

# 3. Klausur

## Grundlagen der Elektrotechnik I

### 11. Februar 2002

Name: .....

Vorname: .....

Matr.-Nr.: .....

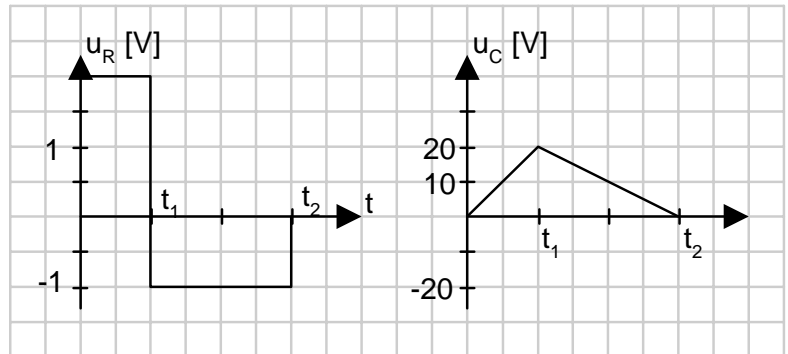
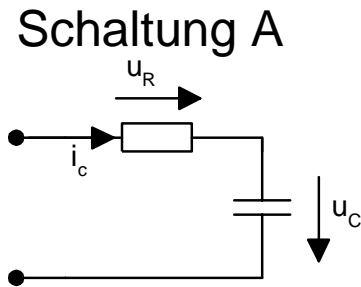
Bearbeitungszeit: 90 Minuten

- ➡ Trennen Sie den Aufgabensatz **nicht** auf.
- ➡ Benutzen Sie für die Lösung der Aufgaben **nur** das mit diesem Deckblatt ausgeteilte Papier. **Lösungen, die auf anderem Papier geschrieben werden, können nicht gewertet werden.** Schreiben Sie Ihre Lösung auch auf die Rückseiten der Blätter! Weiteres Papier kann bei den Tutoren angefordert werden.
- ➡ Schreiben Sie deutlich! Doppelte, unleserliche oder mehrdeutige Lösungen können nicht gewertet werden.
  - ➡ Schreiben Sie **nicht** mit Bleistift!
  - ➡ Schreiben Sie nur in **blau** oder **schwarz**!

# 1. Aufgabe (5 Punkte): Zeitlicher Verlauf der Spannung an Kondensator und Spule

## 1.1. Kondensatorspannung (2,5 Punkte)

Gegeben ist folgendes Schaltbild und die über dem Widerstand  $R$  gemessene Spannung  $u_R$ .



$$R = 1k\Omega, C = 100nF, t_1 = 1ms, t_2 = 3ms, u_C(t = 0) = 0$$

Berechnen Sie den Verlauf der Kondensatorspannung  $u_C(t)$  für Schaltung A und zeichnen Sie die Spannung in das Diagramm ein!

**Lösung:**

$$R = \frac{U}{I} \tag{1}$$

$$i_R = \frac{u_R}{R} = i_C = i \tag{2}$$

$$i_{R1} = \frac{u_{R1}}{R} = \frac{2V}{1k\Omega} = 2mA, \quad \text{für } 0 \leq t \leq t_1 \tag{3}$$

$$i_{R2} = \frac{u_{R2}}{R} = \frac{-1V}{1k\Omega} = -1mA, \quad \text{für } t_1 \leq t \leq t_2 \tag{4}$$

(0, 5 Punkte) für die Berechnung von  $i_{R1}$  und  $i_{R2}$

$$i_C = C \frac{du_C}{dt} \quad (5)$$

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt + U_{C0} \quad (6)$$

für  $0 \leq t \leq t_1$ :  $u_{C1}(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i_{C1} d\tau + U_{C0} \quad (7)$

$$U_{C0} = u_C(t = 0), \quad (8)$$

$$i_{C1} = 2mA = \text{const.} \quad (9)$$

$$u_{C1}(t) = \frac{i_{C1}}{C} t + 0 = 2 \cdot 10^4 V s^{-1} \cdot t + 0V \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (10)$$

für  $t_1 \leq t \leq t_2$ :  $u_{C2}(t) = \frac{1}{C} \int_{t_1}^t i_{C2} d\tau + U_{C0} \quad (11)$

$$U_{C0} = u_C(t = t_1), \quad (12)$$

$$i_{C2} = -1mA = \text{const.} \quad (13)$$

$$u_{C2}(t) = \frac{i_{C2}}{C} (t - t_1) + \frac{i_{C1}}{C} t_1 \quad (14)$$

$$= \frac{i_{C2}}{C} t + \frac{i_{C1}}{C} t_1 - \frac{i_{C2}}{C} t_1 \quad (15)$$

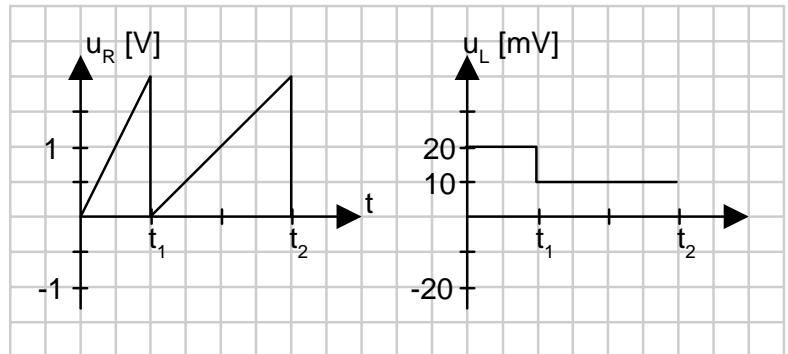
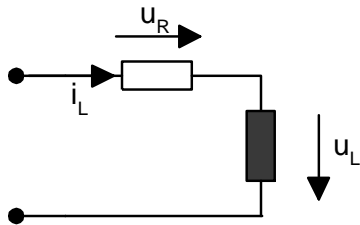
$$= \frac{i_{C2}}{C} t + \frac{(i_{C1} - i_{C2})}{C} t_1 \quad (16)$$

$$= -1 \cdot 10^4 V s^{-1} \cdot t + 30V \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (17)$$

Punkte jeweils für Formel und Diagramm

**1.2. Spannung über der Induktivität (2,5 Punkte)**

 Gegeben ist folgendes Schaltbild und die über dem Widerstand  $R$  gemessene Spannung  $u_R$ .

**Schaltung B**


$$R = 1k\Omega, L = 10mH, t_1 = 1ms, t_2 = 3ms$$

 Berechnen Sie den Verlauf der Spannung über der Induktivität  $u_L(t)$  (Schaltung B) und zeichnen Sie die Spannung in das Diagramm ein!

**Lösung:**

$$R = \frac{U}{I} \quad (18)$$

$$i_R(t) = \frac{u_R(t)}{R} = i_L = i \quad (19)$$

$$i_{R1}(t) = \frac{u_{R1}(t)}{R} = \frac{2V}{1k\Omega} t = 2 \frac{A}{s} \cdot t, \quad \text{für } 0 \leq t \leq t_1 \quad (20)$$

$$i_{R2}(t) = \frac{u_{R2}(t)}{R} = \frac{2V}{1k\Omega} (t - t_1) = 1 \frac{A}{s} \cdot (t - t_1), \quad \text{für } t_1 \leq t \leq t_2 \quad (21)$$

 (1 Punkt) für die Berechnung von  $i_{R1}$  und  $i_{R2}$ 

$$u_L(t) = L \frac{di_L}{dt} \quad (22)$$

$$\text{für } 0 \leq t \leq t_1: \quad u_{L1}(t) = L \frac{di_{R1}(t)}{dt} = L \frac{d(2 \frac{A}{s} \cdot t)}{dt} \quad (23)$$

$$= 10 \frac{Vs}{A} \cdot 2 \frac{A}{s} = 20mV = const \quad (0,5 \text{ Punkte}) \quad (24)$$

$$\text{für } t_1 \leq t \leq t_2: \quad u_{L2}(t) = L \frac{di_{R2}(t)}{dt} = L \frac{d(1 \frac{A}{s} \cdot (t - t_1))}{dt} \quad (25)$$

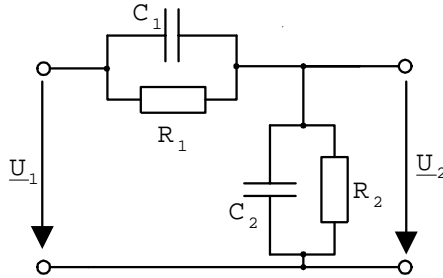
$$= 10 \frac{Vs}{A} \cdot 1 \frac{A}{s} = 10mV = const \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (26)$$

Punkte jeweils für Formel und Diagramm

## 2. Aufgabe (5 Punkte): Übertragungsfunktion und Bodediagramm

### 2.1. Übertragungsfunktion (2 Punkte)

Gegeben ist folgende Schaltung:



Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion  $\underline{V}(\omega)$  der Schaltung in Normalform!

**Lösung:**

$$\underline{V}(\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\underline{Z}_{C_2} \parallel R_2}{\underline{Z}_{C_1} \parallel R_1 + \underline{Z}_{C_2} \parallel R_2} \quad (0,5 \text{ Punkte}) \quad (27)$$

$$\text{mit: } \underline{Z}_C \parallel R = \frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot R}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{R}{1 + j\omega RC}$$

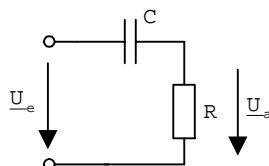
$$= \frac{\frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}}{\frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}} = \frac{R_2}{\frac{R_1 + j\omega C_2 R_2 R_1}{1 + j\omega C_1 R_1} + R_2} \quad (28)$$

$$= \frac{R_2 + j\omega C_1 R_1 R_2}{R_1 + R_2 + j\omega C_1 R_1 R_2 + j\omega C_2 R_2 R_1} = \underbrace{\frac{R_2}{R_1 + R_2}}_k \cdot \frac{1 + j\omega \overbrace{C_1 R_1}^{\tau_o}}{1 + j\omega \underbrace{(C_1 + C_2) \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}_{\tau_u}} \quad (29)$$

### 2.2. RC-Hochpass (1,5 Punkte)

Zeichnen Sie das Schaltbild eines RC-Hochpasses (bestehend aus 2 Bauelementen) und bestimmen Sie dessen Übertragungsfunktion in Normalform!

**Lösung:**



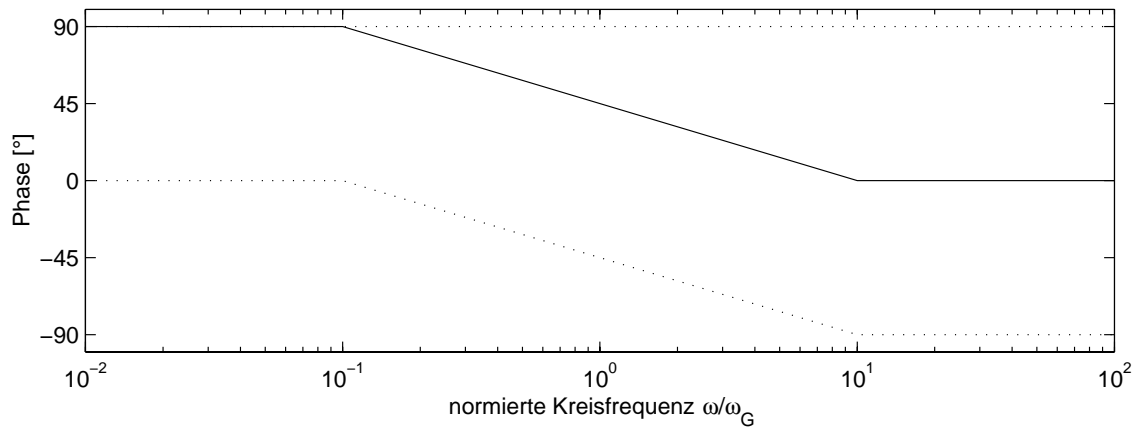
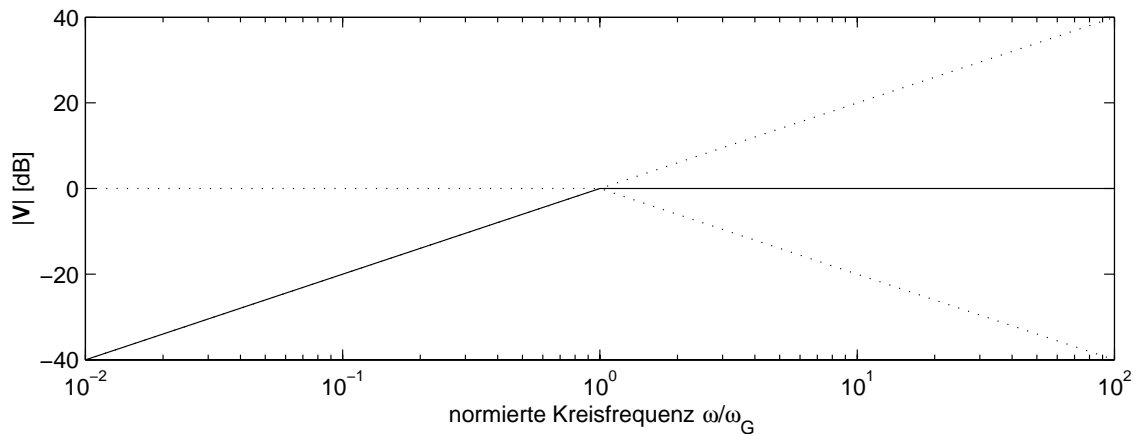
(0,5 Punkte)

Musterloesung

$$\underline{V}(\omega) = \frac{U_a}{U_e} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega \underbrace{RC}_{1/\omega_G}} \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (30)$$

### 2.3. Bodediagramm des RC-Hochpasses (1,5 Punkte)

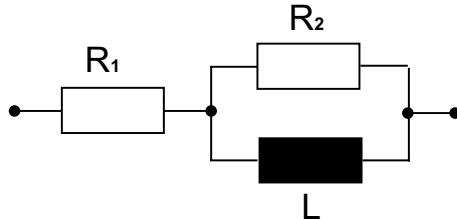
Zeichnen Sie qualitativ das Bodediagramm (asymptotisch) des RC-Hochpasses und beschriften Sie die Achsen der Diagramme!



**Vollständige Punktzahl nur bei Beschriftung von jeweils beiden Achsen im Bodediagramm**

### 3. Aufgabe (5 Punkte): Ortskurve

Gegeben ist die folgende Schaltung



$$R_1 = 50\Omega, R_2 = 100\Omega, L = 1mH$$

#### 3.1. Impedanz einer Parallelschaltung (2 Punkte)

Bestimmen Sie allgemein die Impedanz  $\underline{Z}(\omega)$ . Berechnen Sie den komplexen Widerstand für die folgende Frequenzen  $\omega_1 = 10^5 s^{-1}$  in der Form  $\underline{Z} = A + jB$ . Welcher Wert ergibt sich für den Grenzübergang  $\omega \rightarrow \infty$ .

**Lösung:**

$$\underline{Z}(\omega) = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} - j\frac{1}{\omega L}} \quad (31)$$

$$\underline{Z}(\omega_1) = 100\Omega + j \cdot 50\Omega \quad (32)$$

$$\underline{Z}(\omega \rightarrow \infty) = R_1 + R_2 = 150\Omega \quad (33)$$

#### 3.2. Ortskurve von $\underline{Z}$ (2 Punkte)

Zeichnen Sie quantitativ Ortskurve von  $\underline{Z}(\omega)$  und kennzeichnen Sie die Punkte  $\underline{Z}(\omega = 0)$ ,  $\underline{Z}(\omega_1)$  und  $\underline{Z}(\omega \rightarrow \infty)$ . Achsenbeschriftungen nicht vergessen !

**Lösung:**

s. Zeichnung

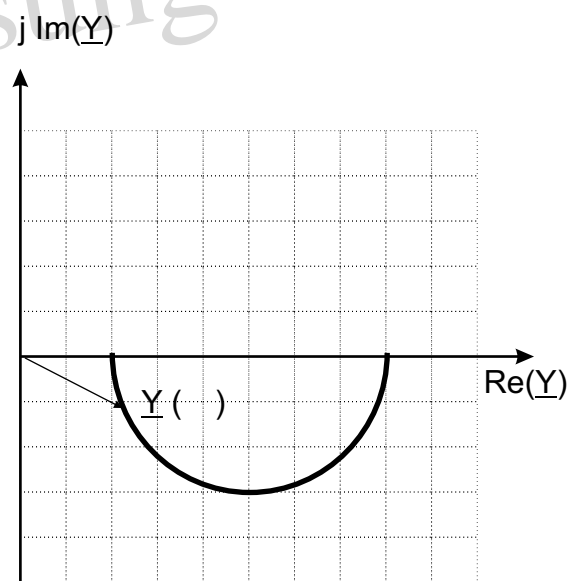
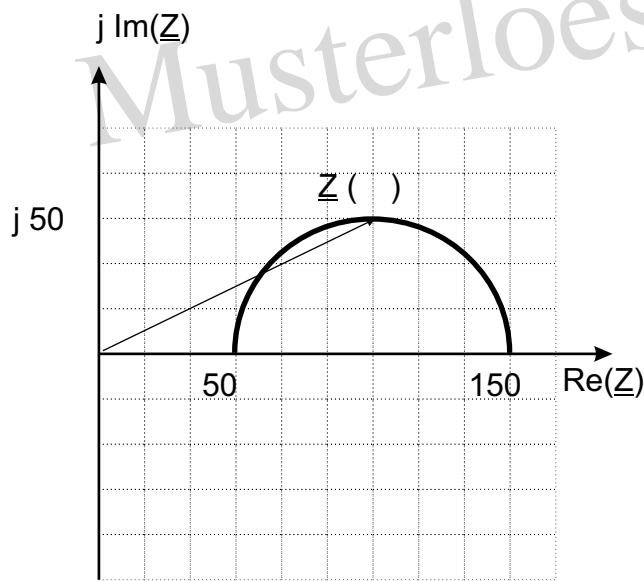
#### 3.3. Ortskurve von $\underline{Y}$ (1 Punkt)

Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurve  $\underline{Y}(\omega)$  und kennzeichnen Sie die Punkte  $\underline{Y}(\omega = 0)$ ,  $\underline{Y}(\omega_1)$  und  $\underline{Y}(\omega \rightarrow \infty)$ .

**Lösung:**

$$\underline{Y}(\omega = 0) = \frac{1}{R_1} = 20mS \quad (34)$$

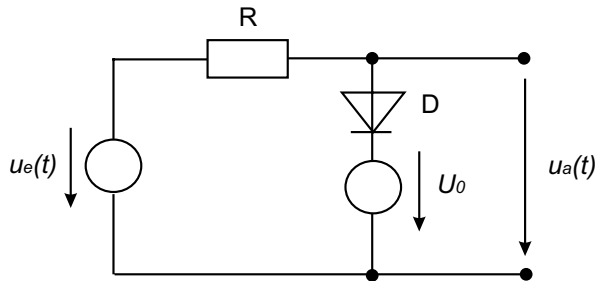
$$\underline{Y}(\omega \rightarrow \infty) = \frac{1}{R_1 + R_2} = 6,7mS \quad (35)$$



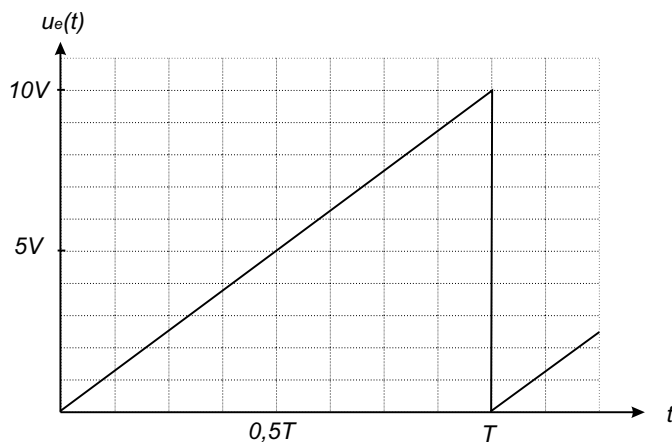


### 4. Aufgabe (5 Punkte): Dioden

Das folgende Netzwerk wird von einer Sägezahn-Spannung  $u_e(t)$  gespeist:



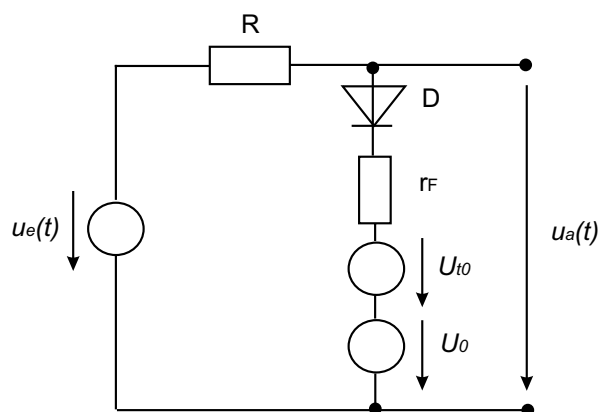
$$R = 400\Omega, U_0 = 4,2V, U_{T0} = 0,8V, r_F = 100\Omega$$



#### 4.1. Ersatzschaltbild (1 Punkt)

Zeichnen Sie das Netzwerk unter Verwendung des Ersatzschaltbildes der Diode (Hinweis  $r_R \rightarrow \infty$ ).

*Lösung:*



(36)

#### 4.2. Diodenstrom und Ausgangsspannung (2,5 Punkte)

Geben Sie die Bedingung an, unter der die Diode leitet. Geben Sie die Bestimmungsgleichungen für den Diodenstrom und die Ausgangsspannung an.

*Lösung:*

Musterloesung

$$u_e(t) \geq U_0 + U_{T0} \quad (37)$$

$$\text{Maschengleichung} \quad (38)$$

$$-u_e(t) + U_0 + U_{T0} + i_D(t)(R + r_F) = 0 \quad (39)$$

$$\text{Diodenstrom} \quad (40)$$

$$i_D(t) = \frac{u_e(t) - U_0 - U_{T0}}{R + r_F} \quad (41)$$

$$i_D(t) = -\frac{U_0 + U_{T0}}{R + r_F} + \frac{1}{R + r_F} \cdot u_e(t) \quad (42)$$

$$\text{Ausgangsspannung} \quad (43)$$

$$u_a(t) = U_0 + U_{T0} + i_D(t) \cdot r_F \quad (44)$$

$$u_a(t) = (U_0 + U_{T0}) \frac{R}{R + r_F} + \frac{r_F}{R + r_F} \cdot u_e(t) \quad (45)$$

### 4.3. Zeitverlauf der Ausgangsspannung (1,5 Punkte)

Berechnen Sie für die gegebene Eingangsspannung  $u_e(t)$  die Ausgangsspannung  $u_a(t)$  für die Zeitpunkte  $t = 0, 5T$  und  $t = T$ . Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung. Achsenbeschriftungen nicht vergessen !

**Lösung:**

$$u_a(0, 5T) = 5V \quad (46)$$

$$u_a(T) = 6V \quad (47)$$

