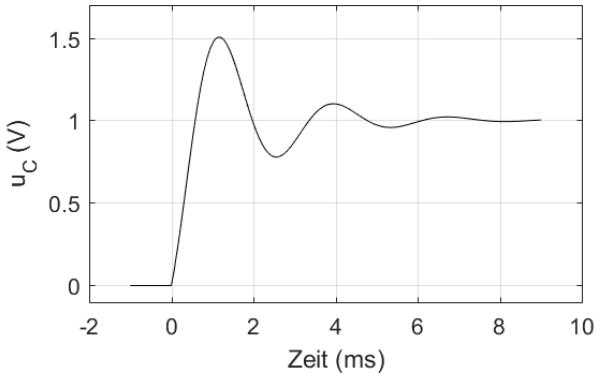


Abbildung 1

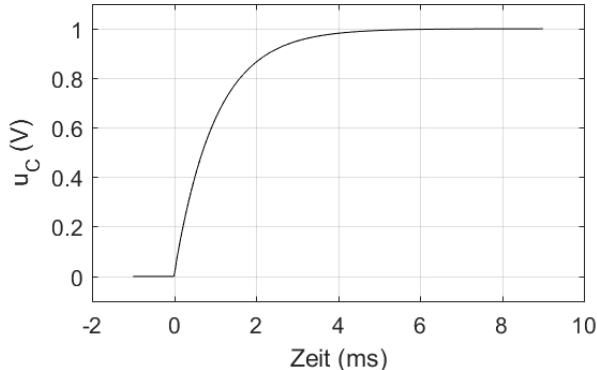
Welche der drei in den Abbildungen 2b bis 2d qualitativ dargestellten Verläufe kann die Spannung  $u_C(t)$  annehmen? Geben Sie für jeden der drei Verläufe entweder an, warum dieser *nicht* angenommen werden kann, oder, bei welchem Verhältnis von natürlicher Frequenz  $\omega_0$  und Dämpfungsfaktor  $\alpha$  dieser Verlauf angenommen werden kann.



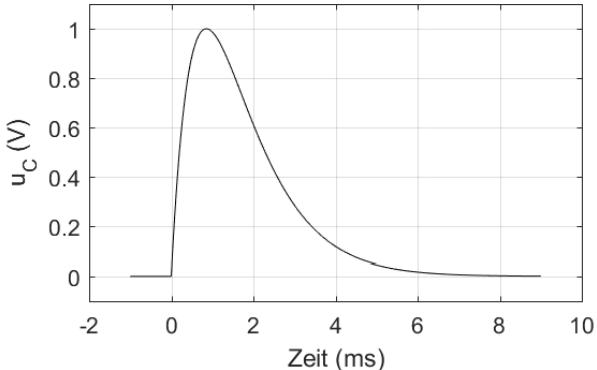
(a) Verlauf der Eingangsspannung  $u_{\text{in}}(t)$



(b) Möglicher Verlauf von  $u_C(t)$ ?



(c) Möglicher Verlauf von  $u_C(t)$ ?



(d) Möglicher Verlauf von  $u_C(t)$ ?

Abbildung 2

**Lösung:**

**b) Anwendung (14 Punkte)**

Betrachten Sie erneut die Schaltung in Abbildung 1. Stellen Sie eine Differentialgleichung für die Spannung  $u_C(t)$  in Abhängigkeit von der Eingangsspannung  $u_{\text{in}}(t)$ , sowie den Bauteilparametern  $R$ ,  $L$  und  $C$  auf, und stellen Sie Ihren Lösungsweg dar. Bestimmen Sie anschließend den Gütefaktor  $Q$  sowie die Bandbreite  $\Delta\omega$  des Systems in Abhängigkeit der Bauteilparameter  $R$ ,  $L$  und  $C$ .

**Lösung:**

### c) Analyse (10 Punkte)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 3, in der die Größen  $L$  und  $C$  bekannt sind, der Widerstandswert  $R$  jedoch nicht. Die Differentialgleichung für die gesuchte Ausgangsgröße  $i_{\text{out}}(t) = i_R(t)$  in dieser Schaltung lautet

$$CL \frac{d^2 i_R(t)}{dt^2} + CR \frac{di_R(t)}{dt} + i_R(t) = i_{\text{in}}(t).$$

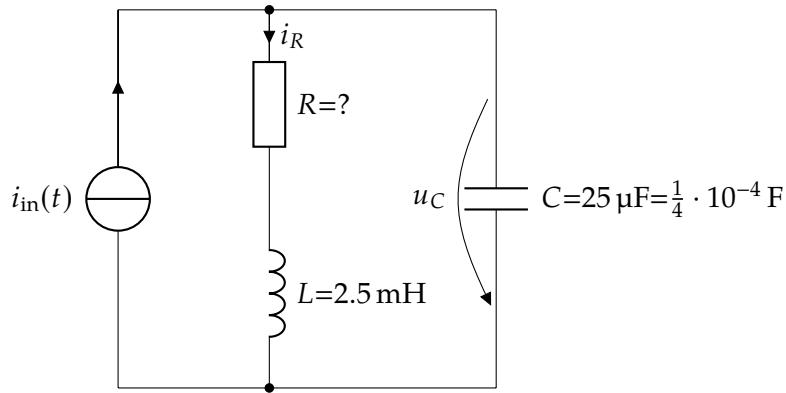


Abbildung 3

Abbildung 4 zeigt das Abklingverhalten des Systems (Zero-Input-Response, ZIR) für die Startwerte  $i_R(t = 0) = 1 \text{ A}$  und  $u_C(t = 0) = 5 \text{ V}$ . Bestimmen Sie einen Schätzwert für den unbekannten Widerstandswert  $R$ , und erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

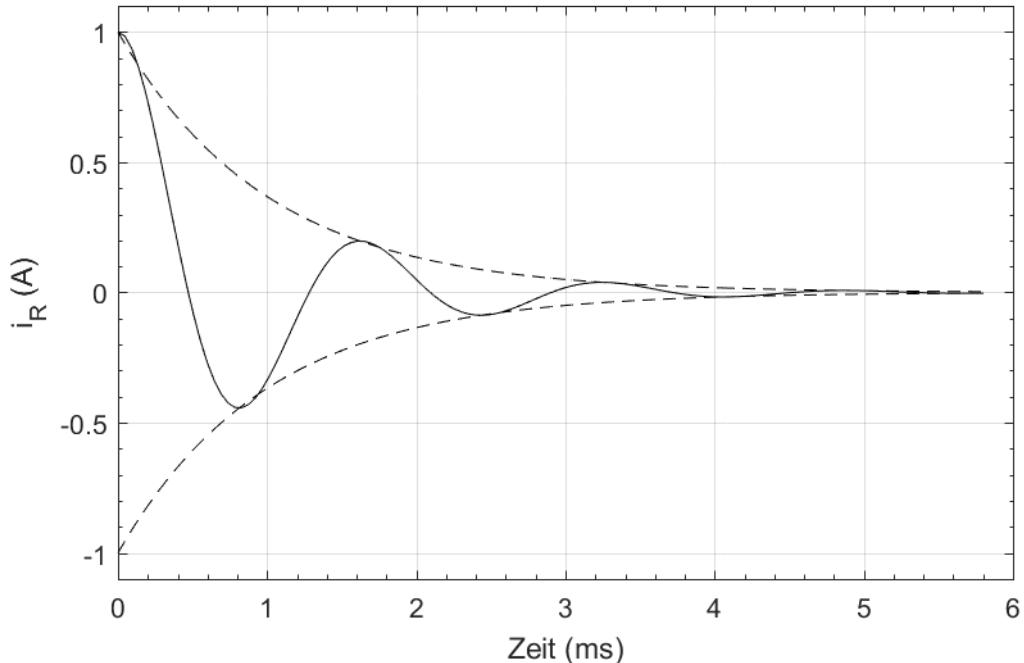


Abbildung 4: Abklingverhalten des Systems (Zero-Input-Response, ZIR) für die Startwerte  $i_R(t = 0) = 1 \text{ A}$  und  $u_C(t = 0) = 5 \text{ V}$ . Die gestrichelten Linien markieren die Einhüllende der ZIR.

**Lösung:**



## Aufgabe 2: Frequenzbereich

			$\Sigma$
9	14	10	$\Sigma 33$

### a) Wissen / Verständnis (9 Punkte)

Geben Sie für jede der drei Schaltungen in Abbildung 5 an, ob durch die Übertragungsfunktion

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

hohe oder niedrige Frequenzen stärker gedämpft werden. Begründen Sie Ihre Antworten mithilfe der komplexen Impedanzen der einzelnen Bauteile.

**Hinweis:** Sie müssen die Übertragungsfunktion nicht zwingend explizit bestimmen.

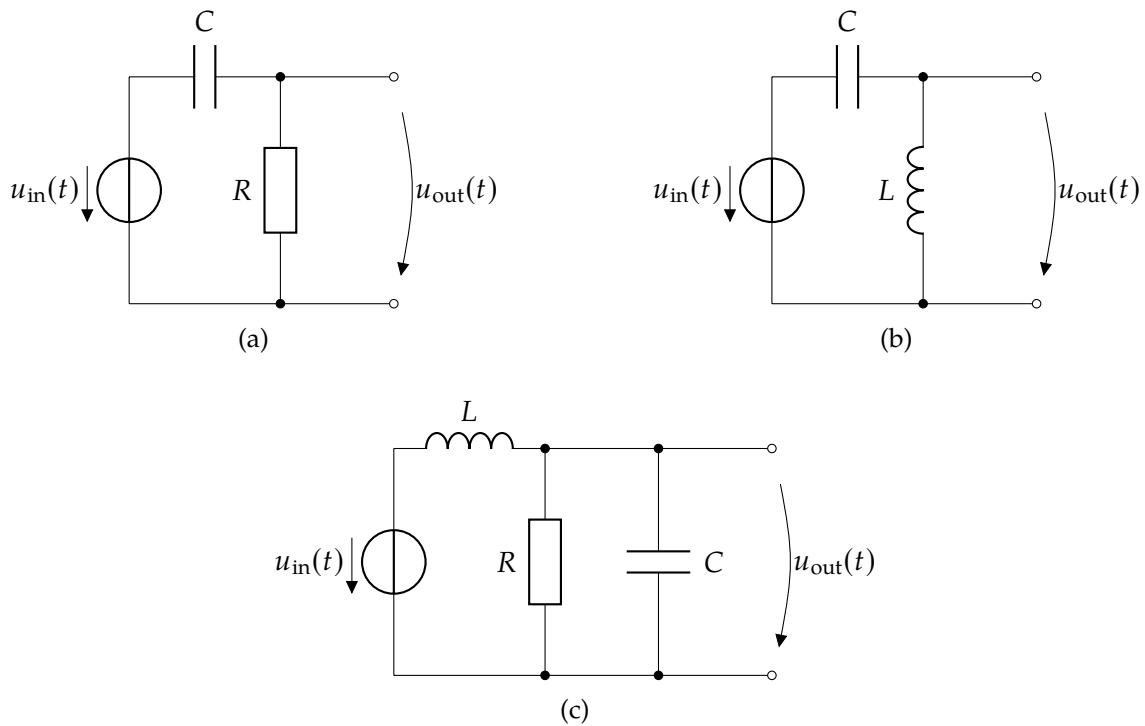


Abbildung 5

**Lösung:**

(bitte wenden)

**Lösung:**

**b) Anwendung (14 Punkte)**

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 6. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion

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

und skizzieren Sie den Betragsverlauf der Übertragungsfunktion in der logarithmischen Skala in Abbildung 7. Achten Sie insbesondere auch auf korrekte Steigungen. Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

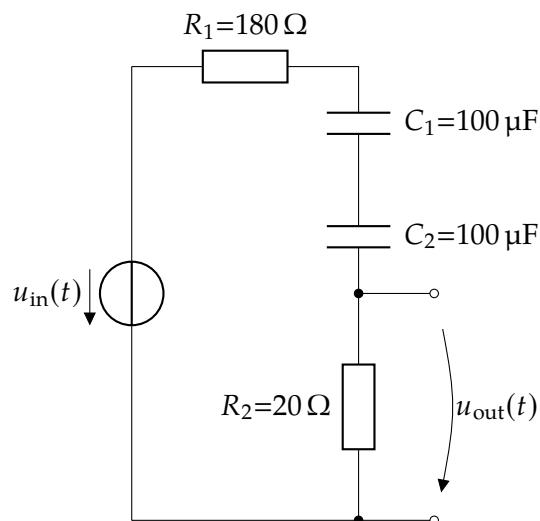


Abbildung 6

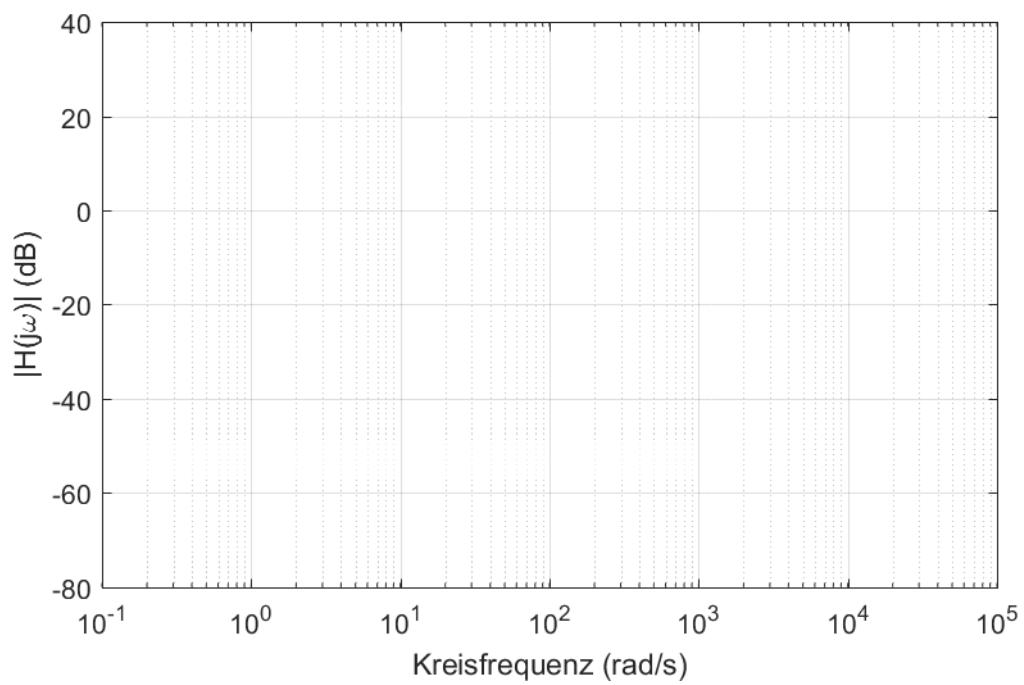
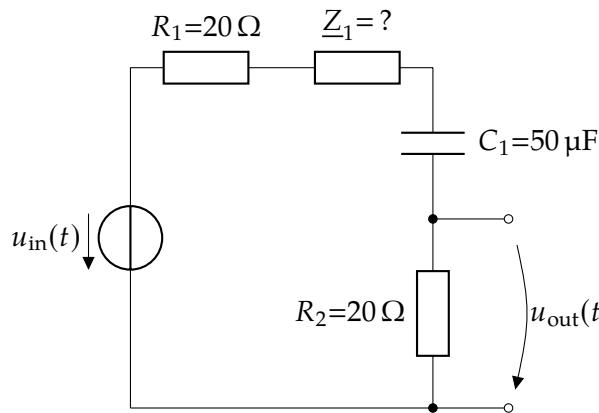


Abbildung 7

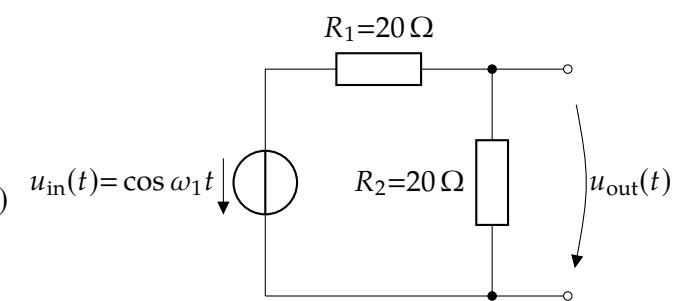
Lösung:

### c) Synthese (10 Punkte)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 8a mit  $R_1 = R_2$ . Geben Sie an, durch welches Bauteil Sie die Impedanz  $\underline{Z}_1$  ersetzen müssen, um den Einfluss der Kapazität  $C_1$  bei der Frequenz  $\omega_1 = 10^4 \text{ rad/s}$  zu kompensieren, sodass sich die Schaltung in Abbildung 8a für diese Frequenz so verhält wie die Schaltung in Abbildung 8b. Geben Sie ebenfalls einen geeigneten Parameterwert für das gewählte Bauteil an, und begründen Sie ihre Antworten.



(a) Schaltung mit unbekanntem Bauteil  $\underline{Z}_1$ .



(b) Ersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 8a bei der Frequenz  $\omega_1 = 10^4 \text{ rad/s}$  unter Verwendung des gesuchten Bauteils für  $\underline{Z}_1$ .

Abbildung 8

**Lösung:**

### Aufgabe 3: Operationsverstärker

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

#### 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)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 9. Das Verhalten der Impedanz  $Z_1$  sei nicht bekannt. Betrachten Sie den Operationsverstärker als *ideal* und nicht in Sättigung.

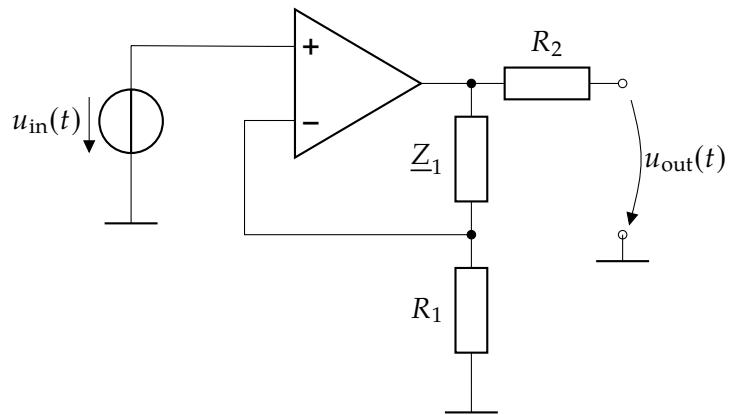


Abbildung 9

- Wie groß ist der Eingangswiderstand dieser Schaltung? Begründen Sie Ihre Antwort.

**Lösung:**

ii) Wie groß ist der Ausgangswiderstand dieser Schaltung? Begründen Sie Ihre Antwort.

**Lösung:**

**b) Anwendung (14 Punkte)**

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 10, und bestimmen Sie die Übertragungsfunktion

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

Betrachten Sie den Operationsverstärker als *ideal* und nicht in Sättigung. Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

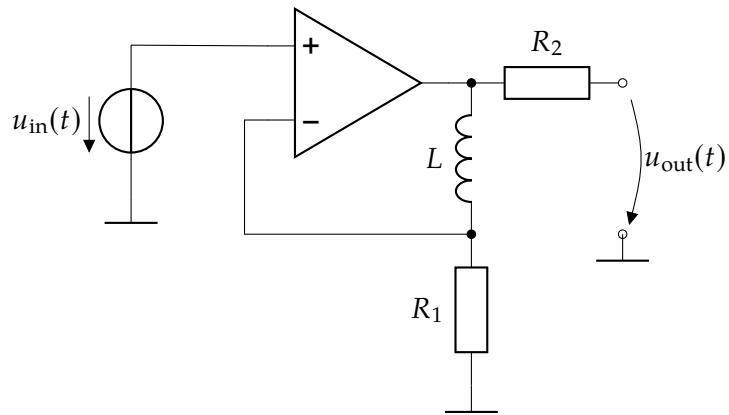


Abbildung 10

**Lösung:**

### c) Analyse (10 Punkte)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 11a. Abbildung 11b zeigt den zeitlichen Verlauf der Eingangsspannung  $u_{in}(t)$ . Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung  $u_{out}(t)$  im Diagramm in Abbildung 11c, und erläutern Sie Ihren Lösungsweg. Betrachten Sie sowohl den Operationsverstärker als auch die Diode als *ideal*, für die Diode gelte also  $i_D = 0 \text{ A}$  in Sperrrichtung, und  $u_D = 0 \text{ V}$  in Durchlassrichtung.

**Hinweis:** Führen Sie eine Fallunterscheidung entsprechend der beiden Betriebsmodi der Diode durch.

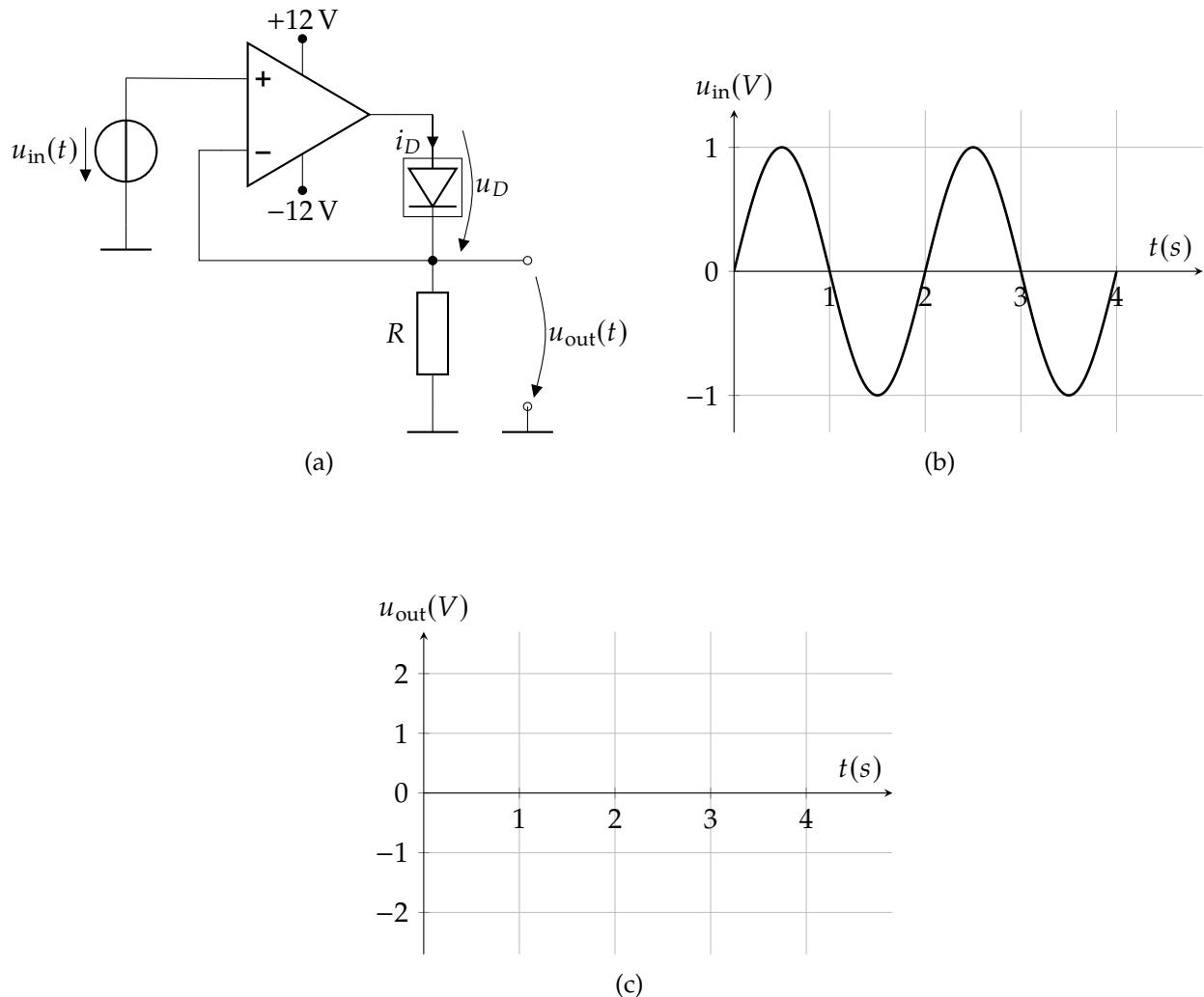


Abbildung 11

**Lösung:**