

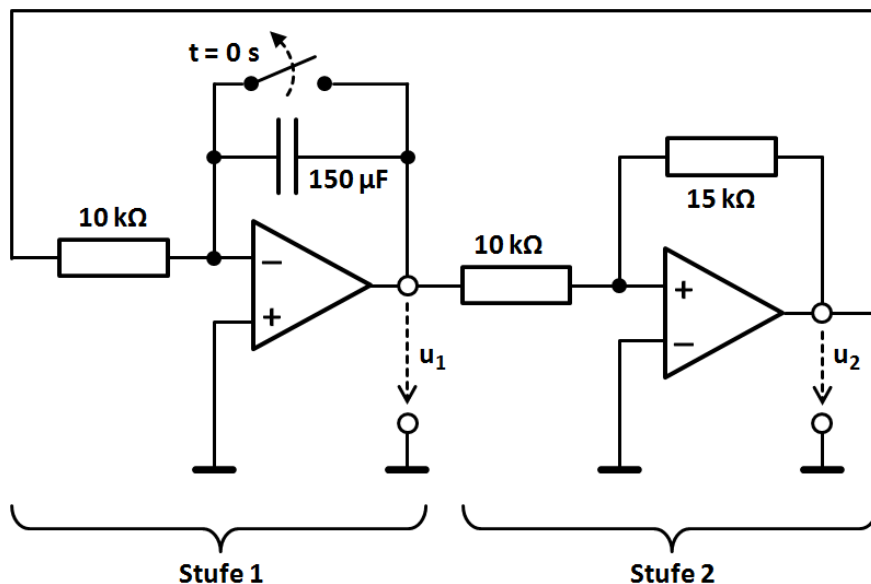
<b>Hochschule München FK 03 Maschinenbau</b>	<b>Diplomprüfung SS 2012 Elektronik/Mikroprozessortechnik</b>	J. Gebert, P. Klein, M. Krug, T. Küpper, W. Stadler
<b>Dauer: 90 Minuten</b>	<b>Matr.-Nr.:</b>	<b>Name, Vorname:</b>
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> alle eigenen	<b>Hörsaal:</b>	<b>Unterschrift:</b>

**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 abgebildete Schaltung besteht aus zwei Stufen. Die Ausgangsspannung der ersten Stufe ( $u_1$ ) ist zugleich die Eingangsspannung der zweiten Stufe. Die Ausgangsspannung der zweiten Stufe ( $u_2$ ) ist zugleich die Eingangsspannung der ersten Stufe.

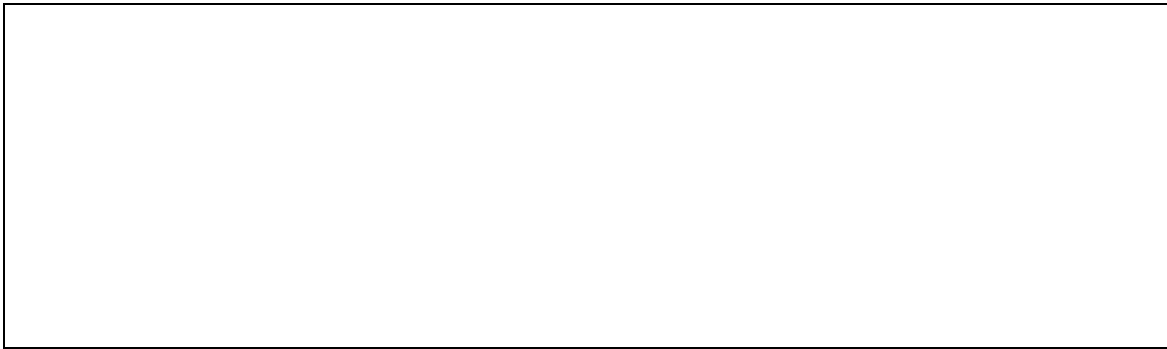
Bei den Operationsverstärkern handelt es sich um ideale Operationsverstärker mit einer maximalen Ausgangsspannung von  $\pm 15$  Volt. Der Schalter wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  s geöffnet (vorher ist er geschlossen und daher der Kondensator nicht geladen).



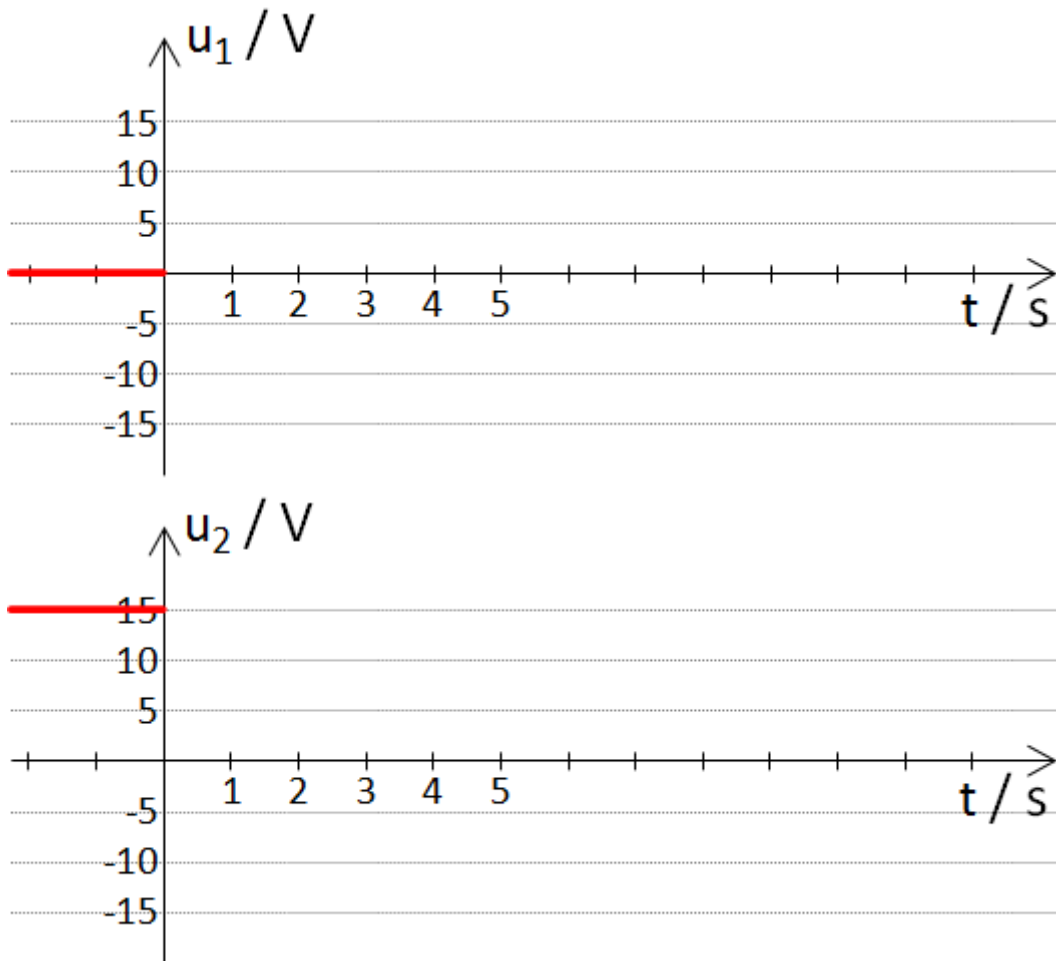
- 1.1. Nennen Sie drei Eigenschaften, in denen sich ideale Operationsverstärker von realen Operationsverstärkern unterscheiden.

- 1.2. Markieren Sie den „virtuellen Massepunkt“, der sich in der abgebildeten Schaltung befindet.
- 1.3. Um welche Grundschaltung handelt es sich bei der ersten Stufe? Berechnen Sie die Ausgangsspannung  $u_1$  als Funktion der Eingangsspannung  $u_2$ .

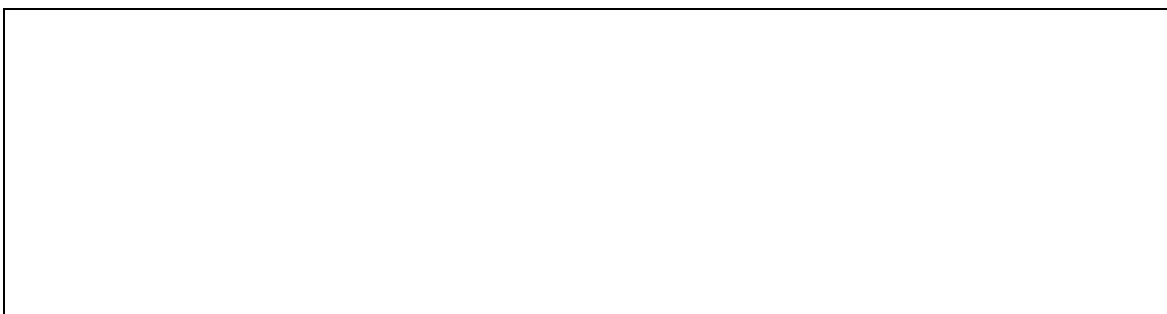
- 1.4. Um welche Grundschialtung handelt es sich bei der zweiten Stufe? Zeigen Sie die Abhängigkeit der Ausgangsspannung  $u_2$  von der Eingangsspannung  $u_1$  in einem Diagramm. (Hinweis: Korrekte Achsenbeschriftungen und Spannungswerte einzeichnen!)



- 1.5. Zeichnen Sie den Verlauf der Spannungen  $u_1$  und  $u_2$  in das folgende Diagramm.

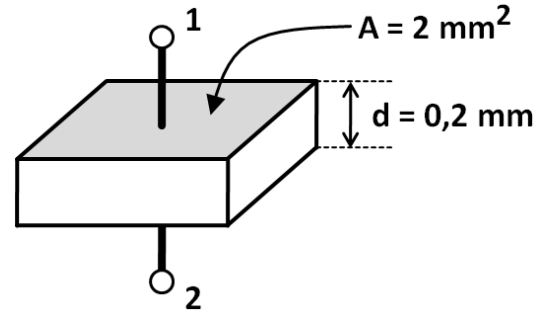


- 1.6. Der stabile Zustand  $u_1 = u_2 = 0$  Volt (bei geöffnetem Schalter) ist zwar theoretisch möglich, allerdings praktisch nicht realisierbar. Erläutern Sie, warum dieser stabile Zustand in der Praxis nicht beobachtet wird.



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

- 2.1. Das in der Abbildung skizzierte Halbleiterplättchen hat bei  $T = 300\text{ K}$  eine Eigenleitungsdichte  $n_i = 2,33 \cdot 10^{13}\text{ cm}^{-3}$ . Berechnen Sie den aus der Eigenleitungsdichte folgenden spezifischen Widerstand  $\rho$  sowie den ohmschen Widerstand  $R$  des Plättchens. ( $\mu_n = 3900\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 1900\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}$ ).

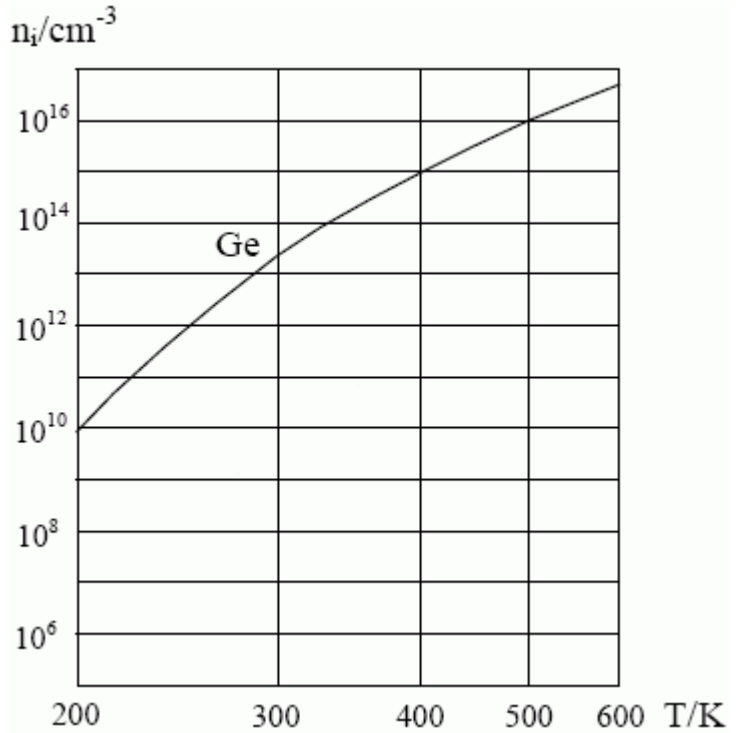


- 2.2. Zwischen den Anschlüssen 1 und 2 wird eine konstante Spannung von 10 Volt angelegt und der Strom gemessen, der durch das Halbleiterplättchen fließt. Wie ändert sich der Stromfluss, falls das Plättchen...

- ...erwärmt wird:  mehr Strom  weniger Strom  unverändert  
 ...mit einem Donator dotiert wird:  mehr Strom  weniger Strom  unverändert  
 ...mit einem Akzeptor dotiert wird:  mehr Strom  weniger Strom  unverändert  
 ...mit einem Laser beleuchtet wird:  mehr Strom  weniger Strom  unverändert

- 2.3. Das Halbleiterplättchen wird mit einem Donator der Dichte  $N_D = 1 \cdot 10^{16}\text{ cm}^{-3}$  dotiert. Wie groß ist nun der spezifische Widerstand  $\rho$  und der ohmsche Widerstand  $R$  des dotierten Halbleiterplättchens bei Zimmertemperatur ( $T = 300\text{ K}$ )?

- 2.4. Das nebenstehende Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Temperatur  $T$  und Eigenleitungsdichte  $n_i$  des verwendeten Halbleiters. Warum steigt die Eigenleitungsdichte bei einer Erhöhung der Temperatur (kurze Begründung)?



- 2.5. Für die korrekte Funktion von Halbleiterbauelementen (Dioden, Transistoren...) ist es notwendig, dass die Eigenleitungsdichte klein im Vergleich zur Akzeptor- bzw. Donatordichte bleibt. Bei welcher Temperatur  $T$  erreicht die Eigenleitungsdichte des dotierten Halbleiterplättchens 10% der Donatordichte?

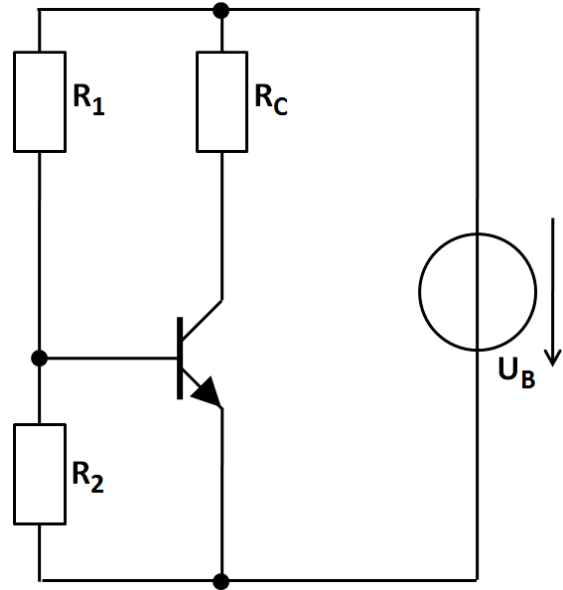
- 2.6. Das dotierte Halbleiterplättchen aus Unterpunkt 2.3 ( $N_D = 1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ) wird auf  $T = 500 \text{ K}$  erhitzt. Wie groß ist nun die Eigenleitungsdichte? Wie groß ist die Dichte der freien Elektronen  $n_0$  und der Löcher  $p_0$ ?

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

Ein Transistor soll bei einer Betriebsspannung von  $U_B = 12.0V$  als Wechselspannungsverstärker betrieben werden. Folgende Werte sind bekannt:

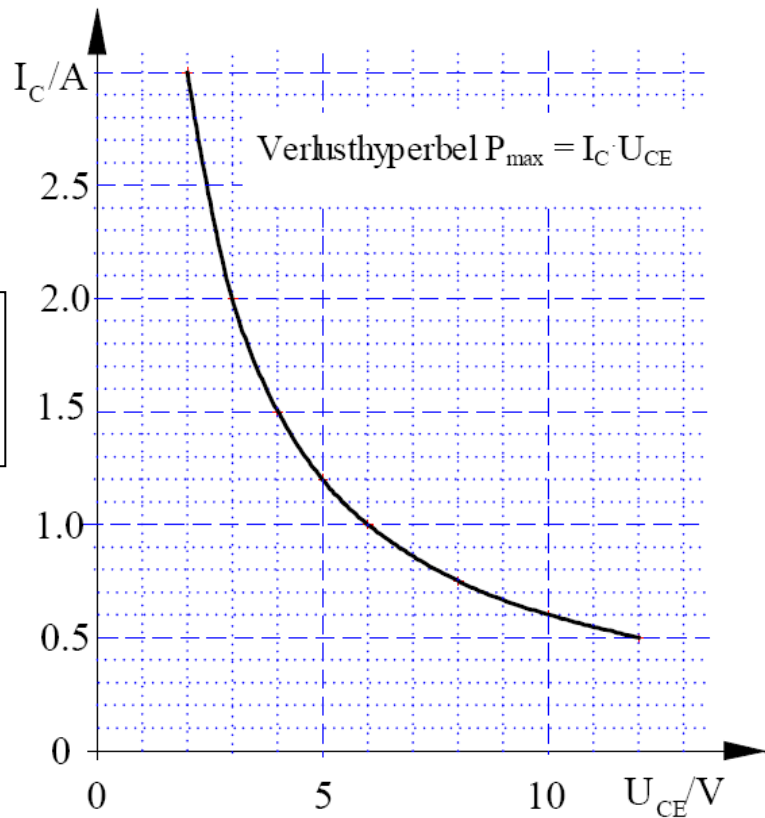
- Max. Verlustleistung  $P_{max} = 6,0W$
- $B = 120$ ,  $\beta = 80$
- Diff. Basiswiderstand  $r_{BE} = 2,5\Omega$
- Basis-Emitter-Schwellenspannung  $U_S = 0,64V$

- 3.1. Skizzieren Sie den inneren Aufbau (die unterschiedlichen Halbleiterbereiche) des hier verwendeten Transistortyps. Zeichnen Sie auch die Anschlüsse des Transistors und deren Bezeichnungen (keine Abkürzungen!) in Ihre Skizze.



- 3.2. Ergänzen Sie die abgebildete Schaltung entsprechend mit Wechselspannungsquelle  $u_E$  und ggf. weiteren Komponenten so, dass der Arbeitspunkt der Schaltung erhalten bleibt und am Ausgang eine reine Wechselspannung anliegt. Markieren Sie auch die Punkte, zwischen denen die Ausgangsspannung  $u_A$  anliegt.
- 3.3. Dimensionieren Sie den Widerstand  $R_C$  so, dass er im Arbeitspunkt (bei  $U_B/2$ ) eine Leistung von  $P = 4.8 W$  aufnimmt.

- 3.4. Zeichnen Sie in das nebenstehende Diagramm die Arbeitsgerade ein. Markieren Sie den Arbeitspunkt. Welche Werte nehmen  $U_{CE}$  und  $I_C$  im Arbeitspunkt an?



- 3.5. Zeichnen Sie das lineare Ersatzschaltbild der Basis-Emitterdiode und tragen Sie alle Größen ein. Berechnen Sie die nötige Basis-Emitterspannung  $U_{BE}$  zur Einstellung des gewählten Arbeitspunktes.

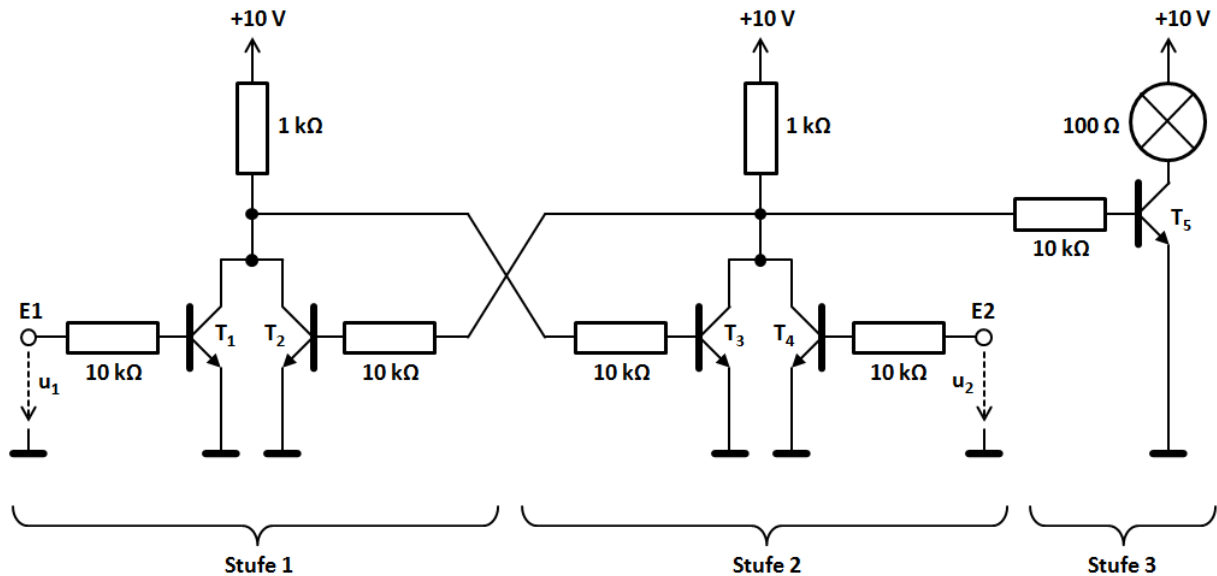
- 3.6. Dimensionieren Sie den Spannungsteiler aus  $R_1$  und  $R_2$  so, dass der Strom, der durch  $R_2$  fließt, 20 mal so groß ist wie der Basisstrom.

- 3.7. Berechnen Sie den Verstärkungsfaktor dieses Wechselspannungsverstärkers.

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

**Hinweis: Der Unterpunkt 4.6 kann unabhängig vom Rest dieser Aufgabe gelöst werden!**

Die folgende Digitaltechnik-Schaltung ist aus einzelnen Transistoren und Widerständen aufgebaut. Je nach Zustand der Schaltung wird ein Lämpchen ein- oder ausgeschaltet. Die Spannungs- und Widerstandswerte sind so gewählt, dass die Transistoren entweder vollkommen aus- oder eingeschaltet (gesättigt) sind.



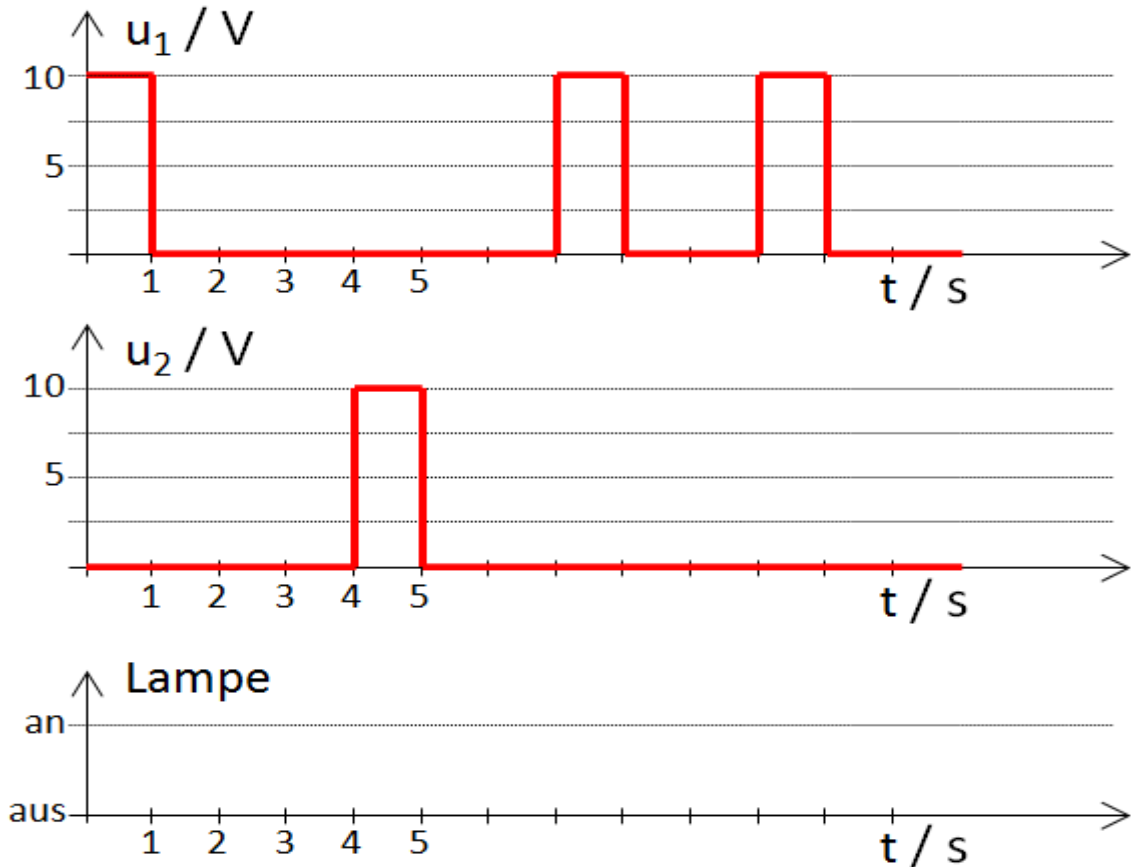
- 4.1. Welche logische Funktion wird durch die Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  (Stufe 1) gebildet?

- 4.2. Welche logische Funktion wird durch die Transistoren  $T_3$  und  $T_4$  (Stufe 2) gebildet?

- 4.3. Zeichnen Sie die Stufen 1 und 2 mit Logikgattern (anstatt mit einzelnen Transistoren und Widerständen). Zeichnen Sie alle erforderlichen Verbindungen zwischen den Gattern und auch die Eingänge E1 und E2. **Stufe 3 soll nicht gezeichnet werden!**

4.4. Wozu dient der Transistor  $T_5$  (Stufe 3)?

4.5. Im folgenden Diagramm ist der zeitliche Verlauf der Spannungen  $u_1$  und  $u_2$  dargestellt. Zeichnen Sie in das Diagramm, wann das Lämpchen leuchtet bzw. nicht leuchtet.



4.6. Zeichnen Sie eine Zählerschaltung aus positiv flankengesteuerten JK-Master-Slave-Flipflops, die von 1 bis einschließlich 4 zählt. (Der Zähler wird durch ein Taktsignal gesteuert. Nachdem der Zähler den Zählerstand 4 angenommen hat, springt er beim folgenden Taktsignal wieder auf den Zählerstand 1 zurück.)

\*\*\*\*\* *Viel Erfolg!* \*\*\*\*\*