

# Der Transistor

## **Was ist ein Transistor?**

- elektronisches Halbleiterbauelement, dient zum Schalten und Verstärken von Strom
- wurde auf der Grundlage der Diode entwickelt
- eine Kombination aus drei Diodenhälften, die Schichten werden als Kollektor, Emitter und Basis bezeichnet

## **Geschichte**

- 1948 wurde der Transistor von Shockley, Bardeen und Brattain erfunden
- erste Transistoren aus Germanium wurden in winzige Glasröhrchen eingeschmolzen
- das Germanium wurde später durch Silizium ersetzt

## **Varianten von Transistoren**

- werden in bipolare und unipolare Transistoren unterschieden
- bipolare Varianten: Fototransistor, Darlington-Transistor, IGBT
- unipolare Varianten: JFET Junction Feldeffekttransistor, MOSFET Metall-Oxid-Feldeffekttransistor, HEMT Junction Feldeffekttransistor, ISFET Ionen-Sensitiver Feldeffekt-Transistor

## **Bipolartransistor**

- Transistor, bei dem Ladungsträger beider Polarität zur Funktion beitragen
- besteht aus drei abwechselnd p- und n-dotierten Halbleiterschichten
- bildet somit zwei gegeneinander geschaltete Dioden
- beim Transistor steuert ein Strom  $I_B$  im Basis-Emitter-Kreis einen Strom im Kollektor-Emitter-Kreis
- es wird ein ca. 100mal größerer Strom durch den kleinen  $I_B$  gesteuert
- das größte Anwendungsgebiet von Bipolartransistoren sind Verstärkerschaltungen

## **Fototransistor**

- ähnlich wie der Bipolartransistor, aber Ansteuerung der Basis mit Licht
- das Licht fällt auf den als Fotodiode wirkenden PN-Übergang zwischen Basis und Emitter
- somit haben Fototransistoren nur zwei Anschlüsse, nämlich Kollektor und Emitter
- werden zur Registrierung oder Übertragungen via Licht eingesetzt (Lichtschranken, Optokoppler)

## **Darlington-Transistor**

- besteht aus zwei kombinierten Bipolartransistoren in einem Gehäuse
- gleichbleibender Platzbedarf bei höherer Stromverstärkung
- die Basis-Emitter-Spannung ist aber doppelt so hoch

## **Insulated Gate Bipolar Transistor**

- vereinigt die Vorteile des bipolaren Transistors (geringer Eingangswiderstand) und die Vorteile eines Feldeffekttransistors (leistungsarme Ansteuerung)
- IGBTs werden im Hochleistungsbereich eingesetzt, da sie Ströme (bis etwa 3 kA) schalten können
- Anwendungen sind weiterhin Schaltnetzteil, Frequenzumrichter oder Gleichstromsteller

## **Feldeffekttransistoren (allgemein)**

- die FETs haben ähnliche Eigenschaften wie bipolare Transistoren
- Anschlüssen heißen aber Source, Gate und Drain
- ist ein spannungsgesteuertes Bauelement, die Spannung am Gate steuert den Leitungs kanal
- eine Unterscheidung der FETs ist abhängig vom verwendeten Kanaltyp:
- in Anreicherungs-FET ist der Kanal unterbrochen, bis eine Gate-Spannung anliegt
- im Verarmungs-FET ist der Kanal leitend, bis er durch eine Gate-Spannung abgeschnürt wird

### **JFET: Junction Feldeffekttransistor**

- der Stromfluß durch den Leitungskanal Source-Drain wird mit der Gatespannung gesteuert
- erhöht man die negative Gate-Spannung, so dehnt sich die Sperrschicht aus
- der Strom durch den Kanal wird geringer
- Sperrschicht-Fets werden in Verstärkern, in Schalterstufen und Oszillatoren eingesetzt- ein Vorteil ist sein großer Eingangswiderstand, der eine leistungsarme Steuerung ermöglicht
- der JFET eignet sich nicht für hochfrequente Anwendungen

### **Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor**

- als Gate wird eine Metallschicht über isolierendes Siliziumdioxid zwischen Source und Drain gelegt
- das Gate ist so elektrisch völlig isoliert vom Leitungskanal
- das darunterliegende Silizium sperrt, so dass kein Strom zwischen Source und Drain fließen kann
- wenn eine Gatespannung angelegt wird, erzeugt diese eine Inversion, damit Ladungsträger im Kanal fließen
- schlechte Hochfrequenzeigenschaften, wegen geringer Oberflächenbeweglichkeit der Elektronen im Source-Drain-Kanal
- Vorteil ist dass die Leitfähigkeit zwischen Source und Drain stromlos gesteuert wird
- er ist wegen seines einfachen Herstellungsprozesses für integrierte Schaltungen geeignet

### **High Electron Mobility Transistor**

- Materialsystem Aluminium-Gallium-Arsenid/Gallium-Arsenid
- an der Grenzfläche dieser Materialien auf Seiten des GaAs bildet sich ein Elektronengas aus
- das als leitfähiger Kanal dient, denn die Elektronenbeweglichkeit ist darin sehr hoch
- der HEMT ist deshalb für Hochfrequenzanwendungen gut geeignet

### **Ion-Selective Field Effect Transistor**

- der ISFET ist ein Ionen-Sensitiver Feldeffekttransistor
- statt Metallgate gibt es eine Ionensensitive Schicht, die in eine Flüssigkeit getaucht wird
- je nach Ionenanzahl der Flüssigkeit werden im Kanal Ladungsträger verdrängt oder angereichert
- für den medizinischen Bereich entwickelt, robuste Bauweise und hohe Präzision

### **Thyristor**

- Halbleiterbauelemente aus mehreren Schichten (z.b. PNPN) werden als Thyristoren bezeichnet
- bezeichnet einen steuerbaren Gleichrichter in Halbleiterausführung
- in Flussrichtung sperrt er bis zu seiner Durchbruchspannung (Nullkippspannung)
- in Sperrrichtung verhält er sich wie eine normale Diode
- durch Strominjektion in das Gate kann man den Thyristor leitfähig schalten
- gelöscht wird der Thyristor durch Abschalten der Spannung an der Anode
- eine Sonderform ist die Thyristortetrode
- sie besitzt an der zweiten und an der dritten Schicht eine Elektrode
- sie kann an beiden Elektroden oder an jeder einzeln gezündet und gelöscht werden
- Thyristoren werden für große Ströme bis über 1000 A gebaut
- breites Anwendungsfeld, von der Steuerung elektrischer Motoren bis zur Lichtsteuerung
- im Bereich der einiger MW, werden Thyristoren bereits wieder durch IGBTs verdrängt