

| | | |
|------------------------------------|----------|------------------------|
| Aufgabenblätter inkl. Deckblatt | 6 | Anzahl Lösungsbogen |
|------------------------------------|----------|------------------------|



DHBW Mannheim Außenstelle Eppelheim
 Mechatronik MA-TMT13AM1
 Klausur Angewandte Elektronik 1, 2014-12
 Diode, Bipolartransistor **05.12.2014**

Dozent Rainer Bayer, Dipl.-Ing. FH Elektronik

Name, Vorname _____ Matrikel-Nummer _____ auf jedem Blatt oben eintragen

Studienjahrgang MA-TMT13AM Gruppe 1 Semester 3

Hilfsmittel Selbstverf. Formelsammlung, Taschenrechner Zeit 60 min

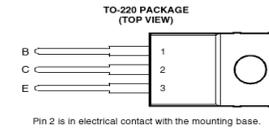
Bewertung Maximale Punktzahl _____ Erreichte Punktzahl _____
 Datum / Signum _____ Ergebnis _____

Anmerkungen _____

| Aufg. | Thema | Blatt | Punkte Teilaufgaben | | | | Punkte | Bem. |
|----------|---|-------|---------------------|----|----|----|-------------|------|
| | | | .1 | .2 | .3 | .4 | | |
| 1 | Verlustleistung, Derating, Kühlkörper | 2 | 05 | 13 | | | / 18 | |
| 2 | Bipolartransistor als Schaltverstärker | 3-4 | 10 | 07 | 05 | | / 22 | |
| 3 | Bipolartransistor als Kleinsignalverstärker | 5-6 | 06 | 14 | 04 | 06 | / 30 | |
| Σ | | | | | | | / 70 | |

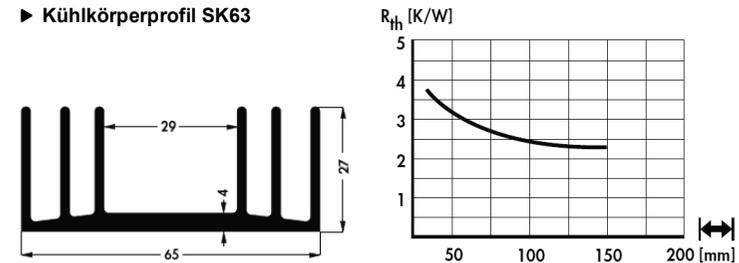
1 Verlustleistung, Derating, Kühlkörper

► T1: BD 239 Series
 NPN Silicon Power Transistors



| Absolute max. ratings at case temp. $T_C = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted) | | | |
|---|------------|-------------|------------------|
| Continuous power dissipation at case temp. $T_C = 25^\circ\text{C}$ | P_{totC} | 30 | W |
| Continuous power dissipation at free air temp. $T_A = 25^\circ\text{C}$ | P_{totA} | 2 | W |
| Operation junction temperature range | T_J | -65 to +150 | $^\circ\text{C}$ |

► Kühlkörperprofil SK63



1.1 Betrieb ohne Kühlkörper

- Skizzieren Sie das Power-Derating-Diagramm von T1. Ermitteln Sie den zugehörigen Wärmewiderstand in K/W (Formelzeichen und Zahlenwert). / 3
- Berechnen Sie die maximale Verlustleistung von T1 für einen Umgebungstemperaturbereich (Free Air) von $\vartheta_A = [-10; +70]^\circ\text{C}$. / 2

1.2 Betrieb mit Kühlkörperprofil SK63

- Skizzieren Sie das Power-Derating-Diagramm von T1. Ermitteln Sie den zugehörigen Wärmewiderstand in K/W (Formelzeichen und Zahlenwert). / 3
- $P_{tot} = 7,5 \text{ W}$. Zur Erhöhung der Lebensdauer ist ϑ_J auf 120°C zu begrenzen. Ermitteln Sie die erforderliche Länge l des Kühlkörperprofils SK63, wenn $\vartheta_A + 70^\circ\text{C}$ erreicht. Geben Sie anschließend eine fertigungstechnisch sinnvolle Länge l^* an. (Skizze des vereinfachten Thermischen ESB.) / 7
- c*) Kann bei $\vartheta_A = +70^\circ\text{C}$ und ϑ_{Jmax} (Datenblattwert) mit dem Profil SK63 $P_{tot} = 12,5 \text{ W}$ umgesetzt werden? Begründen Sie Ihre Antwort. / 3

2 Bipolartransistor als Schaltverstärker

Ein Gegentakt-Ausgang der Logikfamilie 74HCT steuert neben weiteren Schaltungs-
 teilen den Si-Transistor T1 an, der das Relais REL schaltet.

Daten und Schaltplan auf Blatt 4 →

2.1 Ansteuerung T1

- a) Begründen Sie, warum die Schaltung so nicht sicher betrieben werden kann
 und modifizieren Sie die Ansteuerung von T1 (direkt im Schaltplan, Blatt 4). / 4
- b) Wie groß ist der maximale Wert eines Basis-Ableitwiderstands bei $\vartheta_A = +60^\circ\text{C}$? / 2
- c) Berechnen Sie den für die Last (REL) erforderlichen Basisvorwiderstand RB.
 Basis-Ableitwiderstand RQ = 100 kΩ; Übersteuerungsfaktor $\ddot{u} = 3$; $U_{CE,sat}$ von
 T1 wird vernachlässigt. / 4

2.2 Lastkreis T1

Für die gegebene Last (REL):

- a) Berechnen Sie den maximalen Leistungsumsatz in T1 im stationären Zustand.
 Vernachlässigt werden die Steuerleistung sowie die Minderung des Kollektorstromes durch die Sättigungsspannung. / 2

| ON CHARACTERISTICS | | | | | |
|------------------------------|---------------|-----|------|------|---|
| Collector-Emitter On-Voltage | $V_{CE(sat)}$ | min | typ | max | V |
| | | — | 0.20 | 0.80 | V |

- b) Bei welchem Schaltvorgang ist T1 gefährdet und welcher Grenzwert wird dabei überschritten? / 2
- c) Zeichnen Sie zur Abhilfe von 2.2b) die Freilaufdiode D2 direkt in den Schaltplan (Blatt 4) ein. Geben Sie ihre Grenzwerte U_{RM} und I_{FM} von D2 an. / 3

2.3 Transistor-Typ

- a) Für T1 wird die Reihe BC237/238/239 eingesetzt. Welche Typen daraus kann man in der Praxis verwenden? Begründen Sie Ihre Antwort. / 2

| ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS | | | | | |
|---------------------------|-----------|-------|-------|-------|---|
| Collector-Emitter Voltage | V_{CEO} | BC237 | BC238 | BC239 | V |
| | | 45 | 25 | 25 | V |

- b*) Um die Verlängerung der Abfallzeit von REL durch den Einsatz der Freilaufdiode D2 zu reduzieren (2.2c), wird die Z-Diode D3 eingesetzt. Zeichnen Sie D3 direkt in den Schaltplan (Blatt 4) ein. / 3

Es wird der Typ BC237 verwendet, dessen max. Kollektor-Emitterspannung bis auf eine Sicherheitsmarge von 20% ausgenutzt werden soll. Wählen Sie D3 aus.

| ELECTRICAL CHARACTERISTICS | | | | | | | | | | Z-Voltage $V_Z \pm 10\%$ | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|--------------------------|----|---|
| 3.3 | 4.7 | 6.8 | 8.2 | 10 | 12 | 13 | 15 | 18 | 27 | 33 | 47 | V |

/ 22

/ 10

/ 4

/ 2

/ 4

/ 7

/ 2

/ 3

/ 5

/ 2

/ 3

► 74HCT Push-Pull Output Specifications

Supply Voltage 4,5 V

| | | | | |
|------|--|-------------|------|---|
| Low | Maximum Output Current $ I_{OL} = 20 \mu\text{A}$ | V_{OLmax} | 0.10 | V |
| | Maximum Output Current $ I_{OL} = 4 \text{ mA}$ | V_{OLmax} | 0.33 | V |
| High | Maximum Output Current $I_{OH} = 20 \mu\text{A}$ | V_{OHmin} | 4.40 | V |
| | Maximum Output Current $I_{OH} = 4 \text{ mA}$ | V_{OHmin} | 3.84 | V |

► Bauteil-Daten

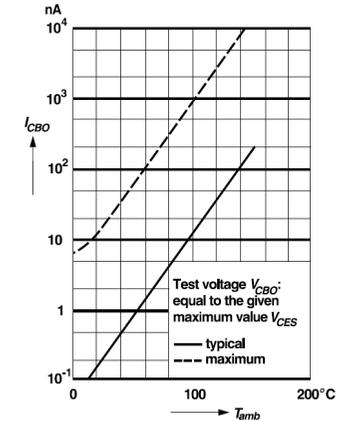
Halbleiter Si; $U_{TH} = 0,7 \text{ V}$

T1 $B = 290$

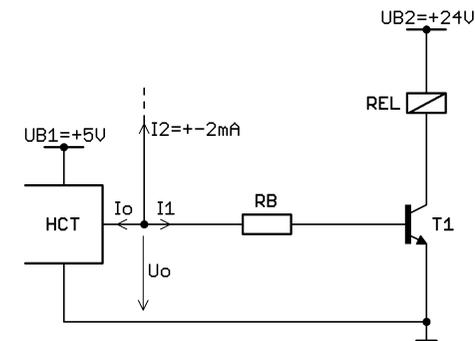
$\ddot{u} = 3$

$I_{CBO} = f(\vartheta_A)$: s. Abb. rechts

REL Spule 24 V / 480 mW



► Schaltplan (tragen Sie Modifikationen direkt hier im Aufgabenblatt ein)



3 Bipolartransistor als Kleinsignalverstärker

/ 30

Schaltplan und Ausgangskennlinienfeld auf Blatt 6 →

3.1 Arbeitspunkt AP1 – Statische Arbeitsgerade AG1S

/ 6

- a) Wie heißt die Grundschaltung? / 1
- b) Zeichnen Sie die statische Arbeitsgerade AG1S in das Kennlinienfeld (Blatt 6) ein. / 3
- c) Gewählt wird $U_{RE,AP1} = 1,6\text{ V}$. Bestimmen Sie AP1 (Zahlenwerte; $I_E \cong I_C$). Tragen Sie AP1 in das Kennlinienfeld (Blatt 6) ein. / 2

3.2 Arbeitspunkt AP2 – Dynamische Arbeitsgerade AG2D

/ 14

- a) Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild (KS-ESB) der Schaltung, wenn der differentielle Ausgangswiderstand von T1 vernachlässigt wird. Dieses KS-ESB gilt für alle nachfolgenden Berechnungen. / 3
- b) Dem Verstärker soll bei ohmscher Last RL die maximale Leistung entnommen werden. Berechnen Sie einen neuen Arbeitspunkt AP2 für symmetrische Aussteuerbarkeit des Wechselsignals; $U_{CEsat} = 1\text{ V}$. Tragen Sie AP2 in das Kennlinienfeld (Blatt 6) ein. / 5
- c) Berechnen Sie den Punkt P3 ($U_{CE3} | I_{C3} = 0$) auf AG2D und zeichnen Sie mit seiner Hilfe die dynamische Arbeitsgerade in das Kennlinienfeld (Blatt 6) ein. / 4
- d) Geben Sie die Aussteuerbarkeit $|\Delta U_{CEmax}|$ für beide Halbwellen an. Tragen Sie die Werte in das Kennlinienfeld (Blatt 6) ein. / 2

3.3 Basisspannungsteiler für Arbeitspunkt AP2

/ 4

Berechnen Sie den Basisspannungsteiler für AP2. Querstromfaktor $m = 10$; $B = 600$.

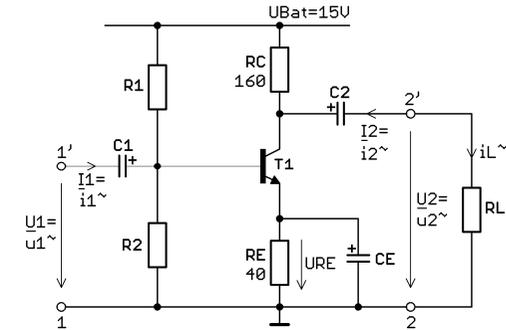
3.4 Verstärkung (AP2, mit RL)

/ 6

- a) Berechnen Sie die Spannungsverstärkung v_u nach Betrag und Phase; $\beta = B = 600$; $g_A = +25^\circ\text{C}$. / 3
- b) Wie groß ist die maximale Eingangsamplitude \hat{U}_{Vmax} ? / 1
- c*) Beim Prüfen des Schaltungsaufbaus stellt man fest, dass das Kollektor-Ruhepotenzial in Ordnung ist, aber $v_u \cong 4$. Welcher Fehler liegt vermutlich vor? / 2

► Schaltplan

- $U_{Bat} = 15\text{ V}$
- $U_{TH} = 0,7\text{ V}$
- $R_C = 160\ \Omega$
- $R_E = 40\ \Omega$
- $I_E \cong I_C$
- $B = \beta = 600$
- $m = 10$
- $U_{CEsat} = 1\text{ V}$
- $g_A = +25^\circ\text{C}$



► Ausgangskennlinienfeld T1 (BC239C)

