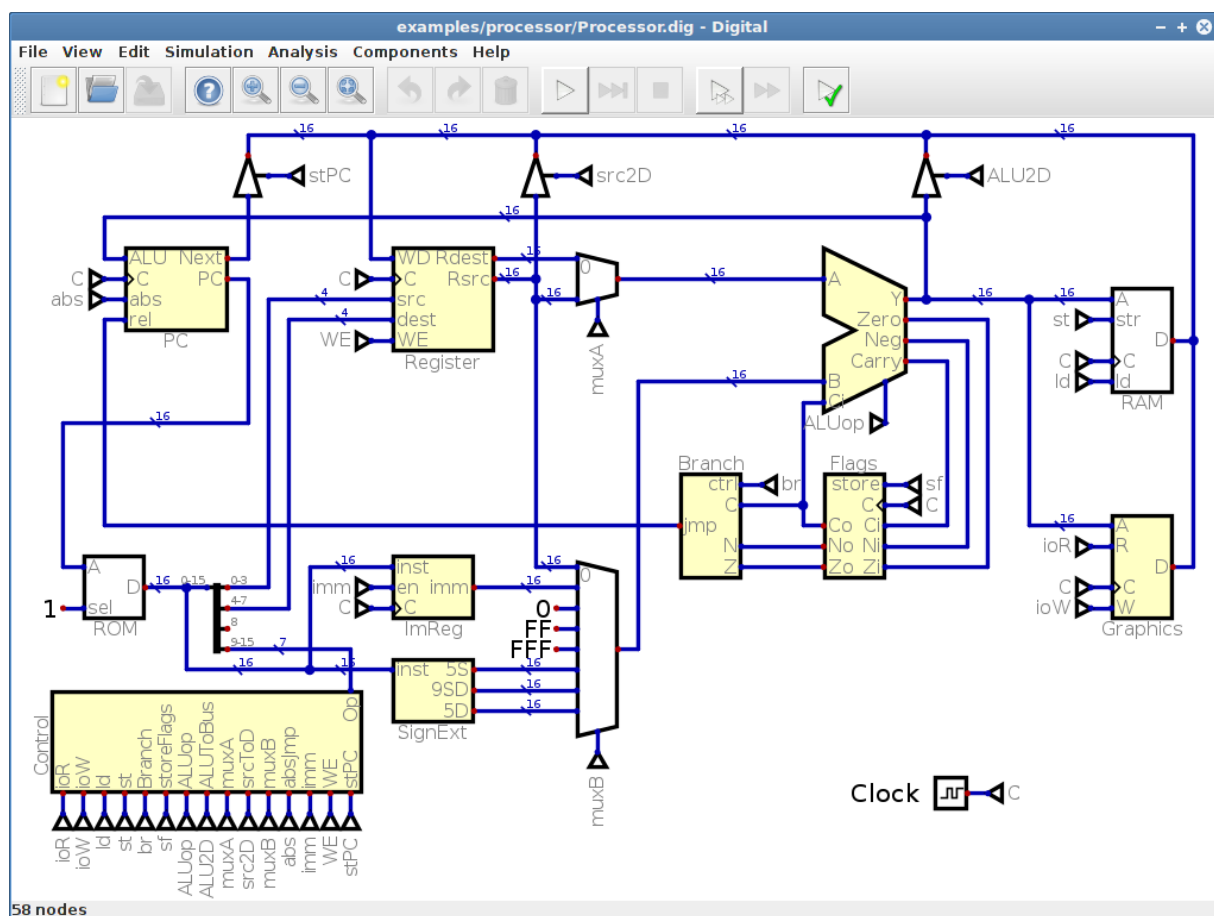


# Digital



Version: v0.20  
Datum: 2018-09-03 14:36

# Inhaltsverzeichnis

## A Allgemein

1. Digital .....	5
1.1. Einführung .....	5
1.2. Erste Schritte .....	5
1.3. Verbindungsleitungen .....	13
1.4. Hierarchisches Design .....	13
2. Simulation .....	17
2.1. Gatterlaufzeiten .....	17
3. Schaltungsanalyse und Synthese .....	17
4. Hardware .....	18
4.1. GAL16v8 bzw. GAL22v10 .....	18
4.2. ATF150xAS .....	18
4.3. Export zu VHDL oder Verilog .....	18
5. Häufig gestellte Fragen .....	19
6. Tastenbelegung .....	21

## B Bauteile

1. Logisch	
1.1. Und .....	23
1.2. Nicht Und .....	23
1.3. Oder .....	24
1.4. Nicht Oder .....	25
1.5. Exklusiv Oder .....	25
1.6. Nicht Exklusiv Oder .....	26
1.7. Nicht .....	27
1.8. LookUpTable .....	27
2. IO	
2.1. Ausgang .....	28
2.2. LED .....	28
2.3. Eingang .....	29
2.4. Takteingang .....	30
2.5. Taster .....	30
2.6. DIP-Schalter .....	31
2.7. Text .....	31
2.8. Messwert .....	32
3. IO - mehr	
3.1. Glühlämpchen .....	32
3.2. LED mit zwei Anschlüssen .....	33
3.3. Siebensegmentanzeige .....	33
3.4. Siebensegmentanzeige Hex .....	34
3.5. 16-Segment Anzeige .....	35
3.6. LED-Matrix .....	35
3.7. Messwertgraph .....	36
3.8. Drehencoder .....	36
3.9. Tastatur .....	37
3.10. Terminal .....	37
4. Leitungen	

---

4.1. Masse .....	38
4.2. Betriebsspannung .....	38
4.3. Konstante .....	39
4.4. Tunnel .....	39
4.5. Splitter .....	40
4.6. Treiber .....	41
4.7. Treiber, invertierte Auswahl .....	41
4.8. Verzögerung .....	42
4.9. Pull-Up Widerstand .....	42
4.10. Pull-Down Widerstand .....	43
5. Multiplexer .....	
5.1. Multiplexer .....	43
5.2. Demultiplexer .....	44
5.3. Dekoder .....	45
5.4. Bitwähler .....	45
5.5. Prioritätsencoder .....	46
6. FlipFlops .....	
6.1. RS-FlipFlop .....	46
6.2. RS-FlipFlop, getaktet .....	47
6.3. JK-FlipFlop .....	48
6.4. D-FlipFlop .....	49
6.5. T-FlipFlop .....	50
6.6. JK-FlipFlop, asynchron .....	51
6.7. D-FlipFlop, asynchron .....	52
6.8. Monoflop .....	53
7. Speicher - RAM .....	
7.1. RAM, getrennte Ports .....	54
7.2. RAM, bidirektionaler Port .....	55
7.3. RAM, Chip Select .....	55
7.4. Registerspeicher .....	56
7.5. RAM, Dual Port .....	57
7.6. Grafik-RAM .....	58
8. Speicher - EEPROM .....	
8.1. EEPROM .....	59
8.2. EEPROM, getrennte Ports .....	60
9. Speicher .....	
9.1. Register .....	61
9.2. ROM .....	62
9.3. Zähler .....	63
9.4. Zähler, beschreibbar .....	64
10. Arithmetik .....	
10.1. Addierer .....	65
10.2. Subtrahierer .....	66
10.3. Multiplizierer .....	66
10.4. Bit-Schieber .....	67
10.5. Komparator .....	68
10.6. Negation .....	68
10.7. Biterweiterung .....	69
10.8. Bitzähler .....	69
11. Schalter .....	

---

11.1. Diode zu Plus .....	70
11.2. Diode zu Masse .....	70
11.3. Schalter .....	71
11.4. Fuse .....	71
11.5. Relais .....	72
11.6. Relais mit Wechselkontakt .....	73
11.7. P-Kanal FET .....	73
11.8. N-Kanal FET .....	74
11.9. P-Kanal Floating Gate FET .....	75
11.10. N-Kanal Floating Gate FET .....	75
11.11. Transmissionsgatter .....	76
12. Sonstige .....	
12.1. Testfall .....	77
12.2. Versorgung .....	77
12.3. Bidirektionaler Splitter .....	78
12.4. Reset .....	78
12.5. Break .....	79
12.6. Asynchrones Timing .....	79
12.7. Extern .....	79

## C Bibliothek

## A Allgemein

### 1. Digital

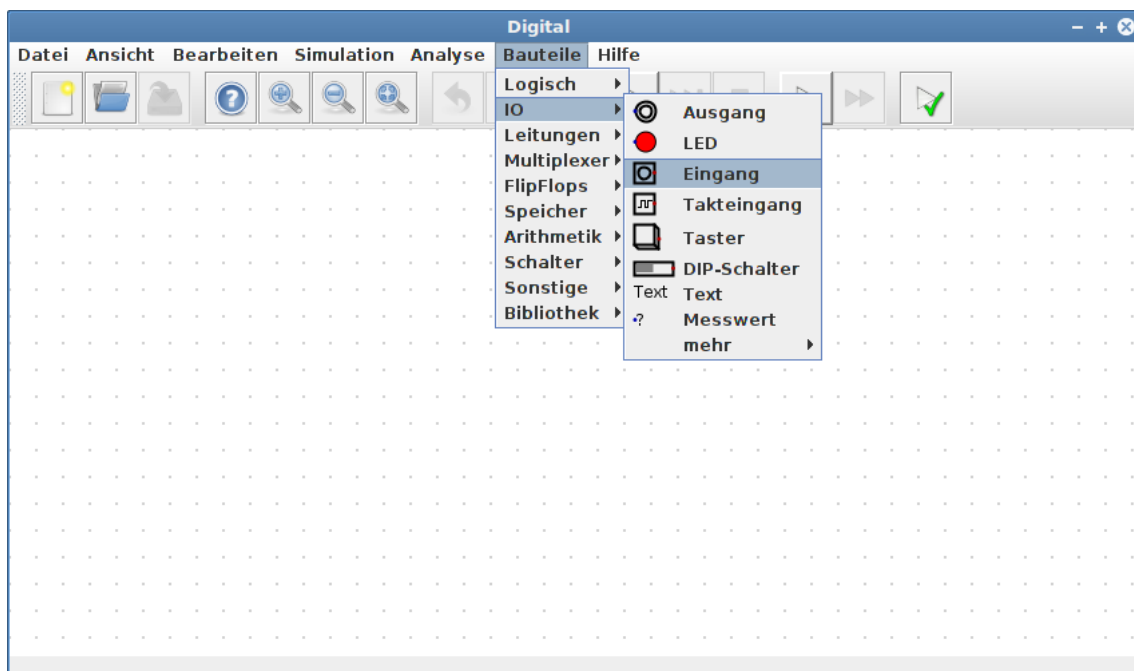
#### 1.1. Einführung

Digital ist ein Simulator für digitale Schaltkreise. Eine Schaltung besteht dabei aus einer Anzahl logischer Gatter, welche miteinander durch Leitungen verbunden sind. Das Verhalten der Gesamtschaltung kann simuliert werden. Der Anwender kann mit der laufenden Simulation über bestimmte Elemente interagieren, indem er z.B. Knöpfe betätigt oder Eingangswerte setzt.

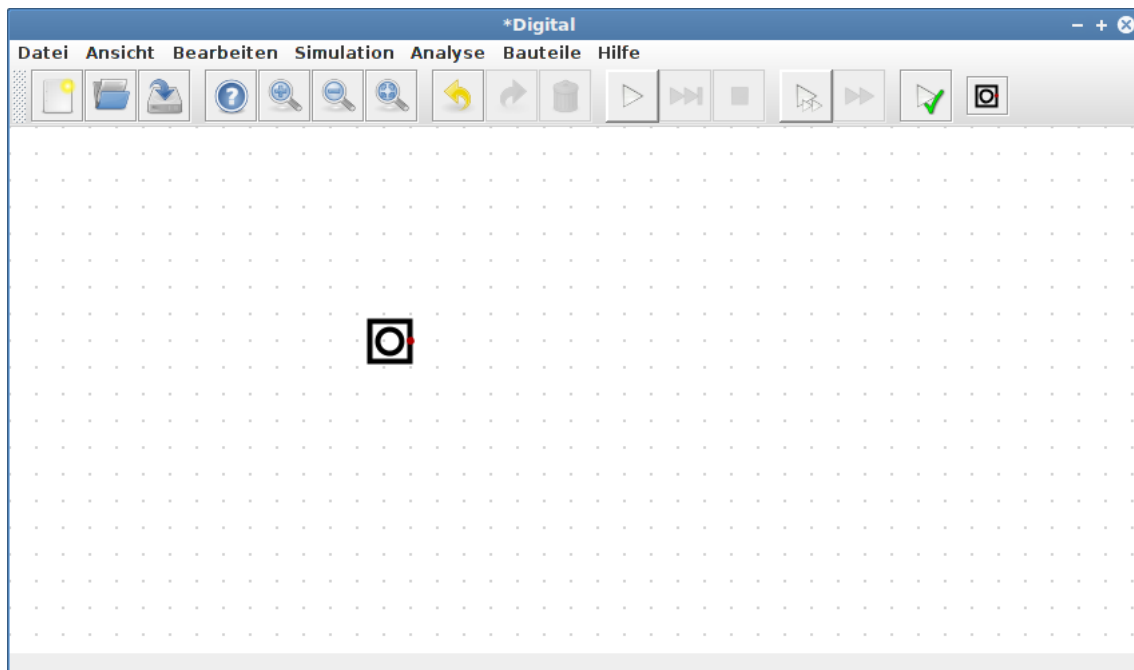
Auf diese Weise können die meisten Grundsaltungen der Digitaltechnik aufgebaut werden. Im Ordner *examples* finden sich viele Beispiele bis hin zum funktionsfähigen 16-Bit Single Cycle Harvard Prozessor.

Der Simulator kennt dabei zwei Modi: Im Bearbeitungsmodus kann die Schaltung bearbeitet werden. In diesem Modus ist die eigentliche Simulation nicht aktiv. Der Simulationsmodus wird durch den *Start*-Knopf aktiviert. Beim Wechsel in diesen Modus wird die Schaltung zunächst auf Konsistenz überprüft. Enthält die Schaltung keine Fehler, wird die Simulation aktiviert. Jetzt kann mit der laufenden Simulation interagiert werden. Möchte man die Schaltung weiter bearbeiten, muss man die Simulation zunächst wieder stoppen.

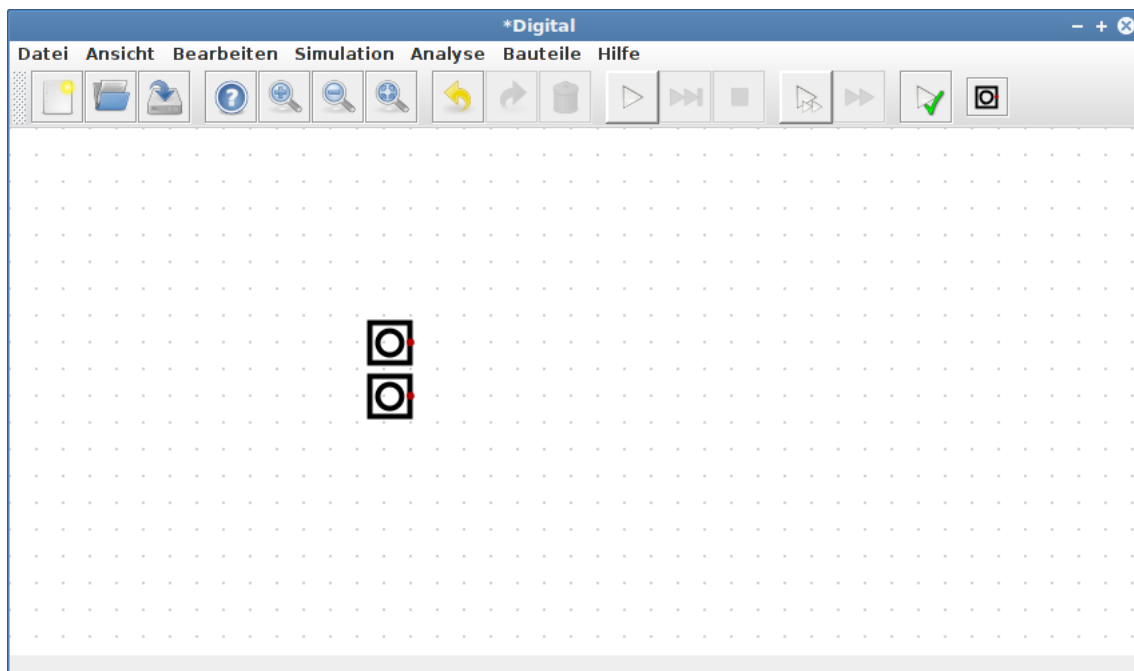
#### 1.2. Erste Schritte



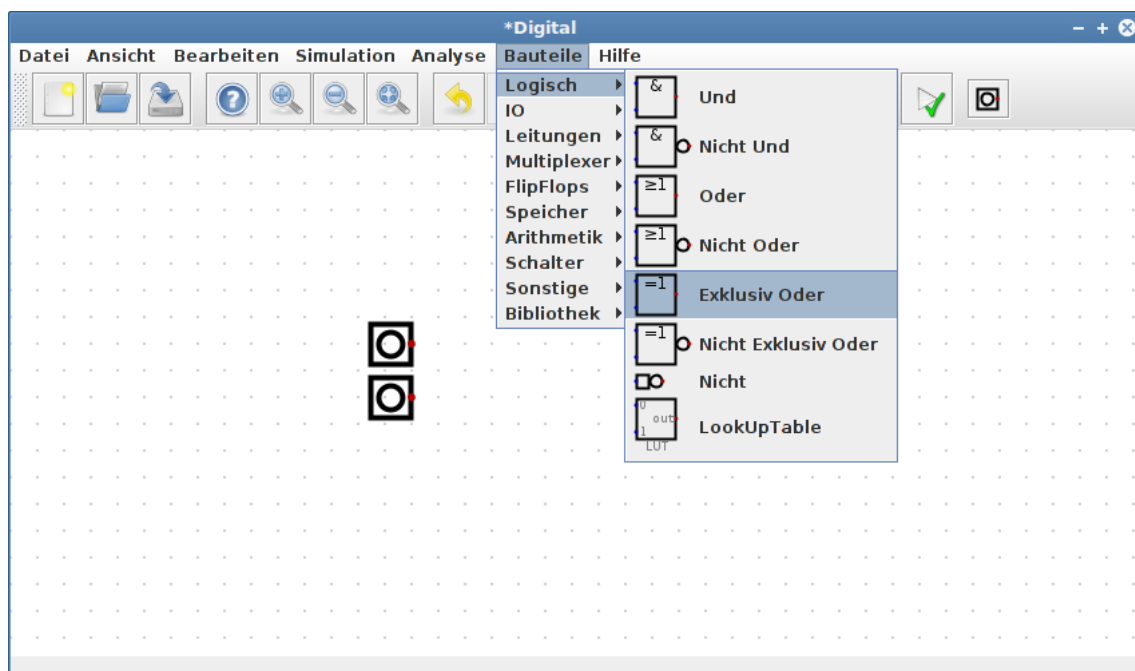
Als erstes Beispiel soll eine Schaltung mit einem Exklusiv-Oder Gatter aufgebaut werden. Im Hauptfenster erlaubt das Menü *Bauteile*, die verschiedenen Komponenten auszuwählen. Danach werden diese auf dem Zeichenfeld positioniert. Das Positionieren kann mit der ESC-Taste jederzeit abgebrochen werden. Als erstes soll der Schaltung ein Eingang hinzugefügt werden. Dieser lässt sich später interaktiv mit der Maus steuern.



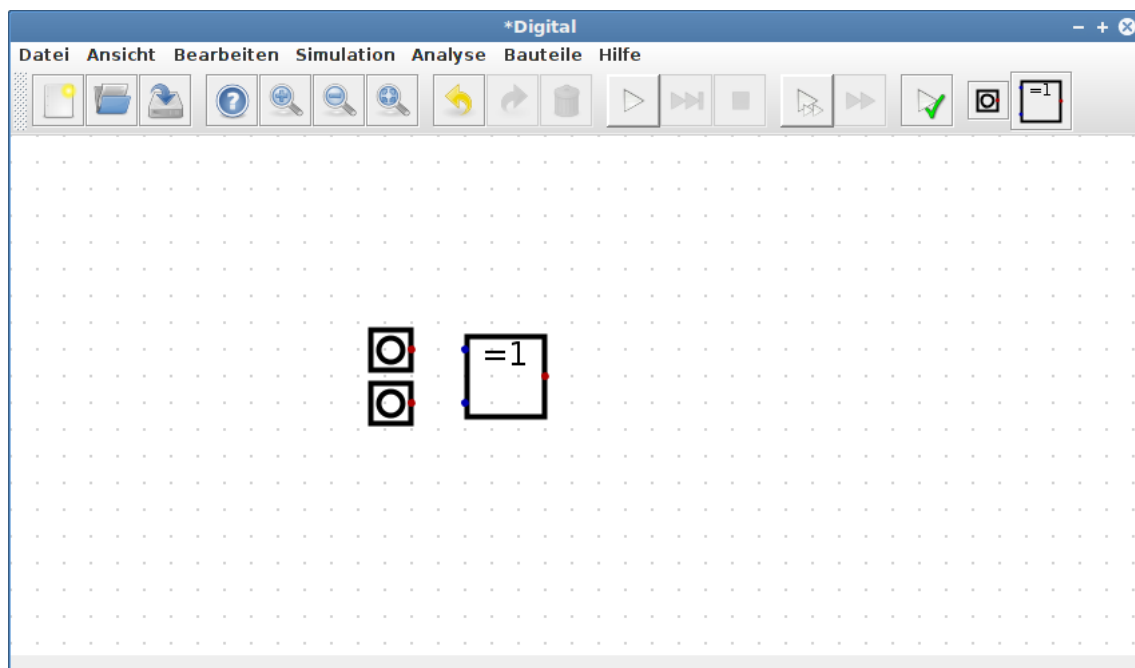
Nach der Auswahl kann der erste Eingang auf die Zeichenfläche gesetzt werden. Der rote Punkt markiert den Leitungsanschluss. Hier wird später eine Verbindungsleitung angeschlossen. Rot zeigt an, dass dieser Anschluss aktiv ist. Er definiert also einen Signalwert.



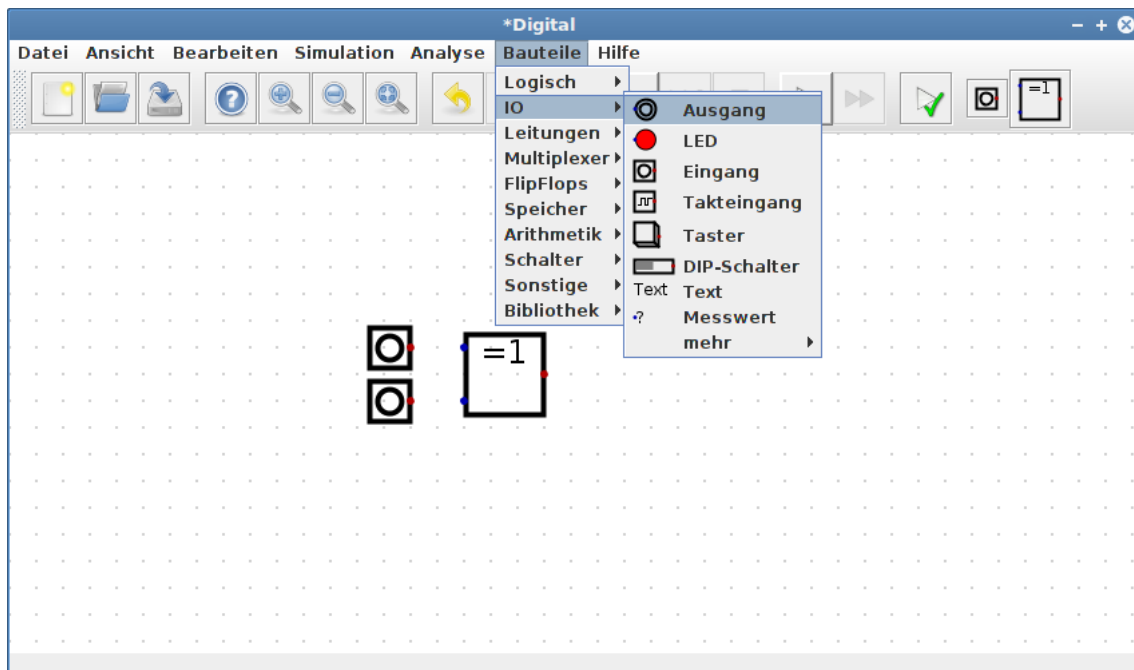
Auf die gleiche Art und Weise wird ein zweiter Eingang hinzugefügt. Am besten setzt man ihn direkt unter den ersten Eingang.



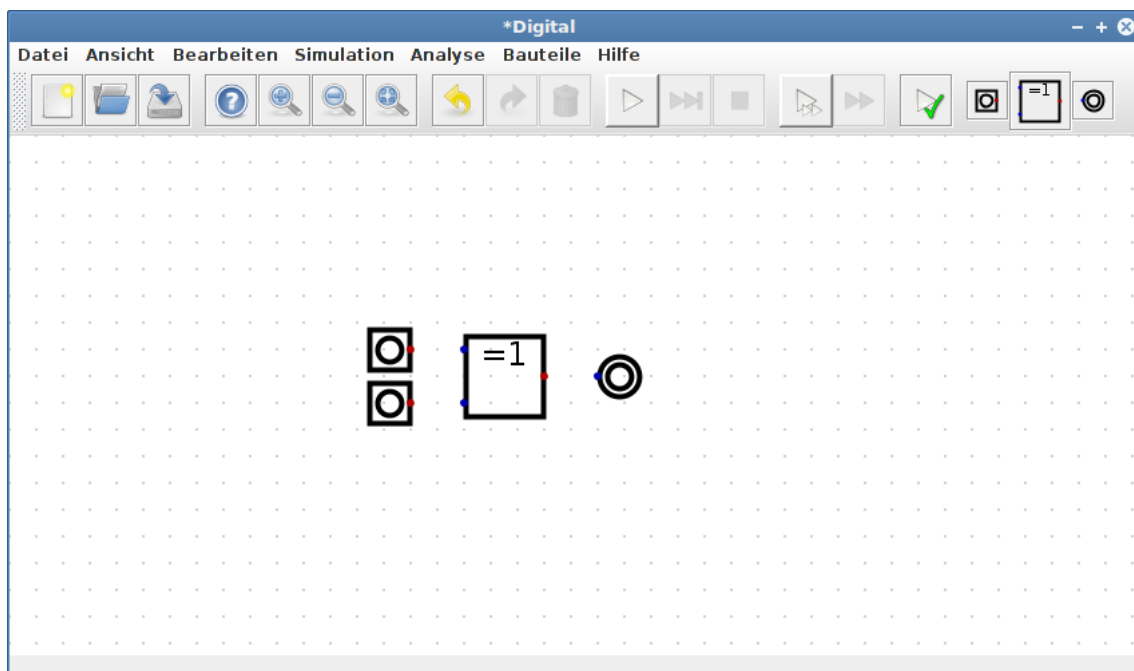
Danach wird das Exklusiv-Oder Gatter ausgewählt. Dieses Gatter stellt die eigentliche logische Funktion dar.



Dieses kann nun ebenfalls in die Schaltung eingefügt werden. Am besten setzt man es so, dass die spätere Verdrahtung möglichst einfach wird. Die blauen Punkte bezeichnen die Eingänge des Gatters.

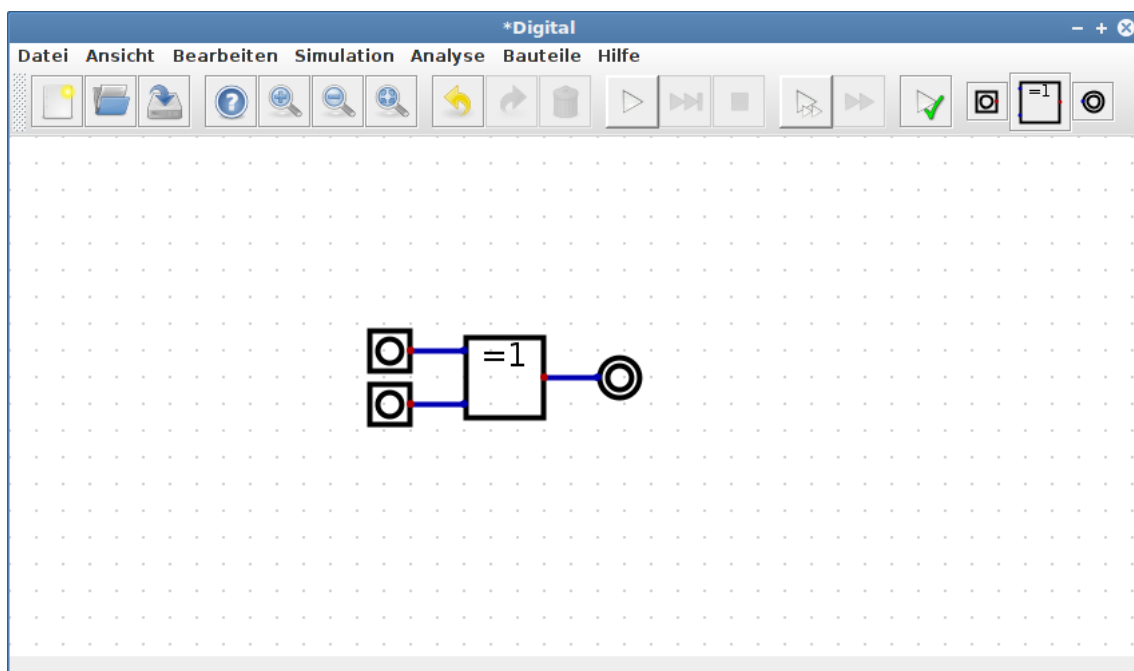


Jetzt wählt man einen Ausgang aus. Dieser kann verwendet werden, um einen Zustand anzuzeigen oder um später Signale an eine einbettende Schaltung weiterzugeben.

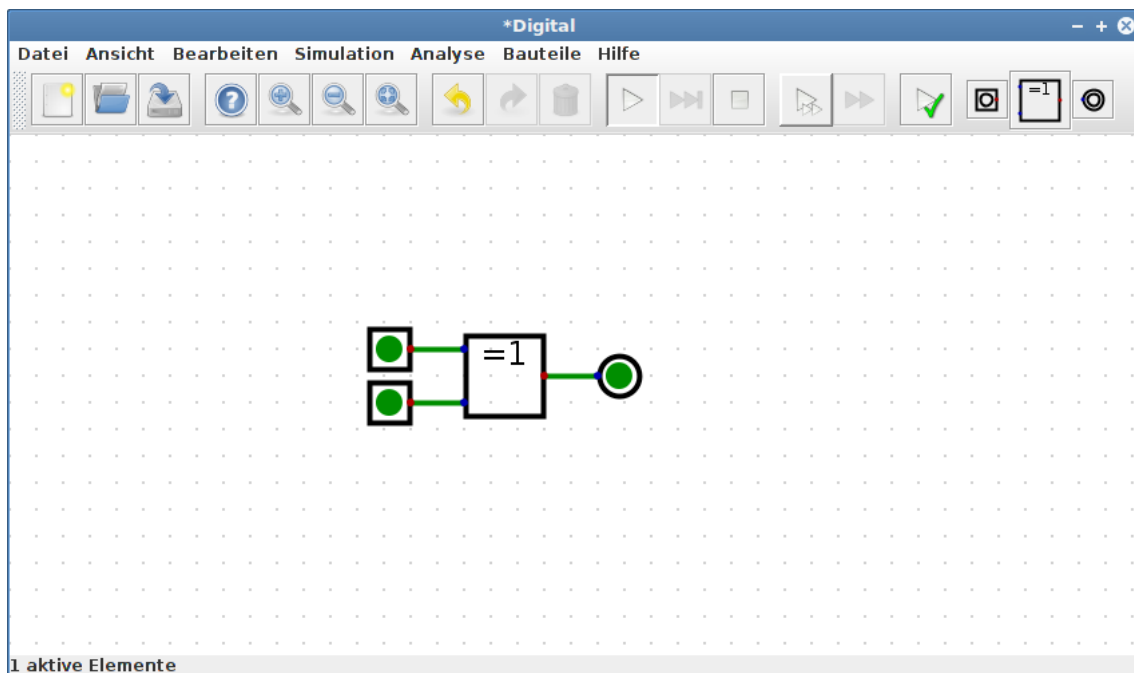


Auch der Ausgang wird so positioniert, dass die Verdrahtung möglichst einfach wird. Er hat einen blauen Punkt, verfügt also über einen Eingang.



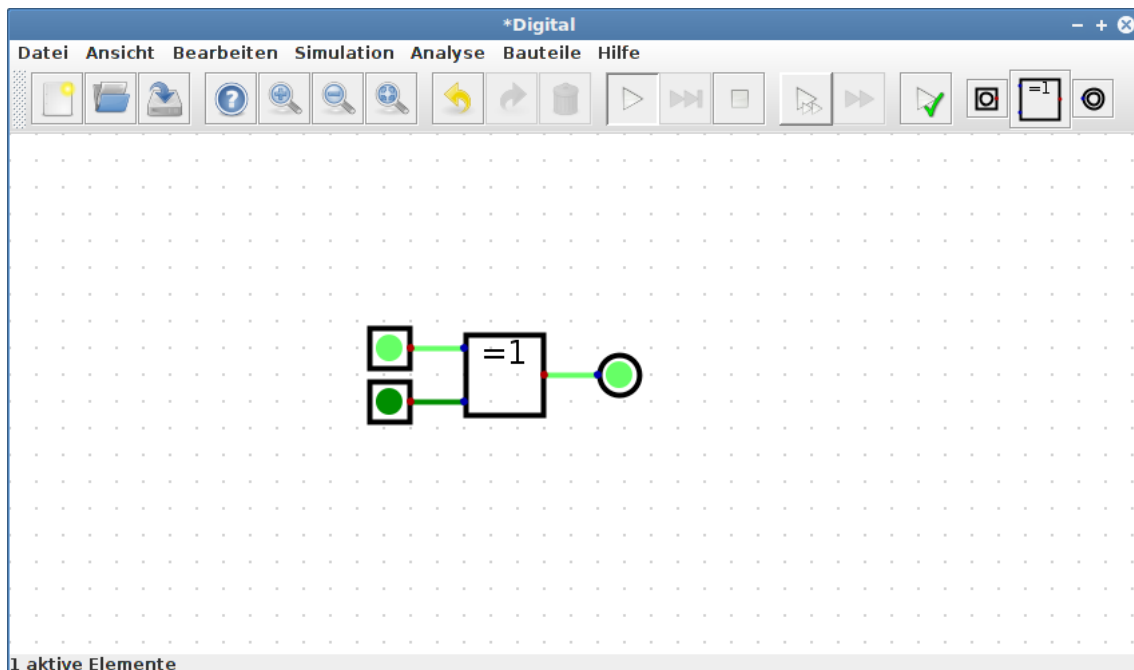


Damit sind alle erforderlichen Komponenten vorhanden. Jetzt ist die Verdrahtung zu ergänzen. Mit der Maus kann direkt eine Verbindungsleitung gezogen werden. Die blauen und roten Punkte sind miteinander zu verbinden. Es muss dabei immer genau ein roter Punkt mit einer beliebigen Anzahl blauer Punkte verbunden werden. Nur der Einsatz von Threestate-Ausgängen erlaubt es, von dieser Regel abzuweichen und mehrere rote Punkte miteinander zu verbinden. Verbindungsleitungen werden immer senkrecht oder waagerecht gezogen. Mit der Taste 'D' kann in den Diagonalmodus gewechselt werden. Sind alle noch fehlenden Leitungen ergänzt, ist eine erste Schaltung komplett.

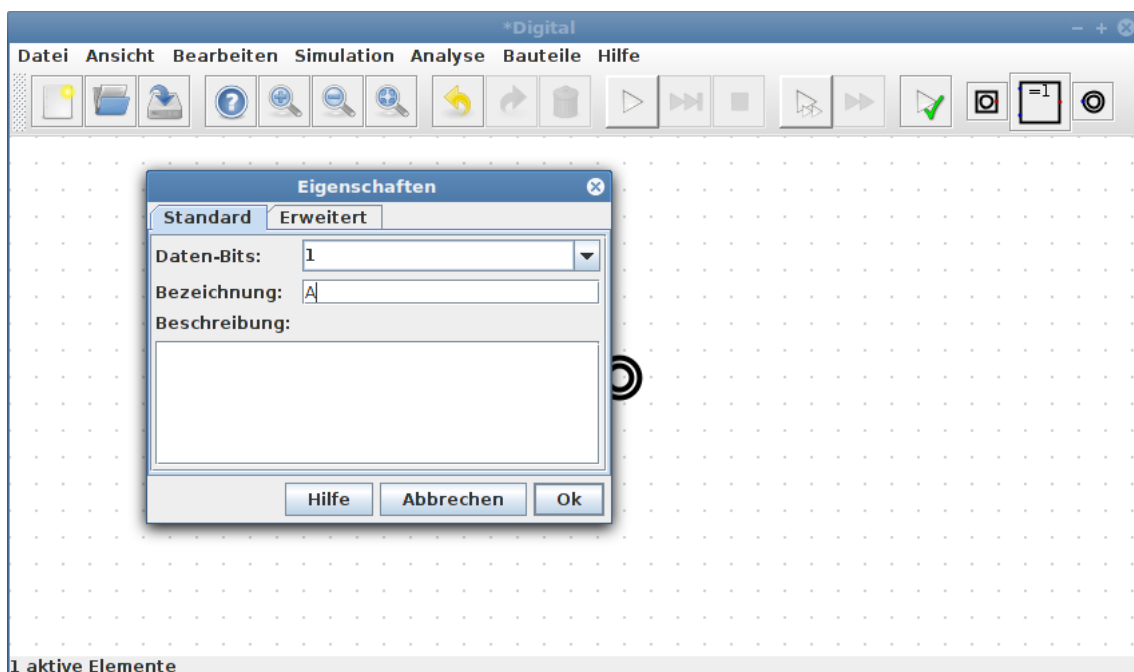


Um mit der Schaltung interagieren zu können, ist die Simulation zu starten. Dazu kann der Start-Knopf in der Toolbar verwendet werden. Nach dem Starten der Simulation ändert sich die

Farbe der Leitungen und die Ein- und Ausgänge sind jetzt ausgefüllt. Ein helles Grün markiert eine logische '1' und ein dunkles Grün eine logische '0'. In obiger Abbildung findet sich auf allen Leitungen eine logische '0'.

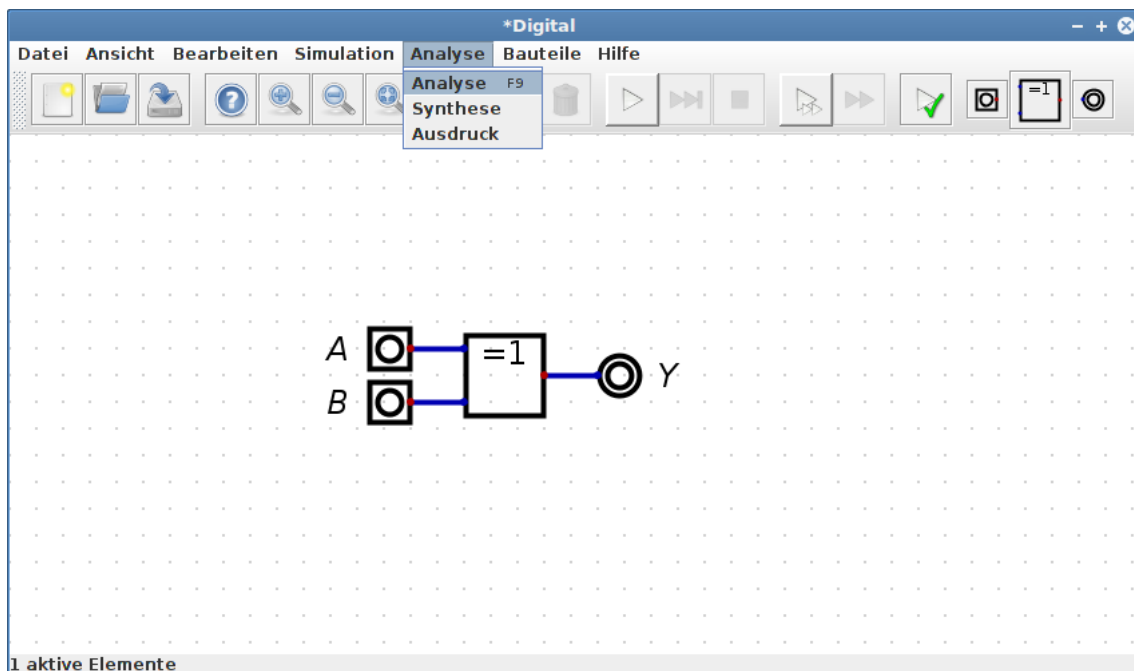


Durch Klicken mit der Maus können die Eingänge umgeschaltet werden. Da die Simulation jetzt aktiv ist, verändert sich der Ausgang entsprechend der aktuellen Eingangszustände. Die Schaltung verhält sich wie erwartet wie ein XOR-Gatter.

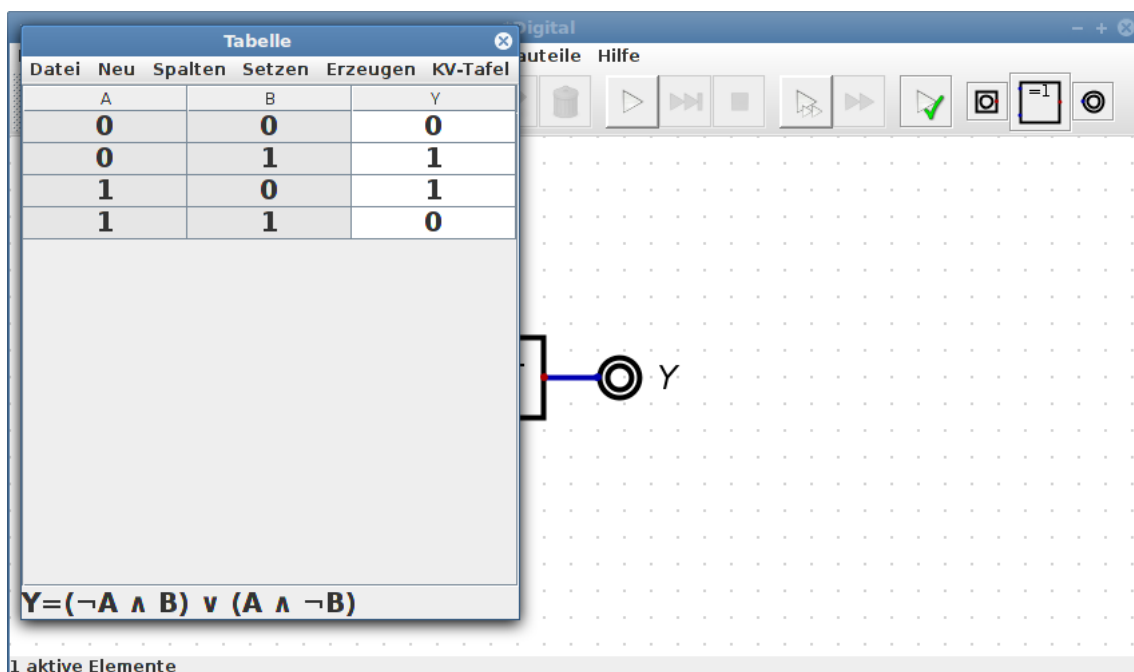


Um die Schaltung weiter bearbeiten zu können, muss die Simulation zunächst gestoppt werden. Dies geschieht am einfachsten mit dem Stopp-Knopf in der ToolBar. Durch Klicken mit der rechten Maustaste auf eine Komponente öffnet sich ein Dialog, welcher die Eigenschaften

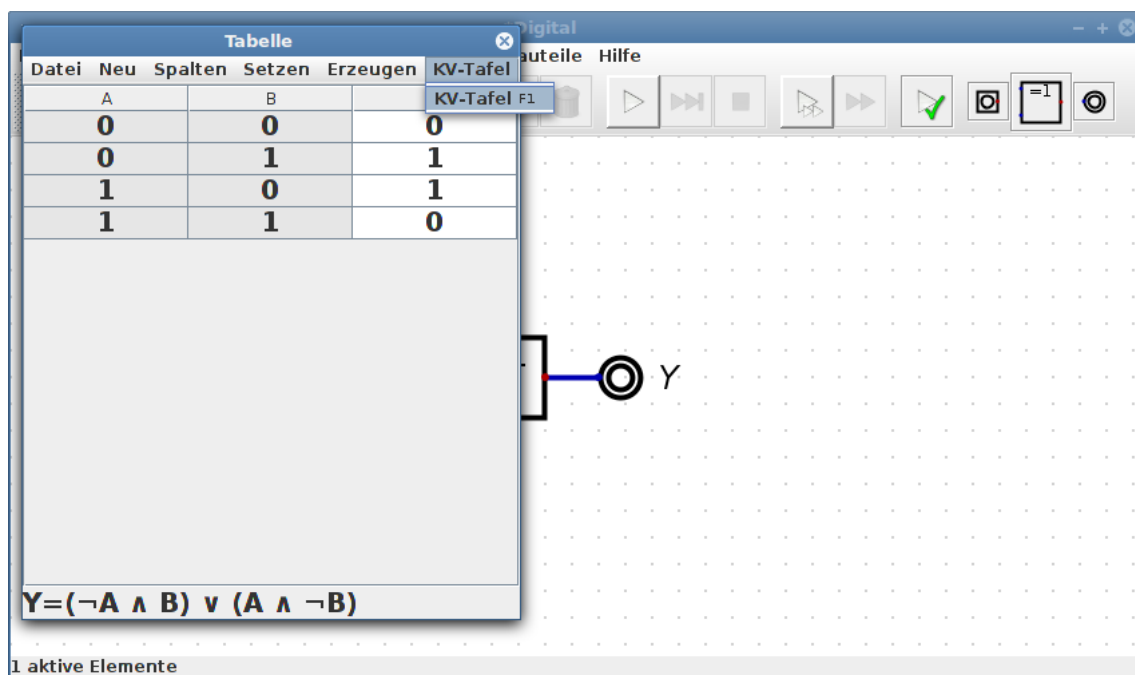
dieser Komponente anzeigt. Für den ersten Eingang kann über diesen Dialog die Bezeichnung 'A' festgelegt werden.



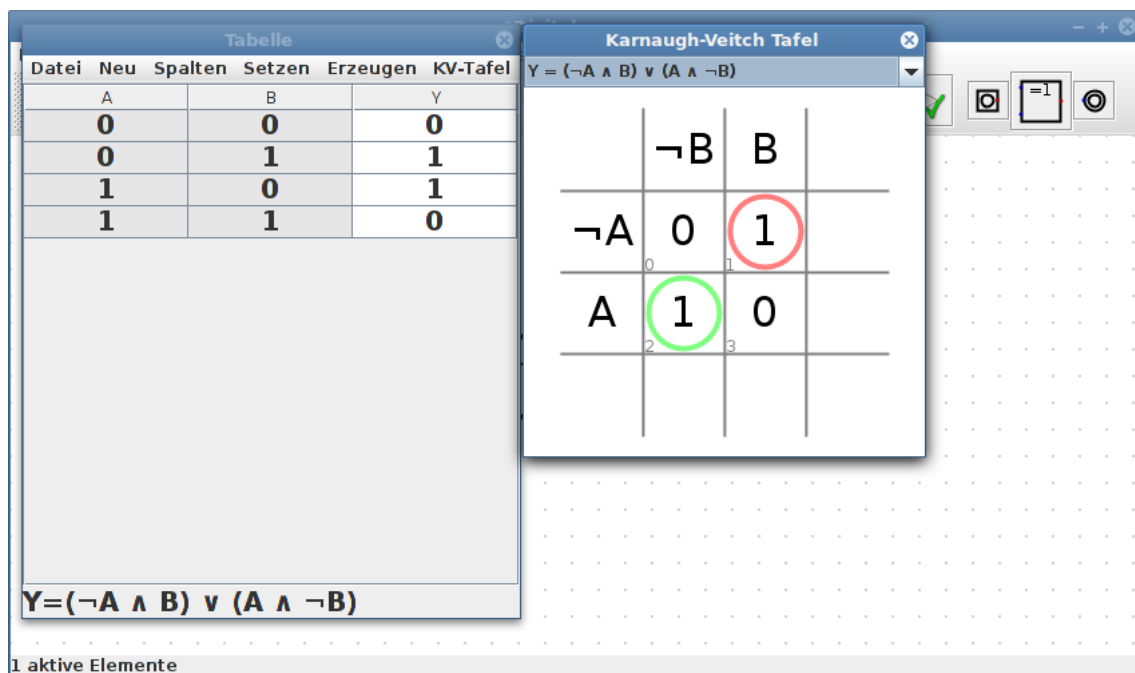
Auf diese Weise können die Bezeichnungen für die übrigen Ein- und Ausgänge definiert werden. Im Hauptmenü im Menü *Analyse* findet sich der Menüpunkt *Analyse*. Dieser ermittelt die Wahrheitstabelle der aktuellen Schaltung. Diese kann nur ermittelt werden, wenn alle Ein- und Ausgänge mit einer Bezeichnung versehen sind.



Es öffnet sich ein Fenster, welches die Wahrheitstabelle der aktuellen Schaltung zeigt. Unter der Tabelle findet sich der algebraische Ausdruck, welcher zu der Schaltung gehört. Gibt es mehrere mögliche algebraische Ausdrücke, öffnet sich ein separates Fenster, welches alle Ausdrücke anzeigt.



Der Tabellendialog hat in seinem Hauptmenü den Menüeintrag *KV-Tafel*. Über diesen lässt sich die Wahrheitstabelle in Form einer KV-Tafel anzeigen.



Oben in diesem Dialog gibt es eine Auswahbox, über welche der gewünschte Ausdruck in der KV-Tafel ausgewählt werden kann. Auf diese Weise lässt sich z.B. verdeutlichen, wie sich mehrere äquivalente algebraische Ausdrücke ergeben können. In diesem Beispiel gibt es jedoch nur einen minimalen Ausdruck. Durch Klicken in der KV-Tafel lässt sich die Wahrheitstabelle bearbeiten.

### 1.3. Verbindungsleitungen

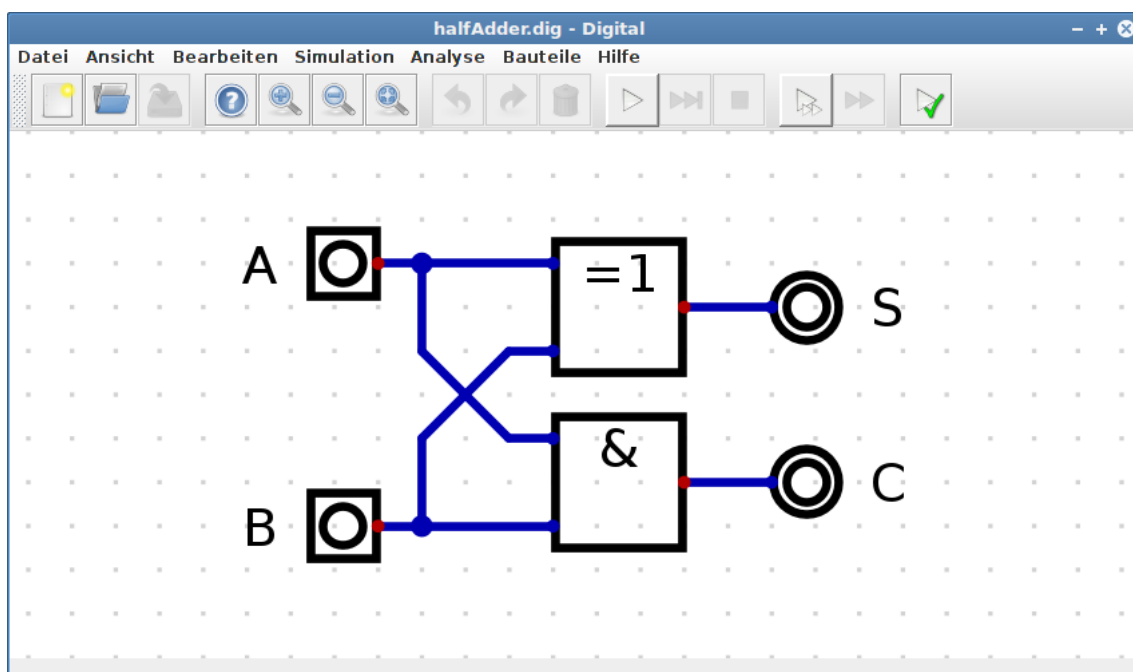
Alle Elemente müssen über Leitungen verbunden werden. Es ist nicht möglich, zwei Elemente direkt miteinander zu verbinden, indem man sie direkt nebeneinander platziert.

Zudem gibt es nur Verbindungen zwischen einem Leitungsende und einem Bauteil. Wird ein Bauteil mitten auf eine Leitung gesetzt, wird keine Verbindung zwischen dem Bauteil und der Leitung hergestellt. Daher muss an jedem Bauteileanschluss, welcher mit einem anderen verbunden werden soll, eine Leitung tatsächlich enden bzw. beginnen. Selbst wenn das Tunnel-Element verwendet wird, muss es eine Leitung zwischen dem Pin und dem Tunnel-Element geben.

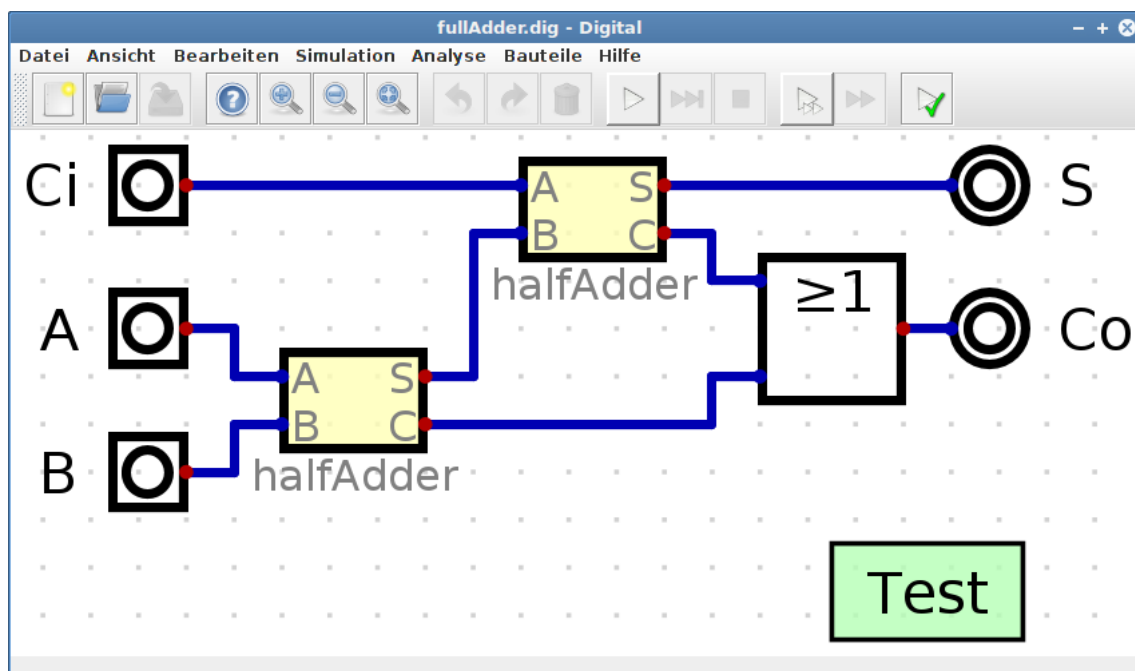
Soll ein Element incl. der angeschlossenen Verbindungsleitungen verschoben werden, ist das Element mit der Rechteckauswahl auszuwählen. Danach lässt es sich mit der Maus verschieben. Wenn ein Element per Mausklick selektiert wird, wird nur das Bauteil allein - also ohne die angeschlossenen Leitungen mitzunehmen - verschoben.

### 1.4. Hierarchisches Design

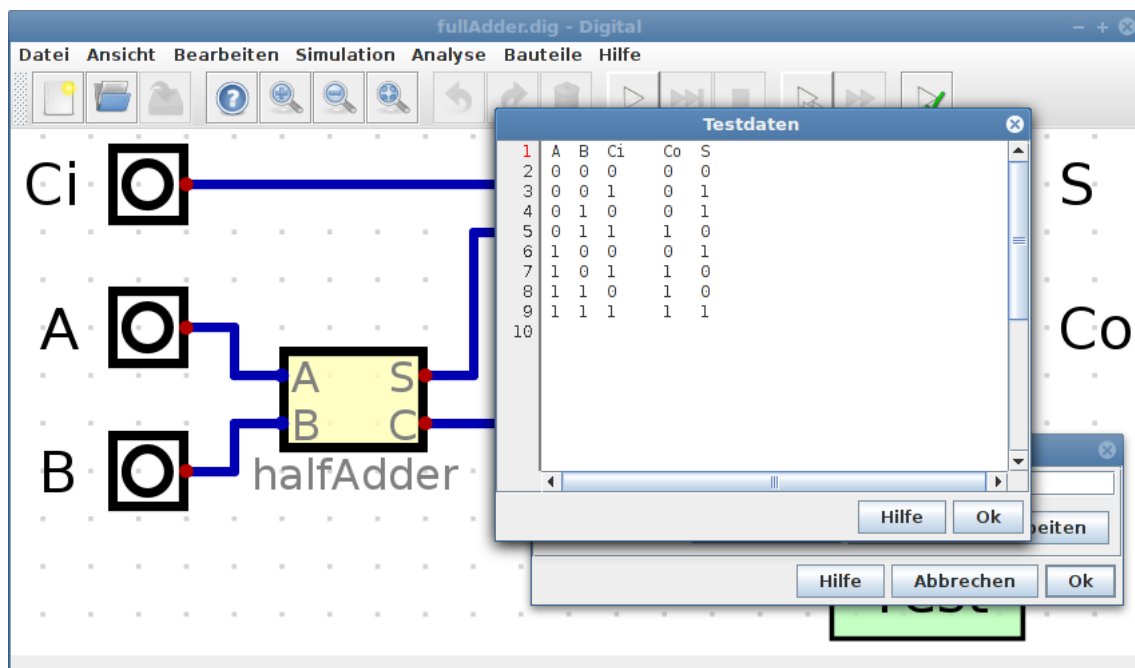
Wenn eine komplexe Schaltung aufgebaut wird, kann diese schnell sehr unübersichtlich werden. Um hier die Übersicht zu behalten, können die verschiedenen Teile einer Schaltung in unterschiedlichen Dateien gespeichert werden. Dieser Mechanismus erlaubt es auch, eine einmal erstellte Teilschaltung mehrfach in einer weiteren Schaltung zu verwenden. Dieses Vorgehen bietet zudem den Vorteil, dass die Dateien unabhängig voneinander in einem Versionskontrollsystem abgelegt und Änderungen verfolgt werden können.



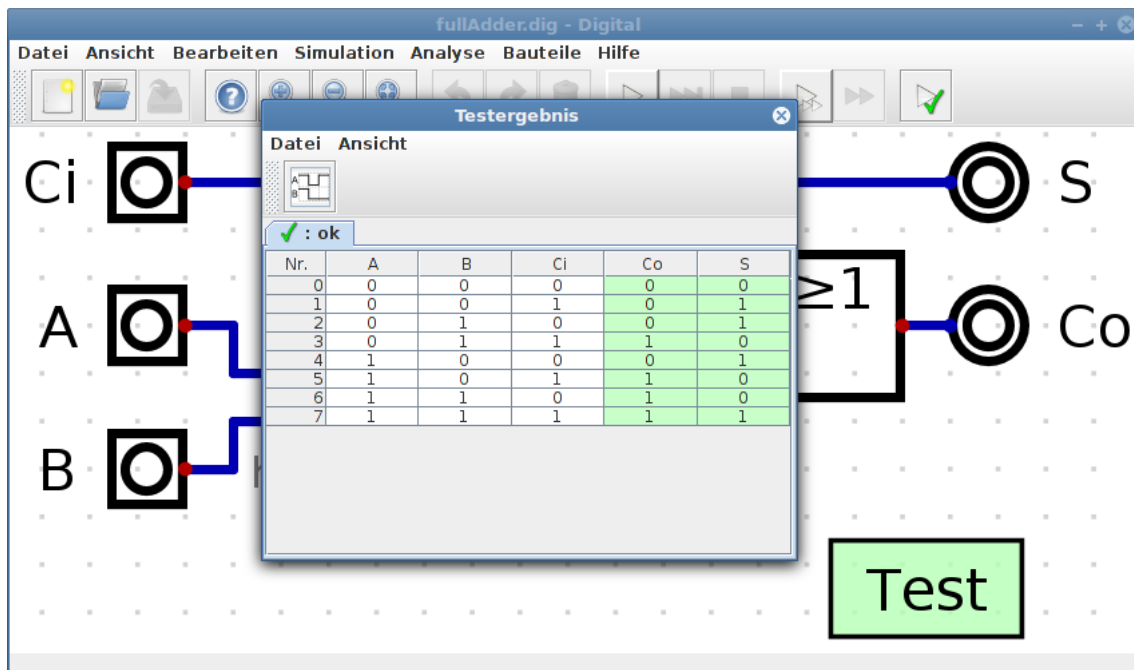
Als Beispiel sei ein 4 Bit Addierer betrachtet: Zunächst wird ein einfacher Halbaddierer aufgebaut. Dieser besteht aus einem XOR-Gatter und einem UND-Gatter. Die Summe der beiden Bits 'A' und 'B' wird an den Ausgängen 'S' und 'C' ausgegeben. Diese Schaltung wird in der Datei *halfAdder.dig* gespeichert.



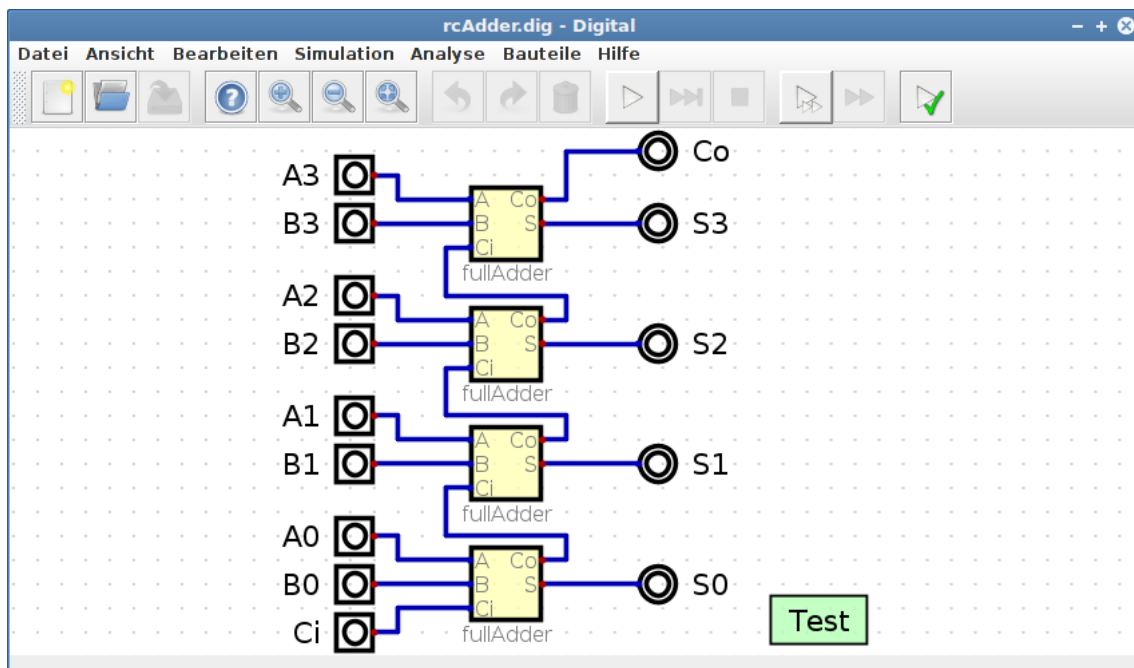
Aus zwei Halbaddierern kann nun ein Volladdierer aufgebaut werden. Dazu erzeugt man eine neue leere Datei und speichert die leere Datei unter dem Name *fullAdder.dig* im selben Ordner wie zuvor den Halbaddierer. Danach kann der Halbaddier über das Menu *Bauteile* → *Benutzerdefiniert* der neuen Schaltung hinzugefügt werden. Die Reihenfolge der Pins am Gehäuse des Halbaddierers kann im Halbaddierer im Menu *Bearbeiten* → *Sortieren der Eingänge* bzw. *Bearbeiten* → *Sortieren der Ausgänge* verändert werden. Der Volladdierer addiert die drei Bits 'A', 'B' und 'Ci' und gibt die Summe an 'S' und 'Co' aus.



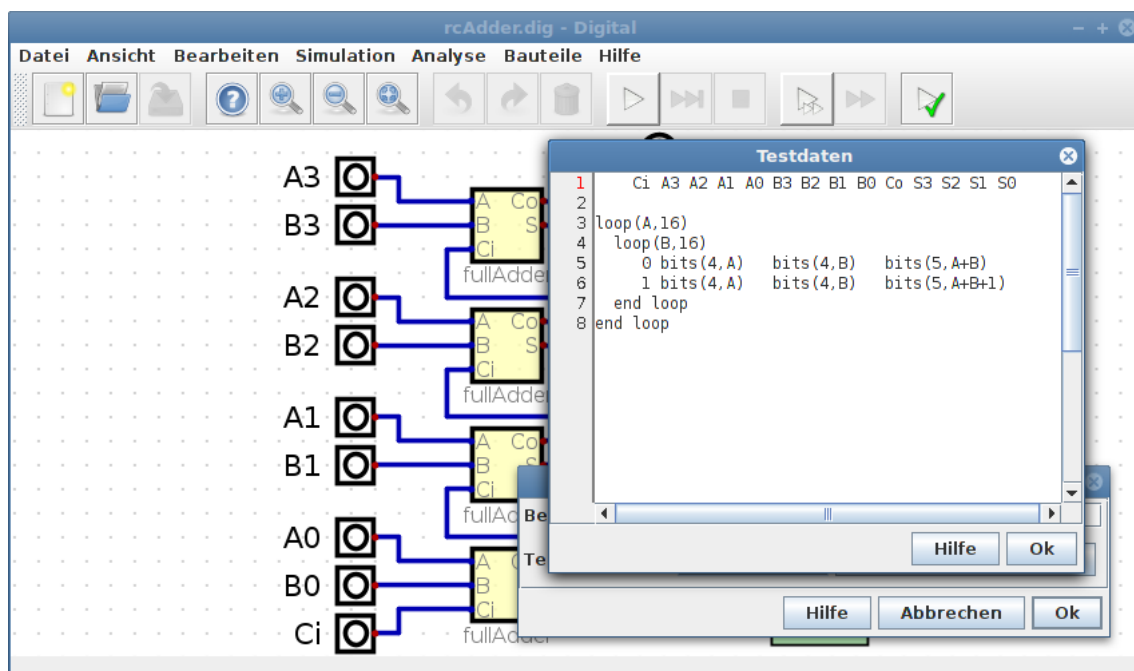
Um die korrekte Funktion des Volladdierers zu überprüfen, sollte ein Testfall angelegt werden. Im Testfall wird die Wahrheitstabelle hinterlegt, welche die Schaltung erfüllen soll. Auf diese Weise kann automatisch überprüft werden, ob das tatsächlich der Fall ist.



Über den Testfall-Editor oder den Testknopf in der Toolbar können die Tests ausgeführt werden. Die in der Tabelle grün hinterlegten Felder zeigen an, dass die Ausgabe der Schaltung mit der Vorgabe in der Wertetabelle des Testfalls übereinstimmt.



Nun lassen sich die Volladdierer zu einem so gen. Ripple-Carry Addierer zusammensetzen. Dabei wird der Carry-Ausgang einer Addition als Carry-Eingang an die Addition des nächst höherwertigen Bits weitergegeben, genau so, wie es bei der schriftlichen Addition üblich ist. Dieser 4-Bit Addierer soll auf korrekte Funktion überprüft werden. Dazu wurde auch hier ein Testfall eingefügt.



Dieser Testfall führt einen 100% Test durch, was nur bei relativ einfachen Schaltungen möglich ist: Alle möglichen 512 Eingangskombinationen werden an die Schaltung angelegt, und es wird überprüft, ob die Ausgabe der Schaltung korrekt ist. In der ersten Zeile sind die Eingangs- und Ausgangssignale aufgelistet. Darunter würden in je einer Zeile die anzulegenden Eingangswerte und die zu überprüfenden Ausgangswerte angegeben, wie in einer Wahrheitstabelle. In diesem Beispiel sind jedoch 512 Zeilen erforderlich. Diese einzugeben, wäre eine mühsame und fehleranfällige Aufgabe. Einfacher und zuverlässiger ist es, die erforderlichen Zeilen automatisch erzeugen zu lassen. Dazu werden die Variablen *A* und *B* jeweils von 0 bis 15 durchlaufen. Die jeweiligen Werte von *A* und *B* werden dann den Eingängen '*A*[*n*]' und '*B*[*n*]' zugewiesen. Dann wird überprüft, ob die Schaltung den Wert *A*+*B* ausgibt. Das wird dann noch einmal mit gesetztem Carry-Bit geprüft, wobei sich in diesem Fall *A*+*B*+1 ergeben muss. Die Details der Test-Syntax liefert der Hilfe-Dialog.

Wird eine Schaltung in eine andere eingebunden, wird in der einbindenden Schaltung nur der Dateiname gespeichert, nicht die Schaltung selbst. Die entsprechenden Dateien der eingebundenen Schaltungen müssen daher zur Laufzeit der Simulation im Dateisystem gefunden werden. Um die verschiedenen Arbeitsweisen der Nutzer bestmöglich zu unterstützen und dennoch auf eine komplexe Verwaltung von Importpfaden usw. zu verzichten, ist eine etwas ungewöhnliche Import-Strategie implementiert.

In einer Schaltung sind nur die Dateinamen der eingebetteten Schaltungen gespeichert, kein kompletter Pfad. Soll die Datei geöffnet werden, werden alle Unterordner nach einer Datei des entsprechenden Namens durchsucht. Wird eine passende Datei gefunden, wird diese importiert. Dabei kommt es nur auf den Dateinamen der einzulesenden Datei an, nicht auf deren Pfad. Entsprechend wird eine Fehlermeldung erzeugt, wenn sich in verschiedenen Unterordnern mehrere Dateien gleichen Namens befinden, da dann Mehrdeutigkeiten entstehen.

Eine geeignete Projektstruktur sieht daher wie folgt aus: In einem eigenen Ordner befindet sich die Wurzelschaltung. Alle importierten Schaltungen müssen sich im selben Ordner oder in Unterordnern befinden. Alle Schaltungen müssen unterschiedliche Namen haben, es darf also nicht vorkommen, dass sich in verschiedenen Ordnern Schaltungen gleichen Namens befinden.



## 2. Simulation

### 2.1. Gatterlaufzeiten

Bei der Simulation wird davon ausgegangen, dass jedes Gatter eine bestimmte Laufzeit hat, und dass diese Laufzeit für alle Gatter identisch ist. Die Laufzeit eines jeden Elementes aus der Bibliothek hat genau diese Laufzeit, unabhängig von seiner Komplexität. Das Und-Gatter hat also dieselbe Signalverzögerung wie der Multiplizierer. Ausgenommen davon sind Dioden, Leitungssplitter für die Erzeugung von Datenbussen und Schalter. Diese Elemente haben keine Gatterlaufzeit bzw. diese beträgt Null.

Soll ein Gatter - z.B. der Multiplikator - mit einer längeren Laufzeit versehen werden, muss in die Schaltung ein Verzögerungsglied am Ausgang des Multiplikators eingefügt werden.

Wird eine Schaltung in eine andere Schaltung eingebettet, um ein hierarchisches Design zu erstellen, behalten die eingebetteten Schaltungen ihre Laufzeiten. Wird also ein komplexes Schaltnetz eingebettet, bei welchem ein Signal von einem Eingang bis zu einem Ausgang drei Gatter passieren muss, beträgt dessen Laufzeit auch als eingebettete Schaltung drei Gatterlaufzeiten. Es gibt keine zusätzlichen Verzögerungen durch das Einbetten einer Schaltung. Sind nicht alle Ausgangssignale einer eingebetteten Schaltung gleich schnell, werden sich die Signale in der einbettenden Schaltung ebenso verhalten. Generell verändert das Einbetten einer Schaltung in eine andere deren Laufzeitverhalten nicht. Die Schaltung verhält sich exakt so, als befänden sich alle Elemente auf derselben Ebene.

## 3. Schaltungsanalyse und Synthese

Eine vorliegende Schaltung kann über den Menüeintrag *Analyse* analysiert werden. Bei rein kombinatorischen Schaltungen wird eine Wahrheitstabelle erzeugt. Diese Wahrheitstabelle kann beliebig bearbeitet werden. Aus dieser Wahrheitstabelle lässt sich nach einer Bearbeitung eine neue Schaltung erzeugen.

Neben rein kombinatorischen Schaltungen lassen sich auch Schaltwerke analysieren bzw. erzeugen. Anstelle einer einfachen Wahrheitstabelle entsteht eine sogenannte Zustandsfolgetabelle. Jedes Flipflop taucht dabei auf der Eingangsseite und der Ausgangsseite der Zustandsfolgetabelle auf. In dieser Tabelle findet sich auf der rechten Seite der abhängigen Signale der Folgezustand, der nach dem nächsten Taktsignal eintreten wird, abhängig vom aktuellen Zustand der Flipflops. Damit eine Analyse möglich ist, müssen die Flipflops benannt werden.

Dabei gilt folgende Namenskonvention: Der Folgezustand eines Bits auf der rechten Seite der Tabelle wird durch ein angehängtes kleines 'n+1' gekennzeichnet. Der dazu gehörige aktuelle Zustand wird durch ein angehängtes 'n' ausgezeichnet. Gibt es also eine Zustandsvariable 'A', dann kennzeichnet 'An' den aktuellen Zustand und 'An+1' den Folgezustand. Finden sich in der Wahrheitstabelle auf der linken und rechten Seite Signale, die diesem Muster entsprechen, wird davon ausgegangen, dass es sich um eine Zustandsfolgetabelle handelt und bei der Synthese wird entsprechend ein Schaltwerk anstelle eines Schaltnetzes erzeugt.

Zu beachten ist dabei, dass die zu analysierende Schaltung neben den eingebauten D- und JK-Flipflops nur rein kombinatorische Elemente enthalten darf. Wird ein Flipflop z.B. aus NOR-Gattern aufgebaut, kann diese Schaltung nicht als Flipflop erkannt und daher auch nicht entsprechend analysiert werden.

## 4. Hardware

### 4.1. GAL16v8 bzw. GAL22v10

Im Menü der Schaltungserzeugung der Wahrheitstabelle finden sich auch Funktionen um so gen. JEDEC Dateien zu erzeugen. Dabei handelt es sich um ein spezielles Dateiformat, welches die Fuse-Map eines PLD beschreibt. Diese JEDEC Datei kann mit Hilfe eines speziellen Programmers in ein entsprechendes PLD geschrieben werden, um dieses zu konfigurieren. Zur Zeit werden Bausteine des Typs *GAL16v8* und *GAL22v10* bzw. Fuse-Map-Kompatible Bausteine unterstützt.

### 4.2. ATF150xAS

Die Bausteine der *ATF150x*-Familie sind einfache CPLDs mit bis zu 128 Makrozellen. Diese sind im PLCC Gehäuse verfügbar, was sie für Laborversuche gut geeignet erscheinen lässt: Sollte ein IC bei Versuchen zerstört werden, kann es einfach ersetzt werden. Zudem ist mit dem *ATDH1150USB* ein einfach zu benutzender, günstiger Programmer erhältlich, mit welchem der Baustein in seiner Schaltung (In System) programmiert werden kann. Mit dem *ATF15XX-DK3-U* ist zudem ein geeignetes Evaluations-Board verfügbar. Für die Programmierung ist die Software *ATMISP* erforderlich, welche auf der ATMEL/Microchip Webseite erhältlich ist.

Leider sind die Details der Fuse-Map nicht öffentlich zugänglich, so dass kein geeigneter Fitter für diesen Baustein in Digital integriert werden kann, wie das bei den *GAL16v8* und *GAL22v10* Bausteinen möglich ist.

Daher muss auf einen der von ATMEL bereitgestellten Fitter *fit150[x].exe* zurückgegriffen werden. Diese Programme erzeugen aus einer geeigneten *TT2* Datei eine *JEDEC*-Datei, welche dann in den entsprechenden Chip übertragen werden kann. Digital startet den Fitter automatisch, wenn eine *TT2* Datei erzeugt wird. Dazu muss in den Digital-Einstellungen der Pfad zu den *fit150[x].exe* Dateien angegeben werden. Es wird zudem eine Projektdatei *\*.chn* erzeugt, welche dann direkt mit *ATMISP* geöffnet werden kann, um die *JEDEC*-Datei zu brennen.

Aus rechtlichen Gründen können die Fitter *fit150[n].exe* nicht mit Digital ausgeliefert werden. Diese finden sich jedoch nach der Installation von *WinCupl* im Ordner *WinCupl\Fitters*. *WinCupl* wiederum ist auf der ATMEL/Microchip Webseite verfügbar. Unter Linux lassen sich die Fitter ebenfalls von Digital starten, wenn *wine* installiert ist.

### 4.3. Export zu VHDL oder Verilog

Eine Schaltung kann zu VHDL oder Verilog exportiert werden. Dabei wird eine Datei erzeugt, welche die komplette Beschreibung der Schaltung enthält. Der erzeugte VHDL Code wurde mit Xilinx Vivado und dem Open Source VHDL Simulator ghdl getestet. Der Verilog Code mit dem Verilog Simulator Icarus Verilog.

Wenn eine Schaltung Testfälle enthält, wird anhand der Testdaten eine Test-Bench erzeugt. Diese kann verwendet werden, um die korrekte Funktion der Schaltung in einer HDL-Simulation zu überprüfen.

Für spezielle Boards können zusätzliche Dateien erzeugt werden. Zur Zeit werden nur das BASYS3 Board und die Boards Mimas und Mimas V2 unterstützt. Dabei wird eine Constraints-Datei erzeugt, welche die Zuordnung der Pins beinhaltet. Die Bezeichnung der Pins kann den entsprechenden Datenblättern entnommen werden und ist als Pinnummer bei den Ein- und Ausgängen einzutragen.

Beim BASYS3 Board wird, wenn die Taktfrequenz niedrig ist, ein Frequenzteiler in den HDL Code integriert, um den Boardtakt entsprechend zu teilen. Wenn die in der Schaltung gewählte Taktfrequenz über 37kHz liegt, wird die MMCM Einheit des Artix-7 zur Takterzeugung verwendet. Dies stellt sicher, dass die für die Taktverteilung vorgesehenen FPGA-Ressourcen auch tatsächlich verwendet werden. Der enthaltene Beispiel-Prozessor läuft z.B. mit 20MHz, und wenn auf den Multiplizierer in der ALU verzichtet werden kann, sind auch 30MHz möglich.

Auch bei den Mimas-Boards wird der Spartan 6 DCM für die Takterzeugung verwendet.

Soll eine Schaltung auf einem BASYS3 Board betrieben werden, wird eine Vivado Projektdatei angelegt, die direkt mit Vivado geöffnet werden kann. Es lässt sich dann der Bitstream erzeugen und mit dem Hardware-Manager kann dieser in ein BASYS3 Board übertragen werden.

Um neben der HDL Datei auch die erforderliche Constraints-Datei erzeugen zu lassen, muss die Schaltung ein Textfeld mit dem Text "Board: BASYS3", "Board: MimasV1" oder "Board: MimasV2" enthalten.

## 5. Häufig gestellte Fragen

### Wie kann ich eine Leitung verschieben?

Mit der Rechteckauswahl einen Endpunkt auswählen und dann mit der Maus verschieben. Alternativ kann eine einzelne Leitung mit STRG+Mausklick selektiert werden.

### Wie kann ich eine Leitung löschen?

Mit der Rechteckauswahl einen Endpunkt auswählen und dann *Entfernen* drücken bzw. auf den Papierkorb klicken. Alternativ kann eine einzelne Leitung mit STRG+Mausklick selektiert werden.

### Wie kann ich ein Element verschieben und dabei alle angeschlossenen Leitungen mitnehmen?

Das Bauteil mit der Rechteckauswahl auswählen. Die Auswahl muss das Bauteil komplett enthalten. Dann kann das Bauteil zusammen mit den Leitungen verschoben werden.

### Ich habe ein Element, das nicht mit einer Leitung verbunden ist, obwohl die Pins auf der Leitung liegen.

Pins werden nur mit einer Leitung verbunden, wenn ein Endpunkt der Leitung auf dem Pin liegt.

### Wenn die Pinnamen einer Schaltung etwas länger sind, sind die Namen nicht mehr zu lesen, wenn die Schaltung eingebettet wird. Was kann ich tun?

Unter *Bearbeiten* → *Schaltungsattribute bearbeiten* kann die Breite des Blockes vergrößert werden.

### Die Pins in einer eingebetteten Schaltung haben eine ungünstige Reihenfolge. Wie kann diese verändert werden?

Unter *Bearbeiten* → *Sortieren der Eingänge* bzw. *Bearbeiten* → *Sortieren der Ausgänge* kann die Reihenfolge verändert werden.

### Wenn die Simulation gestartet wird, ist die Leitung grau. Was bedeutet das?

Mit Hellgrün und Dunkelgrün wird eine logische 1 bzw. 0 dargestellt. Grau bedeutet, dass die Leitung hochohmig ist.

**Ich habe eine Wahrheitstabelle. Wie kann ich daraus die minimalen Schaltfunktionen erzeugen?**

Im Menü *Analyse* → *Synthese* auswählen und dann die Wahrheitstabelle eingeben. In der Statusleiste des Fensters findet sich die Schaltfunktion. Geben Sie mehr als eine abhängige Größe an, öffnet sich ein neues Fenster, in welchem alle Schaltfunktionen angezeigt werden.

**Ich habe eine Wahrheitstabelle eingegeben, es wird jedoch mehr als eine Schaltfunktion für das gesuchte Signal angezeigt. Welche ist richtig?**

Wenn eine Schaltfunktion minimiert wird, kann es mehrere minimierte Schaltfunktionen gleicher Komplexität geben (gleiche Anzahl von Termen). Digital zeigt alle möglichen Lösungen an und alle liefern die selbe Wahrheitstabelle. In den Don't Care-Zeilen der Wahrheitstabelle kann es natürlich Unterschiede zwischen den verschiedenen Funktionen geben.

**Ich habe eine Wahrheitstabelle. Wie kann ich daraus eine Schaltung erzeugen?**

Im Menü *Analyse* → *Synthese* auswählen und dann die Wahrheitstabelle eingeben. Unter *Neu* bzw. mit *Spalten hinzufügen* können Variablen hinzugefügt werden. Im Menü mit *Erzeugen* → *Schaltung* dann eine Schaltung erzeugen.

**Wie kann ich die Signalnamen in der Wahrheitstabelle verändern?**

Mit einem Rechtsklick auf den Signalnamen im Tabellenkopf kann der Name bearbeitet werden.

**Ich habe eine Schaltfunktion. Wie kann ich daraus eine Schaltung erzeugen?**

Im Menü *Analyse* → *Ausdruck* auswählen und dann die Funktion eingeben.

**Ich habe eine Schaltfunktion. Wie kann ich daraus eine Wahrheitstabelle erzeugen?**

Im Menü *Analyse* → *Ausdruck* auswählen und dann die Funktion eingeben. Dann die Schaltung erzeugen und im Menü *Analyse* → *Analyse* die Wahrheitstabelle erzeugen.

**Wie kann ich aus einer Schaltung eine JEDEC-Datei erzeugen?**

Im Menü *Analyse* → *Analyse* auswählen und dann im neuen Fenster im Menü *Erzeugen* → *Bausteine* den entsprechenden Baustein auswählen.

**Wie kann ich bei der Erzeugung einer JEDEC-Datei die Pinnummern der Signale festlegen?**

Bei den entsprechenden Eingängen und Ausgängen in der Schaltung kann im Attribute-Dialog eine Pinnummer zugewiesen werden.

**Ich habe eine JEDEC Datei erzeugt. Wie bekomme ich diese in ein GAL16v8 bzw. GAL22v10?**

Für die Programmierung von GAL's ist eine entsprechende Zusatz-Hardware, ein so gen. GAL-Programmer erforderlich.

## 6. Tastenbelegung

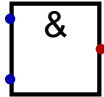
<b>Leertaste</b>	Starten und stoppen der Simulation
<b>F6</b>	Anzeigen der Messwerttabelle
<b>F7</b>	Run to Break
<b>F8</b>	Starten der Testfälle
<b>C</b>	Einen Taktschritt ausführen (nur bei gestarteter Simulation und nur, wenn es genau ein Taktelement in der Schaltung gibt)
<b>F9</b>	Analyse der Schaltung
<b>STRG-A</b>	Alles auswählen
<b>STRG-X</b>	Ausschneiden der selektierten Elemente und kopieren in die Zwischenablage
<b>STRG-C</b>	Kopieren der selektierten Elemente in die Zwischenablage
<b>STRG-V</b>	Einfügen der Elemente aus der Zwischenablage.
<b>STRG-D</b>	Aktuelle Auswahl duplizieren ohne die Zwischenablage zu verändern.
<b>R</b>	Rotieren der Elemente beim Einfügen
<b>L</b>	Zuletzt eingefügtes Element noch einmal einfügen
<b>STRG-N</b>	Neue Schaltung
<b>STRG-O</b>	Schaltung öffnen
<b>STRG-S</b>	Speichern der Schaltung
<b>STRG-Z</b>	Letzte Änderung zurücknehmen
<b>STRG-Y</b>	Zurückgenommene Änderung erneut anwenden
<b>P</b>	Programmieren einer Diode oder eines FG-FET
<b>D</b>	Beim Ziehen einer rechteckigen Leitung in den Diagonalmodus wechseln
<b>F</b>	Beim Ziehen einer rechteckigen Leitung die Orientierung wechseln
<b>S</b>	Leitung in zwei Leitungen teilen
<b>ESC</b>	Abbrechen der aktuellen Aktion
<b>Entfernen</b>	Löschen der selektierten Elemente
<b>Rückschritt</b>	Löschen der selektierten Elemente
<b>+</b>	Erhöht die Anzahl der Eingänge in dem Element, auf welches die Maus zeigt.
<b>-</b>	Erniedrigt die Anzahl der Eingänge in dem Element, auf welches die Maus zeigt.
<b>STRG +</b>	Vergrößern
<b>STRG -</b>	Verkleinern
<b>F1</b>	Einpassen

**F5**

Baumansicht der Bauteile ein- oder ausblenden

## B Bauteile

### 1. Logisch



#### 1.1. Und

Binäres Und-Gatter. Gibt eine 1 aus, wenn alle Eingänge 1 sind. Es können auch Busse mit mehreren Bits pro Eingang verknüpft werden. In diesem Fall wird ein bitweises Und ausgeführt. Das heißt, dass das jeweils unterste Bit aller Eingänge mit Und verknüpft wird, und als unterstes Bit am Ausgang ausgegeben wird. Das gleiche passiert mit Bit 1, Bit 2 u.s.w.

Eingänge

In\_1

Der 1. Eingangswert für die Verknüpfung.

In\_2

Der 2. Eingangswert für die Verknüpfung.

Ausgänge

out

Gibt das Ergebnis der Verknüpfung zurück.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Anzahl der Eingänge

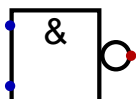
Legt die Anzahl der Eingänge fest. Alle Eingänge müssen beschaltet werden.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



#### 1.2. Nicht Und

Eine Kombination aus Und- und Nicht-Verknüpfung. Alle Eingangssignale werden mit Und verknüpft, und das Ergebnis wird vor der Ausgabe invertiert. Es können auch Busse mit mehreren Bits pro Eingang verknüpft werden. In diesem Fall wird die Verknüpfung auf jedes Bit der Eingänge angewendet.

### Eingänge

In\_1

Der 1. Eingangswert für die Verknüpfung.

In\_2

Der 2. Eingangswert für die Verknüpfung.

### Ausgänge

out

Gibt das Ergebnis der Verknüpfung zurück.

### Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Anzahl der Eingänge

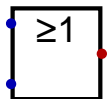
Legt die Anzahl der Eingänge fest. Alle Eingänge müssen beschaltet werden.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 1.3. Oder

Binäres Oder-Gatter. Gibt eine 1 aus, wenn mindestens einer der Eingänge 1 ist. Es können auch Busse mit mehreren Bits pro Eingang verknüpft werden. In diesem Fall wird ein bitweises Oder ausgeführt. Das heißt, dass das jeweils unterste Bit aller Eingänge mit Oder verknüpft wird, und als unterstes Bit am Ausgang ausgegeben wird. Das gleiche passiert mit Bit 1, Bit 2 u.s.w.

### Eingänge

In\_1

Der 1. Eingangswert für die Verknüpfung.

In\_2

Der 2. Eingangswert für die Verknüpfung.

### Ausgänge

out

Gibt das Ergebnis der Verknüpfung zurück.

### Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Anzahl der Eingänge

Legt die Anzahl der Eingänge fest. Alle Eingänge müssen beschaltet werden.

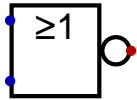
inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.



**Rotation**

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

**1.4. Nicht Oder**

Eine Kombination aus Oder und Nicht-Verknüpfung. Alle Eingangssignale werden mit Oder verknüpft, und das Ergebnis wird vor der Ausgabe invertiert. Es können auch Busse mit mehreren Bits pro Eingang verknüpft werden. In diesem Fall wird die Verknüpfung auf jedes Bit der Eingänge angewendet.

**Eingänge**

In\_1

Der 1. Eingangswert für die Verknüpfung.

In\_2

Der 2. Eingangswert für die Verknüpfung.

**Ausgänge**

out

Gibt das Ergebnis der Verknüpfung zurück.

**Veränderbare Attribute**

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Anzahl der Eingänge

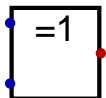
Legt die Anzahl der Eingänge fest. Alle Eingänge müssen beschaltet werden.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

**1.5. Exklusiv Oder**

Bei zwei Eingängen wird eine 1 ausgegeben, wenn genau einer der Eingänge auf 1 gesetzt ist. Werden mehr als zwei Eingänge verwendet, werden die XOR-Gater kaskadiert (  $A \text{ XOR } B \text{ XOR } C = (A \text{ XOR } B) \text{ XOR } C$  ). Es können auch Busse mit mehreren Bits pro Eingang verknüpft werden. In diesem Fall wird die Verknüpfung auf jedes Bit der Eingänge angewendet.

### Eingänge

In\_1

Der 1. Eingangswert für die Verknüpfung.

In\_2

Der 2. Eingangswert für die Verknüpfung.

### Ausgänge

out

Gibt das Ergebnis der Verknüpfung zurück.

### Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Anzahl der Eingänge

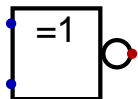
Legt die Anzahl der Eingänge fest. Alle Eingänge müssen beschaltet werden.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 1.6. Nicht Exklusiv Oder

Eine Kombination aus XOR und NOT. Die Eingänge werden per XOR verknüpft und das Ergebnis wird vor der Ausgabe invertiert. Es können auch Busse mit mehreren Bits pro Eingang verknüpft werden. In diesem Fall wird die Verknüpfung auf jedes Bit der Eingänge angewendet.

### Eingänge

In\_1

Der 1. Eingangswert für die Verknüpfung.

In\_2

Der 2. Eingangswert für die Verknüpfung.

### Ausgänge

out

Gibt das Ergebnis der Verknüpfung zurück.

### Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Anzahl der Eingänge

Legt die Anzahl der Eingänge fest. Alle Eingänge müssen beschaltet werden.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 1.7. Nicht

Invertiert den Eingang und gibt diesen Wert aus. Es können auch Busse mit mehreren Bits pro Eingang verwendet werden. In diesem Fall wird jedes einzelne Bit des Eingangs invertiert.

Eingänge

in

Der Eingangswert des Inverters.

Ausgänge

out

Gibt den negierten Eingangswert aus.

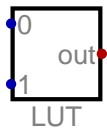
Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 1.8. LookUpTable

Erzeugt einen Ausgabewert aus einer Tabelle, indem aus den Eingangsbits ein Tabellenindex gebildet wird. Der Wert an dieser Position wird ausgegeben. Auf diese Weise kann jedes kombinatorische Gatter erzeugt werden.

Eingänge

0

Eingang 0. Der Eingang legt, in Kombination mit den anderen Eingängen, die Adresse des gewünschten Ausgabewertes fest.

1

Eingang 1. Der Eingang legt, in Kombination mit den anderen Eingängen, die Adresse des gewünschten Ausgabewertes fest.

Ausgänge

out

Gibt den Wert an der ausgewählten Adresse aus.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Anzahl der Eingänge

Legt die Anzahl der Eingänge fest. Alle Eingänge müssen beschaltet werden.

Daten

Die Daten, welche in diesem Element gespeichert sind.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## 2. IO



### 2.1. Ausgang

Kann genutzt werden, um ein Ausgangssignal in einer Schaltung anzuzeigen. Dieses Element wird auch genutzt, um eine Verbindung zu einer einbettenden Schaltung herzustellen. In diesem Fall ist der Anschluss bidirektional. Wird zudem verwendet, um einen Hardware Pin zuzuordnen, wenn Code für ein CPLD oder FPGA erzeugt wird.

Eingänge

in

Der hier angelegte Wert wird als Ausgangswert bereit gestellt.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Beschreibung

Eine kurze Beschreibung des Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Zahlenformat

Das Zahlenformat für die Ausgabe.

Pinnummer

Nummer dieses Pins. Wird für die Darstellung einer Schaltung als DIL-Gehäuse und die Pinzuordnung bei der Programmierung eines CPLD verwendet. Bei mehreren Bits, können alle Pinnummern als kommasetrennte Liste angegeben werden.



### 2.2. LED

Eine Leuchtdiode, welche beispielsweise zur Visualisierung eines Ausgangswertes verwendet werden kann. Nimmt ein Bit entgegen. Leuchtet, wenn der Eingang auf 1 gesetzt ist.

## Eingänge

in

LED Eingang. LED leuchtet, wenn Eingang auf 1 gesetzt ist.

## Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Farbe

Die Farbe des Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Größe

Die Größe der LED in der Schaltung.



## 2.3. Eingang

Kann genutzt werden, um ein Eingangssignal in einer Schaltung interaktiv per Maus zu verändern. Dieses Element wird auch genutzt, um eine Verbindung zu einer einbettenden Schaltung herzustellen. In diesem Fall ist der Anschluss bidirektional. Wird zudem verwendet, um einen Hardware Pin zuzuordnen, wenn Code für ein CPLD oder FPGA erzeugt wird.

## Ausgänge

out

An diesem Ausgang wird der anliegende Wert ausgegeben.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Beschreibung

Eine kurze Beschreibung des Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Ein "Z" steht für "hochohmig".

Eingang kann hochohmig sein

Wenn gesetzt, ist ein hochohmiger Eingang erlaubt. Bei einem Eingangselement ist ein hochohmiger Eingang auch erlaubt, wenn der Vorgabewert auf hochohmig ("Z") gesetzt wird.

Zahlenformat

Das Zahlenformat für die Ausgabe.

Pinnummer

Nummer dieses Pins. Wird für die Darstellung einer Schaltung als DIL-Gehäuse und die Pinzuordnung bei der Programmierung eines CPLD verwendet. Bei mehreren Bits, können alle Pinnummern als kommasetrennte Liste angegeben werden.



## 2.4. Takteingang

Ein Taktsignal. Dieses Taktsignal kann über die Echtzeituhr gesteuert werden. Abhängig von der Komplexität der Schaltung kann die erreichte Taktfrequenz geringer sein als der vorgegebene Wert. Ist die Frequenz größer als 50Hz, wird nicht mehr bei jedem Taktsignal die grafische Darstellung der Schaltung aktualisiert, sodass die Leitungsfarben nicht mehr aktualisiert werden. Ist die Echtzeituhr nicht aktiviert, kann der Takt durch Mausklicks weiter geschaltet werden. Wird auch verwendet, um einen Hardware Pin zuzuordnen, wenn Code für ein CPLD oder FPGA erzeugt wird.

Ausgänge

C

Wechselt im vorgegebenen Takt zwischen 0 und 1.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Echtzeittakt starten

Wenn eingeschaltet, wird beim Start der Schaltung der Echtzeittakt gestartet.

Frequenz/Hz

Gibt die Frequenz an, wenn der Echtzeittakt aktiviert ist

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Pinnummer

Nummer dieses Pins. Wird für die Darstellung einer Schaltung als DIL-Gehäuse und die Pinzuordnung bei der Programmierung eines CPLD verwendet. Bei mehreren Bits, können alle Pinnummern als kommagetrennte Liste angegeben werden.



## 2.5. Taster

Ein einfacher Taster, welcher in seinen Ausgangszustand zurückkehrt, wenn er nicht gehalten wird.

Ausgänge

out

Das Ausgangssignal des Tasters.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Active Low

Wenn gesetzt, ist der Ausgang im aktiven Zustand Low.

Auf Tastatur legen

Taste wird durch die Tastatur bedienbar. Um die Cursor-Tasten zu nutzen, kann als Bezeichnung UP, DOWN, LEFT oder RIGHT verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 2.6. DIP-Schalter

Einfacher Schiebeschalter, der High oder Low ausgeben kann.

Ausgänge

out

Der Ausgabewert des Schalters.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Beschreibung

Eine kurze Beschreibung des Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Ausgabe ist High

Der Vorgabewert des DIP-Schalters, wenn die Simulation gestartet wird.

## Text

## 2.7. Text

Zeigt einen einfachen Text in der Schaltung an. Hat keine weitere Funktion für die Simulation. Der Text kann im Attribute-Dialog geändert werden.

Veränderbare Attribute

Beschreibung

Eine kurze Beschreibung des Elementes.

Schriftgröße

Legt die für diesen Text zu verwendende Schriftgröße fest.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Ausrichtung

Lage der Koordinate relativ zum Text.



## 2.8. Messwert

Ein Messwert, welcher im Messwertgraphen bzw. in der Messwertetabelle dargestellt wird. Dieses Element kann verwendet werden, um auf einfache Weise Werte aus eingebetteten Schaltungen zu beobachten. Hat keine weitere Funktion für die Simulation.

Eingänge

in

Hier wird der Messwert angeschlossen.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Zahlenformat

Das Zahlenformat für die Ausgabe.

## 3. IO - mehr



### 3.1. Glühlämpchen

Glühlämpchen mit zwei Anschlüssen: Wenn ein Strom fließt, leuchtet das Lämpchen. Die Stromrichtung spielt keine Rolle. Das Lämpchen leuchtet also, wenn die Eingänge unterschiedliche Werte haben. Das Lämpchen verhält sich damit ähnlich wie ein XOr Gatter.

Eingänge

A

Anschluss

B

Anschluss

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Farbe

Die Farbe des Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.





### 3.2. LED mit zwei Anschlüssen

LED mit zwei Anschlüssen für die Kathode und die Anode. Die LED leuchtet nur, wenn die Anode auf High und die Kathode auf Low gelegt wird.

Eingänge

A

Die Anode der LED.

C

Die Kathode der LED.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

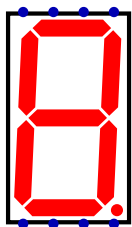
Die Bezeichnung dieses Elementes.

Farbe

Die Farbe des Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 3.3. Siebensegmentanzeige

Siebensegmentanzeige, bei der jedes Segment über einen eigenen Eingang gesteuert werden kann.

## Eingänge

- a Dieser Eingang steuert die obere horizontale Linie.
- b Dieser Eingang steuert die obere rechte vertikale Linie.
- c Dieser Eingang steuert die untere rechte vertikale Linie.
- d Dieser Eingang steuert die untere horizontale Linie.
- e Dieser Eingang steuert die untere linke vertikale Linie.
- f Dieser Eingang steuert die obere linke vertikale Linie.
- g Dieser Eingang steuert die mittlere horizontale Linie.
- dp Dieser Eingang steuert den Dezimalpunkt.

## Veränderbare Attribute

### Farbe

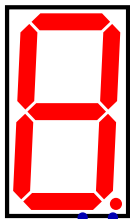
Die Farbe des Elementes.

### Gemeinsame Kathode

Wenn gesetzt, hat die Anzeige einen Anschluss mit einer gemeinsamen Kathode.

### Flimmern vermeiden

Die Schaltfrequenz in der Simulation kann nicht so hoch werden, dass das menschliche Auge kein Flimmern mehr wahrnimmt. Um dennoch das Flackern zu unterdrücken, kann bei den LEDs mit dieser Option ein "nachleuchten" eingeschaltet werden.



## 3.4. Siebensegmentanzeige Hex

Siebensegmentanzeige mit einem 4 Bit hexadezimalen Eingang.

## Eingänge

- d Der 4-Bit-Wert dieses Eingangs wird als Hex-Ziffer dargestellt.
- dp Dieser Eingang steuert den Dezimalpunkt.

## Veränderbare Attribute

### Farbe

Die Farbe des Elementes.



### 3.5. 16-Segment Anzeige

Der LED Eingang verfügt über 16 Bits welche die Segmente steuern. Der zweite Eingang steuert den Dezimalpunkt.

Eingänge

led

Bus mit 16-Bits zur Ansteuerung der LEDs.

dp

Dieser Eingang steuert den Dezimalpunkt.

Veränderbare Attribute

Farbe

Die Farbe des Elementes.



### 3.6. LED-Matrix

Eine Matrix aus LEDs. Die LEDs werden in einem eigenen Fenster dargestellt. Die LEDs einer Spalte der Anzeige werden durch ein Datenwort gesteuert. An einem weiteren Eingang wird die aktuelle Spalte ausgewählt. Es Wird damit eine gemultiplexte Anzeige realisiert. Die LEDs können in der Simulation unendlich lange nachleuchten, um ein Flimmern der Anzeige zu verhindern.

Eingänge

r-data

Der Zeilen-Zustand der LEDs einer Spalte. Jedes Bit in diesem Datenwort repräsentiert den Zustand einer Zeile der aktuellen Spalte.

c-addr

Die Nummer der aktuellen Spalte, dessen Zustand gerade am anderen Eingang anliegt.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Zeilen

Gibt direkt die Zahl der Zeilen an, indem die Anzahl der Bits des Zeilenwortes festgelegt wird.

Adressbits der Spalten

Adressiert die einzelnen Spalten. Drei Bits bedeuten also acht Spalten.

Farbe

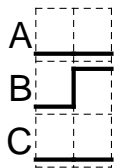
Die Farbe des Elementes.

Flimmern vermeiden

Die Schaltfrequenz in der Simulation kann nicht so hoch werden, dass das menschliche Auge kein Flimmern mehr wahrnimmt. Um dennoch das Flackern zu unterdrücken, kann bei den LEDs mit dieser Option ein "nachleuchten" eingeschaltet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 3.7. Messwertgraph

Zeigt einen Messwertgraphen innerhalb des Schaltkreisbereichs. Es können sowohl komplette Taktschritte als auch einzelne Gatter-Veränderungen angezeigt werden. Hat keine weitere Funktion für die Simulation.

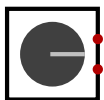
Veränderbare Attribute

Zeige Einzelgatterschritte

Zeigt in der Grafik alle Einzelgatterschritte an.

Maximale Messpunktezahl

Die maximale Anzahl an Messpunkten, die gespeichert werden, bevor die ältesten Messungen verworfen werden.



### 3.8. Drehencoder

Drehknopf mit Drehencoder zur Erfassung einer Drehbewegung.

Ausgänge

A

Encodersignal A

B

Encodersignal B

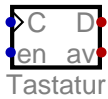
Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 3.9. Tastatur

Eine Tastatur, welche zur Eingabe von Text verwendet werden kann. Dieses Element puffert die Eingaben, welche dann ausgelesen werden können. Es wird ein eigenes Fenster für die Eingabe geöffnet.

Eingänge

C

Takt. Eine steigende Flanke entfernt das älteste Zeichen aus dem Buffer.

en

Wenn gesetzt, ist der Ausgang D aktiv und ein Tastendruck wird ausgegeben. Ist gleichzeitig die Freigabe für den Takt.

Ausgänge

D

Die letzte Taste oder 0, wenn keine Taste gedrückt.

av

Dieser Ausgang zeigt an, dass Zeichen vorhanden sind. Er kann genutzt werden, um einen Interrupt auszulösen.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

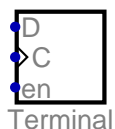
Die Bezeichnung dieses Elementes.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 3.10. Terminal

Ein Terminal, auf dem ASCII-Zeichen ausgegeben werden können. Öffnet ein eigenes Fenster, um die Ausgabe anzuzeigen.

## Eingänge

D

Über diesen Eingang werden die anzuzeigenden Daten an das Terminal weitergegeben.

C

Takteingang. Eine steigende Flanke gibt das anliegende Datenwort auf dem Terminal aus.

en

Ein High an diesem Eingang aktiviert den Takteingang.

## Veränderbare Attribute

Zeichen pro Zeile

Die Anzahl der Zeichen, die in einer Zeile angezeigt werden können.

Zeilen

Die Anzahl der anzuzeigenden Zeilen.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## 4. Leitungen



### 4.1. Masse

Eine Masseverbindung. Gibt immer Null aus.

## Ausgänge

out

Dieser Ausgang gibt immer 0 aus.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 4.2. Betriebsspannung

Anschluss zur Betriebsspannung. Gibt immer Eins aus.

## Ausgänge

out

Dieser Ausgang gibt immer 1 aus.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

1•

### 4.3. Konstante

Ein Element, welches einen konstanten Wert ausgibt. Die Konstante kann über den Attribute-Dialog festgelegt werden.

Ausgänge

out

Gibt den gesetzten Wert als Konstante aus.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Wert

Der Wert der Konstanten.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Zahlenformat

Das Zahlenformat für die Ausgabe.



### 4.4. Tunnel

Verbindet Elemente, ohne eine Leitung zu ziehen. Alle Tunnelemente, welche denselben Netznamen tragen, sind miteinander verbunden. Der Tunnel ist immer lokal, es können keine Verbindungen über Schaltungsgrenzen hinaus erzeugt werden.

Eingänge

in

Anschluss des Tunnels.

Veränderbare Attribute

Netzname

Alle Netze mit identischem Namen werden miteinander verbunden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 4.5. Splitter

Führt mehrere Leitungen zu einem gemeinsamen Bus zusammen, bzw. splittet diesen wieder auf. Mit Bussen wird es möglich z.B. 16 Bit Verbindungen zu erzeugen, ohne 16 einzelne Leitungen verlegen zu müssen. Alle 16 Verbindungen können zu einer Leitung zusammengefasst werden.

### Eingänge

0-3

Die Eingangsbits 0-3 des Splitters.

4-7

Die Eingangsbits 4-7 des Splitters.

### Ausgänge

0-7

Die Ausgangsbits 0-7 des Splitters.

### Veränderbare Attribute

#### Eingangsaufteilung

Sollen z.B. je vier Bits, zwei Bits und noch einmal zwei Bits als Eingänge verwendet werden, kann das mit der Eingabe "4,2,2" konfiguriert werden. Die Zahl gibt dabei jeweils die Bitanzahl an. Als Vereinfachung kann das \*-Zeichen verwendet werden: Mit "[Bits]\*[Anzahl]" wie "1\*16" können 16 einzelne Bits konfiguriert werden. Es können auch die zu verwendenden Bits direkt und in beliebiger Reihenfolge angegeben werden. So werden mit der Eingabe "4-7,0-3" die Bits 4-7 und 0-3 konfiguriert. Diese Notation erlaubt eine beliebige Bit-Anordnung. Die Eingangsbits müssen vollständig und eindeutig angegeben werden.

#### Ausgangsaufteilung

Sollen z.B. je vier Bits, zwei Bits und noch einmal zwei Bits als Ausgänge verwendet werden, kann das mit der Eingabe "4,2,2" konfiguriert werden. Die Zahl gibt dabei jeweils die Bitanzahl an. Als Vereinfachung kann das \*-Zeichen verwendet werden: Mit "[Bits]\*[Anzahl]" wie "1\*16" können 16 einzelne Bits konfiguriert werden. Es können auch die zu verwendenden Bits direkt und in beliebiger Reihenfolge angegeben werden. So werden mit der Eingabe "4-7,0-3" die Bits 4-7 und 0-3 konfiguriert. Diese Notation erlaubt eine beliebige Bit-Anordnung. Ausgangsbits können auch mehrfach ausgegeben werden: "0-7,1-6,4-7"

#### Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

#### Spreizung

Bestimmt die Spreizung der Ein- und Ausgänge in der Schaltung.





#### 4.6. Treiber

Ein Treiber kann dazu verwendet werden, ein Datenwort nur unter speziellen Voraussetzungen auf eine andere Leitung weiterzureichen. Gesteuert wird der Treiber durch den sel Eingang. Ist der sel Eingang auf 1 gesetzt, wird der am Eingang anliegende Wert zum Ausgang gereicht. Ist der Eingang 0, ist der Ausgang hochohmig.

Eingänge

in

Das Eingangssignal des Treibers.

sel

Eingang zum Steuern des Treibers. Ist dieser Eingang auf 1 gesetzt, wird der am Eingang anliegende Wert zum Ausgang gereicht. Ist der Eingang 0, ist der Ausgang hochohmig.

Ausgänge

out

Gibt den am Eingang anliegenden Wert aus, wenn sel auf 1 gesetzt ist. Ist sel auf Null gesetzt, ist der Ausgang hochohmig.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Tausche Selektorposition

Mit dieser Option kann der Anschluss des Selektors auf die andere Seite des Multiplexers verschoben werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



#### 4.7. Treiber, invertierte Auswahl

Ein Treiber kann dazu verwendet werden, ein Datenwort nur unter speziellen Voraussetzungen auf eine andere Leitung weiterzureichen. Gesteuert wird der Treiber durch den sel Eingang. Ist der sel Eingang auf 0 gesetzt, wird der am Eingang anliegende Wert zum Ausgang gereicht. Ist der Eingang 1, ist der Ausgang hochohmig.

Eingänge

in

Das Eingangssignal des Treibers.

sel

Eingang zum Steuern des Treibers. Ist dieser Eingang auf 0 gesetzt, wird der am Eingang anliegende Wert zum Ausgang gereicht. Ist der Eingang 1, ist der Ausgang hochohmig.

## Ausgänge

out

Gibt den am Eingang anliegenden Wert aus, wenn sel auf 1 gesetzt ist. Ist sel auf Null gesetzt, ist der Ausgang hochohmig.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Tausche Selektorposition

Mit dieser Option kann der Anschluss des Selektors auf die andere Seite des Multiplexers verschoben werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 4.8. Verzögerung

Verzögert ein Signal für eine einstellbare Anzahl an Gatterlaufzeiten. Alle übrigen Bauteile in Digital haben genau eine Gatterlaufzeit Verzögerung. Mit diesem Bauteil lassen sich damit beliebige Laufzeiten realisieren.

## Eingänge

in

Eingang für das zu verzögernde Signal.

## Ausgänge

out

Das um eine Gatterlaufzeit verzögerte Eingangssignal.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Dauer

Dauer der Verzögerung in Gatterlaufzeiten.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 4.9. Pull-Up Widerstand

Ist eine Leitung hochohmig, zieht sie ein Pull-Up Widerstand zu High. Ist eine Leitung nicht hochohmig, hat das Element keine Wirkung.

## Ausgänge

out

Ein "Weak High".

## Veränderbare Attribute

## Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

## Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

**4.10. Pull-Down Widerstand**

Ist eine Leitung hochohmig, zieht sie ein Pull-Down Widerstand zu Low. Ist eine Leitung nicht hochohmig, hat das Element keine Wirkung.

## Ausgänge

## out

Ein "Weak Low".

## Veränderbare Attribute

## Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

## Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

**5. Multiplexer****5.1. Multiplexer**

Ein Baustein, welcher den Wert eines der Eingänge am Ausgang ausgibt. Über den sel-Eingang wird ausgewählt, welcher der Eingänge ausgegeben werden soll.

## Eingänge

## sel

Mit dieser Leitung wird der Dateneingang ausgewählt, welcher am Ausgang ausgegeben werden soll.

## in\_0

Der 0. Dateneingang des Multiplexers.

## in\_1

Der 1. Dateneingang des Multiplexers.

## Ausgänge

## out

Ausgeben wird der Wert, der am gewählten Dateneingang anliegt.

## Veränderbare Attribute

**Daten-Bits**

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

**Anzahl der Auswahlbits**

Anzahl der Bits, die in der Auswahlleitung vorhanden sind.

**Tausche Selektorposition**

Mit dieser Option kann der Anschluss des Selektors auf die andere Seite des Multiplexers verschoben werden.

**Rotation**

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

**5.2. Demultiplexer**

Ein Baustein, welcher einen Eingangswert auf verschiedene Ausgänge ausgeben kann. Gibt das Eingangssignal auf einem wählbaren Ausgang aus. Die anderen Ausgänge werden auf den Vorgabewert gesetzt.

**Eingänge****sel**

Mit dieser Leitung wird der Datenausgang ausgewählt, auf welchem der Eingangswert ausgegeben werden soll.

**in**

Der Wert dieses Eingangs wird auf einen der Datenausgänge geschaltet.

**Ausgänge****out\_0**

Datenausgang 0.

**out\_1**

Datenausgang 1.

**Veränderbare Attribute****Daten-Bits**

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

**Anzahl der Auswahlbits**

Anzahl der Bits, die in der Auswahlleitung vorhanden sind.

**Tausche Selektorposition**

Mit dieser Option kann der Anschluss des Selektors auf die andere Seite des Multiplexers verschoben werden.

**Rotation**

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

**Vorgabe**

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.



### 5.3. Dekoder

Eine wählbare Ausgangsleitung geht auf Eins, alle anderen sind Null.

Eingänge

sel

Mit dieser Leitung wird der zu aktivierende Ausgang ausgewählt. Sein Wert gibt den auf 1 zu schaltenden Ausgang an.

Ausgänge

out\_0

Ausgang 0. Wenn über sel ausgewählt, ist dieser Ausgang 1, sonst 0.

out\_1

Ausgang 1. Wenn über sel ausgewählt, ist dieser Ausgang 1, sonst 0.

Veränderbare Attribute

Anzahl der Auswahlbits

Anzahl der Bits, die in der Auswahlleitung vorhanden sind.

Tausche Selektorposition

Mit dieser Option kann der Anschluss des Selektors auf die andere Seite des Multiplexers verschoben werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 5.4. Bitwähler

Wählt aus einem Datenbus ein einzelnes Bit aus.

Eingänge

in

Der Eingangsbus

sel

Dieser Eingang wählt das Bit aus.

Ausgänge

out

Das ausgewählte Bit.

Veränderbare Attribute

Anzahl der Auswahlbits

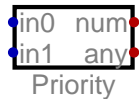
Anzahl der Bits, die in der Auswahlleitung vorhanden sind.

Tausche Selektorposition

Mit dieser Option kann der Anschluss des Selektors auf die andere Seite des Multiplexers verschoben werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 5.5. Prioritätsencoder

Ist einer der Eingänge gesetzt, wird dessen Nummer ausgegeben. Sind mehrere Eingänge gleichzeitig gesetzt, wird die höchsten Nummer ausgegeben.

Eingänge

in0

Der 0. Eingang des PriorityEncoder

in1

Der 1. Eingang des PriorityEncoder

Ausgänge

num

Nummer des gesetzten Eingangs.

any

Wenn dieser Ausgang gesetzt ist, ist mindestens einer der Eingänge gesetzt. Dieser Ausgang ist die Oder-Verknüpfung aller Eingänge.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

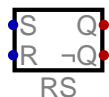
Anzahl der Auswahlbits

Anzahl der Bits, die in der Auswahlleitung vorhanden sind.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## 6. FlipFlops



### 6.1. RS-FlipFlop

Ein Baustein, welcher ein einzelnes Bit speichern kann. Bietet die Funktionen "Setzen" und "Rücksetzen". Werden beide Eingänge auf Eins geschaltet, geben auch beide Ausgänge eine Eins aus. Wenn beide Eingänge gleichzeitig zurück auf Null wechseln, ist der Endzustand unbestimmt.

## Eingänge

S

Der Setzen-Eingang. Mit diesem Eingang wird das gespeicherte Bit gesetzt.

R

Der Rücksetzen-Eingang. Mit diesem Eingang wird das gespeicherte Bit zurückgesetzt.

## Ausgänge

Q

Gibt den gespeicherten Wert aus.

 $\neg Q$ 

Gibt den gespeicherten Wert negiert zurück.

## Veränderbare Attribute

## Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

## inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

## Rotation

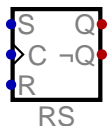
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

## Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.

**6.2. RS-FlipFlop, getaktet**

Ein Baustein, welcher ein einzelnes Bit speichern kann. Bietet die Funktionen "Setzen" und "Rücksetzen". Sind bei der steigenden Flanke des Taktes beide Eingänge (S,R) gesetzt, nimmt das Flipflop einen zufälligen Zustand ein.

## Eingänge

S

Der Setzen-Eingang. Mit diesem Eingang wird das gespeicherte Bit gesetzt.

C

Der Takteingang. Eine steigende Flanke veranlasst die Zustandsänderung.

R

Der Rücksetzen-Eingang. Mit diesem Eingang wird das gespeicherte Bit zurückgesetzt.

## Ausgänge

Q

Gibt den gespeicherten Wert aus.

 $\neg Q$ 

Gibt den gespeicherten Wert negiert zurück.

## Veränderbare Attribute

## Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

## inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

## Rotation

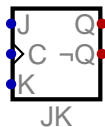
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

## Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



## 6.3. JK-FlipFlop

Bietet die Funktionen zum Speichern ( $J=K=0$ ), Setzen ( $J=1, K=0$ ), Rücksetzen ( $J=0, K=1$ ) und Wechseln ( $J=K=1$ ). Ein Zustandswechsel findet nur bei einer steigenden Flanke am Eingang C statt.

## Eingänge

J

Der Setzen-Eingang des Flipflops.

C

Taktingang. Eine steigende Flanke initiiert den Zustandswechsel.

K

Der Rücksetzen-Eingang des Flipflops.

## Ausgänge

Q

Gibt den gespeicherten Wert aus.

 $\neg Q$ 

Gibt den gespeicherten Wert negiert aus.

## Veränderbare Attribute

## Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.



inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

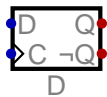
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



## 6.4. D-FlipFlop

Ein Baustein zum Speichern eines Bits. Der an Eingang D anliegende Wert wird bei einer steigenden Flanke an Eingang C gespeichert. Die Bitbreite kann gewählt werden, so dass mehrere Bits gespeichert werden können.

Eingänge

D

Das zu speichernde Bit.

C

Takt des Flipflops. Wechselt dieser Wert auf 1, wird der an D anliegende Wert abgespeichert.

Ausgänge

Q

Gibt den gespeicherten Wert zurück.

$\neg Q$

Gibt den gespeicherten Wert negiert zurück.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

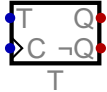
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



## 6.5. T-FlipFlop

Speichert ein Bit, welches sich mit einem Eingang umschalten lässt.

Eingänge

T

Aktiviert die Umschaltfunktion.

C

Dieser Eingang schaltet das Flipflop um. Wenn ein T-Eingang vorhanden ist, passiert das nur, wenn T auf 1 gesetzt ist.

Ausgänge

Q

Gibt den gespeicherten Wert aus.

$\neg Q$

Gibt den gespeicherten Wert negiert aus.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Enable Eingang

Wenn gesetzt, ist ein Enable-Eingang (T) vorhanden.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

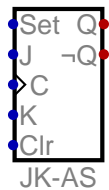
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



## 6.6. JK-FlipFlop, asynchron

Bietet die Funktionen zum Speichern ( $J=K=0$ ), Setzen ( $J=1, K=0$ ), Rücksetzen ( $J=0, K=1$ ) und Wechseln ( $J=K=1$ ). Ein Zustandswechsel findet nur bei einer steigenden Flanke am Eingang C statt. Es gibt zwei Eingänge, welche ein sofortiges Setzen bzw. Rücksetzen ohne Taktsignal erlauben.

### Eingänge

#### Set

asynchrones Setzen. Eine Eins an diesem Eingang setzt das Flipflop auf Eins.

#### J

Der Setzen-Eingang des Flipflops.

#### C

Takteingang. Eine steigende Flanke initiiert den Zustandswechsel.

#### K

Der Rücksetzen-Eingang des Flipflops.

#### Clr

asynchrones Löschen. Eine Eins an diesem Eingang setzt das Flipflop auf Null.

### Ausgänge

#### Q

Gibt den gespeicherten Wert aus.

#### $\neg Q$

Gibt den gespeicherten Wert negiert aus.

### Veränderbare Attribute

#### Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

#### inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

#### Rotation

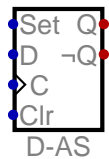
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

#### Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

#### Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



## 6.7. D-FlipFlop, asynchron

Ein Baustein zum Speichern eines Bits. Der an Eingang D anliegende Wert wird bei einer steigenden Flanke an Eingang C gespeichert. Es gibt zwei Eingänge, welche ein sofortiges Setzen bzw. Rücksetzen ohne Taktsignal erlauben. Die Bitbreite kann gewählt werden, so dass mehrere Bits gespeichert werden können.

### Eingänge

#### Set

asynchrones Setzen. Eine Eins an diesem Eingang setzt alle gespeicherten Bits auf Eins.

#### D

Das zu speichernde Bit.

#### C

Takt des Flipflops. Wechselt dieser Wert auf 1, wird der an D anliegende Wert abgespeichert.

#### Clr

asynchrones Löschen. Eine Eins an diesem Eingang setzt alle gespeicherten Bits auf Null.

### Ausgänge

#### Q

Gibt den gespeicherten Wert zurück.

#### $\neg Q$

Gibt den gespeicherten Wert negiert zurück.

### Veränderbare Attribute

#### Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

#### Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

#### inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

#### Rotation

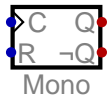
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

#### Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

#### Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



## 6.8. Monoflop

Ein Monoflop wird bei einer steigenden Flanke am Takteingang gesetzt. Nach einer einstellbaren Verzögerungszeit wird das Monoflop automatisch wieder gelöscht. Das Monoflop ist retriggerbar. Es kann nur genutzt werden, wenn es genau ein Taktelement in der Schaltung gibt. Dieses Taktelement wird dann für die Zeitbestimmung verwendet.

### Eingänge

C

Eine steigende Flanke an diesem Eingang setzt das Monoflop. Der Ausgang Q wird auf Eins gesetzt. Nach Ablauf der Verzögerungszeit fällt Q wieder auf Null zurück.

R

Reset Eingang. Eine Eins setzt das Monoflop auf Null zurück.

### Ausgänge

Q

Ausgang des Monoflops

$\neg Q$

Invertierter Ausgang

### Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Impulsdauer

Die Impulsdauer wird in Taktzyklen angegeben.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

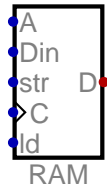
Vorgabe

Dieser Wert wird beim Schaltungsstart gesetzt. Beim Demultiplexer wird dieser Wert für die nicht gewählten Ausgänge gesetzt.

Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.

## 7. Speicher - RAM



### 7.1. RAM, getrennte Ports

Ein RAM Modul mit getrennten Daten-Anschlüssen für Lesen und Schreiben. Es gibt einen Eingang für das Beschreiben und einen Ausgang für das Auslesen der gespeicherten Daten.

Eingänge

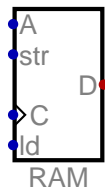
- A  
Die Adresse, an der gelesen bzw. geschrieben wird.
- Din  
Die Daten, die gespeichert werden sollen.
- str  
Ist diese Leitung high, wird das Datenwort gespeichert, wenn der Takt ansteigt.
- C  
Der Takt. Eine steigende Flanke aktiviert das Speichern.
- Id  
Ist diese Leitung high, wird der Ausgang aktiviert, und die Daten liegen dort an.

Ausgänge

- D  
Ausgabe der gespeicherten Daten.

Veränderbare Attribute

- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Adress-Bits  
Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.
- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.
- Programmspeicher  
Zeichnet dieses ROM als Programmspeicher aus. Es kann damit von einer externen IDE beschrieben werden.



## 7.2. RAM, bidirektionaler Port

Ein RAM Module mit einem bidirektionalem Anschluss für das Lesen und Schreiben von Daten.

### Eingänge

- A  
Die Adresse, an der gelesen und geschrieben wird.
- str  
Ist dieser Eingang 1, wird mit steigendem Takt das Datenwort gespeichert.
- C  
Der Takt. Eine steigende Flanke aktiviert das Speichern.
- ld  
Ist dieser Eingang 1, wird das Datenwort ausgegeben.

### Ausgänge

- D  
Der bidirektionale Datenanschluss.

### Veränderbare Attribute

- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Adress-Bits  
Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.
- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.
- Programmspeicher  
Zeichnet dieses ROM als Programmspeicher aus. Es kann damit von einer externen IDE beschrieben werden.



## 7.3. RAM, Chip Select

Ein RAM-Baustein mit einem bidirektionalem Anschluss für das Lesen und Schreiben von Daten. Es gibt einen CS-Eingang. Ist dieser Eingang low, ist der Baustein deaktiviert. Mit

diesem können mehrere solcher Bausteine mit einem Adressdekoder zu einem größeren RAM zusammen geschaltet werden.

#### Eingänge

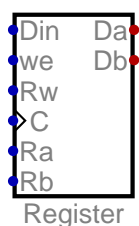
- A  
Die Adresse, an der gelesen und geschrieben wird.
- CS  
Ist dieser Eingang 1, ist der Baustein aktiv.
- WE  
Bei einer 1 werden die Daten in das RAM geschrieben.
- OE  
Ist dieser Eingang 1, wird das Datenwort ausgegeben.

#### Ausgänge

- D  
Der bidirektionale Datenanschluss.

#### Veränderbare Attribute

- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Adress-Bits  
Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.
- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- inverse Eingänge  
Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.
- Programmspeicher  
Zeichnet dieses ROM als Programmspeicher aus. Es kann damit von einer externen IDE beschrieben werden.



## 7.4. Registerspeicher

Speicher mit einem Schreib- und zwei Leseports. Kann verwendet werden um Prozessorregister zu implementieren. Es können so gleichzeitig zwei Register gelesen und ein Drittes beschrieben werden.



## Eingänge

Din

Die zu schreibenden Daten.

we

Bei einer 1 werden die Daten in das Register Rw übernommen.

Rw

Nummer des zu beschreibenden Registers.

C

Takteingang

Ra

Nummer des Registers a.

Rb

Nummer des Registers b.

## Ausgänge

Da

Inhalt des Registers a.

Db

Inhalt des Registers b.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Adress-Bits

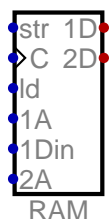
Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 7.5. RAM, Dual Port

RAM mit einem Port, der das Beschreiben und Lesen des RAMs ermöglicht, und einem zweiten Leseport. Dieser zweite Port kann verwendet werden, um einer Grafik-Logik Zugriff auf den Speicherinhalt zu geben. Auf diese Weise kann ein Prozessor in das RAM schreiben, und eine Grafik-Logik kann das RAM gleichzeitig auslesen.

## Eingänge

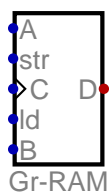
- str  
Ist diese Leitung high, wird das Datenwort an D1 gespeichert, wenn der Takt ansteigt.
- C  
Der Takt. Eine steigende Flanke aktiviert das Speichern.
- ld  
Ist diese Leitung high, wird der Ausgang D1 aktiviert, und die Daten liegen dort an.
- 1A  
Die Adresse, an der über Port 1 gelesen bzw. geschrieben wird.
- 1Din  
Die Daten, die gespeichert werden sollen.
- 2A  
Die Adresse, an der über Port 2 gelesen wird.

## Ausgänge

- 1D  
Ausgabeport 1
- 2D  
Ausgabeport 2

## Veränderbare Attribute

- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Adress-Bits  
Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.
- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.
- Programmspeicher  
Zeichnet dieses ROM als Programmspeicher aus. Es kann damit von einer externen IDE beschrieben werden.



## 7.6. Grafik-RAM

Wird verwendet, um Bitmap Grafiken anzuzeigen. Der Baustein verhält sich wie ein RAM-Baustein mit dem Unterschied, dass der RAM-Inhalt als Grafik angezeigt wird. Jede Speicherstelle definiert die Farbe eines Pixels, wobei eine feste Farbpalette verwendet wird. Es werden zwei Grafikseiten abgelegt, sodass ein Screen-Switching möglich ist (Siehe Eingang B). Die gesamte Speichergröße beträgt damit  $dx \cdot dy \cdot 2$  Speicherworte.

## Eingänge

A

Die Adresse, an der gelesen und geschrieben wird.

str

Ist dieser Eingang 1, wird mit steigendem Takt das Datenwort gespeichert.

C

Der Takt. Eine steigende Flanke aktiviert das Speichern.

ld

Ist dieser Eingang 1, wird das Datenwort ausgegeben.

B

Auswahl der anzuzeigenden Seite. Mit diesem Eingang kann zwischen zwei Speicherseiten umgeschaltet werden.

## Ausgänge

D

Der bidirektionale Datenanschluss.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Breite in Pixel

Breite des Grafik-Bildschirmes in Pixel

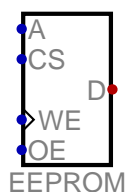
Höhe in Pixel

Höhe des Grafik-Bildschirmes in Pixel

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## 8. Speicher - EEPROM



### 8.1. EEPROM

Ein EEPROM-Baustein mit einem bidirektionalem Anschluss für das Lesen und Schreiben von Daten. Es gibt einen CS-Eingang. Ist dieser Eingang low, ist der Baustein deaktiviert. Der Dateninhalt wird gespeichert wie bei einem ROM. Er bleibt also erhalten, wenn die Simulation beendet und neu gestartet wird.

## Eingänge

A

Die Adresse, an der gelesen und geschrieben wird.

CS

Ist dieser Eingang 1, ist der Baustein aktiv.

WE

Bei einer 1 werden die Daten in das EEPROM geschrieben.

OE

Ist dieser Eingang 1, wird das Datenwort ausgegeben.

## Ausgänge

D

Der bidirektionale Datenanschluss.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Adress-Bits

Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Daten

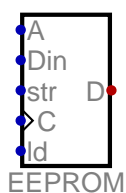
Die Daten, welche in diesem Element gespeichert sind.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Programmspeicher

Zeichnet dieses ROM als Programmspeicher aus. Es kann damit von einer externen IDE beschrieben werden.



## 8.2. EEPROM, getrennte Ports

Ein EEPROM Modul mit getrennten Daten-Anschlüssen für Lesen und Schreiben. Es gibt einen Eingang für das Beschreiben und einen Ausgang für das Auslesen der gespeicherten Daten.

## Eingänge

- A  
Die Adresse, an der gelesen bzw. geschrieben wird.
- Din  
Die Daten, die gespeichert werden sollen.
- str  
Ist diese Leitung high, wird das Datenwort gespeichert, wenn der Takt ansteigt.
- C  
Der Takt. Eine steigende Flanke aktiviert das Speichern.
- ld  
Ist diese Leitung high, wird der Ausgang aktiviert, und die Daten liegen dort an.

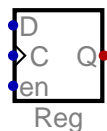
## Ausgänge

- D  
Ausgabe der gespeicherten Daten.

## Veränderbare Attribute

- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Adress-Bits  
Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.
- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- Daten  
Die Daten, welche in diesem Element gespeichert sind.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.
- Programmspeicher  
Zeichnet dieses ROM als Programmspeicher aus. Es kann damit von einer externen IDE beschrieben werden.

# 9. Speicher



## 9.1. Register

Ein Baustein zum Speichern von Werten. Die Bitbreite kann gewählt werden. Der an Eingang D anliegende Wert wird bei einer steigenden Flanke an Eingang C gespeichert. Im Unterschied zu einem D Flipflop verfügt das Register über einen Freigabeeingang für den Takt.

## Eingänge

D

Das zu speichernde Datenwort liegt hier an.

C

Der Takteingang. Eine steigende Flanke speichert den an D anliegenden Wert ab.

en

Nur wenn dieser Eingang 1 ist, kann gespeichert werden.

## Ausgänge

Q

Gibt den abgespeicherten Wert aus.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Rotation

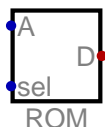
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Programmzähler

Weist dieses Register als Programmzähler aus. Der Wert dieses Registers wird an die externe Assembler-IDE zurückgegeben, um während des Debuggings die aktuelle Codezeile zu markieren.

Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



## 9.2. ROM

Ein nichtflüchtiger Speicherbaustein welcher einmalig beschreibbar ist. Die gespeicherten Daten können im Attribute-Dialog bearbeitet werden.

## Eingänge

A

Dieser Eingang bestimmt die Speicheradresse des Datenwortes, welches ausgegeben werden soll.

sel

Ist dieser Pin high (1), ist der Ausgang aktiviert. Ist er low (0), ist der Ausgang hochohmig.

## Ausgänge

D

Hier wird das Datenwort ausgegeben, wenn am "Select"-Eingang eine 1 anliegt.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Adress-Bits

Anzahl der Adress-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Daten

Die Daten, welche in diesem Element gespeichert sind.

Rotation

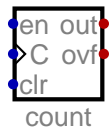
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Programmspeicher

Zeichnet dieses ROM als Programmspeicher aus. Es kann damit von einer externen IDE beschrieben werden.

Bei jedem Start automatisch neu laden.

Lädt das HEX-File bei jedem Modelstart neu.



## 9.3. Zähler

Ein einfacher Zähler-Baustein. Zählt jede steigende Flanke am C Eingang und kann über den clr Eingang zurückgesetzt werden. Die Bitbreite des Zählers kann im Attribute-Dialog festgelegt werden.

## Eingänge

en

Der Zähler zählt nur, wenn dieser Eingang auf 1 gesetzt ist.

C

Eingang des Taktsignals.

clr

Setzt den Zähler synchron auf 0 zurück, wenn dieser Eingang auf 1 gesetzt wird.

## Ausgänge

out

Gibt den gezählten Wert aus.

ovf

Overflow Ausgang. Wird auf 1 gesetzt, wenn der Zähler seinen Maximalwert hat und der en Eingang auf 1 gesetzt ist.

## Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

inverse Eingänge

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

Bezeichnung

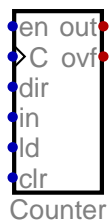
Die Bezeichnung dieses Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Als Messwert verwenden

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.



#### 9.4. Zähler, beschreibbar

Zähler, dessen Wert gesetzt werden kann. Zudem kann ein Maximalwert und eine Zählrichtung vorgegeben werden.

Eingänge

en

Der Zähler zählt nur, wenn dieser Eingang auf 1 gesetzt ist.

C

Eingang des Taktsignals.

dir

Gibt die Zählrichtung an. Eine 0 bedeutet aufwärts.

in

Dieses Datenwort wird im Zähler gespeichert, wenn ld=1 gesetzt ist.

ld

Wenn gesetzt wird beim nächsten Taktsignal der Wert am Eingang 'in' in den Zähler übernommen.

clr

Setzt den Zähler synchron auf 0 zurück, wenn dieser Eingang auf 1 gesetzt wird.

Ausgänge

out

Gibt den gezählten Wert aus.

ovf

Overflow Ausgang. Wird auf 1 gesetzt, der 'en' Eingang auf 1 gesetzt ist und wenn der Zähler beim Aufwärtszählen seinen Maximalwert erreicht, bzw. beim Abwärtszählen die 0 erreicht hat.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.



**Maximalwert**

Wird hier eine Null eingetragen, wird der maximal mögliche Wert verwendet (Alle Bits sind Eins).

**inverse Eingänge**

Es können die Eingänge ausgewählt werden, welche invertiert werden sollen.

**Bezeichnung**

Die Bezeichnung dieses Elementes.

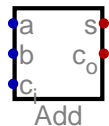
**Rotation**

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

**Als Messwert verwenden**

Wenn gesetzt, taucht der Wert als Messwert in Graph und Tabelle auf. Zusätzlich muss eine Bezeichnung angegeben werden, welche als Identifikation des Messwertes dienen kann.

## 10. Arithmetik



### 10.1. Addierer

Ein Bauteil für einfache Additionen. Führt eine Addition der Ganzzahlen an Eingang a und Eingang b durch ( $a+b$ ). Ist der Carry-Eingang gesetzt, wird das Ergebnis um Eins erhöht.

**Eingänge**

a

Erster Eingang für die Addition.

b

Zweiter Eingang für die Addition.

c<sub>i</sub>

Carry-Eingang. Wenn gesetzt, wird das Ergebnis um Eins erhöht. Kann von vorhergehenden Bausteinen über den Carry-Out Ausgang gesetzt werden.

**Ausgänge**

s

Das Ergebnis der Addition

c<sub>o</sub>

Ist gesetzt, wenn bei der Addition ein Übertrag aufgetreten ist.

**Veränderbare Attribute****Bezeichnung**

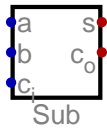
Die Bezeichnung dieses Elementes.

**Daten-Bits**

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

**Rotation**

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 10.2. Subtrahierer

Ein Bauteil für einfache Subtraktionen. Führt eine Subtraktion der Ganzzahlen an Eingang a und Eingang b durch  $(a-b)$ . Ist der Carry-Eingang gesetzt, wird das Ergebnis nochmals um 1 verringert.

### Eingänge

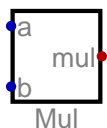
- a  
Eingang a für die Subtraktion.
- b  
Eingang b für die Subtraktion.
- c\_i  
Carry-Eingang. Wenn gesetzt wird das Ergebnis um Eins verringert.

### Ausgänge

- s  
Ausgang gibt das Ergebnis der Subtraktion aus.
- c\_o  
Carry-Ausgang. Gibt 1 aus, wenn bei der Subtraktion ein Überlauf aufgetreten ist.

### Veränderbare Attribute

- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 10.3. Multiplizierer

Ein Baustein für Multiplikation. Multipliziert die an Eingang a und Eingang b anliegenden Ganzzahlen. Es wird eine vorzeichenlose Multiplikation durchgeführt.

### Eingänge

- a  
Eingang a für Multiplikation.
- b  
Eingang b für Multiplikation.

### Ausgänge

mul

Ausgang mit dem Ergebnis der Multiplikation.

### Veränderbare Attribute

Bezeichnung

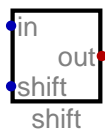
Die Bezeichnung dieses Elementes.

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 10.4. Bit-Schieber

Ein Baustein zum Schieben von Bits. Verschiebt einen Wert um die am Eingang shift angegebene Anzahl von Bits.

### Eingänge

in

Eingang mit zu verschiebenden Bits.

shift

Eingang mit Weite der Verschiebung.

### Ausgänge

out

Ausgang mit dem Ergebnis der Verschiebeoperation.

### Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Verschiebeweite hat Vorzeichen

Verschiebeweite verwendet Zweierkomplement

Richtung

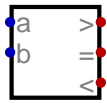
Richtungsangabe.

Modus

Modus der Verschiebung.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 10.5. Komparator

Ein Baustein zum Vergleichen von Datenworten. Vergleicht die Datenworte an Eingang a und Eingang b und setzt die Ausgänge entsprechend.

Eingänge

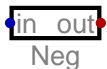
- a  
Eingang a für den Vergleich.
- b  
Eingang b für den Vergleich.

Ausgänge

- >  
Ausgang ist 1, wenn Eingang a größer ist als Eingang b.
- =  
Ausgang ist 1, wenn die Werte an beiden Eingängen gleich sind.
- <  
Ausgang ist 1, wenn Eingang a kleiner ist als Eingang b

Veränderbare Attribute

- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Vorzeichen  
Wenn gesetzt, findet der Vergleich vorzeichenrichtig (2-er Komplement) statt.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 10.6. Negation

Ein Baustein für die Negation von Datenworten im 2-er Komplement.

Eingänge

- in  
Eingang des Datenworts, welches im 2-er Komplement negiert werden soll.

Ausgänge

- out  
Gibt das Ergebnis der Negation im 2-er Komplement zurück.

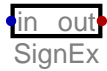
Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 10.7. Biterweiterung

Erweitert die Bitanzahl eines vorzeichenbehafteten Eingangswertes unter Erhalt des Vorzeichens. Ist der Eingang ein einzelnes Bit, wird dieses Bit auf allen Ausgangsbits ausgegeben.

Eingänge

in

Eingangswert. Die Eingangsbitzahl muss kleiner sein als die Ausgangsbitzahl!

Ausgänge

out

Vorzeichenrichtig erweiterter Eingangswert. Die Eingangsbitzahl muss kleiner sein als die Ausgangsbitzahl!

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Anzahl Eingangsbits

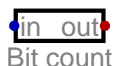
Die Anzahl der Ausgangsbits muss größer sein als die Anzahl der Eingangsbits.

Anzahl Ausgangsbits

Die Anzahl der Ausgangsbits muss größer sein als die Anzahl der Eingangsbits.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 10.8. Bitzähler

Gibt die Anzahl der 1-Bits im Eingangswert aus.

Eingänge

in

Die 1-Bits in diesem Datenwort werden gezählt.

Ausgänge

out

Ausgang mit der Anzahl der gezählten 1-Bits.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## 11. Schalter



### 11.1. Diode zu Plus

Vereinfachte unidirektionale Diode, die genutzt werden kann, um eine Leitung auf Plus zu ziehen. Wird verwendet, um ein "Wired Or" zu implementieren. Daher ist am Ausgang ein Pull Down Widerstand erforderlich! Innerhalb der Simulation verhält sich eine Diode wie ein aktives Gatter mit dreiwerteiger Wertetabelle: Ist der Eingang 1, ist auch der Ausgang 1. In den anderen Fällen (0 und hochohmig) ist der Ausgang hochohmig (High Z). Damit können sich antiparallel zusammen geschaltete Dioden gegenseitig im high-Zustand halten, was mit realen Dioden nicht möglich ist. Es handelt sich um eine ideale Diode: In Durchlassrichtung gibt es keinen Spannungsabfall über der Diode.

Eingänge

in

Ist der Eingang 1, ist auch der Ausgang 1. In allen anderen Fällen ist der Ausgang hochohmig.

Ausgänge

out

Ist der Eingang 1, ist auch der Ausgang 1. In allen anderen Fällen ist der Ausgang hochohmig.

Veränderbare Attribute

Programmiert

Wenn gesetzt, ist die Diode "durchgebrannt" bzw "programmiert". Bei Floating Gate FETs wird das Gate geladen. Diese Einstellung kann direkt über die Taste 'P' verändert werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 11.2. Diode zu Masse

Vereinfachte unidirektionale Diode, die genutzt werden kann, um eine Leitung auf Masse zu ziehen. Wird verwendet, um ein "Wired And" zu implementieren. Daher ist am Ausgang ein Pull Up Widerstand erforderlich! Innerhalb der Simulation verhält sich eine Diode wie ein aktives Gatter mit dreiwerteiger Wertetabelle: Ist der Eingang 0, ist auch der Ausgang 0. In den anderen Fällen (1 und hochohmig) ist der Ausgang hochohmig (High Z). Damit können sich antiparallel zusammen geschaltete Dioden gegenseitig im low-Zustand halten, was mit

realen Dioden nicht möglich ist. Es handelt sich um eine ideale Diode: In Durchlassrichtung gibt es keinen Spannungsabfall über der Diode.

#### Eingänge

in

Ist der Eingang 0, ist auch der Ausgang 0. In allen anderen Fällen ist der Ausgang hochohmig.

#### Ausgänge

out

Ist der Eingang 0, ist auch der Ausgang 0. In allen anderen Fällen ist der Ausgang hochohmig.

#### Veränderbare Attribute

##### Programmiert

Wenn gesetzt, ist die Diode "durchgebrannt" bzw "programmiert". Bei Floating Gate FETs wird das Gate geladen. Diese Einstellung kann direkt über die Taste 'P' verändert werden.

##### Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 11.3. Schalter

Einfacher Schalter. Der Schalter hat keine Gatterlaufzeit. Eine Signaländerung wird instantan von einem Ende des Schalters zum anderen propagiert.

#### Ausgänge

out1

Einer der Anschlüsse des Schalters.

out2

Einer der Anschlüsse des Schalters.

#### Veränderbare Attribute

##### Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

##### Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

##### Geschlossen

Gibt an, ob der Schalter bei Modelstart offen oder geschlossen ist.

##### Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 11.4. Fuse

Eine Sicherung, die verwendet werden kann, um einen einmal programmierbaren Speicher aufzubauen.

## Ausgänge

out1  
     out1  
 out2  
     out2

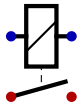
## Veränderbare Attribute

## Programmiert

Wenn gesetzt, ist die Diode "durchgebrannt" bzw "programmiert". Bei Floating Gate FETs wird das Gate geladen. Diese Einstellung kann direkt über die Taste 'P' verändert werden.

## Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 11.5. Relais

Ein Relais ist ein Schalter, welcher über eine Spule umgeschaltet werden kann. Wenn ein Strom durch das Relais fließt, wird der Schalter geöffnet bzw. geschlossen. Es gibt keine Freilaufdiode, sodass die Stromrichtung keine Rolle spielt. Der Schalter wird betätigt, wenn die Eingänge unterschiedliche Werte haben. Das Relais verhält sich damit ähnlich wie ein XOR Gatter.

## Eingänge

in1  
     Ein Steuereingang des Relais.  
 in2  
     Ein Steuereingang des Relais.

## Ausgänge

A1  
     A1  
 B1  
     B1

## Veränderbare Attribute

## Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

## Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

## Pole

Anzahl der Schaltkontakte des Relais.

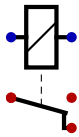
## Relais ist ein Öffner

Wenn gesetzt, ist das Relais unbestromt geschlossen.

## Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.





### 11.6. Relais mit Wechselkontakt

Ein Relais ist ein Schalter, welcher über eine Spule umgeschaltet werden kann. Wenn ein Strom durch das Relais fließt, wird der Schalter geöffnet bzw. geschlossen. Es gibt keine Freilaufdiode, sodass die Stromrichtung keine Rolle spielt. Der Schalter wird betätigt, wenn die Eingänge unterschiedliche Werte haben. Das Relais verhält sich damit ähnlich wie ein XOr Gatter.

Eingänge

in1

Ein Steuereingang des Relais.

in2

Ein Steuereingang des Relais.

Ausgänge

A1

A1

B1

B1

C1

C1

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Pole

Anzahl der Schaltkontakte des Relais.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 11.7. P-Kanal FET

P-Kanal Feldeffekttransistor. Der Bulk ist mit der pos. Versorgung verbunden. Der Transistor wird ohne eine Body-Diode simuliert.

Eingänge

G

Gate

### Ausgänge

- S  
Source
- D  
Drain

### Veränderbare Attribute

#### Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

#### Unidirektional

Unidirektionale Transistoren wirken nur von Source zu Drain. Sie können deutlich schneller simuliert werden als bidirektionale Transistoren. Da es keine Rückwirkung von Drain zu Source gibt, können Transistoren in diesem Modus auch keine Kurzschlüsse über die Drain-Source Strecke verursachen. Daher kann dieser Modus in manchen CMOS-Schaltungen erforderlich sein.

#### Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

#### Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 11.8. N-Kanal FET

N-Kanal Feldeffekttransistor. Der Bulk ist mit Masse verbunden. Der Transistor wird ohne eine Body-Diode simuliert.

### Eingänge

- G  
Gate

### Ausgänge

- D  
Drain
- S  
Source

### Veränderbare Attribute

#### Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

#### Unidirektional

Unidirektionale Transistoren wirken nur von Source zu Drain. Sie können deutlich schneller simuliert werden als bidirektionale Transistoren. Da es keine Rückwirkung von Drain zu Source gibt, können Transistoren in diesem Modus auch keine Kurzschlüsse über die Drain-Source Strecke verursachen. Daher kann dieser Modus in manchen CMOS-Schaltungen erforderlich sein.

#### Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

## Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 11.9. P-Kanal Floating Gate FET

P-Kanal Feldeffekttransistor mit Floating Gate. Der Bulk ist mit Masse verbunden. Der Transistor wird ohne eine Body-Diode simuliert. Ist das Floating Gate geladen, ist der Transistor immer sperrend. Die Programmierung kann direkt mit der Taste [P] verändert werden.

## Eingänge

G

Gate

## Ausgänge

S

Source

D

Drain

## Veränderbare Attribute

## Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

## Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

## Programmiert

Wenn gesetzt, ist die Diode "durchgebrannt" bzw "programmiert". Bei Floating Gate FETs wird das Gate geladen. Diese Einstellung kann direkt über die Taste 'P' verändert werden.

## Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 11.10. N-Kanal Floating Gate FET

N-Kanal Feldeffekttransistor mit Floating Gate. Der Bulk ist mit Masse verbunden. Der Transistor wird ohne eine Body-Diode simuliert. Ist das Floating Gate geladen, ist der Transistor immer sperrend. Die Programmierung kann direkt mit der Taste [P] verändert werden.

## Eingänge

G

Gate

### Ausgänge

- D  
Drain
- S  
Source

### Veränderbare Attribute

- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Bezeichnung  
Die Bezeichnung dieses Elementes.
- Programmiert  
Wenn gesetzt, ist die Diode "durchgebrannt" bzw "programmiert". Bei Floating Gate FETs wird das Gate geladen. Diese Einstellung kann direkt über die Taste 'P' verändert werden.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 11.11. Transmissionsgatter

Ein reales Transmissionsgatter ist aus nur zwei Transistoren aufgebaut. Daher wird es oft eingesetzt, um Transistoren einzusparen.

### Eingänge

- S  
Steuereingang
- $\neg S$   
Steuereingang, invertiert

### Ausgänge

- A  
Eingang A
- B  
Eingang B

### Veränderbare Attribute

- Daten-Bits  
Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.
- Rotation  
Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

## 12. Sonstige

### Test

#### 12.1. Testfall

Beschreibt einen Testfall. In einem Testfall kann beschrieben werden, wie sich eine Schaltung verhalten soll. Es kann dann automatisch überprüft werden, ob das Verhalten der Schaltung tatsächlich dieser Beschreibung entspricht. Ist das nicht der Fall, wird eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Testdaten

Hier wird der eigentliche Testfall angelegt. Details dazu finden sich in der Hilfe des Testdateneditors.



Versorgung

#### 12.2. Versorgung

Hat keine weitere Funktion. Stellt nur sicher, dass VDD und GND angeschlossen sind. Kann im Zusammenhang mit den 74xx Bausteinen verwendet werden, um Anschlüsse für die Spannungsversorgung zu erzeugen, welche dann auch auf korrekte Beschaltung geprüft werden.

Eingänge

VDD

Muss mit VDD verbunden werden!

GND

Muss mit GND verbunden werden!

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



### 12.3. Bidirektionaler Splitter

Kann für Datenbusse verwendet werden und erleichtert vor allem den Aufbau von Speicherbausteinen im DIL-Gehäuse, da die Implementierung des Datenbusses erleichtert wird.

Eingänge

OE

Wenn gesetzt, wird der gemeinsame Datenanschluss D an den Bitausgängen D[i] ausgegeben, wenn nicht, werden die Einzelbits D[i] am gemeinsamen Ausgang D ausgegeben.

Ausgänge

D

Der gemeinsame Datenanschluss.

D0

Das Datenbit 0 des Bus-Splitters.

Veränderbare Attribute

Daten-Bits

Anzahl der Daten-Bits, die verwendet werden.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Spreizung

Bestimmt die Spreizung der Ein- und Ausgänge in der Schaltung.



### 12.4. Reset

Der Ausgang dieses Elements ist Eins, solange sich die Schaltung nach dem Einschalten in der Stabilisierungsphase befindet. Hat sich die Schaltung stabilisiert wird der Ausgang auf Null gesetzt. Bei einem invertiertem Ausgang verhält es sich genau anders herum.

Ausgänge

Reset

Reset Ausgang.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

invertierter Ausgang

Wenn gesetzt, wird der Ausgang invertiert.

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.



## 12.5. Break

Wenn der Eingang dieses Elementes zu Eins wird, wird der schnelle Simulationslauf beendet. Dieses Element kann verwendet werden, um einen Assemblerbefehl BRK zu implementieren. Es kann dann ein Programm bis zum nächsten BRK-Befehl ausgeführt werden. Der schnelle Simulationslauf kann nur genutzt werden, wenn der Echtzeittakt deaktiviert ist!

Eingänge

brk

Stoppt schnellen Simulationslauf, wenn 1.

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Timeout Zyklen

Wenn nach dieser Anzahl von Takten kein Break eingegangen ist, wird ein Fehler erzeugt

Rotation

Legt die Ausrichtung des Elementes in der Schaltung fest.

Async

## 12.6. Asynchrones Timing

Erlaubt die Konfiguration des Timings eines asynchronen Automaten wie z.B einer Muller-Pipeline. Die Schaltung muss im Gatterschrittmodus gestartet werden und muss zunächst einen stabilen Zustand einnehmen. Interaktiv oder mit einem Reset-Element kann dann der Automat gestartet werden. Die Taktelemente können in diesem Modus nicht verwendet werden.

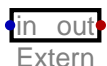
Veränderbare Attribute

Echtzeittakt starten

Wenn eingeschaltet, wird beim Start der Schaltung der Echtzeittakt gestartet.

Frequenz/Hz

Gibt die Frequenz an, wenn der Echtzeittakt aktiviert ist



## 12.7. Extern

Element zur Anbindung von externen Programmen zur Berechnung der Logik. Wird verwendet, um das Verhalten eines Elements mit einer Hardwarebeschreibungssprache wie VHDL oder Verilog zu beschreiben. Die eigentliche Simulation des Verhaltens muss

mit einem externen Simulator erfolgen. Zur Zeit wird nur der VHDL-Simulator ghdl und der Verilog-Simulator Icarus Verilog unterstützt.

Eingänge

in

Ausgänge

out

Veränderbare Attribute

Bezeichnung

Die Bezeichnung dieses Elementes.

Breite

Breite des Symbols, wenn diese Schaltung in eine andere eingefügt wird.

Eingänge

Die Eingänge des externen Prozesses. Es handelt sich um eine kommaseparierte Liste mit Signalnamen. Bei jedem Signalnamen kann, mit einem Doppelpunkt getrennt, eine Bitanzahl angegeben werden. Die Eingänge eines 8-Bit Addierers könnten also mit "a:8,b:8,c\_in" beschrieben werden.

Ausgänge

Die Ausgänge des externen Prozesses. Es handelt sich um eine kommaseparierte Liste mit Signalnamen. Bei jedem Signalnamen kann, mit einem Doppelpunkt getrennt, eine Bitanzahl angegeben werden. Die Ausgänge eines 8-Bit Addierers könnten also mit "s:8,c\_out" beschrieben werden.

Programmcode

Der Programmcode welcher ausgeführt werden soll.

Anwendung

Gibt an, welche Anwendung gestartet werden soll, um den Code auszuführen.



## C Bibliothek

- 27c801:** 8 Mbit (1Mb x 8) UV EPROM
- 28c010:** 1-Megabit (128K x 8) Paged Parallel EEPROM; DATA Polling for End of Write Detection not implemented!
- 28c16:** 16K (2K x 8) Parallel EEPROM; DATA Polling for End of Write Detection not implemented!
- 28c64:** 64K (8K x 8) Parallel EEPROM; DATA Polling for End of Write Detection not implemented!
- 28c256:** 256K (32K x 8) Paged Parallel EEPROM; DATA Polling for End of Write Detection not implemented!
- 28c512:** 512K-Bit (64K x 8) CMOS Parallel EEPROM; DATA Polling for End of Write Detection not implemented!
- 7400:** quad 2-input NAND gate
- 7401:** quad 2-input NAND gate with open-collector outputs
- 7402:** quad 2-input NOR gate
- 7403:** quad 2-input NAND gate with open-collector outputs, different pinout than 7401
- 7404:** hex inverter
- 7405:** hex inverter, open-collector output
- 7406:** hex inverter buffer, open-collector output
- 7407:** hex buffer, open-collector output
- 7408:** quad 2-input AND gate
- 7409:** quad 2-input AND gate with open-collector outputs
- 7410:** triple 3-input NAND gate
- 7411:** triple 3-input AND gate
- 7412:** triple 3-input NAND gate with open-collector outputs
- 7413:** dual 4-input NAND gate, Schmitt trigger
- 7414:** hex inverter, Schmitt trigger
- 7415:** triple 3-input AND gate with open-collector outputs
- 7416:** hex inverter buffer, open-collector output, same as 7406
- 7417:** hex buffer, open-collector output, same as 7407
- 7420:** dual 4-input NAND gate
- 7421:** dual 4-input AND gate
- 7425:** dual 4-input NOR gate
- 7427:** triple 3-input NOR gate
- 7428:** quad 2-input NOR buffer
- 7430:** 8-input NAND gate
- 7432:** quad 2-input OR gate
- 7440:** dual 4-input NAND buffer
- 7442:** 4-line BCD to 10-line decimal decoder
- 7447:** BCD to 7-segment decoder, active high
- 7448:** BCD to 7-segment decoder, active low
- 7451:** 2-input/3-input AND-NOR gate
- 7454:** 2-3-2-3-line AND NOR gate
- 7455:** 2 wide 4-input AND-NOR gate
- 7458:** dual AND OR gate
- 7474:** dual D-flip-flop
- 7476:** dual J-K flip-flops with preset and clear
- 7480:** Gated Full Adder with Complementary Inputs and Complementary Sum Outputs
- 7483:** 4-bit binary full adder

**7483Real:** 4-bit binary full adder, real gates  
**7485:** 4-bit comparator  
**7486:** quad 2-input XOR gate  
**7489:** 64-bit RAM  
**74107:** dual J-K flip-flops with clear  
**74109:** Dual J-NOT-K flip-flop with set and reset; positive-edge-trigger  
**74112:** Dual J-K negative-edge-triggered flip-flop, clear and preset  
**74116:** dual 4-bit D-type latches  
**74133:** 13-input NAND gate  
**74138:** 3-line to 8-line decoder/demultiplexer, inverted out  
**74139:** dual 2-line to 4-line decoder/demultiplexer  
**74147:** 10-line to 4-line priority encoder  
**74148:** 8-line to 3-Line priority encoder  
**74150:** 4-line to 16-line data selectors/multiplexers  
**74151:** 3-line to 8-line data selectors/multiplexers  
**74153:** dual 4-line to 1-line data selectors/multiplexers  
**74154:** 4-line to 16-line decoders/demultiplexers  
**74157:** quad 2-line to 1-line data selectors/multiplexers  
**74160:** decimal synchronous counter, async clear  
**74161:** hex synchronous counter, async clear  
**74162:** decimal synchronous counter  
**74162Real:** decimal synchronous counter, real gates  
**74163:** hex synchronous counter  
**74164:** 8-bit parallel-out serial shift register, asynchronous clear  
**74165:** parallel-load 8-bit shift register  
**74166:** 8-Bit Parallel-In/Serial-Out Shift Register  
**74173:** quad 3-state D flip-flop with common clock and reset  
**74174:** hex D-flip-flop  
**74181:** 4-bit arithmetic logic unit  
**74191:** Presettable synchronous 4-bit binary up/down counter  
**74198:** 8-bit shift register  
**74238:** 3-line to 8-line decoder/demultiplexer  
**74244:** octal 3-state buffer/line driver/line receiver  
**74245:** octal bus transceivers with 3-state outputs  
**74253:** dual tri state 4-line to 1-line data selectors/multiplexers  
**74260:** dual 5-input NOR gate  
**74266:** quad 2-input XNOR gate  
**74273:** octal D-type flip-flop with clear  
**74280:** 9 bit Odd-Even Parity Generator-Checker  
**74283:** 4-bit binary full adder, alternative pinning  
**74373:** octal transparent latches  
**74374:** octal positive-edge-triggered flip-flops  
**74540:** octal buffer/line driver, inverted  
**74541:** octal buffer/line driver  
**74590:** 8-bit binary counter with tri-state output registers  
**74670:** 3-state 4-by-4 Register File  
**74682:** 8-bit digital comparator  
**74688:** 8-bit identity comparator  
**74779:** 8-Bit Bidirectional Binary Counter with 3-STATE Outputs  
**744075:** triple 3-input OR gate