

Elektronische Schaltungen SS 2020

2. Übungsblatt

Bipolartransistoren

Aufgabe 1

Gegeben ist die Schaltung nach Abbildung 1. Der Transistor habe eine Stromverstärkung von $B = \beta = 150$ und es gilt: $U_b = 24\text{ V}$, $R_B = 470\text{ k}\Omega$, $R_C = 1,6\text{ k}\Omega$, $R_L = 4,7\text{ k}\Omega$. Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden.

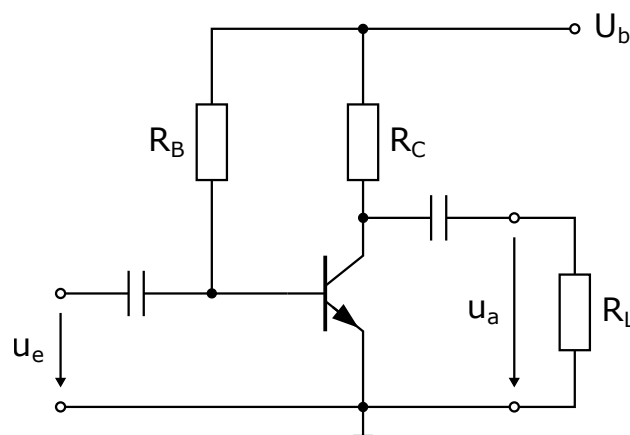


Abbildung 1

- In welcher Grundsaltung wird der Transistor betrieben?
- Welche Aufgaben haben die Kondensatoren?
- Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung von Abbildung 1.
- Berechnen Sie den Basisstrom I_B , den Kollektorstrom I_C , die Kollektor-Emitter Spannung U_{CE} sowie die Steilheit S für den Arbeitspunkt der Schaltung.
- Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung von Abbildung 1.

f) Berechnen Sie den Kleinsignal-Eingangs- und Ausgangswiderstand (r_e , r_a) und die Kleinsignal-Spannungsverstärkung A der Schaltung.

g) Beim Testen der Schaltung stellt sich ein Defekt am Transistor heraus. Als Ersatz steht aber nur ein Transistor mit einem $B = \beta = 300$ zur Verfügung. Gehen Sie wie folgt vor:

1. Welches Bauteil der Schaltung muss ausgetauscht werden, damit der Kollektorstrom und die Kollektor-Emitter Spannung im Arbeitspunkt des Transistors mit geringer Abweichung ($< 5\%$) erhalten bleiben?
2. Berechnung des exakten Wertes des Bauelements und Auswahl des passenden Werts aus der E24-Reihe.
3. Berechnung der Abweichung des neuen Arbeitspunktes vom Ursprünglichen.

Aufgabe 2

Gegeben sei die Schaltung nach Abbildung 2 und es gilt $U_b = 15\text{ V}$, $R_2 = 1,8\text{ k}\Omega$, $R_E = 1,1\text{ k}\Omega$. Der eingesetzte Transistor ist ein BC 548B. Ein Auszug aus dem Datenblatt des Transistors ist in Abbildung 3 zu sehen. Der Transistor soll bei $U_{BE,on} = 0,7\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$ und $U_{CE} = 5\text{ V}$ betrieben werden. Ermitteln Sie aus dem Datenblatt die zur Berechnung der Schaltung notwendigen Daten. Wählen Sie diese aus der Spalte „Typ“ aus. Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden.

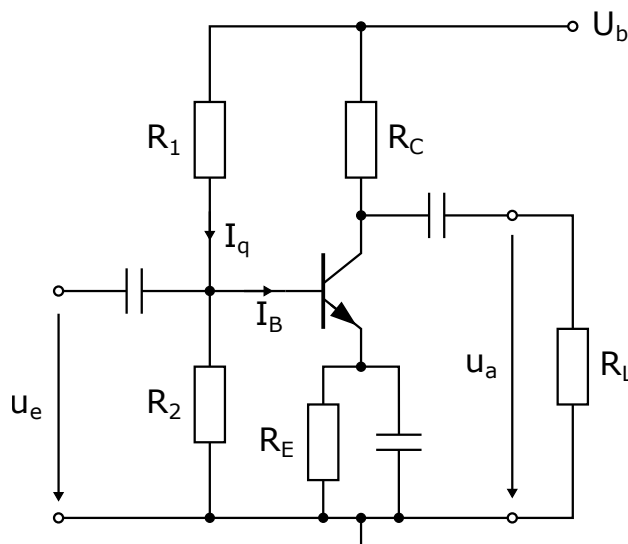


Abbildung 2

- a) In welcher Grundschialtung wird der Transistor betrieben?
- b) Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung von Abbildung 2.
- c) Berechnen Sie den Widerstandswert für R_1 und den Strom I_q (Annahme: $I_B \ll I_q$).
- d) Berechnen Sie den Widerstandswert für R_C .
- e) Berechnen Sie den Basisstrom I_B und die Steilheit S im Arbeitspunkt.
Anmerkung: Zur Bestimmung des Arbeitspunktes muss B (DC current gain) verwendet werden.
- f) Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in 2.
- g) Berechnen Sie den Kleinsignal Eingangswiderstand r_e der Schaltung.
- h) Berechnen Sie jeweils den Kleinsignal Ausgangswiderstand r_a und die Kleinsignal-Spannungsverstärkung A (small signal current gain) der Schaltung für 1) $R_L = \infty$ und 2) $R_L = 3,9 \text{ k}\Omega$ (Annahme: $r_{CE} \rightarrow \infty$).
- i) Was sind die Vor- und Nachteile der Schaltung aus Abbildung 2?

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain ($I_C = 10\ \mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	h_{FE}	—	90	—	—
	BC547A/548A	—	150	—	—
	BC546B/547B/548B	—	270	—	—
	BC548C	—	—	—	—
($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	BC546	110	—	450	—
	BC547	110	—	800	—
	BC548	110	—	800	—
	BC547A/548A	110	180	220	—
	BC546B/547B/548B	200	290	450	—
	BC547C/BC548C	420	520	800	—
($I_C = 100\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	BC547A/548A	—	120	—	—
	BC546B/547B/548B	—	180	—	—
	BC548C	—	300	—	—
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$) ($I_C = 100\ \text{mA}$, $I_B = 5.0\ \text{mA}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = \text{See Note 1}$)	$V_{CE(\text{sat})}$	— — —	0.09 0.2 0.3	0.25 0.6 0.6	V
Base–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$)	$V_{BE(\text{sat})}$	—	0.7	—	V
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	$V_{BE(\text{on})}$	0.55 —	— —	0.7 0.77	V
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current–Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 100\ \text{MHz}$)	f_T	150 150 150	300 300 300	— — —	MHz
	BC546				
	BC547				
	BC548				
Output Capacitance ($V_{CB} = 10\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)	C_{obo}	—	1.7	4.5	pF
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)	C_{ibo}	—	10	—	pF
Small–Signal Current Gain ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 1.0\ \text{kHz}$)	h_{fe}	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900	—
	BC546				
	BC547/548				
	BC547A/548A				
	BC546B/547B/548B				
	BC547C/548C				

Abbildung 3: Auszug aus dem Datenblatt des BC 548B Transistors

Aufgabe 3

Gegeben sei die Schaltung nach Abbildung 4 und es gilt: $U_b = 12\text{ V}$, $R_B = 220\text{ k}\Omega$, $R_C = 10\text{ k}\Omega$, $R_L = 4,7\text{ k}\Omega$, $B = \beta = 120$. Die Kondensatoren können für die Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden.

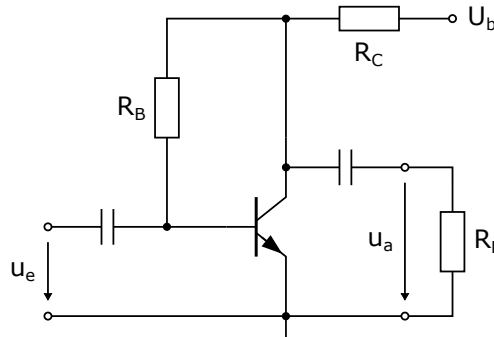


Abbildung 4

- In welcher Grundsaltung wird der Transistor betrieben?
- Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 4.
- In welchem Arbeitspunkt (I_B , I_C , U_{CE}) wird die Schaltung betrieben?
- Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 4.
- Berechnen Sie die Spannungsverstärkung $A = u_a/u_e$ der Schaltung.
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung. Annahme: Der Strom I_B durch r_{BE} kann vernachlässigt werden.
- Was ist der Vor- und Nachteil der Schaltung aus Abbildung 4?

Aufgabe 4 (Verständnisfragen)

- Skizzieren Sie das Eingangs- und Ausgangskennlinienfeld eines Bipolartransistors.
- Was zeichnet einen guten Bipolartransistor aus?
- Was versteht man unter dem Early-Effekt?