

Aufgabenblatt: Arbeitspunkt eines Transistors / Blatt 1

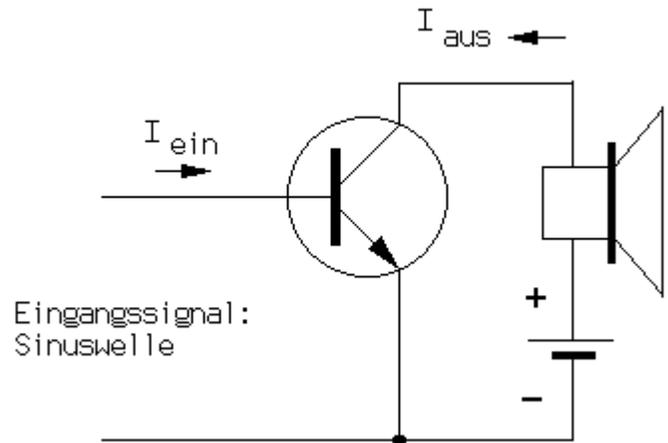
Über die Schaltfläche „Kennlinien zu BC108“ kannst Du das entsprechende Kennlinienfeld ansehen oder ausdrucken oder selbst auf Millimeterpapier zeichnen.

1. Von einer Verstärkerschaltung wird erwartet, dass sie verzerrungsfrei arbeitet. Was bedeutet dies?

2. a) Was geschieht, wenn als Eingangssignal eine Sinuswelle auf die folgende Schaltung gegeben wird?

(technische Stromrichtung in der Abbildung)

b) Wie kann dies vermieden werden?
Veranschauliche die Antwort durch 3 I_B - t -Diagramme.



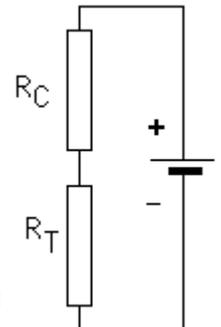
3. Zeichne 2 Schaltungen, durch die dies (Aufg. 2b) realisiert werden kann.

4. Kollektorwiderstandsgerade:

Information:

Der Ausgangskreis in einer Transistorschaltung besteht aus Pluspol, Kollektorwiderstand R_C , Kollektor, Emitter und Minuspol.

Der Kollektorstrom hängt dabei vom Basisstrom, von der Basis-Emitter-Spannung U_{BE} und dem verwendeten Transistor ab, der auch einen Widerstand R_T hat, der mit R_C in Reihe geschaltet ist.



a) Annahme 1: Die Batteriespannung betrage 9V, der Transistor sei gerade gesperrt. Welche Spannung liegt nun am Transistor, d. h. an R_T ?

b) Annahme 2: Der Transistor sei vollständig durchgesteuert, also $R_T = 0 \Omega$,

$U_{BE} = ? \quad I_C = ?$

Trage beide Punkte in ein I_C - U_{CE} -Diagramm ein und verbinde sie.

Die entstehende Gerade ist dann die Kennlinie des Kollektorwiderstandes. Gib auch ihre Gleichung in der Form

$y = mx + b$ an.

c) Bestimme mit Hilfe der Kollektorwiderstandsgeraden den jeweiligen Widerstand des Transistors für die folgenden Kollektorströme (Es sei $R_C = 300 \Omega$):

$I_C = 25 \text{ mA}, 20 \text{ mA}, 15 \text{ mA}, 10 \text{ mA}$ und 5 mA

Aufgabenblatt: Arbeitspunkt eines Transistors / Blatt 2

d) Benutze nun das Kennlinienblatt zu BC108, das Du auf der HP über die entsprechende Schaltfläche ausdrucken oder auch selbst auf Millimeterpapier zeichnen kannst.

Es sei $U_{BE} = 650 \text{ mV}$.

Berechne R_T mit Hilfe der Kennlinien für $U_{Batt} = 12\text{V}$ und $R_C = 400\Omega$.

e) Berechnung der Spannungsverstärkung und der Stromverstärkung für BC108 bei $U_{Batt} = 12\text{V}$ und $R_C = 400\Omega$;

Die Eingangsspannung U_{BE} schwanke zwischen 650mV und 680mV , also um 30mV .

Um wieviel μA schwankt dann der Eingangsstrom I_B ?

Welche Kollektorstromveränderung wird dadurch verursacht?

Wie groß ist also die Stromverstärkung $V_I = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{BE}} = \dots\dots\dots ?$

Für die elektrische Leistung gilt $P = I \cdot U$. Die Leistungsverstärkung ist also $V_P = V_I \cdot V_U = \dots\dots\dots$

5. Die Leistungshyperbel:

Information: Jedes Bauteil hat eine „maximale Verlustleistung P_{total} “, die gerade noch in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann. Bei Erhöhung der Leistung wird das Bauteil zerstört.

Für den BC108 gilt: $P_{total} = 300 \text{ mW}$. (Watt = Volt mal Ampère)

Vervollständige die ff. Tabelle so, dass $U_{CE} \cdot I_C$ gerade 300 mW ergibt und trage die Werte sowohl in dein Kennlinienblatt als auch in ein Diagramm mit genügend langer Hochachse ein.

$U_{CE} \text{ (V)}$	$I_C \text{ (mA)}$
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	

Die so entstehende Kurve wird **Leistungshyperbel** genannt. Die am Transistor auftretenden Strom-Spannungs-Punkte müssen immer unterhalb der Leistungshyperbel liegen, d. h. die Kollektorwiderstandsgerade darf sie nicht schneiden. Mit der Leistungshyperbel kann der kleinstmögliche Kollektorwiderstand bestimmt werden.

Aufgabenblatt: Arbeitspunkt eines Transistors / Blatt 3

Es sei nun $U_{BE} = U_{Batt} = 12\text{ V}$.

Zeichne nun eine Widerstandsgerade, die genau die Leistungshyperbel berührt.

Welcher Strom I_C fließt bei $U_{CE} = 0\text{ V}$?

Jetzt fällt an R_C die gesamte Spannung ab, d. h. $R_{C\min} = \frac{U_{Batt}}{I_C} = \dots\dots\dots$

6. Abhängigkeit des Verstärkungsverhaltens von R_C :

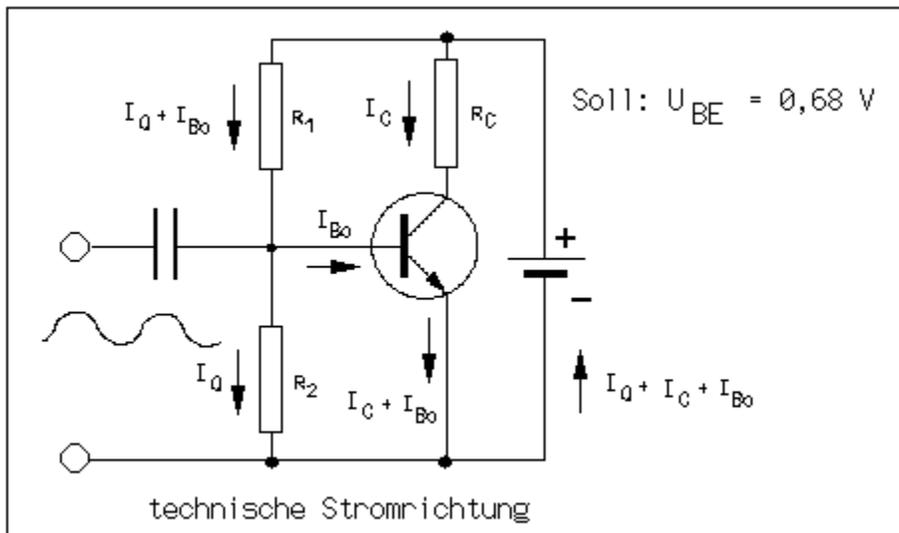
Wähle verschieden Kollektorwiderstände, die größer oder gleich $R_{C\min}$ sind und untersuche das Verstärkungsverhalten des BC108 bei einer Batteriespannung von 12 V.

Es sei jeweils $\Delta U_{BE} = 680\text{ mV} - 650\text{ mV} = 30\text{ mV} \Rightarrow \Delta I_B = 40\text{ }\mu\text{A} - 20\text{ }\mu\text{A} = 20\text{ }\mu\text{A}$

Wähle $R_C = 120\Omega, 270\Omega, 330\Omega, 470\Omega, 680\Omega$.

Anmerkung: Wegen $P_{total} = 300\text{ mW}$ kann der Transistor ohnehin nicht in der Endstufe eingesetzt werden, da Lautsprecher zwischen ein und hundert (od. mehr) Watt benötigen.. Der Transistor wird „am Anfang“ als Verstärker eingesetzt, wo es auf eine gute Spannungsverstärkung ankommt, da die Antennenspannung maximal einige Millivolt beträgt.

7. Der Arbeitspunkt:



Erinnerung: Es muss immer ein Basisgleichstrom fließen, damit das Signal nicht verfälscht wird. Also muss auch ein so genannter Kollektorruhestrom fließen. , bevor das Signal ankommt.

Fragen:

Wie groß ist dieser höchstens? (Vgl. Kennlinienblatt)

Wie groß sollte er sinnvollerweise sein?

Aufgabenblatt: Arbeitspunkt eines Transistors / Blatt 4

Wie groß ist die zugehörige Kollektorspannung?

Welche Verlustleistung tritt dann auf?

Wie groß ist der zugehörige Basisruhestrom I_{B0} ?

Wie groß ist die zugehörige U_{BE} ?

Mit Hilfe dieser Bedingungen können jetzt die beiden Widerstände R_1 und R_2 berechnet werden.

8. Berechnung des Spannungsverteilers:

Der über R_2 fließende Strom wird Querstrom I_Q genannt. Er darf nicht zu groß sein, damit die Batterie nicht zu stark belastet wird.

Außerdem fließt auch ein Teil des Signalstromes, der die Basis ansteuern soll, über den Spannungsteiler und geht somit für die Steuerung verloren.

Der Querstrom darf auch nicht zu klein sein, da die Basis-Emitter-Spannung um so genauer eingehalten wird, je größer das Verhältnis von Querstrom zu Basisruhestrom ist.

Kompromiss: Man wählt $I_Q = 5 \cdot I_{B0} = 250 \mu A$

Berechne nun R_1 und R_2 mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes.

9. Arbeitspunktstabilisierung durch Gegenkopplung:

(vgl. Schaltung B)

Bei Temperaturerhöhung vergrößert sich die Leitfähigkeit von Halbleitern, d. h. bei stärkerer Ansteuerung des Transistors erhöht sich der Kollektorstrom, der Transistor wird wärmer, der Kollektorstrom wird noch größer, der Transistor noch wärmer usw., der Transistor wird evtl. zerstört.

a) Inwiefern wird dieser Kreislauf durch den Einbau eines Emitterwiderstandes R_E unterbrochen?

R_E sei so dimensioniert, dass bei Ruhestrom ungefähr 1 Volt Spannung an ihm abfällt. Die Basis-Emitter-Spannung soll 0,68 V betragen.

b) Welche Folgen hat der Einbau des Emitterwiderstandes für die Verstärkung?

c) Inwiefern können diese Folgen durch den Einbau von C_E aufgehoben werden?

