



## Betriebszustände des Bipolartransistors

Will man das Verhalten von Schaltungen mit Bipolartransistoren vorhersagen, so muss man zunächst klären, in welchem Betriebszustand sich die Transistoren befinden. Bei Sperrung fließen praktisch keine Ströme, in Sättigung sind die Ströme „beliebig“ und die Spannungen zwischen den Anschlüssen liegen fest. Im Vorwärts-Betrieb sind die Basis-Emitterspannung  $U_{BE} \approx U_D$  und die Verstärkung  $B \equiv I_C / I_B$  fest. Die Verstärkung ist in diesem Falle gleich der im Transistor-Handbuch angegebenen Vorwärts-Stromverstärkung  $B_F$ . Im Rückwärts-Betrieb sind die Basis-Kollektorspannung  $U_{BC} \approx U_D$  und die Rückwärtsstromverstärkung fest.

Fachbereich Elektrotechnik  
mit Informatik  
Elektroniklabor  
Prof. Dr. Martin Poppe

Hier lernen Sie, anhand einfacher Überlegungen den Zustand eines Bipolartransistors zu bestimmen:

Die Betriebszustände des Bipolartransistors werden durch die Lagen der Verarmungszonen und damit durch die Leitungseigenschaften der beteiligten Dioden bestimmt. Wenn der Potenzialabfall vom P-Gebiet zum N-Gebiet hin etwa einer Diodenspannung  $U_D$  gleicht, ist die Diode im Durchlass.

Beide gesperrt	Sperrung	
Nur Emitter-Basis im Durchlass	Vorwärts- (Normal-)Betrieb	
Nur Basis-Kollektor im Durchlass	Rückwärts-Betrieb	
Beide im Durchlass	Sättigung	

Für NPN Transistoren gilt daher:

$U_{BE} \leq U_D$ und $U_{BC} \leq U_D$	Sperrung	kein Strom
$U_{BE} \approx U_D$ und $U_{BC} \leq U_D$	Vorwärts-Betrieb	$I_C \approx B_F \cdot I_B$
$U_{BE} \leq U_D$ und $U_{BC} \approx U_D$	Rückwärts-Betrieb	$I_E \approx B_R \cdot I_B$
$U_{BE} \approx U_D$ und $U_{BC} \approx U_D$	Sättigung	externe Bauteile ergeben Ströme

Für PNP Transistoren sind alle Dioden anders herum gepolt. Es gilt:

$U_{EB} \leq U_D$ und $U_{CB} \leq U_D$	Sperrung	kein Strom
$U_{EB} \approx U_D$ und $U_{CB} \leq U_D$	Vorwärts-Betrieb	$I_C \approx B_F \cdot I_B$
$U_{EB} \leq U_D$ und $U_{CB} \approx U_D$	Rückwärts-Betrieb	$I_E \approx B_R \cdot I_B$
$U_{EB} \approx U_D$ und $U_{CB} \approx U_D$	Sättigung	externe Bauteile ergeben Ströme

Nicht immer ist der Betriebszustand durch bloßes Hinsehen bestimmbar. Die häufigste Unsicherheit heißt „Vorwärts-Betrieb oder Sättigung?“ Die folgenden Methoden führen beide fast immer zur richtigen Lösung:

Erste Methode: Man unterstellt einen Sättigungs-Betrieb (bei NPN  $U_{BE} \approx U_{BC} \approx U_D$ ) und berechnet die aktuelle Verstärkung, also das Verhältnis Kollektorstrom durch Basisstrom. Ist das Resultat kleiner als die nominelle Vorwärts-Stromverstärkung  $B$ , gilt also  $B = I_C / I_B < B_F$ , dann war die Annahme richtig. Ist die berechnete aktuelle Verstärkung größer als die nominelle Verstärkung, ist die Annahme falsch und der Transistor befindet sich im Normalbetrieb.

Zweite Methode: man unterstellt Vorwärts-Betrieb (bei NPN  $U_{BE} \approx U_D$  und  $I_C = B_F \cdot I_B$ ) und berechnet die Potenzialdifferenz zwischen Kollektor und Basis. Ist diese mit einer gesperrten Diode verträglich, so stimmt die Annahme. Anderenfalls ist der Transistor in Sättigung.