

DHBW-MaEp EL1 Klausur 2017/12 R.Bayer MUSTERLÖSUNG r1.1.0

DHBW-MaEp EL1 Bayer Klausur 2017/12 r110

DHBW Mannheim-Eppelheim · MA-TMT16AM2
 Angewandte Elektronik 1 · Klausur 2017/12 · Bayer

Matrikel-Nr.: _____
 Blatt 1 / 7

Aufgabenblätter inkl. Deckblatt **7** Anzahl Lösungsbogen _____



DHBW Mannheim, Außenstelle Eppelheim

Angewandte Elektronik 1
 MA-TMT16AM2, EL1, Bayer

Rev. 1.1.0

Klausur 2017/12

Dozent Rainer Bayer, Dipl.-Ing. FH Elektronik Datum 08.12.2017

Matrikelnummer auf jedem Blatt/Bogen (Aufgaben und Lösungen) rechts oben eintragen

Studienjahrgang MA-TMT16AM Gruppe 2 Semester _____

Hilfsmittel Taschenrechner Zeit 60 min

Bewertung Punktzahl 100% Erreichte Punktzahl

Datum, Signum Ergebnis

Aufg.	Thema	Blatt	a)	b)	c)	d)	e)	f)	Σ	
1	Leistungs-Derating, Kühlung	2	4	2	4	5	5		20	
2	BJT: Schalter	3	3	6	12	2	2		25	
3	BJT: Kleinsignalverstärker	4-5	2	11	6	4	2		25	
4	BJT: Kleinsignal-Ersatzschaltbild	6	2	7	3				12	
A	Anhang: E-Reihen	7	/							

Anmerkungen

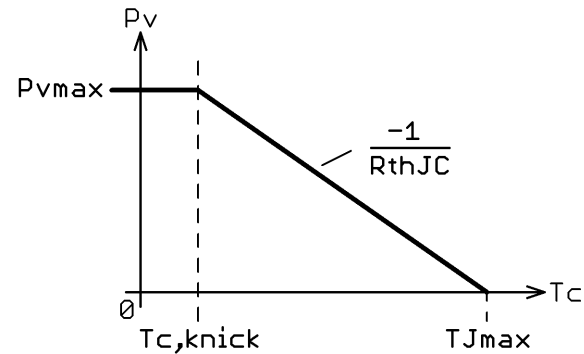
82

1 Leistungs-Derating, Kühlung

20

a) $P_V = f(\vartheta_C)$; $\vartheta_{C,Knick} = 25^\circ\text{C}$; $\vartheta_{Jmax} = 150^\circ\text{C}$; $P_{Vmax} = 90\text{ W}$

4



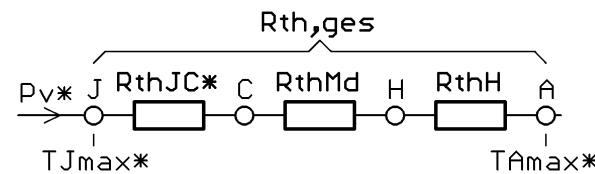
Lsg-Abb. 1.1

b) $R_{thJC} = \frac{\vartheta_{Jmax} - \vartheta_{C,Knick}}{P_{Vmax}} = \frac{(150 - 25)\text{K}}{90\text{ W}} = 1,39\text{ K/W}$

2

c) $P_V^* = 24\text{ W}$; $\vartheta_{Jmax}^* = 125^\circ\text{C}$; $\vartheta_{Amax}^* = 65^\circ\text{C}$

4



Lsg-Abb. 1.2

d) vorgeg. $R_{thJC} := 1,5\text{ K/W}$

5

$R_{th,ges} = \frac{\vartheta_{Jmax}^* - \vartheta_{Amax}^*}{P_V^*} = \frac{(125 - 65)\text{K}}{24\text{ W}} = 2,5\text{ K/W}$

$R_{th,ges} = R_{thJC} + R_{thMd} + R_{thH}$

$R_{thH} = R_{th,ges} - R_{thJC} - R_{thMd}$

$R_{thH} = (2,5 - 1,5 - 0,6)\text{ K/W} = 0,4\text{ K/W}$

abgelesen aus Afg-Abb. 1.1: $l_1 = 125\text{ mm}$

1 Leistungs-Derating, Kühlung (fortgesetzt)

e) Vorgegeb.: $\ell_1^* = 125 \text{ mm}$ [entspricht dem Ergebnis aus d)] 5

Abgel. aus Afg-Abb. 1.1 mit $\ell_2 = 75 \text{ mm}$: $R_{\text{thH}}(0) = 0,6 \text{ K/W}$

$R_{\text{thH}}(0)$ ist der („schlechtere“) Wärmewiderstand der verringerten Länge ℓ_2 ohne Lüfter, der durch den Lüfter wieder auf den Wert aus Aufg. d) gebracht wird: $R_{\text{thH}}(v) = 0,4 \text{ K/W}$

$$a = \frac{R_{\text{thH}}(v)}{R_{\text{thH}}(0)} = \frac{0,4 \text{ K/W}}{0,6 \text{ K/W}} = \underline{0,667}$$

Abgelesen aus Afg-Abb. 1.2: $v_{\text{min}} \cong 0,85 \text{ m/s} \rightarrow v = 1 \text{ m/s}$

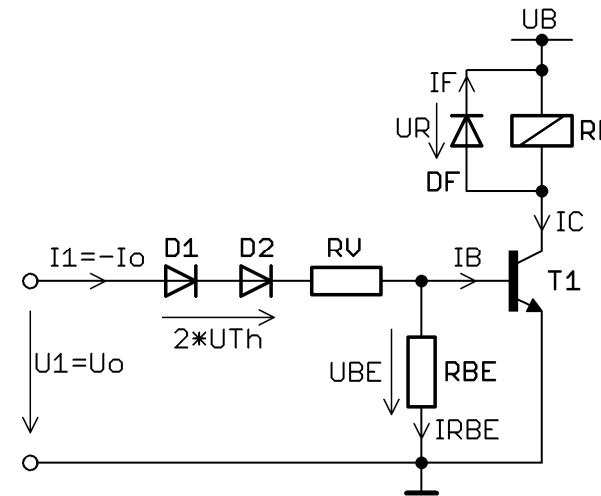
2 BJT: Schalter

25

a) S. Afg-Tab. 2.1. „Aus“: $U_{\text{OLmax}} = 1,2 \text{ V}$; „Ein“: $U_{\text{OHmin}} = 9 \text{ V}$ 3

Anm.: I.d. Praxis ist U_{O} von I_{O} und weiteren Parametern abhängig

b) 2 Diodenstrecken ($U_{\text{Th}} = 0,7 \text{ V}$) erforderlich wg. $U_{\text{BE(Off)}} \leq 0,2 \text{ V}$ (Si-npn). Dies erfordert wiederum RBE, damit T1 sicher sperrt. 6



Lsg-Abb. 2

c) {RV; RBE}: Worst-Case-Berechnung 12

$U_{\text{CEsat}} = 0$ (vernachlässigbar); maßgebend ist $\vartheta_{\text{Amax}} = +55^\circ\text{C}$;

Stromverst.-klasse „40“ \rightarrow Afg-Tab. 2.2: $B_{\text{min}} = h_{\text{FEmin}} = 240$

T1 sperrt (Aus; Off) \rightarrow RBEmax:

Abgelesen aus Afg-Abb. 2:

$$I_{\text{CBOmax}} = 3 \cdot 10^2 \text{ nA} = \underline{300 \text{ nA}}$$

$$\text{Silizium: } \underline{\underline{RBE \text{ max}}} = \frac{0,2 \text{ V}}{|I_{\text{CBOmax}}|} = \frac{0,2 \text{ V}}{300 \text{ nA}} = \underline{\underline{666 \text{ k}\Omega}}$$

Maximalwert: nächstkleinerer Wert aus E-Reihe:

$$\underline{\underline{RBEmax, E24}} = \underline{\underline{620 \text{ k}\Omega}}$$

2 BJT: Schalter (fortgesetzt)

T1 leitet (Ein; On) → RV:

$$I_C = \frac{P_{Rel}}{24 V} = \frac{5,76 W}{24 V} = \underline{240 mA} \quad (R_L = 100 \Omega; U_{CEsat} = 0)$$

$$I_B = m \cdot \frac{I_C}{B_{min}} = 3 \cdot \frac{240 mA}{240} = \underline{3 mA}$$

$$I_{RBE} = \frac{U_{BEsat}}{R_{BE, E24}} = \frac{1 V}{666 k\Omega} = \underline{1,5 \mu A}$$

$$I_1 \cong I_B = \underline{3 mA} \quad (I_{RBE} \ll I_B)$$

$$RV = \frac{U_{OHmin} - 2 \cdot U_{Th} - U_{BEsat}}{I_1}$$

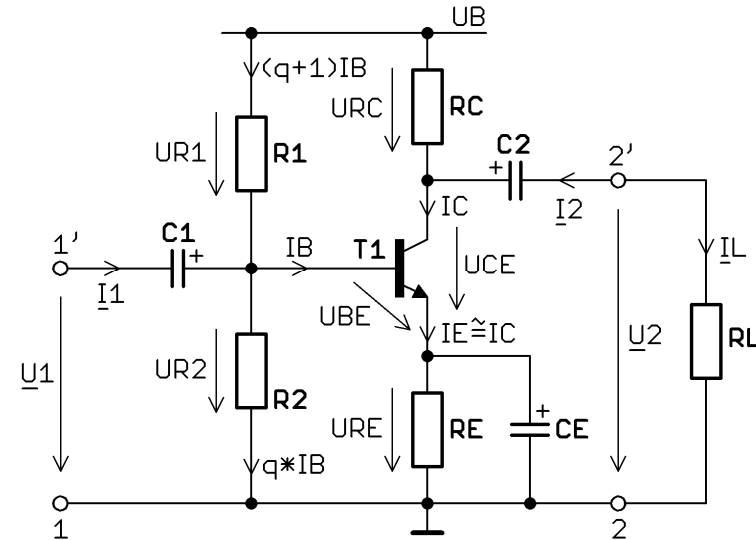
$$\underline{RV} = \frac{(9 - 2 \cdot 0,7 - 1)V}{3 mA} = \frac{6,6 V}{3 mA} = \underline{2,2 k\Omega} = \underline{RV, E24}$$

d) $I_{Fmax} = I_C(On) = \underline{240 mA}$; $U_{Rmax} = U_B = \underline{24 V}$

Anm.: In der Praxis Sicherheitszuschläge!

e) Deutliche Verlängerung der Abfallzeit des Relais

3 BJT: Kleinsignalverstärker



Lsg-Abb. 3.1

a) Emitterschaltung mit reiner / voller DC-Stromgegenkopplung 2

b) AP („Ruheleistung von T1“ → $P_{T1,AP} = U_{CE,AP} \cdot I_{C,AP}$) 11

$$U_{RE,AP} = 0,1 \cdot U_B = 0,1 \cdot 20 V = \underline{2 V}$$

$$U_{CE,AP} = U_{RC,AP} \rightarrow \underline{U_{CE,AP} = U_{RC,AP} = 9 V}$$

$$I_{C,AP} = \frac{P_{T1,AP}}{U_{CE,AP}} = \frac{0,4 W}{9 V} = \underline{44,4 mA}$$

$$\underline{AP = (9 V | 44,4 mA)}$$

Statische Arbeitsgerade AGS

T1 sperrt ideal: $\underline{P1} = (U_{CE} = U_B | 0) = (20 V | 0)$;

AGS ist durch AP und P1 eindeutig bestimmt. Zusätzlich kann I_{Cmax} bestimmt werden (Probe). Ansatz: T1 leitet ideal.

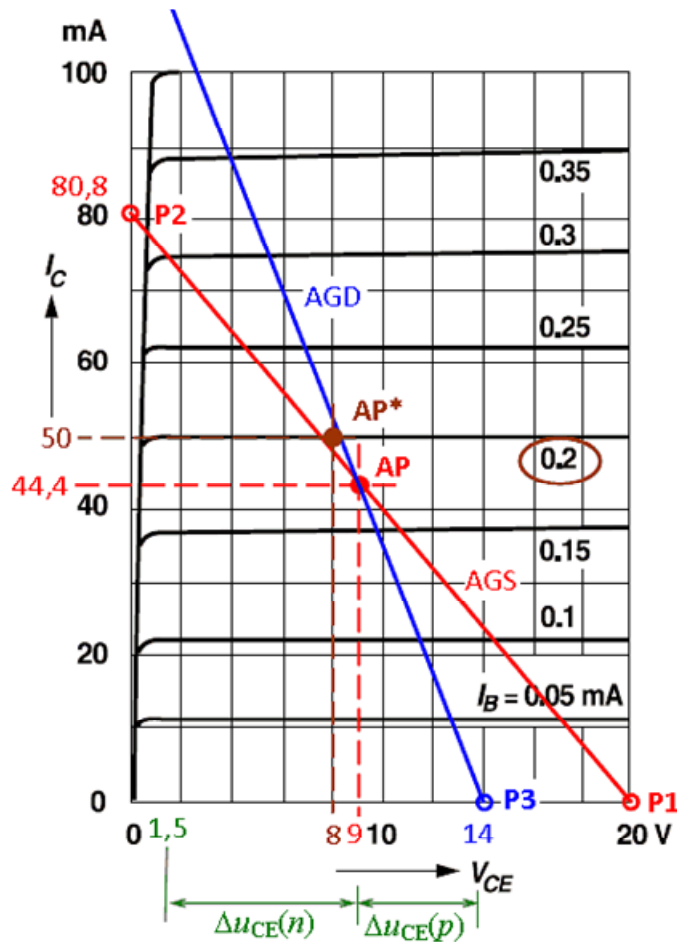
$$I_{Cmax} = I_{C,AP} \left(1 + \frac{U_{CE,AP}}{U_B - U_{CE,AP}} \right)$$

3 BJT: Kleinsignalverstärker (fortgesetzt 1)

$$I_{Cmax} = 44,4 \text{ mA} \cdot \left[1 + \frac{9 \text{ V}}{(20 - 9)\text{V}} \right] = \underline{80,8 \text{ mA}}$$

$$P2 = (0 \mid 80,8 \text{ mA})$$

$$[m_{AGS} = -\frac{I_{Cmax}}{U_B} = -4,04 \text{ mS}; RG = RE + RC = -\frac{1}{m_{AGS}} = 248 \Omega]$$



Lsg-Abb. 3.2

3 BJT: Kleinsignalverstärker (fortgesetzt 2)

Arbeitswiderstand (Kollektorwid.) RC; Emitterwid. RE

$$\underline{RE} = \frac{U_{RE,AP}}{I_{C,AP}} = \frac{2 \text{ V}}{44,4 \text{ mA}} = 45 \Omega; \quad \underline{RE, E24} = 47 \Omega$$

$$\underline{RC} = \frac{U_{RC,AP}}{I_{C,AP}} = \frac{9 \text{ V}}{44,4 \text{ mA}} = 203 \Omega; \quad \underline{RC, E24} = 200 \Omega$$

[Probe: $RG = RC + RE = 248 \Omega$]

c) Dynamische Arbeitsgerade AGD

6

Dynamischer Widerstand $r_D = RC \parallel RL = -1 / m_{AGD}$

$$r_D = RC \parallel RL = 203 \Omega \parallel 250 \Omega = 112 \Omega \rightarrow m_{AGD} = -8,93 \text{ mS}$$

($\{U_B; RC; RE\}$ ändern sich nicht: AGD geht hervor aus einer Drehung von AGS im AP im mathematisch negativen Sinn.)
Zum leichteren Einzeichnen empfiehlt sich ein weiterer Punkt, sinnvollerweise auf der U_{CE} -Achse:

$$U_{CE3}(I_C = 0) = U_{CE,AP} - \frac{I_{C,AP}}{m} = U_{CE,AP} + r_D \cdot I_{C,AP}$$

$$\underline{U_{CE3}} = 9 \text{ V} + 112 \Omega \cdot 44,4 \text{ mA} = 14 \text{ V} \rightarrow \underline{P3} = (14 \text{ V} \mid 0)$$

[Zum Vergleich (nicht gezeichnet): Punkt auf der I_C -Achse

$$I_{C4}(U_{CE} = 0) = U_{CE3} / r_D = 125 \text{ mA} \rightarrow \underline{P4} = (0 \mid 125 \text{ mA})]$$

Ausgangs-Aussteuerbarkeit harmonische Schwingung

Lt. Afg. abzulesen aus Afg-Abb. 3.2; vgl. Lsg-Abb. 3.2.

Für Musterlösung berechnet; U_{CEsat} extrapoliert mit 1,5 V:

$$\underline{\Delta u_{CE}(p)} = 14 \text{ V} - U_{CE,AP} = (14 - 9)\text{V} = 5 \text{ V} \quad (\text{mit P3})$$

$$\underline{\Delta u_{CE}(n)} = U_{CE,AP} - U_{CEsat} \cong (9 - 1,5)\text{V} = 7,5 \text{ V}$$

Maßgebend ist der kleinere Wert: $\underline{\hat{U}_{2max}} = \underline{\Delta u_{CEmax}(p)} = 5 \text{ V}$

3 BJT: Kleinsignalverstärker (fortgesetzt 3)d) Vorgegeben: $\underline{AP^*} = (8 \text{ V} \mid 50 \text{ mA})$; $\underline{U_{RE,AP}^*} = 2 \text{ V}$ 4Aus Diagramm Afg-Abb. 3.2 abgelesen: $\underline{I_{B,AP}^*} = 0,2 \text{ mA}$

$$\underline{R1} = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{U_B - U_{BE,AP} - U_{RE,AP}}{(q+1)I_{B,AP}^*} = \frac{(20 - 0,7 - 2)\text{V}}{(10+1) \cdot 0,2 \text{ mA}} = \underline{7,86 \text{ k}\Omega}$$

$$\underline{R2} = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} = \frac{U_{BE,AP} + U_{RE,AP}}{q \cdot I_{B,AP}^*} = \frac{(0,7 + 2) \text{ V}}{10 \cdot 0,2 \text{ mA}} = \underline{1,35 \text{ k}\Omega}$$

$$\underline{R1, E24 = 8,2 \text{ k}\Omega}; \quad \underline{R2, E24 = 1,3 \text{ k}\Omega}$$

e) S. Lsg-Abb. 3.1 2

4 BJT: Kleinsignal-Ersatzschaltbild 12a) $r_{BE} \cong U_T / I_{B,AP}$. Raumtemperatur: $U_T = 26 \text{ mV}$ 2

$$\underline{r_{BE}} \cong 26 \text{ mV} / 175 \mu\text{A} = \underline{149 \Omega}$$

b) r_{CE} entfällt (Parallelschaltung; $r_{CE} \rightarrow \infty$); RE durch CE kurzgeschl. 7Ansatz über $v_u = u_2 / u_1$:

$$i_B = u_1 / r_{BE} \rightarrow u_1 = i_B \cdot r_{BE} \quad (1)$$

$$u_2 = -i_2 \cdot RC \parallel RL = -\beta \cdot i_B \cdot (RC \parallel RL) \quad (2)$$

$$(1) \text{ in } (2): v_u = -\beta \cdot \frac{RC \parallel RL}{r_{BE}} \quad (3)$$

$$|\underline{F_u}(j\omega)| = \beta \cdot \frac{RC \parallel RL}{r_{BE}} = 225 \cdot \frac{(0,22 \parallel 1)\text{k}\Omega}{0,149 \text{ k}\Omega}$$

$$\underline{|\underline{F_u}(j\omega)|} = 225 \cdot 1,21 = \underline{272}$$

$$\underline{\varphi(\omega)} = -180^\circ \hat{=} -\pi \text{ aus Minuszeichen in (3)}$$

(Werte gelten innerhalb der Übertragungsbandbreite im „flachen Bereich“, d.h. im hinreichenden Abstand zu den Grenzfrequenzen)

Ansatz über angenommene Spannung $u_1 = 1 \text{ V}$:

$$\underline{i_B} = u_1 / r_{BE} = 1 \text{ V} / 150 \Omega = \underline{6,71 \text{ mA}}$$

$$u_2 = -\beta \cdot i_B \cdot RC \parallel RL = -225 \cdot 6,71 \text{ mA} \cdot (0,220 \parallel 1)\text{k}\Omega$$

$$\underline{u_2} = -272 \text{ V} \text{ (theoretischer Rechenwert)}$$

$$\underline{v_u} = \frac{u_2}{u_1} = -\frac{272 \text{ V}}{1 \text{ V}} = \underline{-272}$$

daraus $|\underline{F}(j\omega)| = |v_u|$ und $\varphi(\omega)$ wie oben.d) $|\underline{F_u}(j\omega)| \text{ (dB)} = 20 \cdot \lg |\underline{F_u}(j\omega)| \text{ dB} = 20 \cdot \lg(272) \text{ dB}$ 3

$$\underline{|\underline{F_u}(j\omega)| \text{ (dB)}} = 20 \cdot 2,44 \text{ dB} = \underline{48,7 \text{ dB}}$$