

Analoge und digitale Schaltungen

In diesem Labor werden die im Lernmodul 1 bis 3 erarbeiteten Grundlagen zu analogen und digitalen Schaltungen vertieft.

Im ersten Teil wird eine Operationsverstärkerschaltung dimensioniert und ihr Ein-/Ausgangsverhalten berechnet. Weiterhin wird das Thema Z-Dioden am Beispiel einer einfachen Spannungsstabilisierung aufgegriffen. Die Dimensionierung der Verstärkerschaltung sowie der Spannungsstabilisierung werden anschließend im Simulationsprogramm Qucs überprüft.

Im zweiten Teil des Laborprojektes ist eine digitale Schaltung mit Gatter, Zähler, Decoder und LEDs zur Realisierung eines Lauflichtes zu entwerfen. Den Abschluss dieses Teils des Laborprojektes bildet die Funktionsprüfung des LED-Lauflichtes mit Hilfe der Simulationssoftware DigitalWorks.

Voraussetzung für dieses Labormodul ist eine erfolgreiche Bearbeitung der Lernmodule 1 bis 4 dieses Faches

- Gleichstromkreise analysieren
- Elektronische Bauteile kennen und elektronische Schaltungen berechnen
- Digitale Bauelemente in Schaltungen anwenden
- Messen elektrischer Größen

und des Labormoduls 1

- Messen elektrischer Kenngrößen

Alle weiteren notwendigen Informationen und Arbeitsunterlagen sind in diesem Labormodul und in dem Modul „Formeln und Datenblätter“ enthalten.

Dieses Laborprojekt wird im Begleitunterricht durchgeführt und hat einen Umfang von ca. 4 Stunden. Dabei entfallen ca. 2 Stunden auf die Dimensionierung und Simulation analoger Schaltung und ca. 2 Stunden auf den Entwurf und die Simulation digitaler Schaltungen.

LABORMODUL 2

Ziele

Ausgangssituation

Planung

Inhaltsverzeichnis

1 Dimensionierung und Simulation analoger Schaltungen	3
1.1 Dimensionierung analoger Schaltungen.....	3
1.1.1 Invertierender Verstärker	3
1.1.2 Zenerdioden-Parallelregelung.....	5
1.2 Simulation analoger Schaltungen	7
1.2.1 Simulation der Verstärker-Schaltung	7
1.2.2 Simulation der Zenerdioden-Parallelregelung.....	8
2 Entwurf und Simulation digitaler Schaltungen	9
2.1 Entwurf digitaler Schaltungen	9
2.1.1 Lauflicht Typ A.....	9
2.1.2 Lauflicht Typ B.....	11
2.2 Simulation digitaler Schaltungen	13
2.2.1 Lauflicht Typ A.....	28
2.2.2 Lauflicht Typ B.....	28

1 Dimensionierung und Simulation analoger Schaltungen

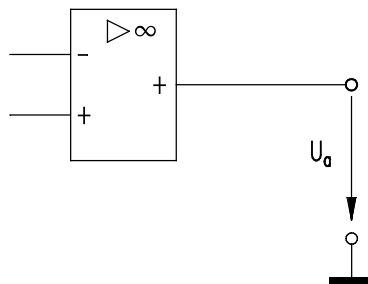
In den nachfolgenden Schaltungen werden logische Schaltkreise und ein Operationsverstärker des Typs TL081 eingesetzt. Die Kenndaten der Bausteine sind dem Datenblatt im Modul „Formeln und Datenblätter“ zu entnehmen. Die OP's werden mit einer Betriebsspannung von ± 15 V versorgt, die Logik-IC's mit +5 V. Der Ausgangsspannungsbereich der OP's beträgt ± 13 V. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Anschlüsse für die Betriebsspannung (OP's und Logik-Bausteine) und die Offsetkompensation der OP's in den Schaltbildern nicht dargestellt.

1.1 Dimensionierung analoger Schaltungen

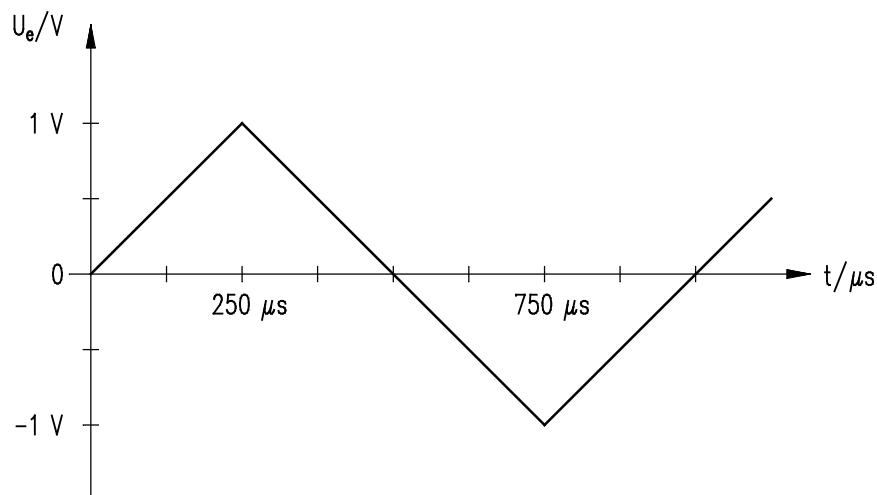
1.1.1 Invertierender Verstärker

Vervollständigen Sie zunächst die unten dargestellte Schaltskizze mit den entsprechenden Bauelementen zu einem invertierenden Verstärker!

Dimensionieren Sie anschließend nach der Widerstandsnormreihe E 12 die Widerstände R_1 und R_2 des Verstärkers so, dass der Eingangswiderstand der Schaltung $r_e = 10 \text{ k}\Omega$ beträgt und die Verstärkung einen Wert von $V = -10$ besitzt!

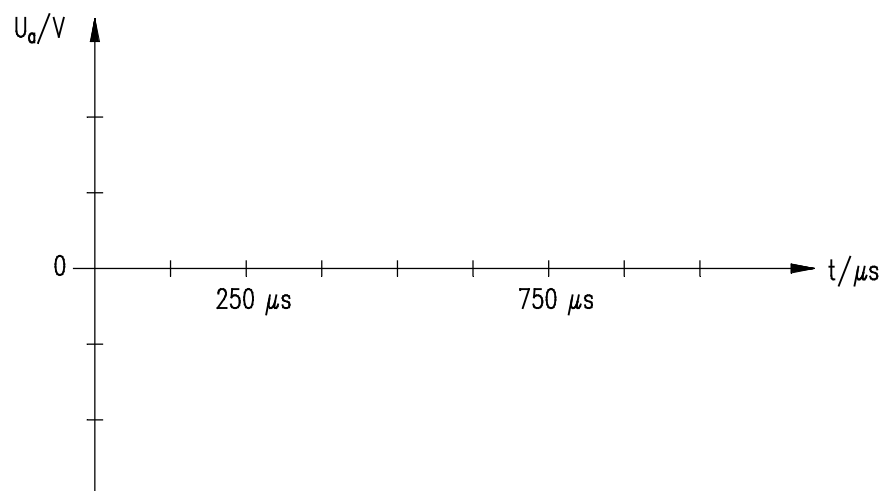


An den Eingang des so dimensionierten Verstärkers wird eine dreieckförmige Eingangsspannung U_e entsprechend der folgenden Abbildung angeschlossen.



Eingangsspannung des invertierenden Verstärkers

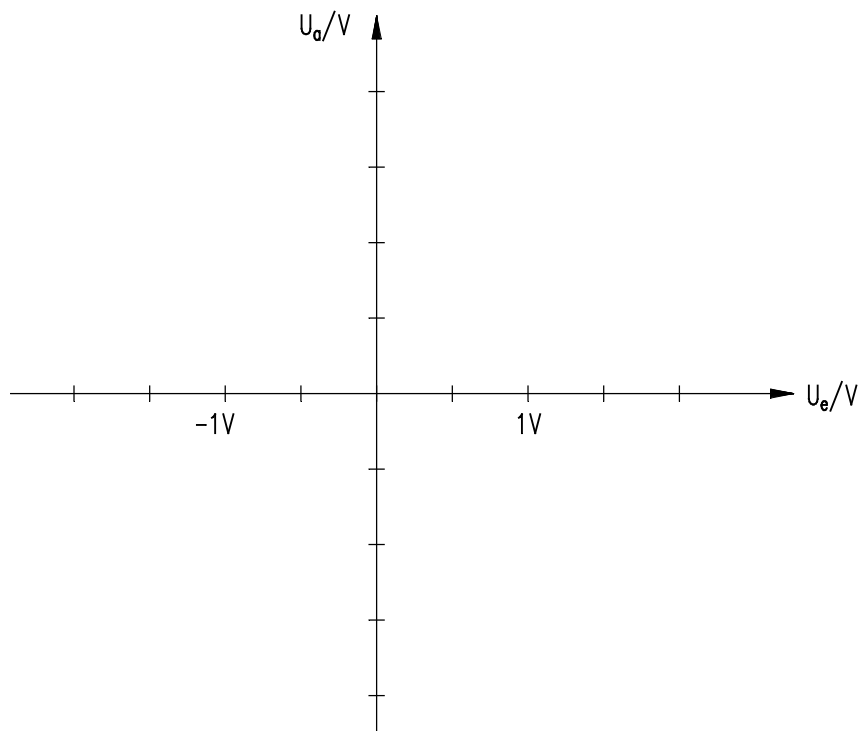
Bestimmen Sie die zugehörige Ausgangsspannung U_a und tragen Sie diese in die folgende Abbildung ein!



Ausgangsspannung des invertierenden Verstärkers

Die Steuerkennlinie eines Verstärkers ist ein x-y-Diagramm, bei dem die Ausgangsspannung U_a (y-Richtung) über der Eingangsspannung U_e (x-Richtung) dargestellt wird.

Bestimmen Sie die Steuerkennlinie des invertierenden Verstärkers mit $V = -10$ für einen Eingangsspannungsbereich von $-2\text{ V} < U_e < +2\text{ V}$ und tragen Sie diese in folgender Abbildung ein!

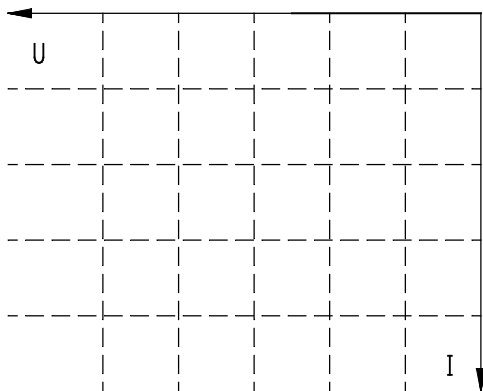


Steuerkennlinie des invertierenden Verstärkers

1.1.2 Zenerdioden-Parallelregelung

Die Zenerdiode ist eine in Sperrrichtung betriebene Siliziumdiode. Bei Steigerung der Sperrspannung über einen bestimmten Wert hinaus tritt Leitung in Sperrrichtung ein.

Skizzieren Sie die Sperrkennlinie einer Zenerdiode und tragen Sie für einen frei wählbaren Arbeitsbereich die Werte U_Z , I_{Zmin} , I_{Zmax} und die Verlustleistungshyperbel P_{zul} ein!



Sperrkennlinie der Z-Diode

Um die Zenerdiode im Durchbruchsbereich vor Zerstörung zu schützen, muss der Strom durch einen Vorwiderstand R_V begrenzt werden.

Skizzieren Sie eine einfache Stabilisierungsschaltung mit einer Z-Diode!



Die Eingangsspannung U_E unterliegt Schwankungen von $U_E = 10 \text{ V}$ bis $U_E = 15 \text{ V}$.

Von der Z-Diode sind folgende Daten bekannt: $U_Z = 6,2 \text{ V}$; $P_{zul} = 500 \text{ mW}$

Der Laststrom I_L nimmt Werte zwischen 10 mA und 20 mA an.

Berechnen Sie den Vorwiderstand R_{Vmin} und R_{Vmax} so, dass der Strom I_Z sich in den Grenzen von $0,1 \cdot I_{Zmax}$ bis I_{Zmax} bewegt!

$R_{Vmin} =$

$R_{Vmax} =$

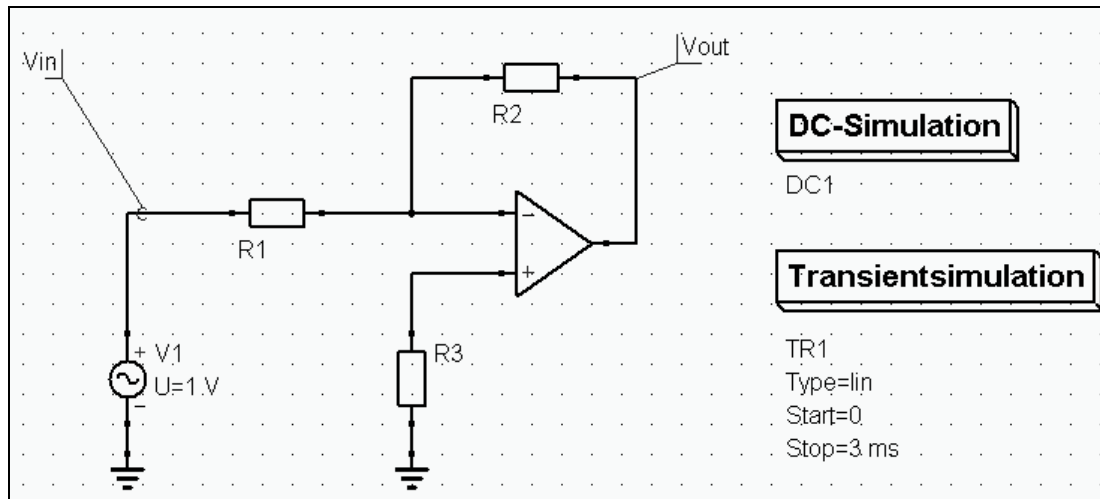
Dimensionieren Sie anschließend nach der Widerstandsnormreihe E12 den Widerstand R_V so, dass die Verlustleistung an der Diode möglichst gering wird!

$R_V =$

1.2 Simulation analoger Schaltungen

1.2.1 Simulation der Verstärker-Schaltung

Realisieren Sie die unten dargestellte Schaltung mit den von Ihnen dimensionierten Widerständen in Qucs!



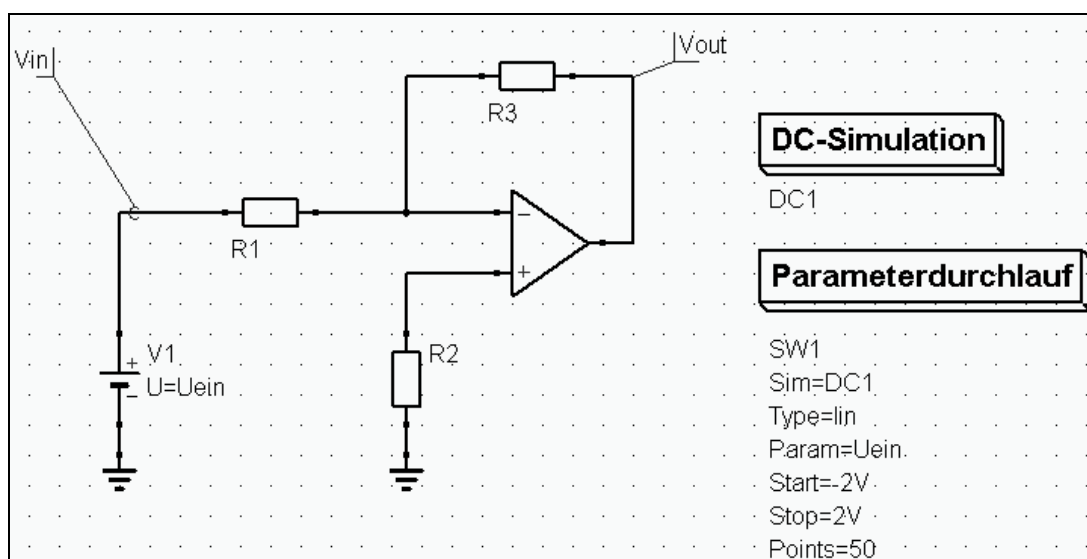
Verstärkerschaltung ohne Widerstandswerte

Stellen Sie in Qucs in einem kartesischen Diagramm die Eingangs- und Ausgangsspannung als Funktion der Zeit dar!

Ermitteln Sie aus den Kurven die Spannungsverstärkung!

V =

Ändern Sie die Schaltung in Qucs so, dass mit Hilfe einer Gleichspannungsquelle und der Simulation „Parameterdurchlauf“ die Steuerkennlinie des invertierenden Verstärkers darstellbar ist!



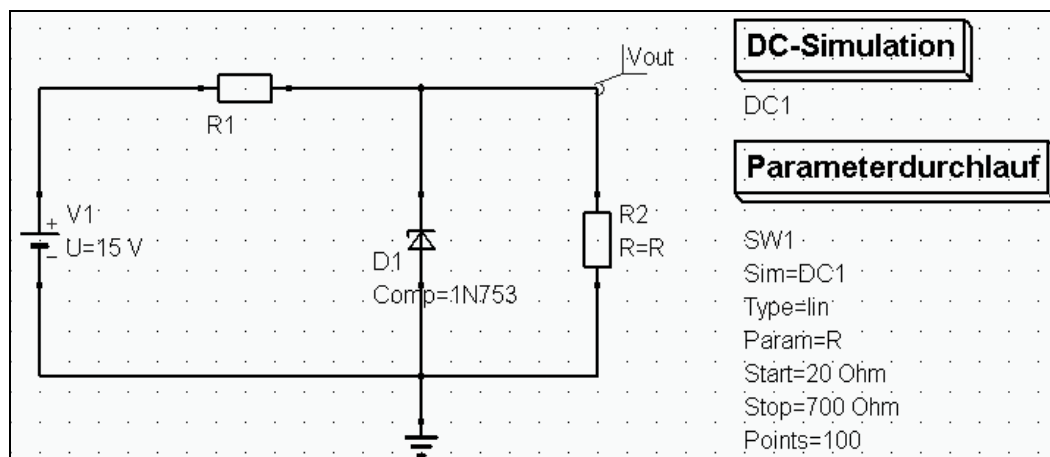
Simulation zur Darstellung der Steuerkennlinie

Die Simulation Parameterdurchlauf in Qucs erlaubt den Durchlauf verschiedener Parameter (hier U_{in}), beginnend bei einem Startwert (hier -2 V) bis zu einem Endwert (hier 2 V) in einer festgelegten Anzahl von Schritten (hier 50). Der Durchlaufparameter kann einer Komponente (hier V1) als Wert zugewiesen werden. Die Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle V1 ändert sich während der Simulation also in 50 Schritten von -2 V auf 2 V.

Stellen Sie in einem kartesischen Diagramm die Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsspannung dar!

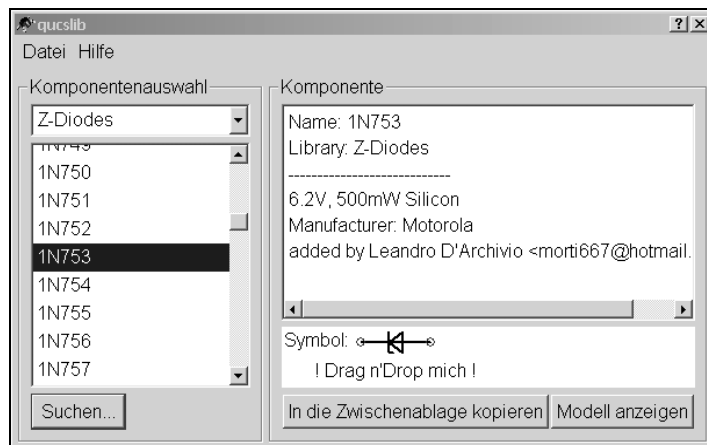
1.2.2 Simulation der Zenerdioden-Parallelregelung

Realisieren Sie die von Ihnen dimensionierte Stabilisierungsschaltung mit einer Zenerdiode!



Zenerdioden-Parallelregelung ohne Widerstandswerte

Die Z-Diode 1N753 ist in Qucs aus der Komponentenbibliothek (Ctrl + 4) einzufügen. Dabei ist über die Auswahl „Komponentenauswahl“ der Bereich „Z-Diodes“ zu wählen.



Komponentenbibliothek mit Auswahl der Z-Diode

Stellen Sie die Ausgangsspannung der Stabilisierungsschaltung als Funktion des Lastwiderstandes R_2 (20Ω bis 700Ω) dar!

Erweitern Sie die in Qucs realisierte Schaltung so, dass neben dem Ausgangswiderstand R_2 auch die Eingangsspannung V_1 im Bereich zwischen 10 V und 15 V in 3 Schritten variiert!

Stellen Sie die Ausgangsspannung der Stabilisierungsschaltung als Funktion des Lastwiderstandes R_2 in Abhängigkeit von der Eingangsspannung dar!

2 Entwurf und Simulation digitaler Schaltungen

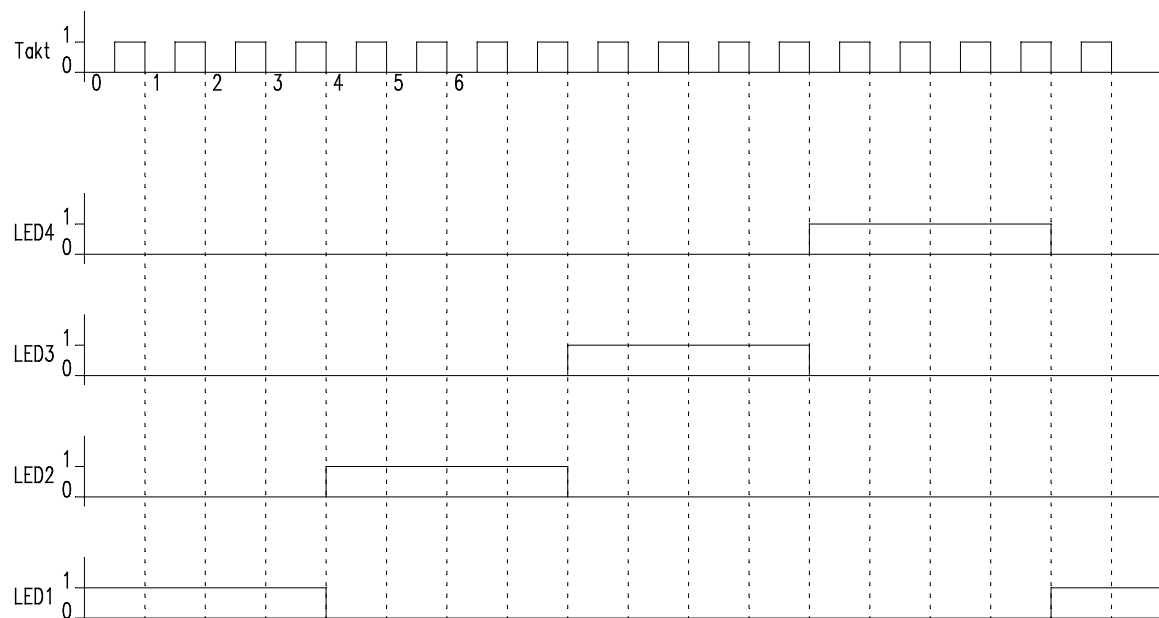
2.1 Entwurf digitaler Schaltungen

2.1.1 Lauflicht Typ A

Mit einem Zähler, Decoder, Taktgenerator, Logik-Gattern und einem Anzeigeblock mit vier Leuchtdioden soll ein Lauflicht realisiert werden, das folgende Bedingungen erfüllt:

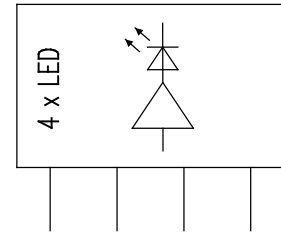
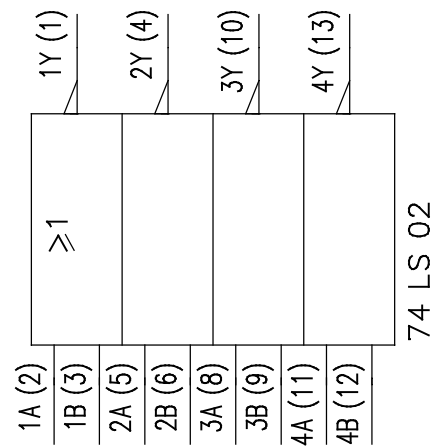
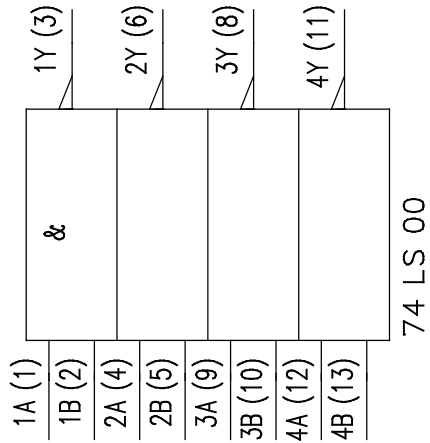
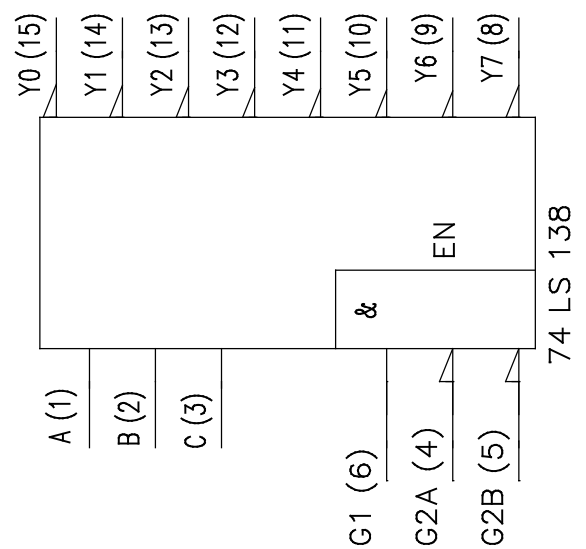
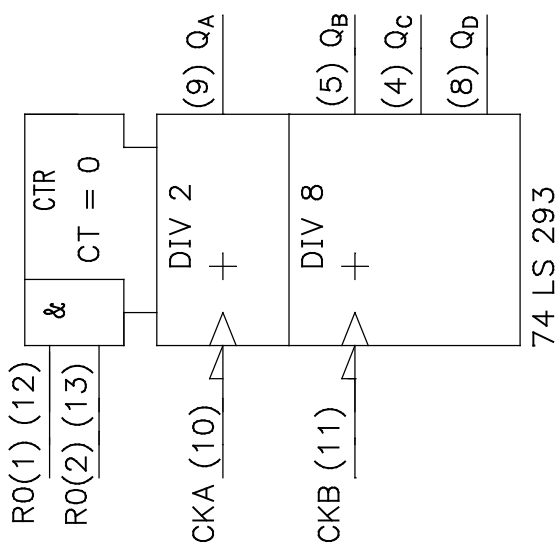
- Es soll zyklisch eine LED nach der anderen angesteuert werden
- Jeder LED werden vier Takte zugeordnet
- Jede LED soll vier Takte lang aktiv sein (leuchten)

Die folgende Abbildung zeigt den geforderten Spannungsverlauf an den LEDs.



Impulsdiagramm Lauflicht ohne Pause

Vervollständigen Sie mit Hilfe der Wahrheitstabellen für Zähler und Decoder den auf der folgenden Seite dargestellten Schaltplan mit den notwendigen Verbindungen!



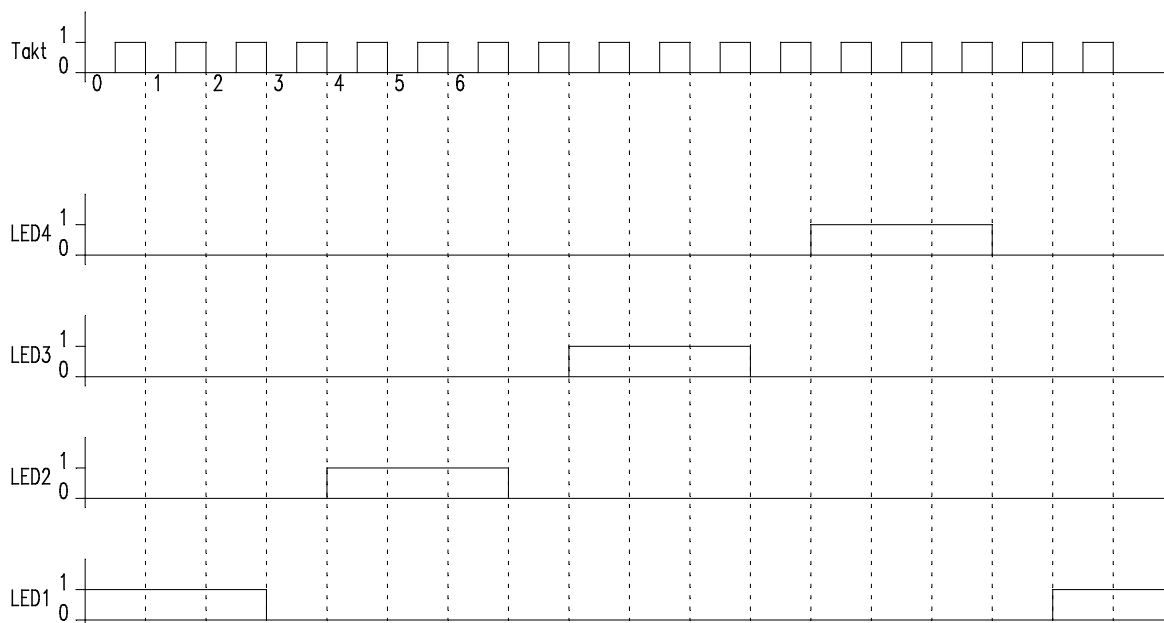
Unvollständiger Schaltplan Lauflicht

2.1.2 Lauflicht Typ B

Mit einem Zähler, Decoder, Taktgenerator, Logik-Gattern und einem Anzeigeblock mit vier Leuchtdioden soll ein Lauflicht realisiert werden, das folgende Bedingungen erfüllt:

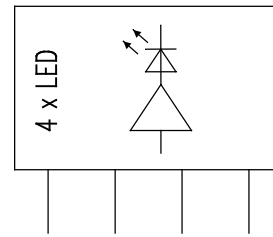
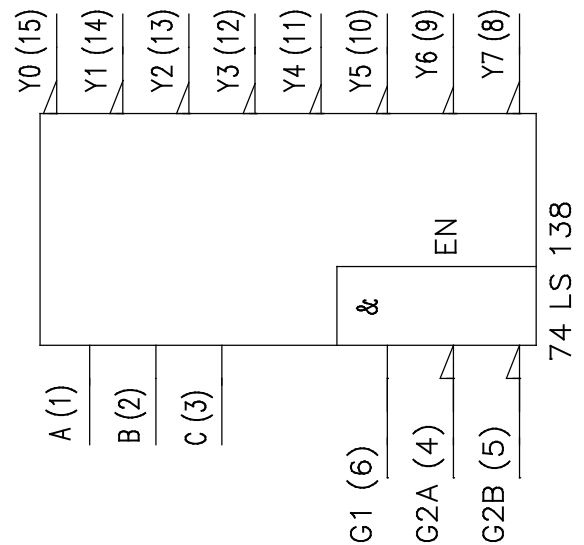
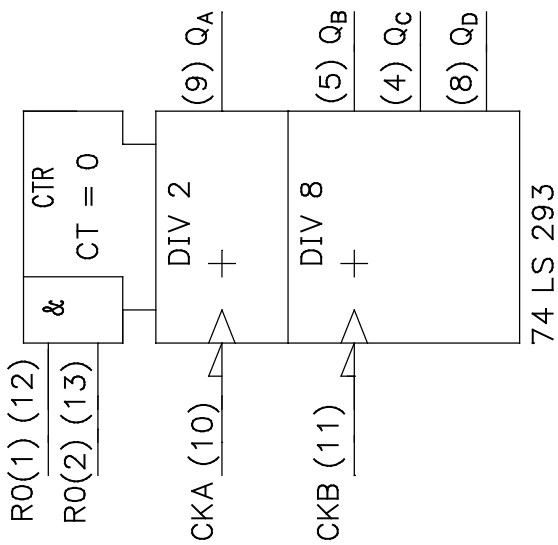
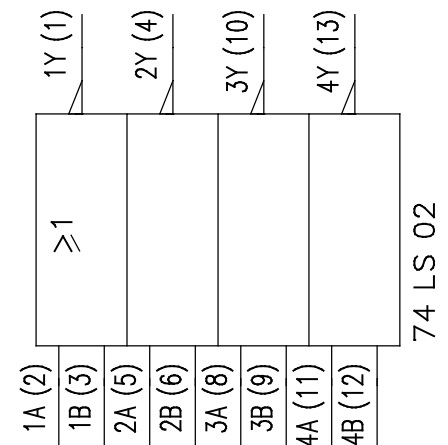
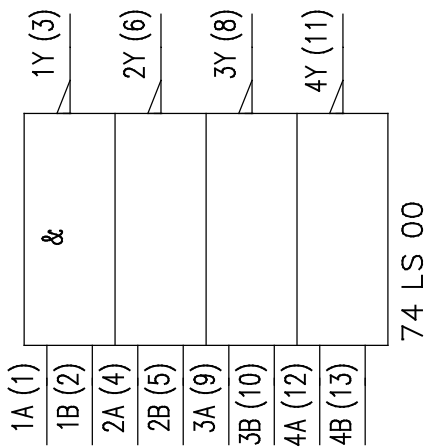
- Es soll zyklisch eine LED nach der anderen angesteuert werden
- Jeder LED werden vier Takte zugeordnet
- Jede LED soll drei Takte lang aktiv sein (leuchten) und für einen Takt inaktiv (dunkel)

Die folgende Abbildung zeigt den geforderten Spannungsverlauf an den LEDs.



Impulsdiagramm Lauflicht mit Pause

Vervollständigen Sie mit Hilfe der Wahrheitstabellen für Zähler und Decoder den auf der folgenden Seite dargestellten Schaltplan mit den notwendigen Verbindungen!



Unvollständiger Schaltplan Lauflicht mit Pause

2.2 Simulation digitaler Schaltungen

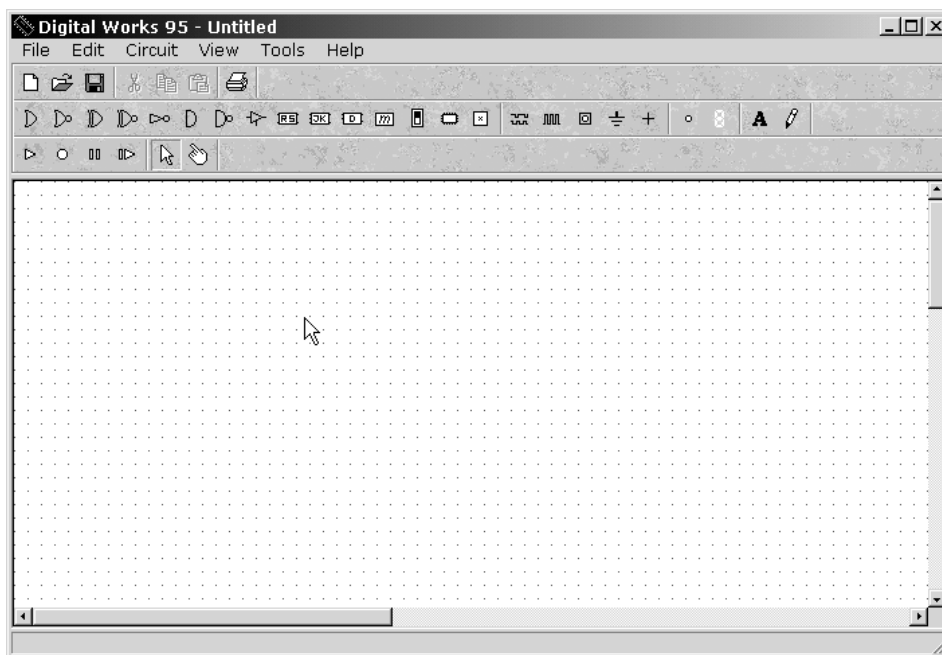
Ein Programm zur Simulation digitaler Schaltungen ist das Programm DigitalWorks. Dieses Simulationsprogramm erlaubt die Darstellung einfacher digitaler Schaltungen, aber auch die Bearbeitung komplexerer Schaltungen mit Hilfe von Makro-Funktionen. Darüber hinaus ist die Funktionalität, den zeitlichen Verlauf der Ein- und Ausgangssignale in einem Fenster darzustellen, integriert.

Das Programm DigitalWorks wird in diesem Script an einem Beispiel in folgenden Schritten vorgestellt:

- A Die Oberfläche von DigitalWorks**
- B Erstellen einer digitalen Schaltung**
- C Simulieren einer digitalen Schaltung**

A Die Oberfläche von DigitalWorks

Die Oberfläche nach dem Start von DigitalWorks ist im nächsten Bildschirmabgriff dargestellt.



Die Start-Arbeitsfläche

Die DigitalWorks Werkzeugleiste



OR, NOR, XOR, XNOR, NOT, AND, NAND

Die Standardgatter OR, NOR, XOR, XNOR, NOT, AND und NAND lassen sich über die sieben Schaltflächen wählen. Auf den Schaltflächen sind die Gatter in der ANSI/IEEE-Norm dargestellt.

















Auf der Arbeitsfläche lässt sich bei den OR, NOR, AND und NAND-Gattern über einen Klick mit der rechten Maustaste die Zahl der Eingänge zwischen 2 und 4 wählen.



In der folgenden Tabelle werden den Schaltflächen des Programms DigitalWorks die entsprechenden DIN-Symbole gegenüber gestellt.



OR	NOR	XOR	XNOR	NOT	AND	NAND
						
						



Tri State Device

Das Tri-State-Gatter hat einen Enable-Eingang, über den der Eingang auf den Ausgang durchgeschaltet werden kann. Wenn am Enable-Eingang eine „Eins“ anliegt, hat der Ausgang den gleichen Pegel wie der Eingang. Wird der Pegel am Enable-Eingang auf „Null“ gesetzt, speichert der Ausgang den letzten aktiven Zustand. Erst eine Änderung des Enable-Eingangs auf „Eins“ ändert auch den Ausgang auf den Pegel des Eingangs.



RS-Flip-Flop, JK-Flip-Flop, D-Flip-Flop

Die drei Standard-Flip-Flop-Typen RS, JK und D-Flip-Flop sind in DigitalWorks als Bausteine realisiert.



Memory Device

Dieser Baustein erlaubt, ein RAM (Random Access Memory) oder ROM (Read Only Memory) in die Schaltung einzubinden. Die Anzahl der Adressleitungen sowie die Anzahl der Datenleitungen sind wählbar. Der Speicherinhalt kann über einen Klick mit der rechten Maustaste in einem Fenster editiert und in einer Datei gespeichert werden.



Interactive Switch

Dieses Symbol platziert einen Schalter auf der Arbeitsfläche.

Auf der Arbeitsfläche ist durch das Kontextmenü (Klick mit der rechten Maustaste) der Typ des Schalters zwischen Umschalter, Schließer oder Öffner wählbar.



Embed Macro

Komplexe Bausteine lassen sich bei diesem Programm als externe Dateien speichern. Diese Makros können über diese Schaltfläche in die aktuelle Schaltung eingebunden werden.



Macro Tag

Dieses Symbol wird bei der Erstellung von Makros als Eingang und Ausgang des Makros verwendet.



Bit Generator


Der Sequenz-Generator ermöglicht dem Anwender, eine selbstdefinierte Folge von High- und Lowsignalen in Form eines Binär- oder Hexwertes als Eingangssignal zu bestimmen. Die Frequenz dieses Signals lässt sich über das Menü Circuit -Clock Speed einstellen. Der Ausgangspegel des Sequenz-Generators wird über eine integrierte LED angezeigt.

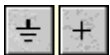
**Clock**

Dieses Objekt erzeugt eine feste Folge von High- und Lowsignalen als Inputsignal. Die Frequenz dieses Signals ist über das Menü Circuit -Clock Speed einstellbar. Der Ausgangspegel des Clock-Generators wird über eine integrierte LED angezeigt.

**Interactive Input**

Der interaktive Eingang ermöglicht während der Simulation der Schaltung einen Eingriff des Anwenders in die Schaltungszustände.

Der Zustand des Eingangs kann während der Simulation mit  zwischen High und Low gewechselt werden.

**Negative, Positive**

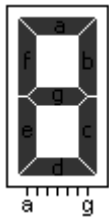
Diese beiden Symbole erlauben, feste Pegel (High und Low) wenn nötig in die Schaltung einzufügen.

**LED**

Eine LED als Ausgangssignal. Über das Kontextmenü (Klick mit der rechten Maustaste) lässt sich die Farbe der LED ändern.

**7 Segment LED**

Eine Sieben-Segment-Anzeige als Ausgangssignal. Über das Kontextmenü (Klick mit der rechten Maustaste) ist die Farbe der Sieben-Segment Anzeige änderbar.



Darstellung der Zuordnung zwischen Pins und Segmenten der Sieben-Segment Anzeige.

**Annotation**

Fügt Text als Element in die Schaltung ein.

**Wiring Tool**

Verbindungstool, das das „Verdrahten“ der Schaltungselemente ermöglicht.

Die Simulationsleiste**RUN**

Start der Simulation

**Stop**

Stoppen der Simulation

**Pause**

Pause der Simulation

**Step**

Schrittweise Abarbeiten der Simulation

**Object Selector**

Bearbeitungs-Zeiger

**Object Interaction Selector**

Manipulation des interaktiven Eingangs.

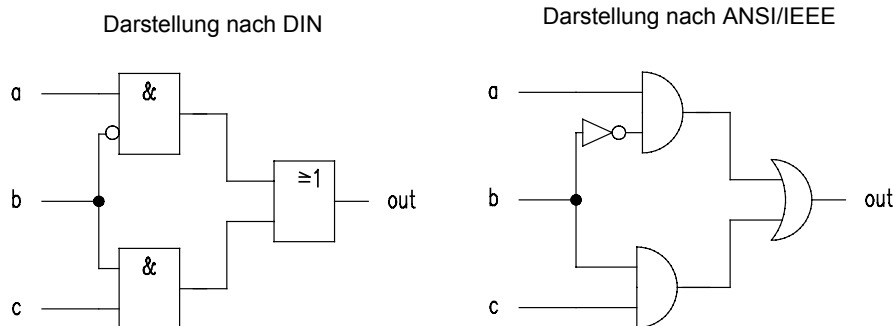
B Erstellen einer digitalen Schaltung

Es soll eine logische Schaltung simuliert werden, die folgender booleschen Gleichung

$$\text{out} = (a \wedge \bar{b}) \vee (b \wedge c)$$

entspricht.

Diese boolesche Gleichung lässt sich als Logikschaltung entsprechend der unten dargestellten Abbildung darstellen:



Eine weitere Form der Darstellung der Ausgangsgleichung sowie der Logikschaltungen ist die im Folgenden dargestellte Wahrheitstabelle:

a	b	c	out
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Das Vorgehen zum Erstellen dieser digitalen Schaltung in DigitalWorks gliedert sich dabei in folgende Schritte:

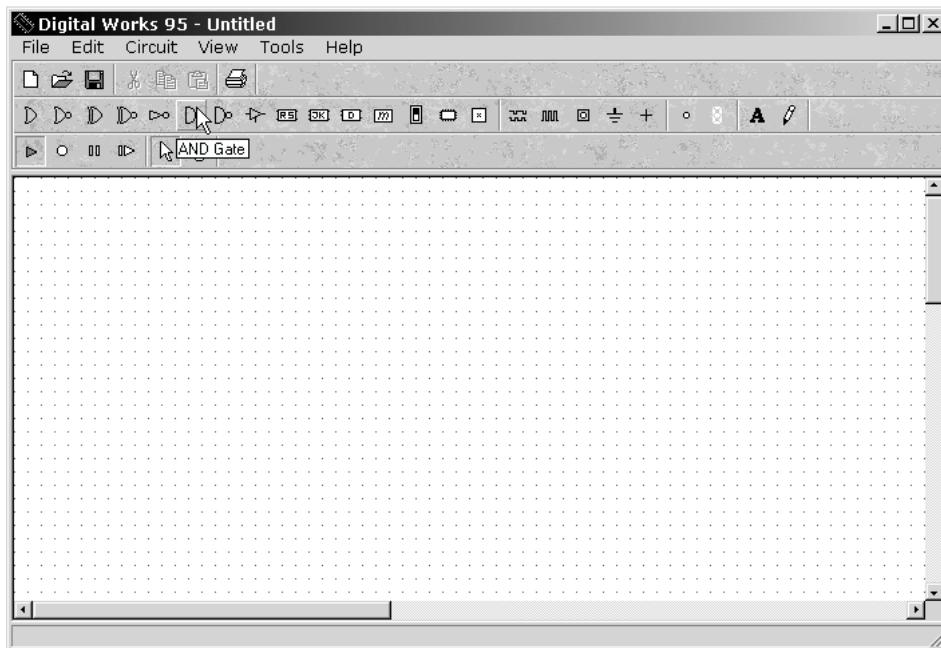
Schritt 1: Einfügen der notwendigen Gatter

Schritt 2: Einfügen der Ausgabeobjekte

Schritt 3: Einfügen der Eingangsobjekte

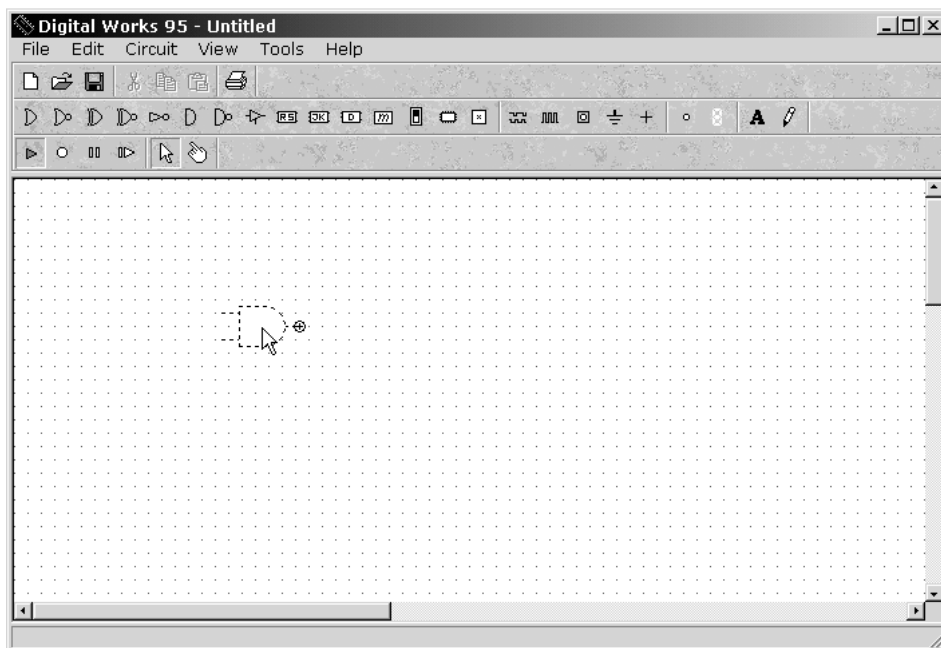
Schritt 4: „Verdrahten“ der Objekte

Diese Schritte zum Erstellen der digitalen Schaltung werden im Folgenden dargestellt.

Schritt 1: Einfügen der notwendigen Gatter

Auswahl AND-Gatter

Durch Auswahl der Schaltfläche des entsprechenden Gatters, hier AND, und einen Klick mit der linken Maustaste auf die Arbeitsfläche kann das Bauteil platziert werden.



AND-Gatter auf der Arbeitsfläche positionieren

Selektierte Objekte können auch durch die Pfeiltasten der Tastatur bewegt werden.

Bewegen von Objekten:

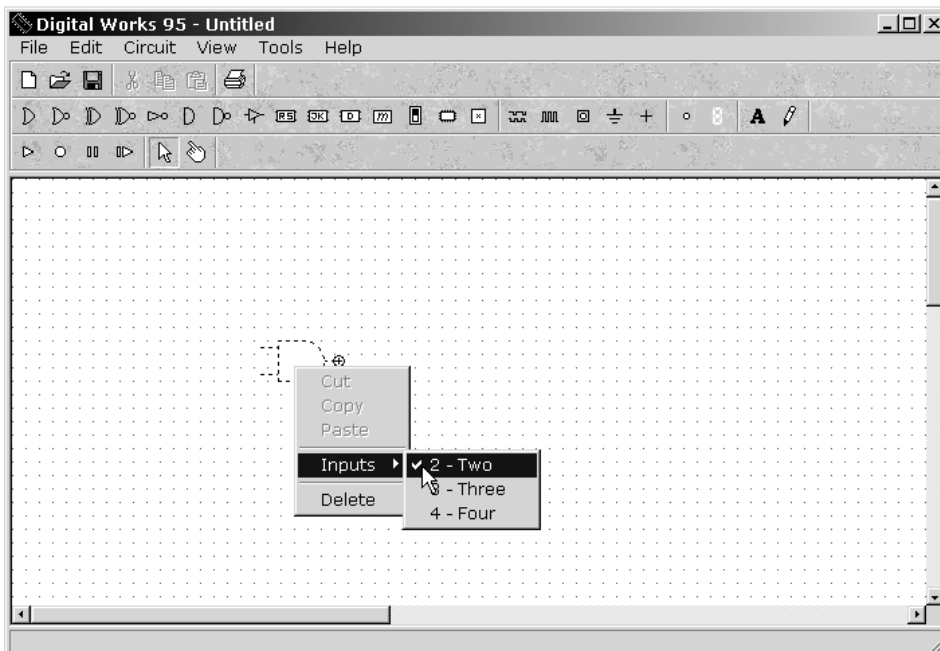
Das Objekt kann auf der Arbeitsfläche mit gedrückter linker Maustaste bewegt werden. Dazu ist aus der Simulationsleiste das Bearbeitungswerkzeug zu wählen.

Löschen von Objekten:

Objekte werden nach der Markierung mit dem Bearbeitungswerkzeug durch Betätigen der Entfernen-Taste auf der Tastatur gelöscht.

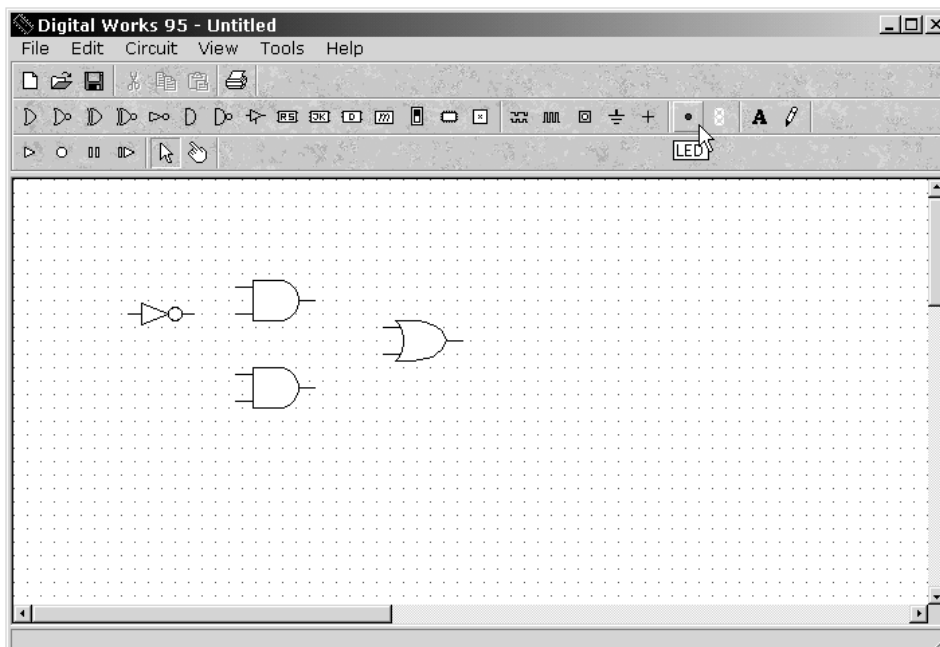
Ändern der Anzahl der Eingänge:

Bei den Gattern OR, NOR, AND und NAND ist die Anzahl der Eingang zwischen zwei und vier einstellbar. Dazu ist das Gatter auf der Arbeitsfläche mit der rechten Maustaste anzuklicken und im Kontextmenü der Punkt „Inputs“ zu wählen.



Einstellen der Zahl der Eingangspins

Schritt 2: Einfügen der Ausgabeobjekte

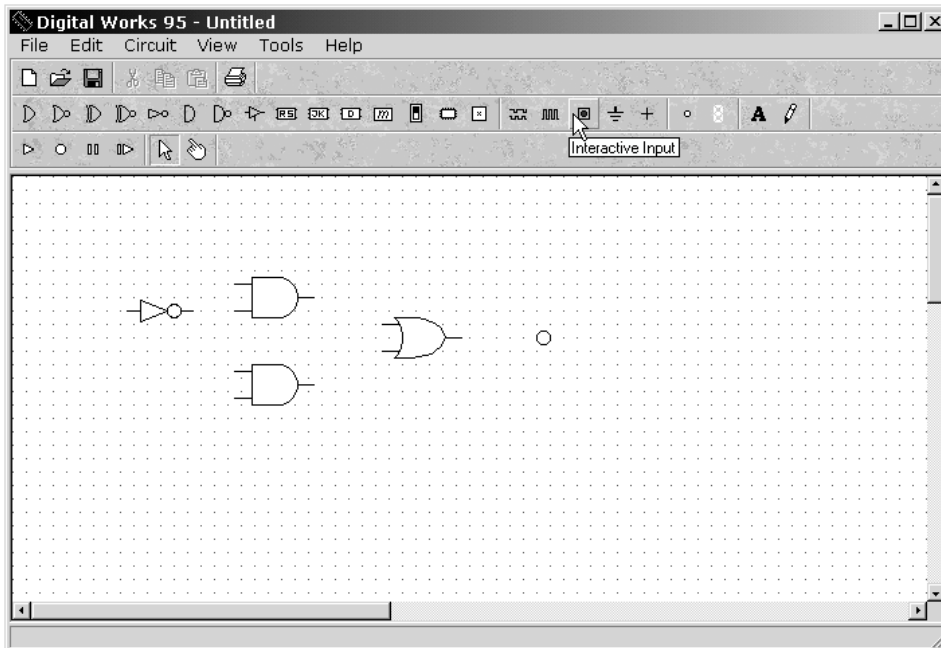


Auswahl LED

Durch Auswahl des LED-Symbols aus der Werkzeugleiste ist eine LED auf der Arbeitsfläche als Ausgangsindikator zu platzieren.

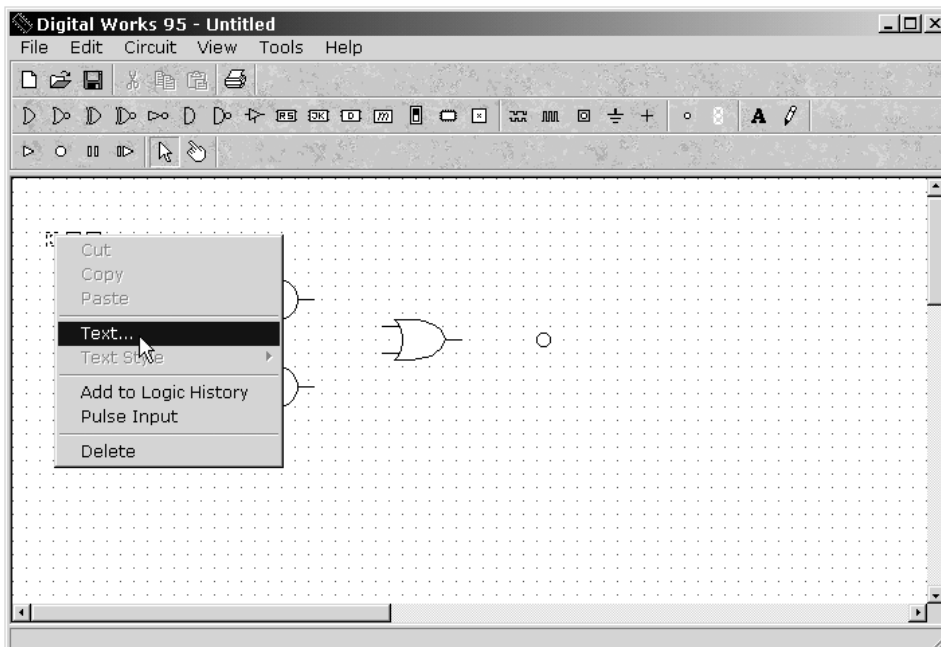
Schritt 3: Einfügen der Eingangsobjekte

Durch Anklicken der Schaltfläche „Interactive Input“ sind drei Eingänge für die Variablen a, b und c einzufügen.



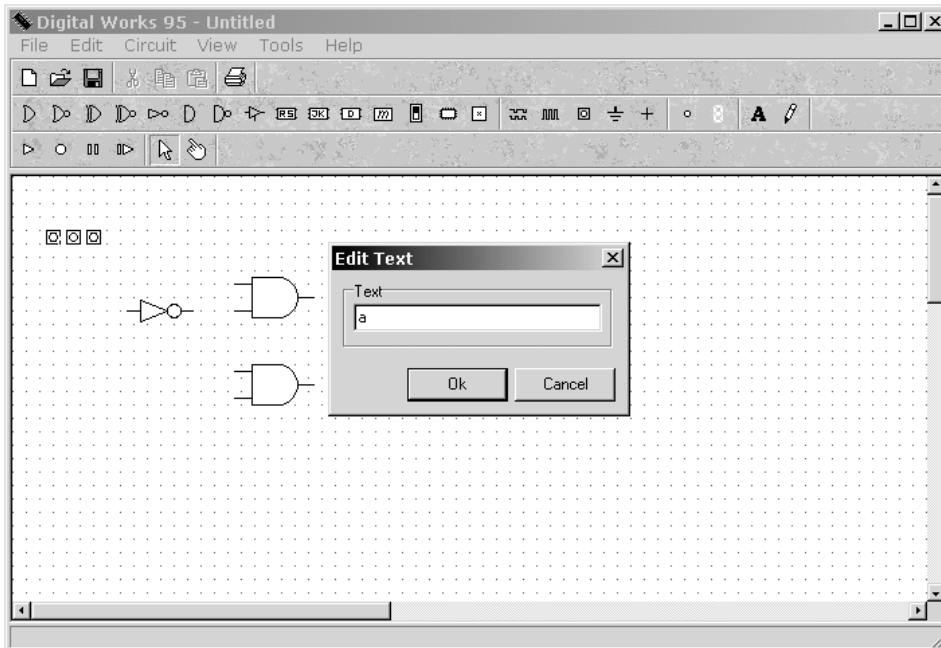
Auswahl interaktiver Eingang

Die Beschriftung der interaktiven Eingänge sowie der LED ist über den Menüpunkt „Text...“ des Kontextmenüs (Klick mit der rechten Maustaste auf das entsprechende Symbol auf der Arbeitsfläche) des Objektes zu erzeugen.



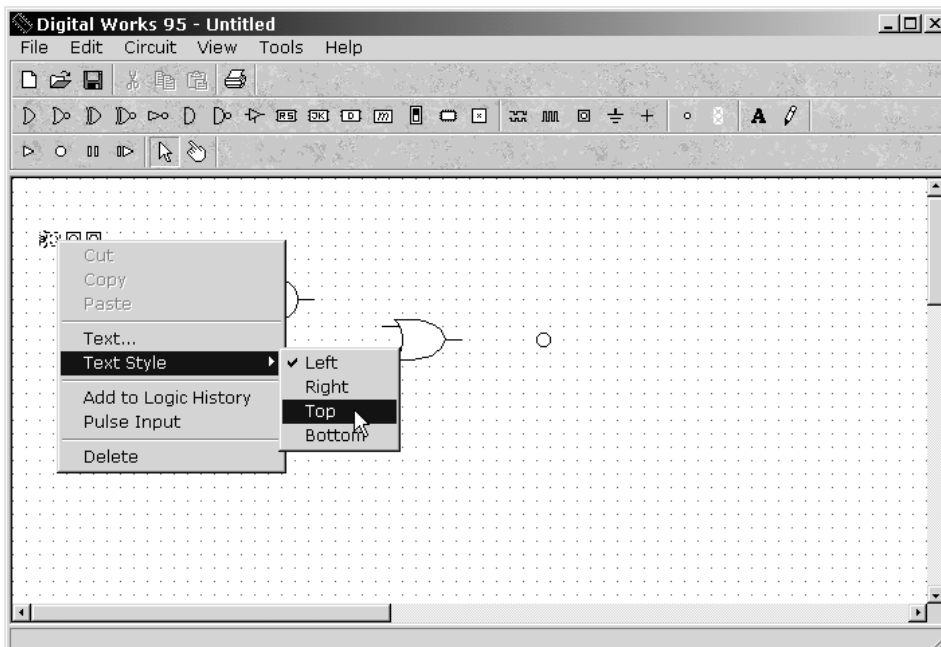
Das Kontextmenü „Text...“

In dem erscheinenden Fenster ist der Text einzugeben und die Eingabe mit Ok zu bestätigen.



Texteingabefenster

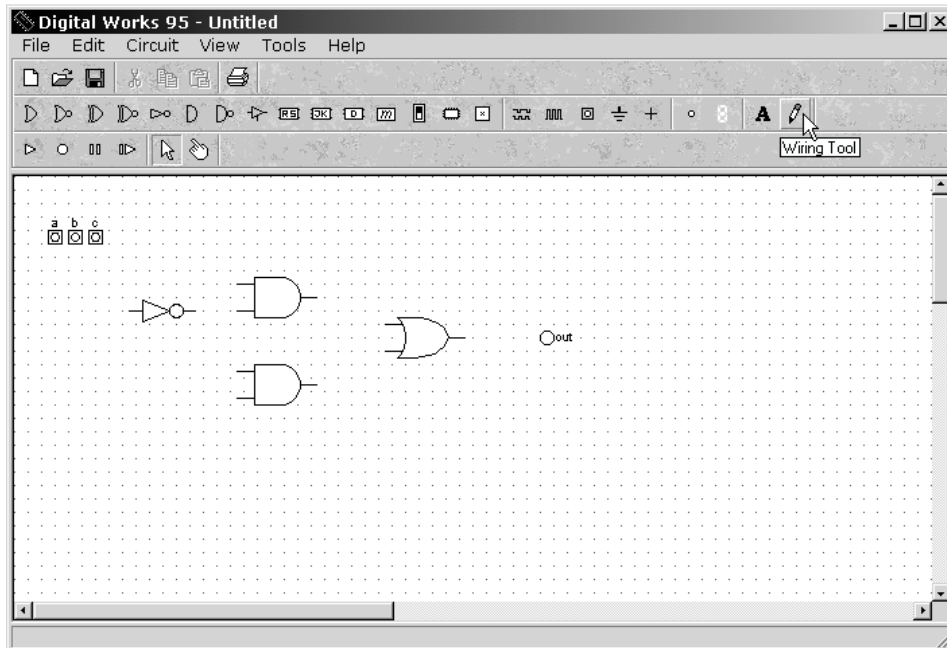
Standardmäßig wird der eingefügte Text links neben dem Symbol des ausgewählten Objektes dargestellt. Über den Eintrag „Text Style“ des Kontextmenüs kann die Ausrichtung, hier auf oben (Top), angepasst werden.



Einstellen der Beschriftungsrichtung

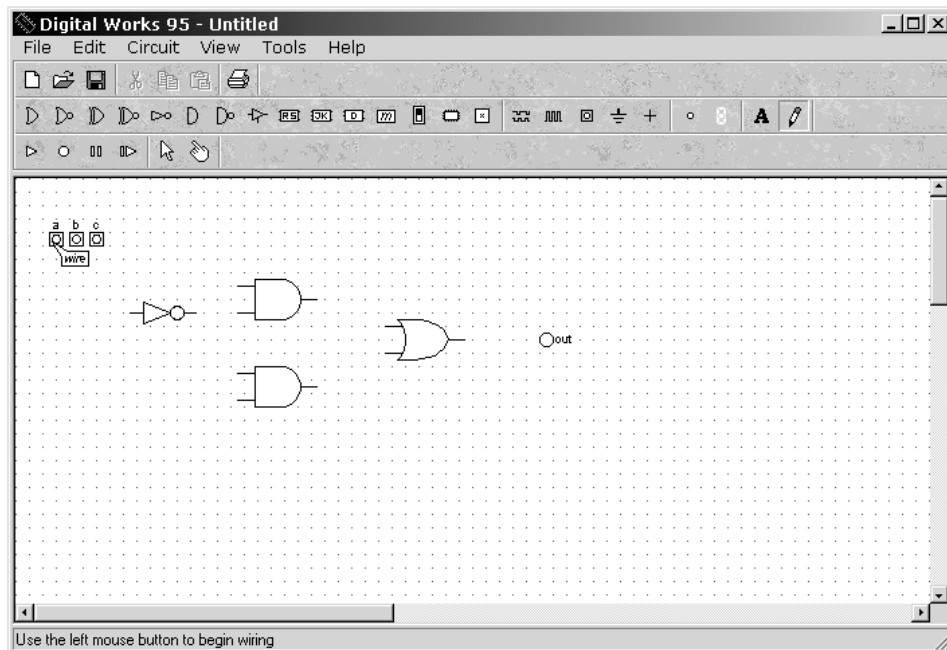
Schritt 4: „Verdrahten“ der Objekte

Das „Verdrahten“ der Objekte ist durch Anklicken der Schaltfläche „Wiring Tool“ der Werkzeugleiste möglich.



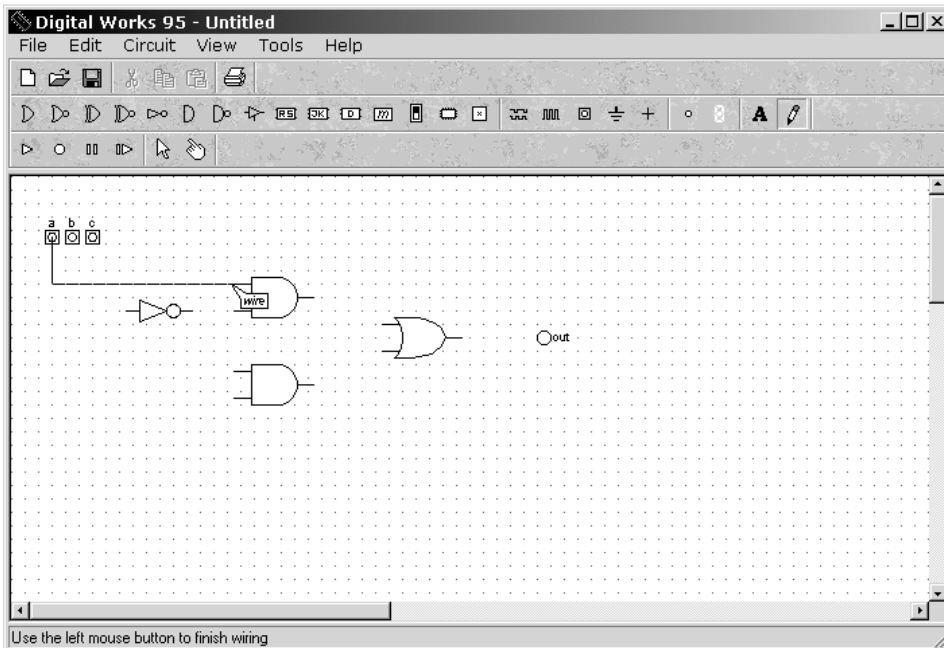
Auswahl des Verdrahtungs-Tools

Nach der Auswahl dieser Schaltfläche ist der Startpunkt der Verbindung durch Auswahl des entsprechenden Objektes, hier der interaktive Eingang a, mit der linken Maustaste zu setzen. Fährt der Mauscursor über ein anschlussfähiges Objekt, ändert sich der Mauscursor und es erscheint das Wort „wire“.



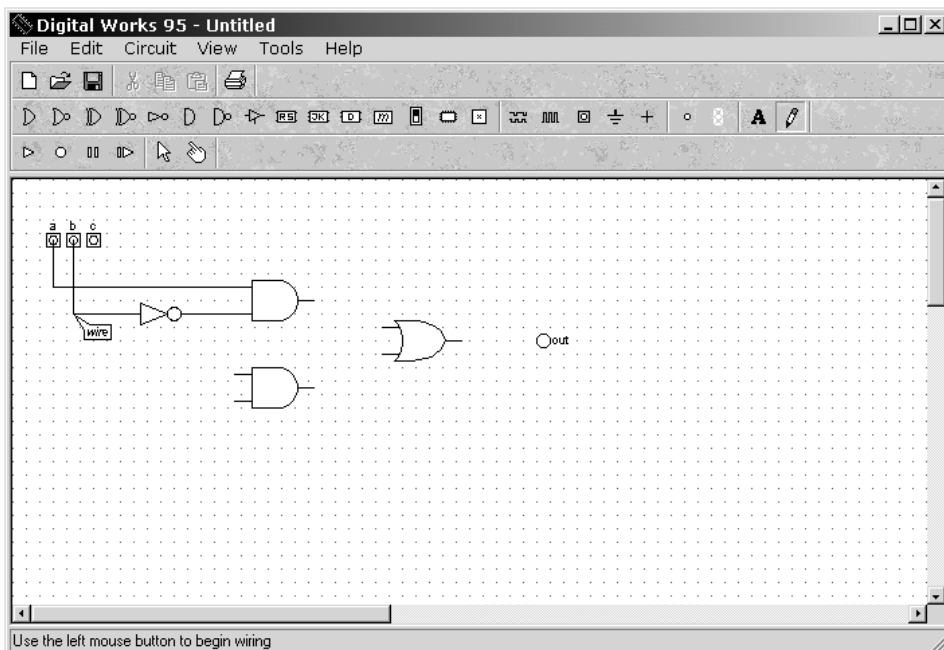
Interaktiver Eingang a als Startpunkt der Verdrahtung

Genauso wird mit dem Endpunkt der Verbindung, hier am AND-Gatter, verfahren.



Eingang des AND-Gatters als Endpunkt der Verdrahtung

Verbindungen sind auch an bestehende Verbindungen anknüpfbar. Dazu ist mit gewähltem Verdrahtungs-Tool an entsprechender Stelle über die bestehende Verbindung zu fahren. Auch hier ändert sich beim Überfahren mit der Maus der Mauscursor und es erscheint das Wort „wire“.

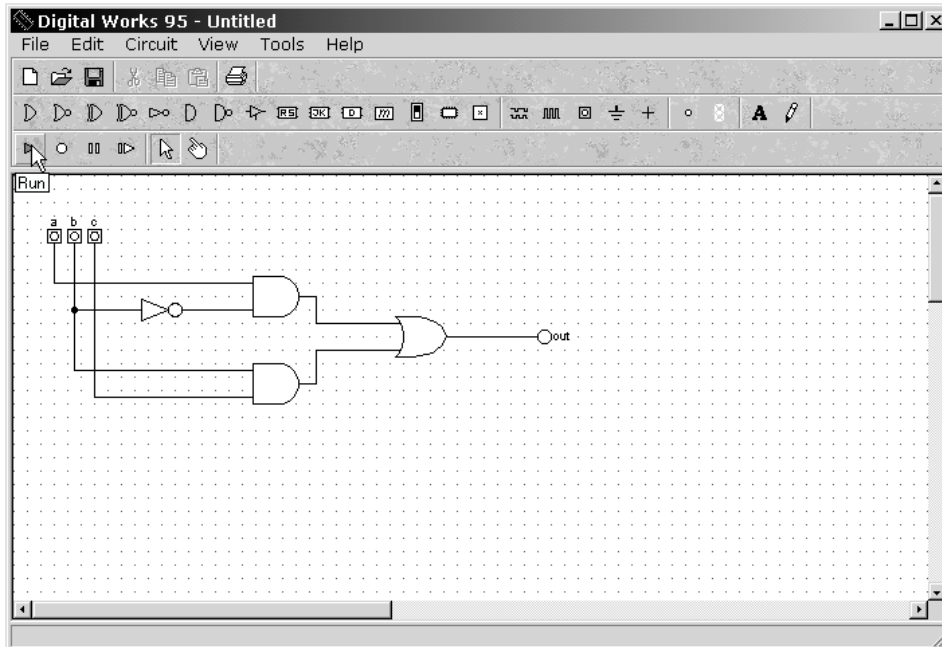


Leitung als Startpunkt der Verdrahtung

Die noch fehlenden Verbindungen lassen sich in gleicher Weise herstellen.

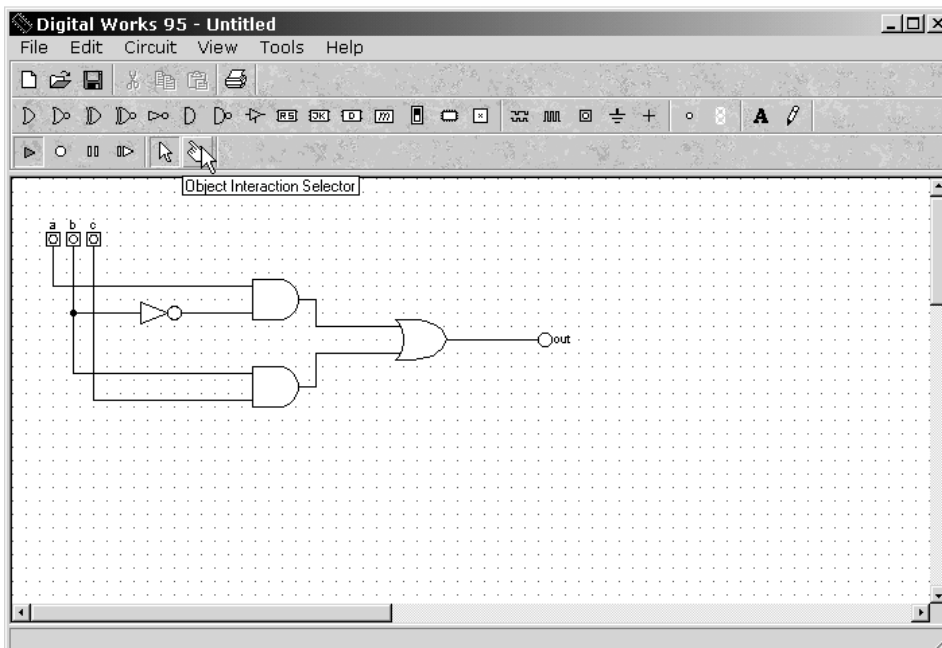
C Simulieren einer digitalen Schaltung

Die Simulation der nun vollständig eingegebenen Schaltung wird über die Schaltfläche „Run“ der Simulationsleiste gestartet.



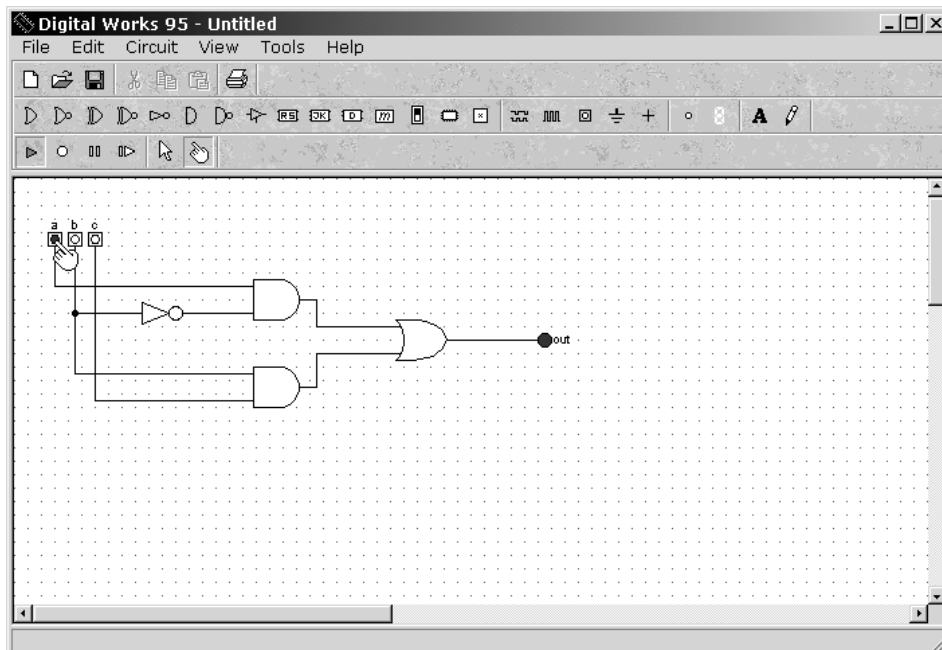
Start der Simulation über „Run“

Die Zustände der interaktiven Eingänge können nach der Auswahl der Schaltfläche „Object Interaction Selector“ mit einem Klick der linken Maustaste auf das entsprechende Objekt zwischen High und Low geändert werden.



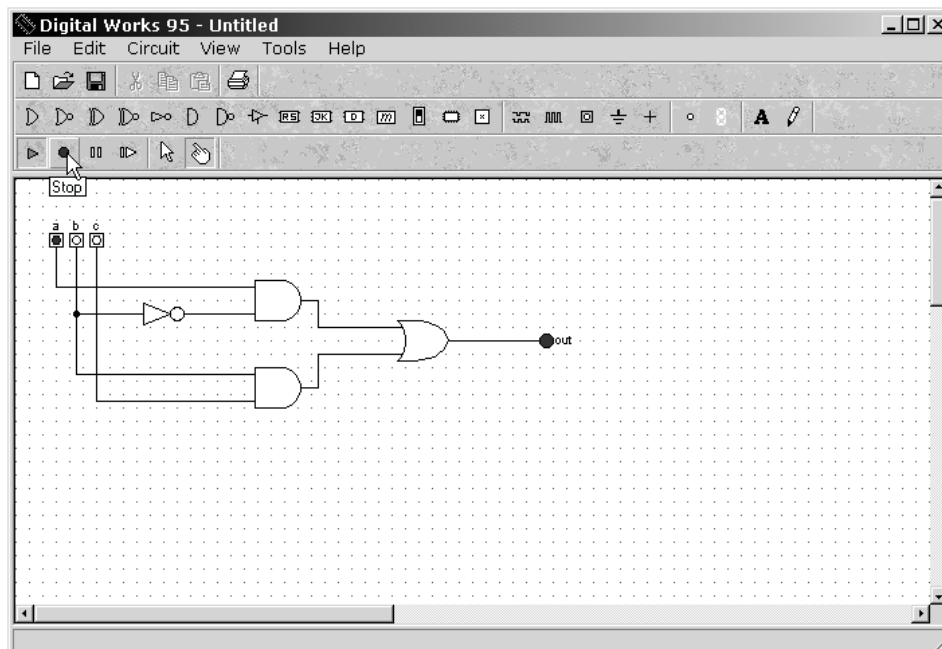
Auswahl des Interaktions-Tools

Eine in dem interaktiven Eingang integrierte „LED“ zeigt dabei den Pegel des interaktiven Eingangs an. Dabei steht LED aus (weiß) für LOW-Pegel und LED an (rot) für High-Pegel.



Ändern des Zustandes am interaktiven Eingang a

Die Simulation kann durch Betätigen der Schaltfläche „Stop“ der Simulationsleiste beendet werden.

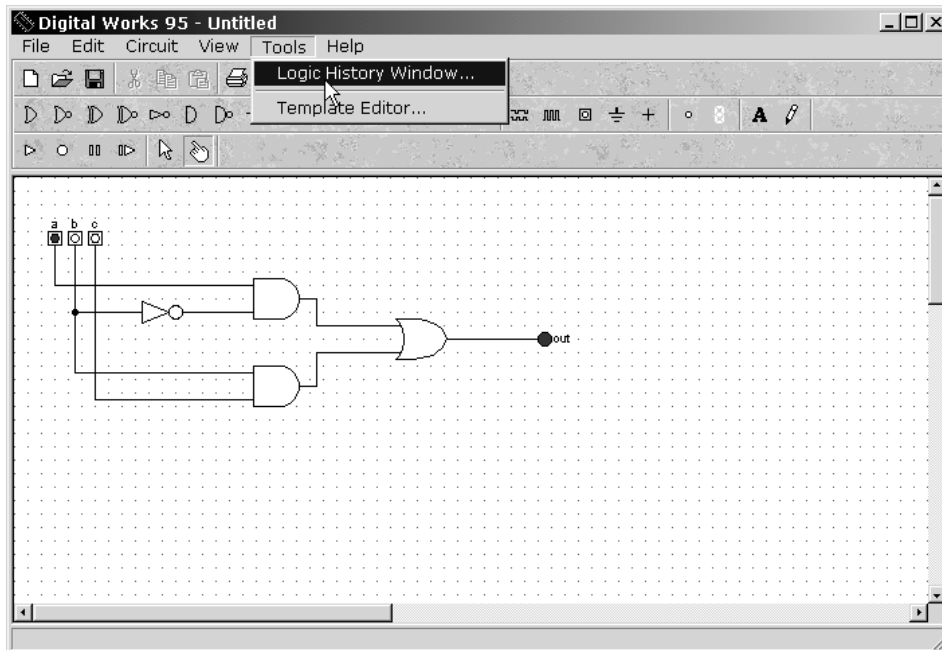


Stoppen der Simulation

Zeitliche Aufzeichnung der Zustände während der Simulation

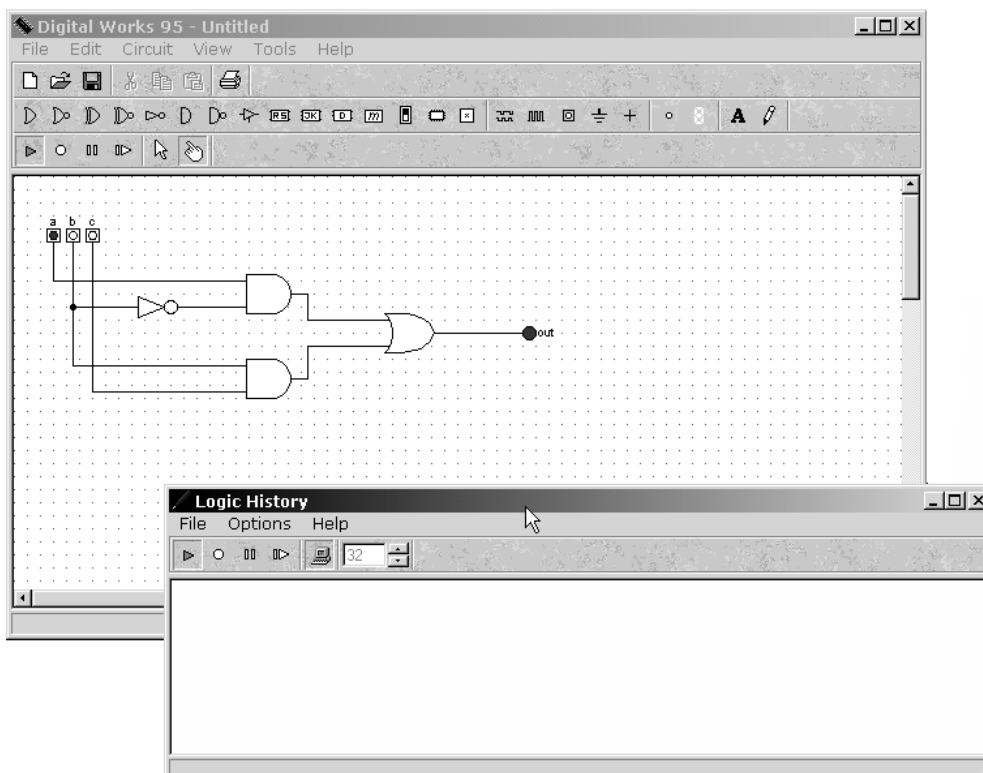
Eine Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs von Eingängen und Ausgängen einer digitalen Schaltung in einem Zeit-Diagramm ist in DigitalWorks integriert.

Dieses Zeit-Diagramm kann über den Menüeintrag Tools - Logic History Window gestartet werden.



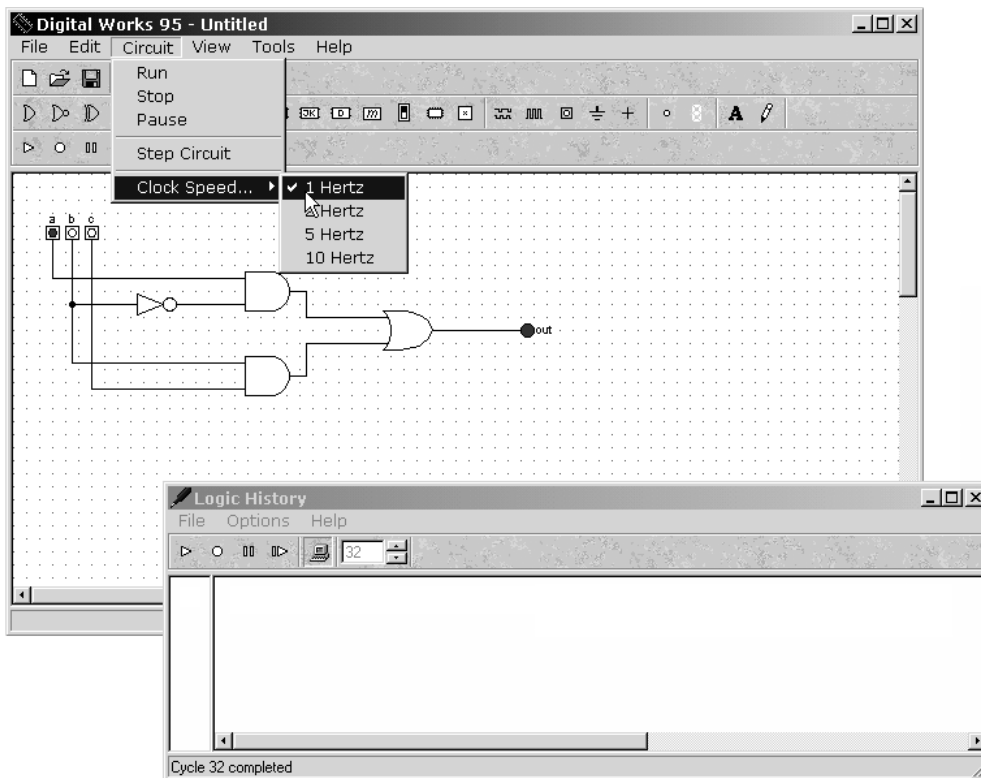
Starten des Zeit-Diagramms

Das Zeit-Diagramm wird daraufhin in einem neuen Fenster ausgeführt.



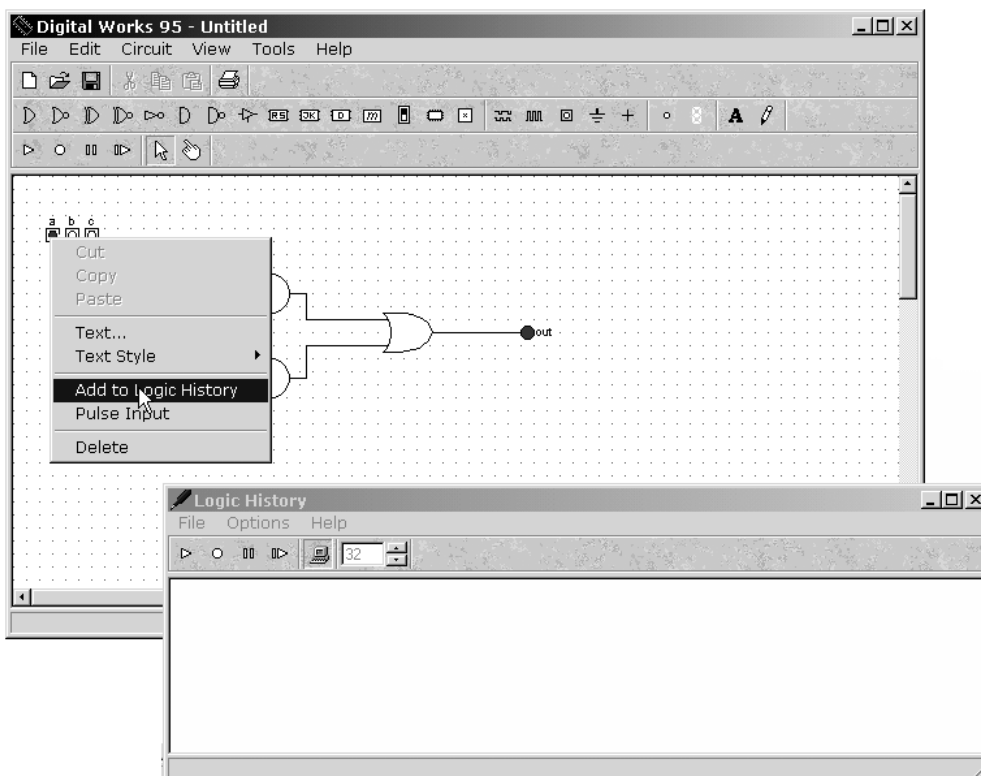
Das gestartete Zeit-Diagramm in einem neuen Fenster

Über den Menüpunkt Circuit - Clock Speed ist die Taktrate der Aufzeichnung des Zeit-Diagramms bei der Verwendung von interaktiven Eingängen auf 1 Hertz einzustellen.



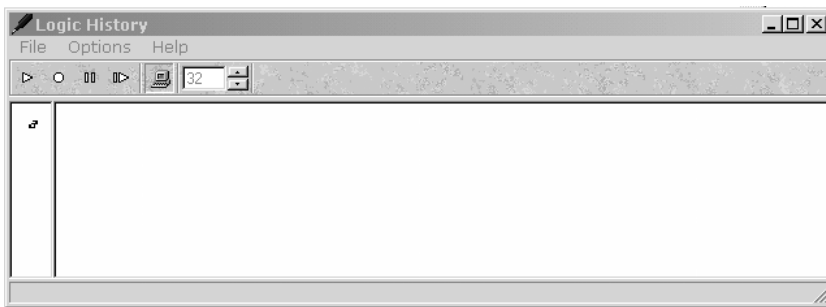
Einstellen der Taktrate

Dem Zeit-Diagramm sind noch die anzuzeigenden Ein- und Ausgänge zuzuweisen. Dies geschieht über den Eintrag „Add to Logic History“ des Kontextmenüs des entsprechenden Ein- oder Ausgangs.



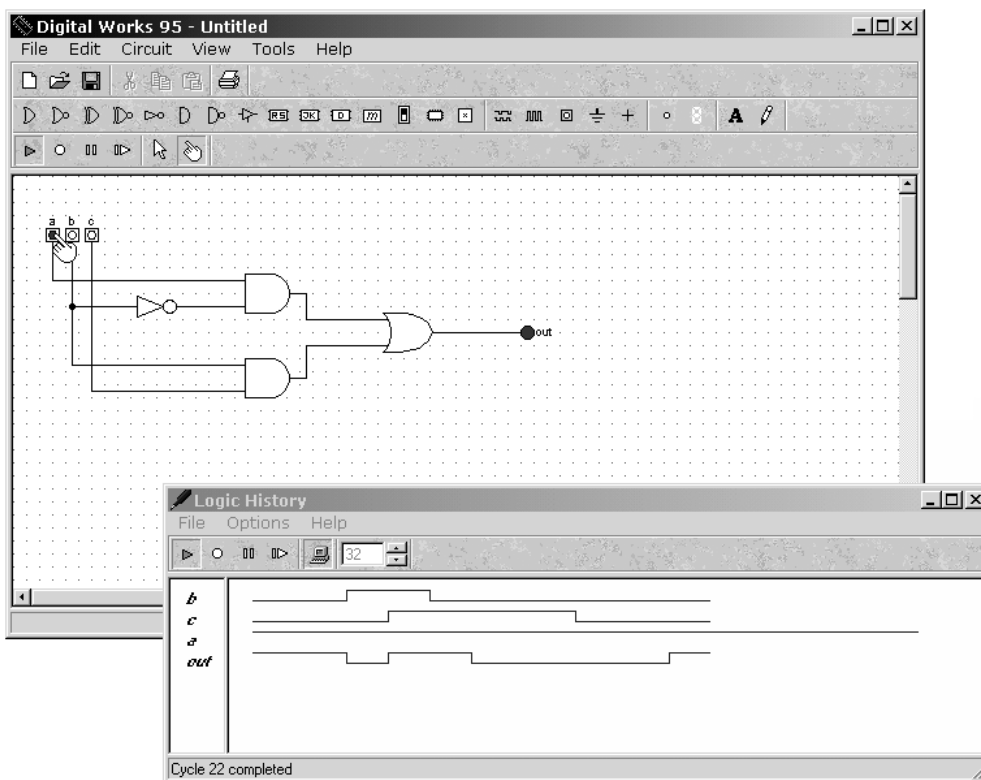
Hinzufügen des Einganges a zum Zeit-Diagramm

Der ausgewählte Ein- oder Ausgang, hier der interaktive Eingang a, erscheint dann mit seiner Beschriftung im Zeit-Diagramm.



Der Eingang a im Zeit-Diagramm

Beim Start der Simulation über „Run“ in der Simulationsleiste werden die Änderungen der interaktiven Eingänge sowie die Änderung des Ausgangszustandes im Zeit-Diagramm angezeigt.



Aufgezeichnete Zustände nach der Simulation

Die maximale Anzahl der Takte, die im Zeit-Diagramm aufgezeichnet werden können, ist im Zeit-Diagramm-Fenster bis zu einem Wert von 256 einstellbar.

2.2.1 Lauflicht Typ A

Realisieren Sie die Schaltung zum Lauflicht Typ A und überprüfen Sie das zugehörige Impulsdiagramm!

Zur Realisierung steht die vorbereitete Datei „**lauflicht_a.dwm**“ im Verzeichnis c:\programme\digitalworks zur Verfügung!

2.2.2 Lauflicht Typ B

Realisieren Sie die Schaltung zum Lauflicht Typ B und überprüfen Sie das zugehörige Impulsdiagramm!

Zur Realisierung steht die vorbereitete Datei „**lauflicht_b.dwm**“ im Verzeichnis c:\programme\digitalworks zur Verfügung!