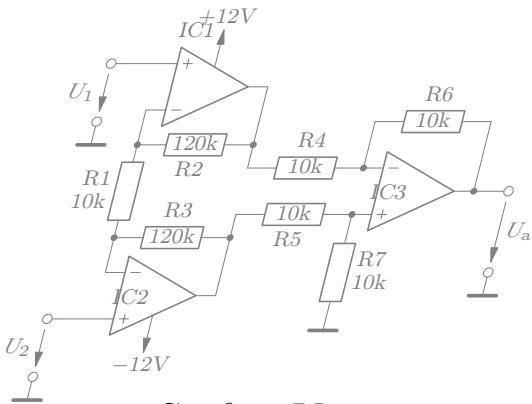


## Dokumentation des Pakets circdia

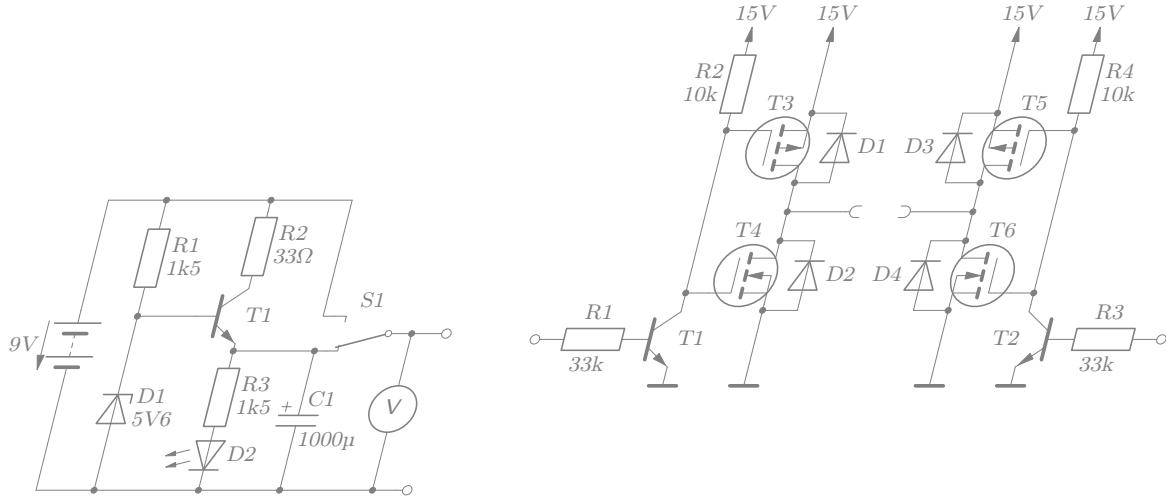
<http://www.taylorgruppe.de/circdia/>



Stefan Krause

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

23. März 2025





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
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	Paketoptionen . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Bauelemente</b>	<b>11</b>
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	Sperrsicht-FETs . . . . .	37
2.3.6	Logik-FETs . . . . .	39
2.4	Integrierte Schaltungen . . . . .	45
2.4.1	Operationsverstärker . . . . .	45
2.4.2	Linear-ICs . . . . .	46
2.4.3	Gatter . . . . .	46
2.4.4	Decoder . . . . .	54
2.4.5	Arithmetische Bausteine . . . . .	57
2.4.6	Flipflops . . . . .	59
2.4.7	TTL-ICs . . . . .	63
2.5	Gekoppelte Bauelemente . . . . .	67
2.5.1	Gekoppelte Schalter . . . . .	67
2.5.2	Gekoppelte Relais und Schalter . . . . .	68
2.5.3	Gekoppelte Widerstände, Kondensatoren und Spulen . . . . .	70
2.5.4	Verzweigte Kopplungen . . . . .	71
<b>3</b>	<b>Verbindungen, Betriebsspannung und Pfeile</b>	<b>75</b>
3.1	Drähte . . . . .	75
3.2	Lötpunkte . . . . .	75
3.3	Anschlusspins . . . . .	76
3.4	Masse und Betriebsspannung . . . . .	77
3.4.1	Masse-Symbole . . . . .	77
3.4.2	Betriebsspannungssymbole . . . . .	77

## INHALTSVERZEICHNIS

3.4.3	Andere Masse-Symbole . . . . .	78
3.4.4	Andere Betriebsspannungssymbole . . . . .	80
3.5	Alleinstehende Spannungspfeile . . . . .	81
3.6	Strompfeile . . . . .	82
<b>4</b>	<b>Zusätze zu den Bauelementen</b>	<b>85</b>
4.1	Spannungen und Ströme . . . . .	85
4.1.1	Stecker und Buchsen . . . . .	85
4.1.2	Spannungspfeile . . . . .	86
4.1.3	Signal-Symbole . . . . .	86
4.1.4	Rauschen . . . . .	88
4.1.5	Polarität . . . . .	89
4.1.6	Messgeräte-Einheiten . . . . .	89
4.1.7	Leistungsmessgeräte . . . . .	90
4.2	Passive Bauelemente . . . . .	91
4.2.1	Drucktaster . . . . .	91
4.2.2	Schleifer . . . . .	94
4.2.3	Kalt- und Heißleiter . . . . .	94
4.2.4	Elektrolytkondensatoren . . . . .	95
4.2.5	Windungen für Spulen . . . . .	96
4.2.6	Wicklungssinn . . . . .	97
4.2.7	Eisen- und Ferritkerne . . . . .	98
4.2.8	Veränderbarkeit . . . . .	101
4.2.9	Einstellbarkeit . . . . .	105
4.2.10	Photoempfindlichkeit . . . . .	109
4.3	Halbleiterbauelemente . . . . .	109
4.3.1	Photoempfindlichkeit . . . . .	109
4.3.2	Lichtaussendung . . . . .	110
4.3.3	Zener-Dioden bzw. Z-Dioden . . . . .	111
4.3.4	Schottky-Dioden und -Transistoren . . . . .	112
4.3.5	Tunneldioden . . . . .	113
4.3.6	Kapazitätsdioden . . . . .	113
4.3.7	Thyristoren . . . . .	114
4.3.8	Triacs . . . . .	115
4.3.9	Multi-Emitter-Transistoren . . . . .	116
4.4	Integrierte Schaltungen . . . . .	117
4.4.1	Versorgungsspannung . . . . .	117
4.4.2	Operationsverstärker-Text . . . . .	118
4.4.3	Eingänge für Gatter . . . . .	118
4.4.4	Schmitt-Trigger-Kennzeichnung . . . . .	119
4.4.5	Open-Collector-Kennzeichnung . . . . .	121
4.4.6	Tristate-Ausgänge . . . . .	122
4.4.7	Invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge . . . . .	124
4.4.8	Takteingänge für Flipflops . . . . .	126
4.4.9	Setzen-/Löschen-Eingänge für Flipflops . . . . .	126
4.4.10	Pinnnummern . . . . .	128
4.5	Allgemeines . . . . .	130

## INHALTSVERZEICHNIS

4.5.1	Verlängerte Zuleitungen . . . . .	130
4.5.2	Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren . . . . .	132
<b>5</b>	<b>Referenzen und Bauelementwerte</b>	<b>135</b>
5.1	Horizontale Platzierung . . . . .	135
5.2	Vertikale Platzierung . . . . .	136
5.3	Transistor-Platzierung nach links . . . . .	136
5.4	Transistor-Platzierung nach rechts . . . . .	136
5.5	Transistor-Platzierung nach oben . . . . .	137
5.6	Transistor-Platzierung nach unten . . . . .	138
5.7	Automatische Nummerierung . . . . .	139
<b>6</b>	<b>Weitere Befehle und Zusatzpakete</b>	<b>141</b>
6.1	Einige interne Befehle . . . . .	141
6.2	Die Paketoption <code>block</code> . . . . .	141
6.2.1	Drähte . . . . .	141
6.2.2	Lötpunkte . . . . .	142
6.2.3	Übertragungsfunktionen . . . . .	143
6.2.4	Text für Übertragungsfunktionen . . . . .	144
6.2.5	Additionssymbole . . . . .	145
6.2.6	Vorzeichen für Additionssymbole . . . . .	145
6.3	Die Paketoption <code>color</code> . . . . .	146
6.3.1	Farbcodes . . . . .	146
6.3.2	Farbige Spannungspfeile und Polaritäten . . . . .	147
6.4	Die Paketoption <code>diag</code> . . . . .	147
6.4.1	Brückenformen . . . . .	148
6.4.2	Dreiecksformen . . . . .	149
6.4.3	Sternformen . . . . .	149
6.5	Die Paketoption <code>graph</code> . . . . .	150
6.6	Die Paketoption <code>mech</code> . . . . .	150
<b>A</b>	<b>Schnellübersicht</b>	<b>151</b>
A.1	Spannungen und Ströme . . . . .	151
A.1.1	Leitungen und Anschlüsse . . . . .	151
A.1.2	Masse, Betriebsspannung und Pfeile . . . . .	151
A.1.3	Standard-Quellen . . . . .	152
A.1.4	Andere Quellen . . . . .	152
A.1.5	Messgeräte . . . . .	153
A.2	Passive Bauelemente . . . . .	153
A.2.1	Schalter und Relais . . . . .	153
A.2.2	Widerstände . . . . .	154
A.2.3	Kondensatoren . . . . .	155
A.2.4	Spulen . . . . .	155
A.3	Halbleiterbauelemente . . . . .	156
A.3.1	Dioden und Thyristoren . . . . .	156
A.3.2	Diacs und Triacs . . . . .	156
A.3.3	Bipolartransistoren . . . . .	156
A.3.4	MOSFETs und Sperrschiicht-FETs . . . . .	157

## *INHALTSVERZEICHNIS*

A.3.5 Logik-FETs . . . . .	158
A.4 Integrierte Schaltungen . . . . .	158
A.4.1 Operationsverstärker . . . . .	158
A.4.2 Gatter . . . . .	158
A.4.3 Decoder . . . . .	160
A.4.4 Arithmetische Bausteine . . . . .	161
A.4.5 Flipflops . . . . .	161
A.4.6 Benannte ICs . . . . .	163
A.5 Sonstiges . . . . .	163
A.5.1 Blockschaltbilder . . . . .	163
A.5.2 Diagonale Formen . . . . .	164
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>165</b>

# 1 Grundlagen

Das Paket `circdia` 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 Bauelementssymbole, 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 `circdia` mit der Option `digital` eingebunden werden. Der Quelltext des Schaltplans kann noch vereinfacht werden,

# 1 GRUNDLAGEN

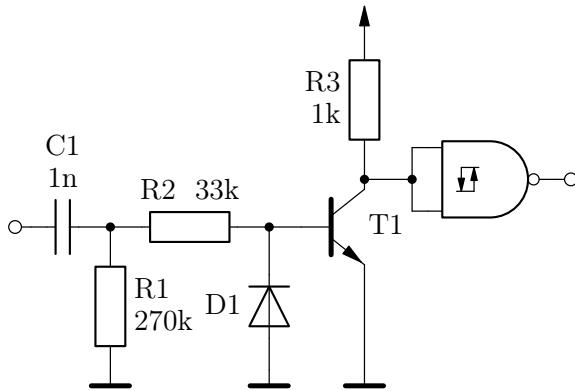


Abbildung 1.1: Das erste Beispiel

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}
```

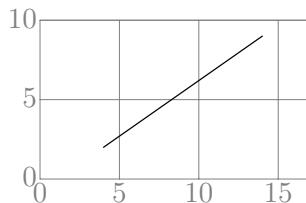


Abbildung 1.2: Die Umgebungsoption `draft`

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 `npn` 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 Lötpunkt 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 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.
- `block`: Hiermit können Blockschaltbilder für Regelungstechnik, Nachrichtentechnik usw. gezeichnet werden.
- `color`: Hiermit können farbige Widerstandsringe und andere Dinge farbig gezeichnet werden können.
- `diag`: Hiermit können diagonale Bauelemente in Brücken sowie Stern- und Dreieckschaltungen gezeichnet werden.
- `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.

## 1 GRUNDLAGEN

- **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.

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.

- **linediode**, **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 **linediode**.

Zusätzlich gibt es die Befehle `\linediode`, `\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.

- **usgate** und **eugate** (bereitgestellt von der Paketoption **digital**): 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.

- **nosrcardigfet** und **srcardigfet** (bereitgestellt von der Paketoption **semicon**): Die erste Option stellt ein, dass die Unterscheidung der n- und p-Kanal-Typen bei den Logik-FETs nicht durch Pfeile am Source-Anschluss, sondern einen Negationskringel am Gate-Anschluss dargestellt wird, die zweite, dass dies durch Pfeile geschieht. Der Standard ist **nosrcardigfet**.

Zusätzlich gibt es die Befehle `\nosrcardigfet` und `\srcardigfet`, um das Aussehen der Logik-FETs einzustellen. Diese Befehle können beliebig oft benutzt 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}
```

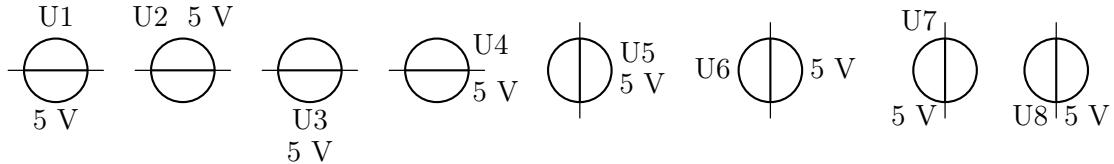


Abbildung 2.1: Spannungsquellen

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}
```

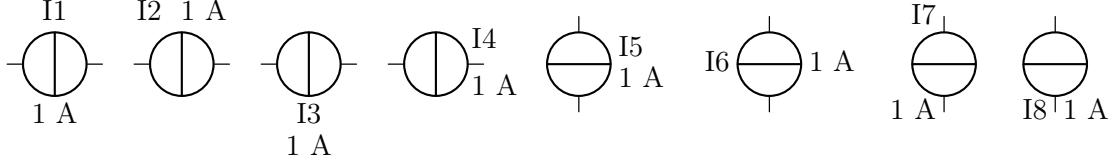


Abbildung 2.2: Stromquellen

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 Paketoption `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}
```

## 2.1 SPANNUNGEN UND STRÖME

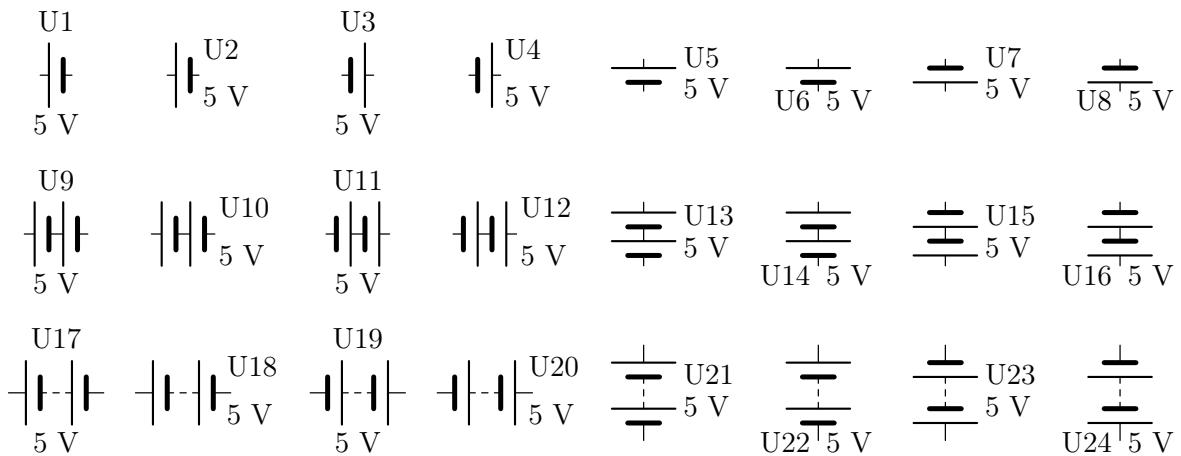


Abbildung 2.3: Andere Quellen (1/3)

```
\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}
```

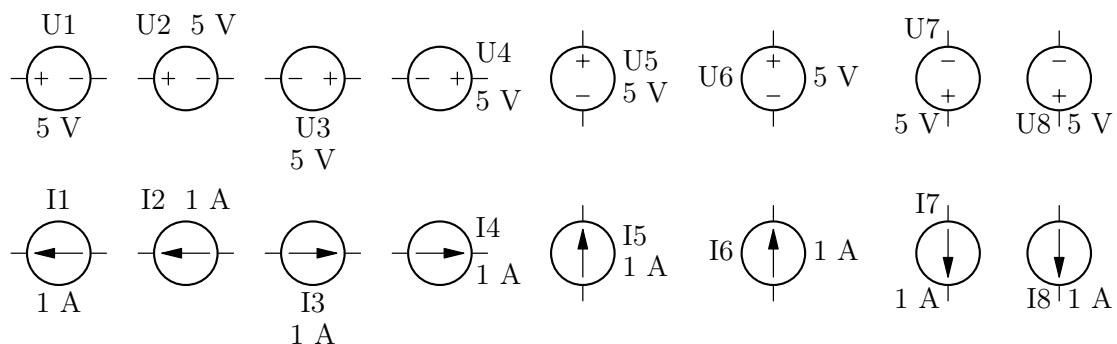


Abbildung 2.4: Andere Quellen (2/3)

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}{V1r}{I3}{1 A}
\othersrc{o}{59}{28}{Vh1}{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}
\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}{V1r}{I10}{1 A}
\othersrc{oo}{59}{17}{Vh1}{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}{V1r}{I18}{1 A}
\othersrc{()}{59}{6}{Vh1}{I19}{1 A}
\othersrc{()}{66}{6}{Vd}{I20}{1 A}
\end{circuitdiagram}
```

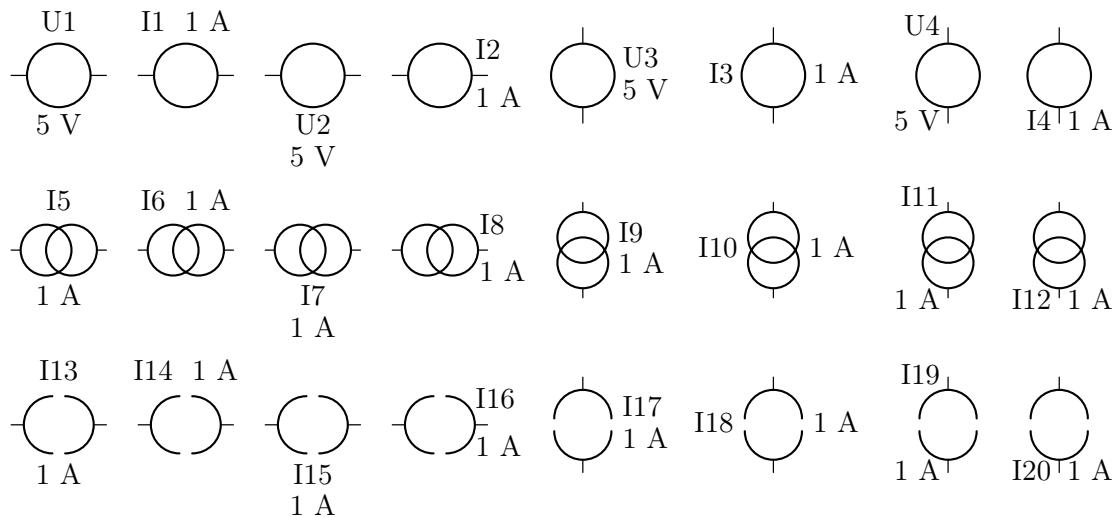


Abbildung 2.5: Andere Quellen (3/3)

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](#) (Strompfeile), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.1.3](#) (Signal-Symbole), [4.1.4](#) (Rauschen), [4.1.5](#) (Po-

larität), 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}{V1r}{M6}{abc}
\measdev{59}{6}{Vh1}{M7}{abc}
\measdev{66}{6}{Vd}{M8}{abc}
\end{circuitdiagram}
```

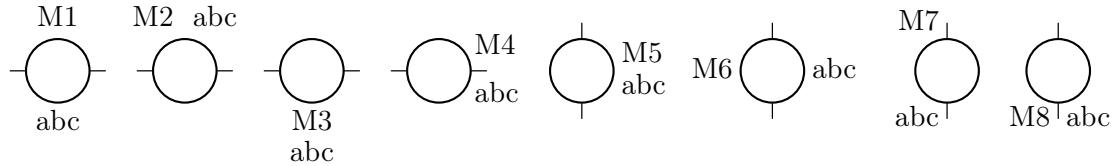


Abbildung 2.6: Messgeräte

Siehe auch: 3.6 (Strompfeile), 4.1.2 (Spannungspfeile), 4.1.5 (Polarität), 4.1.6 (Messgeräte-Einheiten), 4.1.7 (Leistungsmessgeräte), 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}
```

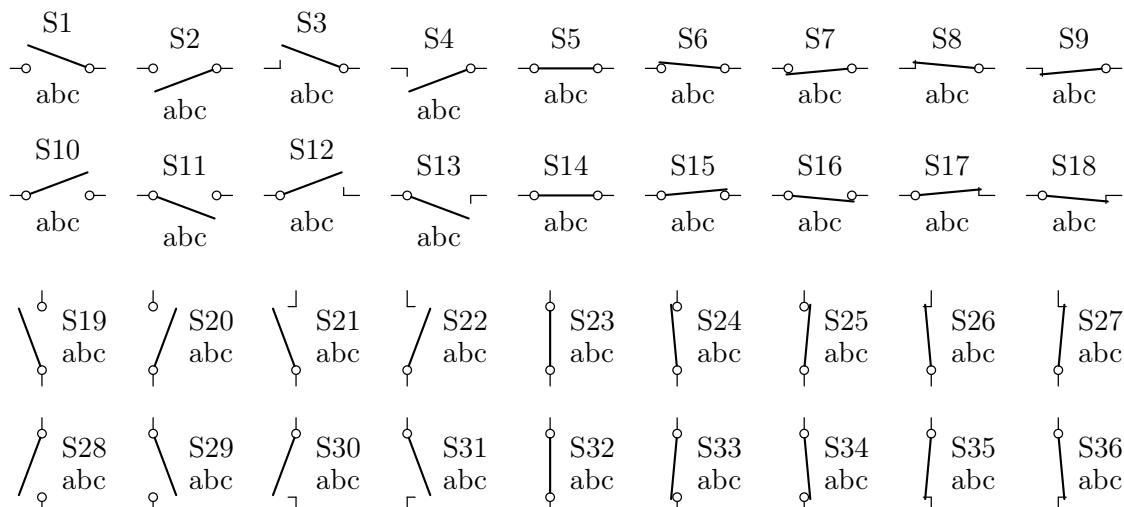


Abbildung 2.7: Ein/Aus-Schalter

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{toggtouch}{3}{13}{L}{S9}{abc}
\switch{toggtouch}{11}{13}{LD}{S10}{abc}
\switch{toggtouch}{19}{13}{R}{S11}{abc}
\switch{toggtouch}{27}{13}{RD}{S12}{abc}
\switch{toggtouch*}{35}{13}{L}{S13}{abc}
\switch{toggtouch*}{43}{13}{LD}{S14}{abc}
\switch{toggtouch*}{51}{13}{R}{S15}{abc}
\switch{toggtouch*}{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}
```

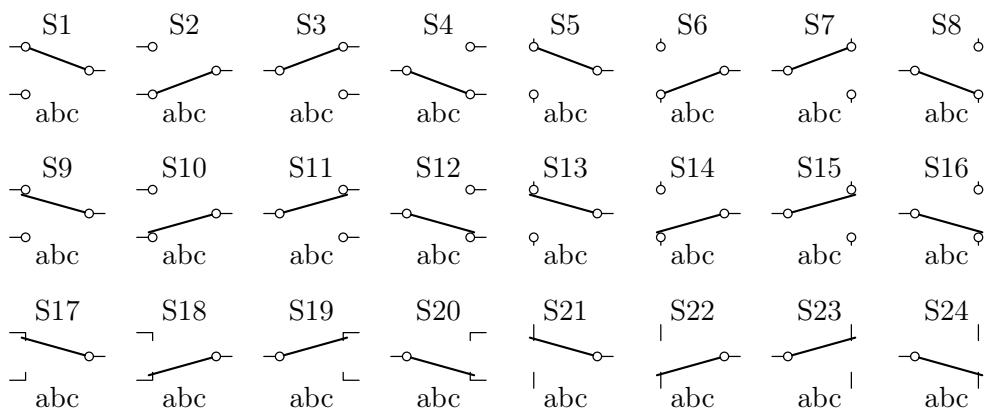


Abbildung 2.8: Horizontale Wechselschalter

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}
```

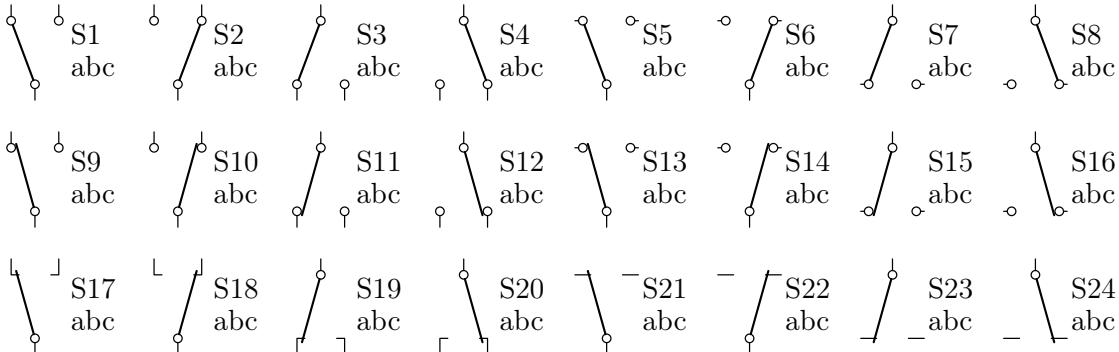


Abbildung 2.9: Vertikale Wechselschalter

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 Baulementwerte manuell platzieren), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

### 2.2.2 Relais

Der Befehl `\relay` (bereitgestellt von der Paketoption `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}{Vhl}{S7}{12 V}
\relay{69}{7}{Vd}{S8}{12 V}
\end{circuitdiagram}
```

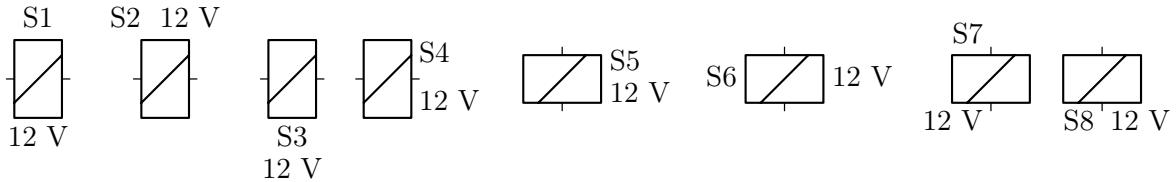


Abbildung 2.10: Relais

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\Omega}
\resis{12}{5}{Hu}{R2}{1 k\Omega}
\resis{21}{5}{Hdd}{R3}{1 k\Omega}
\resis{29}{5}{Hr}{R4}{1 k\Omega}
\resis{39}{5}{V}{R5}{1 k\Omega}
\resis{50}{5}{Vlr}{R6}{1 k\Omega}
\resis{62}{5}{Vhl}{R7}{1 k\Omega}
\resis{68}{5}{Vd}{R8}{1 k\Omega}
\end{circuitdiagram}
```

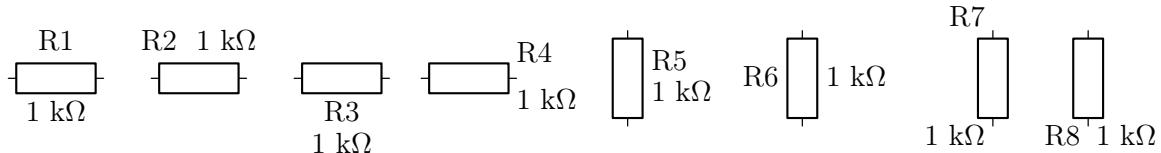


Abbildung 2.11: Widerstände

Siehe auch: [2.5.3](#) (gekoppelte Widerstände), [4.1.2](#) (Spannungspfeile), [4.1.4](#) (Rauschen), [4.2.2](#) (Schleifer), [4.2.3](#) (Kalt- und Heißleiter), [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}
```

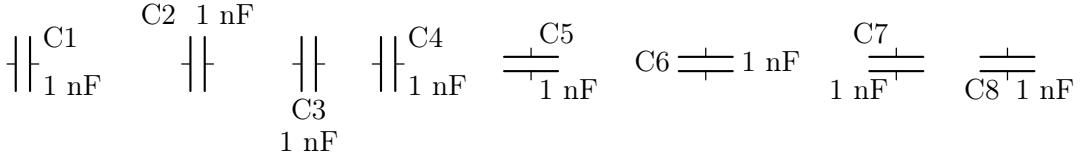


Abbildung 2.12: Kondensatoren

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}{Hddd}{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}
```

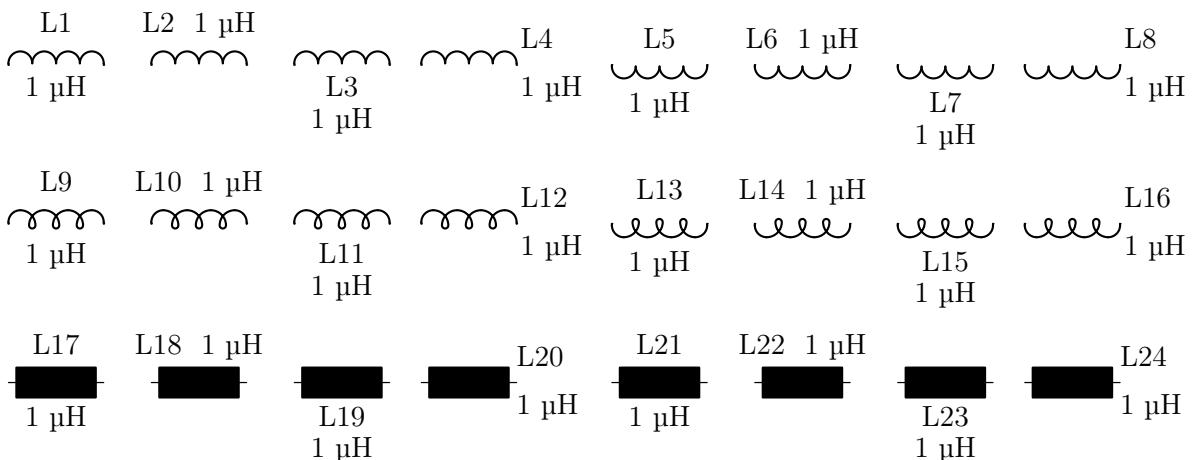


Abbildung 2.13: Horizontale Spulen

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}{VR1r}{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}
\induc{31}{16}{Vd}{L12}{1 \micro H}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

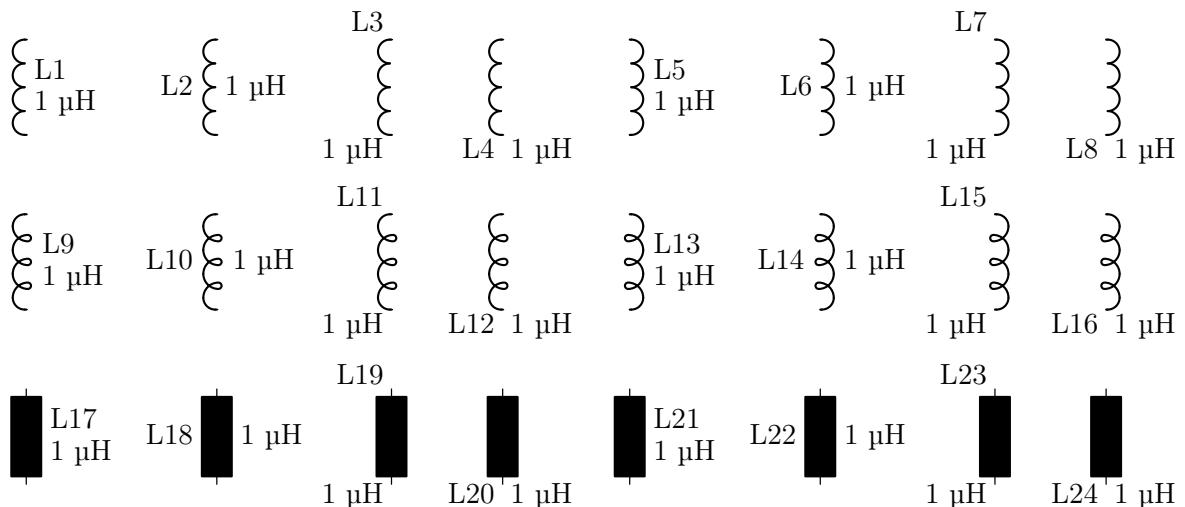


Abbildung 2.14: Vertikale Spulen

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}
```

### 2.3 HALBLEITERBAUELEMENTE

```
\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}
```

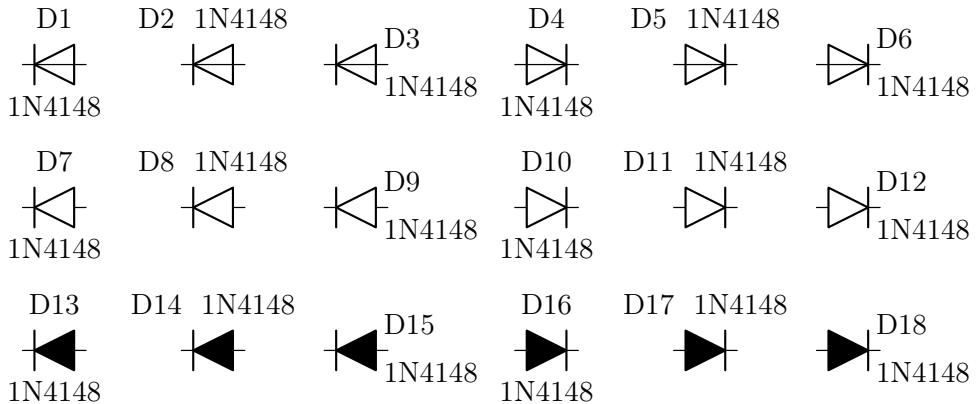


Abbildung 2.15: Horizontale Dioden

Einige vertikale Dioden sind in Abb. 2.16 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{73}{20}
\lineddiode
\diode{2}{18}{U}{D1}{1N4148}
\diode{16}{18}{U1r}{D2}{1N4148}
\diode{29}{18}{Ud}{D3}{1N4148}
\diode{39}{18}{D}{D4}{1N4148}
\diode{53}{18}{D1r}{D5}{1N4148}
\diode{66}{18}{Dd}{D6}{1N4148}
\emptydiode
\diode{2}{11}{U}{D7}{1N4148}
\diode{16}{11}{U1r}{D8}{1N4148}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\diode{29}{11}{Ud}{D9}{1N4148}
\diode{39}{11}{D}{D10}{1N4148}
\diode{53}{11}{Dlr}{D11}{1N4148}
\diode{66}{11}{Dd}{D12}{1N4148}
\filleddiode
\diode{2}{4}{U}{D31}{1N4148}
\diode{16}{4}{Ul}{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}
```

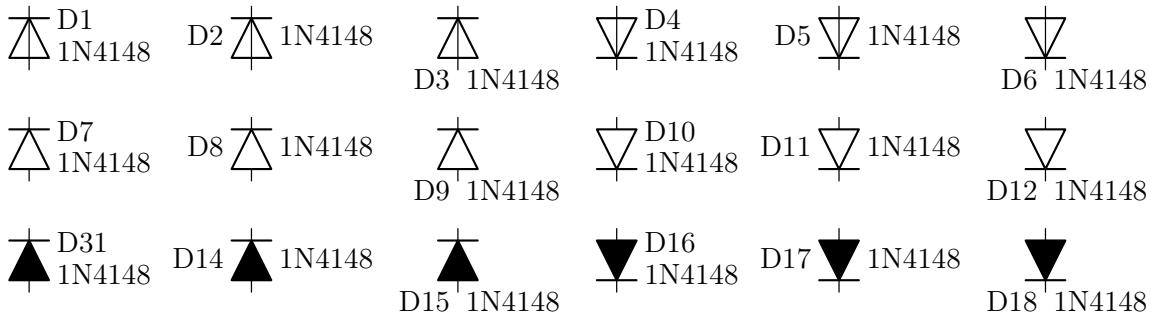


Abbildung 2.16: Vertikale Dioden

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 Paketoption `semicon`) zeichnet einen Diac und besitzt die fünf Standardargumente. Einige horizontale Diacs sind in Abb. [2.17](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{50}{28}
\lineddiode
\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}
```

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

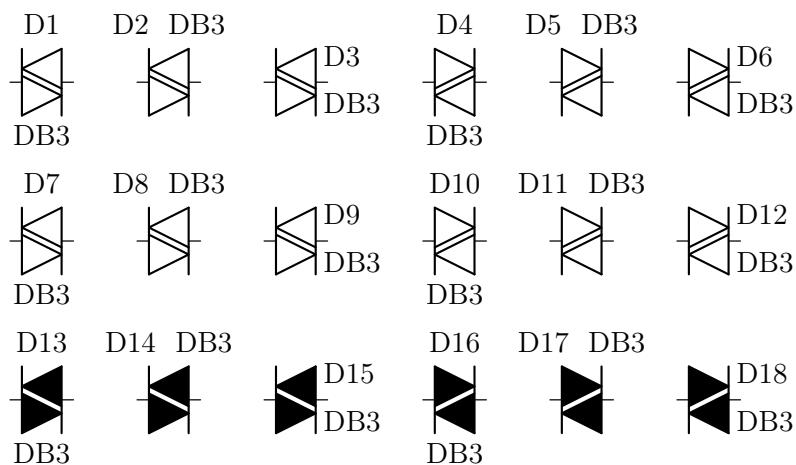


Abbildung 2.17: Horizontale Diacs

Einige vertikale Diacs sind in Abb. 2.18 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{67}{20}
\lineddiode
\begin{circuitdiagram}{2}{18}{V}{D1}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{16}{18}{V1r}{D2}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{28}{18}{Vd}{D3}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{37}{18}{VR}{D4}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{51}{18}{VR1r}{D5}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{63}{18}{VRd}{D6}{DB3}
\emptydiode
\begin{circuitdiagram}{2}{11}{V}{D7}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{16}{11}{V1r}{D8}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{28}{11}{Vd}{D9}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{37}{11}{VR}{D10}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{51}{11}{VR1r}{D11}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{63}{11}{VRd}{D12}{DB3}
\filleddiode
\begin{circuitdiagram}{2}{4}{V}{D31}{DB3}
\begin{circuitdiagram}{16}{4}{V1r}{D14}{DB3}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

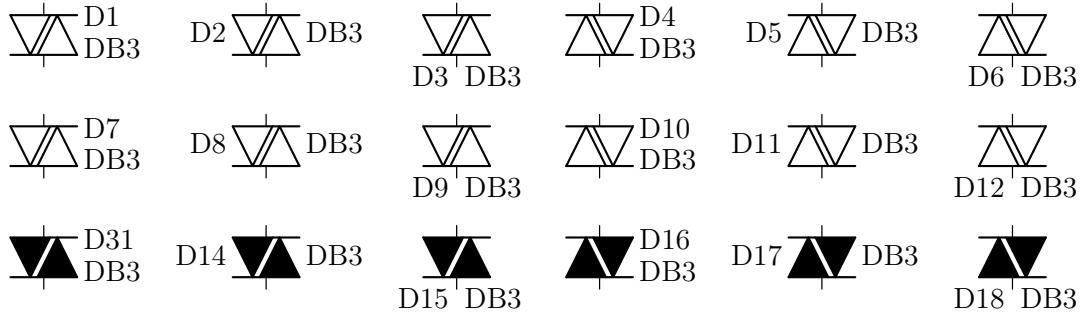


Abbildung 2.18: Vertikale Diacs

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 (`npn` oder `pnp`), 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}{R1}{T8}{BC548}
\trans{npn}{31}{27}{Rud}{T9}{BC548}
\trans{npn}{39}{27}{RU}{T10}{BC548}
\trans{npn}{57}{27}{RU1}{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}
```

### 2.3 HALBLEITERBAUELEMENTE

```
\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}
```

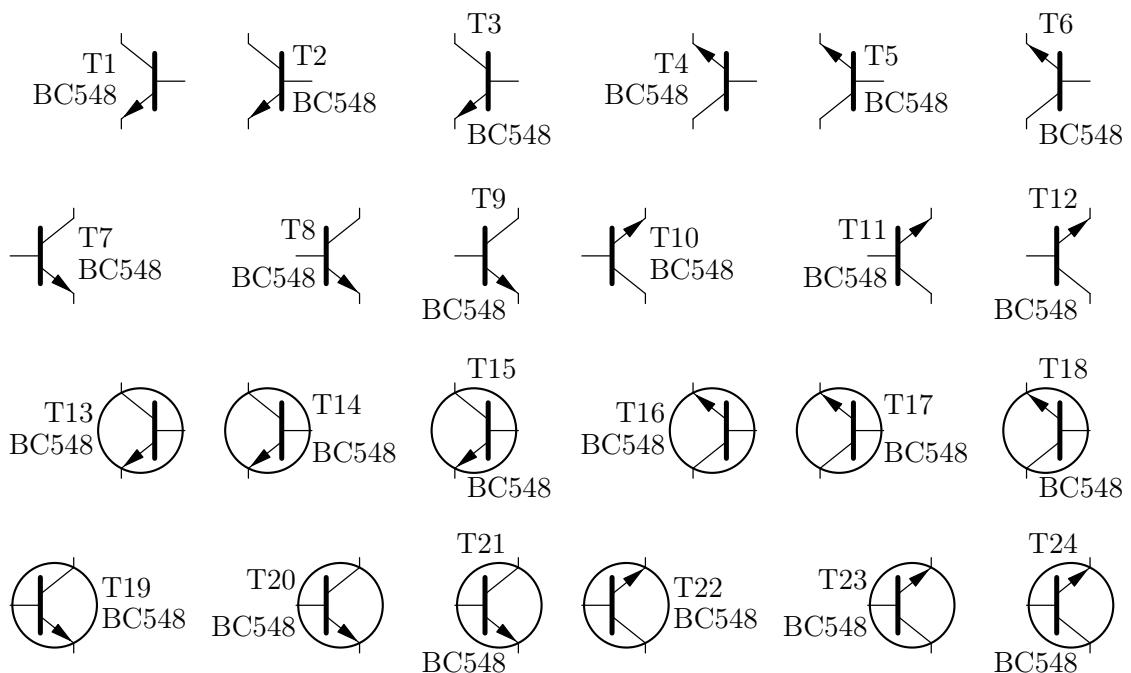


Abbildung 2.19: npn-Transistoren

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}
\circledtrans
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}{R1}{T20}{BC558}
\trans{pnp}{31}{5}{Rud}{T21}{BC558}
\trans{pnp}{39}{5}{RD}{T22}{BC558}
\trans{pnp}{57}{5}{RD1}{T23}{BC558}
\trans{pnp}{67}{5}{RDud}{T24}{BC558}
\end{circuitdiagram}
```

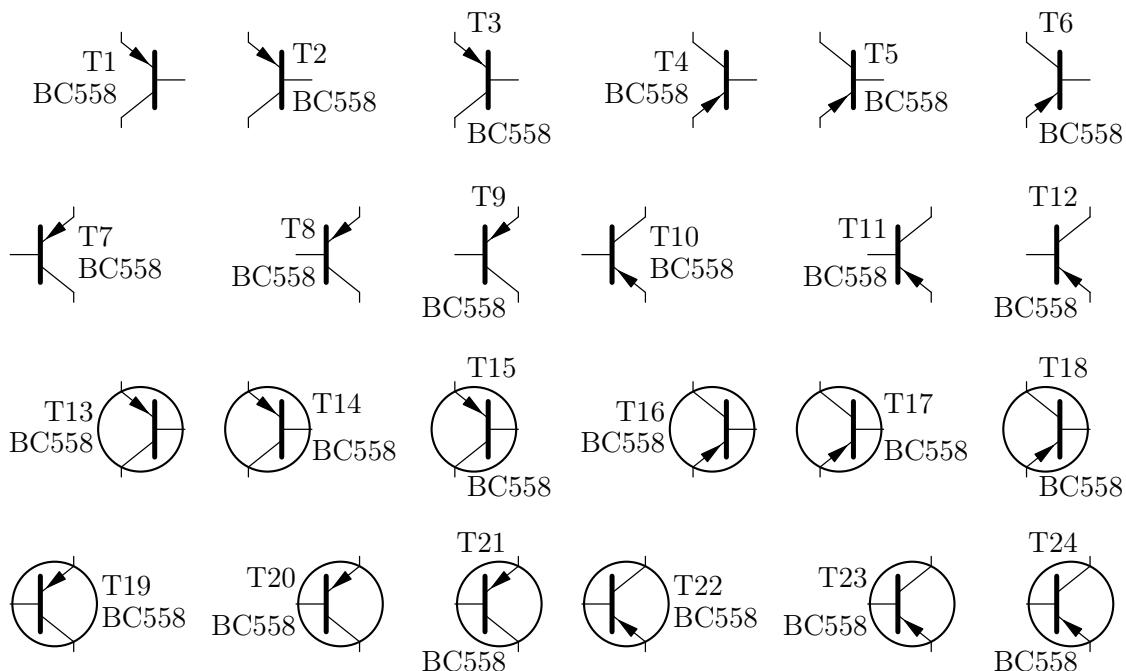


Abbildung 2.20: pnp-Transistoren

Die Paketoption `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}

```

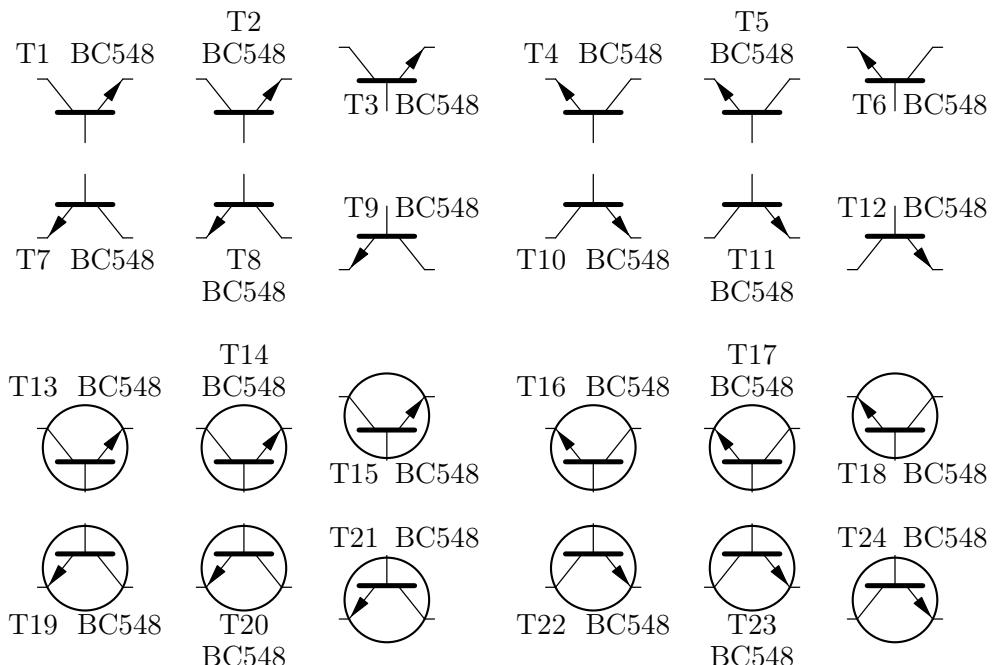


Abbildung 2.21: npn-Transistoren nach oben/unten

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

```

\begin{circuitdiagram}{62}{41}
\nocircledtrans
\trans{pnp}{5}{36}{U}{T1}{BC558}
\trans{pnp}{15}{36}{Uuu}{T2}{BC558}

```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

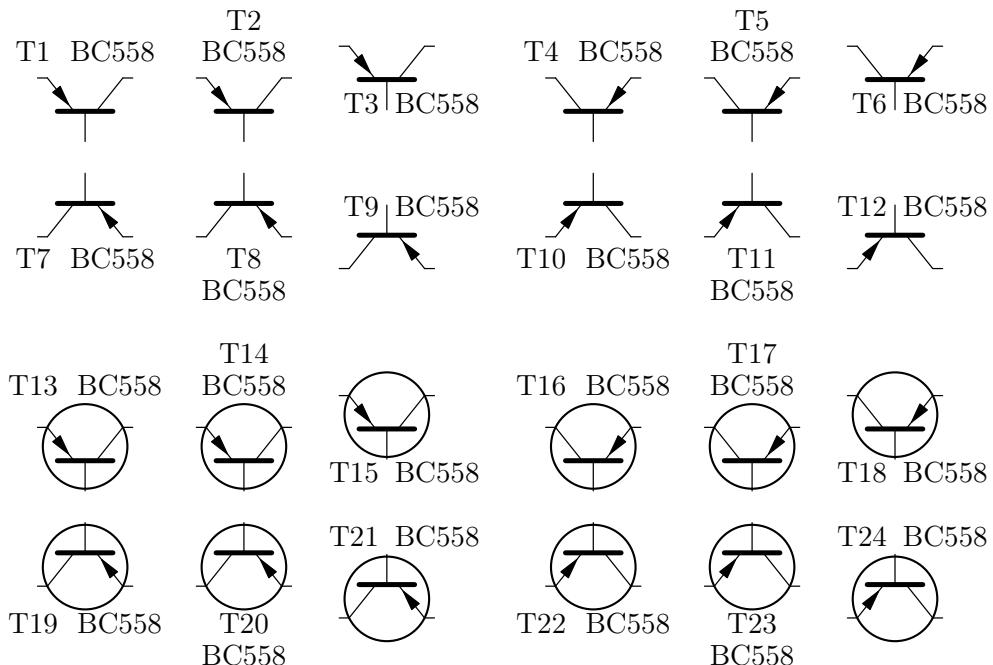


Abbildung 2.22: pnp-Transistoren nach oben/unten

Siehe auch: [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.5](#) (Sperrsicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-FETs), [4.1.4](#) (Rau-

schen), 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, penh, ndep\* 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}
```

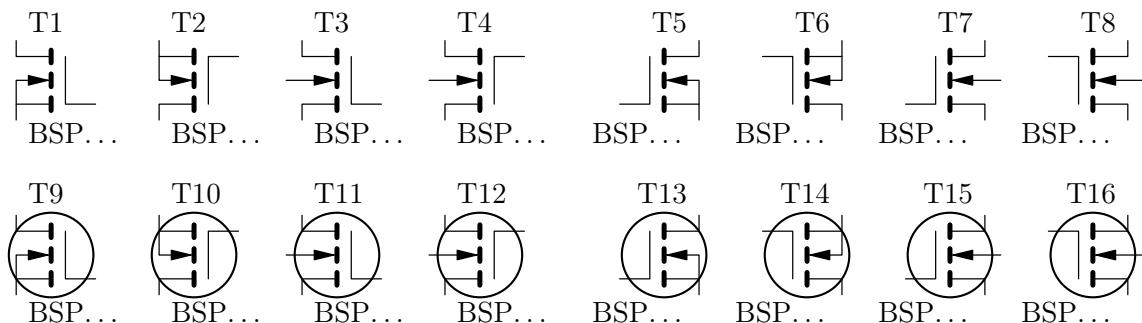


Abbildung 2.23: Anreichernde n-Kanal-MOSFETs

Einige anreichernde p-Kanal-MOSFETs sind in Abb. 2.24 dargestellt:

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

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

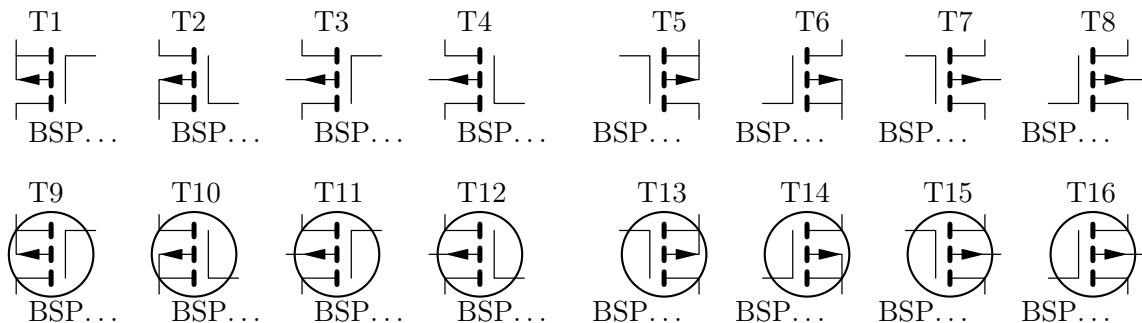


Abbildung 2.24: Anreichernde p-Kanal-MOSFETs

Einige verarmende n-Kanal-MOSFETs sind in Abb. 2.25 dargestellt:

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

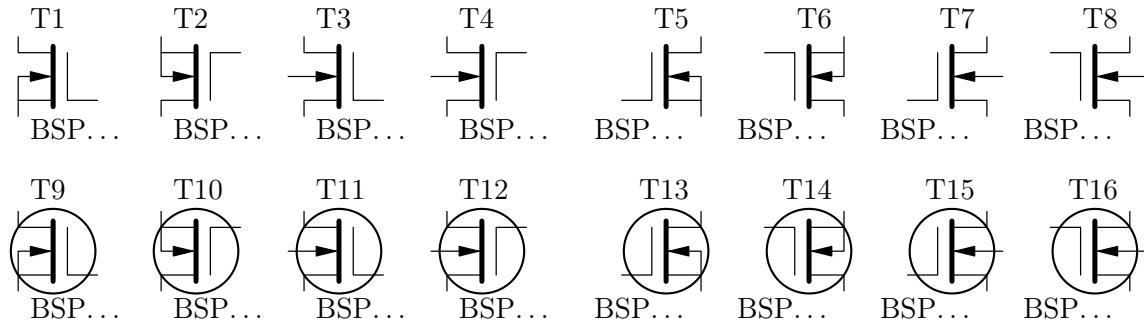


Abbildung 2.25: Verarmende n-Kanal-MOSFETs

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
\trans{nenh}{3}{14}{Uuu}{T1}{BSP\dots}
```

## 2 BAUELEMENTE

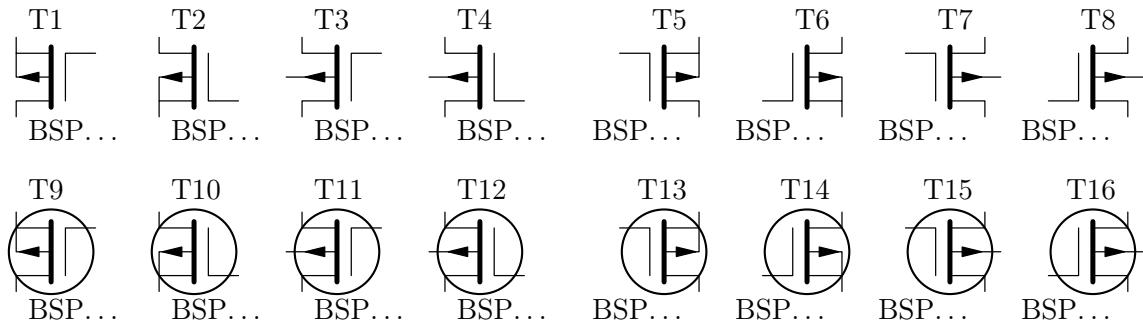


Abbildung 2.26: Verarmende p-Kanal-MOSFETs

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

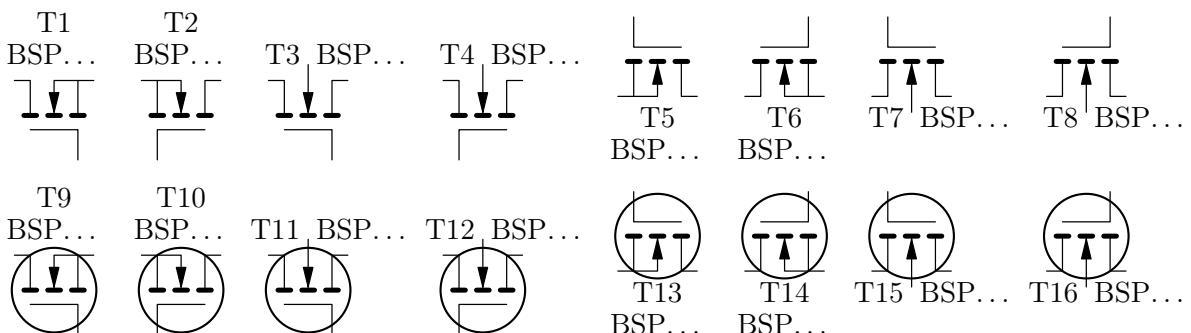


Abbildung 2.27: Anreichernde n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

Einige anreichernde p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten sind in Abb. 2.28 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}
\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}

```

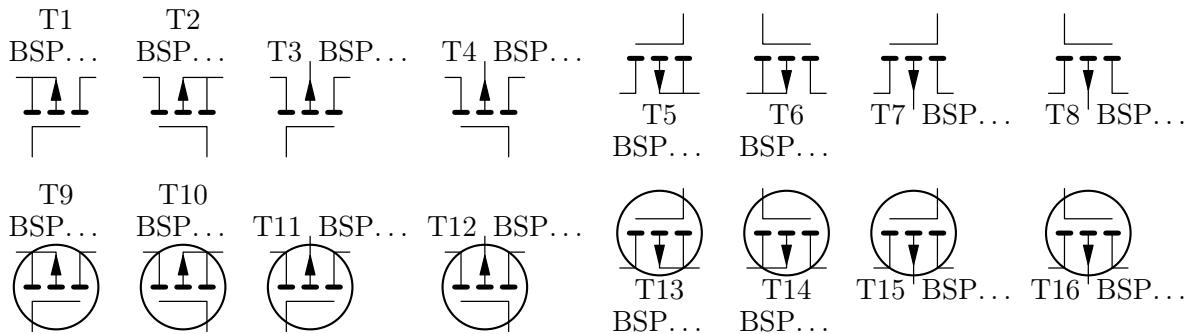


Abbildung 2.28: Anreichernde p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

Einige verarmende n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten sind in Abb. 2.29 dargestellt:

```

\begin{circuitdiagram}{74}{21}
\nocircledtrans
\trans{ndep}{3}{14}{Uuu}{T1}{BSP\dots}
\trans{ndep}{11}{14}{ULuu}{T2}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{19}{14}{U}{T3}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{30}{14}{UL}{T4}{BSP\dots}
\trans{ndep}{41}{17}{Ddd}{T5}{BSP\dots}
\trans{ndep}{49}{17}{DRdd}{T6}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{57}{17}{D}{T7}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{68}{17}{DR}{T8}{BSP\dots}
\circledtrans
\trans{ndep}{3}{3}{Uuu}{T9}{BSP\dots}
\trans{ndep}{11}{3}{ULuu}{T10}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{19}{3}{U}{T11}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{30}{3}{UL}{T12}{BSP\dots}

```

## 2 BAUELEMENTE

```
\trans{ndep}{41}{6}{Ddd}{T13}{BSP\dots}
\trans{ndep}{49}{6}{DRdd}{T14}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{57}{6}{D}{T15}{BSP\dots}
\trans{ndep*}{68}{6}{DR}{T16}{BSP\dots}
\end{circuitdiagram}
```

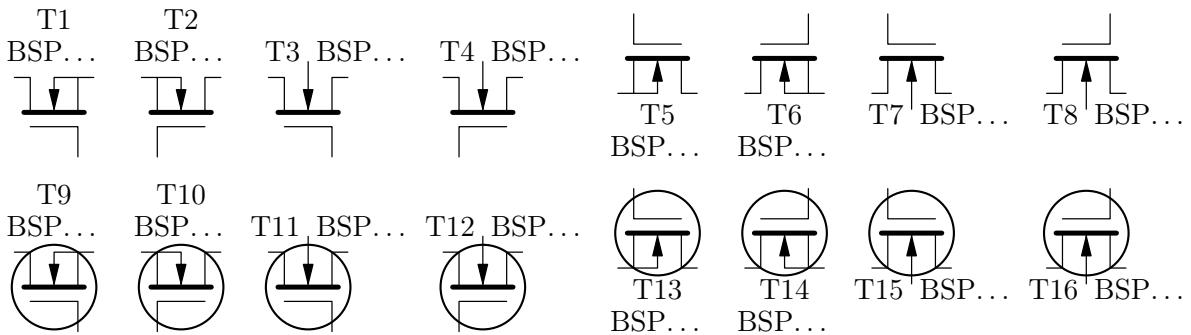


Abbildung 2.29: Verarmende n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

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](#) (Sperrsicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-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).

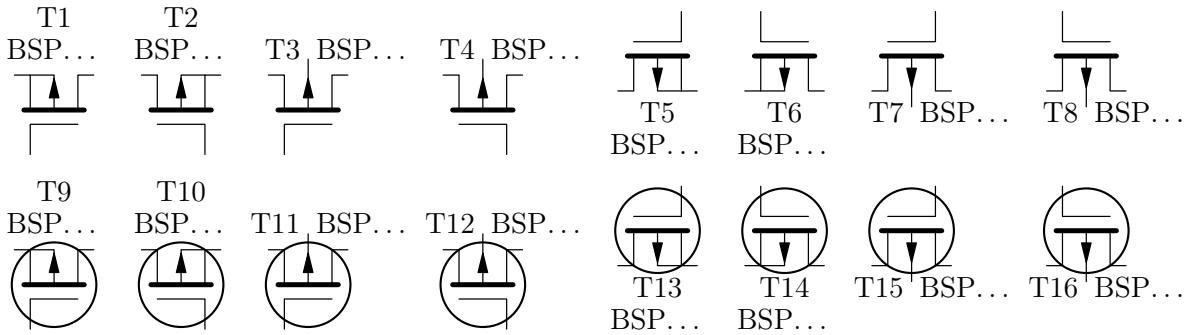


Abbildung 2.30: Verarmende p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten

### 2.3.5 Sperrsicht-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-Sperrsicht-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}
```

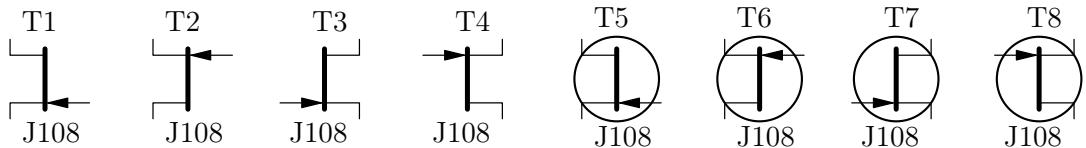


Abbildung 2.31: n-Kanal-Sperrsicht-FETs

Einige p-Kanal-Sperrsicht-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}
\circledtrans
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

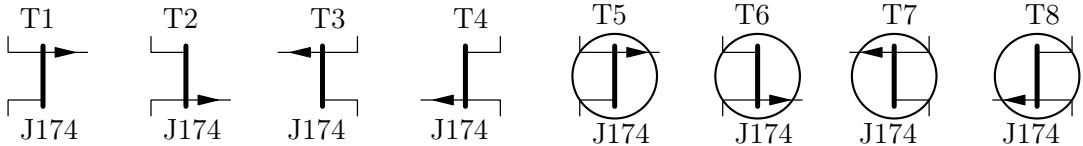


Abbildung 2.32: p-Kanal-Sperrsicht-FETs

Die Paketoption `semicon` erlaubt auch Transistoren nach oben und unten, die erfahrungsgemäß seltener gebraucht werden. Einige n-Kanal-Sperrsicht-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}
```

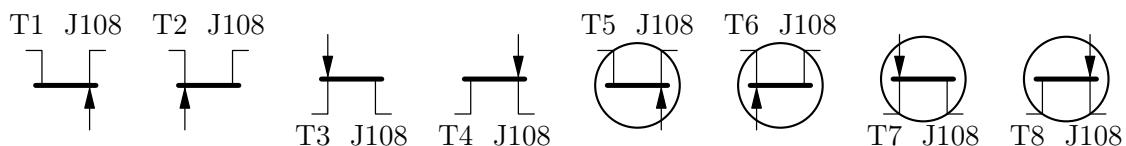


Abbildung 2.33: n-Kanal-Sperrsicht-FETs nach oben/unten

Einige p-Kanal-Sperrsicht-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}
```

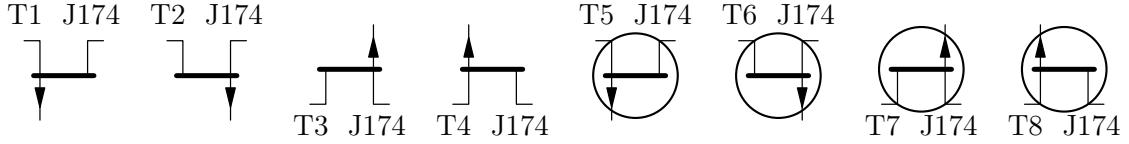


Abbildung 2.34: p-Kanal-Sperrschiicht-FETs nach oben/unten

Siehe auch: [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.6](#) (Logik-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).

### 2.3.6 Logik-FETs

Der Befehl `\digfet` (bereitgestellt von der Paketoption `semicon`) zeichnet einen Logik-FET und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`nenh`, `penh`, `ndep` oder `pdep`), danach folgen die fünf Standardargumente. Einige anreichernde n-Kanal-Logik-FETs sind in Abb. 2.35 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{nenh}{3}{16}{Lud}{T1}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{11}{16}{LUud}{T2}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{19}{16}{Rud}{T3}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{27}{16}{RUud}{T4}{L\cdot dots}
\srcardigfet
\digfet{nenh}{35}{16}{Lud}{T5}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{43}{16}{LUud}{T6}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{51}{16}{Rud}{T7}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{59}{16}{RUud}{T8}{L\cdot dots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{nenh}{3}{5}{Lud}{T9}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{11}{5}{LUud}{T10}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{19}{5}{Rud}{T11}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{27}{5}{RUud}{T12}{L\cdot dots}
\srcardigfet
\digfet{nenh}{35}{5}{Lud}{T13}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{43}{5}{LUud}{T14}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{51}{5}{Rud}{T15}{L\cdot dots}
\digfet{nenh}{59}{5}{RUud}{T16}{L\cdot dots}
\end{circuitdiagram}
```

Einige anreichernde p-Kanal-Logik-FETs sind in Abb. 2.36 dargestellt:

## 2 BAUELEMENTE

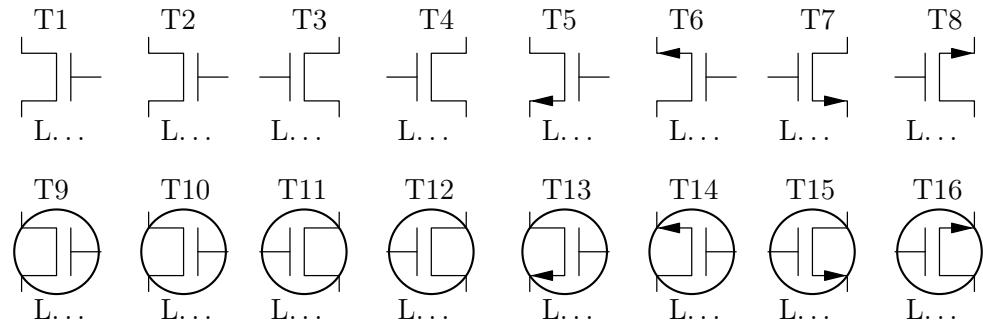


Abbildung 2.35: Anreichernde n-Kanal-Logik-FETs

```
\begin{circuitdiagram}{62}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{penh}{3}{16}{Lud}{T1}{L\ldots}
\digfet{penh}{11}{16}{LDud}{T2}{L\ldots}
\digfet{penh}{19}{16}{Rud}{T3}{L\ldots}
\digfet{penh}{27}{16}{RDud}{T4}{L\ldots}
\srcardigfet
\digfet{penh}{35}{16}{Lud}{T5}{L\ldots}
\digfet{penh}{43}{16}{LDud}{T6}{L\ldots}
\digfet{penh}{51}{16}{Rud}{T7}{L\ldots}
\digfet{penh}{59}{16}{RDud}{T8}{L\ldots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{penh}{3}{5}{Lud}{T9}{L\ldots}
\digfet{penh}{11}{5}{LDud}{T10}{L\ldots}
\digfet{penh}{19}{5}{Rud}{T11}{L\ldots}
\digfet{penh}{27}{5}{RDud}{T12}{L\ldots}
\srcardigfet
\digfet{penh}{35}{5}{Lud}{T13}{L\ldots}
\digfet{penh}{43}{5}{LDud}{T14}{L\ldots}
\digfet{penh}{51}{5}{Rud}{T15}{L\ldots}
\digfet{penh}{59}{5}{RDud}{T16}{L\ldots}
\end{circuitdiagram}
```

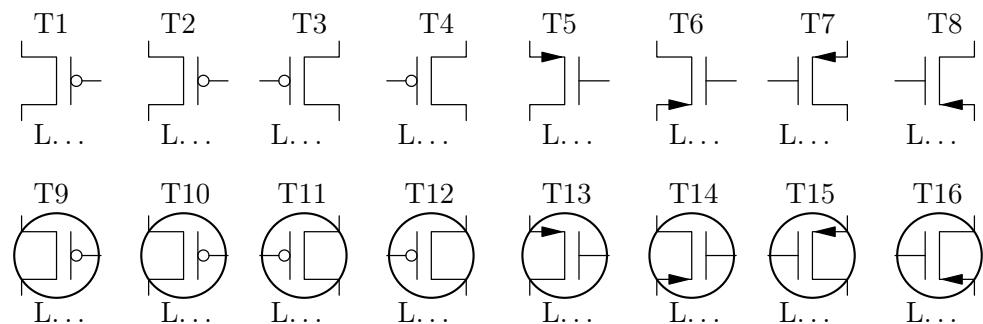


Abbildung 2.36: Anreichernde p-Kanal-Logik-FETs

### 2.3 HALBLEITERBAUELEMENTE

Einige verarmende n-Kanal-Logik-FETs sind in Abb. 2.37 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{ndep}{3}{16}{Lud}{T1}{L\ldots}
\digfet{ndep}{11}{16}{LUud}{T2}{L\ldots}
\digfet{ndep}{19}{16}{Rud}{T3}{L\ldots}
\digfet{ndep}{27}{16}{RUud}{T4}{L\ldots}
\srcardigfet
\digfet{ndep}{35}{16}{Lud}{T5}{L\ldots}
\digfet{ndep}{43}{16}{LUud}{T6}{L\ldots}
\digfet{ndep}{51}{16}{Rud}{T7}{L\ldots}
\digfet{ndep}{59}{16}{RUud}{T8}{L\ldots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{ndep}{3}{5}{Lud}{T9}{L\ldots}
\digfet{ndep}{11}{5}{LUud}{T10}{L\ldots}
\digfet{ndep}{19}{5}{Rud}{T11}{L\ldots}
\digfet{ndep}{27}{5}{RUud}{T12}{L\ldots}
\srcardigfet
\digfet{ndep}{35}{5}{Lud}{T13}{L\ldots}
\digfet{ndep}{43}{5}{LUud}{T14}{L\ldots}
\digfet{ndep}{51}{5}{Rud}{T15}{L\ldots}
\digfet{ndep}{59}{5}{RUud}{T16}{L\ldots}
\end{circuitdiagram}
```

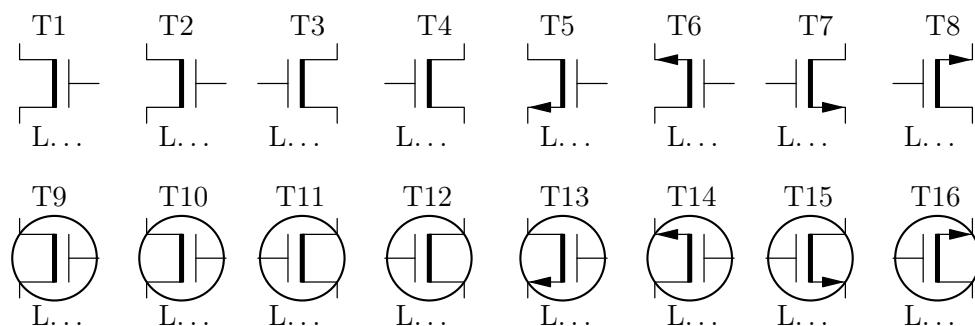


Abbildung 2.37: Verarmende n-Kanal-Logik-FETs

Einige verarmende p-Kanal-Logik-FETs sind in Abb. 2.38 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{pdep}{3}{16}{Lud}{T1}{L\ldots}
\digfet{pdep}{11}{16}{LDud}{T2}{L\ldots}
\digfet{pdep}{19}{16}{Rud}{T3}{L\ldots}
\digfet{pdep}{27}{16}{RDud}{T4}{L\ldots}
\srcardigfet
\digfet{pdep}{35}{16}{Lud}{T5}{L\ldots}
\digfet{pdep}{43}{16}{LDud}{T6}{L\ldots}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\digfet{pdep}{51}{16}{Rud}{T7}{L\dots}
\digfet{pdep}{59}{16}{RDud}{T8}{L\dots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{pdep}{3}{5}{Lud}{T9}{L\dots}
\digfet{pdep}{11}{5}{LDud}{T10}{L\dots}
\digfet{pdep}{19}{5}{Rud}{T11}{L\dots}
\digfet{pdep}{27}{5}{RDud}{T12}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{pdep}{35}{5}{Lud}{T13}{L\dots}
\digfet{pdep}{43}{5}{LDud}{T14}{L\dots}
\digfet{pdep}{51}{5}{Rud}{T15}{L\dots}
\digfet{pdep}{59}{5}{RDud}{T16}{L\dots}
\end{circuitdiagram}
```

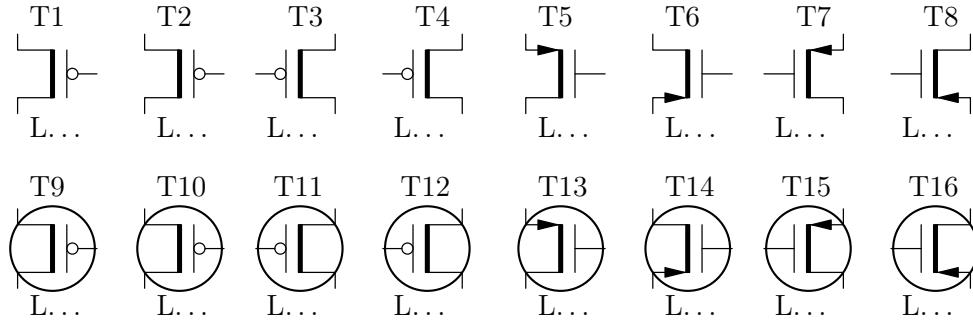


Abbildung 2.38: Verarmende p-Kanal-Logik-FETs

Einige anreichernde n-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten sind in Abb. 2.39 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{nenh}{4}{16}{U}{T1}{L\dots}
\digfet{nenh}{13}{16}{UL}{T2}{L\dots}
\digfet{nenh}{22}{16}{D}{T3}{L\dots}
\digfet{nenh}{31}{16}{DR}{T4}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{nenh}{40}{16}{U}{T5}{L\dots}
\digfet{nenh}{49}{16}{UL}{T6}{L\dots}
\digfet{nenh}{58}{16}{D}{T7}{L\dots}
\digfet{nenh}{67}{16}{DR}{T8}{L\dots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{nenh}{4}{5}{U}{T9}{L\dots}
\digfet{nenh}{13}{5}{UL}{T10}{L\dots}
\digfet{nenh}{22}{5}{D}{T11}{L\dots}
\digfet{nenh}{31}{5}{DR}{T12}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{nenh}{40}{5}{U}{T13}{L\dots}
\digfet{nenh}{49}{5}{UL}{T14}{L\dots}
\digfet{nenh}{58}{5}{D}{T15}{L\dots}
```

### 2.3 HALBLEITERBAUELEMENTE

```
\digfet{nenh}{67}{5}{DR}{T16}{L\dots}
\end{circuitdiagram}
```

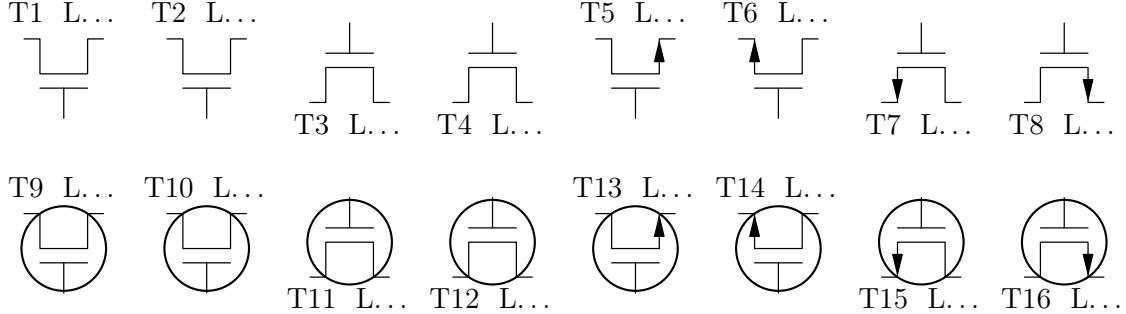


Abbildung 2.39: Anreichernde n-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten

Einige anreichernde p-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten sind in Abb. 2.40 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{penh}{4}{16}{U}{T1}{L\dots}
\digfet{penh}{13}{16}{UR}{T2}{L\dots}
\digfet{penh}{22}{16}{D}{T3}{L\dots}
\digfet{penh}{31}{16}{DL}{T4}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{penh}{40}{16}{U}{T5}{L\dots}
\digfet{penh}{49}{16}{UR}{T6}{L\dots}
\digfet{penh}{58}{16}{D}{T7}{L\dots}
\digfet{penh}{67}{16}{DL}{T8}{L\dots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{penh}{4}{5}{U}{T9}{L\dots}
\digfet{penh}{13}{5}{UR}{T10}{L\dots}
\digfet{penh}{22}{5}{D}{T11}{L\dots}
\digfet{penh}{31}{5}{DL}{T12}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{penh}{40}{5}{U}{T13}{L\dots}
\digfet{penh}{49}{5}{UR}{T14}{L\dots}
\digfet{penh}{58}{5}{D}{T15}{L\dots}
\digfet{penh}{67}{5}{DL}{T16}{L\dots}
\end{circuitdiagram}
```

Einige verarmende n-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten sind in Abb. 2.41 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{ndep}{4}{16}{U}{T1}{L\dots}
\digfet{ndep}{13}{16}{UL}{T2}{L\dots}
\digfet{ndep}{22}{16}{D}{T3}{L\dots}
\digfet{ndep}{31}{16}{DR}{T4}{L\dots}
```

## 2 BAUELEMENTE

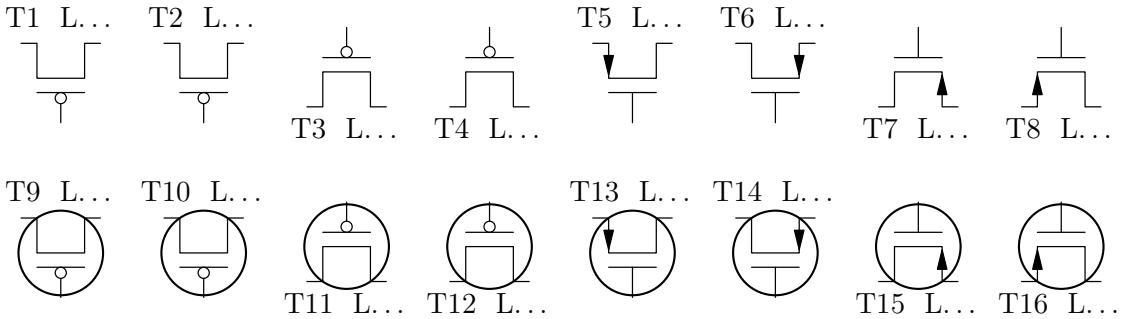


Abbildung 2.40: Anreichernde p-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten

```
\srcardigfet
\digfet{ndep}{40}{16}{U}{T5}{L\dots}
\digfet{ndep}{49}{16}{UL}{T6}{L\dots}
\digfet{ndep}{58}{16}{D}{T7}{L\dots}
\digfet{ndep}{67}{16}{DR}{T8}{L\dots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{ndep}{4}{5}{U}{T9}{L\dots}
\digfet{ndep}{13}{5}{UL}{T10}{L\dots}
\digfet{ndep}{22}{5}{D}{T11}{L\dots}
\digfet{ndep}{31}{5}{DR}{T12}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{ndep}{40}{5}{U}{T13}{L\dots}
\digfet{ndep}{49}{5}{UL}{T14}{L\dots}
\digfet{ndep}{58}{5}{D}{T15}{L\dots}
\digfet{ndep}{67}{5}{DR}{T16}{L\dots}
\end{circuitdiagram}
```

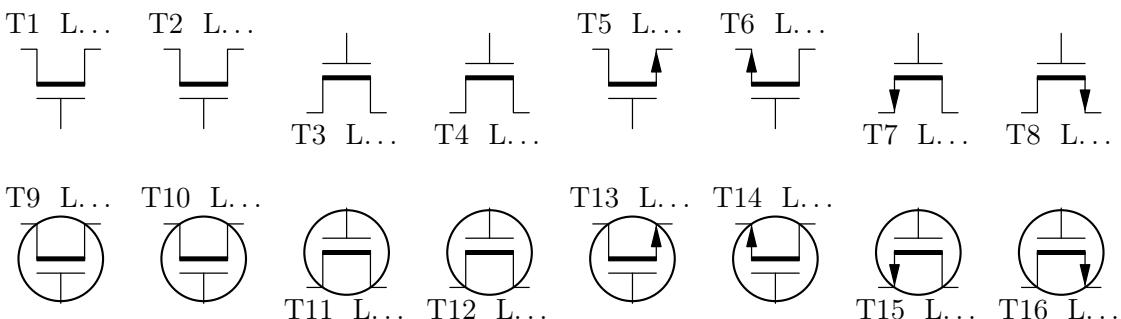


Abbildung 2.41: Verarmende n-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten

Einige verarmende p-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten sind in Abb. 2.42 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{21}
\nocircledtrans\nosrcardigfet
\digfet{pdep}{4}{16}{U}{T1}{L\dots}
\digfet{pdep}{13}{16}{UR}{T2}{L\dots}
```

```
\digfet{pdep}{22}{16}{D}{T3}{L\dots}
\digfet{pdep}{31}{16}{DL}{T4}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{pdep}{40}{16}{U}{T5}{L\dots}
\digfet{pdep}{49}{16}{UR}{T6}{L\dots}
\digfet{pdep}{58}{16}{D}{T7}{L\dots}
\digfet{pdep}{67}{16}{DL}{T8}{L\dots}
\circledtrans\nosrcardigfet
\digfet{pdep}{4}{5}{U}{T9}{L\dots}
\digfet{pdep}{13}{5}{UR}{T10}{L\dots}
\digfet{pdep}{22}{5}{D}{T11}{L\dots}
\digfet{pdep}{31}{5}{DL}{T12}{L\dots}
\srcardigfet
\digfet{pdep}{40}{5}{U}{T13}{L\dots}
\digfet{pdep}{49}{5}{UR}{T14}{L\dots}
\digfet{pdep}{58}{5}{D}{T15}{L\dots}
\digfet{pdep}{67}{5}{DL}{T16}{L\dots}
\end{circuitdiagram}
```

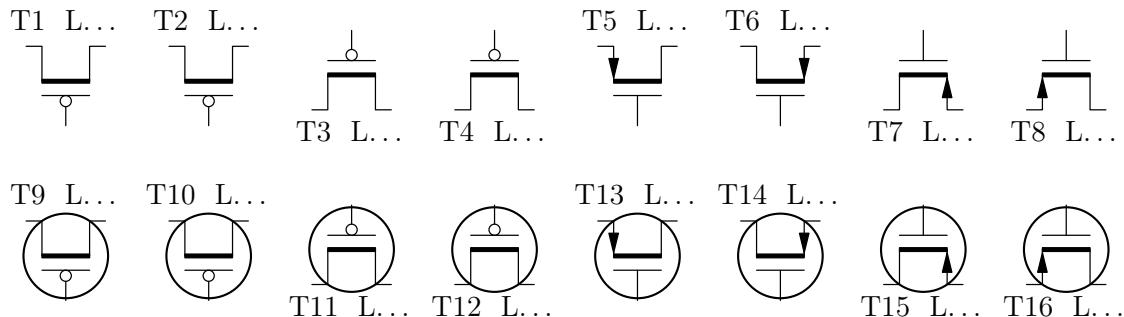


Abbildung 2.42: Verarmende p-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten

Siehe auch: [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.5](#) (Sperrsicht-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).

## 2.4 Integrierte Schaltungen

### 2.4.1 Operationsverstärker

Der Befehl `\opamp` zeichnet einen Operationsverstärker und besitzt die fünf Standardargumente. Einige Operationsverstärker sind in Abb. [2.43](#) 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}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}{RUhl}{IC11}{LM358}
\opamp{65}{6}{RUr}{IC12}{LM358}
\end{circuitdiagram}
```

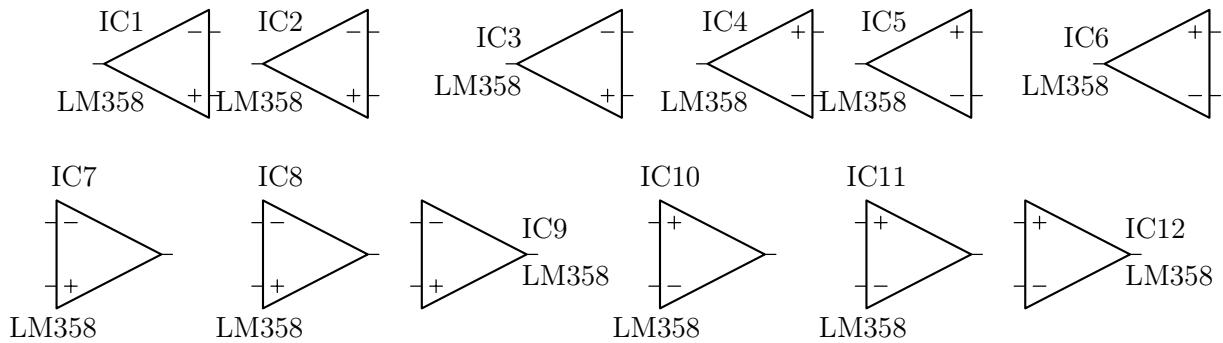


Abbildung 2.43: Operationsverstärker

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 Paketoption `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. [2.44](#) dargestellt. Die ICs sind nur in der Orientierung R dargestellt; in der Orientierung L sind sie einfach nur gespiegelt:

```
\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}
```

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. [2.45](#) dargestellt:

## 2.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

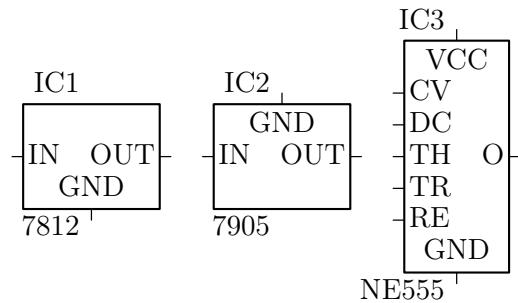


Abbildung 2.44: Linear-ICs

```
\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}
\egate
\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}
```

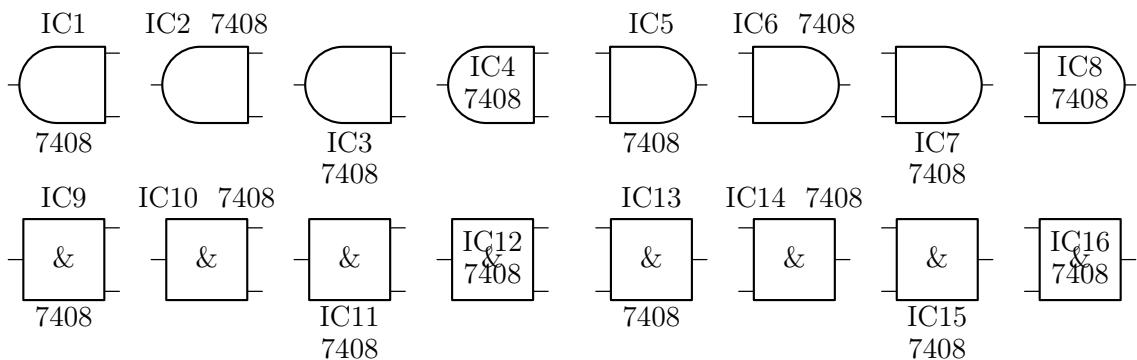


Abbildung 2.45: AND-Gatter

Einige NAND-Gatter sind in Abb. 2.46 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{23}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
\egate
\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}
\end{circuitdiagram}
```

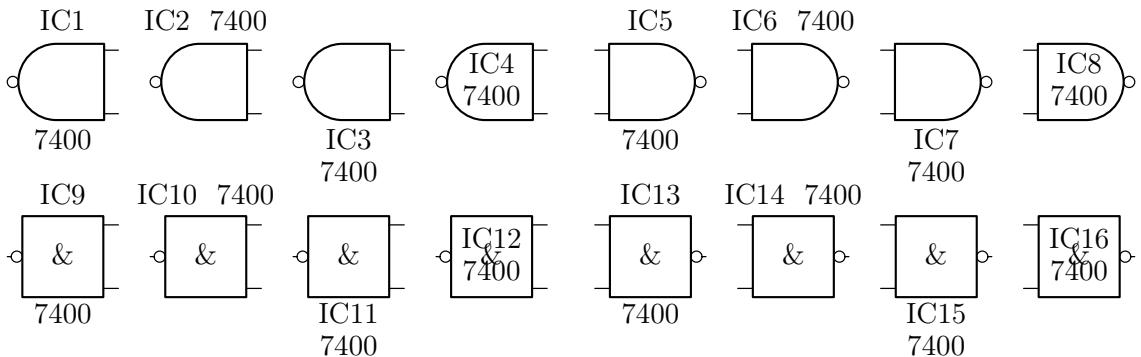


Abbildung 2.46: NAND-Gatter

Einige OR-Gatter sind in Abb. 2.47 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}
\egate
\gate{or}{4}{7}{L}{IC9}{7432}
\gate{or}{13}{7}{Lu}{IC10}{7432}
```

```
\begin{circuitdiagram}{22}{7}{Ldd}{IC11}{7432}
\begin{circuitdiagram}{31}{7}{Lcc}{IC12}{7432}
\begin{circuitdiagram}{40}{7}{R}{IC13}{7432}
\begin{circuitdiagram}{49}{7}{Ru}{IC14}{7432}
\begin{circuitdiagram}{58}{7}{Rdd}{IC15}{7432}
\begin{circuitdiagram}{67}{7}{Rcc}{IC16}{7432}
\end{circuitdiagram}
\end{circuitdiagram}
\end{circuitdiagram}
```

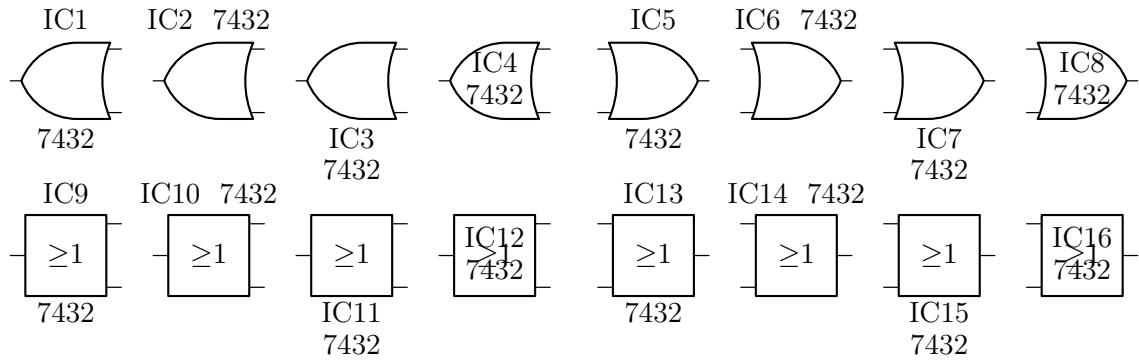


Abbildung 2.47: OR-Gatter

Einige NOR-Gatter sind in Abb. 2.48 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
\begin{circuitdiagram}{4}{18}{L}{IC1}{7402}
\begin{circuitdiagram}{13}{18}{Lu}{IC2}{7402}
\begin{circuitdiagram}{22}{18}{Ldd}{IC3}{7402}
\begin{circuitdiagram}{31}{18}{Lcc}{IC4}{7402}
\begin{circuitdiagram}{40}{18}{R}{IC5}{7402}
\begin{circuitdiagram}{49}{18}{Ru}{IC6}{7402}
\begin{circuitdiagram}{58}{18}{Rdd}{IC7}{7402}
\begin{circuitdiagram}{67}{18}{Rcc}{IC8}{7402}
\egate
\begin{circuitdiagram}{4}{7}{L}{IC9}{7402}
\begin{circuitdiagram}{13}{7}{Lu}{IC10}{7402}
\begin{circuitdiagram}{22}{7}{Ldd}{IC11}{7402}
\begin{circuitdiagram}{31}{7}{Lcc}{IC12}{7402}
\begin{circuitdiagram}{40}{7}{R}{IC13}{7402}
\begin{circuitdiagram}{49}{7}{Ru}{IC14}{7402}
\begin{circuitdiagram}{58}{7}{Rdd}{IC15}{7402}
\begin{circuitdiagram}{67}{7}{Rcc}{IC16}{7402}
\end{circuitdiagram}
\end{circuitdiagram}
\end{circuitdiagram}
```

Einige XOR-Gatter sind in Abb. 2.49 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{23}
\usgate
```

## 2 BAUELEMENTE

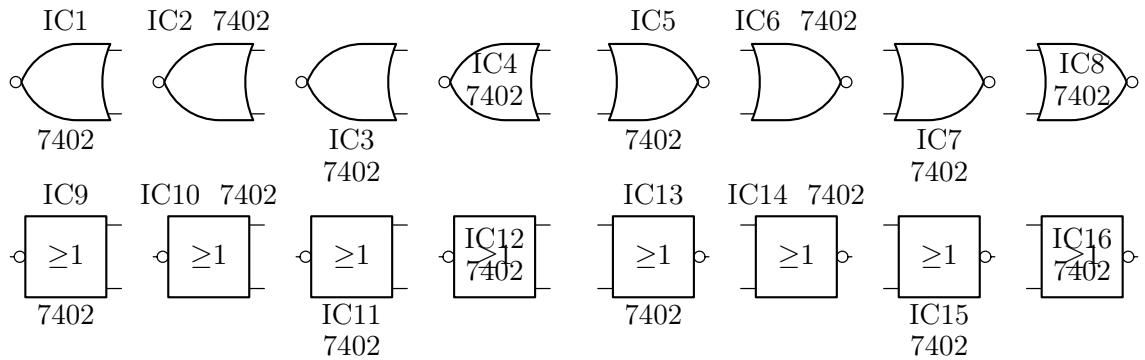


Abbildung 2.48: NOR-Gatter

```
\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}
\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}
\egate
\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}
```

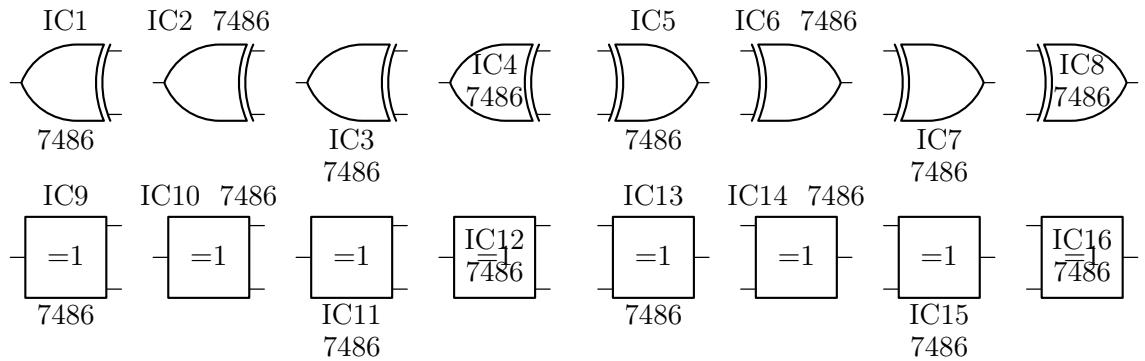


Abbildung 2.49: XOR-Gatter

Einige XNOR-Gatter sind in Abb. 2.50 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}
\egate
\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}
```

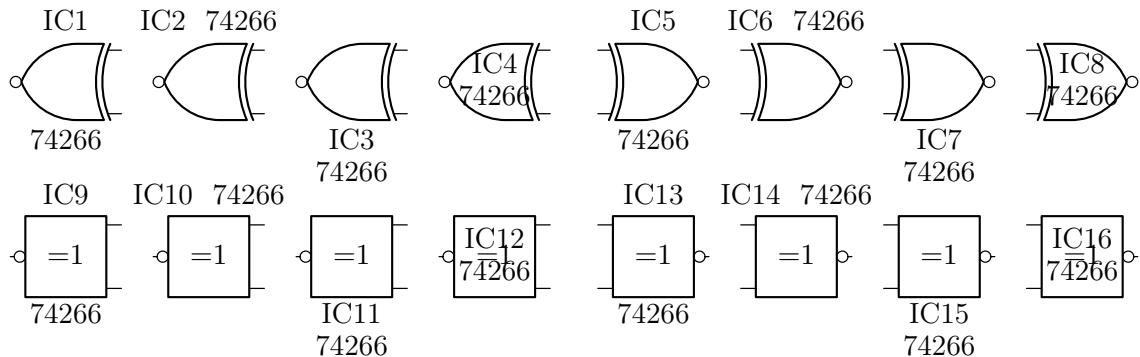


Abbildung 2.50: XNOR-Gatter

Einige Puffer-Gatter sind in Abb. 2.51 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}
\egate
\gate{buf}{3}{7}{L}{IC9}{7407}
\gate{buf}{12}{7}{Lu}{IC10}{7407}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

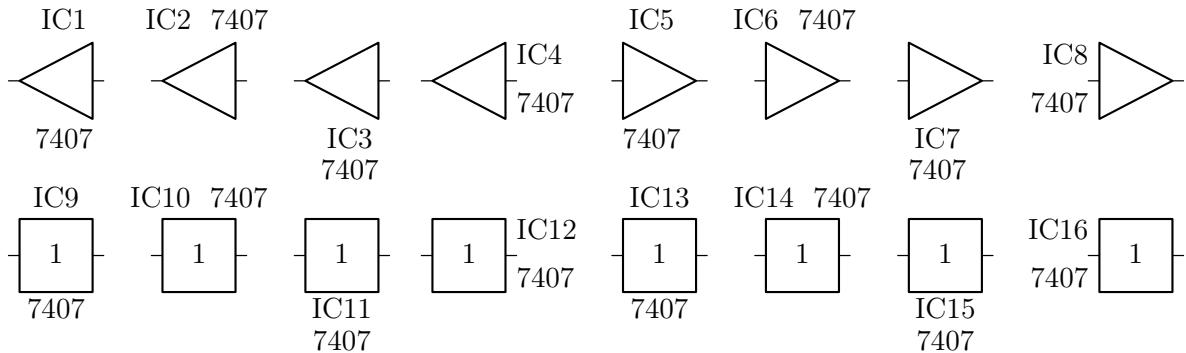


Abbildung 2.51: Puffer-Gatter

Einige NOT-Gatter sind in Abb. 2.52 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}
\gate{not}{50}{18}{Ru}{IC6}{7404}
\gate{not}{59}{18}{Rdd}{IC7}{7404}
\gate{not}{71}{18}{Rl}{IC8}{7404}
\egate
\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}
```

Einige Transmissions-Gatter sind in Abb. 2.53 dargestellt:

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

## 2.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

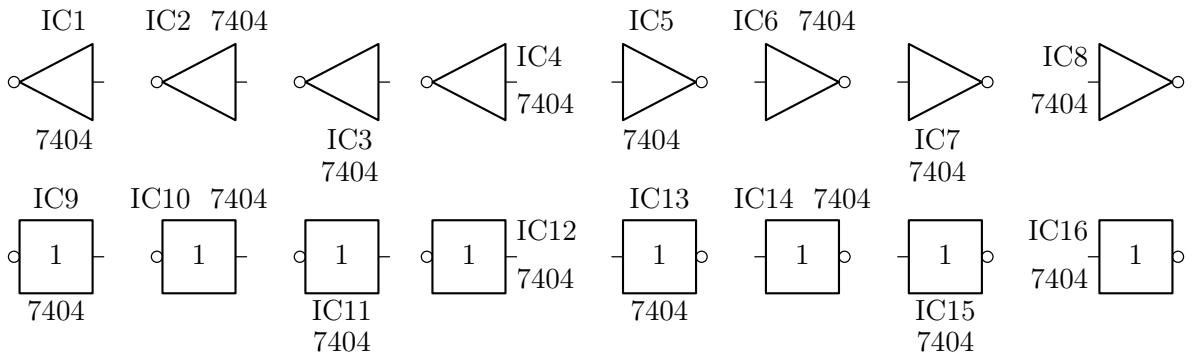


Abbildung 2.52: NOT-Gatter

```
\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}{HD1}{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}{HD1}{IC16}{40xx}
\end{circuitdiagram}
```

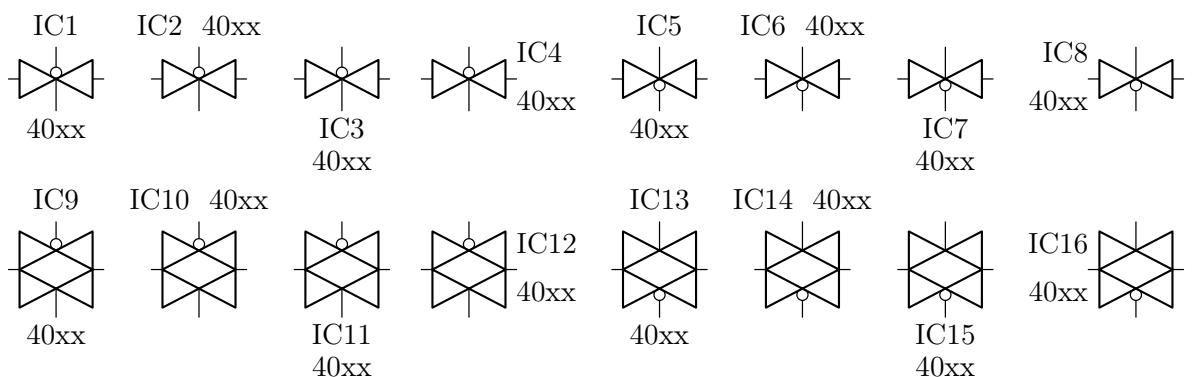


Abbildung 2.53: Transmissions-Gatter

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 BAUELEMENTE

### 2.4.4 Decoder

Der Befehl \decoder (bereitgestellt von der Paketoption 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. 2.54 bis 2.56 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}
\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}
```

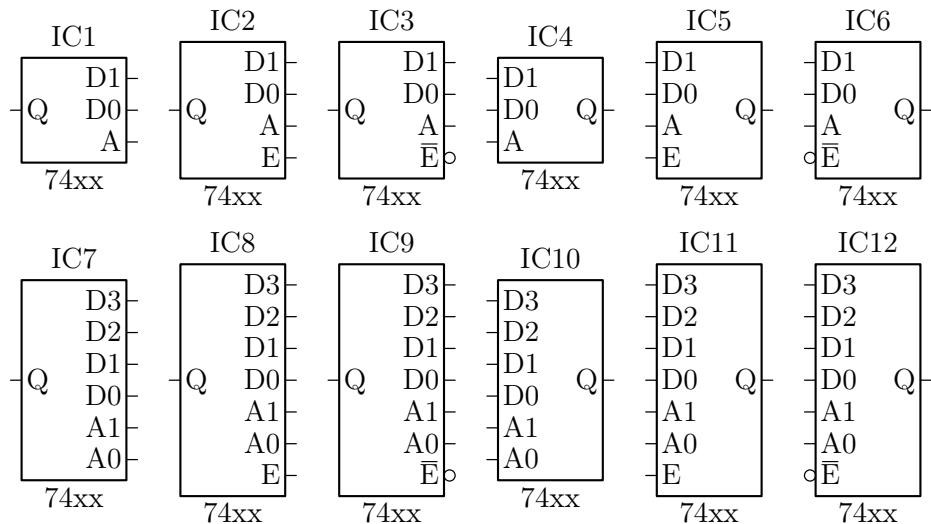


Abbildung 2.54: Multiplexer (1/3)

```
\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}
```

## 2.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

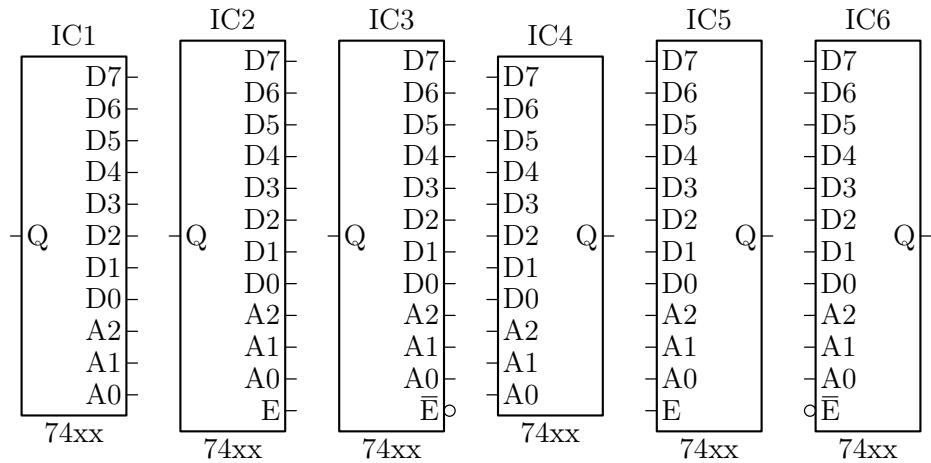


Abbildung 2.55: Multiplexer (2/3)

```
\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}
```

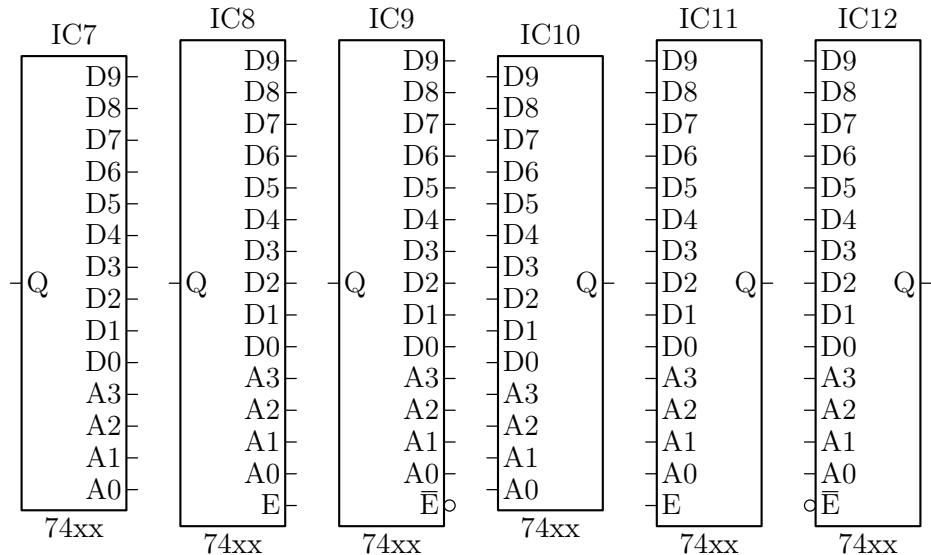


Abbildung 2.56: Multiplexer (3/3)

Einige Demultiplexer sind in Abb. 2.57 bis 2.59 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{24}
\decoder{demux12}{4}{19}{L}{IC1}{74xx}
\decoder{demux12d}{14}{19}{L}{IC2}{74xx}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

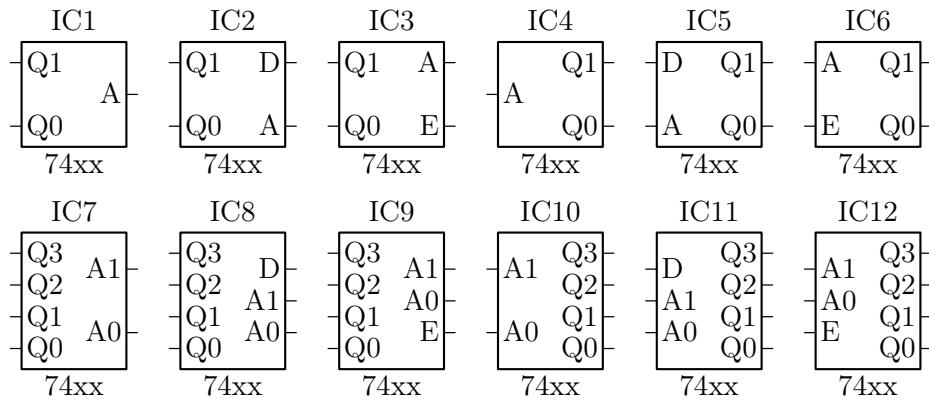


Abbildung 2.57: Demultiplexer (1/3)

```
\begin{circuitdiagram}{58}{20}
\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}
```

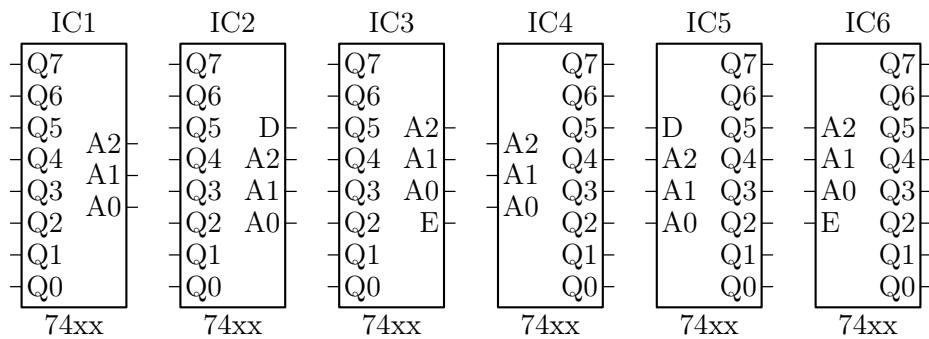


Abbildung 2.58: Demultiplexer (2/3)

```
\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}
```

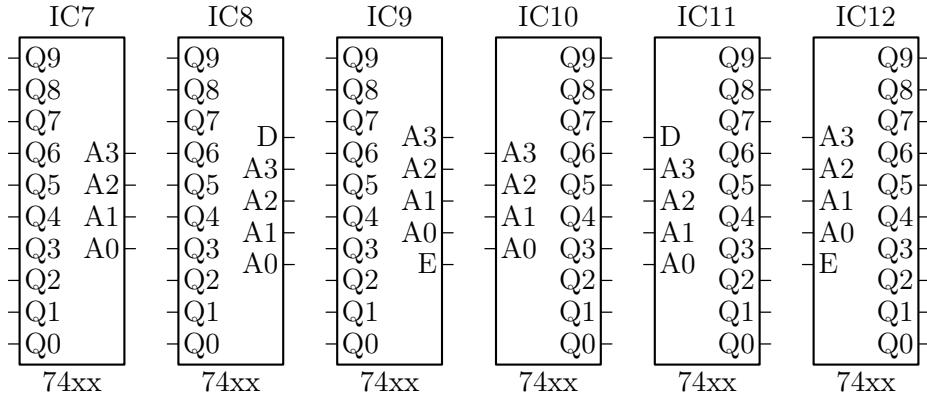


Abbildung 2.59: Demultiplexer (3/3)

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).

#### 2.4.5 Arithmetische Bausteine

Der Befehl `\arithm` (bereitgestellt von der Paketoption `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. [2.60](#) 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. [2.61](#) dargestellt:

## 2 BAUELEMENTE

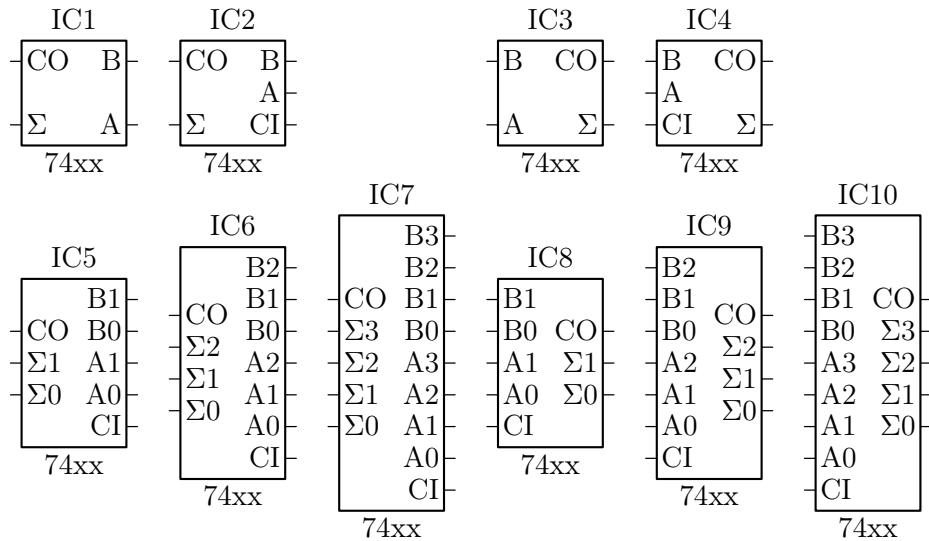


Abbildung 2.60: Addierer

```
\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}
```

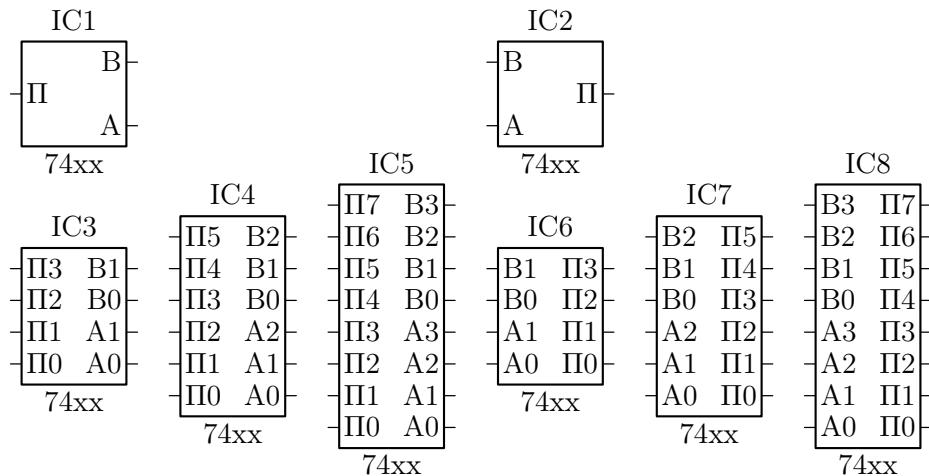


Abbildung 2.61: Multiplizierer

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

### 2.4.6 Flipflops

Der Befehl `\flipflop` (bereitgestellt von der Paketoption `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. 2.62 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}
```

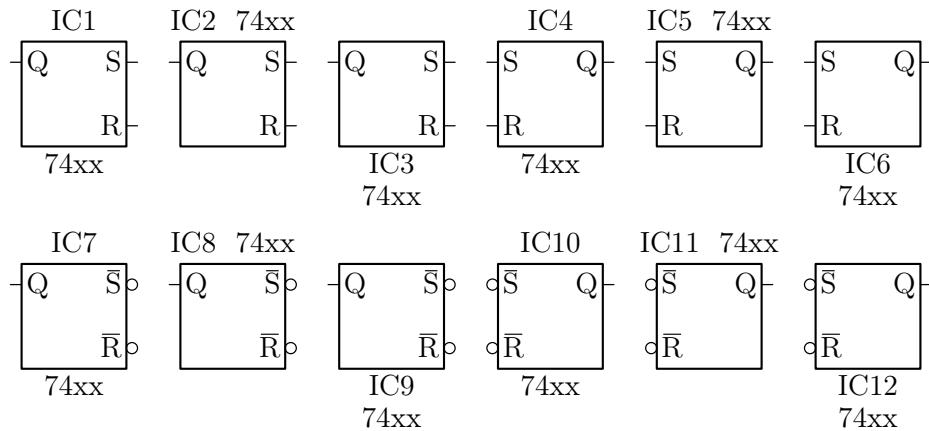


Abbildung 2.62: SR-Flipflops

Einige D-Flipflops sind in Abb. 2.63 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}
\end{circuitdiagram}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\flipflop{nd}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{nd}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

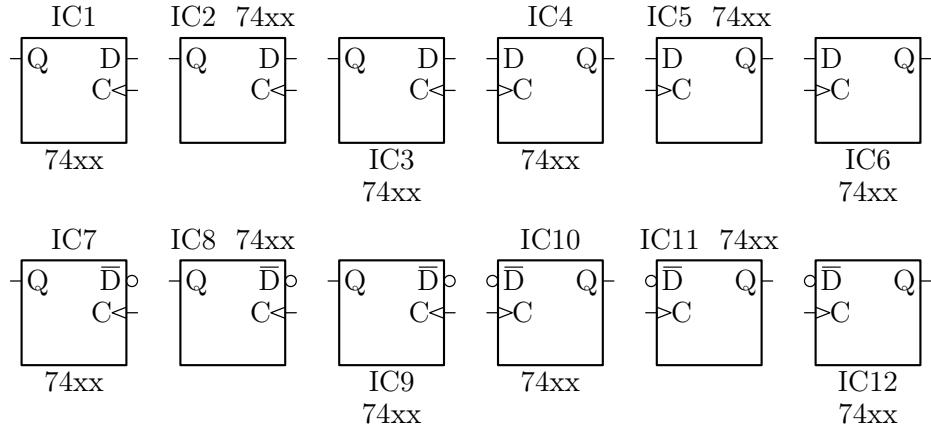


Abbildung 2.63: D-Flipflops

Einige JK-Flipflops sind in Abb. 2.64 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{njk}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{njk}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}
\flipflop{njk}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{njk}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}
\flipflop{njk}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{njk}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

Einige SR-Master-Slave-Flipflops sind in Abb. 2.65 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}
\end{circuitdiagram}
```

## 2.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

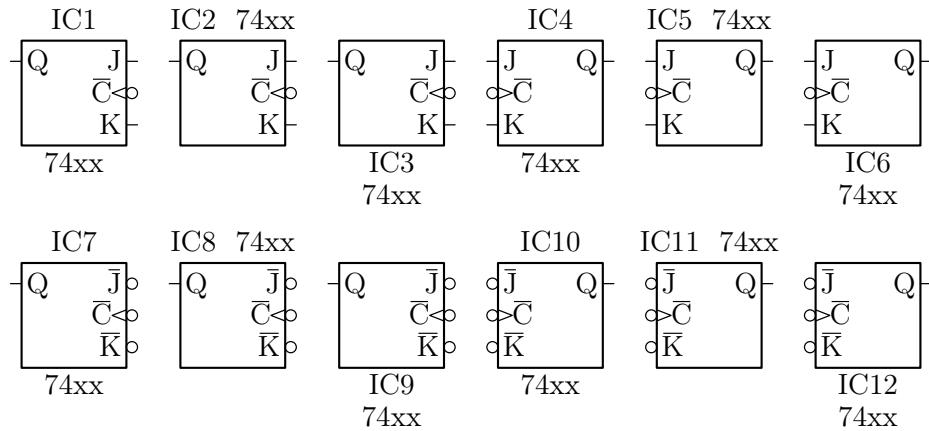


Abbildung 2.64: JK-Flipflops

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

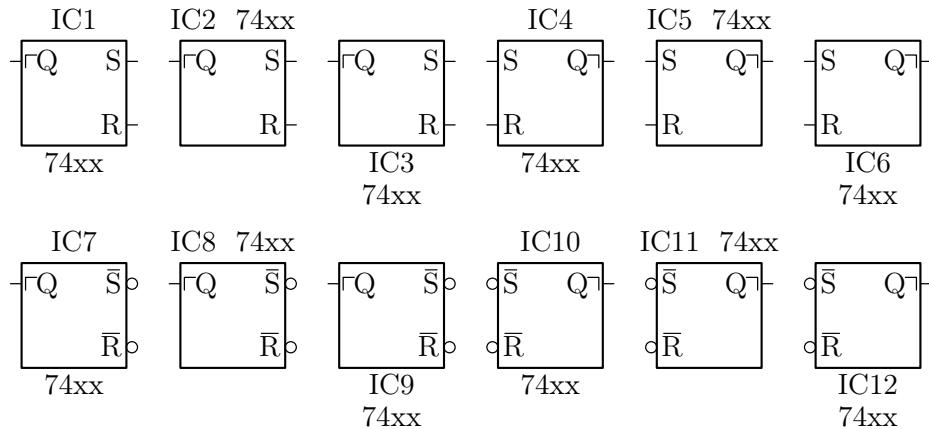


Abbildung 2.65: SR-Master-Slave-Flipflops

Einige D-Master-Slave-Flipflops sind in Abb. 2.66 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}
\begin{array}{l}
\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{array}
\end{circuitdiagram}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\end{circuitdiagram}
```

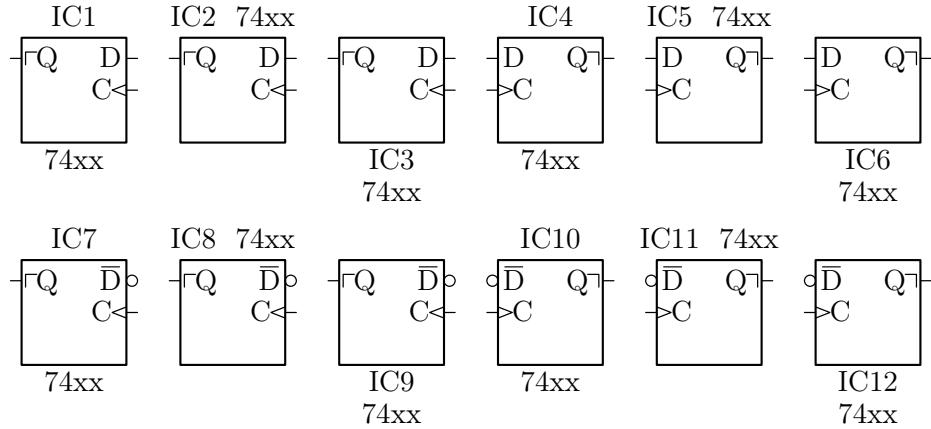


Abbildung 2.66: D-Master-Slave-Flipflops

Einige JK-Master-Slave-Flipflops sind in Abb. 2.67 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{njkms}{4}{7}{L}{IC7}{74xx}
\flipflop{njkms}{14}{7}{Lu}{IC8}{74xx}
\flipflop{njkms}{24}{7}{Ldd}{IC9}{74xx}
\flipflop{njkms}{34}{7}{R}{IC10}{74xx}
\flipflop{njkms}{44}{7}{Ru}{IC11}{74xx}
\flipflop{njkms}{54}{7}{Rdd}{IC12}{74xx}
\end{circuitdiagram}
```

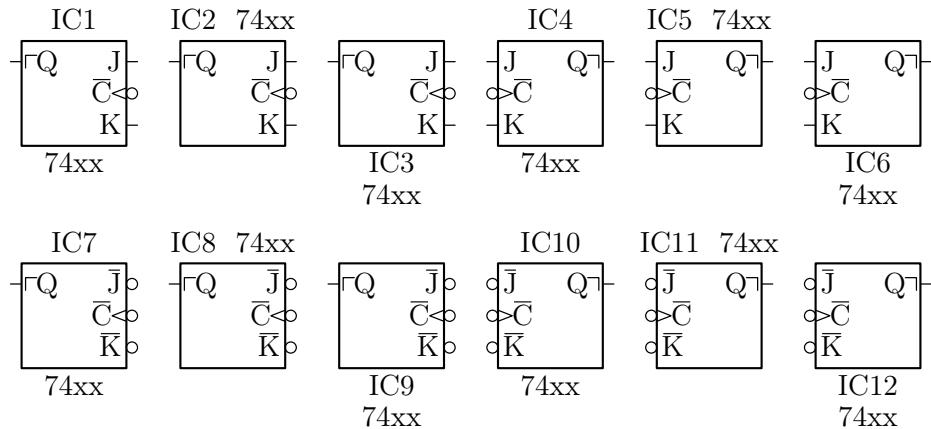


Abbildung 2.67: JK-Master-Slave-Flipflops

Siehe auch: [4.4.7](#) (invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge), [4.4.8](#) (Takteingänge 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 Paketoption `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. [2.68](#) bis [2.72](#) 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}

\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}
\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}

\begin{circuitdiagram}{68}{50}
\ttlic{7483}{4}{37}{R}{IC1}{7483}

```

## 2 BAUELEMENTE

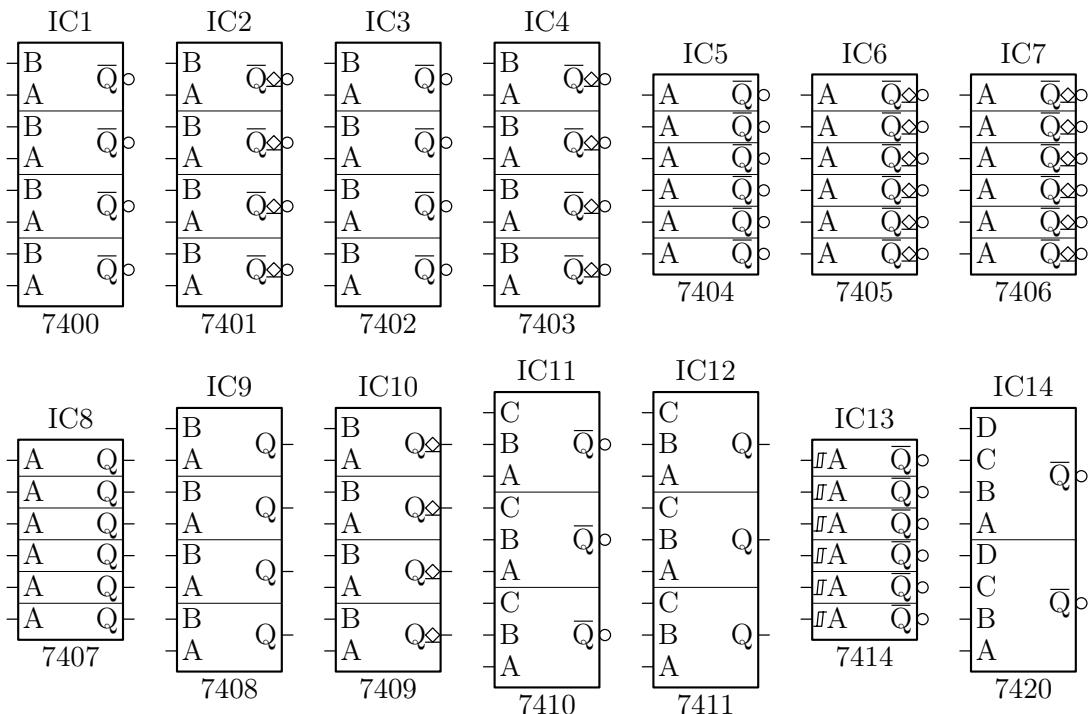


Abbildung 2.68: TTL-ICs (1/5)

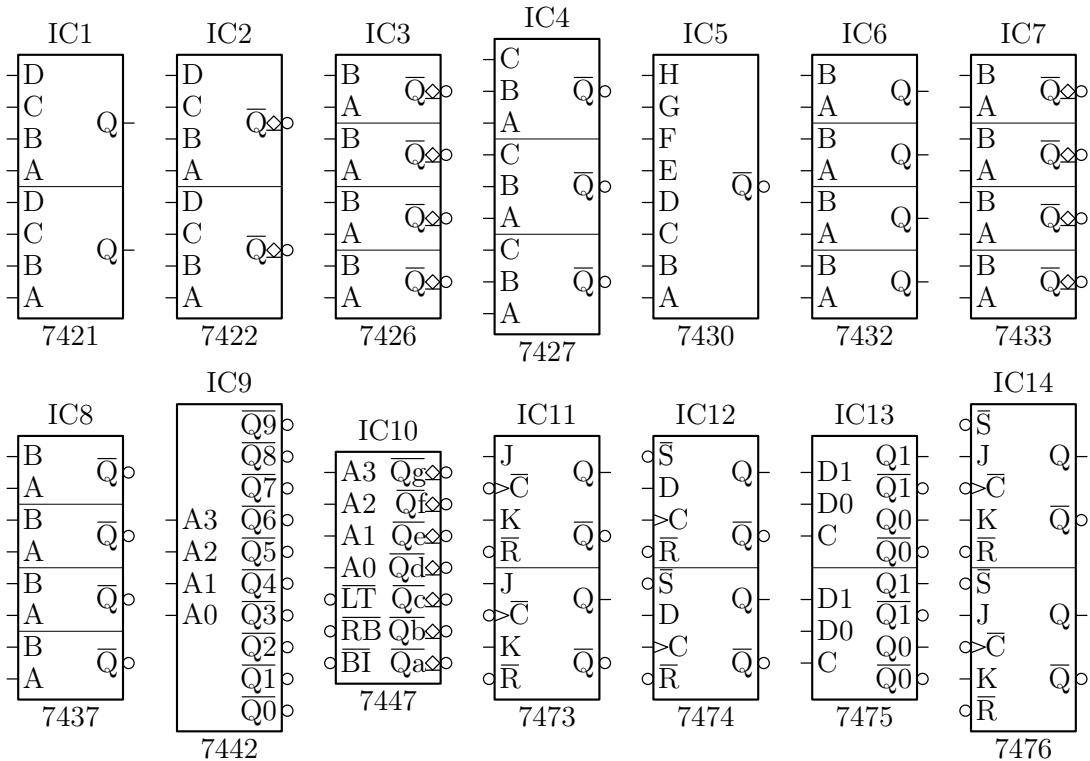


Abbildung 2.69: TTL-ICs (2/5)

## 2.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

```
\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}
```

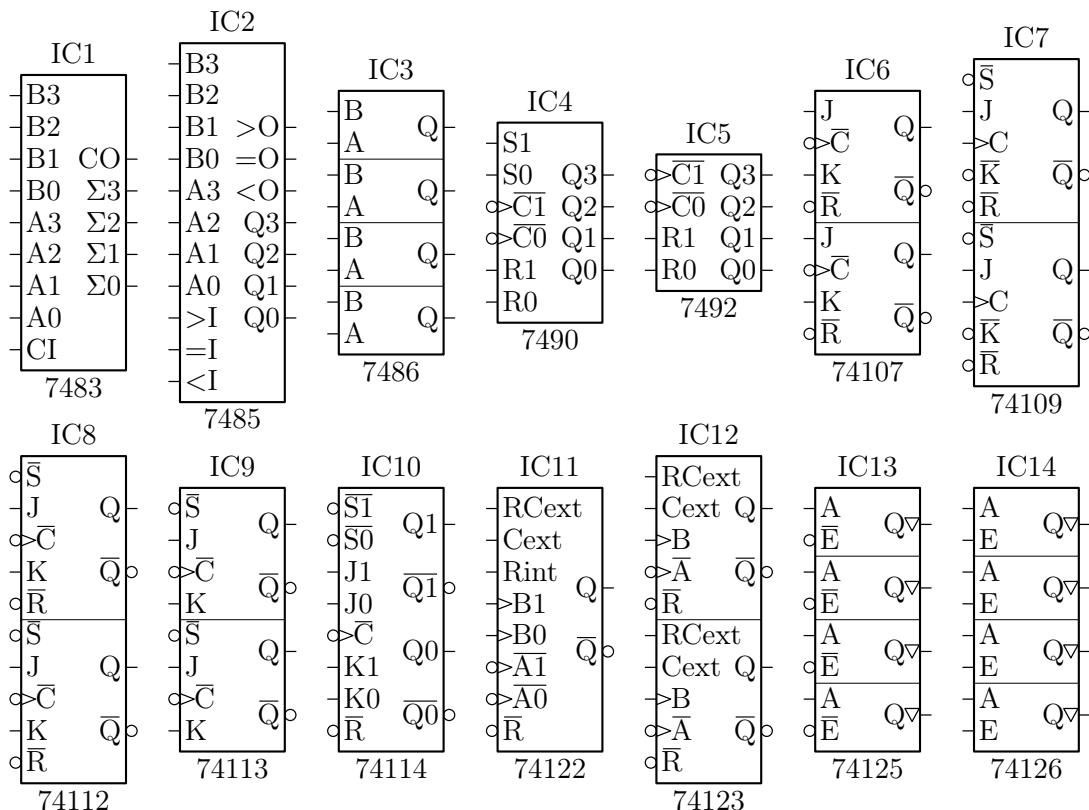


Abbildung 2.70: TTL-ICs (3/5)

```
\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}
```

## 2 BAUELEMENTE

```
\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}
```

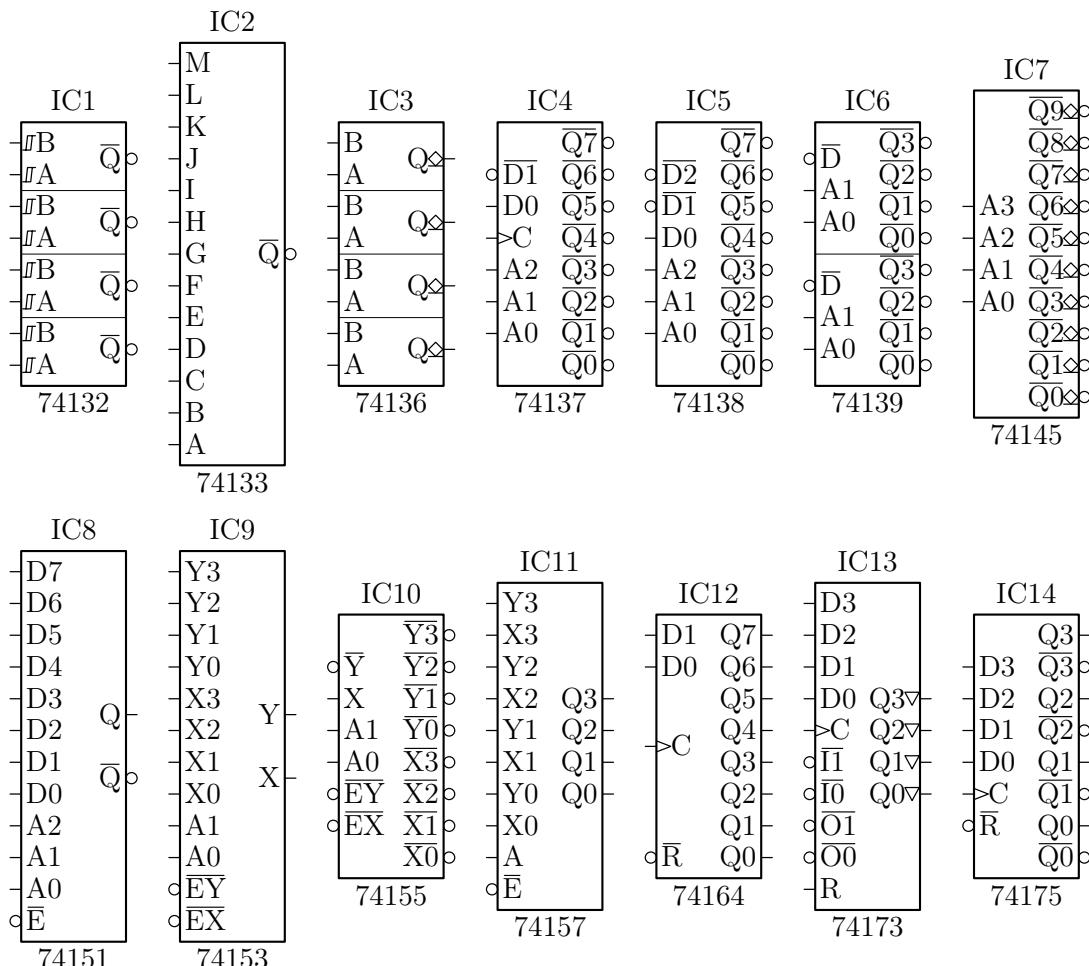


Abbildung 2.71: TTL-ICs (4/5)

```
\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}
\ttlic{74390}{44}{12}{R}{IC5}{74390}

```

```
\ttlic{74393}{54}{12}{R}{IC6}{74393}
\end{circuitdiagram}
```

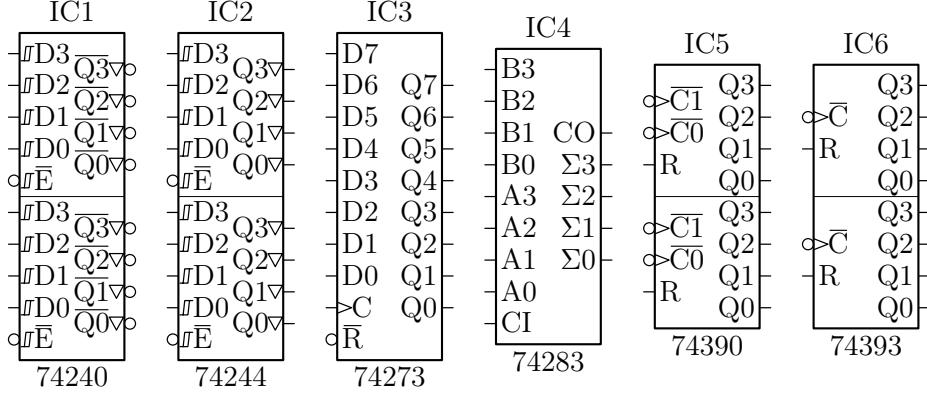


Abbildung 2.72: TTL-ICs (5/5)

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 Paketoption `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. [2.73](#) 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}{L1}{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{togle}{55}{17}{DR1}{S8}{def}}
\swiandswi{\switch{offline}{3}{6}{URhr}{S9}{abc}}%
{\switch{tog}{9}{6}{UR}{S10}{def}}
\swiandswi{\switch{ontouch}{20}{4}{Dh1}{S11}{abc}}%
{\switch{togle*}{27}{8}{R1}{S12}{def}}
\swiandswi{\switch{offline}{41}{7}{Uh1}{S13}{abc}}%
{\switch{ontouch}{35}{5}{DR1}{S14}{def}}
\swiandswi{\switch{togle*}{55}{8}{Dh1}{S15}{abc}}%
{\switch{offline}{49}{4}{RDd}{S16}{def}}
\end{circuitdiagram}
```

Es können auch mehrere Schalter gekoppelt werden. Dazu wird der Befehl `\swiandswi` mit leerem ersten Argument wiederholt. Einige Beispiele sind in Abb. [2.74](#) dargestellt:

## 2 BAUELEMENTE

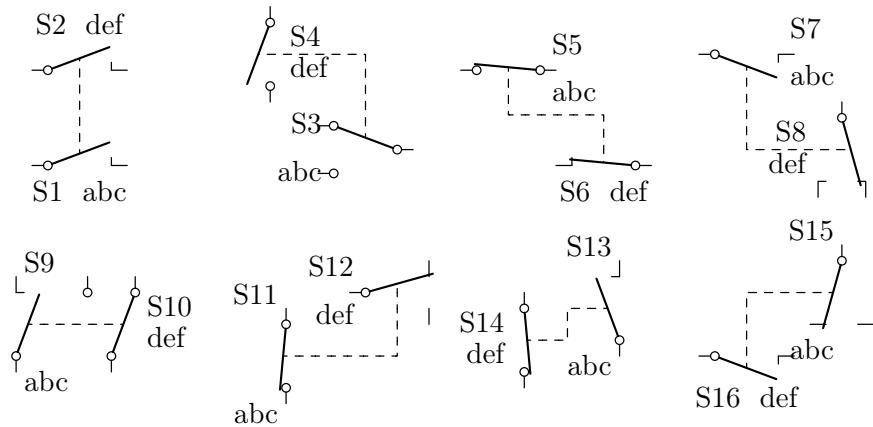


Abbildung 2.73: Zwei gekoppelte Schalter

```
\begin{circuitdiagram}{31}{17}
\swiandswi{\switch{offline}{3}{13}{Rhr}{S1}{}}%
{\switch{offline}{3}{7}{Rhr}{S2}{}}
\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}
```

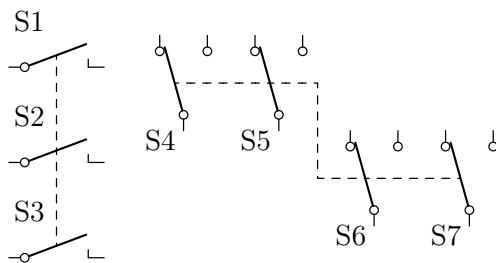


Abbildung 2.74: Mehrere gekoppelte Schalter

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

### 2.5.2 Gekoppelte Relais und Schalter

Der Befehl `\relandswi` (bereitgestellt von der Paketoption `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. [2.75](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{58}{26}
\relandswi{\relay{7}{16}{Hd}{S1}{12 V}}%
{\switch{offline}{7}{22}{Ru}{S2}{abc}}
```

```
\relandswi{\relay{25}{17}{H1}{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}
```

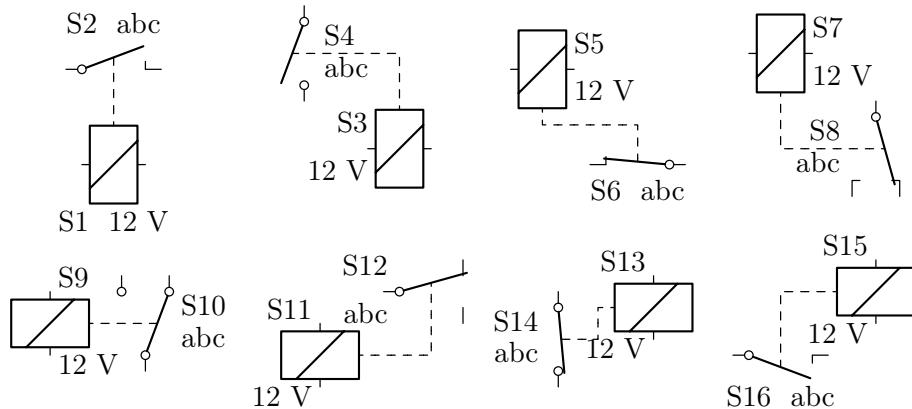


Abbildung 2.75: Relais mit Schaltern

Mehrere Schaltkontakte können wieder mit `\swiandswi` (bereitgestellt von der Paketoption `switch`) und leerem ersten Argument hinzugefügt werden. Einige Beispiele sind in Abb. 2.76 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}
```

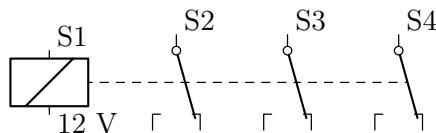


Abbildung 2.76: Relais mit mehreren Schaltern

## 2 BAUELEMENTE

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 Paketoption `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. [2.77](#) 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}{}}%
{\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}
```

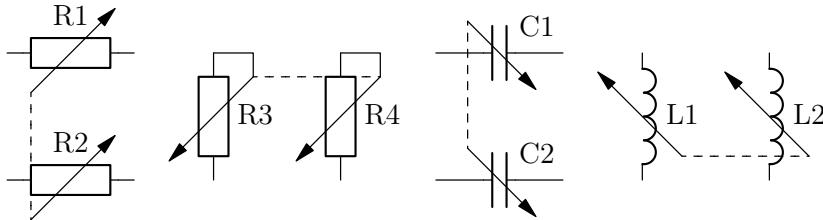


Abbildung 2.77: Zwei gekoppelte veränderbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen

Einige gekoppelte trimmbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen sind in Abb. [2.78](#) 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}
```

Der Befehl kann ein optionales Argument erhalten, das den Verlauf der Linie beeinflusst. Einige Beispiele sind in Abb. [2.79](#) dargestellt:

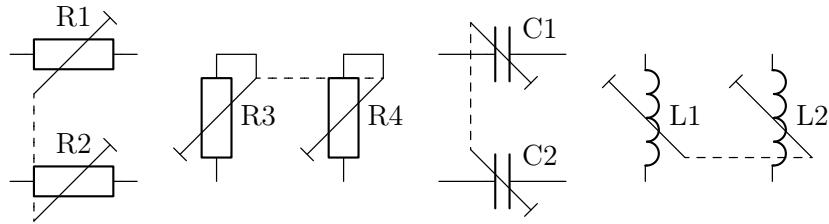


Abbildung 2.78: Zwei gekoppelte trimmbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen

```
\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}
```

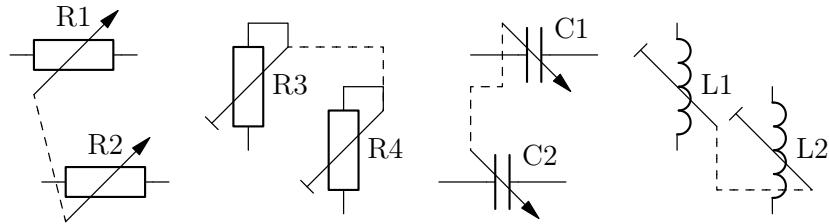


Abbildung 2.79: Zwei gekoppelte R, C, L mit benutzerdefinierter Linie

Mehrere Bauelemente können wieder mit \rclandrcl und leerem ersten Argument hinzugefügt werden. Einige Beispiele sind in Abb. 2.80 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}
```

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. 2.81 dargestellt:

## 2 BAUELEMENTE

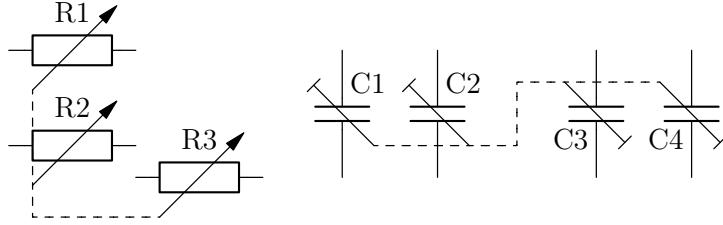


Abbildung 2.80: Mehrere gekoppelte R, C, L

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

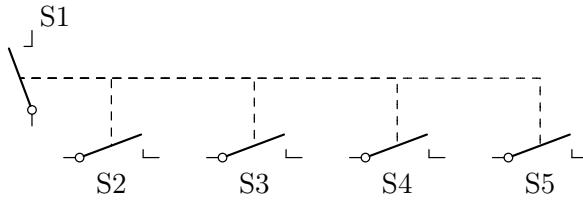


Abbildung 2.81: Schalter mit mehreren Verbindungen

Beispiele für Relais sind in Abb. 2.82 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}
```

Beispiele für Widerstände, Kondensatoren und Spulen sind in Abb. 2.83 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}{V1}{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).

## 2.5 GEKOPPELTE BAUELEMENTE

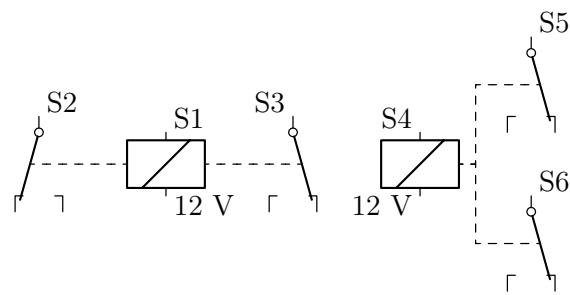


Abbildung 2.82: Relais mit mehreren Verbindungen

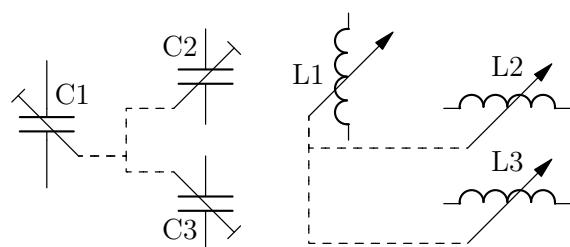


Abbildung 2.83: R, C, L mit mehreren Verbindungen



## 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), 6.2.1 (Drähte).

### 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}
```

### 3 VERBINDUNGEN, BETRIEBSSPANNUNG UND PFEILE

```
\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: Lötpunkte

Siehe auch: [3.1](#) (Drähte), [6.2.2](#) (Lötpunkte).

### 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}
```

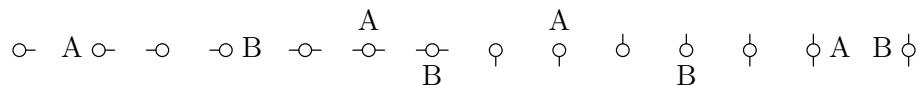


Abbildung 3.4: Anschlusspins

Siehe auch: [3.4.1](#) (Masze-Symbole), [3.4.2](#) (Betriebsspannungssymbole), [4.1.1](#) (Stecker und Buchsen), [4.5.1](#) (verlängerte Zuleitungen), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

## 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}
```

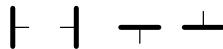


Abbildung 3.5: Masse-Symbole

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}
```

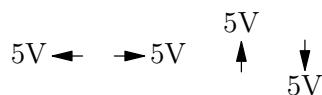


Abbildung 3.6: Betriebsspannungssymbole

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), 5.1 (horizontale Platzierung), 5.2 (vertikale Platzierung).

### 3 VERBINDUNGEN, BETRIEBSSPANNUNG UND PFEILE

#### 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}
```

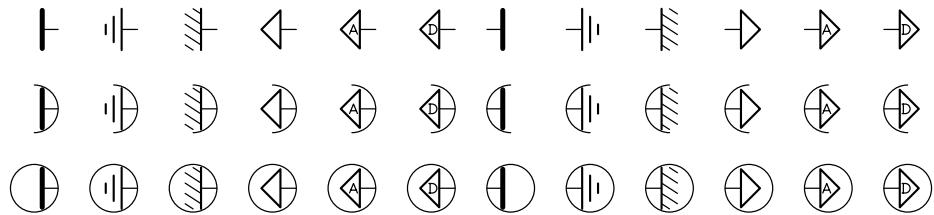


Abbildung 3.7: Horizontale andere Masse-Symbole

```

\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}

```

### 3 VERBINDUNGEN, BETRIEBSSPANNUNG UND PFEILE

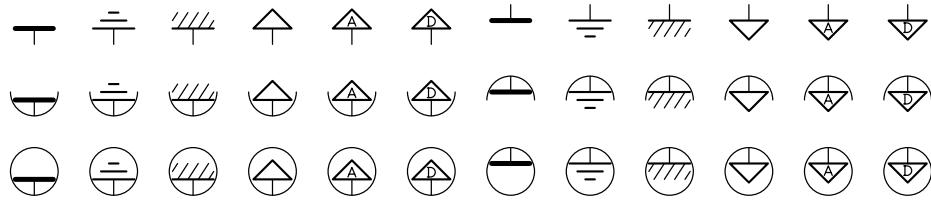


Abbildung 3.8: Vertikale andere Masse-Symbole

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 Paketoption `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

$5V \leftarrow$     $5V \leftarrow$     $5V \ll$     $5V \lll$     $5V \vdash$     $5V \circ -$     $5V \oplus -$     $5V \ominus -$   
 $\rightarrow 5V$     $\rightarrow 5V$     $\rightarrow\!\!> 5V$     $\rightarrow\!\!\!>> 5V$     $\dashv 5V$     $\circ\!\!- 5V$     $\oplus\!\!- 5V$     $\ominus\!\!- 5V$

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}
```

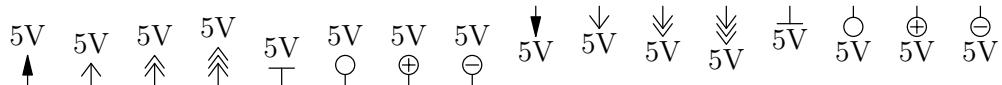


Abbildung 3.10: Vertikale andere Betriebsspannungssymbole

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), [5.1](#) (horizontale Platzierung), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

## 3.5 Alleinstehende Spannungspfeile

Der Befehl `\Volta` 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}
```

### 3 VERBINDUNGEN, BETRIEBSSPANNUNG UND PFEILE

```
\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}{1}{$U_3$}
\end{circuitdiagram}
```

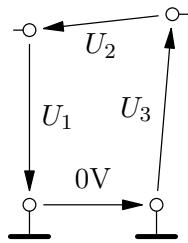


Abbildung 3.11: Alleinstehende Spannungspfeile

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).

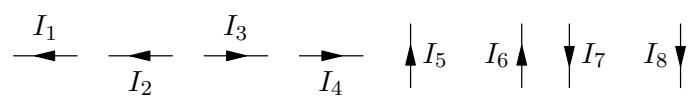


Abbildung 3.12: Strompfeile



## 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}
```

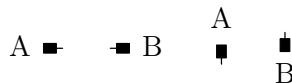


Abbildung 4.1: Stecker

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 Paketoption `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}{}
```

#### 4.1 SPANNUNGEN UND STRÖME

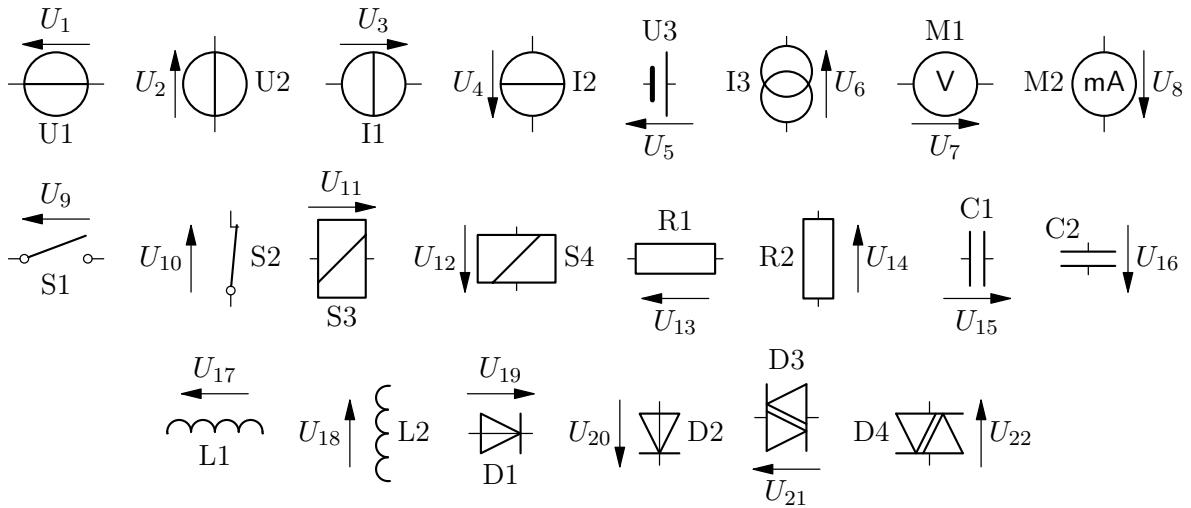


Abbildung 4.4: Spannungspfeile

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

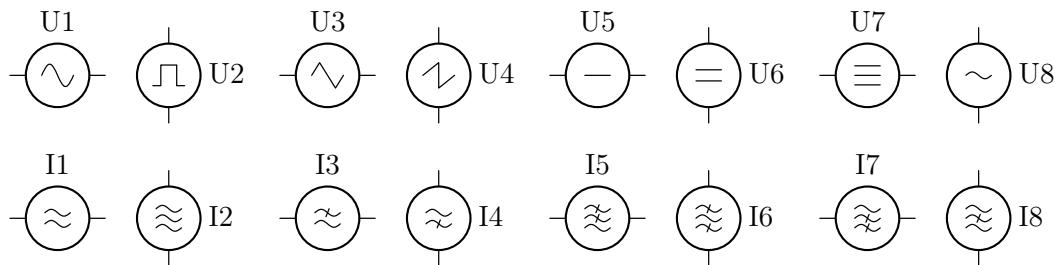


Abbildung 4.5: Signal-Symbole

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

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

### 4.1.4 Rauschen

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

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

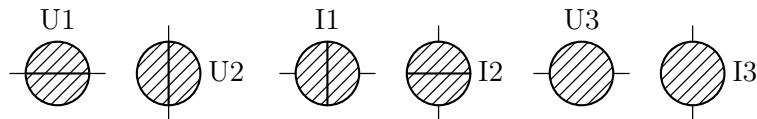


Abbildung 4.6: Rauschende Quellen

Einige rauschende Widerstände sind in Abb. 4.7 dargestellt:

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

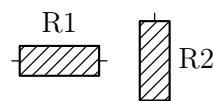


Abbildung 4.7: Rauschende Widerstände

Einige rauschende Transistoren sind in Abb. 4.8 dargestellt:

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

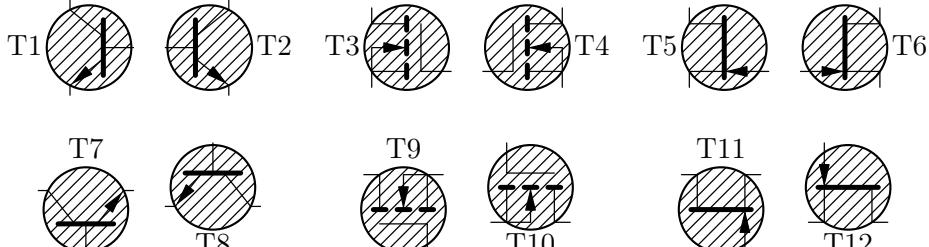


Abbildung 4.8: Rauschende Transistoren

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](#) (Sperrsicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-FETs).

#### 4.1.5 Polarität

Der Befehl `\polarity` (bereitgestellt von der Paketoption `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 Paketoption `srcmeas`) druckt eine Einheit eines Messgeräts und besitzt ein Argument. Dies ist die Einheit als Text. Einige Messgeräte mit

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

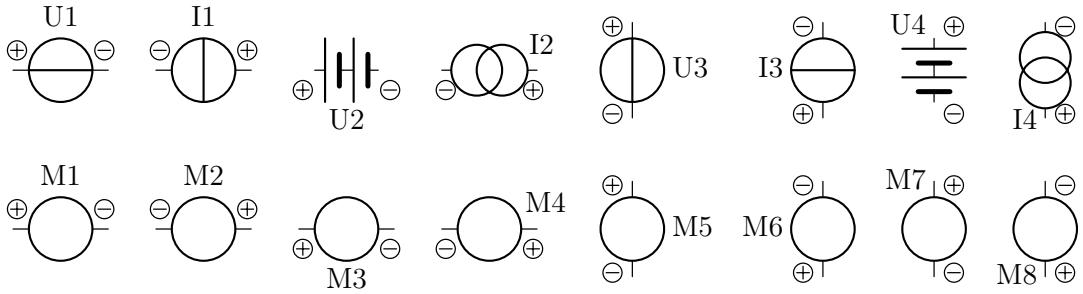


Abbildung 4.9: Polaritäten

Einheit sind in Abb. 4.10 dargestellt:

```
\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{\Ohm}]{54}{3}{H}{M7}{}
\measdev[\measunit{k\Ohm}]{61}{3}{V}{M8}{}
\end{circuitdiagram}
```

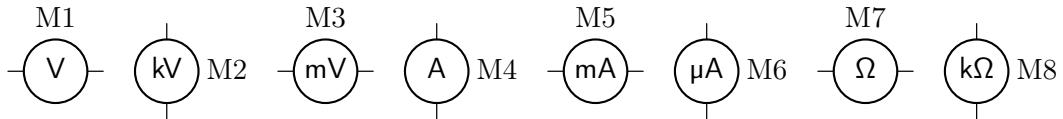


Abbildung 4.10: Messgeräte-Einheiten

Siehe auch: 2.1.4 (Messgeräte), 4.1.7 (Leistungsmessgeräte).

### 4.1.7 Leistungsmessgeräte

Der Befehl `\wmeter` (bereitgestellt von der Paketoption `srcmeas`) ergänzt ein Messgerät um die Symbolik für ein Leistungsmessgerät und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Polaritätspunkts. Einige Leistungsmessgeräte sind in Abb. 4.11 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{66}{7}
\measdev[\wmeter{LU}\putrefer{1}{3}{1}]{3}{3}{H}{M1}{}
\measdev[\wmeter{LD}\putrefer{1}{3}{1}]{11.5}{3}{H}{M2}{}
\measdev[\wmeter{RU}\putrefer{1}{3}{1}]{20}{3}{H}{M3}{}
\measdev[\wmeter{RD}\putrefer{1}{3}{1}]{28.5}{3}{H}{M4}{}
\measdev[\wmeter{LU}\putrefer{1}{3}{1}]{37}{3}{V}{M5}{}
\measdev[\wmeter{LD}\putrefer{1}{3}{1}]{45.5}{3}{V}{M6}{}
\measdev[\wmeter{RU}\putrefer{1}{3}{1}]{54}{3}{V}{M7}{}
\measdev[\wmeter{RD}\putrefer{1}{3}{1}]{62.5}{3}{V}{M8}{}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: 2.1.4 (Messgeräte), 4.1.6 (Messgeräte-Einheiten).

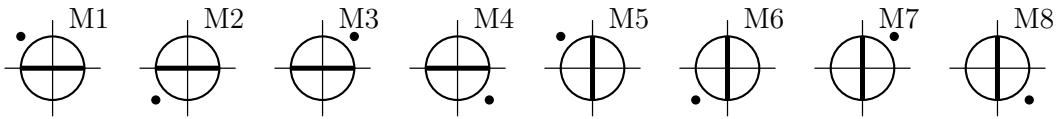


Abbildung 4.11: Leistungsmessgeräte

## 4.2 Passive Bauelemente

### 4.2.1 Drucktaster

Der Befehl `\pushswi` (bereitgestellt von der Paketoption `switch`) zeichnet ein Drucktaster-Symbol an einen Schalter und besitzt kein Argument. Einige Ein/Aus-Drucktaster sind in Abb. 4.12 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}{}
\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}{}
```

#### 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

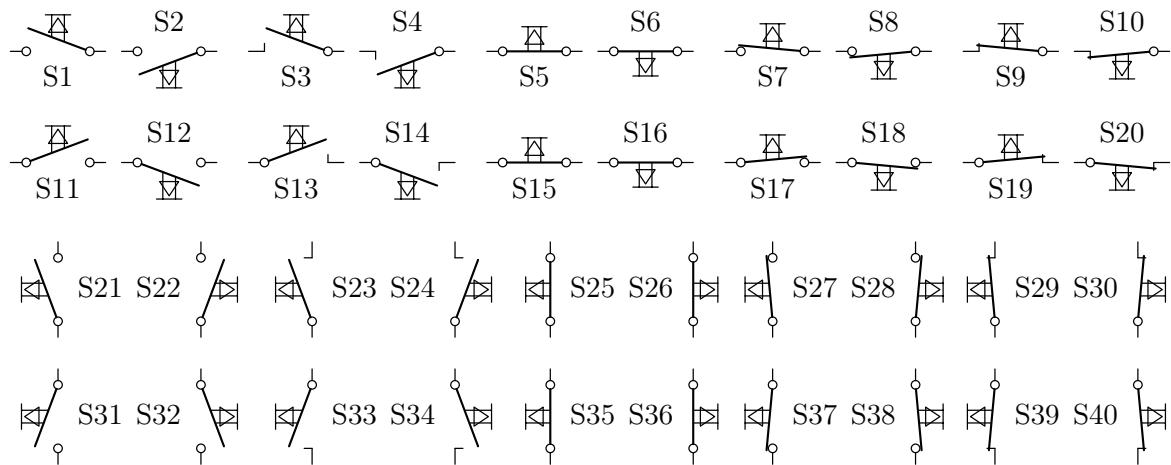


Abbildung 4.12: Drucktaster für Ein/Aus-Schalter

Einige horizontale Wechsel-Drucktaster sind in Abb. 4.13 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}{}
\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}
```

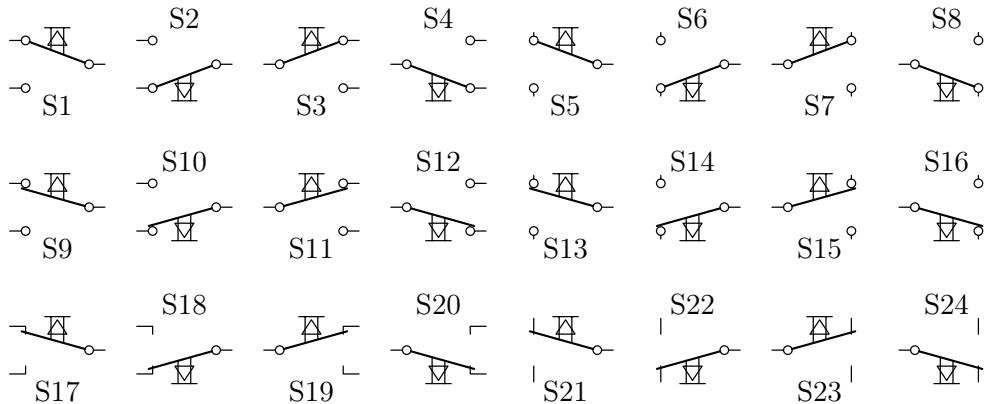


Abbildung 4.13: Drucktaster für horizontale Wechselschalter

Einige vertikale Wechsel-Drucktaster sind in Abb. 4.14 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}
```

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

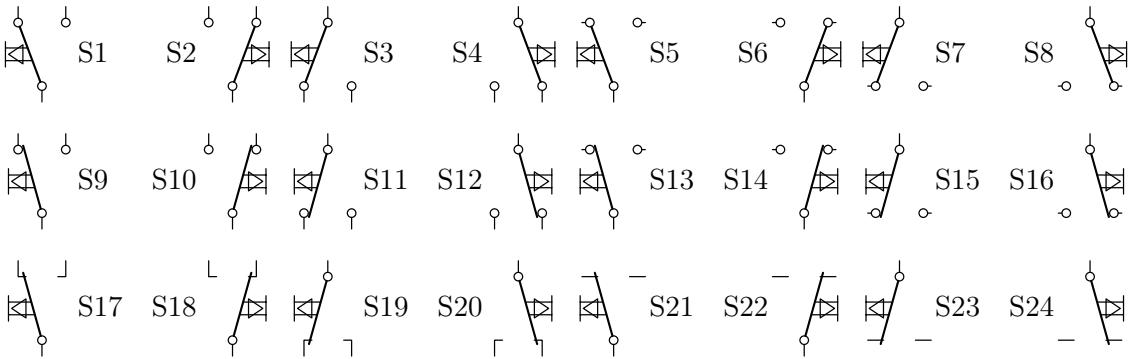


Abbildung 4.14: Drucktaster für vertikale Wechselschalter

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 Schleifkontakte. Einige Widerstände mit Schleifer sind in Abb. 4.15 dargestellt:

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

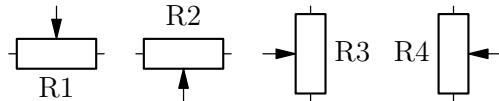


Abbildung 4.15: Schleifkontakte bei Widerständen

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

### 4.2.3 Kalt- und Heißleiter

Die Befehle `\ptc` bzw. `\ntc` (beide bereitgestellt von der Paketoption `passive`) kennzeichnen einen Widerstand als Kalt- bzw. Heißleiter und besitzen ein Argument. Dies ist die Position des kurzen Striches und damit des Temperaturbuchstabens  $\vartheta$ . Einige Kaltleiter sind in Abb. 4.16 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}{}
\end{circuitdiagram}
```

```
\resis[\ptc{RU}]{54}{3}{V1}{R7}{}
\resis[\ptc{RD}]{63}{3}{V1}{R8}{}
\end{circuitdiagram}
```

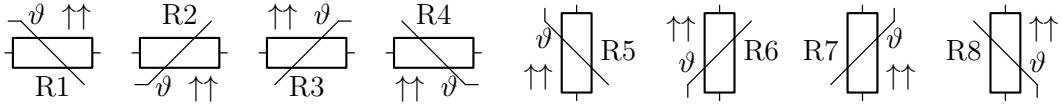


Abbildung 4.16: Kaltleiter

Einige Heißleiter sind in Abb. 4.17 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}
```

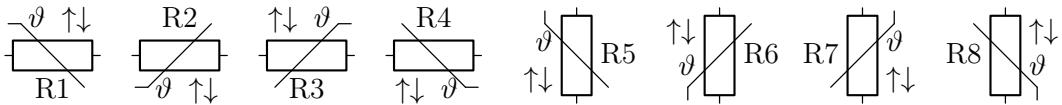


Abbildung 4.17: Heißleiter

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. 4.18 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}
```

Siehe auch: 2.2.4 (Kondensatoren).

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

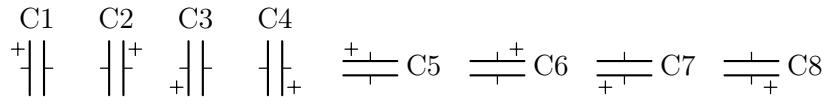


Abbildung 4.18: Elektrolytkondensatoren

### 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 ausgeföllten Spulen wird das Rechteck länger oder kürzer. Einige Spulen mit mehr oder weniger Windungen sind in Abb. 4.19 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}{}
\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}
```

Der Befehl `\windings` sollte immer als erster stehen, weil die anderen Befehle von dessen Argument abhängen. In Abb. 4.20 ist links eine korrekt und rechts eine fehlerhaft gesetzte Spule dargestellt:

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

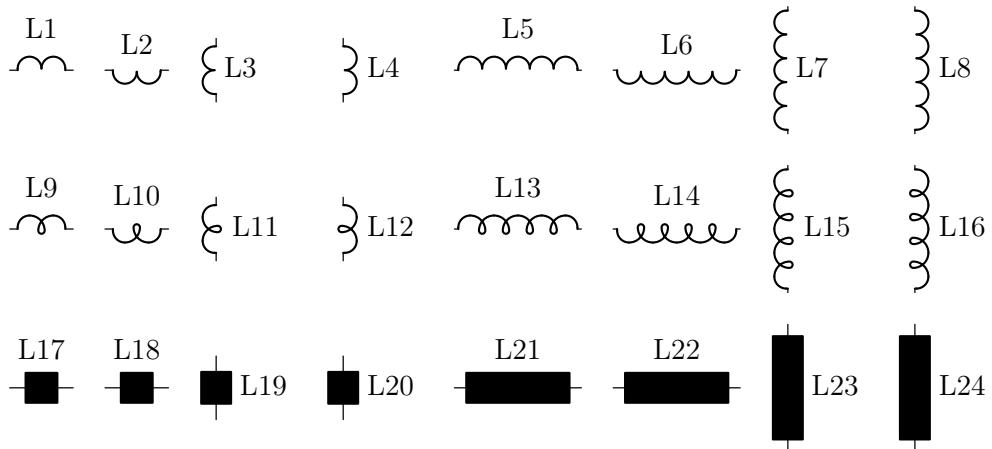


Abbildung 4.19: Mehr oder weniger Windungen für Spulen

```
\induc[\wireLR{2}\windings{6}]{23}{2}{Hd}{L2}{}
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 4.20: Eine korrekt und eine fehlerhaft gesetzte Spule

Siehe auch: [2.2.5](#) (Spulen), [4.2.6](#) (Wicklungssinn).

#### 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. 4.21 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}{}
```

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

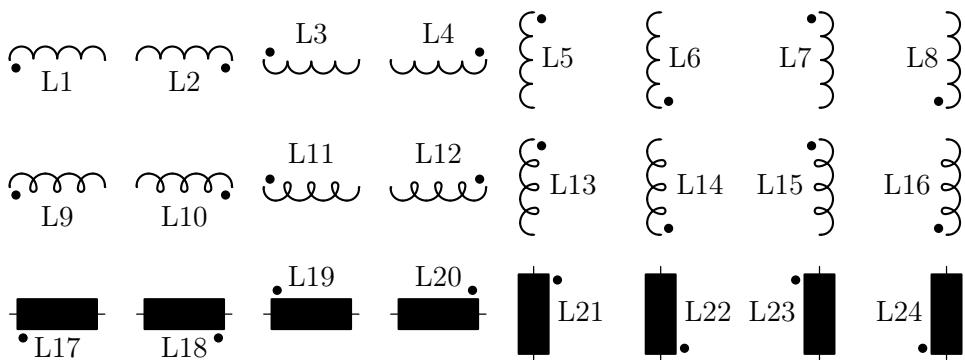


Abbildung 4.21: Wicklungssinne

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. 4.22 dargestellt:

```
\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}
```

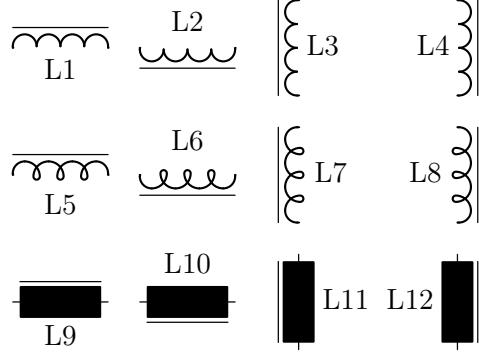


Abbildung 4.22: Eisenkerne

Der Befehl `\ferrcore` (bereitgestellt von der Paketoption `passive`) zeichnet einen Ferritkern an eine Spule und besitzt kein Argument. Einige Spulen mit Ferritkern sind in Abb. 4.23 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}
```

Ein Transformator kann durch zwei Spulen mit Eisenkern erzeugt werden, was in Abb. 4.24 dargestellt ist:

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

Für alleinstehende Eisenkerne dient ein weiterer Befehl: `\Ironcore` (bereitgestellt von der Paketoption `passive`) zeichnet eine Doppellinie und besitzt vier Argumente. Diese sind die x-

#### 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

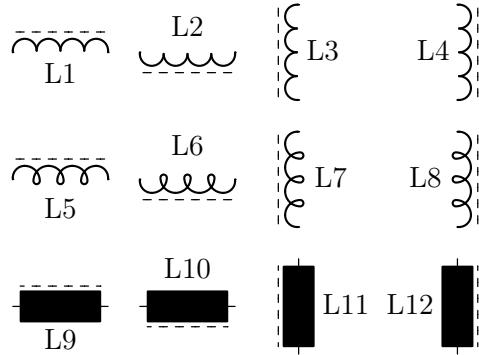


Abbildung 4.23: Ferritkerne

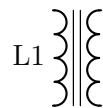


Abbildung 4.24: Ein Transistor

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. 4.25 dargestellt:

```
\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}
```

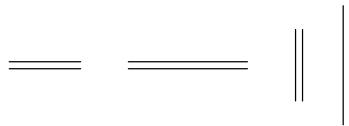


Abbildung 4.25: Alleinstehende Eisenkerne

Ein komplizierterer Transformator ist in Abb. 4.26 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}{5}{4}
\end{circuitdiagram}
```

Siehe auch: [2.2.5](#) (Spulen).

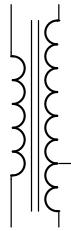


Abbildung 4.26: Ein komplizierterer Transformator

#### 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. 4.27 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}{}
\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}
```

Einige veränderbare Widerstände sind in Abb. 4.28 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}{}
```

#### 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

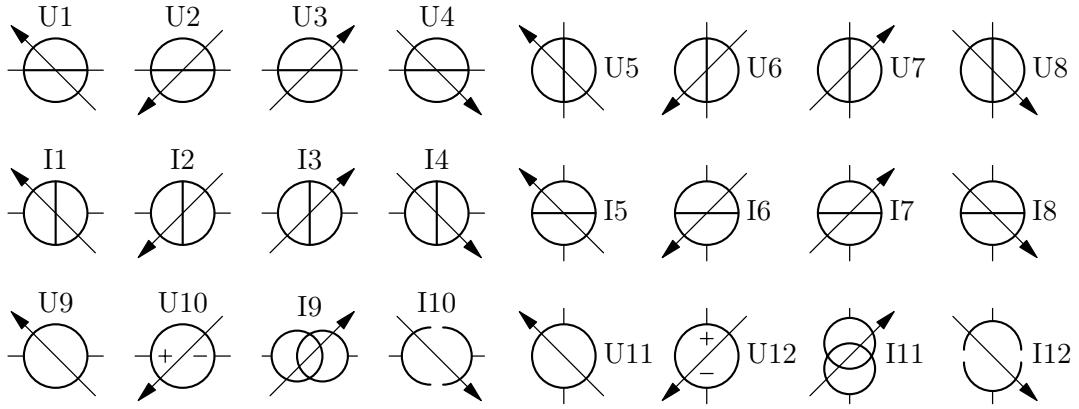


Abbildung 4.27: Veränderbarkeitspfeile bei Quellen

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

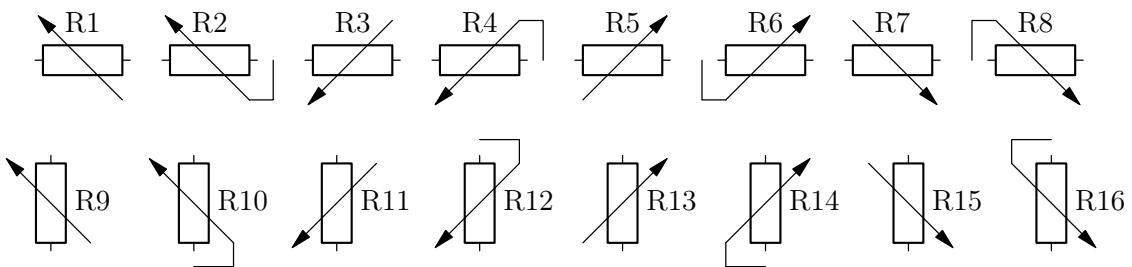


Abbildung 4.28: Veränderbarkeitspfeile bei Widerständen

Einige veränderbare Kondensatoren sind in Abb. 4.29 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}
```

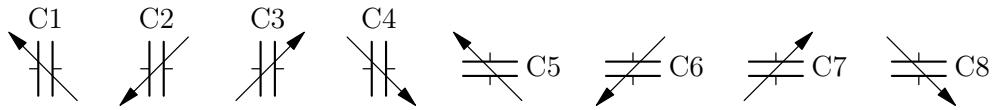


Abbildung 4.29: Veränderbarkeitspfeile bei Kondensatoren

Einige veränderbare horizontale Spulen sind in Abb. 4.30 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}{}
\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}
```

Einige veränderbare vertikale Spulen sind in Abb. 4.31 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{22}
\normalinduc
\induc[\modify{LU}]{3}{19}{V}{L1}{}
```

#### 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

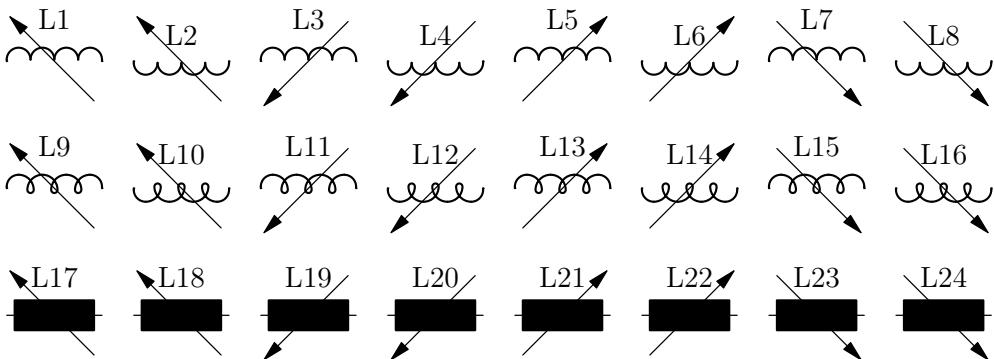


Abbildung 4.30: Veränderbarkeitspfeile bei horizontalen Spulen

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

Für alleinstehende Veränderbarkeitspfeile dient ein weiterer Befehl: \Modify (bereitgestellt von der Paketoption `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. 4.32 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{39}{16}
\curlyinduc
\Ironcore{4.5}{8}{V}{9}
```

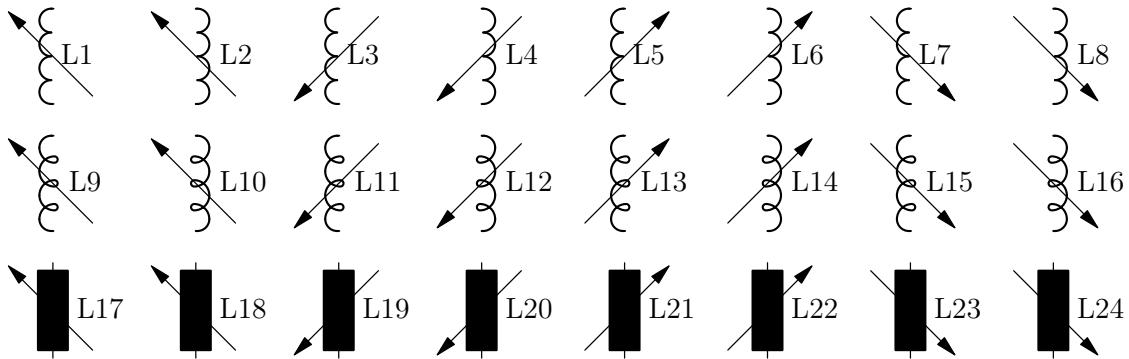


Abbildung 4.31: Veränderbarkeitspfeile bei vertikalen Spulen

```
\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}
```

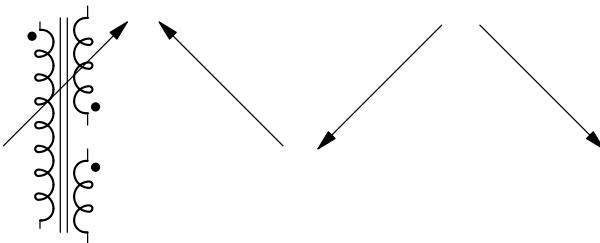


Abbildung 4.32: Alleinstehende Veränderbarkeitspfeile

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. 4.33 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}{}
```

#### 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

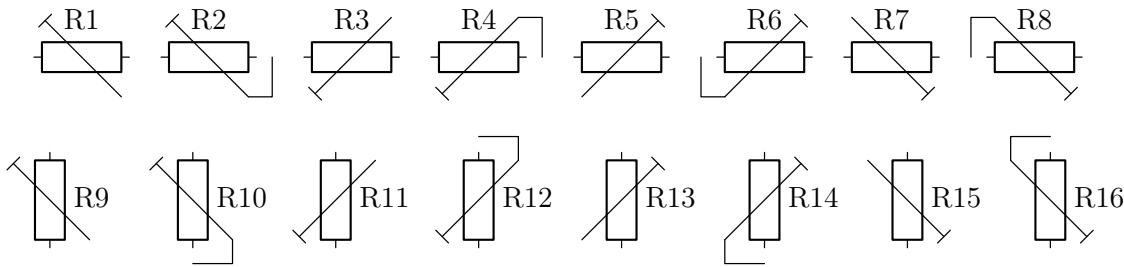


Abbildung 4.33: Einstellbarkeitsstriche bei Widerständen

Einige einstellbare Kondensatoren sind in Abb. 4.34 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}{}
\capac[\trim{RU}]{49}{3}{Vr}{C7}{}
\capac[\trim{RD}]{58}{3}{Vr}{C8}{}
\end{circuitdiagram}
```

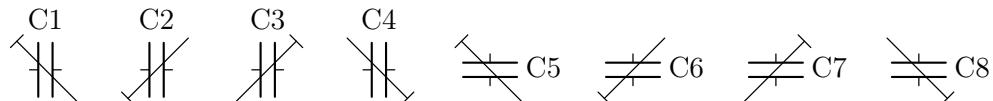


Abbildung 4.34: Einstellbarkeitsstriche bei Kondensatoren

Einige einstellbare horizontale Spulen sind in Abb. 4.35 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{62}{23}
\normalinduc
\induc[\trim{LU}]{3}{19}{H}{L1}{}
\end{circuitdiagram}
```

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

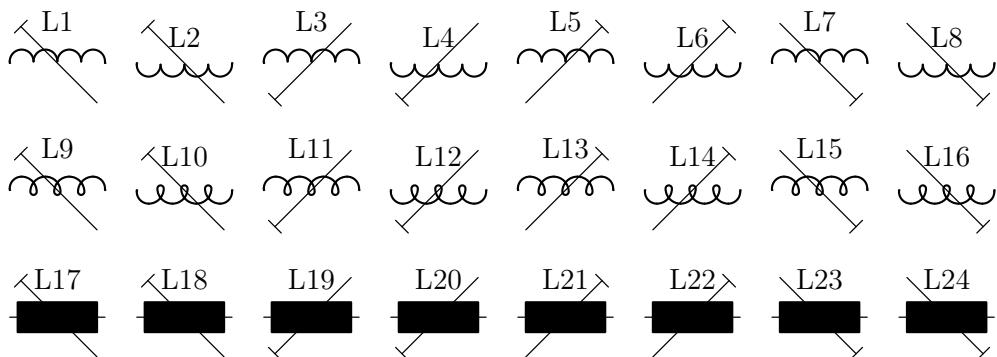


Abbildung 4.35: Einstellbarkeitsstriche bei horizontalen Spulen

Einige einstellbare vertikale Spulen sind in Abb. 4.36 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}{}
```

#### 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

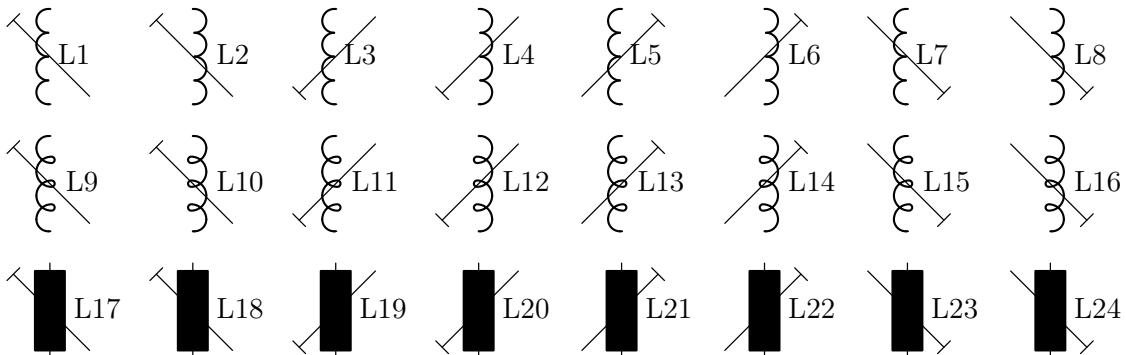


Abbildung 4.36: Einstellbarkeitsstriche bei vertikalen Spulen

Für alleinstehende Einstellbarkeitsstriche dient ein weiterer Befehl: \Trim (bereitgestellt von der Paketoption `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. 4.37 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}
```

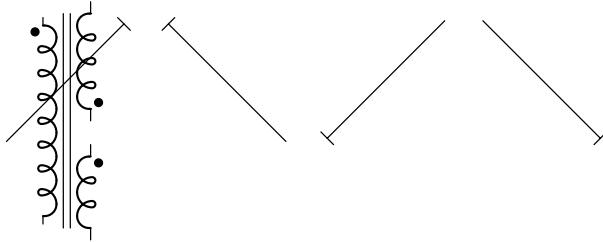


Abbildung 4.37: Alleinstehende Einstellbarkeitsstriche

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. 4.38 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}{V1}{R4}{}
\end{circuitdiagram}
```

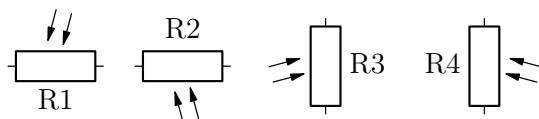


Abbildung 4.38: Photowiderstände

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. 4.39 dargestellt:

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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 4.39: Photodioden

Einige Phototransistoren sind in Abb. 4.40 dargestellt:

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

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. 4.41 dargestellt:

### 4.3 HALBLEITERBAUELEMENTE

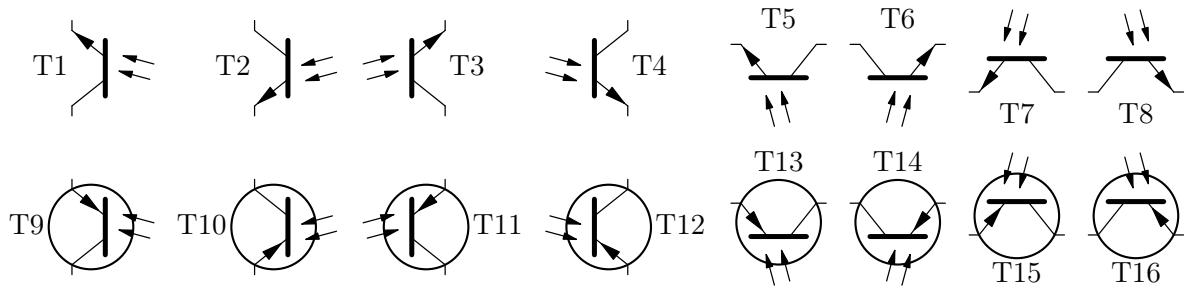


Abbildung 4.40: Phototransistoren

```
\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}{U1}{D6}{}
\diode[\emit{L}]{47}{4}{D}{D7}{}
\diode[\emit{R}]{57}{4}{D1}{D8}{}
\end{circuitdiagram}
```

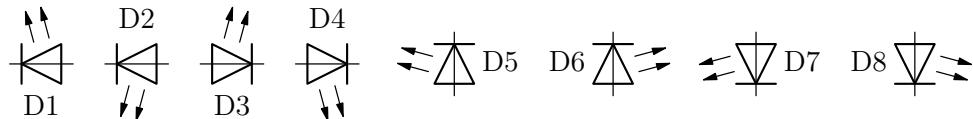


Abbildung 4.41: Leuchtdioden

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

#### 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. [4.42](#) 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}
```

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

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN



Abbildung 4.42: Zener-Dioden bzw. Z-Dioden

### 4.3.4 Schottky-Dioden und -Transistoren

Der Befehl `\schottky` (bereitgestellt von der Paketoption `semicon`) zeichnet die beiden Striche der Schottky-Diode an eine Diode und besitzt kein Argument. Einige Schottky-Dioden sind in Abb. 4.43 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}
```

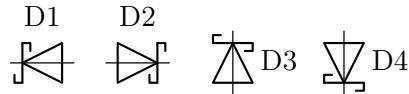


Abbildung 4.43: Schottky-Dioden

Dasselbe funktioniert auch bei bipolaren Transistoren. Einige Schottky-Transistoren sind in Abb. 4.44 dargestellt:

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

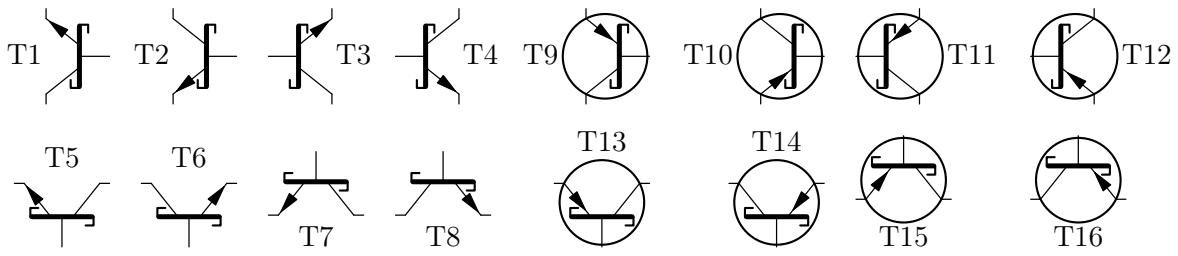


Abbildung 4.44: Schottky-Transistoren

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

### 4.3.5 Tunneldioden

Der Befehl `\tunnel` (bereitgestellt von der Paketoption `semicon`) zeichnet die beiden Striche der Tunneldiode an eine Diode und besitzt kein Argument. Einige Tunneldioden sind in Abb. 4.45 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}
```

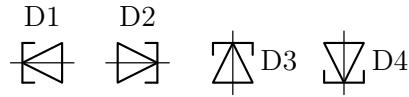


Abbildung 4.45: Tunneldioden

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 Paketoption `semicon`) zeichnet einen Kondensator an eine Diode und besitzt kein Argument. Einige Kapazitätsdioden sind in Abb. 4.46 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}{}
```

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

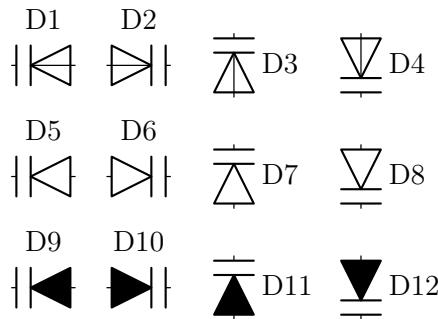


Abbildung 4.46: Kapazitätsdioden

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

### 4.3.7 Thyristoren

Der Befehl `\thyrr` (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. [4.47](#) dargestellt:

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

```
\diode[\thyr{R}]{50}{8}{U1}{D17}{}
\diode[\thyr{RD}]{59}{8}{U1}{D18}{}
\diode[\thyr{LU}]{11}{2}{D}{D19}{}
\diode[\thyr{L}]{20}{2}{D}{D20}{}
\diode[\thyr{LD}]{29}{2}{D}{D21}{}
\diode[\thyr{RU}]{41}{2}{D1}{D22}{}
\diode[\thyr{R}]{50}{2}{D1}{D23}{}
\diode[\thyr{RD}]{59}{2}{D1}{D24}{}
\end{circuitdiagram}
```

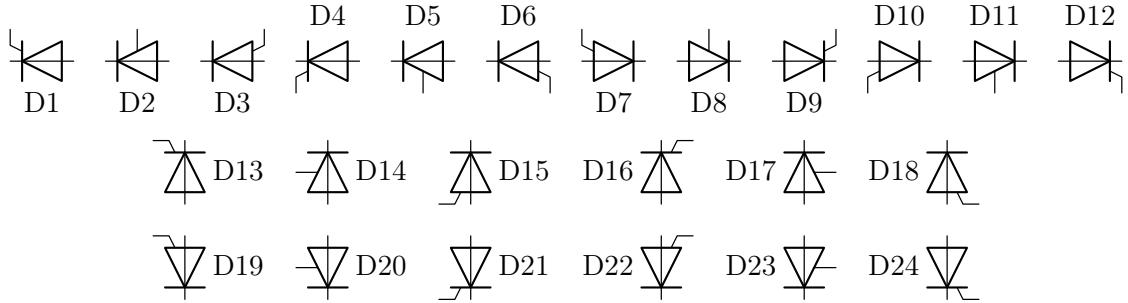


Abbildung 4.47: Thyristoren

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

#### 4.3.8 Triacs

Der Befehl `\triac` (bereitgestellt von der Paketoption `semicon`) zeichnet einen Triac-Anschluss an einen Diac und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Anschlusses. Einige Triacs sind in Abb. 4.48 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}
```

Siehe auch: [2.3.2](#) (Diacs), [4.3.7](#) (Thyristoren).

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

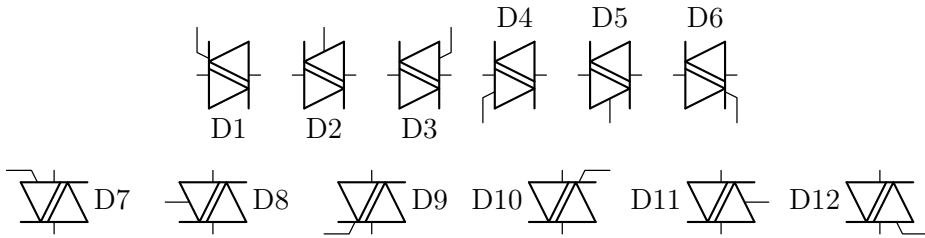


Abbildung 4.48: Triacs

### 4.3.9 Multi-Emitter-Transistoren

Der Befehl `\multemit` (bereitgestellt von der Paketoption `semicon`) zeichnet mehrere Emitter-Anschlüsse an einen Transistor und besitzt ein Argument. Dies ist die Anzahl der Emittoren. Einige Multi-Emitter-Transistoren sind in Abb. 4.49 dargestellt:

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

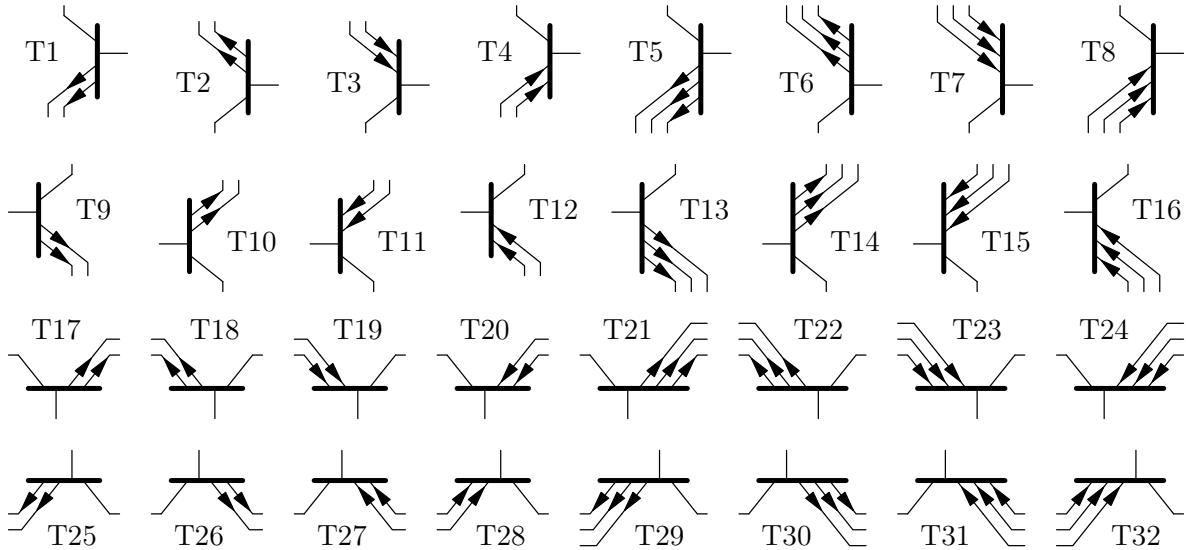


Abbildung 4.49: Multi-Emitter-Transistoren

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. 4.50 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}
```

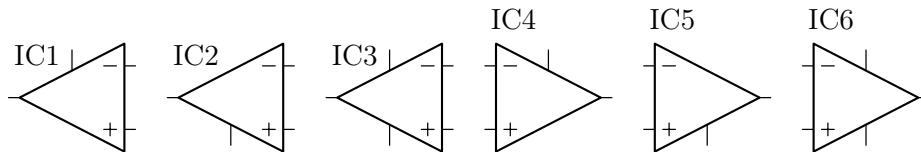


Abbildung 4.50: Versorgungsspannungen für Operationsverstärker

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

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

### 4.4.2 Operationsverstärker-Text

Der Befehl `\optext` (bereitgestellt von der Paketoption `ic`) schreibt einen Text in einen Operationsverstärker und besitzt ein Argument. Dies ist der Text. Einige Operationsverstärker mit Text sind in Abb. 4.51 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}
```

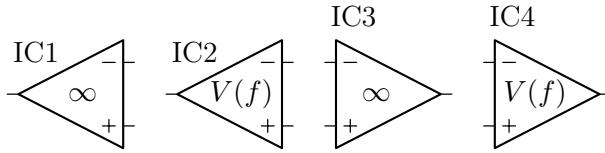


Abbildung 4.51: Operationsverstärker-Texte

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

### 4.4.3 Eingänge für Gatter

Der Befehl `\inputs` (bereitgestellt von der Paketoption `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. 4.52–4.53 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}
```

```
\begin{circuitdiagram}{52}{19}
\egate
\gate[\inputs{3}]{and}{4}{16}{Lc}{IC1}{}
\gate[\inputs{3}]{nand}{13}{16}{Lc}{IC2}{}
\gate[\inputs{3}]{or}{22}{16}{Lc}{IC3}{}
```

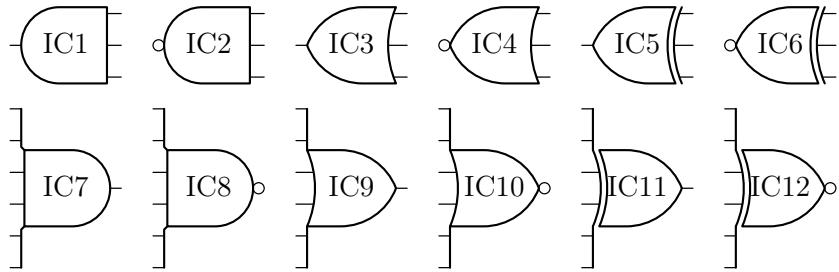


Abbildung 4.52: Mehrere Eingänge für Gatter (US-amerikanisch)

```
\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}
```

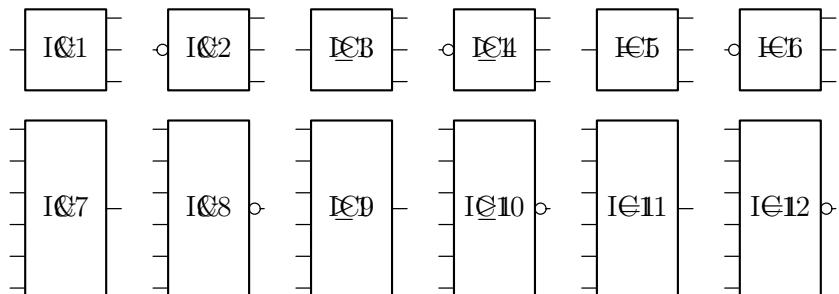


Abbildung 4.53: Mehrere Eingänge für Gatter (europäisch)

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 Paketoption `digital`) zeichnet ein Schmitt-Trigger-Symbol in ein Gatter und besitzt kein Argument. Einige Gatter mit Schmitt-Trigger-Symbol sind in Abb. [4.54–4.55](#) 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}{}
```

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

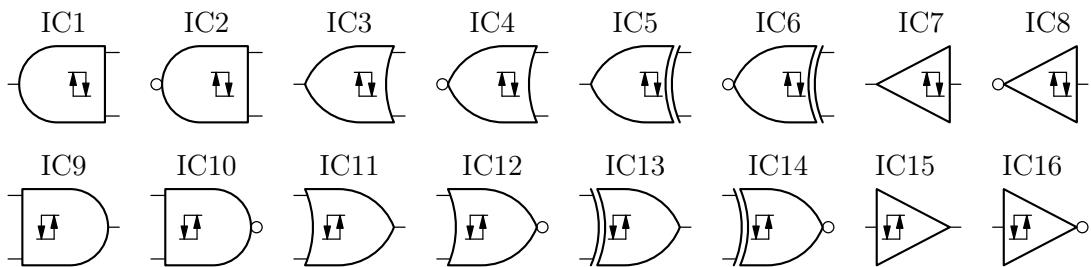


Abbildung 4.54: Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (US-amerikanisch)

```
\begin{circuitdiagram}{68}{17}
\begin{circuit}
\begin{gates}
\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{gates}
\end{circuit}
\end{circuitdiagram}
```

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

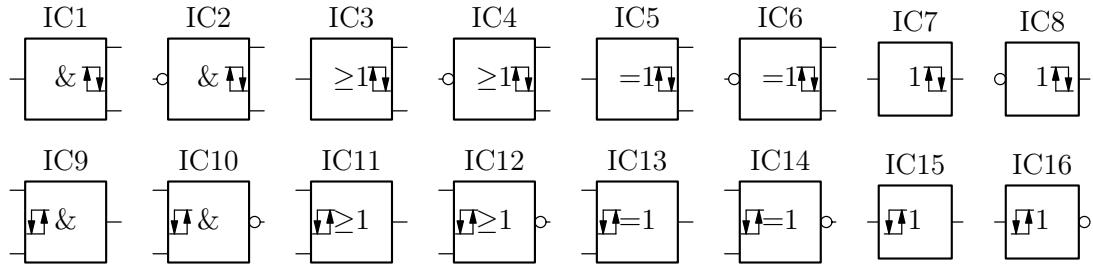


Abbildung 4.55: Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (europäisch)

#### 4.4.5 Open-Collector-Kennzeichnung

Der Befehl `\opencoll` (bereitgestellt von der Paketoption `digital`) zeichnet ein Open-Collector-Symbol in ein Gatter und besitzt kein Argument. Einige Gatter mit Open-Collector-Symbol sind in Abb. 4.56–4.57 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{17}
\usgate
\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}
```

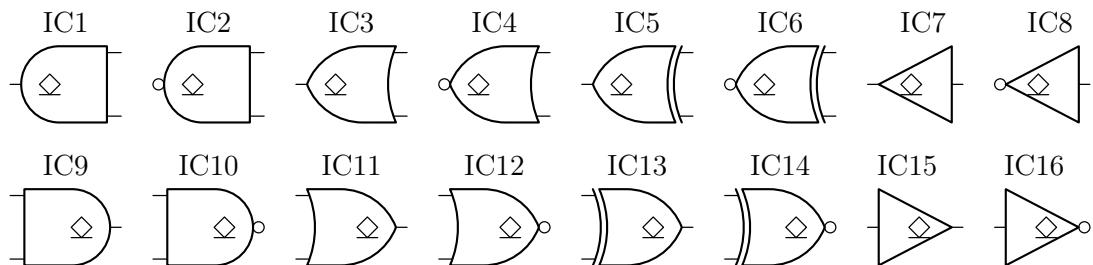


Abbildung 4.56: Open-Collector-Symbole in Gattern (US-amerikanisch)

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```

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

```

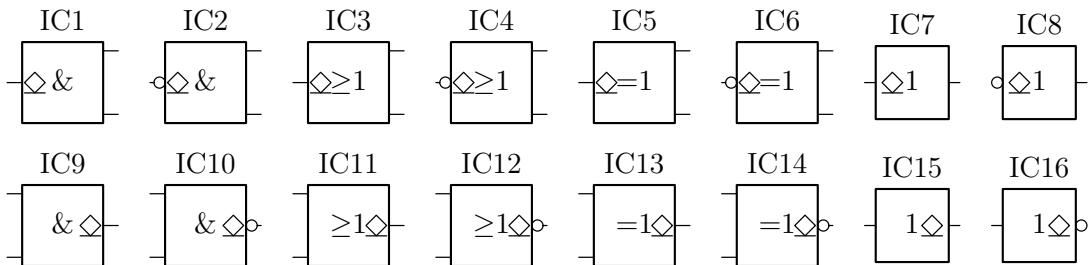


Abbildung 4.57: Open-Collector-Symbole in Gattern (europäisch)

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 Paketoption 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. 4.58–4.59 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}

```

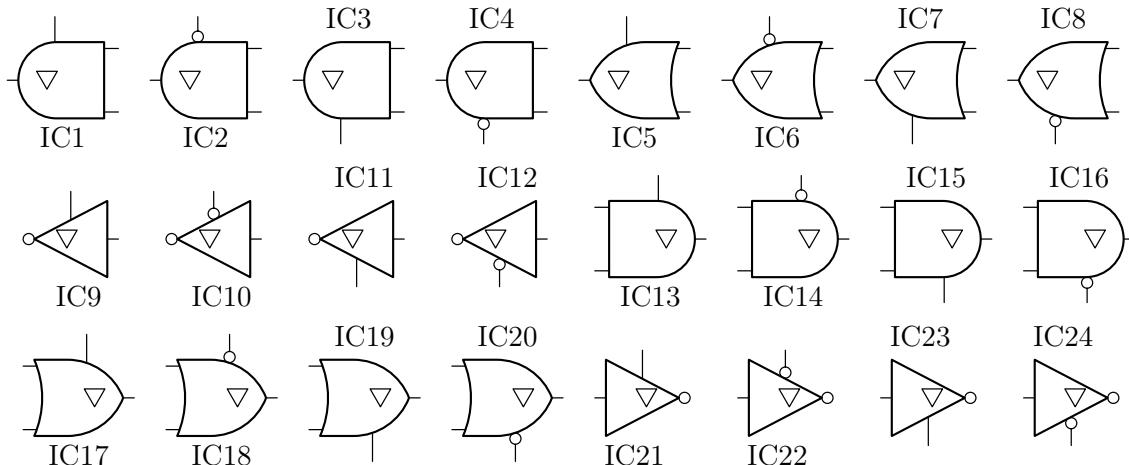


Abbildung 4.58: Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (US-amerikanisch)

```

\begin{circuitdiagram}{71}{30}
\begin{eugate}
\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}{}

```

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

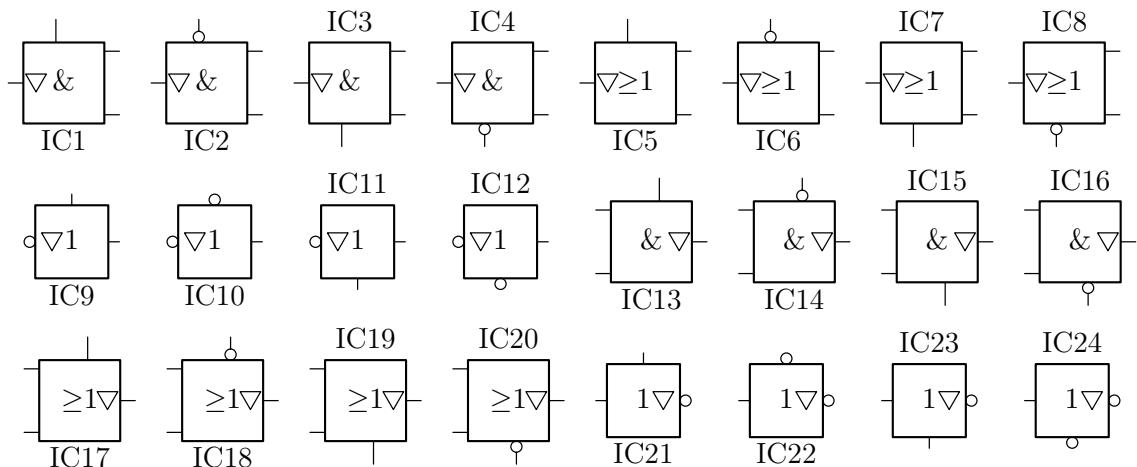


Abbildung 4.59: Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (europäisch)

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

### 4.4.7 Invertierte Decoder- und Flipflop-Ausgänge

Der Befehl `\invout` (bereitgestellt von der Paketoption `digital`) invertiert die Ausgänge der Demultiplexer und besitzt kein Argument. Einige Demultiplexer mit invertierten Ausgängen sind in Abb. [4.60](#) 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}
```

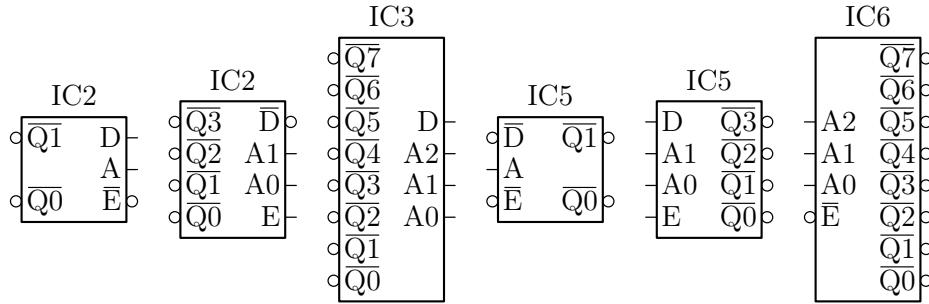


Abbildung 4.60: Invertierte Demultiplexer-Ausgänge

Der Befehl `\invout` (bereitgestellt von der Paketoption `digital`) fügt einem Flipflop den invertierten Ausgang hinzu und besitzt kein Argument. Einige Flipflops mit invertiertem Ausgang sind in Abb. 4.61 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}
```

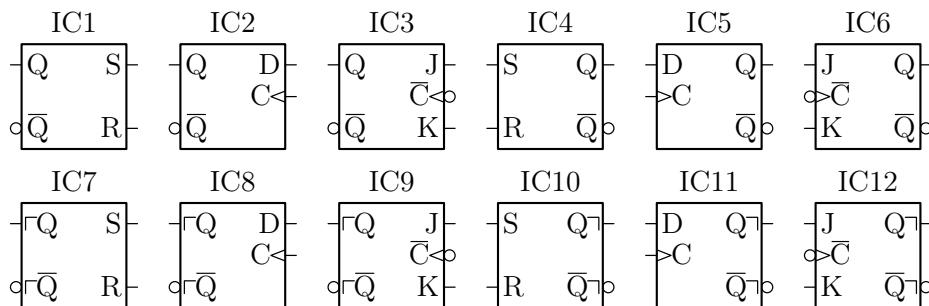


Abbildung 4.61: Invertierte Flipflop-Ausgänge

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

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

### 4.4.8 Takteingänge für Flipflops

Der Befehl `\clockin` (bereitgestellt von der Paketoption `digital`) fügt dem Flipflop einen Takteingang 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 Takteingang sind in Abb. [4.62](#) 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}{}
\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}
```

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. [4.63](#) 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}{}
```

#### 4.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

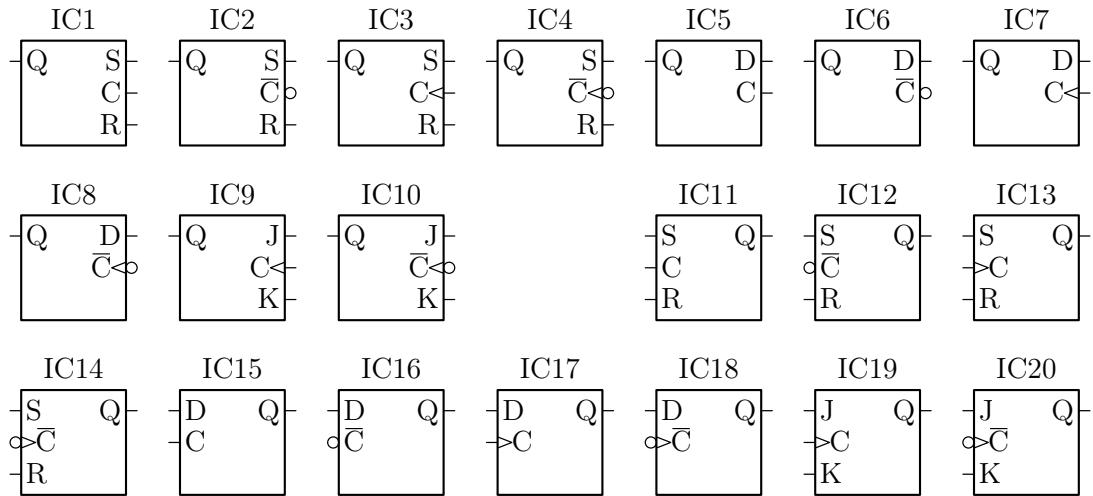


Abbildung 4.62: Takteingänge

```
\begin{circuitdiagram}{58}{21}
\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}
```

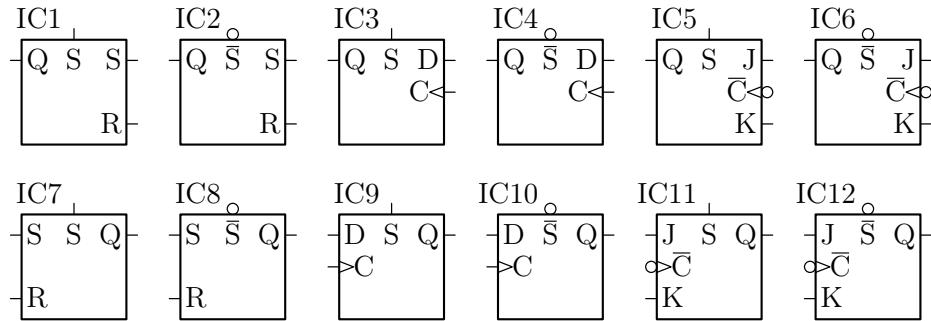


Abbildung 4.63: Setzen-Eingänge

Der Befehl `\resetin` (bereitgestellt von der Paketoption `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. 4.64 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}{}
```

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

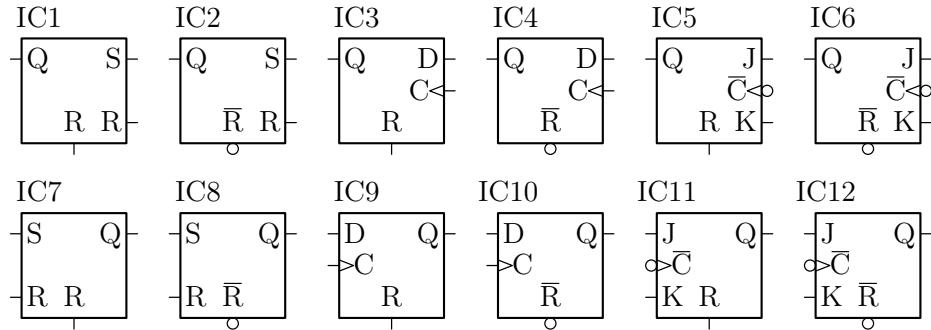


Abbildung 4.64: Löschen-Eingänge

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 Paketoption `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=nummer`, worin `XXX` ein interner Code aus höchstens drei Zeichen und `nummer` 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. [4.65](#) dargestellt:

```
\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}
```

Bei Gattern sind `a`, `a0`, `a1`, ..., `q`, `3u` und `3d` die möglichen Codes. Einige Gatter mit Pinnummern sind in Abb. [4.66](#) dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{73}{24}
\usgate
```

#### 4.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

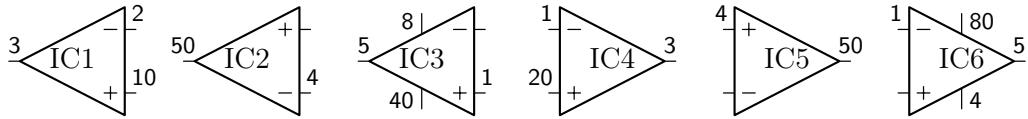


Abbildung 4.65: Pinnummern für Operationsverstärker

```
\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}{}
\endgate
\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}{}
\gate[\inputs{4}\tristate{Un}\pinnos{3u=10}{q=2}{a3=5}{a2=7}{a1=9}]{moveRefer}{0}{-1}{}
\gate[\pinnos{a=10}{q=2}]{buf}{41}{6}{R}{IC12}{}
\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}{}
\gate[\inputs{4}\tristate{Dn}\pinnos{3d=10}{q=2}{a3=5}{a2=7}{a1=9}]{moveRefer}{0}{1}{}
\end{circuitdiagram}
```

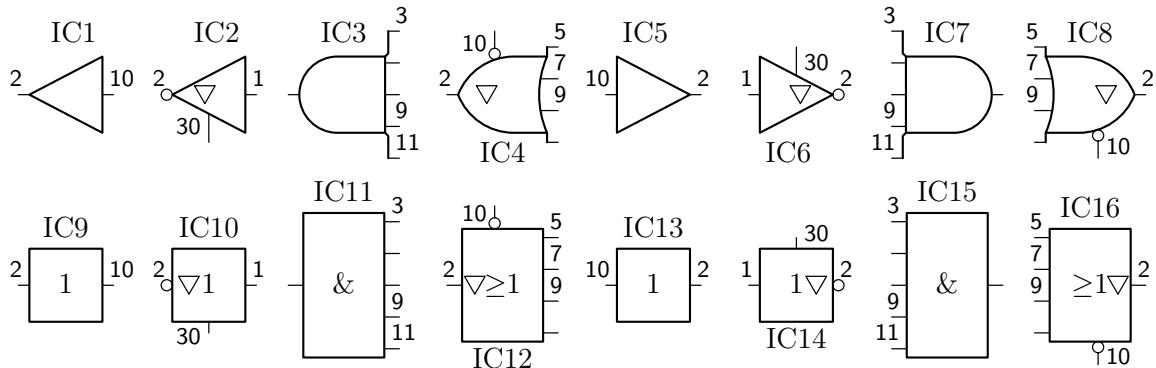


Abbildung 4.66: Pinnummern für Gatter

Bei Flipflops sind **s**, **r**, **d**, **j**, **k**, **c**, **q** und **/q** die möglichen Codes. Einige Flipflops mit Pinnummern sind in Abb. 4.67 dargestellt:

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

```
\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}
```

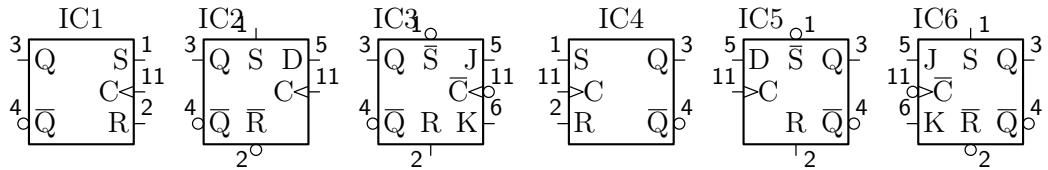


Abbildung 4.67: Pinnummern für Flipflops

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. Einige verlängerte Zuleitungen sind in Abb. [4.68](#) 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}]{toggTouch*}{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}]{npn}{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}
```

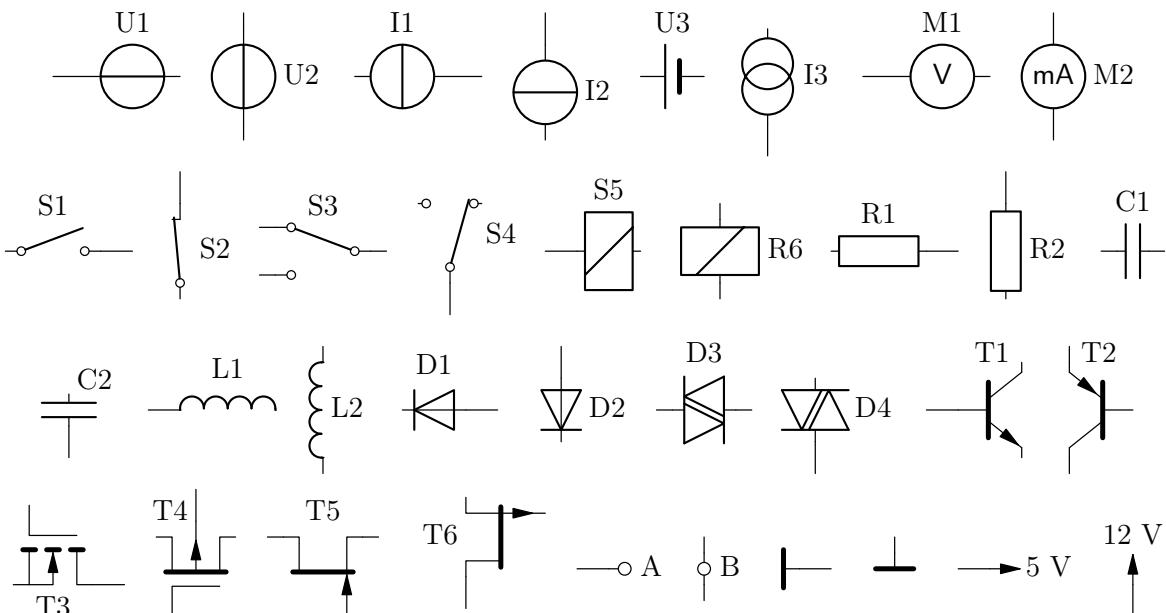


Abbildung 4.68: Verlängerte Zuleitungen

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](#) (Sperrschiicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-FETs), [3.1](#) (Drähte), [3.3](#) (Anschlusspins), [3.4.1](#) (Masste-Symbole), [3.4.2](#) (Betriebsspannungssymbole), [3.4.3](#) (andere Masse-Symbole), [3.4.4](#) (andere

## 4 ZUSÄTZE ZU DEN BAUELEMENTEN

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 (`l`, `r` oder `c`). Einige Bauelemente mit manuell platzierten Referenzen sind in Abb. 4.69 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}
```

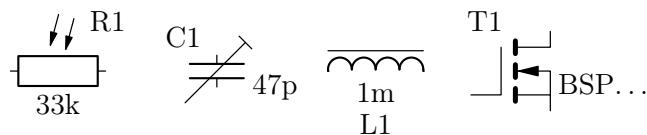


Abbildung 4.69: Referenzen manuell platzieren

Der Befehl `\putvalue` platziert in analoger Weise den Bauelementwert manuell. Einige Bauelemente mit manuell platzierten Werten sind in Abb. 4.70 dargestellt:

```
\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}
```

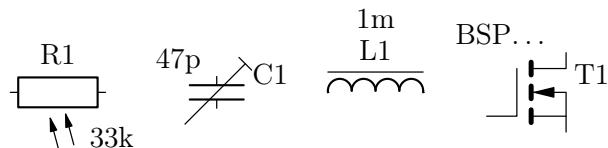


Abbildung 4.70: Bauelementwerte manuell platzieren

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. 4.71 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}
```

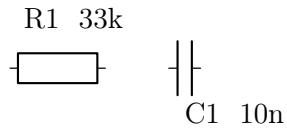


Abbildung 4.71: Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren

Statt platziert können die Referenzen und Bauelementwerte mit `\moveref`, `\movevalue` und `\moverefval` verschoben werden; hier entfällt das dritte Argument für die Ausrichtung. Einige Bauelemente mit verschobenen Referenzen und/oder Werten sind in Abb. 4.72 dargestellt:

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

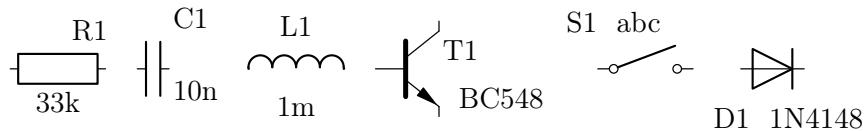


Abbildung 4.72: Referenzen und Bauelementwerte manuell verschieben

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](#) (Sperrsicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-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).



## 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 Betriebsspannungen, anderen Quellen, Schaltern, Dioden, Operationsverstärkern, Linear-ICs, Gattern, Decodern, arithmetischen Bausteinen, Flip-flops 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.

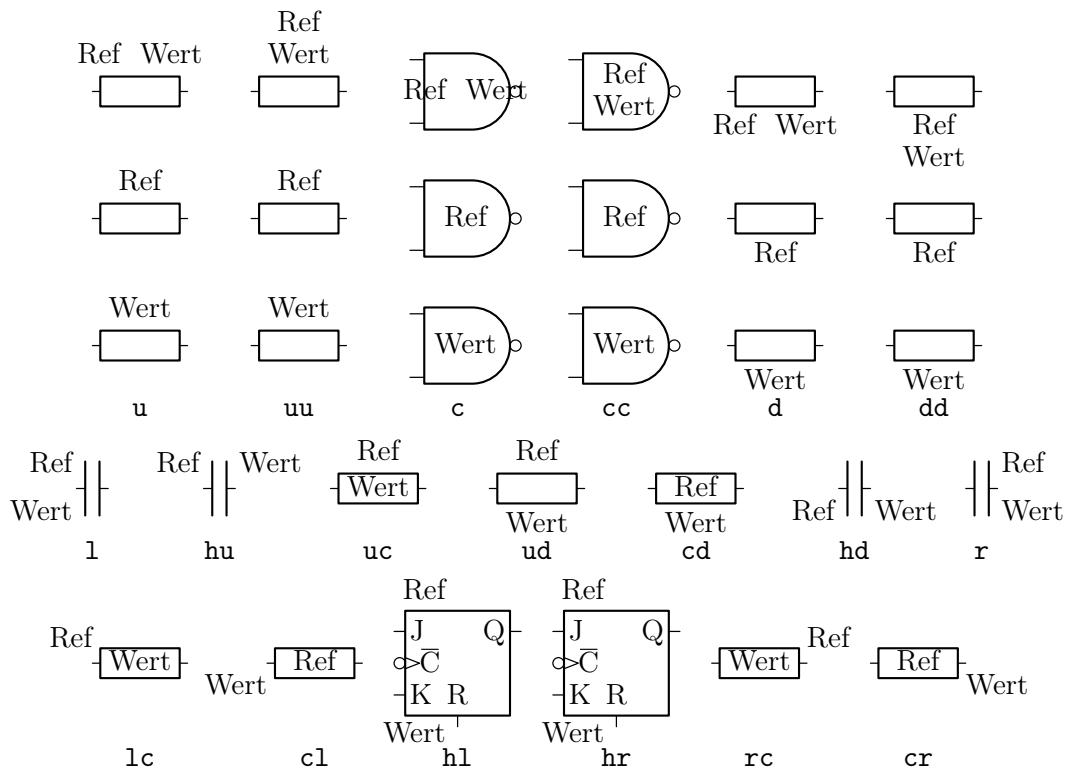


Abbildung 5.1: Horizontales Modell

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), 2.4.1 (Operationsverstärker), 2.4.2 (Linear-ICs), 2.4.3

## 5 REFERENZEN UND BAUELEMENTWERTE

(Gatter), [2.4.4](#) (Decoder), [2.4.5](#) (arithmetische Bausteine), [2.4.6](#) (Flipflops), [3.3](#) (Anschlusspins), [3.4.2](#) (Betriebsspannungssymbole), [3.4.4](#) (andere Betriebsspannungssymbole), [5.2](#) (vertikale Platzierung).

### 5.2 Vertikale Platzierung

Das vertikale Modell wird angewendet bei

- Spannungsquellen, Stromquellen, anderen Quellen, Messgeräten, Relais, Widerständen, Kondensatoren, Spulen und Diacs mit Orientierung V,
- Betriebsspannungen, anderen 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.

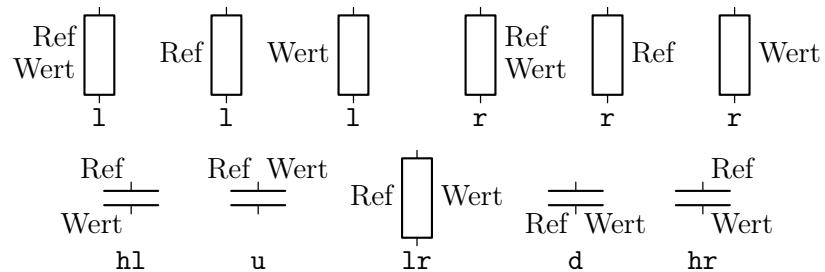


Abbildung 5.2: Vertikales Modell

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), [3.3](#) (Anschlusspins), [3.4.2](#) (Betriebsspannungssymbole), [3.4.4](#) (andere Betriebsspannungssymbole), [5.1](#) (horizontale Platzierung).

### 5.3 Transistor-Platzierung nach links

Das Transistor-Modell nach links ist in Abb. [5.3](#) dargestellt.

Siehe auch: [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.5](#) (Sperrsicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-FETs), [5.4](#) (Transistor-Platzierung nach rechts), [5.5](#) (Transistor-Platzierung nach oben), [5.6](#) (Transistor-Platzierung nach unten).

### 5.4 Transistor-Platzierung nach rechts

Das Transistor-Modell nach rechts ist in Abb. [5.4](#) dargestellt.

Siehe auch: [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.5](#) (Sperrsicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-FETs), [5.3](#) (Transistor-Platzierung nach links), [5.5](#) (Transistor-Platzierung nach oben), [5.6](#) (Transistor-Platzierung nach unten).

## 5.5 TRANSISTOR-PLATZIERUNG NACH OBEN

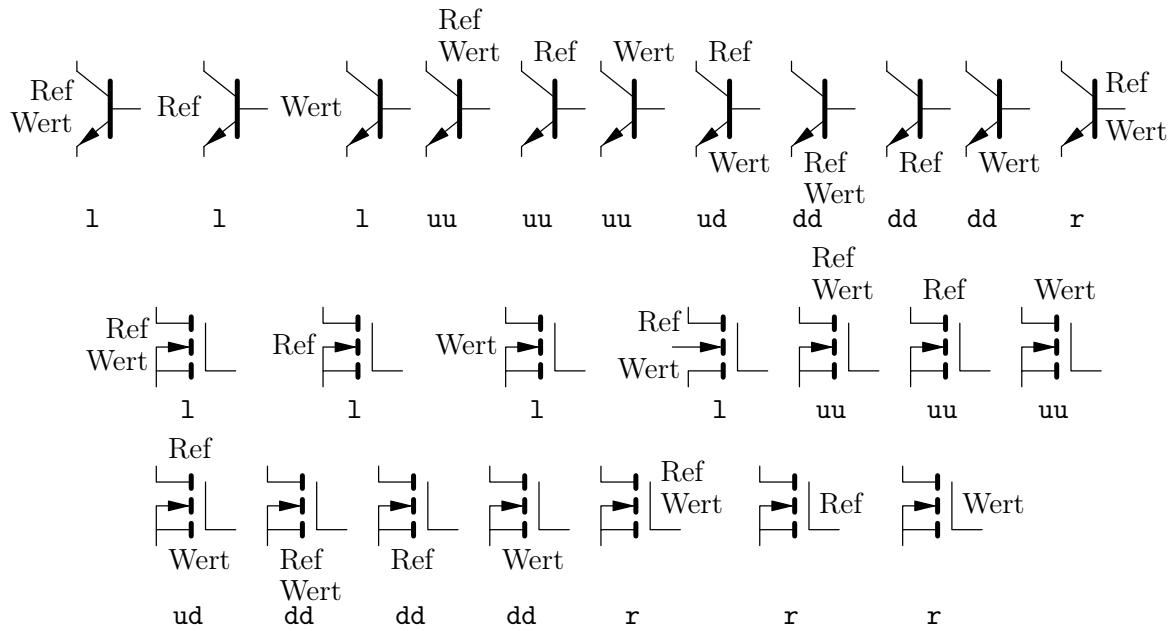


Abbildung 5.3: Transistor-Modell nach links

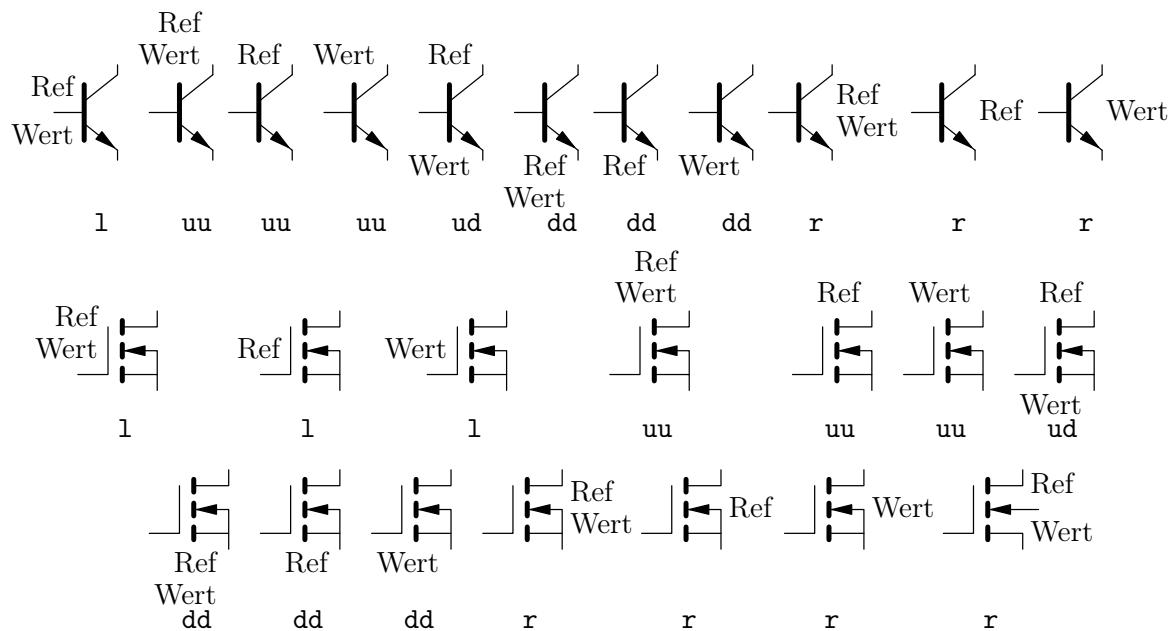


Abbildung 5.4: Transistor-Modell nach rechts

## 5.5 Transistor-Platzierung nach oben

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

Siehe auch: 2.3.3 (Bipolartransistoren), 2.3.4 (MOSFETs), 2.3.5 (Sperrsicht-FETs), 2.3.6 (Logik-FETs), 5.3 (Transistor-Platzierung nach links), 5.4 (Transistor-Platzierung nach rechts), 5.6 (Transistor-Platzierung nach unten).

## 5 REFERENZEN UND BAUELEMENTWERTE

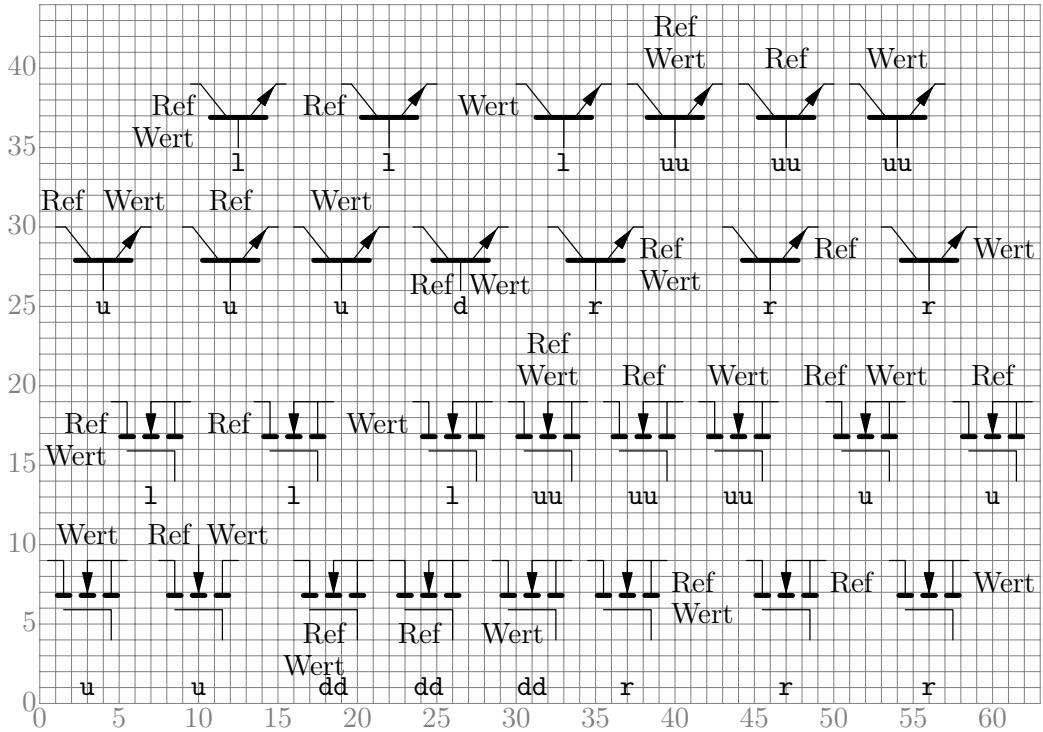


Abbildung 5.5: Transistor-Modell nach oben

## 5.6 Transistor-Platzierung nach unten

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

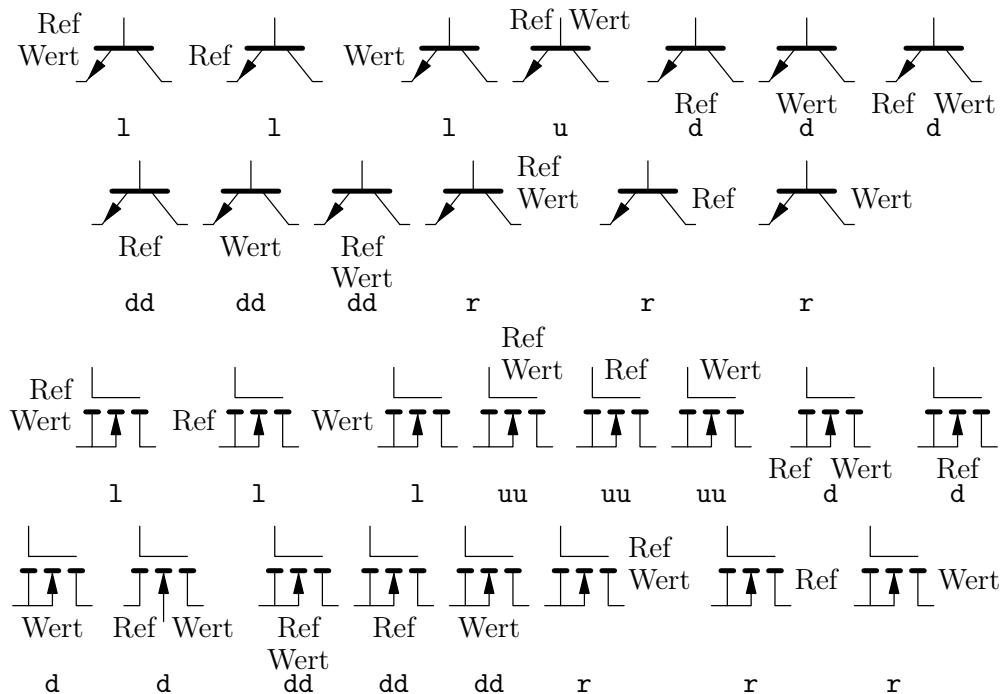


Abbildung 5.6: Transistor-Modell nach unten

## 5.7 AUTOMATISCHE NUMMERIERUNG

Siehe auch: [2.3.3](#) (Bipolartransistoren), [2.3.4](#) (MOSFETs), [2.3.5](#) (Sperrsicht-FETs), [2.3.6](#) (Logik-FETs), [5.3](#) (Transistor-Platzierung nach links), [5.4](#) (Transistor-Platzierung nach rechts), [5.5](#) (Transistor-Platzierung nach oben).

### 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. 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` und `\digfet` 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`, `\cddiodenname`, `\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 Drähte

Der Befehl \Wire zeichnet einen Draht mit Doppellinie und besitzt fünf Argumente. Dies sind die Richtung, die x- und y-Koordinate des Startpunkts und die des Endpunkts. Einige Drähte mit Doppellinie sind in Abb. 6.1 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{6}
\Wire{L}{5}{3}{0}{3}
\Wire{LU}{12}{1}{7.5}{5}
\Wire{LD}{19}{5}{14.5}{1}
\Wire{R}{21}{3}{26}{3}
\Wire{RU}{28}{1}{32.5}{5}
\Wire{RD}{35}{5}{39.5}{1}
\Wire{U}{42.5}{0}{42.5}{5}
\Wire{UL}{49}{0}{45}{5}
\Wire{UR}{51.5}{0}{55.5}{5}
\Wire{D}{58}{6}{58}{1}
\Wire{DL}{64.5}{6}{60.5}{1}
\Wire{DR}{67}{6}{71}{1}
\end{circuitdiagram}
```

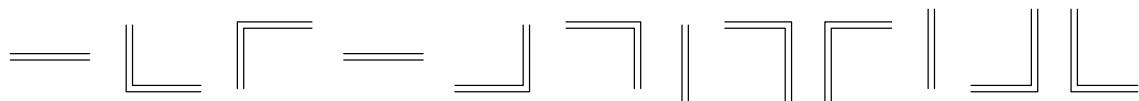


Abbildung 6.1: Doppelte Drähte

Der Befehl \wirear zeichnet einen Draht mit Pfeil und besitzt fünf Argumente. Dies sind die Richtung, die x- und y-Koordinate des Startpunkts und die des Endpunkts. Einige Drähte mit Pfeil sind in Abb. 6.2 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{6}
\wirear{L}{5}{3}{0}{3}
\wirear{LU}{12}{1}{7.5}{5}
\wirear{LD}{19}{5}{14.5}{1}
\wirear{R}{21}{3}{26}{3}
\wirear{RU}{28}{1}{32.5}{5}
```

## 6 WEITERE BEFEHLE UND ZUSATZPAKETE

```
\wirear{RD}{35}{5}{39.5}{1}
\wirear{U}{42.5}{0}{42.5}{5}
\wirear{UL}{49}{0}{45}{5}
\wirear{UR}{51.5}{0}{55.5}{5}
\wirear{D}{58}{6}{58}{1}
\wirear{DL}{64.5}{6}{60.5}{1}
\wirear{DR}{67}{6}{71}{1}
\end{circuitdiagram}
```

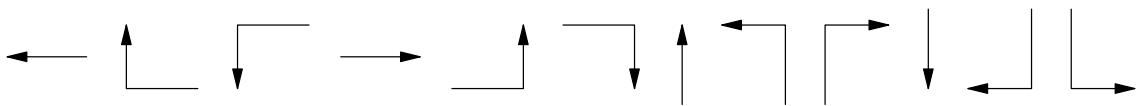


Abbildung 6.2: Drähte mit Pfeil

Der Befehl \Wirear zeichnet einen Draht mit Doppellinie und Pfeil und besitzt fünf Argumente. Dies sind die Richtung, die x- und y-Koordinate des Startpunkts und die des Endpunkts. Einige Drähte mit Doppellinie und Pfeil sind in Abb. 6.3 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{6}
\Wirear{L}{5}{3}{0}{3}
\Wirear{LU}{12}{1}{7.5}{5}
\Wirear{LD}{19}{5}{14.5}{1}
\Wirear{R}{21}{3}{26}{3}
\Wirear{RU}{28}{1}{32.5}{5}
\Wirear{RD}{35}{5}{39.5}{1}
\Wirear{U}{42.5}{0}{42.5}{5}
\Wirear{UL}{49}{0}{45}{5}
\Wirear{UR}{51.5}{0}{55.5}{5}
\Wirear{D}{58}{6}{58}{1}
\Wirear{DL}{64.5}{6}{60.5}{1}
\Wirear{DR}{67}{6}{71}{1}
\end{circuitdiagram}
```

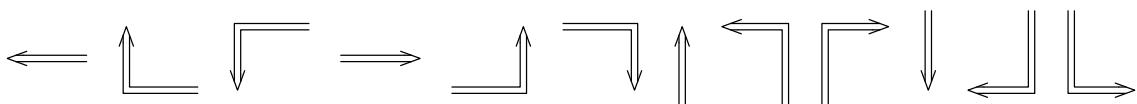


Abbildung 6.3: Doppelte Drähte mit Pfeil

Siehe auch: 3.1 (Drähte), 6.2.2 (Lötpunkte).

### 6.2.2 Lötpunkte

Der Befehl \Junct zeichnet einen dicken Lötpunkt für Doppellinien-Drähte und besitzt zwei Argumente. Dies sind die x- und y-Koordinate des Punkts. Einige dicke Lötpunkte sind in Abb. 6.4 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{15}{5}
\Wire{R}{0}{2}{2}{2}
\Wire{U}{2}{0}{2}{5}
\Junct{2}{2}
\Wire{R}{4.5}{3}{9}{3}
\Wire{U}{7}{0}{7}{3}
\Junct{7}{3}
\Wire{R}{11}{2}{15}{2}
\Wire{U}{13}{0}{13}{5}
\Junct{13}{2}
\end{circuitdiagram}
```

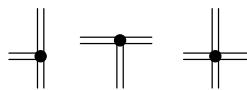


Abbildung 6.4: Dicke Lötpunkte

Siehe auch: [3.2](#) (Lötpunkte), [6.2.1](#) (Drähte).

### 6.2.3 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. [6.5](#) 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{dt}}}
\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}
```

$\int$	$z^{-1}$	$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}$	$\frac{5}{1 + 4s}$	$\frac{K\omega_0^2}{s^2 + 2D\omega_0s + \omega_0^2}$	$\frac{1}{s^2 + s + 1} \begin{pmatrix} s + 1 & 1 \\ -1 & s \end{pmatrix}$
--------	----------	----------------------------------	--------------------	--	---

Abbildung 6.5: Übertragungsfunktionen mit Mathematikmodus

Der Befehl `\trfctt` 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 im Textmodus gesetzt. Einige Blöcke sind in Abb. [6.6](#) dargestellt:

## 6 WEITERE BEFEHLE UND ZUSATZPAKETE

```
\begin{circuitdiagram}{32}{6}
\trfcctt{3}{3}{3}{2.5}{PID}
\trfcctt{13}{3}{5}{3}{PI-Regler}
\trfcctt{26}{3}{6}{3}{PT$_3$-Strecke}
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 6.6: Übertragungsfunktionen mit Textmodus

Der Befehl `\trfcfg` zeichnet einen Block für eine Übertragungsfunktion und besitzt ein optionales und drei zwingende Argumente. Die zwingenden sind Position x und y und der Typ (P, I, PID usw.). Einige Blöcke sind in Abb. 6.7 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{65}{22}
\trfcfg{5}{19}{P}
\trfcfg{16}{19}{I}
\trfcfg{27}{19}{D}
\trfcfg{38}{19}{PI}
\trfcfg{49}{19}{PD}
\trfcfg{60}{19}{PID}
\trfcfg{5}{11}{PT1}
\trfcfg{16}{11}{IT1}
\trfcfg{27}{11}{DT1}
\trfcfg{38}{11}{PT2un}
\trfcfg{49}{11}{PT2cr}
\trfcfg{60}{11}{PT2ov}
\trfcfg{5}{3}{PDT1}
\trfcfg{16}{3}{PPT1}
\trfcfg{27}{3}{PIDT1}
\trfcfg{38}{3}{I2}
\trfcfg{49}{3}{PTt}
\end{circuitdiagram}
```

### 6.2.4 Text für Übertragungsfunktionen

Der Befehl `\blktext` schreibt Text an eine Übertragungsfunktion in graphischer Darstellung und besitzt zwei Argumente. Dies sind die Position (`lu`, `cd` usw.) und der Text. Einige Texte sind in Abb. 6.8 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{43}{11}
\trfcfg[\blktext{lu}{3,75}]{5}{5.5}{P}
\trfcfg[\blktext{ru}{$T\_ \{\text{I}\}$}]{16}{5.5}{I}
\trfcfg[\blktext{lu}{$K$}\blktext{ru}{$D, \omega_0$}]{27}{5.5}{PT2un}
\trfcfg[\blktext{lu}{a}\blktext{cu}{b}\blktext{ru}{c}\blktext{ld}{d}%
\blktext{cd}{e}\blktext{rd}{f}]{38}{5.5}{PI}
\end{circuitdiagram}
```

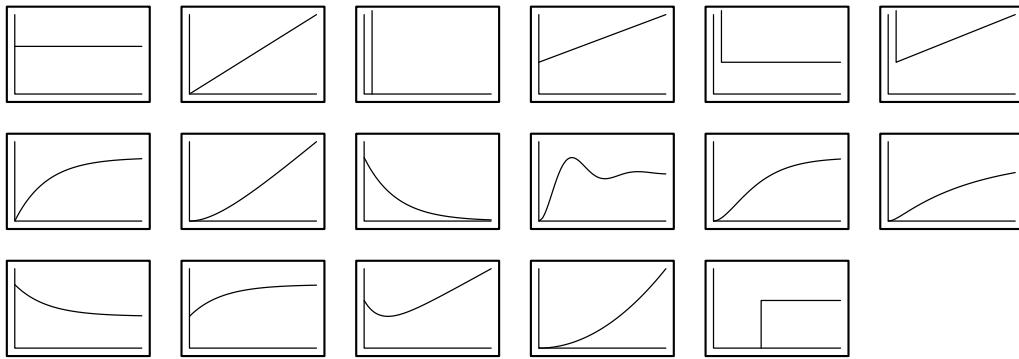


Abbildung 6.7: Übertragungsfunktionen mit graphischer Darstellung

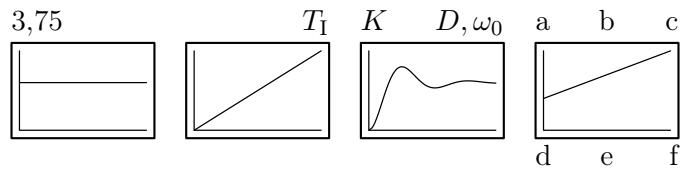


Abbildung 6.8: Text für Übertragungsfunktionen

### 6.2.5 Additionssymbole

Der Befehl `\addsym` zeichnet einen Kreis als Additionssymbol und besitzt ein optionales und zwei zwingende Argumente. Die zwingenden sind Position x und y. Einige Additionssymbole sind in Abb. 6.9 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{19}{8}
\wirear[R]{0}{5}{4}{5}
\wirear[U]{5}{0}{5}{4}
\addsym[5]{5}
\wirear[R]{6}{5}{10}{5}
\wirear[D]{13}{8}{13}{5}
\wirear[L]{19}{4}{14}{4}
\addsym[13]{4}
\wirear[D]{13}{3}{13}{0}
\end{circuitdiagram}
```

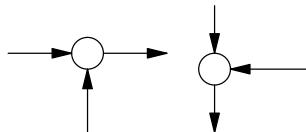


Abbildung 6.9: Additionssymbole

### 6.2.6 Vorzeichen für Additionssymbole

Die Befehle `\addplus`, `\addminus`, `\addplmi` bzw. `\addmpl` zeichnen die Vorzeichen „+“, „-“, „±“ bzw. „∓“ an ein Additionssymbol und besitzen ein Argument. Dies ist die Position (LU,

## 6 WEITERE BEFEHLE UND ZUSATZPAKETE

DR usw.). Einige Vorzeichen sind in Abb. 6.10 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{26}{8}
\wirear[R]{0}{5}{4}{5}
\wirear[U]{5}{0}{5}{4}
\addsym[\addplus{LU}\addminus{DL}]{5}{5}
\wirear[R]{6}{5}{10}{5}
\wirear[D]{13}{8}{13}{5}
\wirear[L]{19}{4}{14}{4}
\addsym[\addminus{UR}\addplus{RD}]{13}{4}
\wirear[D]{13}{3}{13}{0}
\addsym[\addplus{LU}\addplus{LD}\addminus{RU}\addminus{RD}\addplmi{UL}%
\addplmi{UR}\addmpl{DL}\addmpl{DR}]{23.5}{4}
\end{circuitdiagram}
```

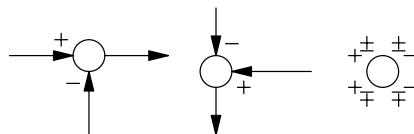


Abbildung 6.10: Vorzeichen für Additionssymbole

### 6.3 Die Paketoption color

Die Paketoption `color` stellt farbige Ergänzungen zur Verfügung.

#### 6.3.1 Farbcodes

Für die Kennzeichnung von Widerstandswerten, aber auch anderer Bauelemente oder Buskabel, hat sich eine Farbcodierung für die zehn Dezimalziffern etabliert. Diese sind von `circdia` als Farbvariablen definiert:

Ziffer	Farbe	Variable	Farbton
0	schwarz	<code>cdblack</code>	
1	braun	<code>cdbrown</code>	
2	rot	<code>cdred</code>	
3	orange	<code>cdorange</code>	
4	gelb	<code>cdyellow</code>	
5	grün	<code>cdgreen</code>	
6	blau	<code>cdblue</code>	
7	violett	<code>cdpurple</code>	
8	grau	<code>cdgray</code>	
9	weiß	<code>cdwhite</code>	
G	gold	<code>cdgold</code>	
S	silber	<code>cdsilver</code>	

Diese Variablen können überall dort verwendet werden, wo von Latex eine Farbe erwartet wird, z. B. im ersten Argument des Befehls `\textcolor`. Der Befehl `\textcolorelec` von `circdia` mit derselben Syntax setzt die übergebene Ziffer in die entsprechende Farbe um. Einige Farbbefehle sind in Abb. 6.11 dargestellt:

```
\textcolor{cdbrown}{abcd} \textcolor{cdpurple}{efgh} \textcolor{cdgold}{ijkl}
\textcolor{colorelec}{5}{mnop} \textcolor{colorelec}{6}{qrst} \textcolor{colorelec}{S}{uvwxyz}
```

**abcd efgh ijk**  
**mnop qrst uvwx**

Abbildung 6.11: Farbbefehle

Der Befehl `\colorstripes` zeichnet einen Widerstandsfarbcde in einen Widerstand und besitzt ein Argument. Dies ist der Farbcde in Form einer Ziffernfolge. Einige Widerstände mit Farbcde sind in Abb. 6.12 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{28}{6}
\resis[\colorstripes{682G}]{3}{3}{H}{R1}{}
\resis[\colorstripes{7531}]{11}{3}{H}{R2}{}
\resis[\colorstripes{682G}]{17}{3}{V}{R3}{}
\resis[\colorstripes{7531}]{24}{3}{V}{R4}{}
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 6.12: Farbcodes bei Widerständen

### 6.3.2 Farbige Spannungspfeile und Polaritäten

Der Befehl `\coloredpn` färbt einen folgenden Spannungspfeil (`\voltar`) oder eine folgende Polarität (`\polarity`) zweifarbig ein und besitzt zwei Argumente. Dies sind die beiden Farben für das positive und negative Ende. Einige zweifarbige Spannungspfeile und Polaritäten sind in Abb. 6.13 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{68}{10}
\voltsrc[\coloredpn{cdred}{cdbblue}\polarity{UL}]{4}{5}{H}{U1}{}
\currsrc[\coloredpn{cdred}{cdblack}\polarity{DR}]{13}{5}{H}{I1}{}
\othersrc[\coloredpn{cdgreen}{cdblue}\polarity{LU}]{batt2}{21}{5}{U}{U2}{}
\measdev[\measunit{mA}\coloredpn{cdgreen}{cdblack}\polarity{RD}]%
{30}{5}{V}{I2}{}
\resis[\coloredpn{cdred}{cdbblue}\voltar{UR}{$U$}]{39}{5}{Hd}{R1}{}
\capac[\coloredpn{cdred}{cdblack}\voltar{DL}{$U$}]{46}{5}{Hu}{C1}{}
\induc[\coloredpn{cdgreen}{cdblue}\voltar{RD}{$U$}]{53}{5}{VR1}{L1}{}
\diode[\coloredpn{cdgreen}{cdblack}\voltar{LU}{$U$}]{64}{5}{U}{D1}{}
\end{circuitdiagram}
```

## 6.4 Die Paketoption diag

Die Paketoption `diag` stellt Schaltungsformen mit diagonal platzierten Bauelementen zur Verfügung.

## 6 WEITERE BEFEHLE UND ZUSATZPAKETE

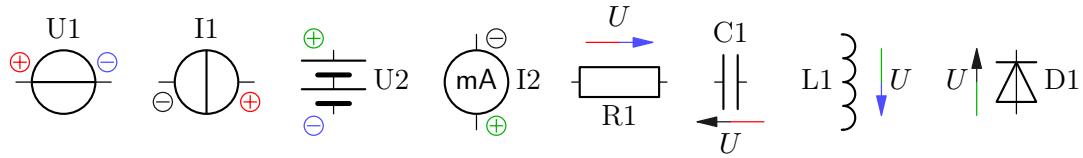


Abbildung 6.13: Farbige Spannungspfeile und Polaritäten

### 6.4.1 Brückenformen

Der Befehl `\bridgeform` zeichnet vier Bauelemente in Form eines um  $45^\circ$  gedrehten Quadrats und besitzt ein optionales und sechs zwingende Argumente. Die zwingenden sind die Position  $x$  und  $y$  des Mittelpunkts und die vier Bauelemente. Das optionale ist der Abstand der Ecken des Quadrats zum Mittelpunkt in Rastereinheiten, d. h. die halbe Länge der Diagonale; der Standard ist 8. Einige Brückenformen sind in Abb. 6.14 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{50}{18}
\bridgeform{8}{9}%
{\diode{0}{0}{R}{D1}}%
{\diode{0}{0}{L}{D2}}%
{\diode{0}{0}{L}{D3}}%
{\diode{0}{0}{R}{D4}}%
\bridgeform[5]{24}{9}%
{\diode{0}{0}{Rd}{D5}}%
{\diode{0}{0}{Ld}{D6}}%
{\diode{0}{0}{Ld}{D7}}%
{\diode{0}{0}{Rd}{D8}}%
\bridgeform[9]{41}{9}%
{\resis{0}{0}{H}{R1}}%
{\resis{0}{0}{H}{R2}}%
{\resis[\modify{RU*}]{0}{0}{H}{R3}\junct{-4}{0}}%
{\resis{0}{0}{H}{R4}}
\end{circuitdiagram}
```

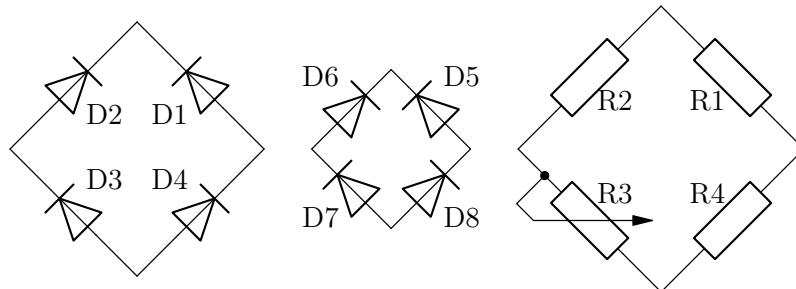


Abbildung 6.14: Brückenformen

### 6.4.2 Dreiecksformen

Der Befehl `\deltaform` zeichnet drei Bauelemente in Form eines gleichseitigen Dreiecks und besitzt ein optionales und sechs zwingende Argumente. Die zwingenden sind die Position x und y des Mittelpunkts, die Drehung des Dreiecks und die drei Bauelemente. Das optionale ist der Abstand der Seitenmitten des Dreiecks zum Mittelpunkt in Rastereinheiten; der Standard ist 4. Einige Dreiecksformen sind in Abb. 6.15 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{56}{26}
\deltaform{7}{13}{0}%
{\diode{0}{0}{R}{D1}{}}%
{\diode{0}{0}{L}{D2}{}}%
{\diode{0}{0}{L}{D3}{}}%
\deltaform[3.5]{23}{13}{90}%
{\diode{0}{0}{Rd}{D4}{}}%
{\diode{0}{0}{Ld}{D5}{}}%
{\diode{0}{0}{Ld}{D6}{}}%
\deltaform[7.5]{41}{13}{30}%
{\resis{0}{0}{H}{R1}{}}%
{\resis{0}{0}{H}{R2}{}}%
{\resis[\modify{RU*}]{0}{0}{H}{R3}{}}\junct{-4}{0}}
\end{circuitdiagram}
```

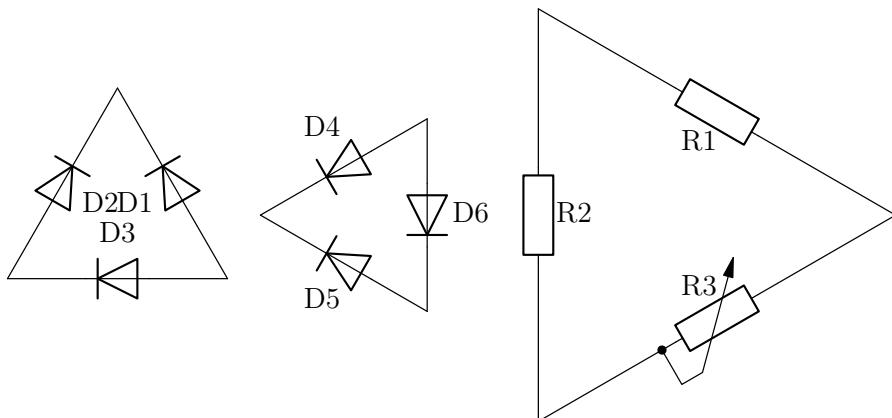


Abbildung 6.15: Dreiecksformen

Achtung: Im Allgemeinen liegen die Eckpunkte nicht exakt im Raster (auch nicht im halben Raster). Das optionale Argument  $d$  sollte ganzzahlig oder halbzahlig sein. Die Ecken liegen dann um so besser im halben Raster, je genauer auch  $d\sqrt{3}$  ganzzahlig oder halbzahlig ist. Darunter fallen im Wesentlichen:

$$\begin{array}{c|cccccc} d = & (2) & 3,5 & 4 & 5,5 & 7,5 & (9,5) \\ \hline d\sqrt{3} \approx & (3,5) & 6 & 7 & 9 & 13 & (16,5) \end{array}$$

### 6.4.3 Sternformen

Der Befehl `\starform` zeichnet drei Bauelemente in Form eines regelmäßigen Sterns und besitzt ein optionales und sechs zwingende Argumente. Die zwingenden sind die Position x und

## 6 WEITERE BEFEHLE UND ZUSATZPAKETE

y des Mittelpunkts, die Drehung des Dreiecks und die drei Bauelemente. Das optionale ist der Abstand der Seitenmitten des umgebenden Dreiecks zum Mittelpunkt in Rastereinheiten; der Standard ist 4. Einige Sternformen sind in Abb. 6.15 dargestellt:

```
\begin{circuitdiagram}{56}{23}
\starform{6}{15}{0}%
{\diode{0}{0}{R}{D1}{}}%
{\diode{0}{0}{L}{D2}{}}%
{\diode{0}{0}{L}{D3}{}}%
\starform[3.5]{22}{15}{90}%
{\diode{0}{0}{Rd}{D4}{}}%
{\diode{0}{0}{Ld}{D5}{}}%
{\diode{0}{0}{Ld}{D6}{}}%
\starform[7.5]{43}{15}{30}%
{\resis{0}{0}{H}{R1}{}}%
{\resis{0}{0}{H}{R2}{}}%
{\resis[\modify{RU*}]{0}{0}{H}{R3}{}}\junct{-4}{0}}
\end{circuitdiagram}
```

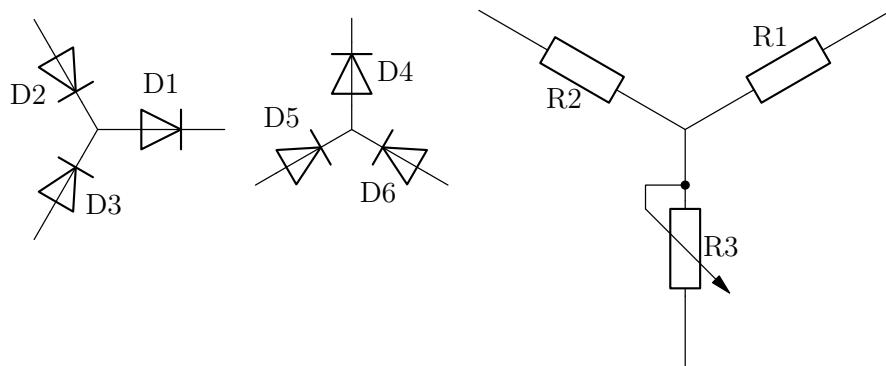


Abbildung 6.16: Sternformen

Achtung: Im Allgemeinen liegen die Endpunkte nicht exakt im Raster (auch nicht im halben Raster), vgl. dazu den Kommentar bei den Dreiecksformen zuvor.

### 6.5 Die Paketoption **graph**

TO DO ...

### 6.6 Die Paketoption **mech**

TO DO ...

## A Schnellübersicht

### A.1 Spannungen und Ströme

#### A.1.1 Leitungen und Anschlüsse

\wire		
\wire[H]		
\wire[V]		
\Wire		block
\wirear		block
\Wirear		block
\junct	•	
\Junct	•	block
\pin	-○	
\pin[\male]	-■	
\pin[\female]	-□	
\resis[\wireL]		
\resis[\wireR]		
\resis[\wireLR]		
\capac[\wireU]		
\capac[\wireD]		
\capac[\wireUD]		

#### A.1.2 Masse, Betriebsspannung und Pfeile

\ground		
\power		
\othergnd{-} usw.		srcmeas
\othergnd{---} usw.		srcmeas
\othergnd{///} usw.		srcmeas
\othergnd{tri} usw.		srcmeas
\othergnd{triA} usw.		srcmeas

## A SCHNELLÜBERSICHT

<code>\othergnd{triD} usw.</code>		srcmeas
<code>\otherpow{ &gt;}</code>		srcmeas
<code>\otherpow{&gt;} usw.</code>		srcmeas
<code>\otherpow{-}</code>		srcmeas
<code>\otherpow{o} usw.</code>		srcmeas
<code>\Voltar</code>		
<code>\currar</code>		
<code>\resis[\voltar]</code>		
<code>\resis[\coloredpn\voltar]</code>		color

### A.1.3 Standard-Quellen

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

### A.1.4 Andere Quellen

<code>\othersrc{batt} usw.</code>		srcmeas
<code>\othersrc{+-}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{o}</code>		srcmeas
<code>\othersrc{oo}</code>		srcmeas

\othersrc{()}		srcmeas
\othersrc{->}		srcmeas
\othersrc[\sigsym]{o}		srcmeas
\othersrc[\noisy]		srcmeas
\othersrc[\polarity]		srcmeas
\othersrc[\coloredpn\polarity]		color
\othersrc[\modify]		

### A.1.5 Messgeräte

\measdev		srcmeas
\measdev[\polarity]		srcmeas
\measdev[\coloredpn\polarity]		color
\measdev[\measunit]		srcmeas
\measdev[\wmeter]		srcmeas

## A.2 Passive Bauelemente

### A.2.1 Schalter und Relais

\switch{off}		
\switch{offline}		
\switch{on}		
\switch{ontouch}		
\switch{online}		
\switch{tog}		

## A SCHNELLÜBERSICHT

<code>\switch{togtouch}</code>		
<code>\switch{togline}</code>		
<code>\switch{togg*}</code>		
<code>\switch{togtouch*}</code>		
<code>\switch{togline*}</code>		
<code>\relay</code>		switch
<code>\swiandswi</code>		switch
<code>\relandswi</code>		switch
<code>\switch[\pushswi]</code>		switch

### A.2.2 Widerstände

<code>\resis</code>		
<code>\resis[\noisy]</code>		srcmeas
<code>\resis[\slider]</code>		
<code>\resis[\ptc]</code>		passive
<code>\resis[\ntc]</code>		passive
<code>\resis[\modify]</code>		
<code>\resis[\trim]</code>		
<code>\rclandrcl</code>		passive

\resis[\photo]



\resis[\colorstripes]



color

### A.2.3 Kondensatoren

\capac



\capac[\elcap]



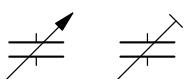
\capac[\modify]



\capac[\trim]



\rclandrcl



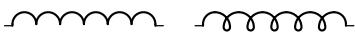
passive

### A.2.4 Spulen

\induc



\induc[\windings]



\induc[\winddot]



passive

\induc[\ironcore]



passive

\induc[\ferrcore]



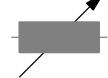
passive

\Ironcore

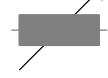


passive

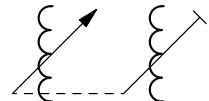
\induc[\modify]



\induc[\trim]



\rclandrcl



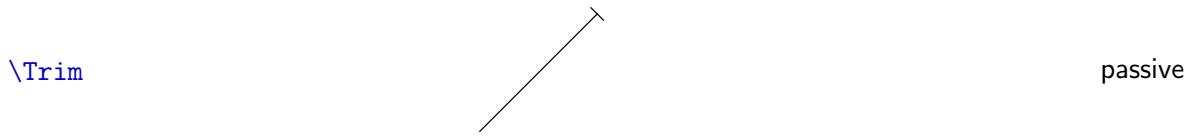
passive

\Modify



passive

## A SCHNELLÜBERSICHT



### A.3 Halbleiterbauelemente

#### A.3.1 Dioden und Thyristoren

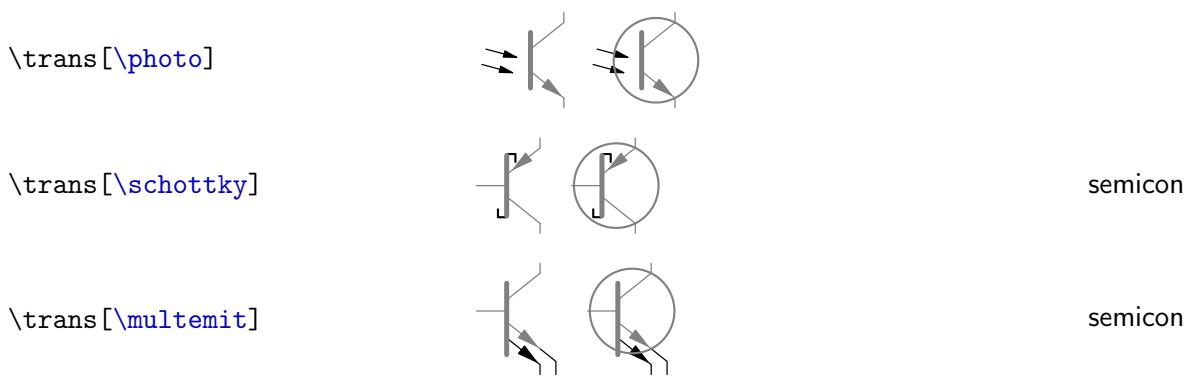
\diode				
\diode[\photo]				
\diode[\emit]				
\diode[\zener]				
\diode[\schottky]				semicon
\diode[\tunnel]				semicon
\diode[\capdio]				semicon
\diode[\thyr]				semicon

#### A.3.2 Diacs und Triacs

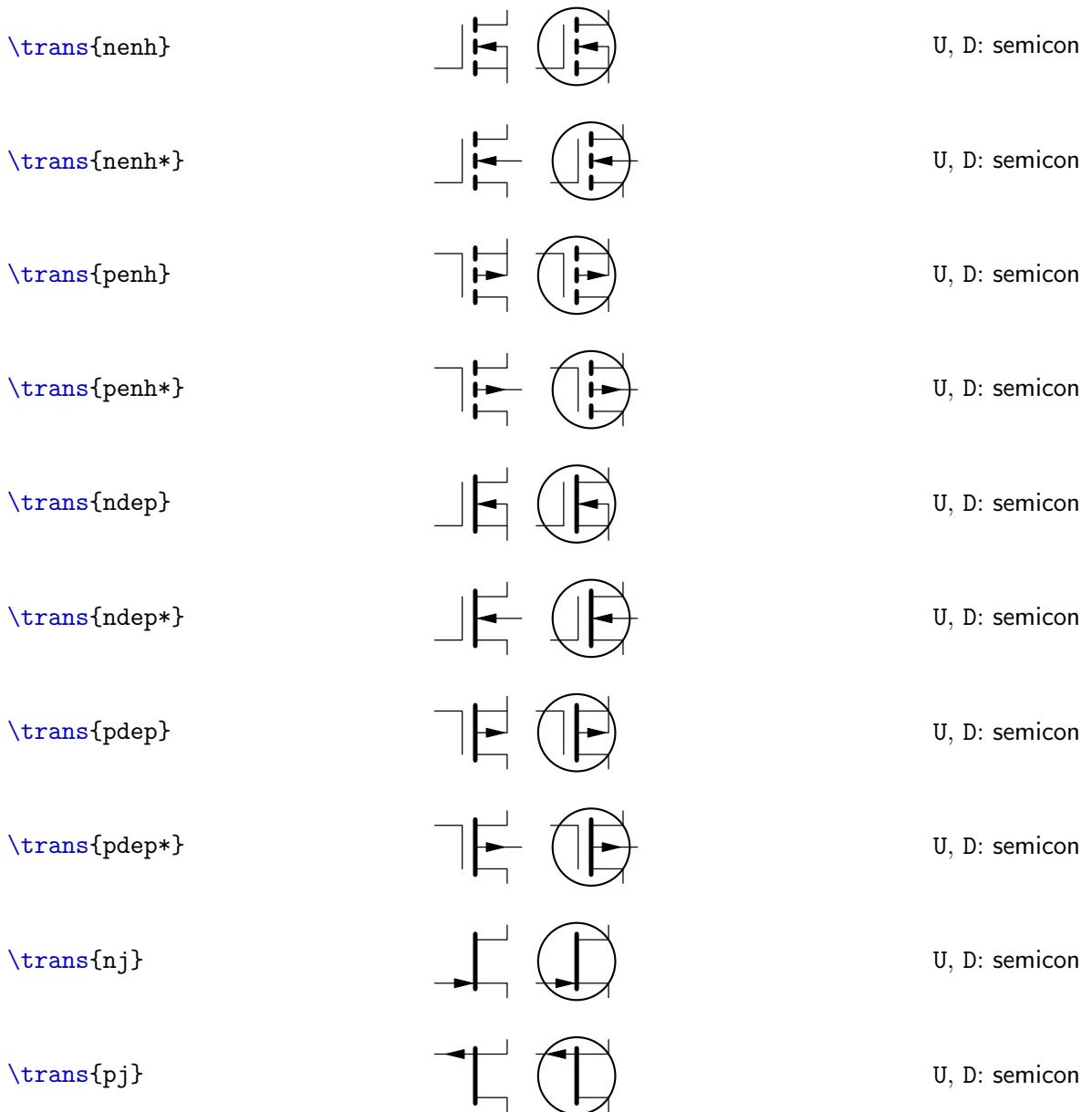
\diac				semicon
\diac[\triac]				semicon

#### A.3.3 Bipolartransistoren

\trans{npn}			U, D: semicon
\trans{pnp}			U, D: semicon
\trans[\noisy]			srcmeas



#### A.3.4 MOSFETs und Sperrschiicht-FETs



## A SCHNELLÜBERSICHT

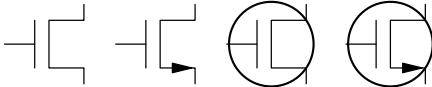
\trans[\noisy]



srcmeas

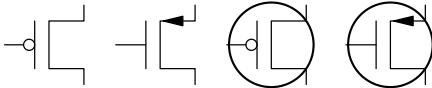
### A.3.5 Logik-FETs

\digfet{nenh}



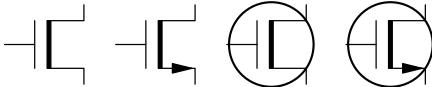
semicon

\digfet{penh}



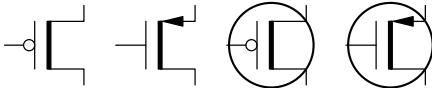
semicon

\digfet{ndep}



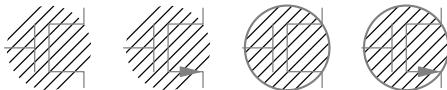
semicon

\digfet{pdep}



semicon

\digfet[\noisy]

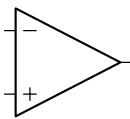


srcmeas

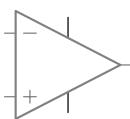
## A.4 Integrierte Schaltungen

### A.4.1 Operationsverstärker

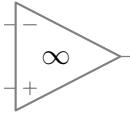
\opamp



\opamp[\supply]

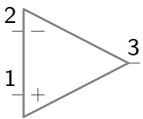


\opamp[\optext]



ic

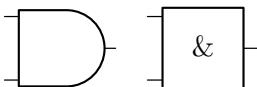
\opamp[\pinos]



ic

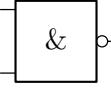
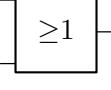
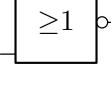
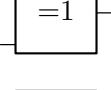
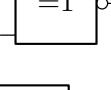
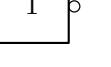
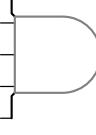
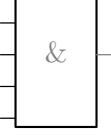
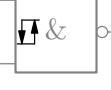
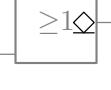
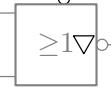
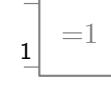
### A.4.2 Gatter

\gate{and}



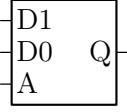
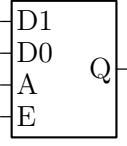
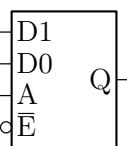
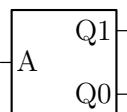
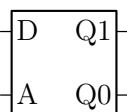
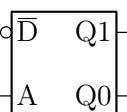
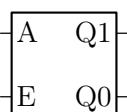
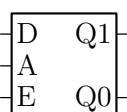
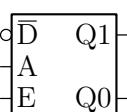
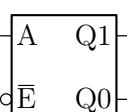
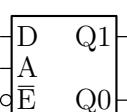
digital

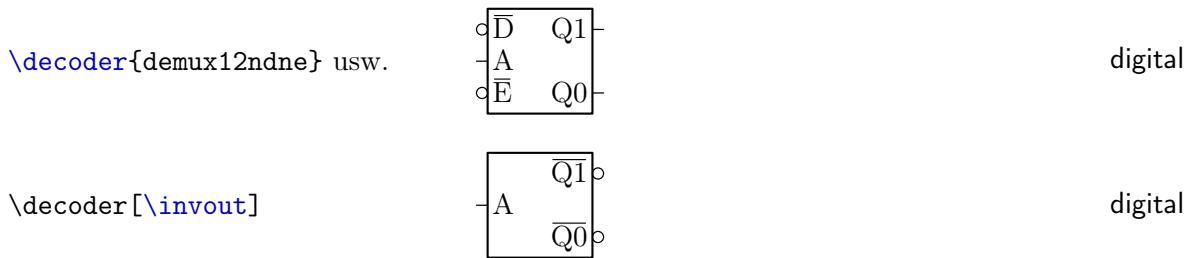
#### A.4 INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

<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{buf}</code>	 	digital
<code>\gate{not}</code>	 	digital
<code>\gate{trans1}</code>		digital
<code>\gate{trans2}</code>		digital
<code>\gate[\inputs]</code>	 	digital
<code>\gate[\schmitt]</code>	 	digital
<code>\gate[\opencoll]</code>	 	digital
<code>\gate[\tristate]</code>	 	digital
<code>\gate[\pinnos]</code>	 	ic

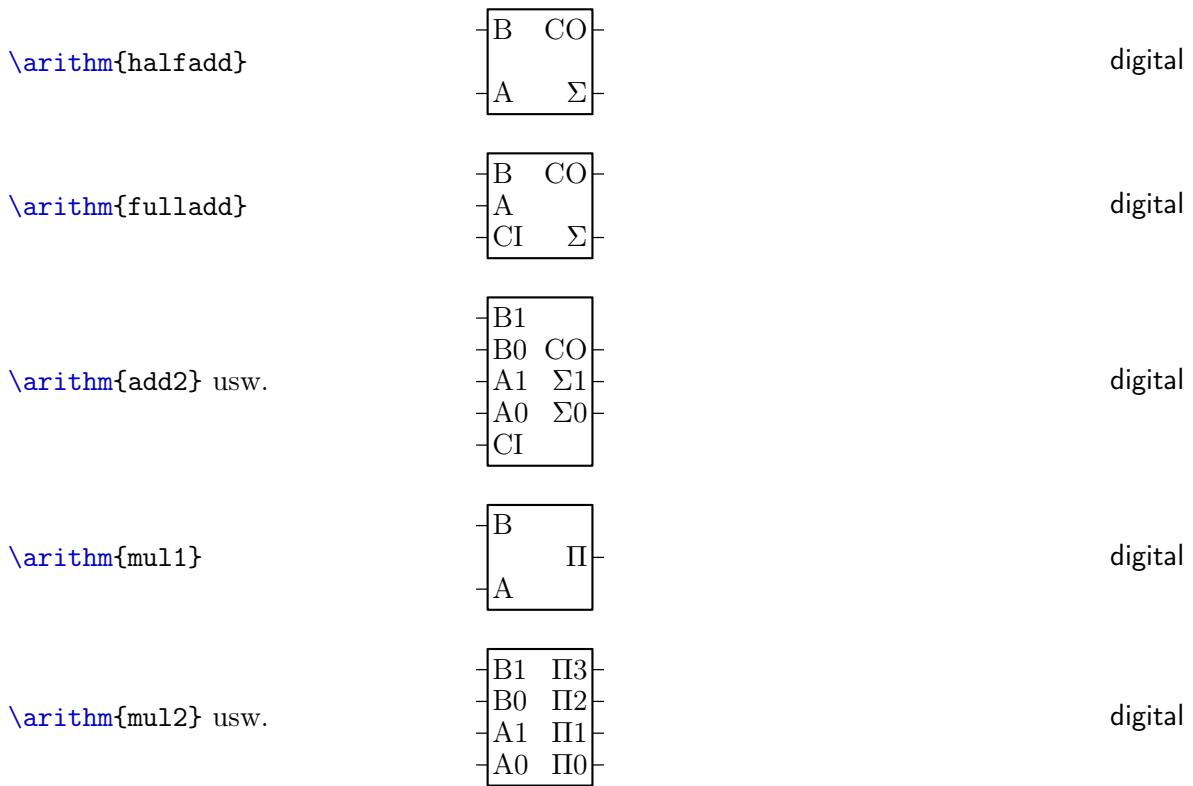
## A SCHNELLÜBERSICHT

### A.4.3 Decoder

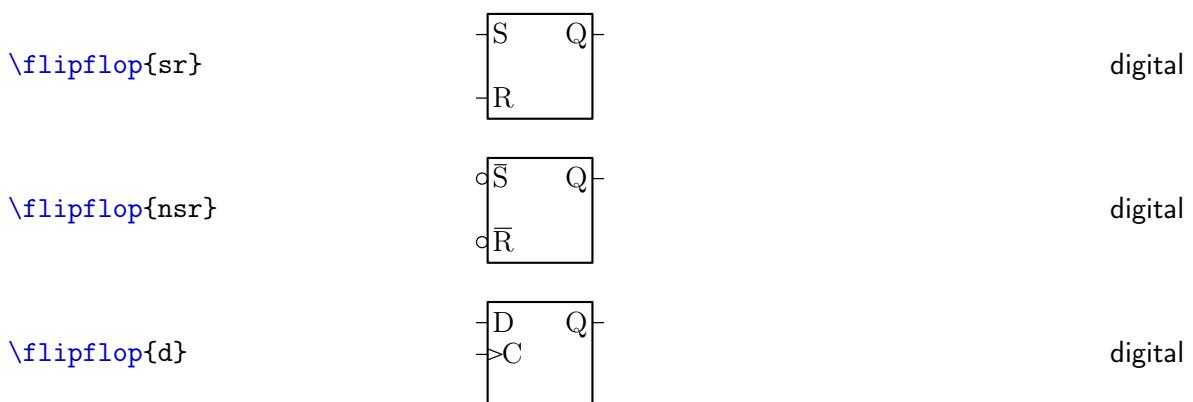
\decoder{mux21} usw.		digital
\decoder{mux21e} usw.		digital
\decoder{mux21ne} usw.		digital
\decoder{demux12} usw.		digital
\decoder{demux12d} usw.		digital
\decoder{demux12nd} usw.		digital
\decoder{demux12e} usw.		digital
\decoder{demux12de} usw.		digital
\decoder{demux12nde} usw.		digital
\decoder{demux12ne} usw.		digital
\decoder{demux12dne} usw.		digital



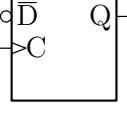
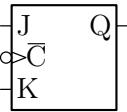
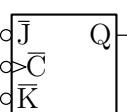
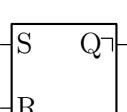
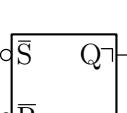
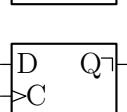
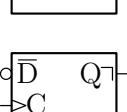
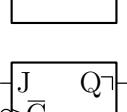
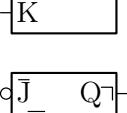
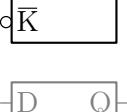
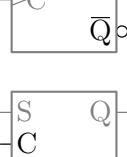
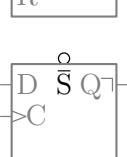
#### A.4.4 Arithmetische Bausteine

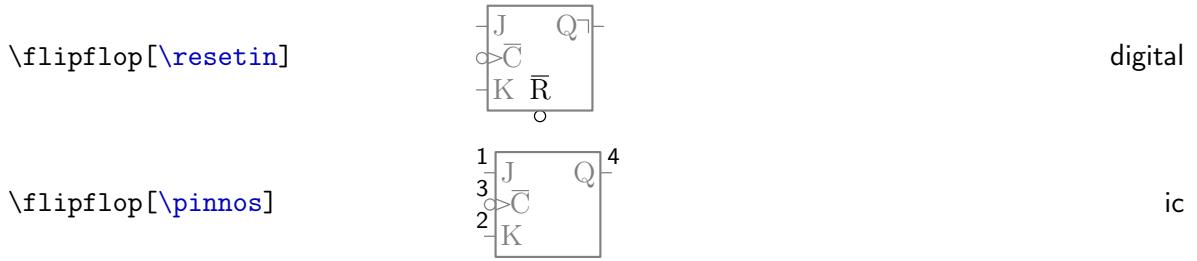


#### A.4.5 Flipflops

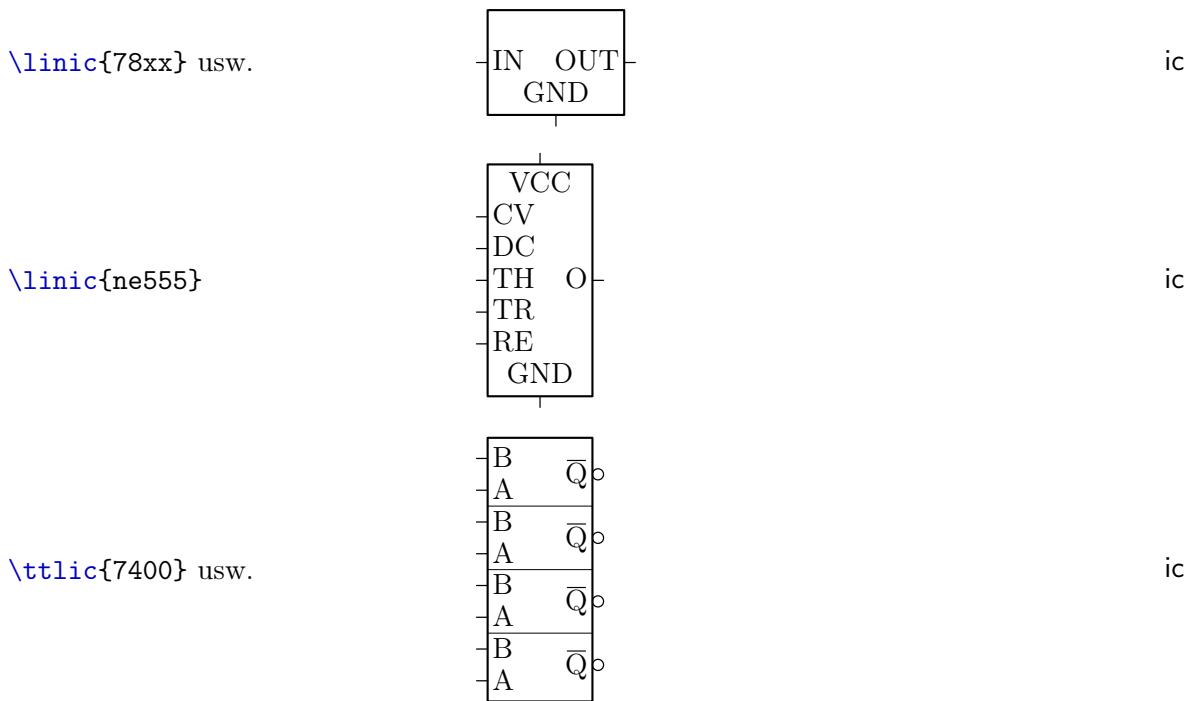


## A SCHNELLÜBERSICHT

<code>\flipflop{nd}</code>		digital
<code>\flipflop{jk}</code>		digital
<code>\flipflop{njk}</code>		digital
<code>\flipflop{srms}</code>		digital
<code>\flipflop{nsrms}</code>		digital
<code>\flipflop{dms}</code>		digital
<code>\flipflop{ndms}</code>		digital
<code>\flipflop{jkms}</code>		digital
<code>\flipflop{njkms}</code>		digital
<code>\flipflop[\invout]</code>		digital
<code>\flipflop[\clockin]</code>		digital
<code>\flipflop[\setin]</code>		digital

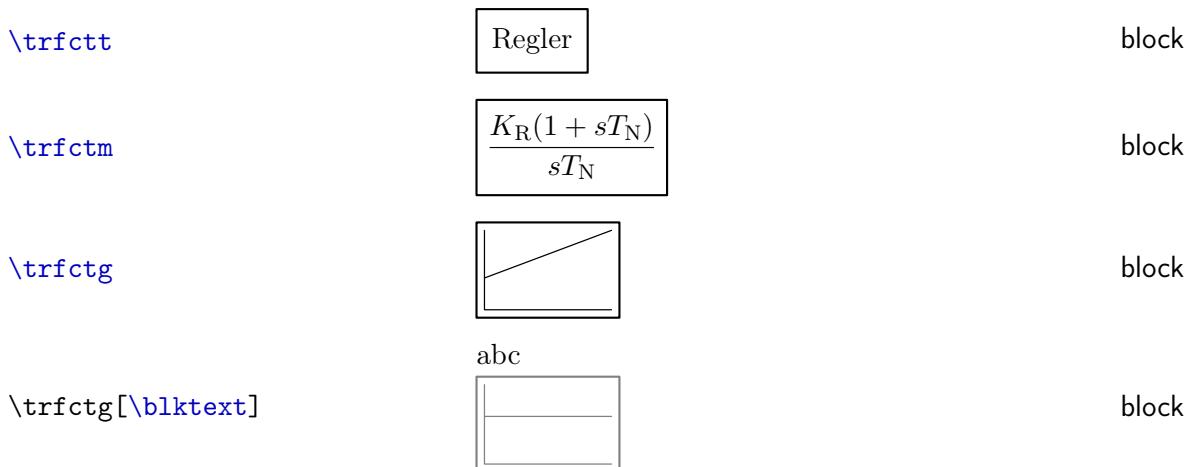


#### A.4.6 Benannte ICs



## A.5 Sonstiges

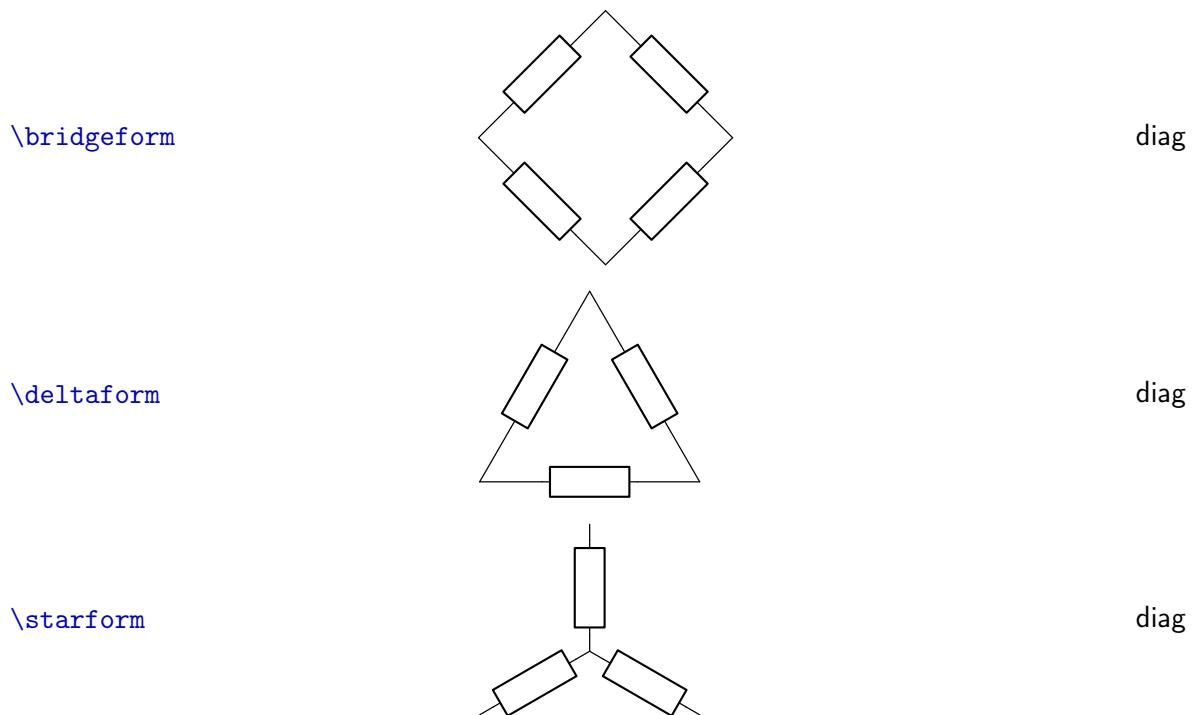
### A.5.1 Blockschaltbilder



## A SCHNELLÜBERSICHT

\addsym	○	block
\addsym[\addplus]	○ <sup>+</sup>	block
\addsym[\addminus]	○ <sup>-</sup>	block
\addsym[\addplmi]	○ <sup>±</sup>	block
\addsym[\addmpl]	○ <sup>‡</sup>	block

### A.5.2 Diagonale Formen



## Abbildungsverzeichnis

1.1	Das erste Beispiel . . . . .	8
1.2	Die Umgebungsoption <code>draft</code> . . . . .	8
2.1	Spannungsquellen . . . . .	11
2.2	Stromquellen . . . . .	12
2.3	Andere Quellen (1/3) . . . . .	13
2.4	Andere Quellen (2/3) . . . . .	13
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	npn-Transistoren . . . . .	27
2.20	pnp-Transistoren . . . . .	28
2.21	npn-Transistoren nach oben/unten . . . . .	29
2.22	pnp-Transistoren nach oben/unten . . . . .	30
2.23	Anreichernde n-Kanal-MOSFETs . . . . .	31
2.24	Anreichernde p-Kanal-MOSFETs . . . . .	32
2.25	Verarmende n-Kanal-MOSFETs . . . . .	33
2.26	Verarmende p-Kanal-MOSFETs . . . . .	34
2.27	Anreichernde n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten . . . . .	34
2.28	Anreichernde p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten . . . . .	35
2.29	Verarmende n-Kanal-MOSFETs nach oben/unten . . . . .	36
2.30	Verarmende p-Kanal-MOSFETs nach oben/unten . . . . .	37
2.31	n-Kanal-Sperrschiicht-FETs . . . . .	37
2.32	p-Kanal-Sperrschiicht-FETs . . . . .	38
2.33	n-Kanal-Sperrschiicht-FETs nach oben/unten . . . . .	38
2.34	p-Kanal-Sperrschiicht-FETs nach oben/unten . . . . .	39
2.35	Anreichernde n-Kanal-Logik-FETs . . . . .	40
2.36	Anreichernde p-Kanal-Logik-FETs . . . . .	40
2.37	Verarmende n-Kanal-Logik-FETs . . . . .	41
2.38	Verarmende p-Kanal-Logik-FETs . . . . .	42
2.39	Anreichernde n-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten . . . . .	43
2.40	Anreichernde p-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten . . . . .	44
2.41	Verarmende n-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten . . . . .	44
2.42	Verarmende p-Kanal-Logik-FETs nach oben/unten . . . . .	45
2.43	Operationsverstärker . . . . .	46

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

2.44 Linear-ICs . . . . .	47
2.45 AND-Gatter . . . . .	47
2.46 NAND-Gatter . . . . .	48
2.47 OR-Gatter . . . . .	49
2.48 NOR-Gatter . . . . .	50
2.49 XOR-Gatter . . . . .	50
2.50 XNOR-Gatter . . . . .	51
2.51 Puffer-Gatter . . . . .	52
2.52 NOT-Gatter . . . . .	53
2.53 Transmissions-Gatter . . . . .	53
2.54 Multiplexer (1/3) . . . . .	54
2.55 Multiplexer (2/3) . . . . .	55
2.56 Multiplexer (3/3) . . . . .	55
2.57 Demultiplexer (1/3) . . . . .	56
2.58 Demultiplexer (2/3) . . . . .	56
2.59 Demultiplexer (3/3) . . . . .	57
2.60 Addierer . . . . .	58
2.61 Multiplizierer . . . . .	58
2.62 SR-Flipflops . . . . .	59
2.63 D-Flipflops . . . . .	60
2.64 JK-Flipflops . . . . .	61
2.65 SR-Master-Slave-Flipflops . . . . .	61
2.66 D-Master-Slave-Flipflops . . . . .	62
2.67 JK-Master-Slave-Flipflops . . . . .	62
2.68 TTL-ICs (1/5) . . . . .	64
2.69 TTL-ICs (2/5) . . . . .	64
2.70 TTL-ICs (3/5) . . . . .	65
2.71 TTL-ICs (4/5) . . . . .	66
2.72 TTL-ICs (5/5) . . . . .	67
2.73 Zwei gekoppelte Schalter . . . . .	68
2.74 Mehrere gekoppelte Schalter . . . . .	68
2.75 Relais mit Schaltern . . . . .	69
2.76 Relais mit mehreren Schaltern . . . . .	69
2.77 Zwei gekoppelte veränderbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen . . . . .	70
2.78 Zwei gekoppelte trimmbare Widerstände, Kondensatoren und Spulen . . . . .	71
2.79 Zwei gekoppelte R, C, L mit benutzerdefinierter Linie . . . . .	71
2.80 Mehrere gekoppelte R, C, L . . . . .	72
2.81 Schalter mit mehreren Verbindungen . . . . .	72
2.82 Relais mit mehreren Verbindungen . . . . .	73
2.83 R, C, L mit mehreren Verbindungen . . . . .	73
3.1 Drähte . . . . .	75
3.2 Abgeknickte Drähte . . . . .	75
3.3 Lötpunkte . . . . .	76
3.4 Anschlusspins . . . . .	76
3.5 Masse-Symbole . . . . .	77
3.6 Betriebsspannungssymbole . . . . .	77
3.7 Horizontale andere Masse-Symbole . . . . .	79

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

3.8	Vertikale andere Masse-Symbole . . . . .	80
3.9	Horizontale andere Betriebsspannungssymbole . . . . .	81
3.10	Vertikale andere Betriebsspannungssymbole . . . . .	81
3.11	Alleinstehende Spannungspfeile . . . . .	82
3.12	Strompfeile . . . . .	83
4.1	Stecker . . . . .	85
4.2	Buchsen . . . . .	85
4.3	Stecker und Buchsen . . . . .	86
4.4	Spannungspfeile . . . . .	87
4.5	Signal-Symbole . . . . .	87
4.6	Rauschende Quellen . . . . .	88
4.7	Rauschende Widerstände . . . . .	88
4.8	Rauschende Transistoren . . . . .	89
4.9	Polaritäten . . . . .	90
4.10	Messgeräte-Einheiten . . . . .	90
4.11	Leistungsmessgeräte . . . . .	91
4.12	Drucktaster für Ein/Aus-Schalter . . . . .	92
4.13	Drucktaster für horizontale Wechselschalter . . . . .	93
4.14	Drucktaster für vertikale Wechselschalter . . . . .	94
4.15	Schleifkontakte bei Widerständen . . . . .	94
4.16	Kalteleiter . . . . .	95
4.17	Heißleiter . . . . .	95
4.18	Elektrolytkondensatoren . . . . .	96
4.19	Mehr oder weniger Windungen für Spulen . . . . .	97
4.20	Eine korrekt und eine fehlerhaft gesetzte Spule . . . . .	97
4.21	Wicklungssinne . . . . .	98
4.22	Eisenkerne . . . . .	99
4.23	Ferritkerne . . . . .	100
4.24	Ein Transformator . . . . .	100
4.25	Alleinstehende Eisenkerne . . . . .	100
4.26	Ein komplizierterer Transformator . . . . .	101
4.27	Veränderbarkeitspfeile bei Quellen . . . . .	102
4.28	Veränderbarkeitspfeile bei Widerständen . . . . .	102
4.29	Veränderbarkeitspfeile bei Kondensatoren . . . . .	103
4.30	Veränderbarkeitspfeile bei horizontalen Spulen . . . . .	104
4.31	Veränderbarkeitspfeile bei vertikalen Spulen . . . . .	105
4.32	Alleinstehende Veränderbarkeitspfeile . . . . .	105
4.33	Einstellbarkeitsstriche bei Widerständen . . . . .	106
4.34	Einstellbarkeitsstriche bei Kondensatoren . . . . .	106
4.35	Einstellbarkeitsstriche bei horizontalen Spulen . . . . .	107
4.36	Einstellbarkeitsstriche bei vertikalen Spulen . . . . .	108
4.37	Alleinstehende Einstellbarkeitsstriche . . . . .	109
4.38	Photowiderstände . . . . .	109
4.39	Photodioden . . . . .	110
4.40	Phototransistoren . . . . .	111
4.41	Leuchtdioden . . . . .	111
4.42	Zener-Dioden bzw. Z-Dioden . . . . .	112

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

4.43 Schottky-Dioden . . . . .	112
4.44 Schottky-Transistoren . . . . .	113
4.45 Tunneldioden . . . . .	113
4.46 Kapazitätsdioden . . . . .	114
4.47 Thyristoren . . . . .	115
4.48 Triacs . . . . .	116
4.49 Multi-Emitter-Transistoren . . . . .	117
4.50 Versorgungsspannungen für Operationsverstärker . . . . .	117
4.51 Operationsverstärker-Texte . . . . .	118
4.52 Mehrere Eingänge für Gatter (US-amerikanisch) . . . . .	119
4.53 Mehrere Eingänge für Gatter (europäisch) . . . . .	119
4.54 Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (US-amerikanisch) . . . . .	120
4.55 Schmitt-Trigger-Symbole in Gattern (europäisch) . . . . .	121
4.56 Open-Collector-Symbole in Gattern (US-amerikanisch) . . . . .	121
4.57 Open-Collector-Symbole in Gattern (europäisch) . . . . .	122
4.58 Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (US-amerikanisch) . . . . .	123
4.59 Enable-Eingänge für Tristate-Ausgänge an Gattern (europäisch) . . . . .	124
4.60 Invertierte Demultiplexer-Ausgänge . . . . .	125
4.61 Invertierte Flipflop-Ausgänge . . . . .	125
4.62 Takteingänge . . . . .	127
4.63 Setzen-Eingänge . . . . .	127
4.64 Löschen-Eingänge . . . . .	128
4.65 Pinnummern für Operationsverstärker . . . . .	129
4.66 Pinnummern für Gatter . . . . .	129
4.67 Pinnummern für Flipflops . . . . .	130
4.68 Verlängerte Zuleitungen . . . . .	131
4.69 Referenzen manuell platzieren . . . . .	132
4.70 Bauelementwerte manuell platzieren . . . . .	132
4.71 Referenzen und Bauelementwerte manuell platzieren . . . . .	133
4.72 Referenzen und Bauelementwerte manuell verschieben . . . . .	133
5.1 Horizontales Modell . . . . .	135
5.2 Vertikales Modell . . . . .	136
5.3 Transistor-Modell nach links . . . . .	137
5.4 Transistor-Modell nach rechts . . . . .	137
5.5 Transistor-Modell nach oben . . . . .	138
5.6 Transistor-Modell nach unten . . . . .	138
6.1 Doppelte Drähte . . . . .	141
6.2 Drähte mit Pfeil . . . . .	142
6.3 Doppelte Drähte mit Pfeil . . . . .	142
6.4 Dicke Lötpunkte . . . . .	143
6.5 Übertragungsfunktionen mit Mathematikmodus . . . . .	143
6.6 Übertragungsfunktionen mit Textmodus . . . . .	144
6.7 Übertragungsfunktionen mit graphischer Darstellung . . . . .	145
6.8 Text für Übertragungsfunktionen . . . . .	145
6.9 Additionssymbole . . . . .	145
6.10 Vorzeichen für Additionssymbole . . . . .	146
6.11 Farbbefehle . . . . .	147

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

6.12 Farbcodes bei Widerständen . . . . .	147
6.13 Farbige Spannungspfeile und Polaritäten . . . . .	148
6.14 Brückenformen . . . . .	148
6.15 Dreiecksformen . . . . .	149
6.16 Sternformen . . . . .	150