

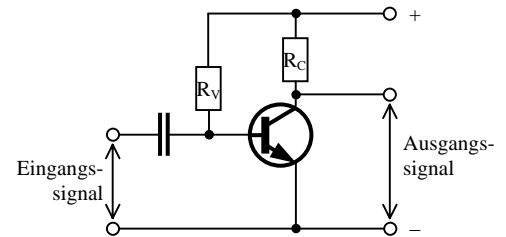
Übungen zur Physik in der 10. Klasse: "Transistor - Arbeitspunkteinstellung"

Allgemeiner Hinweis: Achte zu deinem eigenen Schutz und dem der Geräte und Bauteile darauf, dass du die Anweisungen verstanden und genau befolgt hast. Kontrolliere immer erst die Schaltung, bevor du die Stromquelle anschließt. Beachte, dass Elektrolytkondensatoren und Dioden müssen polrichtig eingebaut werden.

Benötigte Materialien: 1 Transistor BC547, 1, Mikrofonkapsel, 1 Kopfhörer (Walkman), 1 Multimeter, Widerstände: 1kΩ, 4,7kΩ, 10kΩ (3 St.), 100kΩ, 470kΩ, 1MΩ, Kondensatoren: 100nF (2 St.), Grundplatte, Verbindungsdrähte, Reißnägel. Eine Gleichspannung von 9V wird über die Buchsen 1 und 2 der Schalttafel bereitgestellt (Buchse 1/Pluspol, Buchse 2/Minuspol). Für den Anschluss werden 2 Anschlusskabel und 2 Krokodilklemmen benötigt. Alternativ kann eine 9V-Batterie verwendet werden.

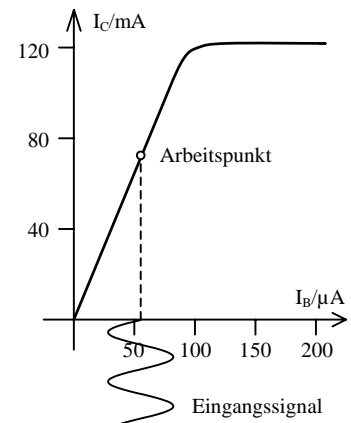
Vorbemerkung: Nur wenn an der Basis eines npn-Transistors eine (ausreichend hohe) positive Spannung anliegt, fließt auch im Kollektorstromkreis ein Strom. Liegt eine negative Spannung an der Basis an, sperrt der Transistor. Wechselströme werden daher ohne zusätzlichen Schaltungsaufwand verzerrt wiedergegeben. Verzerrungen werden allerdings vermieden, indem zusätzlich zum Eingangssignal ein Gleichstrom an der Basis anliegt, durch den ein *Arbeitspunkt* im Proportionalbereich der Stromsteuerkennlinie festgelegt wird. Ist der Gleichstromanteil immer größer als der größte negative Wert des Wechselstroms, liegt an der Basis immer eine positive Spannung an.

Eine Möglichkeit, den nötigen Basisgleichstrom bereitzustellen, besteht durch einen entsprechenden Basis-Vorwiderstand R_V im Basisstromkreis. (Auch eine geeignet dimensionierte Potentiometerschaltung kann zu diesem Zweck verwendet werden.) Um unter Umständen bereits im Eingangssignal vorhandene störende zusätzliche Gleichstromanteile auszufiltern, wird das Eingangssignal der Transistorbasis über einen Kondensator zugeführt, der zwar Wechselstrom, nicht aber Gleichstrom durchlässt.



Aufgabe 1:

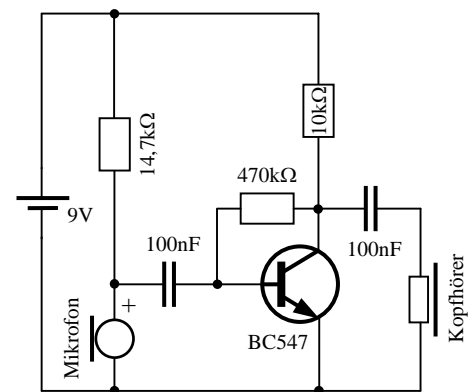
- Wie groß muss für ein Eingangssignal mit einer Amplitude von $40\mu\text{A}$ der Gleichstromanteil bei einer verzerrungsfreien Übertragung mindestens sein?
- Warum sollte bei einem Transistor mit der gezeigten Stromsteuerkennlinie der Gleichstromanteil für das angegebene Eingangssignal $80\mu\text{A}$ nicht übersteigen?
- Bestimme für den in der Abbildung angegebenen Arbeitspunkt auf der Stromsteuerkennlinie die Stromverstärkung der zugrunde liegenden Schaltung.
- Bestimme die Amplitude des Ausgangssignals für das angegebene Eingangssignal.
- Warum werden Transistoren mit einer Stromsteuerkennlinie wie der gezeigten auch als *invertierender Verstärker* bezeichnet?



Aufgabe 2:

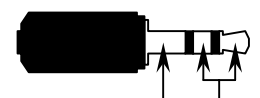
Mit der abgebildeten Schaltung sollen die von einem Mikrofon aufgenommenen Signale möglichst unverzerrt verstärkt werden.

- Baue die Schaltung (Vorlage „einstufiger Mikrofonverstärker“) auf. Um den Kopfhörer anzuschließen, ist mit etwas Draht der hintere und einer der beiden vorderen Anschlüsse (oder beide vordere Anschlüsse in Parallelschaltung) des Kopfhörersteckers mit der Schaltung zu verbinden. Die Drähte sollten am Kopfhörerstecker mit etwas Klebeband fixiert oder besser noch verdrillt werden. Das Mikrofon kann mit Zuleitungen von 10-15m angeschlossene werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der schwarze Anschlussdraht der Mikrofonkapsel mit dem Minuspol der Spannungsquelle verbunden wird. Der Widerstand von 14,7kΩ ist nur zur Bereitstellung der für das Mikrofon benötigten Betriebsspannung nötig.
- Der Arbeitspunkt wird durch den 470kΩ-Widerstand eingestellt. Ersetze diesen Widerstand gegen andere Werte (1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ) und überprüfe die Verstärkungseigenschaften der Schaltung.



Hinweis: Die im Kopfhörer „hörbaren“ Geräusche sind grundsätzlich nicht besonders laut. Am besten werden noch Kratzgeräusche an der Mikrofonkapsel übertragen. Ansonsten sollte ein Partner im Nebenzimmer ins Mikrofon sprechen.

- Berechne, wie groß ist der Sättigungsstrom im Kollektorstromkreis für einen Kollektorwiderstand von 10kΩ und einer Versorgungsspannung von 9V ist? Miss für einen Basisvorwiderstand von 470kΩ Basisstrom- und Kollektorstromstärke (das Mikrofon sollte dazu kurzfristig abgeklemmt werden). Skizziere aus diesen Messwerten und dem Sättigungsstrom die Stromsteuerkennlinie und bestimme den Arbeitspunkt dieser Schaltung.



„Ringe“ mit der Schaltung verbinden; zusätzlich zum hinteren Ring genügt der Anschluss eines der vorderen Ringe, um die linke o. rechte Kopfhörerseite anzusprechen

Aufgabe 3:

Die Abbildung zeigt das *Kennlinienfeld* eines npn-Transistors.

Für eine Betriebsspannung U_0 von 12V und einem Kollektorwiderstand von 200Ω sollen daraus der Arbeitspunkt und der benötigte Vorwiderstand im Basisstromkreis einer Verstärkerschaltung ermittelt werden.

- a) Der maximale Strom, der durch R_C fließen kann, wenn der Transistor voll durchschaltet bzw. die Spannung, die an R_C anliegt, wenn der Transistor sperrt, legen im U_{CE} - I_C -Quadranten des Kennlinienfeldes die *Arbeitsgerade* fest.

Anmerkung: Für die am Ohmschen Widerstand R_C abfallende Spannung U_C gilt $U_C = R_C \cdot I_C$. Die zwischen Emitter und Kollektor abfallende Spannung beträgt dann $U_{CE} = U_0 - U_C$. Somit sind für einen vorgegebenen Kollektorwiderstand R_C auch I_C und U_{CE} direkt proportional zueinander, woraus sich die Arbeitsgerade ergibt.

Bestimme den maximalen Strom $I_{C,max}$ bei durchgeschaltetem Transistor (in diesem Fall fällt keine Spannung mehr zwischen Kollektor und Emitter ab – warum?) und die Spannung, die zwischen Kollektor und Emitter abfällt, wenn der Transistor sperrt (in diesem Fall fällt an R_C keine Spannung ab – warum?). Trage die aus den Werten ermittelte Arbeitsgerade in das Kennlinienfeld ein.

- b) Bestimme die Stärke I_C des für $U_{CE}=6V$ durch den Kollektorkreis fließenden Stroms. Bestimme die für $U_{CE}=6V$ notwendige Basisstromstärke I_B . Der Arbeitspunkt ist damit festgelegt.
- c) Bestimme die für den gefundenen Basisstrom anzulegende Basis-Emitter-Spannung U_{BE} . Am Vorwiderstand R_V muss dann eine Spannung von $U_0 - U_{BE}$ abfallen. Ermittle daraus den Wert des Widerstands R_V .

