

# GETTING STARTED GUIDE

# NI Circuit Design Suite

This document contains the following step-by-step tutorials:

- *Multisim Tutorial*—*Multisim* is the schematic capture and simulation program designed for schematic entry, simulation, and feeding to downstage steps, such as PCB layout. This tutorial introduces you to Multisim and its many functions.
- *Ultiboard Tutorial*—*Ultiboard* is used to lay out and route printed circuit boards, perform certain basic mechanical CAD operations, and prepare boards for manufacturing. It also provides automated parts placement and wire routing. This tutorial shows you how to place the components and traces for the design described in the Multisim Tutorial section. You will also learn how to autoplacement parts and then autoroute them.

Some of the features described may not be available in your edition. Refer to [ni.com](http://ni.com) for a list of the features available in your edition of Circuit Design Suite.

## Contents

---

Multisim Tutorial.....	2
Introduction to the Multisim Interface.....	2
Multisim User Interface .....	3
Overview .....	4
Schematic Capture .....	5
Creating the File .....	5
Placing the Components .....	6
Wiring the Design .....	10
Simulation .....	12
Virtual Instrumentation .....	12
Analysis .....	15
The Grapher .....	17
The Postprocessor .....	17
Reports .....	18
Bill of Materials .....	18
Ultiboard Tutorial.....	19
Introduction to the Ultiboard Interface .....	19
Ultiboard User Interface .....	19
Overview .....	20
Opening the Tutorial .....	21
Creating a Board Outline .....	23
Placing Parts .....	24
Dragging Parts from Outside the Board Outline .....	24
Dragging Parts from the Parts Tab .....	25
Placing the Tutorial Parts .....	26

Placing Parts from the Database .....	26
Moving Parts .....	28
Placing Traces .....	29
Placing a Manual Trace .....	29
Placing a Follow-me Trace .....	31
Connection Machine Trace .....	31
Auto Part Placement .....	33
Autorouting Traces .....	33
Preparing for Manufacturing/Assembly .....	34
Cleaning up the Board .....	34
Adding Comments .....	34
Exporting a File .....	34
Viewing Designs in 3D .....	35

## Multisim Tutorial

---

This section contains a tutorial that introduces you to Multisim and its many functions.

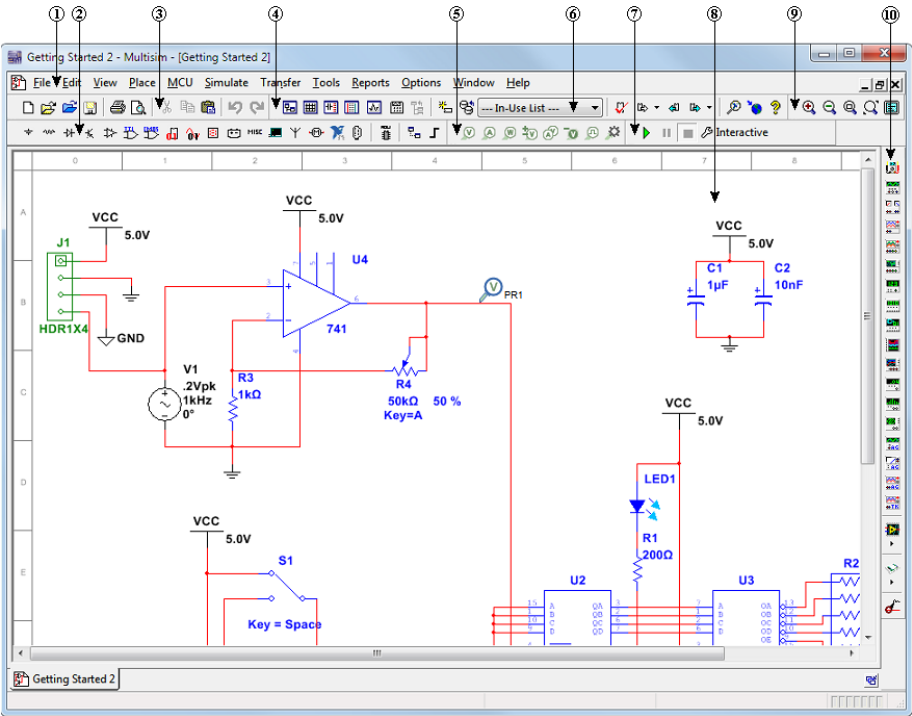
### Introduction to the Multisim Interface

Multisim is the schematic capture and simulation application of Circuit Design Suite, a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that helps you carry out the major steps in the circuit design flow.

Multisim is designed for schematic entry, simulation, and exporting to downstream steps, such as PCB layout.

# Multisim User Interface

The Multisim user interface includes the following elements:



- |                     |                       |                      |                        |
|---------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| 1 Menu Bar          | 4 Main Toolbar        | 7 Simulation Toolbar | 9 View Toolbar         |
| 2 Component Toolbar | 5 Place Probe Toolbar | 8 Workspace          | 10 Instruments Toolbar |
| 3 Standard Toolbar  | 6 In-Use Toolbar      |                      |                        |

Refer to the table below as needed:

	Element	Description
1	<b>Menu Bar</b>	Contains the commands for all functions.
2	<b>Component toolbar</b>	Contains buttons that you use to select components from the Multisim database for placement in your schematic.
3	<b>Standard toolbar</b>	Contains buttons for commonly-performed functions such as Save, Print, Cut, and Paste.
4	<b>Main toolbar</b>	Contains buttons for common Multisim functions.
5	<b>Place probe toolbar</b>	Contains buttons that you use to place various types of probes on the design. You can also access <b>Probe Settings</b> from here.

	Element	Description
6	<b>In-Use List</b>	Contains a list of all components used in the design.
7	<b>Simulation toolbar</b>	Contains buttons for starting, stopping and pausing simulation.
8	Workspace	This is where you build your designs.
9	<b>View toolbar</b>	Contains buttons for modifying the way the screen is displayed.
10	<b>Instruments toolbar</b>	Contains buttons for each instrument.

# Overview

This tutorial leads you through the circuit design flow, from schematic capture to simulation. After completing the steps outlined on the following pages, you will have designed a circuit that samples a small analog signal, amplifies it and then counts the cycles on a simple digital counter.

If you wish to skip steps, or only complete specific sections of this tutorial, you can use these pre-made files, found in C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <version>\samples\Getting Started\:

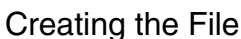
- Getting Started 1—The design with all components placed, ready to be wired. Use if you do not wish to place all of the components yourself.
- Getting Started 2—The wired design, without the oscilloscope.
- Getting Started Final—The ready-to-simulate design file.

Helpful tips are indicated by an icon in the left column, for example:



**Tip** You can access the online help at any time by pressing F1 on your keyboard, or by clicking the **Help** button in a dialog box.

In the following sections, you will place and wire the components in the design shown below.



1. Launch Multisim.  
A blank file called `Design1` opens on the workspace.
2. Select **File»Save as** to display a standard Windows Save dialog.
3. Navigate to the location where you wish to save the file, enter `MyGettingStarted` as the **File name**, and click the **Save** button.

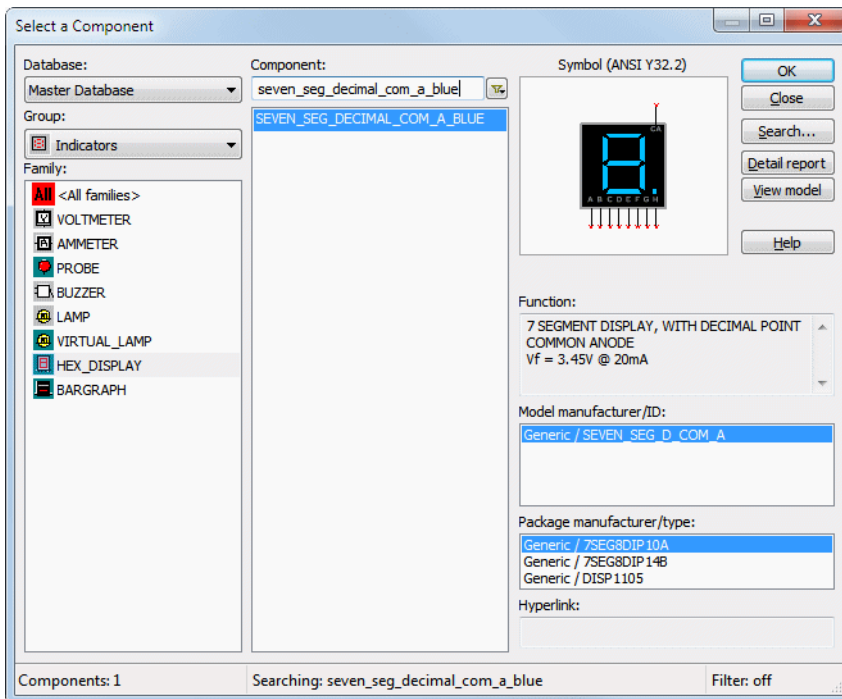


**Tip** To guard against accidental loss of data, set up a timed **Auto-backup** of the file in the **Save** tab of the **Global Options** dialog box.

## Placing the Components

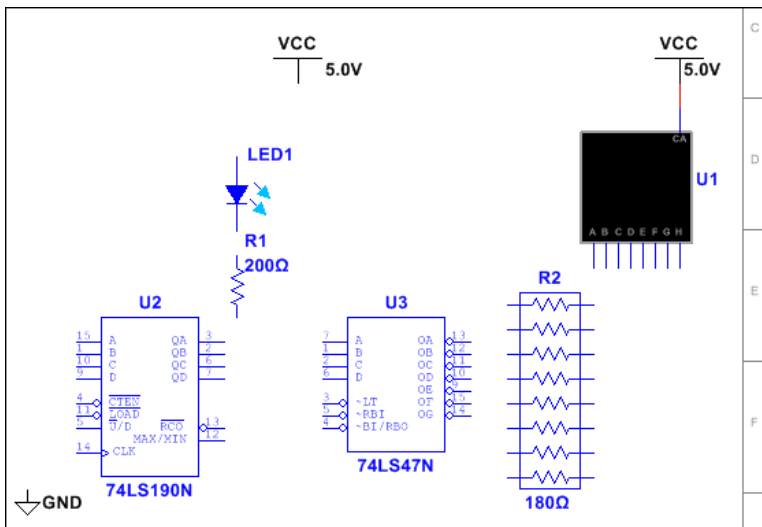
Complete the following steps to place the components on MyGettingStarted:

1. Select **Place»Component** to display the **Select a Component** dialog box.
2. Select the **Indicators** component **Group** and the **HEX\_DISPLAY** component **Family**.
3. Select SEVEN\_SEG\_DECIMAL\_COM\_A\_BLUE from the **Component** list and click **OK**.



The component appears as a “ghost” on the cursor.

1. Move the cursor to the bottom-right of the workspace and click to place the component. Note that the Reference Designator for this component is U1.
2. Place the remaining components in the Digital Counter area as shown below.



**Tip** While placing the 200  $\Omega$  resistor, press <Ctrl-R> to rotate it to a vertical orientation.

After placing R2, double-click on it and change the **Resistance** to 180  $\Omega$ .

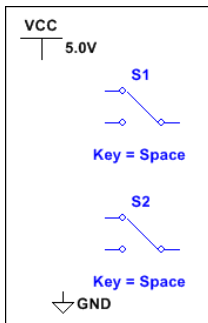


**Tip** The **Group** and **Family** location of each component is listed in the [Component Locations](#) section.

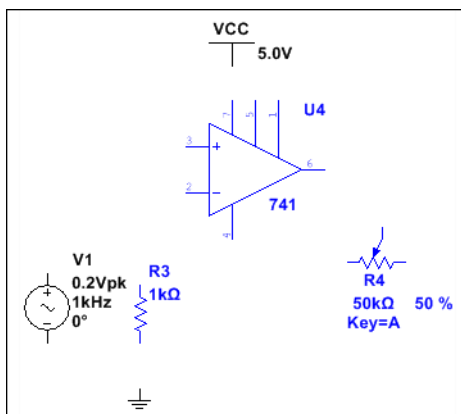


**Note** By default, resistors, capacitors and inductors have no package. However, to export components of this type to PCB layout in Ultiboard, you must select a package from the **Package manufacturer/type** field. Source and ground components have no available packages and do not export to layout.

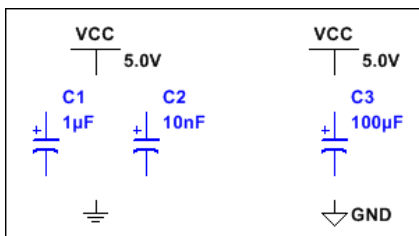
- Place the components in the Counter Control section as shown below.  
Right-click on each SPDT switch and select **Flip horizontally**.



- Place the components in the Analog Amplifier section as shown below, rotating as needed.  
Double-click on the AC voltage source (V1) and change **Voltage (Pk)** to 0.2 V.

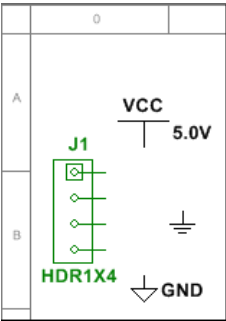


- Place the components in the Bypass Capacitors section as shown below.





6. Place the header and associated components as shown below.



### Component Locations

The following shows you where to locate all components for this design in the **Select a Component** dialog box.

This tutorial only uses generic components from the Master database.



**Tip** Reference Designators (for example, U1, U2) are assigned in the order the components are placed. If you place components in a different order than in the original design, the numbering will differ. This will not affect the operation of the design in any way.

RefDes and Component	Group	Family	Package manufacturer/ type
LED1 - LED_blue	Diodes	LED	Ultiboard/ LED9R2_5vb
VCC GND - DGND GROUND	Sources	POWER_ SOURCES	—
U1 - SEVEN_SEG_DECIMAL_ COM_A_BLUE	Indicators	HEX_DISPLAY	Generic/ 7SEG8DIP10A
U2 - 74LS190N U3 - 74LS47N	TTL	74LS	IPC-2221A/2222/ NO16
R1 - 200 Ω	Basic	RESISTOR	IPC-7351/ Chip-R0805

RefDes and Component	Group	Family	Package manufacturer/ type
R2 - 8Line_Isolated	Basic	RPACK	IPC-2221A/2222/ DIP-16
R3 - 1k	Basic	RESISTOR	IPC-7351/ Chip-R0805
R4 - 50k	Basic	POTENTIOMETER	Generic/ LIN_POT
S1, S2 - SPDT	Basic	SWITCH	Generic/SPDT
U4 - 741	Analog	OPAMP	IPC-2221A/2222/ DIP-8
V1 - AC_VOLTAGE	Sources	SIGNAL_VOLTAGE_ SOURCES	—
C1 - 1 $\mu$ F C2 - 10 nF C3 - 100 $\mu$ F	Basic	CAP_ELECTROLIT	IPC-7351/ Chip-C1210
J1 - HDR1X4	Connectors	HEADERS_TEST	Generic/ HDR1X4



**Note** When placing resistors, inductors, or capacitors, the **Select a Component** dialog box has slightly different fields than for other components. When placing these, you can choose any combination of the component’s value (for example, the resistance value), type (for example, carbon film), and so on. If you are placing a component that will be exported to PCB layout, the combination of values that you select must be available in a commercially available component.

# Wiring the Design

All components have pins that you use to wire them to other components or instruments. As soon as your cursor is over a pin, the cursor changes to a crosshair, indicating you can start wiring.



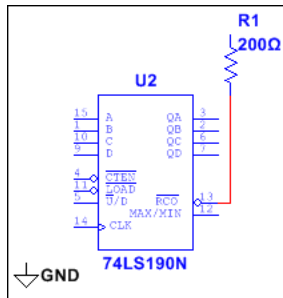
**Tip** You can wire the design that you placed on the workspace or you can use *Getting Started 1* found in C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <version>\samples\Getting Started\.

Complete the following steps to wire the design:

1. Click on a pin on a component to start the connection (your cursor turns into a crosshair) and move the mouse.  
A wire appears, attached to your cursor.

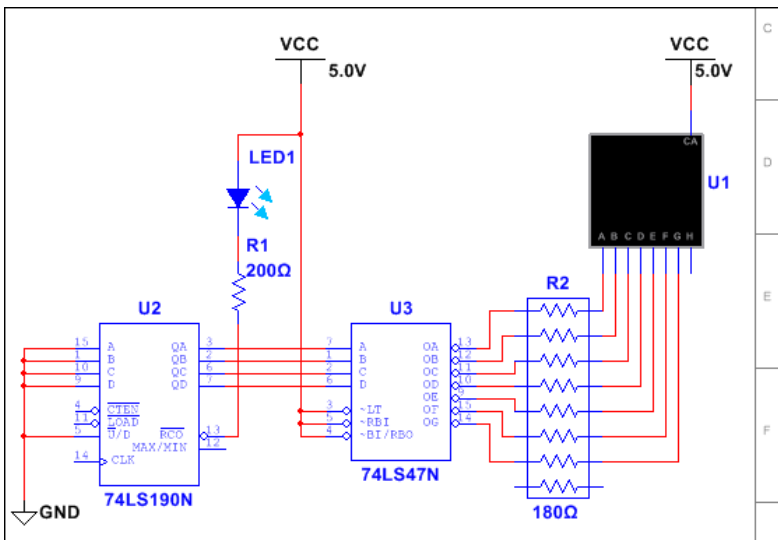
- Click on a pin on the second component to finish the connection.

Multisim automatically places the wire, which snaps to an appropriate configuration, as shown below.



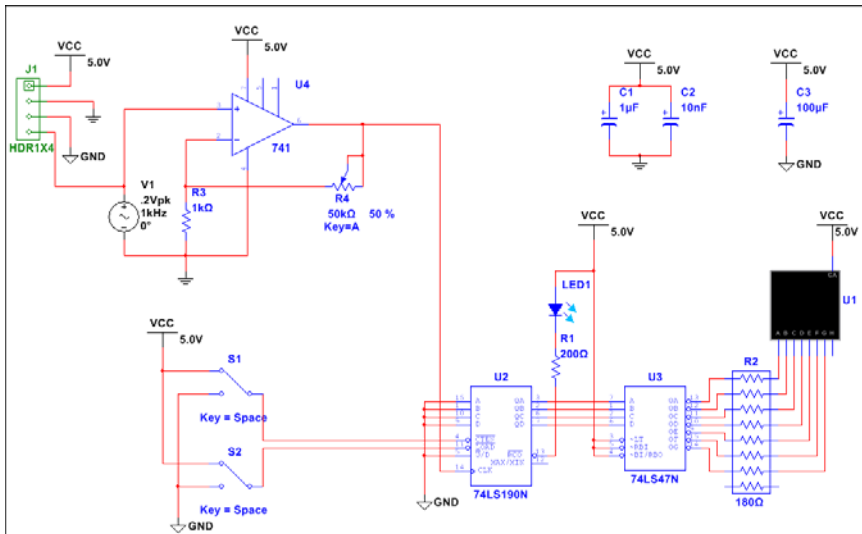
**Tip** You can also control the flow of the wire by clicking on points as you move the mouse. Each click “fixes” the wire to that point.

- Finish wiring the Digital Counter section as shown below.



**Tip Virtual Wiring**—To avoid clutter, you can use virtual connections between the Counter Control and Digital Counter sections using on-page connectors. Refer to the *Multisim Help* for details.

4. Finish wiring the design as shown below.



## Simulation

Simulating your designs with Multisim catches errors early in the design flow, saving time and money.

## Virtual Instrumentation

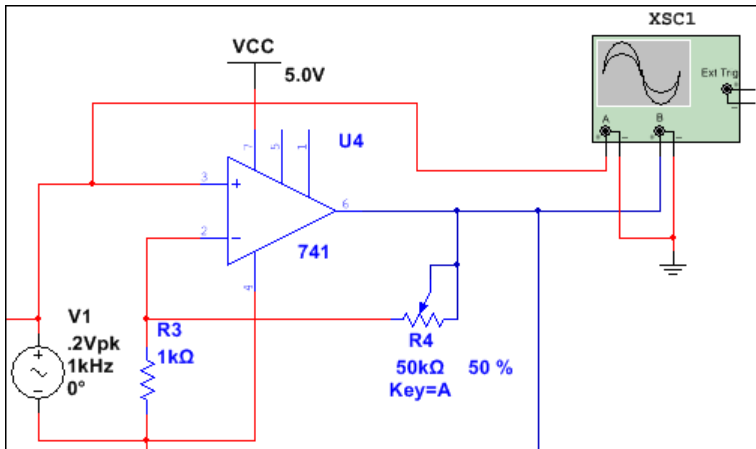
In this section, you will simulate the design and view the results with the virtual oscilloscope.



**Tip** You can also use Getting Started 2 found in C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <version>\samples\Getting Started\.

- Set up the interactive keys for switches S1 and S2:
  - Double-click on each and select the **Value** tab.
  - Select “E” for S1 and “L” for S2 in the **Key for toggle** field.
- Press <E> to enable the counter.  
*Or*  
Click on the widened switch arm that appears when you hover the cursor over S1.
- Select **Simulate»Instruments»Oscilloscope** to place the oscilloscope on the workspace.

- Wire the oscilloscope as shown below.



**Tip** To differentiate between traces on the oscilloscope, double-click on the wire connected to the scope's **B** input. Select a **Net color** that differs from the wire connected to the **A** input, for example blue.

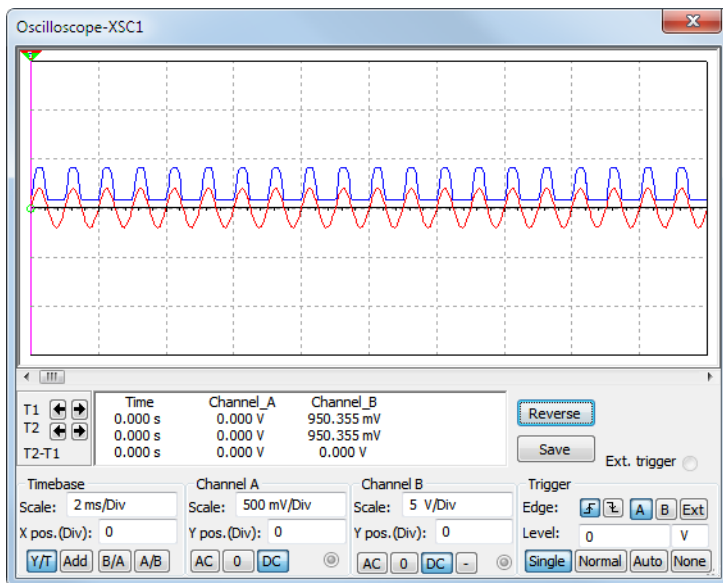
- Double-click on the oscilloscope icon to show its front panel.
- Select **Simulate»Run**.



The output of the opamp appears on the oscilloscope.

7. Adjust the **Timebase** to 2 ms/Div and Channel A's **Scale** to 500 mV/Div. Click **Reverse** to change the background to white.

The following displays on the oscilloscope:



As the design simulates, the 7-segment display counts up and the LED flashes at the end of each count cycle.

8. Do the following:
  - a. Press <E> while the simulation is running to enable or disable the counter.
  - b. Press <L> to load zeros into the counter.
  - c. Press <Shift-A> to observe the effect of decreasing the potentiometer's setting. Repeat, pressing <A> to increase.



**Tip** Instead of pressing the above-mentioned keys, you can directly manipulate the interactive components on the schematic with your mouse.

## Analysis

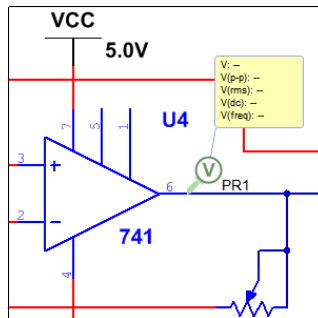
In this section, you will use **AC Sweep** to verify the frequency response of the amplifier.

Complete the following steps to perform an **AC Sweep** at the output of the op-amp:

1. Open Getting Started Final found in C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <version>\samples\Getting Started\.
2. Click on the **Place voltage probe** button in the **Place probe** toolbar.



3. Click to place the voltage probe on the trace that is wired to pin 6 of the opamp.



**Tip** When a probe is placed on a wire, it will be green as shown above. If it is not placed on a wire, it will be greyed-out and inactive.

4. Select **Simulate»Analyses and simulation**.

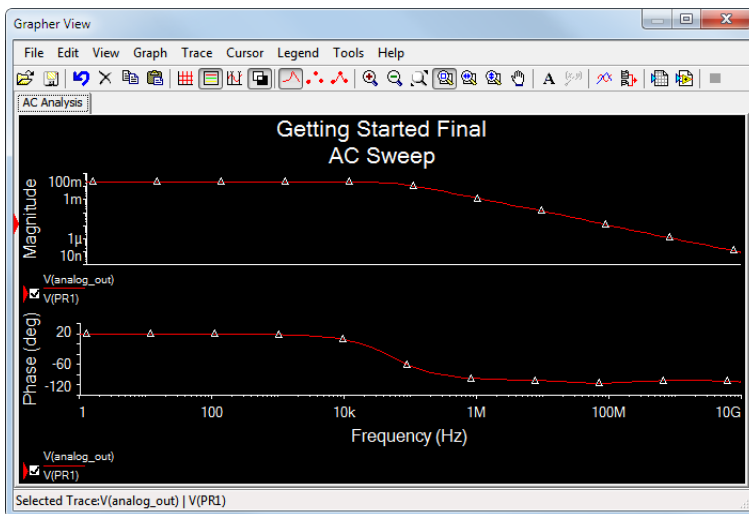
The **Analyses and Simulation** dialog box displays.



**Tip** Instead of using the menu, you can click **Interactive** in the **Simulation** toolbar.

5. Select **AC Sweep** in the **Active Analysis** column and click **Run**.

The **Analyses and Simulation** dialog box closes and the **Grapher** appears with the results of the analysis.



**Tip** The **Interactive** button in the **Simulation** toolbar has changed to **AC sweep** to reflect the new selection. You can also access the **Analyses and Simulation** dialog box from this button.



**Tip** Once the analysis has been selected, you can click **Run** to run it again.



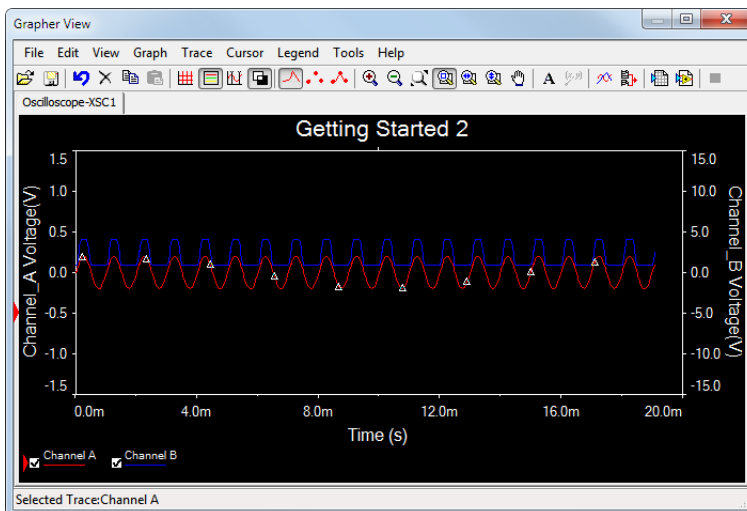


# The Grapher

The **Grapher** is a multi-purpose display tool that lets you view, adjust, save and export graphs. It also displays graphs of traces for some instruments (for example, the oscilloscope).

Complete the following steps to view results of a simulation on the **Grapher**:

1. Confirm that **Interactive** is selected in the **Simulation** toolbar and run the simulation with the oscilloscope as described earlier.
2. Select **View»Grapher** if the **Grapher** is not displayed.



# The Postprocessor

Use the **Postprocessor** to manipulate the output from analyses and plot the results on a graph or chart. Types of mathematical operations that can be performed on analysis results include arithmetic, trigonometric, exponential, logarithmic, complex, vector and logic.

# Reports

You can generate a number of reports in Multisim: **Bill of Materials (BOM)**, **Component Detail Report**, **Netlist Report**, **Schematic Statistics**, **Spare Gates** and the **Cross Reference Report**.

The following section uses the **BOM** as an example for the tutorial design.

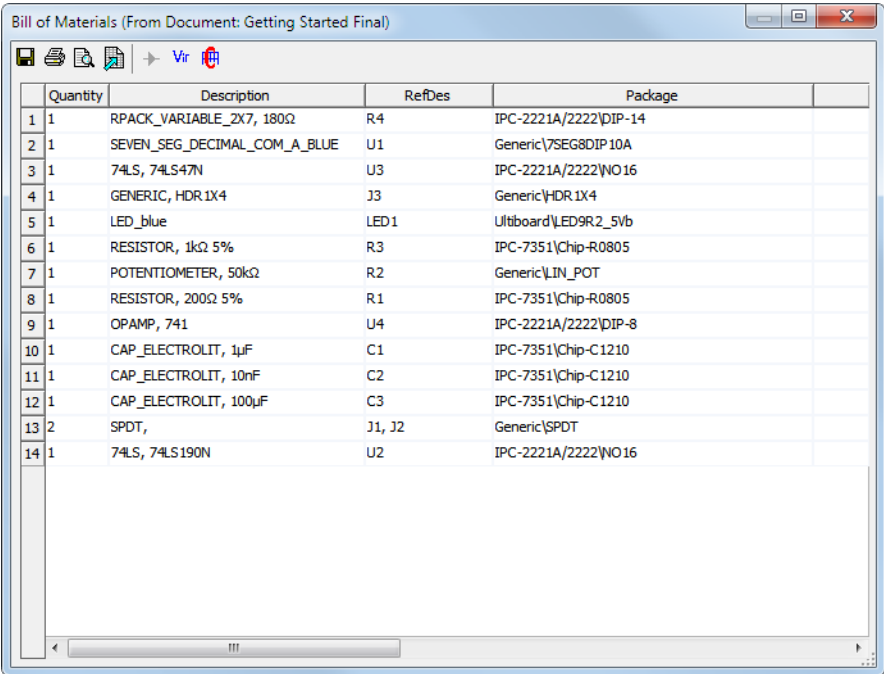
## Bill of Materials

A bill of materials lists the components used in a design, providing a summary of the components needed to manufacture the circuit board.

Information provided for each component includes:

- quantity required.
- description, including the type of component (for example, resistor) and value (for example, 200 Ω).
- Reference designator.
- package name.

Select **Reports»Bill of Materials** to display a report similar to this:



	Quantity	Description	RefDes	Package
1	1	RPACK_VARIABLE_2K7, 180Ω	R4	IPC-2221A/2222\DIP-14
2	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE	U1	Generic\7SEG8DIP10A
3	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A/2222\NO16
4	1	GENERIC, HDR1X4	J3	Generic\HDR1X4
5	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9R2_5Vb
6	1	RESISTOR, 1kΩ 5%	R3	IPC-7351\Chip-R0805
7	1	POTENTIOMETER, 50kΩ	R2	Generic\IN_POT
8	1	RESISTOR, 200Ω 5%	R1	IPC-7351\Chip-R0805
9	1	OPAMP, 741	U4	IPC-2221A/2222\DIP-8
10	1	CAP_ELECTROLIT, 1μF	C1	IPC-7351\Chip-C1210
11	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip-C1210
12	1	CAP_ELECTROLIT, 100μF	C3	IPC-7351\Chip-C1210
13	2	SPDT,	J1, J2	Generic\SPDT
14	1	74LS, 74LS190N	U2	IPC-2221A/2222\NO16

# Ultiboard Tutorial

The tutorial in this section places the parts and traces for the circuit described in the Multisim Tutorial section.

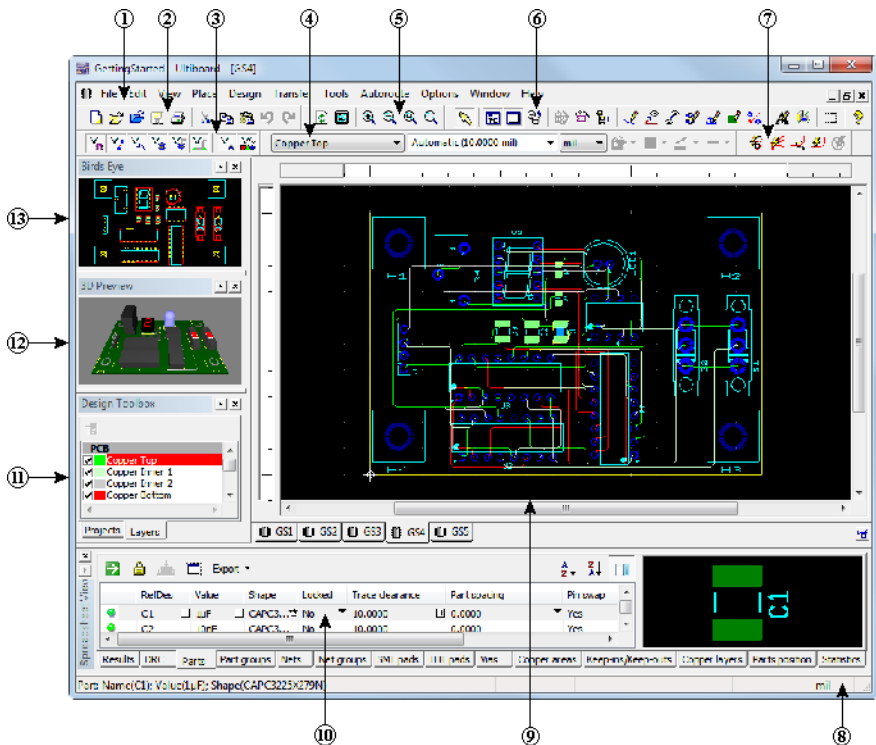
## Introduction to the Ultiboard Interface

Ultiboard is the PCB layout application of Circuit Design Suite, a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that assists you in carrying out the major steps in the design flow.

Ultiboard is used to lay out and route printed circuit boards, perform certain basic mechanical CAD operations, and prepare boards for manufacturing. It also provides automated parts placement and wire routing.

## Ultiboard User Interface

The Ultiboard user interface includes the following elements:



- |                         |                     |                     |                   |
|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 1 Menu Bar              | 5 View Toolbar      | 8 Status Bar        | 11 Design Toolbox |
| 2 Standard Toolbar      | 6 Main Toolbar      | 9 Workspace         | 12 3D Preview     |
| 3 Select Toolbar        | 7 Autoroute Toolbar | 10 Spreadsheet View | 13 Birds Eye View |
| 4 Draw Settings Toolbar |                     |                     |                   |

Refer to the table below as needed:

	Element	Description
1	<b>Menu Bar</b>	Contains the commands for all functions.
2	<b>Standard toolbar</b>	Contains buttons for commonly-performed functions such as Save, Print, Cut, and Paste.
3	<b>Select toolbar</b>	As you add more parts and traces to a board, it can become difficult to select only those which you want to use. This toolbar contains buttons used to control selections.
4	<b>Draw Settings toolbar</b>	This is where you select the layer, thickness and unit of measure of a line or object that is being drawn. It also contains buttons for functions that control the appearance of lines and shapes drawn on a layer.
5	<b>View toolbar</b>	Contains buttons for modifying the way the screen is displayed.
6	<b>Main toolbar</b>	Contains buttons for common board design functions.
7	<b>Autoroute toolbar</b>	Contains autorouting and part placement functions.
8	<b>Status Bar</b>	Displays useful and important information.
9	Workspace	This is where you lay out the PCB.
10	<b>Spreadsheet View</b>	This allows fast advanced viewing and editing of parameters including part details such as shapes, reference designators, attributes and design constraints.
11	<b>Design Toolbox</b>	Use to navigate through project files and show, hide or dim different elements of the design.
12	<b>3D Preview</b>	Displays a three-dimensional preview of the board.
13	<b>Birds Eye View</b>	Displays an “aerial view” of the design and lets you easily navigate around the workspace.

## Overview

This tutorial shows you how to place the parts and traces for the circuit described in the Multisim Tutorial section.

If you wish to skip steps, or only complete specific sections of this tutorial, you can use the different tabs, found in `C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <version>\samples\Getting Started\GettingStarted:`

- **Tab GS1**—The design with all components imported from Multisim and placed outside of a default board outline. This is the starting point for this tutorial.

- Tab GS2—The design with the imported components placed on the correctly sized board.
- Tab GS3—The design with the imported components placed on the board, and four holes placed from the database.
- Tab GS4—The design with all of the parts placed, and all of the copper (traces) routed.
- Tab GS5—The design with some parts placed and locked. Locked parts are not moved during autoplacement.

Helpful tips are indicated by an icon in the left column, for example:



**Tip** You can access the online help at any time by pressing F1 on your keyboard, or by clicking the **Help** button in a dialog box.

## Opening the Tutorial

Complete the following steps to open the tutorial file:

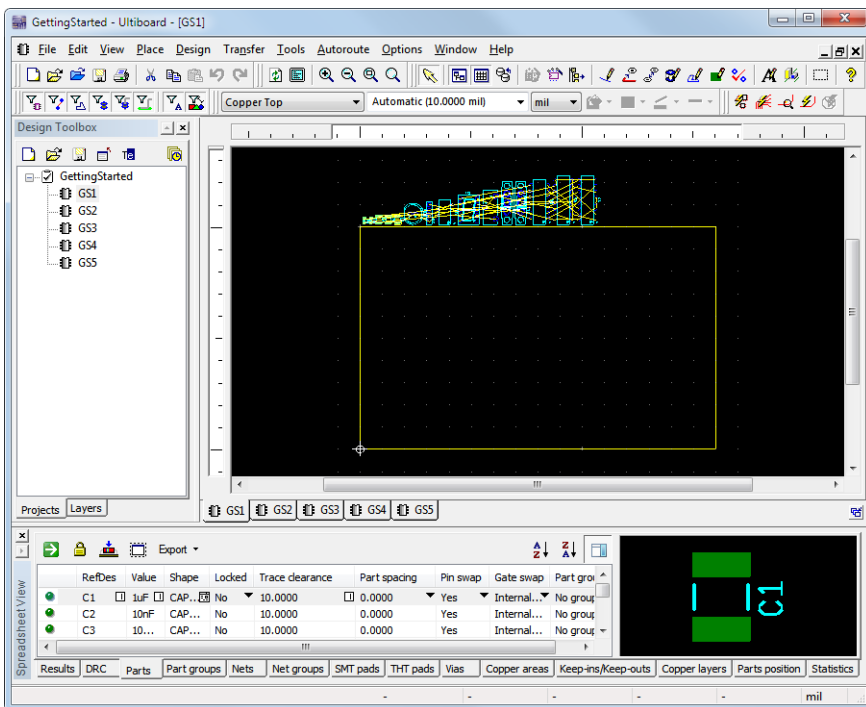
1. Launch Ultiboard, select **File»Open samples** and double-click on the `Getting Started` folder to open it.
2. Select `GettingStarted` and click **Open**.

The project file is loaded into Ultiboard.



**Tip** For instructions on transferring a design from Multisim to Ultiboard, refer to the *Multisim Help* and the *Ultiboard Help*.

### 3. Select design GS1.



**Tip** To select a design from the project (for example, GS1), click on its tab, or click on its name in the **Projects** tab of the **Design Toolbox**.

# Creating a Board Outline

There is a default board outline, however, you can create one that is a more suitable size for the parts in this design in one of the following ways:

- Draw a board outline using the drawing tools.
- Import a DXF file.
- Use the **Board Wizard**.

Complete the following steps to experiment with the **Board Wizard**:

1. Double-click on **Board Outline** in the **Layers** tab to make it the active layer.
2. Click on the existing board outline in the **GS1** design and press **Delete** on the keyboard.
3. Choose **Tools»Board wizard**.
4. Select **Change the layer technology** to make the **Technology** options available.
5. Select **Multi-layers constructed with double-sided boards (layer pairs)**, and click **Next**.
6. Change the number of **Layer pairs** to 2 and leave **Blind vias** unchecked.
7. Click **Next**.

In the **Board Wizard - Shape of Board** dialog box:

- a. Confirm that **Units** is set to **mil**.
- b. Confirm that the **Reference point** is set to **Bottom-left** for **Alignment**.
- c. Confirm that the **Rectangular** option is selected in **Board shape and size**.
- d. Set the **Width** to 3000 and the **Height** to 2000.
- e. Set the **Clearance** to 5.00000.

This is the distance from the edge of the board that is to be kept free of parts or any other elements.

8. Click **Finish**.

The board outline is placed on your design.



**Note** For complete details on the **Board Wizard**, refer to the *Ultiboard Help*.

Complete the following to move the board outline:

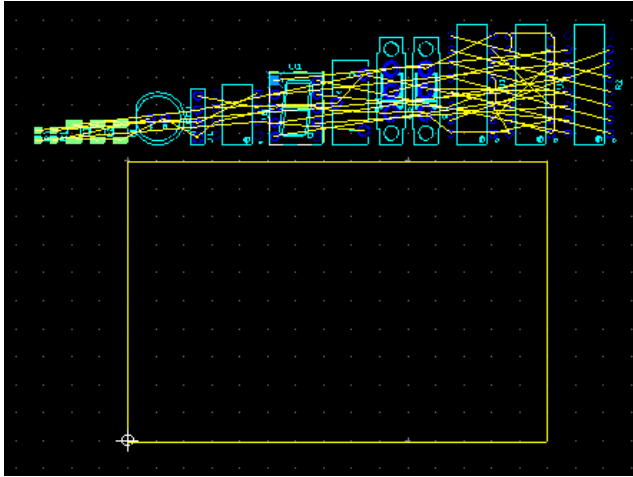
1. Click anywhere on the board outline in the workspace and drag the board to a location just below the row of parts.

Complete the following steps to change the reference point:

1. Select **Design»Set reference point**.

The reference point is attached to your cursor.

2. Move the cursor the the lower-left corner of the board outline and click to place it.



## Placing Parts

You can place parts on your GS1 board in several different ways:

- Select one or more parts from outside the board outline and drag them into place.
- Use the **Parts** tab in the **Spreadsheet View** to locate parts and place them.
- Select and place parts from the database.



**Tip** Use the **Place»Unplace parts** command to remove all non-locked parts from the PCB and experiment with a different placement technique.

## Dragging Parts from Outside the Board Outline

By default, parts are placed outside the board outline when you open a netlist from Multisim.

Complete the following steps to drag U1 from outside the board outline:

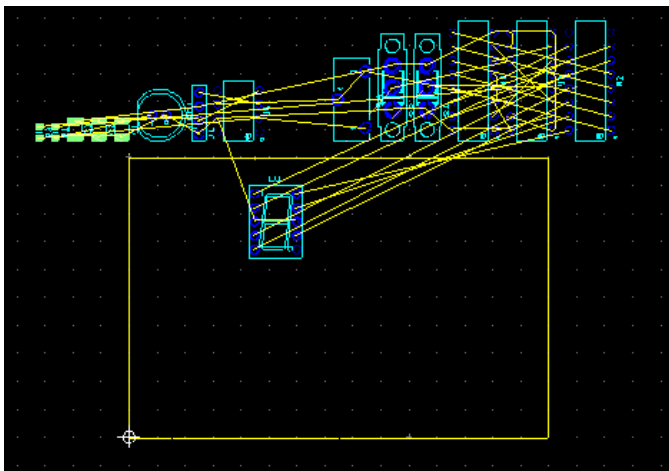
1. Double-click the **Copper Top** layer in the **Design Toolbox** to make it the active layer.
2. Find U1 in the collection of parts outside the board outline. To make this easier, use the mouse wheel to zoom in until you can see U1.



**Tip** You can also search for a part with the **Edit»Find** command. While this command works much like a Find function in other applications, it also allows you to search for a part by name, number, shape, value, or by all variables. Refer to the *Ultiboard Help* for details.



- Click on U1 (the 7-segment display) and drag it to the location shown in the figure below. As you move the part, the ratsnest moves with it. A ratsnest is a straight line connection between pads, indicating their connectivity. It is not a trace.  
U1 remains selected. This is an important point for Ultiboard that holds throughout the application—you need to explicitly end any particular action.  
Click elsewhere on the workspace to de-select the part.

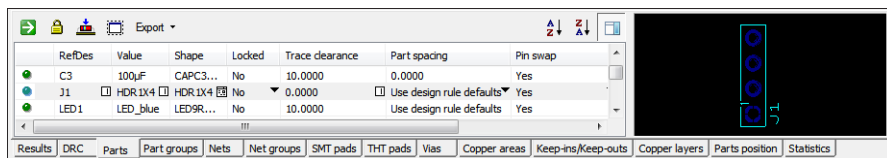


- Go to the **Parts** tab in the **Spreadsheet View** and scroll to U1.  
Notice that the green dot beside the part is slightly brighter—this indicates that the part has been placed.

## Dragging Parts from the Parts Tab

Complete the following steps to drag parts from the **Parts** tab:

- In the **Parts** tab, scroll down to J1.



- Click on the green dot beside J1 in the table and drag the component from the **Parts** tab onto the workspace.  
J1 is attached to the cursor.
- Drop J1 on the left edge of the board, approximately in the middle.  
In the **Parts** tab, J1's green dot is now slightly brighter, indicating that the part has been placed.

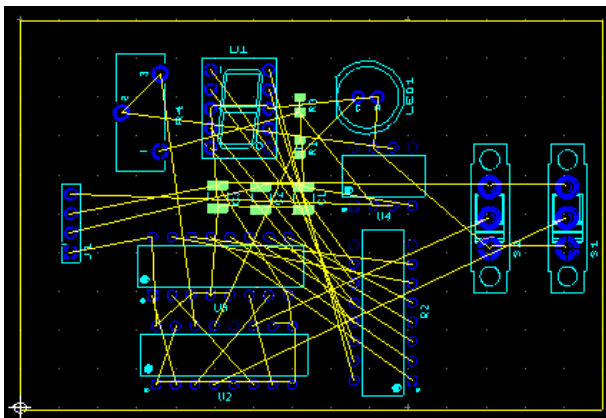
## Placing the Tutorial Parts

Using any method or combination of methods, lay out the design as shown below.



**Tip** You can open the next design file in the project, GS2, which has already been set up this way.

The design should look like this:



## Placing Parts from the Database

In addition to placing parts imported as part of your design, you can place parts directly from the database. The following uses this method to place the mounting holes.

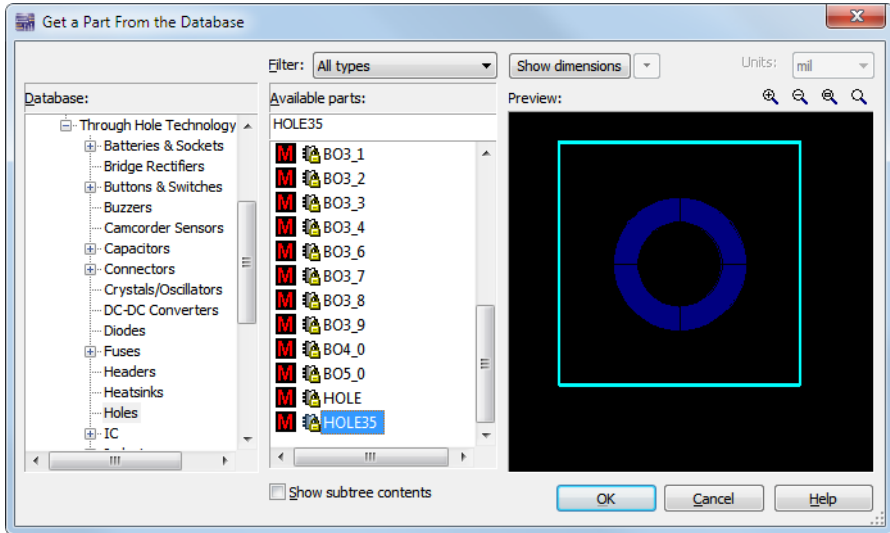
Complete the following steps to place parts from the database:

1. Choose **Place»From database**.



2. The **Get a Part From the Database** dialog box opens.
3. In the **Database** panel, expand the **Ultiboard Master»Through Hole Technology Parts** category and select the **Holes** category.  
The parts appear in the **Available parts** panel.

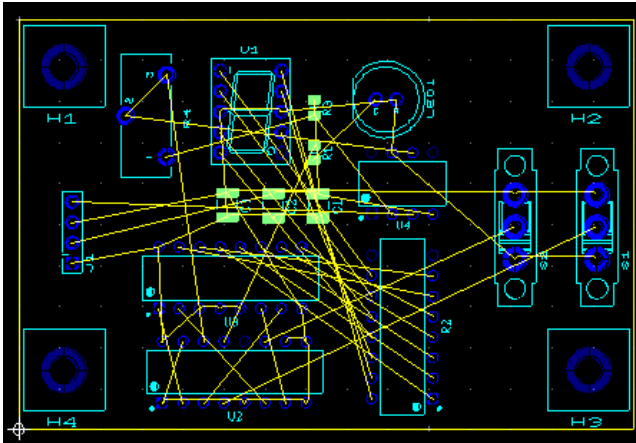
4. In the **Available parts** panel, select the **HOLE35** part.  
The part displays in the **Preview** panel.



5. Click **OK**.  
The **Get a Part From the Database** dialog box disappears, and the **Enter Reference Designation for Part** dialog box displays.
6. Enter the **RefDes for shape HOLE35** (H1) and **Value** (HOLE) and click **OK**.
7. Move the cursor over the board.  
The part is attached to the cursor.
8. Move the hole to the top-left corner, and click to drop it on the board.  
The **Enter Reference Designation for Part** dialog box reappears, with the **RefDes for shape HOLE35** automatically incremented to H2.
9. Enter the value (HOLE) and click **OK** to place the next mounting hole in the top right corner.
10. Repeat to place H3 in the bottom right corner, and H4 in the bottom left corner.

11. Click **Cancel** to stop, and click **Cancel** again.

The **Get a Part From the Database** dialog box closes.



## Moving Parts

You can use similar methods for moving parts as you do for placing them.

To select a part already on the board, click on it.

To specify the X/Y coordinates to where the selected part is to move, press \* on the numeric keypad.

Or, select a placed part in the **Parts** tab of the **Spreadsheet View** (indicated by a bright green dot beside it) and drag it to a new location.



**Tip** A part's label and pads are separate elements from its shape. When selecting a part on the board, be sure to select the whole part, not just the label or pads. Use the **Selection Filters** to assist with this. Refer to the *Ultiboard Help* for more information.



**Tip** Once a part is selected, you can also move it around on the board by pressing the arrow keys on your keyboard.

To select a group of parts and move them together, do one of the following:

- Hold <Shift> and click on more than one part.
- Drag a box around several parts.

All the selected parts will move together when you drag the cursor.

You can use the **Edit>Align** commands to align the edges of selected parts or to space them relative to each other.

Use the **Edit»Align** commands to align the mounting holes you just placed:

1. Select H1 and hold <Shift> to select H2.
2. Choose **Edit»Align»Align top**.  
If H2 was not originally placed exactly in line with H1, you will see it move.
3. Click on an empty space on the board to clear the selection, then select H2 and H3.
4. Choose **Edit»Align»Align right**.
5. Continue in this manner to align the bottoms of H3 and H4, and the left sides of H1 and H4.

## Placing Traces

You have the following options for placing traces:

- Manual trace.
- Follow-me trace.
- Connection machine trace.

A manual trace is placed exactly as you specify, even running through a component or trace if that is the path you set.

A follow-me trace automatically draws a valid trace between the pins you select with your mouse movements—you can move from pin to pin, leaving a valid trace.

A connection machine trace automatically joins two pins by the most efficient route, though you have the option of changing it.

As you place a trace, and before you click to fix it in place, you can remove a segment by backing up over it.

Each time you click while placing a manual trace, or each time a follow-me trace or connection machine trace changes direction, a separate segment of that trace is created.



**Tip** When performing operations on traces, be sure to select either the appropriate segment or the whole trace.

## Placing a Manual Trace

You can continue with the design you have been working on, or open GS3.

Be sure you are on the **Copper Top** layer before beginning—**Copper Top** must be highlighted in red in the **Layers** tab of the **Design Toolbox**.

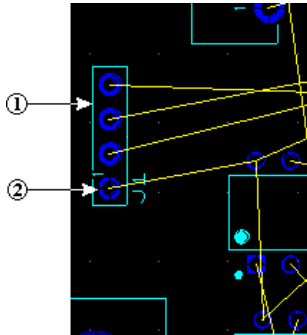
Complete the following steps to place a trace manually:

1. Choose **Place»Line**.



**Tip** The **Line** command creates a line on any layer. The results differ depending on the layer selected. For example, if the selected layer is silkscreen, a line is created on the silkscreen layer of the PCB. If the selected layer is a copper layer, then the line is actually a trace.

2. Locate J1, toward the left-hand part of the board and find the start pin shown below:



1 Part J1

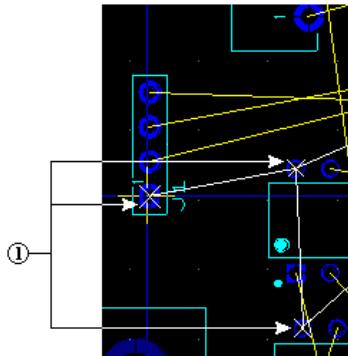
2 Start Pin



**Tip** If you have trouble locating the part, select the part in the **Parts** tab and click the **Find the selected part** button. The part is selected in the workspace. If necessary, zoom in further using the mouse wheel.

3. Click on the pin specified in the above step.

Ultiboard highlights all the pins that are part of the same net as the pin you clicked on with an X. These indicate which pins to connect to match the connectivity from your schematic and in the netlist.

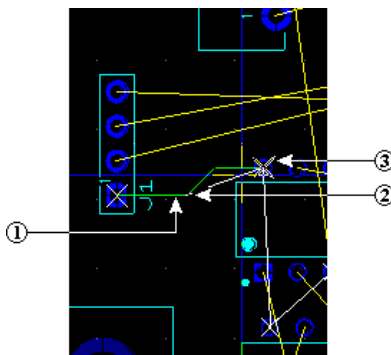


1 Pins in the Same Net

4. Move the cursor in any direction.

A green line (the trace) is attached to the selected pin. Each time you click, you anchor the trace segment, as shown in the figure below (2).

- Click to anchor the trace and on the destination pin as shown below.



1 Trace

2 Click to anchor trace

3 Destination Pin

- Right-click and choose **Cancel** to stop placing traces.
- Click the **Select** button on the **Main** toolbar to exit line-placing mode.



## Placing a Follow-me Trace

Complete the following steps to place a follow-me trace:

- Choose **Place»Follow-me**.



- Click on the top pin of J1.
- Click on the pin indicated by the “X” on U4.  
Ultiboard draws the trace for you.
- Right-click and choose **Cancel** to stop placing traces.

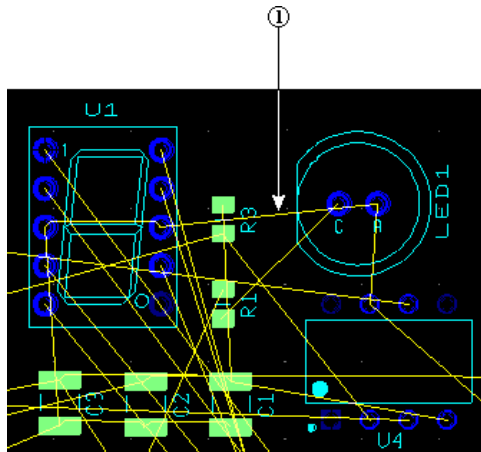
## Connection Machine Trace

Complete the following steps to place a **Connection Machine** trace:

- Choose **Place»Connection Machine**.

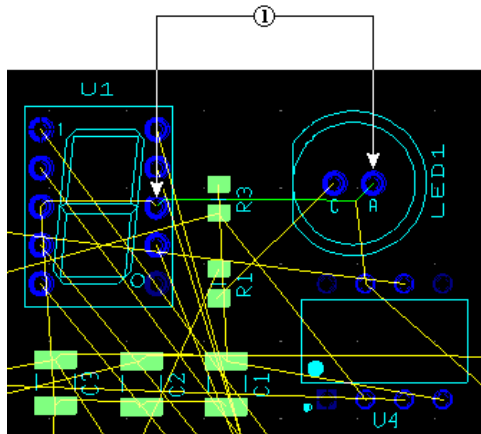


- Click on the segment of the ratsnest indicated below.



- 
- Click Ratsnest
- 

- Move your cursor.  
As the cursor moves, Ultiboard displays various trace placement options.
- Click to fix the trace when you see the route you want. There is no need to click on the ratsnest or the destination pin.



- 
- Trace Segments Appear Between Pins
- 

- Right-click to end trace placement.



# Auto Part Placement

As well as placing parts as described earlier in this section, you can use Ultiboard's automatic part placement functionality.



**Tip** Before autoplacing parts, pre-place and lock any parts that you do not wish to be moved during the autoplacement process. (The mounting holes, and U1, J1, S1, S2, and LED 1 in GS5 have been pre-placed and locked). For details on locking parts, refer to the *Ultiboard Help*.

Complete the following steps to autoplace the parts in *Getting Started*:

1. Open the GS5 design in Ultiboard.
2. Select **Autoroute»Autoplace parts**.

The parts are placed on the circuit board.

## Autorouting Traces

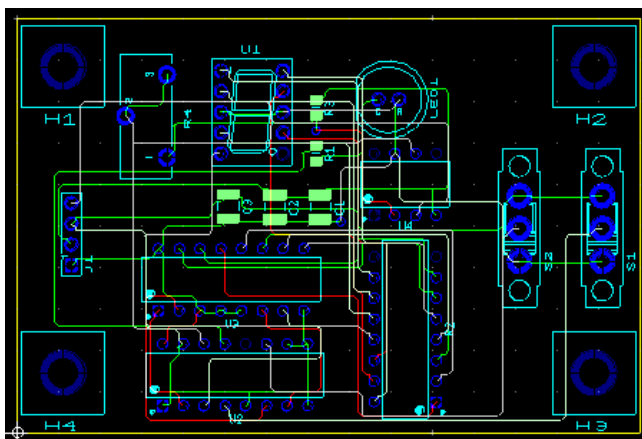
You can place traces in Ultiboard using the methods described earlier in this section, or automatically route the traces as described below.

Complete the following steps to autoroute the traces in *Getting Started*:

1. Open the GS3 design in Ultiboard.
2. Select **Autoroute»Start/resume autorouter**.

The workspace switches to **Autorouter Mode** and trace autorouting begins.

As autorouting proceeds, you will see traces being placed on the board. When autorouting is complete, **Autorouter Mode** closes and you are returned to the workspace.



The autorouter can be stopped at any time and you can make manual changes as desired. When you restart the autorouter, it will continue with the changes you made. Remember to lock any traces that you have placed manually and do not wish to be moved by the autorouter.



**Tip** Use the **Routing Options** dialog box to modify autoplacement and autorouting options. Refer to the *Ultiboard Help* for details.

## Preparing for Manufacturing/Assembly

Ultiboard can produce many different output formats to support your production and manufacturing needs. The following sections explain the functions performed to output your board for production and documentation purposes.

### Cleaning up the Board

Before sending the board for manufacturing, you should clean up any open trace ends (trace segments that do not have any terminating connections in the design) and unused vias.

To delete any open trace ends, open the GS4 design and choose **Edit»Copper delete»Open trace ends**.

To delete any unused vias, select **Design»Remove unused vias**. This deletes all vias that do not have any trace segments or copper areas connected to them.

### Adding Comments

Comments can be used to show engineering change orders, to facilitate collaborative work among team members, or to allow background information to be attached to a design.

You can pin a comment to the workspace, or directly to a part. When a part with an attached comment is moved, the comment also moves.

Refer to the *Ultiboard Help* for details.

### Exporting a File

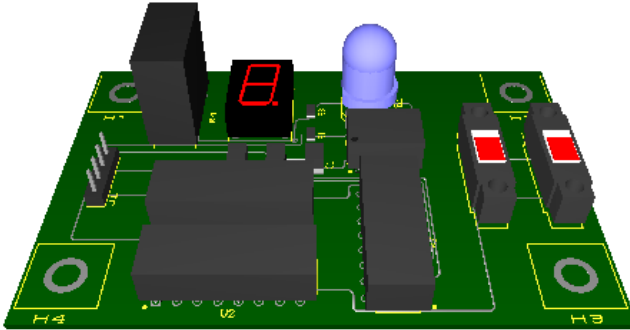
You can export a number of file types, including Gerber. An exported file contains complete information describing how a finished board is to be manufactured.

Refer to the *Ultiboard Help* for details.

## Viewing Designs in 3D

You can use the **3D View** to see what the board looks like in three dimensions at any time during the design.

Refer to the *Ultiboard Help* for details.



Refer to the *NI Trademarks and Logo Guidelines* at [ni.com/trademarks](http://ni.com/trademarks) for more information on National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products/technology, refer to the appropriate location: **Help»Patents** in your software, the `patents.txt` file on your media, or the *National Instruments Patents Notice* at [ni.com/patents](http://ni.com/patents). You can find information about end-user license agreements (EULAs) and third-party legal notices in the readme file for your NI product. Refer to the *Export Compliance Information* at [ni.com/legal/export-compliance](http://ni.com/legal/export-compliance) for the National Instruments global trade compliance policy and how to obtain relevant HTS codes, ECCNs, and other import/export data. NI MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES AS TO THE ACCURACY OF THE INFORMATION CONTAINED HEREIN AND SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY ERRORS. U.S. Government Customers: The data contained in this manual was developed at private expense and is subject to the applicable limited rights and restricted data rights as set forth in FAR 52.227-14, DFAR 252.227-7014, and DFAR 252.227-7015.

© 2006–2016 National Instruments. All rights reserved.

# ERSTE SCHRITTE

# NI Circuit Design Suite

Dieses Dokument enthält folgende Schritt-für-Schritt-Tutorien:

- **Multisim-Tutorium**—*Multisim* ist ein Programm, mit dem Sie Schaltpläne erstellen, simulieren und an den nächsten Arbeitsgang in der Leiterplattenfertigung, zum Beispiel das Leiterplattendesign, weitergeben können. In diesem Tutorium werden Multisim und seine Funktionen vorgestellt.
- **Ultiboard-Tutorium**—*Ultiboard* erzeugt anhand der Daten von Multisim gedruckte Schaltungen, führt einfache mechanische CAD-Arbeitsschritte durch (z. B. Platzierung der Bauelemente auf den Leiterplatten) und bereitet die Leiterplatten für die Produktion vor. Außerdem bietet das Programm automatisierte Funktionen für Bestückung und Verbindungen. Dieses Tutorium zeigt Ihnen, wie Sie die Bauelemente und Leiterbahnen für die im Multisim-Tutorium beschriebenen Schaltungen richtig platzieren. Außerdem lernen Sie, wie die automatische Funktion zum Einfügen von Bauelementen und Verlegen von Leiterbahnen verwendet wird.

In Ihrer Edition sind möglicherweise nicht alle hier beschriebenen Funktionen vorhanden. Eine Liste der Funktionen in Ihrer Edition der Circuit Design Suite finden Sie auf [ni.com](http://ni.com).

## Inhaltsverzeichnis

---

Multisim-Tutorium .....	2
Multisim-Benutzeroberfläche .....	2
Benutzeroberfläche von Multisim .....	3
Überblick .....	4
Erstellen von Schaltplänen .....	5
Erstellen der Datei .....	5
Einfügen der Bauelemente .....	6
Verbinden der Bauelemente .....	11
Simulation .....	13
Virtuelle Messinstrumente .....	13
Analyse .....	15
Graphanzeige .....	17
Postprozessor .....	17
Berichte .....	17
Stückliste .....	18
Ultiboard-Tutorium .....	18
Ultiboard-Benutzeroberfläche .....	19
Ultiboard-Benutzeroberfläche .....	19
Überblick .....	21
Öffnen des Tutoriums .....	21
Auswahl des Leiterplattenumrisses .....	22

Platzieren von Bauelementen.....	24
Verschieben von Bauelementen in den belegbaren Leiterplattenbereich .....	24
Ziehen von Bauelementen von der Registerkarte “Bauelemente” in die Schaltung .....	26
Einfügen der Bauelemente dieses Tutoriums .....	26
Einfügen von Bauelementen aus der Datenbank .....	27
Verschieben von Bauelementen.....	28
Verlegen von Leiterbahnen .....	29
Manuelles Verlegen von Leiterbahnen .....	30
Verlegen von Follow-me-Leiterbahnen .....	32
Vollautomatische Leiterbahnverlegung .....	32
Automatische Bestückung .....	33
Automatische Leiterbahnführung .....	34
Vorbereitung für die Leiterplattenfertigung .....	35
Aufräumen der Leiterplatte .....	35
Hinzufügen von Kommentaren .....	35
Exportieren von Dateien .....	35
3D-Ansicht von Schaltungen .....	36

## Multisim-Tutorium

---

Im vorliegenden Abschnitt erhalten Sie eine kurze Einführung in Multisim und seine Funktionen.

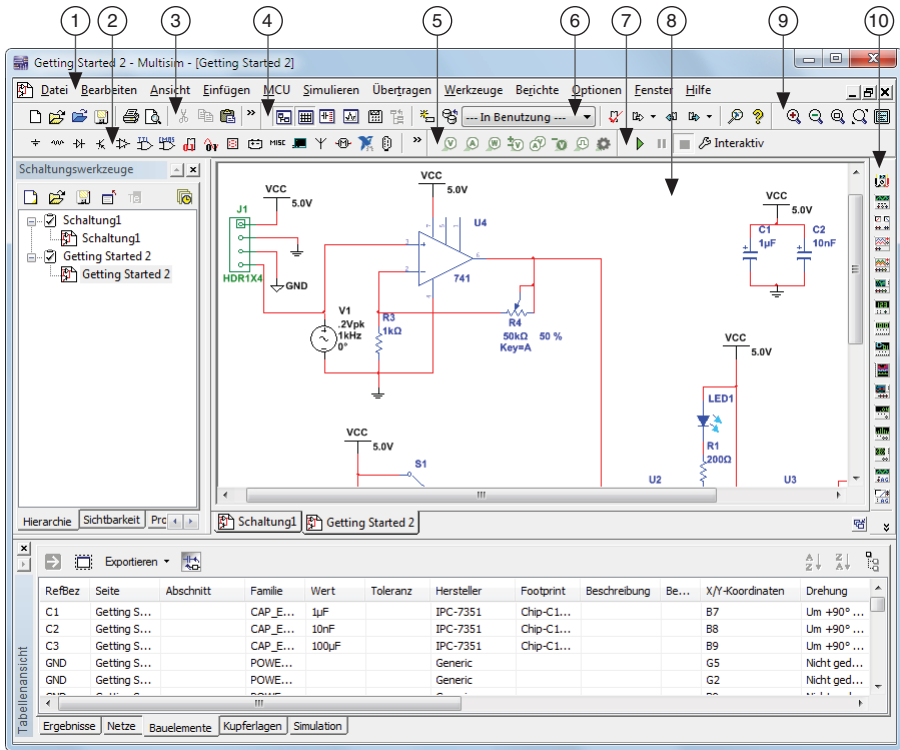
### Multisim-Benutzeroberfläche

Multisim ist das Programm der Circuit Design Suite, mit dem Schaltpläne erstellt und simuliert werden. Die Circuit Design Suite ist ein Softwarepaket zur automatisierten Elektronik-Entwicklung, das Ihnen die wichtigsten Schritte in der Schaltungsentwicklung erleichtert.

In Multisim können Sie einen Schaltplan erstellen, Schaltungen simulieren und die Daten an den nächsten Arbeitsgang (z. B. Leiterplattenbestückung) exportieren.

# Benutzeroberfläche von Multisim

Die Benutzeroberfläche von Multisim enthält folgende Komponenten:



- |                              |                                    |                             |                               |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 Menüleiste                 | 4 Hauptleiste                      | 7 Symbolleiste "Simulation" | 10 Symbolleiste "Instrumente" |
| 2 Symbolleiste "Bauelemente" | 5 Symbolleiste "Tastkopf einfügen" | 8 Arbeitsbereich            |                               |
| 3 Symbolleiste "Standard"    | 6 Symbolleiste "In Benutzung"      | 9 Symbolleiste "Ansicht"    |                               |

Nachfolgend werden die Bestandteile im Einzelnen beschrieben:

	Element	Beschreibung
1	<b>Menüleiste</b>	Führt zu den Menüpunkten für die einzelnen Programmfunktionen.
2	Symbolleiste <b>Bauelemente</b>	Ermöglicht die Auswahl der Bauelemente, die von der Multisim-Datenbank in die Schaltung eingefügt werden sollen.
3	Symbolleiste <b>Standard</b>	Enthält Schaltflächen für die meistgenutzten Funktionen wie Speichern, Drucken, Ausschneiden oder Einfügen.
4	Hauptleiste	Enthält Schaltflächen für gängige Multisim-Funktionen.
5	Symbolleiste <b>Tastkopf einfügen</b>	Enthält Schaltflächen, mit denen Sie verschiedene Arten von Tastköpfen in die Schaltung einfügen können. Von hier aus können Sie auch auf die <b>Tastkopfeinstellungen</b> zugreifen.
6	Liste “In Benutzung”	Enthält eine Liste aller in der Schaltung enthaltenen Bauelemente.
7	Symbolleiste <b>Simulation</b>	Enthält Schaltflächen zum Starten, Stoppen und Unterbrechen von Simulationen.
8	Arbeits- bereich	Enthält Ihre Schaltungen.
9	Symbolleiste <b>Ansicht</b>	Enthält Schaltflächen zum Ändern der Darstellung der Benutzeroberfläche.
10	Symbolleiste <b>Instrumente</b>	Enthält Schaltflächen für die einzelnen Instrumente.

## Überblick

Dieses Tutorium behandelt alle Aspekte des Erstellens einer technischen Schaltung vom Entwerfen des Schaltplans bis hin zum Simulieren der Schaltung. Die Schritte beschreiben, wie Sie eine Schaltung erstellen, mit der ein analoges Kleinsignal erfasst und verstärkt wird und die Perioden des Signals mit einem einfachen digitalen Zähler gezählt werden.

Wenn Sie Schritte überspringen oder nur Teile dieses Tutoriums durcharbeiten möchten, können Sie die vorgefertigten Dateien unter `C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <Version>\samples\Getting Started\` verwenden:

- `Getting Started 1`—Die Schaltung mit allen Bauelementen und Verbindungen. Zu verwenden, wenn Sie nicht alle Bauelemente selbst einfügen möchten.
- `Getting Started 2`—Verbundene Schaltung ohne das Oszilloskop.
- `Getting Started Final`—Fertige Schaltung, die zur Simulation bereit ist.



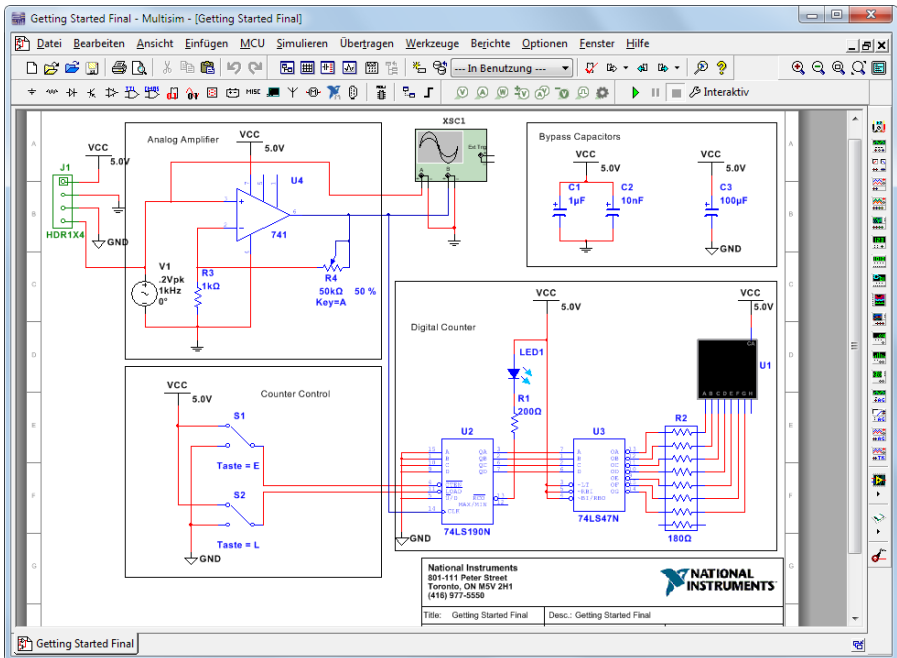
Nützliche Tipps sind links durch ein Symbol gekennzeichnet, zum Beispiel:



**Tip** Sie können jederzeit die Hilfe aufrufen, indem Sie die <F1>-Taste drücken oder in einem Dialogfeld die Schaltfläche **Hilfe** anklicken.

## Erstellen von Schaltplänen

In den folgenden Abschnitten fügen Sie die Bauelemente für die unten abgebildete Schaltung ein und stellen die notwendigen Verbindungen zwischen den Bauelementen her.



## Erstellen der Datei

Gehen Sie zum Erstellen der Schaltungsdatei wie folgt vor:

1. Starten Sie Multisim.  
Im Arbeitsbereich wird eine leere Datei mit dem Namen `Schaltung1` geöffnet.
2. Wählen Sie **Datei>Speichern unter**. Es öffnet sich das Windows-Dialogfeld zum Speichern von Dateien.
3. Wählen Sie einen Speicherort für die Datei aus. Geben Sie unter **Dateiname** anschließend `MyGettingStarted` ein und klicken Sie auf die Schaltfläche **Speichern**.

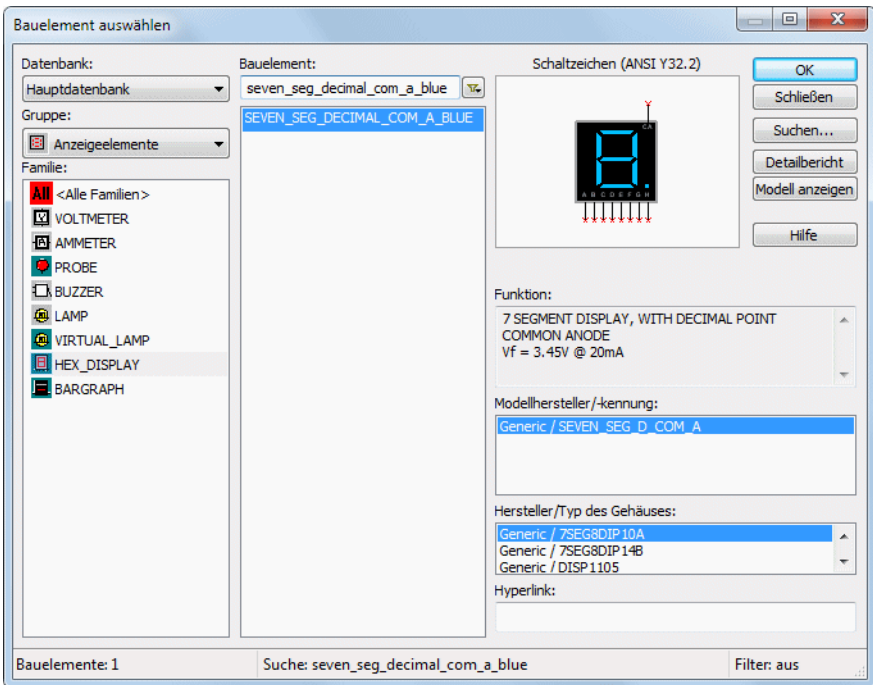


**Tip** Um Datenverlust vorzubeugen, sollten Sie regelmäßig Sicherungskopien erstellen. Die entsprechende Einstellung, **Automatische Sicherung**, befindet sich auf der Registerkarte **Speichern** des Dialogfelds **Allgemeine Einstellungen**.

# Einfügen der Bauelemente

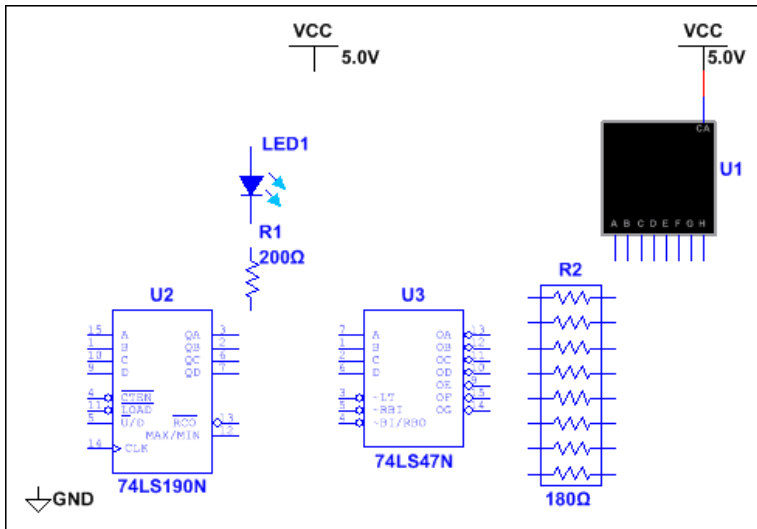
Gehen Sie zum Einfügen der Bauelemente in MyGettingStarted wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Einfügen»Bauelement**, um zum Dialogfeld **Bauelement auswählen** zu gelangen.
2. Wählen Sie unter **Gruppe** die Kategorie **Anzeigeelemente** aus und stellen Sie die **Familie** der Bauelemente auf **HEX\_DISPLAY** ein.
3. Wählen Sie aus der Bauelement-Liste **seven\_seg\_decimal\_com\_a\_blue** aus und klicken Sie auf **OK**.



Das Bauelement erscheint daraufhin umrisshaft unter dem Cursor.

1. Bewegen Sie den Cursor in die rechte untere Ecke der Arbeitsfläche und klicken Sie, um das Bauelement einzufügen.  
Die Kennung für dieses Bauelement lautet U1.
2. Fügen Sie die restlichen Bauelemente wie dargestellt in den Bereich für den Zählerbaustein ein.



**Tipp** Um den 200-Ω-Widerstand senkrecht einzufügen, drücken Sie die Tastenkombination <Strg + R>.

Klicken Sie den Widerstand R2 nach dem Ablegen doppelt an und ändern Sie den **Widerstand** in 180 Ω.



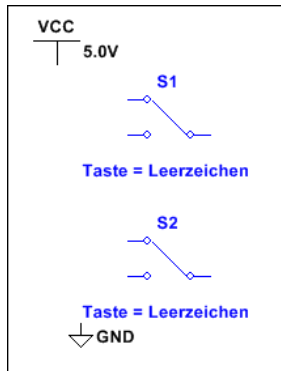
**Tipp** Welcher **Gruppe** und **Familie** jedes Bauelement angehört, ist unter [Auffinden von Bauelementen](#) beschrieben.



**Hinweis** Widerstände, Kondensatoren und Spulen haben standardmäßig kein Gehäuse. Damit Bauelemente dieser Art sich in ein Leiterplattenlayout in Ultiboard exportieren lassen, müssen Sie jedoch aus dem Feld **Hersteller/Typ des Gehäuses** ein Gehäuse auswählen. Signalquellen und Erdungsbaulemente haben kein Gehäuse und werden nicht in das Layout exportiert.

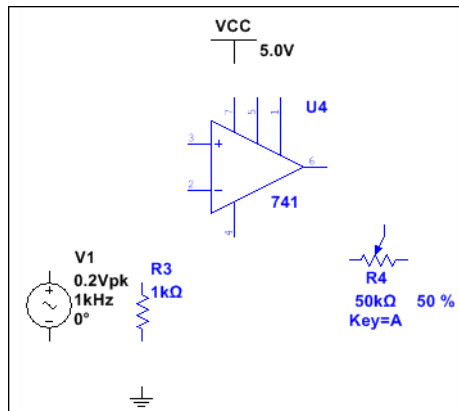
3. Fügen Sie die Bauelemente für die Zählersteuerung wie dargestellt ein.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf jeden SPDT-Schalter und wählen Sie **Horizontal spiegeln**.

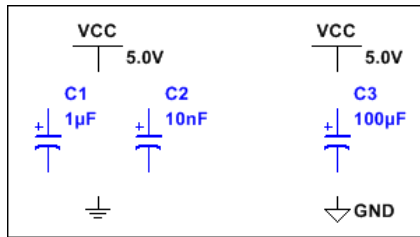


4. Fügen Sie die Bauelemente für den Analogverstärker wie dargestellt ein und drehen Sie sie bei Bedarf.

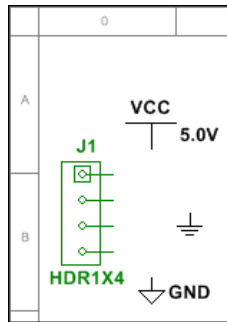
Klicken Sie die Wechselspannungsquelle (V1) doppelt an und ändern Sie **Spitzen-spannung (Pk)** in 0.2 V.



5. Fügen Sie die Bauelemente für die Überbrückungskondensatoren wie dargestellt ein.



6. Fügen Sie den Steckverbinder und die dazugehörigen Bauelemente ein (vgl. Abbildung unten).



## Auffinden von Bauelementen

Nachfolgend erfahren Sie, wie Sie im Dialogfeld **Bauelement auswählen** zu den einzelnen Bauelementen für diese Schaltung gelangen.

In diesem Tutorium werden nur generische Bauelemente aus der Hauptdatenbank verwendet.



**Tipp** Die Nummerierung der Referenzbezeichner für die Bauelemente entspricht der Reihenfolge, in der die Bauelemente eingefügt werden (z. B. U1, U2, U3). Wenn Sie also die Bauelemente in einer anderen Reihenfolge als in der Abbildung einfügen, ändert sich die Nummerierung entsprechend. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Funktion der Schaltung.

Referenzbezeichner und Bauelement	Gruppe	Familie	Hersteller/Typ des Gehäuses
LED1 - LED_blue	Dioden	LED	Ultiboard / LED9R2_5vb
VCC GND - DGND GROUND	Quellen	POWER_SOURCES	—
U1 - SEVEN_SEG_ DECIMAL_ COM_A_BLUE	Anzeigeele- mente	HEX_DISPLAY	Generic / 7SEG8DIP10A
U2 - 74LS190N U3 - 74LS47N	TTL	74LS	IPC-2221A/2222/ NO16
R1 - 200 $\Omega$	Grund- elemente	RESISTOR	IPC-7351 / Chip-R0805
R2 - 8Line_Isolated	Grund- elemente	RPACK	IPC-2221A/2222/ DIP-16
R3 - 1k	Grund- elemente	RESISTOR	IPC-7351/ Chip-R0805
R4 - 50k	Grund- elemente	POTENTIOMETER	Generic / LIN_POT
S1, S2 - SPDT	Grund- elemente	SWITCH	Generic / SPDT
U4 - 741	Analog	OPAMP	IPC-2221A/2222/ DIP-8
V1 - AC_VOLTAGE	Quellen	SIGNAL_VOLTAGE_ SOURCES	—
C1 - 1 $\mu$ F C2 - 10 nF C3 - 100 $\mu$ F	Grund- elemente	CAP_ELECTROLIT	IPC-7351/ Chip-C1210
J1 - HDR1X4	Steck- verbinder	HEADERS_TEST	Generic / HDR1X4



**Hinweis** Beim Einfügen von Widerständen, Spulen oder Kondensatoren enthält das Dialogfeld **Bauelement auswählen** geringfügig andere Optionen als sonst. Beim Einfügen der Bauelemente können Sie eine beliebige Kombination der Bauelement-

parameter wie Wert des Bauelements (z. B. Widerstandswert) oder Typ (z. B. Kohleschicht) wählen. Beim Einfügen eines Bauelements, das später in ein PCB-Layout exportiert werden soll, muss die Kombination der Werte jedoch kommerziell erhältlich sein.

## Verbinden der Bauelemente

Alle Bauelemente haben Pins, über die sie mit anderen Bauelementen oder Geräten verbunden werden können. Sobald sich der Cursor über einem Pin befindet, verwandelt sich der Cursor in ein Fadenkreuz und Sie können Verbindungen herstellen.



**Tipp** Nun können Sie entweder die benötigten Verbindungen für Ihre Schaltung herstellen oder mit `Getting Started 1` unter `C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <Version>\samples\Getting Started\` fortfahren.

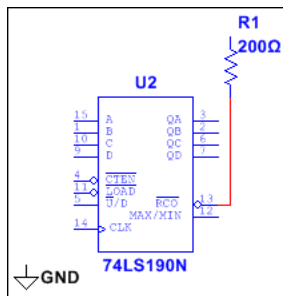
Führen Sie zum Verbinden von Bauelementen folgende Schritte aus:

1. Klicken Sie den Ausgangspunkt für die Verbindung an (der Cursor verwandelt sich daraufhin in ein Fadenkreuz) und bewegen Sie die Maus.

Daraufhin erscheint unter dem Cursor eine Linie, die eine Leiterbahn symbolisiert.

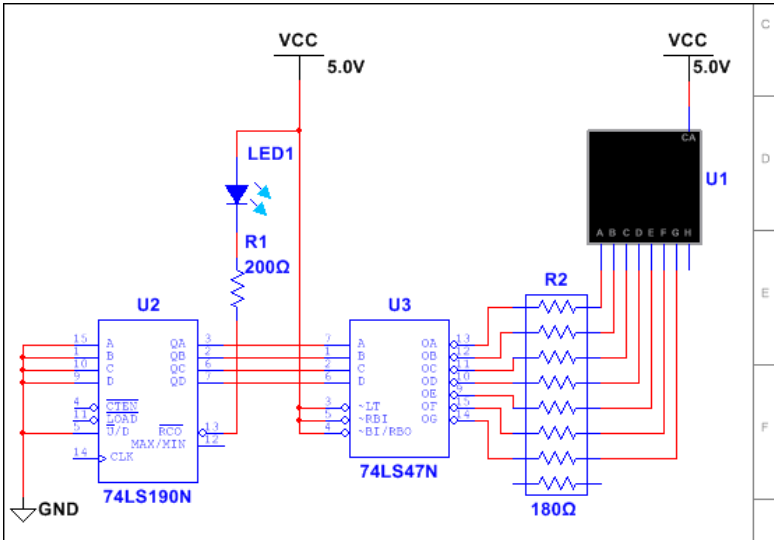
2. Klicken Sie auf den Pin des zweiten Bauelements, an dem die Verbindung enden soll.

Multisim erstellt daraufhin eine Leiterbahn und fügt diese, wie nachfolgend dargestellt, automatisch an der richtigen Stelle und in der richtigen Konfiguration ein.



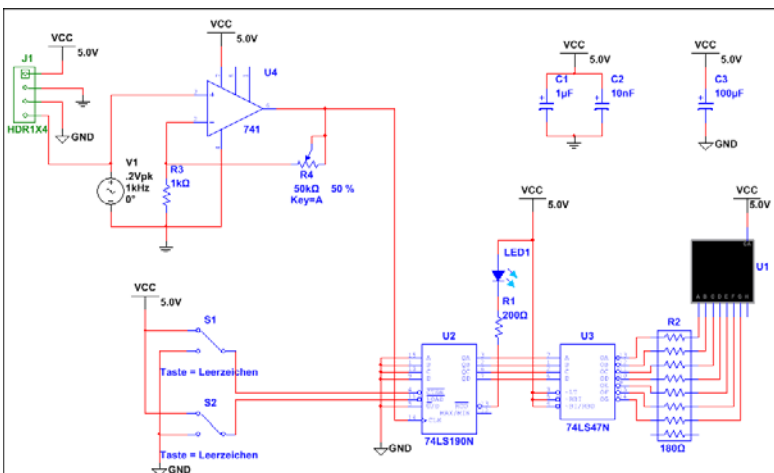
**Tipp** Der Verlauf der Leiterbahn kann durch Mausklicks bestimmt werden. Bei jedem Klick wird die Leiterbahn an der entsprechenden Stelle fixiert.

3. Verbinden Sie die restlichen Bauelemente für den Zählerbaustein entsprechend der Darstellung.



**Tipp Virtuelle Verbindungen** – Damit die Verbindung nicht zu unübersichtlich wird, können Sie zwischen dem Abschnitt für die Zählersteuerung und dem Abschnitt für den Digitalzähler mit Hilfe von seitenspezifischen Steckverbindern virtuelle Verbindungen herstellen. Weitere Informationen dazu finden Sie in der Programmhilfe von Multisim, *Multisim Help*.

4. Verdrahten Sie den Rest der Schaltung entsprechend der folgenden Abbildung.





# Simulation

Durch Simulation einer Schaltung mit Multisim lassen sich schon früh Fehler in Schaltungen erkennen, wodurch Zeit und Geld gespart wird.

## Virtuelle Messinstrumente

In diesem Abschnitt wird die Schaltung simuliert und das Ergebnis der Simulation mit Hilfe eines virtuellen Oszilloskops angezeigt.



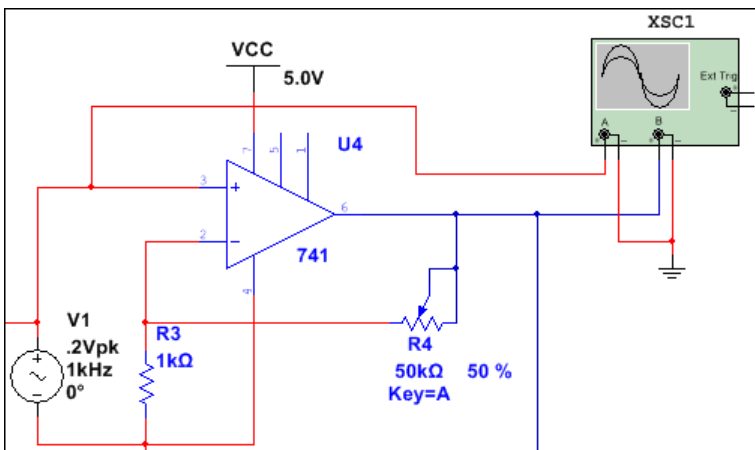
**Tipp** Wenn Sie die Übung im vorherigen Abschnitt nicht abgeschlossen haben, können Sie an dieser Stelle mit der Datei `Getting Started 2` im Verzeichnis `C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <Version>\samples\Getting Started\` fortfahren.

1. Konfigurieren Sie die Bedientasten für die Schalter S1 und S2:
  - a. Klicken Sie jedes der Bauelemente doppelt an und klicken Sie auf die Registerkarte **Wert**.
  - b. Wählen Sie unter **Umschalttaste** "E" für S1 und "L" für S2.
2. Aktivieren Sie den Zähler durch Betätigen der <E>-Taste.

### ODER

Klicken Sie auf den verbreiterten Schalterkontakt, der angezeigt wird, wenn sich der Cursor über S1 befindet.

3. Fügen Sie über **Simulieren»Instrumente»Oszilloskop** ein Oszilloskop ein.
4. Stellen Sie die Verbindungen für das Oszilloskop der Abbildung entsprechend her.



**Tipp** Zur besseren Unterscheidung der Kurven im Oszilloskop können Sie diese farblich verändern. Klicken Sie dazu den **B**-Eingang des Oszilloskops doppelt an. Wählen Sie eine andere **Netzfarbe** als die der Leitung an Eingang **A** aus, z. B. Blau.

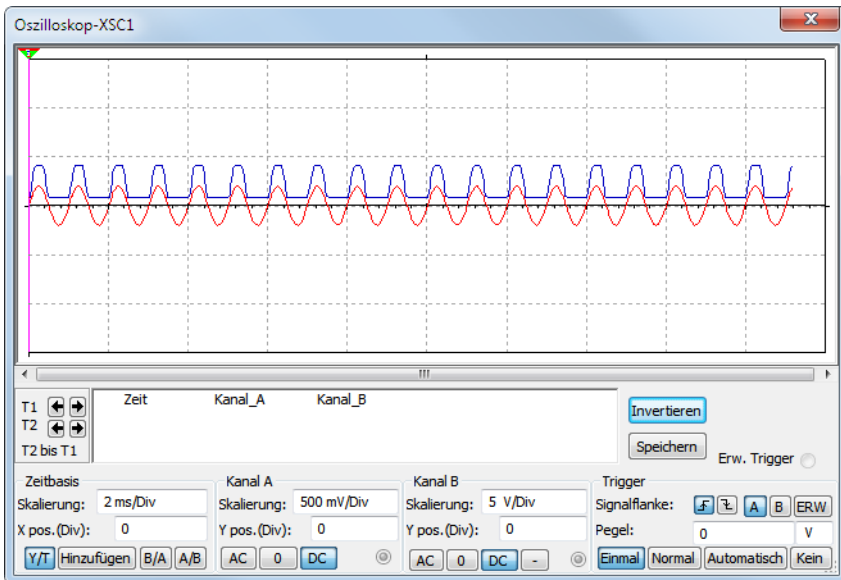
5. Klicken Sie das Symbol für das Oszilloskop doppelt an, so dass die Vorderseite des Geräts eingeblendet wird.
6. Wählen Sie **Simulieren»Start**.



Das Oszilloskop zeigt nun das Ausgangssignal des Operationsverstärkers an.

7. Stellen Sie die **Zeitbasis** auf 2 ms/Div und die **Skalierung** von Kanal A auf 500 mV/Div ein. Klicken Sie auf **Invertieren**, so dass der Hintergrund des Oszilloskops weiß angezeigt wird.

Das Oszilloskop zeigt Folgendes an:



Während der Simulation der Schaltung zählt die 7-Segment-Anzeige aufwärts. Wenn der Zähler einmal durchgezählt hat, leuchtet eine LED auf.

8. Gehen Sie wie folgt vor:
  - a. Drücken Sie während der Simulation die Taste <E>, um den Zähler zu aktivieren oder zu deaktivieren.
  - b. Mit <L> wird der Zähler auf Null gestellt.
  - c. Drücken Sie <Shift + A> und beobachten Sie, was beim Verringern des Potentiometerwerts geschieht. Wiederholen Sie den Vorgang, aber drücken Sie diesmal <A>, um den Potentiometerwert zu erhöhen.



**Tipp** Statt mit den oben genannten Tasten können Sie die Bauelemente auch mit der Maus bedienen.

## Analyse

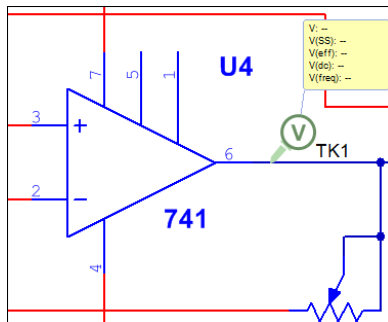
In diesem Abschnitt führen Sie an Ihrer Schaltung einen **AC-Sweep** durch, um den Frequenzgang des Verstärkers zu prüfen.

Zum Durchführen eines **AC-Sweeps** am Ausgang des Operationsverstärkers gehen Sie wie folgt vor:

1. Wenn Sie die Übung im vorherigen Abschnitt nicht abgeschlossen haben, können Sie an dieser Stelle mit der Datei `Getting Started Final` im Verzeichnis `C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <Version>\samples\Getting Started\` fortfahren.
2. Klicken Sie in der Symbolleiste **Tastkopf einfügen** auf die Schaltfläche **Spannungstastkopf einfügen**.



3. Platzieren Sie den Tastkopf an die Leiterbahn von Pin 6 des Operationsverstärkers.



**Tipp** Wenn ein Tastkopf in eine Verbindung eingeschaltet ist, wird er grün angezeigt (vgl. Abbildung oben). Anderenfalls wird er ausgegraut dargestellt und ist inaktiv.

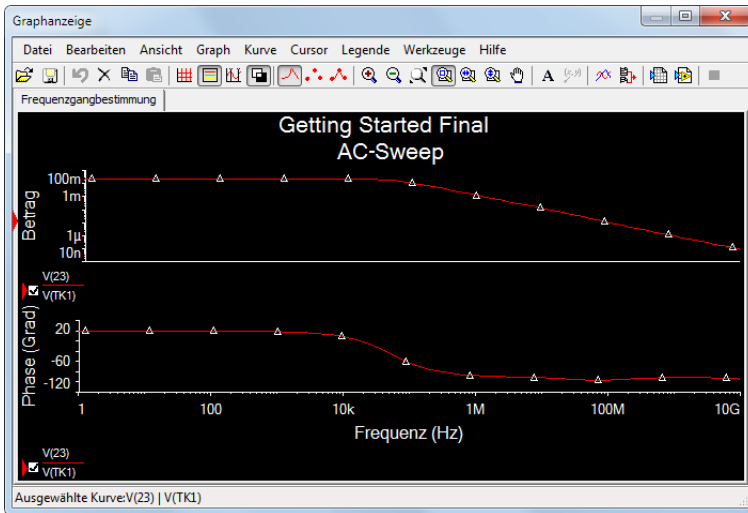
4. Wählen Sie **Simulieren»Analysen und Simulation**.

Daraufhin öffnet sich das Dialogfeld **Analysen und Simulation**.



**Tipp** Stattdessen können Sie auch in der Symbolleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Interaktiv** klicken.

5. Klicken Sie in der Spalte **Aktive Analyse** auf **AC-Sweep** und klicken Sie auf **Start**. Daraufhin wird das Dialogfeld **Analysen und Simulation** geschlossen und es öffnet sich die **Graphanzeige** mit den Ergebnissen der Analyse.



**Tipp** Die Schaltfläche **Interaktiv** in der Symbolleiste **Simulation** ändert sich der ausgewählten Analyse entsprechend in **AC-Sweep**. Durch Anklicken dieser Schaltfläche gelangen Sie zum Dialogfeld **Analysen und Simulation**.



**Tipp** Nach Auswahl einer Analyseart kann die entsprechende Analyse über die Schaltfläche **Start** erneut gestartet werden.

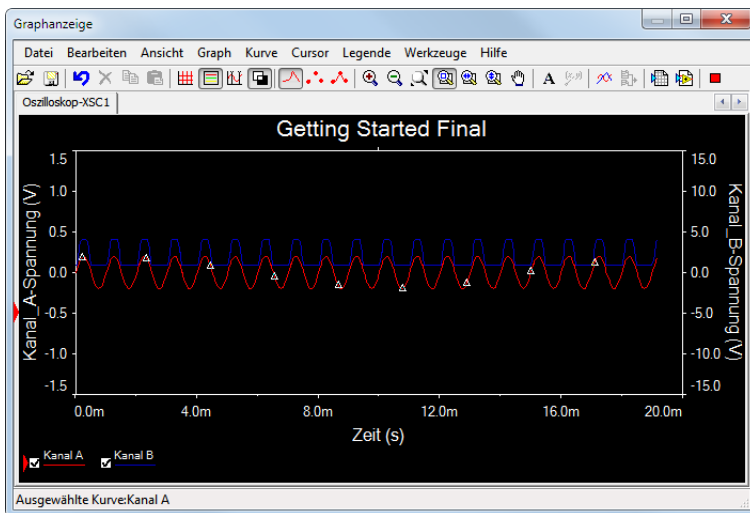


# Graphanzeige

Mit der **Graphanzeige** können Graphen angezeigt, bearbeitet, gespeichert und exportiert werden. Die Anzeige stellt außerdem die Signale bestimmter Instrumente dar, z. B. die des Oszilloskops.

Zur Anzeige der Simulationsergebnisse in der **Graphanzeige** gehen Sie wie folgt vor:

1. Vergewissern Sie sich, dass **Interaktiv** in der Symbolleiste **Simulation** ausgewählt ist und starten Sie die Simulation mit Hilfe des Oszilloskops wie zuvor beschrieben.
2. Wählen Sie **Ansicht»Graphanzeige**, wenn die **Graphanzeige** nicht zu sehen ist.



## Postprozessor

Im **Postprozessor** können Sie mit Ihren Analyse-Ergebnissen Berechnungen durchführen oder die Ergebnisse grafisch darstellen. Auf die Ergebnisse können arithmetische, trigonometrische, logarithmische, komplexe und logische Operationen sowie Exponential- und Vektorfunktionen angewandt werden.

## Berichte

In Multisim können Berichte unterschiedlichster Art erzeugt werden, z. B. **Stücklisten** (BOMs), Berichte über **Einzelheiten zu Bauelementen**, **Netzlisten**, **Schaltplanstatistiken**, **Listen unbelegter Gatter** oder **Querverweisberichte**.

Im folgenden Abschnitt soll für den Beispielschaltplan eine **Stückliste** erstellt werden.

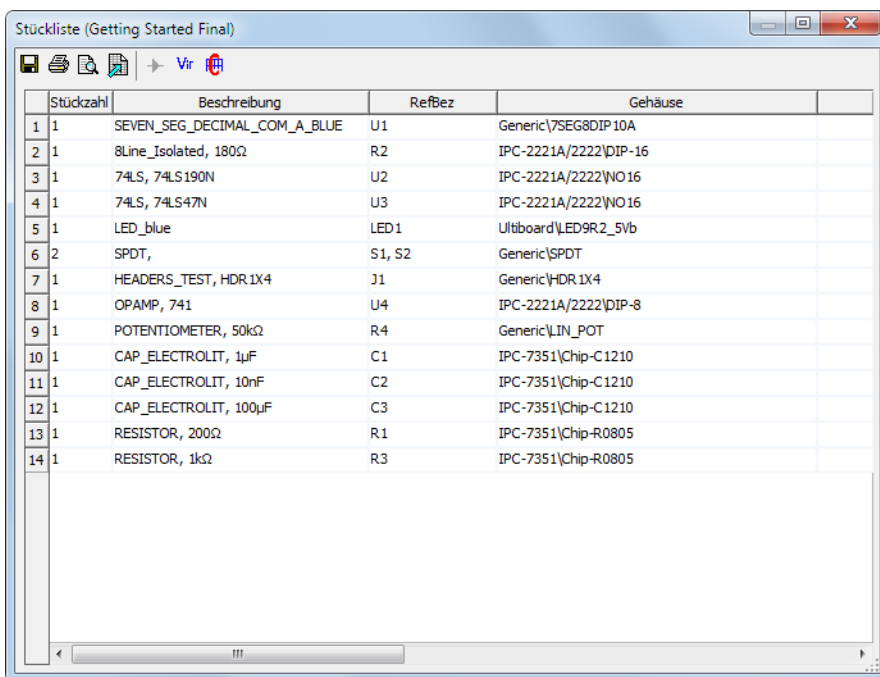
## Stückliste

Eine Stückliste ist eine Aufstellung der Bauelemente, die für eine bestimmte Schaltung und die Herstellung der zugehörigen Leiterplatte verwendet werden.

Folgende Angaben sind zu jedem Bauelement enthalten:

- benötigte Menge
- Beschreibung einschließlich des Bauelementtyps (z. B. Widerstand) und des Werts (z. B. 200  $\Omega$ )
- Referenzbezeichner
- Gehäusename

Wählen Sie **Berichte»Stückliste** aus. Damit erhalten Sie einen Bericht, der in etwa wie folgt aussieht:



The screenshot shows a software window titled 'Stückliste (Getting Started Final)'. It contains a table with four columns: 'Stückzahl', 'Beschreibung', 'RefBez', and 'Gehäuse'. The table lists 14 items, including components like SEVEN\_SEG\_DECIMAL\_COM\_A\_BLUE, 8Line\_Isolated, 74LS190N, 74LS47N, LED\_blue, SPDT, HEADERS\_TEST, OPAMP, POTENTIOMETER, CAP\_ELECTROLIT, and RESISTOR, along with their respective reference designators and housing names.

	Stückzahl	Beschreibung	RefBez	Gehäuse
1	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE	U1	Generic\7SEG8DIP 10A
2	1	8Line_Isolated, 180 $\Omega$	R2	IPC-2221A\2222\DP-16
3	1	74LS, 74LS190N	U2	IPC-2221A\2222\NO 16
4	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A\2222\NO 16
5	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9R2_5Vb
6	2	SPDT,	S1, S2	Generic\SPDT
7	1	HEADERS_TEST, HDR1X4	J1	Generic\HDR 1X4
8	1	OPAMP, 741	U4	IPC-2221A\2222\DP-8
9	1	POTENTIOMETER, 50k $\Omega$	R4	Generic\LIN_POT
10	1	CAP_ELECTROLIT, 1 $\mu$ F	C1	IPC-7351\Chip-C1210
11	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip-C1210
12	1	CAP_ELECTROLIT, 100 $\mu$ F	C3	IPC-7351\Chip-C1210
13	1	RESISTOR, 200 $\Omega$	R1	IPC-7351\Chip-R0805
14	1	RESISTOR, 1k $\Omega$	R3	IPC-7351\Chip-R0805

## Ultiboard-Tutorium

In diesem Tutorium wird die praktische Erstellung von Leiterplatten anhand der im Multisim-Tutorium beschriebenen Schaltpläne erläutert.

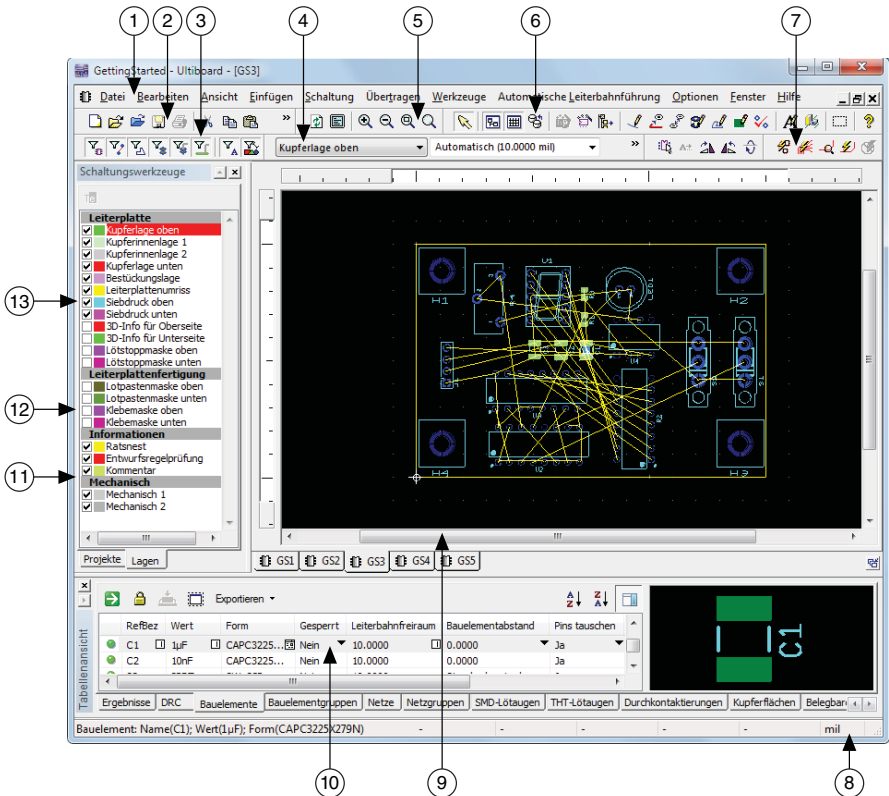
# Ultiboard-Benutzeroberfläche

Ultiboard ist das Programm der NI Circuit Design Suite, mit dem das Layout von Leiterplatten entwickelt wird. Die Circuit Design Suite ist ein Softwarepaket zur automatisierten Elektronik-Entwicklung, das Ihnen die wichtigsten Schritte in der Schaltungsentwicklung erleichtert.

Ultiboard erzeugt anhand der Daten von Multisim gedruckte Schaltungen, führt einfache mechanische CAD-Arbeitsschritte durch (z. B. Platzierung der Bauelemente auf den Leiterplatten) und bereitet die Leiterplatten für die Produktion vor. Außerdem bietet das Programm automatisierte Funktionen für Bestückung und Verbindungen.

## Ultiboard-Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche von Ultiboard enthält folgende Komponenten:



- |                                       |   |                        |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| 1 Menüleiste                          | 6 Hauptleiste                             | 11 Schaltungswerkzeuge |
| 2 Symbolleiste "Standard"             | 7 Symbolleiste "Autom. Leiterbahnführung" | 12 3D-Vorschau         |
| 3 Symbolleiste "Auswahl"              |   | 13 Vogelperspektive    |
| 4 Symbolleiste "Zeicheneinstellungen" | 8 Statusleiste                            |                        |
| 5 Symbolleiste "Ansicht"              | 9 Arbeitsbereich                          |                        |
|                                       | 10 Tabellenansicht                        |                        |

Nachfolgend werden die Bestandteile im Einzelnen beschrieben:

	Element	Beschreibung
1	<b>Menüleiste</b>	Führt zu den Menüpunkten für die einzelnen Programmfunktionen.
2	Symbolleiste <b>Standard</b>	Enthält Schaltflächen für die meistgenutzten Funktionen wie Speichern, Drucken, Ausschneiden oder Einfügen.
3	Symbolleiste <b>Auswahl</b>	Je mehr Bauelemente und Leiterbahnen Sie einer Leiterplatte hinzufügen, desto schwieriger wird es, ein bestimmtes Objekt zu markieren. Diese Symbolleiste enthält Schaltflächen, die das Markieren von Objekten vereinfachen.
4	Symbolleiste <b>Zeicheneinstellungen</b>	Diese Symbolleiste ermöglicht die Auswahl der Lage, Dicke und Maßeinheit gezeichneter Linien oder Objekte. Außerdem enthält sie Schaltflächen für Funktionen, mit denen die Darstellung von Linien und Formen auf einer Lage geändert werden kann.
5	Symbolleiste <b>Ansicht</b>	Enthält Schaltflächen zum Ändern der Darstellung der Benutzeroberfläche.
6	Hauptleiste	Enthält Schaltflächen für gängige Funktionen zur Leiterplattengestaltung.
7	Symbolleiste <b>Autom. Leiterbahnführung</b>	Enthält Funktionen zur automatischen Bestückung und Leiterbahnverlegung.
8	<b>Statusleiste</b>	Zeigt nützliche und wichtige Informationen an.
9	Arbeitsbereich	Enthält das Design Ihrer Leiterplatte.
10	<b>Tabellenansicht</b>	Ermöglicht das Abfragen und Ändern von Angaben zu Bauelementen, wie Platzbedarf, Referenzbezeichnung, Attribute oder Beschränkungen.
11	<b>Schaltungswerkzeuge</b>	Ermöglicht das Auffinden von Projektdateien sowie das Ausblenden oder Ausgrauen von Schaltungsbereichen.
12	<b>3D-Vorschau</b>	Zeigt eine dreidimensionale Vorschau der Leiterplatte an.
13	<b>Vogelperspektive</b>	Gestattet einen Draufblick auf die Leiterplatte und vereinfacht die Orientierung im Arbeitsbereich.



# Überblick

Dieses Tutorium zeigt Ihnen, wie Sie die Bauelemente und Leiterbahnen für die im Multisim-Kapitel beschriebenen Schaltungen richtig platzieren.

Wenn Sie Schritte überspringen oder nur Teile dieses Tutoriums durcharbeiten möchten, können Sie die folgenden Registerkarten unter `C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite <version>\samples\Getting Started\GettingStarted` verwenden:

- Registerkarte **GS1**—Die Bauelemente wurden bereits aus Multisim importiert und stehen am Rand des Leiterplattenumrisses zum Platzieren bereit. Dies ist der Ausgangspunkt für die Übungen in diesem Tutorium.
- Registerkarte **GS2**—Die Leiterplatte hat bereits die richtige Größe und ist mit den Bauelementen bestückt.
- Registerkarte **GS3**—Zusätzlich zu den Bauelementen wurden bereits vier Bohrungen aus der Datenbank auf der Leiterplatte platziert.
- Registerkarte **GS4**—Zusätzlich zu den Bauelementen und Bohrungen enthält die Leiterplatte bereits die Leiterbahnen und Kupferflächen.
- Registerkarte **GS5**—Die Leiterplatte ist fertig bestückt und verdrahtet und manche Bauelemente sind gesperrt. Gesperrte Bauelemente werden bei der automatischen Bestückung nicht verschoben.

Nützliche Tipps sind links durch ein Symbol gekennzeichnet, zum Beispiel:



**Tipp** Sie können jederzeit die Hilfe aufrufen, indem Sie die <F1>-Taste drücken oder in einem Dialogfeld die Schaltfläche **Hilfe** anklicken.

## Öffnen des Tutoriums

Zum Öffnen der Übungsdatei gehen Sie wie folgt vor:

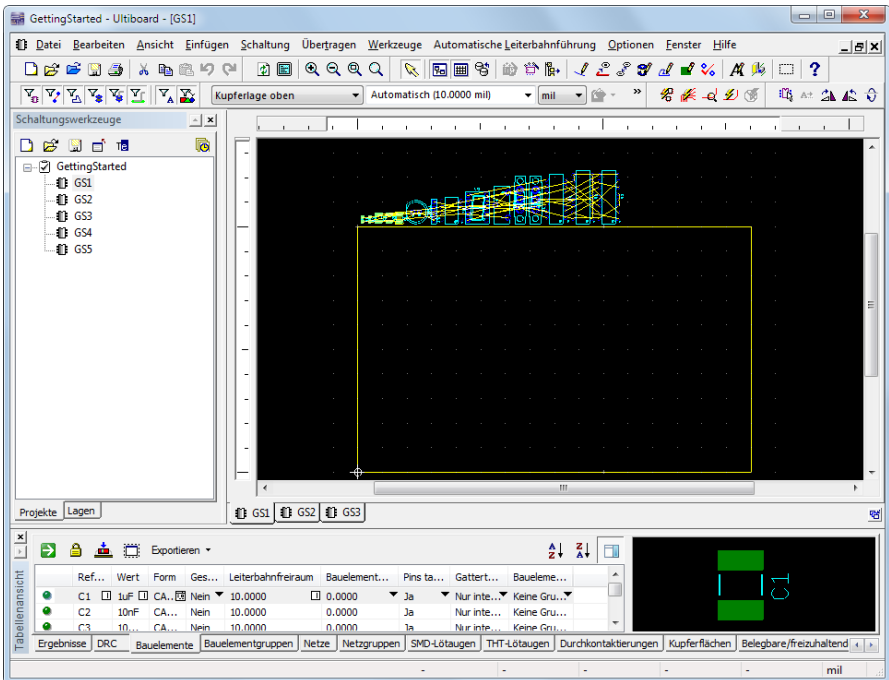
1. Starten Sie Ultiboard, wählen Sie **Datei>Beispiel öffnen** und klicken Sie doppelt auf den Ordner `Getting Started`, um ihn zu öffnen.
2. Wählen Sie `GettingStarted` und klicken Sie auf **Öffnen**.

Die Projektdatei wird in Ultiboard geladen.



**Tipp** Das Importieren von Multisim-Schaltungen in Ultiboard ist in der *Multisim Help* und der *Ultiboard Help* beschrieben.

### 3. Wählen Sie die Schaltung GS1 aus.



**Tip** Zum Auswählen einer Schaltung aus dem Projekt (z. B. GS1) klicken Sie entweder auf die dazugehörige Registerkarte oder wählen Sie auf der Registerkarte **Projekte** der **Schaltungswerkzeuge** den Namen der Schaltung aus.

## Auswahl des Leiterplattenumrisses

Der eingestellte Standardleiterplattenumriss kann, wenn er für Ihre Bauelemente ungeeignet ist, geändert werden, z. B.:

- durch Ziehen eines Leiterplattenumrisses mit Hilfe der Zeichenwerkzeuge
- durch Importieren einer DXF-Datei
- mit Hilfe des **Leiterplattenassistenten**.

Um mit dem **Leiterplattenassistenten** zu arbeiten, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie auf der Registerkarte **Lagen** doppelt auf **Leiterplattenumriss**.
2. Klicken Sie in der Schaltung GS1 auf die vorhandene Kontur und drücken Sie die Taste <Entf>.
3. Wählen Sie **Werkzeuge**»**Leiterplattenassistent**.
4. Wählen Sie **Lagentechnologie ändern**, so dass die **Technologie**-Optionen aktiviert werden.

5. Wählen Sie **Mehrere Lagen mit doppelseitigen Leiterplatten (Lagenpaare)** aus und klicken Sie auf **Weiter**.
6. Stellen Sie die Anzahl der **Lagenpaare** auf 2 ein und lassen Sie die Option **Sacklöcher** deaktiviert.
7. Klicken Sie auf **Weiter**.

Im Dialogfeld **Leiterplattenassistent - Leiterplattenform**:

- a. muss **Einheit** auf **mil** eingestellt sein.
  - b. muss der **Bezugspunkt** zur **Ausrichtung** auf **Unten links** gesetzt sein.
  - c. muss für **Form und Größe der Leiterplatte** die Option **Rechteckig** ausgewählt sein.
  - d. muss die **Breite** 3000 und die **Höhe** auf 2000 lauten.
  - e. muss der **Freiraum** 5.00000 lauten.
- Dieser Wert gibt die Breite des freizuhaltenden Leiterplattenrands an.
8. Klicken Sie anschließend auf **Beenden**.
- Der Leiterplattenumriss wird Ihrer Schaltung hinzugefügt.



**Hinweis** Weitere Einzelheiten zum **Leiterplattenassistenten** erhalten Sie in der *Ultiboard Help*.

Zum Verschieben des Leiterplattenumrisses gehen Sie wie folgt vor:

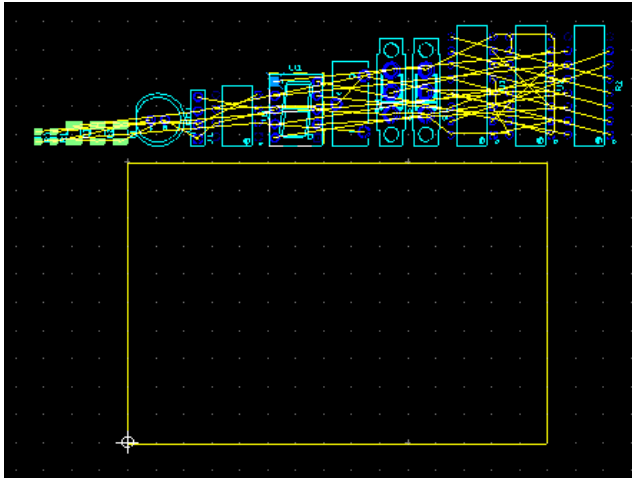
1. Klicken Sie an einer beliebigen Stelle auf den Leiterplattenumriss und ziehen Sie die Leiterplatte direkt unter die Bauelemente.

Zum Ändern des Bezugspunkts gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Schaltung»Bezugspunkt festlegen**.

Damit wird der Bezugspunkt dem Cursor unterlegt.

2. Führen Sie den Cursor in die linke untere Ecke des Leiterplattenumrisses und führen Sie zum Einfügen des Bezugspunkts einen Mausklick aus.



## Platzieren von Bauelementen

Zum Einfügen der Bauelemente in die Leiterplatte GS1 gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Wählen Sie Bauelemente aus dem Bereich außerhalb des Leiterplattenumrisses aus und ziehen Sie sie an die gewünschte Stelle.
- Suchen Sie die Bauelemente auf der Registerkarte **Bauelemente** in der **Tabellenansicht** und fügen Sie sie von dort aus ein.
- Wählen Sie Bauelemente aus der Datenbank aus und platzieren Sie die Bauelemente.



**Tipp** Mit **Einfügen»Platzierung von Bauelementen aufheben** können Sie alle nicht gesperrten Bauelemente von der Leiterplatte entfernen und sie noch einmal auf eine andere Weise einfügen.

## Verschieben von Bauelementen in den belegbaren Leiterplattenbereich

Beim Öffnen einer Netzliste aus Multisim oder aus einem anderen Programm zum Erstellen von Schaltplänen werden die Bauelemente normalerweise zunächst außerhalb des Leiterplattenumrisses angeordnet.

Um U1 in das Innere des Leiterplattenumrisses zu ziehen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie unter **Schaltungswerkzeuge** doppelt auf **Kupferlage oben**. Dadurch wird diese Lage als aktive Lage ausgewählt.

- Suchen Sie in den Bauelementen außerhalb des Leiterplattenumrisses nach U1. Zoomen Sie die Leiterplatte dazu mit Hilfe des Mausekurses heran, bis Sie U1 erkennen können.



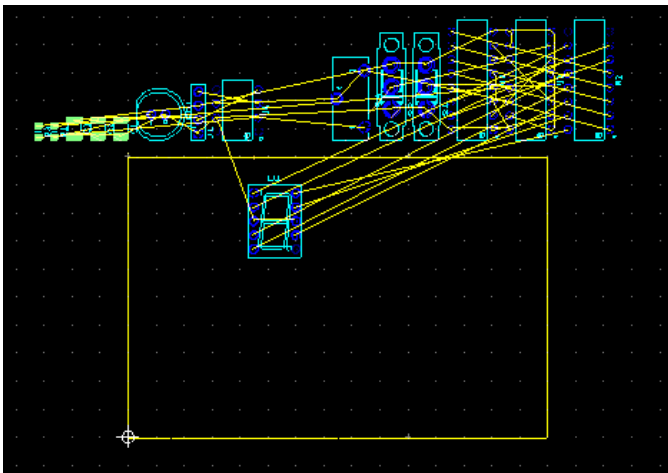
**Tipp** Mit Hilfe der Funktion **Bearbeiten»Suchen** können Sie nach einem Bauelement suchen. Diese Funktion arbeitet im Großen und Ganzen wie die Suchfunktion anderer Anwendungen. Zusätzlich können Sie ein Bauelement jedoch auch nach Namen, Nummer, Form, Wert oder nach all diesen Parametern ausfindig machen. Weitere Informationen dazu finden Sie in der *Ultiboard Help*.

- Klicken Sie auf U1 (die 7-Segment-Anzeige) und ziehen Sie sie an die in der nachfolgenden Abbildung gezeigte Position.

Beim Verschieben des Bauelements wird das Ratsnest mit verschoben. Ein Ratsnest ist eine geradlinige Verbindung zwischen Lötungen und zeigt an, dass zwischen ihnen eine leitende Verbindung besteht. Ein Ratsnest ist keine Leiterbahn.

U1 bleibt so lange ausgewählt, bis Sie die Markierung aufheben. In Ultiboard müssen Sie jeden Vorgang beenden, bevor Sie fortfahren können.

Klicken Sie an eine andere Stelle im Arbeitsbereich, um die Markierung des Bauelements aufzuheben.



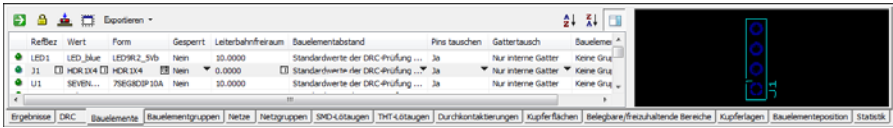
- Klicken Sie auf die Registerkarte **Bauelemente** in der **Tabellenansicht** und scrollen Sie zu U1.

Beachten Sie, dass der grüne Punkt neben dem Bauelement etwas heller leuchtet – dadurch wird angezeigt, dass das Bauelement bereits auf der Leiterplatte platziert wurde.

# Ziehen von Bauelementen von der Registerkarte “Bauelemente” in die Schaltung

Um Bauelemente von der Registerkarte **Bauelemente** an eine andere Stelle zu ziehen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Scrollen Sie auf der Registerkarte **Bauelemente** zu J1.



2. Klicken Sie in der Tabelle auf den grünen Punkt neben J1 und ziehen Sie das Bauelement aus der Registerkarte **Bauelemente** in den Arbeitsbereich.

J1 wird daraufhin dem Cursor unterlegt.

3. Legen Sie J1 links am Rand etwa mittig auf der Leiterplatte ab.

Nun leuchtet der grüne Punkt neben J1 auf der Registerkarte **Bauelemente** etwas heller und zeigt damit an, dass das Bauelement auf der Leiterplatte platziert wurde.

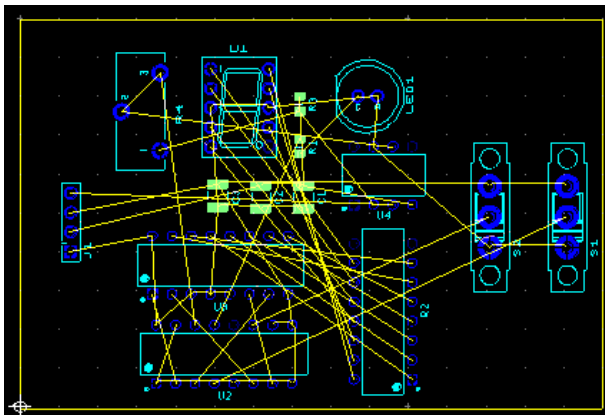
## Einfügen der Bauelemente dieses Tutoriums

Bestücken Sie die Leiterplatte wie in der folgenden Abbildung. Die Vorgehensweise bleibt Ihnen überlassen.



**Tipp** Sie können aber auch die Datei GS2 in Ihrem Projekt öffnen, die bereits entsprechend vorbereitet wurde.

Die Schaltung sollte wie folgt aussehen:



# Einfügen von Bauelementen aus der Datenbank

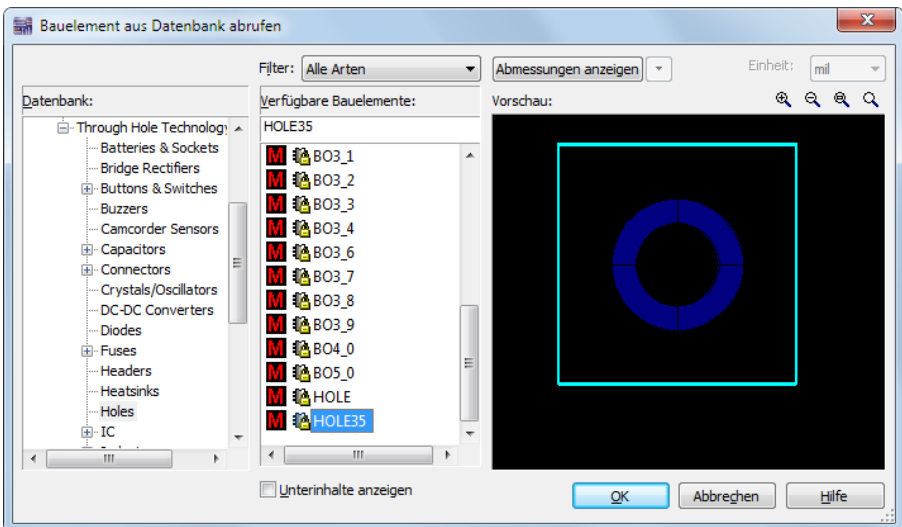
Statt Bauelemente und andere Komponenten zu importieren, können Sie sie auch direkt aus der Datenbank in die Leiterplatte einfügen. Im Folgenden wird auf diese Weise eine Montagebohrung vorgenommen.

Zum Einfügen von Bauelementen aus der Datenbank gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Einfügen»Aus Datenbank**.

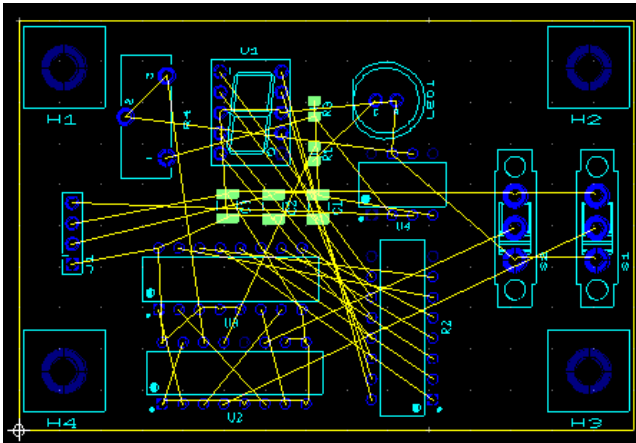


2. Daraufhin öffnet sich das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen**.
3. Erweitern Sie unter **Datenbank** die Kategorie **Ultiboard-Hauptdatenbank»Through Hole Technology Parts** und wählen Sie die Kategorie **Holes**.  
Unter **Verfügbare Bauelemente** werden daraufhin unterschiedliche Bohrlöcher angezeigt.
4. Klicken Sie unter **Verfügbare Bauelemente** auf **HOLE35**.  
Die Komponente wird daraufhin in der **Vorschau** angezeigt.



5. Klicken Sie auf **OK**.  
Das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen** wird nun geschlossen und das Dialogfeld **Referenzbezeichnung für Bauelement eingeben** geöffnet.
6. Geben Sie den **Refbez für Form HOLE35** (H1) und den **Wert** (HOLE) ein und klicken Sie auf **OK**.
7. Bewegen Sie den Cursor über die Leiterplatte.  
Die Komponente ist nun dem Cursor unterlegt.

8. Bewegen Sie den Cursor in die linke obere Ecke und klicken Sie mit der linken Maustaste, um das Bohrloch auf der Leiterplatte zu platzieren.  
Es erscheint erneut das Dialogfeld **Referenzbezeichnung für Bauelement eingeben**. Der **RefBez für Form HOLE35** wurde automatisch auf H2 erhöht.
9. Geben Sie den Wert (HOLE) ein und klicken Sie auf **OK**, um die nächste Bohrung in der rechten oberen Ecke zu platzieren.
10. Wiederholen Sie diese Schritte zum Einfügen von H3 in der rechten unteren Ecke und H4 in der linken unteren Ecke.
11. Klicken Sie zweimal nacheinander auf **Abbrechen**.  
Daraufhin schließt sich das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen**.



## Verschieben von Bauelementen

Die Vorgehensweisen zum Verschieben von Bauelementen ähneln denen für das Einfügen.

Um ein Bauelement auszuwählen, das sich bereits auf der Leiterplatte befindet, müssen Sie nur darauf klicken.

Zum Festlegen der Koordinaten, an die das Bauelement verschoben werden soll, drücken Sie auf der Tastatur die <\*>-Taste.

Stattdessen können Sie auch auf der Registerkarte **Bauelemente** der **Tabellenansicht** ein platziertes Bauelement auswählen (durch einen hell leuchtenden grünen Punkt gekennzeichnet) und es an eine andere Stelle ziehen.



**Tipp** Beschriftung und Lötäugen von Bauelementen gehören nicht zum Footprint. Beim Markieren eines Bauelements auf der Leiterplatte müssen Sie daher darauf achten, dass Sie das gesamte Bauelement markieren und nicht nur die Beschriftung und die Lötäugen. Um diesen Vorgang zu erleichtern, können Sie die **Auswahlfilter** zu Hilfe nehmen. Weitere Informationen finden Sie in der Hilfe zu Ultiboard, *Ultiboard Help*.





**Tipp** Zum Verschieben eines Bauelements markieren Sie es und drücken Sie die Pfeiltasten auf der Tastatur.

Um eine Gruppe von Bauelementen zu markieren und zu verschieben, gehen Sie wie folgt vor:

- Halten Sie die <Shift>-Taste gedrückt und klicken Sie mehrere Bauelemente an.
- Ziehen Sie um mehrere Bauelemente einen Rahmen auf.

Alle markierten Bauelemente werden beim Bewegen des Cursors gemeinsam verschoben.

Mit **Bearbeiten»Ausrichten** können markierte Bauelemente so verschoben werden, dass ihre Ränder in einer Linie sind oder die Bauelemente einen bestimmten Abstand voneinander haben.

So platzieren Sie das eingefügte Bohrloch über **Bearbeiten»Ausrichten** an die richtige Stelle:

1. Markieren Sie H1 und halten Sie die <Shift>-Taste gedrückt, um H2 auszuwählen.
2. Wählen Sie **Bearbeiten»Ausrichten»Oben ausrichten**.  
Wenn H2 nicht in einer Linie mit H1 eingefügt wurde, wird es nun entsprechend verschoben.
3. Klicken Sie auf einen freien Bereich auf der Leiterplatte, um die Auswahl aufzuheben, und markieren Sie H2 und H3.
4. Wählen Sie **Bearbeiten»Ausrichten»Rechtsbündig**.
5. Fahren Sie auf diese Weise mit dem Ausrichten der Unterkanten von H3 und H4 sowie der linken Kanten von H1 und H4 fort.

## Verlegen von Leiterbahnen

Zum Verlegen von Leiterbahnen stehen Ihnen die folgenden Optionen zur Verfügung:

- manuell eingefügte Leiterbahn
- Follow-me-Leiterbahn
- vollautomatische Leiterbahnverlegung

Eine manuell eingefügte Leiterbahn wird genau so verlegt, wie Sie es vorgeben, auch wenn die Leiterbahn durch ein Hindernis verläuft.

Eine Follow-me-Leiterbahn stellt selbstständig zulässige Verbindungen zwischen den mit der Maus ausgewählten Pins her. Sie können die Maus also von Pin zu Pin bewegen und so eine Leiterbahn anlegen.

Beim vollautomatischen Einfügen von Leiterbahnen werden zwei Pins auf dem kürzest-möglichen Weg miteinander verbunden, wobei der Verlauf der Leiterbahn nachträglich von Hand geändert werden kann.

Bevor Sie mit der Maus klicken, um eine Leiterbahn an einer bestimmten Stelle zu fixieren, können Sie durch Zurückbewegen des Cursors ein Stück der Leiterbahn entfernen.

Ein neues Segment wird immer dann erzeugt, wenn Sie durch Mausklicks eine Leiterbahn manuell verlegen oder wenn eine (halb-)automatisch verlegte Leiterbahn die Richtung ändert.



**Tipp** Vergewissern Sie sich, dass Sie das richtige Leiterbahnsegment oder die gesamte Leiterbahn ausgewählt haben.

## Manuelles Verlegen von Leiterbahnen

Sie können entweder mit der bisher verwendeten Datei fortfahren oder GS3 öffnen.

Vergewissern Sie sich, bevor Sie beginnen, dass die **Kupferlage oben** aktiv ist. **Kupferlage oben** muss auf der Registerkarte **Lagen** der **Schaltungswerkzeuge** rot hervorgehoben sein.

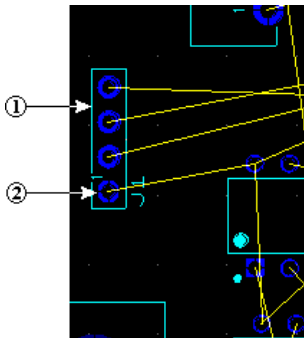
Zum manuellen Verlegen einer Leiterbahn gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Einfügen»Linie**.



**Tipp** Mit dem Menüpunkt **Linie** wird auf einer beliebigen Lage eine Linie erzeugt. Die Art der Linie ist je nach ausgewählter Lage unterschiedlich. Wenn die ausgewählte Lage zum Beispiel die Siebdrucklage ist, wird damit auf der Siebdrucklage eine Linie erzeugt. Bei einer Kupferlage wird mit dieser Option eine leitende Verbindung hergestellt.

2. Orten Sie auf der linken Seite der Leiterplatte das Bauelement “J1” und suchen Sie den unten dargestellten Startpin.



1 Bauelement J1

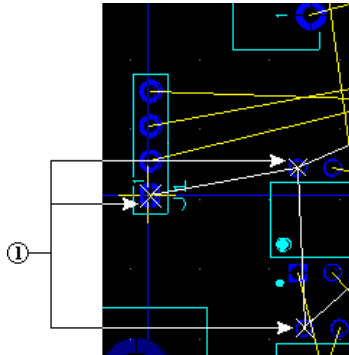
2 Startpin



**Tipp** Wenn Sie Hilfe benötigen, um das Bauelement zu finden, markieren Sie es auf der Registerkarte **Bauelemente** und klicken Sie die Schaltfläche **Ausgewähltes Bauelement suchen** an. Das Bauelement wird daraufhin im Arbeitsbereich markiert. Bei Bedarf können Sie mit Hilfe des Mausekzes näher heranzoomen.

3. Klicken Sie auf den Pin, der im Schritt oben festgelegt wurde.

Ultiboard hebt alle Pins durch ein “X” hervor, die sich im selben Netz wie der angeklickte Pin befinden. So wissen Sie, welche Pins Ihrem Schaltplan und Ihrer Netzliste entsprechend zu verbinden sind.




---

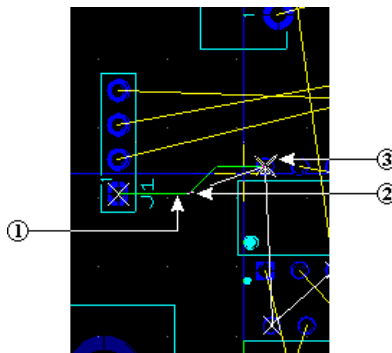
1 Pins im selben Netz

---

4. Bewegen Sie den Cursor in eine beliebige Richtung.

Eine grüne Linie (die Leiterbahn) wird nun an den ausgewählten Pin angefügt. Mit jedem Klick fixieren Sie ein Leiterbahnensegment, wie in der folgenden Abbildung dargestellt ist.

5. Klicken Sie, um die Leiterbahn am Zielpin zu fixieren (vgl. die folgende Abbildung).




---

1 Leiterbahn

2 Zum Fixieren der Leiterbahn klicken

3 Zielpin

---

6. Mit einem Rechtsklick und Auswahl von **Abbrechen** wird das Verlegen von Leiterbahnen beendet.
7. Um den Modus zum Verlegen von Leiterbahnen zu beenden, klicken Sie in der **Hauptleiste** auf die Schaltfläche **Auswählen**.



## Verlegen von Follow-me-Leiterbahnen

Zum Verlegen einer Follow-me-Leiterbahn gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Einfügen»Follow-me**.



2. Klicken Sie auf den oberen Pin von J1.
3. Klicken Sie den Pin von U4 an, der durch das "X" markiert ist.  
Ultiboard stellt automatisch eine Verbindung zwischen den Pins her.
4. Mit einem Rechtsklick und Auswahl von **Abbrechen** wird das Verlegen von Leiterbahnen beendet.

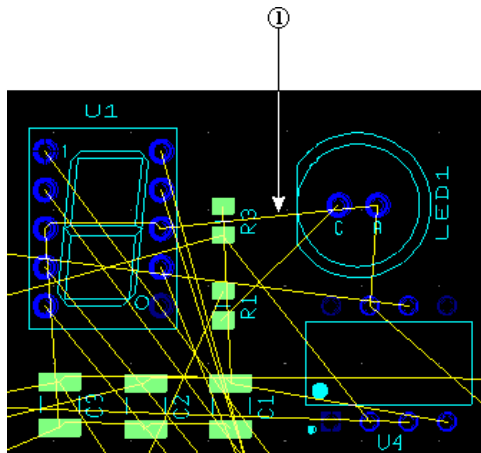
## Vollautomatische Leiterbahnverlegung

Zum vollautomatischen Verlegen von Leiterbahnen gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Einfügen»Vollautomatisch**.



2. Klicken Sie auf die nachfolgend dargestellte Luftlinie.



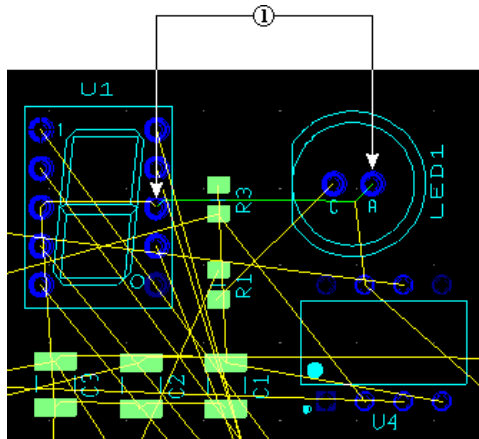
---

1 Luftlinie anklicken

---

3. Bewegen Sie den Cursor.  
Während der Cursor-Bewegung zeigt Ultiboard mehrere Verlegeoptionen an.

4. Wenn Sie den gewünschten Leiterbahnverlauf sehen, fixieren Sie die Leiterbahn durch einen Klick. Sie müssen dazu nicht auf die Luftlinie oder den Pin klicken, an dem die Verbindung enden soll.



---

1 Leiterbahnsegmente zwischen Pins

---

5. Mit einem Rechtsklick beenden Sie die Leiterbahnplatzierung.

## Automatische Bestückung

Neben den bisher beschriebenen Möglichkeiten zum Bestücken von Leiterplatten bietet Ultiboard eine Funktion zur vollautomatischen Bauelementplatzierung.



**Tipp** Vor dem automatischen Bestücken der Leiterplatte müssen Sie alle Bauelemente, die vom automatischen Einfügen ausgenommen werden sollen, per Hand einfügen und an der gewünschten Stelle fixieren (die Montagebohrungen sowie U1, J1, S1, S2 und LED 1 in GS5 wurden beispielsweise bereits fixiert). Weitere Informationen zum Fixieren von Bauelementen finden Sie in der *Ultiboard Help*.

Zum automatischen Einfügen der Bauelemente in der Datei `GettingStarted` gehen Sie wie folgt vor:

1. Öffnen Sie die Schaltung GS5 in Ultiboard.
2. Wählen Sie **Automatische Leiterbahnführung»Automatisch bestücken**.

Die Leiterplatte wird nun mit den Bauelementen bestückt.

# Automatische Leiterbahnführung

Leiterbahnen können in Ultiboard entweder nach den bisher beschriebenen Verfahren oder automatisch verlegt werden. Die automatische Leiterbahnführung wird nachfolgend erklärt.

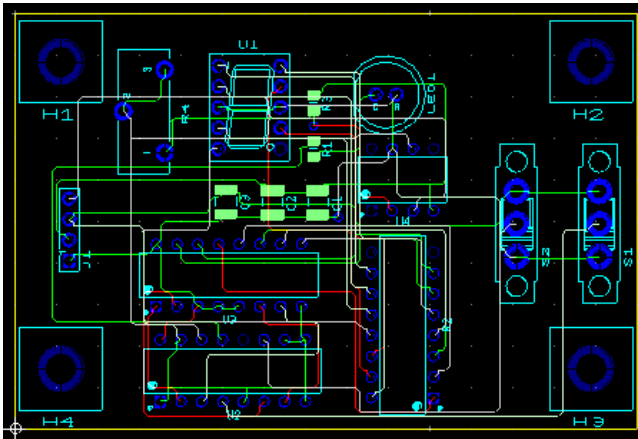
Zum automatischen Verbinden der Leiterbahnen in *Getting Started* gehen Sie wie folgt vor:

1. Öffnen Sie in Ultiboard die Schaltung GS3.
2. Wählen Sie **Automatische Leiterbahnführung»Automatische Leiterbahnführung starten/fortsetzen**.

Der Arbeitsbereich wechselt in den **Modus der automatischen Leiterbahnführung**.

Daraufhin können Sie sehen, wie die Leiterbahnen auf der Leiterplatte verlegt werden.

Nach Abschluss des Vorgangs wechselt Ultiboard zurück zum Arbeitsbereich.



Sie können die automatische Leiterbahnführung jederzeit anhalten und manuelle Änderungen vornehmen. Bei erneutem Start der automatischen Leiterbahnführung fährt die Funktion an der letzten Stelle fort. Alle manuell verlegten Leiterbahnen müssen fixiert werden, damit sie nicht durch die Automatik verschoben werden.



**Tipp** Die Einstellungen zum automatischen Bestücken mit Bauelementen und zur automatischen Leiterbahnführung befinden sich in den **Leiterbahnführungsoptionen**. Weitere Informationen dazu finden Sie in der *Ultiboard Help*.

# Vorbereitung für die Leiterplattenfertigung

Ultiboard bietet eine Vielzahl verschiedener Ausgabeformate für die Produktion und Fertigung der Leiterplatte. In den folgenden Abschnitten erfahren Sie mehr über das Fertigen der Leiterplatte und das Dokumentieren des gefertigten Produkts.

## Aufräumen der Leiterplatte

Bevor Sie die Leiterplatte in die Fertigung schicken, sollten Sie alle offenen Leiterbahnenenden und ungenutzten Lötungen von der Leiterplatte beseitigen.

Das Löschen offener Leiterbahnenenden soll nun anhand der Schaltung *GS4* geübt werden. Öffnen Sie die Datei und wählen Sie **Bearbeiten»Kupferflächen löschen»Offene Leiterbahnenenden**.

Zum Löschen ungenutzter Durchkontaktierungen wählen Sie **Schaltung»Ungenutzte Durchkontaktierungen löschen**. Daraufhin werden alle Durchkontaktierungen ohne dazugehörige Leiterbahnen oder Kupferflächen gelöscht.

## Hinzufügen von Kommentaren

Mit Hilfe von Kommentaren können Sie Änderungsaufträge oder Hintergrundinformationen an die Ingenieursabteilung übermitteln.

Sie können Kommentare in die Schaltung einfügen oder direkt an ein Bauelement anheften. Wenn Sie das betreffende Bauelement verschieben, so verschiebt sich der Kommentar ebenfalls.

Weitere Informationen dazu finden Sie in der *Ultiboard Help*.

## Exportieren von Dateien

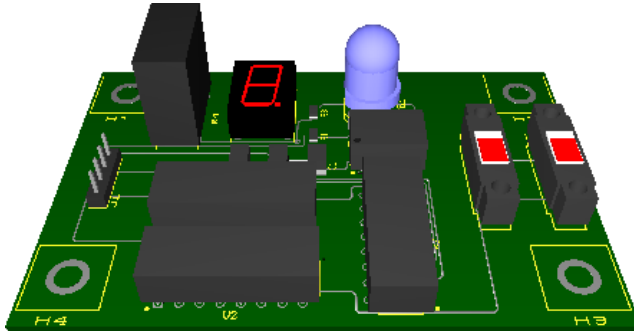
Für den Export stehen viele unterschiedliche Dateitypen, u. a. Gerber, zur Verfügung. Eine Exportdatei enthält umfassende Angaben zur Fertigung einer Leiterplatte.

Weitere Informationen dazu finden Sie in der *Ultiboard Help*.

# 3D-Ansicht von Schaltungen

Mit der **3D-Ansicht** können Sie sich jederzeit eine dreidimensionale Vorschau der Leiterplatte ansehen.

Weitere Informationen dazu finden Sie in der *Ultiboard Help*.



Weitere Informationen zu Marken von NI finden Sie in den *NI Trademarks and Logo Guidelines* auf [ni.com/trademarks](http://ni.com/trademarks). Sonstige hierin erwähnte Produkt- und Firmenbezeichnungen sind Marken oder Handelsnamen der jeweiligen Unternehmen. Nähere Informationen über den Patentschutz von Produkten oder Technologien von NI finden Sie unter **Hilfe»Patente** in Ihrer Software, in der Datei `patents.txt` auf Ihrem Datenträger oder in den *Patentinformationen von National Instruments* auf [ni.com/patents](http://ni.com/patents). Informationen zu Endbenutzer-Lizenzverträgen (EULAs) und Rechtshinweise von Drittanbietern finden Sie in der Readme zu Ihrem Produkt von NI. Informationen zu den von NI eingehaltenen internationalen Handelsbestimmungen sowie zu Bezugsquellen für relevante HTS-Codes, ECCNs und andere Import-/Export-Kennndaten finden Sie auf [ni.com/legal/export-compliance](http://ni.com/legal/export-compliance) unter der Überschrift *Export Compliance Information*. NI übernimmt jedoch weder ausdrücklich noch stillschweigend irgendeine Gewährleistung für die Richtigkeit oder Vollständigkeit der in diesem Dokument enthaltenen Informationen und haftet nicht für Fehler. Kunden aus US-Regierungsbehörden: Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen wurden auf private Kosten entwickelt und unterliegen den anwendbaren beschränkten Rechten und beschränkten Datenrechten, die in FAR 52.227-14, DFAR 252.227-7014 und DFAR 252.227-7015 dargelegt sind.