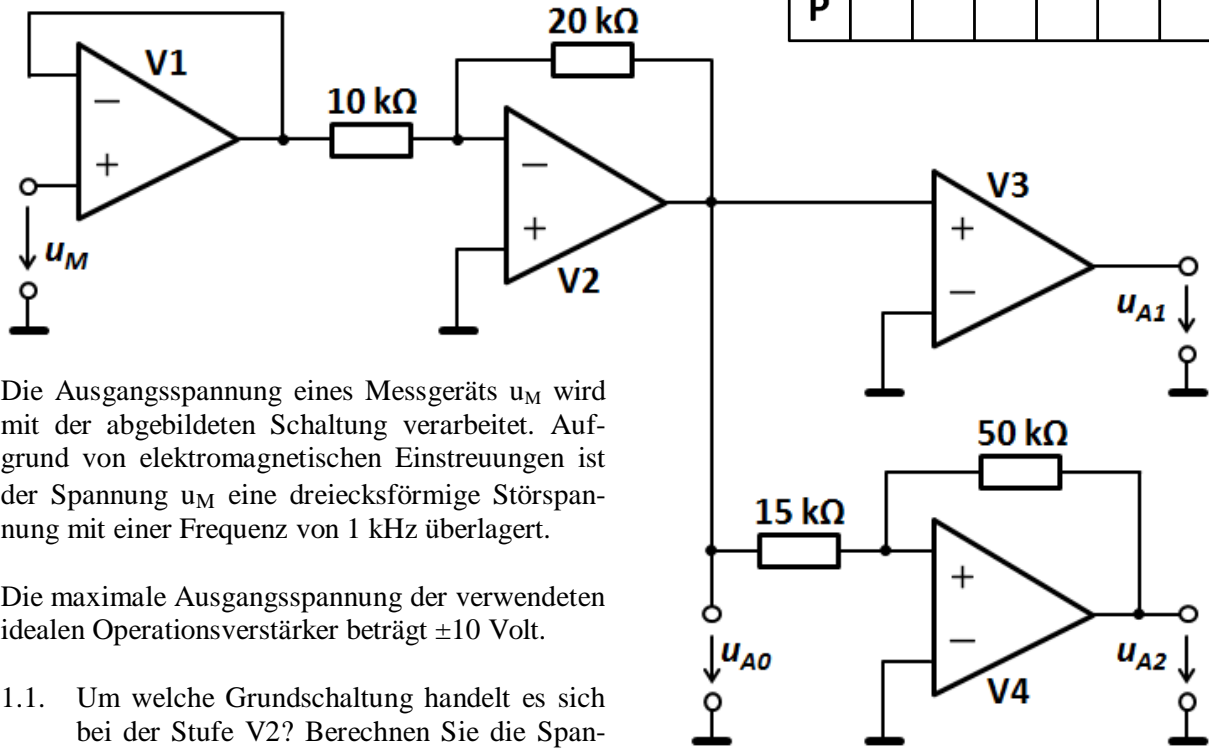


<p><b>Hochschule München</b> <b>FK 03 Fahrzeugtechnik</b></p>	<p align="center"><b>Diplomvorprüfung WS 11/12</b> <b>Fach: Elektronik, Dauer: 90 Minuten</b></p>	<p align="right">J. Gebert, P. Klein, M. Krug, T. Küpper, W. Stadler</p>
<p><b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> Taschenrechner, zwei Blatt DIN A4 eigene Aufzeichnungen</p>	<p><b>Matr.-Nr.:</b></p> <p><b>Hörsaal:</b></p>	<p><b>Name, Vorname:</b></p> <p><b>Unterschrift:</b></p>

**Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)**

<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Σ</b>	<b>N</b>
<b>P</b>						



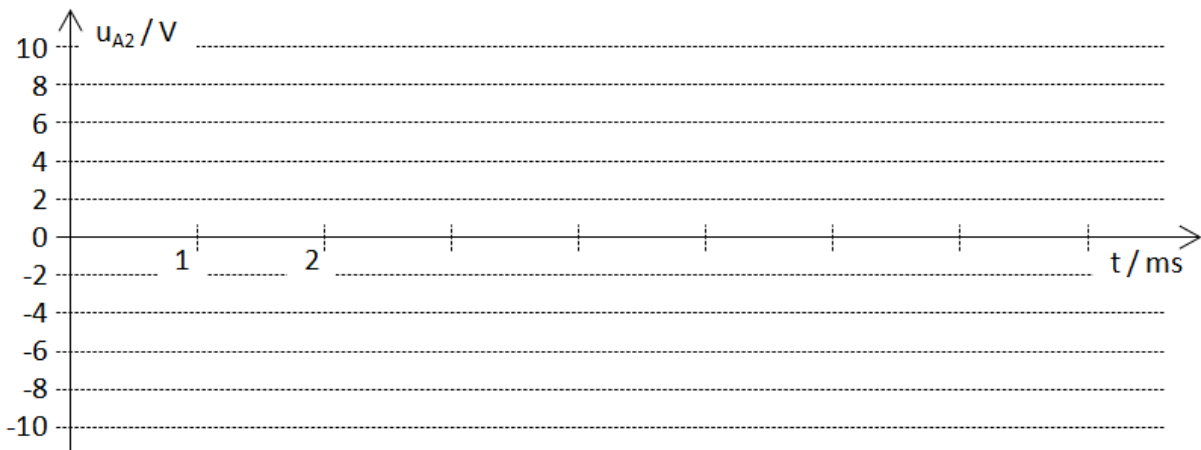
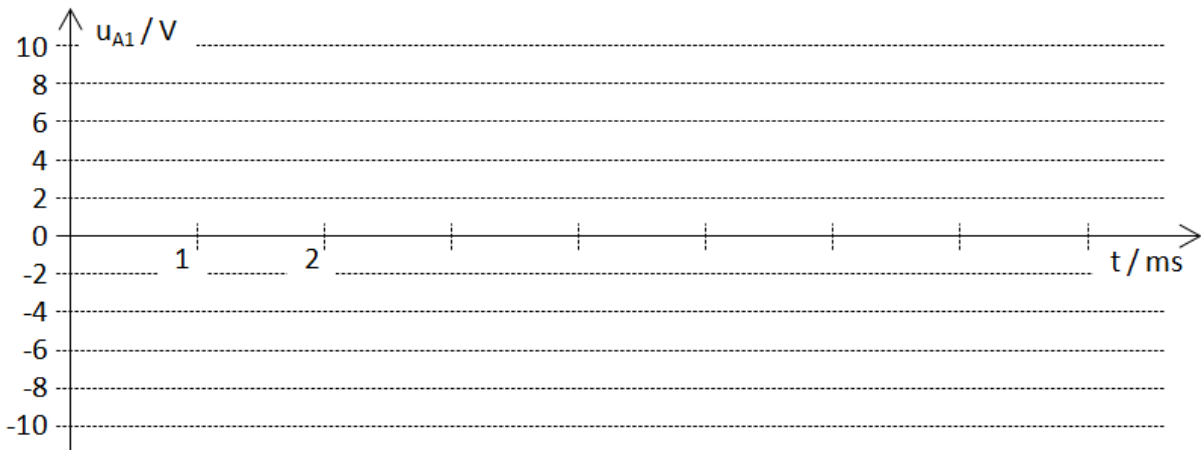
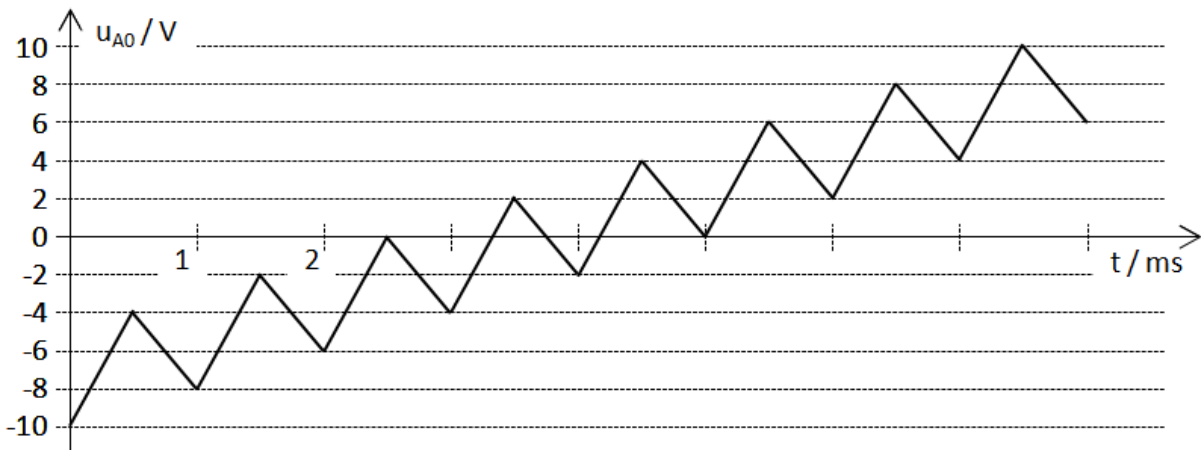
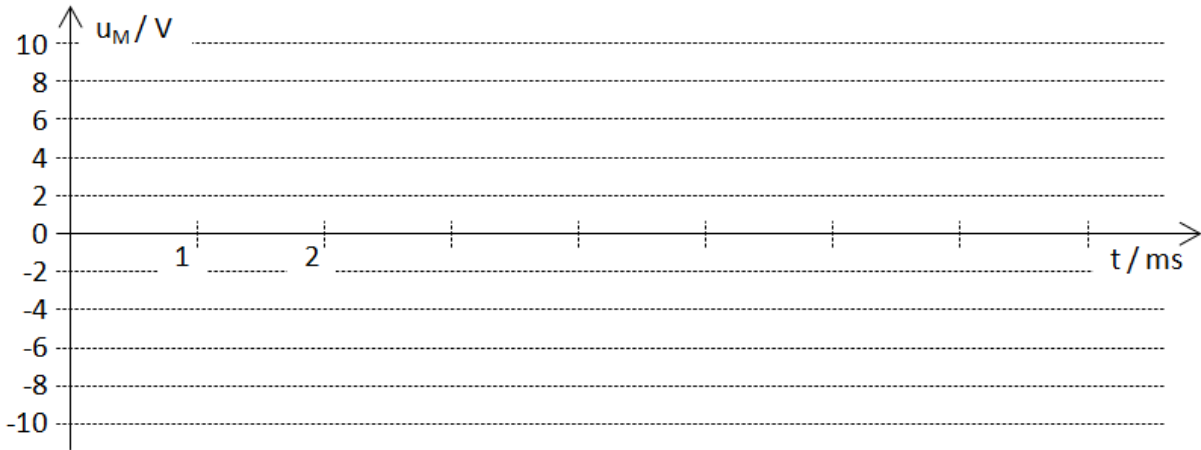
Die Ausgangsspannung eines Messgeräts  $u_M$  wird mit der abgebildeten Schaltung verarbeitet. Aufgrund von elektromagnetischen Einstreuungen ist der Spannung  $u_M$  eine dreiecksförmige Störspannung mit einer Frequenz von 1 kHz überlagert.

Die maximale Ausgangsspannung der verwendeten idealen Operationsverstärker beträgt  $\pm 10$  Volt.

- 1.1. Um welche Grundschialtung handelt es sich bei der Stufe V2? Berechnen Sie die Spannung  $u_{A0}$  als Funktion von  $u_M$ .

- 1.2. Um welche Grundschialtung handelt es sich bei der Stufe V4? Zeigen Sie die Abhängigkeit der Ausgangsspannung  $u_{A2}$  von der Spannung  $u_{A0}$  in einem Diagramm. (Hinweis: Korrekte Achsenbeschriftungen und Spannungswerte einzeichnen!)

1.3. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf von  $u_M$ ,  $u_{A1}$  und  $u_{A2}$  in das folgende Diagramm.



- 1.4. Ein mit einer Störspannung überlagertes Signal soll durch einen Komparator ausgewertet werden. Warum ist es sinnvoll, zu diesem Zweck einen Komparator mit Hysterese zu verwenden und nicht einen einfachen Komparator ohne Hysterese?

- 1.5. Nennen Sie einen typischen Einsatzfall für einen Impedanzwandler.

- 1.6. Nennen Sie drei Eigenschaften, die einen realen Operationsverstärker von einem idealen Operationsverstärker unterscheiden.

**Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)**

Die drei Schichten eines Si-Bipolartransistors sind wie folgt dotiert:

- Kollektor (C): Dotiert mit  $1 \cdot 10^{14}$  P-Atomen/cm<sup>3</sup>
- Basis (B): Dotiert mit  $1 \cdot 10^{14}$  P-Atomen/cm<sup>3</sup> und  $5 \cdot 10^{15}$  B-Atomen/cm<sup>3</sup>
- Emitter (E): Dotiert mit  $1 \cdot 10^{14}$  P-Atomen/cm<sup>3</sup>,  $5 \cdot 10^{15}$  B-Atomen/cm<sup>3</sup> und  $1 \cdot 10^{18}$  As-Atomen/cm<sup>3</sup>

Hinweis: Phosphor- (P) und Arsen-Atome (As) haben fünf, Bor-Atome haben drei Valenzelektronen. Es gilt:  $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}$  cm<sup>-3</sup>,  $\mu_n = 1350$  cm<sup>2</sup>/Vs,  $\mu_p = 480$  cm<sup>2</sup>/Vs, Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

2.1.1. Um welchen Bipolartransistor-Typ (npn oder pnp) handelt es sich? (Begründung erforderlich!)

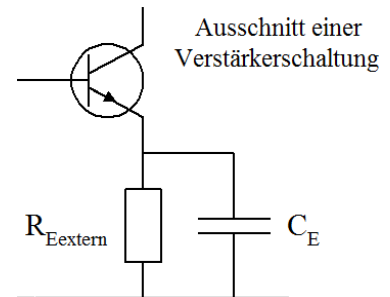
2.1.2. Berechnen Sie die Elektronendichte  $n_0$  und die Löcherdichte  $p_0$  in den einzelnen Schichten Kollektor, Basis sowie Emitter.

2.1.3. Berechnen Sie den Emitterwiderstand  $R_E$ , wenn die Emitterfläche  $A = 100 \mu\text{m}^2$  und die Emitter-schichtdicke (entspricht der Länge von  $R_E$ )  $5 \mu\text{m}$  beträgt. (Ersatzwert:  $R_E = 2,5 \Omega$ )

- 2.1.4. Welcher Spannungsabfall ergibt sich im Bereich des Emitters, wenn im Betrieb ein Emitterstrom von 20mA fließt?

- 2.2. Warum ist die Schichtdicke der Basis bei Bipolartransistoren immer sehr klein (dünne Basis)?

- 2.3.1 Wozu wird in Verstärkerschaltungen (vgl. Skizze) ein zusätzlicher (externer) ohmscher Widerstand am Emitter  $R_{\text{Extern}}$  eingesetzt?

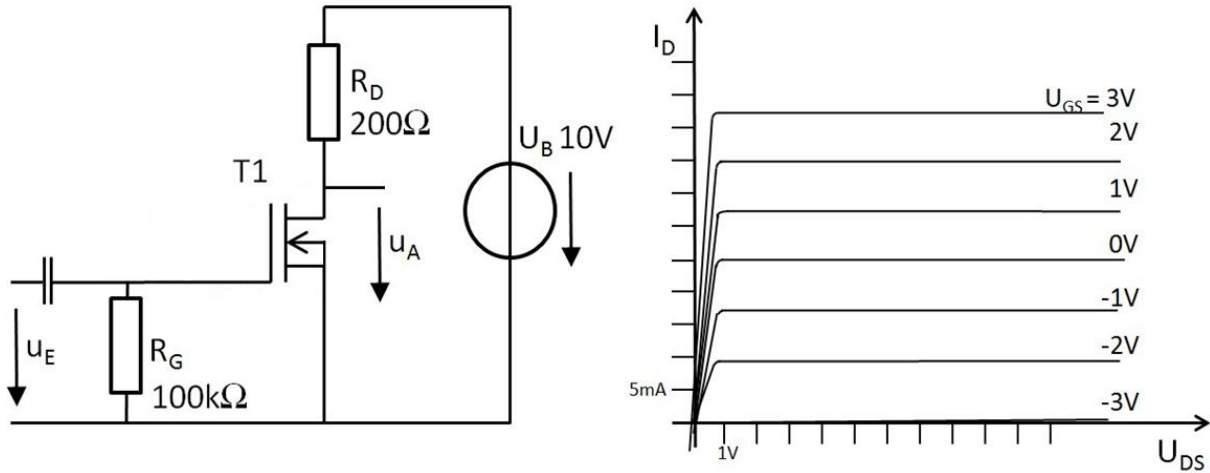


- 2.3.2 Was bewirkt die zu diesem Widerstand parallel geschaltete Kapazität  $C_E$ ?

- 2.4. Warum funktionieren Halbleiterbauelemente (Dioden, Transistoren usw.) aus Silizium nicht mehr, wenn man sie auf mehr als ca. 150°C erwärmt? Beschreiben Sie die Wirkung der Temperaturerhöhung auf die unterschiedlichen Ladungsträgerkonzentrationen im Halbleiter!

**Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)**

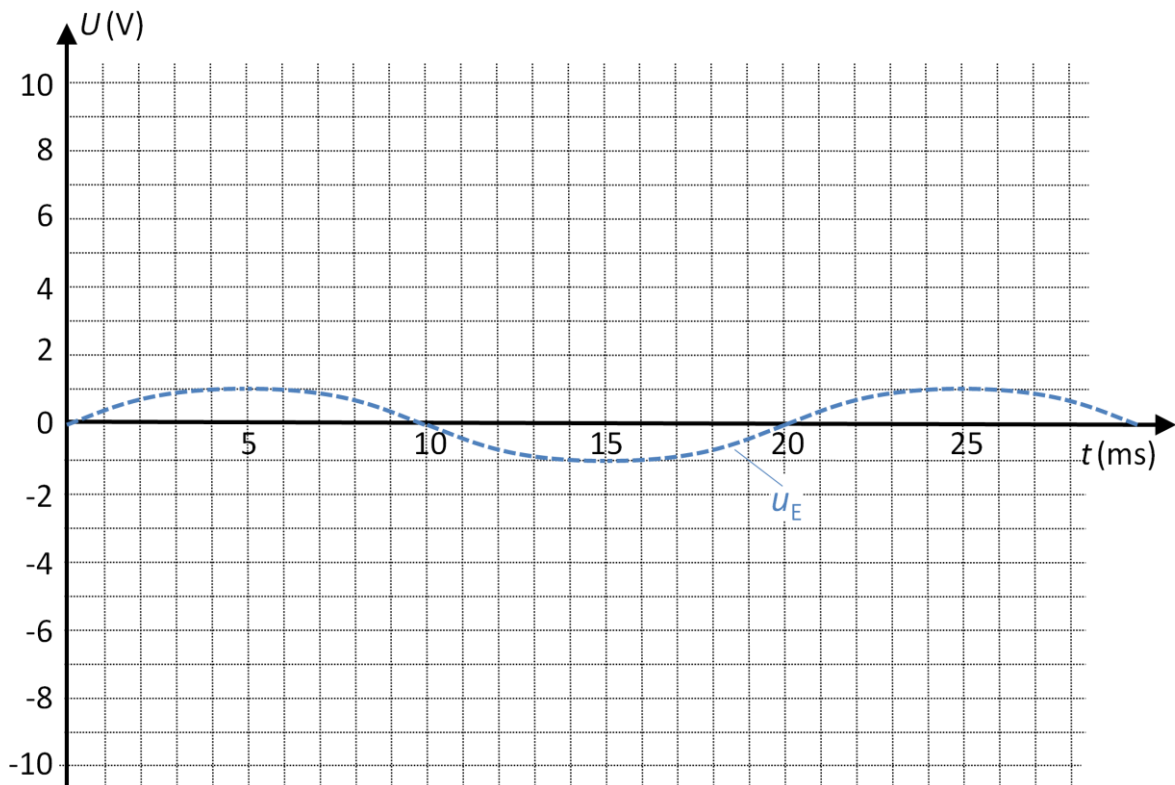
In untenstehender Schaltung wird ein Feldeffekt-Transistor in einer Verstärkerschaltung verwendet. Die Dimensionierung der Schaltung kann dem Schaltplan entnommen werden.



- 3.1 Zeichnen Sie die Arbeitsgeraden **und den Arbeitspunkt** des Transistors in das Ausgangskennlinienfeld ein.
- 3.2. Bestimmen Sie die Steilheit  $S$  in der Umgebung des Arbeitspunkts aus dem Diagramm und berechnen Sie daraus den Verstärkungsfaktor  $v$ .



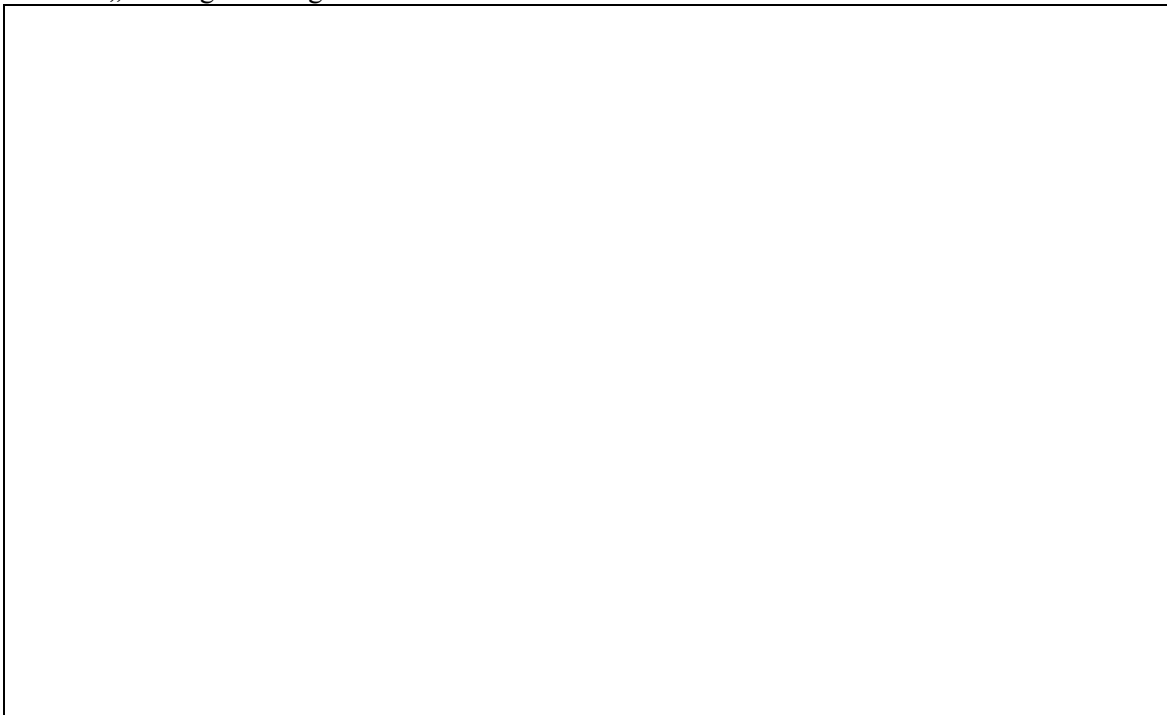
- 3.3.  $u_E$  habe den unten angegebenen sinusförmigen Verlauf. Zeichnen Sie in dasselbe Diagramm möglichst genau den Verlauf von  $u_A$  ein.



- 3.4. Der Transistor T1 wird nun durch einen n-Kanal-Anreicherungstyp ersetzt. Zeichnen Sie **qualitativ** für diese Schaltungsänderung  $u'_A$  in obenstehendes Diagramm ein.
- 3.5. Ergänzen Sie obigen Schaltplan mit einem oder mehreren Widerständen, um bei Verwendung eines n-Kanal-Anreicherungstyp für T1 einen qualitativ gleichen Verlauf wie unter 3.3. für  $u_A$  zu erhalten. (Hinweis: Die Widerstandswerte müssen nicht angegeben bzw. berechnet werden.)
- 3.6. Skizzieren Sie den inneren Aufbau eines n-Kanal-Anreicherungs-MOSFETs. In Ihrer Zeichnung sollen die unterschiedlichen Halbleiterbereiche im Inneren des Transistors dargestellt werden und auch die drei Anschlüsse (inkl. deren Namen).

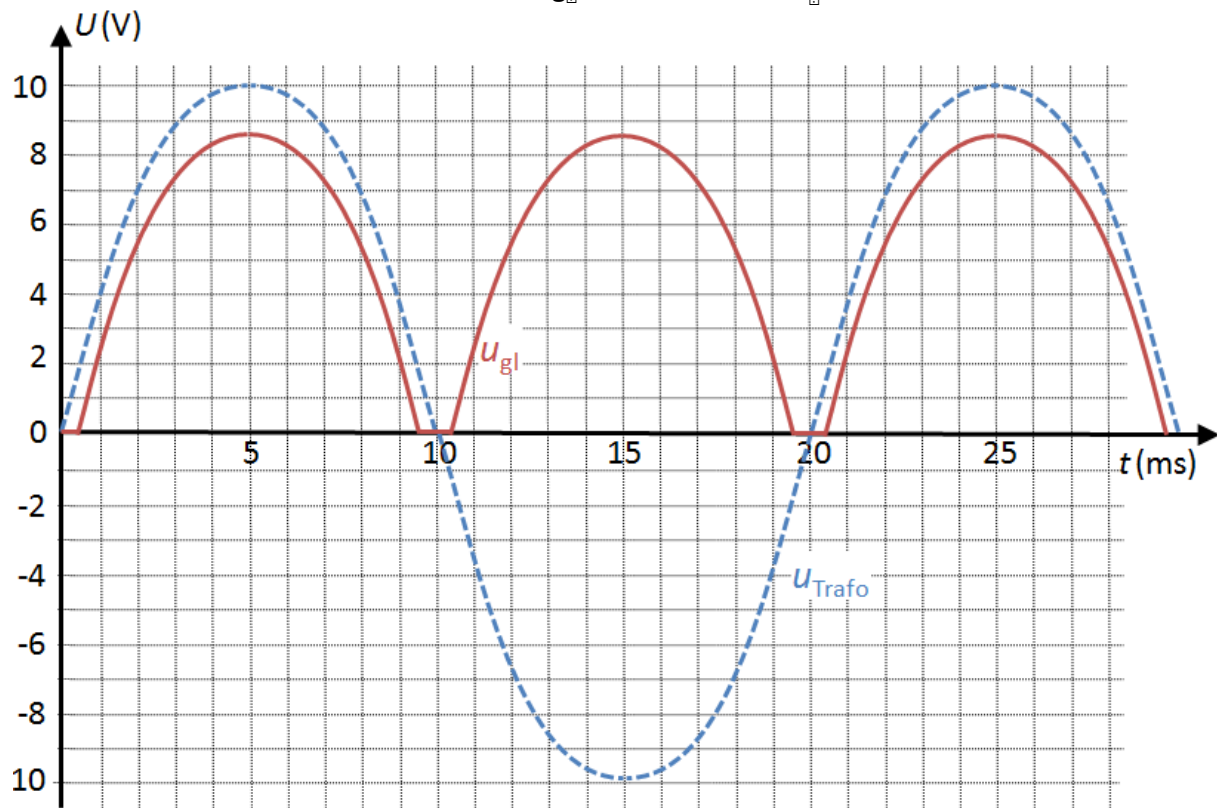
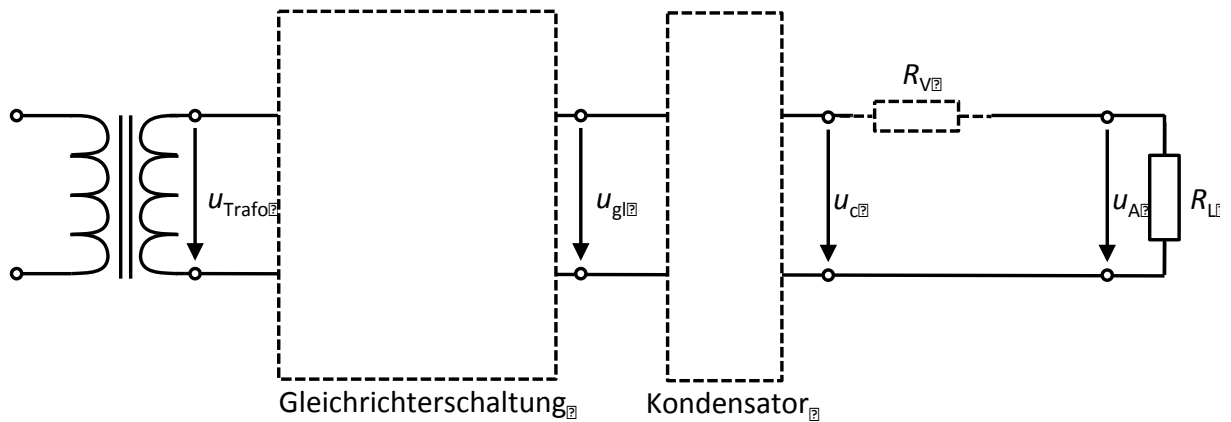


- 3.7. Erläutern Sie, warum MOSFETs – im Gegensatz zu Bipolartransistoren – an ihrem Eingang nahezu „leistungslos“ angesteuert werden können.



**Aufgabe 4 (ca. 15 Punkte)**

Es soll schrittweise ein Netzteil aufgebaut werden, das aus einem Netztransformator eine stabilisierte Ausgangsspannung erzeugt. Das Netzteil besteht aus einem Transformator, einer Gleichrichterschaltung mit Glättungskondensator zur Erzeugung einer geglätteten Gleichspannung und einer Zenerdiodenschaltung zur Spannungsstabilisierung.

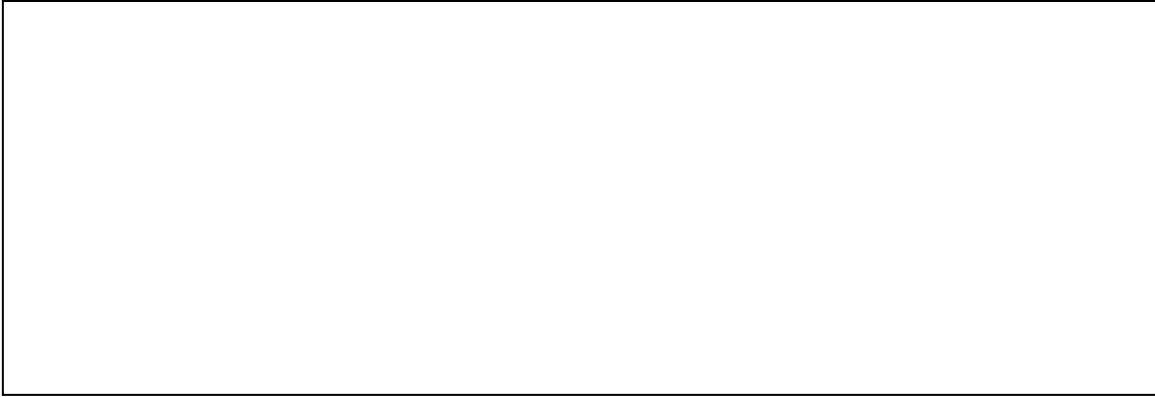


4.1. **Zunächst sind Glättungskondensator, Zenerdiode und die Last noch nicht angeschlossen.**

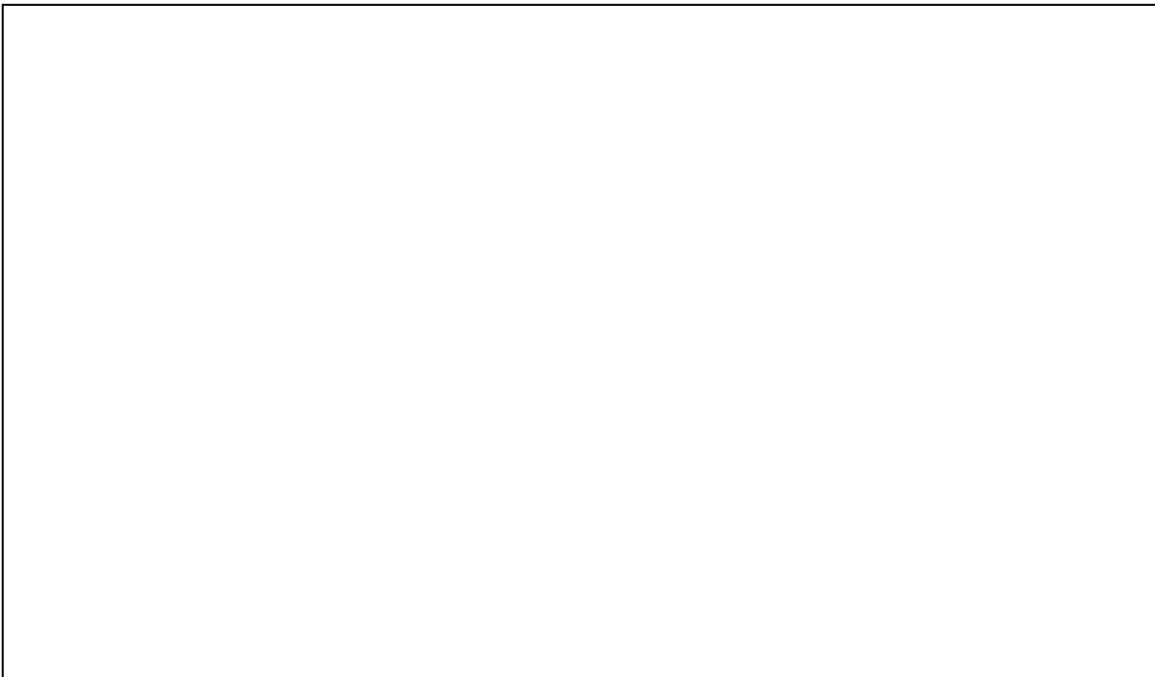
Der Transformator liefert auf der Sekundärseite eine sinusförmige Wechselspannung  $u_{\text{Trafo}}$  von  $\hat{U}_{\text{Trafo}} = 10.0 \text{ V}$  (siehe Spannungsverlauf im Diagramm). Hinter der Gleichrichterschaltung ergibt sich der im Diagramm eingezeichnete Spannungsverlauf  $u_{\text{gl}}$ . Zeichnen Sie in das Schaltbild eine Schaltung aus Dioden ein, die  $u_{\text{Trafo}}$  zu  $u_{\text{gl}}$  gleichrichtet. Es stehen Dioden zur Verfügung, die jeweils eine Schwellenspannung von  $0,7 \text{ V}$  aufweisen. Begründen Sie Ihre Lösung!



- 4.2. Die unbelastete Spannung ( $R_V = 0$ ,  $R_L \rightarrow \infty$ ) wird nun durch einen Kondensator geglättet. Zeichnen Sie den Kondensator in das Schaltbild und den sich ergebenden Spannungsverlauf hinter dem Kondensator  $u_C$  in das Diagramm! Zum Zeitpunkt  $t = 0$  sei der Kondensator **vollständig entladen**. (Hinweis: Der Innenwiderstand des Trafos sowie die differentiellen Widerstände der Dioden werden vernachlässigt.)
- 4.3. Die Schaltung wird nun durch einen Verbraucher belastet, der näherungsweise durch einen Widerstand  $R_L$  mit  $20 \Omega$  dargestellt werden kann ( $R_V = 0$ ). Berechnen Sie die Größe des Kondensators, wenn die Spannung an  $R_L$  zu keinem Zeitpunkt unter  $7,0 \text{ V}$  fallen darf. Zeichnen Sie den Spannungsverlauf  $u_{CR}$  der belasteten Schaltung in das Diagramm ein.



- 4.4. Die Spannung an der Last soll durch eine Zenerdiode ( $U_{Z0} = 4,5 \text{ V}$ ,  $r_Z = 2 \Omega$ ) und einen Vorwiderstand  $R_V = 10 \Omega$  stabilisiert werden. Zeichnen Sie **das lineare Ersatzschaltbild** der Zenerdiode (im Durchbruchbereich) an der geeigneten Stelle in die Schaltung. Berechnen Sie die Ausgangsspannungen  $u_A$  für  $u_C = 8,6 \text{ V}$  und für  $u_C = 7,0 \text{ V}$  (es ist weiterhin  $R_L = 20 \Omega$ ).



- 4.5 Wie groß ist in diesem Fall der Glättungsfaktor  $G$  der Stabilisierungsschaltung?



\*\*\*\*\*

***Viel Erfolg!***

\*\*\*\*\*