

Dokumentation des Pakets circdia

Stefan Krause

21. Juli 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	2
1.1	Die Umgebung <code>circuitdiagram</code>	3
1.2	Einige Befehle für Bauteile	4
1.3	Einige Befehle für Leitungen und Anschlüsse	4
1.4	Paketoptionen	4
2	Bauteile	5
2.1	Spannungsquellen	5
2.2	Stromquellen	5
2.3	Widerstände	6
2.4	Kondensatoren	6
2.5	Spulen	7
2.6	Dioden	8
2.7	Bipolare Transistoren	10
2.8	Mosfets	12
2.9	Sperrschicht-Fets	16
2.10	Operationsverstärker	18
2.11	Gatter	18
2.12	JK-Flipflops	21
2.13	TTL-ICs	22
3	Leitungen und Anschlüsse	22
3.1	Drähte	22
3.2	Lötpunkte	23
3.3	Anschlusspins	23
3.4	Spannungsversorgung	24
3.5	Strompfeile	25
3.6	Spannungspfeile	25
4	Zusätze zu den Bauteilen	26
4.1	Verlängerte Zuleitungen	26
4.2	Veränderbarkeit	27
4.3	Einstellbarkeit	30
4.4	Photoempfindlichkeit	34
4.5	Lichtaussendung	34

4.6	Zenerdioden bzw. Z-Dioden	35
4.7	Tunneldioden	35
4.8	Kapazitätsdioden	36
4.9	Elektrolytkondensatoren	37
4.10	Eisenkerne und Windungen für Spulen	37
4.11	Versorgungsspannung	39
4.12	Eingänge für Gatter	39
4.13	Schmitt-Trigger-Kennzeichnung	39
4.14	Ein- und Ausgänge von Flipflops	40
4.15	Referenzen und Bauteilwerte manuell platzieren	42
4.16	Spannungspfeile	43
5	Referenzen und Bauteilwerte	44
5.1	Horizontale Platzierung	44
5.2	Vertikale Platzierung	44
5.3	Transistor-Platzierung	45
5.4	Automatische Nummerierung	45
6	Abmessungen der Symbole	46
6.1	Spannungs- und Stromquellen	46
6.2	Widerstände	46
6.3	Kondensatoren	47
6.4	Spulen	47

1 Grundlagen

Das Paket `circuitdia` dient zum Zeichnen von Schaltplänen. Der Schaltplan wird in einer Umgebung gezeichnet, die intern als `picture`-Umgebung konstruiert ist. Daher können, falls nötig, auch sämtliche in der `picture`-Umgebung gültigen Befehle benutzt werden. Ansonsten definiert das Paket Befehle für die verschiedenen Schaltsymbole, 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 Abbildung 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}{U}{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}

```

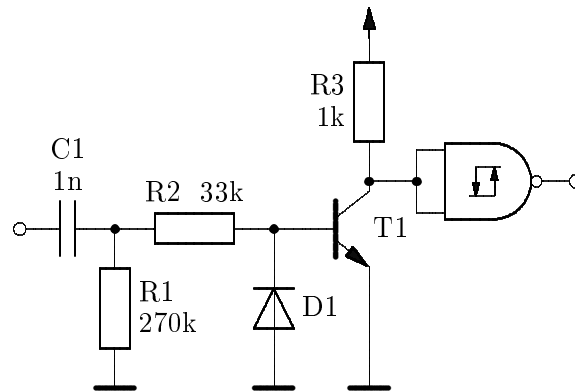


Abbildung 1.1: das erste Beispiel

Die Prozentzeichen am Zeilenende kommentieren den Zeilenwechsel aus; dies ist typisch für die `picture`-Umgebung. Im Übrigen kann der Quelltext des Schaltplans vereinfacht werden, vor allem dadurch, dass Drahtbefehle in die Bauteile 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 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. Dies hilft bei der Erstellung, weil die Koordinaten für die zu platzierenden Bauteile und Drähte leichter abgelesen werden können.

1.2 Einige Befehle für Bauteile

Der Befehl `\resis` zeichnet einen Widerstand. Er besitzt fünf Argumente, die typisch für alle Bauteilbefehle sind. Die ersten beiden beschreiben die x- und y-Koordinate des Mittelpunkts des Bauteils. 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 Bauteilwert (z. B. `33k`); beide können natürlich leer bleiben.

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

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

1.3 Einige Befehle für Leitungen und Anschlüsse

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

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

1.4 Paketoptionen

Das Paket erlaubt momentan die folgenden Optionen:

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

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

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

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

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

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

- `autoref`: Diese Option bindet ein Zusatzpaket ein, so dass die Referenzen von einer automatischen Nummerierung erzeugt werden können. Mehr dazu im Unterabschnitt 5.4.
- `ics`: Diese Option bindet ein Zusatzpaket ein, so dass ICs durch Angabe ihres Typs gezeichnet werden können. Mehr zum Befehl `\ttlic` im Unterabschnitt 2.13.

2 Bauteile

2.1 Spannungsquellen

Der Befehl `\voltsrc` zeichnet eine Spannungsquelle und besitzt die fünf Standardargumente. Hier einige Möglichkeiten (Abbildung 2.1), mehr in den Abbildungen 5.1 und 5.2:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{8}%
\voltsrc{3}{4}{H}{U1}{5 V}%
\voltsrc{11}{4}{Hu}{U2}{5 V}%
\voltsrc{19}{4}{Hd}{U3}{5 V}%
\voltsrc{29}{4}{H1}{U4}{5 V}%
\voltsrc{37}{4}{Hr}{U5}{5 V}%
\voltsrc{46}{4}{V}{U6}{5 V}%
\voltsrc{58}{4}{V1}{U7}{5 V}%
\voltsrc{66}{4}{V1r}{U8}{5 V}%
\end{circuitdiagram}
```

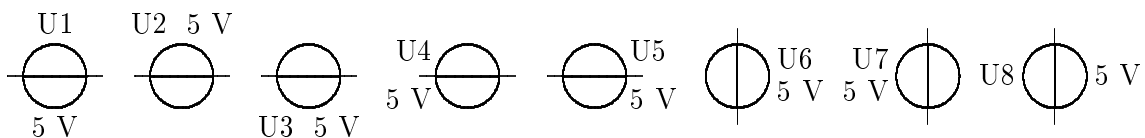


Abbildung 2.1: Spannungsquellen

2.2 Stromquellen

Der Befehl `\currsrc` zeichnet eine Stromquelle und besitzt die fünf Standardargumente. Hier einige Möglichkeiten (Abbildung 2.2), mehr in den Abbildungen 5.1 und 5.2:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{8}%
\currsrc{3}{4}{H}{I1}{1 A}%
\currsrc{11}{4}{Hu}{I2}{1 A}%
\end{circuitdiagram}
```

```

\currsrc{19}{4}{Hd}{I3}{1 A}%
\currsrc{29}{4}{Hl}{I4}{1 A}%
\currsrc{37}{4}{Hr}{I5}{1 A}%
\currsrc{46}{4}{V}{I6}{1 A}%
\currsrc{58}{4}{Vl}{I7}{1 A}%
\currsrc{66}{4}{Vlr}{I8}{1 A}%
\end{circuitdiagram}

```

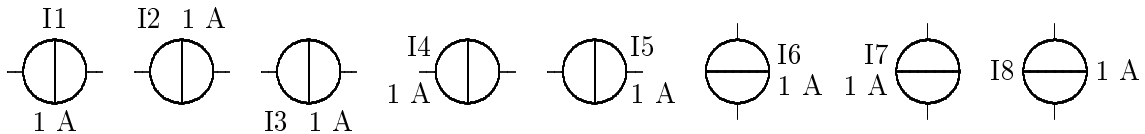


Abbildung 2.2: Stromquellen

2.3 Widerstände

Der Befehl `\resis` zeichnet einen Widerstand und besitzt die fünf Standardargumente. Hier einige Möglichkeiten (Abbildung 2.3), mehr in den Abbildungen 5.1 und 5.2:

```

\begin{circuitdiagram}{67}{8}%
\resis{3}{5}{H}{R1}{1 k\textohm}%
\resis{11}{5}{Hu}{R2}{1 k\textohm}%
\resis{19}{5}{Hcd}{R3}{1 k\textohm}%
\resis{27}{5}{Hdd}{R4}{1 k\textohm}%
\resis{38}{5}{Hl}{R5}{1 k\textohm}%
\resis{44}{4}{V}{R6}{1 k\textohm}%
\resis{56}{4}{Vl}{R7}{1 k\textohm}%
\resis{62}{4}{Vlr}{R8}{1 k\textohm}%
\end{circuitdiagram}

```

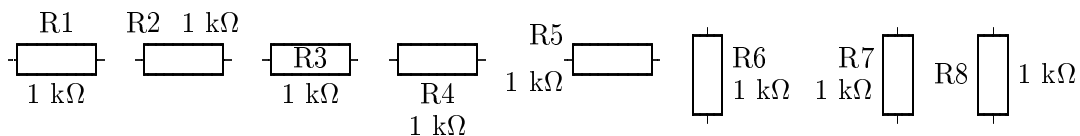


Abbildung 2.3: Widerstände

2.4 Kondensatoren

Der Befehl `\capac` zeichnet einen Kondensator und besitzt die fünf Standardargumente. Hier einige Möglichkeiten (Abbildung 2.4), mehr in den Abbildungen 5.1 und 5.2:

```

\begin{circuitdiagram}{64}{10}%
\capac{1}{6}{H}{C1}{1 nF}%

```

```

\capac{13}{6}{H1}{C2}{1 nF}%
\capac{19}{6}{Hu}{C3}{1 nF}%
\capac{27}{6}{Hhd}{C4}{1 nF}%
\capac{36}{6}{Hdd}{C5}{1 nF}%
\capac{42}{5}{V}{C6}{1 nF}%
\capac{54}{5}{V1}{C7}{1 nF}%
\capac{60}{5}{Vu}{C8}{1 nF}%
\end{circuitdiagram}

```

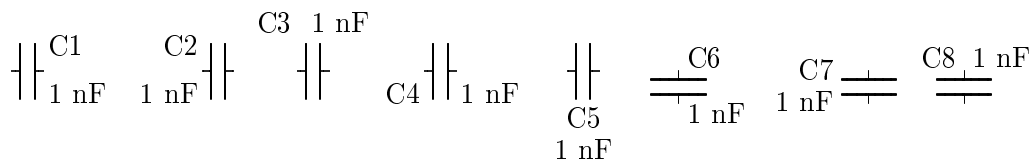


Abbildung 2.4: Kondensatoren

2.5 Spulen

Der Befehl `\induc` zeichnet eine Spule und besitzt die fünf Standardargumente. Hier einige horizontale Möglichkeiten (Abbildung 2.5), mehr in der Abbildung 5.1:

```

\begin{circuitdiagram}{51}{26}%
\normalinduc%
\induc{3}{22}{H}{L1}{1 \textmu H}%
\induc{12}{22}{HD}{L2}{1 \textmu H}%
\induc{21}{22}{Hu}{L3}{1 \textmu H}%
\induc{30}{22}{HDu}{L4}{1 \textmu H}%
\induc{39}{22}{Hdd}{L5}{1 \textmu H}%
\induc{48}{22}{HDdd}{L6}{1 \textmu H}%
\curlyinduc%
\induc{3}{13}{H}{L1}{1 \textmu H}%
\induc{12}{13}{HD}{L2}{1 \textmu H}%
\induc{21}{13}{Hu}{L3}{1 \textmu H}%
\induc{30}{13}{HDu}{L4}{1 \textmu H}%
\induc{39}{13}{Hdd}{L5}{1 \textmu H}%
\induc{48}{13}{HDdd}{L6}{1 \textmu H}%
\filledinduc%
\induc{3}{5}{H}{L1}{1 \textmu H}%
\induc{12}{5}{HD}{L2}{1 \textmu H}%
\induc{21}{5}{Hu}{L3}{1 \textmu H}%
\induc{30}{5}{HDu}{L4}{1 \textmu H}%
\induc{39}{5}{Hdd}{L5}{1 \textmu H}%
\induc{48}{5}{HDdd}{L6}{1 \textmu H}%
\end{circuitdiagram}

```

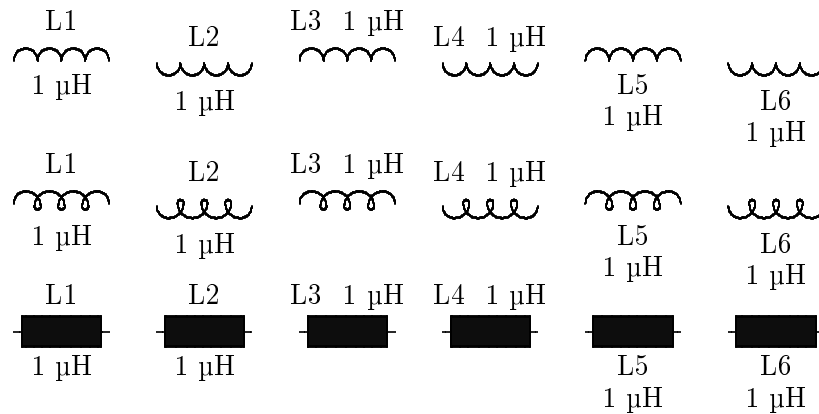


Abbildung 2.5: horizontale Spulen

Hier einige vertikale Möglichkeiten (Abbildung 2.6), mehr in der Abbildung 5.2:

```
\begin{circuitdiagram}{55}{22}%
  \normalinduc%
  \induc{1}{19}{V}{L1}{1 \textmu H}%
  \induc{10}{19}{VR}{L2}{1 \textmu H}%
  \induc{23}{19}{Vl}{L3}{1 \textmu H}%
  \induc{32}{19}{VRl}{L4}{1 \textmu H}%
  \induc{39}{19}{Vlrl}{L5}{1 \textmu H}%
  \induc{50}{19}{VRlrl}{L6}{1 \textmu H}%
  \curlyinduc%
  \induc{1}{11}{V}{L1}{1 \textmu H}%
  \induc{10}{11}{VR}{L2}{1 \textmu H}%
  \induc{23}{11}{Vl}{L3}{1 \textmu H}%
  \induc{32}{11}{VRl}{L4}{1 \textmu H}%
  \induc{39}{11}{Vlrl}{L5}{1 \textmu H}%
  \induc{50}{11}{VRlrl}{L6}{1 \textmu H}%
  \filledinduc%
  \induc{1}{3}{V}{L1}{1 \textmu H}%
  \induc{10}{3}{VR}{L2}{1 \textmu H}%
  \induc{23}{3}{Vl}{L3}{1 \textmu H}%
  \induc{32}{3}{VRl}{L4}{1 \textmu H}%
  \induc{39}{3}{Vlrl}{L5}{1 \textmu H}%
  \induc{50}{3}{VRlrl}{L6}{1 \textmu H}%
\end{circuitdiagram}
```

2.6 Dioden

Der Befehl `\diode` zeichnet eine Diode und besitzt die fünf Standardargumente. Hier einige horizontale Möglichkeiten (Abbildung 2.7), mehr in der Abbildung 5.1:

```
\begin{circuitdiagram}{55}{26}%
```

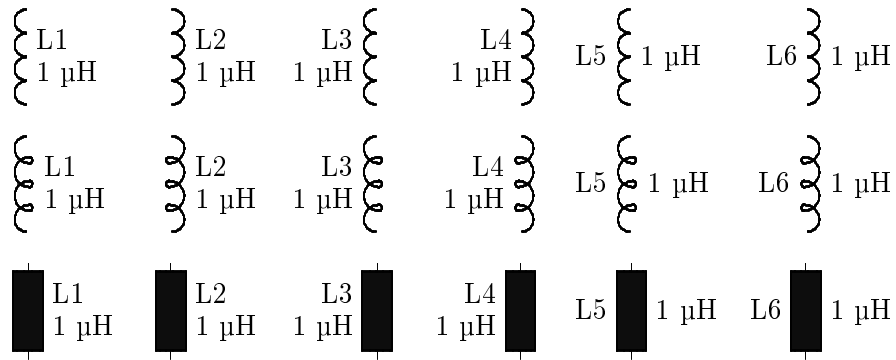



Abbildung 2.6: vertikale Spulen

```

\lineddiode%
\diode{3}{22}{L}{D1}{1N4148}%
\diode{12}{22}{Lu}{D2}{1N4148}%
\diode{22}{22}{Ld}{D3}{1N4148}%
\diode{31}{22}{R}{D4}{1N4148}%
\diode{40}{22}{Ru}{D5}{1N4148}%
\diode{50}{22}{Rd}{D6}{1N4148}%
\emptydiode%
\diode{3}{13}{L}{D1}{1N4148}%
\diode{12}{13}{Lu}{D2}{1N4148}%
\diode{22}{13}{Ld}{D3}{1N4148}%
\diode{31}{13}{R}{D4}{1N4148}%
\diode{40}{13}{Ru}{D5}{1N4148}%
\diode{50}{13}{Rd}{D6}{1N4148}%
\filleddiode%
\diode{3}{4}{L}{D1}{1N4148}%
\diode{12}{4}{Lu}{D2}{1N4148}%
\diode{22}{4}{Ld}{D3}{1N4148}%
\diode{31}{4}{R}{D4}{1N4148}%
\diode{40}{4}{Ru}{D5}{1N4148}%
\diode{50}{4}{Rd}{D6}{1N4148}%
\end{circuitdiagram}

```

Hier einige vertikale Möglichkeiten (Abbildung 2.8), mehr in der Abbildung 5.2:

```

\begin{circuitdiagram}{68}{16}%
\lineddiode%
\diode{2}{14}{U}{D1}{1N4148}%
\diode{19}{14}{U1}{D2}{1N4148}%
\diode{26}{14}{U1r}{D3}{1N4148}%
\diode{36}{14}{D}{D1}{1N4148}%
\diode{53}{14}{D1}{D2}{1N4148}%
\diode{60}{14}{D1r}{D3}{1N4148}%
\emptydiode%

```

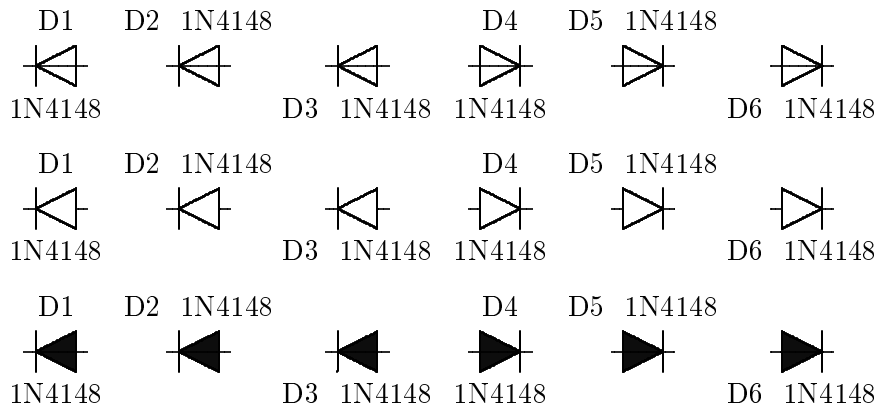


Abbildung 2.7: horizontale Dioden

```

\diode{2}{8}{U}{D1}{1N4148}%
\diode{19}{8}{U1}{D2}{1N4148}%
\diode{26}{8}{U1r}{D3}{1N4148}%
\diode{36}{8}{D}{D1}{1N4148}%
\diode{53}{8}{D1}{D2}{1N4148}%
\diode{60}{8}{D1r}{D3}{1N4148}%
\filleddiode%
\diode{2}{2}{U}{D1}{1N4148}%
\diode{19}{2}{U1}{D2}{1N4148}%
\diode{26}{2}{U1r}{D3}{1N4148}%
\diode{36}{2}{D}{D1}{1N4148}%
\diode{53}{2}{D1}{D2}{1N4148}%
\diode{60}{2}{D1r}{D3}{1N4148}%
\end{circuitdiagram}

```

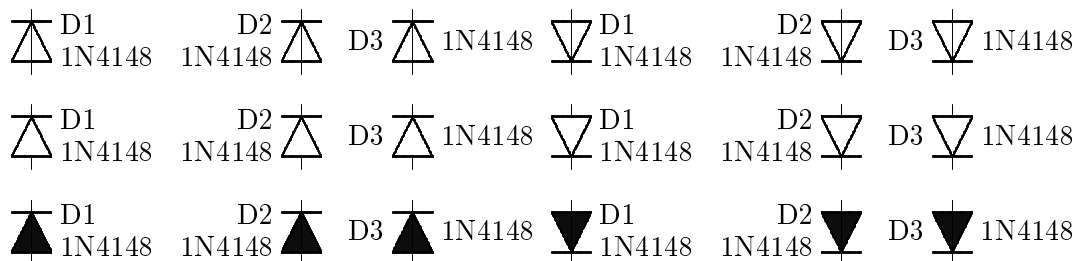


Abbildung 2.8: vertikale Dioden

2.7 Bipolare Transistoren

Der Befehl `\trans` zeichnet einen Transistor und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`nnp` oder `pnp`), danach folgen die fünf Standardargumente. Hier einige npn-Transistoren (Abbildung 2.9), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```

\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
\nocircledtrans%
\trans{npn}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
\trans{npn}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{npn}{23}{15}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{npn}{30}{15}{LUr}{T4}{Typ}%
\trans{npn}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
\trans{npn}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{npn}{57}{15}{RU}{T7}{Typ}%
\trans{npn}{70}{15}{RU1}{T8}{Typ}%
\circledtrans%
\trans{npn}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%
\trans{npn}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{npn}{23}{5}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{npn}{30}{5}{LUr}{T4}{Typ}%
\trans{npn}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
\trans{npn}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{npn}{57}{5}{RU}{T7}{Typ}%
\trans{npn}{70}{5}{RU1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}

```

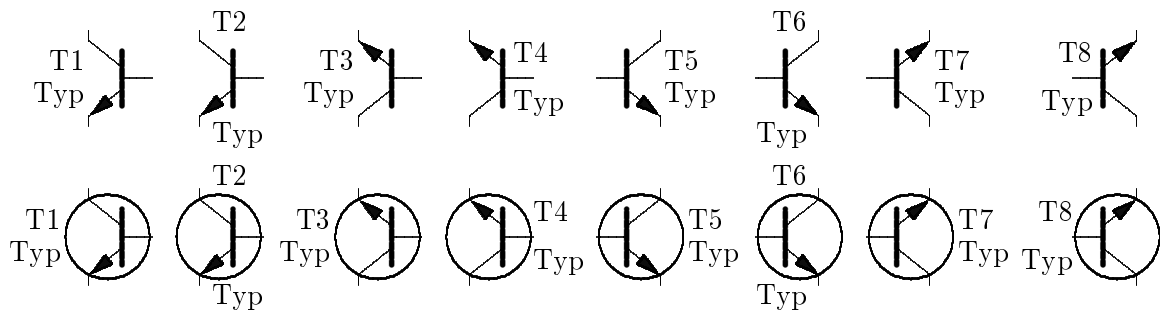


Abbildung 2.9: npn-Transistoren

Hier einige pnp-Transistoren (Abbildung 2.10), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```

\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
\nocircledtrans%
\trans{pnp}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
\trans{pnp}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{pnp}{23}{15}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{pnp}{30}{15}{LUr}{T4}{Typ}%
\trans{pnp}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
\trans{pnp}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{pnp}{57}{15}{RU}{T7}{Typ}%
\trans{pnp}{70}{15}{RU1}{T8}{Typ}%
\circledtrans%
\trans{pnp}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%

```

```

\trans{pnp}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{pnp}{23}{5}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{pnp}{30}{5}{LUR}{T4}{Typ}%
\trans{pnp}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
\trans{pnp}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{pnp}{57}{5}{RU}{T7}{Typ}%
\trans{pnp}{70}{5}{RU1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}

```

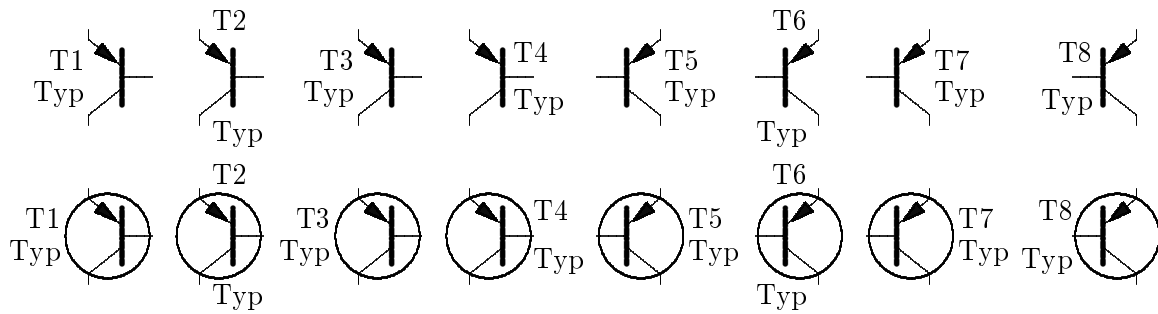


Abbildung 2.10: pnp-Transistoren

2.8 Mosfets

Der Befehl `\trans` zeichnet einen Transistor und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`nenh`, `nenh*`, `penh`, `penh*`, `ndep`, `ndep*`, `pdep` oder `pdep*`), danach folgen die fünf Standardargumente. Hier einige anreichernde n-Kanal-Mosfets (Abbildung 2.11), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```

\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
\nocircledtrans%
\trans{nenh}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
\trans{nenh}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{nenh}{23}{15}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{nenh}{30}{15}{LUR}{T4}{Typ}%
\trans{nenh}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
\trans{nenh}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{nenh}{57}{15}{RU}{T7}{Typ}%
\trans{nenh}{70}{15}{RU1}{T8}{Typ}%
\circledtrans%
\trans{nenh}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%
\trans{nenh}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{nenh}{23}{5}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{nenh}{30}{5}{LUR}{T4}{Typ}%
\trans{nenh}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
\trans{nenh}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{nenh}{57}{5}{RU}{T7}{Typ}%

```

```
\trans{nenh}{70}{5}{RU1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}
```

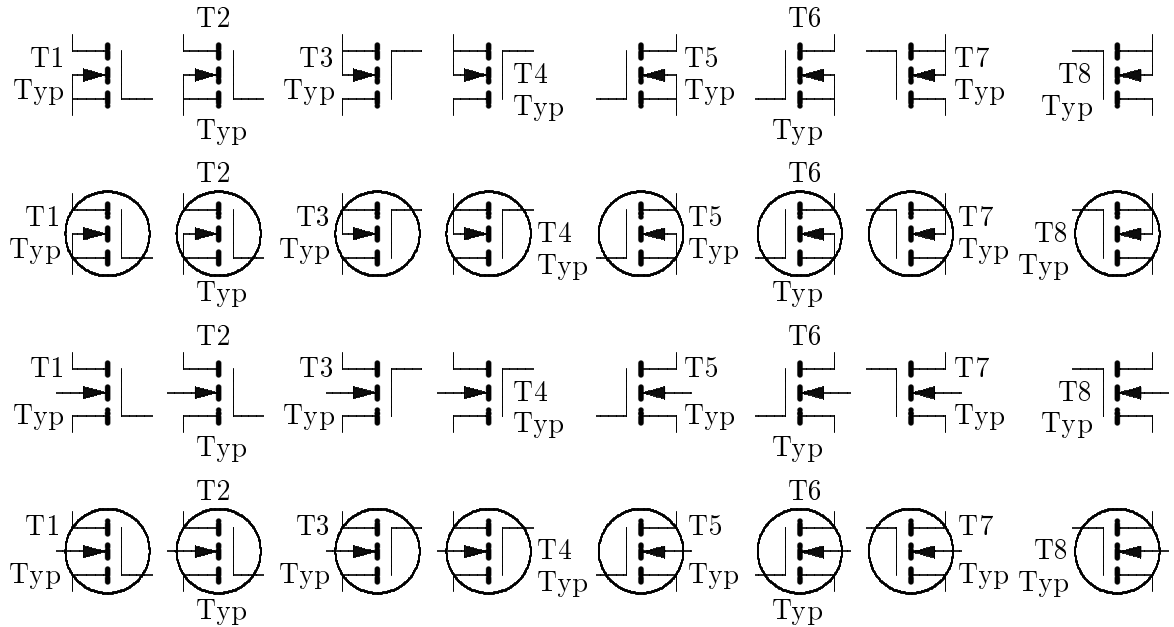


Abbildung 2.11: anreichernde n-Kanal-Mosfets

Hier einige anreichernde p-Kanal-Mosfets (Abbildung 2.12), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
\nocircledtrans%
\trans{penh}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
\trans{penh}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{penh}{23}{15}{LD}{T3}{Typ}%
\trans{penh}{30}{15}{LDr}{T4}{Typ}%
\trans{penh}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
\trans{penh}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{penh}{57}{15}{RD}{T7}{Typ}%
\trans{penh}{70}{15}{RD1}{T8}{Typ}%
\circledtrans%
\trans{penh}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%
\trans{penh}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{penh}{23}{5}{LD}{T3}{Typ}%
\trans{penh}{30}{5}{LDr}{T4}{Typ}%
\trans{penh}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
\trans{penh}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{penh}{57}{5}{RD}{T7}{Typ}%
\trans{penh}{70}{5}{RD1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}
```

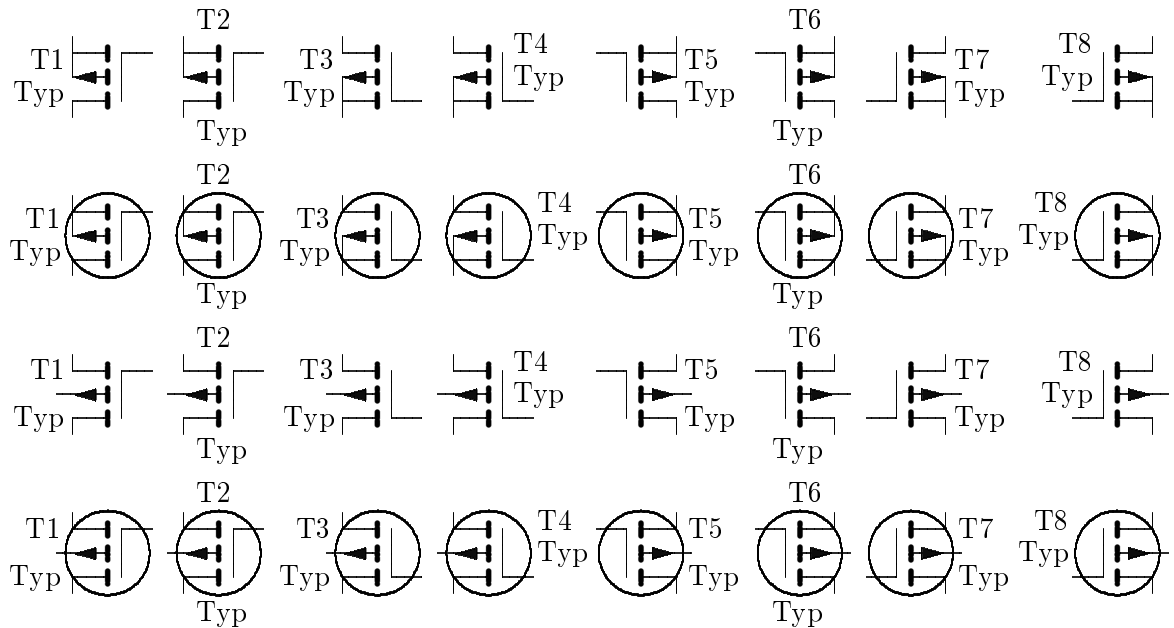


Abbildung 2.12: anreichernde p-Kanal-Mosfets

Hier einige verarmende n-Kanal-Mosfets (Abbildung 2.13), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
\nocircledtrans%
\trans{ndep}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
\trans{ndep}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{ndep}{23}{15}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{ndep}{30}{15}{LUr}{T4}{Typ}%
\trans{ndep}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
\trans{ndep}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{ndep}{57}{15}{RU}{T7}{Typ}%
\trans{ndep}{70}{15}{RU1}{T8}{Typ}%
\circledtrans%
\trans{ndep}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%
\trans{ndep}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
\trans{ndep}{23}{5}{LU}{T3}{Typ}%
\trans{ndep}{30}{5}{LUr}{T4}{Typ}%
\trans{ndep}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
\trans{ndep}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
\trans{ndep}{57}{5}{RU}{T7}{Typ}%
\trans{ndep}{70}{5}{RU1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}
```

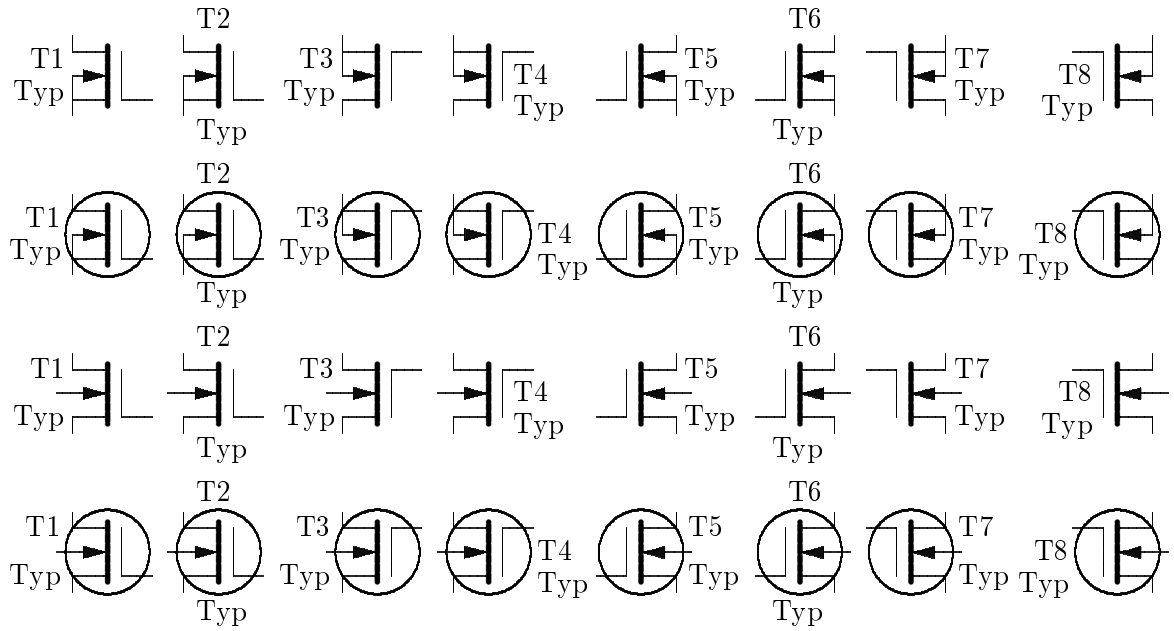


Abbildung 2.13: verarmende n-Kanal-Mosfets

Hier einige verarmende p-Kanal-Mosfets (Abbildung 2.14), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
  \nocircledtrans%
  \trans{pdep}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
  \trans{pdep}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
  \trans{pdep}{23}{15}{LD}{T3}{Typ}%
  \trans{pdep}{30}{15}{LDr}{T4}{Typ}%
  \trans{pdep}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
  \trans{pdep}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
  \trans{pdep}{57}{15}{RD}{T7}{Typ}%
  \trans{pdep}{70}{15}{RD1}{T8}{Typ}%
  \circledtrans%
  \trans{pdep}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%
  \trans{pdep}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
  \trans{pdep}{23}{5}{LD}{T3}{Typ}%
  \trans{pdep}{30}{5}{LDr}{T4}{Typ}%
  \trans{pdep}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
  \trans{pdep}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
  \trans{pdep}{57}{5}{RD}{T7}{Typ}%
  \trans{pdep}{70}{5}{RD1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}
```

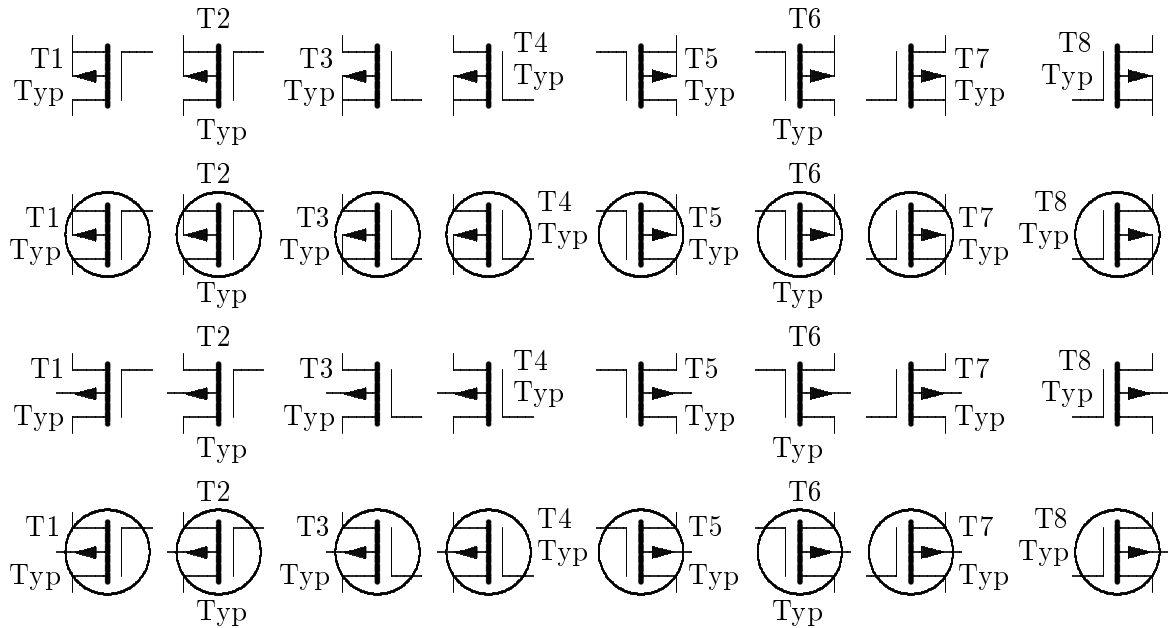


Abbildung 2.14: verarmende p-Kanal-Mosfets

2.9 Sperrschicht-Fets

Der Befehl `\trans` zeichnet einen Transistor und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`nj` oder `pj`), danach folgen die fünf Standardargumente. Hier einige n-Kanal-Sperrschicht-Fets (Abbildung 2.15), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
  \nocircledtrans%
  \trans{nj}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
  \trans{nj}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
  \trans{nj}{23}{15}{LU}{T3}{Typ}%
  \trans{nj}{30}{15}{LUR}{T4}{Typ}%
  \trans{nj}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
  \trans{nj}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
  \trans{nj}{57}{15}{RU}{T7}{Typ}%
  \trans{nj}{70}{15}{RU1}{T8}{Typ}%
  \circledtrans%
  \trans{nj}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%
  \trans{nj}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
  \trans{nj}{23}{5}{LU}{T3}{Typ}%
  \trans{nj}{30}{5}{LUR}{T4}{Typ}%
  \trans{nj}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
  \trans{nj}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
  \trans{nj}{57}{5}{RU}{T7}{Typ}%
  \trans{nj}{70}{5}{RU1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}
```

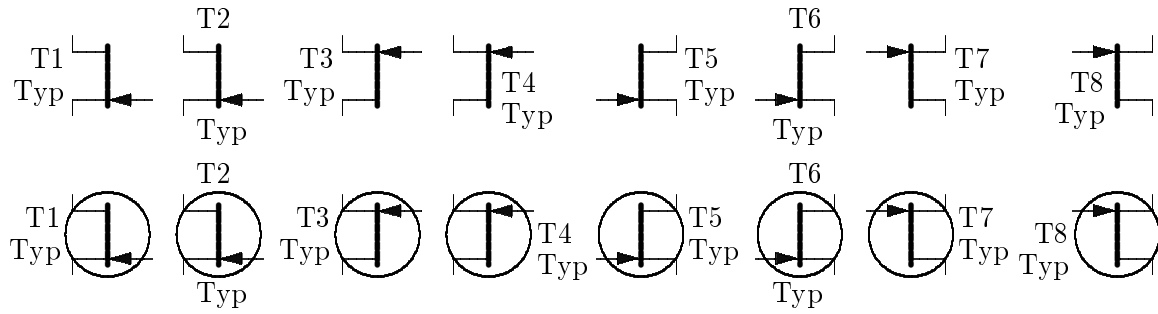



Abbildung 2.15: n-Kanal-Sperrschicht-Fets

Hier einige p-Kanal-Sperrschicht-Fets (Abbildung 2.16), mehr in den Abbildungen 5.3 und 5.4:

```
\begin{circuitdiagram}{72}{20}%
  \nocircledtrans%
  \trans{pj}{6}{15}{L}{T1}{Typ}%
  \trans{pj}{13}{15}{Lud}{T2}{Typ}%
  \trans{pj}{23}{15}{LD}{T3}{Typ}%
  \trans{pj}{30}{15}{LDr}{T4}{Typ}%
  \trans{pj}{40}{15}{R}{T5}{Typ}%
  \trans{pj}{50}{15}{Rud}{T6}{Typ}%
  \trans{pj}{57}{15}{RD}{T7}{Typ}%
  \trans{pj}{70}{15}{RD1}{T8}{Typ}%
  \circledtrans%
  \trans{pj}{6}{5}{L}{T1}{Typ}%
  \trans{pj}{13}{5}{Lud}{T2}{Typ}%
  \trans{pj}{23}{5}{LD}{T3}{Typ}%
  \trans{pj}{30}{5}{LDr}{T4}{Typ}%
  \trans{pj}{40}{5}{R}{T5}{Typ}%
  \trans{pj}{50}{5}{Rud}{T6}{Typ}%
  \trans{pj}{57}{5}{RD}{T7}{Typ}%
  \trans{pj}{70}{5}{RD1}{T8}{Typ}%
\end{circuitdiagram}
```

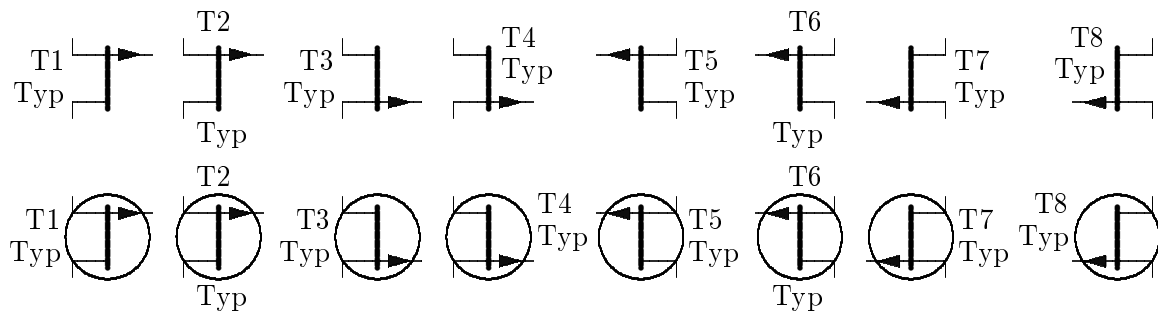


Abbildung 2.16: p-Kanal-Sperrschicht-Fets

2.10 Operationsverstärker

Der Befehl `\opamp` zeichnet einen Operationsverstärker und besitzt die fünf Standardargumente. Hier einige Möglichkeiten (Abbildung 2.17), mehr in der Abbildung 5.1:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{21}%
  \opamp{6}{15}{L}{IC1}{LM358}%
  \opamp{15}{15}{Lhr}{IC2}{LM358}%
  \opamp{30}{15}{L1}{IC3}{LM358}%
  \opamp{40}{15}{R}{IC4}{LM358}%
  \opamp{53}{15}{Rh1}{IC5}{LM358}%
  \opamp{62}{15}{Rr}{IC6}{LM358}%
  \opamp{13}{4}{LU}{IC7}{LM358}%
  \opamp{28}{4}{LD}{IC8}{LM358}%
  \opamp{42}{4}{RU}{IC9}{LM358}%
  \opamp{57}{4}{RD}{IC10}{LM358}%
\end{circuitdiagram}
```

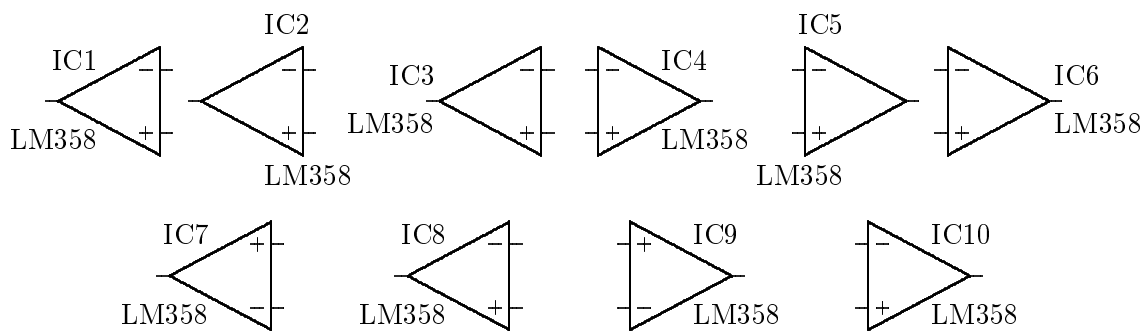


Abbildung 2.17: Operationsverstärker

2.11 Gatter

Der Befehl `\gate` zeichnet ein Gatter und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`and`, `nand`, `or`, `nor`, `xor` oder `not`), danach folgen die fünf Standardargumente. Hier einige AND-Gatter (Abbildung 2.18), mehr in der Abbildung 5.1:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{11}%
  \gate{and}{4}{6}{L}{IC1}{7408}%
  \gate{and}{13}{6}{Lu}{IC2}{7408}%
  \gate{and}{22}{6}{Lcc}{IC3}{7408}%
  \gate{and}{31}{6}{Ldd}{IC4}{7408}%
  \gate{and}{40}{6}{R}{IC5}{7408}%
  \gate{and}{49}{6}{Ruc}{IC6}{7408}%
  \gate{and}{58}{6}{Rcd}{IC7}{7408}%
  \gate{and}{67}{6}{Rd}{IC8}{7408}%
\end{circuitdiagram}
```

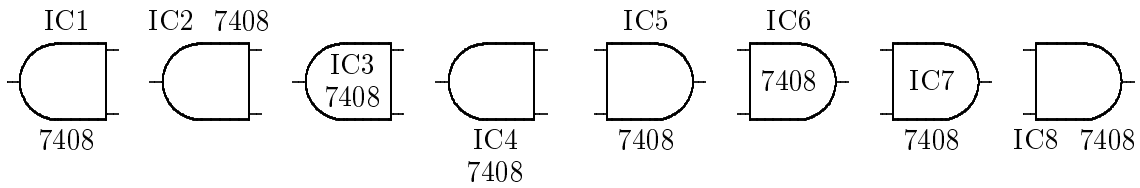


Abbildung 2.18: AND-Gatter

Hier einige NAND-Gatter (Abbildung 2.19), mehr in der Abbildung 5.1:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{11}%
\gate{nand}{4}{6}{L}{IC1}{7400}%
\gate{nand}{13}{6}{Lu}{IC2}{7400}%
\gate{nand}{22}{6}{Lcc}{IC3}{7400}%
\gate{nand}{31}{6}{Ldd}{IC4}{7400}%
\gate{nand}{40}{6}{R}{IC5}{7400}%
\gate{nand}{49}{6}{Ruc}{IC6}{7400}%
\gate{nand}{58}{6}{Rcd}{IC7}{7400}%
\gate{nand}{67}{6}{Rd}{IC8}{7400}%
\end{circuitdiagram}
```

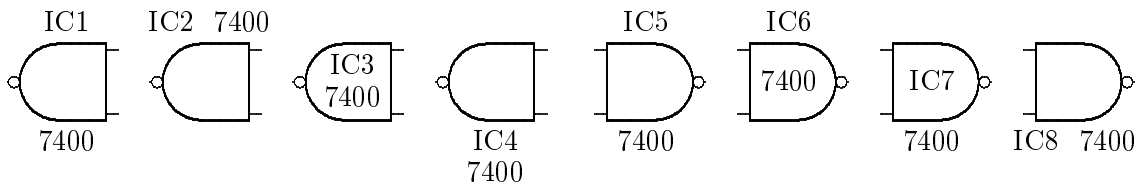


Abbildung 2.19: NAND-Gatter

Hier einige OR-Gatter (Abbildung 2.20), mehr in der Abbildung 5.1:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{11}%
\gate{or}{4}{6}{L}{IC1}{7432}%
\gate{or}{13}{6}{Lu}{IC2}{7432}%
\gate{or}{22}{6}{Lcc}{IC3}{7432}%
\gate{or}{31}{6}{Ldd}{IC4}{7432}%
\gate{or}{40}{6}{R}{IC5}{7432}%
\gate{or}{49}{6}{Ruc}{IC6}{7432}%
\gate{or}{58}{6}{Rcd}{IC7}{7432}%
\gate{or}{67}{6}{Rd}{IC8}{7432}%
\end{circuitdiagram}
```

Hier einige NOR-Gatter (Abbildung 2.21), mehr in der Abbildung 5.1:

```
\begin{circuitdiagram}{71}{11}%
\gate{nor}{4}{6}{L}{IC1}{7402}%
\gate{nor}{13}{6}{Lu}{IC2}{7402}%
\end{circuitdiagram}
```

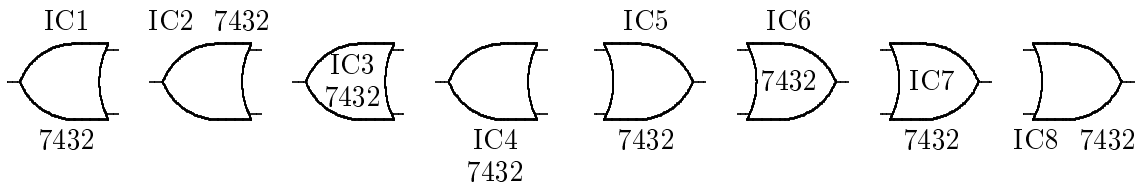


Abbildung 2.20: OR-Gatter

```

\gate{nor}{22}{6}{Lcc}{IC3}{7402}%
\gate{nor}{31}{6}{Ldd}{IC4}{7402}%
\gate{nor}{40}{6}{R}{IC5}{7402}%
\gate{nor}{49}{6}{Ruc}{IC6}{7402}%
\gate{nor}{58}{6}{Rcd}{IC7}{7402}%
\gate{nor}{67}{6}{Rd}{IC8}{7402}%
\end{circuitdiagram}

```

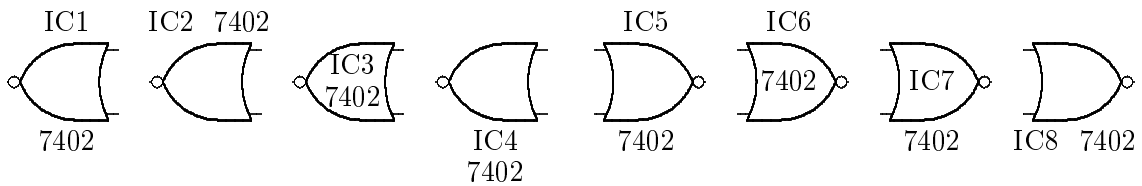


Abbildung 2.21: NOR-Gatter

Hier einige XOR-Gatter (Abbildung 2.22), mehr in der Abbildung 5.1:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{11}%
\gate{xor}{4}{6}{L}{IC1}{7486}%
\gate{xor}{13}{6}{Lu}{IC2}{7486}%
\gate{xor}{22}{6}{Lcc}{IC3}{7486}%
\gate{xor}{31}{6}{Ldd}{IC4}{7486}%
\gate{xor}{40}{6}{R}{IC5}{7486}%
\gate{xor}{49}{6}{Ruc}{IC6}{7486}%
\gate{xor}{58}{6}{Rcd}{IC7}{7486}%
\gate{xor}{67}{6}{Rd}{IC8}{7486}%
\end{circuitdiagram}

```

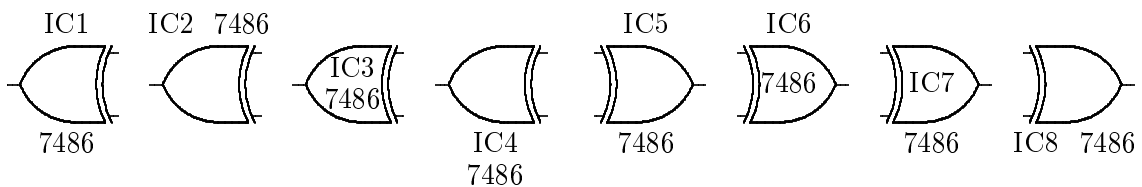


Abbildung 2.22: XOR-Gatter

Hier einige NOT-Gatter (Abbildung 2.23), mehr in der Abbildung 5.1:

```

\begin{circuitdiagram}{71}{11}%
\gate{not}{4}{6}{L}{IC1}{7404}%
\gate{not}{13}{6}{Lu}{IC2}{7404}%
\gate{not}{22}{6}{Lcc}{IC3}{7404}%
\gate{not}{31}{6}{Ldd}{IC4}{7404}%
\gate{not}{40}{6}{R}{IC5}{7404}%
\gate{not}{49}{6}{Ruc}{IC6}{7404}%
\gate{not}{58}{6}{Rcd}{IC7}{7404}%
\gate{not}{67}{6}{Rd}{IC8}{7404}%
\end{circuitdiagram}

```

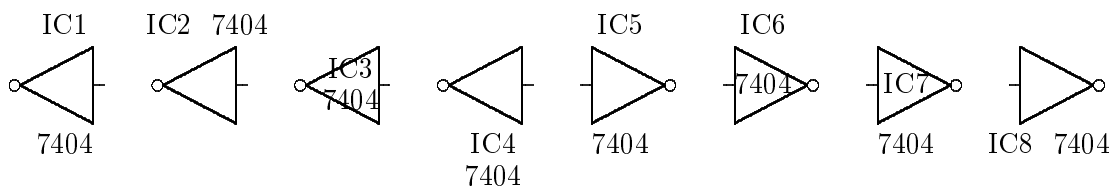


Abbildung 2.23: NOT-Gatter

2.12 JK-Flipflops

Der Befehl `\flipflop` zeichnet ein Flipflop und besitzt sechs Argumente. Als erstes Argument steht der Typ (`jk`), danach folgen die fünf Standardargumente. Hier einige JK-Flipflops (Abbildung 2.24), mehr in der Abbildung 5.1:

```

\begin{circuitdiagram}{58}{12}%
\flipflop{jk}{4}{6}{L}{IC1}{7476}%
\flipflop{jk}{14}{6}{Lu}{IC2}{7476}%
\flipflop{jk}{24}{6}{Ld}{IC3}{7476}%
\flipflop{jk}{34}{6}{R}{IC4}{7476}%
\flipflop{jk}{44}{6}{Ru}{IC5}{7476}%
\flipflop{jk}{54}{6}{Rd}{IC6}{7476}%
\end{circuitdiagram}

```

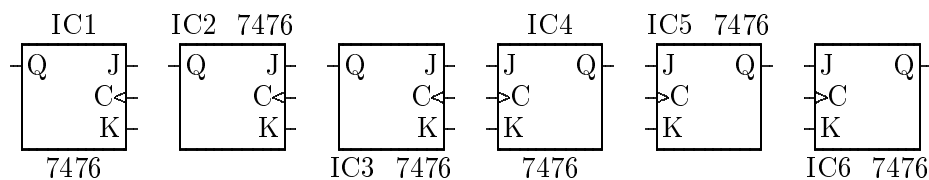


Abbildung 2.24: JK-Flipflops

2.13 TTL-ICs

Der Befehl `\ttlic` zeichnet einen TTL-IC und besitzt sechs Argumente, sofern die Paketoption `ics` gewählt wurde. Als erstes Argument steht der Typ, danach folgen die fünf Standardargumente. Hier alle momentan möglichen Typen (Abbildung 2.25):

```
\begin{circuitdiagram}{18}{16}%
  \ttlic{7493}{4}{8}{L}{IC1}{74LS93}%
  \ttlic{7493}{14}{8}{R}{IC2}{74LS93}%
\end{circuitdiagram}
```

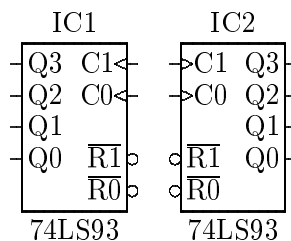


Abbildung 2.25: TTL-ICs

3 Leitungen und Anschlüsse

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. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.1):

```
\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. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.2):

```

\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

3.2 Lötunkte

Der Befehl `\junct` zeichnet einen Lötunkt und besitzt zwei Argumente. Dies sind die x- und y-Koordinate des Punkts. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.3):

```

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

```



Abbildung 3.3: Lötunkte

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 Bauteilwert fällt weg. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.4):

```

\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}

```

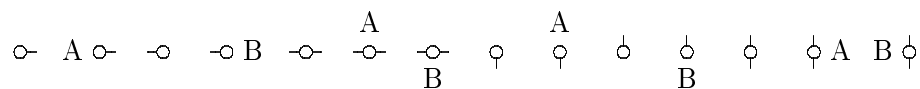


Abbildung 3.4: Anschlusspins

3.4 Spannungsversorgung

Der Befehl `\ground` zeichnet ein Massesymbol und besitzt drei Argumente. Dies sind die ersten drei der fünf Standardargumente, d. h. Referenz und Bauteilwert fallen weg. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.5):

```

\begin{circuitdiagram}{16}{4}%
\ground{2}{2}{L}%
\ground{6}{2}{R}%
\ground{10}{2}{U}%
\ground{14}{2}{D}%
\end{circuitdiagram}

```

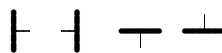


Abbildung 3.5: Masse

Der Befehl `\power` zeichnet einen Versorgungsspannungspfeil und besitzt vier Argumente. Dies sind die ersten drei und das letzte der fünf Standardargumente, d. h. die Referenz fällt weg. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.6):

```

\begin{circuitdiagram}{19}{6}%
\power{4}{3}{L}{5V}%
\power{8}{3}{R}{5V}%

```



```

\power{14}{3}{U}{5V}%
\power{18}{3}{D}{5V}%
\end{circuitdiagram}

```



Abbildung 3.6: Versorgungsspannungspfeile

3.5 Strompfeile

Der Befehl `\currarrow` zeichnet einen Strompfeil (ohne Linie oder Draht) und besitzt vier Argumente. Dies sind die ersten drei der fünf Standardargumente, d. h. Referenz und Bauteilwert fallen weg, und das vierte Argument ist der Text. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.7):

```

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

```

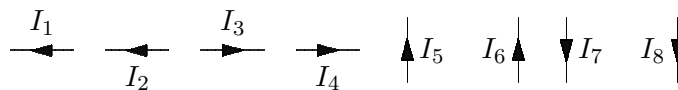


Abbildung 3.7: Strompfeile

3.6 Spannungspfeile

Der Befehl `\VOLTarrow` 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. Hier einige Beispiele (Abbildung 3.8):

```
\begin{circuitdiagram}{12}{15}%
  \pin{2}{13}{R}{}%
  \pin{2}{2}{U}{}%
  \ground{2}{0}{D}%
  \Voltarrow{2}{13}{2}{2}{r}{\$U_1\$}%
  \pin{11}{14}{L}{}%
  \Voltarrow{11}{14}{2}{13}{d}{\$U_2\$}%
  \pin{10}{2}{U}{}%
  \ground{10}{0}{D}%
  \Voltarrow{2}{2}{10}{2}{u}{0V}%
  \Voltarrow{10}{2}{11}{14}{l}{\$U_3\$}%
\end{circuitdiagram}
```

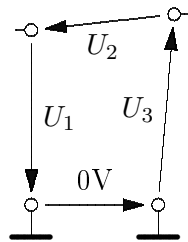


Abbildung 3.8: Spannungspfeile

4 Zusätze zu den Bauteilen

Alle Zusätze zu Bauteilen stehen im optionalen Argument an erster Stelle vom Bauteilbefehl.

4.1 Verlängerte Zuleitungen

Die Befehle `\wireL`, `\wireR`, `\wireLR`, `\wireU`, `\wireD` und `\wireUD` zeichnen Leitungen an die Anschlüsse eines Bauteils und besitzen ein Argument. Dies ist die Länge des Drahts. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.1):

```
\begin{circuitdiagram}{70}{16}%
  \voltsrc[\wireL{1}]{4}{12}{H}{U1}{}%
  \currsrc[\wireR{2}]{13}{12}{H}{I2}{}%
  \resis[\wireLR{1}]{24}{12}{H}{R3}{}%
  \capac[\wireL{1}]{32}{12}{H}{C4}{}%
  \induc[\wireR{2}]{40}{12}{H}{L5}{}%
  \diode[\wireLR{1}]{50}{12}{R}{D6}{}%
  \ground[\wireL{1}]{57}{12}{R}%
  \power[\wireR{2}]{61}{12}{L}{}%
  \pin[\wireLR{1}]{68}{12}{LR}{}%
```

```

\voltsrc[\wireU{1}]{4}{5}{V}{U1}{}%
\currsrc[\wireD{2}]{13}{5}{V}{I2}{}%
\resis[\wireUD{1}]{24}{5}{V}{R3}{}%
\capac[\wireU{1}]{32}{5}{V}{C4}{}%
\induc[\wireD{2}]{40}{5}{V}{L5}{}%
\diode[\wireUD{1}]{50}{5}{D}{D6}{}%
\ground[\wireU{1}]{57}{5}{D}{}%
\power[\wireD{2}]{61}{5}{U}{}%
\pin[\wireUD{1}]{68}{5}{UD}{}%
\end{circuitdiagram}

```

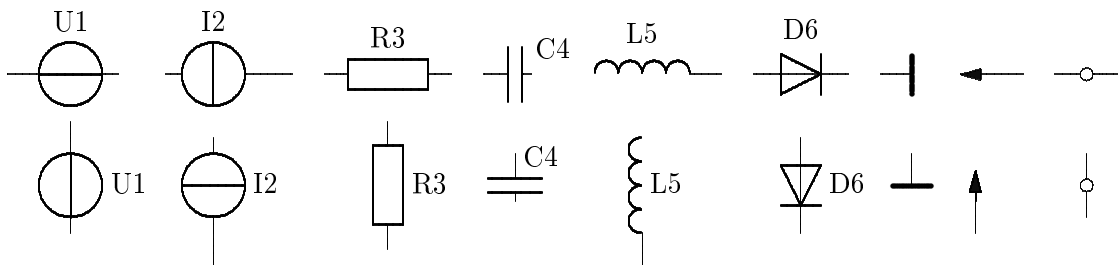


Abbildung 4.1: verlängerte Zuleitungen

4.2 Veränderbarkeit

Der Befehl `\modify` zeichnet einen Veränderbarkeitspfeil diagonal durch ein Bauteil und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Pfeilspitze und – bei Widerständen – ob eine Verbindung zum Anschluss hergestellt wird. Hier einige Beispiele für horizontale Widerstände (Abbildung 4.2):

```

\begin{circuitdiagram}{66}{6}%
\resis[\modify{LU}]{3}{3}{H}{R1}{}%
\resis[\modify{LU*}]{11}{3}{H}{R2}{}%
\resis[\modify{LD}]{20}{3}{H}{R3}{}%
\resis[\modify{LD*}]{28}{3}{H}{R4}{}%
\resis[\modify{RU}]{37}{3}{H}{R5}{}%
\resis[\modify{RU*}]{46}{3}{H}{R6}{}%
\resis[\modify{RD}]{54}{3}{H}{R7}{}%
\resis[\modify{RD*}]{63}{3}{H}{R8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

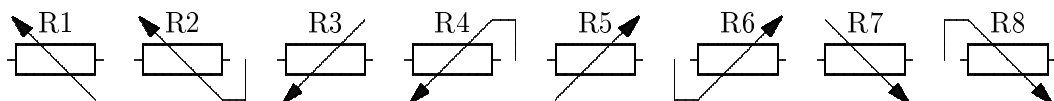


Abbildung 4.2: Veränderbarkeitspfeil bei horizontalen Widerständen

Hier einige Beispiele für vertikale Widerstände (Abbildung 4.3):

```
\begin{circuitdiagram}{64}{8}%
\resis[\modify{LU}]{4}{4}{V}{R1}{}%
\resis[\modify{LU*}]{12}{4}{V}{R2}{}%
\resis[\modify{LD}]{20}{4}{V}{R3}{}%
\resis[\modify{LD*}]{28}{4}{V}{R4}{}%
\resis[\modify{RU}]{36}{4}{V}{R5}{}%
\resis[\modify{RU*}]{44}{4}{V}{R6}{}%
\resis[\modify{RD}]{52}{4}{V}{R7}{}%
\resis[\modify{RD*}]{60}{4}{V}{R8}{}%
\end{circuitdiagram}
```

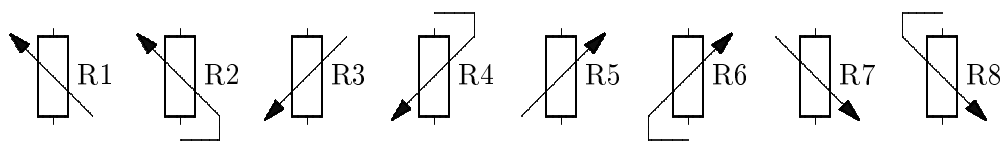


Abbildung 4.3: Veränderbarkeitspfeil bei vertikalen Widerständen

Hier einige Beispiele für Kondensatoren (Abbildung 4.4):

```
\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}{Vrr}{C5}{}%
\capac[\modify{LD}]{40}{3}{Vrr}{C6}{}%
\capac[\modify{RU}]{49}{3}{Vrr}{C7}{}%
\capac[\modify{RD}]{58}{3}{Vrr}{C8}{}%
\end{circuitdiagram}
```

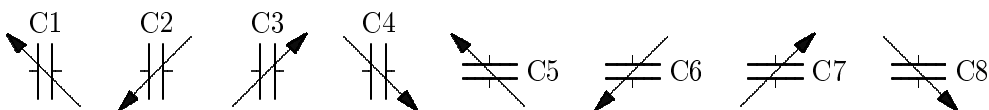


Abbildung 4.4: Veränderbarkeitspfeil bei Kondensatoren

Hier einige Beispiele für horizontale Spulen (Abbildung 4.5):

```
\begin{circuitdiagram}{62}{22}%
\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}{L1}{}%
\induc[\modify{LU}]{11}{11}{HD}{L2}{}%
\induc[\modify{LD}]{19}{11}{H}{L3}{}%
\induc[\modify{LD}]{27}{11}{HD}{L4}{}%
\induc[\modify{RU}]{35}{11}{H}{L5}{}%
\induc[\modify{RU}]{43}{11}{HD}{L6}{}%
\induc[\modify{RD}]{51}{11}{H}{L7}{}%
\induc[\modify{RD}]{59}{11}{HD}{L8}{}%
\filledinduc%
\induc[\modify{LU}]{3}{3}{H}{L1}{}%
\induc[\modify{LU}]{11}{3}{HD}{L2}{}%
\induc[\modify{LD}]{19}{3}{H}{L3}{}%
\induc[\modify{LD}]{27}{3}{HD}{L4}{}%
\induc[\modify{RU}]{35}{3}{H}{L5}{}%
\induc[\modify{RU}]{43}{3}{HD}{L6}{}%
\induc[\modify{RD}]{51}{3}{H}{L7}{}%
\induc[\modify{RD}]{59}{3}{HD}{L8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

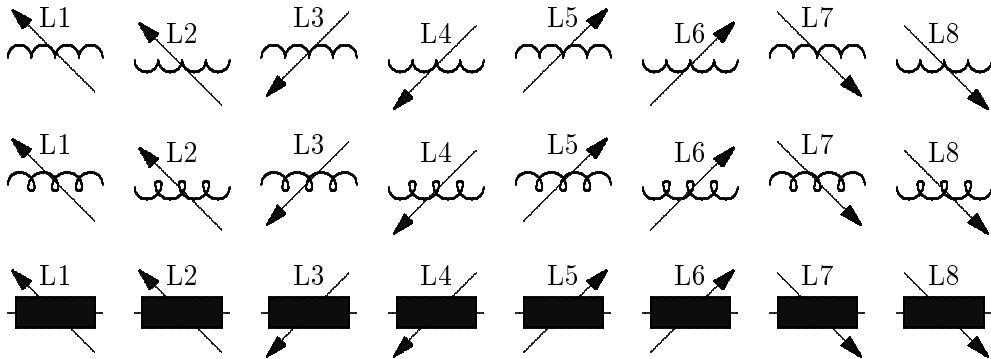


Abbildung 4.5: Veränderbarkeitspfeil bei horizontalen Spulen

Hier einige Beispiele für vertikale Spulen (Abbildung 4.6):

```

\begin{circuitdiagram}{59}{22}%
\normalinduc%
\induc[\modify{LU}]{3}{19}{V}{L1}{}%
\induc[\modify{LU}]{10}{19}{VR}{L2}{}%
\induc[\modify{LD}]{18}{19}{V}{L3}{}%
\induc[\modify{LD}]{25}{19}{VR}{L4}{}%
\induc[\modify{RU}]{33}{19}{V}{L5}{}%
\induc[\modify{RU}]{40}{19}{VR}{L6}{}%
\induc[\modify{RD}]{48}{19}{V}{L7}{}%

```

```

\induc[\modify{RD}]{55}{19}{VR}{L8}{}%
\curlyinduc%
\induc[\modify{LU}]{3}{11}{V}{L1}{}%
\induc[\modify{LU}]{10}{11}{VR}{L2}{}%
\induc[\modify{LD}]{18}{11}{V}{L3}{}%
\induc[\modify{LD}]{25}{11}{VR}{L4}{}%
\induc[\modify{RU}]{33}{11}{V}{L5}{}%
\induc[\modify{RU}]{40}{11}{VR}{L6}{}%
\induc[\modify{RD}]{48}{11}{V}{L7}{}%
\induc[\modify{RD}]{55}{11}{VR}{L8}{}%
\filledinduc%
\induc[\modify{LU}]{3}{3}{V}{L1}{}%
\induc[\modify{LU}]{10}{3}{VR}{L2}{}%
\induc[\modify{LD}]{18}{3}{V}{L3}{}%
\induc[\modify{LD}]{25}{3}{VR}{L4}{}%
\induc[\modify{RU}]{33}{3}{V}{L5}{}%
\induc[\modify{RU}]{40}{3}{VR}{L6}{}%
\induc[\modify{RD}]{48}{3}{V}{L7}{}%
\induc[\modify{RD}]{55}{3}{VR}{L8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

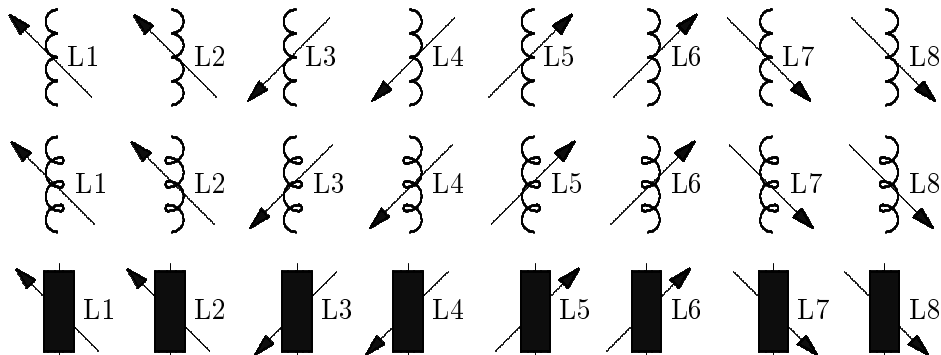


Abbildung 4.6: Veränderbarkeitspfeil bei vertikalen Spulen

4.3 Einstellbarkeit

Der Befehl `\trim` zeichnet einen Einstellbarkeitsstrich diagonal durch ein Bauteil und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Strichendes und – bei Widerständen – ob eine Verbindung zum Anschluss hergestellt wird. Hier einige Beispiele für horizontale Widerstände (Abbildung 4.7):

```

\begin{circuitdiagram}{66}{6}%
\resis[\trim{LU}]{3}{3}{H}{R1}{}%
\resis[\trim{LU*}]{11}{3}{H}{R2}{}%
\resis[\trim{LD}]{20}{3}{H}{R3}{}%
\resis[\trim{LD*}]{28}{3}{H}{R4}{}%

```

```

\resis[\trim{RU}]{37}{3}{H}{R5}{}%
\resis[\trim{RU*}]{46}{3}{H}{R6}{}%
\resis[\trim{RD}]{54}{3}{H}{R7}{}%
\resis[\trim{RD*}]{63}{3}{H}{R8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

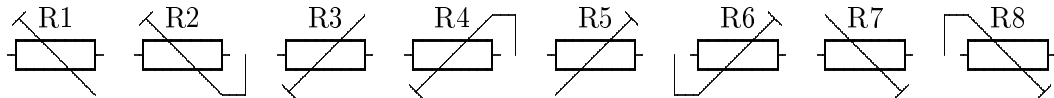


Abbildung 4.7: Einstellbarkeitsstrich bei horizontalen Widerständen

Hier einige Beispiele für vertikale Widerstände (Abbildung 4.8):

```

\begin{circuitdiagram}{64}{8}%
\resis[\trim{LU}]{4}{4}{V}{R1}{}%
\resis[\trim{LU*}]{12}{4}{V}{R2}{}%
\resis[\trim{LD}]{20}{4}{V}{R3}{}%
\resis[\trim{LD*}]{28}{4}{V}{R4}{}%
\resis[\trim{RU}]{36}{4}{V}{R5}{}%
\resis[\trim{RU*}]{44}{4}{V}{R6}{}%
\resis[\trim{RD}]{52}{4}{V}{R7}{}%
\resis[\trim{RD*}]{60}{4}{V}{R8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

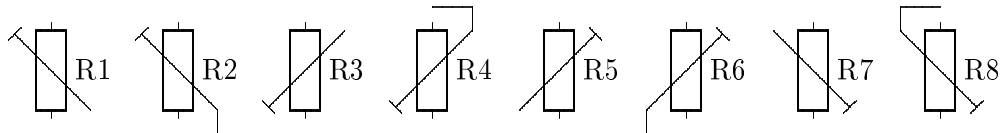


Abbildung 4.8: Einstellbarkeitsstrich bei vertikalen Widerständen

Hier einige Beispiele für Kondensatoren (Abbildung 4.9):

```

\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}{Vrr}{C5}{}%
\capac[\trim{LD}]{40}{3}{Vrr}{C6}{}%
\capac[\trim{RU}]{49}{3}{Vrr}{C7}{}%
\capac[\trim{RD}]{58}{3}{Vrr}{C8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

Hier einige Beispiele für horizontale Spulen (Abbildung 4.10):

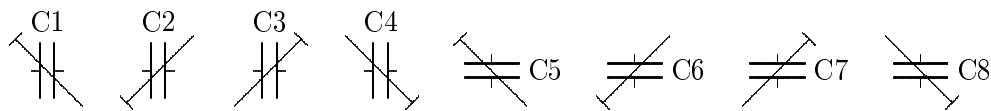


Abbildung 4.9: Einstellbarkeitsstrich bei Kondensatoren

```

\begin{circuitdiagram}{62}{22}%
\normalinduc%
\induc[\trim{LU}]{3}{19}{H}{L1}{}%
\induc[\trim{LU}]{11}{19}{HD}{L2}{}%
\induc[\trim{LD}]{19}{19}{H}{L3}{}%
\induc[\trim{LD}]{27}{19}{HD}{L4}{}%
\induc[\trim{RU}]{35}{19}{H}{L5}{}%
\induc[\trim{RU}]{43}{19}{HD}{L6}{}%
\induc[\trim{RD}]{51}{19}{H}{L7}{}%
\induc[\trim{RD}]{59}{19}{HD}{L8}{}%
\curlyinduc%
\induc[\trim{LU}]{3}{11}{H}{L1}{}%
\induc[\trim{LU}]{11}{11}{HD}{L2}{}%
\induc[\trim{LD}]{19}{11}{H}{L3}{}%
\induc[\trim{LD}]{27}{11}{HD}{L4}{}%
\induc[\trim{RU}]{35}{11}{H}{L5}{}%
\induc[\trim{RU}]{43}{11}{HD}{L6}{}%
\induc[\trim{RD}]{51}{11}{H}{L7}{}%
\induc[\trim{RD}]{59}{11}{HD}{L8}{}%
\filledinduc%
\induc[\trim{LU}]{3}{3}{H}{L1}{}%
\induc[\trim{LU}]{11}{3}{HD}{L2}{}%
\induc[\trim{LD}]{19}{3}{H}{L3}{}%
\induc[\trim{LD}]{27}{3}{HD}{L4}{}%
\induc[\trim{RU}]{35}{3}{H}{L5}{}%
\induc[\trim{RU}]{43}{3}{HD}{L6}{}%
\induc[\trim{RD}]{51}{3}{H}{L7}{}%
\induc[\trim{RD}]{59}{3}{HD}{L8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

Hier einige Beispiele für vertikale Spulen (Abbildung 4.11):

```

\begin{circuitdiagram}{59}{22}%
\normalinduc%
\induc[\trim{LU}]{3}{19}{V}{L1}{}%
\induc[\trim{LU}]{10}{19}{VR}{L2}{}%
\induc[\trim{LD}]{18}{19}{V}{L3}{}%
\induc[\trim{LD}]{25}{19}{VR}{L4}{}%
\induc[\trim{RU}]{33}{19}{V}{L5}{}%
\induc[\trim{RU}]{40}{19}{VR}{L6}{}%
\induc[\trim{RD}]{48}{19}{V}{L7}{}%

```

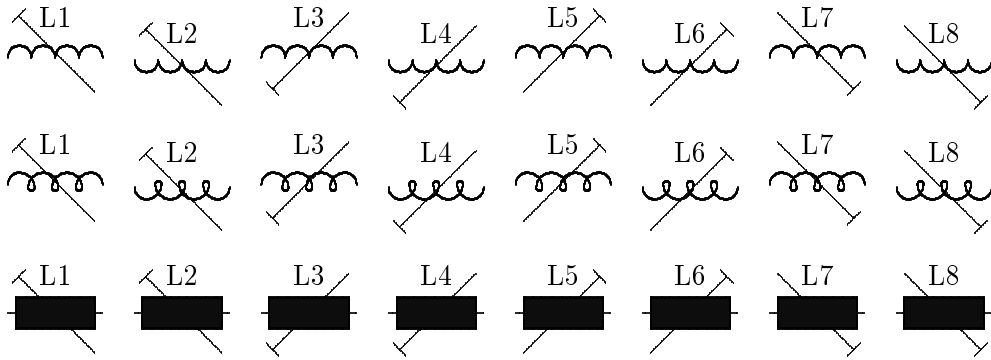



Abbildung 4.10: Einstellbarkeitsstrich bei horizontalen Spulen

```

\induc[\trim{RD}]{55}{19}{VR}{L8}{}%
\curlyinduc%
\induc[\trim{LU}]{3}{11}{V}{L1}{}%
\induc[\trim{LU}]{10}{11}{VR}{L2}{}%
\induc[\trim{LD}]{18}{11}{V}{L3}{}%
\induc[\trim{LD}]{25}{11}{VR}{L4}{}%
\induc[\trim{RU}]{33}{11}{V}{L5}{}%
\induc[\trim{RU}]{40}{11}{VR}{L6}{}%
\induc[\trim{RD}]{48}{11}{V}{L7}{}%
\induc[\trim{RD}]{55}{11}{VR}{L8}{}%
\filledinduc%
\induc[\trim{LU}]{3}{3}{V}{L1}{}%
\induc[\trim{LU}]{10}{3}{VR}{L2}{}%
\induc[\trim{LD}]{18}{3}{V}{L3}{}%
\induc[\trim{LD}]{25}{3}{VR}{L4}{}%
\induc[\trim{RU}]{33}{3}{V}{L5}{}%
\induc[\trim{RU}]{40}{3}{VR}{L6}{}%
\induc[\trim{RD}]{48}{3}{V}{L7}{}%
\induc[\trim{RD}]{55}{3}{VR}{L8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

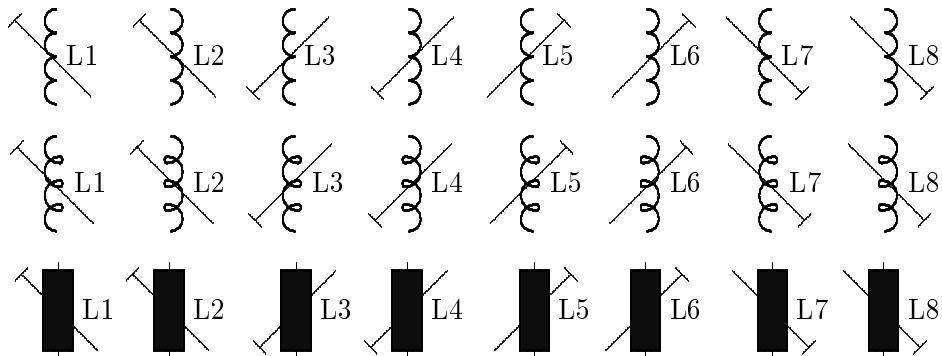


Abbildung 4.11: Einstellbarkeitsstrich bei vertikalen Spulen

4.4 Photoempfindlichkeit

Der Befehl `\photo` zeichnet zwei Lichtpfeile, die auf das Bauteil zeigen, und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Pfeile. Hier einige Beispiele für Widerstände (Abbildung 4.12):

```
\begin{circuitdiagram}{36}{8}%
\resis[\photo{U}]{4}{4}{Hd}{R1}{}%
\resis[\photo{D}]{13}{4}{Hu}{R2}{}%
\resis[\photo{L}]{22}{4}{V}{R3}{}%
\resis[\photo{R}]{32}{4}{V1}{R4}{}%
\end{circuitdiagram}
```

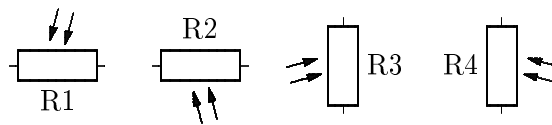


Abbildung 4.12: Photoempfindlichkeit bei Widerständen

Hier einige Beispiele für Dioden (Abbildung 4.13):

```
\begin{circuitdiagram}{64}{8}%
\diode[\photo{U}]{2}{4}{Ld}{D1}{}%
\diode[\photo{D}]{9}{4}{Lu}{D2}{}%
\diode[\photo{U}]{16}{4}{Rd}{D3}{}%
\diode[\photo{D}]{23}{4}{Ru}{D4}{}%
\diode[\photo{L}]{31}{4}{U}{D5}{}%
\diode[\photo{R}]{41}{4}{U1}{D6}{}%
\diode[\photo{L}]{50}{4}{D}{D7}{}%
\diode[\photo{R}]{60}{4}{D1}{D8}{}%
\end{circuitdiagram}
```

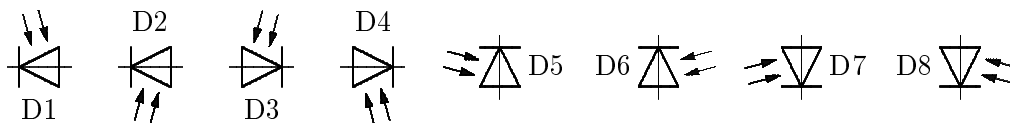


Abbildung 4.13: Photoempfindlichkeit bei Dioden

4.5 Lichtaussendung

Der Befehl `\emit` zeichnet zwei Lichtpfeile, die vom Bauteil wegzeigen, und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Pfeile. Hier einige Beispiele für Dioden (Abbildung 4.14):

```
\begin{circuitdiagram}{64}{8}%
\diode[\emit{U}]{2}{4}{Ld}{D1}{}%
\diode[\emit{D}]{9}{4}{Lu}{D2}{}%
\end{circuitdiagram}
```

```

\diode[\emit{U}]{16}{4}{Rd}{D3}{}%
\diode[\emit{D}]{23}{4}{Ru}{D4}{}%
\diode[\emit{L}]{31}{4}{U}{D5}{}%
\diode[\emit{R}]{41}{4}{U1}{D6}{}%
\diode[\emit{L}]{50}{4}{D}{D7}{}%
\diode[\emit{R}]{60}{4}{D1}{D8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

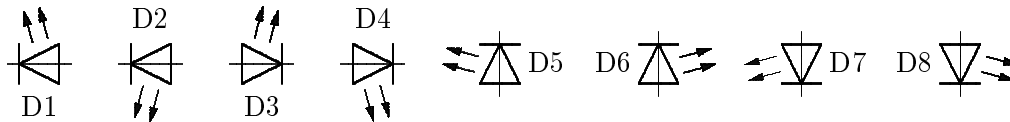


Abbildung 4.14: Lichtaussendung bei Dioden

4.6 Zenerdioden bzw. Z-Dioden

Der Befehl `\zener` zeichnet den Zenerdiodenstrich an eine Diode und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Strichs. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.15):

```

\begin{circuitdiagram}{54}{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}]{34}{2}{U}{D6}{}%
\diode[\zener{L}]{42}{2}{D}{D7}{}%
\diode[\zener{R}]{50}{2}{D}{D8}{}%
\end{circuitdiagram}

```

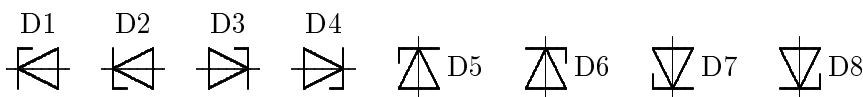


Abbildung 4.15: Zenerdioden bzw. Z-Dioden

4.7 Tunneldioden

Der Befehl `\tunnel` zeichnet die beiden Tunneldiodenstriche an eine Diode und besitzt kein Argument. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.16):

```

\begin{circuitdiagram}{26}{6}%
\diode[\tunnel]{2}{2}{L}{D1}{}%
\diode[\tunnel]{8}{2}{R}{D2}{}%

```

```

\diode[\tunnel]{14}{2}{U}{D3}{}%
\diode[\tunnel]{22}{2}{D}{D4}{}%
\end{circuitdiagram}

```

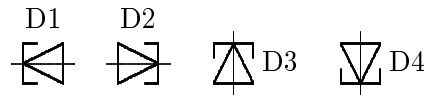


Abbildung 4.16: Tunneldioden

4.8 Kapazitätsdioden

Der Befehl `\capdio` zeichnet einen Kondensator an eine Diode und besitzt kein Argument. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.17):

```

\begin{circuitdiagram}{26}{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}{D1}{}%
\diode[\capdio]{8}{9}{R}{D2}{}%
\diode[\capdio]{14}{9}{U}{D3}{}%
\diode[\capdio]{22}{9}{D}{D4}{}%
\filleddiode%
\diode[\capdio]{2}{2}{L}{D1}{}%
\diode[\capdio]{8}{2}{R}{D2}{}%
\diode[\capdio]{14}{2}{U}{D3}{}%
\diode[\capdio]{22}{2}{D}{D4}{}%
\end{circuitdiagram}

```

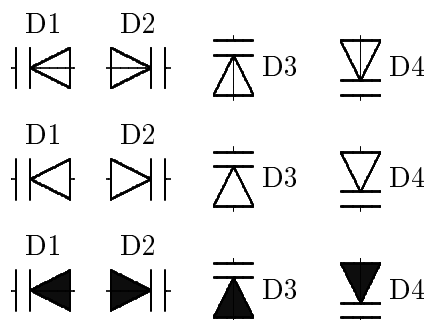


Abbildung 4.17: Kapazitätsdioden

4.9 Elektrolytkondensatoren

Der Befehl `\elko` zeichnet ein Pluszeichen an einen Kondensator und besitzt ein Argument. Dies ist die Position des Pluszeichens. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.18):

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

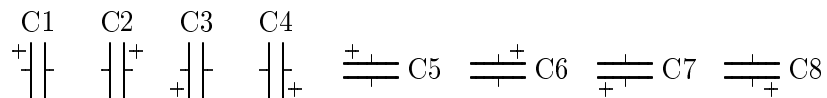


Abbildung 4.18: Elektrolytkondensatoren

4.10 Eisenkerne und Windungen für Spulen

Der Befehl `\ironcore` zeichnet einen Eisenkern an eine Spule und besitzt kein Argument. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.19):

```
\begin{circuitdiagram}{27}{6}%
\induc[\ironcore]{3}{3}{H}{L1}{}%
\induc[\ironcore]{11}{3}{HD}{L2}{}%
\induc[\ironcore]{18}{3}{V}{L3}{}%
\induc[\ironcore]{23}{3}{VR}{L4}{}%
\end{circuitdiagram}
```

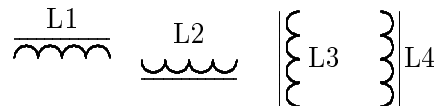


Abbildung 4.19: Eisenkerne

Transformatoren können zusammengesetzt werden (Abbildung 4.20):

```
\begin{circuitdiagram}{9}{6}%
\induc[\ironcore]{3}{3}{VR1}{L1}{}%
\induc[\ironcore]{6}{3}{V}{L2}{}%
\end{circuitdiagram}
```

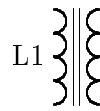


Abbildung 4.20: ein Transformator

Um kompliziertere Transformatoren zu erstellen, dienen zwei weitere Befehle: `\Ironcore` zeichnet eine Doppellinie und besitzt vier Argumente. Diese sind die x- und y-Koordinate, die Ausrichtung (H oder V) und die Länge (die man am besten gleich der Anzahl der Windungen wählt). `\windings` erlaubt mehrere (oder weniger) Windungen bei einer Spule und besitzt ein Argument. Dies ist gerade die Anzahl der zu zeichnenden Windungen. Hier ein Beispiel (Abbildung 4.21) für einen komplizierteren Transformator:

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

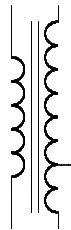


Abbildung 4.21: ein komplizierterer Transformator

Werden ein Eisenkern und/oder die verlängerten Zuleitungen bei einer Spule zusammen mit `\windings` verwendet, so muss der Windungsbefehl als erster stehen, weil die anderen Befehle von dessen Argument abhängen. Im folgenden Beispiel (Abbildung 4.22) ist die linke Spule korrekt und die rechte fehlerhaft gesetzt:

```
\begin{circuitdiagram}{30}{3}%
\induc[\windings{6}\ironcore\wireLR{2}]{7}{1}{H}{}{}%
\induc[\ironcore\wireLR{2}\windings{6}]{23}{1}{H}{}{}%
\end{circuitdiagram}
```



Abbildung 4.22: eine korrekt und eine fehlerhaft gesetzte Spule

4.11 Versorgungsspannung

Der Befehl `\supply` zeichnet Anschlüsse für die Versorgungsspannung bei Operationsverstärkern und besitzt ein Argument. Dies ist die Position der Anschlüsse. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.23):

```
\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}
```

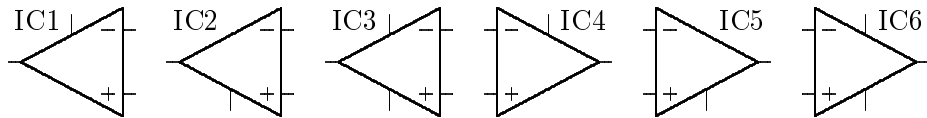


Abbildung 4.23: Versorgungsspannung für Operationsverstärker

4.12 Eingänge für Gatter

Der Befehl `\inputs` erlaubt mehrere Eingänge bei Gattern und besitzt ein Argument. Dies ist die Anzahl der Eingänge und kann zwischen 2 und 9 liegen. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.24):

```
\begin{circuitdiagram}{43}{17}%
  \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{6}]{and}{3}{5}{Rc}{IC1}{}%
  \gate[\inputs{6}]{nand}{12}{5}{Rc}{IC2}{}%
  \gate[\inputs{6}]{or}{21}{5}{Rc}{IC3}{}%
  \gate[\inputs{6}]{nor}{30}{5}{Rc}{IC4}{}%
  \gate[\inputs{6}]{xor}{39}{5}{Rc}{IC5}{}%
\end{circuitdiagram}
```

4.13 Schmitt-Trigger-Kennzeichnung

Der Befehl `\schmitt` zeichnet ein Schmitt-Trigger-Symbol in ein Gatter und besitzt kein Argument. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.25):

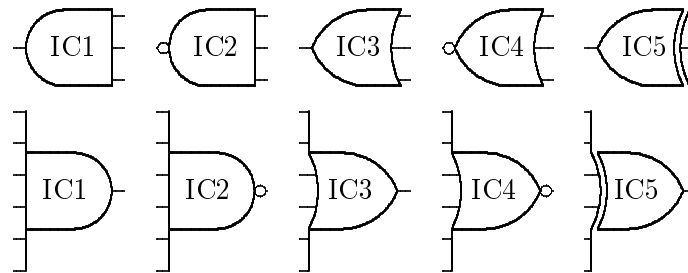


Abbildung 4.24: mehrere Eingänge für Gatter

```
\begin{circuitdiagram}{51}{16}%
\gate[\schmitt]{and}{4}{11}{L}{IC1}{}%
\gate[\schmitt]{nand}{13}{11}{L}{IC2}{}%
\gate[\schmitt]{or}{22}{11}{L}{IC3}{}%
\gate[\schmitt]{nor}{31}{11}{L}{IC4}{}%
\gate[\schmitt]{xor}{40}{11}{L}{IC5}{}%
\gate[\schmitt]{not}{48}{11}{L}{IC6}{}%
\gate[\schmitt]{and}{3}{3}{R}{IC1}{}%
\gate[\schmitt]{nand}{12}{3}{R}{IC2}{}%
\gate[\schmitt]{or}{21}{3}{R}{IC3}{}%
\gate[\schmitt]{nor}{30}{3}{R}{IC4}{}%
\gate[\schmitt]{xor}{39}{3}{R}{IC5}{}%
\gate[\schmitt]{not}{48}{3}{R}{IC6}{}%
\end{circuitdiagram}
```

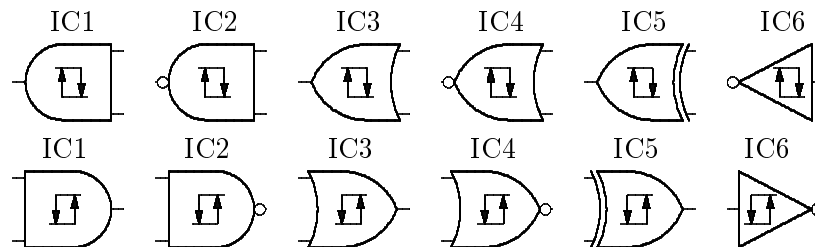


Abbildung 4.25: Schmitt-Trigger-Symbol

4.14 Ein- und Ausgänge von Flipflops

Der Befehl `\showinvout` fügt einem Flipflop den invertierten Ausgang hinzu und besitzt kein Argument. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.26):

```
\begin{circuitdiagram}{19}{10}%
\flipflop[\showinvout]{jk}{4}{4}{L}{IC1}{}%
\flipflop[\showinvout]{jk}{15}{4}{R}{IC2}{}%
\end{circuitdiagram}
```

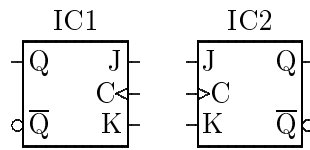



Abbildung 4.26: invertierter Flipflop-Ausgang

Der Befehl `\showsetin` fügt einem Flipflop den Setzen/Preset-Eingang hinzu und besitzt ein Argument. Dies ist `p` für einen nicht-negierten und `n` für einen negierten Eingang. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.27):

```
\begin{circuitdiagram}{19}{10}%
\flipflop[\showsetin{p}]{jk}{4}{4}{Lh1}{IC1}{}%
\flipflop[\showsetin{n}]{jk}{15}{4}{Lh1}{IC2}{}%
\flipflop[\showsetin{p}]{jk}{26}{4}{Rhr}{IC3}{}%
\flipflop[\showsetin{n}]{jk}{37}{4}{Rhr}{IC4}{}%
\end{circuitdiagram}
```

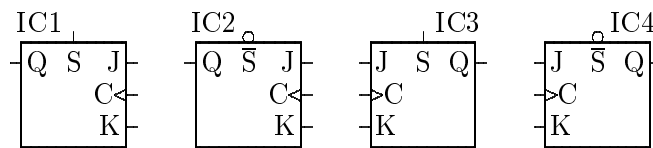


Abbildung 4.27: Setzen/Preset-Eingang

Der Befehl `\showresetin` fügt einem Flipflop den Löschen/Clear/Reset-Eingang hinzu und besitzt ein Argument. Dies ist `p` für einen nicht-negierten und `n` für einen negierten Eingang. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.28):

```
\begin{circuitdiagram}{19}{10}%
\flipflop[\showresetin{p}]{jk}{4}{4}{Lh1}{IC1}{}%
\flipflop[\showresetin{n}]{jk}{15}{4}{Lh1}{IC2}{}%
\flipflop[\showresetin{p}]{jk}{26}{4}{Rhr}{IC3}{}%
\flipflop[\showresetin{n}]{jk}{37}{4}{Rhr}{IC4}{}%
\end{circuitdiagram}
```

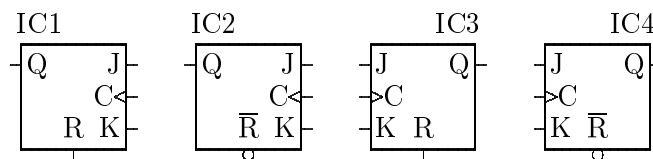


Abbildung 4.28: Löschen/Clear/Reset-Eingang

4.15 Referenzen und Bauteilwerte manuell platzieren

Der Befehl `\putrefer` platziert die Referenz manuell und besitzt drei Argumente. Dies sind die x- und y-Koordinate sowie die Ausrichtung (1, r oder c). Hier einige Beispiele (Abbildung 4.29):

```
\begin{circuitdiagram}{39}{8}%
\resis[\putrefer{2}{3}{1}\photo{U}]{3}{4}{H}{R1}{33k}%
\capac[\putrefer{-1}{2}{r}\trim{RU}]{12}{4}{Vr}{C1}{47p}%
\induc[\putrefer{0}{-3.5}{c}\ironcore]{22}{4}{H}{L1}{1mH}%
\trans[\putrefer{-1}{3}{r}]{nenh}{31}{4}{R}{T1}{BUZ11}%
\end{circuitdiagram}
```

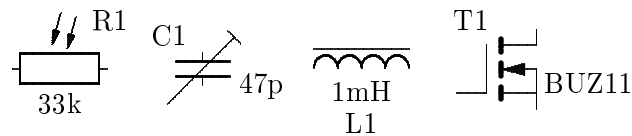


Abbildung 4.29: Referenzen manuell platzieren

Der Befehl `\putvalue` platziert in analoger Weise den Bauteilwert manuell. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.30):

```
\begin{circuitdiagram}{37}{9}%
\resis[\putvalue{2}{-3}{1}\photo{D}]{3}{4}{H}{R1}{33k}%
\capac[\putvalue{-1}{2}{r}\trim{RU}]{12}{4}{Vr}{C1}{47p}%
\induc[\putvalue{0}{4.5}{c}\ironcore]{22}{4}{H}{L1}{1mH}%
\trans[\putvalue{1}{3.5}{r}]{nenh}{32}{4}{R}{T1}{BUZ11}%
\end{circuitdiagram}
```

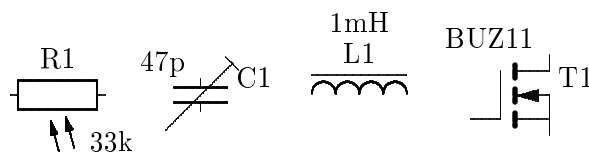


Abbildung 4.30: Bauteilwerte manuell platzieren

Der Befehl `\putrefervalue` platziert in analoger Weise Referenz und Bauteilwert manuell für den Fall, dass eine automatische Platzierung eingestellt ist, die beides gemeinsam setzt. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.31):

```
\begin{circuitdiagram}{16}{8}%
\resis[\putrefervalue{1}{3}{c}]{3}{4}{Hu}{R1}{33k}%
\capac[\putrefervalue{0}{-3}{1}]{10}{4}{Hd}{C1}{10n}%
\end{circuitdiagram}
```

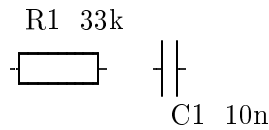


Abbildung 4.31: Referenzen und Bauteilwerte manuell platzieren

Statt zu platzieren können die Referenzen und Bauteilwerte mit `\moverefer`, `\movevalue` und `\moverefervalue` verschoben werden; hier entfällt das dritte Argument für die Ausrichtung. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.32):

```
\begin{circuitdiagram}{54}{7}%
\resis[\moverefer{2}{0}]{3}{4}{H}{R1}{33k}%
\capac[\moverefer{0}{1}]{9}{4}{Hr}{C1}{10n}%
\induc[\movevalue{0}{-1}]{18}{4}{H}{L1}{1m}%
\trans[\movevalue{1}{-1}]{nnp}{26}{4}{R}{T1}{BC238}%
\resis[\moverefervalue{-2}{0}]{40}{4}{Hu}{R2}{33k}%
\diode[\moverefervalue{1}{-0.5}]{48}{4}{Rd}{D1}{1N4148}%
\end{circuitdiagram}
```

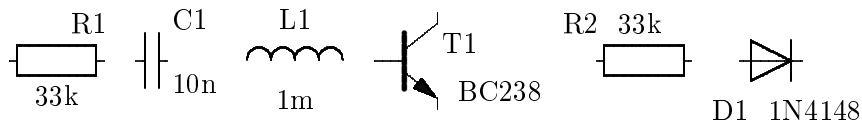


Abbildung 4.32: Referenzen und Bauteilwerte manuell verschieben

4.16 Spannungspfeile

Der Befehl `\voltarrow` zeichnet einen Spannungspfeil an ein Bauteil und besitzt zwei Argumente. Dies sind die Position des Pfeils und der Text. Hier einige Beispiele (Abbildung 4.33):

```
\begin{circuitdiagram}{58}{10}%
\resis[\voltarrow{UL}]{U_1$}{3}{5}{H}{}{}%
\induc[\voltarrow{UR}]{U_2$}{11}{5}{H}{}{}%
\capac[\voltarrow{DL}]{U_3$}{18}{5}{H}{}{}%
\diode[\voltarrow{DR}]{U_4$}{24}{5}{R}{}{}%
\resis[\voltarrow{LU}]{U_5$}{33}{5}{V}{}{}%
\induc[\voltarrow{LD}]{U_6$}{41}{5}{V}{}{}%
\capac[\voltarrow{RU}]{U_7$}{45}{5}{V}{}{}%
\diode[\voltarrow{RD}]{U_8$}{53}{5}{D}{}{}%
\end{circuitdiagram}
```

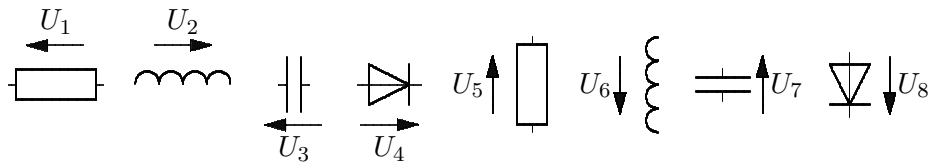


Abbildung 4.33: Spannungspfeile

5 Referenzen und Bauteilwerte

5.1 Horizontale Platzierung

Das horizontale Modell wird angewendet bei

- Spannungsquellen, Stromquellen, Widerständen, Kondensatoren und Spulen mit Orientierung H sowie
- Dioden, Operationsverstärkern, Gattern und Flipflops mit Orientierung L oder R.

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

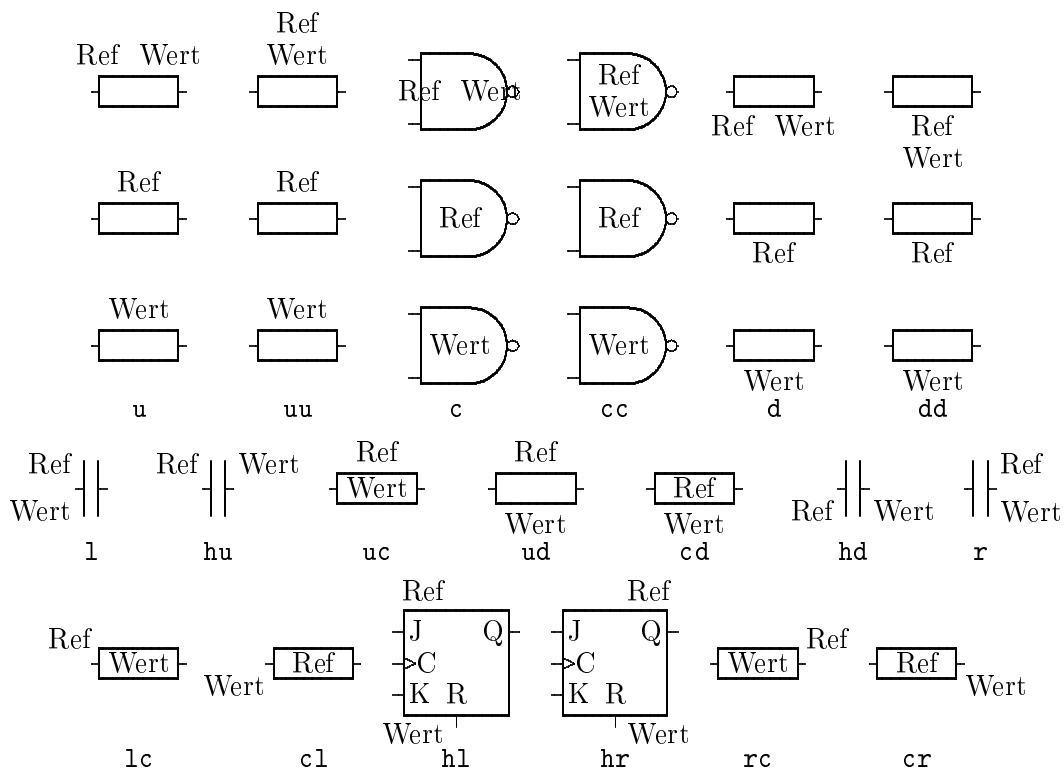


Abbildung 5.1: horizontales Modell

5.2 Vertikale Platzierung

Das vertikale Modell wird angewendet bei

- Spannungsquellen, Stromquellen, Widerständen, Kondensatoren und Spulen mit Orientierung V sowie
- Dioden mit Orientierung U oder D.

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

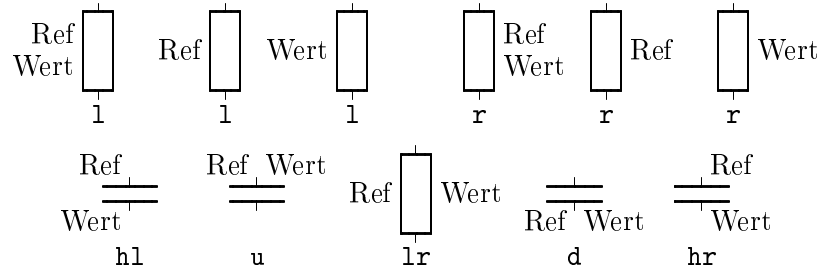


Abbildung 5.2: vertikales Modell

5.3 Transistor-Platzierung

Das Transistor-Modell ist in Abbildung 5.3 am Beispiel von Transistoren nach links und in Abbildung 5.4 am Beispiel von Transistoren nach rechts dargestellt.

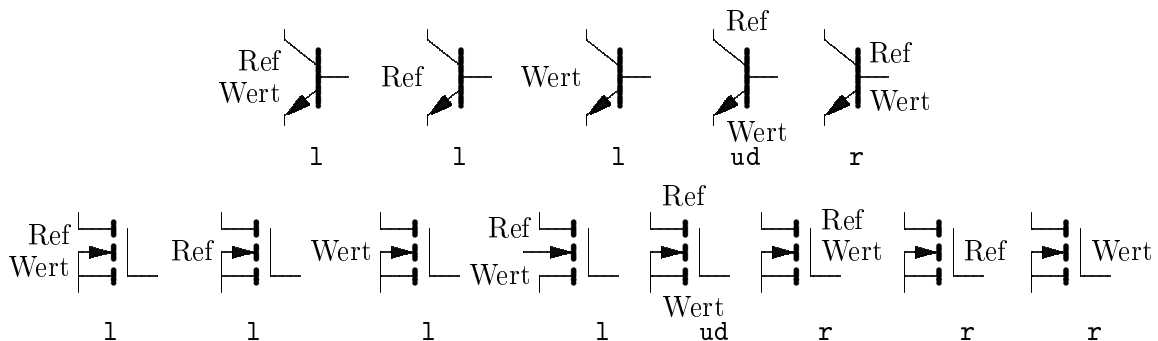


Abbildung 5.3: Transistor-Modell nach links

5.4 Automatische Nummerierung

Wird bei einem Bauteil als Referenz lediglich * übergeben, so wird diese Referenz durch eine automatisch generierte Nummer ersetzt, sofern die Paketooption **autoref** gewählt wurde. Dabei werden

- alle Bauteile `\resis` zu R1, R2, ... ,
- alle Bauteile `\capac` zu C1, C2, ... ,
- alle Bauteile `\induc` zu L1, L2, ... ,

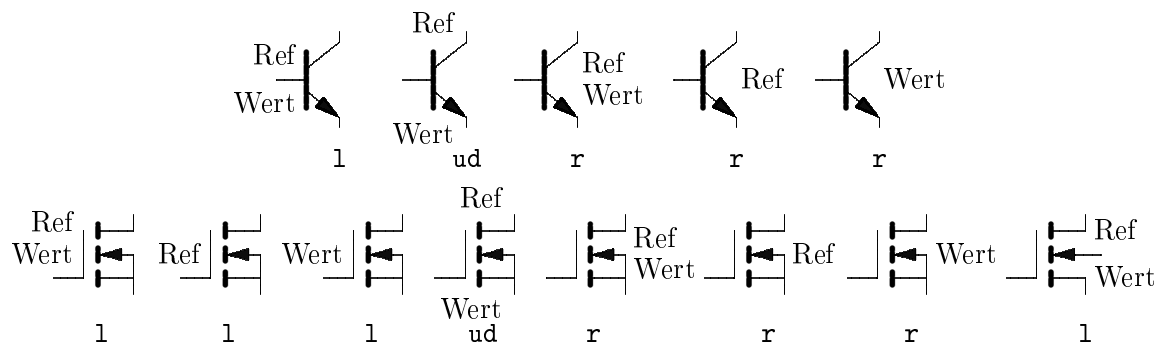


Abbildung 5.4: Transistor-Modell nach rechts

- alle Bauteile `\diode` zu D1, D2, ... ,
- alle Bauteile `\trans` zu T1, T2, ... ,
- alle Bauteile `\gate` und `\flipflop` zu IC1, IC2, ...

Das Symbol `*` ist im Befehl `\autorefsymbol` und kann natürlich mit `\renewcommand` verändert werden. Die Präfixe R, C, L, D, T und IC sind jeweils in `\cdresisname`, `\cdcapacname`, `\cdinducname`, `\cddiodename`, `\cdtransname` und `\cdicname` gespeichert.

6 Abmessungen der Symbole

6.1 Spannungs- und Stromquellen

Die Abmessungen von `\voltsrc` und `\currsrc` sind in Abbildung 6.1 dargestellt.



Abbildung 6.1: Abmessungen der Spannungs- und Stromquelle

6.2 Widerstände

Die Abmessungen von `\resis` sind in Abbildung 6.2 dargestellt. Die Positionen von Referenz und Bauteilwert sind in Abbildung 6.3 dargestellt.

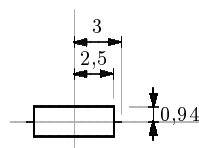


Abbildung 6.2: Abmessungen des Widerstands

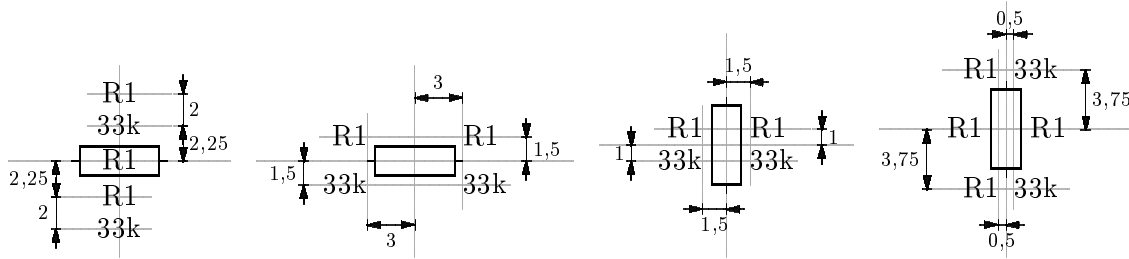


Abbildung 6.3: Referenz und Bauteilwert des Widerstands

6.3 Kondensatoren

Die Abmessungen von \capac sind in Abbildung 6.4 dargestellt. Die Positionen von Referenz und Bauteilwert sind in Abbildung 6.5 dargestellt.

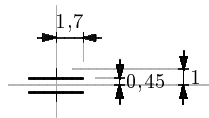


Abbildung 6.4: Abmessungen des Kondensators

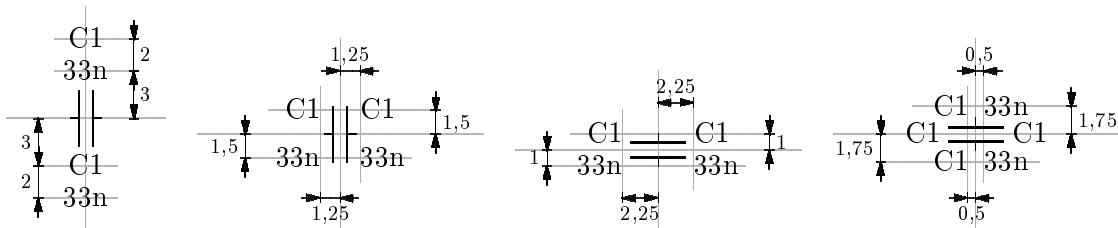
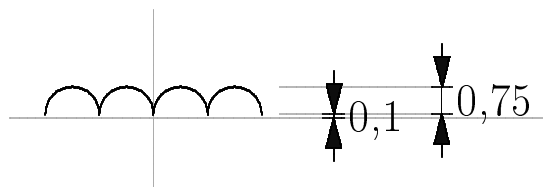
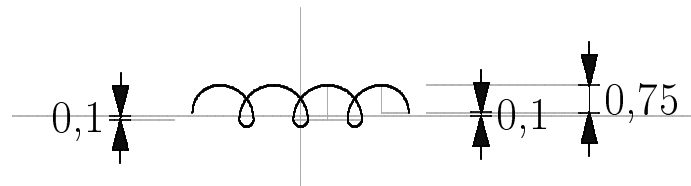
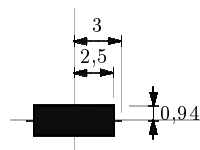


Abbildung 6.5: Referenz und Bauteilwert des Kondensators

6.4 Spulen

Die Abmessungen von \induc in der Variante **normal** sind in Abbildung 6.6, die in der Variante **curly** in Abbildung 6.7 und die in der Variante **filled** in Abbildung 6.8 dargestellt.

Abbildung 6.6: Abmessungen der Spule in der Variante **normal** (stark vergrößert)

Abbildung 6.7: Abmessungen der Spule in der Variante **curly** (stark vergrößert)Abbildung 6.8: Abmessungen der Spule in der Variante **filled**