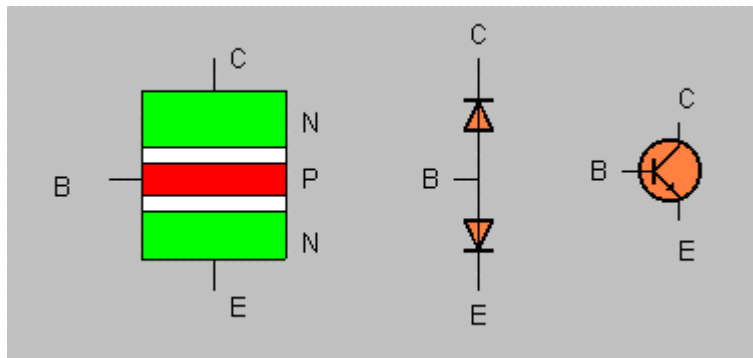
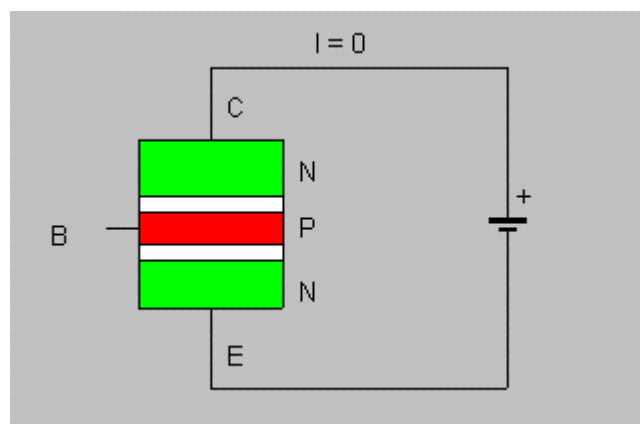


Transistor Grundlagen

Der Transistor ist ein Halbleiter-Bauelement mit drei Anschlüssen, das überwiegend als Stromverstärker eingesetzt wird. Wie eine Diode besteht der Transistor aus N- und P-dotiertem Halbleitermaterial. Aber man verwendet hier drei Schichten mit zwei dazwischenliegenden Sperrschichten. Die Schichtenfolge kann NPN oder PNP sein. Hier soll zunächst der NPN-Transistor betrachtet werden.



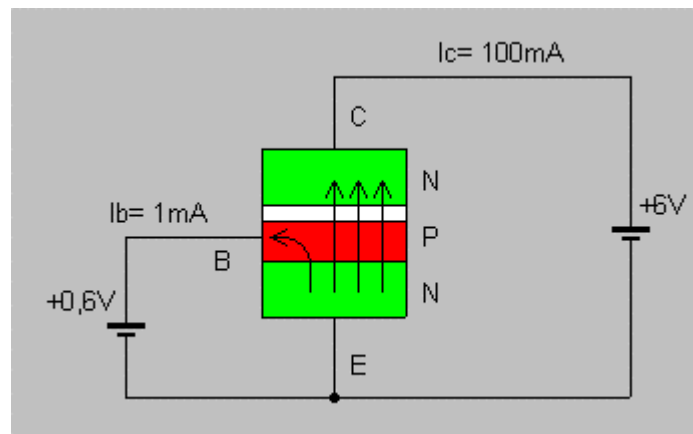
Die einzelnen Schichten des Transistors bezeichnet man als Emitter (E), Basis (B) und Kollektor (C). Wichtig ist, dass die Basisschicht sehr dünn ist. Der Transistor soll zunächst mit freiem Basisanschluss an eine Stromquelle gelegt werden, wobei der Emitter mit dem Minuspol verbunden sein soll. Es fließt kein Strom, weil die Basis-Kollektor-Diode in Sperrrichtung liegt.



Transistor mit offener Basis

Nun soll eine zweite Stromquelle zwischen Basis und Emitter angeschlossen werden, wobei der Pluspol an der Basis liegt und die Spannung mit etwa 0,6 V so gering ist, dass nur ein kleiner Strom durch die Basis-Emitter-Diode fließt.

Dabei kann man einen wesentlich größeren Strom beobachten, der vom Kollektor zum Emitter fließt. Die Erklärung dafür findet sich in der sehr dünnen Basisschicht. Treten nämlich N-Ladungsträger in die Basis ein, gelangen sie sofort in das starke elektrische Feld der Basis-Kollektor-Sperrschicht. Die meisten der Ladungsträger werden zum Kollektor hin abgesaugt. Nur etwa ein Prozent der Ladungsträger, die vom Emitter ausgehen, gelangen zum Basisanschluss. Umgekehrt ist also der Kollektorstrom etwa 100 mal größer als der Basisstrom. Der Kollektorstrom wird über die Basis-Emitter-Spannung bzw. über den Basisstrom gesteuert.

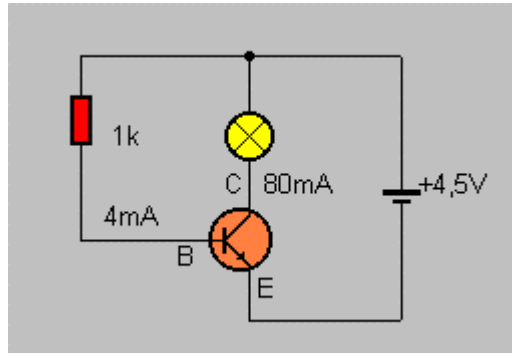


Das Sperrschichtmodell der Verstärkung

In der Praxis verwendet man einen Verbraucher im Kollektorstromkreis. Es kann sich z.B. um eine kleine Glühlampe handeln.

Der Stromverstärkungsfaktor

Eine charakteristische Größe für einen bestimmten Transistor ist sein Stromverstärkungsfaktor V , also das Verhältnis $V=I_c/I_b$. Man misst z.B. $I_c=100\text{mA}$ und $I_b=1\text{mA}$. Dann ist $V=100$. Typische Werte liegen zwischen 10-fach und 800-fach. Genaugenommen ist die Stromverstärkung abhängig vom Kollektorstrom und von der Kollektor-Emitterspannung, sodass sie nur für einen bestimmten Arbeitspunkt bestimmt werden kann.



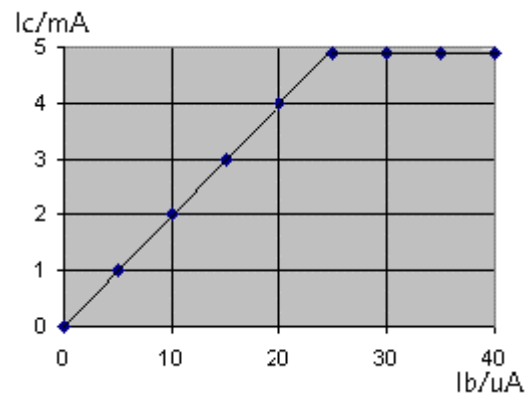
Stromverstärkung in Emitterschaltung
(Programm npn2.exe)

Transistor-Kennlinien

Die Tabelle zeigt typische Messergebnisse für einen Kleinsignal-NPN-Transistor wie z.B. den BC548. Aus den Werten lässt sich eine Stromverstärkung von 200 bestimmen. Der Kollektorstrom geht bei $I_C=4,9\text{mA}$ in die Sättigung, weil er durch den Arbeitswiderstand begrenzt wird.

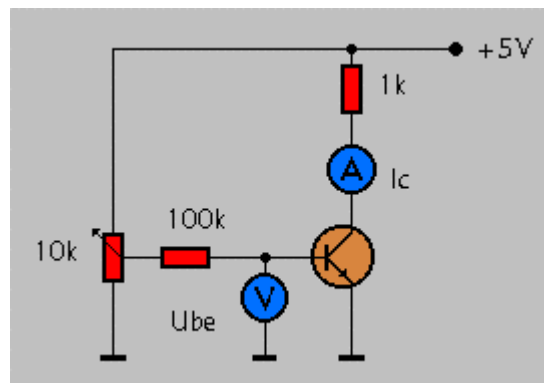
| $I_b/\mu\text{A}$ | I_C/mA |
|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 |
| 5 | 1 |
| 10 | 2 |
| 15 | 3 |
| 20 | 4 |
| 25 | 4,90 |
| 30 | 4,90 |
| 35 | 4,90 |
| 40 | 4,90 |

Das Diagramm zeigt einen linearen Anstieg des Kollektorstroms mit dem Basisstrom. Beim Sättigungsstrom 4,9 mA geht die Kurve in eine horizontale Gerade über. Dieser Teil des Diagramms beschreibt nicht mehr die Kennlinie des Transistors selbst, sondern das Verhalten der Gesamtschaltung.



Die I_c/I_b -Kennlinie

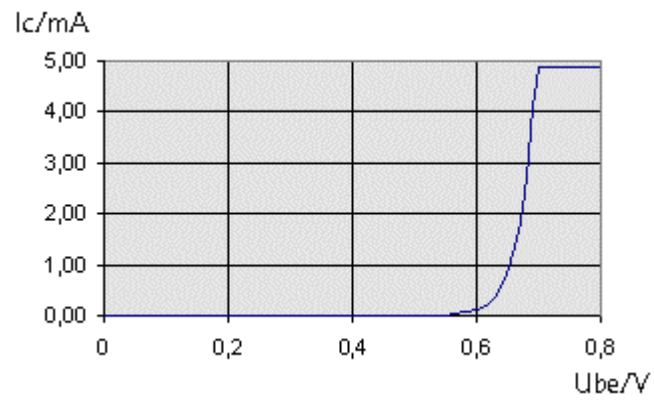
Aufschlussreich ist auch die Abhängigkeit des Kollektorstroms von der Basis-Emitterspannung. Der Basisstrom folgt dem Verlauf einer üblichen Diodenkennlinie. Deshalb zeigt auch der Kollektorstrom einen exponentiellen Verlauf. Im linearen Maßstab ergibt sich ein Knick bei ca.. $U_{be}=0,5V$ und ein steiler Anstieg über $U_{be}=0,6V$.



Messung der I_c/U_{be} -Kennlinie

Die Messergebnisse zeigen wieder eine Sättigung des Kollektorstroms bei 4,9 mA, die auf den Kollektorwiderstand zurückzuführen ist. Während der steile Anstieg für alle Transistoren typisch ist, variiert die genaue Lage der Kurve sehr stark mit dem Transistortyp und auch zwischen Exemplaren gleichen Typs.

| U_{be} | I_c |
|----------|-------|
| 0 | 0,00 |
| 0,5 | 0,00 |
| 0,55 | 0,02 |
| 0,6 | 0,11 |
| 0,65 | 0,82 |
| 0,67 | 1,83 |
| 0,68 | 2,74 |
| 0,69 | 4,08 |
| 0,7 | 4,90 |
| 0,75 | 4,90 |
| 0,8 | 4,90 |



Die I_c/U_{be} -Kennlinie