 <b>FH München</b> <b>FK 03 Maschinenbau</b>	<b>Diplomprüfung</b> <b>Elektronik</b> <b>WS 2006/07 Dienstag, 30.1.2007</b>	Prof. Dr. Höcht (Prof. Dr. Kortstock)
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> Alle eigenen  <b>Dauer der Prüfung:</b> <b>90 Minuten</b>	<b>Name:</b> _____ <b>Vorname:</b> _____ <b>Sem.:</b> _____  <b>Unterschrift:</b> _____ <b>Hörsaal:</b> _____ <b>Platz-Nr.:</b> _____	

**1 Homogene Halbleiter** *(Hinweis: Die einzelnen Teilaufgaben 1.1 bis 1.3 sind völlig unabhängig voneinander lösbar.)*  
[6 Pkt]

Ein **dotierter** Halbleiterkristall weist bei Raumtemperatur eine Elektronendichte  $n_0 = 2.25 \cdot 10^{14} / \text{cm}^3$  und eine Löcherdichte  $p_0 = 1.00 \cdot 10^6 / \text{cm}^3$ .

Eventuell benötigte Daten können Sie der nachfolgenden Tabelle entnehmen.

	Germanium	Silizium	Gallium-Arsenid
Eigenleitungsträgerdichte	$2.3 \cdot 10^{13} / \text{cm}^3$	$1.5 \cdot 10^{10} / \text{cm}^3$	$1.3 \cdot 10^6 / \text{cm}^3$
Elektronenbeweglichkeit	$3900 \text{cm}^2 / \text{Vs}$	$1350 \text{cm}^2 / \text{Vs}$	$8500 \text{cm}^2 / \text{Vs}$
Löcherbeweglichkeit	$1900 \text{cm}^2 / \text{Vs}$	$480 \text{cm}^2 / \text{Vs}$	$450 \text{cm}^2 / \text{Vs}$
Elementarladung	$1.6 \cdot 10^{-19} \text{As}$		

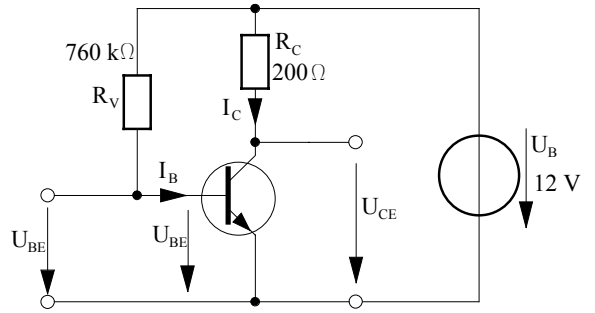
- 1.1** Begründen Sie, ob es sich um einen p-Typ oder einen n-Typ-Halbleiter handelt. (1P)

- 1.2** Begründen Sie, aus welchem Material (Germanium, Silizium oder Gallium-Arsenid) dieser Halbleiterkristall besteht. (2P)

- 1.3** Zwei Halbleiterplättchen aus gleichem Grundmaterial sind beide gleich stark dotiert, das eine mit Donatoren, das andere mit Akzeptoren. Welches der beiden Plättchen hat den geringeren Widerstand? Begründung! (3P)

**2. Transistorverstärker [17Pkt]**

Gegeben seien der nebenstehende Transistorverstärker sowie (unter Aufgabe 2.1.1.2) die Kennlinie der Basis-Emitterdiode  $I_B = I_B(U_{BE})$  und das Ausgangskennlinienfeld  $I_C = I_C(U_{CE}, I_B)$

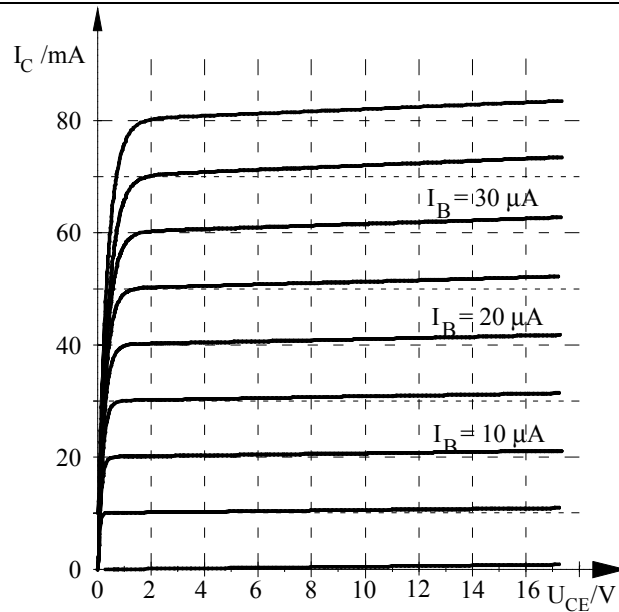
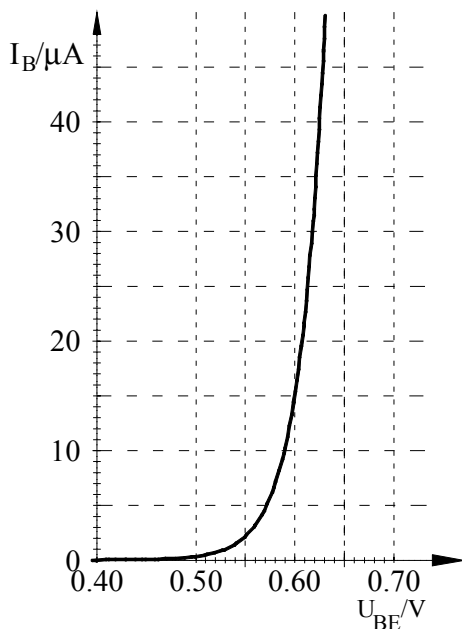


**2.1 Gleichstromverhalten**

**2.1.1 Eingangskreis des Verstärkers**

**2.1.1.1** Stellen Sie **allgemein** die Gleichung der Arbeitsgeraden des **Eingangskreises**  $I_B = I_B(U_{BE}, U_B, R_V)$  auf. (2P)

**2.1.1.2** Zeichnen Sie die Arbeitsgerade in das Diagramm der Basis-Emitter-Kennlinie ein (**linkes Diagramm!**). Berechnen Sie dazu zwei geeignete Punkte der Arbeitsgeraden. (5P)



**2.1.1.3** Welcher Arbeitspunkt stellt sich im **Eingangskreis** ein? Markieren Sie den Punkt im **linken Diagramm** und geben Sie die Werte  $U_{BE_{AP}}$  und  $I_{B_{AP}}$  an. (2P)

$I_{B_{AP}} =$  \_\_\_\_\_  $U_{BE_{AP}} =$  \_\_\_\_\_

**2.1.2 Ausgangskreis (Spannungsquelle  $U_B$ , Kollektorwiderstand  $R_C$  und  $U_{CE}$ )**

**2.1.2.1** Tragen Sie die Arbeitsgerade in das **Ausgangsdiagramm**  $I_C = I_C(U_{CE}, U_B, R_C)$  (**rechts auf Seite 2!**) ein. (3P)

**2.1.2.2** Welcher Arbeitspunkt  $I_{C_{AP}}, U_{CE_{AP}}$  stellt sich infolge der Beschaltung des Eingangskreises ein?

Geben Sie  $I_{C_{AP}}$  und  $U_{CE_{AP}}$  an und markieren Sie diesen Punkt im Ausgangskennlinienfeld. (2P)

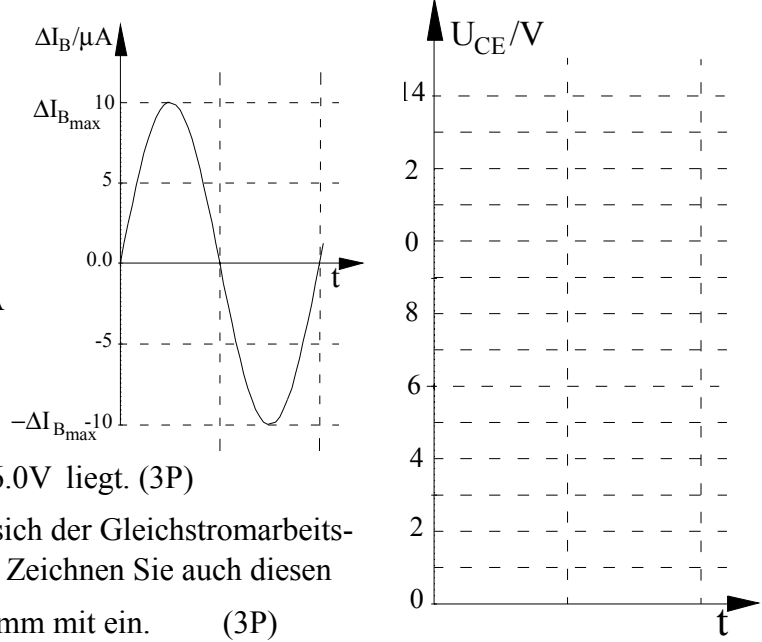
$U_{CE_{AP}} =$	$I_{C_{AP}} =$
-----------------	----------------

**2.2 Wechselstromverhalten**

Der Basisstrom  $I_B$  des Transistors werde sinusförmig um den eingestellten Arbeitspunkt ausgelenkt (siehe Abb. rechts):

$$I_B = I_{B_{AP}} + \Delta I_{B_{max}} \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

Die Amplitude beträgt  $\Delta I_{B_{max}} = 10\mu A$



**2.2.1** Zeichnen Sie in das nebenstehende Zeitdiagramm  $U_{CE}(t)$  den Verlauf der Kollektor-Emitterspannung,

wenn der Arbeitspunkt bei  $U_{CE_{AP}} = 6.0V$  liegt. (3P)

**2.2.2** Durch Temperaturschwankungen hat sich der Gleichstromarbeitspunkt verschoben auf  $U_{CE_{AP}} = 10V$ . Zeichnen Sie auch diesen Verlauf  $U_{CE}(t)$  in das gleiche Diagramm mit ein. (3P)

**3 Mikroprozessor [7 Pkt]**

**3.1 Adressierungsarten**

Nennen Sie drei **vom Prinzip her unterschiedliche** Adressierungsarten (3P)

**3.2** Im Speicherplatz 3AH steht der Zahlenwert 1AH. Die zwei aufeinanderfolgenden Befehle

- |             |           |
|-------------|-----------|
| LD A, 3AH   | 1. Befehl |
| LD B, (3AH) | 2. Befehl |

beginnen im Speicher bei der Adresse 1AH.

**3.2.1** Auf welchem Speicherplatz (**Adresse angeben!**) steht der durch den 1. Befehl in das Register A zu ladende Wert? (2P)

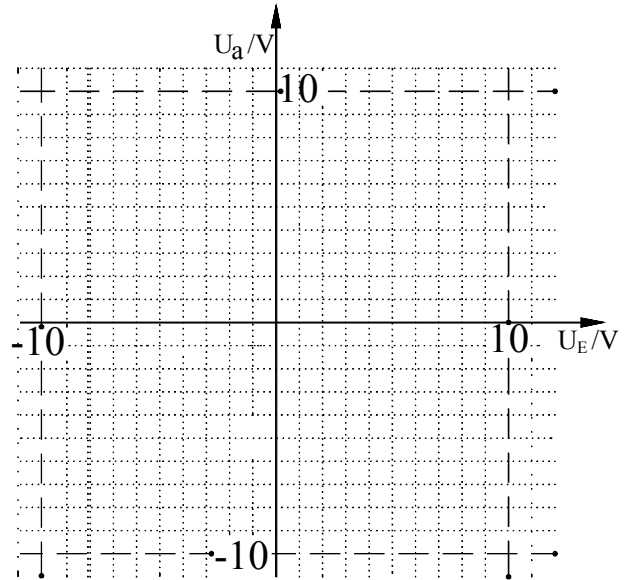
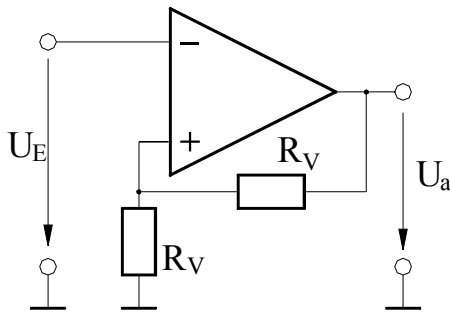
**3.2.2** Welche Werte stehen nach Ausführung der beiden Befehle 1 und 2 in den Registern A und B? (2P)

Register A:	
Register B:	

**4 Operationsverstärker als Schmitt-Trigger**

[6 Pkte]

Gegeben sei die folgende Schaltung. Die Ausgangsspannung  $U_a$  kann Werte zwischen +10V und -10V annehmen.



4.1 Bei welchen Spannungen liegen die beiden Schaltschwellen? (2P)

$$U_{S1} =$$

4.2 Die Eingangsspannung  $U_E$  wird langsam von  $U_E = -10V$  bis

$$U_{S2} =$$

$U_E = +10V$  erhöht. Zeichnen Sie in das Diagramm oben rechts den Verlauf der Ausgangsspannung  $U_a$  ein und kennzeichnen Sie den Verlauf mit Pfeilen und mit „4.2“ (2P)

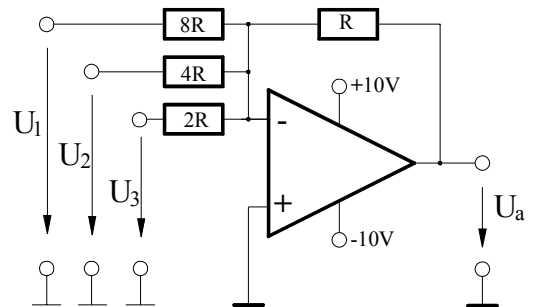
4.3 Nun wird die Eingangsspannung  $U_E$  von  $U_E = +10V$  auf  $U_E = -10V$  erniedrigt. Zeichnen Sie auch hier den Verlauf von  $U_a$  in das nebenstehende Diagramm ein und markieren Sie ihn ebenfalls mit Pfeilen und mit „4.3“ (2P)

**5 Operationsverstärker- und Digitalschaltung**

*Hinweis: Die Teilaufgaben 5.1 und 5.2 können unabhängig voneinander gelöst werden!* [6+5+7 = 18 Pkt]

**5.1 Verstärkerschaltung mit drei Eingängen** [6 Pkt]

Gegeben sei die nebenstehende Operationsverstärkerschaltung mit den drei Eingangsspannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_3$  und der Ausgangsspannung  $U_a$ .



5.1.1 Ermitteln Sie **allgemein** die Ausgangsspannung  $U_a$  in Abhängigkeit von den drei Eingangsspannungen. (3P)

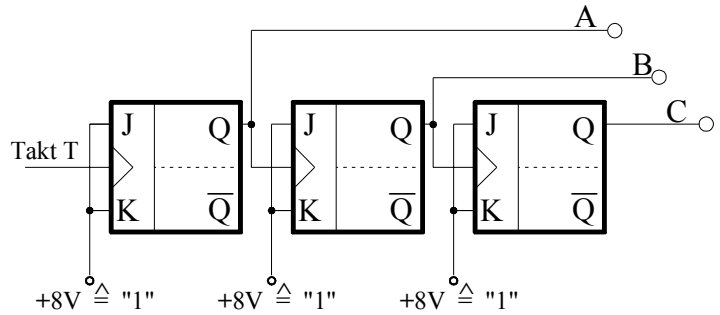
5.1.2 Berechnen Sie  $U_a$  bei verschiedenen Eingangsspannungen. Ergänzen Sie dazu die nebenstehende Tabelle. (3P)

$U_3/V$	$U_2/V$	$U_1/V$	$U_a/V$
0.0	0.0	0.0	
0.0	0.0	8,0	
0.0	8,0	0.0	
8,0	0.0	0.0	
8,0	8,0	8,0	

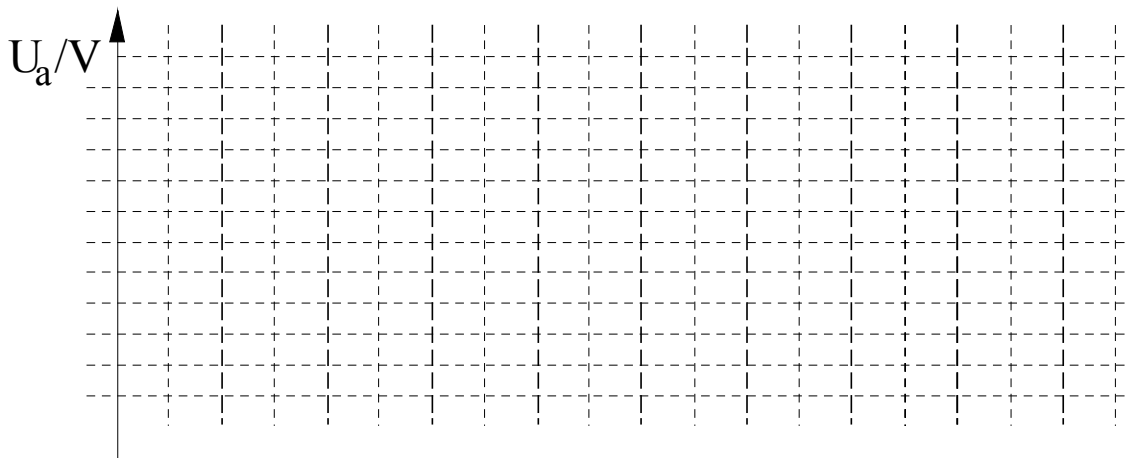
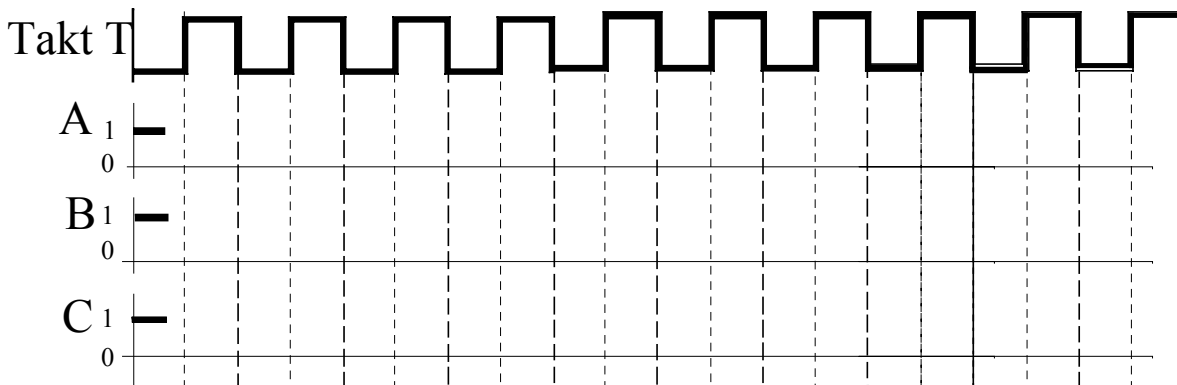
5.2 Speicherschaltung [5 Pkt]

Gegeben sei die folgende Digitalschaltung mit drei Speichern:

Die Versorgungsspannung der Schaltelemente beträgt 8.0V. Damit stellt dieses Potential die logische 1 dar. Die logische Null wird durch die Spannung 0 Volt gebildet.



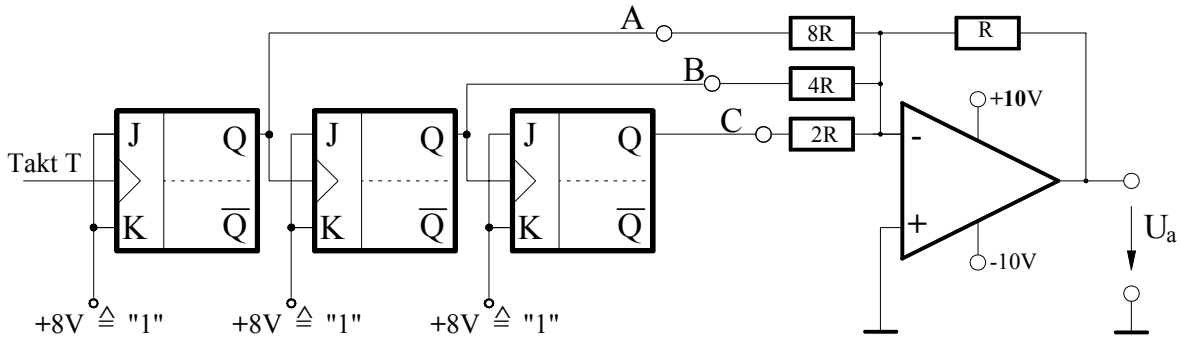
5.2.1 An den Takteingang T wird die Eingangsspannung entsprechend der untenstehenden Abbildung gelegt. Zu Beginn haben alle Ausgänge A, B und C den logischen Zustand 1. Tragen Sie in die drei Diagramme die logischen Zustände der Ausgänge A, B und C ein. (Das unterste Diagramm  $U_a/V$  wird erst in 5.3 benötigt!) (4P)



5.2.2 Wie heißt diese Schaltung (besteht aus 2 Worten!)? (1P)

**5.3 Ansteuerung der Verstärkerschaltung aus 5.1 durch die Speicherschaltung aus 5.2 [7 Pkt]**

Nun werde die Digitalschaltung (Spannungsversorgung +8 Volt) 5.2 an die Verstärkerschaltung aus 5.1 geschaltet:



**5.3.1** Welche maximale und minimale Ausgangsspannungen  $U_{a_{max}}$  und  $U_{a_{min}}$  treten infolge der Ansteuerung durch die Digitalschaltung am Ausgang der Verstärkerschaltung auf? (2P)

$U_{a_{max}} =$	$U_{a_{min}} =$
-----------------	-----------------

**5.3.2** Ergänzen Sie im Zeitdiagramm auf Seite 5 unterhalb der Logikzustände A, B und C die Ordinate  $U_a / V$  so durch die Zahlenwerte der Spannungen, daß Sie den ganzen Spannungsbereich von  $U_{a_{min}}$  bis  $U_{a_{max}}$  darstellen können. (1P)

**5.3.3** Zeichnen Sie **maßstäblich** den Verlauf der Ausgangsspannung  $U_a$  in dieses Diagramm entlang der gesamten Zeitachse ein. (4P)

*Viel Erfolg*