

Aufgabensteller: Prof. Dr. Kortstock
 Arbeitszeit: 90 Minuten Zugelassene Hilfsmittel: Beliebige eigene
 Anzahl der Aufgaben: 5

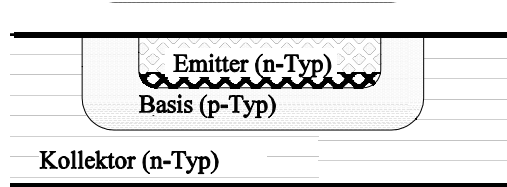
Name: _____
 Studiengruppe: _____
 Hörsaal: _____ Platz-Nr.: _____

1		3		5		

Die Prüfung ist **nur** dann gültig, wenn Sie die erforderliche Zulassungsvoraussetzung erworben haben!

Aufgabe 1 (ca 10 Punkte)

Auf einem n-dotierten Silizium-Halbleiterwafer sollen npn Transistoren hergestellt werden. Dazu wird nach jeweils geeigneter Maskierung der Oberfläche der Wafer nacheinander einer Gallium- und einer Phosphoratmosfera zur Dotierung ausgesetzt, um den nebenstehenden Aufbau zu realisieren. ($n_i = 1.5 \cdot 10^{10}/\text{cm}^3$)



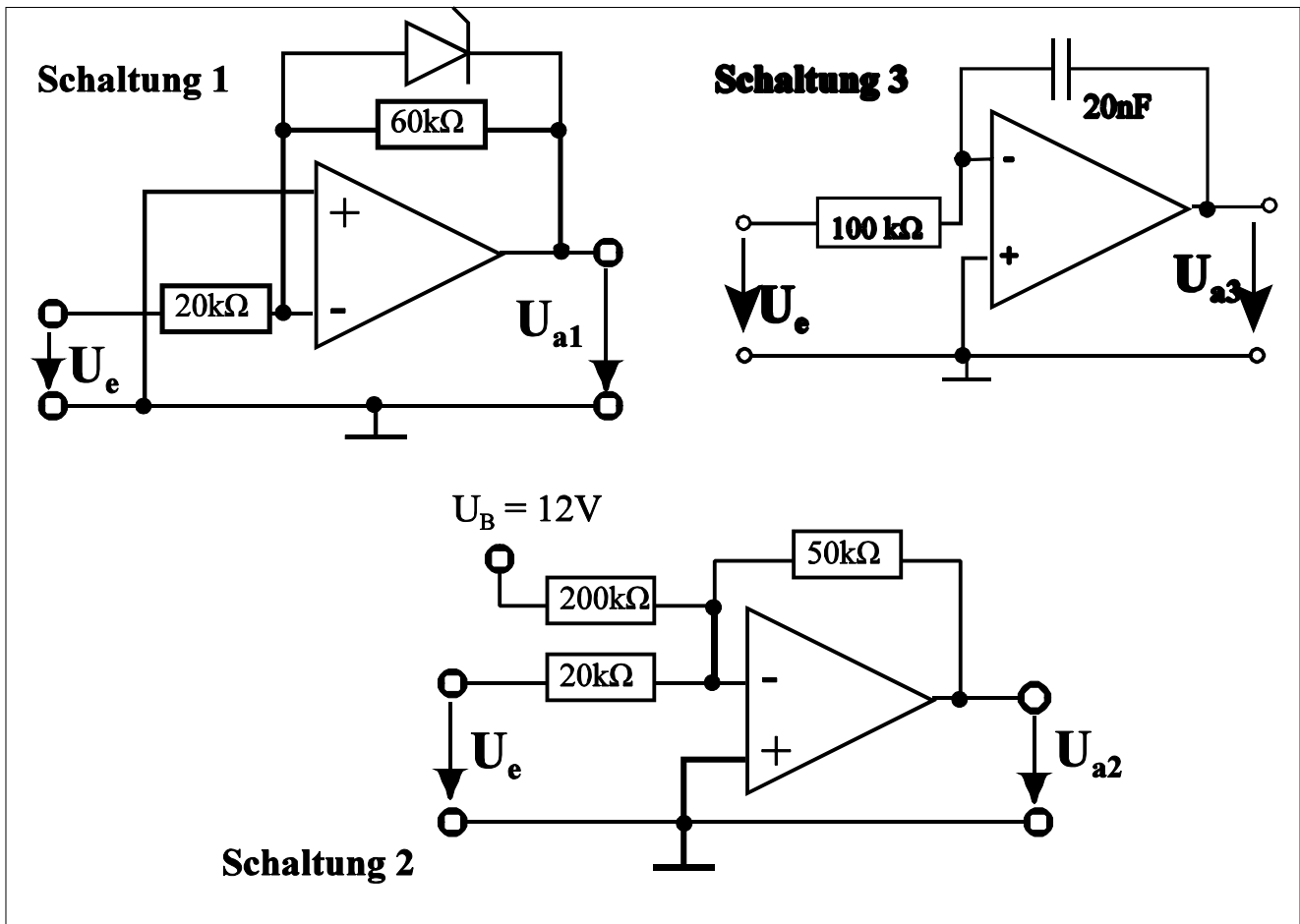
1.1 Der gesamte Wafer, und damit der Kollektor (gestrichelt), wurde bereits mit $N_D = 5.0 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ Arsenatomen dotiert. Wie groß sind die Elektronen- und die Löcherdichte bei Raumtemperatur?

1.2 Nun wird das homogene n-dotierte Silizium im Basisbereich mit Hilfe einer Galliumatmosfera als p-Typ umdotiert. Die Löcherdichte in der Basis soll nur 10% der Elektronendichte des Kollektors betragen. Mit wie vielen Galliumatomen pro cm^3 muss dotiert werden?

1.3 Die Mitte des Basisbereiches wird in einem weiteren Arbeitsgang einer Arsenatmosfera ausgesetzt, um den stark n-dotierten Emitterbereich zu erzeugen. Die Majoritätsträgerdichte soll $1.0 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ betragen. Wie viele Dotierungsatome pro cm^3 sind zusätzlich erforderlich, um die erforderliche Dotierung zu erreichen?

Aufgabe 2(ca 15 Punkte)

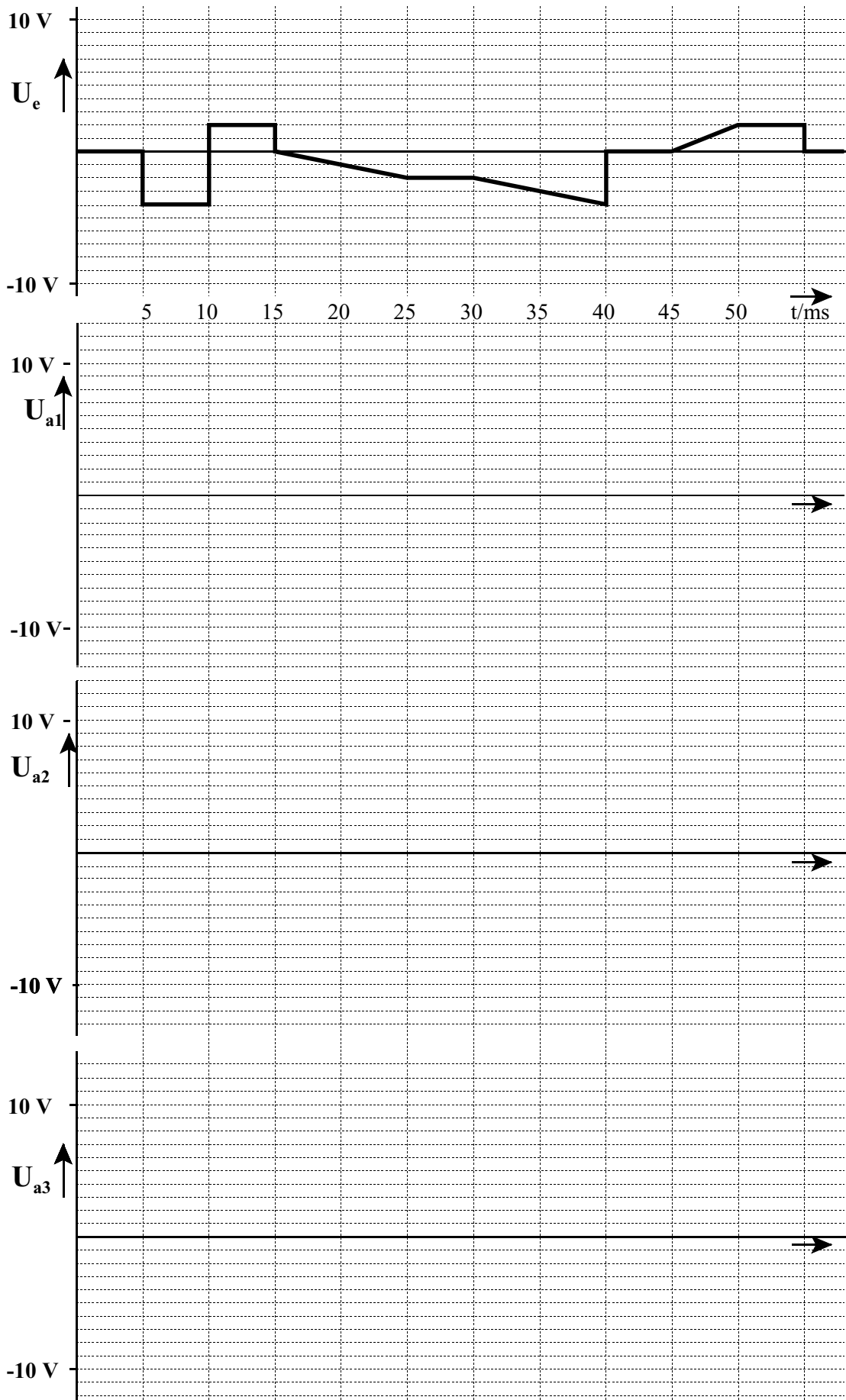
Gegeben sind die nachfolgenden Schaltungen mit idealen Operationsverstärkern. Die eingesetzte Z-Diode habe eine Schleusenspannung in Durchlassrichtung von 0,5V und eine Durchbruchspannung von 6V. Alle Operationsverstärker werden mit $\pm 12\text{ V}$ Versorgungsspannung betrieben!



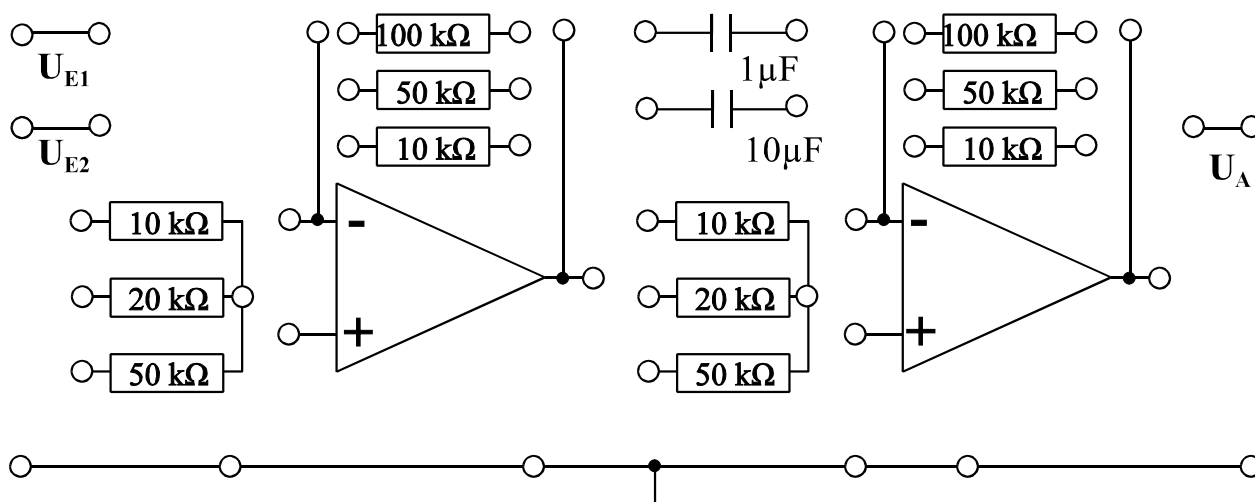
2.1 Beschreiben Sie jeweils die Funktionen $u_a = f\{u_e\}$ aller Schaltungen!

Grid area for writing the answer to question 2.1.

- 2.2 Vervollständigen Sie das Zeitdiagramm für die Ausgangsspannungen der drei idealen Operationsverstärker. Allen drei Schaltungen ist die gleiche Eingangsspannung U_e gemeinsam. Der Kondensator sei zum Zeitpunkt $t=0$ auf -6V aufgeladen.



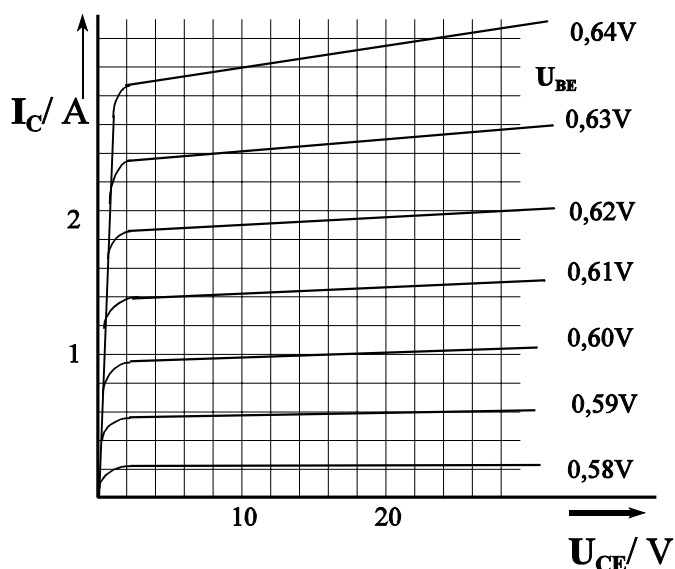
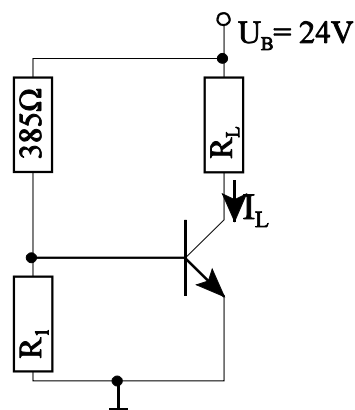
Aufgabe 3 (ca 5 Punkte)



Es soll aus den oben gegebenen Bauteilen, die auf einem Versuchsträger aufgebaut sind, ein PI-Regler mit einer Proportionalverstärkung von 5 und einer Nachstellzeit von 50 ms aufgebaut werden. Bauen Sie diese Schaltung auf! Zeichnen Sie dazu die notwendigen Verbindungen ein!

Platz für Berechnungen

Aufgabe 4 (ca 16 Punkte)



Gegeben ist eine Stromstabilisierung mit npn-Transistor gemäß obiger Abbildung mit einem Lastwiderstand $R_L = 8 \Omega$. Die maximale Verlustleistung ohne Kühlkörper des Transistors beträgt bei normaler Raumtemperatur $P_{Vmax} = 20 \text{ W}$.

4.1 Für welchen Widerstandswert von R_1 stellt sich ein Strom $I_L = 1,5 \text{ A}$ ein?

4.2 Welche Verlustleistung P_V tritt in diesem Arbeitspunkt im Transistor auf? (Ersatzwert: 19 W)

4.3 Wie groß darf der Lastwiderstand R_L maximal sein, um bei dem berechneten Wert für U_{BE} noch zu stabilisieren?

Hinweis: Zeichnen Sie die zugehörige Arbeitsgerade ein!

Zur Kühlung dieses Transistors wird ein Kühlkörper mit Glimmerscheibe verwendet. Die maximal zulässige Sperrschichttemperatur beträgt $\delta_{\max} = 175 \text{ }^\circ\text{C}$. Die maximale Umgebungstemperatur beträgt $\delta_u = 75 \text{ }^\circ\text{C}$. Folgende thermische Übergangswiderstände sind bekannt:

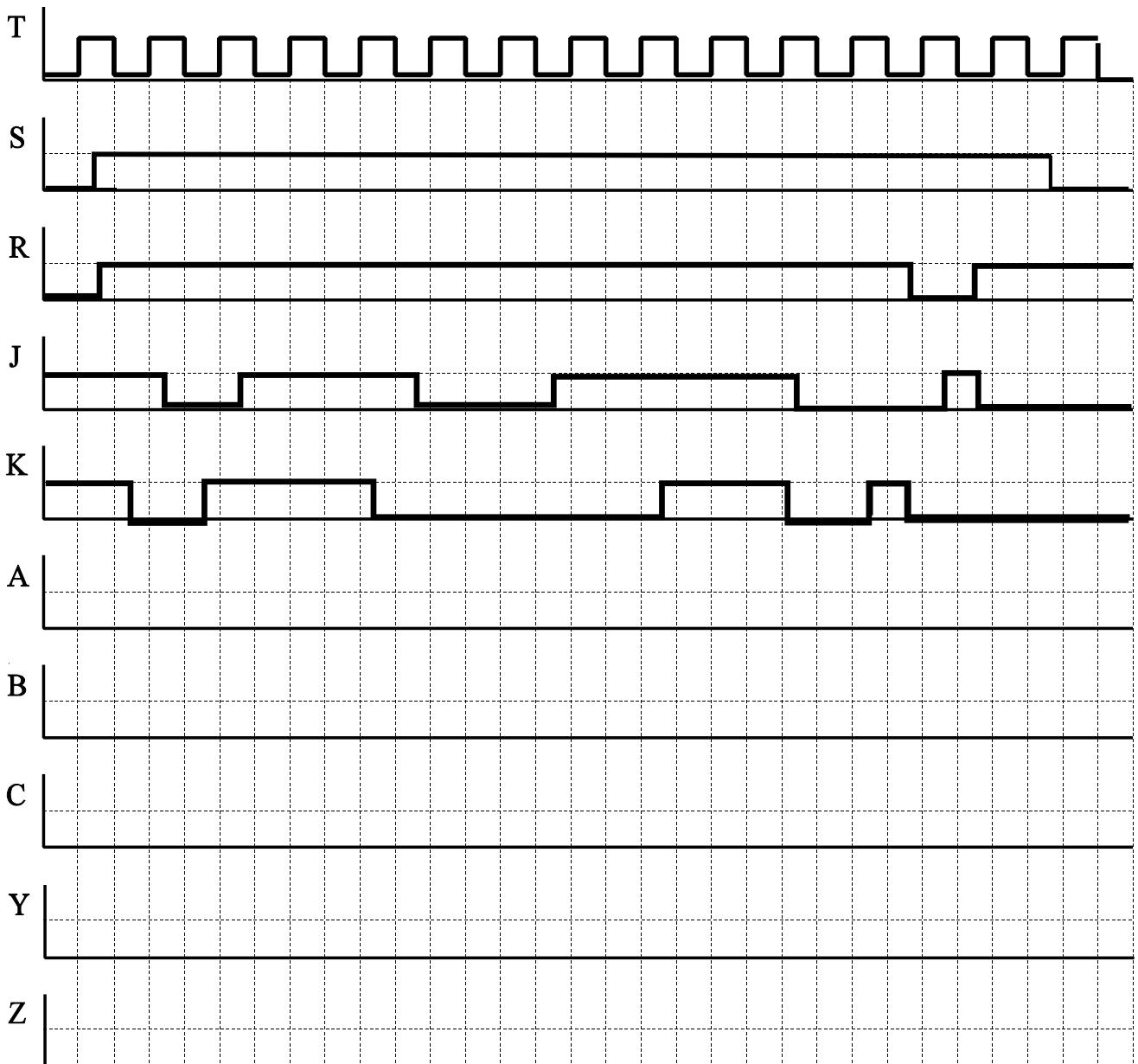
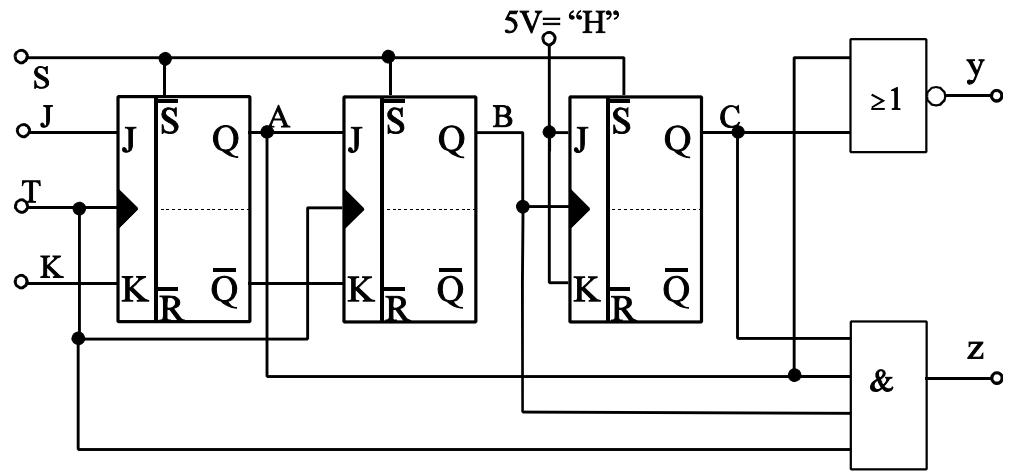
$$R_{thjU} = 100 \text{ }^\circ\text{C/W}; R_{thjG} = 4 \text{ }^\circ\text{C/W}; R_{thGK} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C/W}; R_{thKU} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

4.4 Zeichnen Sie ein komplettes thermisches Ersatzschaltbild und geben den thermischen Ersatzwiderstand an!

4.5 Ist ein sicherer Betrieb für die Verlustleistung aus 4.2 gewährleistet?

Aufgabe 5: (ca 14 Punkte)

Vervollständigen Sie für die nebenstehende Schaltung die Zeitdiagramme!
 Bei den FF handelt es sich um negativ flankengetriggerte Master Slave Flip Flops mit Prioritätseingängen (Aktiv low).



Viel Erfolg!