

1. Klausur
Grundlagen der Elektrotechnik I-B
27. Mai 2003



Musterloesung

Name:

Vorname:

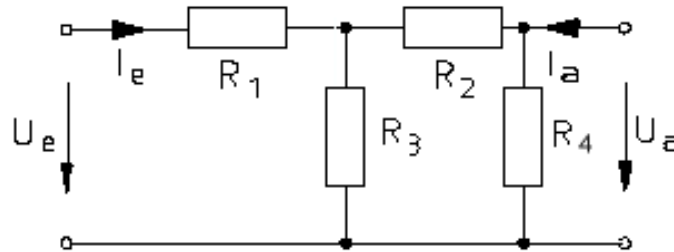
Matr.-Nr.:

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

- ➡ Trennen Sie den Aufgabensatz **nicht** auf.
- ➡ Benutzen Sie für die Lösung der Aufgaben **nur** das mit diesem Deckblatt ausgeteilte Papier. **Lösungen, die auf anderem Papier geschrieben werden, können nicht gewertet werden.** Weiteres Papier kann bei den Tutoren angefordert werden.
- ➡ **Notieren Sie bei der Aufgabe einen Hinweis, wenn die Lösung auf einem Extrablatt fortgesetzt wird**
- ➡ **Schreiben Sie deutlich!** Doppelte, unleserliche oder mehrdeutige Lösungen können nicht gewertet werden.
- ➡ Schreiben Sie **nicht** mit Bleistift!
- ➡ Schreiben Sie nur in **blau** oder **schwarz!**

1. Aufgabe (5 Punkte): h-Parameter

Gegeben ist folgender passiver Vierpol:



$$R_1 = 3\Omega$$

$$R_2 = 2\Omega$$

$$R_3 = 1\Omega$$

$$R_4 = 3\Omega$$

1.1. Vierpolgleichungen (1 Punkt)

Schreiben Sie die allgemeinen Vierpolgleichungen mit Hilfe der h-Parameter für diese Schaltung.

Lösung:

$$u_e = h_{11} \cdot i_e + h_{12} \cdot u_a \quad (1)$$

$$i_a = h_{21} \cdot i_e + h_{22} \cdot u_a \quad (2)$$

1.2. h-Parameter (4 Punkte)

Bestimmen Sie rechnerisch die h-Parameter der Schaltung und geben Sie für jeden h-Parameter eine Beschreibung an. **Bitte schreiben Sie die Lösung in der Form:**

Beschreibung: Eingangs... bei kurzgeschlossenem ...:

Berechnung :

$$h_{xx} = \frac{A}{B} \Big|_{C=\text{irgendwas}} = \langle \text{Formel} \rangle = \langle \text{Ergebnis mit Dimension} \rangle \quad (3)$$

Lösung:

Eingangswiderstand bei kurzgeschlossenem Ausgang:

$$h_{11} = \frac{u_e}{i_e} \Big|_{u_a=0} = R_1 + R_2 \parallel R_3 = \frac{11}{3}\Omega$$

Spannungsrückwirkung bei offenem Eingang:

$$h_{12} = \frac{u_e}{u_a} \Big|_{i_e=0} = \frac{R_3}{R_2+R_3} = \frac{1}{3}$$

Stromverstärkung bei kurzgeschlossenem Ausgang:

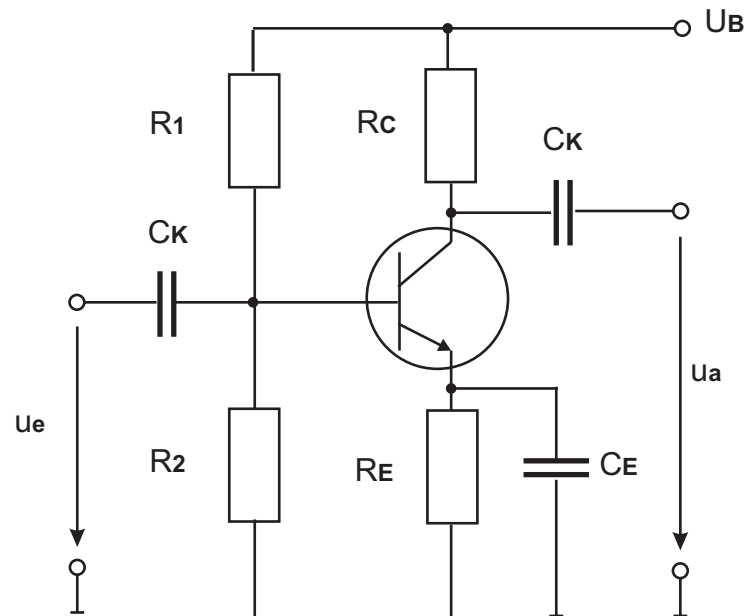
$$h_{21} = \frac{i_a}{i_e} \Big|_{u_a=0} = -\frac{R_3}{R_2+R_3} = -\frac{1}{3}$$

Ausgangsleitwert bei offenem Eingang:

$$h_{22} = \frac{i_a}{u_a} \Big|_{i_e=0} = \frac{1}{(R_2+R_3) \parallel R_4} = \frac{2}{3\Omega}$$

2. Aufgabe (5 Punkte): Wechselstromersatzschaltbild

Gegeben ist die folgende Schaltung:



2.1. Schaltung erkennen (1 Punkt)

Um welche Schaltung handelt es sich und welche Art der Arbeitspunktstabilisierung liegt vor ?

Lösung:

Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung !

2.2. Die Funktion der Kondensatoren (1 Punkt)

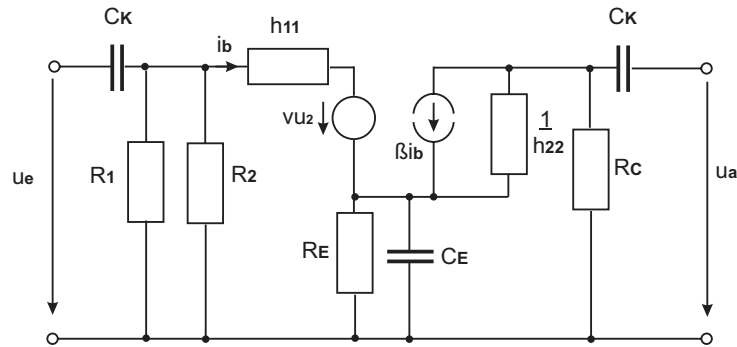
Beschreiben Sie die Funktion der Kondensatoren C_K und C_E .

Lösung:

Die Kondensatoren C_K dienen als Koppelkondensatoren für den Ein- bzw. Ausgang. Der Kondensator C_E soll die Stromgegenkopplung von Kleinsignalen verhindern.

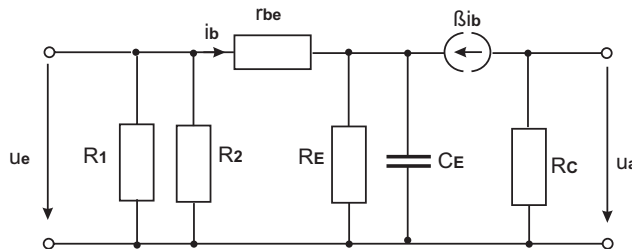
2.3. Wechselstrom-Ersatzschaltbild (2 Punkte)

Zeichnen Sie das vollständige Wechselstromersatzschaltbild unter der Annahme $C_K = C_E \neq \infty$!



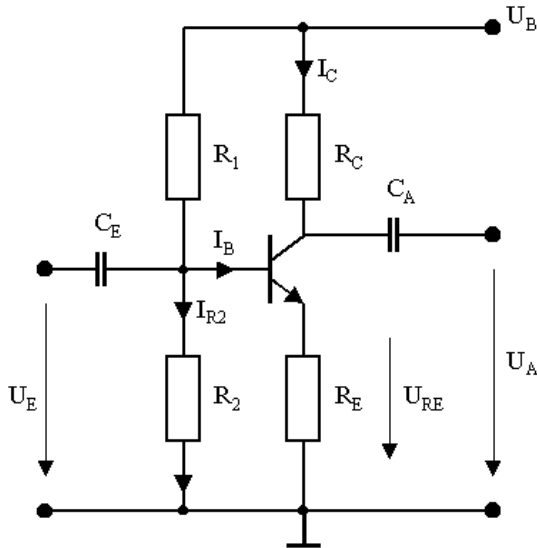
2.4. Vereinfachung des Ersatzschaltbildes (1 Punkt)

Vereinfachen Sie das Wechselstromersatzschaltbild mit der Annahme, dass $h_{12} = h_{22} = 0$ und $C_K = \infty$. Der Kondensator C_E besitzt einen **endlichen** Wert.



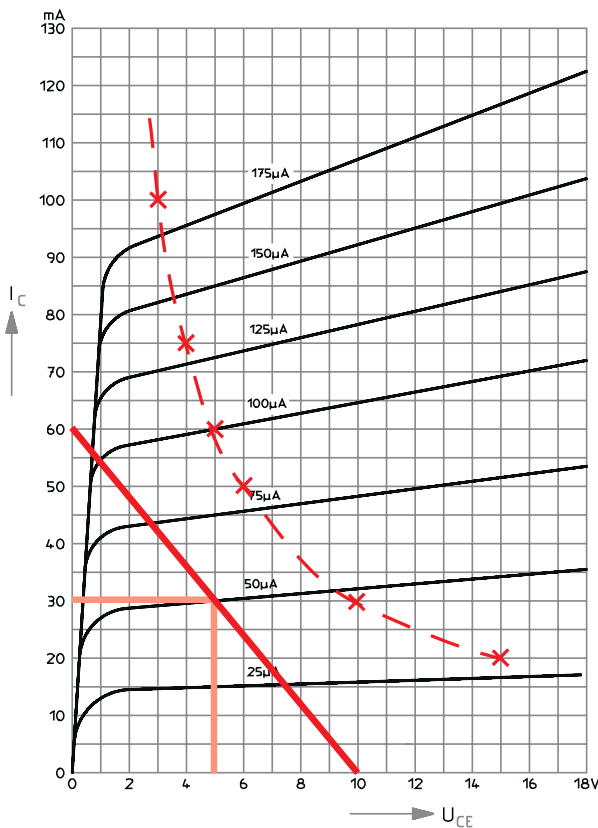
3. Aufgabe (5 Punkte): Transistorschaltung

Gegeben ist die folgende Verstärkerschaltung. Die dazugehörige Eingangskennlinie und das Ausgangskennlinienfeld des verwendeten Transistors sind unten angegeben.

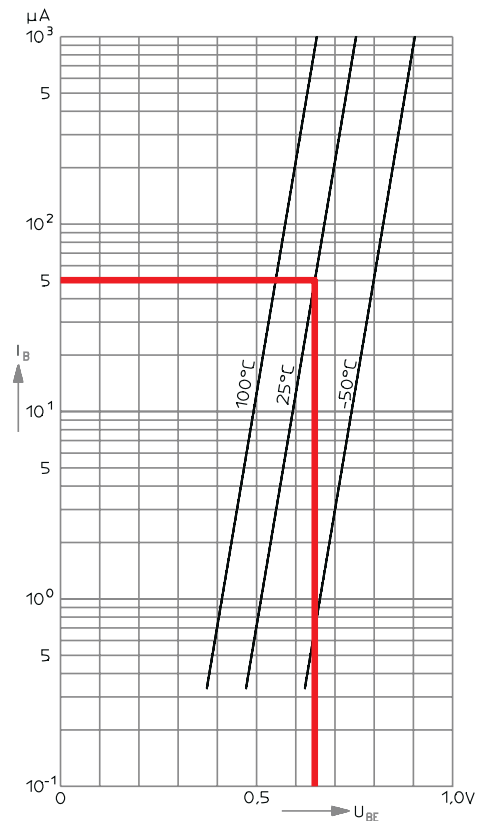


$I_C = 30 \text{ mA}$	$I_{R2} = 10 \cdot I_B$	$U_B = 10 \text{ V}$
$B = 600$	$P_{\text{tot}} = 300 \text{ mW}$	$U_{RE} = 1 \text{ V}$

Ausgangskennlinienfeld des BC239



Eingangskennlinien des BC239



Hinweis: Die Umgebungstemperatur beträgt 25°C.

3.1. Arbeitspunkt (1 Punkt)

Bestimmen Sie den Arbeitspunkt A_1 und tragen Sie diesen und die Arbeitsgerade in das vorgegebene Ausgangskennlinienfeld ein.

Lösung:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{30 \text{ mA}}{600} = 50 \mu\text{A} \quad (4)$$

$$I_{CA} = 30 \text{ mA} \quad \text{und} \quad (5)$$

$$U_{CEA} = 5 \text{ V} \quad (0.5 \text{ Punkte}) \quad (6)$$

Arbeitsgerade:

1. Punkt: $I_{C0} = 0 \text{ A}$, $U_{CE0} = U_B = 10 \text{ V}$

2. Punkt: $I_{CA} = 30 \text{ mA}$, $U_{CEA} = 5 \text{ V}$ (Arbeitspunkt)

Verlängert $I_{CK} = 60 \text{ mA}$, ($U_{CEK} = 0 \text{ V}$) (0.5 Punkte)

3.2. Dimensionierung R_C und R_E (1 Punkt)

Berechnen Sie die Widerstände R_C und R_E für den Arbeitspunkt A_1 , wenn über den Widerstand R_E eine Spannung von 1V abfallen soll.

Lösung:

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_C + I_B} = 33,28 \Omega \quad \text{oder} \quad R_E = \frac{U_{RE}}{I_C} = 33,3 \Omega \quad (0.5 \text{ Punkte}) \quad (7)$$

$$R_C + R_E = (\text{Steigung der Arbeitsgeraden})^{-1}$$

$$R_C = \frac{U_B}{I_{CK}} - R_E = \frac{10 \text{ V}}{60 \text{ mA}} - 33,33 \Omega = 133,33 \Omega$$

$$R_C = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} - R_E = \frac{10 \text{ V} - 5 \text{ V}}{30 \text{ mA}} - 33,33 \Omega = 133,33 \Omega$$

oder (8)

$$R_C = \frac{U_B - U_{CEA} - U_{RE}}{I_{CA}} = \frac{10 \text{ V} - 5 \text{ V} - 1 \text{ V}}{30 \text{ mA}} = 133,33 \Omega \quad (0.5 \text{ Punkte})$$

3.3. Dimensionierung R_1 und R_2 (1 Punkt)

Dimensionieren Sie R_1 und R_2 so, dass die Bedingung $I_{R2} = 10 \cdot I_B$ erfüllt ist.

Lösung:

$$I_B = 50 \mu\text{A} \Rightarrow U_{BEA} = 0,67 \text{ V} \quad (\text{abgelesen aus dem Eingangskennlinienfeld})$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{10 \cdot I_B} = \frac{U_{BEA} + U_{RE}}{10 \cdot I_B} = \frac{0,67 \text{ V} + 1 \text{ V}}{10 \cdot 50 \mu\text{A}} = 3,34 \text{ k}\Omega \quad 0.5 \text{ Punkte} \quad (9)$$

$$R_1 = \frac{U_B - U_{R2}}{11 \cdot I_B} = \frac{U_B - U_{BEA} - U_{RE}}{11 \cdot I_B} = \frac{10 \text{ V} - 0,67 \text{ V} - 1 \text{ V}}{11 \cdot 50 \mu\text{A}} = 15,145 \text{ k}\Omega \quad (0.5 \text{ Punkte}) \quad (10)$$

3.4. Verlustleistung (2 Punkte)

Zeichnen Sie die Verlustleistungshyperbel in das Ausgangskennlinienfeld ein. Berechnen Sie dazu mindestens 4 Stützpunkte. Berechnen Sie die umgesetzte Leistung im Arbeitspunkt A_1 .

Lösung:

$$P_{tot} = U_{CE} \cdot I_C \Rightarrow I_C = \frac{P_{tot}}{U_{CE}} \quad (0.5 \text{ Punkte}) \quad (11)$$

1. Punkt: $U_{CE} = 3V$ $I_C = 100mA$

2. Punkt: $U_{CE} = 4V$ $I_C = 75mA$

3. Punkt: $U_{CE} = 5V$ $I_C = 60mA$

4. Punkt: $U_{CE} = 6V$ $I_C = 50mA$

5. Punkt: $U_{CE} = 10V$ $I_C = 30mA$

6. Punkt: $U_{CE} = 15V$ $I_C = 20mA$

Zeichnen der Hyperbel mit mindestens vier Stützpunkten (1 Punkt)

Leistung im Arbeitspunkt:

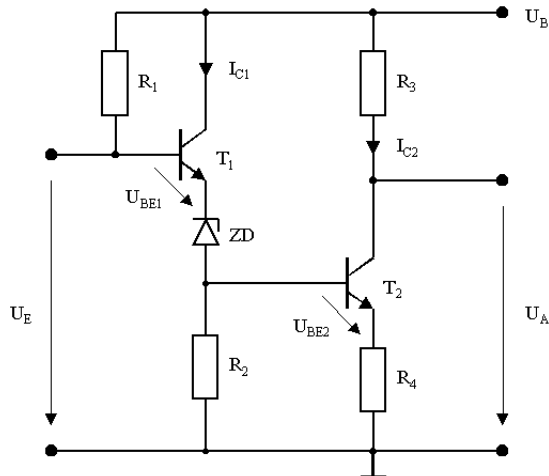
$$P_{V,CE} = U_{CEA} \cdot I_{CA} = 5V \cdot 30mA = 150mW \quad (0.5 \text{ Punkte}) \quad (12)$$

Wer es genau macht, der berücksichtigt auch noch die umgesetzte Leistung an der Basis-Emitter Diode

$$P_{V,BE} = U_{BEA} \cdot I_{BA} = 0,67V \cdot 50\mu A = 0,335mW \quad (13)$$

4. Aufgabe (5 Punkte): Transistorschaltung

Gegeben ist folgende Transistorschaltung bestehend aus den Transistoren T_1 und T_2 , der Zenerdiode ZD und den Widerständen $R_1 \dots R_4$:



$I_{C1} = 10 \text{ mA}$	$U_{BE1} = U_{BE2} = 0,6 \text{ V}$	$U_B = 15 \text{ V}$
$B_{(T1)} = 200$	$U_Z = 5,6 \text{ V}$	$U_E = 12 \text{ V}$
$R_3 = 500 \Omega$		$U_A = 10 \text{ V}$

Hinweis: ZD ist als ideale Zenerdiode mit $U_Z = 5,6 \text{ V}$ anzunehmen.

Zur Vereinfachung ist für T_1 und T_2 die Näherung $I_E \approx I_C$ zu verwenden (mit $I_{B2} \approx 0$).

Anmerkung:

Der Lösungsweg muss erkennbar sein!

4.1. Berechnung I_{C2} (1 Punkt)

Berechnen Sie I_{C2} .

Lösung:

$$I_{C2} = \frac{U_B - U_A}{R_3} = \frac{5 \text{ V}}{500 \Omega} = 10 \text{ mA} \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (14)$$

4.2. Berechnung R_1 und R_2 (2 Punkte)

Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2 mit der Vereinfachung $I_E \approx I_C$ und $I_{B2} \approx 0$

Lösung:

$$R_1 = \frac{U_B - U_E}{\frac{I_{C1}}{B_{(T1)}}} = \frac{3 \text{ V}}{50 \mu\text{A}} = 60 \text{ k}\Omega \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (15)$$

$$R_2 = \frac{U_E - U_{BE1} - U_Z}{I_{C1}} = \frac{5,8 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 580 \Omega \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (16)$$

mit $I_{E1} = I_{C1}$ und $I_{B2} = 0 \text{ A}$

4.3. Berechnung R_4 und U_{CE} (2 Punkte)

Berechnen Sie den Widerstand R_4 und bestimmen Sie U_{CE} von T_2

Lösung:

Musterloesung

$$R_4 = \frac{U_E - U_{BE1} - U_Z - U_{BE2}}{I_{C2}} = \frac{5,2 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 520 \Omega \quad (1 \text{ Punkt}) \quad (17)$$

mit $I_{E2} = I_{C2}$

$$U_{CE(T2)} = U_B - R_3 \cdot I_{C2} - R_4 \cdot I_{E2} = U_B - (R_3 + R_4) \cdot I_{C2} = 4,8 \text{ V} \quad (1 \text{ Punkt})$$

mit $I_{E2} = I_{C2}$

(18)