

1. Klausur

Grundlagen der Elektrotechnik I-B

27. Mai 2002

Name:

Vorname:

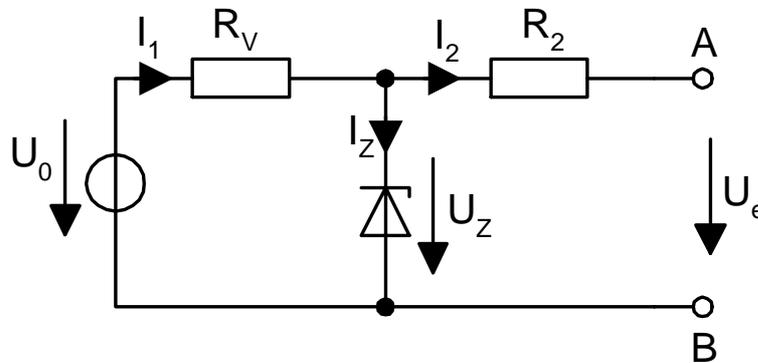
Matr.-Nr.:

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.** Schreiben Sie Ihre Lösung auch auf die Rückseiten der Blätter! Weiteres Papier kann bei den Tutoren angefordert werden.
- ➡ 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): Zener-Diode**1.1. Vorwiderstand (2 Punkte)**

Gegeben ist folgendes Schaltbild:



$R_2 = 200\Omega$, $U_Z = 6,8V$, $U_0 = 20V$, $P_{Z_{max}} = 1W$ (Hinweis: $r_Z \rightarrow 0$)

Wie groß ist der maximal zulässige Zenerdiodenstrom $I_{Z_{max}}$?

Bestimmen Sie den Vorwiderstand R_V der Schaltung so, dass die maximale Diodenverlustleistung weder im Leerlauf noch im Falle eines Kurzschlusses an den Klemmen A und B überschritten wird!

Lösung:

$$I_{Z_{max}} = \frac{P_{V_{max}}}{U_Z} = \frac{1W}{6,8V} = 147mA \quad (1)$$

(0,5 Punkte) für die Berechnung von $I_{Z_{max}}$

$$R_V = \frac{U_0 - U_Z}{I_1} \quad (2)$$

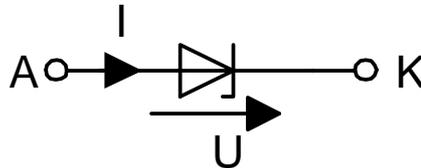
$$\text{Leerlauf: } I_{1L} = I_{Z_{max}} \quad (3)$$

$$\text{Kurzschluß: } I_{1K} = I_{Z_{max}} + I_2 \quad (4)$$

$$I_{1L} < I_{1K} \Rightarrow R_V = \frac{20V - 6,8V}{147mA} = 89,79\Omega \approx \underline{90\Omega} \quad (5)$$

1.2. Ersatzschaltbild (2 Punkte)

An einer Diode wurden folgende Meßwerte ermittelt, die sich in den 3 linearisierten Kennlinienteilen der Diode befinden:

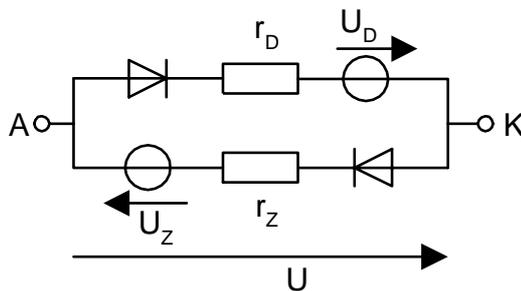


U [V]	-3	-2,8	-1	0,65	0,76
I [mA]	-40	-20	0	12	40

Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Diode ($r_S \rightarrow \infty$)!

Ermitteln Sie rechnerisch die Ersatzschaltungselemente r_D , r_Z , U_D und U_Z . (Beachten Sie die Vorzeichen!!)

Lösung:



$$\text{für } I > 0 : \quad U = U_D + I \cdot r_D \quad (6)$$

$$0,65V = U_D + 12mA \cdot r_D \quad (7)$$

$$0,76V = U_D + 40mA \cdot r_D \quad (8)$$

$$U_D = 0,65V - 12mA \cdot r_D \quad (9)$$

$$0,76V = 0,65V - 12mA \cdot r_D + 40mA \cdot r_D \quad (10)$$

$$0,11V = 28mA \cdot r_D \quad (11)$$

$$r_D = \underline{3,92\Omega} \quad (12)$$

$$U_D = 0,65V - 12mA \cdot 3,92\Omega = \underline{0,602V} \quad (13)$$

$$\text{für } I < 0 : \quad U = -U_Z + I \cdot r_Z \quad (14)$$

$$-3V = -U_Z - 40mA \cdot r_Z \quad (15)$$

$$-2,8V = -U_Z - 20mA \cdot r_Z \quad (16)$$

$$-U_Z = -3V + 40mA \cdot r_Z \quad (17)$$

$$-2,8V = -3V + 40mA \cdot r_Z - 20mA \cdot r_Z \quad (18)$$

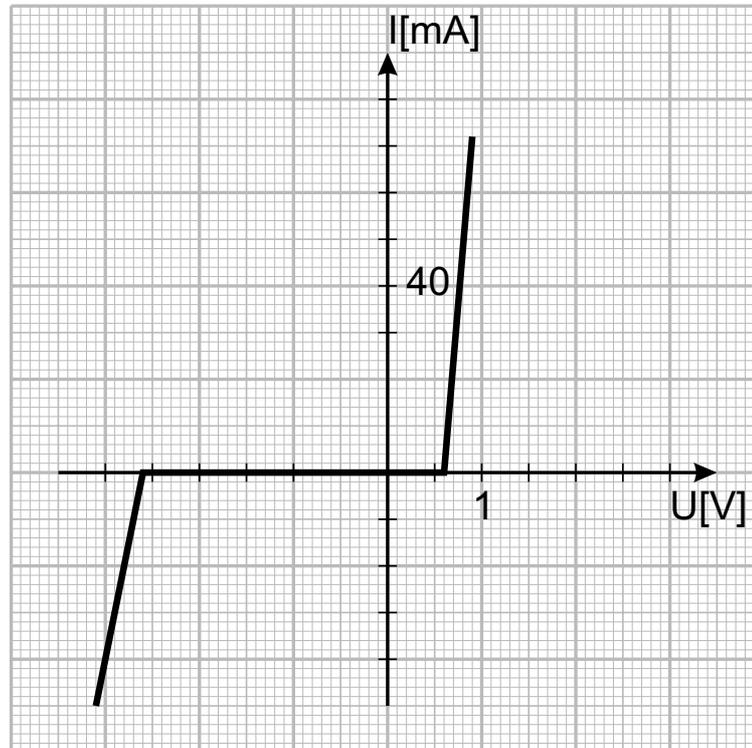
$$0,2V = 20mA \cdot r_Z \quad (19)$$

$$r_Z = \underline{10\Omega} \quad (20)$$

$$U_Z = 3V - 40mA \cdot 10\Omega = \underline{2,6V} \quad (21)$$

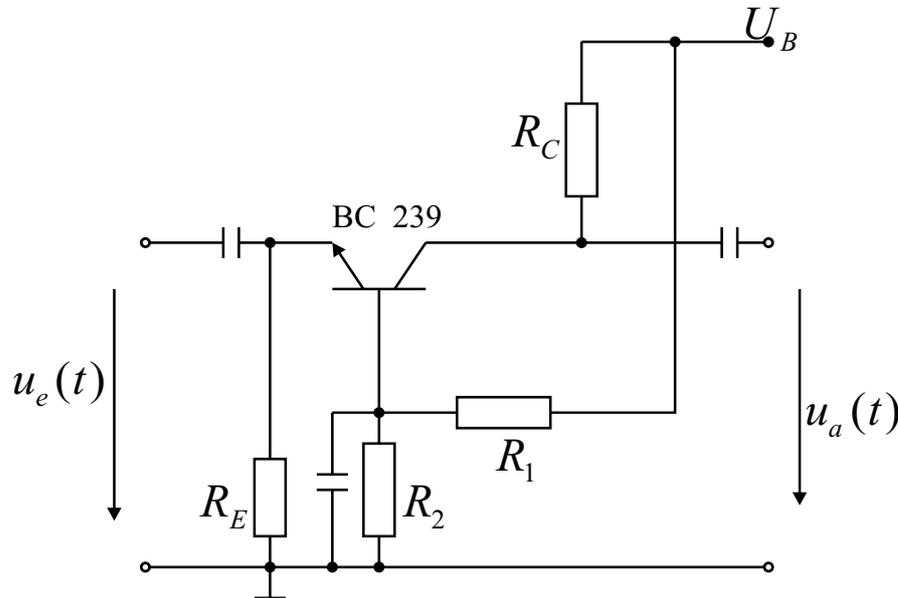
1.3. Kennlinie (1 Punkt)

Zeichnen Sie in das gegebene Diagramm die Kennlinie der Diode entsprechend der obigen Meßwerte.



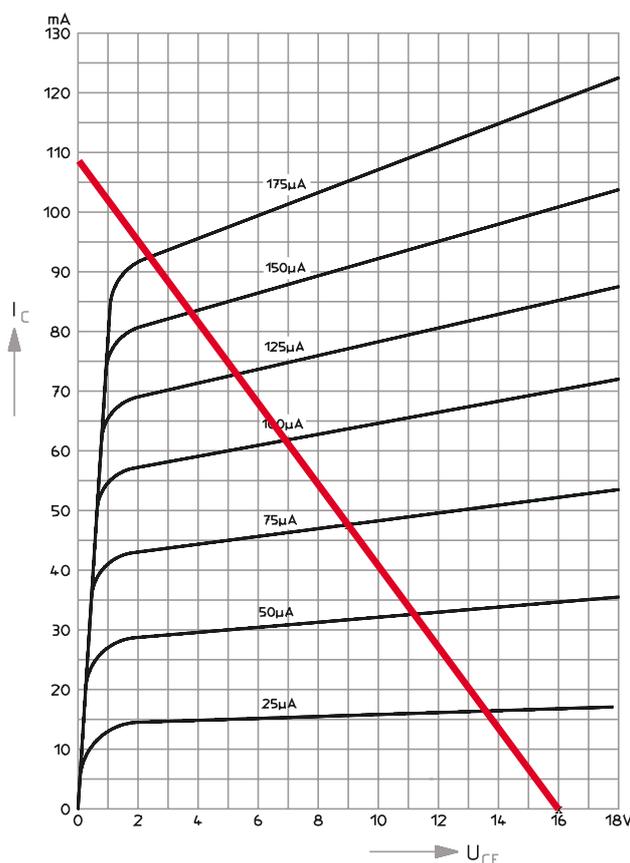
2. Aufgabe (5 Punkte): Arbeitspunkteinstellung am Transistor

Gegeben ist folgende Transistorschaltung und die Kennlinien des Transistors auf den folgenden Blättern.

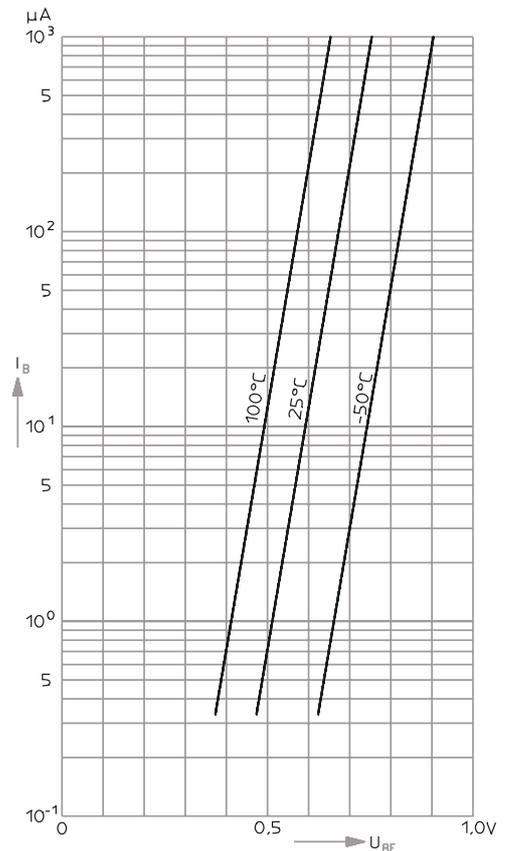


Der Arbeitspunkt der Schaltung und zusätzliche Informationen sind gegeben mit: $U_{CE} = 9V$, $U_{RE} = 1V$, $I_C = 48mA$, $I_{R2} = 9 \cdot I_B$, $U_B = 16V$, $P_{BC239max} = 0,5W$ und die Schaltung arbeitet bei Raumtemperatur.

Ausgangskennlinienfeld des BC239



Eingangskennlinien des BC239



2.1. Arbeitsgerade (0,5 Punkte)

Tragen Sie die Arbeitsgerade in das geeignete Kennlinienfeld ein.

Lösung:

siehe Ausgangskennlinienfeld

2.2. Widerstände im AP (3 Punkte)

Berechnen Sie die Werte der Widerstände R_1 , R_2 , R_C und R_E . (Hinweis I_B darf nicht vernachlässigt werden.)

Lösung:

$$R_C = \frac{U_B - (U_{R_E} + U_{C_E})}{I_C} = \frac{16V - 9V - 1V}{48mA} = \underline{125\Omega} \quad (22)$$

$$R_E = \frac{U_{R_E}}{I_C + I_B} \quad (23)$$

$$I_B = 75\mu A \text{ abgelesen aus dem Ausgangskennlinienfeld} \quad (24)$$

$$R_E = \frac{1V}{48mA + 75\mu A} = \underline{20,80\Omega} \quad (25)$$

$$U_{B_E} = 0,66V \text{ abgelesen aus der Eingangskennlinie} \quad (26)$$

$$U_{R_2} = U_{B_E} + U_{R_E} = 1,66V \quad (27)$$

$$R_2 = \frac{U_{R_2}}{I_{R_2}} = \frac{U_{R_2}}{9 \cdot I_B} = \underline{2,46k\Omega} \quad (28)$$

$$R_1 = \frac{U_B - U_{R_2}}{10 \cdot I_B} = \frac{14,34}{750\mu A} = \underline{19,12k\Omega} \quad (29)$$

2.3. Transistorschaltungen (1,5 Punkte)

Um welche Transistorgrundschaltung handelt es sich?

Darf die Schaltung im vorgegebenen Arbeitspunkt betrieben werden?

Wozu dient der Kondensator, der parallel zu R_2 liegt?

(Hinweis: Begründung für jede Teilaufgabe erforderlich!)

Lösung:

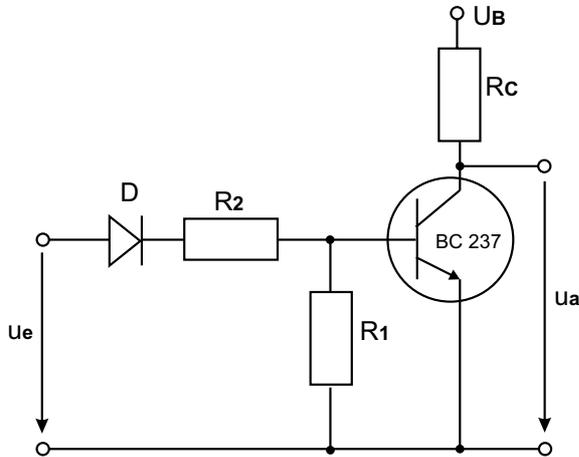
Grundschaltung es ist eine Basisschaltung, die Basis liegt sowohl vom Eingang als auch vom Ausgang aus betrachtet auf dem gleichen Potential

Arbeitspunkt: ja, die Schaltung kann in dem Arbeitspunkt betrieben werden, da $P_{BC239max} > I_C \cdot U_{C_E} = 0,432W$ ist.

Kondensator: der Kondensator dient Kleinsignalentkopplung nach Masse, sonst entsteht ein unerwünschter Spannungsabfall des Signals an R_2

3. Aufgabe (5 Punkte): Transistor als Schalter

Gegeben ist die folgende Schaltung mit den Kennlinien auf folgenden den Blättern für einen Transistor im Schalterbetrieb

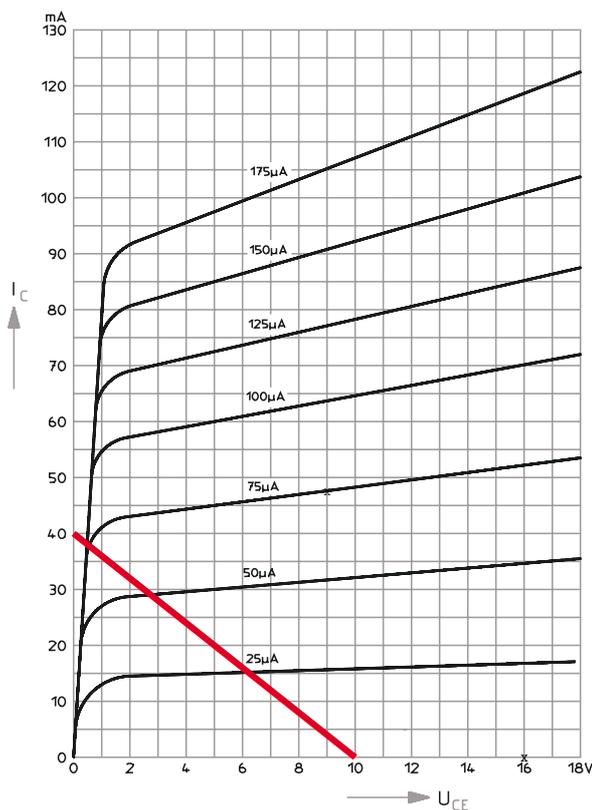


$$U_B = 10V, R_c = 250\Omega, \text{ Diode: } U_D = 0,7V, r_D = 0\Omega, T = 25^\circ$$

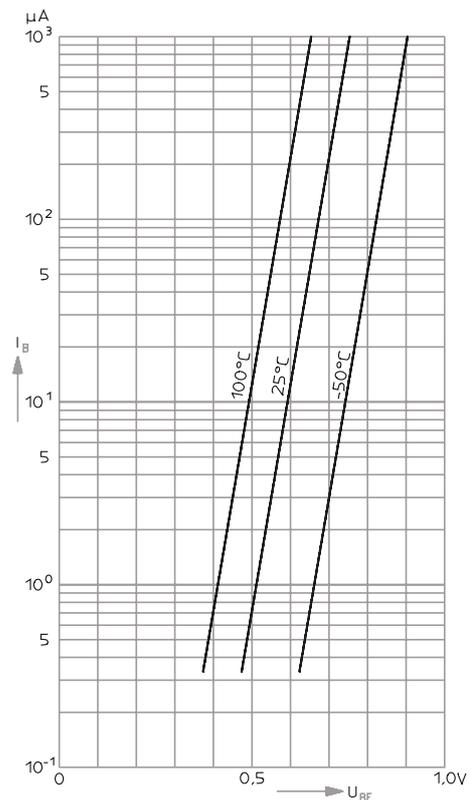
3.1. Arbeitsgerade (1,5 Punkte)

Zeichnen Sie die Arbeitsgerade in das Ausgangskennlinienfeld ein. Bestimmen Sie graphisch aus dem Kennlinienfeld den Basisstrom I_{Bsat} , der mindestens notwendig ist, um die Kollektor-Emitterspannung so klein wie möglich zu machen.

Ausgangskennlinienfeld des BC239



Eingangskennlinien des BC239



Lösung:

Musterloesung

$$I_k = \frac{U_B}{R_c} = 40mA \quad (30)$$

$$I_B = 75\mu A \quad (31)$$

3.2. Widerstandsdimensionierung (2 Punkte)

Bestimmen Sie R_1 und R_2 so, dass bei $U_e = U_B$ gilt: $I_{R_1} = 8 \cdot I_{Bsat}$. Verwenden Sie I_{Bsat} aus dem Aufgabenteil 3.1.

Lösung:

$$\text{Eingangskennlinie : } U_{BE} = 0,66V \quad (32)$$

$$U_{BE} = R_1 \cdot I_{R_1} = R_1 \cdot 8 \cdot I_{Bsat} \Rightarrow R_1 = 1,1k\Omega \quad (33)$$

$$\text{Maschengleichung : } U_e = U_D + R_2 \cdot (I_B + I_{R_1}) + U_{BE} \quad (34)$$

$$R_2 = \frac{10V - 0,66V - 0,7V}{9 \cdot I_B} = 12,8k\Omega \quad (35)$$

3.3. Eingangsspannung (1,5 Punkte)

Nun seien $R_1 = 2,5k\Omega$ und $R_2 = 10k\Omega$. Wie groß ist U_e , wenn $U_{BE} = 0,7V$ ist ?

Lösung:

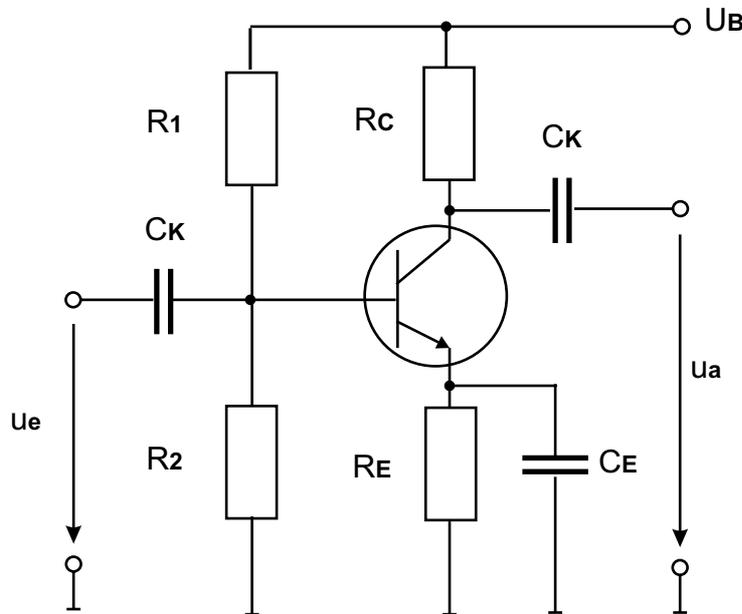
$$U_{BE} = R_1 \cdot I_{R_1} \Rightarrow I_{R_1} = \frac{0,7V}{2,5k\Omega} = 0,28mA \quad (36)$$

$$\text{Eingangskennlinie : } U_{BE} = 0,7V \Rightarrow I_B = 0,2mA \quad (37)$$

$$\text{Maschengleichung : } U_e = U_D + R_2 \cdot (I_B + I_{R_1}) + U_{BE} = 0,7V + 10k\Omega \cdot 0,48mA + 0,7V = 6,2V \quad (38)$$

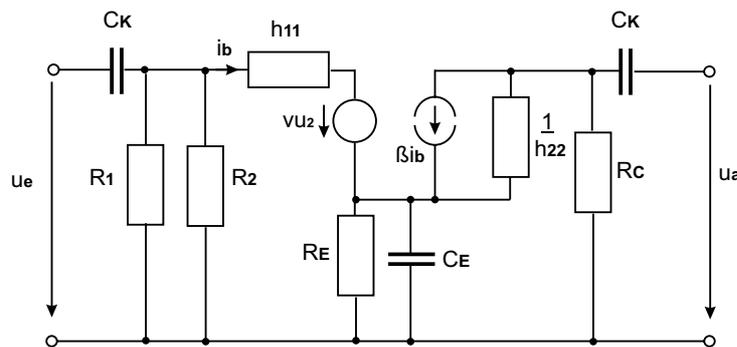
4. Aufgabe (5 Punkte): Wechselstromersatzschaltbild

Gegeben ist die folgende Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung:



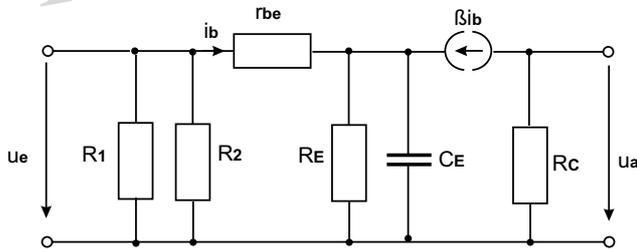
4.1. Ersatzschaltbild (2 Punkte)

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



4.2. 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.



4.3. Wechselspannungsverstärkung (1,5 Punkte)

Geben Sie den Ausdruck für die komplexe Wechselspannungsverstärkung \underline{v} . Hinweis: $\underline{Z}_C = \frac{1}{j\omega C}$. Der Lösungsweg muss erkennbar sein!

Lösung:

$$\underline{v} = \frac{u_a}{u_e} = \frac{-\beta i_b R_c}{(\beta + 1) i_b (R_E \parallel C_E) + i_b r_{be}} \quad (39)$$

$$\text{mit : } R_E \parallel C_E = \frac{R_E}{1 + j\omega C_E R_E} \quad (40)$$

$$= \frac{-\beta R_c}{r_{be} + (\beta + 1) \frac{R_E}{1 + j\omega C_E R_E}} \quad (41)$$

4.4. Wechselspannungsverstärkung (0,5 Punkte)

Wie lautet die Spannungsverstärkung für den Fall $C_E = \infty$?

Lösung:

$$\underline{v} = -\frac{\beta R_c}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \cdot \frac{\frac{1}{j\omega C_E R_E}}{\frac{1}{j\omega C_E R_E} + \frac{r_{be}}{\beta R_E + r_{be}}} \quad (42)$$

$$= -\frac{\beta R_c}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \cdot \frac{r_{be} + (\beta + 1) R_E}{r_{be}} = -\frac{\beta R_c}{r_{be}} \quad (43)$$