

Technische Informatik 1

Prof. Dr. Rolf Drechsler

Christina Plump



Überblick

Teil 1: Der Rechneraufbau (Kapitel 2-5)

- Rechner im Überblick
- Pipelining
- Speicher
- Parallelverarbeitung

Teil 2: Der Funktionalitätsaufbau (Kapitel 6-12)

- **Kodierung**
 - Zeichen
 - Zahlen
- Grundbegriffe, Boolesche Funktionen
- Darstellungsmöglichkeiten
- Schaltkreise, Synthese, spezielle Schaltkreise



Kapitel 12: Realisierung digitaler Bausteine

Transistoren

Logische Gatter

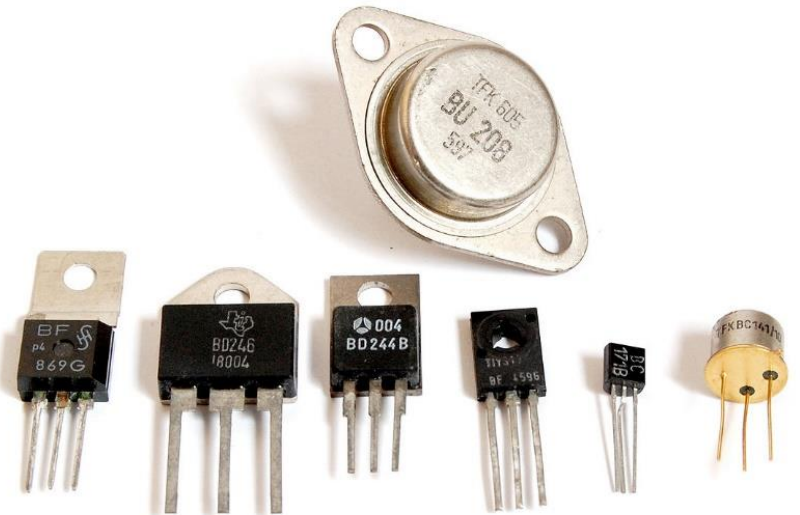
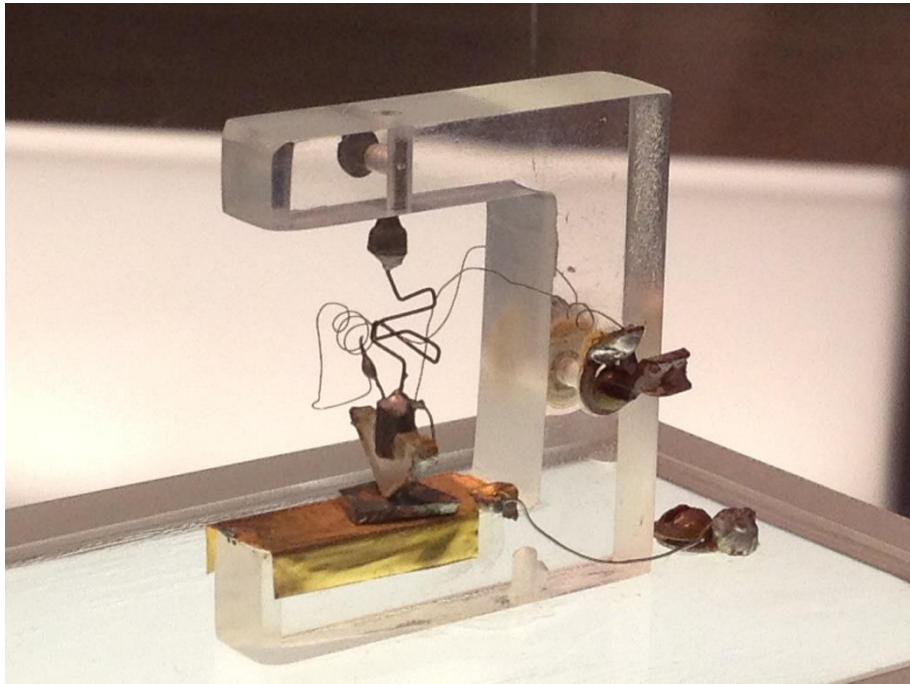
Flip Flops

1-Bit Speicherzelle

Unterschiede zwischen analogen und digitalen Schaltkreisen

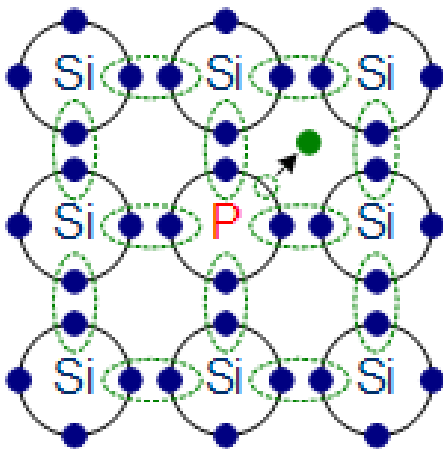
Analoger Schaltkreis	Idealer digitaler Schaltkreis
kontinuierlicher Wertebereich	diskreter Wertebereich
Laufzeiteffekte, kein eindeutiger Schaltzeitpunkt	verzögerungsfrei
Eingangstrom/-spannung; Ausgangstrom/-spannung	Ein- und Ausgangswert
Verlustleistung	verlustfreie Berechnung

Entwicklung / Bauform

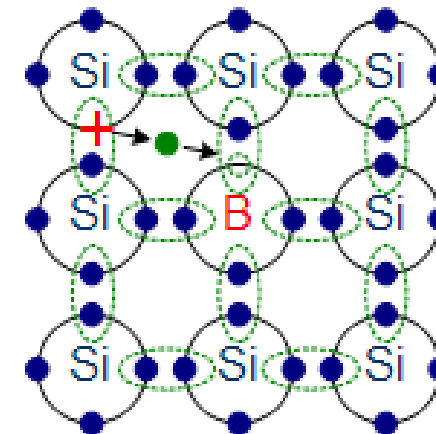


Aufbau: Diode (1)

- Wie geht eigentlich Dotierung?
 - Silizium, Gallium, Arsenid
 - Bandlücken/Überschüssige Elektronen



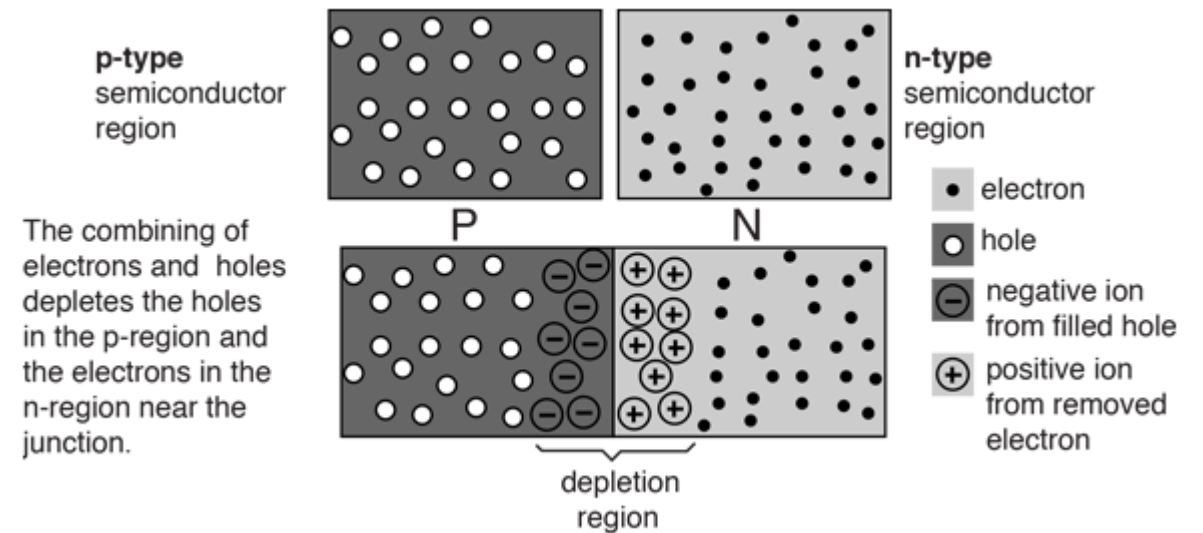
Das Phosphor-Atom gibt sein 5. Elektron ab, das keine Bindung eingehen kann. Es dient als freier Ladungsträger.



Die freie Stelle am Bor-Atom wird von anderen Elektronen aufgefüllt. Dabei entstehen an anderer Stelle neue Löcher. Diese Leerstellen wandern scheinbar entgegengesetzt zum Elektronenfluss

Aufbau: Diode (2)

- P-N Übergang (Grenzfläche)
 - Freie Elektronen rekombinieren mit P-Band Löchern
 - Auffüllen eines Loches hinterlässt ein positives Ion
 - Verarmungszone baut elektrisches Potential auf
 - Geringe Leitfähigkeit



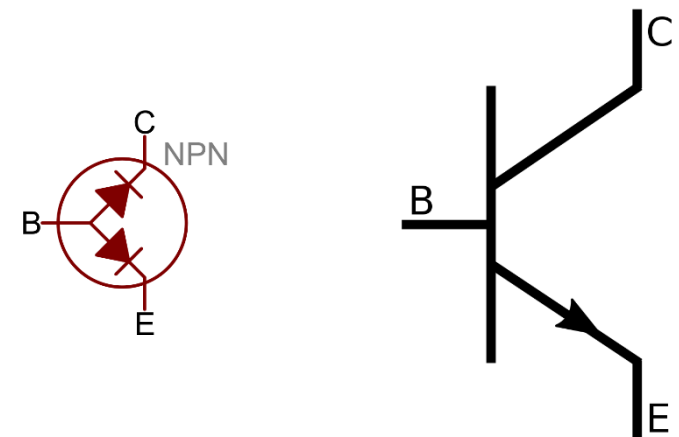
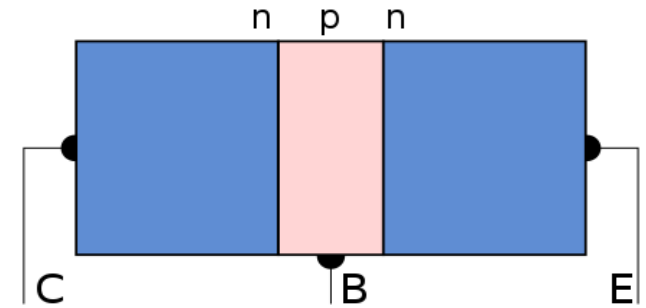
Aufbau: Diode (3)

P-N Übergang (Grenzfläche)

- „Forward Bias“:
 - *Positive* Spannung an *P*-Kanal anlegen, Negative an N-Kanal
 - Elektronen gleichen Ionen in Sperrzone aus
 - Strom fließt
- „Negative Bias“
 - *Negative* Spannung an *P*-Kanal, Positive an N-Kanal
 - Mehr freie Elektronen werden aus N-Kanal gezogen
 - Sperrzone vergrößert sich
 - Kein Strom fließt

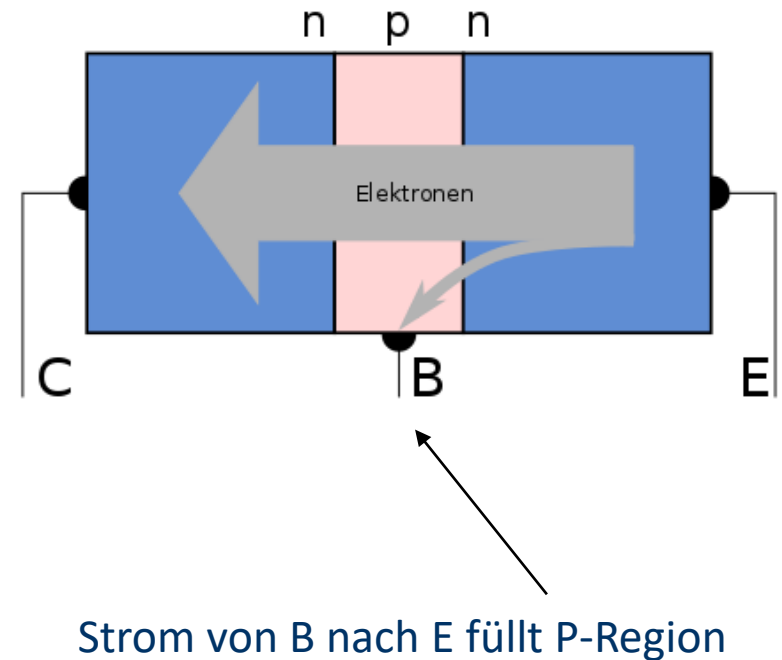
Aufbau: Bipolarer Transistor

- Ein **bipolarer Transistor** besteht aus drei dotierten Bereichen, bezeichnet als
 - Kollektor (C)
 - Basis (B)
 - Emitter (E)
- Zwei gegenläufige Dioden
- Es existieren bipolare *n_pn*-Transistoren (hier gezeigt) und *p_np*-Transistoren
- Neben der Bipolar- wird auch die Metalloxidschicht (MOS)-Technik verwendet



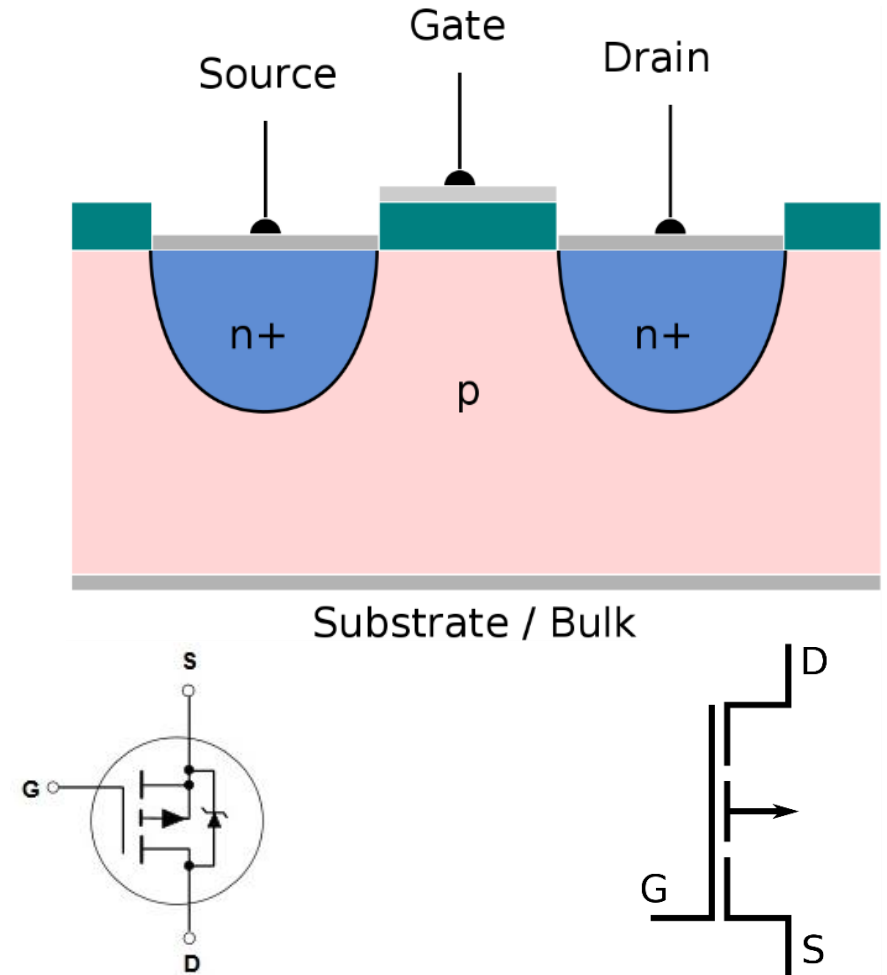
Aufbau: Bipolarer Transistor

- Durch den „*Basis-Emitter-Strom*“ wird der Transistor für den Elektronenfluss von Emitter nach Kollektor leitend
- Ein vergleichsweise *kleiner* Basis-Emitter-Strom (I_{BE}) kann einen vergleichsweise *großen* „Emitter-Kollektor-Strom“ (I_{EC}) schalten



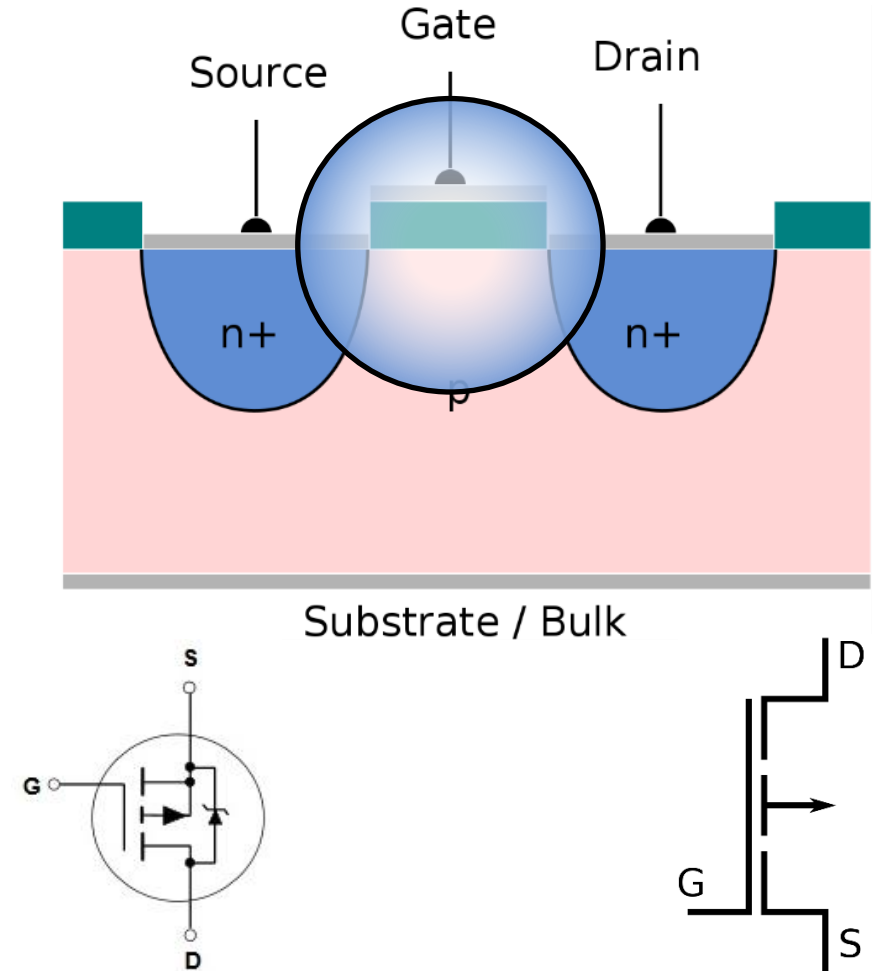
Exkurs: Feldeffekttransistor

- Ein **Feldeffekttransistor (FET)** besteht aus drei dotierten Bereichen, bezeichnet als
 - Source (S)
 - Gate (G)
 - Drain (D)
- Es existieren *N-Kanal* (wie hier gezeigt) und *P-Kanal* FETs (es gibt weitere Typen)
- Im Vgl. zu einem klassischen Transistor ist der FET *spannungsgesteuert*
 - Weniger Verluste, höhere Verstärkung
 - Kleinerer Arbeitsbereich



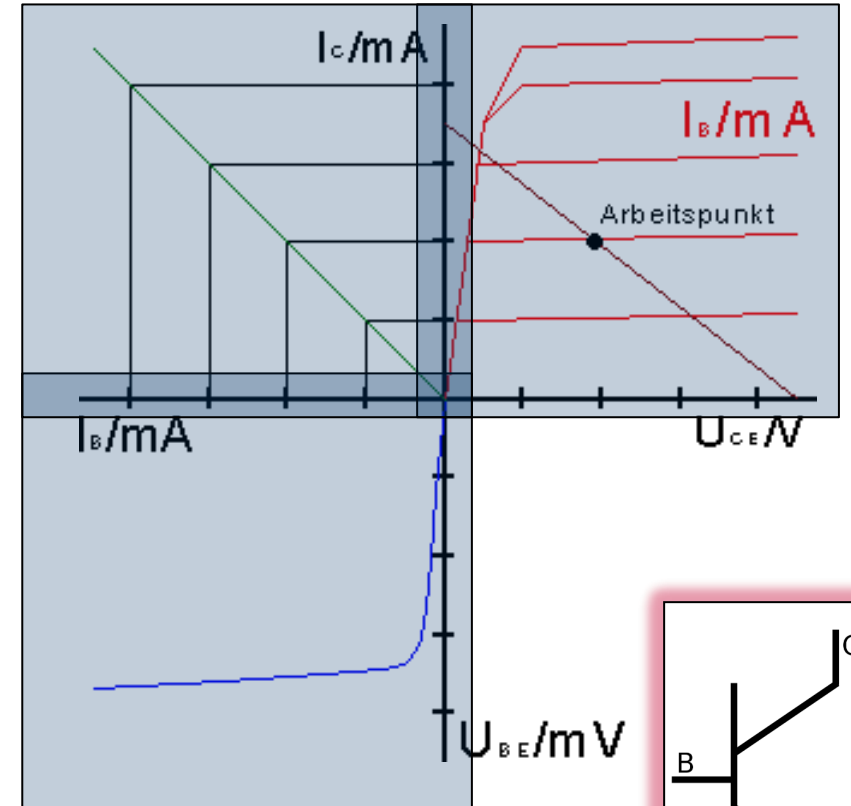
Exkurs: Feldeffekttransistor

- Durch eine **Spannung** U_G am Gate bildet das dotierte Halbleitermaterial einen leitenden Kanal zwischen Source und Drain
- Mit einem FET kann durch eine Spannung ein großer Source-Drain-Strom geschaltet werden
 - Strom spielt beim „Laden“ oder „Umladen“ des Gates eine Rolle
- I.d.R. herstellungsbedingt „Body-Diode“



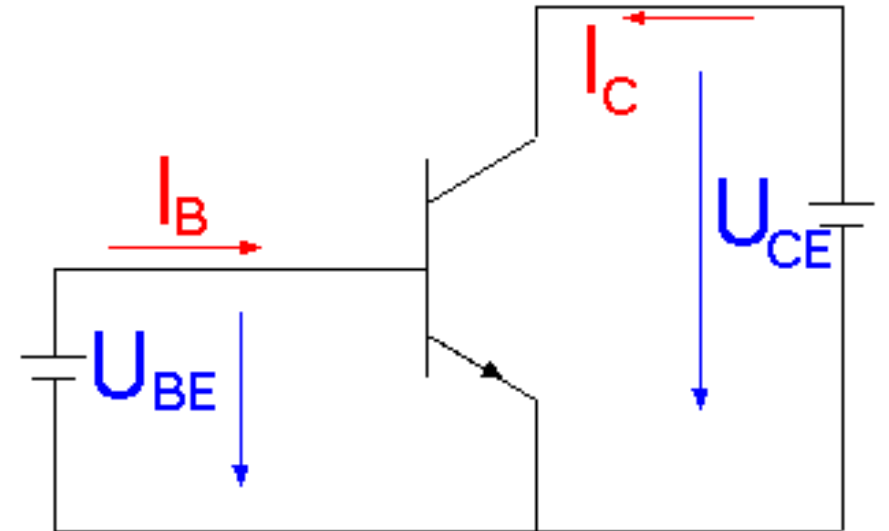
Graphische Darstellung des Verhaltens

- Die Eigenschaften eines Transistors werden in einem Kennlinienfeld dargestellt
 - Eingangskennlinienfeld
 $I_B = f(U_{BE})$
 - Ausgangskennlinienfeld
 $I_C = f(U_{CE})$
 - Steuerkennlinienfeld
 $I_C = f(I_B)$



Einsatz

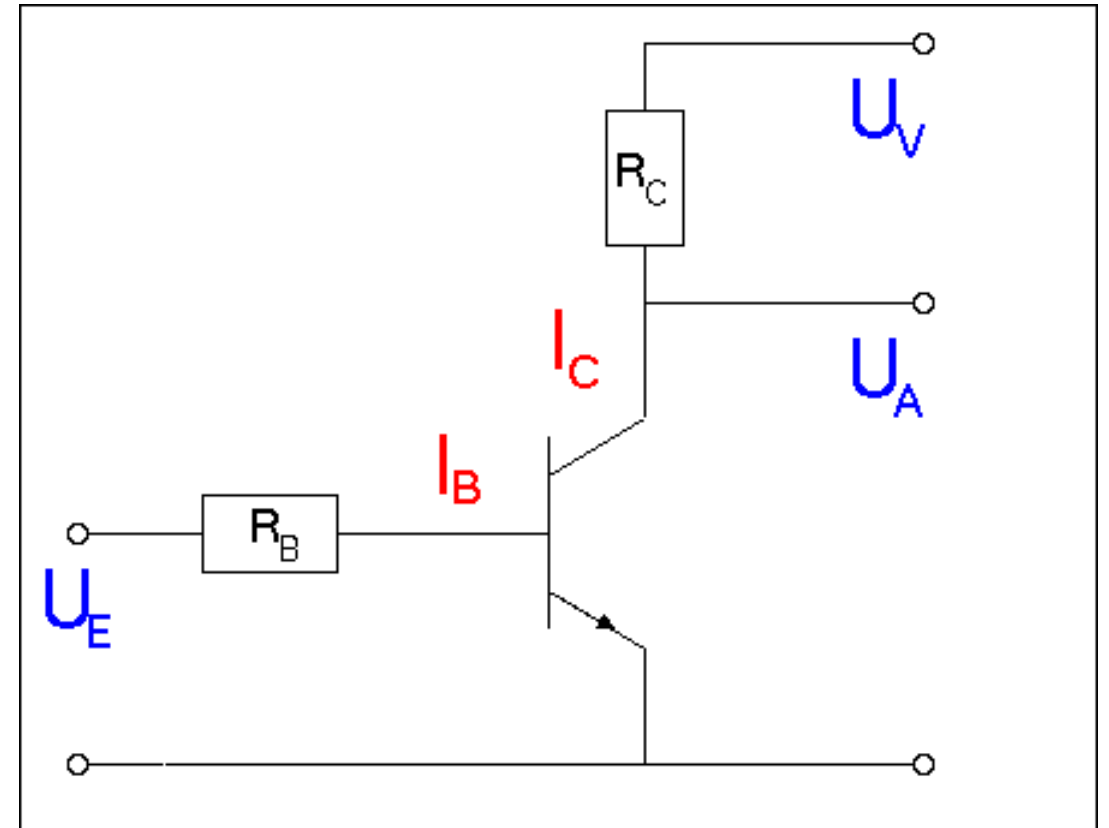
- Als **Schalter**:
 - I_C fließt nur, wenn I_B fließt,
 - I_B fließt, wenn $U_{BE} > 0,6V$
- Als **Verstärker**:
 - I_C ändert sich mit I_B ,
 - $I_C = c \cdot I_B$, solange $U_{CE} > 4V$, c durch Bauweise bestimmt



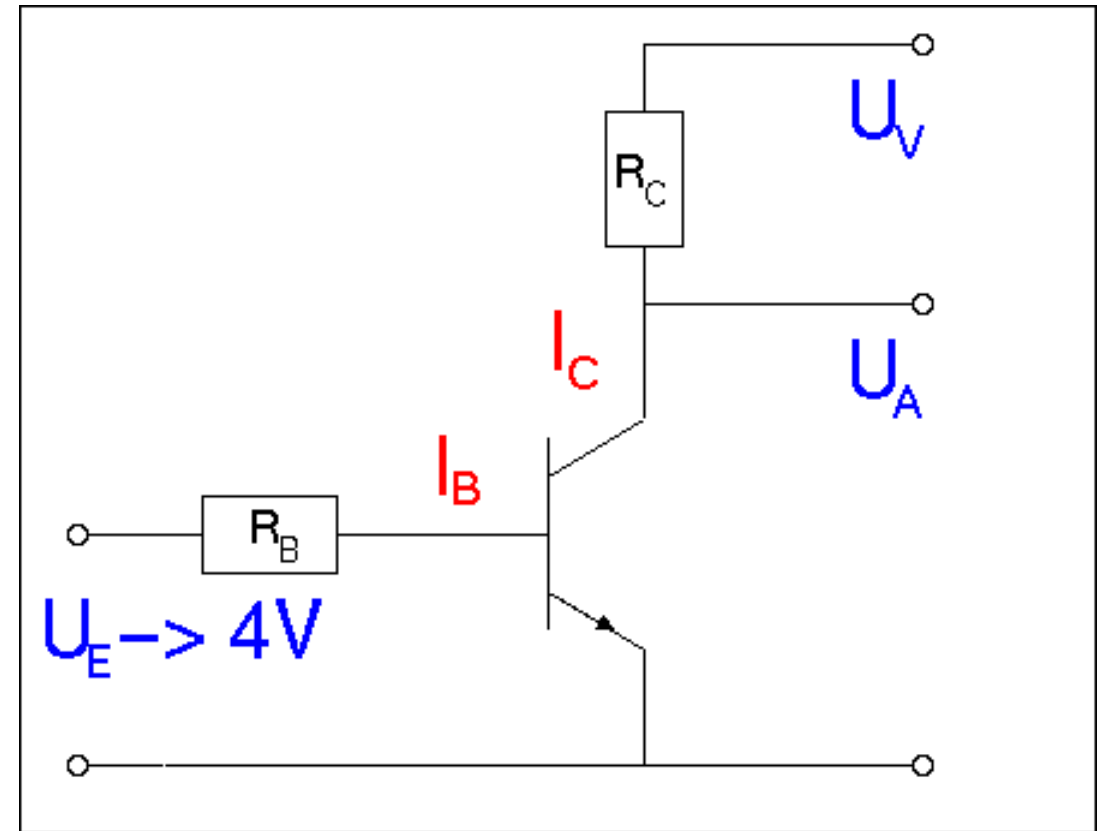
Transistor als Schalter

Grundschialtung: die Widerstände verhindern Kurzschlüsse

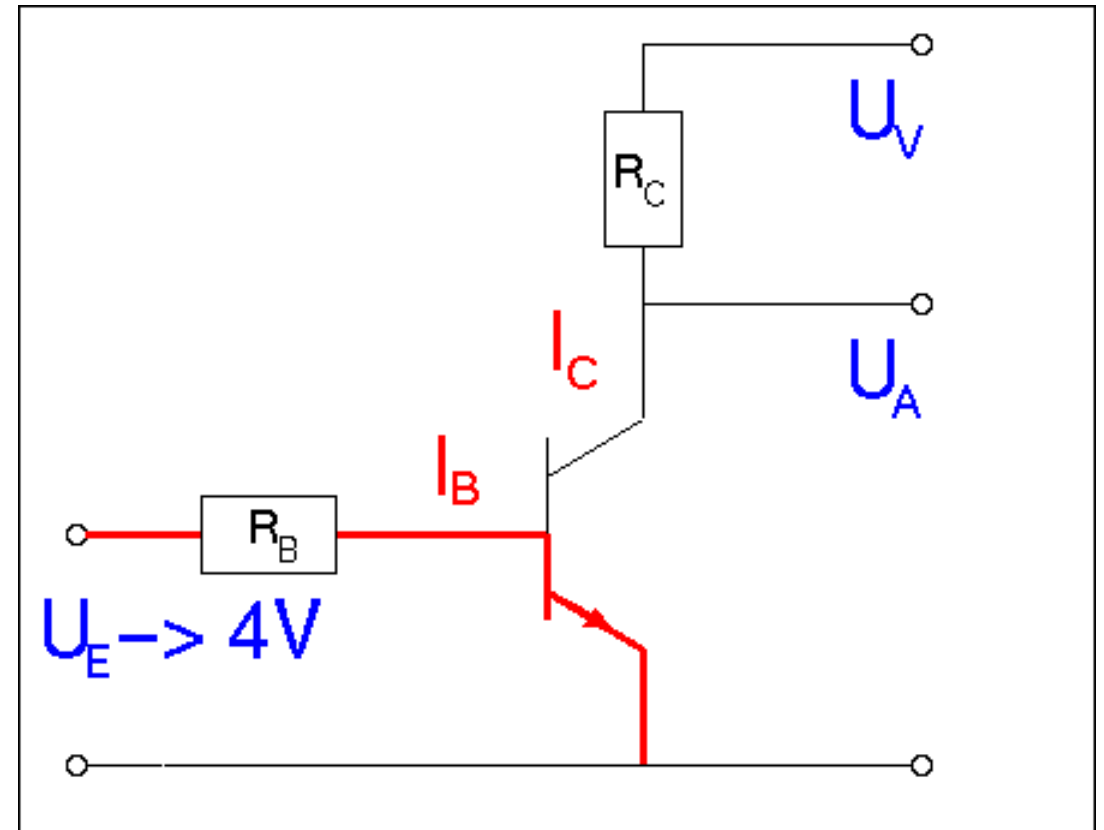
- U_V : Versorgungsspannung
- U_E : Eingangsspannung
- U_A : Ausgangsspannung



Geschlossener Schalter

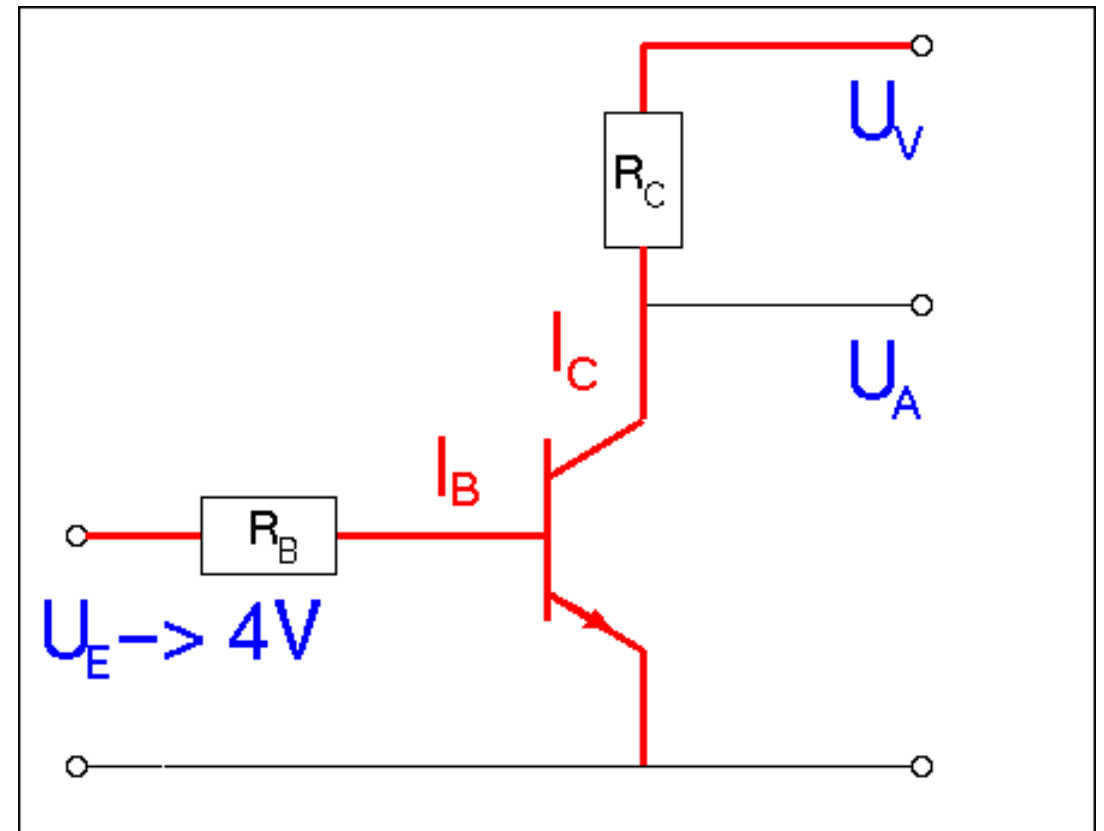


Geschlossener Schalter

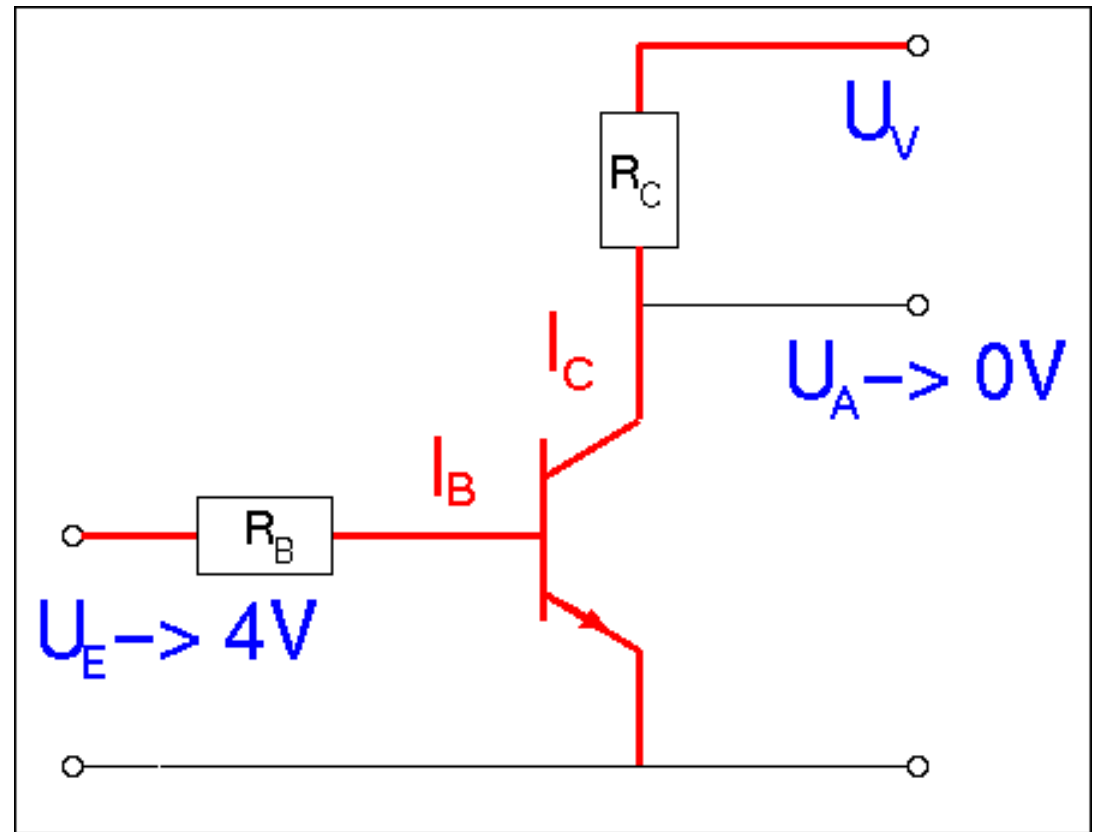


Geschlossener Schalter

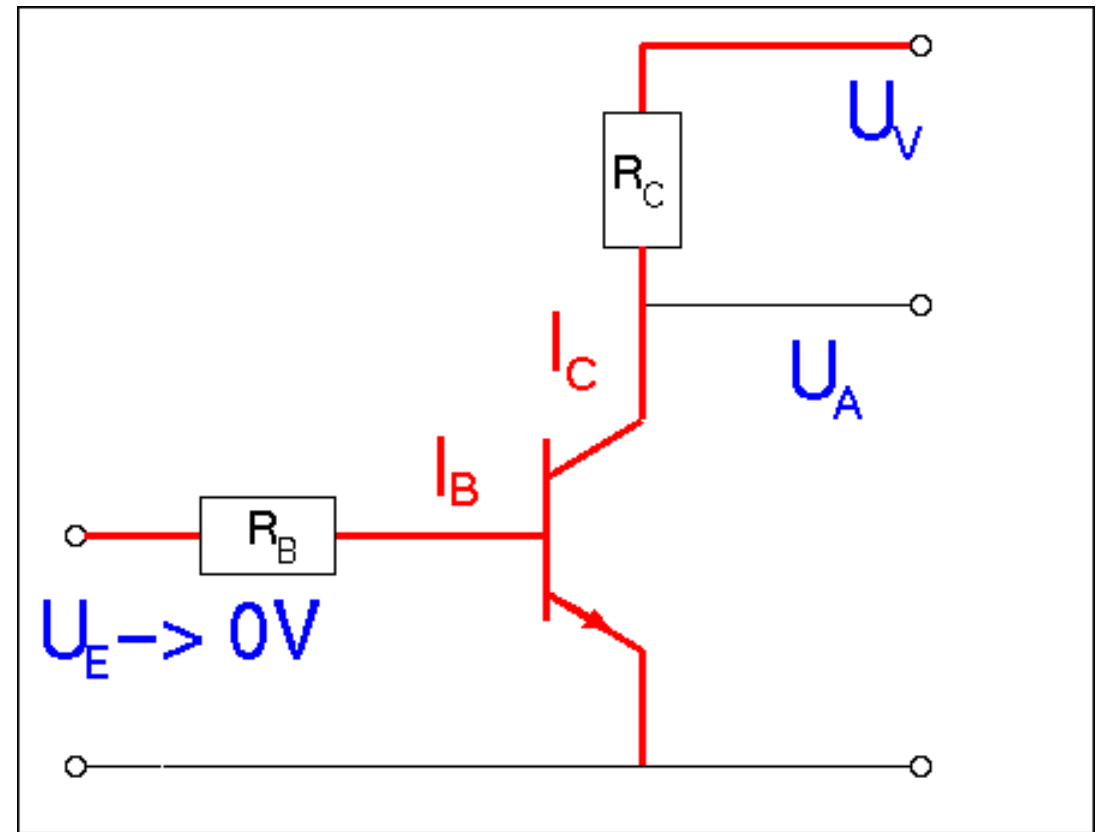
- $I_B = U_E \cdot R_B \rightarrow$ Arbeitspunkt



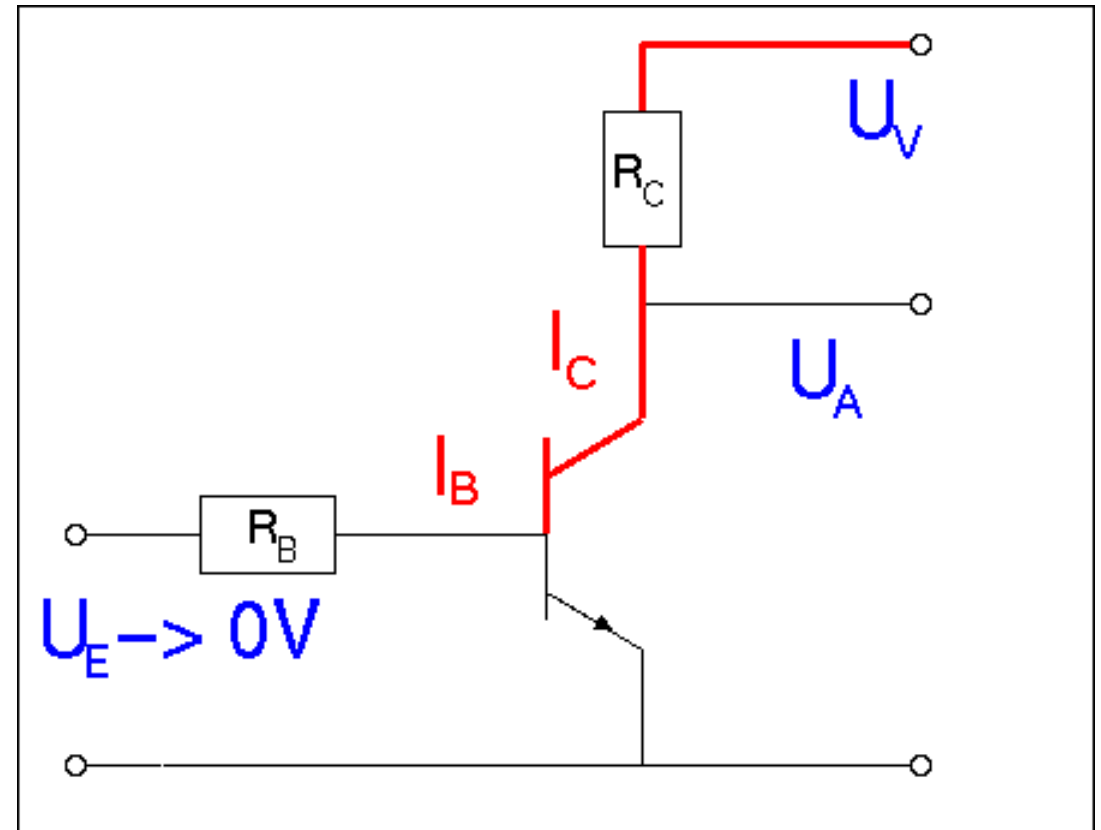
Geschlossener Schalter



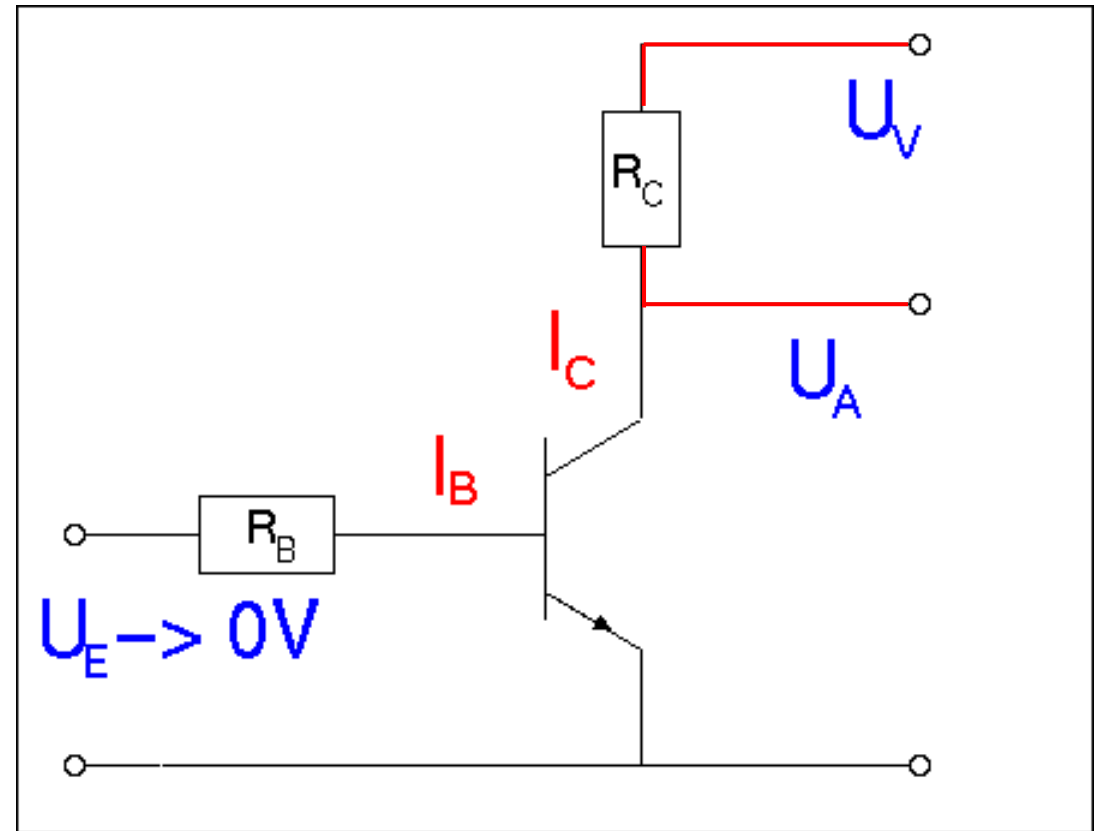
Offener Schalter



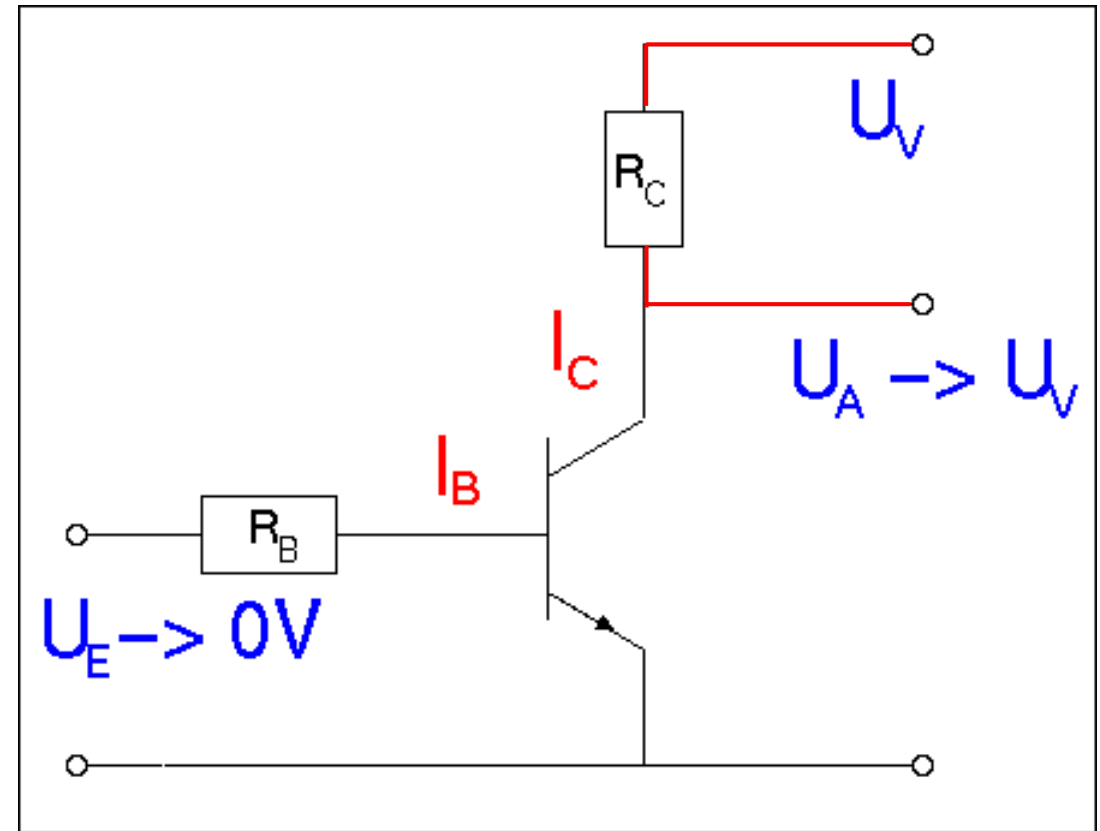
Offener Schalter



Offener Schalter



Offener Schalter





Kapitel 12: Realisierung digitaler Bausteine

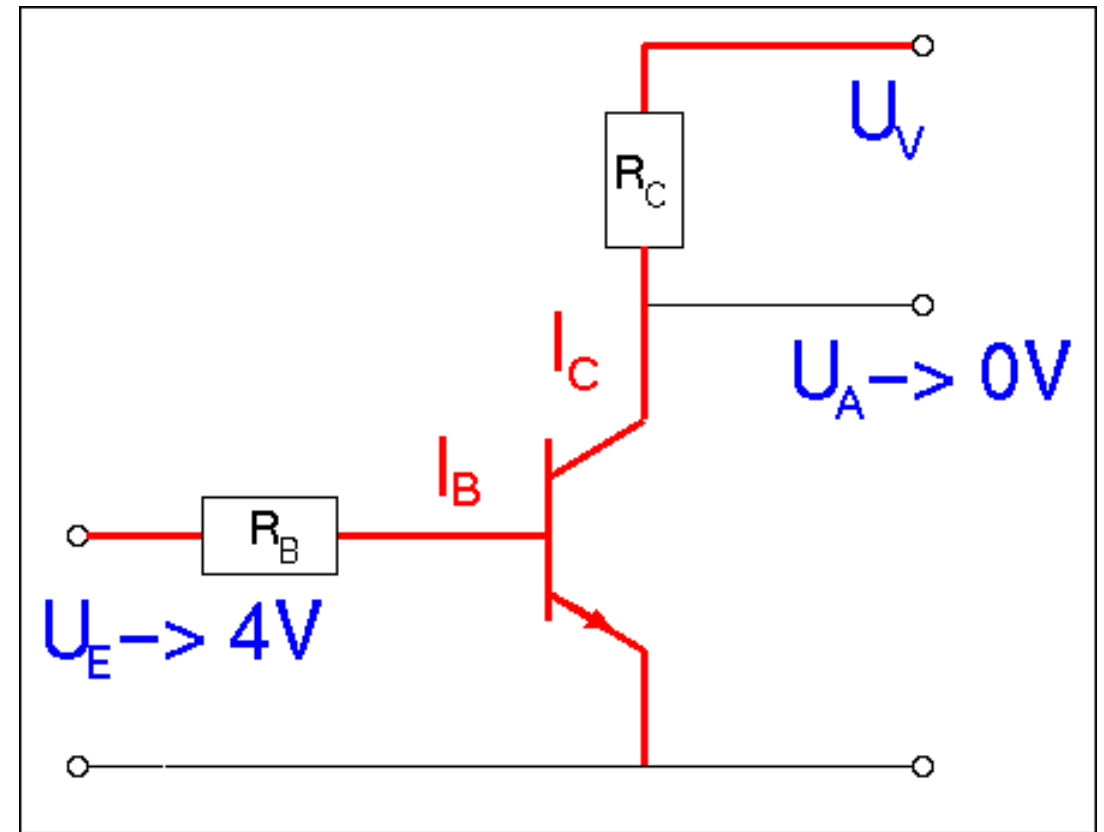
Transistoren

Logische Gatter

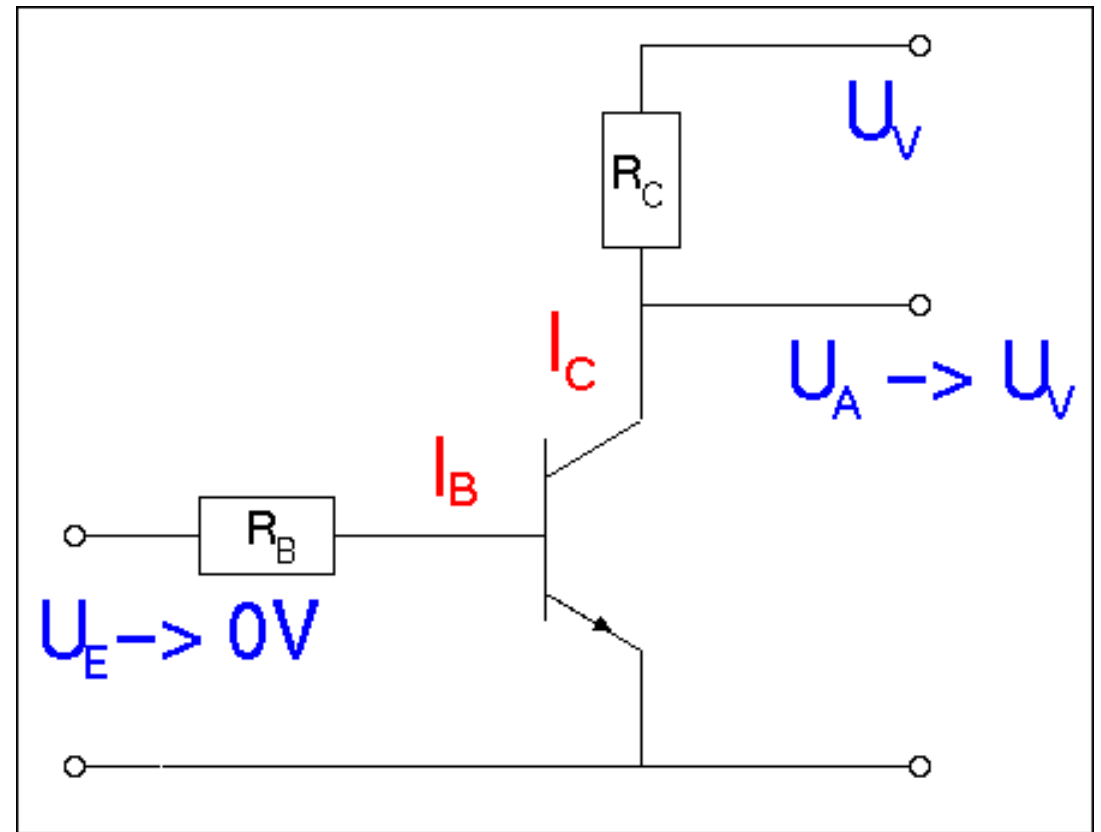
Flip Flops

1-Bit Speicherzelle

Invertierendes Gatter



Invertierendes Gatter

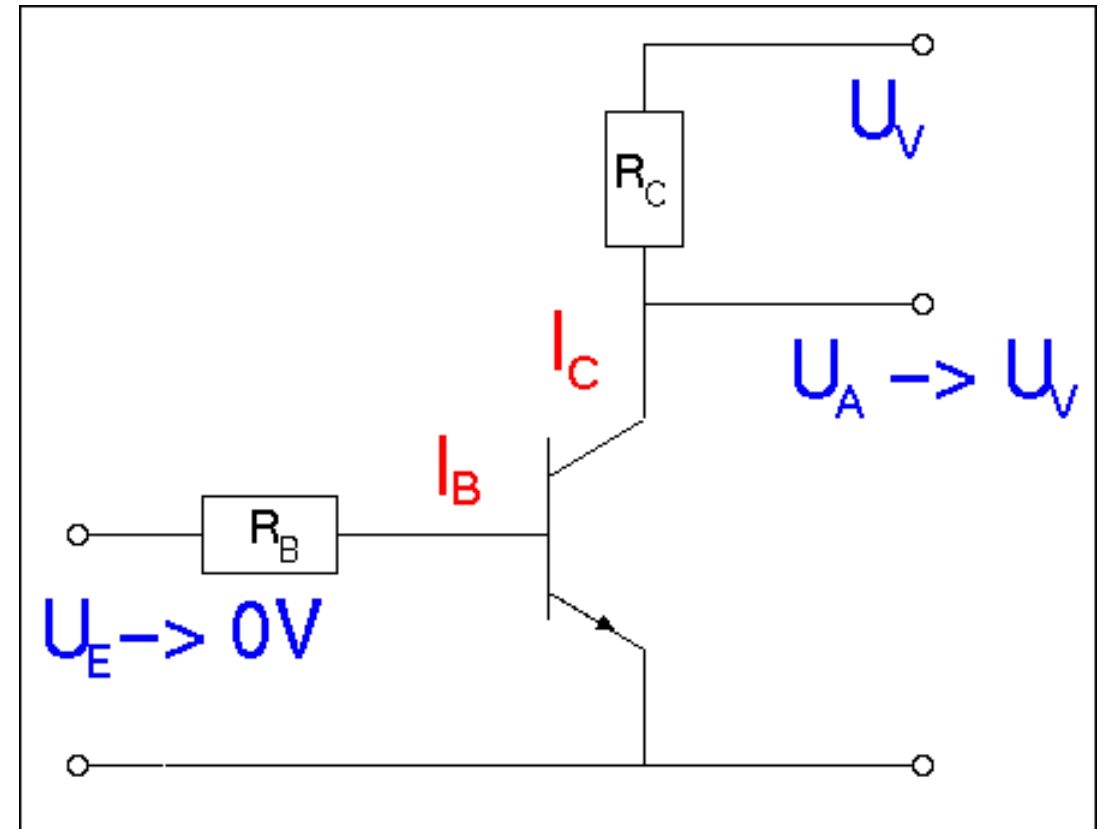
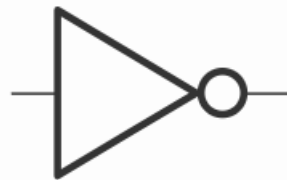


Invertierendes Gatter

- Interpretation der Spannung:
 - $U > U_V - \delta$ heißt logisch „1“
 - $U < 0V + \delta$ heißt logisch „0“
- Damit ergibt sich aus der vorherigen Schaltung die folgende Wahrheitstabelle:

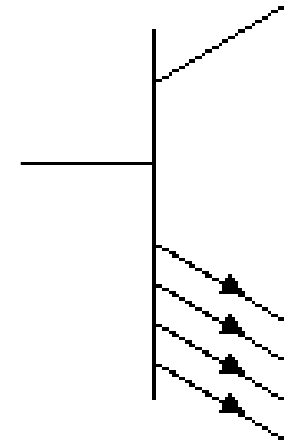
U_E	U_A
„0“	„1“
„1“	„0“

- Schaltsymbol:

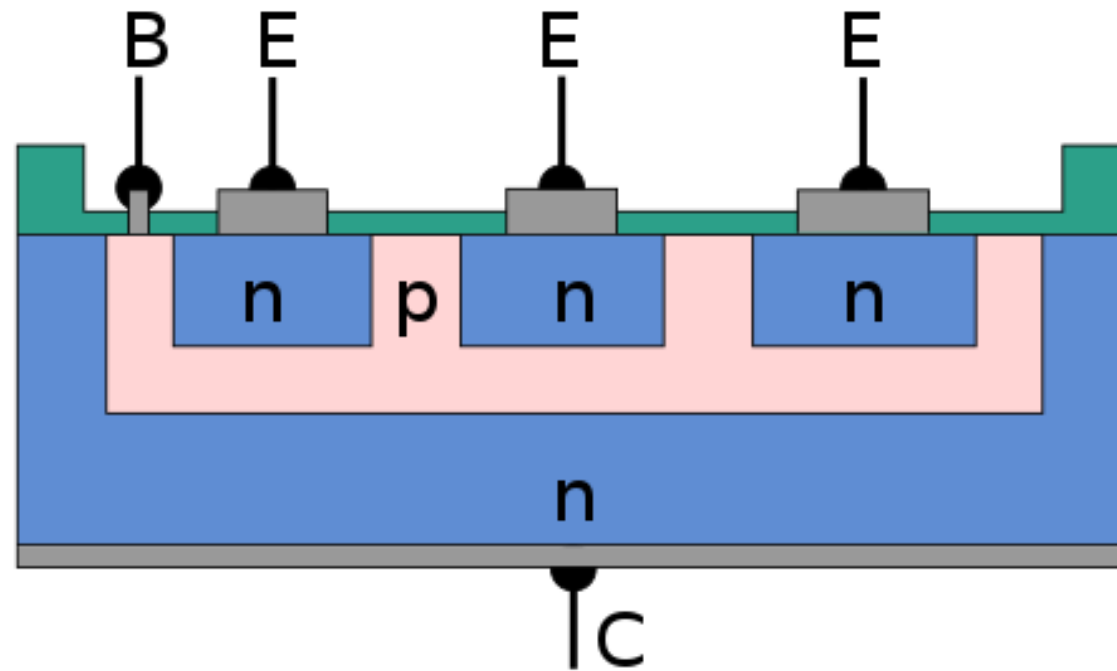


AND-Gatter (1)

- Verwendung von Multi-Emitter-Transistoren
- Sobald die Spannung zwischen mindestens einem Emitter und der Basis negativ ist, sperrt der Transistor



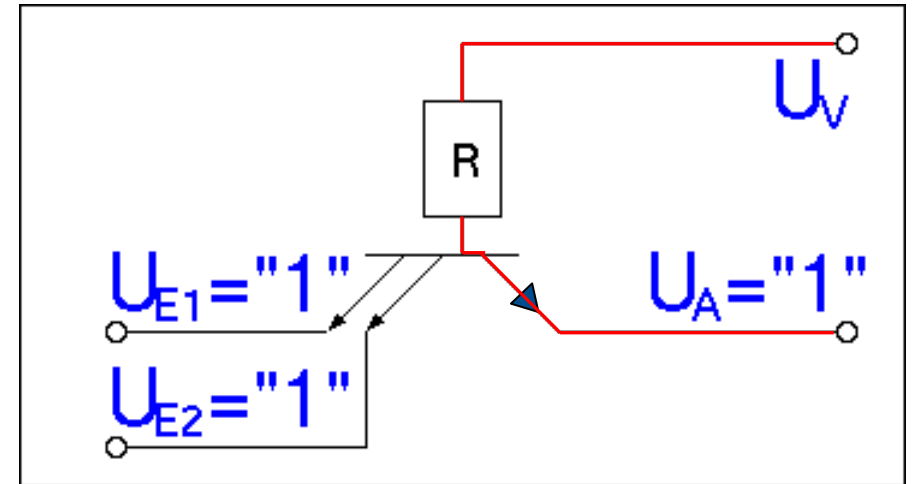
Exkurs: Multi-Emitter-Transistor



Ein einziger aktiver Emitter genügt, um den „Sprung“ in den n-dotierten Kollektorbereich zu schaffen

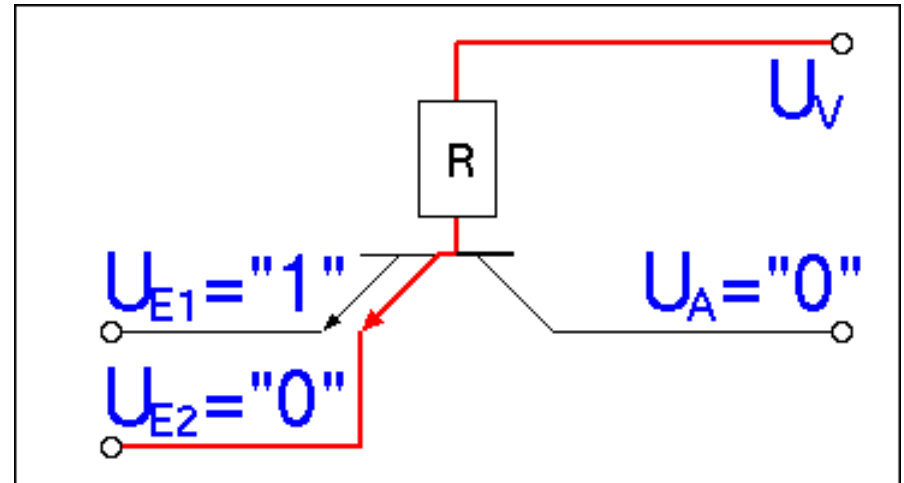
AND-Gatter (2)

- Beide Eingänge „1“ → Ausgangswert „1“
- Beide Eingänge liegen auf logisch „1“
- Die Spannung zwischen B und E ist 0
- U_A liegt auf logisch „1“



AND-Gatter (3)

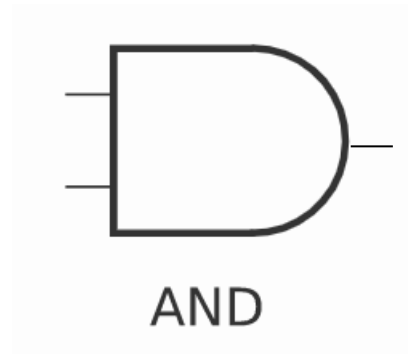
- Mindestens ein Eingang „0“ → Ausgangswert „0“
- Mind. ein Eingang liegt auf logisch „0“
- U_V liegt zwischen B und E an
- U_A wird auf logisch „0“ gezogen



AND-Gatter (4)

- Das dargestellte Gatter führt eine logische UND-Verknüpfung aus
- In der Praxis wird es aber nur als Eingangsstufe verwendet, eine nachgeschaltete invertierende Endstufe dient zur Leistungssteigerung

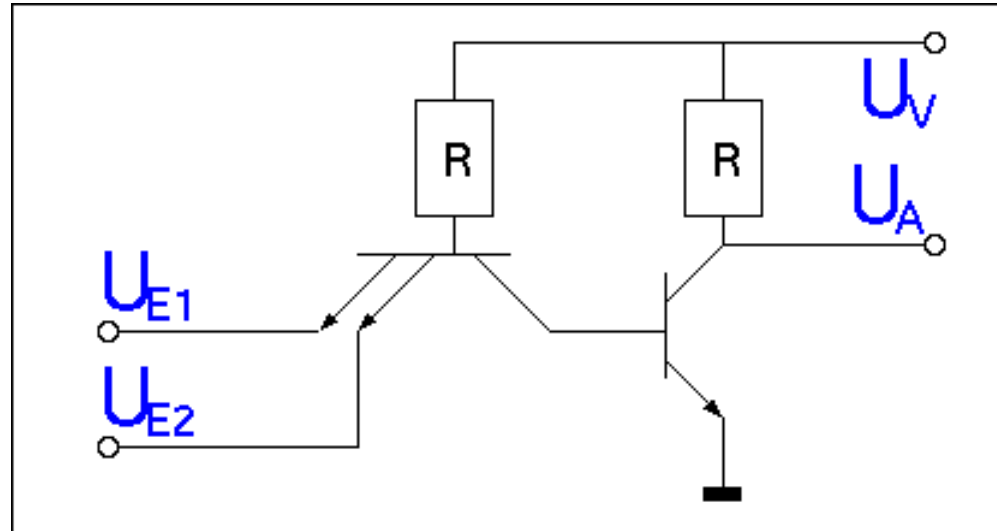
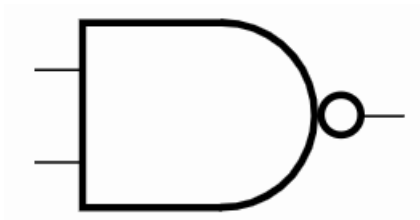
- **Schaltsymbol (MIL/ANSI):**



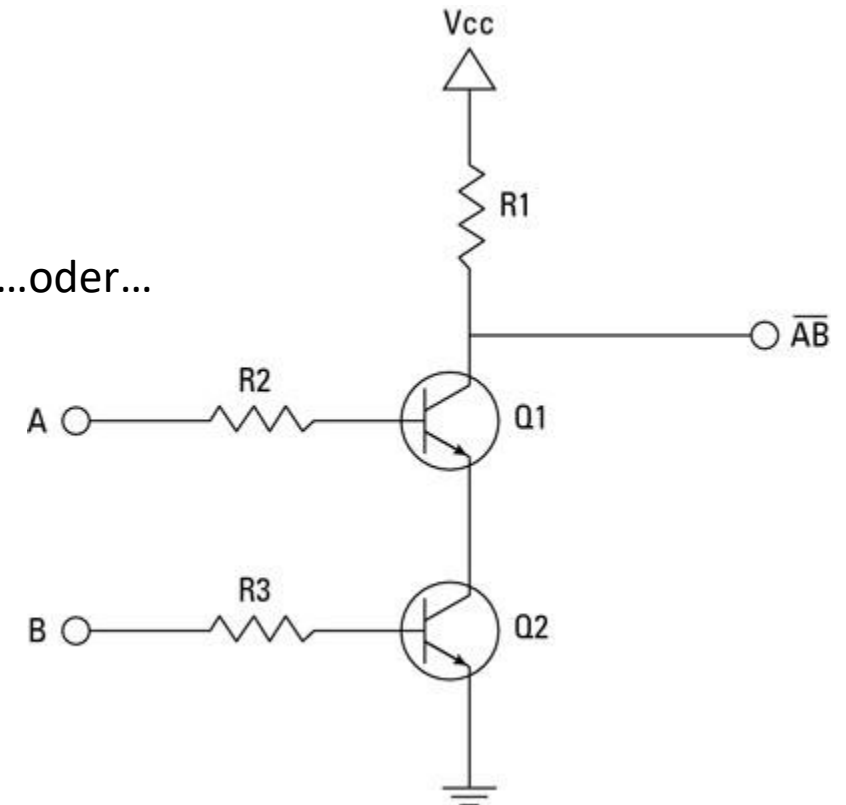
NAND-Gatter (1)

- Das NAND-Gatter besteht aus dem gezeigten AND-Gatter als Eingangsstufe und einem invertierenden Ausgang

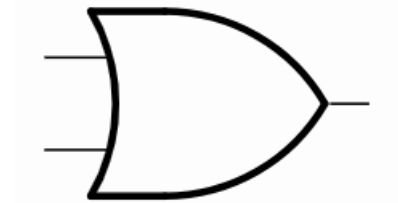
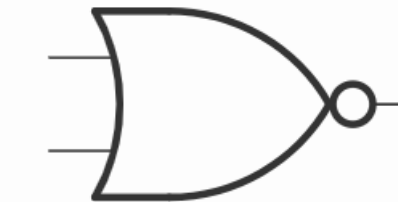
- Schaltsymbol:



...oder...

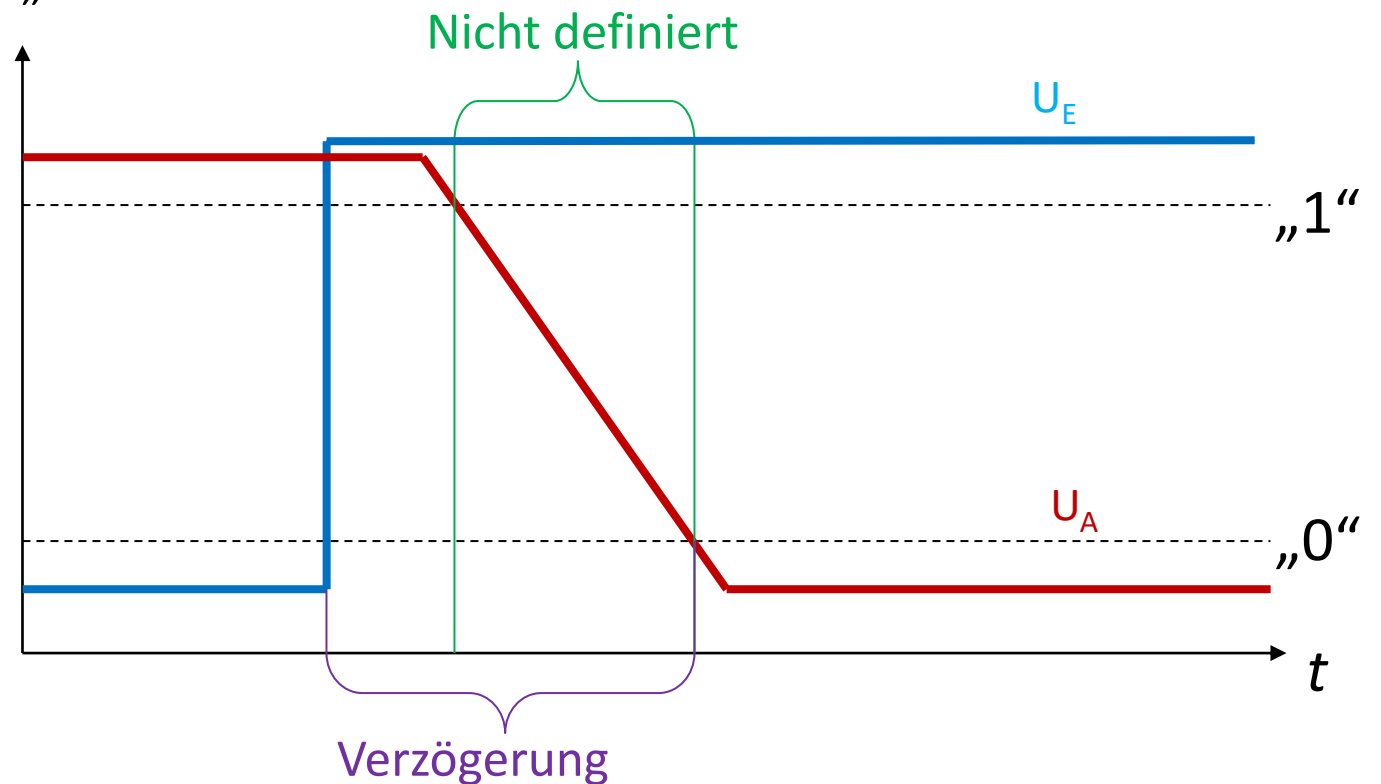


OR- und NOR-Gatter

Gatter	Schaltsymbol
OR	 The symbol for an OR gate, which is a semi-circular shape with two input lines on the left and one output line on the right.
NOR	 The symbol for a NOR gate, which is a semi-circular shape with two input lines on the left and one output line on the right, with a small circle (bubble) at the output.

Physikalische Eigenschaften (1)

- Kein Gatterausgang schaltet verzögerungsfrei
- Der Übergang des Ausgangs von logisch „0“ \rightarrow „1“ („1“ \rightarrow „0“) ist nicht unmittelbar
- Beispiel: NOT



Physikalische Eigenschaften (2)

- Parasitäre Induktivitäten und Kapazitäten müssen geladen / entladen werden
 - Höhere Frequenz -> Höhere Verluste
- Übersprechen von benachbarten Leitungen
- Bei Gigahertz-Taktraten:
 - Ausbreitungsgeschwindigkeit der Elektronen!
 $c = 300\,000\text{ km/s}$ im Vakuum
 $f = 3\text{ GHz}$
 1 Takt -> Licht kommt 30 cm weit...

