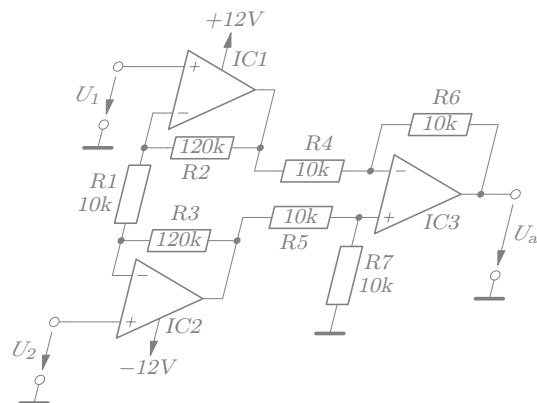


Dokumentation des Pakets circdia

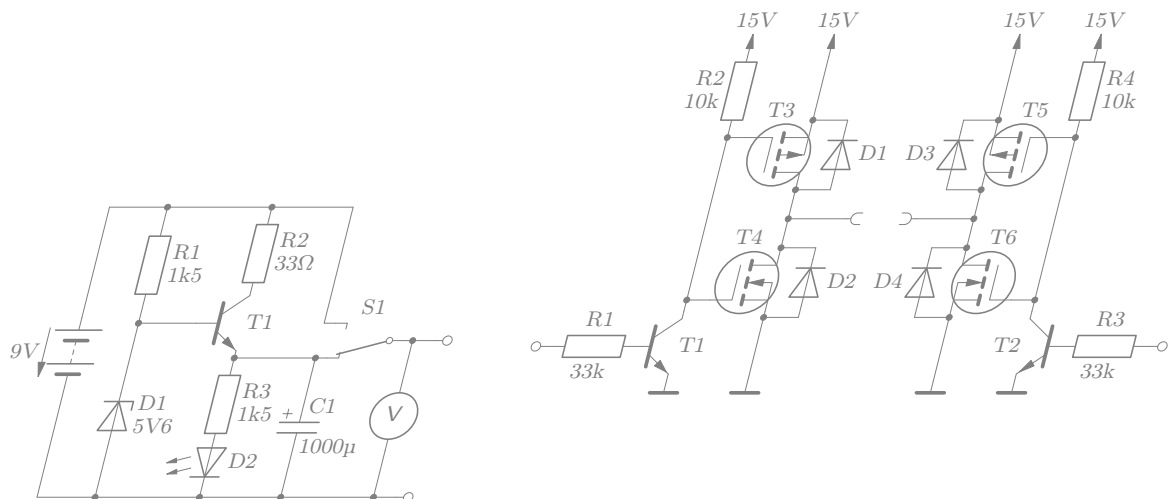
<http://www.taylorgruppe.de/circdia/>



Stefan Krause

<https://www.htwsaar.de/htw/ingwi/fakultaet/personen/profile/stefan-krause>

1. März 2021



Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	7
1.1	Die Umgebung <code>circuitdiagram</code>	8
1.2	Einige Befehle für Bauelemente	8
1.3	Einige Befehle für Leitungen und Anschlüsse	9
1.4	Paketooptionen	9
2	Bauelemente	11
2.1	Spannungen und Ströme	11
2.1.1	Spannungsquellen	11
2.1.2	Stromquellen	11
2.1.3	Andere Quellen	12
2.1.4	Messgeräte	15
2.2	Passive Bauelemente	15
2.2.1	Schalter	15
2.2.2	Relais	18
2.2.3	Widerstände	19
2.2.4	Kondensatoren	20
2.2.5	Spulen	20
2.3	Halbleiterbauelemente	22
2.3.1	Dioden	22
2.3.2	Diacs	24
2.3.3	Bipolartransistoren	26
2.3.4	MOSFETs	31
2.3.5	Sperrschicht-FETs	37
2.4	Integrierte Schaltungen	39
2.4.1	Operationsverstärker	39
2.4.2	Linear-ICs	39
2.4.3	Gatter	40
2.4.4	Decoder	47
2.4.5	Arithmetische Bausteine	51
2.4.6	Flipflops	52
2.4.7	TTL-ICs	56
2.5	Gekoppelte Bauelemente	61
2.5.1	Gekoppelte Schalter	61
2.5.2	Gekoppelte Relais und Schalter	62
2.5.3	Gekoppelte Widerstände, Kondensatoren und Spulen	63
2.5.4	Verzweigte Kopplungen	65
3	Verbindungen, Betriebsspannung und Pfeile	69
3.1	Drähte	69
3.2	Lötpunkte	69
3.3	Anschlusspins	70
3.4	Masse und Betriebsspannung	71
3.4.1	Masse-Symbole	71
3.4.2	Betriebsspannungssymbole	71
3.4.3	Andere Masse-Symbole	72

INHALTSVERZEICHNIS

3.4.4	Andere Betriebsspannungssymbole	74
3.5	Alleinstehende Spannungspfeile	75
3.6	Strompfeile	76
4	Zusätze zu den Bauelementen	79
4.1	Spannungen und Ströme	79
4.1.1	Stecker und Buchsen	79
4.1.2	Spannungspfeile	80
4.1.3	Signal-Symbole	80
4.1.4	Rauschen	82
4.1.5	Polarität	83
4.1.6	Messgeräte-Einheiten	83
4.2	Passive Bauelemente	84
4.2.1	Drucktaster	84
4.2.2	Schleifer	87
4.2.3	Kalt- und Heißeiter	88
4.2.4	Elektrolytkondensatoren	89
4.2.5	Windungen für Spulen	89
4.2.6	Wicklungssinn	91
4.2.7	Eisen- und Ferritkerne	91
4.2.8	Veränderbarkeit	94
4.2.9	Einstellbarkeit	99
4.2.10	Photoempfindlichkeit	102
4.3	Halbleiterbauelemente	103
4.3.1	Photoempfindlichkeit	103
4.3.2	Lichtaussendung	104
4.3.3	Zener-Dioden bzw. Z-Dioden	105
4.3.4	Schottky-Dioden und -Transistoren	105
4.3.5	Tunneldioden	106
4.3.6	Kapazitätsdioden	107
4.3.7	Thyristoren	108
4.3.8	Triacs	109
4.3.9	Multi-Emitter-Transistoren	109
4.4	Integrierte Schaltungen	111
4.4.1	Versorgungsspannung	111
4.4.2	Operationsverstärker-Text	111
4.4.3	Eingänge für Gatter	112
4.4.4	Schmitt-Trigger-Kennzeichnung	113
4.4.5	Open-Collector-Kennzeichnung	114
4.4.6	Tristate-Ausgänge	116
4.4.7	Invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge	118
4.4.8	Takteingänge für Flipflops	119
4.4.9	Setzen-/Löschen-Eingänge für Flipflops	120
4.4.10	Pinnummern	121
4.5	Allgemeines	123
4.5.1	Verlängerte Zuleitungen	123
4.5.2	Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren	125

5	Referenzen und Bauelementwerte	129
5.1	Horizontale Platzierung	129
5.2	Vertikale Platzierung	129
5.3	Transistor-Platzierung nach links	130
5.4	Transistor-Platzierung nach rechts	130
5.5	Transistor-Platzierung nach oben	130
5.6	Transistor-Platzierung nach unten	131
5.7	Automatische Nummerierung	131
6	Weitere Befehle und Zusatzpakete	133
6.1	Einige interne Befehle	133
6.2	Die Paketoption <code>block</code>	133
6.2.1	Übertragungsfunktionen	133
6.3	Die Paketoption <code>color</code>	133
6.4	Die Paketoption <code>diag</code>	133
6.5	Die Paketoption <code>graph</code>	133
6.6	Die Paketoption <code>mech</code>	134
A	Schnellübersicht	135
A.1	Spannungen und Ströme	135
A.1.1	Leitungen und Anschlüsse	135
A.1.2	Masse, Betriebsspannung und Pfeile	135
A.1.3	Standard-Quellen	136
A.1.4	Andere Quellen	136
A.1.5	Messgeräte	137
A.2	Passive Bauelemente	137
A.2.1	Schalter und Relais	137
A.2.2	Widerstände	138
A.2.3	Kondensatoren	138
A.2.4	Spulen	139
A.3	Halbleiterbauelemente	139
A.3.1	Dioden und Thyristoren	139
A.3.2	Diacs und Triacs	140
A.3.3	Bipolartransistoren	140
A.3.4	Feldeffekttransistoren	140
A.4	Integrierte Schaltungen	141
A.4.1	Linear-ICs	141
A.4.2	Gatter	142
A.4.3	Decoder	143
A.4.4	Arithmetische Bausteine	144
A.4.5	Flipflops	145
A.5	Sonstiges	146
A.5.1	Diagonale Formen	146
A.5.2	Mechanische Symbole	147
	Abbildungsverzeichnis	149

1 Grundlagen

Das Paket `circuitdia` dient zum Zeichnen von Schaltplänen. Der Schaltplan wird in einer Umgebung gezeichnet, die intern als `tikzpicture`-Umgebung des Pakets `tikz` realisiert ist. Daher können, falls nötig, auch sämtliche in der `tikzpicture`-Umgebung gültigen Befehle benutzt werden. Ansonsten definiert das Paket Befehle für die verschiedenen Bauelementsymbole, z. B. Widerstand, Transistor oder Gatter. Die Argumentliste für all diese Befehle ist durchgehend fast identisch und enthält immer die Koordinaten, die Orientierung und die Beschriftung.

Wir geben zunächst ein Beispiel, um die allgemeine Funktionsweise des Pakets zu erläutern. In den folgenden Abschnitten werden alle Befehle noch einmal ausführlich beschrieben. Hier nun zunächst der Quelltext für Abb. 1.1:

```
\begin{circuitdiagram}{37}{24}
  \pin{1}{10}{L}{}
  \wire{2}{10}{3}{10}
  \capac{4}{10}{Huu}{C1}{1n}
  \wire{5}{10}{9}{10}
  \junct{7}{10}
  \wire{7}{10}{7}{8}
  \resis{7}{5}{V}{R1}{270k}
  \wire{7}{2}{7}{1}
  \ground{7}{0}{D}
  \resis{12}{10}{Hu}{R2}{33k}
  \wire{15}{10}{19}{10}
  \junct{17}{10}
  \wire{17}{10}{17}{7}
  \diode{17}{5}{U1}{D1}{}
  \wire{17}{3}{17}{1}
  \ground{17}{0}{D}
  \trans{npn}{22}{10}{R}{T1}{}
  \wire{23}{7}{23}{1}
  \ground{23}{0}{D}
  \wire{23}{13}{23}{15}
  \resis{23}{18}{V1}{R3}{1k}
  \wire{23}{21}{23}{22}
  \power{23}{23}{U}{}
  \junct{23}{13}
  \wire{23}{13}{26}{13}
  \junct{26}{13}
  \wire{26}{15}{26}{11}
  \wire{26}{15}{27}{15}
  \wire{26}{11}{27}{11}
  \gate[\schmitt]{nand}{30}{13}{R}{}{}
  \wire{34}{13}{35}{13}
  \pin{36}{13}{R}{}
\end{circuitdiagram}
```

Damit der Befehl `\gate` im Quelltext funktioniert, muss das Paket `circuitdia` mit der Option `digital` eingebunden werden. Der Quelltext des Schaltplans kann noch vereinfacht werden,

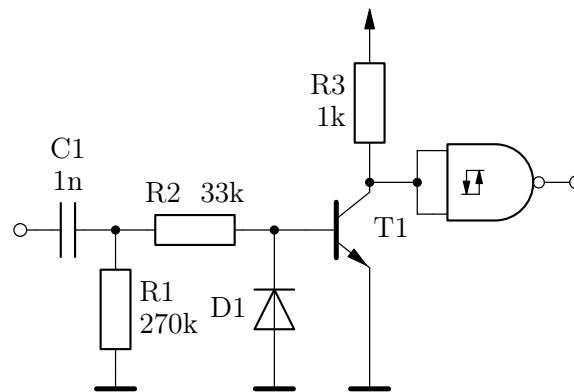


Abbildung 1.1: Das erste Beispiel

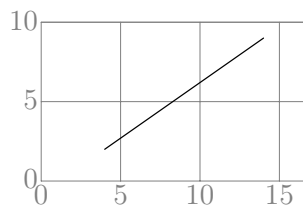
indem einige Drahtbefehle in die Bauelemente integriert werden, aber dazu später mehr.

1.1 Die Umgebung `circuitdiagram`

Die Umgebung `circuitdiagram` umfasst den Schaltplan. Sie benötigt zwei zwingende Argumente, nämlich die Breite und die Höhe in Rastereinheiten. Beim Standardschriftgrad von 11 pt beträgt diese Rastereinheit genau 2,1 mm, bei anderen Schriftgraden, oder wenn gerade `\small`, `\Large` o.ä. aktiv ist, skaliert der ganze Schaltplan mit der Maßeinheit ex, also mit der Höhe des „x“ in der aktuellen Schrift.

Die Umgebung besitzt noch ein optionales Argument. Ist es `draft`, so wird der Schaltplan mit einem grauen Koordinatensystem hinterlegt, wie in Abb. 1.2 zu sehen ist:

```
\begin{circuitdiagram}[draft]{17}{10}
  \wire{4}{2}{14}{9}
\end{circuitdiagram}
```

Abbildung 1.2: Die Umgebungsoption `draft`

Dies hilft bei der Erstellung, weil die Koordinaten für die zu platzierenden Bauelemente und Drähte leichter abgelesen werden können. Die Variante `draft*` zeichnet das Netz mit der Gitterweite 1 statt 5, falls man es genauer als mit `draft` benötigt.

1.2 Einige Befehle für Bauelemente

Der Befehl `\resis` zeichnet einen Widerstand. Er besitzt fünf Argumente, die typisch für alle Bauelementbefehle sind. Die ersten beiden beschreiben die x- und y-Koordinate des Mittelpunkts des Bauelements. Das dritte Argument gibt die Orientierung an, und zwar `H` für horizontal und `V` für vertikal. An Position vier und fünf stehen die Referenz (z. B. `R1`) und der Bauelementwert (z. B. `33k`); beide können natürlich leer bleiben.

1.3 EINIGE BEFEHLE FÜR LEITUNGEN UND ANSCHLÜSSE

Der Befehl `\diode` zeichnet eine Diode. Da es bei ihr auf die Richtung ankommt, wäre eine Angabe wie vertikal nicht ausreichend. Bei solchen Bauelementen tritt an die Stelle von H entweder L oder R und an V entweder U oder D. Diese großen Buchstaben beschreiben die Orientierung des Bauelements; kleine Buchstaben hingegen beeinflussen die Position der Beschriftung. Bei der Diode steht das 1 dafür, dass die Referenz links von ihr platziert wird.

Die Befehle `\trans` und `\gate` besitzen vor der x-Koordinate ein weiteres zwingendes Argument, nämlich eine Typangabe. Hier sind es `nnp` für einen npn-Transistor bzw. `nand` für ein NAND-Gatter. Zusätzlich wurde dem Gatter mit `\schmitt` ein Schmitt-Trigger-Symbol hinzugefügt. Dieser Befehl steht im optionalen Argument ganz vorne. Alle Bauelementbefehle besitzen dieses optionale Argument, um Zusätze zu den Symbolen zu definieren. Dadurch entstehen beispielsweise Zener-Dioden, Photowiderstände oder Drehkondensatoren.

1.3 Einige Befehle für Leitungen und Anschlüsse

Der Befehl `\wire` zeichnet einen Draht; die ersten beiden Argumente sind die x- und y-Koordinate des Startpunkts, die folgenden beiden die des Endpunkts. Mit dem Befehl `\junct` wird ein Lötunkt an einer Stelle erzeugt.

Der Befehl `\pin` zeichnet kreisförmige Anschlusspins, die auch benannt werden können; hier entfällt das letzte Argument, weil es keinen Bauelementwert gibt. Der Befehl `\ground` erzeugt ein Masse-Symbol. Mit `\power` wird eine Pfeilspitze als Betriebsspannung gezeichnet, die einen Bauelementwert, aber keine Referenz bekommen kann. Hier entfällt also das vorletzte Argument.

1.4 Paketoptionen

Das Paket besitzt einige Optionen. Die folgenden Paketoptionen legen das Verhalten des Pakets fest:

- `normalinduc`, `curlyinduc` und `filledinduc`: Die erste Option stellt ein, dass Spulen mit halbkreisförmigen Windungen, die zweite, dass die Windungen als Schlaufen (also überkreuzend), und die dritte, dass die Spulen als ausgefüllte Rechtecke gezeichnet werden. Der Standard ist `normalinduc`.

Zusätzlich gibt es die Befehle `\normalinduc`, `\curlyinduc` und `\filledinduc`, um das Aussehen der Spulen einzustellen. Diese Befehle können beliebig oft benutzt werden.

- `lineddiode`, `emptydiode` und `filleddiode`: Die erste Option stellt ein, dass Dioden mit durchgehendem Strich gezeichnet werden, die zweite, dass dieser Strich nicht gezeichnet wird, und die dritte, dass die Diode ausgefüllt wird. Der Standard ist `lineddiode`.

Zusätzlich gibt es die Befehle `\lineddiode`, `\emptydiode` und `\filleddiode`, um das Aussehen der Dioden einzustellen. Diese Befehle können beliebig oft benutzt werden.

- `nocircledtrans` und `circledtrans`: Die zweite Option stellt ein, dass Transistoren mit Kreis gezeichnet werden, die erste, dass diese Kreise nicht gezeichnet werden. Der Standard ist `nocircledtrans`.

Zusätzlich gibt es die Befehle `\nocircledtrans` und `\circledtrans`, um das Aussehen der Transistoren einzustellen. Diese Befehle können beliebig oft benutzt werden.

1 GRUNDLAGEN

- **usgate** und **eugate**: Die erste Option stellt ein, dass die Gatter nach US-amerikanischer Norm gezeichnet werden, die zweite, dass sie nach europäischer Norm gezeichnet werden. Der Standard ist **usgate**.

Zusätzlich gibt es die Befehle `\usgate` und `\eugate`, um das Aussehen der Gatter einzustellen. Diese Befehle können beliebig oft benutzt werden.

Die folgenden Paketoptionen binden Zusatzpakete ein und erweitern so die Funktionalität:

- **autoref**: Hiermit können die Referenzen der Bauelemente von einer automatischen Nummerierung erzeugt werden. Mehr dazu in Abschn. 5.7.
- **color**: Hiermit können farbige Widerstandsringe und andere Dinge farbig gezeichnet werden können.
- **control**: Hiermit können Signalflusspläne aus der Regelungstechnik gezeichnet werden.
- **diag**: Hiermit können diagonale Bauelemente in Brücken sowie Stern- und Dreieckschaltungen gezeichnet werden. Das Zusatzpaket befindet sich aktuell aber noch in der beta-Phase.
- **digital**: Hiermit können Digitalbausteine wie Gatter, Decoder und Flipflops gezeichnet werden.
- **graph**: Hiermit können Graphen wie Bode-Diagramme, Ortskurven oder andere Kennlinien gezeichnet werden.
- **ic**: Hiermit können ICs durch Angabe ihres Typs gezeichnet sowie Pinnummern hinzugefügt werden.
- **mech**: Hiermit können mechanische Objekte wie Drähte und Bemaßungen gezeichnet werden.
- **passive**: Hiermit können weitere passive Bauelemente (Widerstände, Kondensatoren, Spulen) gezeichnet werden.
- **semicon**: Hiermit können weitere Halbleiterbauelemente (Dioden, Diacs, Transistoren) gezeichnet werden.
- **srcmeas**: Hiermit können weitere Quellen und Messinstrumente gezeichnet werden.
- **switch**: Hiermit können weitere Schalter und Relais gezeichnet werden.

2 Bauelemente

In der Orientierung der Bauelemente stehen grundsätzlich H für „horizontal“, L für „left“, R für „right“, V für „vertical“, U für „up“ und D für „down“.

2.1 Spannungen und Ströme

2.1.1 Spannungsquellen

Der Befehl `\voltsrc` zeichnet eine Spannungsquelle und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Spannungsquellen sind in Abb. 2.1 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{69}{10}
\voltsrc{3}{6}{H}{U1}{5 V}
\voltsrc{11}{6}{Hu}{U2}{5 V}
\voltsrc{19}{6}{Hdd}{U3}{5 V}
\voltsrc{27}{6}{Hr}{U4}{5 V}
\voltsrc{36}{6}{V}{U5}{5 V}
\voltsrc{48}{6}{Vlr}{U6}{5 V}
\voltsrc{59}{6}{Vhl}{U7}{5 V}
\voltsrc{66}{6}{Vd}{U8}{5 V}
\end{circuitdiagram}
```

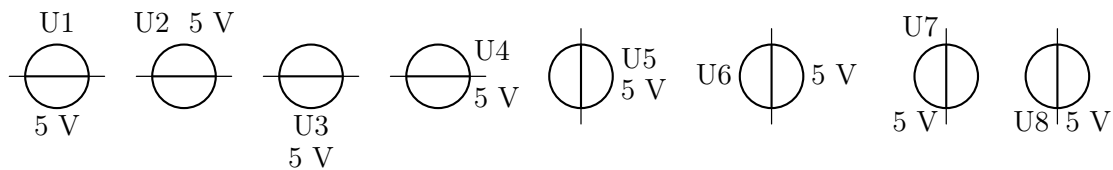


Abbildung 2.1: Spannungsquellen

Siehe auch: 2.1.2 (Stromquellen), 2.1.3 (andere Quellen), 3.4.1 (Masse-Symbole), 3.4.2 (Betriebsspannungssymbole), 3.5 (alleinstehende Spannungspfeile), 4.1.2 (Spannungspfeile), 4.1.4 (Rauschen), 4.1.5 (Polarität), 4.2.8 (Veränderbarkeit), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.1 (horizontale Platzierung), 5.2 (vertikale Platzierung).

2.1.2 Stromquellen

Der Befehl `\currsrc` zeichnet eine Stromquelle und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Stromquellen sind in Abb. 2.2 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{69}{10}
\currsrc{3}{6}{H}{I1}{1 A}
\currsrc{11}{6}{Hu}{I2}{1 A}
\currsrc{19}{6}{Hdd}{I3}{1 A}
\currsrc{27}{6}{Hr}{I4}{1 A}
\currsrc{36}{6}{V}{I5}{1 A}
\currsrc{48}{6}{Vlr}{I6}{1 A}
\currsrc{59}{6}{Vhl}{I7}{1 A}
\end{circuitdiagram}
```

2 BAUELEMENTE

```
\currsrc{66}{6}{Vd}{I8}{1 A}
\end{circuitdiagram}
```

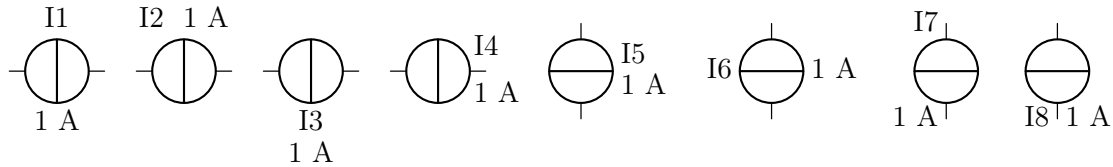


Abbildung 2.2: Stromquellen

Siehe auch: [2.1.1](#) (Spannungsquellen), [2.1.3](#) (andere Quellen), [3.6](#) (Strompfeile), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.1.4](#) (Rauschen), [4.1.5](#) (Polarität), [4.2.8](#) (Veränderbarkeit), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

2.1.3 Andere Quellen

Der Befehl `\othersrc` (bereitgestellt von der Paketooption `srcmeas`) zeichnet ein anderes Quellsymbol und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`oo`, `batt` usw.), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige andere Quellsymbole sind in Abb. [2.3](#) bis [2.5](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{28}
  \othersrc{batt}{3}{24}{L}{U1}{5 V}
  \othersrc{batt}{11}{24}{Lr}{U2}{5 V}
  \othersrc{batt}{22}{24}{R}{U3}{5 V}
  \othersrc{batt}{30}{24}{Rr}{U4}{5 V}
  \othersrc{batt}{40}{24}{U}{U5}{5 V}
  \othersrc{batt}{51}{24}{Ud}{U6}{5 V}
  \othersrc{batt}{59}{24}{D}{U7}{5 V}
  \othersrc{batt}{70}{24}{Dd}{U8}{5 V}
  \othersrc{batt2}{3}{14}{L}{U9}{5 V}
  \othersrc{batt2}{11}{14}{Lr}{U10}{5 V}
  \othersrc{batt2}{22}{14}{R}{U11}{5 V}
  \othersrc{batt2}{30}{14}{Rr}{U12}{5 V}
  \othersrc{batt2}{40}{14}{U}{U13}{5 V}
  \othersrc{batt2}{51}{14}{Ud}{U14}{5 V}
  \othersrc{batt2}{59}{14}{D}{U15}{5 V}
  \othersrc{batt2}{70}{14}{Dd}{U16}{5 V}
  \othersrc{battn}{3}{4}{L}{U17}{5 V}
  \othersrc{battn}{11}{4}{Lr}{U18}{5 V}
  \othersrc{battn}{22}{4}{R}{U19}{5 V}
  \othersrc{battn}{30}{4}{Rr}{U20}{5 V}
  \othersrc{battn}{40}{4}{U}{U21}{5 V}
  \othersrc{battn}{51}{4}{Ud}{U22}{5 V}
  \othersrc{battn}{59}{4}{D}{U23}{5 V}
  \othersrc{battn}{70}{4}{Dd}{U24}{5 V}
\end{circuitdiagram}
```

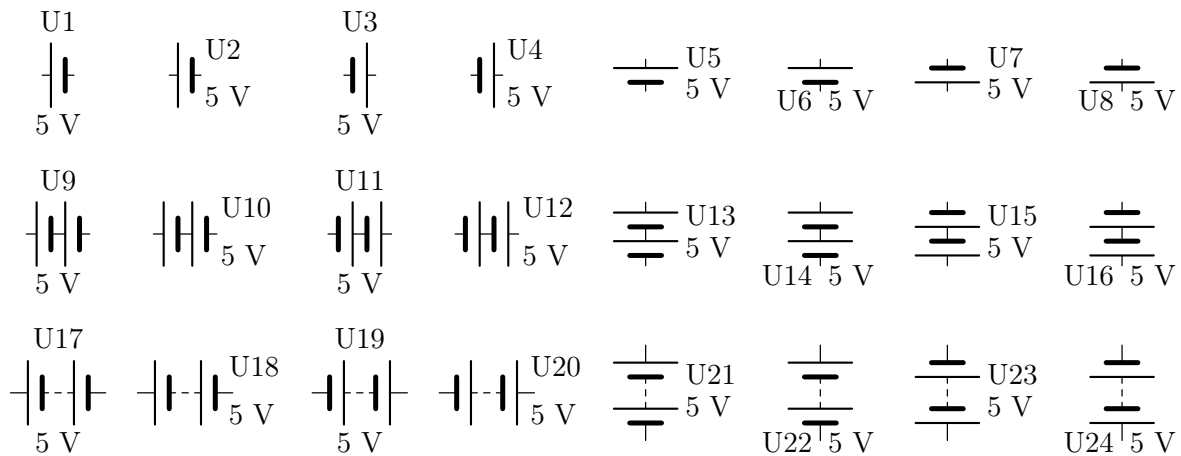


Abbildung 2.3: Andere Quellen (1/3)

```

\begin{circuitdiagram}{69}{21}
\othersrc{+}{3}{17}{L}{U1}{5 V}
\othersrc{+}{11}{17}{Lu}{U2}{5 V}
\othersrc{+}{19}{17}{Rdd}{U3}{5 V}
\othersrc{+}{27}{17}{Rr}{U4}{5 V}
\othersrc{+}{36}{17}{U}{U5}{5 V}
\othersrc{+}{48}{17}{Ulr}{U6}{5 V}
\othersrc{+}{59}{17}{Dhl}{U7}{5 V}
\othersrc{+}{66}{17}{Dd}{U8}{5 V}
\othersrc{->}{3}{6}{L}{I1}{1 A}
\othersrc{->}{11}{6}{Lu}{I2}{1 A}
\othersrc{->}{19}{6}{Rdd}{I3}{1 A}
\othersrc{->}{27}{6}{Rr}{I4}{1 A}
\othersrc{->}{36}{6}{U}{I5}{1 A}
\othersrc{->}{48}{6}{Ulr}{I6}{1 A}
\othersrc{->}{59}{6}{Dhl}{I7}{1 A}
\othersrc{->}{66}{6}{Dd}{I8}{1 A}
\end{circuitdiagram}

```

```

\begin{circuitdiagram}{69}{32}
\othersrc{o}{3}{28}{H}{U1}{5 V}
\othersrc{o}{11}{28}{Hu}{I1}{1 A}
\othersrc{o}{19}{28}{Hdd}{U2}{5 V}
\othersrc{o}{27}{28}{Hr}{I2}{1 A}
\othersrc{o}{36}{28}{V}{U3}{5 V}
\othersrc{o}{48}{28}{Vlr}{I3}{1 A}
\othersrc{o}{59}{28}{Vhl}{U4}{5 V}
\othersrc{o}{66}{28}{Vd}{I4}{1 A}
\othersrc{oo}{3}{17}{H}{I5}{1 A}
\othersrc{oo}{11}{17}{Hu}{I6}{1 A}

```

2 BAUELEMENTE

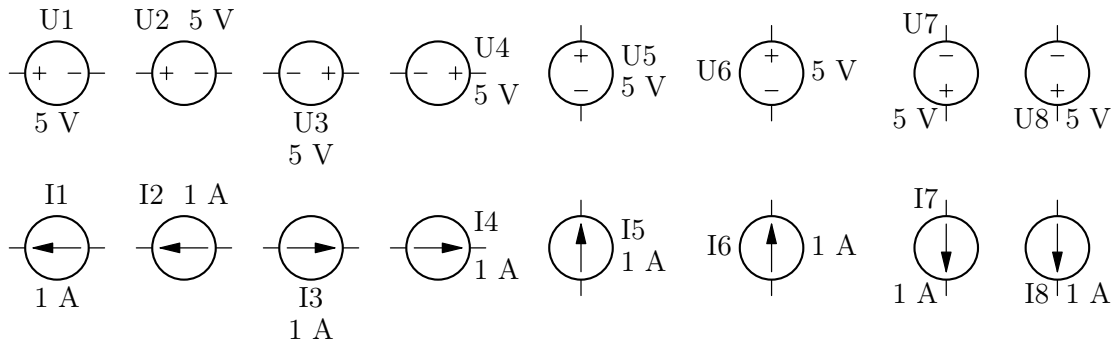


Abbildung 2.4: Andere Quellen (2/3)

```

\othersrc{oo}{19}{17}{Hdd}{I7}{1 A}
\othersrc{oo}{27}{17}{Hr}{I8}{1 A}
\othersrc{oo}{36}{17}{V}{I9}{1 A}
\othersrc{oo}{48}{17}{Vlr}{I10}{1 A}
\othersrc{oo}{59}{17}{Vhl}{I11}{1 A}
\othersrc{oo}{66}{17}{Vd}{I12}{1 A}
\othersrc{()}{3}{6}{H}{I13}{1 A}
\othersrc{()}{11}{6}{Hu}{I14}{1 A}
\othersrc{()}{19}{6}{Hdd}{I15}{1 A}
\othersrc{()}{27}{6}{Hr}{I16}{1 A}
\othersrc{()}{36}{6}{V}{I17}{1 A}
\othersrc{()}{48}{6}{Vlr}{I18}{1 A}
\othersrc{()}{59}{6}{Vhl}{I19}{1 A}
\othersrc{()}{66}{6}{Vd}{I20}{1 A}
\end{circuitdiagram}

```

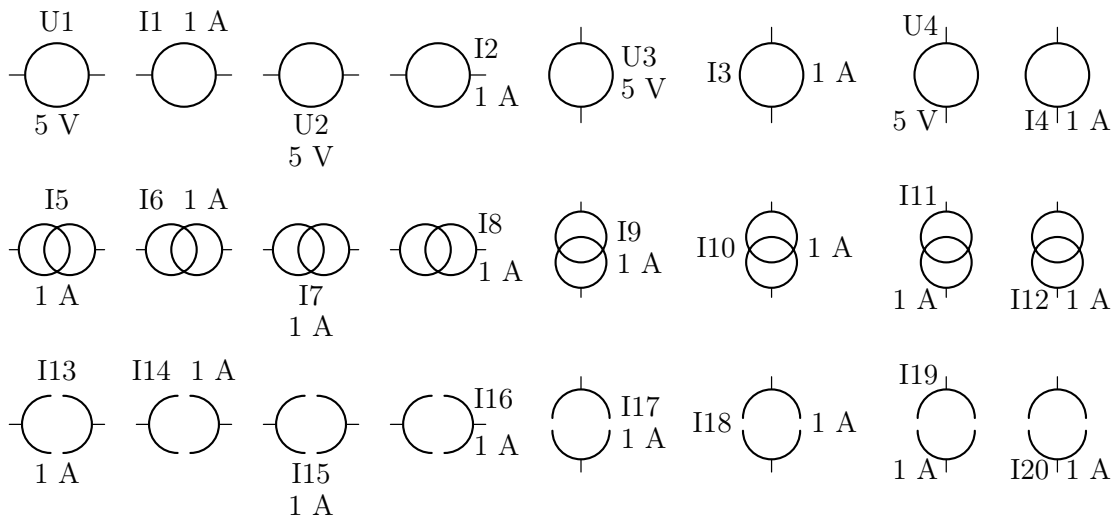


Abbildung 2.5: Andere Quellen (3/3)

Siehe auch: [2.1.1](#) (Spannungsquellen), [2.1.2](#) (Stromquellen), [3.4.3](#) (andere Masse-Symbole), [3.4.4](#) (andere Betriebsspannungssymbole), [3.5](#) (alleinstehende Spannungspfeile), [3.6](#) (Strom-

pfeile), 4.1.2 (Spannungspfeile), 4.1.3 (Signal-Symbole), 4.1.4 (Rauschen), 4.1.5 (Polarität), 4.2.8 (Veränderbarkeit), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.1 (horizontale Platzierung), 5.2 (vertikale Platzierung).

2.1.4 Messgeräte

Der Befehl `\measdev` (bereitgestellt von der Paketoption `srcmeas`) zeichnet ein Messgerät und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Messgeräte sind in Abb. 2.6 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{69}{10}
\measdev{3}{6}{H}{M1}{abc}
\measdev{11}{6}{Hu}{M2}{abc}
\measdev{19}{6}{Hdd}{M3}{abc}
\measdev{27}{6}{Hr}{M4}{abc}
\measdev{36}{6}{V}{M5}{abc}
\measdev{48}{6}{Vlr}{M6}{abc}
\measdev{59}{6}{Vh1}{M7}{abc}
\measdev{66}{6}{Vd}{M8}{abc}
\end{circuitdiagram}
```

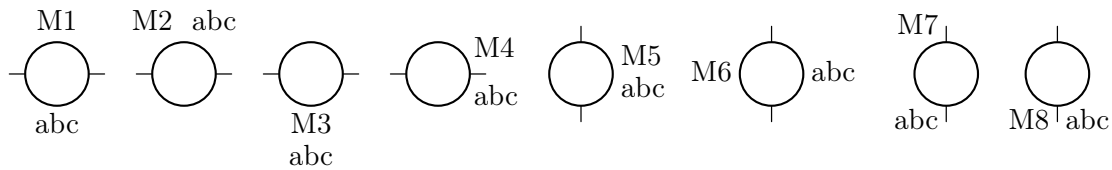


Abbildung 2.6: Messgeräte

Siehe auch: 3.6 (Strompfeile), 4.1.2 (Spannungspfeile), 4.1.5 (Polarität), 4.1.6 (Messgeräte-Einheiten), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.1 (horizontale Platzierung), 5.2 (vertikale Platzierung).

2.2 Passive Bauelemente

2.2.1 Schalter

Der Befehl `\switch` zeichnet einen Schalter und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`off`, `ontouch`, `tog*` usw.), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige Ein/Aus-Schalter sind in Abb. 2.7 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{70}{32}
\switch{off}{3}{28}{L}{S1}{abc}
\switch{off}{11}{28}{LD}{S2}{abc}
\switch{offline}{19}{28}{L}{S3}{abc}
\switch{offline}{27}{28}{LD}{S4}{abc}
\switch{on}{35}{28}{L}{S5}{abc}
\switch{ontouch}{43}{28}{L}{S6}{abc}
\switch{ontouch}{51}{28}{LD}{S7}{abc}
\switch{online}{59}{28}{L}{S8}{abc}
\switch{online}{67}{28}{LD}{S9}{abc}
\end{circuitdiagram}
```

2 BAUELEMENTE

```

\switch{off}{3}{20}{R}{S10}{abc}
\switch{off}{11}{20}{RD}{S11}{abc}
\switch{offline}{19}{20}{R}{S12}{abc}
\switch{offline}{27}{20}{RD}{S13}{abc}
\switch{on}{35}{20}{R}{S14}{abc}
\switch{ontouch}{43}{20}{R}{S15}{abc}
\switch{ontouch}{51}{20}{RD}{S16}{abc}
\switch{online}{59}{20}{R}{S17}{abc}
\switch{online}{67}{20}{RD}{S18}{abc}
\switch{off}{2}{11}{U}{S19}{abc}
\switch{off}{9}{11}{UR}{S20}{abc}
\switch{offline}{18}{11}{U}{S21}{abc}
\switch{offline}{25}{11}{UR}{S22}{abc}
\switch{on}{34}{11}{U}{S23}{abc}
\switch{ontouch}{42}{11}{U}{S24}{abc}
\switch{ontouch}{50}{11}{UR}{S25}{abc}
\switch{online}{58}{11}{U}{S26}{abc}
\switch{online}{66}{11}{UR}{S27}{abc}
\switch{off}{2}{3}{D}{S28}{abc}
\switch{off}{9}{3}{DR}{S29}{abc}
\switch{offline}{18}{3}{D}{S30}{abc}
\switch{offline}{25}{3}{DR}{S31}{abc}
\switch{on}{34}{3}{D}{S32}{abc}
\switch{ontouch}{42}{3}{D}{S33}{abc}
\switch{ontouch}{50}{3}{DR}{S34}{abc}
\switch{online}{58}{3}{D}{S35}{abc}
\switch{online}{66}{3}{DR}{S36}{abc}
\end{circuitdiagram}

```

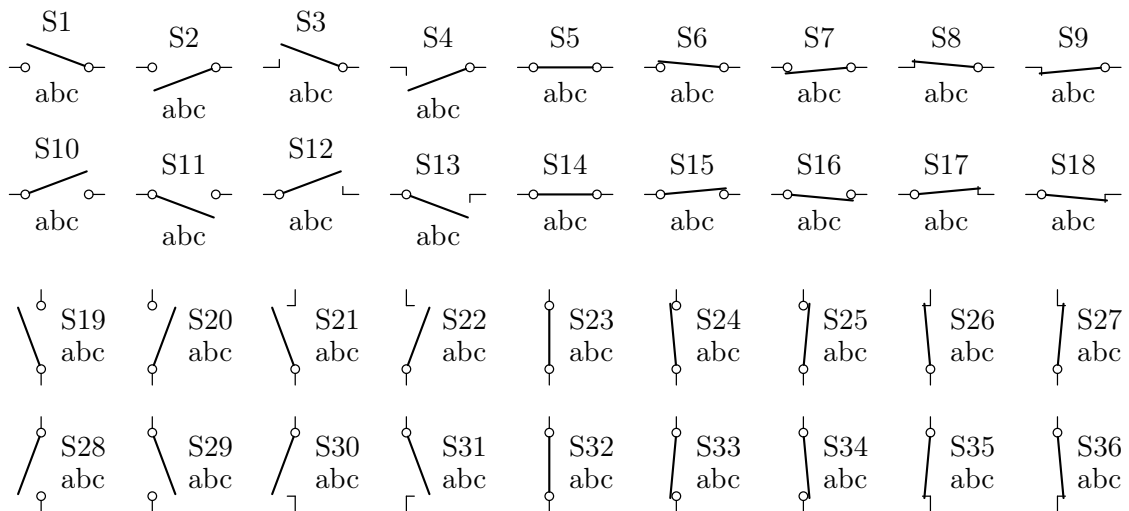


Abbildung 2.7: Ein/Aus-Schalter

Einige horizontale Wechselschalter sind in Abb. 2.8 dargestellt:


```

\begin{circuitdiagram}{62}{26}
  \switch{tog}{3}{22}{L}{S1}{abc}
  \switch{tog}{11}{22}{LD}{S2}{abc}
  \switch{tog}{19}{22}{R}{S3}{abc}
  \switch{tog}{27}{22}{RD}{S4}{abc}
  \switch{tog*}{35}{22}{L}{S5}{abc}
  \switch{tog*}{43}{22}{LD}{S6}{abc}
  \switch{tog*}{51}{22}{R}{S7}{abc}
  \switch{tog*}{59}{22}{RD}{S8}{abc}
  \switch{togtouch}{3}{13}{L}{S9}{abc}
  \switch{togtouch}{11}{13}{LD}{S10}{abc}
  \switch{togtouch}{19}{13}{R}{S11}{abc}
  \switch{togtouch}{27}{13}{RD}{S12}{abc}
  \switch{togtouch*}{35}{13}{L}{S13}{abc}
  \switch{togtouch*}{43}{13}{LD}{S14}{abc}
  \switch{togtouch*}{51}{13}{R}{S15}{abc}
  \switch{togtouch*}{59}{13}{RD}{S16}{abc}
  \switch{togline}{3}{4}{L}{S17}{abc}
  \switch{togline}{11}{4}{LD}{S18}{abc}
  \switch{togline}{19}{4}{R}{S19}{abc}
  \switch{togline}{27}{4}{RD}{S20}{abc}
  \switch{togline*}{35}{4}{L}{S21}{abc}
  \switch{togline*}{43}{4}{LD}{S22}{abc}
  \switch{togline*}{51}{4}{R}{S23}{abc}
  \switch{togline*}{59}{4}{RD}{S24}{abc}
\end{circuitdiagram}

```

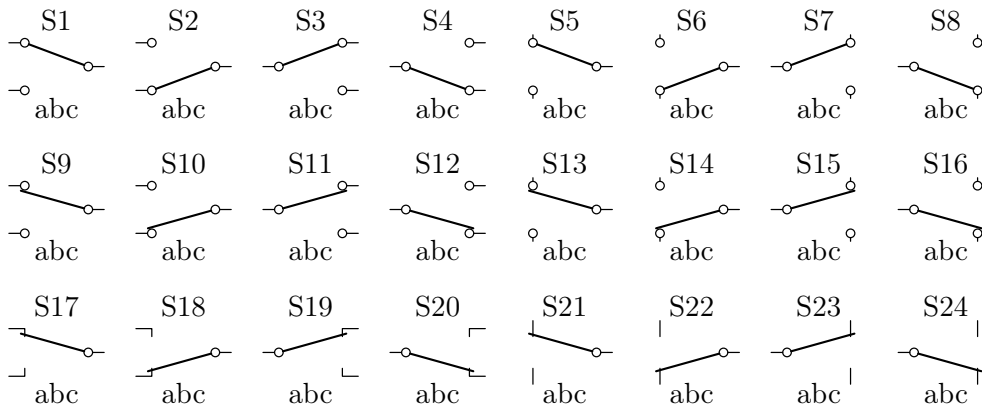


Abbildung 2.8: Horizontale Wechselschalter

Einige vertikale Wechselschalter sind in Abb. 2.9 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{70}{22}
  \switch{tog}{2}{19}{U}{S1}{abc}
  \switch{tog}{11}{19}{UR}{S2}{abc}
  \switch{tog}{20}{19}{D}{S3}{abc}

```

2 BAUELEMENTE

```

\switch{tog}{29}{19}{DR}{S4}{abc}
\switch{tog*}{38}{19}{U}{S5}{abc}
\switch{tog*}{47}{19}{UR}{S6}{abc}
\switch{tog*}{56}{19}{D}{S7}{abc}
\switch{tog*}{65}{19}{DR}{S8}{abc}
\switch{togtouch}{2}{11}{U}{S9}{abc}
\switch{togtouch}{11}{11}{UR}{S10}{abc}
\switch{togtouch}{20}{11}{D}{S11}{abc}
\switch{togtouch}{29}{11}{DR}{S12}{abc}
\switch{togtouch*}{38}{11}{U}{S13}{abc}
\switch{togtouch*}{47}{11}{UR}{S14}{abc}
\switch{togtouch*}{56}{11}{D}{S15}{abc}
\switch{togtouch*}{65}{11}{DR}{S16}{abc}
\switch{togline}{2}{3}{U}{S17}{abc}
\switch{togline}{11}{3}{UR}{S18}{abc}
\switch{togline}{20}{3}{D}{S19}{abc}
\switch{togline}{29}{3}{DR}{S20}{abc}
\switch{togline*}{38}{3}{U}{S21}{abc}
\switch{togline*}{47}{3}{UR}{S22}{abc}
\switch{togline*}{56}{3}{D}{S23}{abc}
\switch{togline*}{65}{3}{DR}{S24}{abc}
\end{circuitdiagram}

```

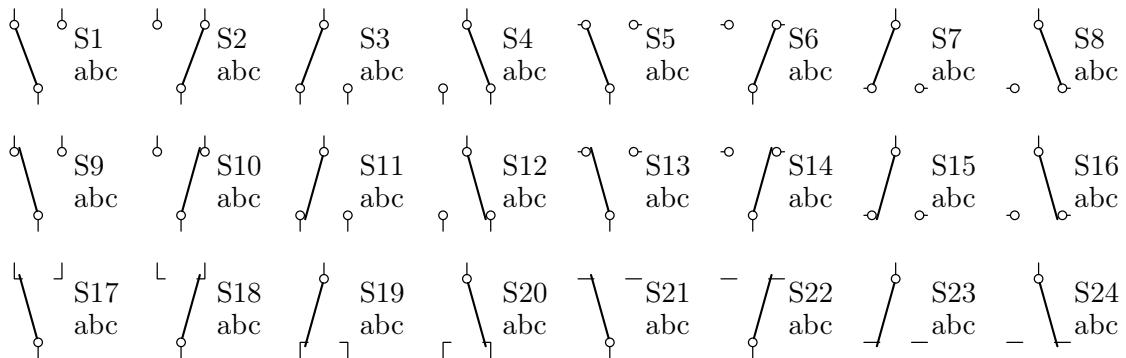


Abbildung 2.9: Vertikale Wechselschalter

Siehe auch: [2.5.1](#) (gekoppelte Schalter), [2.5.2](#) (gekoppelte Relais und Schalter), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.2.1](#) (Drucktaster), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

2.2.2 Relais

Der Befehl `\relay` (bereitgestellt von der Paketooption `switch`) zeichnet ein Relais und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Relais sind in Abb. [2.10](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{73}{12}
\relay{2}{7}{H}{S1}{12 V}
\relay{10}{7}{Hu}{S2}{12 V}

```

```

\relay{18}{7}{Hdd}{S3}{12 V}
\relay{24}{7}{Hr}{S4}{12 V}
\relay{35}{7}{V}{S5}{12 V}
\relay{49}{7}{Vlr}{S6}{12 V}
\relay{62}{7}{Vh1}{S7}{12 V}
\relay{69}{7}{Vd}{S8}{12 V}
\end{circuitdiagram}

```

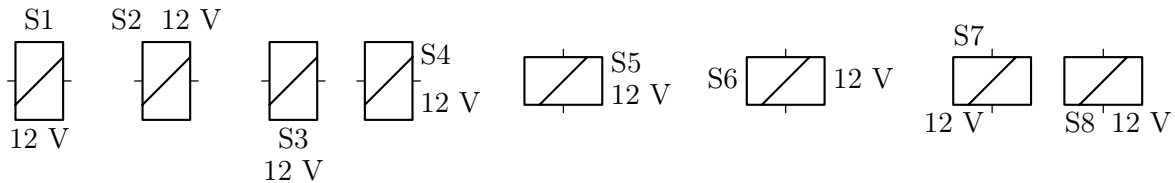


Abbildung 2.10: Relais

Siehe auch: [2.5.2](#) (gekoppelte Relais und Schalter), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

2.2.3 Widerstände

Der Befehl `\resis` zeichnet einen Widerstand und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Widerstände sind in Abb. 2.11 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{72}{10}
\resis{3}{5}{H}{R1}{1 k\Ohm}
\resis{12}{5}{Hu}{R2}{1 k\Ohm}
\resis{21}{5}{Hdd}{R3}{1 k\Ohm}
\resis{29}{5}{Hr}{R4}{1 k\Ohm}
\resis{39}{5}{V}{R5}{1 k\Ohm}
\resis{50}{5}{Vlr}{R6}{1 k\Ohm}
\resis{62}{5}{Vh1}{R7}{1 k\Ohm}
\resis{68}{5}{Vd}{R8}{1 k\Ohm}
\end{circuitdiagram}

```

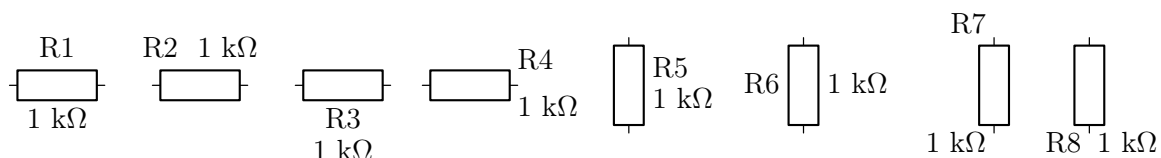


Abbildung 2.11: Widerstände

Siehe auch: [2.5.3](#) (gekoppelte Widerstände), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.1.4](#) (Rauschen), [4.2.2](#) (Schleifer), [4.2.3](#) (Kalt- und Heißeiter), [4.2.8](#) (Veränderbarkeit), [4.2.9](#) (Einstellbarkeit), [4.2.10](#) (Photoempfindlichkeit), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

2 BAUELEMENTE

2.2.4 Kondensatoren

Der Befehl `\capac` zeichnet einen Kondensator und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Kondensatoren sind in Abb. 2.12 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{67}{10}
\capac{1}{6}{H}{C1}{1 nF}
\capac{12}{6}{Hu}{C2}{1 nF}
\capac{19}{6}{Hdd}{C3}{1 nF}
\capac{24}{6}{Hr}{C4}{1 nF}
\capac{33}{6}{V}{C5}{1 nF}
\capac{44}{6}{Vlr}{C6}{1 nF}
\capac{56}{6}{Vh1}{C7}{1 nF}
\capac{63}{6}{Vd}{C8}{1 nF}
\end{circuitdiagram}
```

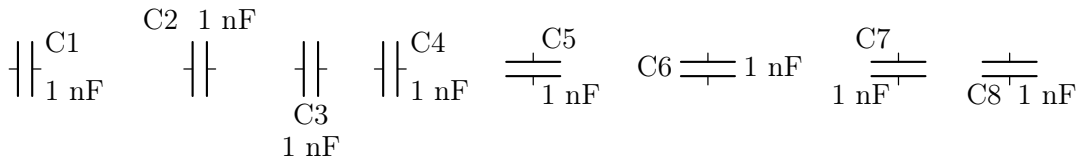


Abbildung 2.12: Kondensatoren

Siehe auch: 2.5.3 (gekoppelte Kondensatoren), 4.1.2 (Spannungspfeile), 4.2.4 (Elektrolytkondensatoren), 4.2.8 (Veränderbarkeit), 4.2.9 (Einstellbarkeit), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.1 (horizontale Platzierung), 5.2 (vertikale Platzierung).

2.2.5 Spulen

Der Befehl `\induc` zeichnet eine Spule und besitzt die fünf Standardargumente. Einige horizontale Spulen sind in Abb. 2.13 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{29}
\normalinduc
\induc{3}{25}{H}{L1}{1 \micro H}
\induc{12}{25}{Hu}{L2}{1 \micro H}
\induc{21}{25}{Hdd}{L3}{1 \micro H}
\induc{29}{25}{Hr}{L4}{1 \micro H}
\induc{41}{25}{HD}{L5}{1 \micro H}
\induc{50}{25}{HDu}{L6}{1 \micro H}
\induc{59}{25}{HDD}{L7}{1 \micro H}
\induc{67}{25}{HDr}{L8}{1 \micro H}
\curlyinduc
\induc{3}{15}{H}{L9}{1 \micro H}
\induc{12}{15}{Hu}{L10}{1 \micro H}
\induc{21}{15}{Hdd}{L11}{1 \micro H}
\induc{29}{15}{Hr}{L12}{1 \micro H}
```

```

\induc{41}{15}{HD}{L13}{1 \micro H}
\induc{50}{15}{HDu}{L14}{1 \micro H}
\induc{59}{15}{HDdd}{L15}{1 \micro H}
\induc{67}{15}{HDr}{L16}{1 \micro H}
\filledinduc
\induc{3}{5}{H}{L17}{1 \micro H}
\induc{12}{5}{Hu}{L18}{1 \micro H}
\induc{21}{5}{Hdd}{L19}{1 \micro H}
\induc{29}{5}{Hr}{L20}{1 \micro H}
\induc{41}{5}{HD}{L21}{1 \micro H}
\induc{50}{5}{HDu}{L22}{1 \micro H}
\induc{59}{5}{HDdd}{L23}{1 \micro H}
\induc{67}{5}{HDr}{L24}{1 \micro H}
\end{circuitdiagram}

```

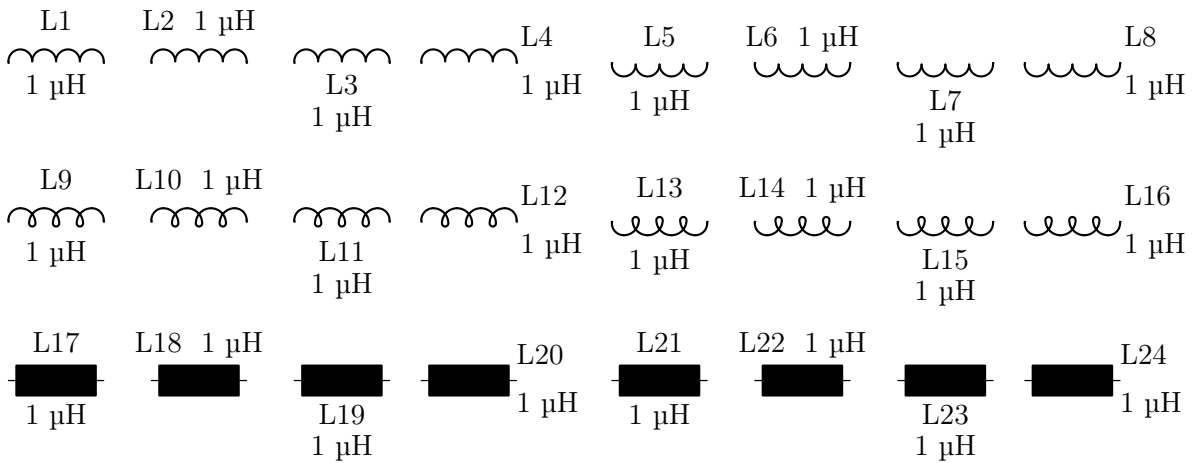


Abbildung 2.13: Horizontale Spulen

Einige vertikale Spulen sind in Abb. 2.14 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{73}{32}
\normalinduc
\induc{1}{27}{V}{L1}{1 \micro H}
\induc{13}{27}{Vlr}{L2}{1 \micro H}
\induc{24}{27}{Vhl}{L3}{1 \micro H}
\induc{31}{27}{Vd}{L4}{1 \micro H}
\induc{39}{27}{VR}{L5}{1 \micro H}
\induc{51}{27}{VRlr}{L6}{1 \micro H}
\induc{62}{27}{VRhl}{L7}{1 \micro H}
\induc{69}{27}{VRd}{L8}{1 \micro H}
\curlyinduc
\induc{1}{16}{V}{L9}{1 \micro H}
\induc{13}{16}{Vlr}{L10}{1 \micro H}
\induc{24}{16}{Vhl}{L11}{1 \micro H}

```

2 BAUELEMENTE

```

\induc{31}{16}{Vd}{L12}{1 \micro H}
\induc{39}{16}{VR}{L13}{1 \micro H}
\induc{51}{16}{VRlr}{L14}{1 \micro H}
\induc{62}{16}{VRhl}{L15}{1 \micro H}
\induc{69}{16}{VRd}{L16}{1 \micro H}
\filledinduc
\induc{1}{5}{V}{L17}{1 \micro H}
\induc{13}{5}{Vlr}{L18}{1 \micro H}
\induc{24}{5}{Vhl}{L19}{1 \micro H}
\induc{31}{5}{Vd}{L20}{1 \micro H}
\induc{39}{5}{VR}{L21}{1 \micro H}
\induc{51}{5}{VRlr}{L22}{1 \micro H}
\induc{62}{5}{VRhl}{L23}{1 \micro H}
\induc{69}{5}{VRd}{L24}{1 \micro H}
\end{circuitdiagram}

```

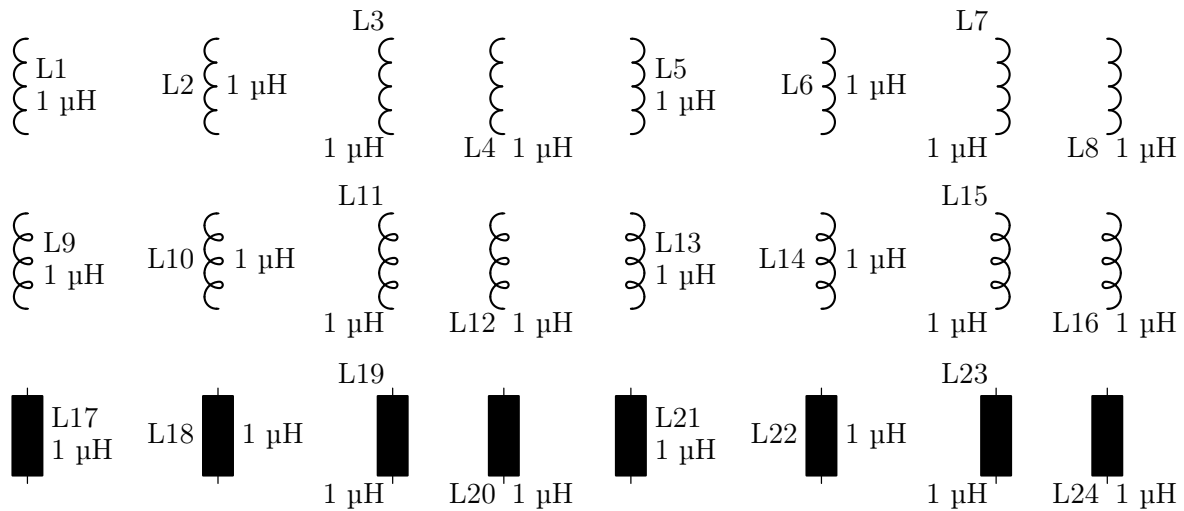


Abbildung 2.14: Vertikale Spulen

Siehe auch: [2.5.3](#) (gekoppelte Spulen), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.2.5](#) (Windungen), [4.2.6](#) (Wicklungssinn), [4.2.7](#) (Eisen- und Ferritkerne), [4.2.8](#) (Veränderbarkeit), [4.2.9](#) (Einstellbarkeit), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

2.3 Halbleiterbauelemente

2.3.1 Dioden

Der Befehl `\diode` zeichnet eine Diode und besitzt die fünf Standardargumente. Einige horizontale Dioden sind in Abb. 2.15 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{61}{26}
\lineddiode
\diode{3}{22}{L}{D1}{1N4148}

```

```

\diode{13}{22}{Lu}{D2}{1N4148}
\diode{22}{22}{Lr}{D3}{1N4148}
\diode{34}{22}{R}{D4}{1N4148}
\diode{44}{22}{Ru}{D5}{1N4148}
\diode{53}{22}{Rr}{D6}{1N4148}
\emptydiode
\diode{3}{13}{L}{D7}{1N4148}
\diode{13}{13}{Lu}{D8}{1N4148}
\diode{22}{13}{Lr}{D9}{1N4148}
\diode{34}{13}{R}{D10}{1N4148}
\diode{44}{13}{Ru}{D11}{1N4148}
\diode{53}{13}{Rr}{D12}{1N4148}
\filleddiode
\diode{3}{4}{L}{D13}{1N4148}
\diode{13}{4}{Lu}{D14}{1N4148}
\diode{22}{4}{Lr}{D15}{1N4148}
\diode{34}{4}{R}{D16}{1N4148}
\diode{44}{4}{Ru}{D17}{1N4148}
\diode{53}{4}{Rr}{D18}{1N4148}
\end{circuitdiagram}

```

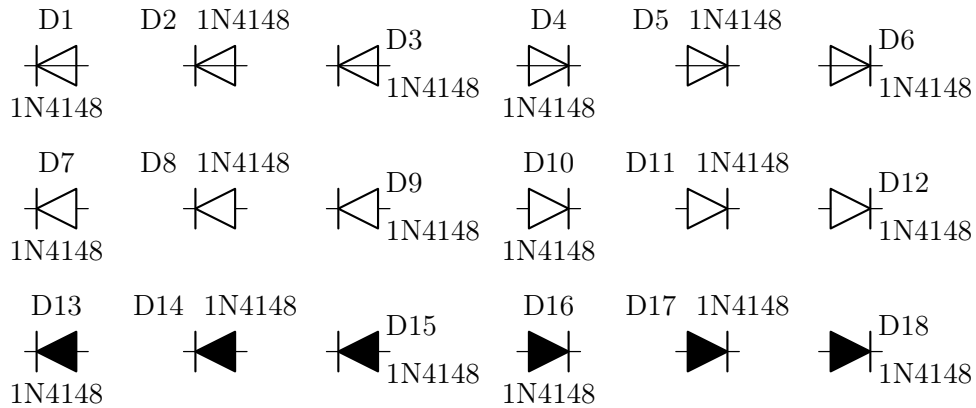


Abbildung 2.15: Horizontale Dioden

Einige vertikale Dioden sind in Abb. 2.16 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{73}{20}
\lineddiode
\diode{2}{18}{U}{D1}{1N4148}
\diode{16}{18}{Ulr}{D2}{1N4148}
\diode{29}{18}{Ud}{D3}{1N4148}
\diode{39}{18}{D}{D4}{1N4148}
\diode{53}{18}{Dlr}{D5}{1N4148}
\diode{66}{18}{Dd}{D6}{1N4148}
\emptydiode
\diode{2}{11}{U}{D7}{1N4148}

```

2 BAUELEMENTE

```

\diode{16}{11}{Ulr}{D8}{1N4148}
\diode{29}{11}{Ud}{D9}{1N4148}
\diode{39}{11}{D}{D10}{1N4148}
\diode{53}{11}{Dlr}{D11}{1N4148}
\diode{66}{11}{Dd}{D12}{1N4148}
\fillediode
\diode{2}{4}{U}{D31}{1N4148}
\diode{16}{4}{Ulr}{D14}{1N4148}
\diode{29}{4}{Ud}{D15}{1N4148}
\diode{39}{4}{D}{D16}{1N4148}
\diode{53}{4}{Dlr}{D17}{1N4148}
\diode{66}{4}{Dd}{D18}{1N4148}
\end{circuitdiagram}

```

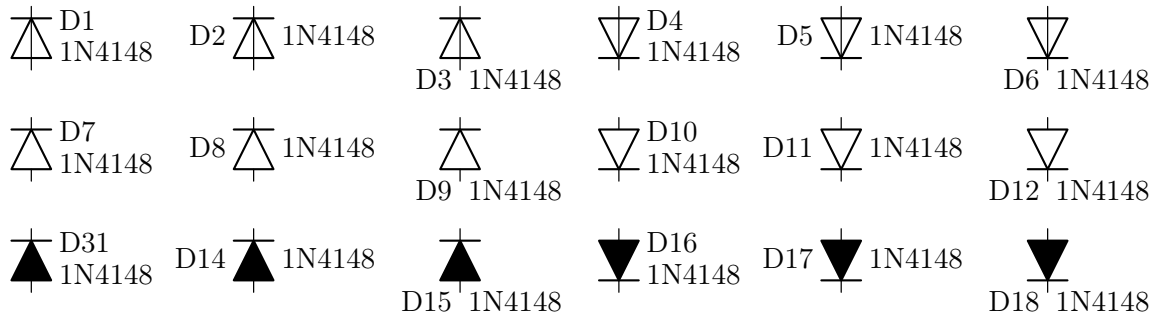


Abbildung 2.16: Vertikale Dioden

Siehe auch: [2.3.2](#) (Diacs), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.3.1](#) (Photoempfindlichkeit), [4.3.2](#) (Lichtaussendung), [4.3.3](#) (Zener-Dioden), [4.3.4](#) (Schottky-Dioden), [4.3.5](#) (Tunneldioden), [4.3.6](#) (Kapazitätsdioden), [4.3.7](#) (Thyristoren), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

2.3.2 Diacs

Der Befehl `\diac` (bereitgestellt von der Paketooption `semicon`) zeichnet einen Diac und besitzt die fünf Standardargumente. Einige horizontale Diacs sind in Abb. [2.17](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{50}{28}
\linediode
\diac{2}{24}{H}{D1}{DB3}
\diac{10}{24}{Hu}{D2}{DB3}
\diac{18}{24}{Hr}{D3}{DB3}
\diac{28}{24}{HD}{D4}{DB3}
\diac{36}{24}{HDu}{D5}{DB3}
\diac{44}{24}{HDr}{D6}{DB3}
\emptydiode
\diac{2}{14}{H}{D7}{DB3}
\diac{10}{14}{Hu}{D8}{DB3}

```



```

\diac{18}{14}{Hr}{D9}{DB3}
\diac{28}{14}{HD}{D10}{DB3}
\diac{36}{14}{HDu}{D11}{DB3}
\diac{44}{14}{HDr}{D12}{DB3}
\filleddiode
\diac{2}{4}{H}{D13}{DB3}
\diac{10}{4}{Hu}{D14}{DB3}
\diac{18}{4}{Hr}{D15}{DB3}
\diac{28}{4}{HD}{D16}{DB3}
\diac{36}{4}{HDu}{D17}{DB3}
\diac{44}{4}{HDr}{D18}{DB3}
\end{circuitdiagram}

```

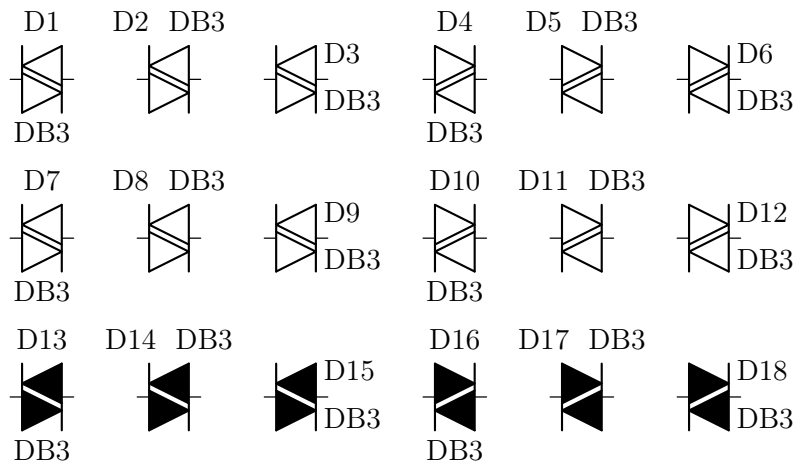


Abbildung 2.17: Horizontale Diacs

Einige vertikale Diacs sind in Abb. [2.18](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{67}{20}
\lineddiode
\diac{2}{18}{V}{D1}{DB3}
\diac{16}{18}{Vlr}{D2}{DB3}
\diac{28}{18}{Vd}{D3}{DB3}
\diac{37}{18}{VR}{D4}{DB3}
\diac{51}{18}{VRlr}{D5}{DB3}
\diac{63}{18}{VRd}{D6}{DB3}
\emptydiode
\diac{2}{11}{V}{D7}{DB3}
\diac{16}{11}{Vlr}{D8}{DB3}
\diac{28}{11}{Vd}{D9}{DB3}
\diac{37}{11}{VR}{D10}{DB3}
\diac{51}{11}{VRlr}{D11}{DB3}
\diac{63}{11}{VRd}{D12}{DB3}
\filleddiode
\diac{2}{4}{V}{D31}{DB3}

```

2 BAUELEMENTE

```
\diac{16}{4}{Vlr}{D14}{DB3}
\diac{28}{4}{Vd}{D15}{DB3}
\diac{37}{4}{VR}{D16}{DB3}
\diac{51}{4}{VRlr}{D17}{DB3}
\diac{63}{4}{VRd}{D18}{DB3}
\end{circuitdiagram}
```

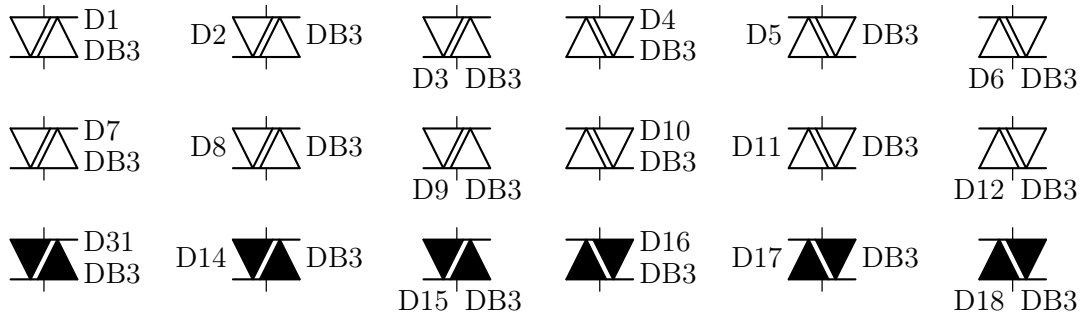


Abbildung 2.18: Vertikale Diacs

Siehe auch: [2.3.1](#) (Dioden), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.3.8](#) (Triacs), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

2.3.3 Bipolartransistoren

Der Befehl `\trans` zeichnet einen Transistor und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`nnp` oder `npn`), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige npn-Transistoren sind in Abb. 2.19 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{70}{43}
\nocircledtrans
\trans{npn}{8}{38}{L}{T1}{BC548}
\trans{npn}{16}{38}{Lr}{T2}{BC548}
\trans{npn}{29}{38}{Lud}{T3}{BC548}
\trans{npn}{44}{38}{LU}{T4}{BC548}
\trans{npn}{52}{38}{Lur}{T5}{BC548}
\trans{npn}{65}{38}{LUud}{T6}{BC548}
\trans{npn}{3}{27}{R}{T7}{BC548}
\trans{npn}{21}{27}{Rl}{T8}{BC548}
\trans{npn}{31}{27}{Rud}{T9}{BC548}
\trans{npn}{39}{27}{RU}{T10}{BC548}
\trans{npn}{57}{27}{RUl}{T11}{BC548}
\trans{npn}{67}{27}{RUud}{T12}{BC548}
\circledtrans
\trans{npn}{8}{16}{L}{T13}{BC548}
\trans{npn}{16}{16}{Lr}{T14}{BC548}
\trans{npn}{29}{16}{Lud}{T15}{BC548}
\trans{npn}{44}{16}{LU}{T16}{BC548}
```

```

\trans{npn}{52}{16}{Lur}{T17}{BC548}
\trans{npn}{65}{16}{LUud}{T18}{BC548}
\trans{npn}{3}{5}{R}{T19}{BC548}
\trans{npn}{21}{5}{R1}{T20}{BC548}
\trans{npn}{31}{5}{Rud}{T21}{BC548}
\trans{npn}{39}{5}{RU}{T22}{BC548}
\trans{npn}{57}{5}{RU1}{T23}{BC548}
\trans{npn}{67}{5}{RUud}{T24}{BC548}
\end{circuitdiagram}

```

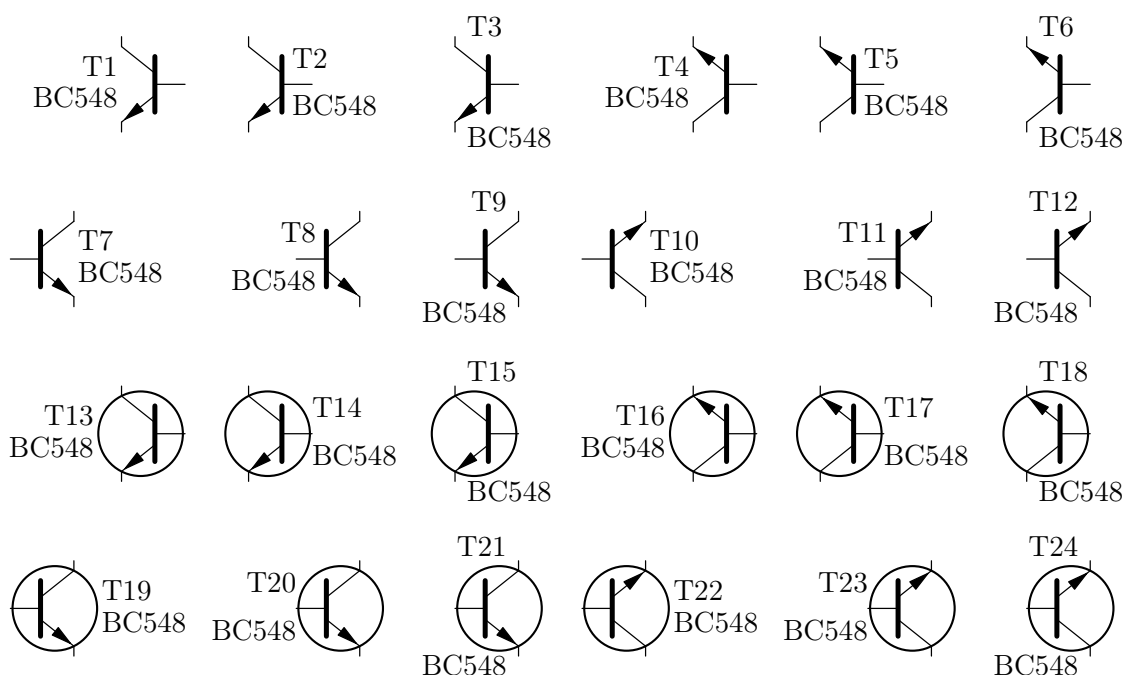


Abbildung 2.19: npn-Transistoren

Einige pnp-Transistoren sind in Abb. 2.20 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{70}{43}
\nocircledtrans
\trans{pnp}{8}{38}{L}{T1}{BC558}
\trans{pnp}{16}{38}{Lr}{T2}{BC558}
\trans{pnp}{29}{38}{Lud}{T3}{BC558}
\trans{pnp}{44}{38}{LD}{T4}{BC558}
\trans{pnp}{52}{38}{LDr}{T5}{BC558}
\trans{pnp}{65}{38}{LDud}{T6}{BC558}
\trans{pnp}{3}{27}{R}{T7}{BC558}
\trans{pnp}{21}{27}{R1}{T8}{BC558}
\trans{pnp}{31}{27}{Rud}{T9}{BC558}
\trans{pnp}{39}{27}{RD}{T10}{BC558}
\trans{pnp}{57}{27}{RD1}{T11}{BC558}
\trans{pnp}{67}{27}{RDud}{T12}{BC558}
\end{circuitdiagram}

```

2 BAUELEMENTE

```

\circledtrans
\trans{pnp}{8}{16}{L}{T13}{BC558}
\trans{pnp}{16}{16}{Lr}{T14}{BC558}
\trans{pnp}{29}{16}{Lud}{T15}{BC558}
\trans{pnp}{44}{16}{LD}{T16}{BC558}
\trans{pnp}{52}{16}{LDr}{T17}{BC558}
\trans{pnp}{65}{16}{LDud}{T18}{BC558}
\trans{pnp}{3}{5}{R}{T19}{BC558}
\trans{pnp}{21}{5}{Rl}{T20}{BC558}
\trans{pnp}{31}{5}{Rud}{T21}{BC558}
\trans{pnp}{39}{5}{RD}{T22}{BC558}
\trans{pnp}{57}{5}{RDl}{T23}{BC558}
\trans{pnp}{67}{5}{RDud}{T24}{BC558}
\end{circuitdiagram}

```

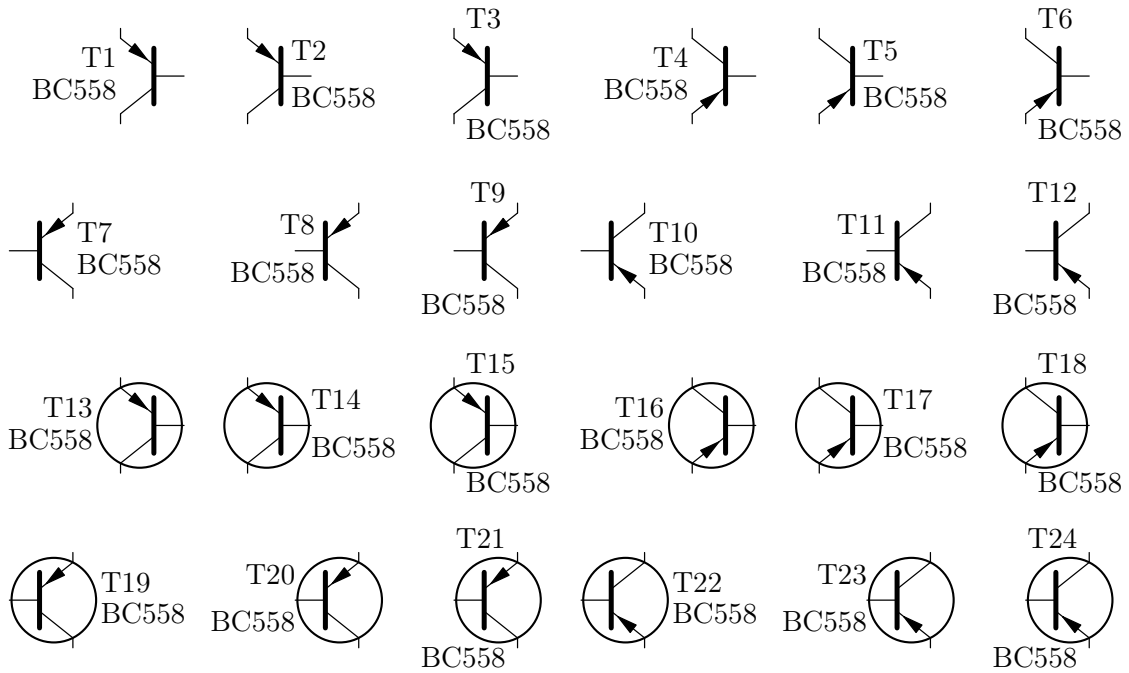


Abbildung 2.20: pnp-Transistoren

Die Paketooption `semicon` erlaubt auch Transistoren nach oben und unten, die erfahrungsgemäß seltener gebraucht werden. Einige npn-Transistoren nach oben/unten sind in Abb. 2.21 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{62}{41}
\nocircledtrans
\trans{npn}{5}{36}{U}{T1}{BC548}
\trans{npn}{15}{36}{Uuu}{T2}{BC548}
\trans{npn}{24}{38}{Ud}{T3}{BC548}
\trans{npn}{37}{36}{UL}{T4}{BC548}
\trans{npn}{47}{36}{ULuu}{T5}{BC548}

```

```

\trans{npn}{56}{38}{ULd}{T6}{BC548}
\trans{npn}{5}{28}{D}{T7}{BC548}
\trans{npn}{15}{28}{Ddd}{T8}{BC548}
\trans{npn}{24}{26}{Du}{T9}{BC548}
\trans{npn}{37}{28}{DR}{T10}{BC548}
\trans{npn}{47}{28}{DRdd}{T11}{BC548}
\trans{npn}{56}{26}{DRu}{T12}{BC548}
\circledtrans
\trans{npn}{5}{14}{U}{T13}{BC548}
\trans{npn}{15}{14}{Uuu}{T14}{BC548}
\trans{npn}{24}{16}{Ud}{T15}{BC548}
\trans{npn}{37}{14}{UL}{T16}{BC548}
\trans{npn}{47}{14}{ULuu}{T17}{BC548}
\trans{npn}{56}{16}{ULd}{T18}{BC548}
\trans{npn}{5}{6}{D}{T19}{BC548}
\trans{npn}{15}{6}{Ddd}{T20}{BC548}
\trans{npn}{24}{4}{Du}{T21}{BC548}
\trans{npn}{37}{6}{DR}{T22}{BC548}
\trans{npn}{47}{6}{DRdd}{T23}{BC548}
\trans{npn}{56}{4}{DRu}{T24}{BC548}
\end{circuitdiagram}

```

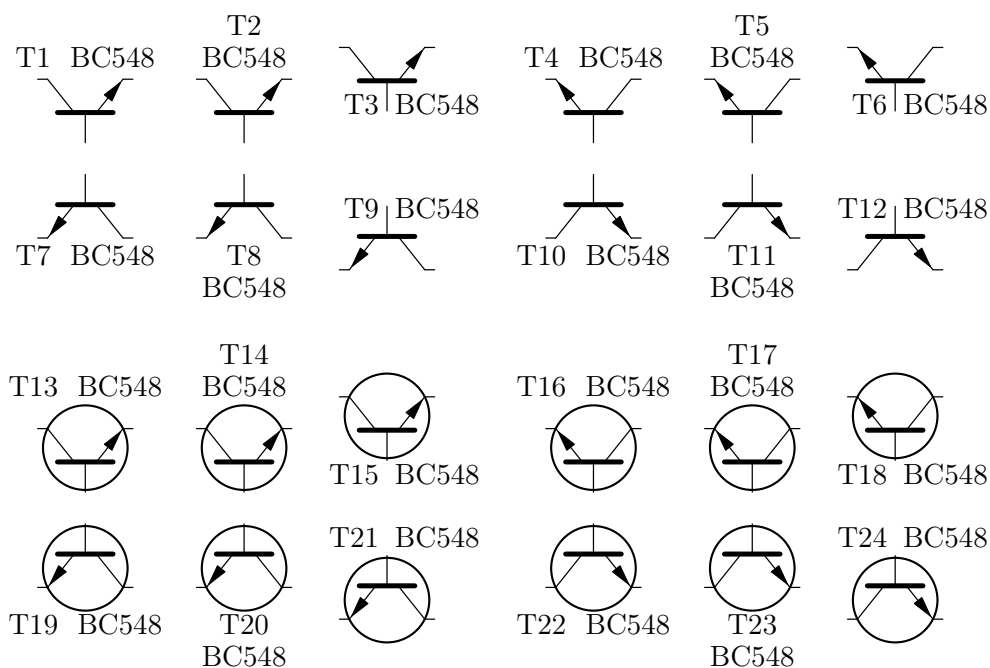


Abbildung 2.21: npn-Transistoren nach oben/unten

Einige pnp-Transistoren nach oben/unten sind in Abb. 2.22 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{62}{41}
\nocircledtrans
\trans{pnp}{5}{36}{U}{T1}{BC558}

```

2 BAUELEMENTE

```

\trans{pnp}{15}{36}{Uuu}{T2}{BC558}
\trans{pnp}{24}{38}{Ud}{T3}{BC558}
\trans{pnp}{37}{36}{UR}{T4}{BC558}
\trans{pnp}{47}{36}{URuu}{T5}{BC558}
\trans{pnp}{56}{38}{URd}{T6}{BC558}
\trans{pnp}{5}{28}{D}{T7}{BC558}
\trans{pnp}{15}{28}{Ddd}{T8}{BC558}
\trans{pnp}{24}{26}{Du}{T9}{BC558}
\trans{pnp}{37}{28}{DL}{T10}{BC558}
\trans{pnp}{47}{28}{DLdd}{T11}{BC558}
\trans{pnp}{56}{26}{DLu}{T12}{BC558}
\circledtrans
\trans{pnp}{5}{14}{U}{T13}{BC558}
\trans{pnp}{15}{14}{Uuu}{T14}{BC558}
\trans{pnp}{24}{16}{Ud}{T15}{BC558}
\trans{pnp}{37}{14}{UR}{T16}{BC558}
\trans{pnp}{47}{14}{URuu}{T17}{BC558}
\trans{pnp}{56}{16}{URd}{T18}{BC558}
\trans{pnp}{5}{6}{D}{T19}{BC558}
\trans{pnp}{15}{6}{Ddd}{T20}{BC558}
\trans{pnp}{24}{4}{Du}{T21}{BC558}
\trans{pnp}{37}{6}{DL}{T22}{BC558}
\trans{pnp}{47}{6}{DLdd}{T23}{BC558}
\trans{pnp}{56}{4}{DLu}{T24}{BC558}
\end{circuitdiagram}

```

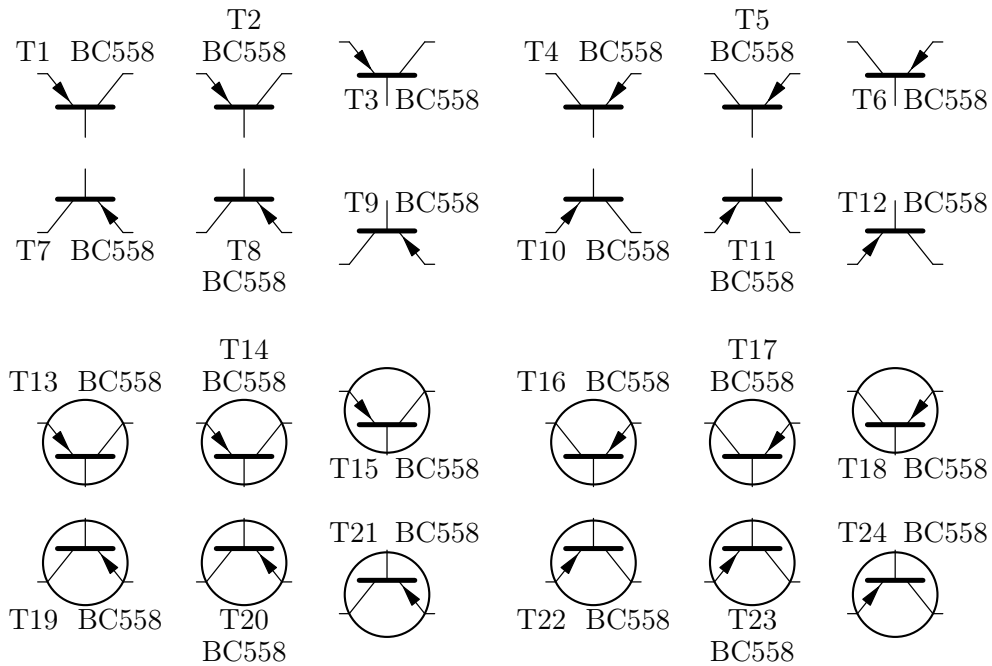


Abbildung 2.22: pnp-Transistoren nach oben/unten

Siehe auch: 2.3.4 (MOSFETs), 2.3.5 (Sperrschicht-FETs), 4.1.4 (Rauschen), 4.3.1 (Photoempfindlichkeit), 4.3.4 (Schottky-Transistoren), 4.3.9 (Multi-Emitter-Transistoren), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.3 (Transistor-Platzierung nach links), 5.4 (Transistor-Platzierung nach rechts), 5.5 (Transistor-Platzierung nach oben), 5.6 (Transistor-Platzierung nach unten).

2.3.4 MOSFETs

Der Befehl `\trans` zeichnet einen Transistor und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`nenh`, `ndep`, `penh*` usw.), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige anreichernde n-Kanal-MOSFETs sind in Abb. 2.23 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{21}
\nocircledtrans
\trans{nenh}{3}{16}{Lud}{T1}{BSP\dots}
\trans{nenh}{12}{16}{LUud}{T2}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{21}{16}{Lud}{T3}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{30}{16}{LUud}{T4}{BSP\dots}
\trans{nenh}{42}{16}{Rud}{T5}{BSP\dots}
\trans{nenh}{51}{16}{RUud}{T6}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{60}{16}{Rud}{T7}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{69}{16}{RUud}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{nenh}{3}{5}{Lud}{T9}{BSP\dots}
\trans{nenh}{12}{5}{LUud}{T10}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{21}{5}{Lud}{T11}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{30}{5}{LUud}{T12}{BSP\dots}
\trans{nenh}{42}{5}{Rud}{T13}{BSP\dots}
\trans{nenh}{51}{5}{RUud}{T14}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{60}{5}{Rud}{T15}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{69}{5}{RUud}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}
```

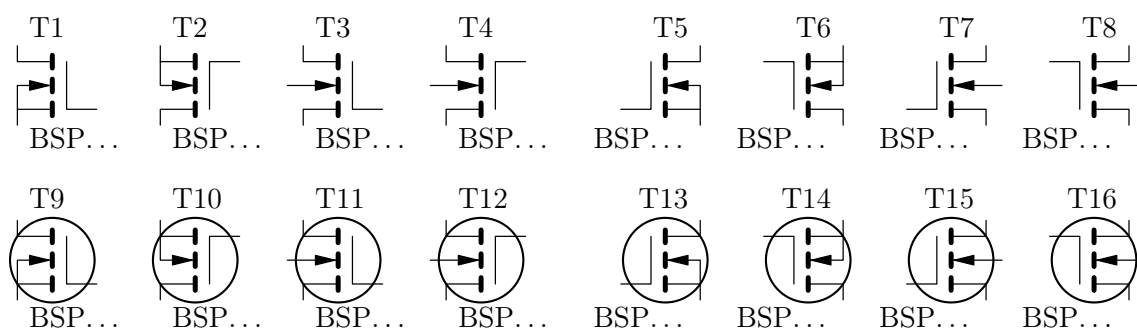


Abbildung 2.23: Anreichernde n-Kanal-MOSFETs

Einige verarmende n-Kanal-MOSFETs sind in Abb. 2.24 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{21}
```

2 BAUELEMENTE

```

\nocircledtrans
\trans{ndep}{3}{16}{Lud}{T1}{BSP\dots}
\trans{ndep}{12}{16}{LUud}{T2}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{21}{16}{Lud}{T3}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{30}{16}{LUud}{T4}{BSP\dots}
\trans{ndep}{42}{16}{Rud}{T5}{BSP\dots}
\trans{ndep}{51}{16}{RUud}{T6}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{60}{16}{Rud}{T7}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{69}{16}{RUud}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{ndep}{3}{5}{Lud}{T9}{BSP\dots}
\trans{ndep}{12}{5}{LUud}{T10}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{21}{5}{Lud}{T11}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{30}{5}{LUud}{T12}{BSP\dots}
\trans{ndep}{42}{5}{Rud}{T13}{BSP\dots}
\trans{ndep}{51}{5}{RUud}{T14}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{60}{5}{Rud}{T15}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{69}{5}{RUud}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}

```

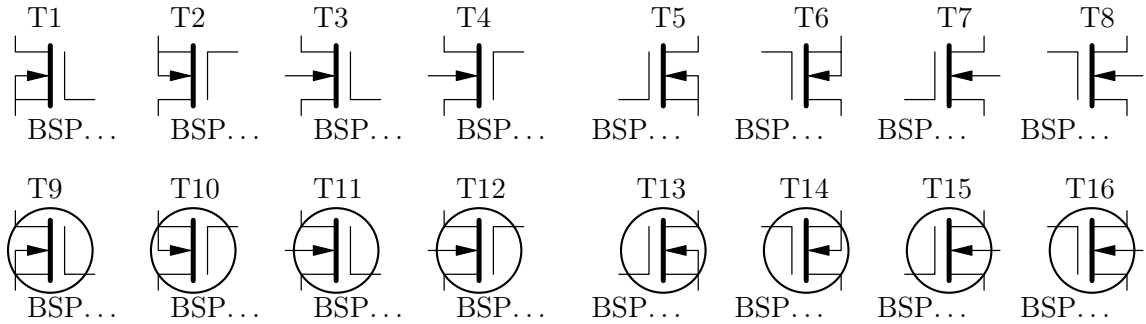


Abbildung 2.24: Verarmende n-Kanal-MOSFETs

Einige anreichernde p-Kanal-MOSFETs sind in Abb. 2.25 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{72}{21}
\nocircledtrans
\trans{penh}{3}{16}{Lud}{T1}{BSP\dots}
\trans{penh}{12}{16}{LDud}{T2}{BSP\dots}
\trans{penh*}{21}{16}{Lud}{T3}{BSP\dots}
\trans{penh*}{30}{16}{LDud}{T4}{BSP\dots}
\trans{penh}{42}{16}{Rud}{T5}{BSP\dots}
\trans{penh}{51}{16}{RDud}{T6}{BSP\dots}
\trans{penh*}{60}{16}{Rud}{T7}{BSP\dots}
\trans{penh*}{69}{16}{RDud}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{penh}{3}{5}{Lud}{T9}{BSP\dots}
\trans{penh}{12}{5}{LDud}{T10}{BSP\dots}
\trans{penh*}{21}{5}{Lud}{T11}{BSP\dots}

```



```

\trans{penh*}{30}{5}{LDud}{T12}{BSP\dots}
\trans{penh}{42}{5}{Rud}{T13}{BSP\dots}
\trans{penh}{51}{5}{RDud}{T14}{BSP\dots}
\trans{penh*}{60}{5}{Rud}{T15}{BSP\dots}
\trans{penh*}{69}{5}{RDud}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}

```

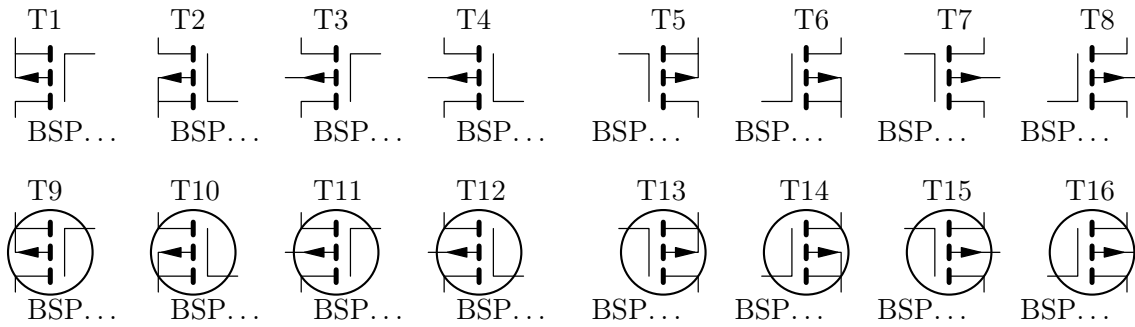


Abbildung 2.25: Anreichernde p-Kanal-MOSFETs

Einige verarmende p-Kanal-MOSFETs sind in Abb. 2.26 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{72}{21}
\nocircledtrans
\trans{pdep}{3}{16}{Lud}{T1}{BSP\dots}
\trans{pdep}{12}{16}{LDud}{T2}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{21}{16}{Lud}{T3}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{30}{16}{LDud}{T4}{BSP\dots}
\trans{pdep}{42}{16}{Rud}{T5}{BSP\dots}
\trans{pdep}{51}{16}{RDud}{T6}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{60}{16}{Rud}{T7}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{69}{16}{RDud}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{pdep}{3}{5}{Lud}{T9}{BSP\dots}
\trans{pdep}{12}{5}{LDud}{T10}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{21}{5}{Lud}{T11}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{30}{5}{LDud}{T12}{BSP\dots}
\trans{pdep}{42}{5}{Rud}{T13}{BSP\dots}
\trans{pdep}{51}{5}{RDud}{T14}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{60}{5}{Rud}{T15}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{69}{5}{RDud}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}

```

Die Paketoption `semicon` erlaubt auch Transistoren nach oben und unten, die erfahrungsgemäß seltener gebraucht werden. Einige anreichernde n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten sind in Abb. 2.27 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{74}{21}
\nocircledtrans

```

2 BAUELEMENTE

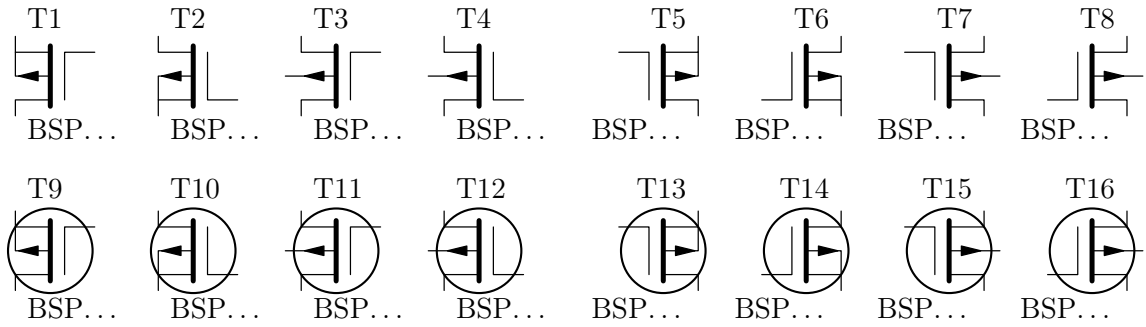


Abbildung 2.26: Verarmende p-Kanal-MOSFETs

```
\trans{nenh}{3}{14}{Uuu}{T1}{BSP\dots}
\trans{nenh}{11}{14}{URuu}{T2}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{19}{14}{U}{T3}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{30}{14}{UR}{T4}{BSP\dots}
\trans{nenh}{41}{17}{Ddd}{T5}{BSP\dots}
\trans{nenh}{49}{17}{DLdd}{T6}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{57}{17}{D}{T7}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{68}{17}{DL}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{nenh}{3}{3}{Uuu}{T9}{BSP\dots}
\trans{nenh}{11}{3}{URuu}{T10}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{19}{3}{U}{T11}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{30}{3}{UR}{T12}{BSP\dots}
\trans{nenh}{41}{6}{Ddd}{T13}{BSP\dots}
\trans{nenh}{49}{6}{DLdd}{T14}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{57}{6}{D}{T15}{BSP\dots}
\trans{nenh*}{68}{6}{DL}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}
```

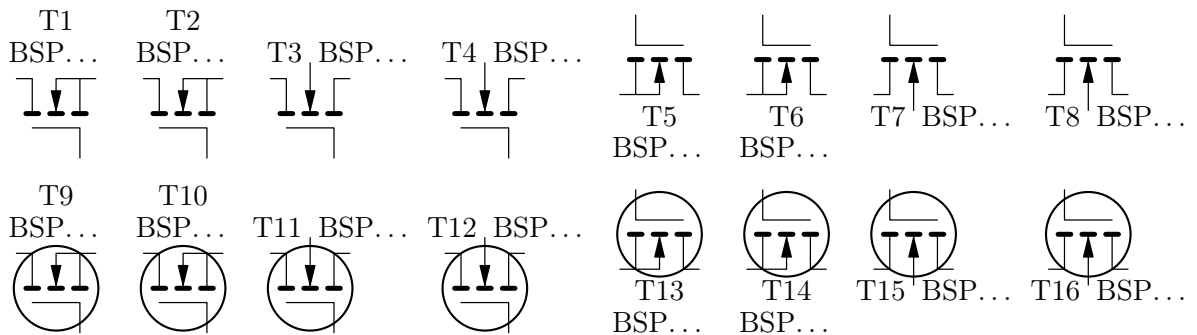


Abbildung 2.27: Anreichernde n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

Einige verarmende n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten sind in Abb. 2.28 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{21}
```

```

\nocircledtrans
\trans{ndep}{3}{14}{Uuu}{T1}{BSP\dots}
\trans{ndep}{11}{14}{URuu}{T2}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{19}{14}{U}{T3}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{30}{14}{UR}{T4}{BSP\dots}
\trans{ndep}{41}{17}{Ddd}{T5}{BSP\dots}
\trans{ndep}{49}{17}{DLdd}{T6}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{57}{17}{D}{T7}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{68}{17}{DL}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{ndep}{3}{3}{Uuu}{T9}{BSP\dots}
\trans{ndep}{11}{3}{URuu}{T10}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{19}{3}{U}{T11}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{30}{3}{UR}{T12}{BSP\dots}
\trans{ndep}{41}{6}{Ddd}{T13}{BSP\dots}
\trans{ndep}{49}{6}{DLdd}{T14}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{57}{6}{D}{T15}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{68}{6}{DL}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}

```

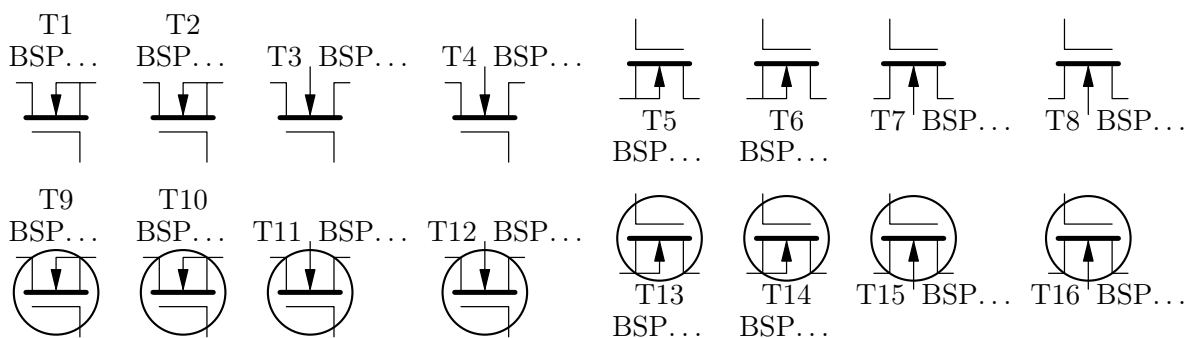


Abbildung 2.28: Verarmende n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

Einige anreichernde p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten sind in Abb. 2.29 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{74}{21}
\nocircledtrans
\trans{penh}{3}{14}{Uuu}{T1}{BSP\dots}
\trans{penh}{11}{14}{URuu}{T2}{BSP\dots}
\trans{penh*}{19}{14}{U}{T3}{BSP\dots}
\trans{penh*}{30}{14}{UR}{T4}{BSP\dots}
\trans{penh}{41}{17}{Ddd}{T5}{BSP\dots}
\trans{penh}{49}{17}{DLdd}{T6}{BSP\dots}
\trans{penh*}{57}{17}{D}{T7}{BSP\dots}
\trans{penh*}{68}{17}{DL}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{penh}{3}{3}{Uuu}{T9}{BSP\dots}

```

2 BAUELEMENTE

```
\trans{penh}{11}{3}{URuu}{T10}{BSP\dots}
\trans{penh*}{19}{3}{U}{T11}{BSP\dots}
\trans{penh*}{30}{3}{UR}{T12}{BSP\dots}
\trans{penh}{41}{6}{Ddd}{T13}{BSP\dots}
\trans{penh}{49}{6}{DLdd}{T14}{BSP\dots}
\trans{penh*}{57}{6}{D}{T15}{BSP\dots}
\trans{penh*}{68}{6}{DL}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}
```

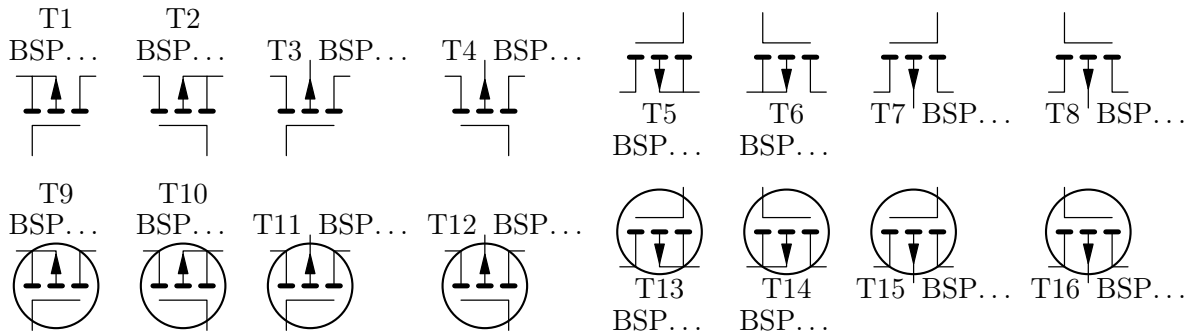


Abbildung 2.29: Anreichernde p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

Einige verarmende p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten sind in Abb. 2.30 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{21}
\nocircledtrans
\trans{pdep}{3}{14}{Uuu}{T1}{BSP\dots}
\trans{pdep}{11}{14}{URuu}{T2}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{19}{14}{U}{T3}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{30}{14}{UR}{T4}{BSP\dots}
\trans{pdep}{41}{17}{Ddd}{T5}{BSP\dots}
\trans{pdep}{49}{17}{DLdd}{T6}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{57}{17}{D}{T7}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{68}{17}{DL}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{pdep}{3}{3}{Uuu}{T9}{BSP\dots}
\trans{pdep}{11}{3}{URuu}{T10}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{19}{3}{U}{T11}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{30}{3}{UR}{T12}{BSP\dots}
\trans{pdep}{41}{6}{Ddd}{T13}{BSP\dots}
\trans{pdep}{49}{6}{DLdd}{T14}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{57}{6}{D}{T15}{BSP\dots}
\trans{pdep*}{68}{6}{DL}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 2.3.3 (Bipolartransistoren), 2.3.5 (Sperrschicht-FETs), 4.1.4 (Rauschen), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.3 (Transistor-Platzierung nach links), 5.4 (Transistor-Platzierung nach rechts), 5.5 (Transistor-Platzierung nach oben), 5.6 (Transistor-Platzierung nach unten).

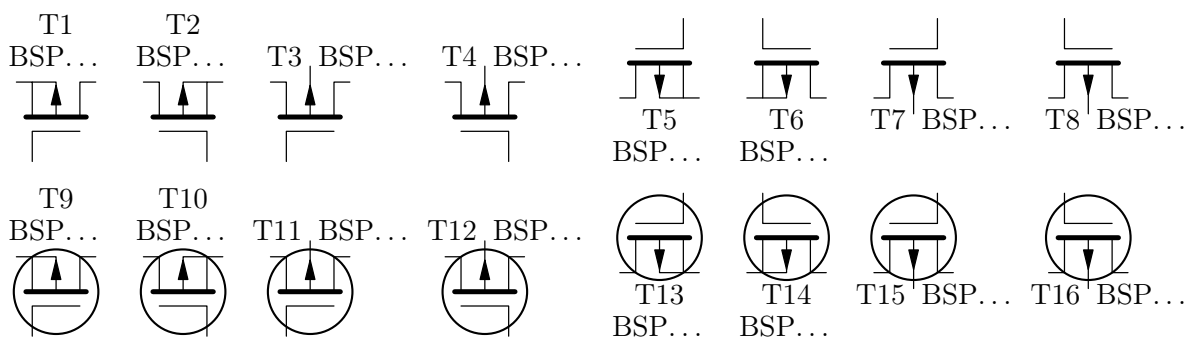


Abbildung 2.30: Verarmende p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

2.3.5 Sperrschicht-FETs

Der Befehl `\trans` zeichnet einen Transistor und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`nj` oder `pj`), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige n-Kanal-Sperrschicht-FETs sind in Abb. 2.31 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{10}
  \nocircledtrans
  \trans{nj}{2}{5}{Lud}{T1}{J108}
  \trans{nj}{11}{5}{LUud}{T2}{J108}
  \trans{nj}{20}{5}{Rud}{T3}{J108}
  \trans{nj}{29}{5}{RUud}{T4}{J108}
  \circledtrans
  \trans{nj}{38}{5}{Lud}{T5}{J108}
  \trans{nj}{47}{5}{LUud}{T6}{J108}
  \trans{nj}{56}{5}{Rud}{T7}{J108}
  \trans{nj}{65}{5}{RUud}{T8}{J108}
\end{circuitdiagram}
```

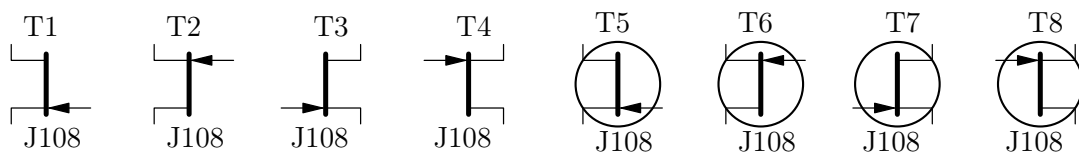


Abbildung 2.31: n-Kanal-Sperrschicht-FETs

Einige p-Kanal-Sperrschicht-FETs sind in Abb. 2.32 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{10}
  \nocircledtrans
  \trans{pj}{2}{5}{Lud}{T1}{J174}
  \trans{pj}{11}{5}{LDud}{T2}{J174}
  \trans{pj}{20}{5}{Rud}{T3}{J174}
  \trans{pj}{29}{5}{RDud}{T4}{J174}
\end{circuitdiagram}
```

2 BAUELEMENTE

```
\circledtrans
\trans{pj}{38}{5}{Lud}{T5}{J174}
\trans{pj}{47}{5}{LDud}{T6}{J174}
\trans{pj}{56}{5}{Rud}{T7}{J174}
\trans{pj}{65}{5}{RDud}{T8}{J174}
\end{circuitdiagram}
```

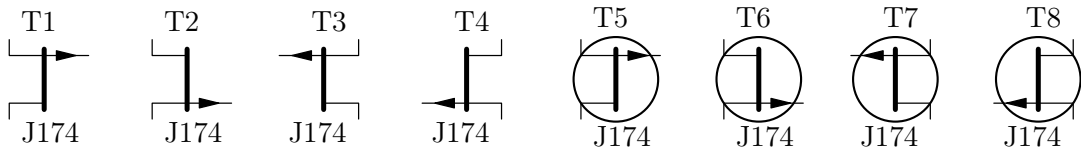


Abbildung 2.32: p-Kanal-Sperrschicht-FETs

Die Paketoption `semicon` erlaubt auch Transistoren nach oben und unten, die erfahrungsgemäß seltener gebraucht werden. Einige n-Kanal-Sperrschicht-FETs nach oben/unten sind in Abb. 2.33 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{10}
\nocircledtrans
\trans{nj}{4}{5}{U}{T1}{J108}
\trans{nj}{13}{5}{UL}{T2}{J108}
\trans{nj}{22}{5}{D}{T3}{J108}
\trans{nj}{31}{5}{DR}{T4}{J108}
\circledtrans
\trans{nj}{40}{5}{U}{T5}{J108}
\trans{nj}{49}{5}{UL}{T6}{J108}
\trans{nj}{58}{5}{D}{T7}{J108}
\trans{nj}{67}{5}{DR}{T8}{J108}
\end{circuitdiagram}
```

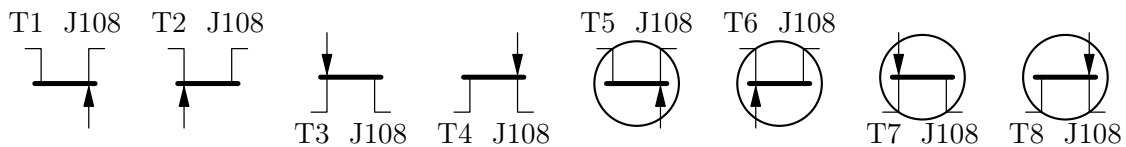


Abbildung 2.33: n-Kanal-Sperrschicht-FETs nach oben/unten

Einige p-Kanal-Sperrschicht-FETs nach oben/unten sind in Abb. 2.34 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{10}
\nocircledtrans
\trans{pj}{4}{5}{U}{T1}{J174}
\trans{pj}{13}{5}{UR}{T2}{J174}
\trans{pj}{22}{5}{D}{T3}{J174}
\trans{pj}{31}{5}{DL}{T4}{J174}
\circledtrans
```

```

\trans{pj}{40}{5}{U}{T5}{J174}
\trans{pj}{49}{5}{UR}{T6}{J174}
\trans{pj}{58}{5}{D}{T7}{J174}
\trans{pj}{67}{5}{DL}{T8}{J174}
\end{circuitdiagram}

```

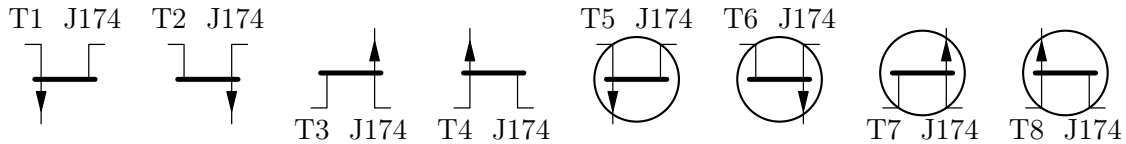


Abbildung 2.34: p-Kanal-Sperrschicht-FETs nach oben/unten

Siehe auch: 2.3.3 (Bipolartransistoren), 2.3.4 (MOSFETs), 4.1.4 (Rauschen), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.3 (Transistor-Platzierung nach links), 5.4 (Transistor-Platzierung nach rechts), 5.5 (Transistor-Platzierung nach oben), 5.6 (Transistor-Platzierung nach unten).

2.4 Integrierte Schaltungen

2.4.1 Operationsverstärker

Der Befehl `\opamp` zeichnet einen Operationsverstärker und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Operationsverstärker sind in Abb. 2.35 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{74}{24}
\opamp{7}{18}{L}{IC1}{LM358}
\opamp{17}{18}{Lhr}{IC2}{LM358}
\opamp{33}{18}{L1}{IC3}{LM358}
\opamp{45}{18}{LU}{IC4}{LM358}
\opamp{55}{18}{LUhr}{IC5}{LM358}
\opamp{70}{18}{LU1}{IC6}{LM358}
\opamp{4}{6}{R}{IC7}{LM358}
\opamp{17}{6}{Rh1}{IC8}{LM358}
\opamp{27}{6}{Rr}{IC9}{LM358}
\opamp{42}{6}{RU}{IC10}{LM358}
\opamp{55}{6}{RUh1}{IC11}{LM358}
\opamp{65}{6}{RUr}{IC12}{LM358}
\end{circuitdiagram}

```

Siehe auch: 4.4.1 (Versorgungsspannung), 4.4.2 (Operationsverstärker-Text), 4.4.10 (Pinnummern), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.1 (horizontale Platzierung).

2.4.2 Linear-ICs

Der Befehl `\linic` (bereitgestellt von der Paketooption `ic`) zeichnet einen Linear-IC und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ, danach folgen die fünf Standardargumente. Alle derzeit möglichen Linear-ICs sind in Abb. 2.36 dargestellt. Die ICs sind nur in der Orientierung `R` dargestellt; in der Orientierung `L` sind sie einfach nur gespiegelt:

2 BAUELEMENTE

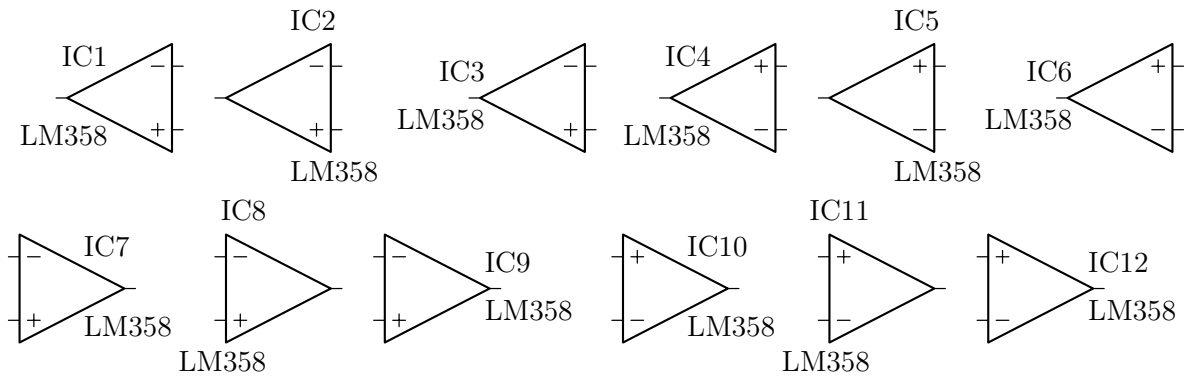


Abbildung 2.35: Operationsverstärker

```
\begin{circuitdiagram}{34}{18}
\linic{78xx}{5}{9}{Rhr}{IC1}{7812}
\linic{79xx}{17}{9}{Rhr}{IC2}{7905}
\linic{ne555}{28}{9}{Rhr}{IC3}{NE555}
\end{circuitdiagram}
```

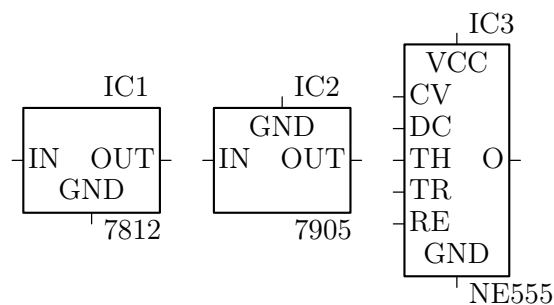


Abbildung 2.36: Linear-ICs

Siehe auch: [2.4.7](#) (TTL-ICs), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung).

2.4.3 Gatter

Der Befehl `\gate` (bereitgestellt von der Paketoption `digital`) zeichnet ein Gatter und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`and`, `nand`, `or` usw.), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige AND-Gatter sind in Abb. [2.37](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
\gate{and}{4}{18}{L}{IC1}{7408}
\gate{and}{13}{18}{Lu}{IC2}{7408}
\gate{and}{22}{18}{Ldd}{IC3}{7408}
\gate{and}{31}{18}{Lcc}{IC4}{7408}
\gate{and}{40}{18}{R}{IC5}{7408}
```



```

\gate{and}{49}{18}{Ru}{IC6}{7408}
\gate{and}{58}{18}{Rdd}{IC7}{7408}
\gate{and}{67}{18}{Rcc}{IC8}{7408}
\euagate
\gate{and}{4}{7}{L}{IC9}{7408}
\gate{and}{13}{7}{Lu}{IC10}{7408}
\gate{and}{22}{7}{Ldd}{IC11}{7408}
\gate{and}{31}{7}{Lcc}{IC12}{7408}
\gate{and}{40}{7}{R}{IC13}{7408}
\gate{and}{49}{7}{Ru}{IC14}{7408}
\gate{and}{58}{7}{Rdd}{IC15}{7408}
\gate{and}{67}{7}{Rcc}{IC16}{7408}
\end{circuitdiagram}

```

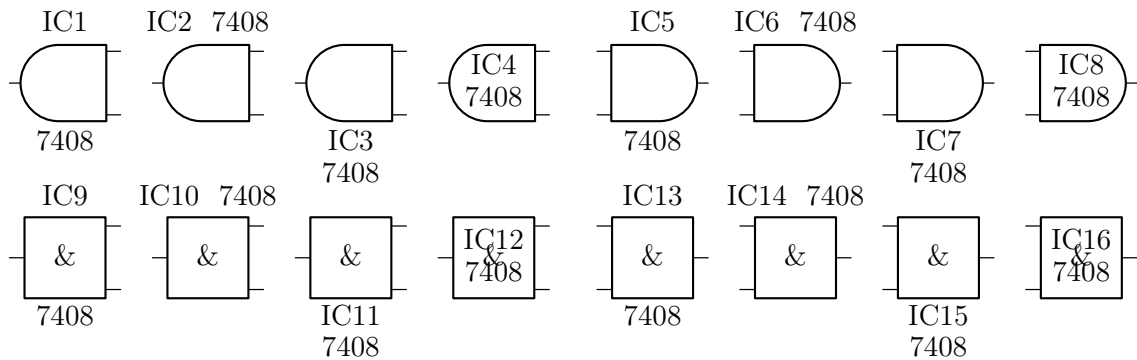


Abbildung 2.37: AND-Gatter

Einige NAND-Gatter sind in Abb. 2.38 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
\gate{nand}{4}{18}{L}{IC1}{7400}
\gate{nand}{13}{18}{Lu}{IC2}{7400}
\gate{nand}{22}{18}{Ldd}{IC3}{7400}
\gate{nand}{31}{18}{Lcc}{IC4}{7400}
\gate{nand}{40}{18}{R}{IC5}{7400}
\gate{nand}{49}{18}{Ru}{IC6}{7400}
\gate{nand}{58}{18}{Rdd}{IC7}{7400}
\gate{nand}{67}{18}{Rcc}{IC8}{7400}
\euagate
\gate{nand}{4}{7}{L}{IC9}{7400}
\gate{nand}{13}{7}{Lu}{IC10}{7400}
\gate{nand}{22}{7}{Ldd}{IC11}{7400}
\gate{nand}{31}{7}{Lcc}{IC12}{7400}
\gate{nand}{40}{7}{R}{IC13}{7400}
\gate{nand}{49}{7}{Ru}{IC14}{7400}
\gate{nand}{58}{7}{Rdd}{IC15}{7400}
\gate{nand}{67}{7}{Rcc}{IC16}{7400}

```

2 BAUELEMENTE

`\end{circuitdiagram}`

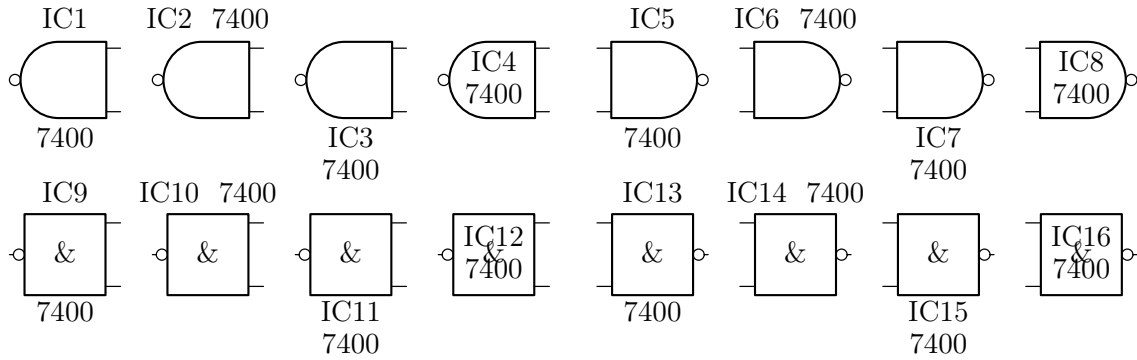


Abbildung 2.38: NAND-Gatter

Einige OR-Gatter sind in Abb. 2.39 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
\gate{or}{4}{18}{L}{IC1}{7432}
\gate{or}{13}{18}{Lu}{IC2}{7432}
\gate{or}{22}{18}{Ldd}{IC3}{7432}
\gate{or}{31}{18}{Lcc}{IC4}{7432}
\gate{or}{40}{18}{R}{IC5}{7432}
\gate{or}{49}{18}{Ru}{IC6}{7432}
\gate{or}{58}{18}{Rdd}{IC7}{7432}
\gate{or}{67}{18}{Rcc}{IC8}{7432}
\euagate
\gate{or}{4}{7}{L}{IC9}{7432}
\gate{or}{13}{7}{Lu}{IC10}{7432}
\gate{or}{22}{7}{Ldd}{IC11}{7432}
\gate{or}{31}{7}{Lcc}{IC12}{7432}
\gate{or}{40}{7}{R}{IC13}{7432}
\gate{or}{49}{7}{Ru}{IC14}{7432}
\gate{or}{58}{7}{Rdd}{IC15}{7432}
\gate{or}{67}{7}{Rcc}{IC16}{7432}
\end{circuitdiagram}
```

Einige NOR-Gatter sind in Abb. 2.40 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
\gate{nor}{4}{18}{L}{IC1}{7402}
\gate{nor}{13}{18}{Lu}{IC2}{7402}
\gate{nor}{22}{18}{Ldd}{IC3}{7402}
\gate{nor}{31}{18}{Lcc}{IC4}{7402}
\gate{nor}{40}{18}{R}{IC5}{7402}
\gate{nor}{49}{18}{Ru}{IC6}{7402}
```

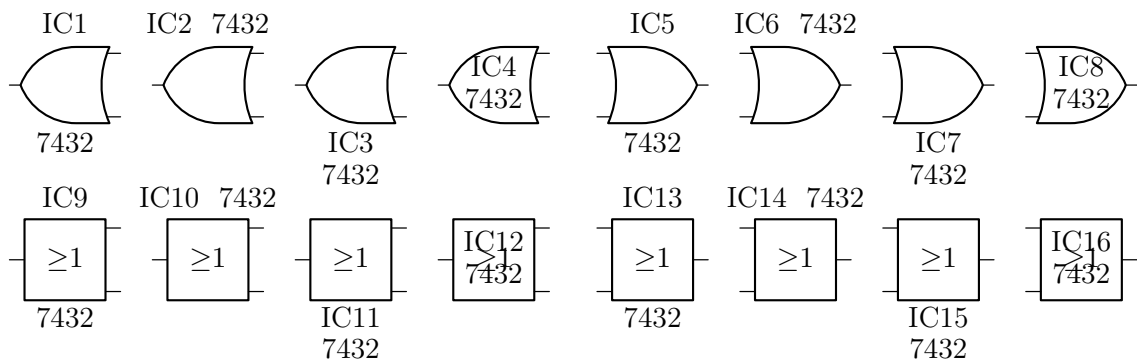


Abbildung 2.39: OR-Gatter

```

\gate{nor}{58}{18}{Rdd}{IC7}{7402}
\gate{nor}{67}{18}{Rcc}{IC8}{7402}
\euagate
\gate{nor}{4}{7}{L}{IC9}{7402}
\gate{nor}{13}{7}{Lu}{IC10}{7402}
\gate{nor}{22}{7}{Ldd}{IC11}{7402}
\gate{nor}{31}{7}{Lcc}{IC12}{7402}
\gate{nor}{40}{7}{R}{IC13}{7402}
\gate{nor}{49}{7}{Ru}{IC14}{7402}
\gate{nor}{58}{7}{Rdd}{IC15}{7402}
\gate{nor}{67}{7}{Rcc}{IC16}{7402}
\end{circuitdiagram}

```

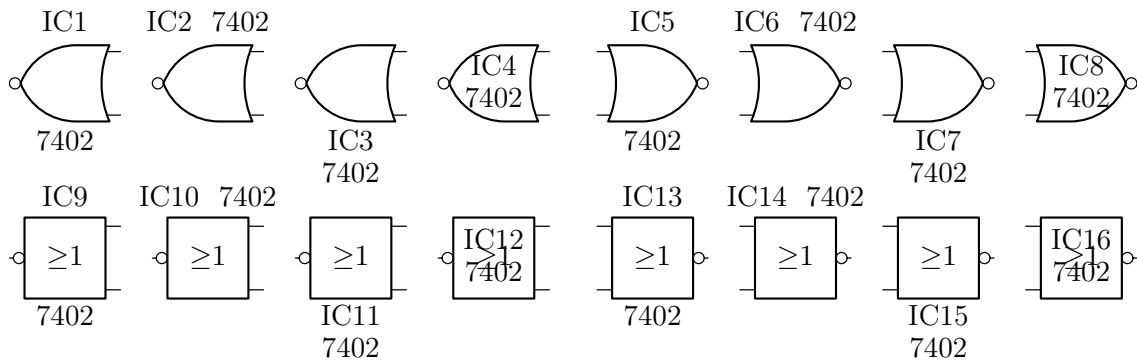


Abbildung 2.40: NOR-Gatter

Einige XOR-Gatter sind in Abb. 2.41 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
\gate{xor}{4}{18}{L}{IC1}{7486}
\gate{xor}{13}{18}{Lu}{IC2}{7486}
\gate{xor}{22}{18}{Ldd}{IC3}{7486}
\gate{xor}{31}{18}{Lcc}{IC4}{7486}

```

2 BAUELEMENTE

```

\gate{xor}{40}{18}{R}{IC5}{7486}
\gate{xor}{49}{18}{Ru}{IC6}{7486}
\gate{xor}{58}{18}{Rdd}{IC7}{7486}
\gate{xor}{67}{18}{Rcc}{IC8}{7486}
\euagate
\gate{xor}{4}{7}{L}{IC9}{7486}
\gate{xor}{13}{7}{Lu}{IC10}{7486}
\gate{xor}{22}{7}{Ldd}{IC11}{7486}
\gate{xor}{31}{7}{Lcc}{IC12}{7486}
\gate{xor}{40}{7}{R}{IC13}{7486}
\gate{xor}{49}{7}{Ru}{IC14}{7486}
\gate{xor}{58}{7}{Rdd}{IC15}{7486}
\gate{xor}{67}{7}{Rcc}{IC16}{7486}
\end{circuitdiagram}

```

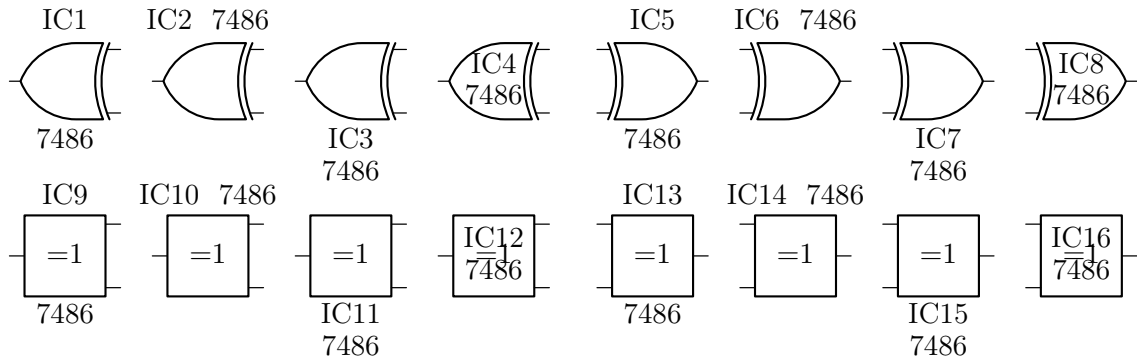


Abbildung 2.41: XOR-Gatter

Einige XNOR-Gatter sind in Abb. 2.42 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
\gate{xnor}{4}{18}{L}{IC1}{74266}
\gate{xnor}{13}{18}{Lu}{IC2}{74266}
\gate{xnor}{22}{18}{Ldd}{IC3}{74266}
\gate{xnor}{31}{18}{Lcc}{IC4}{74266}
\gate{xnor}{40}{18}{R}{IC5}{74266}
\gate{xnor}{49}{18}{Ru}{IC6}{74266}
\gate{xnor}{58}{18}{Rdd}{IC7}{74266}
\gate{xnor}{67}{18}{Rcc}{IC8}{74266}
\euagate
\gate{xnor}{4}{7}{L}{IC9}{74266}
\gate{xnor}{13}{7}{Lu}{IC10}{74266}
\gate{xnor}{22}{7}{Ldd}{IC11}{74266}
\gate{xnor}{31}{7}{Lcc}{IC12}{74266}
\gate{xnor}{40}{7}{R}{IC13}{74266}
\gate{xnor}{49}{7}{Ru}{IC14}{74266}
\gate{xnor}{58}{7}{Rdd}{IC15}{74266}

```

```
\gate{xnor}{67}{7}{Rcc}{IC16}{74266}
\end{circuitdiagram}
```

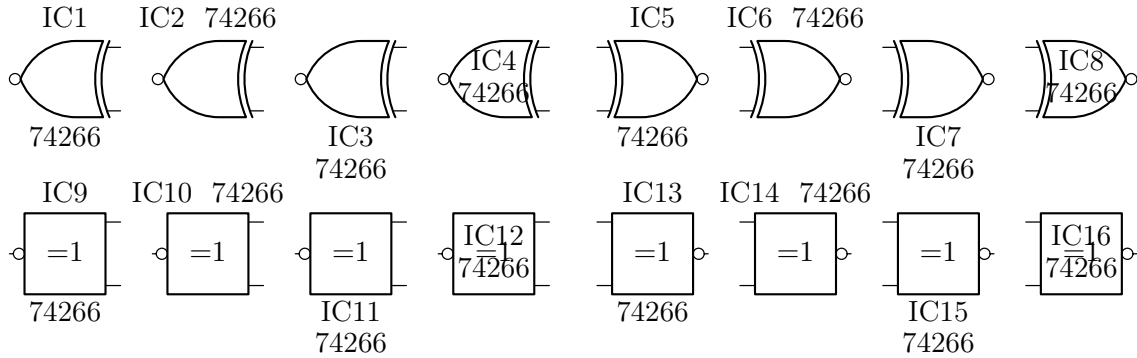


Abbildung 2.42: XNOR-Gatter

Einige Puffer-Gatter sind in Abb. 2.43 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{23}
\usgate
\gate{buf}{3}{18}{L}{IC1}{7407}
\gate{buf}{12}{18}{Lu}{IC2}{7407}
\gate{buf}{21}{18}{Ldd}{IC3}{7407}
\gate{buf}{29}{18}{Lr}{IC4}{7407}
\gate{buf}{41}{18}{R}{IC5}{7407}
\gate{buf}{50}{18}{Ru}{IC6}{7407}
\gate{buf}{59}{18}{Rdd}{IC7}{7407}
\gate{buf}{71}{18}{Rl}{IC8}{7407}
\leugate
\gate{buf}{3}{7}{L}{IC9}{7407}
\gate{buf}{12}{7}{Lu}{IC10}{7407}
\gate{buf}{21}{7}{Ldd}{IC11}{7407}
\gate{buf}{29}{7}{Lr}{IC12}{7407}
\gate{buf}{41}{7}{R}{IC13}{7407}
\gate{buf}{50}{7}{Ru}{IC14}{7407}
\gate{buf}{59}{7}{Rdd}{IC15}{7407}
\gate{buf}{71}{7}{Rl}{IC16}{7407}
\end{circuitdiagram}
```

Einige NOT-Gatter sind in Abb. 2.44 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{23}
\usgate
\gate{not}{3}{18}{L}{IC1}{7404}
\gate{not}{12}{18}{Lu}{IC2}{7404}
\gate{not}{21}{18}{Ldd}{IC3}{7404}
\gate{not}{29}{18}{Lr}{IC4}{7404}
\gate{not}{41}{18}{R}{IC5}{7404}
```

2 BAUELEMENTE

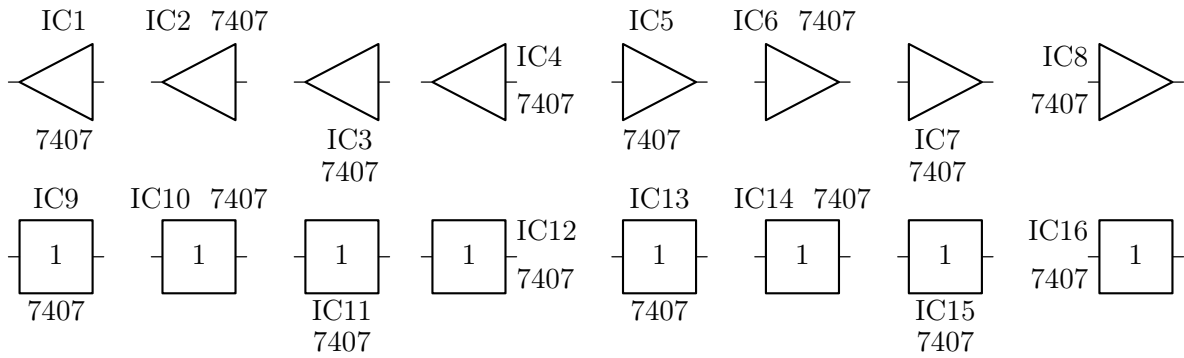


Abbildung 2.43: Puffer-Gatter

```
\gate{not}{50}{18}{Ru}{IC6}{7404}
\gate{not}{59}{18}{Rdd}{IC7}{7404}
\gate{not}{71}{18}{Rl}{IC8}{7404}
\euagate
\gate{not}{3}{7}{L}{IC9}{7404}
\gate{not}{12}{7}{Lu}{IC10}{7404}
\gate{not}{21}{7}{Ldd}{IC11}{7404}
\gate{not}{29}{7}{Lr}{IC12}{7404}
\gate{not}{41}{7}{R}{IC13}{7404}
\gate{not}{50}{7}{Ru}{IC14}{7404}
\gate{not}{59}{7}{Rdd}{IC15}{7404}
\gate{not}{71}{7}{Rl}{IC16}{7404}
\end{circuitdiagram}
```

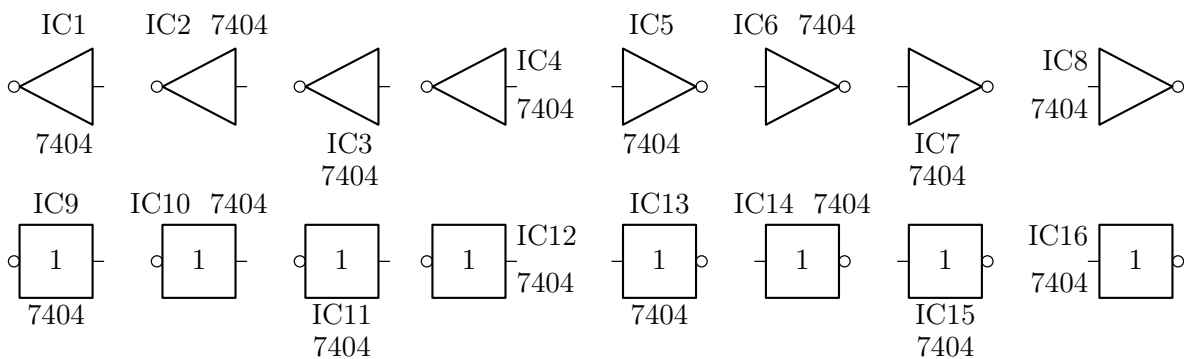


Abbildung 2.44: NOT-Gatter

Einige Transmissions-Gatter sind in Abb. 2.45 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{23}
\gate{trans1}{3}{19}{H}{IC1}{40xx}
\gate{trans1}{12}{19}{Hu}{IC2}{40xx}
```

```

\gate{trans1}{21}{19}{Hdd}{IC3}{40xx}
\gate{trans1}{29}{19}{Hr}{IC4}{40xx}
\gate{trans1}{41}{19}{HD}{IC5}{40xx}
\gate{trans1}{50}{19}{HDu}{IC6}{40xx}
\gate{trans1}{59}{19}{HDdd}{IC7}{40xx}
\gate{trans1}{71}{19}{HDl}{IC8}{40xx}
\gate{trans2}{3}{7}{H}{IC9}{40xx}
\gate{trans2}{12}{7}{Hu}{IC10}{40xx}
\gate{trans2}{21}{7}{Hdd}{IC11}{40xx}
\gate{trans2}{29}{7}{Hr}{IC12}{40xx}
\gate{trans2}{41}{7}{HD}{IC13}{40xx}
\gate{trans2}{50}{7}{HDu}{IC14}{40xx}
\gate{trans2}{59}{7}{HDdd}{IC15}{40xx}
\gate{trans2}{71}{7}{HDl}{IC16}{40xx}
\end{circuitdiagram}

```

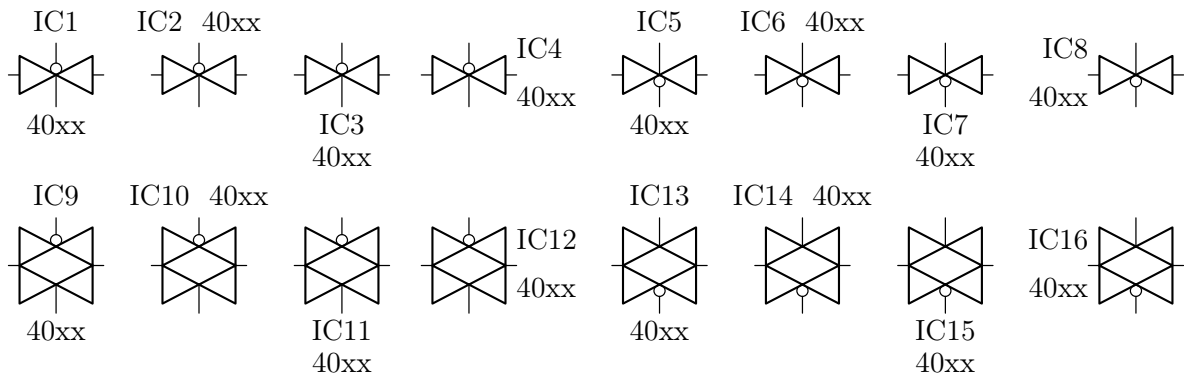


Abbildung 2.45: Transmissions-Gatter

Siehe auch: [4.4.3](#) (Eingänge für Gatter), [4.4.4](#) (Schmitt-Trigger-Kennzeichnung), [4.4.5](#) (Open-Collector-Kennzeichnung), [4.4.6](#) (Tristate-Ausgänge), [4.4.10](#) (Pinnummern), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung).

2.4.4 Decoder

Der Befehl `\decoder` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) zeichnet einen Decoder und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`mux21`, `demux13` usw.), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige Multiplexer sind in Abb. [2.46](#) bis [2.48](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{32}
\decoder{mux21}{4}{26}{L}{IC1}{74xx}
\decoder{mux21e}{14}{26}{L}{IC2}{74xx}
\decoder{mux21ne}{24}{26}{L}{IC3}{74xx}
\decoder{mux21}{34}{26}{R}{IC4}{74xx}
\decoder{mux21e}{44}{26}{R}{IC5}{74xx}
\decoder{mux21ne}{54}{26}{R}{IC6}{74xx}
\decoder{mux41}{4}{9}{L}{IC7}{74xx}

```

2 BAUELEMENTE

```
\decoder{mux41e}{14}{9}{L}{IC8}{74xx}
\decoder{mux41ne}{24}{9}{L}{IC9}{74xx}
\decoder{mux41}{34}{9}{R}{IC10}{74xx}
\decoder{mux41e}{44}{9}{R}{IC11}{74xx}
\decoder{mux41ne}{54}{9}{R}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

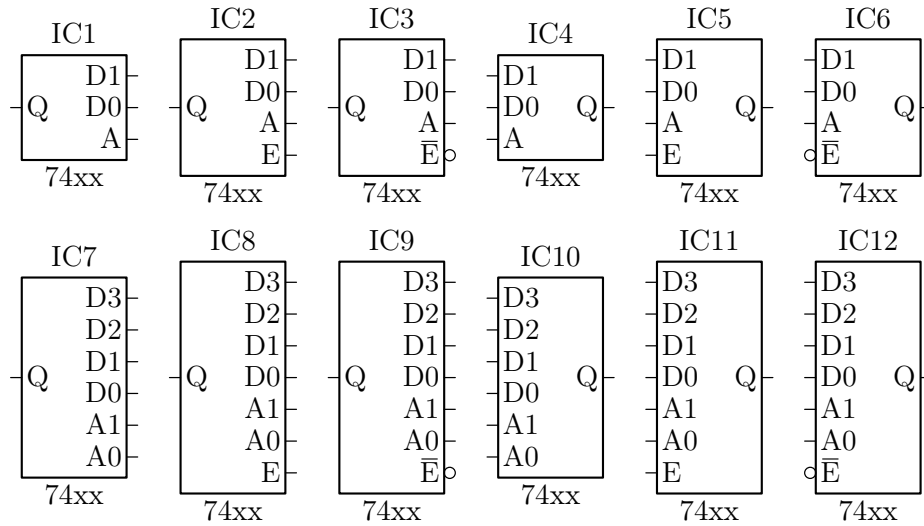


Abbildung 2.46: Multiplexer (1/3)

```
\begin{circuitdiagram}{58}{28}
\decoder{mux81}{4}{14}{L}{IC1}{74xx}
\decoder{mux81e}{14}{14}{L}{IC2}{74xx}
\decoder{mux81ne}{24}{14}{L}{IC3}{74xx}
\decoder{mux81}{34}{14}{R}{IC4}{74xx}
\decoder{mux81e}{44}{14}{R}{IC5}{74xx}
\decoder{mux81ne}{54}{14}{R}{IC6}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

```
\begin{circuitdiagram}{58}{34}
\decoder{mux101}{4}{17}{L}{IC7}{74xx}
\decoder{mux101e}{14}{17}{L}{IC8}{74xx}
\decoder{mux101ne}{24}{17}{L}{IC9}{74xx}
\decoder{mux101}{34}{17}{R}{IC10}{74xx}
\decoder{mux101e}{44}{17}{R}{IC11}{74xx}
\decoder{mux101ne}{54}{17}{R}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

Einige Demultiplexer sind in Abb. 2.49 bis 2.51 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{24}
\decoder{demux12}{4}{19}{L}{IC1}{74xx}
```

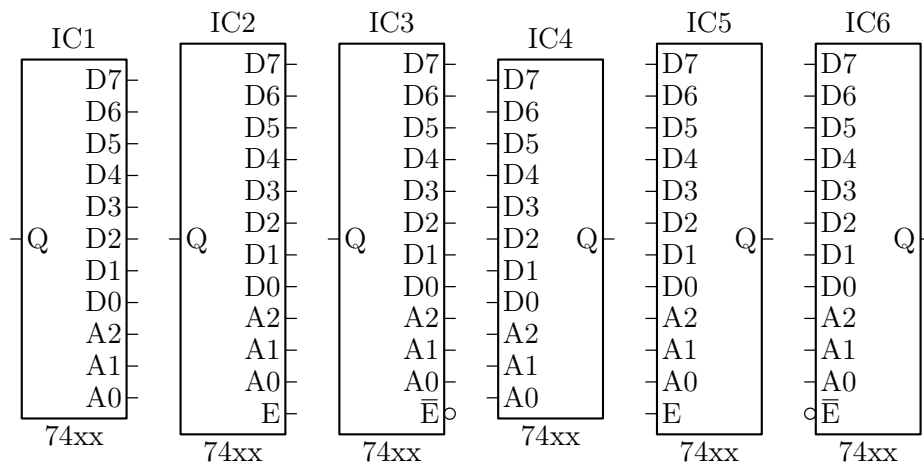



Abbildung 2.47: Multiplexer (2/3)

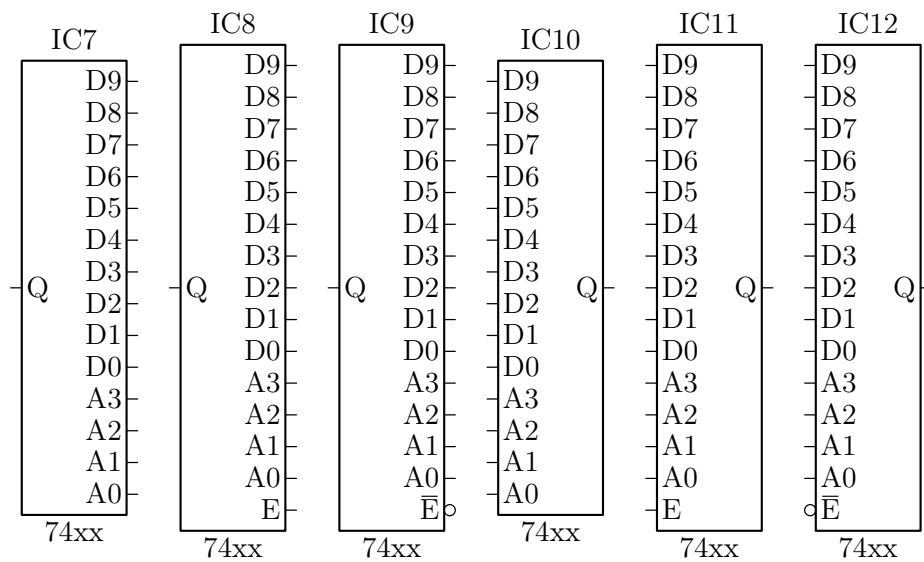


Abbildung 2.48: Multiplexer (3/3)

```

\decoder{demux12d}{14}{19}{L}{IC2}{74xx}
\decoder{demux12e}{24}{19}{L}{IC3}{74xx}
\decoder{demux12}{34}{19}{R}{IC4}{74xx}
\decoder{demux12d}{44}{19}{R}{IC5}{74xx}
\decoder{demux12e}{54}{19}{R}{IC6}{74xx}
\decoder{demux14}{4}{6}{L}{IC7}{74xx}
\decoder{demux14d}{14}{6}{L}{IC8}{74xx}
\decoder{demux14e}{24}{6}{L}{IC9}{74xx}
\decoder{demux14}{34}{6}{R}{IC10}{74xx}
\decoder{demux14d}{44}{6}{R}{IC11}{74xx}
\decoder{demux14e}{54}{6}{R}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}

```

```

\begin{circuitdiagram}{58}{20}

```

2 BAUELEMENTE

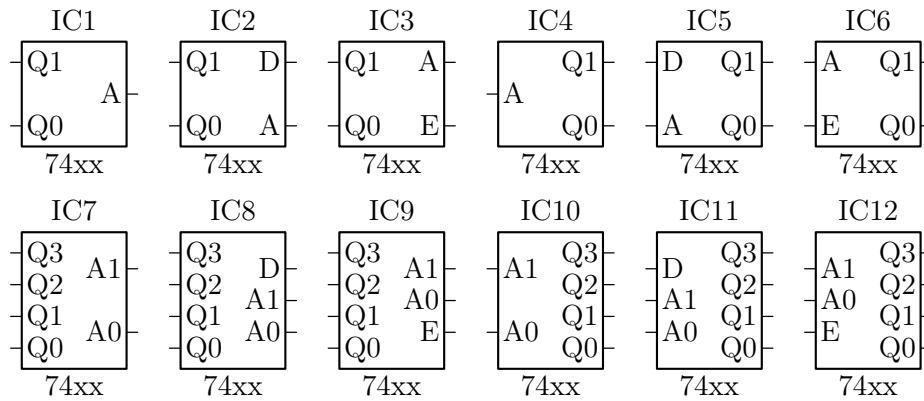


Abbildung 2.49: Demultiplexer (1/3)

```
\decoder{demux18}{4}{10}{L}{IC1}{74xx}
\decoder{demux18d}{14}{10}{L}{IC2}{74xx}
\decoder{demux18e}{24}{10}{L}{IC3}{74xx}
\decoder{demux18}{34}{10}{R}{IC4}{74xx}
\decoder{demux18d}{44}{10}{R}{IC5}{74xx}
\decoder{demux18e}{54}{10}{R}{IC6}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

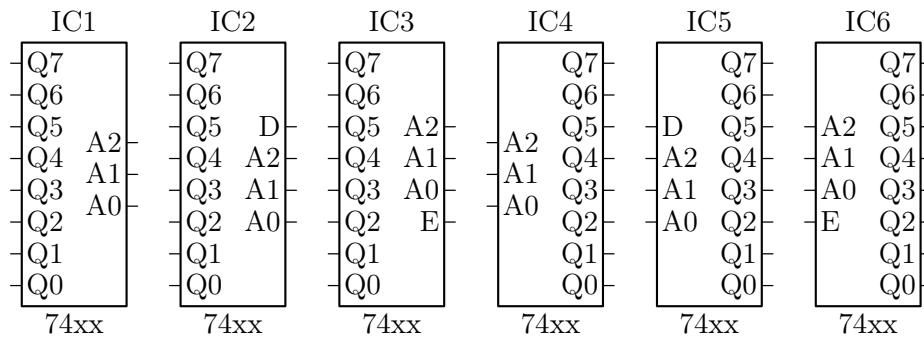


Abbildung 2.50: Demultiplexer (2/3)

```
\begin{circuitdiagram}{58}{24}
\decoder{demux110}{4}{12}{L}{IC7}{74xx}
\decoder{demux110d}{14}{12}{L}{IC8}{74xx}
\decoder{demux110e}{24}{12}{L}{IC9}{74xx}
\decoder{demux110}{34}{12}{R}{IC10}{74xx}
\decoder{demux110d}{44}{12}{R}{IC11}{74xx}
\decoder{demux110e}{54}{12}{R}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

Wie bei den Multiplexern kann der Data- und Enable-Eingang zu **nd** und **ne** negiert werden, und die beiden können auch kombiniert werden, z. B. **demux14ndne**.

Siehe auch: [4.4.7](#) (invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung).

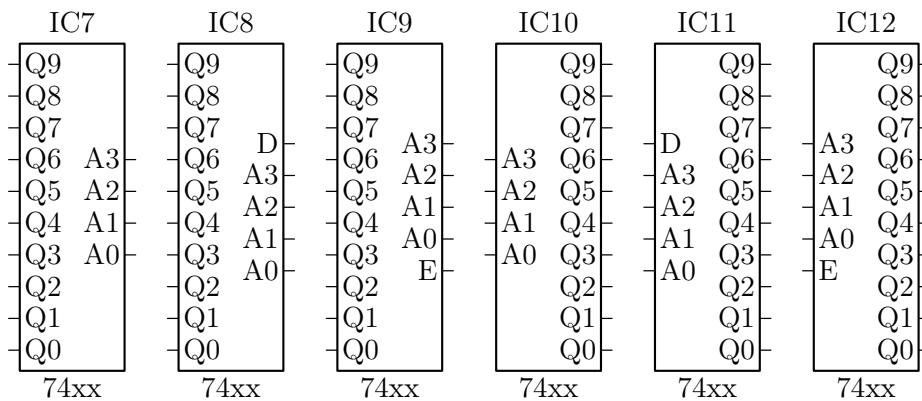


Abbildung 2.51: Demultiplexer (3/3)

2.4.5 Arithmetische Bausteine

Der Befehl `\arithm` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) zeichnet einen arithmetischen Baustein und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`halfadd`, `mul3` usw.), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige Addierer sind in Abb. 2.52 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{33}
  \arithm{halfadd}{4}{28}{L}{IC1}{74xx}
  \arithm{fulladd}{14}{28}{L}{IC2}{74xx}
  \arithm{halfadd}{34}{28}{R}{IC3}{74xx}
  \arithm{fulladd}{44}{28}{R}{IC4}{74xx}
  \arithm{add2}{4}{11}{L}{IC5}{74xx}
  \arithm{add3}{14}{11}{L}{IC6}{74xx}
  \arithm{add4}{24}{11}{L}{IC7}{74xx}
  \arithm{add2}{34}{11}{R}{IC8}{74xx}
  \arithm{add3}{44}{11}{R}{IC9}{74xx}
  \arithm{add4}{54}{11}{R}{IC10}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

Einige Multiplizierer sind in Abb. 2.53 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{29}
  \arithm{mul1}{4}{24}{L}{IC1}{74xx}
  \arithm{mul1}{34}{24}{R}{IC2}{74xx}
  \arithm{mul2}{4}{10}{L}{IC3}{74xx}
  \arithm{mul3}{14}{10}{L}{IC4}{74xx}
  \arithm{mul4}{24}{10}{L}{IC5}{74xx}
  \arithm{mul2}{34}{10}{R}{IC6}{74xx}
  \arithm{mul3}{44}{10}{R}{IC7}{74xx}
  \arithm{mul4}{54}{10}{R}{IC8}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.1 (horizontale Platzierung).

2 BAUELEMENTE

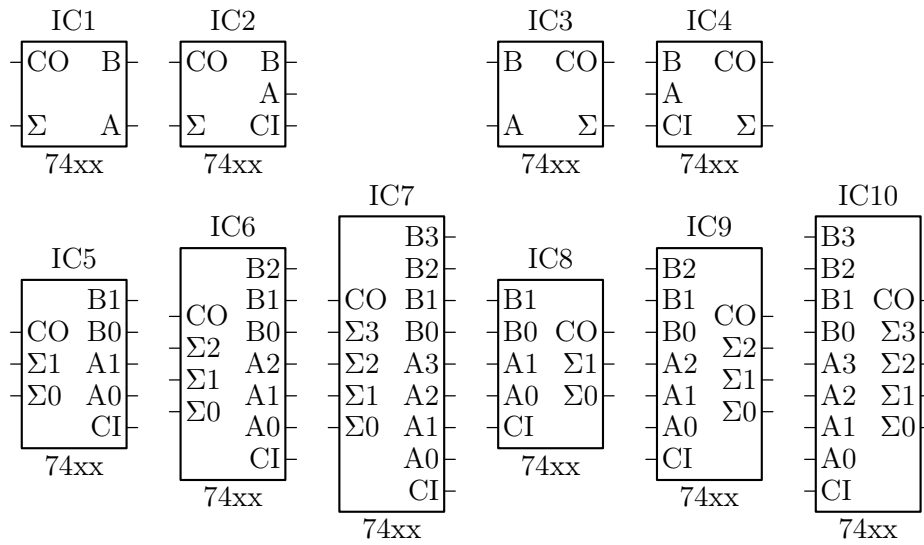


Abbildung 2.52: Addierer

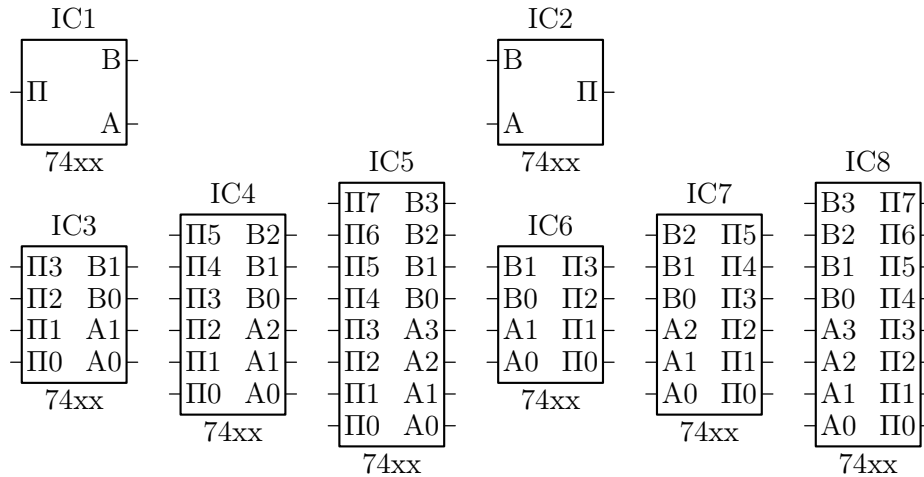


Abbildung 2.53: Multiplizierer

2.4.6 Flipflops

Der Befehl `\flipflop` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) zeichnet ein Flipflop und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`sr`, `d`, `jk` usw.), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige SR-Flipflops sind in Abb. 2.54 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\flipflop{sr}{4}{21}{L}{IC1}{74xx}
\flipflop{sr}{14}{21}{Lu}{IC2}{74xx}
\flipflop{sr}{24}{21}{Ldd}{IC3}{74xx}
\flipflop{sr}{34}{21}{R}{IC4}{74xx}
\flipflop{sr}{44}{21}{Ru}{IC5}{74xx}
\flipflop{sr}{54}{21}{Rdd}{IC6}{74xx}
\flipflop{nsr}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{nsr}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}
```

```

\flipflop{nsr}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{nsr}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}
\flipflop{nsr}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{nsr}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}

```

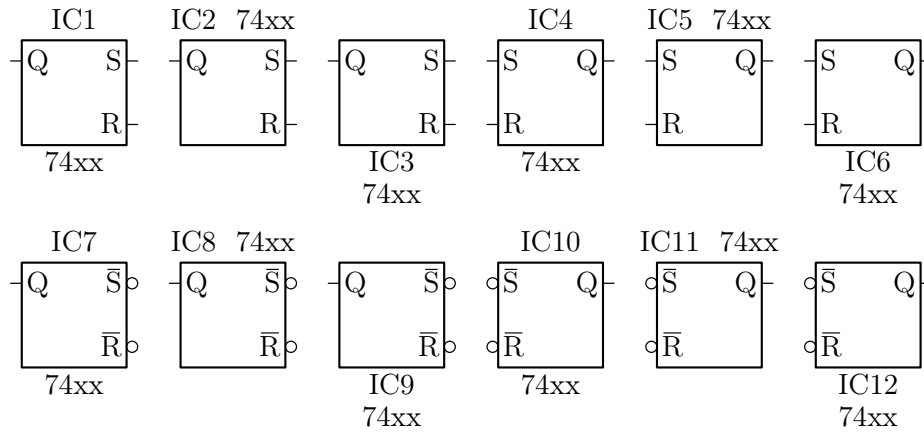


Abbildung 2.54: SR-Flipflops

Einige D-Flipflops sind in Abb. 2.55 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\flipflop{d}{4}{21}{L}{IC1}{74xx}
\flipflop{d}{14}{21}{Lu}{IC2}{74xx}
\flipflop{d}{24}{21}{Ldd}{IC3}{74xx}
\flipflop{d}{34}{21}{R}{IC4}{74xx}
\flipflop{d}{44}{21}{Ru}{IC5}{74xx}
\flipflop{d}{54}{21}{Rdd}{IC6}{74xx}
\flipflop{nd}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{nd}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}
\flipflop{nd}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{nd}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}
\flipflop{nd}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{nd}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}

```

Einige JK-Flipflops sind in Abb. 2.56 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\flipflop{jk}{4}{21}{L}{IC1}{74xx}
\flipflop{jk}{14}{21}{Lu}{IC2}{74xx}
\flipflop{jk}{24}{21}{Ldd}{IC3}{74xx}
\flipflop{jk}{34}{21}{R}{IC4}{74xx}
\flipflop{jk}{44}{21}{Ru}{IC5}{74xx}
\flipflop{jk}{54}{21}{Rdd}{IC6}{74xx}
\flipflop{nj}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{nj}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}

```

2 BAUELEMENTE

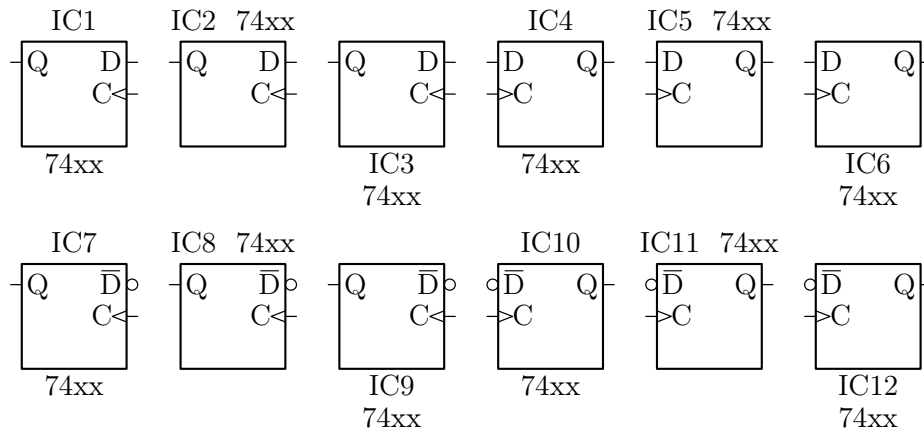


Abbildung 2.55: D-Flipflops

```
\flipflop{nj}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{nj}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}
\flipflop{nj}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{nj}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

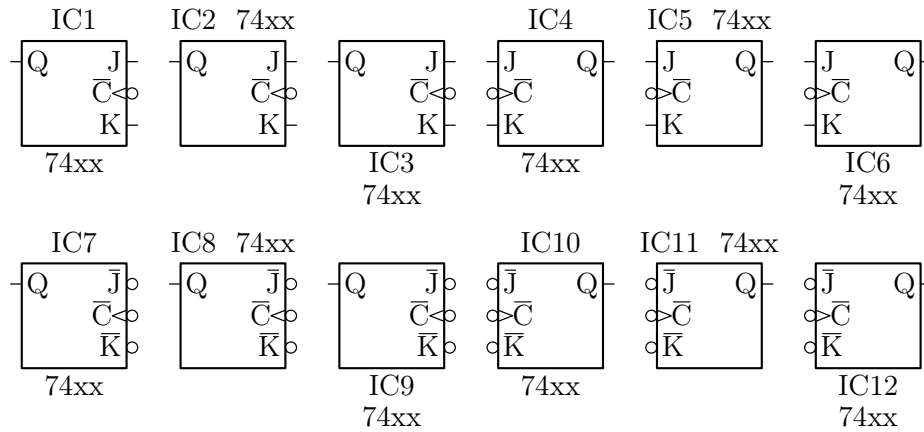


Abbildung 2.56: JK-Flipflops

Einige SR-Master-Slave-Flipflops sind in Abb. 2.57 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\flipflop{srms}{4}{21}{L}{IC1}{74xx}
\flipflop{srms}{14}{21}{Lu}{IC2}{74xx}
\flipflop{srms}{24}{21}{Ldd}{IC3}{74xx}
\flipflop{srms}{34}{21}{R}{IC4}{74xx}
\flipflop{srms}{44}{21}{Ru}{IC5}{74xx}
\flipflop{srms}{54}{21}{Rdd}{IC6}{74xx}
\flipflop{nsrms}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{nsrms}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}
\flipflop{nsrms}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{nsrms}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}
```

```

\flipflop{nsrms}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{nsrms}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}

```

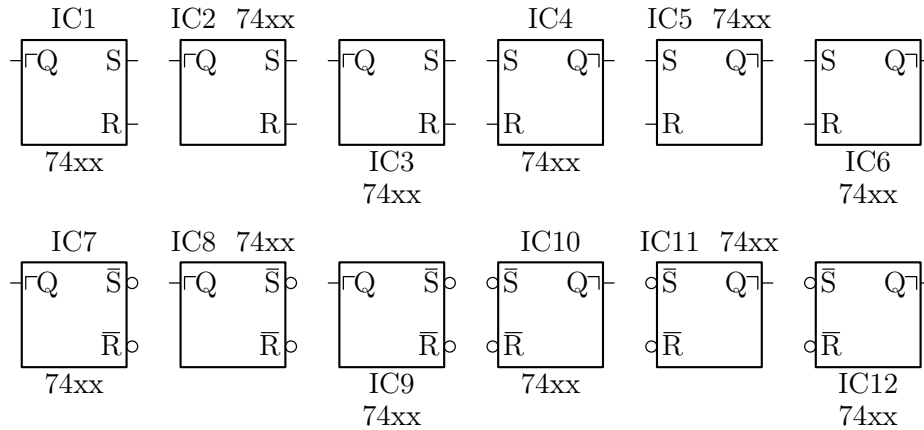


Abbildung 2.57: SR-Master-Slave-Flipflops

Einige D-Master-Slave-Flipflops sind in Abb. 2.58 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\flipflop{dms}{4}{21}{L}{IC1}{74xx}
\flipflop{dms}{14}{21}{Lu}{IC2}{74xx}
\flipflop{dms}{24}{21}{Ldd}{IC3}{74xx}
\flipflop{dms}{34}{21}{R}{IC4}{74xx}
\flipflop{dms}{44}{21}{Ru}{IC5}{74xx}
\flipflop{dms}{54}{21}{Rdd}{IC6}{74xx}
\flipflop{ndms}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{ndms}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}
\flipflop{ndms}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{ndms}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}
\flipflop{ndms}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{ndms}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}

```

Einige JK-Master-Slave-Flipflops sind in Abb. 2.59 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\flipflop{jkms}{4}{21}{L}{IC1}{74xx}
\flipflop{jkms}{14}{21}{Lu}{IC2}{74xx}
\flipflop{jkms}{24}{21}{Ldd}{IC3}{74xx}
\flipflop{jkms}{34}{21}{R}{IC4}{74xx}
\flipflop{jkms}{44}{21}{Ru}{IC5}{74xx}
\flipflop{jkms}{54}{21}{Rdd}{IC6}{74xx}
\flipflop{njkm}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{njkm}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}
\flipflop{njkm}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{njkm}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}

```

2 BAUELEMENTE

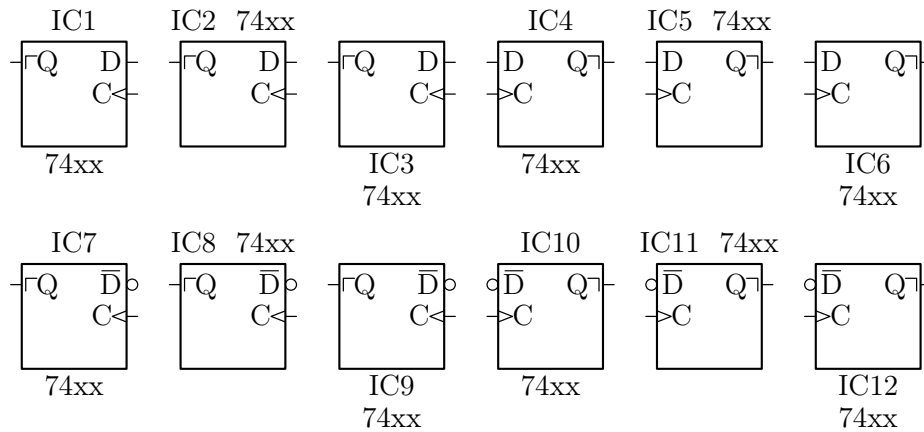


Abbildung 2.58: D-Master-Slave-Flipflops

```
\flipflop[njkms]{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop[njkms]{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

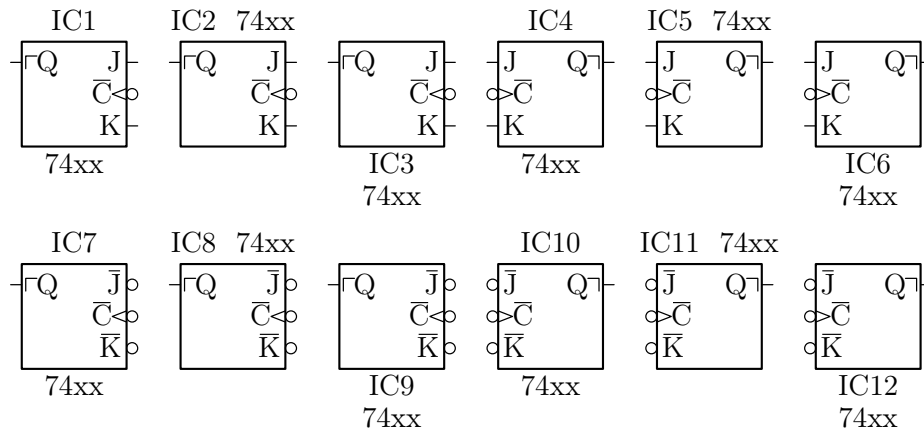


Abbildung 2.59: JK-Master-Slave-Flipflops

Siehe auch: [4.4.7](#) (invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge), [4.4.8](#) (Taktingänge für Flipflops), [4.4.9](#) (Setzen-/Löschen-Eingänge für Flipflops), [4.4.10](#) (Pinnummern), [4.5.2](#) (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung).

2.4.7 TTL-ICs

Der Befehl `\ttlic` (bereitgestellt von der Paketooption `ic`) zeichnet einen TTL-IC und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ, danach folgen die fünf Standardargumente. Alle derzeit möglichen TTL-ICs sind in Abb. [2.60](#) bis [2.64](#) dargestellt. Die ICs sind nur in der Orientierung R dargestellt; in der Orientierung L sind sie einfach nur gespiegelt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{44}
\ttlic{7400}{4}{34}{R}{IC1}{7400}
\ttlic{7401}{14}{34}{R}{IC2}{7401}
\ttlic{7402}{24}{34}{R}{IC3}{7402}
```



```

\ttlic{7403}{34}{34}{R}{IC4}{7403}
\ttlic{7404}{44}{34}{R}{IC5}{7404}
\ttlic{7405}{54}{34}{R}{IC6}{7405}
\ttlic{7406}{64}{34}{R}{IC7}{7406}
\ttlic{7407}{4}{11}{R}{IC8}{7407}
\ttlic{7408}{14}{11}{R}{IC9}{7408}
\ttlic{7409}{24}{11}{R}{IC10}{7409}
\ttlic{7410}{34}{11}{R}{IC11}{7410}
\ttlic{7411}{44}{11}{R}{IC12}{7411}
\ttlic{7414}{54}{11}{R}{IC13}{7414}
\ttlic{7420}{64}{11}{R}{IC14}{7420}
\end{circuitdiagram}

```

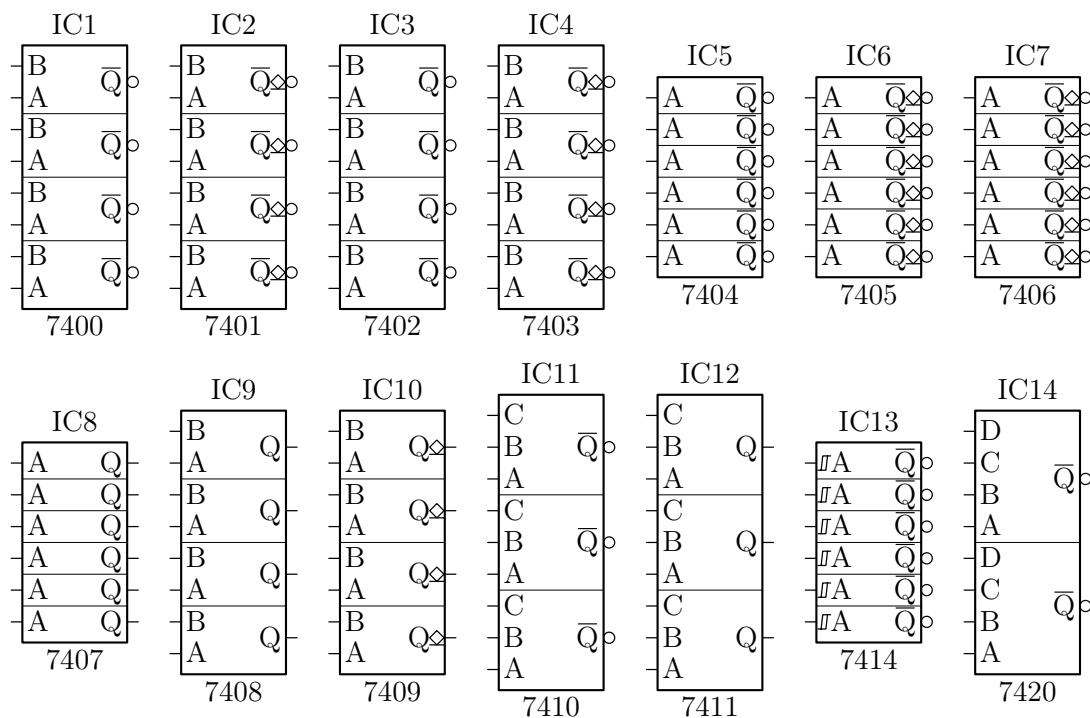


Abbildung 2.60: TTL-ICs (1/5)

```

\begin{circuitdiagram}{68}{47}
\ttlic{7421}{4}{36}{R}{IC1}{7421}
\ttlic{7422}{14}{36}{R}{IC2}{7422}
\ttlic{7426}{24}{36}{R}{IC3}{7426}
\ttlic{7427}{34}{36}{R}{IC4}{7427}
\ttlic{7430}{44}{36}{R}{IC5}{7430}
\ttlic{7432}{54}{36}{R}{IC6}{7432}
\ttlic{7433}{64}{36}{R}{IC7}{7433}
\ttlic{7437}{4}{12}{R}{IC8}{7437}
\ttlic{7442}{14}{12}{R}{IC9}{7442}
\ttlic{7447}{24}{12}{R}{IC10}{7447}

```

2 BAUELEMENTE

```
\ttlic{7473}{34}{12}{R}{IC11}{7473}
\ttlic{7474}{44}{12}{R}{IC12}{7474}
\ttlic{7475}{54}{12}{R}{IC13}{7475}
\ttlic{7476}{64}{12}{R}{IC14}{7476}
\end{circuitdiagram}
```

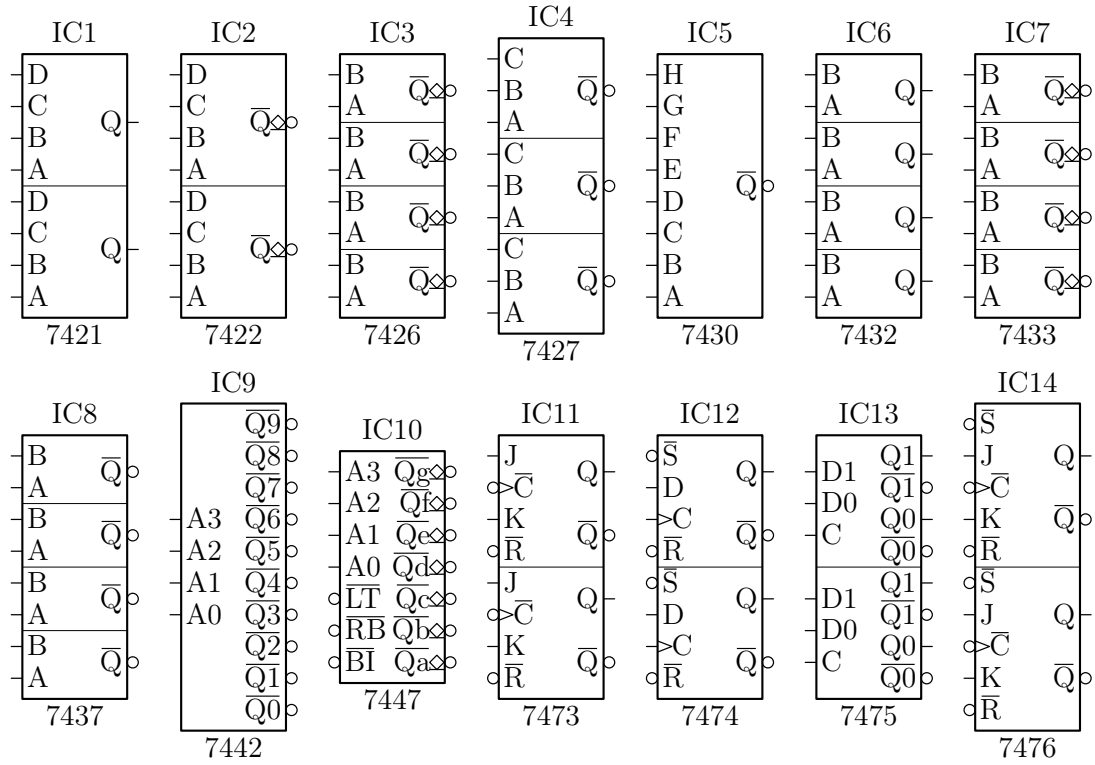


Abbildung 2.61: TTL-ICs (2/5)

```
\begin{circuitdiagram}{68}{50}
\ttlic{7483}{4}{37}{R}{IC1}{7483}
\ttlic{7485}{14}{37}{R}{IC2}{7485}
\ttlic{7486}{24}{37}{R}{IC3}{7486}
\ttlic{7490}{34}{37}{R}{IC4}{7490}
\ttlic{7492}{44}{37}{R}{IC5}{7492}
\ttlic{74107}{54}{37}{R}{IC6}{74107}
\ttlic{74109}{64}{37}{R}{IC7}{74109}
\ttlic{74112}{4}{12}{R}{IC8}{74112}
\ttlic{74113}{14}{12}{R}{IC9}{74113}
\ttlic{74114}{24}{12}{R}{IC10}{74114}
\ttlic{74122}{34}{12}{R}{IC11}{74122}
\ttlic{74123}{44}{12}{R}{IC12}{74123}
\ttlic{74125}{54}{12}{R}{IC13}{74125}
\ttlic{74126}{64}{12}{R}{IC14}{74126}
\end{circuitdiagram}
```

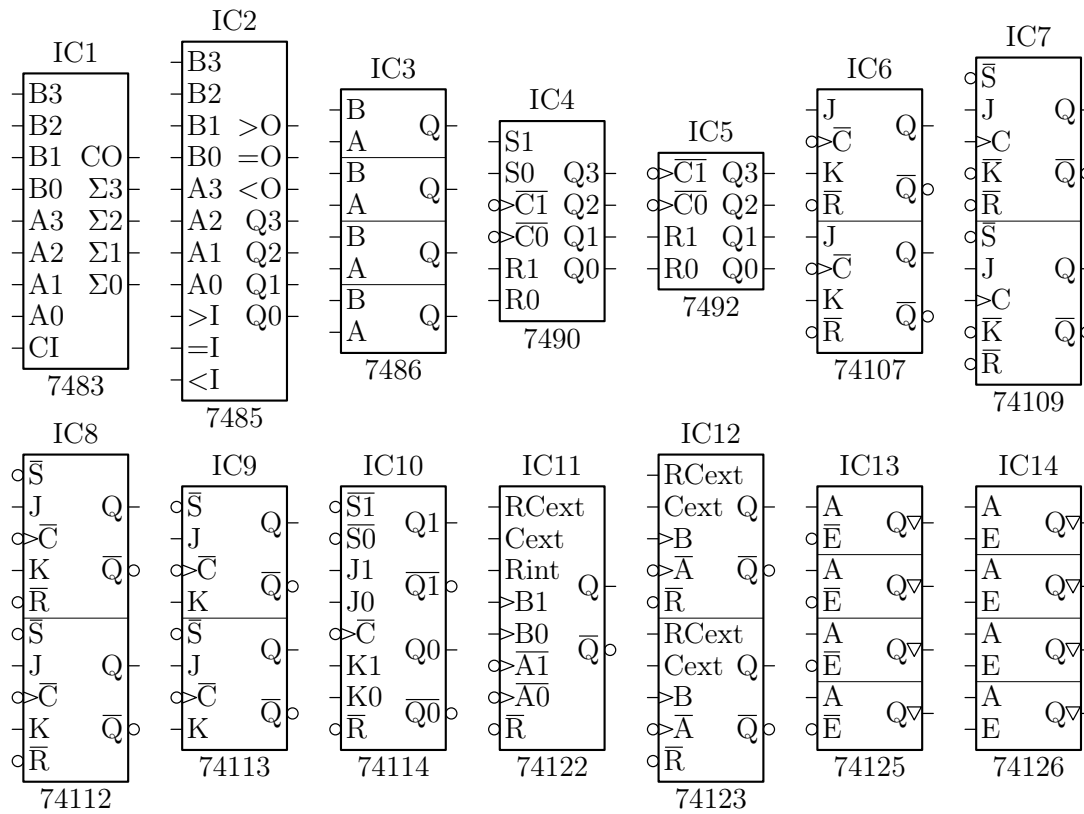


Abbildung 2.62: TTL-ICs (3/5)

```

\begin{circuitdiagram}{68}{60}
\ttlic{74132}{4}{45}{R}{IC1}{74132}
\ttlic{74133}{14}{45}{R}{IC2}{74133}
\ttlic{74136}{24}{45}{R}{IC3}{74136}
\ttlic{74137}{34}{45}{R}{IC4}{74137}
\ttlic{74138}{44}{45}{R}{IC5}{74138}
\ttlic{74139}{54}{45}{R}{IC6}{74139}
\ttlic{74145}{64}{45}{R}{IC7}{74145}
\ttlic{74151}{4}{14}{R}{IC8}{74151}
\ttlic{74153}{14}{14}{R}{IC9}{74153}
\ttlic{74155}{24}{14}{R}{IC10}{74155}
\ttlic{74157}{34}{14}{R}{IC11}{74157}
\ttlic{74164}{44}{14}{R}{IC12}{74164}
\ttlic{74173}{54}{14}{R}{IC13}{74173}
\ttlic{74175}{64}{14}{R}{IC14}{74175}
\end{circuitdiagram}

```

```

\begin{circuitdiagram}{58}{24}
\ttlic{74240}{4}{12}{R}{IC1}{74240}
\ttlic{74244}{14}{12}{R}{IC2}{74244}
\ttlic{74273}{24}{12}{R}{IC3}{74273}
\ttlic{74283}{34}{12}{R}{IC4}{74283}

```

2 BAUELEMENTE

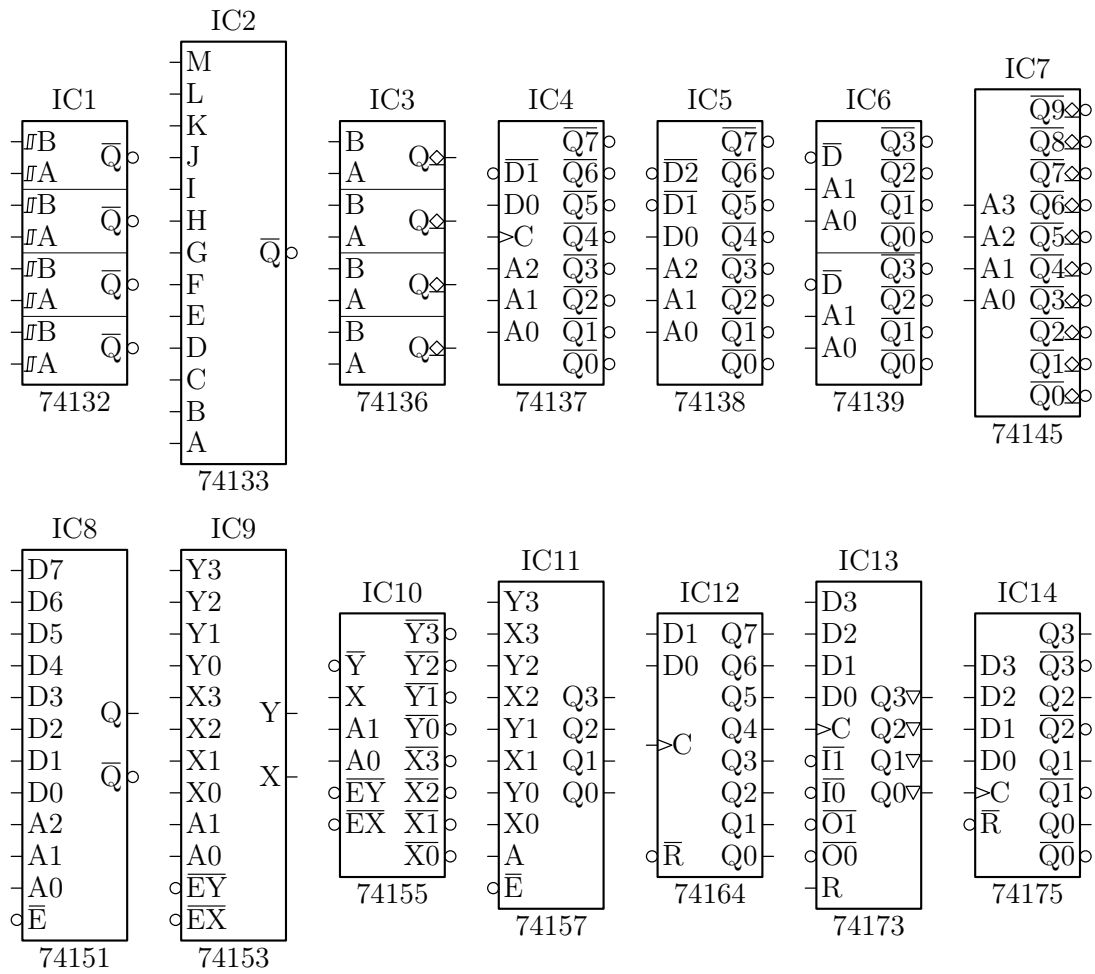


Abbildung 2.63: TTL-ICs (4/5)

```
\ttlic{74390}{44}{12}{R}{IC5}{74390}
\ttic{74393}{54}{12}{R}{IC6}{74393}
\end{circuitdiagram}
```

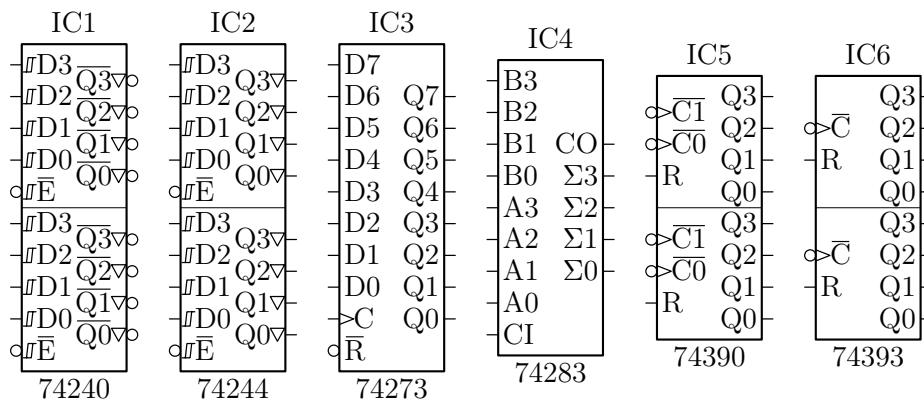


Abbildung 2.64: TTL-ICs (5/5)

Siehe auch: 2.4.2 (Linear-ICs), 4.5.2 (Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren), 5.1 (horizontale Platzierung).

2.5 Gekoppelte Bauelemente

2.5.1 Gekoppelte Schalter

Der Befehl `\swiandswi` (bereitgestellt von der Paketooption `switch`) zeichnet zwei übergebene Bauelemente (zwei Schalter), verbunden mit einer gestrichelten Linie. Er besitzt zwei Argumente für die beiden Bauelemente. Der Verlauf der Linie kann nicht beeinflusst werden. Einige gekoppelte Schalter sind in Abb. 2.65 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\swiandswi{\switch{offline}{7}{16}{Rd}{S1}{abc}}%
{\switch{offline}{7}{22}{Ru}{S2}{def}}
\swiandswi{\switch{tog}{25}{17}{Ll}{S3}{abc}}%
{\switch{off}{19}{23}{D}{S4}{def}}
\swiandswi{\switch{ontouch}{34}{22}{Lr}{S5}{abc}}%
{\switch{online}{40}{16}{Ld}{S6}{def}}
\swiandswi{\switch{offline}{49}{23}{RDr}{S7}{abc}}%
{\switch{togline}{55}{17}{DRl}{S8}{def}}
\swiandswi{\switch{offline}{3}{6}{URhr}{S9}{abc}}%
{\switch{tog}{9}{6}{UR}{S10}{def}}
\swiandswi{\switch{ontouch}{20}{4}{Dhl}{S11}{abc}}%
{\switch{togline*}{27}{8}{Rl}{S12}{def}}
\swiandswi{\switch{offline}{41}{7}{Uhl}{S13}{abc}}%
{\switch{ontouch}{35}{5}{DRl}{S14}{def}}
\swiandswi{\switch{togline*}{55}{8}{Dhl}{S15}{abc}}%
{\switch{offline}{49}{4}{RDd}{S16}{def}}
\end{circuitdiagram}
```

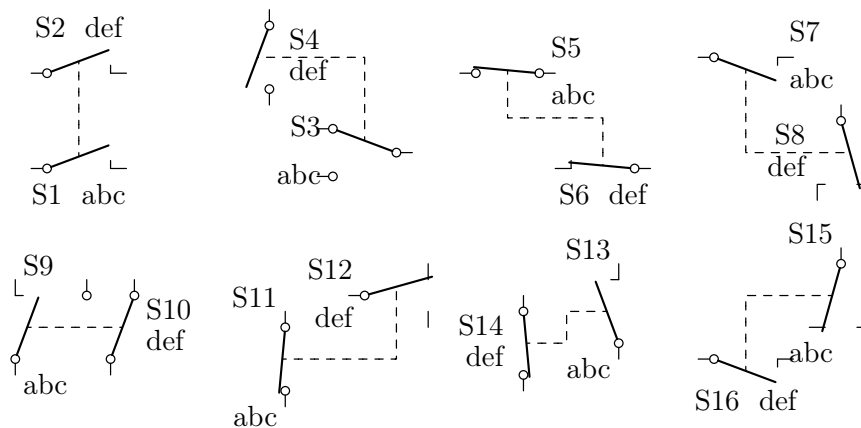


Abbildung 2.65: Zwei gekoppelte Schalter

Es können auch mehrere Schalter gekoppelt werden. Dazu wird der Befehl `\swiandswi` mit leerem ersten Argument wiederholt. Einige Beispiele sind in Abb. 2.66 dargestellt:

2 BAUELEMENTE

```
\begin{circuitdiagram}{31}{17}
\swiandswi{\switch{offline}{3}{13}{Rhr}{S1}{}}%
{\switch{offline}{3}{7}{Rhr}{S2}{}}
\swiandswi{}{\switch{offline}{3}{1}{Rhr}{S3}{}}
\swiandswi{\switch{togtouch}{11}{12}{Ud}{S4}{}}%
{\switch{togtouch}{17}{12}{Ud}{S5}{}}
\swiandswi{}{\switch{togtouch}{23}{6}{Ud}{S6}{}}
\swiandswi{}{\switch{togtouch}{29}{6}{Ud}{S7}{}}
\end{circuitdiagram}
```

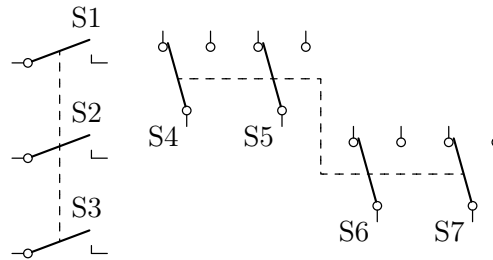


Abbildung 2.66: Mehrere gekoppelte Schalter

Siehe auch: [2.2.1](#) (Schalter), [2.5.2](#) (gekoppelte Relais und Schalter), [2.5.4](#) (verzweigte Kopplungen).

2.5.2 Gekoppelte Relais und Schalter

Der Befehl `\relandswi` (bereitgestellt von der Paketooption `switch`) zeichnet zwei übergebene Bauelemente (ein Relais und einen Schalter), verbunden mit einer gestrichelten Linie. Er besitzt zwei Argumente für die beiden Bauelemente. Der Verlauf der Linie kann nicht beeinflusst werden. Einige Relais-Schalter-Kombinationen sind in Abb. [2.67](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\relandswi{\relay{7}{16}{Hd}{S1}{12 V}}%
{\switch{offline}{7}{22}{Ru}{S2}{abc}}
\relandswi{\relay{25}{17}{Hl}{S3}{12 V}}%
{\switch{off}{19}{23}{D}{S4}{abc}}
\relandswi{\relay{34}{22}{Hr}{S5}{12 V}}%
{\switch{online}{40}{16}{Ld}{S6}{abc}}
\relandswi{\relay{49}{23}{Hr}{S7}{12 V}}%
{\switch{togline}{55}{17}{DR1}{S8}{abc}}
\relandswi{\relay{3}{6}{Vhr}{S9}{12 V}}%
{\switch{tog}{9}{6}{UR}{S10}{abc}}
\relandswi{\relay{20}{4}{Vhl}{S11}{12 V}}%
{\switch{togline*}{27}{8}{R1}{S12}{abc}}
\relandswi{\relay{41}{7}{Vhl}{S13}{12 V}}%
{\switch{ontouch}{35}{5}{DR1}{S14}{abc}}
\relandswi{\relay{55}{8}{Vhl}{S15}{12 V}}%
{\switch{offline}{49}{4}{RDd}{S16}{abc}}
\end{circuitdiagram}
```

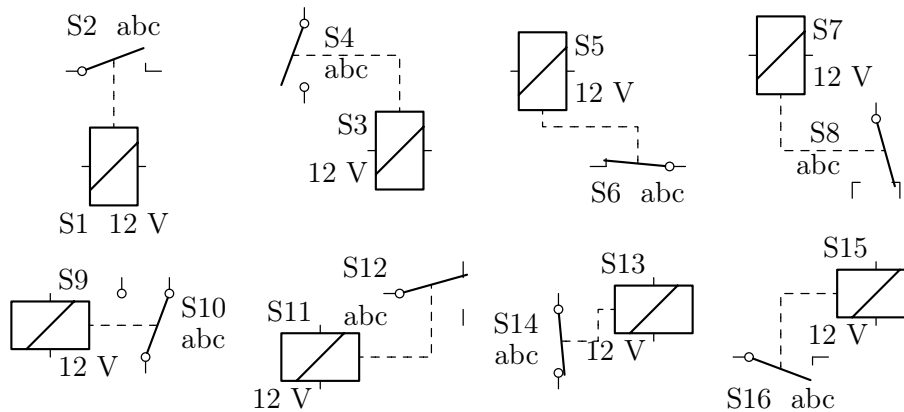


Abbildung 2.67: Relais mit Schaltern

Mehrere Schaltkontakte können wieder mit `\swiandswi` (bereitgestellt von der Paketooption `switch`) und leerem ersten Argument hinzugefügt werden. Einige Beispiele sind in Abb. 2.68 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{28}{9}
  \relandswi{\relay{3}{4}{Vhr}{S1}{12 V}}{\switch{togline}{11}{4}{DRhr}{S2}{}}
  \swiandswi{\switch{togline}{18}{4}{DRhr}{S3}{}}
  \swiandswi{\switch{togline}{25}{4}{DRhr}{S4}{}}
\end{circuitdiagram}
```

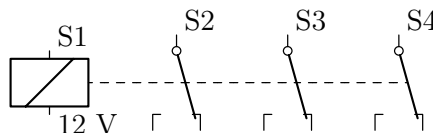


Abbildung 2.68: Relais mit mehreren Schaltern

Siehe auch: 2.2.1 (Schalter), 2.2.2 (Relais), 2.5.1 (gekoppelte Schalter), 2.5.4 (verzweigte Kopplungen).

2.5.3 Gekoppelte Widerstände, Kondensatoren und Spulen

Der Befehl `\rclandrcl` (bereitgestellt von der Paketooption `passive`) zeichnet zwei übergebene veränderbare oder trimmbare Bauelemente (zwei Widerstände, Kondensatoren oder Spulen), verbunden mit einer gestrichelten Linie. Er besitzt zwei Argumente für die beiden Bauelemente. Der Verlauf der Linie kann begrenzt beeinflusst werden. Einige gekoppelte veränderbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen sind in Abb. 2.69 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{52}{14}
  \rclandrcl{\resis[\modify{RU}\wireLR{1}]{4}{11}{H}{R1}{}}%
    {\resis[\modify{RU}\wireLR{1}]{4}{3}{H}{R2}{}}
  \rclandrcl{\resis[\modify{LD*}\wireUD{1}]{13}{7}{V}{R3}{}}%
    {\resis[\modify{LD*}\wireUD{1}]{21}{7}{V}{R4}{}}
  \rclandrcl{\capac[\modify{RD}\wireLR{3}]{31}{11}{H}{C1}{}}%
```

2 BAUELEMENTE

```
\capac[\modify{RD}\wireLR{3}]{31}{3}{H}{C2}{}}
\rclandrcl{\induc[\modify{LU}\wireUD{1}]{40}{7}{VR}{L1}{}}%
{\induc[\modify{LU}\wireUD{1}]{48}{7}{VR}{L2}{}}
\end{circuitdiagram}
```

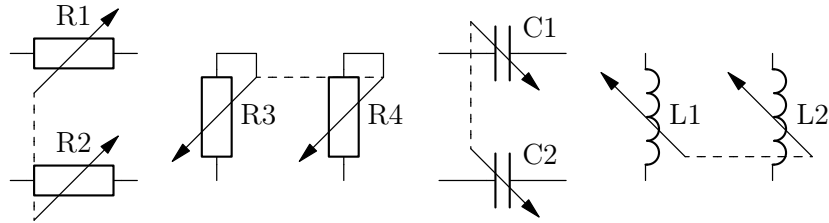


Abbildung 2.69: Zwei gekoppelte veränderbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen

Einige gekoppelte trimmbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen sind in Abb. 2.70 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{52}{14}
\rclandrcl{\resis[\trim{RU}\wireLR{1}]{4}{11}{H}{R1}{}}%
{\resis[\trim{RU}\wireLR{1}]{4}{3}{H}{R2}{}}
\rclandrcl{\resis[\trim{LD*}\wireUD{1}]{13}{7}{V}{R3}{}}%
{\resis[\trim{LD*}\wireUD{1}]{21}{7}{V}{R4}{}}
\rclandrcl{\capac[\trim{RD}\wireLR{3}]{31}{11}{H}{C1}{}}%
{\capac[\trim{RD}\wireLR{3}]{31}{3}{H}{C2}{}}
\rclandrcl{\induc[\trim{LU}\wireUD{1}]{40}{7}{VR}{L1}{}}%
{\induc[\trim{LU}\wireUD{1}]{48}{7}{VR}{L2}{}}
\end{circuitdiagram}
```

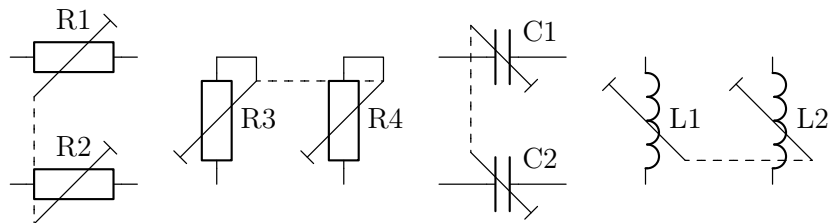


Abbildung 2.70: Zwei gekoppelte trimmbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen

Der Befehl kann ein optionales Argument erhalten, das den Verlauf der Linie beeinflusst. Einige Beispiele sind in Abb. 2.71 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{52}{14}
\rclandrcl{\resis[\modify{RU}\wireLR{1}]{4}{11}{H}{R1}{}}%
{\resis[\modify{RU}\wireLR{1}]{6}{3}{H}{R2}{}}
\rclandrcl[H]{\resis[\trim{LD*}\wireUD{1}]{15}{9}{V}{R3}{}}%
{\resis[\trim{LD*}\wireUD{1}]{21}{5}{V}{R4}{}}
\rclandrcl[VH]{\capac[\modify{RD}\wireLR{3}]{33}{11}{H}{C1}{}}%
{\capac[\modify{RD}\wireLR{3}]{31}{3}{H}{C2}{}}
```



```
\rclandrcl[V]{\induc[\trim{LU}\wireUD{1}]{42}{9}{VR}{L1}{}}%
{\induc[\trim{LU}\wireUD{1}]{48}{5}{VR}{L2}{}}
\end{circuitdiagram}
```

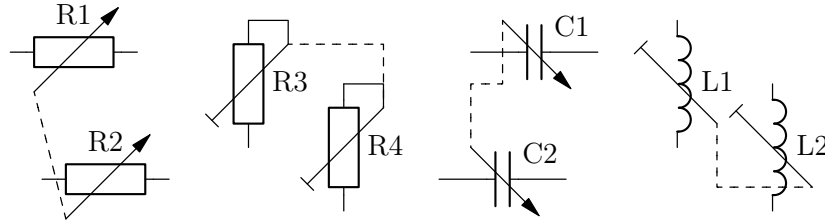


Abbildung 2.71: Zwei gekoppelte R, C, L mit benutzerdefinierter Linie

Mehrere Bauelemente können wieder mit `\rclandrcl` und leerem ersten Argument hinzugefügt werden. Einige Beispiele sind in Abb. 2.72 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{46}{14}
\rclandrcl{\resis[\modify{RU}\wireLR{1}]{4}{11}{H}{R1}{}}%
{\resis[\modify{RU}\wireLR{1}]{4}{5}{H}{R2}{}}
\rclandrcl[V]{\resis[\modify{RU}\wireLR{1}]{12}{3}{H}{R3}{}}
\rclandrcl{\capac[\trim{LU}\wireUD{3}]{21}{7}{V}{C1}{}}%
{\capac[\trim{LU}\wireUD{3}]{27}{7}{V}{C2}{}}
\rclandrcl[HV]{\capac[\trim{RD}\wireUD{3}]{37}{7}{Vd}{C3}{}}
\rclandrcl{\capac[\trim{RD}\wireUD{3}]{43}{7}{Vd}{C4}{}}
\end{circuitdiagram}
```

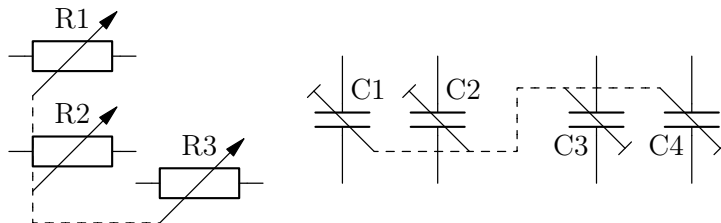


Abbildung 2.72: Mehrere gekoppelte R, C, L

Siehe auch: 2.2.3 (Widerstände), 2.2.4 (Kondensatoren), 2.2.5 (Spulen), 2.5.4 (verzweigte Kopplungen), 4.2.8 (Veränderbarkeit), 4.2.9 (Einstellbarkeit).

2.5.4 Verzweigte Kopplungen

Mit `\savelastelem` und `\loadlastelem` kann eines der Bauelemente auch mehrmals verbunden werden. Beispiele für Schalter sind in Abb. 2.73 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{37}{13}
\swiandswi{\switch{offline}{2}{8}{Uhr}{S1}{}\savelastelem}%
{\switch{offline}{7}{3}{Rd}{S2}{}}
\swiandswi{\loadlastelem}{\switch{offline}{16}{3}{Rd}{S3}{}}
\swiandswi{\loadlastelem}{\switch{offline}{25}{3}{Rd}{S4}{}}
```

2 BAUELEMENTE

```
\swiandswi{\loadlastelem}{\switch{offline}{34}{3}{Rd}{S5}{}}
\end{circuitdiagram}
```

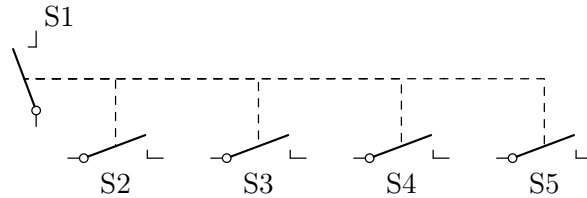


Abbildung 2.73: Schalter mit mehreren Verbindungen

Beispiele für Relais sind in Abb. 2.74 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{36}{18}
\relandswi{\relay{10}{8}{Vhr}{S1}{12 V}\savelastelem}%
{\switch{togline}{2}{8}{Dhr}{S2}{}}
\relandswi{\loadlastelem}{\switch{togline}{18}{8}{DRhl}{S3}{}}
\relandswi{\relay{26}{8}{Vhl}{S4}{12 V}\savelastelem}%
{\switch{togline}{33}{13}{DRhr}{S5}{}}
\relandswi{\loadlastelem}{\switch{togline}{33}{3}{DRhr}{S6}{}}
\end{circuitdiagram}
```

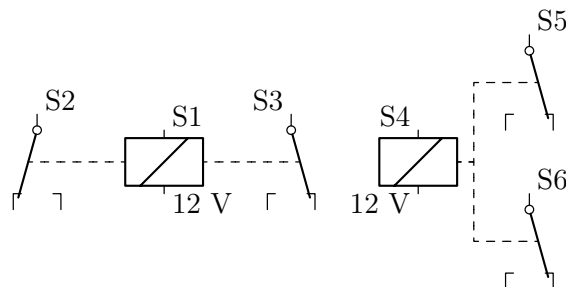


Abbildung 2.74: Relais mit mehreren Verbindungen

Beispiele für Widerstände, Kondensatoren und Spulen sind in Abb. 2.75 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{36}{15}
\rclandrcl[HV]{\capac[\trim{LU}\wireUD{3}]{3}{8}{V}{C1}{}}\savelastelem}%
{\capac[\trim{RU}\wireUD{2}]{13}{11}{Vu}{C2}{}}
\rclandrcl[HV]{\loadlastelem}{\capac[\trim{RD}\wireUD{2}]{13}{3}{Vd}{C3}{}}
\rclandrcl[V]{\induc[\modify{RU}\wireUD{1}]{22}{11}{Vl}{L1}{}}\savelastelem}%
{\induc[\modify{RU}\wireLR{1}]{32}{9}{H}{L2}{}}
\rclandrcl[V]{\loadlastelem}{\induc[\modify{RU}\wireLR{1}]{32}{3}{H}{L3}{}}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 2.5.1 (gekoppelte Schalter), 2.5.2 (gekoppelte Relais und Schalter), 2.5.3 (gekoppelte Widerstände, Kondensatoren und Spulen).

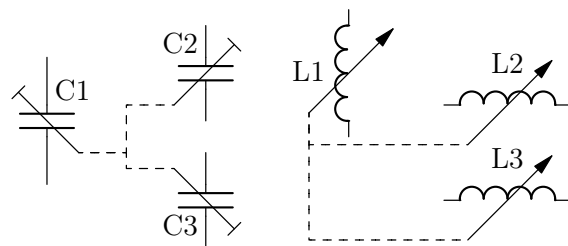


Abbildung 2.75: R, C, L mit mehreren Verbindungen

3 Verbindungen, Betriebsspannung und Pfeile

3.1 Drähte

Der Befehl `\wire` zeichnet einen Draht und besitzt vier Argumente. Die ersten beiden sind die x- und y-Koordinate des Startpunkts, die letzten beiden die des Endpunkts. Einige Drähte sind in Abb. 3.1 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{15}{3}
\wire{0}{2}{3}{2}
\wire{5}{0}{5}{3}
\wire{7}{0}{9}{2}
\wire{11}{1}{15}{1}
\wire{13}{0}{13}{3}
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 3.1: Drähte

Der Befehl besitzt ein optionales Argument, das H oder V sein kann. In diesem Fall wird kein diagonaler Draht, sondern ein rechtwinklig abgeknickter Draht gezeichnet, der entweder zuerst horizontal oder zuerst vertikal verläuft. Einige solche Drähte sind in Abb. 3.2 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{30}{3}
\wire[H]{0}{0}{2}{3}
\wire[V]{4}{0}{6}{3}
\wire[H]{10}{0}{8}{3}
\wire[V]{14}{0}{12}{3}
\wire[H]{16}{3}{18}{0}
\wire[V]{20}{3}{22}{0}
\wire[H]{26}{3}{24}{0}
\wire[V]{30}{3}{28}{0}
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 3.2: Abgeknickte Drähte

Siehe auch: 3.2 (Lötpunkte), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen).

3.2 Lötpunkte

Der Befehl `\junct` zeichnet einen Lötpunkt und besitzt zwei Argumente. Dies sind die x- und y-Koordinate des Punkts. Einige Lötpunkte sind in Abb. 3.3 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{13}{3}
\wire{0}{1}{2}{1}
```

```

\wire{2}{0}{2}{3}
\junct{2}{1}
\wire{4}{2}{7}{2}
\wire{5}{0}{5}{2}
\junct{5}{2}
\wire{9}{1}{13}{1}
\wire{11}{0}{11}{3}
\junct{11}{1}
\end{circuitdiagram}

```



Abbildung 3.3: Lötunkte

Siehe auch: [3.1](#) (Drähte).

3.3 Anschlusspins

Der Befehl `\pin` zeichnet einen Anschlusspin und besitzt vier Argumente. Dies sind die ersten vier der fünf Standardargumente, d. h. nur der Bauelementwert fällt weg. Einige Anschlusspins sind in Abb. [3.4](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{6}
\pin{1}{3}{L}{}
\pin{6}{3}{L}{A}
\pin{10}{3}{R}{}
\pin{14}{3}{R}{B}
\pin{19}{3}{LR}{}
\pin{23}{3}{LR}{A}
\pin{27}{3}{LRd}{B}
\pin{31}{3}{U}{}
\pin{35}{3}{U}{A}
\pin{39}{3}{D}{}
\pin{43}{3}{D}{B}
\pin{47}{3}{UD}{}
\pin{51}{3}{UD}{A}
\pin{57}{3}{UD1}{B}
\end{circuitdiagram}

```

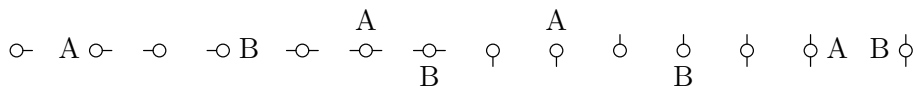


Abbildung 3.4: Anschlusspins

Siehe auch: [3.4.1](#) (Masse-Symbole), [3.4.2](#) (Betriebsspannungssymbole), [4.1.1](#) (Stecker und Buchsen), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen).

3.4 Masse und Betriebsspannung

3.4.1 Masse-Symbole

Der Befehl `\ground` zeichnet ein Masse-Symbol und besitzt drei Argumente. Dies sind die ersten drei der fünf Standardargumente, d. h. Referenz und Bauelementwert fallen weg. Einige Masse-Symbole sind in Abb. 3.5 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{15}{4}
  \ground{1}{2}{L}
  \ground{5}{2}{R}
  \ground{9}{2}{U}
  \ground{13}{2}{D}
\end{circuitdiagram}
```

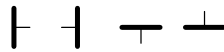


Abbildung 3.5: Masse-Symbole

Siehe auch: 2.1.1 (Spannungsquellen), 3.3 (Anschlusspins), 3.4.2 (Betriebsspannungssymbole), 3.4.3 (andere Masse-Symbole), 3.5 (alleinstehende Spannungspfeile), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen).

3.4.2 Betriebsspannungssymbole

Der Befehl `\power` zeichnet ein Betriebsspannungssymbol und besitzt vier Argumente. Dies sind die ersten drei und das letzte der fünf Standardargumente, d. h. die Referenz fällt weg. Einige Betriebsspannungssymbole sind in Abb. 3.6 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{20}{6}
  \power{4}{3}{L}{5V}
  \power{8}{3}{R}{5V}
  \power{15}{3}{U}{5V}
  \power{19}{3}{D}{5V}
\end{circuitdiagram}
```

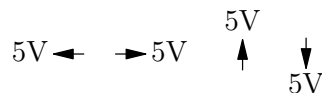


Abbildung 3.6: Betriebsspannungssymbole

Siehe auch: 2.1.1 (Spannungsquellen), 3.3 (Anschlusspins), 3.4.1 (Masse-Symbole), 3.4.4 (andere Betriebsspannungssymbole), 3.5 (alleinstehende Spannungspfeile), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen).

3.4.3 Andere Masse-Symbole

Der Befehl `\othergnd` (bereitgestellt von der Paketoption `srcmeas`) zeichnet ein anderes Masse-Symbol und besitzt vier Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`---`, (`triA` usw.), danach folgen die ersten drei der fünf Standardargumente, d. h. Referenz und Bauelementwert fallen weg. Einige horizontale andere Masse-Symbole sind in Abb. 3.7 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{14}
  \othergnd{-}{2}{12}{L}
  \othergnd{---}{7}{12}{L}
  \othergnd{///}{12}{12}{L}
  \othergnd{tri}{17}{12}{L}
  \othergnd{triA}{22}{12}{L}
  \othergnd{triD}{27}{12}{L}
  \othergnd{-}{31}{12}{R}
  \othergnd{---}{36}{12}{R}
  \othergnd{///}{41}{12}{R}
  \othergnd{tri}{46}{12}{R}
  \othergnd{triA}{51}{12}{R}
  \othergnd{triD}{56}{12}{R}
  \othergnd{(-)}{2}{7}{L}
  \othergnd{(-)}{7}{7}{L}
  \othergnd{(-)}{12}{7}{L}
  \othergnd{(tri)}{17}{7}{L}
  \othergnd{(triA)}{22}{7}{L}
  \othergnd{(triD)}{27}{7}{L}
  \othergnd{(-)}{31}{7}{R}
  \othergnd{(-)}{36}{7}{R}
  \othergnd{(-)}{41}{7}{R}
  \othergnd{(tri)}{46}{7}{R}
  \othergnd{(triA)}{51}{7}{R}
  \othergnd{(triD)}{56}{7}{R}
  \othergnd{(-)}{2}{2}{L}
  \othergnd{(-)}{7}{2}{L}
  \othergnd{(-)}{12}{2}{L}
  \othergnd{(tri)}{17}{2}{L}
  \othergnd{(triA)}{22}{2}{L}
  \othergnd{(triD)}{27}{2}{L}
  \othergnd{(-)}{31}{2}{R}
  \othergnd{(-)}{36}{2}{R}
  \othergnd{(-)}{41}{2}{R}
  \othergnd{(tri)}{46}{2}{R}
  \othergnd{(triA)}{51}{2}{R}
  \othergnd{(triD)}{56}{2}{R}
\end{circuitdiagram}
```

Einige vertikale andere Masse-Symbole sind in Abb. 3.8 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{59}{12}
```

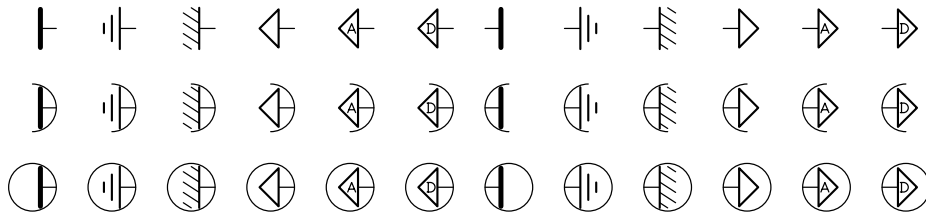



Abbildung 3.7: Horizontale andere Masse-Symbole

```

\othergnd{-}{2}{10.5}{U}
\othergnd{---}{7}{10.5}{U}
\othergnd{///}{12}{10.5}{U}
\othergnd{tri}{17}{10.5}{U}
\othergnd{triA}{22}{10.5}{U}
\othergnd{triD}{27}{10.5}{U}
\othergnd{-}{32}{11}{D}
\othergnd{---}{37}{11}{D}
\othergnd{///}{42}{11}{D}
\othergnd{tri}{47}{11}{D}
\othergnd{triA}{52}{11}{D}
\othergnd{triD}{57}{11}{D}
\othergnd{(-)}{2}{6}{U}
\othergnd{(-)}{7}{6}{U}
\othergnd{(-)}{12}{6}{U}
\othergnd{(tri)}{17}{6}{U}
\othergnd{(triA)}{22}{6}{U}
\othergnd{(triD)}{27}{6}{U}
\othergnd{(-)}{32}{6.5}{D}
\othergnd{(-)}{37}{6.5}{D}
\othergnd{(-)}{42}{6.5}{D}
\othergnd{(tri)}{47}{6.5}{D}
\othergnd{(triA)}{52}{6.5}{D}
\othergnd{(triD)}{57}{6.5}{D}
\othergnd{(-)}{2}{1}{U}
\othergnd{(-)}{7}{1}{U}
\othergnd{(-)}{12}{1}{U}
\othergnd{(tri)}{17}{1}{U}
\othergnd{(triA)}{22}{1}{U}
\othergnd{(triD)}{27}{1}{U}
\othergnd{(-)}{32}{2}{D}
\othergnd{(-)}{37}{2}{D}
\othergnd{(-)}{42}{2}{D}
\othergnd{(tri)}{47}{2}{D}
\othergnd{(triA)}{52}{2}{D}
\othergnd{(triD)}{57}{2}{D}
\end{circuitdiagram}

```

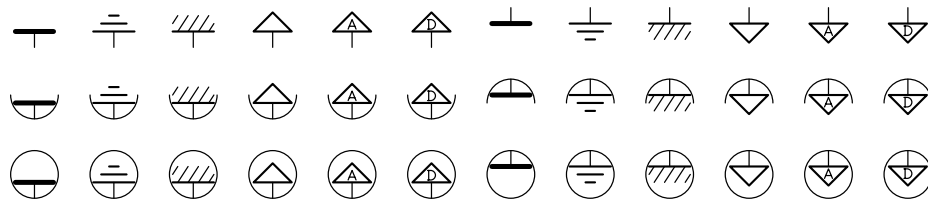


Abbildung 3.8: Vertikale andere Masse-Symbole

Mit dem Befehl `\setground` kann das Symbol, das mit `\ground` gezeichnet wird, umgestellt werden. Fügt man z. B. irgendwo im Dokument

```
\setground{///}
```

ein, dann bewirkt ab sofort `\ground` dasselbe wie `\othergnd{///}`. Das ursprüngliche Symbol steht natürlich weiterhin über `\othergnd{-}` zur Verfügung.

Siehe auch: [2.1.3](#) (andere Quellen), [3.4.1](#) (Masse-Symbole), [3.4.4](#) (andere Betriebsspannungssymbole), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen).

3.4.4 Andere Betriebsspannungssymbole

Der Befehl `\otherpow` (bereitgestellt von der Paketooption `srcmeas`) zeichnet ein anderes Betriebsspannungssymbol und besitzt fünf Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`>`, `o+` usw.), danach folgen die ersten drei und das letzte der fünf Standardargumente, d. h. die Referenz fällt weg. Einige horizontale andere Betriebsspannungssymbole sind in Abb. [3.9](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{50}{5}
\otherpow{>}{3.5}{4}{L}{5V}
\otherpow{>}{9.5}{4}{L}{5V}
\otherpow{>>}{16}{4}{L}{5V}
\otherpow{>>>}{23}{4}{L}{5V}
\otherpow{-}{29}{4}{L}{5V}
\otherpow{o}{35.5}{4}{L}{5V}
\otherpow{o+}{42}{4}{L}{5V}
\otherpow{o-}{48.5}{4}{L}{5V}
\otherpow{>}{1}{1}{R}{5V}
\otherpow{>}{7.5}{1}{R}{5V}
\otherpow{>>}{13.5}{1}{R}{5V}
\otherpow{>>>}{20}{1}{R}{5V}
\otherpow{-}{27}{1}{R}{5V}
\otherpow{o}{33}{1}{R}{5V}
\otherpow{o+}{39.5}{1}{R}{5V}
\otherpow{o-}{46}{1}{R}{5V}
\end{circuitdiagram}
```

Einige vertikale andere Betriebsspannungssymbole sind in Abb. [3.10](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{5}
\otherpow{>}{1}{1}{U}{5V}
\otherpow{>}{5}{1}{U}{5V}
```

3.5 ALLEINSTEHENDE SPANNUNGSPFEILE

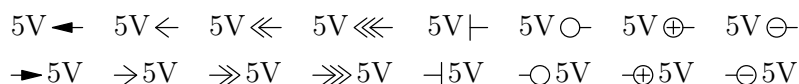


Abbildung 3.9: Horizontale andere Betriebsspannungssymbole

```
\otherpow{>>}{9}{1}{U}{5V}
\otherpow{>>>}{13}{1}{U}{5V}
\otherpow{-}{17}{1}{U}{5V}
\otherpow{o}{21}{1}{U}{5V}
\otherpow{o+}{25}{1}{U}{5V}
\otherpow{o-}{29}{1}{U}{5V}
\otherpow{|>}{33}{4}{D}{5V}
\otherpow{>}{37}{4}{D}{5V}
\otherpow{>>}{41}{4}{D}{5V}
\otherpow{>>>}{45}{4}{D}{5V}
\otherpow{-}{49}{4}{D}{5V}
\otherpow{o}{53}{4}{D}{5V}
\otherpow{o+}{57}{4}{D}{5V}
\otherpow{o-}{61}{4}{D}{5V}
\end{circuitdiagram}
```

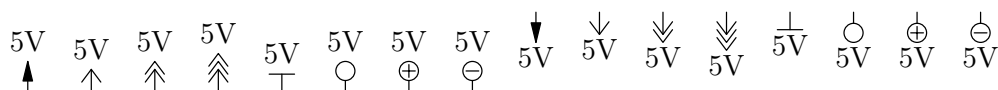


Abbildung 3.10: Vertikale andere Betriebsspannungssymbole

Mit dem Befehl `\setpower` kann das Symbol, das mit `\power` gezeichnet wird, umgestellt werden. Fügt man z. B. irgendwo im Dokument

```
\setpower{>>}
```

ein, dann bewirkt ab sofort `\power` dasselbe wie `\otherpow{>>}`. Das ursprüngliche Symbol steht natürlich weiterhin über `\otherpow{|>}` zur Verfügung.

Siehe auch: 2.1.3 (andere Quellen), 3.4.2 (Betriebsspannungssymbole), 3.4.3 (andere Masse-Symbole), 4.5.1 (verlängerte Zuleitungen).

3.5 Alleinstehende Spannungspfeile

Der Befehl `\Voltar` zeichnet einen Spannungspfeil und besitzt sechs Argumente. Die ersten vier sind die beiden Koordinaten des Anfangspunkts und die beiden Koordinaten des Endpunkts. Beim Zeichnen der Linie wird an beiden Enden ein fester Abstand gelassen, damit die Kombination zusammen mit `\pin` vernünftig aussieht. Das fünfte ist die Orientierung und das sechste der Wert. Einige Spannungspfeile sind in Abb. 3.11 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{12}{15}
\pin{2}{13}{R}{}
\pin{2}{2}{U}{}
\ground{2}{0}{D}
\Voltar{2}{13}{2}{2}{r}{\$U_1\$}
```

```

\pin{11}{14}{L}{}
\Voltar{11}{14}{2}{13}{d}{\$U_2\$}
\pin{10}{2}{U}{}
\ground{10}{0}{D}
\Voltar{2}{2}{10}{2}{u}{0V}
\Voltar{10}{2}{11}{14}{l}{\$U_3\$}
\end{circuitdiagram}

```

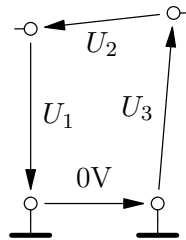


Abbildung 3.11: Alleinstehende Spannungspfeile

Siehe auch: [2.1.1](#) (Spannungsquellen), [2.1.3](#) (andere Quellen), [3.4.1](#) (Masse-Symbole), [3.4.2](#) (Betriebsspannungssymbole), [4.1.2](#) (Spannungspfeile).

3.6 Strompfeile

Der Befehl `\currar` zeichnet einen Strompfeil (ohne Linie oder Draht) und besitzt vier Argumente. Dies sind die ersten drei der fünf Standardargumente, d. h. Referenz und Bauelementwert fallen weg, und das vierte Argument ist der Text. Einige Strompfeile sind in Abb. [3.12](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{43}{6}
\wire{0}{3}{4}{3}
\currar{2}{3}{L}{\$I_1\$}
\wire{6}{3}{10}{3}
\currar{8}{3}{Ld}{\$I_2\$}
\wire{12}{3}{16}{3}
\currar{14}{3}{R}{\$I_3\$}
\wire{18}{3}{22}{3}
\currar{20}{3}{Rd}{\$I_4\$}
\wire{25}{1}{25}{5}
\currar{25}{3}{U}{\$I_5\$}
\wire{32}{1}{32}{5}
\currar{32}{3}{U1}{\$I_6\$}
\wire{35}{1}{35}{5}
\currar{35}{3}{D}{\$I_7\$}
\wire{42}{1}{42}{5}
\currar{42}{3}{D1}{\$I_8\$}
\end{circuitdiagram}

```

Siehe auch: [2.1.2](#) (Stromquellen), [2.1.3](#) (andere Quellen), [2.1.4](#) (Messgeräte).

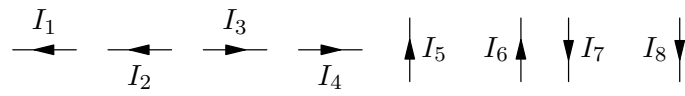


Abbildung 3.12: Strompfeile

4 Zusätze zu den Bauelementen

Alle Zusätze zu Bauelementen stehen im optionalen Argument an erster Stelle vom Bauelementbefehl.

4.1 Spannungen und Ströme

4.1.1 Stecker und Buchsen

Der Befehl `\male` verwandelt einen Pin in einen Stecker und besitzt kein Argument. Einige Stecker sind in Abb. 4.1 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{19}{6}
  \pin[\male]{3}{3}{L}{A}
  \pin[\male]{8}{3}{R}{B}
  \pin[\male]{14}{3}{U}{A}
  \pin[\male]{18}{3}{D}{B}
\end{circuitdiagram}
```

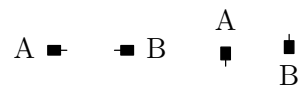


Abbildung 4.1: Stecker

Der Befehl `\female` verwandelt einen Pin in eine Buchse und besitzt kein Argument. Einige Buchsen sind in Abb. 4.2 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{19}{6}
  \pin[\female]{3}{3}{L}{A}
  \pin[\female]{8}{3}{R}{B}
  \pin[\female]{14}{3}{U}{A}
  \pin[\female]{18}{3}{D}{B}
\end{circuitdiagram}
```

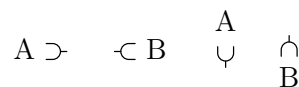


Abbildung 4.2: Buchsen

Stecker und Buchsen passen dann ineinander (Abb. 4.3):

```
\begin{circuitdiagram}{7}{2}
  \pin[\male]{1}{1}{L}{ }
  \pin[\female]{1}{1}{R}{ }
  \pin[\male]{6}{1}{U}{ }
  \pin[\female]{6}{1}{D}{ }
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 3.3 (Anschlusspins).



Abbildung 4.3: Stecker und Buchsen

4.1.2 Spannungspfeile

Der Befehl `\voltar` zeichnet einen Spannungspfeil an ein Bauelement und besitzt zwei Argumente. Dies sind die Position des Pfeils und der Text. Einige Bauelemente mit Spannungspfeilen sind in Abb. 4.4 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{32}
\voltsrc[\voltar{UL}{\$U_1\$}]{3}{27}{Hd}{U1}{-}
\voltsrc[\voltar{LU}{\$U_2\$}]{13}{27}{V}{U2}{-}
\currsrc[\voltar{UR}{\$U_3\$}]{23}{27}{Hd}{I1}{-}
\currsrc[\voltar{LD}{\$U_4\$}]{33}{27}{V}{I2}{-}
\othersrc[\voltar{DL}{\$U_5\$}]{batt}{41}{27}{R}{U3}{-}
\othersrc[\voltar{RU}{\$U_6\$}]{oo}{49}{27}{V1}{I3}{-}
\measdev[\measunit{V}\voltar{DR}{\$U_7\$}]{59}{27}{H}{M1}{-}
\measdev[\measunit{mA}\voltar{RD}{\$U_8\$}]{69}{27}{V1}{M2}{-}
\switch[\voltar{UL}{\$U_9\$}]{off}{3}{16}{Rd}{S1}{-}
\switch[\voltar{LU}{\$U_{10}\$}]{online}{14}{16}{UR}{S2}{-}
\relay[\voltar{UR}{\$U_{11}\$}]{21}{16}{Hd}{S3}{-}
\relay[\voltar{LD}{\$U_{12}\$}]{32}{16}{V}{S4}{-}
\resis[\voltar{DL}{\$U_{13}\$}]{42}{16}{H}{R1}{-}
\resis[\voltar{RU}{\$U_{14}\$}]{51}{16}{V1}{R2}{-}
\capac[\voltar{DR}{\$U_{15}\$}]{61}{16}{Hu}{C1}{-}
\capac[\voltar{RD}{\$U_{16}\$}]{68}{16}{Vh1}{C2}{-}
\induc[\voltar{UL}{\$U_{17}\$}]{13}{5}{Hd}{L1}{-}
\induc[\voltar{LU}{\$U_{18}\$}]{24}{5}{V}{L2}{-}
\diode[\voltar{UR}{\$U_{19}\$}]{31}{5}{Rd}{D1}{-}
\diode[\voltar{LD}{\$U_{20}\$}]{41}{5}{D}{D2}{-}
\diac[\voltar{DL}{\$U_{21}\$}]{49}{6}{H}{D3}{-}
\diac[\voltar{RU}{\$U_{22}\$}]{58}{5}{V1}{D4}{-}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 2.1.1 (Spannungsquellen), 2.1.2 (Stromquellen), 2.1.3 (andere Quellen), 2.1.4 (Messgeräte), 2.2.1 (Schalter), 2.2.2 (Relais), 2.2.3 (Widerstände), 2.2.4 (Kondensatoren), 2.2.5 (Spulen), 2.3.1 (Dioden), 2.3.2 (Diacs), 3.5 (alleinstehende Spannungspfeile).

4.1.3 Signal-Symbole

Der Befehl `\sigsym` (bereitgestellt von der Paketooption `srcmeas`) zeichnet ein Spannungs- bzw. Strom-Signal-Symbol und besitzt ein Argument. Dies beschreibt die Signalform. Einige Signal-Symbole sind in Abb. 4.5 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{66}{16}
\othersrc[\sigsym{sin}]{o}{3}{12}{H}{U1}{-}
\othersrc[\sigsym{rec}]{o}{10}{12}{V}{U2}{-}
\othersrc[\sigsym{tri}]{o}{20}{12}{H}{U3}{-}
```

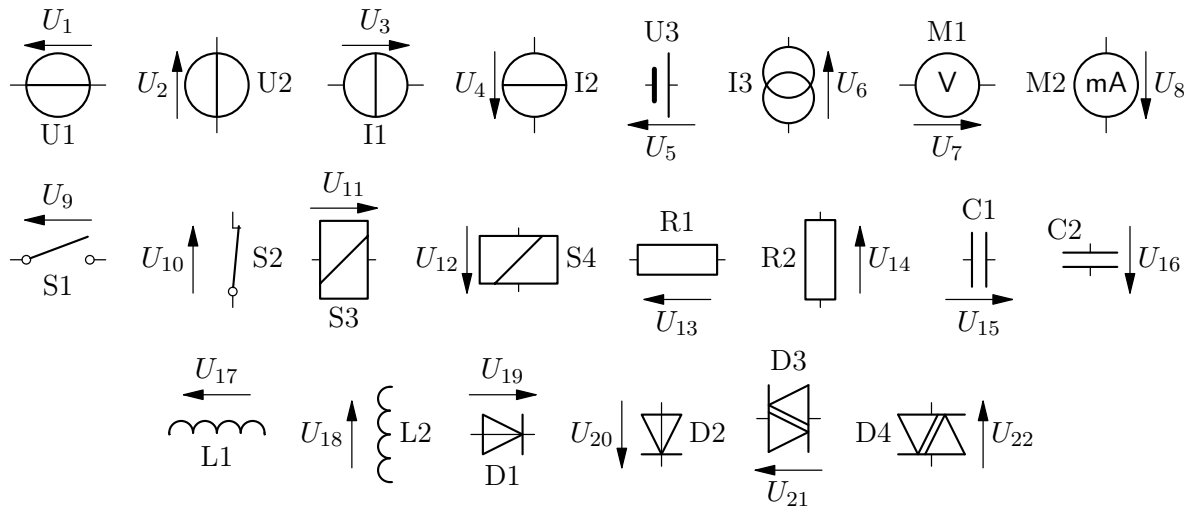



Abbildung 4.4: Spannungspfeile

```

\othersrc[\sigsym{saw}]{o}{27}{12}{V}{U4}{-}
\othersrc[\sigsym{-}]{o}{37}{12}{H}{U5}{-}
\othersrc[\sigsym{--}]{o}{44}{12}{V}{U6}{-}
\othersrc[\sigsym{---}]{o}{54}{12}{H}{U7}{-}
\othersrc[\sigsym{~}]{o}{61}{12}{V}{U8}{-}
\othersrc[\sigsym{~~}]{o}{3}{3}{H}{I1}{-}
\othersrc[\sigsym{~~~}]{o}{10}{3}{V}{I2}{-}
\othersrc[\sigsym{~/}]{o}{20}{3}{H}{I3}{-}
\othersrc[\sigsym{/~}]{o}{27}{3}{V}{I4}{-}
\othersrc[\sigsym{~/~}]{o}{37}{3}{H}{I5}{-}
\othersrc[\sigsym{/~/}]{o}{44}{3}{V}{I6}{-}
\othersrc[\sigsym{/~/~}]{o}{54}{3}{H}{I7}{-}
\othersrc[\sigsym{~/~}]{o}{61}{3}{V}{I8}{-}
\end{circuitdiagram}

```

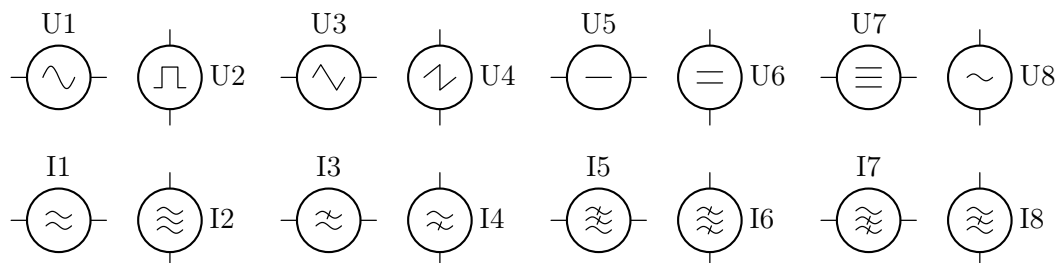


Abbildung 4.5: Signal-Symbole

Siehe auch: [2.1.3](#) (andere Quellen).

4.1.4 Rauschen

Der Befehl `\noisy` (bereitgestellt von der Paketooption `srcmeas`) zeichnet eine Schraffur, um Rauschen darzustellen, und besitzt kein Argument. Einige rauschende Quellen sind in Abb. 4.6 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{47}{8}
\voltsrc[\noisy]{3}{4}{H}{U1}{}
\voltsrc[\noisy]{10}{4}{V}{U2}{}
\currsrc[\noisy]{20}{4}{H}{I1}{}
\currsrc[\noisy]{27}{4}{V}{I2}{}
\othersrc[\noisy]{o}{36}{4}{H}{U3}{}
\othersrc[\noisy]{o}{43}{4}{V}{I3}{}
\end{circuitdiagram}
```

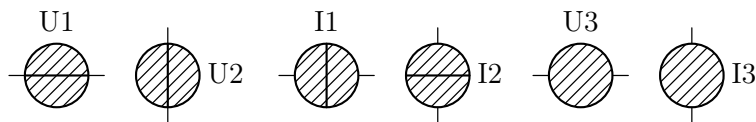


Abbildung 4.6: Rauschende Quellen

Einige rauschende Widerstände sind in Abb. 4.7 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{13}{6}
\resis[\noisy]{3}{3}{H}{R1}{}
\resis[\noisy]{9}{3}{V}{R2}{}
\end{circuitdiagram}
```

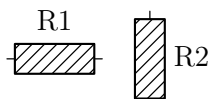


Abbildung 4.7: Rauschende Widerstände

Einige rauschende Transistoren sind in Abb. 4.8 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{16}
\circledtrans
\trans[\noisy]{nnp}{5}{13}{L}{T1}{}
\trans[\noisy]{nnp}{13}{13}{R}{T2}{}
\trans[\noisy]{nenh}{25}{13}{L}{T3}{}
\trans[\noisy]{nenh}{33}{13}{R}{T4}{}
\trans[\noisy]{nj}{45}{13}{L}{T5}{}
\trans[\noisy]{nj}{53}{13}{R}{T6}{}
\trans[\noisy]{nnp}{5}{3}{U}{T7}{}
\trans[\noisy]{nnp}{13}{4}{D}{T8}{}
\trans[\noisy]{nenh}{25}{3}{U}{T9}{}
\trans[\noisy]{nenh}{33}{4}{D}{T10}{}
\end{circuitdiagram}
```

```
\trans[\noisy]{nj}{45}{3}{U}{T11}{}  
\trans[\noisy]{nj}{53}{4}{D}{T12}{}  
\end{circuitdiagram}
```

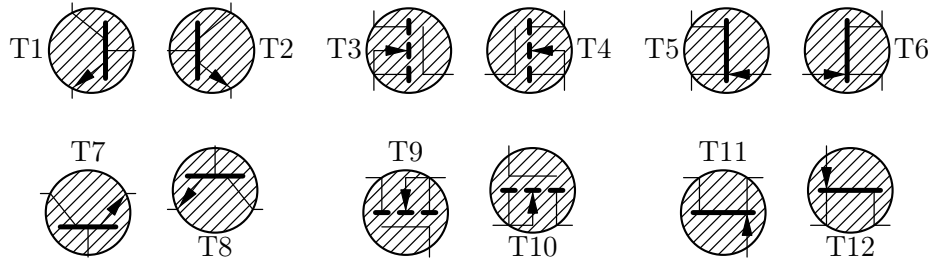


Abbildung 4.8: Rauschende Transistoren

Siehe auch: [2.1.1](#) (Spannungsquellen), [2.1.2](#) (Stromquellen), [2.1.3](#) (andere Quellen), [2.2.3](#) (Widerstände), [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.5](#) (Sperrschicht-FETs).

4.1.5 Polarität

Der Befehl `\polarity` (bereitgestellt von der Paketooption `srcmeas`) zeichnet ein Plus- und ein Minuszeichen und besitzt ein Argument. Dies beschreibt die Position des Pluszeichens. Einige Polaritäten sind in Abb. 4.9 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{69}{18}  
  \voltsrc[\polarity{UL}]{4}{14}{H}{U1}{}  
  \currsrc[\polarity{UR}]{13}{14}{Hu}{I1}{}  
  \othersrc[\polarity{DL}]{batt2}{22}{14}{Ldd}{U2}{}  
  \othersrc[\polarity{DR}]{oo}{31}{14}{Hr}{I2}{}  
  \voltsrc[\polarity{LU}]{40}{14}{V}{U3}{}  
  \currsrc[\polarity{LD}]{52}{14}{Vlr}{I3}{}  
  \othersrc[\polarity{RU}]{batt2}{59}{14}{Uh1}{U4}{}  
  \othersrc[\polarity{RD}]{oo}{66}{14}{Vd}{I4}{}  
  \measdev[\polarity{UL}]{4}{4}{H}{M1}{}  
  \measdev[\polarity{UR}]{13}{4}{Hu}{M2}{}  
  \measdev[\polarity{DL}]{22}{4}{Hdd}{M3}{}  
  \measdev[\polarity{DR}]{31}{4}{Hr}{M4}{}  
  \measdev[\polarity{LU}]{40}{4}{V}{M5}{}  
  \measdev[\polarity{LD}]{52}{4}{Vlr}{M6}{}  
  \measdev[\polarity{RU}]{59}{4}{Vh1}{M7}{}  
  \measdev[\polarity{RD}]{66}{4}{Vd}{M8}{}  
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: [2.1.1](#) (Spannungsquellen), [2.1.2](#) (Stromquellen), [2.1.3](#) (andere Quellen), [2.1.4](#) (Messgeräte).

4.1.6 Messgeräte-Einheiten

Der Befehl `\measunit` (bereitgestellt von der Paketooption `srcmeas`) druckt eine Einheit eines Messgeräts und besitzt ein Argument. Dies ist die Einheit als Text. Einige Messgeräte mit Einheit sind in Abb. 4.10 dargestellt:

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

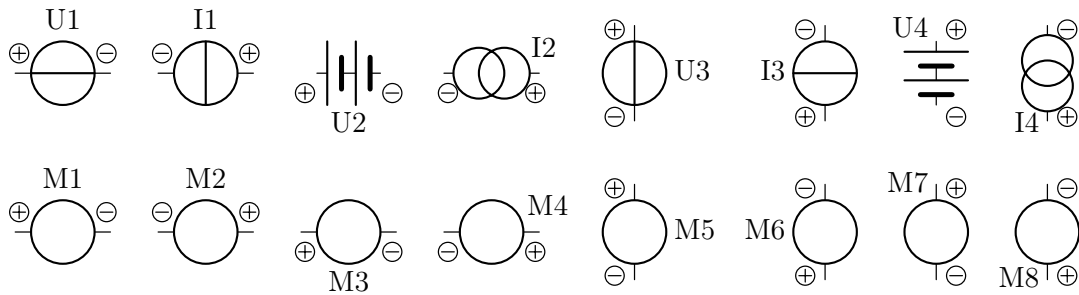


Abbildung 4.9: Polaritäten

```
\begin{circuitdiagram}{66}{7}
\measdev[\measunit{V}]{3}{3}{H}{M1}{}
\measdev[\measunit{kV}]{10}{3}{V}{M2}{}
\measdev[\measunit{mV}]{20}{3}{H}{M3}{}
\measdev[\measunit{A}]{27}{3}{V}{M4}{}
\measdev[\measunit{mA}]{37}{3}{H}{M5}{}
\measdev[\measunit{\micro A}]{44}{3}{V}{M6}{}
\measdev[\measunit{\Omega}]{54}{3}{H}{M7}{}
\measdev[\measunit{k\Omega}]{61}{3}{V}{M8}{}
\end{circuitdiagram}
```

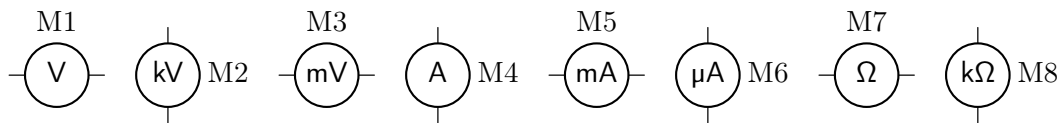


Abbildung 4.10: Messgeräte-Einheiten

Siehe auch: [2.1.4](#) (Messgeräte).

4.2 Passive Bauelemente

4.2.1 Drucktaster

Der Befehl `\pushswi` (bereitgestellt von der Paketooption `switch`) zeichnet ein Drucktaster-symbol an einen Schalter und besitzt kein Argument. Einige Ein/Aus-Drucktaster sind in Abb. [4.11](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{73}{29}
\switch[\pushswi]{off}{3}{26}{Ld}{S1}{}
\switch[\pushswi]{off}{10}{26}{LD}{S2}{}
\switch[\pushswi]{offline}{18}{26}{Ld}{S3}{}
\switch[\pushswi]{offline}{25}{26}{LD}{S4}{}
\switch[\pushswi]{on}{33}{26}{Ld}{S5}{}
\switch[\pushswi]{on}{40}{26}{LD}{S6}{}
\switch[\pushswi]{ontouch}{48}{26}{Ld}{S7}{}
\switch[\pushswi]{ontouch}{55}{26}{LD}{S8}{}
\switch[\pushswi]{online}{63}{26}{Ld}{S9}{}
\end{circuitdiagram}
```

```

\switch[\pushswi]{online}{70}{26}{LD}{S10}{ }
\switch[\pushswi]{off}{3}{19}{Rd}{S11}{ }
\switch[\pushswi]{off}{10}{19}{RD}{S12}{ }
\switch[\pushswi]{offline}{18}{19}{Rd}{S13}{ }
\switch[\pushswi]{offline}{25}{19}{RD}{S14}{ }
\switch[\pushswi]{on}{33}{19}{Rd}{S15}{ }
\switch[\pushswi]{on}{40}{19}{RD}{S16}{ }
\switch[\pushswi]{ontouch}{48}{19}{Rd}{S17}{ }
\switch[\pushswi]{ontouch}{55}{19}{RD}{S18}{ }
\switch[\pushswi]{online}{63}{19}{Rd}{S19}{ }
\switch[\pushswi]{online}{70}{19}{RD}{S20}{ }
\switch[\pushswi]{off}{3}{11}{U}{S21}{ }
\switch[\pushswi]{off}{12}{11}{UR1}{S22}{ }
\switch[\pushswi]{offline}{19}{11}{U}{S23}{ }
\switch[\pushswi]{offline}{28}{11}{UR1}{S24}{ }
\switch[\pushswi]{on}{34}{11}{U}{S25}{ }
\switch[\pushswi]{on}{43}{11}{UR1}{S26}{ }
\switch[\pushswi]{ontouch}{48}{11}{U}{S27}{ }
\switch[\pushswi]{ontouch}{57}{11}{UR1}{S28}{ }
\switch[\pushswi]{online}{62}{11}{U}{S29}{ }
\switch[\pushswi]{online}{71}{11}{UR1}{S30}{ }
\switch[\pushswi]{off}{3}{3}{D}{S31}{ }
\switch[\pushswi]{off}{12}{3}{DR1}{S32}{ }
\switch[\pushswi]{offline}{19}{3}{D}{S33}{ }
\switch[\pushswi]{offline}{28}{3}{DR1}{S34}{ }
\switch[\pushswi]{on}{34}{3}{D}{S35}{ }
\switch[\pushswi]{on}{43}{3}{DR1}{S36}{ }
\switch[\pushswi]{ontouch}{48}{3}{D}{S37}{ }
\switch[\pushswi]{ontouch}{57}{3}{DR1}{S38}{ }
\switch[\pushswi]{online}{62}{3}{D}{S39}{ }
\switch[\pushswi]{online}{71}{3}{DR1}{S40}{ }
\end{circuitdiagram}

```

Einige horizontale Wechsel-Drucktaster sind in Abb. 4.12 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{62}{26}
\switch[\pushswi]{tog}{3}{22}{Ld}{S1}{ }
\switch[\pushswi]{tog}{11}{22}{LD}{S2}{ }
\switch[\pushswi]{tog}{19}{22}{Rd}{S3}{ }
\switch[\pushswi]{tog}{27}{22}{RD}{S4}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{35}{22}{Ld}{S5}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{43}{22}{LD}{S6}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{51}{22}{Rd}{S7}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{59}{22}{RD}{S8}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{3}{13}{Ld}{S9}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{11}{13}{LD}{S10}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{19}{13}{Rd}{S11}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{27}{13}{RD}{S12}{ }

```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

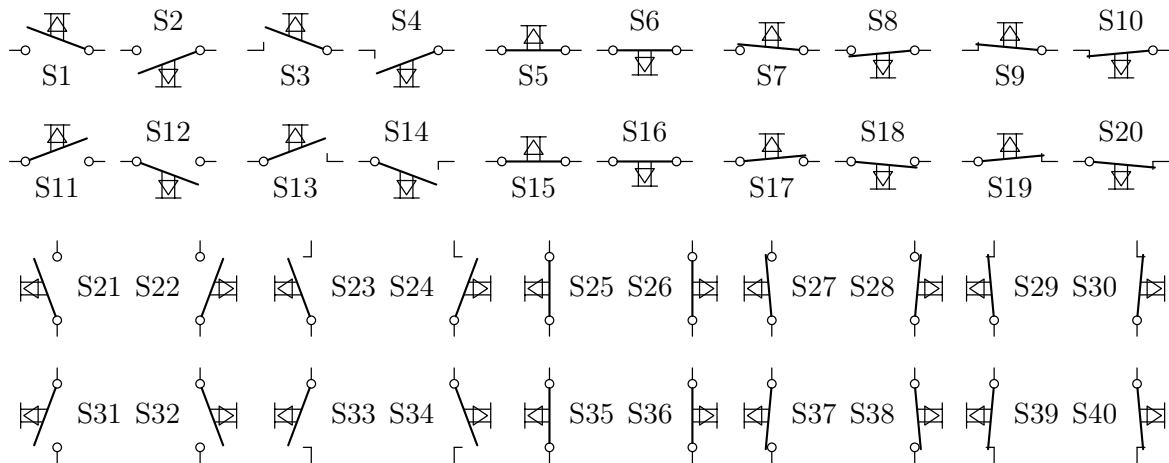


Abbildung 4.11: Drucktaster für Ein/Aus-Schalter

```
\switch[\pushswi]{togtouch*}{35}{13}{Ld}{S13}{-}
\switch[\pushswi]{togtouch*}{43}{13}{LD}{S14}{-}
\switch[\pushswi]{togtouch*}{51}{13}{Rd}{S15}{-}
\switch[\pushswi]{togtouch*}{59}{13}{RD}{S16}{-}
\switch[\pushswi]{togline}{3}{4}{Ld}{S17}{-}
\switch[\pushswi]{togline}{11}{4}{LD}{S18}{-}
\switch[\pushswi]{togline}{19}{4}{Rd}{S19}{-}
\switch[\pushswi]{togline}{27}{4}{RD}{S20}{-}
\switch[\pushswi]{togline*}{35}{4}{Ld}{S21}{-}
\switch[\pushswi]{togline*}{43}{4}{LD}{S22}{-}
\switch[\pushswi]{togline*}{51}{4}{Rd}{S23}{-}
\switch[\pushswi]{togline*}{59}{4}{RD}{S24}{-}
\end{circuitdiagram}
```

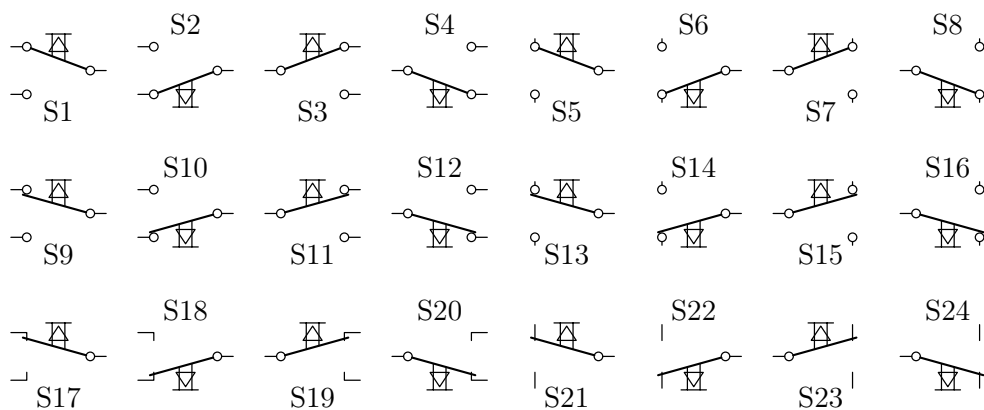


Abbildung 4.12: Drucktaster für horizontale Wechselschalter

Einige vertikale Wechsel-Drucktaster sind in Abb. 4.13 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{22}
```

```

\switch[\pushswi]{tog}{3}{19}{U}{S1}{ }
\switch[\pushswi]{tog}{15}{19}{UR1}{S2}{ }
\switch[\pushswi]{tog}{21}{19}{D}{S3}{ }
\switch[\pushswi]{tog}{33}{19}{DR1}{S4}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{39}{19}{U}{S5}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{51}{19}{UR1}{S6}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{57}{19}{D}{S7}{ }
\switch[\pushswi]{tog*}{69}{19}{DR1}{S8}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{3}{11}{U}{S9}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{15}{11}{UR1}{S10}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{21}{11}{D}{S11}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch}{33}{11}{DR1}{S12}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch*}{39}{11}{U}{S13}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch*}{51}{11}{UR1}{S14}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch*}{57}{11}{D}{S15}{ }
\switch[\pushswi]{togtouch*}{69}{11}{DR1}{S16}{ }
\switch[\pushswi]{togline}{3}{3}{U}{S17}{ }
\switch[\pushswi]{togline}{15}{3}{UR1}{S18}{ }
\switch[\pushswi]{togline}{21}{3}{D}{S19}{ }
\switch[\pushswi]{togline}{33}{3}{DR1}{S20}{ }
\switch[\pushswi]{togline*}{39}{3}{U}{S21}{ }
\switch[\pushswi]{togline*}{51}{3}{UR1}{S22}{ }
\switch[\pushswi]{togline*}{57}{3}{D}{S23}{ }
\switch[\pushswi]{togline*}{69}{3}{DR1}{S24}{ }
\end{circuitdiagram}

```

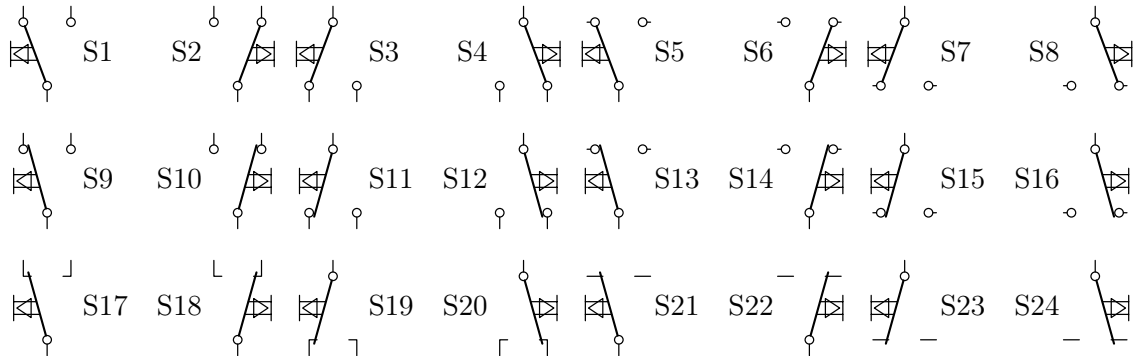


Abbildung 4.13: Drucktaster für vertikale Wechselschalter

Siehe auch: [2.2.1](#) (Schalter).

4.2.2 Schleifer

Der Befehl `\slider` zeichnet einen Schleifkontakt an einen Widerstand und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Schleifkontakts. Einige Widerstände mit Schleifer sind in Abb. [4.14](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{31}{6}
```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\resis[\slider{U}]{3}{3}{Hd}{R1}{}
\resis[\slider{D}]{11}{3}{H}{R2}{}
\resis[\slider{L}]{19}{3}{V}{R3}{}
\resis[\slider{R}]{28}{3}{V1}{R4}{}
\end{circuitdiagram}
```

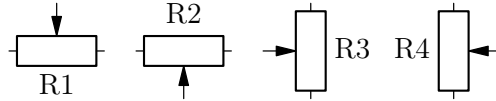


Abbildung 4.14: Schleifkontakte bei Widerständen

Siehe auch: [2.2.3](#) (Widerstände), [4.2.8](#) (Veränderbarkeit), [4.2.9](#) (Einstellbarkeit).

4.2.3 Kalt- und Heißeiter

Die Befehle `\ptc` bzw. `\ntc` (beide bereitgestellt von der Paketooption **passive**) kennzeichnen einen Widerstand als Kalt- bzw. Heißeiter und besitzen ein Argument. Dies ist die Position des kurzen Striches und damit des Temperaturbuchstabens ϑ . Einige Kaltleiter sind in Abb. 4.15 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{66}{6}
\resis[\ptc{LU}]{3}{3}{Hd}{R1}{}
\resis[\ptc{LD}]{11}{3}{H}{R2}{}
\resis[\ptc{RU}]{19}{3}{Hd}{R3}{}
\resis[\ptc{RD}]{27}{3}{H}{R4}{}
\resis[\ptc{LU}]{36}{3}{V}{R5}{}
\resis[\ptc{LD}]{45}{3}{V}{R6}{}
\resis[\ptc{RU}]{54}{3}{V1}{R7}{}
\resis[\ptc{RD}]{63}{3}{V1}{R8}{}
\end{circuitdiagram}
```

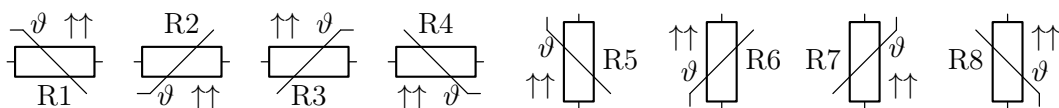


Abbildung 4.15: Kaltleiter

Einige Heißeiter sind in Abb. 4.16 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{66}{6}
\resis[\ntc{LU}]{3}{3}{Hd}{R1}{}
\resis[\ntc{LD}]{11}{3}{H}{R2}{}
\resis[\ntc{RU}]{19}{3}{Hd}{R3}{}
\resis[\ntc{RD}]{27}{3}{H}{R4}{}
\resis[\ntc{LU}]{36}{3}{V}{R5}{}
\resis[\ntc{LD}]{45}{3}{V}{R6}{}
\resis[\ntc{RU}]{54}{3}{V1}{R7}{}
\resis[\ntc{RD}]{63}{3}{V1}{R8}{}
\end{circuitdiagram}
```

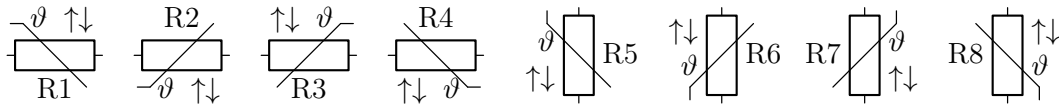



Abbildung 4.16: Heißleiter

Siehe auch: [2.2.3](#) (Widerstände).

4.2.4 Elektrolytkondensatoren

Der Befehl `\elcap` zeichnet ein Pluszeichen an einen Kondensator und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Pluszeichens. Einige Elektrolytkondensatoren sind in Abb. [4.17](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{52}{6}
\capac[\elcap{LU}]{2}{2}{Hu}{C1}{}
\capac[\elcap{RU}]{7}{2}{Hu}{C2}{}
\capac[\elcap{LD}]{12}{2}{Hu}{C3}{}
\capac[\elcap{RD}]{17}{2}{Hu}{C4}{}
\capac[\elcap{LU}]{23}{2}{Vr}{C5}{}
\capac[\elcap{RU}]{31}{2}{Vr}{C6}{}
\capac[\elcap{LD}]{39}{2}{Vr}{C7}{}
\capac[\elcap{RD}]{47}{2}{Vr}{C8}{}
\end{circuitdiagram}
```

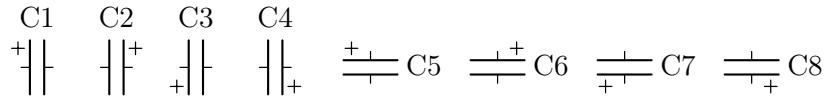


Abbildung 4.17: Elektrolytkondensatoren

Siehe auch: [2.2.4](#) (Kondensatoren).

4.2.5 Windungen für Spulen

Der Befehl `\windings` erlaubt mehr oder weniger Windungen bei einer Spule und besitzt ein Argument. Dies ist die Anzahl der zu zeichnenden Windungen. Im Falle der ausgefüllten Spulen wird das Rechteck länger oder kürzer. Einige Spulen mit mehr oder weniger Windungen sind in Abb. [4.18](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{28}
\normalinduc
\induc[\windings{2}]{2}{24}{H}{L1}{}
\induc[\windings{2}]{8}{24}{HD}{L2}{}
\induc[\windings{2}]{13}{24}{V}{L3}{}
\induc[\windings{2}]{21}{24}{VR}{L4}{}
\induc[\windings{5}]{32}{24}{H}{L5}{}
\induc[\windings{5}]{42}{24}{HD}{L6}{}
\induc[\windings{5}]{49}{24}{V}{L7}{}
\end{circuitdiagram}
```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```

\induc[\windings{5}]{57}{24}{VR}{L8}{}
\curlyinduc
\induc[\windings{2}]{2}{14}{H}{L9}{}
\induc[\windings{2}]{8}{14}{HD}{L10}{}
\induc[\windings{2}]{13}{14}{V}{L11}{}
\induc[\windings{2}]{21}{14}{VR}{L12}{}
\induc[\windings{5}]{32}{14}{H}{L13}{}
\induc[\windings{5}]{42}{14}{HD}{L14}{}
\induc[\windings{5}]{49}{14}{V}{L15}{}
\induc[\windings{5}]{57}{14}{VR}{L16}{}
\filledinduc
\induc[\windings{2}]{2}{4}{H}{L17}{}
\induc[\windings{2}]{8}{4}{HD}{L18}{}
\induc[\windings{2}]{13}{4}{V}{L19}{}
\induc[\windings{2}]{21}{4}{VR}{L20}{}
\induc[\windings{5}]{32}{4}{H}{L21}{}
\induc[\windings{5}]{42}{4}{HD}{L22}{}
\induc[\windings{5}]{49}{4}{V}{L23}{}
\induc[\windings{5}]{57}{4}{VR}{L24}{}
\end{circuitdiagram}

```

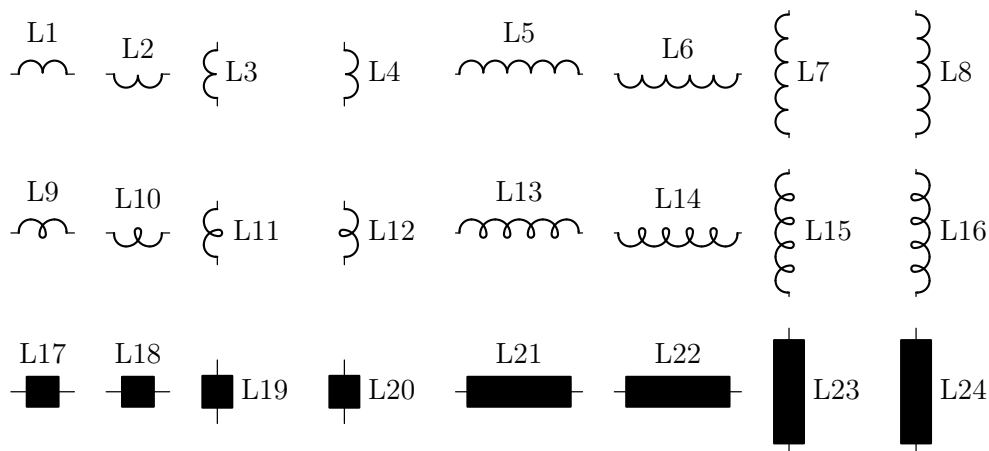


Abbildung 4.18: Mehr oder weniger Windungen für Spulen

Der Befehl `\windings` sollte immer als erster stehen, weil die anderen Befehle von dessen Argument abhängen. In Abb. 4.19 ist links eine korrekt und rechts eine fehlerhaft gesetzte Spule dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{30}{4}
\induc[\windings{6}\wireLR{2}]{7}{2}{Hd}{L1}{}
\induc[\wireLR{2}\windings{6}]{23}{2}{Hd}{L2}{}
\end{circuitdiagram}

```

Siehe auch: 2.2.5 (Spulen), 4.2.6 (Wicklungssinn).

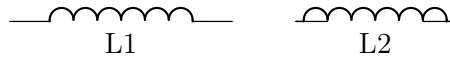


Abbildung 4.19: Eine korrekt und eine fehlerhaft gesetzte Spule

4.2.6 Wicklungssinn

Der Befehl `\winddot` (bereitgestellt von der Paketoption `passive`) zeichnet einen Punkt für den Wicklungssinn an eine Spule und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Punktes. Einige Spulen mit Wicklungssinn sind in Abb. 4.20 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{60}{22}
\normalinduc
\induc[\winddot{L}]{3}{19}{Hd}{L1}{}
\induc[\winddot{R}]{11}{19}{Hd}{L2}{}
\induc[\winddot{L}]{19}{19}{HD}{L3}{}
\induc[\winddot{R}]{27}{19}{HD}{L4}{}
\induc[\winddot{U}]{33}{19}{V}{L5}{}
\induc[\winddot{D}]{41}{19}{V}{L6}{}
\induc[\winddot{U}]{51}{19}{VR1}{L7}{}
\induc[\winddot{D}]{59}{19}{VR1}{L8}{}
\curlyinduc
\induc[\winddot{L}]{3}{11}{Hd}{L9}{}
\induc[\winddot{R}]{11}{11}{Hd}{L10}{}
\induc[\winddot{L}]{19}{11}{HD}{L11}{}
\induc[\winddot{R}]{27}{11}{HD}{L12}{}
\induc[\winddot{U}]{33}{11}{V}{L13}{}
\induc[\winddot{D}]{41}{11}{V}{L14}{}
\induc[\winddot{U}]{51}{11}{VR1}{L15}{}
\induc[\winddot{D}]{59}{11}{VR1}{L16}{}
\filledinduc
\induc[\winddot{L}]{3}{3}{Hd}{L17}{}
\induc[\winddot{R}]{11}{3}{Hd}{L18}{}
\induc[\winddot{L}]{19}{3}{HD}{L19}{}
\induc[\winddot{R}]{27}{3}{HD}{L20}{}
\induc[\winddot{U}]{33}{3}{V}{L21}{}
\induc[\winddot{D}]{41}{3}{V}{L22}{}
\induc[\winddot{U}]{51}{3}{VR1}{L23}{}
\induc[\winddot{D}]{59}{3}{VR1}{L24}{}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 2.2.5 (Spulen), 4.2.5 (Windungen).

4.2.7 Eisen- und Ferritkerne

Der Befehl `\ironcore` (bereitgestellt von der Paketoption `passive`) zeichnet einen Eisenkern an eine Spule und besitzt kein Argument. Einige Spulen mit Eisenkern sind in Abb. 4.21 dargestellt:

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

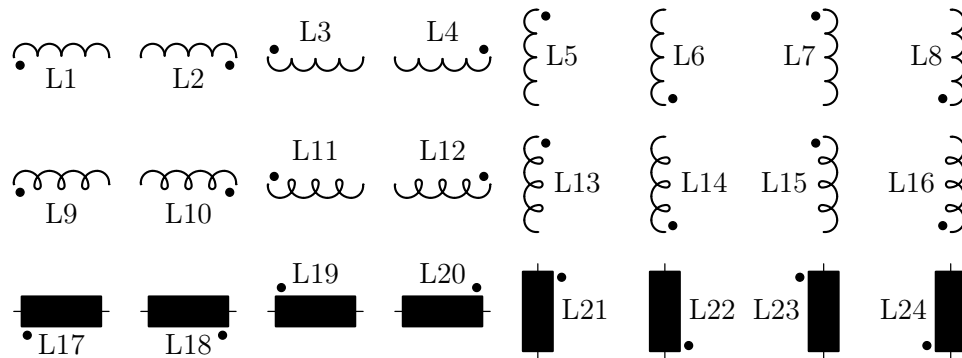


Abbildung 4.20: Wicklungssinne

```
\begin{circuitdiagram}{30}{22}
  \normalinduc
  \induc[\ironcore]{3}{19}{Hd}{L1}{}
  \induc[\ironcore]{11}{19}{HD}{L2}{}
  \induc[\ironcore]{18}{19}{V}{L3}{}
  \induc[\ironcore]{28}{19}{VR1}{L4}{}
  \curlyinduc
  \induc[\ironcore]{3}{11}{Hd}{L5}{}
  \induc[\ironcore]{11}{11}{HD}{L6}{}
  \induc[\ironcore]{18}{11}{V}{L7}{}
  \induc[\ironcore]{28}{11}{VR1}{L8}{}
  \filledinduc
  \induc[\ironcore]{3}{3}{Hd}{L9}{}
  \induc[\ironcore]{11}{3}{HD}{L10}{}
  \induc[\ironcore]{18}{3}{V}{L11}{}
  \induc[\ironcore]{28}{3}{VR1}{L12}{}
\end{circuitdiagram}
```

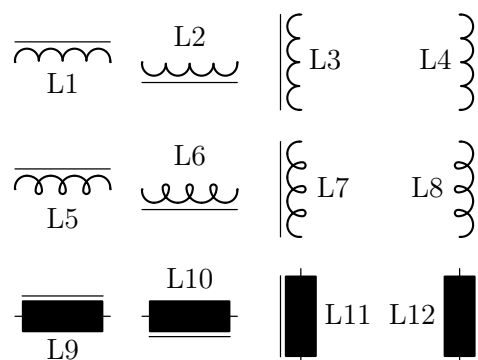


Abbildung 4.21: Eisenkerne

Der Befehl `\ferrcore` (bereitgestellt von der Paketooption `passive`) zeichnet einen Ferritkern an eine Spule und besitzt kein Argument. Einige Spulen mit Ferritkern sind in Abb. 4.22 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{30}{22}
```

```

\normalinduc
\induc[\ferrcore]{3}{19}{Hd}{L1}{}
\induc[\ferrcore]{11}{19}{HD}{L2}{}
\induc[\ferrcore]{18}{19}{V}{L3}{}
\induc[\ferrcore]{28}{19}{VR1}{L4}{}
\curlyinduc
\induc[\ferrcore]{3}{11}{Hd}{L5}{}
\induc[\ferrcore]{11}{11}{HD}{L6}{}
\induc[\ferrcore]{18}{11}{V}{L7}{}
\induc[\ferrcore]{28}{11}{VR1}{L8}{}
\filledinduc
\induc[\ferrcore]{3}{3}{Hd}{L9}{}
\induc[\ferrcore]{11}{3}{HD}{L10}{}
\induc[\ferrcore]{18}{3}{V}{L11}{}
\induc[\ferrcore]{28}{3}{VR1}{L12}{}
\end{circuitdiagram}

```

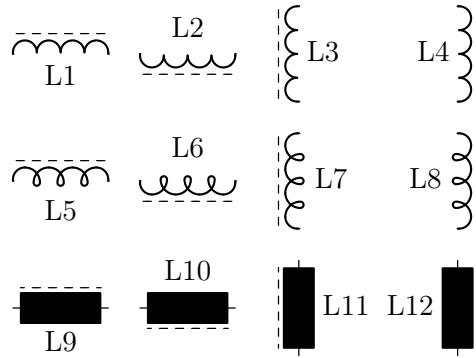


Abbildung 4.22: Ferritkerne

Ein Transformator kann durch zwei Spulen mit Eisenkern erzeugt werden, was in Abb. 4.23 dargestellt ist:

```

\begin{circuitdiagram}{9}{6}
\normalinduc
\induc[\ironcore]{3}{3}{VR1}{L1}{}
\induc[\ironcore]{6}{3}{V}{}{}
\end{circuitdiagram}

```



Abbildung 4.23: Ein Transformator

Für alleinstehende Eisenkerne dient ein weiterer Befehl: `\Ironcore` (bereitgestellt von der Paketoption `passive`) zeichnet eine Doppellinie und besitzt vier Argumente. Diese sind die x- und y-Koordinate, die Ausrichtung (H oder V) und die Länge (die man am besten gleich der Anzahl der Windungen wählt). Einige Eisenkerne sind in Abb. 4.24 dargestellt:

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\begin{circuitdiagram}{22}{8}
  \Ironcore{3}{4}{H}{3}
  \Ironcore{12}{4}{H}{5}
  \Ironcore{19}{4}{V}{3}
  \Ironcore{22}{4}{V}{5}
\end{circuitdiagram}
```

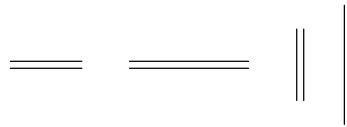


Abbildung 4.24: Alleinstehende Eisenkerne

Ein komplizierterer Transformator ist in Abb. 4.25 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{5}{14}
  \normalinduc
  \induc[\windings{5}\wireUD{3}]{1}{7}{VR}{}{}
  \Ironcore{2.5}{7}{V}{8}
  \induc[\windings{8}\wireUD{1}]{4}{7}{V}{}{}
  \wire{4}{4}{5}{4}
\end{circuitdiagram}
```

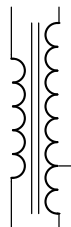


Abbildung 4.25: Ein komplizierterer Transformator

Siehe auch: 2.2.5 (Spulen).

4.2.8 Veränderbarkeit

Der Befehl `\modify` zeichnet einen Veränderbarkeitspfeil diagonal durch ein Bauelement und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Pfeilspitze und – bei Widerständen – ob eine Verbindung zum Anschluss hergestellt wird. Einige veränderbare Quellen sind in Abb. 4.26 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{67}{25}
  \voltsrc[\modify{LU}]{3}{21}{H}{U1}{}
  \voltsrc[\modify{LD}]{11}{21}{H}{U2}{}
  \voltsrc[\modify{RU}]{19}{21}{H}{U3}{}
  \voltsrc[\modify{RD}]{27}{21}{H}{U4}{}
  \voltsrc[\modify{LU}]{35}{21}{V}{U5}{}
\end{circuitdiagram}
```

```

\voltsrc[\modify{LD}]{44}{21}{V}{U6}{}
\voltsrc[\modify{RU}]{53}{21}{V}{U7}{}
\voltsrc[\modify{RD}]{62}{21}{V}{U8}{}
\currsrc[\modify{LU}]{3}{12}{H}{I1}{}
\currsrc[\modify{LD}]{11}{12}{H}{I2}{}
\currsrc[\modify{RU}]{19}{12}{H}{I3}{}
\currsrc[\modify{RD}]{27}{12}{H}{I4}{}
\currsrc[\modify{LU}]{35}{12}{V}{I5}{}
\currsrc[\modify{LD}]{44}{12}{V}{I6}{}
\currsrc[\modify{RU}]{53}{12}{V}{I7}{}
\currsrc[\modify{RD}]{62}{12}{V}{I8}{}
\othersrc[\modify{LU}]{o}{3}{3}{H}{U9}{}
\othersrc[\modify{LD}]{+-}{11}{3}{L}{U10}{}
\othersrc[\modify{RU}]{oo}{19}{3}{H}{I9}{}
\othersrc[\modify{RD}]{( )}{27}{3}{H}{I10}{}
\othersrc[\modify{LU}]{o}{35}{3}{V}{U11}{}
\othersrc[\modify{LD}]{+-}{44}{3}{U}{U12}{}
\othersrc[\modify{RU}]{oo}{53}{3}{V}{I11}{}
\othersrc[\modify{RD}]{( )}{62}{3}{V}{I12}{}
\end{circuitdiagram}

```

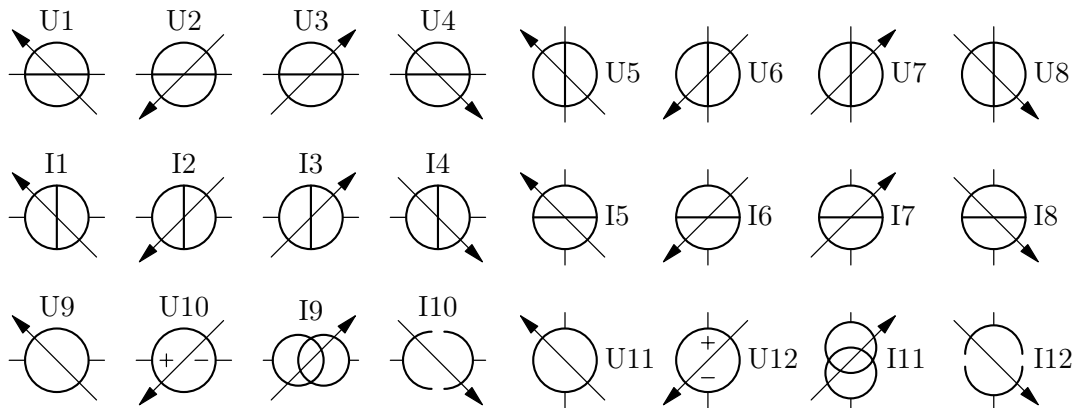


Abbildung 4.26: Veränderbarkeitspfeile bei Quellen

Einige veränderbare Widerstände sind in Abb. 4.27 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{16}
\resis[\modify{LU}]{5}{13}{H}{R1}{}
\resis[\modify{LU*}]{13}{13}{H}{R2}{}
\resis[\modify{LD}]{22}{13}{H}{R3}{}
\resis[\modify{LD*}]{30}{13}{H}{R4}{}
\resis[\modify{RU}]{39}{13}{H}{R5}{}
\resis[\modify{RU*}]{48}{13}{H}{R6}{}
\resis[\modify{RD}]{56}{13}{H}{R7}{}
\resis[\modify{RD*}]{65}{13}{H}{R8}{}
\resis[\modify{LU}]{3}{4}{V}{R9}{}
\resis[\modify{LU*}]{12}{4}{V}{R10}{}

```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\resis[\modify{LD}]{21}{4}{V}{R11}{}
\resis[\modify{LD*}]{30}{4}{V}{R12}{}
\resis[\modify{RU}]{39}{4}{V}{R13}{}
\resis[\modify{RU*}]{48}{4}{V}{R14}{}
\resis[\modify{RD}]{57}{4}{V}{R15}{}
\resis[\modify{RD*}]{66}{4}{V}{R16}{}
\end{circuitdiagram}
```

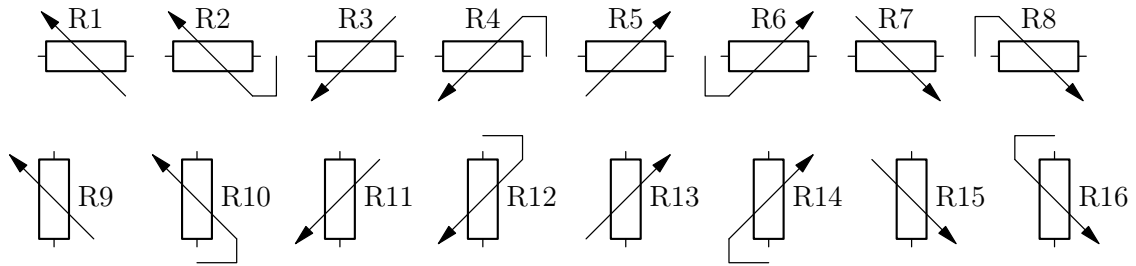


Abbildung 4.27: Veränderbarkeitspfeile bei Widerständen

Einige veränderbare Kondensatoren sind in Abb. 4.28 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{63}{7}
\capac[\modify{LU}]{3}{3}{Hud}{C1}{}
\capac[\modify{LD}]{10}{3}{Hud}{C2}{}
\capac[\modify{RU}]{17}{3}{Hud}{C3}{}
\capac[\modify{RD}]{24}{3}{Hud}{C4}{}
\capac[\modify{LU}]{31}{3}{Vr}{C5}{}
\capac[\modify{LD}]{40}{3}{Vr}{C6}{}
\capac[\modify{RU}]{49}{3}{Vr}{C7}{}
\capac[\modify{RD}]{58}{3}{Vr}{C8}{}
\end{circuitdiagram}
```

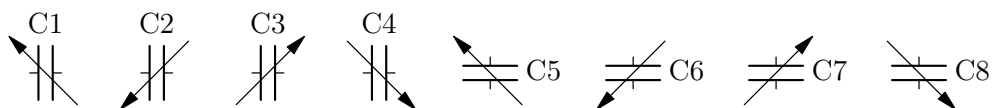


Abbildung 4.28: Veränderbarkeitspfeile bei Kondensatoren

Einige veränderbare horizontale Spulen sind in Abb. 4.29 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{23}
\normalinduc
\induc[\modify{LU}]{3}{19}{H}{L1}{}
\induc[\modify{LU}]{11}{19}{HD}{L2}{}
\induc[\modify{LD}]{19}{19}{H}{L3}{}
\induc[\modify{LD}]{27}{19}{HD}{L4}{}
\induc[\modify{RU}]{35}{19}{H}{L5}{}
\induc[\modify{RU}]{43}{19}{HD}{L6}{}
\induc[\modify{RD}]{51}{19}{H}{L7}{}
\end{circuitdiagram}
```



```

\induc[\modify{RD}]{59}{19}{HD}{L8}{}
\curlyinduc
\induc[\modify{LU}]{3}{11}{H}{L9}{}
\induc[\modify{LU}]{11}{11}{HD}{L10}{}
\induc[\modify{LD}]{19}{11}{H}{L11}{}
\induc[\modify{LD}]{27}{11}{HD}{L12}{}
\induc[\modify{RU}]{35}{11}{H}{L13}{}
\induc[\modify{RU}]{43}{11}{HD}{L14}{}
\induc[\modify{RD}]{51}{11}{H}{L15}{}
\induc[\modify{RD}]{59}{11}{HD}{L16}{}
\filledinduc
\induc[\modify{LU}]{3}{3}{H}{L17}{}
\induc[\modify{LU}]{11}{3}{HD}{L18}{}
\induc[\modify{LD}]{19}{3}{H}{L19}{}
\induc[\modify{LD}]{27}{3}{HD}{L20}{}
\induc[\modify{RU}]{35}{3}{H}{L21}{}
\induc[\modify{RU}]{43}{3}{HD}{L22}{}
\induc[\modify{RD}]{51}{3}{H}{L23}{}
\induc[\modify{RD}]{59}{3}{HD}{L24}{}
\end{circuitdiagram}

```

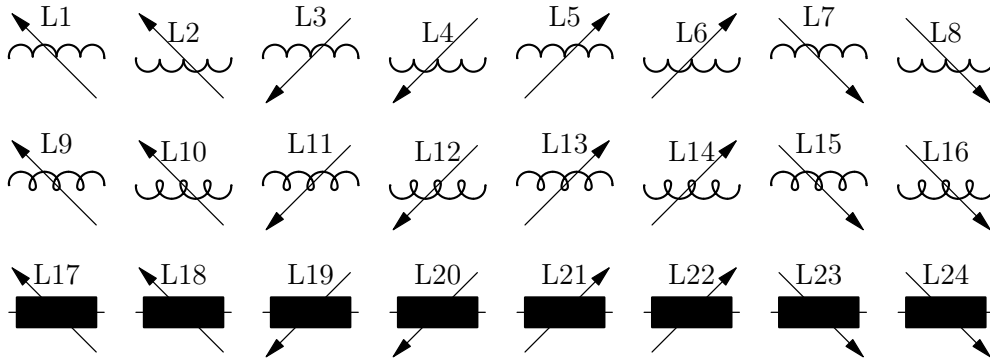


Abbildung 4.29: Veränderbarkeitspfeile bei horizontalen Spulen

Einige veränderbare vertikale Spulen sind in Abb. 4.30 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{22}
\normalinduc
\induc[\modify{LU}]{3}{19}{V}{L1}{}
\induc[\modify{LU}]{12}{19}{VR}{L2}{}
\induc[\modify{LD}]{21}{19}{V}{L3}{}
\induc[\modify{LD}]{30}{19}{VR}{L4}{}
\induc[\modify{RU}]{39}{19}{V}{L5}{}
\induc[\modify{RU}]{48}{19}{VR}{L6}{}
\induc[\modify{RD}]{57}{19}{V}{L7}{}
\induc[\modify{RD}]{66}{19}{VR}{L8}{}
\curlyinduc
\induc[\modify{LU}]{3}{11}{V}{L9}{}

```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```

\induc[\modify{LU}]{12}{11}{VR}{L10}{}
\induc[\modify{LD}]{21}{11}{V}{L11}{}
\induc[\modify{LD}]{30}{11}{VR}{L12}{}
\induc[\modify{RU}]{39}{11}{V}{L13}{}
\induc[\modify{RU}]{48}{11}{VR}{L14}{}
\induc[\modify{RD}]{57}{11}{V}{L15}{}
\induc[\modify{RD}]{66}{11}{VR}{L16}{}
\filledinduc
\induc[\modify{LU}]{3}{3}{V}{L17}{}
\induc[\modify{LU}]{12}{3}{VR}{L18}{}
\induc[\modify{LD}]{21}{3}{V}{L19}{}
\induc[\modify{LD}]{30}{3}{VR}{L20}{}
\induc[\modify{RU}]{39}{3}{V}{L21}{}
\induc[\modify{RU}]{48}{3}{VR}{L22}{}
\induc[\modify{RD}]{57}{3}{V}{L23}{}
\induc[\modify{RD}]{66}{3}{VR}{L24}{}
\end{circuitdiagram}

```

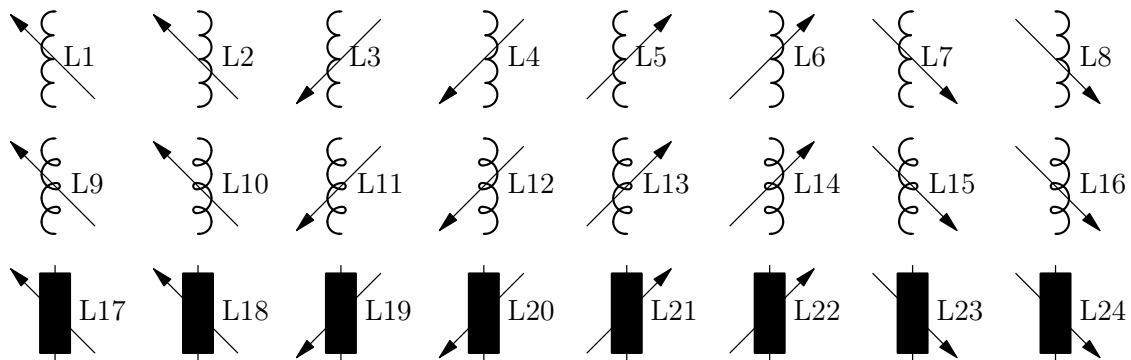


Abbildung 4.30: Veränderbarkeitspfeile bei vertikalen Spulen

Für alleinstehende Veränderbarkeitspfeile dient ein weiterer Befehl: `\Modify` (bereitgestellt von der Paketooption `passive`) zeichnet einen Veränderbarkeitspfeil und besitzt drei Argumente. Diese sind die x- und y-Koordinate und die Position der Pfeilspitze. Einige Veränderbarkeitspfeile sind in Abb. 4.31 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{39}{16}
\curlyinduc
\Ironcore{4.5}{8}{V}{9}
\induc[\windings{8}\winddot{U}\wireUD{0.5}]{3}{8}{VR}{}{}
\induc[\windings{4}\winddot{D}\wireUD{0.75}]{6}{11.75}{VL}{}{}
\induc[\windings{3}\winddot{U}]{6}{3.5}{VL}{}{}
\Modify{4.5}{10.5}{RU}
\Modify{14.5}{10.5}{LU}
\Modify{24.5}{10.5}{LD}
\Modify{34.5}{10.5}{RD}
\end{circuitdiagram}

```

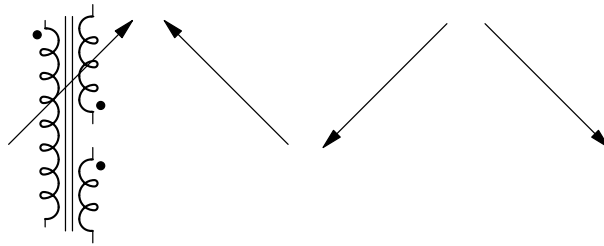


Abbildung 4.31: Alleinstehende Veränderbarkeitspfeile

Siehe auch: [2.1.1](#) (Spannungsquellen), [2.1.2](#) (Stromquellen), [2.1.3](#) (andere Quellen), [2.2.3](#) (Widerstände), [2.2.4](#) (Kondensatoren), [2.2.5](#) (Spulen), [2.5.3](#) (gekoppelte Widerstände, Kondensatoren und Spulen), [4.2.2](#) (Schleifer), [4.2.9](#) (Einstellbarkeit).

4.2.9 Einstellbarkeit

Der Befehl `\trim` zeichnet einen Einstellbarkeitsstrich diagonal durch ein Bauelement und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Strichendes und – bei Widerständen – ob eine Verbindung zum Anschluss hergestellt wird. Einige einstellbare Widerstände sind in Abb. [4.32](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{16}
  \resis[\trim{LU}]{5}{13}{H}{R1}{}
  \resis[\trim{LU*}]{13}{13}{H}{R2}{}
  \resis[\trim{LD}]{22}{13}{H}{R3}{}
  \resis[\trim{LD*}]{30}{13}{H}{R4}{}
  \resis[\trim{RU}]{39}{13}{H}{R5}{}
  \resis[\trim{RU*}]{48}{13}{H}{R6}{}
  \resis[\trim{RD}]{56}{13}{H}{R7}{}
  \resis[\trim{RD*}]{65}{13}{H}{R8}{}
  \resis[\trim{LU}]{3}{4}{V}{R9}{}
  \resis[\trim{LU*}]{12}{4}{V}{R10}{}
  \resis[\trim{LD}]{21}{4}{V}{R11}{}
  \resis[\trim{LD*}]{30}{4}{V}{R12}{}
  \resis[\trim{RU}]{39}{4}{V}{R13}{}
  \resis[\trim{RU*}]{48}{4}{V}{R14}{}
  \resis[\trim{RD}]{57}{4}{V}{R15}{}
  \resis[\trim{RD*}]{66}{4}{V}{R16}{}
\end{circuitdiagram}
```

Einige einstellbare Kondensatoren sind in Abb. [4.33](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{63}{7}
  \capac[\trim{LU}]{3}{3}{Hud}{C1}{}
  \capac[\trim{LD}]{10}{3}{Hud}{C2}{}
  \capac[\trim{RU}]{17}{3}{Hud}{C3}{}
  \capac[\trim{RD}]{24}{3}{Hud}{C4}{}
  \capac[\trim{LU}]{31}{3}{Vr}{C5}{}
  \capac[\trim{LD}]{40}{3}{Vr}{C6}{}
\end{circuitdiagram}
```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

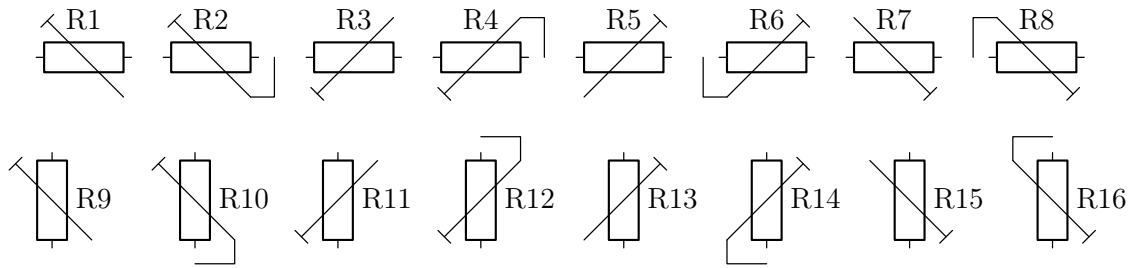


Abbildung 4.32: Einstellbarkeitsstriche bei Widerständen

```
\capac[\trim{RU}]{49}{3}{Vr}{C7}{}
\capac[\trim{RD}]{58}{3}{Vr}{C8}{}
\end{circuitdiagram}
```

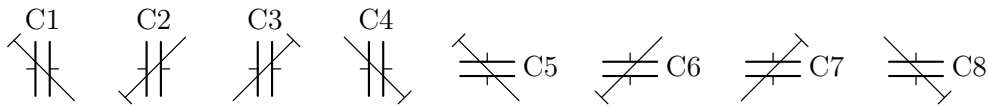


Abbildung 4.33: Einstellbarkeitsstriche bei Kondensatoren

Einige einstellbare horizontale Spulen sind in Abb. 4.34 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{23}
\normalinduc
\induc[\trim{LU}]{3}{19}{H}{L1}{}
\induc[\trim{LU}]{11}{19}{HD}{L2}{}
\induc[\trim{LD}]{19}{19}{H}{L3}{}
\induc[\trim{LD}]{27}{19}{HD}{L4}{}
\induc[\trim{RU}]{35}{19}{H}{L5}{}
\induc[\trim{RU}]{43}{19}{HD}{L6}{}
\induc[\trim{RD}]{51}{19}{H}{L7}{}
\induc[\trim{RD}]{59}{19}{HD}{L8}{}
\curlyinduc
\induc[\trim{LU}]{3}{11}{H}{L9}{}
\induc[\trim{LU}]{11}{11}{HD}{L10}{}
\induc[\trim{LD}]{19}{11}{H}{L11}{}
\induc[\trim{LD}]{27}{11}{HD}{L12}{}
\induc[\trim{RU}]{35}{11}{H}{L13}{}
\induc[\trim{RU}]{43}{11}{HD}{L14}{}
\induc[\trim{RD}]{51}{11}{H}{L15}{}
\induc[\trim{RD}]{59}{11}{HD}{L16}{}
\filledinduc
\induc[\trim{LU}]{3}{3}{H}{L17}{}
\induc[\trim{LU}]{11}{3}{HD}{L18}{}
\induc[\trim{LD}]{19}{3}{H}{L19}{}
\induc[\trim{LD}]{27}{3}{HD}{L20}{}
\induc[\trim{RU}]{35}{3}{H}{L21}{}
\end{circuitdiagram}
```

```

\induc[\trim{RU}]{43}{3}{HD}{L22}{}
\induc[\trim{RD}]{51}{3}{H}{L23}{}
\induc[\trim{RD}]{59}{3}{HD}{L24}{}
\end{circuitdiagram}

```

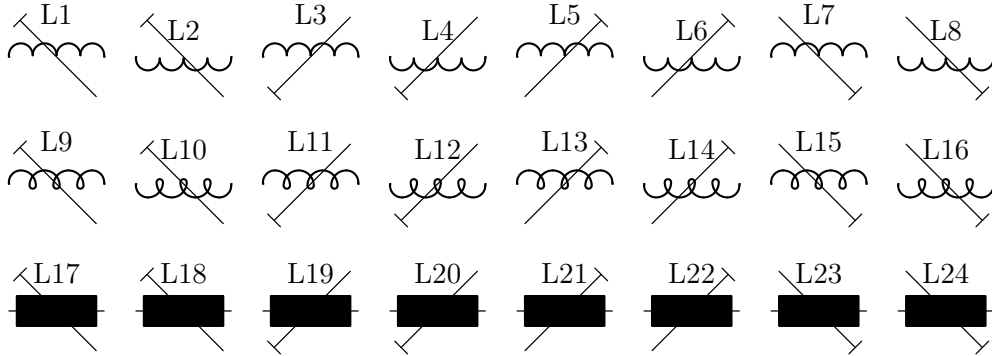


Abbildung 4.34: Einstellbarkeitsstriche bei horizontalen Spulen

Einige einstellbare vertikale Spulen sind in Abb. 4.35 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{22}
\normalinduc
\induc[\trim{LU}]{3}{19}{V}{L1}{}
\induc[\trim{LU}]{12}{19}{VR}{L2}{}
\induc[\trim{LD}]{21}{19}{V}{L3}{}
\induc[\trim{LD}]{30}{19}{VR}{L4}{}
\induc[\trim{RU}]{39}{19}{V}{L5}{}
\induc[\trim{RU}]{48}{19}{VR}{L6}{}
\induc[\trim{RD}]{57}{19}{V}{L7}{}
\induc[\trim{RD}]{66}{19}{VR}{L8}{}
\curlyinduc
\induc[\trim{LU}]{3}{11}{V}{L9}{}
\induc[\trim{LU}]{12}{11}{VR}{L10}{}
\induc[\trim{LD}]{21}{11}{V}{L11}{}
\induc[\trim{LD}]{30}{11}{VR}{L12}{}
\induc[\trim{RU}]{39}{11}{V}{L13}{}
\induc[\trim{RU}]{48}{11}{VR}{L14}{}
\induc[\trim{RD}]{57}{11}{V}{L15}{}
\induc[\trim{RD}]{66}{11}{VR}{L16}{}
\filledinduc
\induc[\trim{LU}]{3}{3}{V}{L17}{}
\induc[\trim{LU}]{12}{3}{VR}{L18}{}
\induc[\trim{LD}]{21}{3}{V}{L19}{}
\induc[\trim{LD}]{30}{3}{VR}{L20}{}
\induc[\trim{RU}]{39}{3}{V}{L21}{}
\induc[\trim{RU}]{48}{3}{VR}{L22}{}
\induc[\trim{RD}]{57}{3}{V}{L23}{}
\induc[\trim{RD}]{66}{3}{VR}{L24}{}

```

`\end{circuitdiagram}`

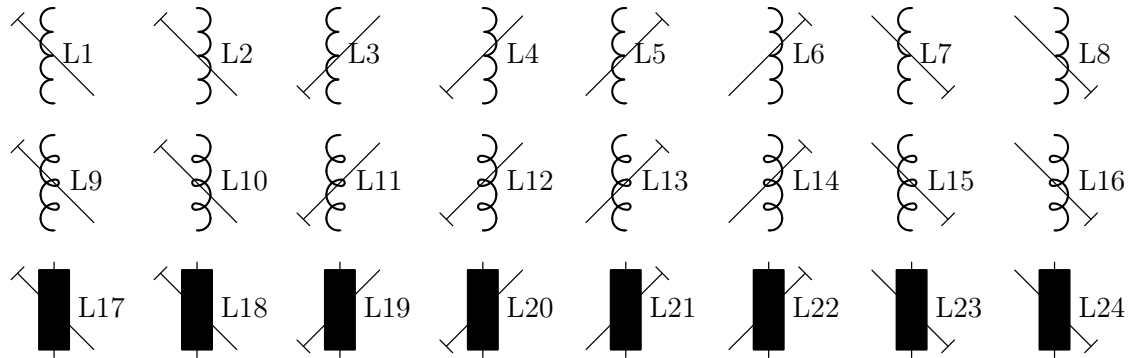


Abbildung 4.35: Einstellbarkeitsstriche bei vertikalen Spulen

Für alleinstehende Einstellbarkeitsstriche dient ein weiterer Befehl: `\Trim` (bereitgestellt von der Paketooption `passive`) zeichnet einen Einstellbarkeitsstrich und besitzt drei Argumente. Diese sind die x- und y-Koordinate und die Position der Strichendes. Einige Einstellbarkeitsstriche sind in Abb. 4.36 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{39}{16}
\curlyinduc
\Ironcore{4.5}{8}{V}{9}
\induc[\windings{8}\winddot{U}\wireUD{0.5}]{3}{8}{VR}{}{}
\induc[\windings{4}\winddot{D}\wireUD{0.75}]{6}{11.75}{VL}{}{}
\induc[\windings{3}\winddot{U}]{6}{3.5}{VL}{}{}
\Trim{4.5}{10.5}{RU}
\Trim{14.5}{10.5}{LU}
\Trim{24.5}{10.5}{LD}
\Trim{34.5}{10.5}{RD}
\end{circuitdiagram}
```

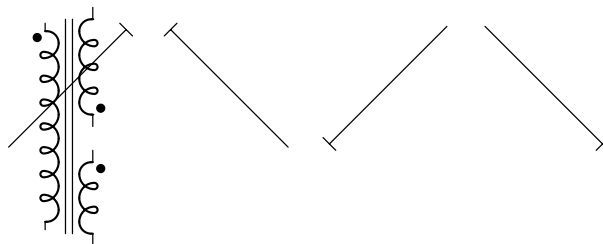


Abbildung 4.36: Alleinstehende Einstellbarkeitsstriche

Siehe auch: 2.2.3 (Widerstände), 2.2.4 (Kondensatoren), 2.2.5 (Spulen), 2.5.3 (gekoppelte Widerstände, Kondensatoren und Spulen), 4.2.2 (Schleifer), 4.2.8 (Veränderbarkeit).

4.2.10 Photoempfindlichkeit

Der Befehl `\photo` zeichnet zwei Lichtpfeile, die auf das Bauelement zeigen, und besitzt ein oder kein Argument. Dies ist, falls vorhanden, die Position der Pfeile. Einige Photowiderstände

sind in Abb. 4.37 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{35}{8}
\resis[\photo{U}]{4}{4}{Hd}{R1}{}
\resis[\photo{D}]{12}{4}{Hu}{R2}{}
\resis[\photo{L}]{21}{4}{V}{R3}{}
\resis[\photo{R}]{31}{4}{Vl}{R4}{}
\end{circuitdiagram}
```

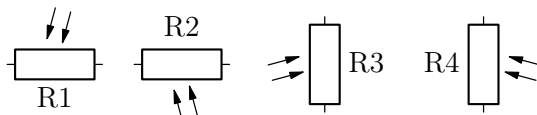


Abbildung 4.37: Photowiderstände

Siehe auch: 2.2.3 (Widerstände), 4.3.1 (Photoempfindlichkeit).

4.3 Halbleiterbauelemente

4.3.1 Photoempfindlichkeit

Der Befehl `\photo` zeichnet zwei Lichtpfeile, die auf das Bauelement zeigen, und besitzt ein oder kein Argument. Dies ist, falls vorhanden, die Position der Pfeile. Einige Photodioden sind in Abb. 4.38 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{61}{8}
\diode[\photo{U}]{2}{4}{Ld}{D1}{}
\diode[\photo{D}]{8}{4}{Lu}{D2}{}
\diode[\photo{U}]{14}{4}{Rd}{D3}{}
\diode[\photo{D}]{20}{4}{Ru}{D4}{}
\diode[\photo{L}]{28}{4}{U}{D5}{}
\diode[\photo{R}]{38}{4}{U1}{D6}{}
\diode[\photo{L}]{47}{4}{D}{D7}{}
\diode[\photo{R}]{57}{4}{D1}{D8}{}
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 4.38: Photodioden

Einige Phototransistoren sind in Abb. 4.39 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{18}
\nocircledtrans
\trans[\photo]{nnp}{5}{14}{LU}{T1}{}
\trans[\photo]{nnp}{16.5}{14}{LD}{T2}{}
\end{circuitdiagram}
```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```

\trans[\photo]{npn}{26.5}{14}{RU}{T3}{ }
\trans[\photo]{npn}{38}{14}{RD}{T4}{ }
\trans[\photo]{npn}{48.5}{14.5}{UL}{T5}{ }
\trans[\photo]{npn}{56}{14.5}{UR}{T6}{ }
\trans[\photo]{npn}{63.5}{13.5}{DL}{T7}{ }
\trans[\photo]{npn}{71}{13.5}{DR}{T8}{ }
\circledtrans
\trans[\photo]{pnp}{5}{4}{LU}{T9}{ }
\trans[\photo]{pnp}{16.5}{4}{LD}{T10}{ }
\trans[\photo]{pnp}{26.5}{4}{RU}{T11}{ }
\trans[\photo]{pnp}{38}{4}{RD}{T12}{ }
\trans[\photo]{pnp}{48.5}{4.5}{UL}{T13}{ }
\trans[\photo]{pnp}{56}{4.5}{UR}{T14}{ }
\trans[\photo]{pnp}{63.5}{4.5}{DL}{T15}{ }
\trans[\photo]{pnp}{71}{4.5}{DR}{T16}{ }
\end{circuitdiagram}

```

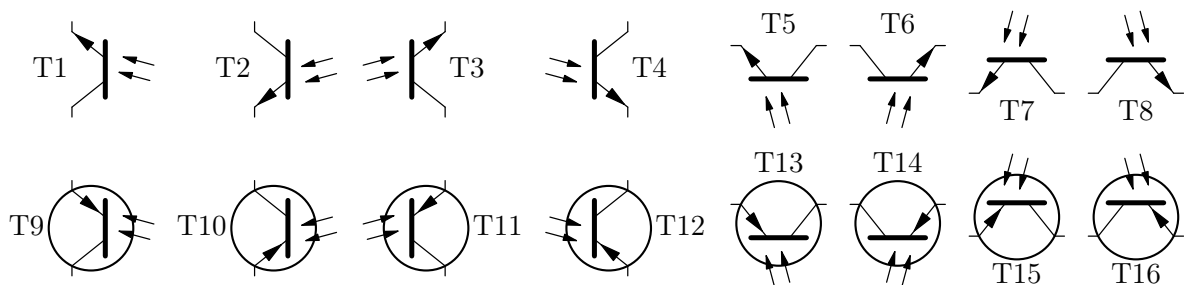


Abbildung 4.39: Phototransistoren

Siehe auch: [2.3.1](#) (Dioden), [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [4.2.10](#) (Photoempfindlichkeit), [4.3.2](#) (Lichtaussendung).

4.3.2 Lichtaussendung

Der Befehl `\emit` zeichnet zwei Lichtpfeile, die vom Bauelement wegzeigen, und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Pfeile. Einige Leuchtdioden sind in Abb. [4.40](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{61}{8}
\diode[\emit{U}]{2}{4}{Ld}{D1}{ }
\diode[\emit{D}]{8}{4}{Lu}{D2}{ }
\diode[\emit{U}]{14}{4}{Rd}{D3}{ }
\diode[\emit{D}]{20}{4}{Ru}{D4}{ }
\diode[\emit{L}]{28}{4}{U}{D5}{ }
\diode[\emit{R}]{38}{4}{Ul}{D6}{ }
\diode[\emit{L}]{47}{4}{D}{D7}{ }
\diode[\emit{R}]{57}{4}{Dl}{D8}{ }
\end{circuitdiagram}

```

Siehe auch: [2.3.1](#) (Dioden), [4.3.1](#) (Photoempfindlichkeit).



Abbildung 4.40: Leuchtdioden

4.3.3 Zener-Dioden bzw. Z-Dioden

Der Befehl `\zener` zeichnet den Strich der Zener-Diode an eine Diode und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Strichs. Einige Zener-Dioden sind in Abb. 4.41 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{51}{6}
\diode[\zener{U}]{2}{2}{L}{D1}{}
\diode[\zener{D}]{8}{2}{L}{D2}{}
\diode[\zener{U}]{14}{2}{R}{D3}{}
\diode[\zener{D}]{20}{2}{R}{D4}{}
\diode[\zener{L}]{26}{2}{U}{D5}{}
\diode[\zener{R}]{33}{2}{U}{D6}{}
\diode[\zener{L}]{40}{2}{D}{D7}{}
\diode[\zener{R}]{47}{2}{D}{D8}{}
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 4.41: Zener-Dioden bzw. Z-Dioden

Siehe auch: 2.3.1 (Dioden), 4.3.4 (Schottky-Dioden), 4.3.5 (Tunneldioden), 4.3.6 (Kapazitätsdioden).

4.3.4 Schottky-Dioden und -Transistoren

Der Befehl `\schottky` (bereitgestellt von der Paketooption `semicon`) zeichnet die beiden Striche der Schottky-Diode an eine Diode und besitzt kein Argument. Einige Schottky-Dioden sind in Abb. 4.42 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{25}{6}
\diode[\schottky]{2}{2}{L}{D1}{}
\diode[\schottky]{8}{2}{R}{D2}{}
\diode[\schottky]{14}{2}{U}{D3}{}
\diode[\schottky]{21}{2}{D}{D4}{}
\end{circuitdiagram}
```

Dasselbe funktioniert auch bei bipolaren Transistoren. Einige Schottky-Transistoren sind in Abb. 4.43 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{15}
\nocircledtrans
```

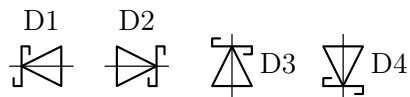


Abbildung 4.42: Schottky-Dioden

```
\trans[\schottky]{npn}{4}{12}{LU}{T1}{}  
\trans[\schottky]{npn}{12}{12}{LD}{T2}{}  
\trans[\schottky]{npn}{20}{12}{RU}{T3}{}  
\trans[\schottky]{npn}{28}{12}{RD}{T4}{}  
\trans[\schottky]{npn}{4}{3}{UL}{T5}{}  
\trans[\schottky]{npn}{12}{3}{UR}{T6}{}  
\trans[\schottky]{npn}{20}{3}{DL}{T7}{}  
\trans[\schottky]{npn}{28}{3}{DR}{T8}{}  
\circledtrans  
\trans[\schottky]{pnp}{38}{12}{LU}{T9}{}  
\trans[\schottky]{pnp}{49}{12}{LD}{T10}{}  
\trans[\schottky]{pnp}{57}{12}{RU}{T11}{}  
\trans[\schottky]{pnp}{68}{12}{RD}{T12}{}  
\trans[\schottky]{pnp}{38}{3}{UL}{T13}{}  
\trans[\schottky]{pnp}{49}{3}{UR}{T14}{}  
\trans[\schottky]{pnp}{57}{4}{DL}{T15}{}  
\trans[\schottky]{pnp}{68}{4}{DR}{T16}{}  
\end{circuitdiagram}
```

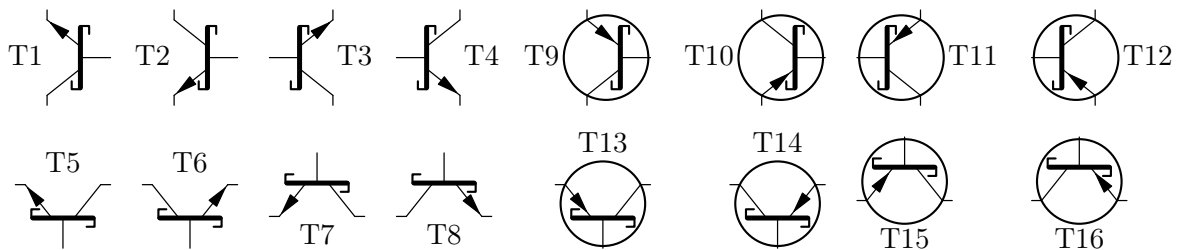


Abbildung 4.43: Schottky-Transistoren

Siehe auch: 2.3.1 (Dioden), 2.3.3 (Bipolartransistoren), 4.3.3 (Zener-Dioden), 4.3.5 (Tunnel-dioden), 4.3.6 (Kapazitätsdioden), 4.3.9 (Multi-Emitter-Transistoren).

4.3.5 Tunnelndioden

Der Befehl `\tunnel` (bereitgestellt von der Paketooption `semicon`) zeichnet die beiden Striche der Tunneldiode an eine Diode und besitzt kein Argument. Einige Tunnelndioden sind in Abb. 4.44 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{25}{6}  
\diode[\tunnel]{2}{2}{L}{D1}{}  
\diode[\tunnel]{8}{2}{R}{D2}{}
```

```

\diode[\tunnel]{14}{2}{U}{D3}{ }
\diode[\tunnel]{21}{2}{D}{D4}{ }
\end{circuitdiagram}

```

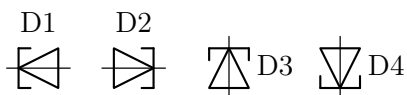


Abbildung 4.44: Tunneldioden

Siehe auch: [2.3.1](#) (Dioden), [4.3.3](#) (Zener-Dioden), [4.3.4](#) (Schottky-Dioden), [4.3.6](#) (Kapazitätsdioden).

4.3.6 Kapazitätsdioden

Der Befehl `\capdio` (bereitgestellt von der Paketooption `semicon`) zeichnet einen Kondensator an eine Diode und besitzt kein Argument. Einige Kapazitätsdioden sind in Abb. [4.45](#) dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{27}{20}
\lineddiode
\diode[\capdio]{2}{16}{L}{D1}{ }
\diode[\capdio]{8}{16}{R}{D2}{ }
\diode[\capdio]{14}{16}{U}{D3}{ }
\diode[\capdio]{22}{16}{D}{D4}{ }
\emptydiode
\diode[\capdio]{2}{9}{L}{D5}{ }
\diode[\capdio]{8}{9}{R}{D6}{ }
\diode[\capdio]{14}{9}{U}{D7}{ }
\diode[\capdio]{22}{9}{D}{D8}{ }
\filleddiode
\diode[\capdio]{2}{2}{L}{D9}{ }
\diode[\capdio]{8}{2}{R}{D10}{ }
\diode[\capdio]{14}{2}{U}{D11}{ }
\diode[\capdio]{22}{2}{D}{D12}{ }
\end{circuitdiagram}

```

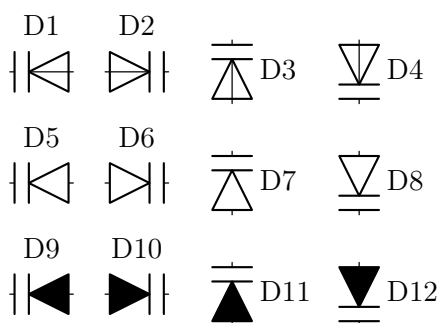


Abbildung 4.45: Kapazitätsdioden

Siehe auch: [2.3.1](#) (Dioden), [4.3.3](#) (Zener-Dioden), [4.3.4](#) (Schottky-Dioden), [4.3.5](#) (Tunneldioden).

4.3.7 Thyristoren

Der Befehl `\thyristor` (bereitgestellt von der Paketoption `semicon`) zeichnet einen Thyristor-Anschluss an eine Diode und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Anschlusses. Einige Thyristoren sind in Abb. 4.46 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{70}{19}
\diode[\thyristor{LU}]{2}{15}{Ld}{D1}{}
\diode[\thyristor{U}]{8}{15}{Ld}{D2}{}
\diode[\thyristor{RU}]{14}{15}{Ld}{D3}{}
\diode[\thyristor{LD}]{20}{15}{L}{D4}{}
\diode[\thyristor{D}]{26}{15}{L}{D5}{}
\diode[\thyristor{RD}]{32}{15}{L}{D6}{}
\diode[\thyristor{LU}]{38}{15}{Rd}{D7}{}
\diode[\thyristor{U}]{44}{15}{Rd}{D8}{}
\diode[\thyristor{RU}]{50}{15}{Rd}{D9}{}
\diode[\thyristor{LD}]{56}{15}{R}{D10}{}
\diode[\thyristor{D}]{62}{15}{R}{D11}{}
\diode[\thyristor{RD}]{68}{15}{R}{D12}{}
\diode[\thyristor{LU}]{11}{8}{U}{D13}{}
\diode[\thyristor{L}]{20}{8}{U}{D14}{}
\diode[\thyristor{LD}]{29}{8}{U}{D15}{}
\diode[\thyristor{RU}]{41}{8}{U1}{D16}{}
\diode[\thyristor{R}]{50}{8}{U1}{D17}{}
\diode[\thyristor{RD}]{59}{8}{U1}{D18}{}
\diode[\thyristor{LU}]{11}{2}{D}{D19}{}
\diode[\thyristor{L}]{20}{2}{D}{D20}{}
\diode[\thyristor{LD}]{29}{2}{D}{D21}{}
\diode[\thyristor{RU}]{41}{2}{D1}{D22}{}
\diode[\thyristor{R}]{50}{2}{D1}{D23}{}
\diode[\thyristor{RD}]{59}{2}{D1}{D24}{}
\end{circuitdiagram}
```

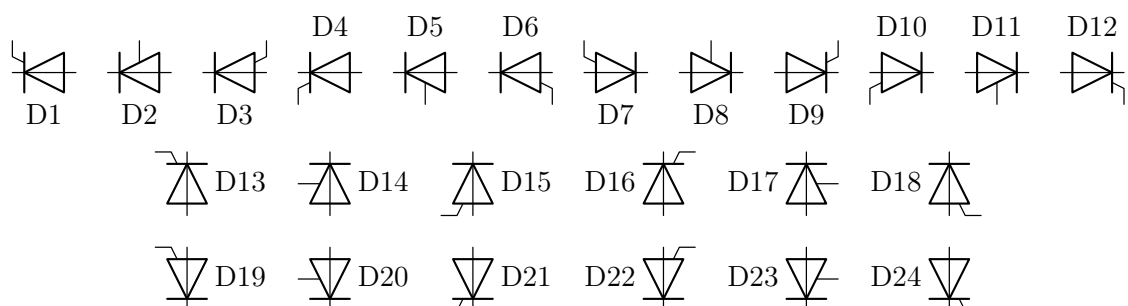


Abbildung 4.46: Thyristoren

Siehe auch: [2.3.1](#) (Dioden), [4.3.8](#) (Triacs).

4.3.8 Triacs

Der Befehl `\triac` (bereitgestellt von der Paketooption `semicon`) zeichnet einen Triac-Anschluss an einen Diac und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Anschlusses. Einige Triacs sind in Abb. 4.47 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{15}
\diac[\triac{LU}]{14}{10}{Hd}{D1}{}
\diac[\triac{U}]{20}{10}{Hd}{D2}{}
\diac[\triac{RU}]{26}{10}{Hd}{D3}{}
\diac[\triac{LD}]{32}{10}{H}{D4}{}
\diac[\triac{D}]{38}{10}{H}{D5}{}
\diac[\triac{RD}]{44}{10}{H}{D6}{}
\diac[\triac{LU}]{3}{2}{V}{D7}{}
\diac[\triac{L}]{13}{2}{V}{D8}{}
\diac[\triac{LD}]{23}{2}{V}{D9}{}
\diac[\triac{RU}]{35}{2}{V1}{D10}{}
\diac[\triac{R}]{45}{2}{V1}{D11}{}
\diac[\triac{RD}]{55}{2}{V1}{D12}{}
\end{circuitdiagram}
```

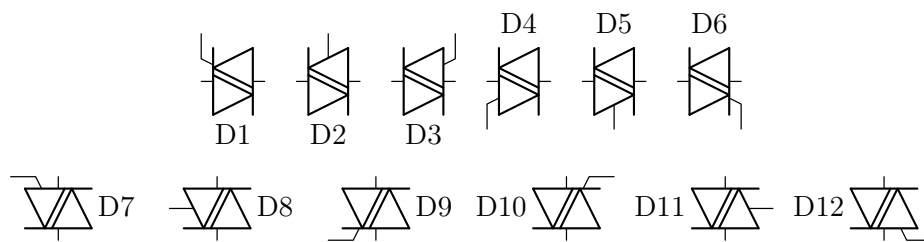


Abbildung 4.47: Triacs

Siehe auch: 2.3.2 (Diacs), 4.3.7 (Thyristoren).

4.3.9 Multi-Emitter-Transistoren

Der Befehl `\multemit` (bereitgestellt von der Paketooption `semicon`) zeichnet mehrere Emitter-Anschlüsse an einen Transistor und besitzt ein Argument. Dies ist die Anzahl der Emitter. Einige Multi-Emitter-Transistoren sind in Abb. 4.48 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{74}{34}
\nocircledtrans
\trans[\multemit{2}]{nnp}{4.5}{31}{L}{T1}{}
\trans[\multemit{2}]{nnp}{14}{29}{LU}{T2}{}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{23.5}{29}{L}{T3}{}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{33}{31}{LD}{T4}{}
\trans[\multemit{3}]{nnp}{42.5}{31}{L}{T5}{}
\trans[\multemit{3}]{nnp}{52}{29}{LU}{T6}{}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{61.5}{29}{L}{T7}{}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{71}{31}{LD}{T8}{}
\end{circuitdiagram}
```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```

\trans[\multemit{2}]{npn}{3}{21}{R}{T9}{-}
\trans[\multemit{2}]{npn}{12.5}{19}{RU}{T10}{-}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{22}{19}{R}{T11}{-}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{31.5}{21}{RD}{T12}{-}
\trans[\multemit{3}]{npn}{41}{21}{R}{T13}{-}
\trans[\multemit{3}]{npn}{50.5}{19}{RU}{T14}{-}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{60}{19}{R}{T15}{-}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{69.5}{21}{RD}{T16}{-}
\trans[\multemit{2}]{npn}{3}{11}{U}{T17}{-}
\trans[\multemit{2}]{npn}{13}{11}{UL}{T18}{-}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{22}{11}{U}{T19}{-}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{30}{11}{UR}{T20}{-}
\trans[\multemit{3}]{npn}{39}{11}{U}{T21}{-}
\trans[\multemit{3}]{npn}{51}{11}{UL}{T22}{-}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{61}{11}{U}{T23}{-}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{69}{11}{UR}{T24}{-}
\trans[\multemit{2}]{npn}{4}{3}{D}{T25}{-}
\trans[\multemit{2}]{npn}{12}{3}{DR}{T26}{-}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{21}{3}{D}{T27}{-}
\trans[\multemit{2}]{pnp}{31}{3}{DL}{T28}{-}
\trans[\multemit{3}]{npn}{41}{3}{D}{T29}{-}
\trans[\multemit{3}]{npn}{49}{3}{DR}{T30}{-}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{59}{3}{D}{T31}{-}
\trans[\multemit{3}]{pnp}{71}{3}{DL}{T32}{-}
\end{circuitdiagram}

```

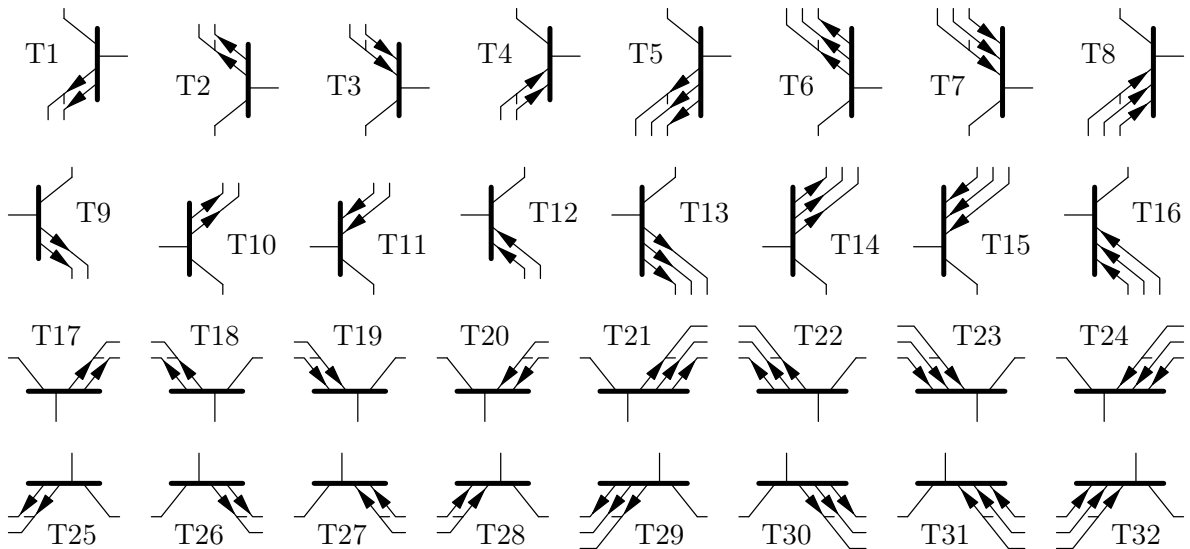


Abbildung 4.48: Multi-Emitter-Transistoren

Siehe auch: [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [4.3.4](#) (Schottky-Transistoren).

4.4 Integrierte Schaltungen

4.4.1 Versorgungsspannung

Der Befehl `\supply` zeichnet Anschlüsse für die Versorgungsspannung bei Operationsverstärkern und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Anschlüsse. Einige Operationsverstärker mit Versorgungsspannung sind in Abb. 4.49 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{8}
  \opamp[\supply{U}]{4}{4}{L}{IC1}{}
  \opamp[\supply{D}]{14}{4}{L}{IC2}{}
  \opamp[\supply{UD}]{24}{4}{L}{IC3}{}
  \opamp[\supply{U}]{34}{4}{R}{IC4}{}
  \opamp[\supply{D}]{44}{4}{R}{IC5}{}
  \opamp[\supply{UD}]{54}{4}{R}{IC6}{}
\end{circuitdiagram}
```

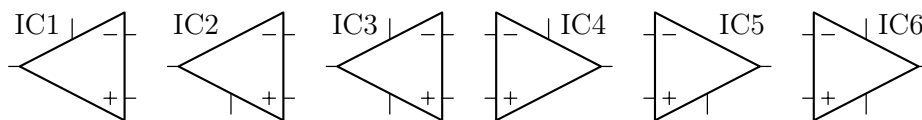


Abbildung 4.49: Versorgungsspannungen für Operationsverstärker

Siehe auch: 2.4.1 (Operationsverstärker), 4.4.2 (Operationsverstärker-Text).

4.4.2 Operationsverstärker-Text

Der Befehl `\optext` (bereitgestellt von der Paketooption `ic`) schreibt einen Text in einen Operationsverstärker und besitzt ein Argument. Dies ist der Text. Einige Operationsverstärker mit Text sind in Abb. 4.50 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{38}{8}
  \opamp[\optext{\$ \infty \$}]{4}{4}{L}{IC1}{}
  \opamp[\optext{\$ V(f) \$}]{14}{4}{L}{IC2}{}
  \opamp[\optext{\$ \infty \$}]{24}{4}{R}{IC3}{}
  \opamp[\optext{\$ V(f) \$}]{34}{4}{R}{IC4}{}
\end{circuitdiagram}
```

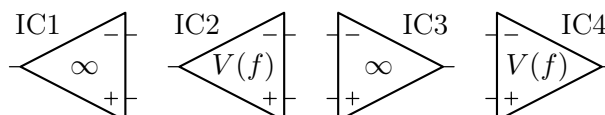


Abbildung 4.50: Operationsverstärker-Texte

Siehe auch: 2.4.1 (Operationsverstärker), 4.4.1 (Versorgungsspannung).

4.4.3 Eingänge für Gatter

Der Befehl `\inputs` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) erlaubt mehrere Eingänge bei Gattern und besitzt ein Argument. Dies ist die Anzahl der Eingänge und kann zwischen 2 und 9 liegen. Einige Gatter mit mehreren Eingängen sind in Abb. 4.51–4.52 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{52}{17}
\usgate
\gate[\inputs{3}]{and}{4}{14}{Lc}{IC1}{}
\gate[\inputs{3}]{nand}{13}{14}{Lc}{IC2}{}
\gate[\inputs{3}]{or}{22}{14}{Lc}{IC3}{}
\gate[\inputs{3}]{nor}{31}{14}{Lc}{IC4}{}
\gate[\inputs{3}]{xor}{40}{14}{Lc}{IC5}{}
\gate[\inputs{3}]{xnor}{49}{14}{Lc}{IC6}{}
\gate[\inputs{6}]{and}{3}{5}{Rc}{IC7}{}
\gate[\inputs{6}]{nand}{12}{5}{Rc}{IC8}{}
\gate[\inputs{6}]{or}{21}{5}{Rc}{IC9}{}
\gate[\inputs{6}]{nor}{30}{5}{Rc}{IC10}{}
\gate[\inputs{6}]{xor}{39}{5}{Rc}{IC11}{}
\gate[\inputs{6}]{xnor}{48}{5}{Rc}{IC12}{}
\end{circuitdiagram}
```

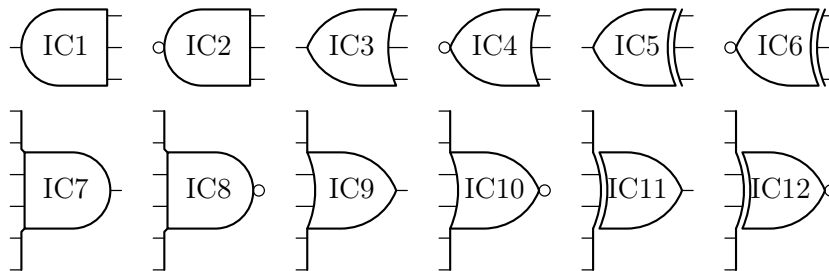


Abbildung 4.51: Mehrere Eingänge für Gatter (US-amerikanisch)

```
\begin{circuitdiagram}{52}{19}
\euagate
\gate[\inputs{3}]{and}{4}{16}{Lc}{IC1}{}
\gate[\inputs{3}]{nand}{13}{16}{Lc}{IC2}{}
\gate[\inputs{3}]{or}{22}{16}{Lc}{IC3}{}
\gate[\inputs{3}]{nor}{31}{16}{Lc}{IC4}{}
\gate[\inputs{3}]{xor}{40}{16}{Lc}{IC5}{}
\gate[\inputs{3}]{xnor}{49}{16}{Lc}{IC6}{}
\gate[\inputs{6}]{and}{3}{6}{Rc}{IC7}{}
\gate[\inputs{6}]{nand}{12}{6}{Rc}{IC8}{}
\gate[\inputs{6}]{or}{21}{6}{Rc}{IC9}{}
\gate[\inputs{6}]{nor}{30}{6}{Rc}{IC10}{}
\gate[\inputs{6}]{xor}{39}{6}{Rc}{IC11}{}
\gate[\inputs{6}]{xnor}{48}{6}{Rc}{IC12}{}
\end{circuitdiagram}
```

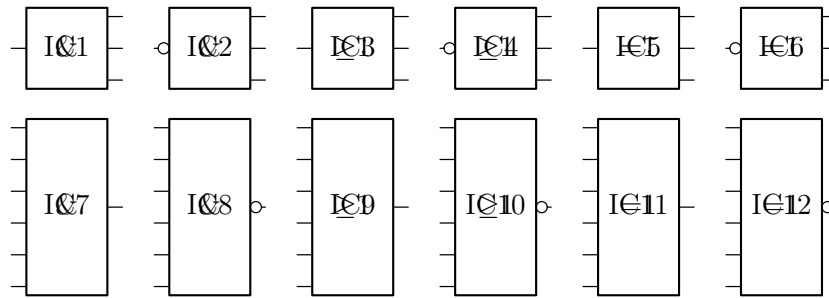



Abbildung 4.52: Mehrere Eingänge für Gatter (europäisch)

Siehe auch: [2.4.3](#) (Gatter), [4.4.4](#) (Schmitt-Trigger-Kennzeichnung), [4.4.5](#) (Open-Collector-Kennzeichnung), [4.4.6](#) (Tristate-Ausgänge).

4.4.4 Schmitt-Trigger-Kennzeichnung

Der Befehl `\schmitt` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) zeichnet ein Schmitt-Trigger-Symbol in ein Gatter und besitzt kein Argument. Einige Gatter mit Schmitt-Trigger-Symbol sind in Abb. [4.53–4.54](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{17}
  \usgate
  \gate[\schmitt]{and}{4}{12}{L}{IC1}{}
  \gate[\schmitt]{nand}{13}{12}{L}{IC2}{}
  \gate[\schmitt]{or}{22}{12}{L}{IC3}{}
  \gate[\schmitt]{nor}{31}{12}{L}{IC4}{}
  \gate[\schmitt]{xor}{40}{12}{L}{IC5}{}
  \gate[\schmitt]{xnor}{49}{12}{L}{IC6}{}
  \gate[\schmitt]{buf}{57}{12}{L}{IC7}{}
  \gate[\schmitt]{not}{65}{12}{L}{IC8}{}
  \gate[\schmitt]{and}{3}{3}{R}{IC9}{}
  \gate[\schmitt]{nand}{12}{3}{R}{IC10}{}
  \gate[\schmitt]{or}{21}{3}{R}{IC11}{}
  \gate[\schmitt]{nor}{30}{3}{R}{IC12}{}
  \gate[\schmitt]{xor}{39}{3}{R}{IC13}{}
  \gate[\schmitt]{xnor}{48}{3}{R}{IC14}{}
  \gate[\schmitt]{buf}{57}{3}{R}{IC15}{}
  \gate[\schmitt]{not}{65}{3}{R}{IC16}{}
\end{circuitdiagram}
```

```
\begin{circuitdiagram}{68}{17}
  \eugate
  \gate[\schmitt]{and}{4}{12}{L}{IC1}{}
  \gate[\schmitt]{nand}{13}{12}{L}{IC2}{}
  \gate[\schmitt]{or}{22}{12}{L}{IC3}{}
  \gate[\schmitt]{nor}{31}{12}{L}{IC4}{}
  \gate[\schmitt]{xor}{40}{12}{L}{IC5}{}
  \gate[\schmitt]{xnor}{49}{12}{L}{IC6}{}
  \gate[\schmitt]{buf}{57}{12}{L}{IC7}{}
  \gate[\schmitt]{not}{65}{12}{L}{IC8}{}
  \gate[\schmitt]{and}{3}{3}{R}{IC9}{}
  \gate[\schmitt]{nand}{12}{3}{R}{IC10}{}
  \gate[\schmitt]{or}{21}{3}{R}{IC11}{}
  \gate[\schmitt]{nor}{30}{3}{R}{IC12}{}
  \gate[\schmitt]{xor}{39}{3}{R}{IC13}{}
  \gate[\schmitt]{xnor}{48}{3}{R}{IC14}{}
  \gate[\schmitt]{buf}{57}{3}{R}{IC15}{}
  \gate[\schmitt]{not}{65}{3}{R}{IC16}{}
\end{circuitdiagram}
```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

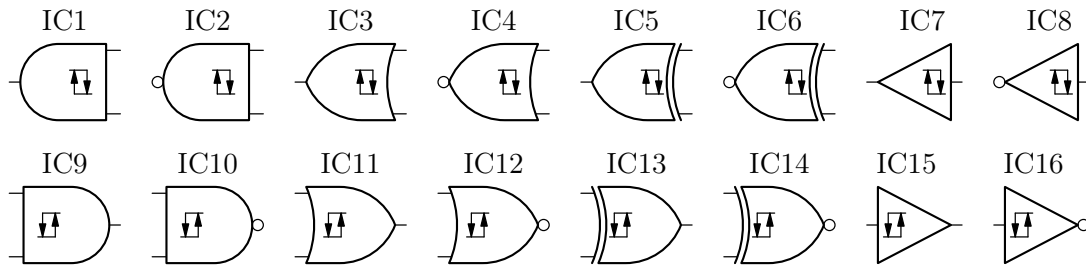


Abbildung 4.53: Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (US-amerikanisch)

```
\gate[\schmitt]{xnor}{49}{12}{L}{IC6}{}
\gate[\schmitt]{buf}{57}{12}{L}{IC7}{}
\gate[\schmitt]{not}{65}{12}{L}{IC8}{}
\gate[\schmitt]{and}{3}{3}{R}{IC9}{}
\gate[\schmitt]{nand}{12}{3}{R}{IC10}{}
\gate[\schmitt]{or}{21}{3}{R}{IC11}{}
\gate[\schmitt]{nor}{30}{3}{R}{IC12}{}
\gate[\schmitt]{xor}{39}{3}{R}{IC13}{}
\gate[\schmitt]{xnor}{48}{3}{R}{IC14}{}
\gate[\schmitt]{buf}{57}{3}{R}{IC15}{}
\gate[\schmitt]{not}{65}{3}{R}{IC16}{}
\end{circuitdiagram}
```

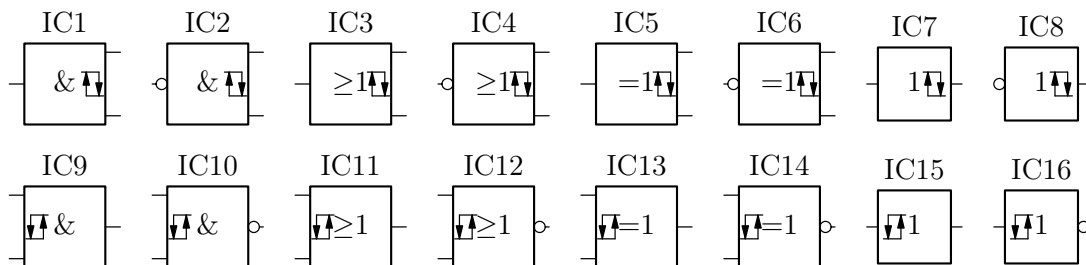


Abbildung 4.54: Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (europäisch)

Siehe auch: [2.4.3](#) (Gatter), [4.4.3](#) (Eingänge für Gatter), [4.4.5](#) (Open-Collector-Kennzeichnung), [4.4.6](#) (Tristate-Ausgänge).

4.4.5 Open-Collector-Kennzeichnung

Der Befehl `\opencoll` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) zeichnet ein Open-Collector-Symbol in ein Gatter und besitzt kein Argument. Einige Gatter mit Open-Collector-Symbol sind in Abb. [4.55–4.56](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{17}
\usgate
\gate[\opencoll]{and}{4}{12}{L}{IC1}{}
\gate[\opencoll]{nand}{13}{12}{L}{IC2}{}
\end{circuitdiagram}
```

```

\gate[\opencoll]{or}{22}{12}{L}{IC3}{ }
\gate[\opencoll]{nor}{31}{12}{L}{IC4}{ }
\gate[\opencoll]{xor}{40}{12}{L}{IC5}{ }
\gate[\opencoll]{xnor}{49}{12}{L}{IC6}{ }
\gate[\opencoll]{buf}{57}{12}{L}{IC7}{ }
\gate[\opencoll]{not}{65}{12}{L}{IC8}{ }
\gate[\opencoll]{and}{3}{3}{R}{IC9}{ }
\gate[\opencoll]{nand}{12}{3}{R}{IC10}{ }
\gate[\opencoll]{or}{21}{3}{R}{IC11}{ }
\gate[\opencoll]{nor}{30}{3}{R}{IC12}{ }
\gate[\opencoll]{xor}{39}{3}{R}{IC13}{ }
\gate[\opencoll]{xnor}{48}{3}{R}{IC14}{ }
\gate[\opencoll]{buf}{57}{3}{R}{IC15}{ }
\gate[\opencoll]{not}{65}{3}{R}{IC16}{ }
\end{circuitdiagram}

```

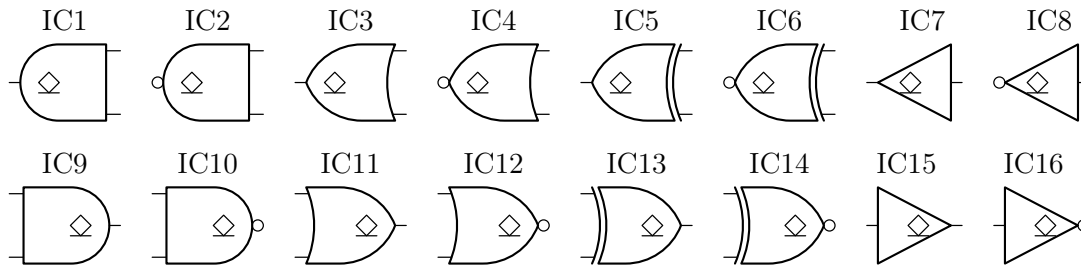


Abbildung 4.55: Open-Collector-Symbole in Gattern (US-amerikanisch)

```

\begin{circuitdiagram}{68}{17}
\euagate
\gate[\opencoll]{and}{4}{12}{L}{IC1}{ }
\gate[\opencoll]{nand}{13}{12}{L}{IC2}{ }
\gate[\opencoll]{or}{22}{12}{L}{IC3}{ }
\gate[\opencoll]{nor}{31}{12}{L}{IC4}{ }
\gate[\opencoll]{xor}{40}{12}{L}{IC5}{ }
\gate[\opencoll]{xnor}{49}{12}{L}{IC6}{ }
\gate[\opencoll]{buf}{57}{12}{L}{IC7}{ }
\gate[\opencoll]{not}{65}{12}{L}{IC8}{ }
\gate[\opencoll]{and}{3}{3}{R}{IC9}{ }
\gate[\opencoll]{nand}{12}{3}{R}{IC10}{ }
\gate[\opencoll]{or}{21}{3}{R}{IC11}{ }
\gate[\opencoll]{nor}{30}{3}{R}{IC12}{ }
\gate[\opencoll]{xor}{39}{3}{R}{IC13}{ }
\gate[\opencoll]{xnor}{48}{3}{R}{IC14}{ }
\gate[\opencoll]{buf}{57}{3}{R}{IC15}{ }
\gate[\opencoll]{not}{65}{3}{R}{IC16}{ }
\end{circuitdiagram}

```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

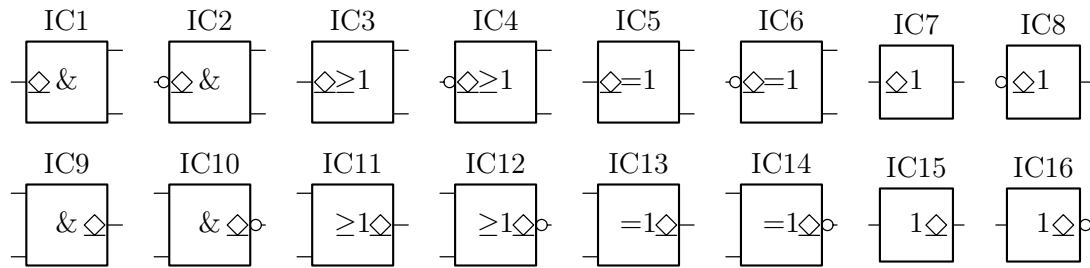


Abbildung 4.56: Open-Collector-Symbole in Gattern (europäisch)

Siehe auch: 2.4.3 (Gatter), 4.4.3 (Eingänge für Gatter), 4.4.4 (Schmitt-Trigger-Kennzeichnung), 4.4.6 (Tristate-Ausgänge).

4.4.6 Tristate-Ausgänge

Der Befehl `\tristate` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) zeichnet einen Enable-Eingang an den Tristate-Ausgang eines Gatters und besitzt ein Argument. Dies ist `U` oder `D`, gefolgt von `p` für einen nicht-negierten und `n` für einen negierten Enable-Eingang. Einige Gatter mit Enable-Eingängen sind in Abb. 4.57–4.58 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{30}
\usgate
\gate[\tristate{Up}]{and}{4}{25}{Ld}{IC1}{}
\gate[\tristate{Un}]{and}{13}{25}{Ld}{IC2}{}
\gate[\tristate{Dp}]{and}{22}{25}{L}{IC3}{}
\gate[\tristate{Dn}]{and}{31}{25}{L}{IC4}{}
\gate[\tristate{Up}]{or}{40}{25}{Ld}{IC5}{}
\gate[\tristate{Un}]{or}{49}{25}{Ld}{IC6}{}
\gate[\tristate{Dp}]{or}{58}{25}{L}{IC7}{}
\gate[\tristate{Dn}]{or}{67}{25}{L}{IC8}{}
\gate[\tristate{Up}]{not}{4}{15}{Ld}{IC9}{}
\gate[\tristate{Un}]{not}{13}{15}{Ld}{IC10}{}
\gate[\tristate{Dp}]{not}{22}{15}{L}{IC11}{}
\gate[\tristate{Dn}]{not}{31}{15}{L}{IC12}{}
\gate[\tristate{Up}]{and}{40}{15}{Rd}{IC13}{}
\gate[\tristate{Un}]{and}{49}{15}{Rd}{IC14}{}
\gate[\tristate{Dp}]{and}{58}{15}{R}{IC15}{}
\gate[\tristate{Dn}]{and}{67}{15}{R}{IC16}{}
\gate[\tristate{Up}]{or}{4}{5}{Rd}{IC17}{}
\gate[\tristate{Un}]{or}{13}{5}{Rd}{IC18}{}
\gate[\tristate{Dp}]{or}{22}{5}{R}{IC19}{}
\gate[\tristate{Dn}]{or}{31}{5}{R}{IC20}{}
\gate[\tristate{Up}]{not}{40}{5}{Rd}{IC21}{}
\gate[\tristate{Un}]{not}{49}{5}{Rd}{IC22}{}
\gate[\tristate{Dp}]{not}{58}{5}{R}{IC23}{}
\gate[\tristate{Dn}]{not}{67}{5}{R}{IC24}{}
\end{circuitdiagram}
```

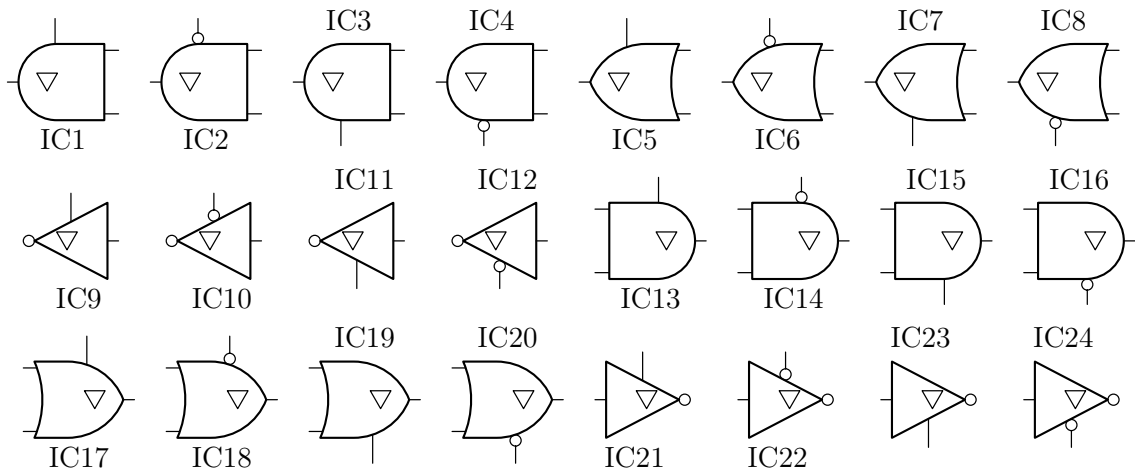


Abbildung 4.57: Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (US-amerikanisch)

```

\begin{circuitdiagram}{71}{30}
\euagate
\gate[\tristate{Up}]{and}{4}{25}{Ld}{IC1}{}
\gate[\tristate{Un}]{and}{13}{25}{Ld}{IC2}{}
\gate[\tristate{Dp}]{and}{22}{25}{L}{IC3}{}
\gate[\tristate{Dn}]{and}{31}{25}{L}{IC4}{}
\gate[\tristate{Up}]{or}{40}{25}{Ld}{IC5}{}
\gate[\tristate{Un}]{or}{49}{25}{Ld}{IC6}{}
\gate[\tristate{Dp}]{or}{58}{25}{L}{IC7}{}
\gate[\tristate{Dn}]{or}{67}{25}{L}{IC8}{}
\gate[\tristate{Up}]{not}{4}{15}{Ld}{IC9}{}
\gate[\tristate{Un}]{not}{13}{15}{Ld}{IC10}{}
\gate[\tristate{Dp}]{not}{22}{15}{L}{IC11}{}
\gate[\tristate{Dn}]{not}{31}{15}{L}{IC12}{}
\gate[\tristate{Up}]{and}{40}{15}{Rd}{IC13}{}
\gate[\tristate{Un}]{and}{49}{15}{Rd}{IC14}{}
\gate[\tristate{Dp}]{and}{58}{15}{R}{IC15}{}
\gate[\tristate{Dn}]{and}{67}{15}{R}{IC16}{}
\gate[\tristate{Up}]{or}{4}{5}{Rd}{IC17}{}
\gate[\tristate{Un}]{or}{13}{5}{Rd}{IC18}{}
\gate[\tristate{Dp}]{or}{22}{5}{R}{IC19}{}
\gate[\tristate{Dn}]{or}{31}{5}{R}{IC20}{}
\gate[\tristate{Up}]{not}{40}{5}{Rd}{IC21}{}
\gate[\tristate{Un}]{not}{49}{5}{Rd}{IC22}{}
\gate[\tristate{Dp}]{not}{58}{5}{R}{IC23}{}
\gate[\tristate{Dn}]{not}{67}{5}{R}{IC24}{}
\end{circuitdiagram}

```

Siehe auch: [2.4.3](#) (Gatter), [4.4.3](#) (Eingänge für Gatter), [4.4.4](#) (Schmitt-Trigger-Kennzeichnung), [4.4.5](#) (Open-Collector-Kennzeichnung).

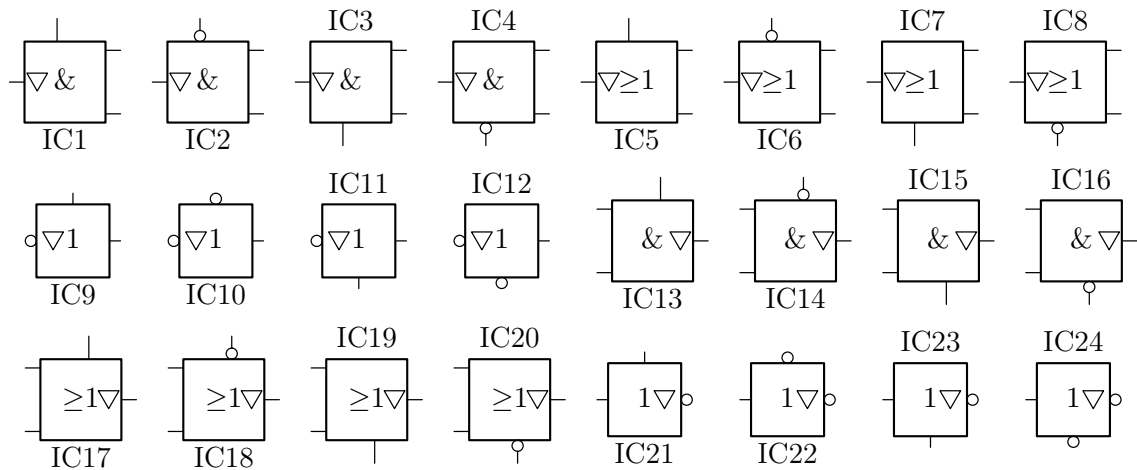


Abbildung 4.58: Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (europäisch)

4.4.7 Invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge

Der Befehl `\invout` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) invertiert die Ausgänge der Demultiplexer und besitzt kein Argument. Einige Demultiplexer mit invertierten Ausgängen sind in Abb. 4.59 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{19}
\decoder[\invout]{demux12dne}{4}{9}{L}{IC2}{-}
\decoder[\invout]{demux14nde}{14}{9}{L}{IC2}{-}
\decoder[\invout]{demux18d}{24}{9}{L}{IC3}{-}
\decoder[\invout]{demux12ndne}{34}{9}{R}{IC5}{-}
\decoder[\invout]{demux14de}{44}{9}{R}{IC5}{-}
\decoder[\invout]{demux18ne}{54}{9}{R}{IC6}{-}
\end{circuitdiagram}
```

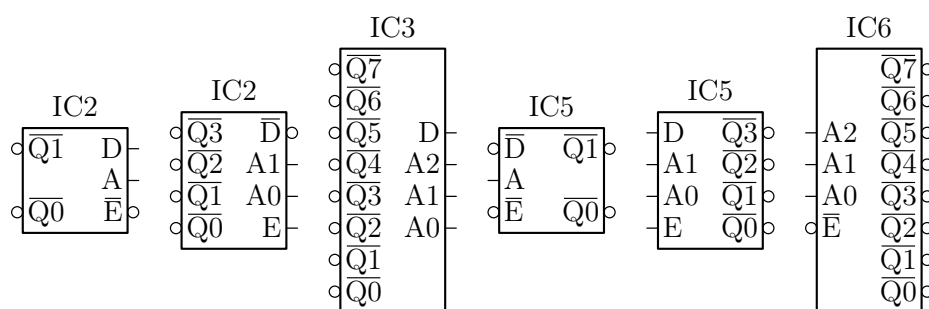


Abbildung 4.59: Invertierte Demultiplexer-Ausgänge

Der Befehl `\invout` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) fügt einem Flipflop den invertierten Ausgang hinzu und besitzt kein Argument. Einige Flipflops mit invertiertem Ausgang sind in Abb. 4.60 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{20}
\flipflop[\invout]{sr}{4}{14}{L}{IC1}{-}
```

```

\flipflop[\invout]{d}{14}{14}{L}{IC2}{ }
\flipflop[\invout]{jk}{24}{14}{L}{IC3}{ }
\flipflop[\invout]{sr}{34}{14}{R}{IC4}{ }
\flipflop[\invout]{d}{44}{14}{R}{IC5}{ }
\flipflop[\invout]{jk}{54}{14}{R}{IC6}{ }
\flipflop[\invout]{srms}{4}{4}{L}{IC7}{ }
\flipflop[\invout]{dms}{14}{4}{L}{IC8}{ }
\flipflop[\invout]{jkms}{24}{4}{L}{IC9}{ }
\flipflop[\invout]{srms}{34}{4}{R}{IC10}{ }
\flipflop[\invout]{dms}{44}{4}{R}{IC11}{ }
\flipflop[\invout]{jkms}{54}{4}{R}{IC12}{ }
\end{circuitdiagram}

```

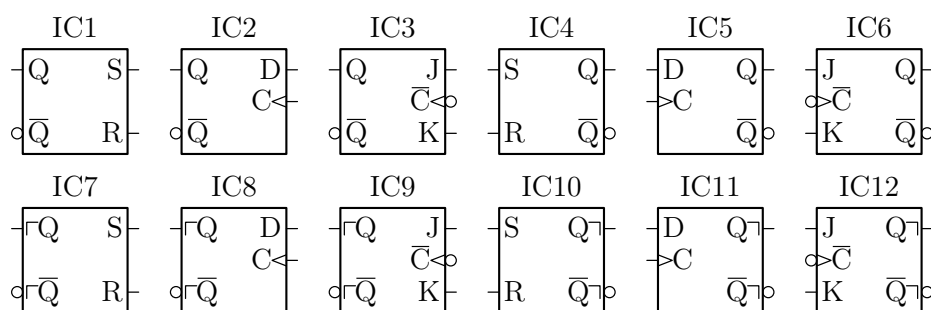


Abbildung 4.60: Invertierte Flipflop-Ausgänge

Siehe auch: [2.4.4](#) (Decoder), [2.4.6](#) (Flipflops), [4.4.8](#) (Taktingänge für Flipflops), [4.4.9](#) (Setzen-/Löschen-Eingänge für Flipflops).

4.4.8 Taktingänge für Flipflops

Der Befehl `\clockin` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) fügt dem Flipflop einen Taktingang hinzu und besitzt ein Argument. Dies ist `p` für einen nicht-negierten und `n` für einen negierten statischen Eingang oder `pd` für einen nicht-negierten und `nd` für einen negierten dynamischen Eingang. Einige Flipflops mit Taktingang sind in Abb. 4.61 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{68}{31}
\flipflop[\clockin{p}]{sr}{4}{26}{L}{IC1}{ }
\flipflop[\clockin{n}]{sr}{14}{26}{L}{IC2}{ }
\flipflop[\clockin{pd}]{sr}{24}{26}{L}{IC3}{ }
\flipflop[\clockin{nd}]{sr}{34}{26}{L}{IC4}{ }
\flipflop[\clockin{p}]{d}{44}{26}{L}{IC5}{ }
\flipflop[\clockin{n}]{d}{54}{26}{L}{IC6}{ }
\flipflop[\clockin{pd}]{d}{64}{26}{L}{IC7}{ }
\flipflop[\clockin{nd}]{d}{4}{15}{L}{IC8}{ }
\flipflop[\clockin{pd}]{jk}{14}{15}{L}{IC9}{ }
\flipflop[\clockin{nd}]{jk}{24}{15}{L}{IC10}{ }
\flipflop[\clockin{p}]{sr}{44}{15}{R}{IC11}{ }
\flipflop[\clockin{n}]{sr}{54}{15}{R}{IC12}{ }

```

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\flipflop[\clockin{pd}]{sr}{64}{15}{R}{IC13}{-}
\flipflop[\clockin{nd}]{sr}{4}{4}{R}{IC14}{-}
\flipflop[\clockin{p}]{d}{14}{4}{R}{IC15}{-}
\flipflop[\clockin{n}]{d}{24}{4}{R}{IC16}{-}
\flipflop[\clockin{pd}]{d}{34}{4}{R}{IC17}{-}
\flipflop[\clockin{nd}]{d}{44}{4}{R}{IC18}{-}
\flipflop[\clockin{pd}]{jk}{54}{4}{R}{IC19}{-}
\flipflop[\clockin{nd}]{jk}{64}{4}{R}{IC20}{-}
\end{circuitdiagram}
```

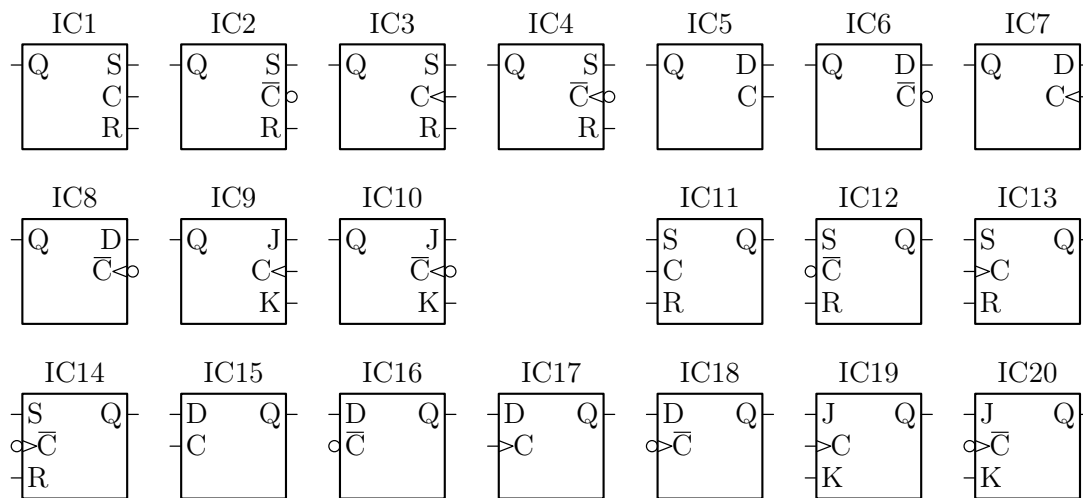


Abbildung 4.61: Takteingänge

Siehe auch: [2.4.6](#) (Flipflops), [4.4.7](#) (invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge), [4.4.9](#) (Setzen-/Löschen-Eingänge für Flipflops).

4.4.9 Setzen-/Löschen-Eingänge für Flipflops

Der Befehl `\setin` (bereitgestellt von der Paketoption `digital`) fügt einem Flipflop den Setzen-Eingang (Set-, Preset-) hinzu und besitzt ein Argument. Dies ist `p` für einen nicht-negierten und `n` für einen negierten Eingang. Einige Flipflops mit Setzen-Eingang sind in Abb. [4.62](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{21}
\flipflop[\setin{p}]{sr}{4}{15}{Lh1}{IC1}{-}
\flipflop[\setin{n}]{sr}{14}{15}{Lh1}{IC2}{-}
\flipflop[\setin{p}]{d}{24}{15}{Lh1}{IC3}{-}
\flipflop[\setin{n}]{d}{34}{15}{Lh1}{IC4}{-}
\flipflop[\setin{p}]{jk}{44}{15}{Lh1}{IC5}{-}
\flipflop[\setin{n}]{jk}{54}{15}{Lh1}{IC6}{-}
\flipflop[\setin{p}]{sr}{4}{4}{Rhr}{IC7}{-}
\flipflop[\setin{n}]{sr}{14}{4}{Rhr}{IC8}{-}
\flipflop[\setin{p}]{d}{24}{4}{Rhr}{IC9}{-}
\flipflop[\setin{n}]{d}{34}{4}{Rhr}{IC10}{-}
```



```

\flipflop[\setin{p}]{jk}{44}{4}{Rhr}{IC11}{-}
\flipflop[\setin{n}]{jk}{54}{4}{Rhr}{IC12}{-}
\end{circuitdiagram}

```

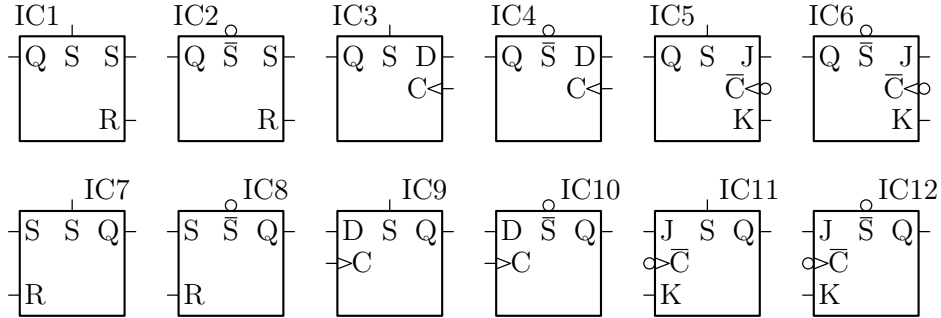


Abbildung 4.62: Setzen-Eingänge

Der Befehl `\resetin` (bereitgestellt von der Paketooption `digital`) fügt einem Flipflop den Löschen-Eingang (Reset-, Clear-, Rücksetzen-) hinzu und besitzt ein Argument. Dies ist `p` für einen nicht-negierten und `n` für einen negierten Eingang. Einige Flipflops mit Löschen-Eingang sind in Abb. 4.63 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{21}
\flipflop[\resetin{p}]{sr}{4}{15}{Lh1}{IC1}{-}
\flipflop[\resetin{n}]{sr}{14}{15}{Lh1}{IC2}{-}
\flipflop[\resetin{p}]{d}{24}{15}{Lh1}{IC3}{-}
\flipflop[\resetin{n}]{d}{34}{15}{Lh1}{IC4}{-}
\flipflop[\resetin{p}]{jk}{44}{15}{Lh1}{IC5}{-}
\flipflop[\resetin{n}]{jk}{54}{15}{Lh1}{IC6}{-}
\flipflop[\resetin{p}]{sr}{4}{4}{Rhr}{IC7}{-}
\flipflop[\resetin{n}]{sr}{14}{4}{Rhr}{IC8}{-}
\flipflop[\resetin{p}]{d}{24}{4}{Rhr}{IC9}{-}
\flipflop[\resetin{n}]{d}{34}{4}{Rhr}{IC10}{-}
\flipflop[\resetin{p}]{jk}{44}{4}{Rhr}{IC11}{-}
\flipflop[\resetin{n}]{jk}{54}{4}{Rhr}{IC12}{-}
\end{circuitdiagram}

```

Siehe auch: 2.4.6 (Flipflops), 4.4.7 (invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge), 4.4.8 (Takteingänge für Flipflops).

4.4.10 Pinnummern

Der Befehl `\pinnos` (bereitgestellt von der Paketooption `ic`) schreibt Pinnummern an einen Operationsverstärker, ein Gatter oder ein Flipflop und besitzt eine variable Anzahl von Argumenten. Diese sind jeweils von der Form `XXX=number`, worin `XXX` ein interner Code aus höchstens drei Zeichen und `number` die Beschriftung mit beliebiger Länge ist. Die Reihenfolge der Argumente spielt keine Rolle. Bei Operationsverstärkern sind `+`, `-`, `o`, `su` und `sd` die möglichen Codes. Einige Operationsverstärker mit Pinnummern sind in Abb. 4.64 dargestellt:

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

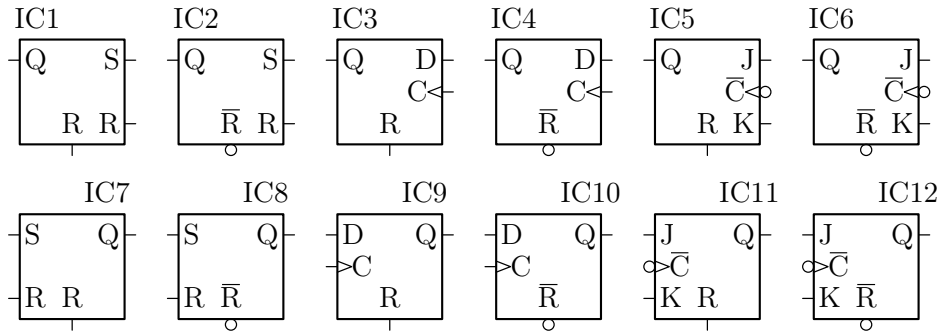


Abbildung 4.63: Löschen-Eingänge

```
\begin{circuitdiagram}{64}{8}
\opamp[\pinnos{+=10}{-=2}{o=3}]{4}{4}{Lc}{IC1}{ }
\opamp[\pinnos{-=4}{o=50}]{15}{4}{LUc}{IC2}{ }
\opamp[\supply{UD}\pinnos{sd=40}{o=5}{+=1}{su=8}]{26}{4}{Lc}{IC3}{ }
\opamp[\pinnos{-=1}{+=20}{o=3}]{38}{4}{Rc}{IC4}{ }
\opamp[\pinnos{o=50}{+=4}]{49}{4}{RUC}{IC5}{ }
\opamp[\supply{UD}\pinnos{o=5}{su=80}{-=1}{sd=4}]{60}{4}{Rc}{IC6}{ }
\end{circuitdiagram}
```

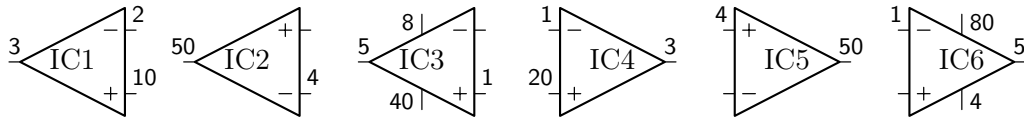


Abbildung 4.64: Pinnummern für Operationsverstärker

Bei Gattern sind a, a0, a1, ..., q, 3u und 3d die möglichen Codes. Einige Gatter mit Pinnummern sind in Abb. 4.65 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{73}{24}
\usgate
\gate[\pinnos{a=10}{q=2}]{buf}{4}{18}{L}{IC1}{ }
\gate[\tristate{Dp}\pinnos{3d=30}{q=2}{a=1}]{not}{13}{18}{L}{IC2}{ }
\gate[\inputs{5}\pinnos{a0=11}{a1=9}{a4=3}]{and}{22}{18}{L}{IC3}{ }
\gate[\inputs{4}\tristate{Un}\pinnos{3u=10}{q=2}{a3=5}{a2=7}{a1=9}]{%
  or}{32}{18}{Ldd}{IC4}{ }
\gate[\pinnos{a=10}{q=2}]{buf}{41}{18}{R}{IC5}{ }
\gate[\tristate{Up}\pinnos{3u=30}{q=2}{a=1}]{not}{50}{18}{Rdd}{IC6}{ }
\gate[\inputs{5}\pinnos{a0=11}{a1=9}{a4=3}]{and}{59}{18}{R}{IC7}{ }
\gate[\inputs{4}\tristate{Dn}\pinnos{3d=10}{q=2}{a3=5}{a2=7}{a1=9}]{%
  or}{68}{18}{R}{IC8}{ }
\eugate
\gate[\pinnos{a=10}{q=2}]{buf}{4}{6}{L}{IC9}{ }
\gate[\tristate{Dp}\pinnos{3d=30}{q=2}{a=1}]{not}{13}{6}{L}{IC10}{ }
\gate[\inputs{5}\pinnos{a0=11}{a1=9}{a4=3}\moverefer{0}{2}]{%
  and}{22}{6}{L}{IC11}{ }
```

```

\gate[\inputs{4}\tristate{Un}\pinnos{3u=10}{q=2}{a3=5}{a2=7}{a1=9}%
\moverefer{0}{-1}]{or}{32}{6}{Ldd}{IC12}{}
\gate[\pinnos{a=10}{q=2}]{buf}{41}{6}{R}{IC13}{}
\gate[\tristate{Up}\pinnos{3u=30}{q=2}{a=1}]{not}{50}{6}{Rdd}{IC14}{}
\gate[\inputs{5}\pinnos{a0=11}{a1=9}{a4=3}\moverefer{0}{2}]{%
and}{59}{6}{R}{IC15}{}
\gate[\inputs{4}\tristate{Dn}\pinnos{3d=10}{q=2}{a3=5}{a2=7}{a1=9}%
\moverefer{0}{1}]{or}{68}{6}{R}{IC16}{}
\end{circuitdiagram}

```

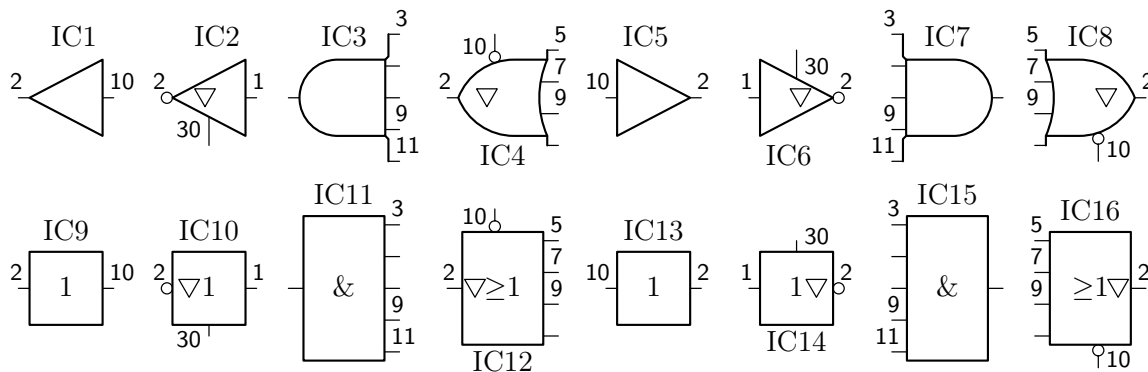


Abbildung 4.65: Pinnummern für Gatter

Bei Flipflops sind s, r, d, j, k, c, q und /q die möglichen Codes. Einige Flipflops mit Pinnummern sind in Abb. 4.66 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{66}{11}
\flipflop[\clockin{pd}\invout\pinnos{s=1}{r=2}{q=3}{/q=4}{c=11}]%
{sr}{5}{5}{L}{IC1}{}
\flipflop[\setin{p}\resetin{n}\invout%
\pinnos{s=1}{r=2}{d=5}{q=3}{/q=4}{c=11}]{d}{16}{5}{Lhr}{IC2}{}
\flipflop[\setin{n}\resetin{p}\invout%
\pinnos{s=1}{r=2}{j=5}{k=6}{q=3}{/q=4}{c=11}]{jk}{27}{5}{Lhr}{IC3}{}
\flipflop[\clockin{pd}\invout\pinnos{s=1}{r=2}{q=3}{/q=4}{c=11}]%
{sr}{39}{5}{R}{IC4}{}
\flipflop[\setin{n}\resetin{p}\invout%
\pinnos{s=1}{r=2}{d=5}{q=3}{/q=4}{c=11}]{d}{50}{5}{Rh1}{IC5}{}
\flipflop[\setin{p}\resetin{n}\invout%
\pinnos{s=1}{r=2}{j=5}{k=6}{q=3}{/q=4}{c=11}]{jk}{61}{5}{Rh1}{IC6}{}
\end{circuitdiagram}

```

Siehe auch: 2.4.1 (Operationsverstärker), 2.4.3 (Gatter), 2.4.6 (Flipflops).

4.5 Allgemeines

4.5.1 Verlängerte Zuleitungen

Die Befehle \wireL, \wireR, \wireLR, \wireU, \wireD und \wireUD zeichnen Leitungen an die Anschlüsse eines Bauelements und besitzen ein Argument. Dies ist die Länge des Drahts.

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

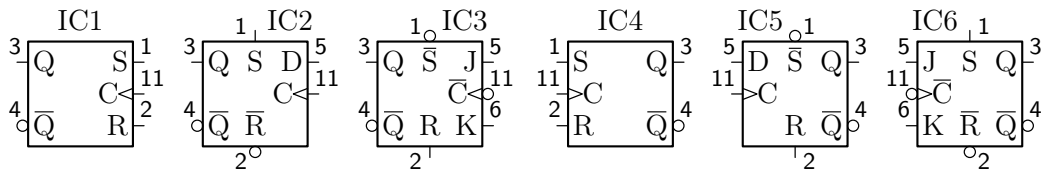


Abbildung 4.66: Pinnummern für Flipflops

Einige verlängerte Zuleitungen sind in Abb. 4.67 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{73}{38}
\voltsrc[\wireL{2}]{8}{34}{H}{U1}{}
\voltsrc[\wireUD{1}]{15}{34}{V}{U2}{}
\currsrc[\wireR{2}]{25}{34}{H}{I1}{}
\currsrc[\wireU{2}]{34}{33}{V}{I2}{}
\othersrc[\wireLR{1}]{batt}{42}{34}{L}{U3}{}
\othersrc[\wireD{2}]{oo}{48}{34}{V}{I3}{}
\measdev[\measunit{V}\wireL{2}]{59}{34}{H}{M1}{}
\measdev[\measunit{mA}\wireUD{1}]{66}{34}{V}{M2}{}
\switch[\wireR{2}]{off}{3}{23}{R}{S1}{}
\switch[\wireU{2}]{online}{11}{23}{U}{S2}{}
\switch[\wireLR{1}]{tog}{20}{23}{L}{S3}{}
\switch[\wireD{2}]{togtouch*}{28}{24}{UR}{S4}{}
\relay[\wireL{2}]{38}{23}{H}{S5}{}
\relay[\wireUD{1}]{45}{23}{V}{R6}{}
\resis[\wireR{2}]{55}{23}{H}{R1}{}
\resis[\wireU{2}]{63}{23}{V}{R2}{}
\capac[\wireLR{1}]{71}{23}{Hu}{C1}{}
\capac[\wireD{2}]{4}{13}{V}{C2}{}
\induc[\wireL{2}]{14}{13}{H}{L1}{}
\induc[\wireUD{1}]{20}{13}{V}{L2}{}
\diode[\wireR{2}]{27}{13}{L}{D1}{}
\diode[\wireU{2}]{35}{13}{D}{D2}{}
\diac[\wireLR{1}]{44}{13}{H}{D3}{}
\diac[\wireD{2}]{51}{13}{V}{D4}{}
\trans[\wireL{2}]{nnp}{63}{13}{Rud}{T1}{}
\trans[\wireUD{1}]{pnp}{68}{13}{Lud}{T2}{}
\trans[\wireR{2}]{nenh}{3}{4}{D}{T3}{}
\trans[\wireU{2}]{pdep*}{12}{3}{U}{T4}{}
\trans[\wireLR{1}]{nj}{20}{3}{U}{T5}{}
\trans[\wireD{2}]{pj}{31}{5}{L}{T6}{}
\pin[\wireL{2}]{39}{3}{R}{A}
\pin[\wireUD{1}]{44}{3}{UD}{B}
\ground[\wireR{2}]{49}{3}{L}
\ground[\wireU{1}]{56}{3}{D}
\power[\wireL{2}]{63}{3}{R}{5 V}
\power[\wireD{2}]{71}{3}{U}{12 V}
\end{circuitdiagram}
```

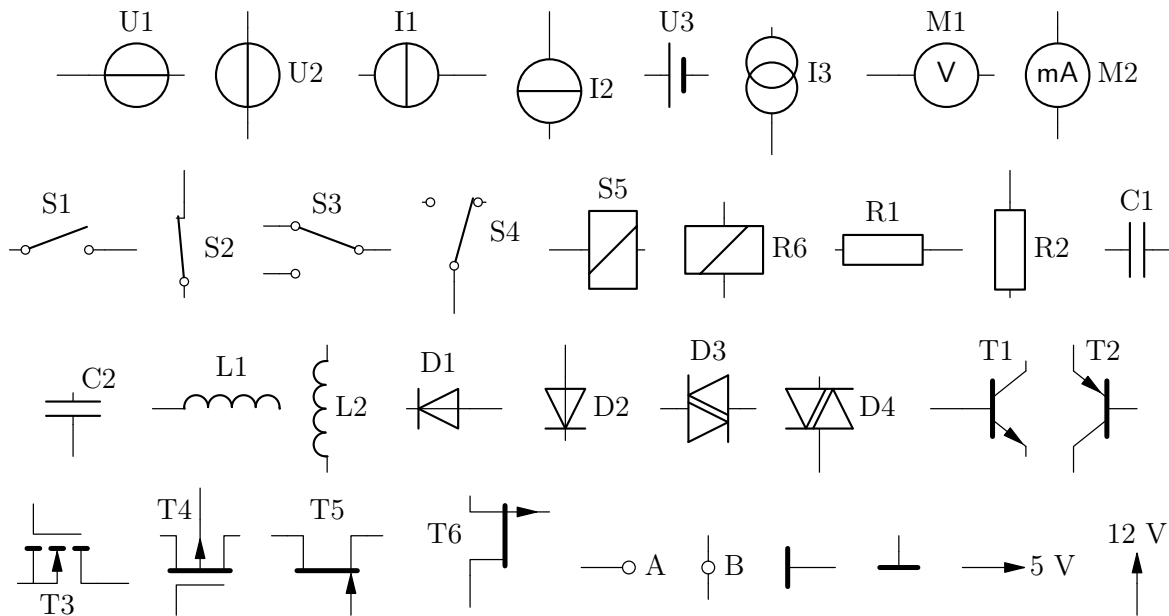


Abbildung 4.67: Verlängerte Zuleitungen

Siehe auch: [2.1.1](#) (Spannungsquellen), [2.1.2](#) (Stromquellen), [2.1.3](#) (andere Quellen), [2.1.4](#) (Messgeräte), [2.2.1](#) (Schalter), [2.2.2](#) (Relais), [2.2.3](#) (Widerstände), [2.2.4](#) (Kondensatoren), [2.2.5](#) (Spulen), [2.3.1](#) (Dioden), [2.3.2](#) (Diacs), [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.5](#) (Sperrschicht-FETs), [3.1](#) (Drähte), [3.3](#) (Anschlusspins), [3.4.1](#) (Masse-Symbole), [3.4.2](#) (Betriebsspannungssymbole), [3.4.3](#) (andere Masse-Symbole), [3.4.4](#) (andere Betriebsspannungssymbole).

4.5.2 Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren

Der Befehl `\putrefer` platziert die Referenz manuell und besitzt drei Argumente. Dies sind die x- und y-Koordinate sowie die Ausrichtung (1, r oder c). Einige Bauelemente mit manuell platzierten Referenzen sind in Abb. 4.68 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{40}{8}
  \resis[\putrefer{2}{3}{1}\photo{U}]{3}{4}{H}{R1}{33k}
  \capac[\putrefer{-1}{2}{r}\trim{RU}]{13}{4}{Vr}{C1}{47p}
  \induc[\putrefer{0}{-3.5}{c}\ironcore]{23}{4}{H}{L1}{1m}
  \trans[\putrefer{-1}{3}{r}]{nenh}{32}{4}{R}{T1}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}
```

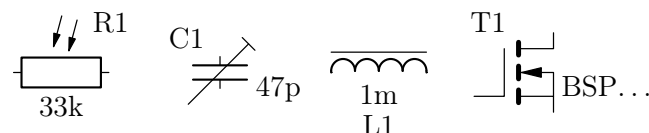


Abbildung 4.68: Referenzen manuell platzieren

Der Befehl `\putvalue` platziert in analoger Weise den Bauelementwert manuell. Einige Bauelemente mit manuell platzierten Werten sind in Abb. 4.69 dargestellt:

4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\begin{circuitdiagram}{38}{9}
\resis[\putvalue{2}{-3}{1}\photo{D}]{3}{4}{H}{R1}{33k}
\capac[\putvalue{-1}{2}{r}\trim{RU}]{13}{4}{Vr}{C1}{47p}
\induc[\putvalue{0}{4.5}{c}\ironcore]{23}{4}{H}{L1}{1m}
\trans[\putvalue{1}{3.5}{r}]{nenh}{33}{4}{R}{T1}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}
```

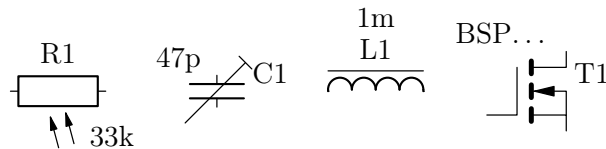


Abbildung 4.69: Bauelementwerte manuell platzieren

Der Befehl `\putrefval` platziert in analoger Weise Referenz und Bauelementwert manuell für den Fall, dass eine automatische Platzierung eingestellt ist, die beides gemeinsam setzt. Einige Bauelemente mit gemeinsam manuell platzierten Referenzen und Werten sind in Abb. 4.70 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{17}{8}
\resis[\putrefval{1}{3}{c}]{3}{4}{Hu}{R1}{33k}
\capac[\putrefval{0}{-3}{1}]{11}{4}{Hd}{C1}{10n}
\end{circuitdiagram}
```

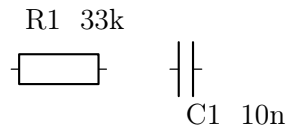


Abbildung 4.70: Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren

Statt platziert können die Referenzen und Bauelementwerte mit `\moverefer`, `\movevalue` und `\moverefval` verschoben werden; hier entfällt das dritte Argument für die Ausrichtung. Einige Bauelemente mit verschobenen Referenzen und/oder Werten sind in Abb. 4.71 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{54}{8}
\resis[\moverefer{2}{0}]{3}{4}{H}{R1}{33k}
\capac[\moverefer{0}{1.5}]{9}{4}{Hr}{C1}{10n}
\induc[\movevalue{0}{-1}]{18}{4}{H}{L1}{1m}
\trans[\movevalue{1}{-1}]{nnp}{26}{4}{R}{T1}{BC548}
\switch[\moverefval{-2}{0}]{off}{40}{4}{Ru}{S1}{abc}
\diode[\moverefval{1}{-0.5}]{48}{4}{Rd}{D1}{1N4148}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 2.1.1 (Spannungsquellen), 2.1.2 (Stromquellen), 2.1.3 (andere Quellen), 2.1.4 (Messgeräte), 2.2.1 (Schalter), 2.2.2 (Relais), 2.2.3 (Widerstände), 2.2.4 (Kondensatoren), 2.2.5 (Spulen), 2.3.1 (Dioden), 2.3.2 (Diacs), 2.3.3 (Bipolartransistoren), 2.3.4 (MOSFETs), 2.3.5 (Sperrschicht-FETs), 2.4.1 (Operationsverstärker), 2.4.2 (Linear-ICs), 2.4.3 (Gatter), 2.4.4 (Decoder), 2.4.5 (Arithmetische Bausteine), 2.4.6 (Flipflops), 2.4.7 (TTL-ICs).

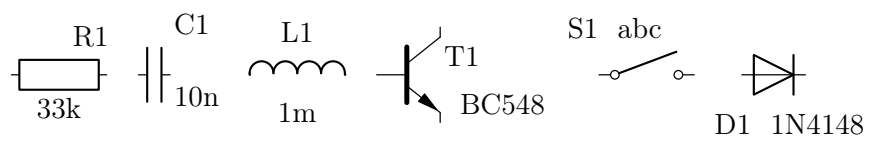


Abbildung 4.71: Referenzen und Bauelementwerte manuell verschieben

5 Referenzen und Bauelementwerte

In der Platzierung der Referenzen und Bauelementwerte stehen grundsätzlich l für „left“, r für „right“, u für „up“, d für „down“, c für „center“ und h für „half“.

5.1 Horizontale Platzierung

Das horizontale Modell wird angewendet bei

- Spannungsquellen, Stromquellen, anderen Quellen, Messgeräten, Relais, Widerständen, Kondensatoren, Spulen und Diacs mit Orientierung H,
- Betriebsspannungen, anderen Quellen, Schaltern, Dioden, Operationsverstärkern, Linear-ICs, Gattern, Decodern, arithmetischen Bausteinen, Flipflops und TTL-ICs mit Orientierung L oder R sowie
- Anschlusspins mit Orientierung L, R oder LR.

In Abb. 5.1 sind alle Möglichkeiten dargestellt, um Referenz und Bauelementwert zu platzieren. In den interessanten Fällen ist zusätzlich die Positionierung dargestellt, wenn eine der beiden Angaben fehlt.

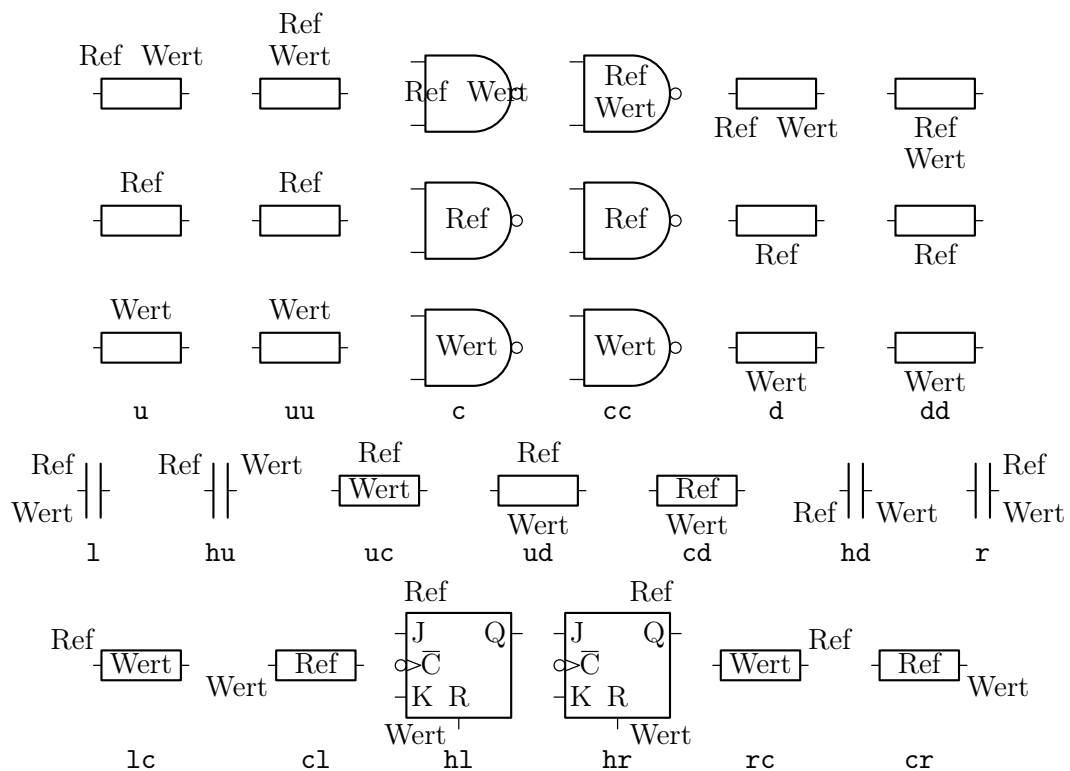


Abbildung 5.1: Horizontales Modell

5.2 Vertikale Platzierung

Das vertikale Modell wird angewendet bei

5 REFERENZEN UND BAUELEMENTWERTE

- Spannungsquellen, Stromquellen, anderen Quellen, Messgeräten, Relais, Widerständen, Kondensatoren, Spulen und Diacs mit Orientierung V,
- Betriebsspannungen, anderen Quellen, Schaltern und Dioden mit Orientierung U oder D sowie
- Anschlusspins mit Orientierung U, D oder UD.

In Abb. 5.2 sind alle Möglichkeiten dargestellt, um Referenz und Bauelementwert zu platzieren. In den interessanten Fällen ist zusätzlich die Positionierung dargestellt, wenn eine der beiden Angaben fehlt.

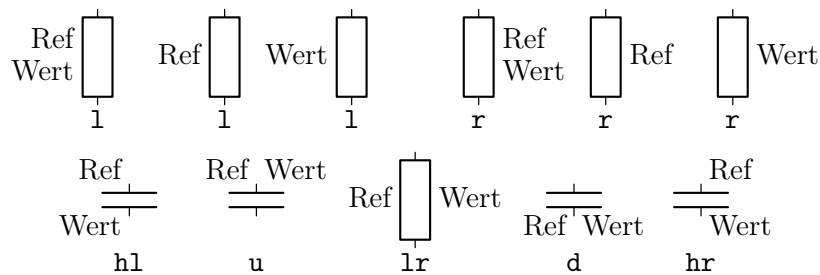


Abbildung 5.2: Vertikales Modell

5.3 Transistor-Platzierung nach links

Das Transistor-Modell nach links ist in Abb. 5.3 dargestellt.

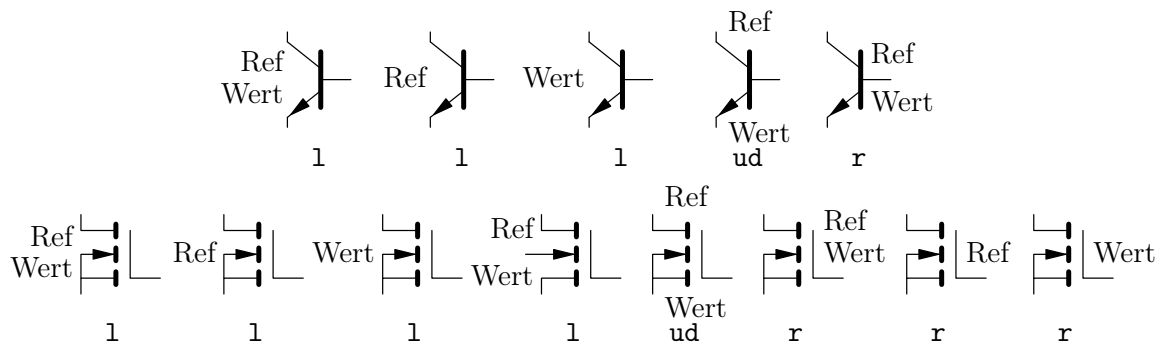


Abbildung 5.3: Transistor-Modell nach links

5.4 Transistor-Platzierung nach rechts

Das Transistor-Modell nach rechts ist in Abb. 5.4 dargestellt.

5.5 Transistor-Platzierung nach oben

Das Transistor-Modell nach oben ist in Abb. 5.5 dargestellt.

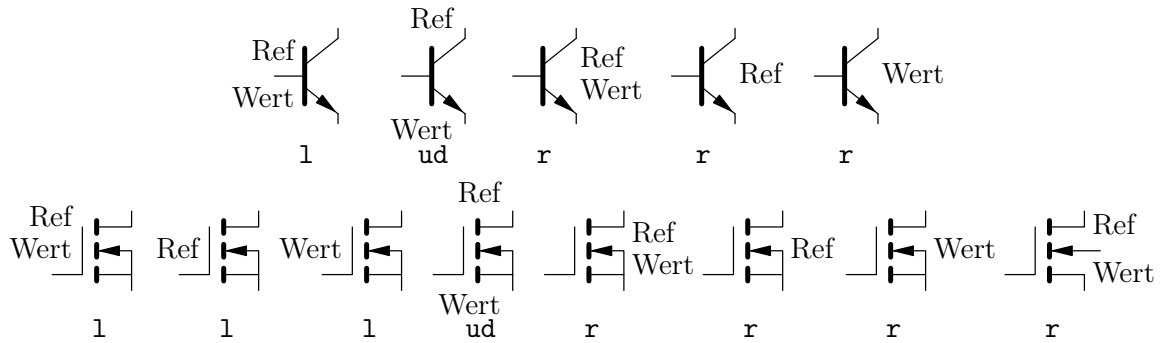


Abbildung 5.4: Transistor-Modell nach rechts

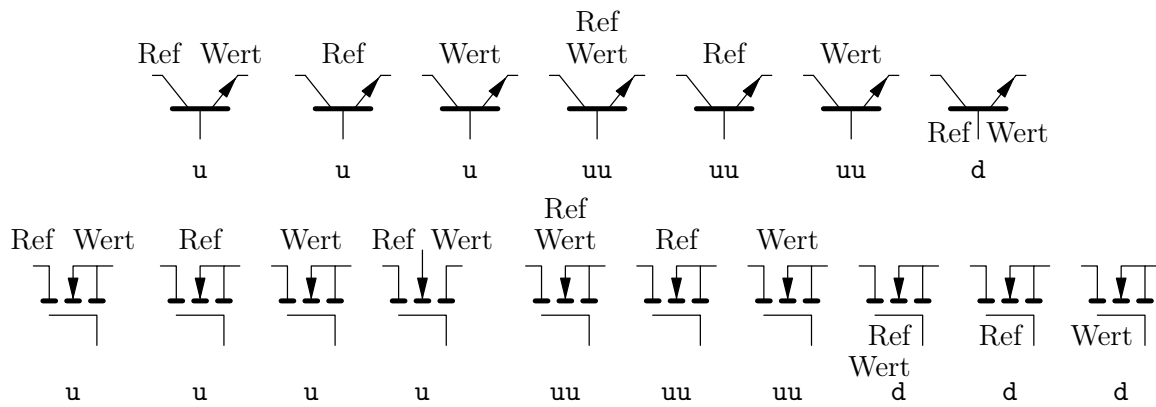


Abbildung 5.5: Transistor-Modell nach oben

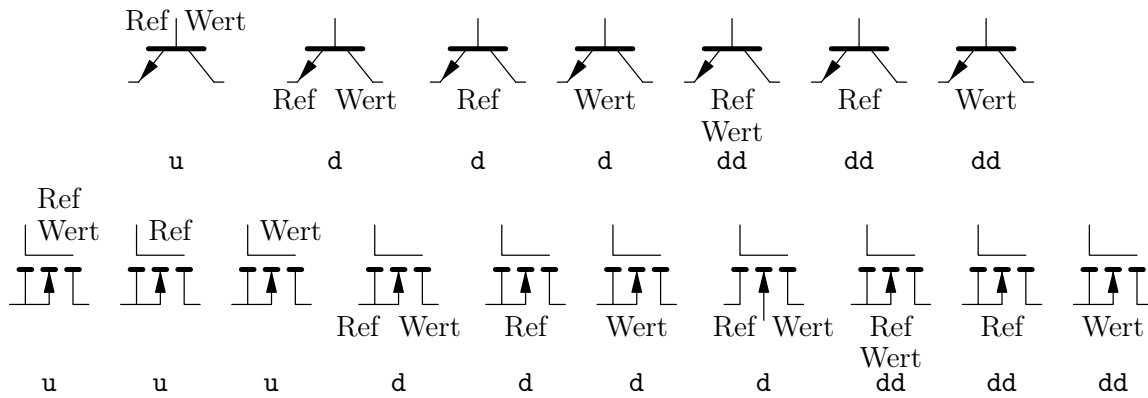


Abbildung 5.6: Transistor-Modell nach unten

5.6 Transistor-Platzierung nach unten

Das Transistor-Modell nach unten ist in Abb. 5.6 dargestellt.

5.7 Automatische Nummerierung

Wird bei einem Bauelement als Referenz lediglich * übergeben, so wird diese Referenz durch eine automatisch generierte Nummer ersetzt, sofern die Paketoption `autoref` gewählt wurde.

5 REFERENZEN UND BAUELEMENTWERTE

Dabei werden

- alle Bauelemente `\switch` und `\relay` zu S1, S2, ...,
- alle Bauelemente `\resis` zu R1, R2, ...,
- alle Bauelemente `\capac` zu C1, C2, ...,
- alle Bauelemente `\induc` zu L1, L2, ...,
- alle Bauelemente `\diode` und `\diac` zu D1, D2, ...,
- alle Bauelemente `\trans` zu T1, T2, ...,
- alle Bauelemente `\opamp`, `\linic`, `\gate`, `\decoder`, `\arithm`, `\flipflop` und `\ttlic` zu IC1, IC2, ...

Das Symbol `*` ist im Befehl `\autorefsymbol` gespeichert und kann deshalb natürlich mit `\renewcommand` verändert werden. Die Präfixe S, R, C, L, D, T und IC sind jeweils in `\cdswitchname`, `\cdresisname`, `\cdcapacname`, `\cdinducname`, `\cddiodename`, `\cdtransname` und `\cdicname` gespeichert. Der Befehl `\newautoref` setzt alle Zähler auf 0 zurück, so dass im folgenden Schaltplan wieder mit R1 usw. begonnen wird.

6 Weitere Befehle und Zusatzpakete

6.1 Einige interne Befehle

TO DO ...

6.2 Die Paketoption `block`

Die Paketoption `block` stellt Symbole für elektrotechnische Blockschaltbilder zur Verfügung. Die Blöcke werden üblicherweise durch Pfeile verbunden, die irgendeine Art Signal darstellen. (Das bedeutet, dass durch diese Symbole vom Konzept her weder Flussdiagramme noch reine Digitalschaltungen abgebildet werden.)

6.2.1 Übertragungsfunktionen

Der Befehl `\trfctm` zeichnet einen Block für eine Übertragungsfunktion und besitzt ein optionales und fünf zwingende Argumente. Die zwingenden sind Position `x` und `y`, Breite, Höhe und der Inhalt. Der Inhalt wird automatisch im Mathematikmodus mit `\displaystyle` gesetzt. Einige Blöcke sind in Abb. 6.1 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{8}
  \trfctm{3}{4}{2.5}{2.5}{\int}
  \trfctm{10}{4}{2.5}{2.5}{z^{-1}}
  \trfctm{17}{4}{2.5}{2.5}{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}}
  \trfctm{25}{4}{3.5}{2.5}{\frac{5}{1 + 4s}}
  \trfctm{38}{4}{7.5}{3}{\frac{K\omega_0^2}{s^2 + 2D\omega_0s + \omega_0^2}}
  \trfctm{57.5}{4}{10}{3.5}{\frac{1}{s^2 + s + 1} \begin{pmatrix} s + 1 & 1 \\ -1 & s \end{pmatrix}}
\end{circuitdiagram}
```

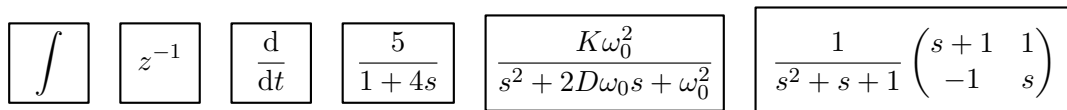


Abbildung 6.1: Übertragungsfunktionen mit Mathematikmodus

6.3 Die Paketoption `color`

TO DO ...

6.4 Die Paketoption `diag`

TO DO ...

6.5 Die Paketoption `graph`

TO DO ...

6 WEITERE BEFEHLE UND ZUSATZPAKETE

6.6 Die Paketoption `mech`

TO DO ...

A Schnellübersicht

A.1 Spannungen und Ströme


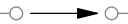

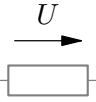
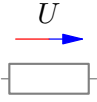
A.1.1 Leitungen und Anschlüsse

<code>\wire</code>	
<code>\wire[H]</code>	
<code>\wire[V]</code>	
<code>\junct</code>	
<code>\pin</code>	
<code>\pin[\male]</code>	
<code>\pin[\female]</code>	
<code>\resis[\wireL]</code>	
<code>\resis[\wireR]</code>	
<code>\resis[\wireLR]</code>	
<code>\capac[\wireU]</code>	
<code>\capac[\wireD]</code>	
<code>\capac[\wireUD]</code>	





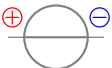

A.1.2 Masse, Betriebsspannung und Pfeile

<code>\ground</code>				
<code>\power</code>				
<code>\othergnd{-}</code>				srcmeas
<code>\othergnd{---}</code>				srcmeas
<code>\othergnd{///}</code>				srcmeas
<code>\othergnd{tri}</code>				srcmeas
<code>\othergnd{triA}</code>				srcmeas
<code>\othergnd{triD}</code>				srcmeas
<code>\otherpow{>}</code>				srcmeas
<code>\otherpow{>}</code>				srcmeas
<code>\otherpow{-}</code>				srcmeas








A SCHNELLÜBERSICHT

<code>\otherpow{o}</code>		srcmeas
<code>\Volar</code>		
<code>\currar</code>		
<code>\resis[\volar]</code>		
<code>\resis[\coloredpn\volar]</code>		color

A.1.3 Standard-Quellen

<code>\voltsrc</code>		
<code>\currsrc</code>		
<code>\voltsrc[\noisy]</code>		srcmeas
<code>\voltsrc[\polarity]</code>		srcmeas
<code>\voltsrc[\coloredpn\polarity]</code>		color
<code>\voltsrc[\modify]</code>		

A.1.4 Andere Quellen

<code>\othersrc{batt}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{batt2}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{battn}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{+-}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{o}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{oo}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{()}</code>		srcmeas

`\othersrc{->}`  srcmeas

`\othersrc[\sigsym]{o}`  srcmeas

A.1.5 Messgeräte

`\measdev`  srcmeas

`\measdev[\polarity]`  srcmeas

`\measdev[\coloredpn\polarity]`  color

`\measdev[\measunit]`  srcmeas

A.2 Passive Bauelemente

A.2.1 Schalter und Relais


`\switch{off}` 


`\switch{offline}` 

`\switch{on}` 

`\switch{ontouch}` 


`\switch{online}` 


`\switch{tog}` 

`\switch{togtouch}` 

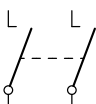
`\switch{togline}` 

`\switch{tog*}` 

`\switch{togtouch*}` 

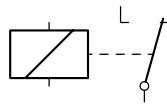
`\switch{togline*}` 

`\relay`  switch

`\swiandswi`  switch

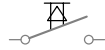
A SCHNELLÜBERSICHT

`\relandswi`



switch

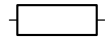
`\switch[\pushswi]{off}`



switch

A.2.2 Widerstände

`\resis`

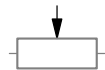


`\resis[\noisy]`

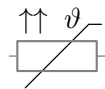


srcmeas

`\resis[\slider]`

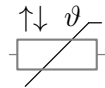


`\resis[\ptc]`



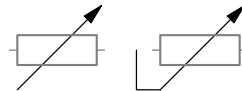
passive

`\resis[\ntc]`

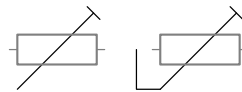


passive

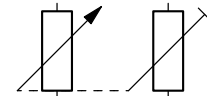
`\resis[\modify]`



`\resis[\trim]`

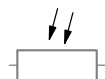


`\rclandrcl`



passive

`\resis[\photo]`



`\resis[\colorstripes]`



color

A.2.3 Kondensatoren

`\capac`



`\capac[\elcap]`



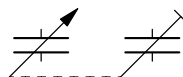
`\capac[\modify]`



`\capac[\trim]`



`\rclandrcl`



passive

A.2.4 Spulen

<code>\induc</code>		
<code>\induc[\windings]</code>		
<code>\induc[\winddot]</code>		passive
<code>\induc[\ironcore]</code>		passive
<code>\induc[\ferrcore]</code>		passive
<code>\Ironcore</code>		passive
<code>\induc[\modify]</code>		
<code>\induc[\trim]</code>		
<code>\rclandrcl</code>		passive
<code>\Modify</code>		passive
<code>\Trim</code>		passive

A.3 Halbleiterbauelemente

A.3.1 Dioden und Thyristoren

<code>\diode</code>		
<code>\diode[\photo]</code>		
<code>\diode[\emit]</code>		
<code>\diode[\zener]</code>		
<code>\diode[\schottky]</code>		semicon
<code>\diode[\tunnel]</code>		semicon

A SCHNELLÜBERSICHT

<code>\diode[\capdio]</code>		semicon
<code>\diode[\thyr]</code>		semicon

A.3.2 Diacs und Triacs

<code>\diac</code>		semicon
<code>\diac[\triac]</code>		semicon

A.3.3 Bipolartransistoren

<code>\trans{nnp}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{pnp}</code>		U, D: semicon
<code>\trans[\noisy]{nnp}</code>		srcmeas
<code>\trans[\photo]{nnp}</code>		
<code>\trans[\schottky]{nnp}</code>		semicon
<code>\trans[\multemit]{nnp}</code>		semicon

A.3.4 Feldeffekttransistoren

<code>\trans{nenh}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{nenh*}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{penh}</code>		U, D: semicon

<code>\trans{penh*}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{ndep}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{ndep*}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{pdep}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{pdep*}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{nj}</code>		U, D: semicon
<code>\trans{pj}</code>		U, D: semicon
<code>\trans[\noisy]{nenh}</code>		srcmeas

A.4 Integrierte Schaltungen

A.4.1 Linear-ICs

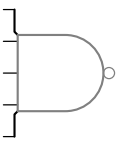
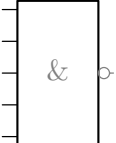
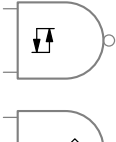
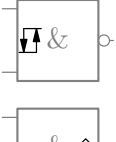
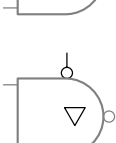
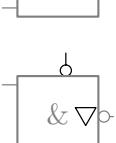
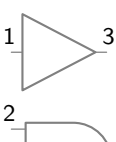
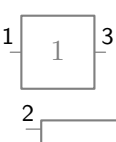
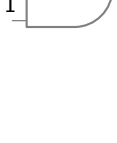
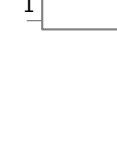
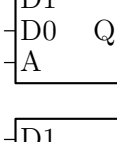

<code>\opamp</code>		
<code>\opamp[\supply]</code>		
<code>\opamp[\optext]</code>		ic
<code>\opamp[\pinnos]</code>		ic

A SCHNELLÜBERSICHT

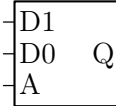
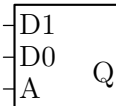
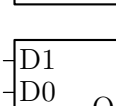
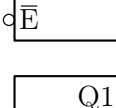
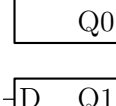
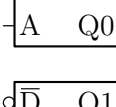
<code>\linic{78xx}</code>		ic
<code>\linic{79xx}</code>		ic
<code>\linic{ne555}</code>		ic

A.4.2 Gatter

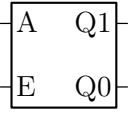
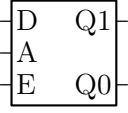
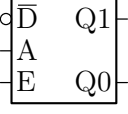
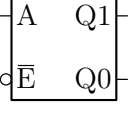
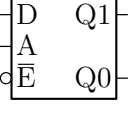
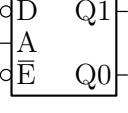
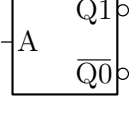
<code>\gate{buf}</code>			digital
<code>\gate{not}</code>			digital
<code>\gate{and}</code>			digital
<code>\gate{nand}</code>			digital
<code>\gate{or}</code>			digital
<code>\gate{nor}</code>			digital
<code>\gate{xor}</code>			digital
<code>\gate{xnor}</code>			digital
<code>\gate{trans1}</code>			digital
<code>\gate{trans2}</code>			digital

<code>\gate[\inputs]{nand}</code>			digital
<code>\gate[\schmitt]{nand}</code>			digital
<code>\gate[\opencoll]{nand}</code>			digital
<code>\gate[\tristate]{nand}</code>			digital
<code>\gate[\pinnos]{buf}</code>			ic
<code>\gate[\pinnos]{nand}</code>			ic

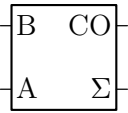
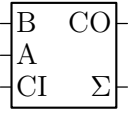
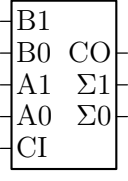
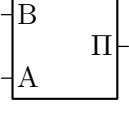
A.4.3 Decoder

<code>\decoder{mux21}</code>		digital
<code>\decoder{mux21e}</code>		digital
<code>\decoder{mux21ne}</code>		digital
<code>\decoder{demux12}</code>		digital
<code>\decoder{demux12d}</code>		digital
<code>\decoder{demux12nd}</code>		digital

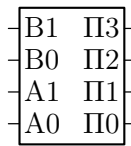
A SCHNELLÜBERSICHT

<code>\decoder{demux12e}</code>		digital
<code>\decoder{demux12de}</code>		digital
<code>\decoder{demux12nde}</code>		digital
<code>\decoder{demux12ne}</code>		digital
<code>\decoder{demux12dne}</code>		digital
<code>\decoder{demux12ndne}</code>		digital
<code>\decoder[\invout]{demux12}</code>		digital

A.4.4 Arithmetische Bausteine

<code>\arithm{halfadd}</code>		digital
<code>\arithm{fulladd}</code>		digital
<code>\arithm{add2}</code>		digital
<code>\arithm{mul1}</code>		digital

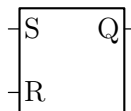
`\arithm{mul2}`



digital

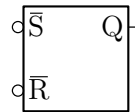
A.4.5 Flipflops

`\flipflop{sr}`



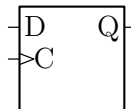
digital

`\flipflop{nsr}`



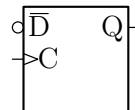
digital

`\flipflop{d}`



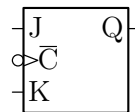
digital

`\flipflop{nd}`



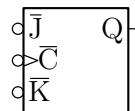
digital

`\flipflop{jk}`



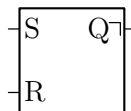
digital

`\flipflop{njlk}`



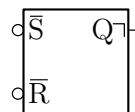
digital

`\flipflop{srms}`



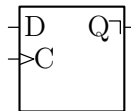
digital

`\flipflop{nsrms}`



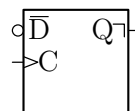
digital

`\flipflop{dms}`



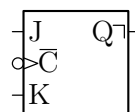
digital

`\flipflop{ndms}`



digital

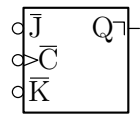
`\flipflop{jkms}`



digital

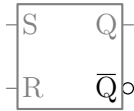
A SCHNELLÜBERSICHT

`\flipflop{njkms}`



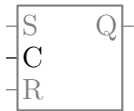
digital

`\flipflop[\invout]{sr}`



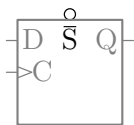
digital

`\flipflop[\clockin]{sr}`



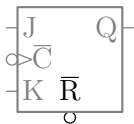
digital

`\flipflop[\setin]{d}`



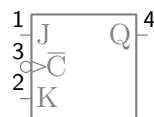
digital

`\flipflop[\resetin]{jk}`



digital

`\flipflop[\pinnos]{jk}`

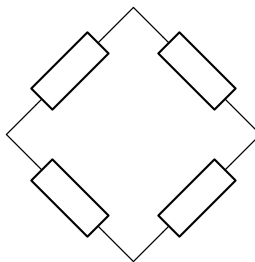


ic

A.5 Sonstiges

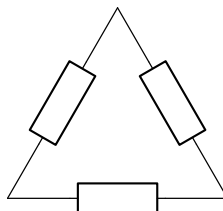
A.5.1 Diagonale Formen

`\bridgeform{}{}{}{}{}{}`



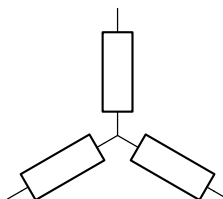
diag

`\deltaform{}{}{}{}{}{}`



diag

`\starform{}{}{}{}{}{}`



diag

A.5.2 Mechanische Symbole

TO DO ...

Abbildungsverzeichnis

1.1	Das erste Beispiel	8
1.2	Die Umgebungsoption draft	8
2.1	Spannungsquellen	11
2.2	Stromquellen	12
2.3	Andere Quellen (1/3)	13
2.4	Andere Quellen (2/3)	14
2.5	Andere Quellen (3/3)	14
2.6	Messgeräte	15
2.7	Ein/Aus-Schalter	16
2.8	Horizontale Wechselschalter	17
2.9	Vertikale Wechselschalter	18
2.10	Relais	19
2.11	Widerstände	19
2.12	Kondensatoren	20
2.13	Horizontale Spulen	21
2.14	Vertikale Spulen	22
2.15	Horizontale Dioden	23
2.16	Vertikale Dioden	24
2.17	Horizontale Diacs	25
2.18	Vertikale Diacs	26
2.19	nnp-Transistoren	27
2.20	pnnp-Transistoren	28
2.21	nnp-Transistoren nach oben/unten	29
2.22	pnnp-Transistoren nach oben/unten	30
2.23	Anreichernde n-Kanal-MOSFETs	31
2.24	Verarmende n-Kanal-MOSFETs	32
2.25	Anreichernde p-Kanal-MOSFETs	33
2.26	Verarmende p-Kanal-MOSFETs	34
2.27	Anreichernde n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten	34
2.28	Verarmende n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten	35
2.29	Anreichernde p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten	36
2.30	Verarmende p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten	37
2.31	n-Kanal-Sperrschicht-FETs	37
2.32	p-Kanal-Sperrschicht-FETs	38
2.33	n-Kanal-Sperrschicht-FETs nach oben/unten	38
2.34	p-Kanal-Sperrschicht-FETs nach oben/unten	39
2.35	Operationsverstärker	40
2.36	Linear-ICs	40
2.37	AND-Gatter	41
2.38	NAND-Gatter	42
2.39	OR-Gatter	43
2.40	NOR-Gatter	43
2.41	XOR-Gatter	44
2.42	XNOR-Gatter	45
2.43	Puffer-Gatter	46

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

2.44	NOT-Gatter	46
2.45	Transmissions-Gatter	47
2.46	Multiplexer (1/3)	48
2.47	Multiplexer (2/3)	49
2.48	Multiplexer (3/3)	49
2.49	Demultiplexer (1/3)	50
2.50	Demultiplexer (2/3)	50
2.51	Demultiplexer (3/3)	51
2.52	Addierer	52
2.53	Multiplizierer	52
2.54	SR-Flipflops	53
2.55	D-Flipflops	54
2.56	JK-Flipflops	54
2.57	SR-Master-Slave-Flipflops	55
2.58	D-Master-Slave-Flipflops	56
2.59	JK-Master-Slave-Flipflops	56
2.60	TTL-ICs (1/5)	57
2.61	TTL-ICs (2/5)	58
2.62	TTL-ICs (3/5)	59
2.63	TTL-ICs (4/5)	60
2.64	TTL-ICs (5/5)	60
2.65	Zwei gekoppelte Schalter	61
2.66	Mehrere gekoppelte Schalter	62
2.67	Relais mit Schaltern	63
2.68	Relais mit mehreren Schaltern	63
2.69	Zwei gekoppelte veränderbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen	64
2.70	Zwei gekoppelte trimmbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen	64
2.71	Zwei gekoppelte R, C, L mit benutzerdefinierter Linie	65
2.72	Mehrere gekoppelte R, C, L	65
2.73	Schalter mit mehreren Verbindungen	66
2.74	Relais mit mehreren Verbindungen	66
2.75	R, C, L mit mehreren Verbindungen	67
3.1	Drähte	69
3.2	Abgeknickte Drähte	69
3.3	Lötpunkte	70
3.4	Anschlusspins	70
3.5	Masse-Symbole	71
3.6	Betriebsspannungssymbole	71
3.7	Horizontale andere Masse-Symbole	73
3.8	Vertikale andere Masse-Symbole	74
3.9	Horizontale andere Betriebsspannungssymbole	75
3.10	Vertikale andere Betriebsspannungssymbole	75
3.11	Alleinstehende Spannungspfeile	76
3.12	Strompfeile	77
4.1	Stecker	79
4.2	Buchsen	79
4.3	Stecker und Buchsen	80

4.4	Spannungspfeile	81
4.5	Signal-Symbole	81
4.6	Rauschende Quellen	82
4.7	Rauschende Widerstände	82
4.8	Rauschende Transistoren	83
4.9	Polaritäten	84
4.10	Messgeräte-Einheiten	84
4.11	Drucktaster für Ein/Aus-Schalter	86
4.12	Drucktaster für horizontale Wechselschalter	86
4.13	Drucktaster für vertikale Wechselschalter	87
4.14	Schleifkontakte bei Widerständen	88
4.15	Kaltleiter	88
4.16	Heißleiter	89
4.17	Elektrolytkondensatoren	89
4.18	Mehr oder weniger Windungen für Spulen	90
4.19	Eine korrekt und eine fehlerhaft gesetzte Spule	91
4.20	Wicklungssinne	92
4.21	Eisenkerne	92
4.22	Ferritkerne	93
4.23	Ein Transformator	93
4.24	Alleinstehende Eisenkerne	94
4.25	Ein komplizierterer Transformator	94
4.26	Veränderbarkeitspfeile bei Quellen	95
4.27	Veränderbarkeitspfeile bei Widerständen	96
4.28	Veränderbarkeitspfeile bei Kondensatoren	96
4.29	Veränderbarkeitspfeile bei horizontalen Spulen	97
4.30	Veränderbarkeitspfeile bei vertikalen Spulen	98
4.31	Alleinstehende Veränderbarkeitspfeile	99
4.32	Einstellbarkeitsstriche bei Widerständen	100
4.33	Einstellbarkeitsstriche bei Kondensatoren	100
4.34	Einstellbarkeitsstriche bei horizontalen Spulen	101
4.35	Einstellbarkeitsstriche bei vertikalen Spulen	102
4.36	Alleinstehende Einstellbarkeitsstriche	102
4.37	Photowiderstände	103
4.38	Photodioden	103
4.39	Phototransistoren	104
4.40	Leuchtdioden	105
4.41	Zener-Dioden bzw. Z-Dioden	105
4.42	Schottky-Dioden	106
4.43	Schottky-Transistoren	106
4.44	Tunneldioden	107
4.45	Kapazitätsdioden	107
4.46	Thyristoren	108
4.47	Triacs	109
4.48	Multi-Emitter-Transistoren	110
4.49	Versorgungsspannungen für Operationsverstärker	111
4.50	Operationsverstärker-Texte	111

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

4.51 Mehrere Eingänge für Gatter (US-amerikanisch)	112
4.52 Mehrere Eingänge für Gatter (europäisch)	113
4.53 Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (US-amerikanisch)	114
4.54 Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (europäisch)	114
4.55 Open-Collector-Symbole in Gattern (US-amerikanisch)	115
4.56 Open-Collector-Symbole in Gattern (europäisch)	116
4.57 Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (US-amerikanisch)	117
4.58 Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (europäisch)	118
4.59 Invertierte Demultiplexer-Ausgänge	118
4.60 Invertierte Flipflop-Ausgänge	119
4.61 Takteingänge	120
4.62 Setzen-Eingänge	121
4.63 Löschen-Eingänge	122
4.64 Pinnummern für Operationsverstärker	122
4.65 Pinnummern für Gatter	123
4.66 Pinnummern für Flipflops	124
4.67 Verlängerte Zuleitungen	125
4.68 Referenzen manuell platzieren	125
4.69 Bauelementwerte manuell platzieren	126
4.70 Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren	126
4.71 Referenzen und Bauelementwerte manuell verschieben	127
5.1 Horizontales Modell	129
5.2 Vertikales Modell	130
5.3 Transistor-Modell nach links	130
5.4 Transistor-Modell nach rechts	131
5.5 Transistor-Modell nach oben	131
5.6 Transistor-Modell nach unten	131
6.1 Übertragungsfunktionen mit Mathematikmodus	133