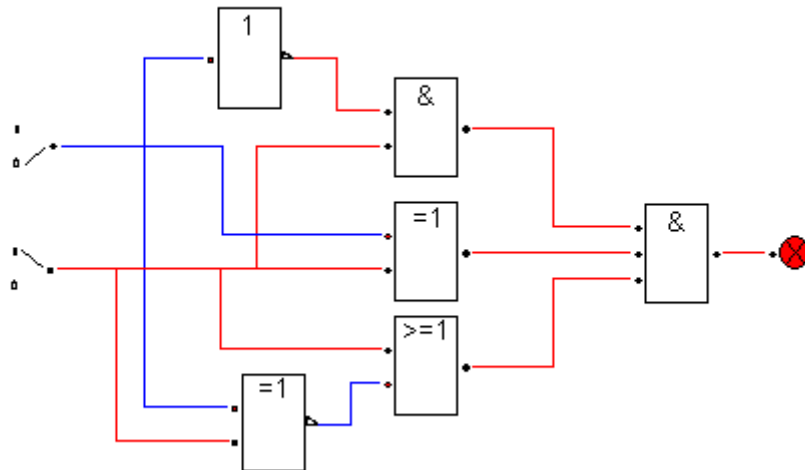
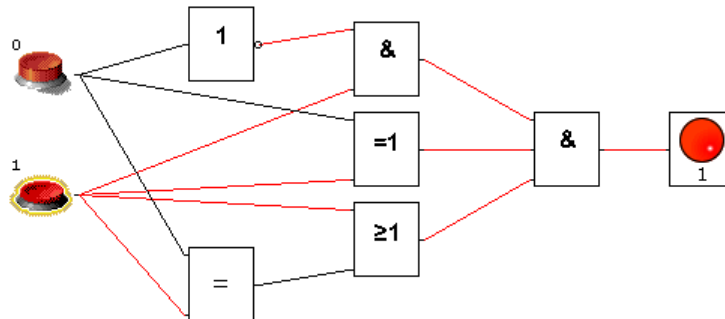


Simulation von digitalen Schaltungen



Inhalt:

1. Einführung
2. Programme zur Simulation von digitalen Schaltungen
3. Bezug und Bedienung des Digitalsimulators „LogicSim“
4. Bezug und Installation des Digitalsimulators von Andreas Herz
Bedienung des Digitalsimulators von Andreas Herz
5. Aufgaben

Einführung

Können Programme zur Simulation von digitalen Schaltungen das Basteln mit realen Komponenten ersetzen? Ja und Nein.

Die Vorteile des Einsatzes eines Digitalsimulators liegen auf der Hand:

- ◆ Es können beim Experimentieren mit einer Schaltung keine Bauteile zerstört werden.
- ◆ Frustrationen aufgrund von lockeren Steckverbindungen bzw. teilweise defekten Bauteilen sind ausgeschlossen.
- ◆ Eine Schaltung kann ausgiebig getestet werden, bevor sie mit realen Komponenten aufgebaut wird.
- ◆ Beim Einsatz eines kostenlosen Digitalsimulators fallen darüber hinaus keine Investitionskosten an, so dass sofort mit dem Unterricht in technischer Informatik begonnen werden kann.

Auf der anderen Seite sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass das Zusammenbauen realer Schaltungen andere Kompetenzen fordert und fördert, so dass insbesondere Schüler mit handwerklichem Geschick zu Erfolgserlebnissen kommen können, die sie an anderer Stelle im Unterricht in dieser Form kaum haben können.

Darüber hinaus ist es eine ganz andere Genugtuung, wenn eine reale Lampe wie gewünscht leuchtet, als wenn sich auf dem Bildschirm ein kleiner Kreis rot färbt.

Programme zur Simulation von digitalen Schaltungen

Bis vor einigen Jahren war das Programm „Digitalsimulator“ von Andreas Herz die erste Wahl, wenn es um die Simulation digitaler Schaltungen auf einem Windows-PC ging. Die Weiterentwicklung wurde jedoch nach der Version 5.57 eingestellt, so dass keine weiteren Updates mehr erfolgen werden. Inzwischen wurde sogar die Homepage des Digitalsimulators abgeschaltet, so dass das Programm nur noch über alternative Quellen bezogen werden kann. Aus „Kompatibilitätsgründen“ mit älteren Materialien, von denen es noch reichlich im WWW gibt (z. B. <http://www.lehrer-online.de/421304.php>), wird das Programm weiter unten in diesem Dokument noch behandelt. Ein weiterer Vorteil des Programms ist die Möglichkeit, Zeitlaufdiagramme für beliebige Messpunkte aufzuzeichnen.

Im Folgenden soll jedoch zunächst das Programm „LogicSim“ vorgestellt werden. Eine realistische Alternative zu diesen beiden Programmen existiert zurzeit nicht. Das Programm „Atanua“ (<http://atanua.org/>) bietet zwar „echte“ ICs, ist jedoch für den Schul-Bereich kostenpflichtig. Für Linux-Anwender existiert noch das Programm „KSimus“.

Bezug und Bedienung des Digitalsimulators „LogicSim“

Bei dem Digitalsimulator „LogicSim“ handelt es sich um eine ausführbare Java-Datei, so dass dieses Programm auf praktisch allen Betriebssystemen lauffähig ist.

Der Download ist über die URL http://www.tetzi.de/java_logic_simulator_de.html möglich. Es handelt sich dabei um ein ZIP-Archiv, das an einer beliebigen Stelle entpackt werden kann.

Sprache verändern

Das Programm wird durch Doppelklicken auf die Datei „LogicSim.jar“ gestartet. Unter „Settings | Language“ kann Deutsch als Sprache ausgewählt werden.

Einfügen von Bauteilen

Das einzufügende Bauteil wird links aus der Liste der Bauteile ausgewählt. Wenn man die Maus anschließend auf die Arbeitsfläche bewegt, kann man das entsprechende Bauteil an der gewünschten Stelle positionieren. (Wenn sich kein Bauteil mit der Maus mitbewegt, muss der Name des Bauteils links noch einmal angeklickt werden. Die Bauteil-Bezeichnung darf dann nicht mehr blau unterlegt sein.)

Wenn man bestimmte Gatter mit mehr als zwei Eingängen verwenden möchte, muss man *vorher* in dem Drop-Down-Menü unterhalb der Bauteilliste die Anzahl der Eingänge verändern.

Es besteht die Möglichkeit, die Eigenschaften der Eingänge von Bauteilen zu verändern: Ein Eingang kann dauerhaft „1“ oder „0“ sein oder das eingehende Signal negieren. Dazu klickt man links auf „Eingang High“, „Eingang Low“ oder „Eingangsnegator“ und anschließend auf den zu verändernden Eingang. Der entsprechende Eingang ist dann mit „1“, „0“ bzw. „o“ gekennzeichnet.

Wenn ein solcher Eingang wieder zu einem „normalen“ Eingang umgewandelt werden soll, muss „Normaler Eingang“ links ausgewählt und auf den entsprechenden Eingang gesetzt werden.

Folgende Bauteile können dadurch verändert werden, dass man sie mit der rechten Maustaste anklickt und „Eigenschaften“ auswählt:

- ◆ Schalter: Umschalter oder Drucktaster
- ◆ LED: Farbe der LED
- ◆ Clock: Dauer des High- und Low-Pegels
- ◆ Monoflop: Dauer des High-Pegels
- ◆ Ein- bzw. Ausschaltverzögerung: Dauer der Verzögerung
- ◆ Binäreingabe: Umschaltung zwischen Binär- und Dezimaleingabe
- ◆ Dezimal: Umschaltung zwischen Binär- und Dezimalausgabe
- ◆ Textfeld: Inhalt des Textfeldes

Erklärung einiger Bauteile:

- ◆ Clock: Schaltet ständig zwischen „High“ und „Low“ um, wobei die Dauer jeweils festgelegt ist. Es beginnt grundsätzlich mit „High“.
- ◆ Monoflop: Nachdem der Eingang von „Low“ auf „High“ gegangen ist, wird der Ausgang für die festgelegte Dauer auf „High“ gesetzt.
- ◆ Einschaltverzögerung: Der Wechsel von „Low“ auf „High“ am Eingang wird erst nach einer festgelegten Zeit an den Ausgang weitergegeben. Die umgekehrte Änderung wird sofort weitergegeben.
- ◆ Ausschaltverzögerung: Wie Einschaltverzögerung, jedoch mit vertauschten Eingangswerten.
- ◆ decoder: Hierbei handelt es sich um ein Modul (siehe unten), das die Codierung für die Darstellung einer vierstelligen Binäreingabe auf einer 7-Segment-Anzeige durchführt.

Tipp: Wenn ein Schalter schon zu Beginn der Simulation auf „High“ stehen soll, muss die Simulation einmal gestartet und der Schalter betätigt werden. Wenn dann die Simulation beendet wird, bleibt der Schalter auf „High“.

Die Anordnung der Bauteile kann man dadurch verändern, dass das betreffende Bauteil angeklickt und mit gedrückter Maustaste verschoben wird.

Verbinden von Bauteilen

Leitungen zieht man, indem man einen Ausgang anklickt, dann die Maus (ohne gedrückte Maustaste) zu dem gewünschten Eingang bewegt und dort erneut klickt.

Wenn man nicht auf einen Eingang, sondern irgendwo auf der Arbeitsfläche klickt, entsteht an dieser Stelle ein Knotenpunkt der Leitung, so dass auch kompliziertere Leitungsverläufe – also z. B. um ein Bauteil herum – möglich sind.

Das nachträgliche Einfügen oder Löschen von Knotenpunkten ist über die nebenstehend abgebildeten Tasten in der Symbolleiste möglich. Die Tasten müssen zuerst angeklickt und anschließend kann die Operation auf der Leitung durchgeführt werden.



Wenn man mit der linken Maustaste auf eine nicht-markierte Leitung klickt, während die Umschalt-Taste gedrückt ist, wird an diesem Punkt eine Leitungsverzweigung mit einer Leitung eingebaut, die jetzt noch mit dem Eingang eines Bauteils verbunden werden muss. Wenn man diesen Knotenpunkt löscht (siehe oben), wird die verbundene Leitung in zwei Einzelleitungen aufgesplittet.

Entfernen von Bauteilen oder Leitungen

Bauteile oder Leitungen kann man löschen, indem man die Objekte mit der linken Maustaste markiert und anschließend auf der Tastatur „Entf“ drückt. Alternativ kann man Bauteile mit der rechten Maustaste anklicken und „Gatter löschen“ wählen.

Starten der Simulation

Zum Starten der Simulation klickt man den Button „Simulation“ an. Dieser ist blau markiert, solange die Simulation läuft. Sie wird durch ein nochmaliges Anklicken beendet.

Während die Simulation läuft, kann keine Verschiebung von Bauteilen vorgenommen werden. Es können aber Eigenschaften von Bauteilen verändert werden bzw. Bauteile gelöscht werden.

Export einer Schaltung als Bild

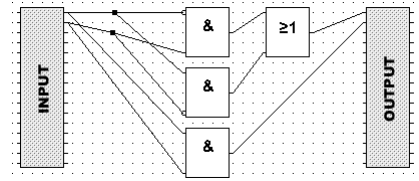
Das Exportieren einer Schaltung als PNG-Bild ist über „Datei | Export...“ möglich. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Dateiendung „PNG“ nicht automatisch angehängt wird. Außerdem wird die gesamte Arbeitsfläche als PNG-Bild exportiert, so dass das Bild in der Regel vom Ausschnitt her noch nachbearbeitet werden muss, damit nur der Bereich der Schaltung im Bild enthalten ist.

Erstellen von Modulen

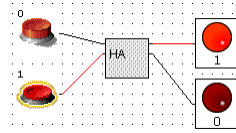
Eine besondere Eigenschaft des LogicSim besteht darin, Teil-Schaltungen als Module abspeichern zu können und als Bauteile in anderen Schaltungen verwenden zu können. Als Beispiel soll im Folgenden ein Halbaddierer-Baustein erstellt werden.

Zunächst geht man auf „Module | Modul erstellen“. In der folgenden Maske gibt man zunächst den Namen des Moduls ein. Dieser erscheint dann in der Liste der Bauteile links und wird auch als Dateiname verwendet. In der Beschreibung kann man Details zur Teil-Schaltung eingeben, die dann beim fertigen Bauteil in einer anderen Schaltung mithilfe der rechten Maustaste und „Eigenschaften“ angezeigt werden können. Die eingegebene Beschriftung steht auf dem Bauteil, wenn es in einer anderen Schaltung eingesetzt wird.

Nach der Betätigung von „Benutzen“ erscheint ein leerer Bildschirm, auf dem links und rechts zwei Bus-Systeme „Input“ und „Output“ zu sehen sind, zwischen denen die Schaltung aufgebaut werden kann. Das Bauteil hat später so viele Ein- bzw. Ausgänge, wie beim Input- bzw. Output-Bus belegt sind, wobei von oben bis zum letzten belegten Anschluss gezählt wird. Im abgebildeten Beispiel des Halbaddierers gibt es also zwei Ein- und zwei Ausgänge. Abschließend muss dieses Modul abgespeichert werden. Die Datei steht automatisch im Verzeichnis „modules“.



Das fertige Modul kann jetzt in einer beliebigen Schaltung verwendet werden. Nebenstehende Schaltung überprüft einfach die Funktion des Moduls. Alternativ hätte die Funktion des Moduls einfach dadurch überprüft werden können, dass an den Input-Bus Schalter und an den Output-Bus LEDs angeschlossen werden. Diese werden, weil nicht zwischen den beiden Bussen, nicht mit in die Funktionalität des Moduls übernommen und dienen nur zum Testen des Moduls während des Entwurfs.



Die Eigenschaften eines Moduls lassen sich ändern, indem das Modul als Schaltung geöffnet und verändert wird. Die Beschreibung des Moduls lässt sich nachträglich ändern, indem „Module | Modul Eigenschaften“ ausgewählt wird.

Speichern einer Schaltung

Beim Abspeichern einer Schaltung wird die Dateiendung „LSIM“ leider nicht automatisch angehängt. Ein Öffnen der Datei ist dann trotzdem möglich, die mitgelieferten Schaltungsdateien tragen jedoch diese Dateiendung. Schaltungsdateien stehen im Verzeichnis „circuits“.

Bezug und Installation des Digitalsimulators von Andreas Herz

Die letzte, im Juni 2004 veröffentlichte Version des Digitalsimulators von Andreas Herz trägt die Versionsnummer 5.57. Unter der URL <http://sourceforge.net/projects/digisimulator/> kann das Installationsprogramm heruntergeladen werden.

Unter der URL <http://www.draw2d.org/digitalsimulator/> gibt es weitere Informationen zum Programm.

Die Installation verläuft (sogar unter Windows 7) problemlos. Wenn allerdings kein JDK auf dem Rechner installiert ist, installiert der Digitalsimulator ein sehr veraltetes JDK auf den Rechner, so dass es sich empfiehlt, vorher ein aktuelles JDK zu installieren. (Das veraltete JDK wird dann zwar trotzdem installiert, dem System jedoch nicht bekannt gemacht.)

Wenn das Programm auf Schülerrechnern installiert wird, sollte anschließend die Datei „Grundkurs.pdf“ gelöscht werden, damit die Schüler bestimmte Informationen nicht im Voraus zur Verfügung haben.

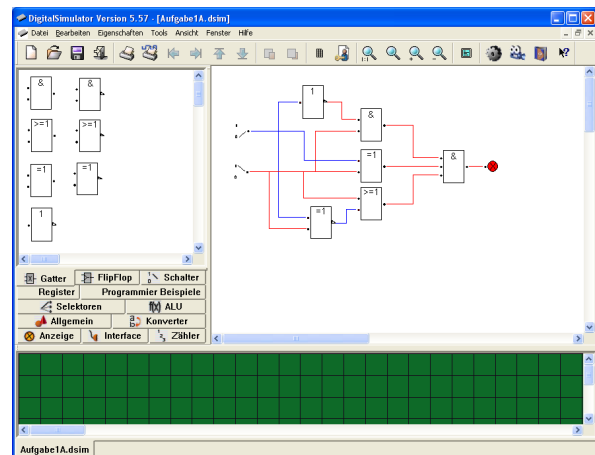
Bedienung des Digitalsimulators von Andreas Herz

Nach dem Starten des Programms öffnet sich ein Fenster mit mehreren Bereichen.

Im linken Bereich sind die zur Verfügung stehenden Bauteile dargestellt.

Im rechten Bereich befindet sich das „Arbeitsblatt“, auf dem die Schaltung aufgebaut werden kann. Es bietet sich an, dieses Arbeitsblatt in der Größe zu maximieren.

Im unteren Bereich kann die zeitliche Entwicklung von Pegel-Werten dargestellt werden.



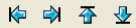
Einfügen von Bauteilen

Mithilfe der Register kann die Gruppe des gewünschten Bauteils ausgewählt werden. Zu Beginn sind die Register „Schalter“, „Gatter“ und „Anzeige“ von Bedeutung.

Das einzufügende Bauteil wird links angeklickt und dann mit gedrückter Maustaste auf das Arbeitsblatt an die gewünschte Position gezogen. Eine „Nase“ an der rechten Seite bedeutet, dass der Ausgang anschließend noch negiert wird.

Wenn man mit der rechten Maustaste auf ein eingefügtes Schaltungselement klickt, kann man weitere Eigenschaften festlegen, z. B. die Anzahl der Ein- bzw. Ausgänge. Über „Erweitert“ kann man eine Liste sämtlicher Bauteile aufrufen und das gewünschte auswählen. (Alternativ kann man auch mit der rechten Maustaste auf das Arbeitsblatt klicken und „Objekt einfügen“ auswählen.)

Die Anordnung der Bauteile kann man dadurch verändern, dass das betreffende Bauteil angeklickt und mit gedrückter Maustaste verschoben wird.

Eine gemeinsame vertikale oder horizontale Ausrichtung erreicht man, indem man  mit der Maus einen Rahmen um die betreffenden Bauteile zieht oder sie einzeln mithilfe der Strg-Taste markiert und anschließend eine der Pfeil-Symboltasten betätigt.

Ein Bauteil wird gelöscht, indem es angeklickt und anschließend „Entf“ auf der Tastatur betätigt wird. Alternativ kann es mit der rechten Maustaste angeklickt werden und anschließend durch Auswahl von „Löschen“ gelöscht werden.


Verbinden von Bauteilen

Leitungen zieht man, indem man einen Ausgang mit gedrückter Maustaste mit dem gewünschten Eingang verbindet (oder umgekehrt).

Wenn man eine Leitung anklickt, kann man die einzelnen Eckpunkte der Leitung weiter verschieben. Mithilfe eines Klicks mit der rechten Maustaste ist darüber hinaus ein Einfügen eines Leitungsstücks möglich, so dass auch kompliziertere Leitungsverläufe – also z. B. um ein Bauteil herum – möglich sind.

Eine markierte Leitung kann mithilfe von „Entf“ gelöscht werden.

Starten der Simulation

Die eigentliche Simulation wird durch Betätigen des nebenstehend abgebildeten Zahnrades  gestartet. Leitungen auf „high“ sind dann rot, Leitungen auf „low“ blau dargestellt.

Zum weiteren Bearbeiten der Schaltung muss die Simulation wieder durch Betätigen des Zahnrades ausgeschaltet werden!

Bei komplexeren Schaltungen kann auch auf den Vollbild-Modus umgeschaltet werden. 

Einfügen von Messpunkten

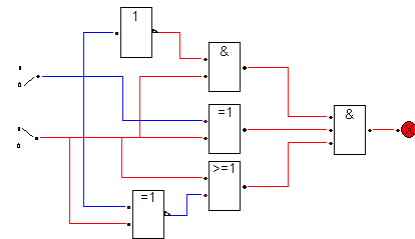
Messpunkte können in jede Leitung eingefügt werden. Das jeweilige „Verhalten“ der Leitung am Messpunkt wird dann während der Simulation im Pegelschreiber-Bereich protokolliert. Das Einfügen geschieht nach Markieren der betreffenden Leitung und Klick mit der rechten Maustaste über „Messpunkt einfügen“. Die Bezeichnung „ViewPoint“ des Messpunkts kann man nach Doppelklick auf die Bezeichnung verändern.

Export einer Schaltung als Bild

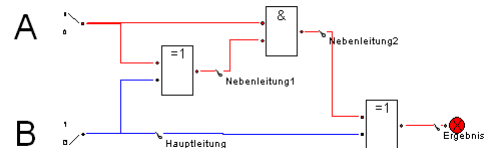
Die Dokumentation einer Schaltung geht am einfachsten über „Datei | Exportieren, PNG-Bild“. Das Bild beginnt immer oben links in der Ecke und schließt die Schaltung gerade mit ein. Damit man ein „schönes“ Bild bekommt, sollte die Schaltung also möglichst links oben beginnen. Anderenfalls muss man das Bild vom Ausschnitt her nachbearbeiten.

Aufgaben

1. Nebenstehende Schaltung soll zum Laufen gebracht werden:
Gesucht ist eine Schaltung, die das Gleiche tut, aber weniger Bauteile benötigt.



2. Manchmal passieren schon merkwürdige Dinge. Wenn in nebenstehender Schaltung der Schalter B umgelegt wird, flackert die Lampe kurz. Die eingebauten Messpunkte (nur möglich beim Digitalsimulator von A. Herz) helfen bei der Analyse dieses „Fehlers“, der übrigens „Hazard“ genannt wird.



3. Drei „Schalter“ leiten ein Signal an eine Alarm-Zentrale weiter. Der Alarm wird jedoch nur ausgelöst, wenn Schalter 1 oder wenn gleichzeitig Schalter 2 und Schalter 3 ein positives Signal liefern.
4. Über drei [bzw. vier] Schalter soll eine dreistellige [bzw. vierstellige] Binärzahl eingegeben werden können. Eine Lampe leuchtet, wenn die Binärzahl durch 3 teilbar ist.
5. Es gibt einen Konverter, der BCD-Zahlen auf einer 7-Segment-Anzeige darstellen kann. Die Funktion soll zunächst überprüft werden, anschließend soll der Konverter „zu Fuß“ nachgebaut werden. (Achtung: Sehr aufwendige Aufgabe! Es empfiehlt sich dabei, sich auf ein Segment zu beschränken! Beim LogicSim bitte nicht in den fertig mitgelieferten Modulen „luschern“!)
6. Der Übertrags-Ausgang eines Volladdierers wird „versehentlich“ falsch verkabelt und wird mit dem Übertrags-Eingang dieses Volladdierers verbunden. (Zwei Schalter steuern die weiteren Eingänge.) Inwiefern handelt es sich bei dieser Schaltung um ein Schaltwerk?
7. Ein „Grund-Flip-Flop“ soll mithilfe des Digitalsimulators unter Verwendung von Gattern nachgebaut werden. Verhält er sich im Digitalsimulator so wie er sollte?
8. Es soll eine Zählerschaltung modulo 3 entwickelt werden. (Jeder darf selbst entscheiden, wie die Anzeige der möglichen Zahlen 0, 1 und 2 aussehen soll: 7-Segment, Anzahl von Lampen, binär, ...) Der Zähler soll seinen Zustand ändern, wenn ein Taster betätigt wird (Erweiterung: Takt-Generator verwenden).