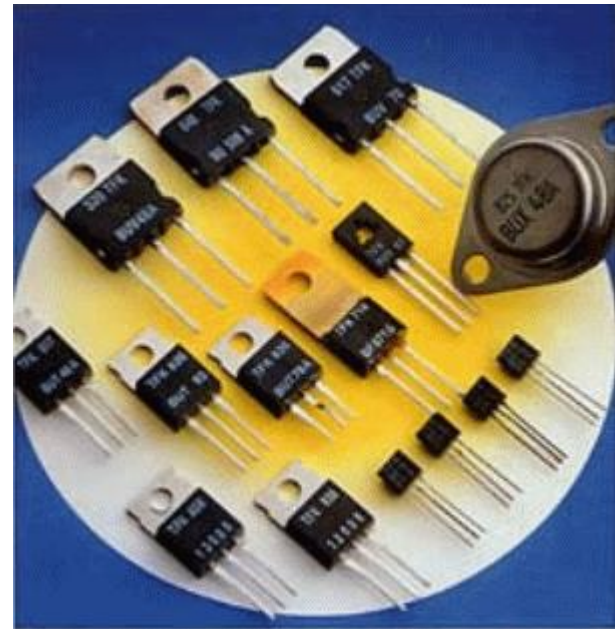


Transistoren

- David Schütze
- Projekt: Search-E
- Gruppe B2
- Betreuer: Sascha Eden



Gliederung

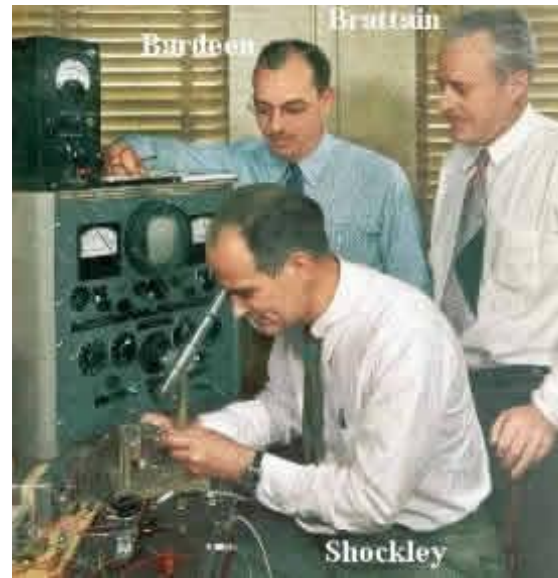
- Was ist ein Transistor
- Geschichte
- Bipolartransistor
- Feldeffekttransistor
 - Sperrschicht-FET (JFET)
 - MOSFET
- Anwendungsbereiche des Transistors
- Quellen

Was ist ein Transistor

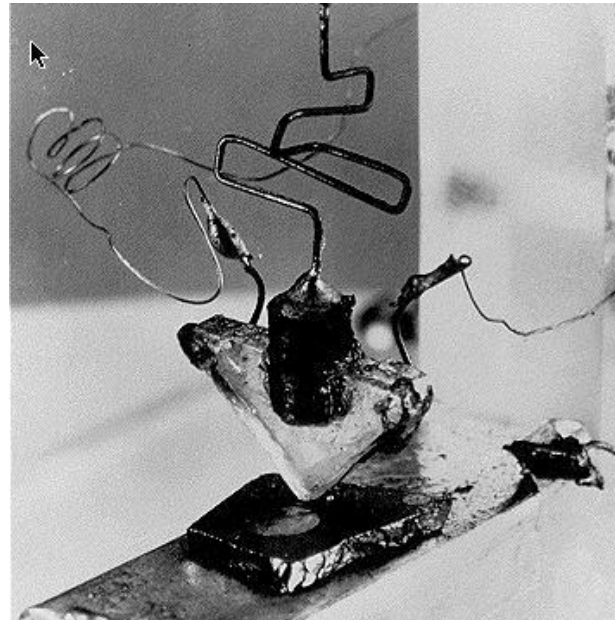
- Eins der wichtigsten aktiven Bauelemente in der modernen Elektronik
- elektronisches Bauelement zum Schalten und Verstärken von elektrischen Signalen
- Begriff „Transistor“ - Kurzform des englischen *transfer resistor*
- 2 grundsätzlichen Funktionsprinzipien: Bipolartransistoren und Feldeffekttransistoren (FET)
- Viele Anwendungsgebiete: z.B. Nachrichtentechnik, Leistungselektronik oder Computersystemen

Geschichte

- Idee zum Bau eines Transistors hatte 1928 Julius Edgar Lilienfeld
- erste funktionierender Transistor 1948 von John Bardeen, Walter H. Brattain und William Shockley erfunden
- 1954 Wechsel vom temperaturempfindlichen Germanium zum unempfindlichen Silizium → Siegeszug der Transistors nicht mehr aufzuhalten
- Für ihre Forschung erhielten Bardeen, Brattain und Shockley 1956 den Nobelpreis



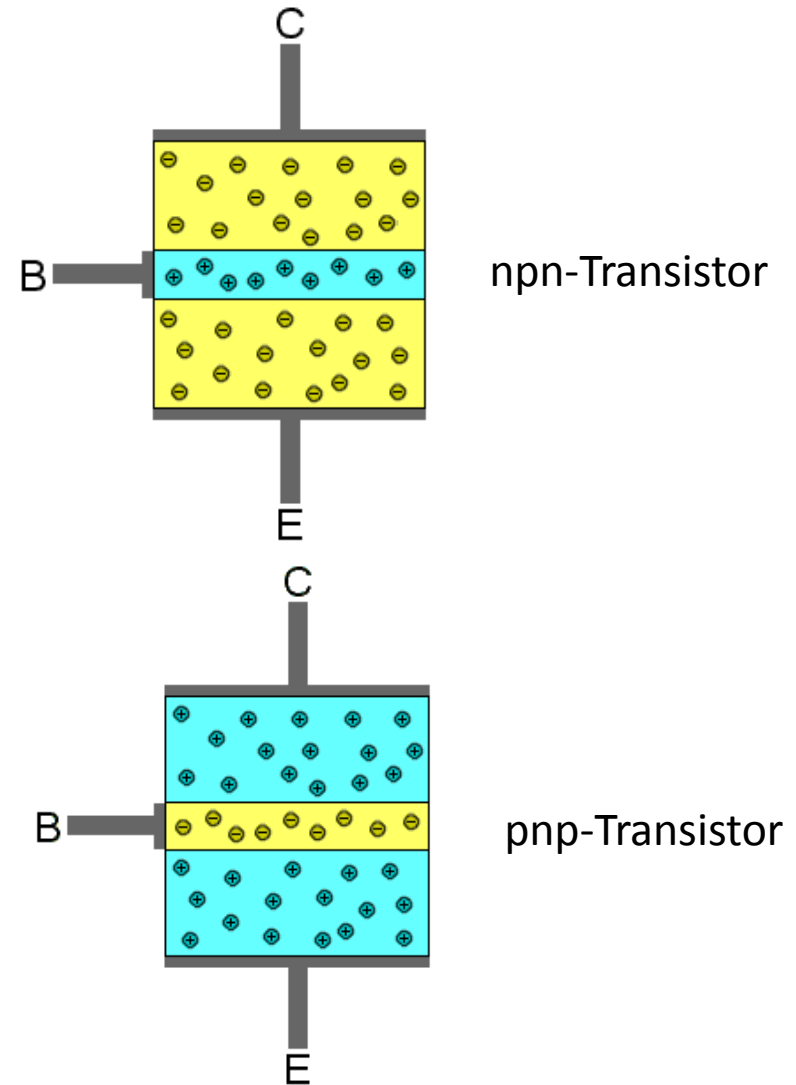
http://www.leifiphysik.de/sites/default/files/medien/trans_erf01k_transistor_ges.jpg



<http://hobbyelektronik.de/tl/Der-erste-Transistor-der-Welt.htm>

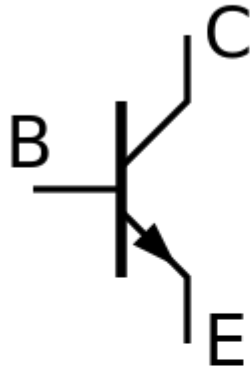
Bipolartransistor

- Beide Ladungsträgerarten (Löcher und Elektronen) tragen zum Stromfluss bei
- Besteht aus 3 abwechselnd p – und n-dotierten Halbleiterschichten
- Anschlüsse: Kollektor (C), Basis (B) und Emitter (E)
- npn-Typen und pnp-Typen, Buchstaben geben Reihenfolge der Beschichtung

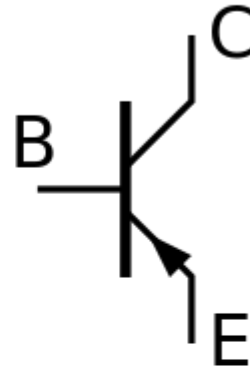


Schaltzeichen

NPN



PNP

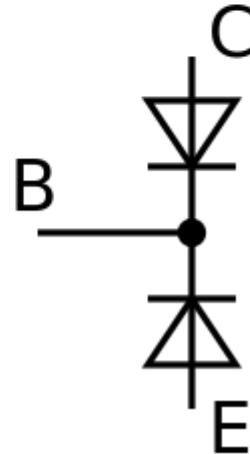
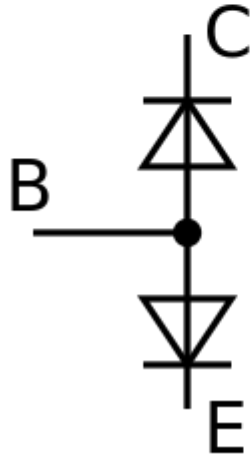


pnp, Pfeil nach Platte

Tut der Pfeil der Basis weh,
handelt's sich um pnp

Will der Pfeil sich von der
Basis trenn', handelt sich's
um npn

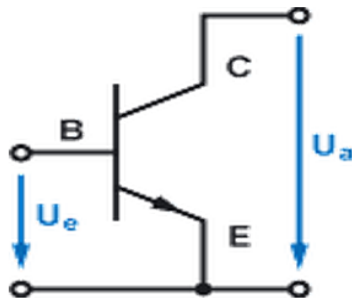
Dioden-
Ersatzschaltbild



Grundsaltungen

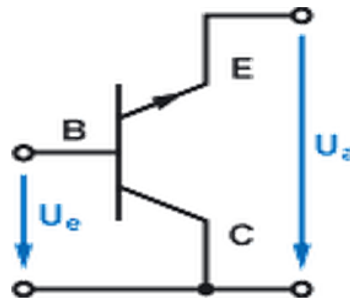
- 3 Transistor-Grundsaltungen: Emitterschaltung, Kollektorschaltung und Basisschaltung
- Bezeichnungen richten sich nach dem gemeinsamen Anschluss von Eingang und Ausgang

Emitterschaltung



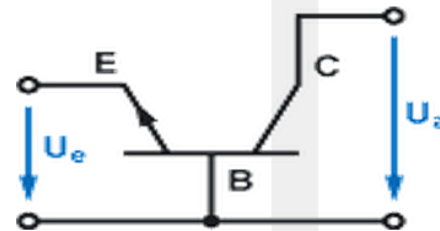
| Eingang | | Ausgang | |
|---------|---|---------|--|
| B | E | C | |

Kollektorschaltung



| Eingang | | Ausgang | |
|---------|---|---------|--|
| B | C | E | |

Basisschaltung

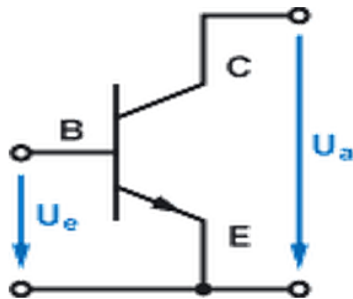


| Eingang | | Ausgang | |
|---------|---|---------|--|
| E | B | C | |

Einsatzgebiete

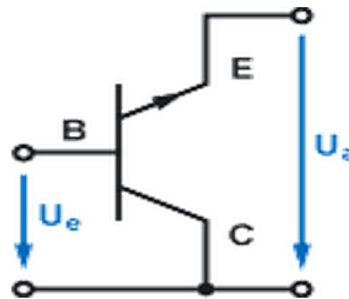
- **Emitterschaltung:** in vielen Bereichen, z.B in Kleinsignal-Verstärkern und elektronischen Schaltern
- **Kollektorschaltung:** Impedanzwandler, als Vorstufe vieler Endstufen , in Kondensator- und Elektret-Mikrofonen
- **Basisschaltung:** HF-Stufen, HF-Oszillatoren ab ca. 50 MHz
- **Häufigkeit:** Emitterschaltung > Kollektorschaltung > Basisschaltung

Emitterschaltung



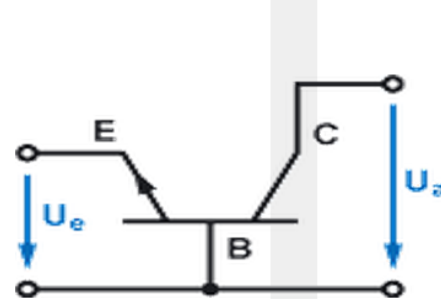
| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|---------|
| B | E | C |

Kollektorschaltung



| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|---------|
| B | C | E |

Basisschaltung

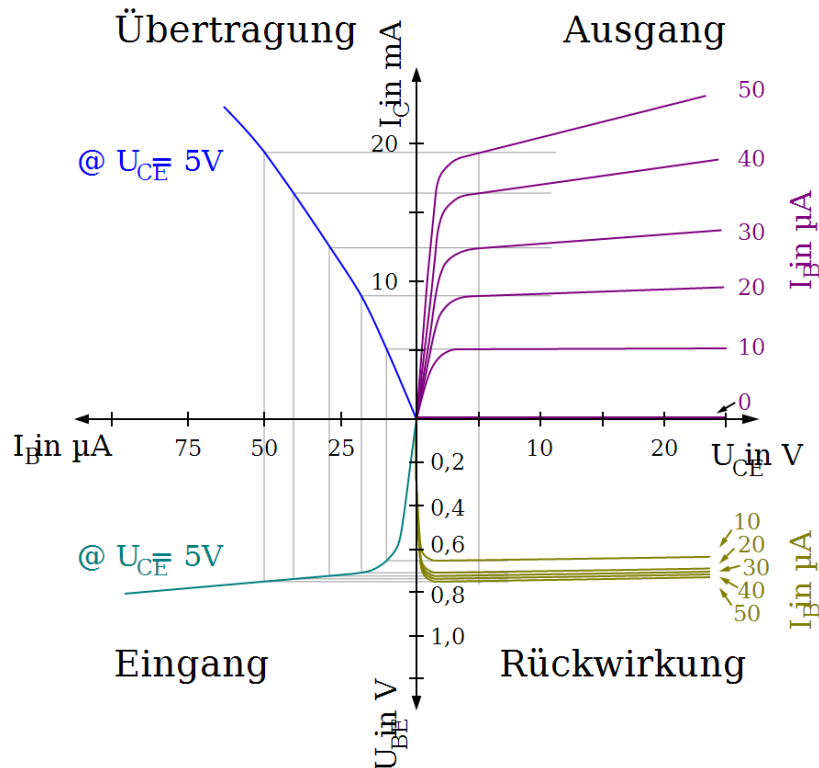


| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|---------|
| E | B | C |

Vergleich der Grundschaltungen

| Schaltung | Emitterschaltung | Basisschaltung | Kollektorschaltung |
|----------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|
| Eingangswiderstand r_e | 100 Ω ... 10 k Ω ↑ | 10 Ω ... 100 Ω ↑ | 10 k Ω ... 100 k Ω ↑ |
| Ausgangswiderstand r_a | 1 k Ω ... 10 k Ω ↑ | 10 k Ω ... 100 k Ω ↑ | 10 Ω ... 100 Ω ↑ |
| Spannungsverstärkung V_u | 20 ... 100 fach | 100..1000 fach | ≤ 1 |
| Gleichstromverstärkung B | 10 ... 50 fach | ≤ 1 | 10..4000 fach |
| Phasendrehung | 180° | 0° | 0° |
| Temperaturabhängigkeit | groß | klein | klein |
| Leistungsverstärkung V_p | Sehr groß | mittel | klein |
| Grenzfrequenz f_g | niedrig | hoch | niedrig |
| Anwendungen | NF- und HF-Verstärker Leistungsverstärker Schalter | HF-Verstärker | Anpassungsstufen Impedanzwandler |

Kombiniertes Kennlinienfeld

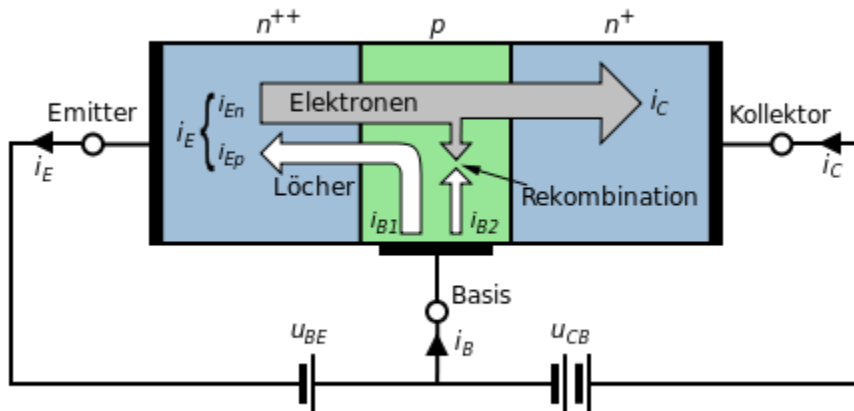


- **Eingangskennlinienfeld:** Basisstrom I_B wird gegen die Basisspannung U_{BE} aufgetragen
- **Ausgangskennlinienfeld:** Abhängigkeit des Kollektorstroms I_C von der Kollektor-Emitterspannung U_{CE} bei ausgewählten Basissteuerströmen I_B
- **Übertragungskennlinienfeld:** Abhängigkeit des Kollektorstroms I_C vom ansteuernden Basisstrom I_B bei konstanter Kollektor-Emitterspannung U_{CE}
- **Rückwirkungskennlinienfeld:** Rückwirkung der Ausgangsspannung U_{CE} auf den Eingang U_{BE}

Funktionsweise des Bipolartransistors

- ein kleiner Strom I_B zwischen Basis und Emitter steuert einen stärkeren Strom I_C zwischen Kollektor und Emitter
- Da I_B nur die BE-Sperrschicht leitend machen muss, genügt hier ein kleiner
- Die einmal in die Basis gelangten Elektronen fließen zum größten Teil weiter zum Kollektor

- → ein ca. 100x größerer Strom wird durch einen kleinen gesteuert
- Verhältnis ist vom Typ abhängig
- Stromverstärkungsfaktor β : Größenordnung: 4 – 1000, je nach Konstruktion des Transistor
- größte Anwendungsgebiet sind Verstärkerschaltungen

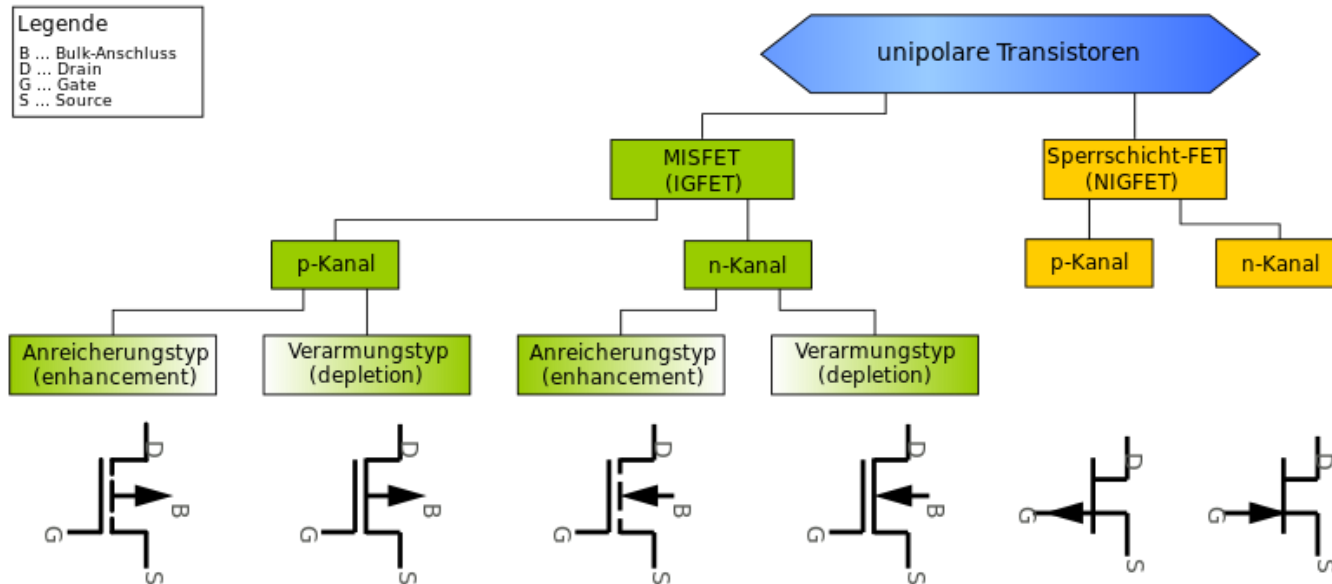


Feldeffekttransistor (FET)

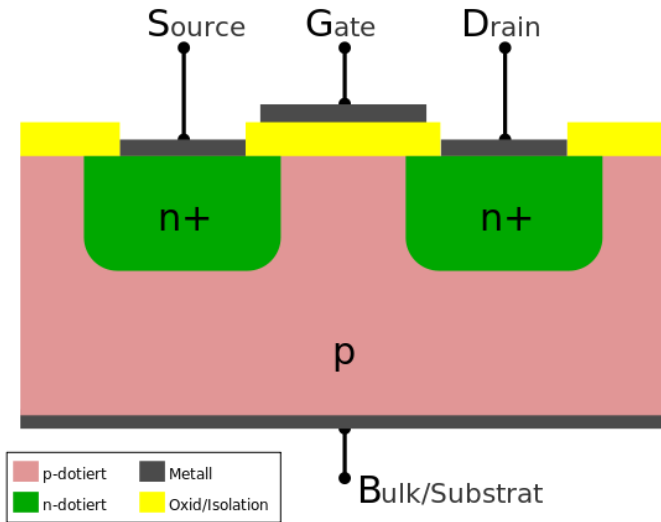
- abgekürzt FET, oder auch unipolare Transistoren
- Stromtransport nur durch eine Ladungsträgerart (Elektronen bei n-leitenden Substrat und Löcher bei p-leitenden FET)
- Stromtransport wird vom elektrischen Feld der angelegten Spannung gesteuert → spannungsgesteuert
- sehr hohe Eingangswiderstände → fast leistungslose Ansteuerung
- drei Anschlüsse: D (=Drain), S (=Source) und G (=Gate)
 - MOSFETs : weiterer Anschluss : Bulk (Substrat)(meist mit Source-Anschluss verbunden)

Unterscheidungen:

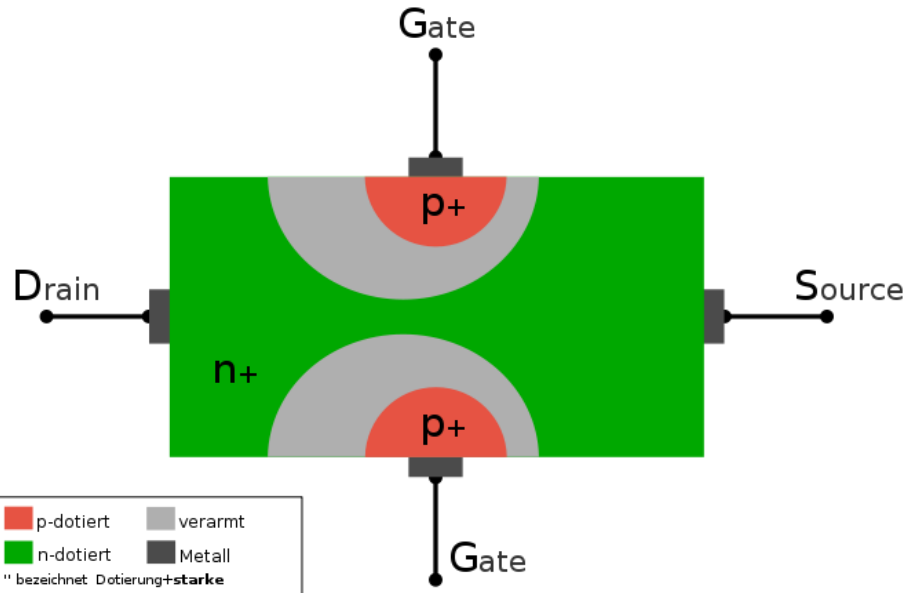
- Sperrschicht-FETs (JFETs) und FETs, mit einem durch einen Isolator getrenntem Gate (MISFET, MOSFET)
- je nach Dotierung zwischen n- und p-FETs,
- bei MOSFETs weiter in selbstleitende und selbstsperrende Typen



Aufbau verschiedener FETs



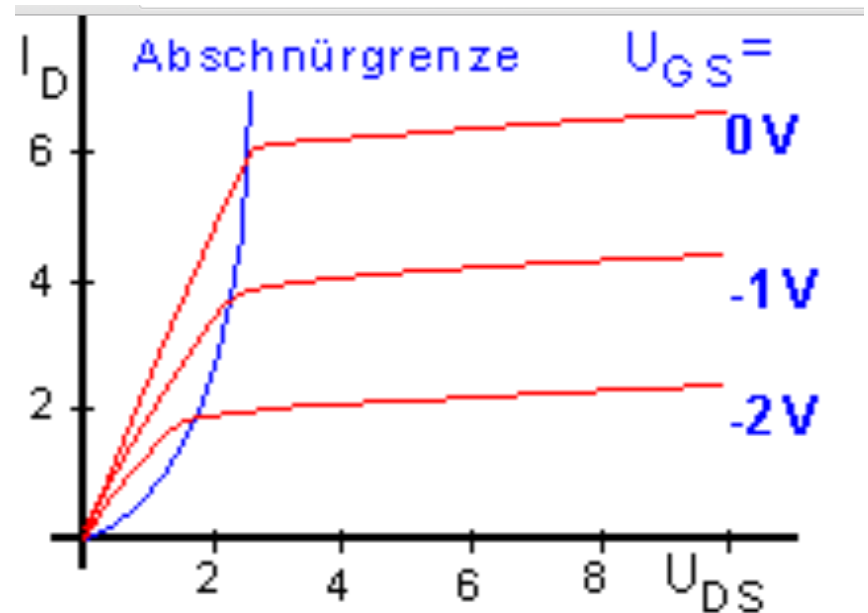
Schema eines n-Kanal-MOSFET



Schema eines n-Kanal-JFET

Kennlinienfeld

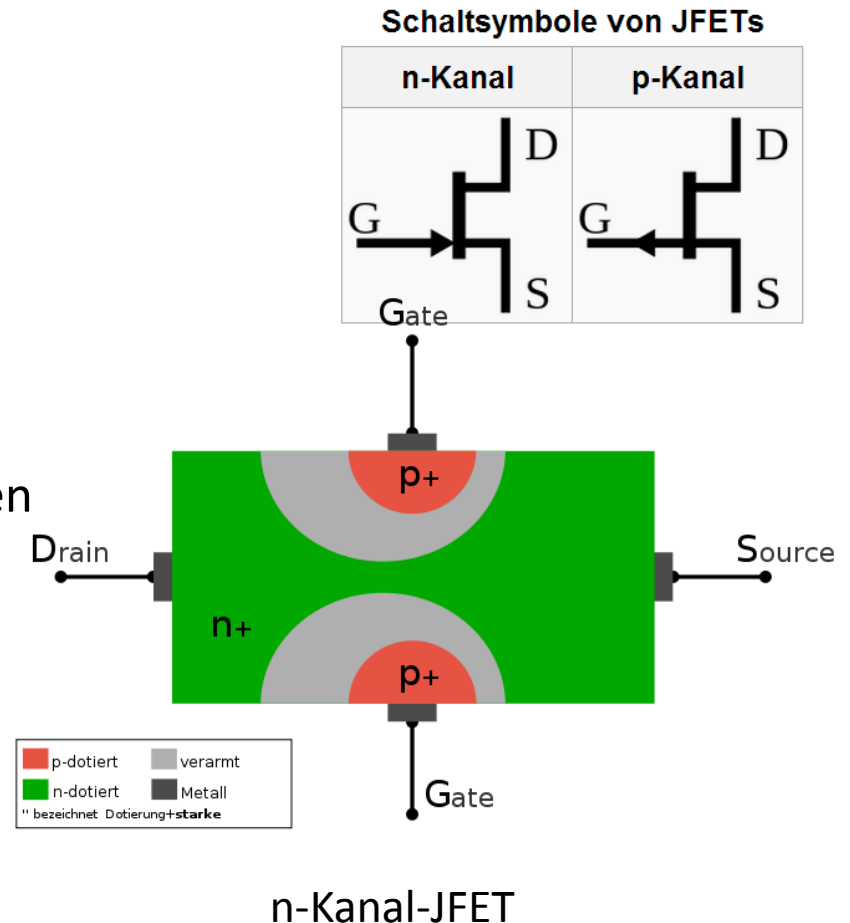
- Jede der Kennlinie gilt für eine bestimmte Gatespannung U_{GS}
- Bei einer Gatespannung von 0V ist die Sperrschicht am schmalsten
- → dort fließt der größte Strom I_D durch den Kanal
- Ab der Abschnürgrenze lässt sich der Strom nicht mehr durch den Kanal erhöhen



Sperrschicht-FETs (JFETs)

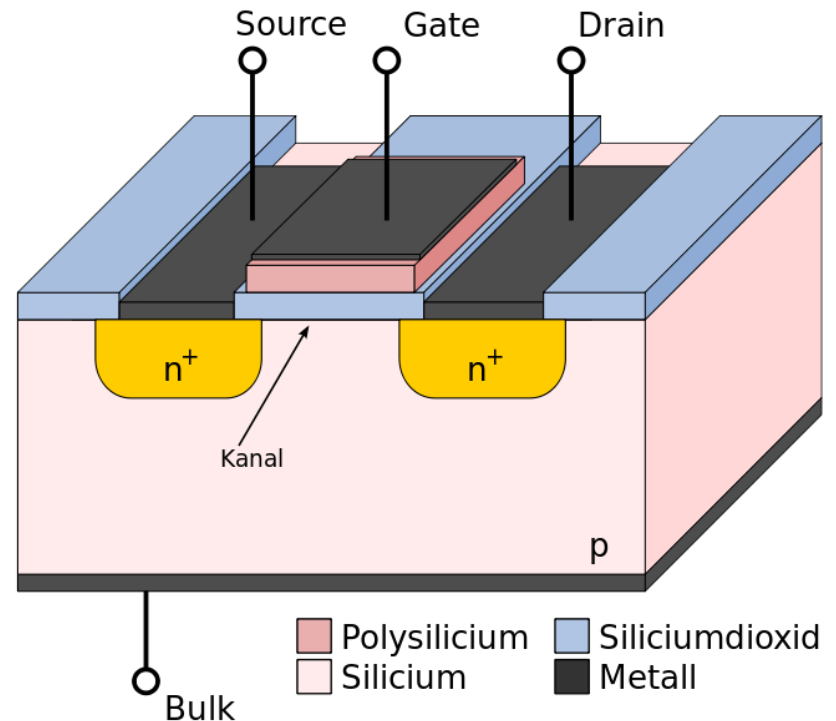
- immer selbstleitend
- besonderer Vorteil: großer Eingangswiderstand
- → leistungsarme Steuerung
- nicht für hochfrequente Anwendungen

- Anwendungsgebiete: Verstärker, Schalterstufen und Oszillatoren



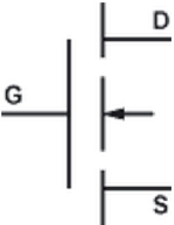
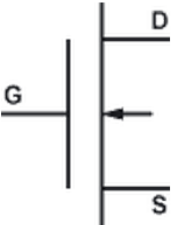

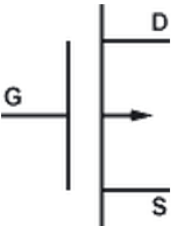
MOSFET

- Abkürzung für **Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor**
- „metallisches“ Gate durch ein Oxid (Isolator) vom stromführenden Kanal zwischen S und D elektrisch isoliert



Prinzipieller Aufbau eines n- Kanal MOSFETs im Querschnitt

Insgesamt 4 MOSFET-Typen: n- und p-Kanal-MOSFETs in Form von selbstleitenden oder selbstsperrenden Typen

| | n-Kanal | |
|---------------------------|---|--|
| MOS-FET Typ | Anreicherungstyp (selbstsperrend) | Verarmungstyp (selbstleitend) |
| I_D bei U_{DS} | positiv | positiv |
| U_{GS} (Steuerspannung) | positiv | positiv/negativ |
| Schaltzeichen |  |  |
| Anwendung | Leistungsverstärker | Hochfrequenzverstärker, digitale integrierte Schaltungen |
| | p-Kanal | |
| MOS-FET Typ | Anreicherungstyp (selbstsperrend) | Verarmungstyp (selbstleitend) |
| I_D bei U_{DS} | negativ | negativ |
| U_{GS} (Steuerspannung) | negativ | negativ/positiv |
| Schaltzeichen |  |  |
| Anwendung | Leistungsverstärker | Hochfrequenzverstärker |

Anwendungsbereiche des Transistors

- Der Transistor ist **das** zentrale Element der modernen Elektronik, in nahezu allen elektronischen Schaltungen verwendet
- **Kleinsignaltransistoren** – einfache, ungekühlte Transistoren für analoge NF-Technik für Leistungen bis ca. 1 W
- **Leistungstransistoren** – robuste, kühlbare Transistoren für Leistungen oberhalb 1 W
- **Hochfrequenztransistoren** – Transistoren für Frequenzen oberhalb 100 kHz
- **Schalttransistoren** – Transistoren mit günstigem Verhältnis von Durchlass- zu Sperrstrom, Varianten für kleine und große Leistungen

Hauptanwendungsgebiet

- Hauptanwendungsgebiet von Transistoren: Einsatz in integrierte Schaltungen
- wie beispielsweise RAM-Speicher, Flash-Speichern, Mikrocontroller, Mikroprozessoren und Logikgattern.
- bei hochintegrierten Schaltungen über 1 Milliarde Transistoren auf einem Substrat, auf einer Fläche von einigen Quadratmillimetern

Quellen

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Transistor>
- http://service.projektlabor.tu-berlin.de/projekte/sonnenfinder/referate/transen_ausarbeitung.pdf
- <http://www.elektronikinfo.de/strom/transistoren.htm>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Vor-60-Jahren-Der-erste-Transistor-funktioniert-171005.html>
- <http://prof-gossner.eu/pdf/13-Feldeffekttransistor.pdf>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/1101211.htm>
- <http://elektronik-kurs.net/elektronik/jfet-sperrschicht-feldeffekttransistor/>
- <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0203111.htm>