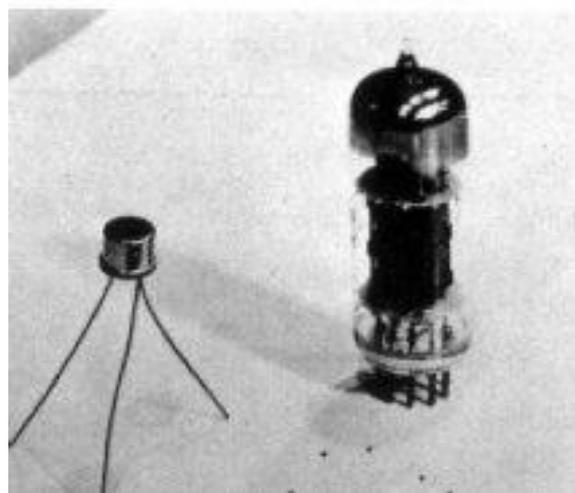
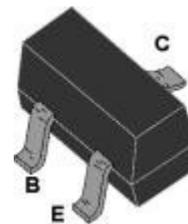
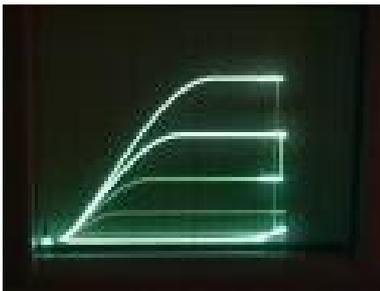


Transistoren



Was ist ein Transistor?

Ein Transistor ist ein elektronisches Halbleiterbauelement, das zum Schalten und Verstärken von elektrischen Strömen verwendet wird. Die Bezeichnung ist eine Kurzform für die englische Bezeichnung transient resistor, die den Transistor als einen durch Strom steuerbaren Widerstand beschreiben sollte.

Varianten von Transistoren

- * Bipolartransistor
 - Fototransistor
 - Darlington-Transistor
 - IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor
- * Feldeffekttransistor FET
 - JFET: Junction Feldeffekttransistor
 - Metall-Oxid-Feldeffekttransistor MOSFET

Bipolartransistor

Einen Bipolartransistor nennt man einen Transistor, bei dem Ladungsträger beider Polarität (Elektronen und Defektelektronen) zur Funktion beitragen. Er besteht aus drei abwechselnd p- und n-dotierten Halbleiterschichten, die als Kollektor (C), Basis (B) und Emitter (E) bezeichnet werden. Die Basis ist besonders dünn und liegt zwischen Kollektor und Emitter.

Es gibt npn-Typen und pnp-Typen, die Buchstaben geben die Reihenfolge der Schichtung an. Somit bildet ein Bipolartransistor immer zwei gegeneinander geschaltete Dioden.

Beim Transistor steuert ein Strom I_B im Basis-Emitter-Kreis einen (stärkeren) Strom I_C im Kollektor-Emitter-Kreis.

Das größte Anwendungsgebiet von Bipolartransistoren sind Verstärkerschaltungen. Die Stromverstärkung, liegt je nach Arte des Transistors, zwischen 10 und 10000.

Fototransistor

Ein Fototransistor funktioniert nach den gleichen Regeln wie der Bipolartransistor, nur mit dem kleinen Unterschied, dass hier die Ansteuerung der Basis mit Licht geschieht. Das Licht fällt durch das klare Gehäuse direkt oder aber durch eine Linse des ansonsten geschlossenen Gehäuses auf den Halbleiter, d. h. auf den als Fotodiode wirkenden PN-Übergang zwischen Basis und Emitter. Der Fotostrom wird dann an Ort und Stelle im Transistor verstärkt, sodass ein Fototransistor direkt kleine Verbraucher (im mA-Bereich) schalten kann. Somit haben Fototransistoren nur zwei Anschlüsse, nämlich Kollektor und Emitter. Es gibt allerdings auch Ausführungen mit drei Anschlüssen: der dritte Anschluss regelt den Arbeitspunkt der Basisansteuerung.

Anwendungen finden Fototransistoren in jeglicher Art von Registrierung oder Übertragungen via Licht, also zum Beispiel Lichtschranken, Dämmerungsschalter, Optokoppler.

Darlington-Transistor

Ein Darlington-Transistor ist ein elektronisches Bauelement, das aus zwei kombinierten Bipolartransistoren in einem Gehäuse besteht.

Der Vorteil dieser Technik ist, dass bei gleichbleibendem Platzbedarf eine erheblich höhere Stromverstärkung erreicht werden kann. Die gesamte Verstärkung beträgt dabei das Produkt der Verstärkungen der beiden Einzeltransistoren, bei modernen Darlington sind das 1000 und mehr. Der Darlington-Transistor hat bei hohen Frequenzen eine größere Phasenverschiebung als ein einzelner Transistor, so dass bei negativer Rückkopplung leichter Instabilitäten auftreten können. Die Basis-Emitter-Spannung ist doppelt so hoch und beträgt beim Silizium Darlington-Transistor $> 1,2$ Volt.

Insulated Gate Bipolar Transistor

Ein Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) ist ein Halbleiterbauelement, welches zunehmend in der

Leistungselektronik verwendet wird, da es die Vorteile des bipolaren Transistors (gutes Durchlassverhalten, geringer Eingangswiderstand) und die Vorteile eines Feldeffekttransistors (nahezu leistungslose Ansteuerung) vereinigt. IGBTs werden unter anderem im Hochleistungsbereich eingesetzt, da sie über eine hohe Sperrspannung verfügen und hohe Ströme (bis etwa 3 kA) schalten können. Anwendungen sind z. B. Schaltnetzteil, Frequenzumrichter (z. B. in der Antriebstechnik) oder Gleichstromsteller.

Feldeffekttransistor

Die FETs haben den Bipolar-Transistoren sehr ähnliche Eigenschaften: auch sie sind aktive, nichtlineare Halbleiter- Bauelemente mit drei Anschlüssen: Source, Gate und Drain
Der wichtigste Unterschied zwischen FET und Bipolar-Transistoren besteht im physikalischen Arbeitsprinzip: Ein FET ist ein *spannungsgesteuertes* Bauelement. Die *Spannung* zwischen Gate und Source steuert die Leitfähigkeit des Drain- Source-Leitungskanals.
Eine Unterscheidung der FETs ist abhängig vom verwendeten Kanaltyp: In *Anreicherungs*-FET ist der Leitungskanal unterbrochen, solange keine hinreichende Gate-Spannung anliegt. Im *Verarmungs*-FET ist der Kanal leitend, solange er nicht durch eine genügend große Gate-Spannung abgeschnürt wird. FETs werden häufig als spannungsgesteuerte Widerstände und Anpassglieder bzw. Abschwächer verwendet.

JFET: Junction Feldeffekttransistor

Beschreibung der Wirkungsweise eines Sperrschicht-Fets: (N-Kanal-Typ)
Der N-Kanal dieses Fet ist der leitende Bereich. Der Stromfluß durch diesen Bereich wird mit der Vorspannung an der Steuerelektrode(Gate) gesteuert.
Erhöht man die negative Gate-Spannung, so dehnt sich die Sperrschicht (Raumladungszone) aus. Der Strom durch den N-Kanal wird geringer.
Das verändern der Sperrschichtbreite erfordert so gut wie keine Leistung.
Die typische Kennlinien eines Fet kommen aus einem Punkt, im Gegensatz zum Bipolaren Transistor, bei dem die Kennlinien aus einem Stamm kommen.
Jede der Kennlinien gilt für eine bestimmte Gatespannung UGS. Bei einer Gatespannung von 0V ist die Sperrschicht am schmalsten bzw. kleinsten. Hier fließt der größte Strom ID durch den Kanal. Ab der Abschnürgrenze lässt sich der Strom durch den Kanal nicht mehr erhöhen.
Sperrschicht-Fets werden in Verstärkern, in Schalterstufen und Oszillatoren eingesetzt. Ein besonderer Vorteil ist sein großer Eingangswiderstand, der eine leistungsarme Steuerung ermöglicht.
Der Fet eignet sich nicht für hochfrequente Anwendungen.

Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

MOSFET ist die Abkürzung für Metal Oxide Semiconductor (auch: Silicon) Field Effect Transistor (engl. für Metalloxid-Halbleiter-/ -Silizium-Feldeffekttransistor).
Statt der pnp oder npn-Struktur eines Bipolar-Transistors wird als Gate eine Metallschicht über eine isolierende Siliziumdioxidschicht zwischen Source und Drain gelegt. d.h. das Gate ist elektrisch völlig *isoliert* vom Leitungskanal.
Normalerweise wirkt das darunterliegende, leicht p-dotierte Silizium (Kanal) sperrend, so dass kein Strom zwischen den beiden Kontakten Source und Drain fließen kann. Wenn über den Gate eine Spannung angelegt wird, erzeugt diese eine Inversion in dem Kanal, so dass Ladungsträger zwischen Source und Drain fließen können.
Ein Nachteil des MOSFET liegt in seinen prinzipiell schlechten Hochfrequenzeigenschaften aufgrund der geringen Oberflächenbeweglichkeit der Ladungsträger im Kanal. Ein Vorteil gegenüber Bipolartransistoren aber ist, dass die Leitfähigkeit zwischen Source und Drain stromlos (kapazitiv) gesteuert wird. Er ist außerdem wegen seines einfachen Herstellungsprozesses besonders für integrierte Schaltungen geeignet.
Wie auch beim Bipolartransistor gibt es zwei komplementäre Bauformen: n-Kanal MOSFET und p-Kanal MOSFET. Diese können jeweils noch in selbstsperrende und selbstleitende Typen unterschieden werden.
Beschreibung der Funktionsweise eines MOS-FET(Anreicherungstyp):
Der MOS-FET befindet sich immer im Sperr-Zustand (deshalb selbstsperrend), wenn keine positive Spannung

zwischen Gate- und Source-Anschluß anliegt.

Wird zwischen Gate und Source eine positive Spannung U_{GS} angelegt, dann entsteht im Substrat ein elektrisches Feld. Die Elektronen im p-leitenden Substrat werden vom positiven Gate-Anschluß angezogen. Sie wandern bis unter das Siliziumdioxid (Isolierschicht). Die Löcher wandern in entgegengesetzter Richtung. Die Zone zwischen den n-leitenden Inseln enthält überwiegend Elektronen als freie Ladungsträger. Zwischen Source- und Drain-Anschluß befindet sich nun eine n-leitende Brücke. Die Leitfähigkeit dieser Brücke lässt sich durch die Gatespannung U_{GS} steuern.

Dadurch dass die Siliziumdioxid-Schicht isolierend zwischen Aluminium und Substrat wirkt, fließt kein Gatestrom I_G . Zur Steuerung wird nur eine Gatespannung U_{GS} benötigt.

Die Steuerung des Stromes I_D durch den MOS-FET erfolgt leistungslos.

Der beschriebene MOS-FET ist ein Anreicherungstyp. Er ist selbstsperrend. Es gibt aber auch MOS-FETs als Verarmungstypen. Sie sind selbstleitend, weil sie schon nach angelegter Spannung U_{DS} leitend sind. Das wird durch eine schwache n-Dotierung zwischen den n-leitenden Inseln (Source und Drain) erzeugt. Dieser MOS-FET sperrt nur vollständig, wenn die Gatespannung U_{GS} negativer ist als die Spannung am Source-Anschluß.

Und hier nochmal die Kennlinien des Bipolartransistors.

