

## 7. Aufgabenblatt mit Lösungsvorschlag

01.06.2010

### Schaltungen mit Bipolartransistoren

#### Aufgabe 1: Analyse einer Schaltung mit Bipolartransistor

Gegeben sei untenstehende Transistorschaltung mit den folgenden Größen:

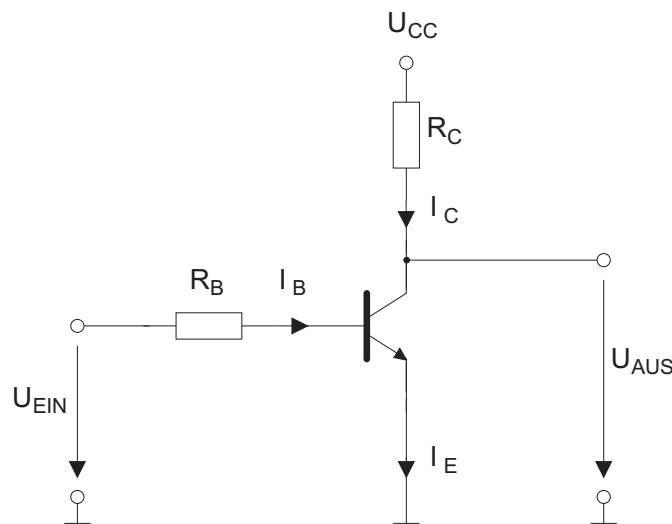
$$R_B = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = 1 \text{ k}\Omega$$

$$U_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$U_K = 0,7 \text{ V}$$

$$B_N = 99$$



a) Bestimmen Sie für  $0 \text{ V} \leq U_{EIN} \leq 5 \text{ V}$ :

- 1.) den Zustand der einzelnen Dioden
- 2.) den Transistorzustand
- 3.) die Ströme  $I_B$ ,  $I_C$  und  $I_E$
- 4.) die Ausgangsspannung  $U_{AUS}$

b) Welche logische Funktion stellt die Schaltung dar, wenn an Eingang und Ausgang Spannungen um  $0 \text{ V}$  als Low-Pegel und Spannungen um  $5 \text{ V}$  als High-Pegel interpretiert werden?

#### Lösungsvorschlag:

a) Berechnungen für  $0 \text{ V} \leq U_{EIN} \leq 5 \text{ V}$

1. Bereich:  $0 \text{ V} \leq U_{EIN} \leq U_K = 0,7 \text{ V}$

1. Beide Dioden sind gesperrt
2. Transistor ist gesperrt

$$3. I_B = I_C = I_E = 0A$$

$$4. U_{AUS} = U_{CC} = 5V$$

$$2. \text{ Bereich: } U_K \leq U_{EIN} < U_{SATT}$$

1. BE-Diode ist offen, BC-Diode gesperrt

2. Transistor ist aktiv normal

$$3. I_B = \frac{U_B}{R_B} = \frac{U_{EIN} - U_K}{R_B} = 0,1 \cdot U_{EIN} \cdot \frac{1}{k\Omega} = 0,07mA$$

$$I_C = B_N \cdot I_B = 9,9 \cdot U_{EIN} \cdot \frac{1}{k\Omega} = 6,93mA$$

$$I_E = I_B + I_C = 10 \cdot U_{EIN} \cdot \frac{1}{k\Omega} = 7mA$$

$$4. U_{AUS} = U_{CC} - U_C = U_{CC} - R_C \cdot I_C = 11,93V - 9,9 \cdot U_{EIN}$$

Berechnung der Sättigungsgrenze  $U_{SATT}$  (Für den gesättigten Zustand gilt:  $U_{AUS} = 0V$ .)

$$\Rightarrow U_{CC} - R_C \cdot I_C = 0V$$

$$\Rightarrow U_{CC} - R_C \cdot B_N \cdot \frac{U_{EIN} - U_K}{R_B} = 0V$$

$$\Rightarrow U_{EIN} = \frac{U_{CC} \cdot R_B}{R_C \cdot B_N} + U_K \approx 1,21V = U_{SATT}$$

$$3. \text{ Bereich: } U_{SATT} \leq U_{EIN} \leq 5V$$

1. Beide Dioden sind offen

2. Transistor ist gesättigt

$$3. I_B = \frac{U_B}{R_B} = \frac{U_{EIN} - U_K}{R_B} = 0,1 \cdot U_{EIN} \cdot \frac{1}{k\Omega} = 0,07mA$$

$$I_C = \frac{U_C}{R_C} = \frac{U_{CC} - U_{AUS}}{R_C} = \frac{U_{CC}}{R_C} = 5mA$$

$$I_E = I_B + I_C = 0,1 \cdot U_{EIN} \cdot \frac{1}{k\Omega} + 4,93mA$$

$$4. U_{AUS} = 0V$$

b) Bestimmung der logischen Funktion der Schaltung

$$U_{EIN} = 0 \Rightarrow U_{AUS} = 1$$

$$U_{EIN} = 1 \Rightarrow U_{AUS} = 0$$

$\Rightarrow$  **Negation**

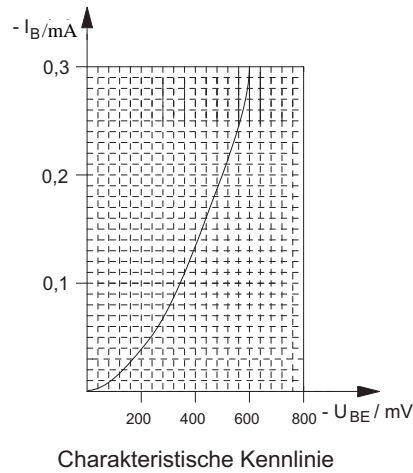
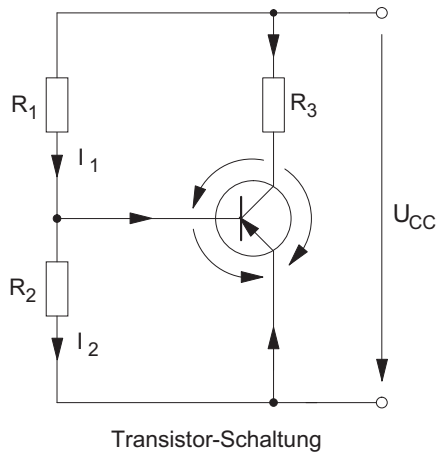
## Aufgabe 2: Analyse eines pnp-Transistors

Ein Transistor wird in der skizzierten Schaltung betrieben. Die Widerstände  $R_2$  und  $R_3$  sowie die Betriebsspannung  $U_{CC}$  sind gegeben. Der Widerstand  $R_1$  soll nun so eingestellt werden, daß ein Basisstrom von  $I_B = -200 \mu A$  fließt. Dabei ergibt sich ein Kollektorstrom von  $I_C = -2mA$ . Darüber hinaus ist auch eine charakteristische Kennlinie des Transistors gegeben.

$$U_{CC} = -15V$$

$$R_2 = 10k\Omega$$

$$R_3 = 2k\Omega$$



- a) Um welchen Transistortyp handelt es sich bei dem dargestellten Baustein?
- b) Welche spezifische Bezeichnung kennen Sie für die gegebene charakteristische Kennlinie?
- c) Kennzeichnen Sie durch Eintrag der entsprechenden Kennbuchstaben und Indizes in die Schaltungsskizze
- die Kollektor-Basisspannung  $U_{CB}$ ,
  - die Kollektor-Emitterspannung  $U_{CE}$ ,
  - die Basis-Emitterspannung  $U_{BE}$ ,
  - den Basisstrom  $I_B$ ,
  - den Emittorstrom  $I_E$ ,
  - den Kollektorstrom  $I_C$ .

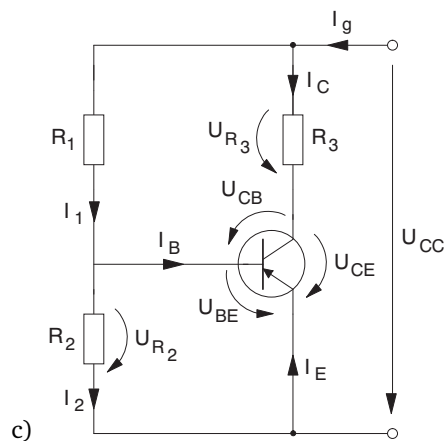
Alle Kenngrößen sind hierbei mit einem positiven Vorzeichen in der Schaltungsskizze gemäß den angegebenen Zählpfeilen zu wählen.

Ermitteln Sie nun für den gegebenen Betriebszustand

- d) die sich einstellende Kollektor-Emitterspannung  $U_{CE}$ ,
- e) die Basis-Emitterspannung  $U_{BE}$ ,
- f) den Strom  $I_2$  durch den Widerstand  $R_2$ ,
- g) den hierfür zu wählenden  $R_1$ ,
- h) die Kollektor-Basisspannung  $U_{CB}$ ,
- i) den Stromverstärkungsfaktor  $\beta$ .
- j) Geben Sie einen allgemeinen Ausdruck für die im Transistor verbrauchte Leistung  $P_T$  als Funktion von  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $U_{CE}$  und  $U_{BE}$  an. Wie groß ist  $P_T$  in diesem Fall?

## Lösungsvorschlag:

- a) bipolar, pnp
- b) Eingangskennlinie



- d)  $U_{CE} = U_{CC} - U_{R_3} = U_{CC} - R_3 \cdot I_C = -11V$
- e) aus Kennlinie:  $U_{BE} = -500mV$

$$f) I_2 = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{U_{BE}}{R_2} = -50 \mu A$$

$$g) R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_1} = \frac{U_{CC} - U_{R_2}}{I_1} = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{I_1} = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{I_2 + I_B} = 58 k\Omega$$

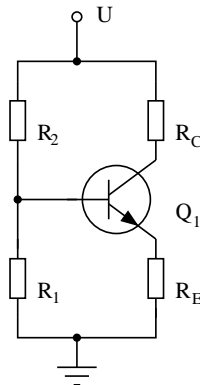
$$h) U_{CB} = U_{CC} - U_{BE} - U_{R_3} = -10,5 V$$

$$i) \beta = \frac{I_C}{I_B} = 10$$

$$j) P_T = U_{BE} \cdot I_B + U_{CE} \cdot I_C = 22,1 mW$$

### Aufgabe 3: Transistorschaltung

Gegeben sei folgende Schaltung:

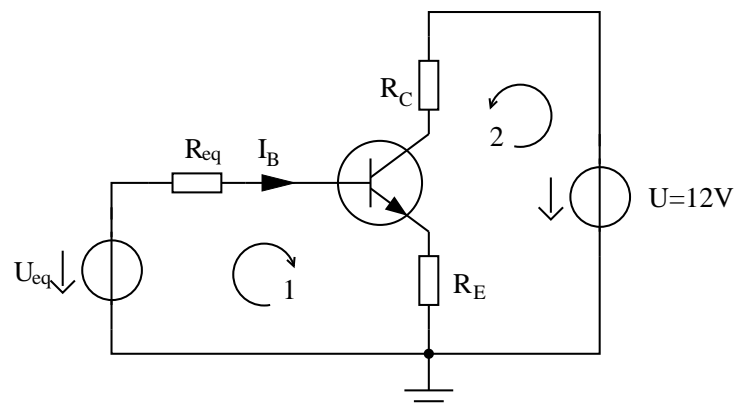


Bestimmen sie  $I_C$  und  $U_{CE}$  der Schaltung. Die Widerstände haben folgende Werte:

- $R_1 = 18 k\Omega$ ,  $R_2 = 36 k\Omega$
- $R_C = 22 k\Omega$ ,  $R_E = 16 k\Omega$

Bei der Basis-Emitter-Diode handelt es sich um eine **technisch ideale** Diode mit einer Knickspannung von  $0,7V$ . Die Spannung  $U$  beträgt  $12V$ . Die Stromverstärkung  $\beta_F = 75$ . **Hinweis:** Sie können annehmen, dass sich der Transistor  $Q_1$  im aktiv normalen Betrieb befindet.

### Lösungsvorschlag:



$$U_{eq} = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 4V$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 12k\Omega$$

Masche 1:

$$\begin{aligned}U_{eq} &= R_{eq} \cdot I_B + U_{BE} + R_E \cdot I_E \\4V &= 12k\Omega \cdot I_B + U_{BE} + 16k\Omega \cdot I_E \\ \text{mit } U_{BE} = 0,7V, \beta_F &= 75 \text{ und } I_E = (\beta_F + 1) \cdot I_B \text{ folgt} \\4V &= 12k\Omega \cdot I_B + 0,7V + 16k\Omega \cdot (75 + 1) \cdot I_B \\I_B &= \frac{4V - 0,7V}{1,21 \cdot 10^6 \Omega} \\I_B &= 2,73\mu A\end{aligned}$$

$$I_C = \beta_F \cdot I_B = 205\mu A$$

$$I_E = 208\mu A$$

Masche 2:

$$\begin{aligned}U_{CE} &= U - R_C \cdot I_C - R_E \cdot I_E \\U_{CE} &= 4,162V\end{aligned}$$