

NI Circuit Design Suite

Getting Started with NI Circuit Design Suite

Worldwide Technical Support and Product Information

ni.com

National Instruments Corporate Headquarters

11500 North Mopac Expressway Austin, Texas 78759-3504 USA Tel: 512 683 0100

Worldwide Offices

Australia 1800 300 800, Austria 43 662 457990-0, Belgium 32 (0) 2 757 0020, Brazil 55 11 3262 3599, Canada 800 433 3488, China 86 21 5050 9800, Czech Republic 420 224 235 774, Denmark 45 45 76 26 00, Finland 358 (0) 9 725 72511, France 01 57 66 24 24, Germany 49 89 7413130, India 91 80 41190000, Israel 972 3 6393737, Italy 39 02 41309277, Japan 0120-527196, Korea 82 02 3451 3400, Lebanon 961 (0) 1 33 28 28, Malaysia 1800 887710, Mexico 01 800 010 0793, Netherlands 31 (0) 348 433 466, New Zealand 0800 553 322, Norway 47 (0) 66 90 76 60, Poland 48 22 3390150, Portugal 351 210 311 210, Russia 7 495 783 6851, Singapore 1800 226 5886, Slovenia 386 3 425 42 00, South Africa 27 0 11 805 8197, Spain 34 91 640 0085, Sweden 46 (0) 8 587 895 00, Switzerland 41 56 2005151, Taiwan 886 02 2377 2222, Thailand 662 278 6777, Turkey 90 212 279 3031, United Kingdom 44 (0) 1635 523545

For further support information, refer to the *Technical Support and Professional Services* appendix. To comment on National Instruments documentation, refer to the National Instruments Web site at ni.com/info and enter the info code `feedback`.

Important Information

Warranty

The media on which you receive National Instruments software are warranted not to fail to execute programming instructions, due to defects in materials and workmanship, for a period of 90 days from date of shipment, as evidenced by receipts or other documentation. National Instruments will, at its option, repair or replace software media that do not execute programming instructions if National Instruments receives notice of such defects during the warranty period. National Instruments does not warrant that the operation of the software shall be uninterrupted or error free.

A Return Material Authorization (RMA) number must be obtained from the factory and clearly marked on the outside of the package before any equipment will be accepted for warranty work. National Instruments will pay the shipping costs of returning to the owner parts which are covered by warranty.

National Instruments believes that the information in this document is accurate. The document has been carefully reviewed for technical accuracy. In the event that technical or typographical errors exist, National Instruments reserves the right to make changes to subsequent editions of this document without prior notice to holders of this edition. The reader should consult National Instruments if errors are suspected. In no event shall National Instruments be liable for any damages arising out of or related to this document or the information contained in it.

EXCEPT AS SPECIFIED HEREIN, NATIONAL INSTRUMENTS MAKES NO WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. CUSTOMER'S RIGHT TO RECOVER DAMAGES CAUSED BY FAULT OR NEGLIGENCE ON THE PART OF NATIONAL INSTRUMENTS SHALL BE LIMITED TO THE AMOUNT THEREFORE PAID BY THE CUSTOMER. NATIONAL INSTRUMENTS WILL NOT BE LIABLE FOR DAMAGES RESULTING FROM LOSS OF DATA, PROFITS, USE OF PRODUCTS, OR INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF. This limitation of the liability of National Instruments will apply regardless of the form of action, whether in contract or tort, including negligence. Any action against National Instruments must be brought within one year after the cause of action accrues. National Instruments shall not be liable for any delay in performance due to causes beyond its reasonable control. The warranty provided herein does not cover damages, defects, malfunctions, or service failures caused by owner's failure to follow the National Instruments installation, operation, or maintenance instructions; owner's modification of the product; owner's abuse, misuse, or negligent acts; and power failure or surges, fire, flood, accident, actions of third parties, or other events outside reasonable control.

Copyright

Under the copyright laws, this publication may not be reproduced or transmitted in any form, electronic or mechanical, including photocopying, recording, storing in an information retrieval system, or translating, in whole or in part, without the prior written consent of National Instruments Corporation.

National Instruments respects the intellectual property of others, and we ask our users to do the same. NI software is protected by copyright and other intellectual property laws. Where NI software may be used to reproduce software or other materials belonging to others, you may use NI software only to reproduce materials that you may reproduce in accordance with the terms of any applicable license or other legal restriction.

BSIM3 and BSIM4 are developed by the Device Research Group of the Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley and copyrighted by the University of California.

The ASM51 cross assembler bundled with Multisim MCU is a copyrighted product of MetaLink Corp. (www.metaice.com).

MPASM™ macro assembler and related documentation and literature is reproduced and distributed by Electronics Workbench under license from Microchip Technology Inc. All rights reserved by Microchip Technology Inc. MICROCHIP SOFTWARE OR FIRMWARE AND LITERATURE IS PROVIDED "AS IS," WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL MICROCHIP BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR FIRMWARE OR THE USE OF OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE OR FIRMWARE.

Anti-Grain Geometry - Version 2.4

Copyright (C) 2002–2004 Maxim Shemanarev (McSeem)

Permission to copy, use, modify, sell and distribute this software is granted provided this copyright notice appears in all copies. This software is provided "as is" without express or implied warranty, and with no claim as to its suitability for any purpose.

Anti-Grain Geometry - Version 2.4

Copyright (C) 2002–2005 Maxim Shemanarev (McSeem)

1. Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:
2. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
3. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

The name of the author may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

Trademarks

National Instruments, NI, ni.com, and LabVIEW are trademarks of National Instruments Corporation. Refer to the *Terms of Use* section on ni.com/legal for more information about National Instruments trademarks.

Ultiboard is a registered trademark and Multisim and Electronics Workbench are trademarks of Electronics Workbench.

Portions of this product obtained under license from Bartels Systems GmbH.

Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies.

Members of the National Instruments Alliance Partner Program are business entities independent from National Instruments and have no agency, partnership, or joint-venture relationship with National Instruments.

Patents

For patents covering National Instruments products, refer to the appropriate location: **Help»Patents** in your software, the `patents.txt` file on your CD, or `ni.com/patents`.

Some portions of this product are protected under United States Patent No. 6,560,572.

WARNING REGARDING USE OF NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS

(1) NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS ARE NOT DESIGNED WITH COMPONENTS AND TESTING FOR A LEVEL OF RELIABILITY SUITABLE FOR USE IN OR IN CONNECTION WITH SURGICAL IMPLANTS OR AS CRITICAL COMPONENTS IN ANY LIFE SUPPORT SYSTEMS WHOSE FAILURE TO PERFORM CAN REASONABLY BE EXPECTED TO CAUSE SIGNIFICANT INJURY TO A HUMAN.

(2) IN ANY APPLICATION, INCLUDING THE ABOVE, RELIABILITY OF OPERATION OF THE SOFTWARE PRODUCTS CAN BE IMPAIRED BY ADVERSE FACTORS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO FLUCTUATIONS IN ELECTRICAL POWER SUPPLY, COMPUTER HARDWARE MALFUNCTIONS, COMPUTER OPERATING SYSTEM SOFTWARE FITNESS, FITNESS OF COMPILERS AND DEVELOPMENT SOFTWARE USED TO DEVELOP AN APPLICATION, INSTALLATION ERRORS, SOFTWARE AND HARDWARE COMPATIBILITY PROBLEMS, MALFUNCTIONS OR FAILURES OF ELECTRONIC MONITORING OR CONTROL DEVICES, TRANSIENT FAILURES OF ELECTRONIC SYSTEMS (HARDWARE AND/OR SOFTWARE), UNANTICIPATED USES OR MISUSES, OR ERRORS ON THE PART OF THE USER OR APPLICATIONS DESIGNER (ADVERSE FACTORS SUCH AS THESE ARE HEREAFTER COLLECTIVELY TERMED "SYSTEM FAILURES"). ANY APPLICATION WHERE A SYSTEM FAILURE WOULD CREATE A RISK OF HARM TO PROPERTY OR PERSONS (INCLUDING THE RISK OF BODILY INJURY AND DEATH) SHOULD NOT BE RELIANT SOLELY UPON ONE FORM OF ELECTRONIC SYSTEM DUE TO THE RISK OF SYSTEM FAILURE. TO AVOID DAMAGE, INJURY, OR DEATH, THE USER OR APPLICATION DESIGNER MUST TAKE REASONABLY PRUDENT STEPS TO PROTECT AGAINST SYSTEM FAILURES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO BACK-UP OR SHUT DOWN MECHANISMS. BECAUSE EACH END-USER SYSTEM IS CUSTOMIZED AND DIFFERS FROM NATIONAL INSTRUMENTS' TESTING PLATFORMS AND BECAUSE A USER OR APPLICATION DESIGNER MAY USE NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS IN COMBINATION WITH OTHER PRODUCTS IN A MANNER NOT EVALUATED OR CONTEMPLATED BY NATIONAL INSTRUMENTS, THE USER OR APPLICATION DESIGNER IS ULTIMATELY RESPONSIBLE FOR VERIFYING AND VALIDATING THE SUITABILITY OF NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS WHENEVER NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS ARE INCORPORATED IN A SYSTEM OR APPLICATION, INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE APPROPRIATE DESIGN, PROCESS AND SAFETY LEVEL OF SUCH SYSTEM OR APPLICATION.

Conventions

The following conventions are used in this manual:

»

The » symbol leads you through nested menu items and dialog box options to a final action. The sequence **File»Page Setup»Options** directs you to pull down the **File** menu, select the **Page Setup** item, and select **Options** from the last dialog box.



This icon denotes a tip, which alerts you to advisory information.



This icon denotes a note, which alerts you to important information.

bold

Bold text denotes items that you must select or click in the software, such as menu items and dialog box options. Bold text also denotes parameter names.

italic

Italic text denotes variables, emphasis, a cross-reference, or an introduction to a key concept. Italic text also denotes text that is a placeholder for a word or value that you must supply.

`monospace`

Text in this font denotes text or characters that you should enter from the keyboard, sections of code, programming examples, and syntax examples. This font is also used for the proper names of disk drives, paths, directories, programs, subprograms, subroutines, device names, functions, operations, variables, filenames, and extensions.

Contents

Chapter 1

Introduction to NI Circuit Design Suite

NI Circuit Design Suite Product Line	1-1
The Tutorials	1-1

Chapter 2

Multisim Tutorial

Introduction to the Multisim Interface	2-1
Overview	2-3
Schematic Capture	2-4
Opening and Saving the File	2-5
Placing the Components	2-5
Wiring the Circuit	2-9
Simulation	2-12
Virtual Instrumentation	2-12
Analysis	2-14
The Grapher	2-15
The Postprocessor	2-16
Reports	2-16
Bill of Materials	2-17

Chapter 3

Ultiboard Tutorial

Introduction to the Ultiboard Interface	3-1
Opening the Tutorial	3-3
Creating a Board Outline	3-4
Placing Parts	3-7
Dragging Parts from Outside the Board Outline	3-8
Dragging Parts from the Parts Tab	3-9
Placing the Tutorial Parts	3-10
Placing Parts from the Database	3-11
Moving Parts	3-12
Placing Traces	3-13
Placing a Manual Trace	3-14
Placing a Follow-me Trace	3-17
Placing a Connection Machine Trace	3-17
Auto Part Placement	3-18
Autorouting Traces	3-19

Preparing for Manufacturing/Assembly	3-20
Cleaning up the Board.....	3-20
Adding Comments	3-21
Exporting a File.....	3-21
Viewing Designs in 3D	3-22

Chapter 4

Multisim MCU Tutorial

Overview	4-1
About the Tutorial	4-2
Understanding the Assembly Program	4-4
Constants and Data	4-4
Initialization	4-5
Drawing Text and Graphics	4-6
Working with the MCU Debugging Features	4-7
Debug View Overview.....	4-7
Adding a Breakpoint	4-9
Break and Step	4-11
Break and Step Out	4-13
Break and Step Into	4-13
Break and Step Over	4-13
Run to Cursor	4-13

Appendix A

Technical Support and Professional Services

Index

Introduction to NI Circuit Design Suite

Some of the features described in this book may not be available in your edition of NI Circuit Design Suite. Refer to the release notes for a list of the features in your edition.

NI Circuit Design Suite Product Line

National Instruments Circuit Design Suite is a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that assists you in carrying out the major steps in the circuit design flow.

Multisim is the schematic capture and simulation program designed for schematic entry, simulation, and feeding to downstage steps, such as PCB layout. *Multisim* also includes mixed analog/digital simulation capability, and microcontroller co-simulation.

Ultiboard, fed from Multisim, is used to design printed circuit boards, perform certain basic mechanical CAD operations, and prepare them for manufacturing. Ultiboard also provides automated parts placement and layout.

The Tutorials

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

- *Multisim Tutorial*—Introduces you to Multisim and its many functions.
- *Ultiboard Tutorial*—Shows you how to place the components and traces for the circuit described in the Multisim Tutorial chapter. You will also learn how to autoplacement parts and then autoroute them.
- *Multisim MCU Tutorial*—Leads you through the process of simulating and debugging a circuit that contains a microcontroller.

For more detailed information on the features discussed in these chapters, refer to the Multisim User Manual or the Ultiboard User Manual.

Multisim Tutorial

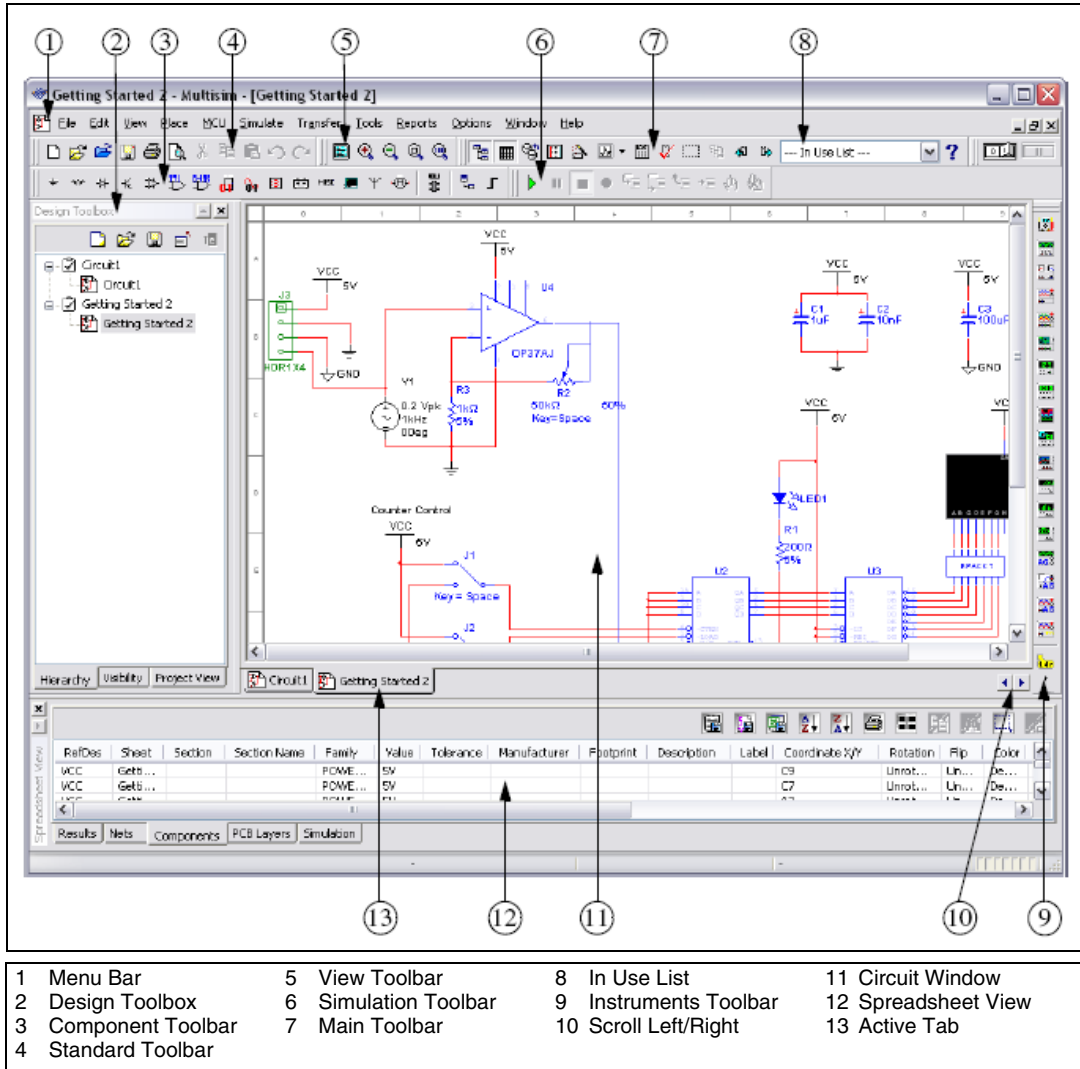
This chapter contains a tutorial that introduces you to Multisim and its many functions.

Some of the features described in this chapter may not be available in your edition of Multisim. Refer to the release notes for a list of the features in your edition.

Introduction to the Multisim Interface

Multisim is the schematic capture and simulation application of National Instruments Circuit Design Suite, a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that assists you in carrying out the major steps in the circuit design flow. Multisim is designed for schematic entry, simulation, and feeding to downstage steps, such as PCB layout.

Multisim's user interface consists of the following basic elements:



The **Menu Bar** is where you find commands for all functions.

The **Design Toolbox** lets you navigate through the different types of files in a project (schematics, PCBs, reports), view a schematic's hierarchy and show or hide different layers.

The **Component** toolbar contains buttons that let you select components from the Multisim databases for placement in your schematic.

The **Standard** toolbar contains buttons for commonly-performed functions such as Save, Print, Cut, and Paste.

The **View** toolbar contains buttons for modifying the way the screen is displayed.

The **Simulation** toolbar contains buttons for starting, stopping, and other simulation functions.

The **Main** toolbar contains buttons for common Multisim functions.

The **In Use List** contains a list of all components used in the design.

The **Instruments** toolbar contains buttons for each instrument.

The **Circuit Window** (or workspace) is where you build your circuit designs.

The **Spreadsheet View** allows fast advanced viewing and editing of parameters including component details such as footprints, RefDes, attributes and design constraints. Users can change parameters for some or all components in one step and perform a number of other functions.

Overview

This tutorial leads you through the circuit design flow, from schematic capture, through simulation and analysis. After following 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 occurrences of the signal on a simple digital counter.

Helpful tips are indicated by the presence of an icon in the left column, as in:



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

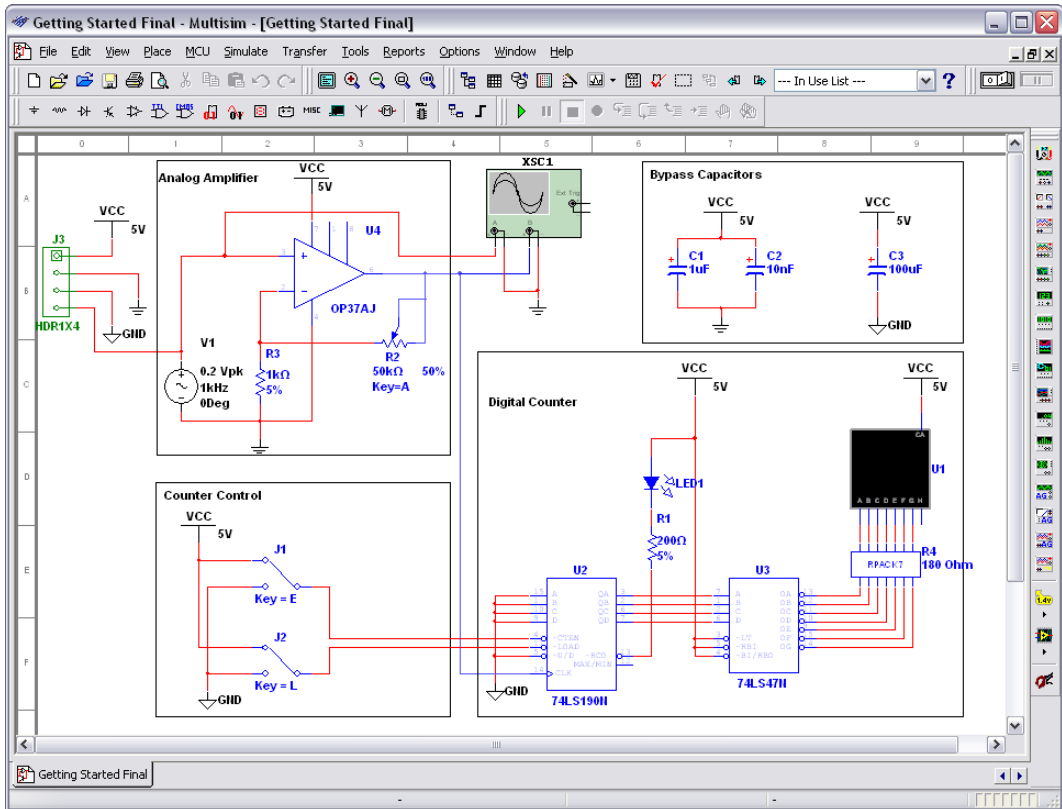
When you get to the wiring section of this tutorial, you can carry on with the circuit you created in the component placement section.

Alternatively, you can open `Getting Started 1.ms10`, found at `...\samples\Getting Started\`. This file has all of the components properly placed.

When you arrive at the simulation section, you can carry on with the circuit you wired, or open Getting Started 2.ms10, which has all of the components properly wired.

Schematic Capture

In this section, you will place and wire the components in the circuit shown below.



Opening and Saving the File

Complete the following step to launch Multisim:

1. Select **Start»All Programs»National Instruments»Circuit Design Suite 10.1»Multisim 10.1**. A blank file opens on the workspace called `Circuit1`.

Complete the following steps to save the file with a new name:

1. Select **File»Save As** to display a standard Windows Save dialog.
2. Navigate to the location where you wish the file to reside, enter `MyGettingStarted` as the filename, 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 **Preferences** dialog box.

Complete the following step to open an existing file:

1. Select **File»Open**, navigate to the location where the file resides, highlight the file, and click on the **Open** button.



Tip To view files from earlier versions of Multisim, select the desired version in the **Files of Type** drop-down in the **Open** dialog.

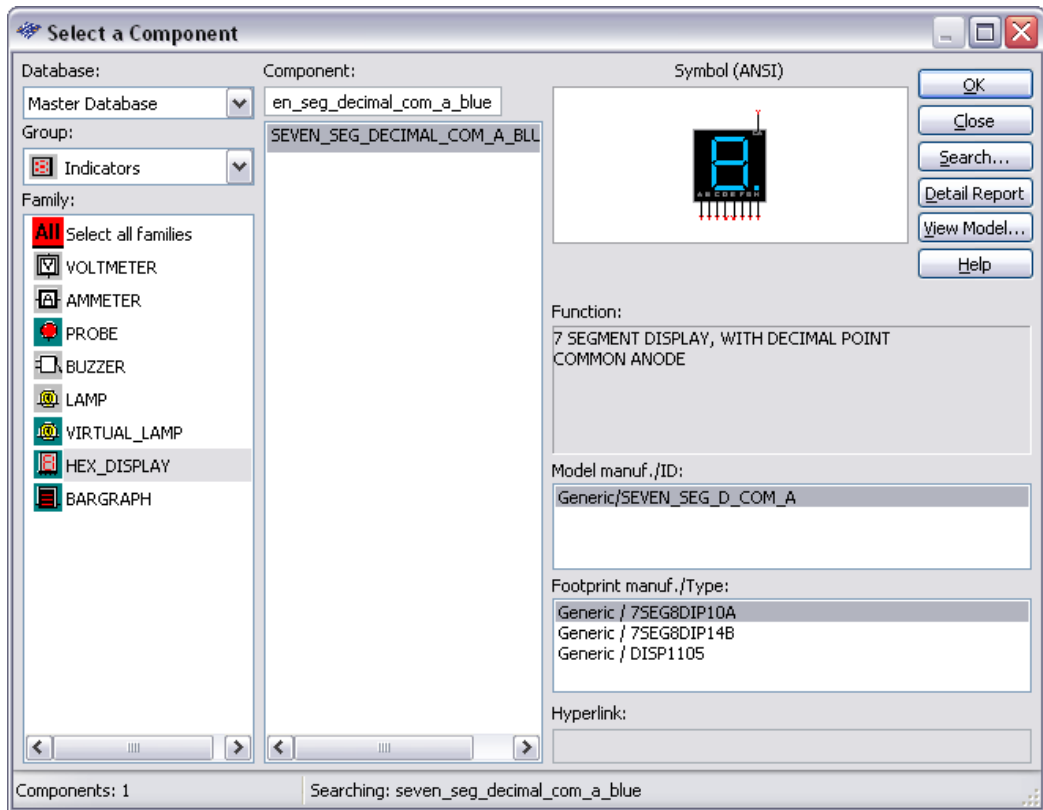
Placing the Components

Complete the following steps to start placing components:

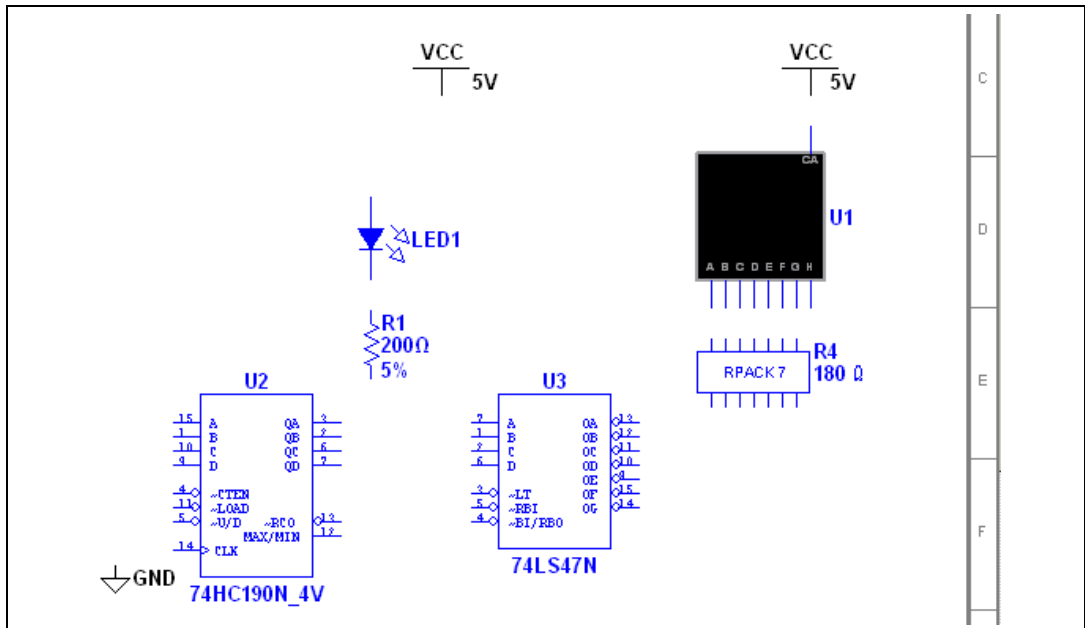
1. Open `MyGettingStarted.ms10` as described above.
2. Select **Place»Component** to display the **Select a Component** browser, navigate to the 7-segment LED display as shown below and click **OK**. The component appears as a “ghost” on the cursor.



Tip Once you have selected the desired **Group** and **Family**, start typing the component’s name in the browser’s **Component** field. As you type, the string appears in the **Searching** field at the bottom of the browser. In the example below, type `seven_seg_decimal_com_a_blue`. Matches are displayed as you type.



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



Note When placing resistors, inductors, or capacitors (RLC components), the **Select a Component** browser has slightly different fields than for other components. When placing any of these components, you can choose any combination of: the component's value (for example, the resistance value); type (for example, carbon film); tolerance; footprint and manufacturer. If you are placing a component that will be ultimately exported to PCB layout, and become part of a **Bill of Materials**, you must be careful that the combination of values that you select in the **Select a Component** dialog box are available in a real-world, purchaseable component.



Tip When placing RLC components, type the value of the device that you want to place in the field at the top of the **Component** list. The value does not need to appear in the list to be placed on the schematic.

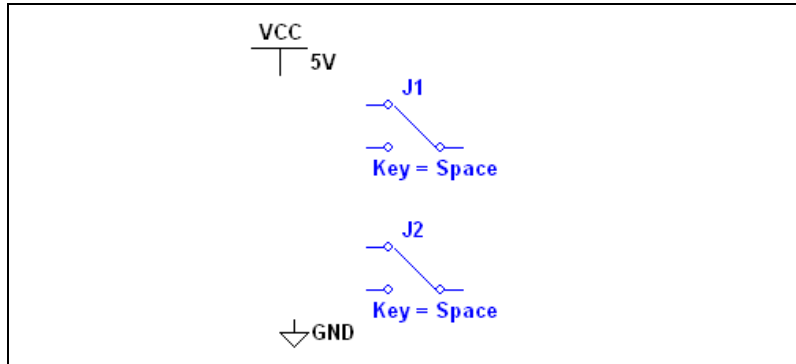


Tip While placing the 200 Ω resistor, rotate it to a vertical orientation by pressing Ctrl-R on your keyboard.



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 circuit, the numbering will differ. This will not affect the operation of the circuit in any way.

5. Place the parts in the Counter Control section. After placement, right-click on each of the SPDT switches and select **Flip Horizontal**.

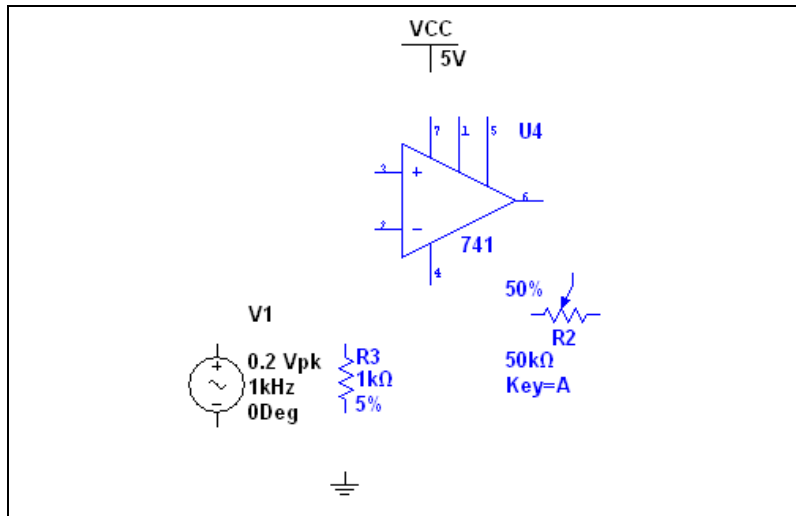


Tip The SPDT switches are in the Basic Group; Switch Family.



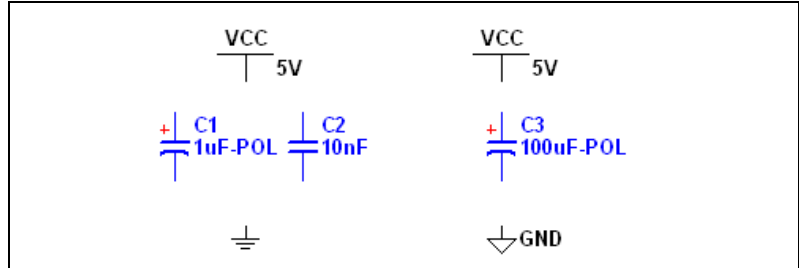
Tip When a part is on the workspace and you want to place the same part again, highlight it and select **Edit»Copy**, then **Edit»Paste**. You can also select it from the **In Use List** and click to place it on the workspace.

6. Place the parts in the Analog Amplifier section as shown below, rotating as needed.

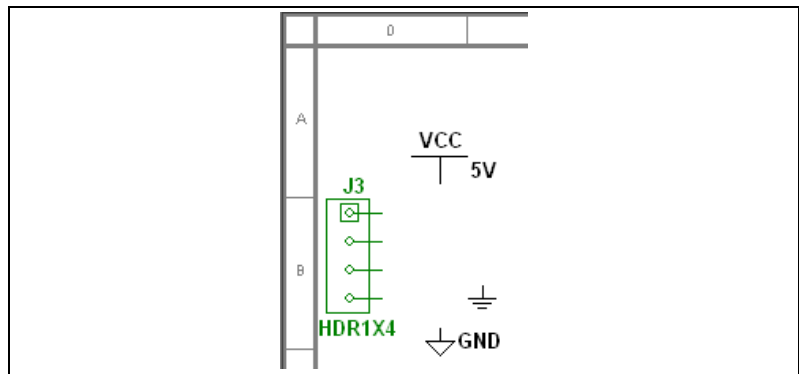


After you place the AC voltage signal source, double-click on it. Change the **Voltage (Pk)** to 0.2 V and click **OK** to close the dialog.

7. Place the parts in the Bypass Capacitors section as shown below.



8. Place the header and associated parts as shown below.



Tip J3 is in the Basic Group; Connectors Family



Tip Once you have wired a circuit, you can drop two-pinned components like resistors directly onto a wire. The connection is automatically made by Multisim.

Wiring the Circuit

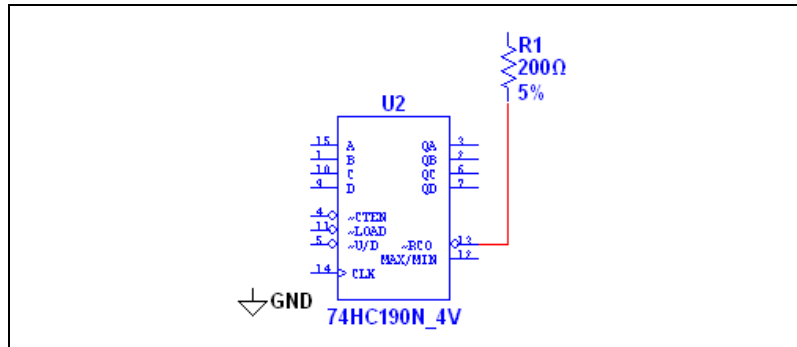
All components have pins that you use to wire them to other components or instruments. As soon as your cursor is over a pin, Multisim knows you want to wire and the pointer changes to a crosshair.



Tip You can wire the circuit that you placed on the workspace or you can use Getting Started 1.ms10 from the Getting Started folder (found inside the samples folder).

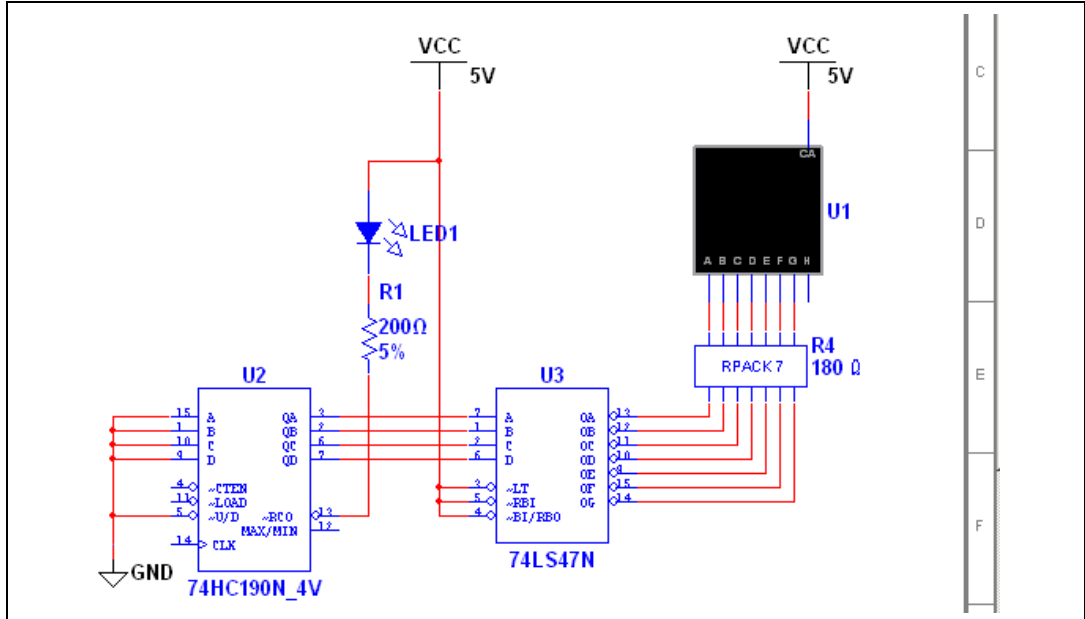
Complete the following steps to wire the circuit:

1. Click on a pin on a component to start the connection (your pointer turns into a crosshair) and move the mouse. A wire appears, attached to your cursor.
2. Click on a pin on the second component to finish the connection. Multisim automatically places the wire, which conveniently snaps to an appropriate configuration, as shown below. This feature saves a great deal of time when wiring large circuits.



3. 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.

4. Finish wiring the Digital Counter section as shown below.

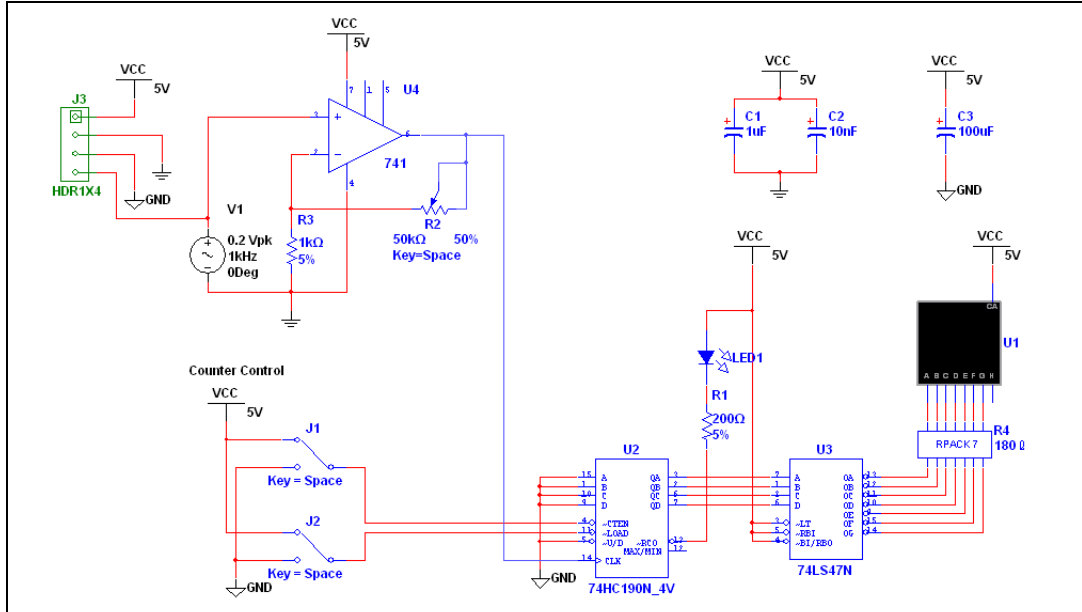


Tip Use **Bus Vector Connect** to wire multi-pinned devices like U3 and R4 together in a bus. Refer to the Multisim User Manual for details.



Tip Virtual Wiring—To avoid clutter, you could use virtual connections between the Counter Control and Digital Counter sections. When two nets have the same net name, they are virtually connected.

5. Finish wiring the circuit as shown below.



Simulation

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

Virtual Instrumentation

In this section, you will simulate the circuit with the virtual oscilloscope.



Tip You can also use Getting Started 2.ms10 from the Getting Started folder (found inside the samples folder).

1. J1, J2 and R2 are interactive components.

Set up the interactive keys for J1, J2 and R2 by double-clicking on each. In the **Key** field, enter "E" for J1, "L" for J2, and "A" for R2.

Press "E" to enable the counter, or just click on the widened switch arm that appears when you hover the cursor over J1.

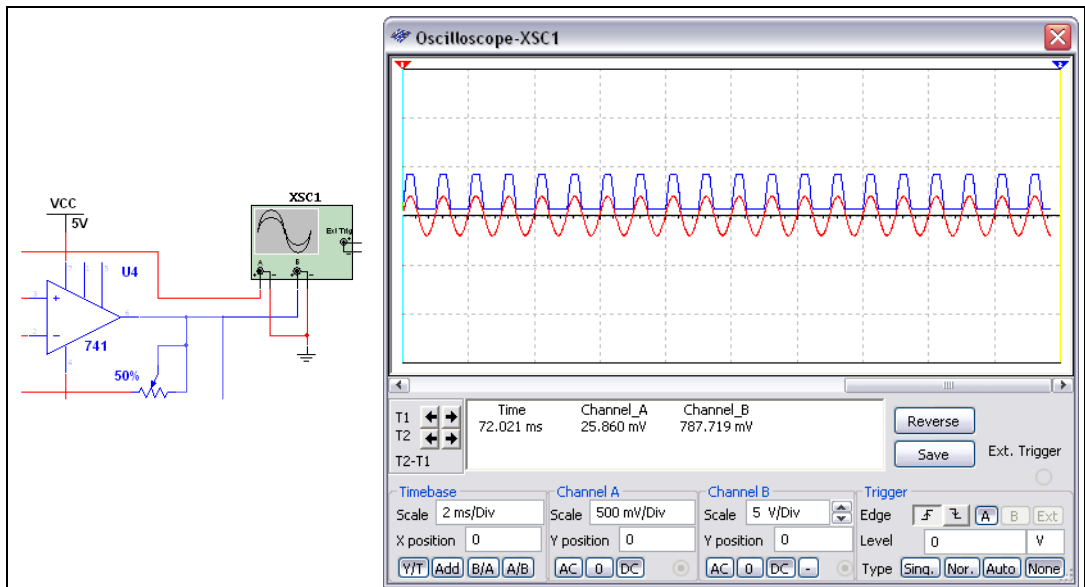
2. Select **Simulate»Instruments»Oscilloscope** to place the oscilloscope on the workspace. Wire the instrument as shown in step 4.



Tip To easily differentiate between traces on the oscilloscope, right-click on the wire connected to the scope's "B" input and select **Segment Color** from the pop-up. Select a color that differs from the wire connected to the "A" input, for example blue. (Simulation cannot be running when changing wire color or performing any other editing function.)



3. Double-click on the scope's icon to show the instrument face. Select **Simulate»Run**. The output of the opamp appears on the scope.
4. Adjust the Timebase to 2ms/Div and Channel A's Scale to 500mV/Div. You will see the following displayed on the scope.



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

5. Press E on your keyboard while the simulation is running to enable or disable the counter. Enable is Active Low.

Press L to load zeros into the counter. Load is Active Low.

Press Shift-A to observe the effect of changing the potentiometer's setting. Repeat, pressing A.



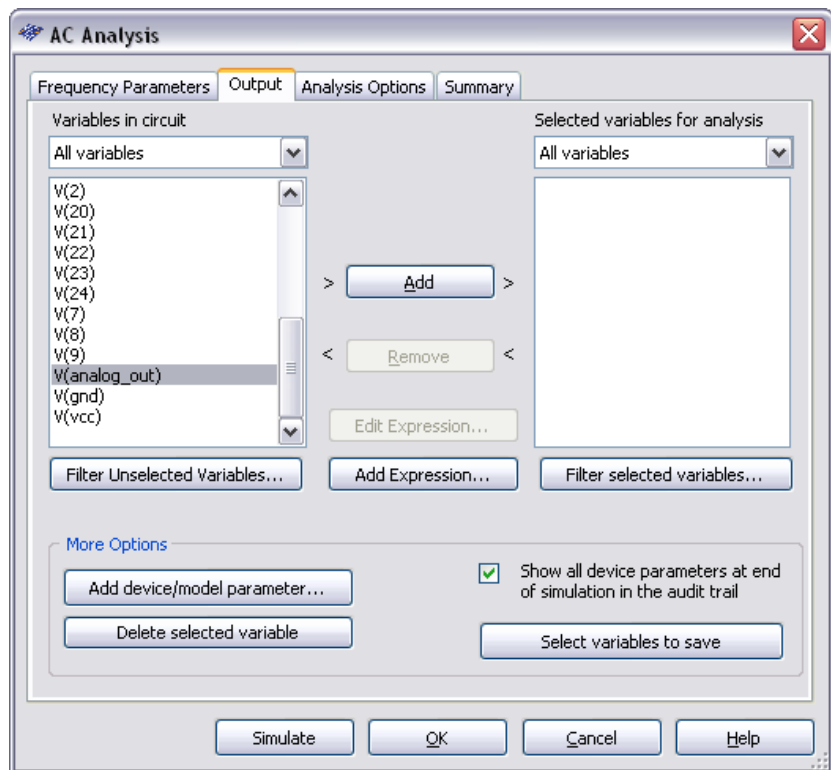
Tip Instead of pressing the above-mentioned keys, you can directly manipulate the interactive components on the schematic with your mouse.

Analysis

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

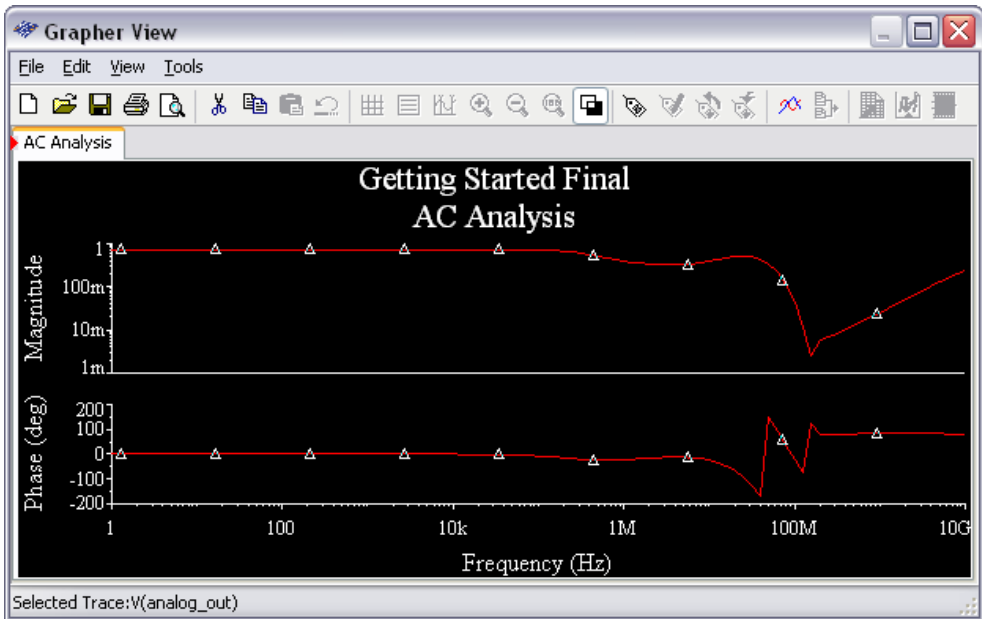
Complete the following steps to perform an **AC Analysis** at the output of the opamp:

1. Double-click on the wire that is attached to pin 6 of the opamp, and change the net name to `analog_out` in the **Net** dialog box.
2. Select **Simulate»Analyses»AC Analysis** and click on the **Output** tab.



3. Highlight `V(analog_out)` in the left column and click **Add**.
`V(analog_out)` moves to the right column.

4. Click **Simulate**. The results of the analysis appear in the **Grapher**.

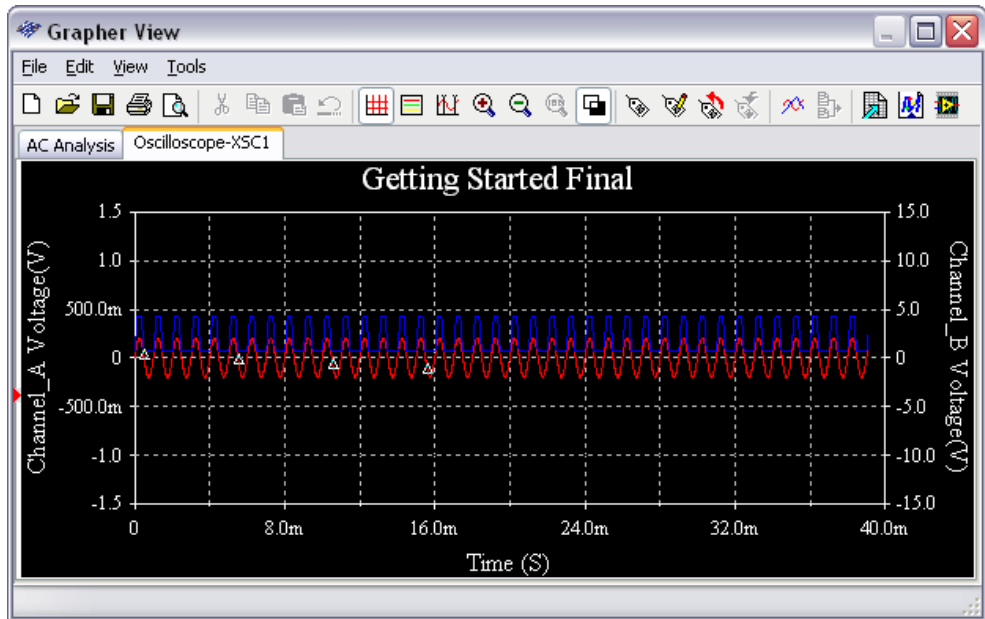


The Grapher

The **Grapher** is a multi-purpose display tool that lets you view, adjust, save and export graphs and charts. It is used to display the results of all Multisim analyses in graphs and charts and a graph of traces for some instruments (for example, the results of the oscilloscope).

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

1. Run the simulation as described earlier.
2. Select **View»Grapher**.



The Postprocessor

The **Postprocessor** lets you manipulate the output from analyses performed on a circuit 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

Multisim allows you to generate a number of reports: **Bill of Materials (BOM)**, **Component Detail Report**, **Netlist Report**, **Schematic Statistics**, **Spare Gates** and the **Cross Reference Report**. This section uses the **BOM** as an example for the tutorial circuit.

Bill of Materials

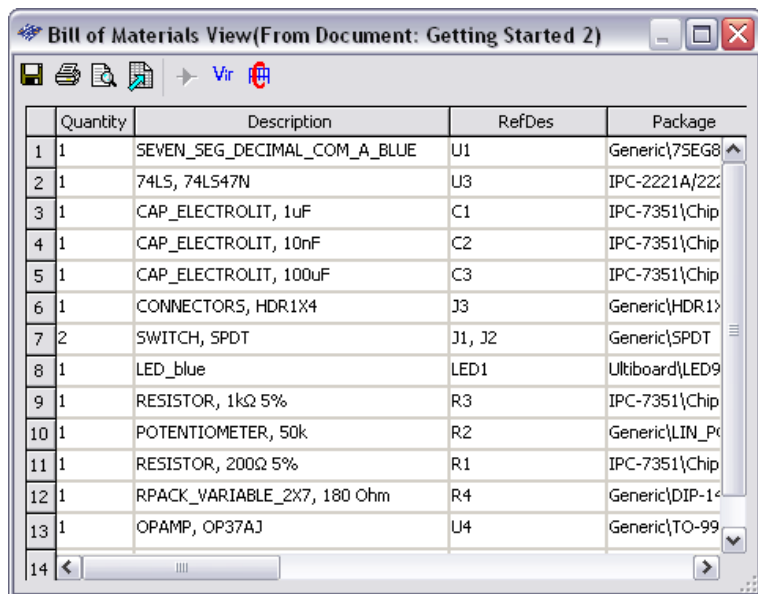
A bill of materials lists the components used in your design and therefore provides a summary of the components needed to manufacture the circuit board. Information provided includes:

- Quantity of each component needed.
- Description, including the type of part (example: resistor) and value (example: 5.1 kohm).
- Reference Designator of each component.
- Package or footprint of each component.

Complete the following step to create a **BOM** (bill of materials) for your circuit:

1. Click the **Reports** menu and choose **Bill of Materials** from the menu that appears.

The report appears, looking similar to this:



The screenshot shows a window titled "Bill of Materials View(From Document: Getting Started 2)". It contains a table with the following data:

	Quantity	Description	RefDes	Package
1	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE	U1	Generic\7SEG8
2	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A/22
3	1	CAP_ELECTROLIT, 1uF	C1	IPC-7351\Chip
4	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip
5	1	CAP_ELECTROLIT, 100uF	C3	IPC-7351\Chip
6	1	CONNECTORS, HDR1X4	J3	Generic\HDR1X
7	2	SWITCH, SPDT	J1, J2	Generic\SPDT
8	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9
9	1	RESISTOR, 1kΩ 5%	R3	IPC-7351\Chip
10	1	POTENTIOMETER, 50k	R2	Generic\LIN_Po
11	1	RESISTOR, 200Ω 5%	R1	IPC-7351\Chip
12	1	RPACK_VARIABLE_2X7, 180 Ohm	R4	Generic\DIP-16
13	1	OPAMP, OP37AJ	U4	Generic\TO-99
14				



To print the **Bill of Materials**, click the **Print** button. A standard Windows print screen appears, allowing you to choose the printer, number of copies, and so on.



To save the **Bill of Materials** to a file, click the **Save** button. A standard Windows file save dialog box appears, allowing you to specify the path and file name.

Because the **Bill of Materials** is primarily intended to assist in procurement and manufacturing, it includes only “real” parts—it excludes parts that are not real or able to be purchased, such as sources or virtual components. Components without assigned footprints do not appear in the **Bill of Materials**.



To see a list of components in your circuit that are not “real” components, click the **Virtual** button. A separate window appears, showing these components only.

Detailed information on this and other reports can be found in the Multisim User Manual.

Ultiboard Tutorial

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

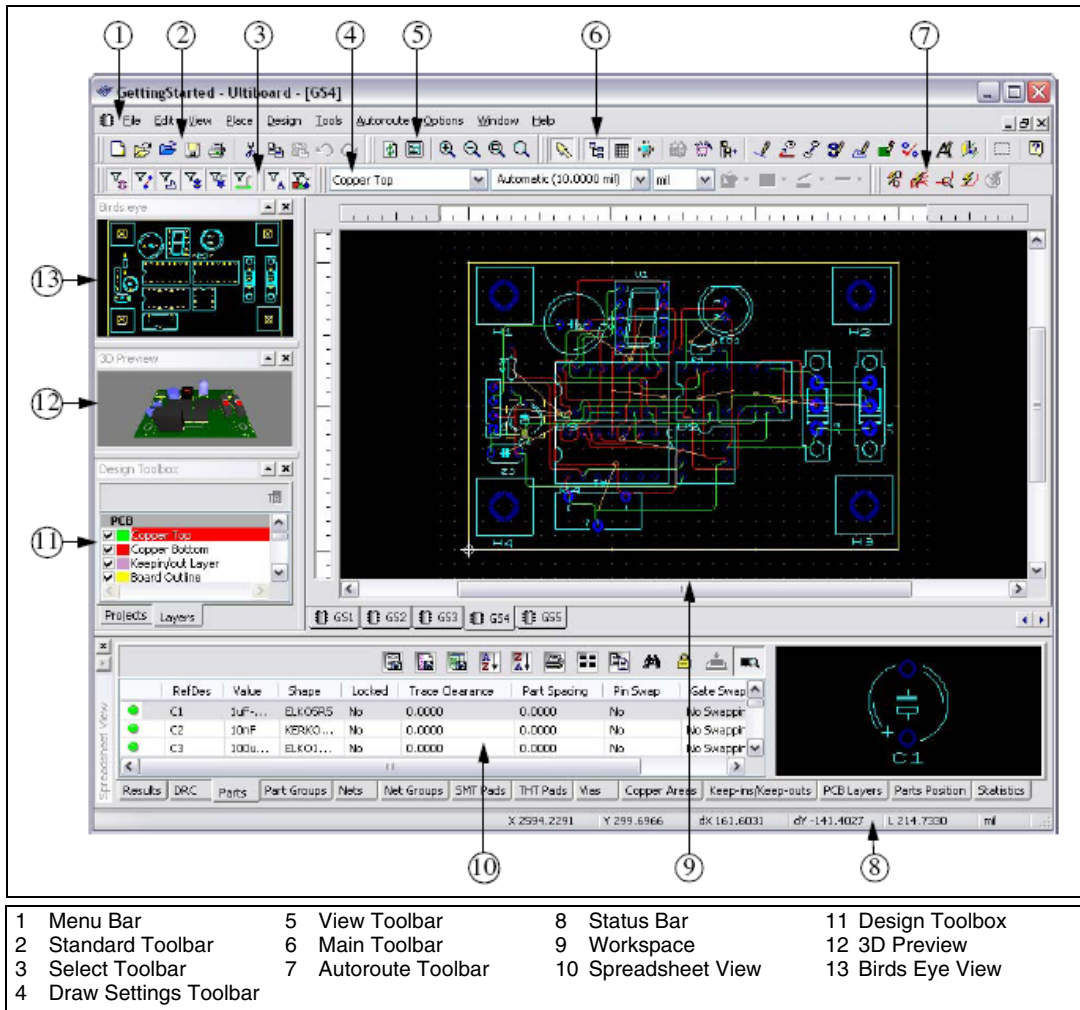


Tip For instructions on exporting a design from Multisim to Ultiboard, refer to the Multisim User Manual, the Ultiboard User Manual, or the help files.

Introduction to the Ultiboard Interface

Ultiboard is the PCB layout application of National Instruments Circuit Design Suite, a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that assists you in carrying out the major steps in the circuit design flow. Ultiboard is used to lay out and route printed circuit boards, perform certain basic mechanical CAD operations, and prepare them for manufacturing. It also provides automated parts placement and layout.

Ultiboard's user interface is made up of several elements.



The **Menu Bar** is where you find commands for all functions.

The **Standard** toolbar contains buttons for commonly-performed functions such as Save, Print, Cut, and Paste.

As you add more parts and traces to a board, it can become difficult to select only those which you want to use. The **Select** toolbar contains buttons used to control selections.

The **Draw Settings** toolbar lets 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.

The **View** toolbar contains buttons for modifying the way the screen is displayed.

The **Main** toolbar contains buttons for common board design functions.

The **Autoroute** toolbar contains autorouting and part placement functions.

The **Status Bar** displays useful and important information.

The **Workspace** is where you build your design.

The **Spreadsheet View** allows fast advanced viewing and editing of parameters including part details such as shapes, Reference Designators, attributes and design constraints.

The **Design Toolbox** lets you show, hide, or dim elements of your design.

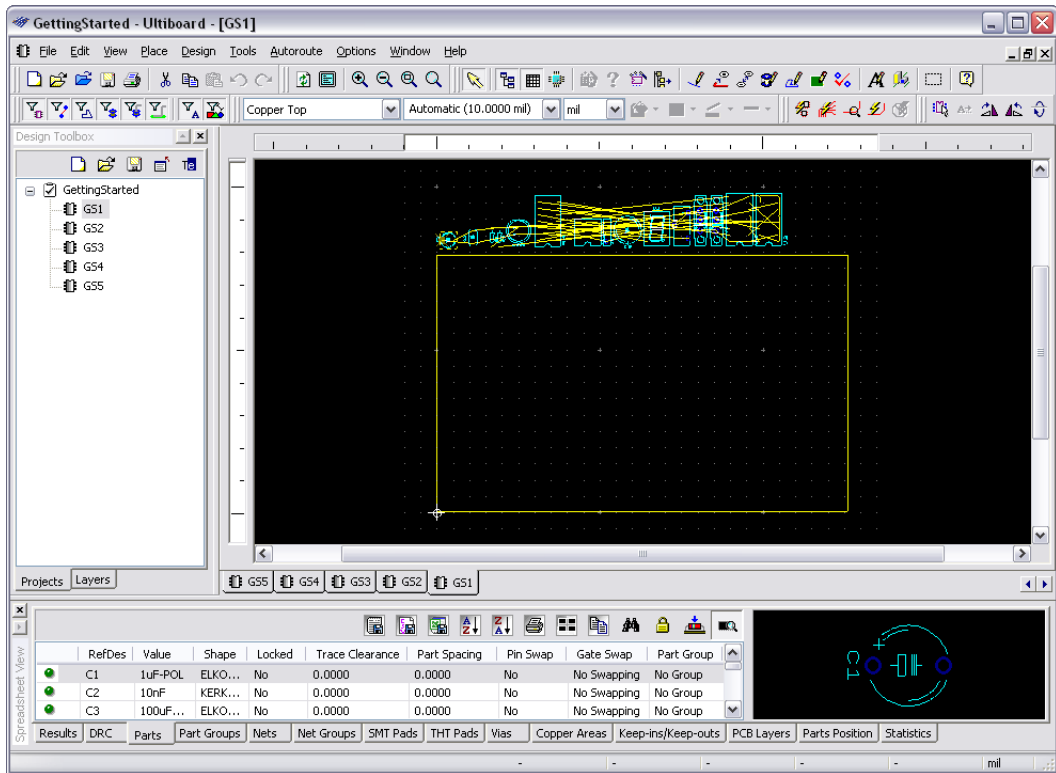
The **3D Preview** shows you a three-dimensional preview of the board.

The **Birds Eye View** shows you the design at a glance and lets you easily navigate around the workspace.

Opening the Tutorial

Complete the following steps to open the tutorial file:

1. Select **Start»All Programs»National Instruments»Circuit Design Suite 10.1»Ultiboard 10.1** to launch Ultiboard.
2. Select **File»Open**.
3. Select **File»Open Samples** and double-click on the *Getting Started* folder to open it.
4. Select *Getting Started.ewprj* and click **Open**. The project file is loaded into Ultiboard.



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

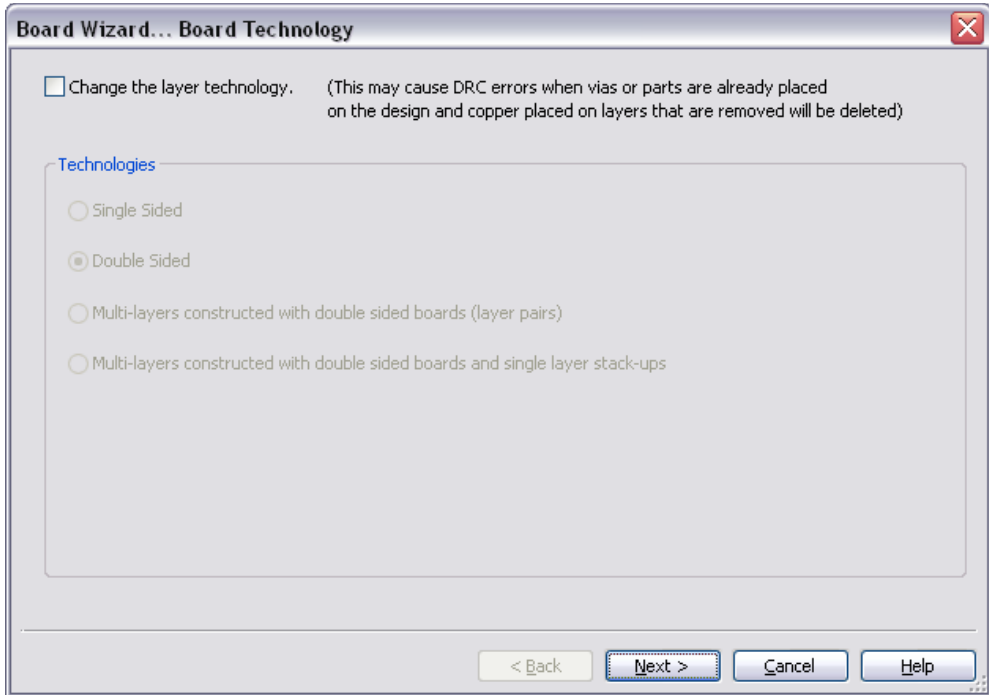
Creating a Board Outline

You can create a board outline in one of the following ways:

- draw a board outline using the drawing tools
- import a DXF file
- use the **Board Wizard**.

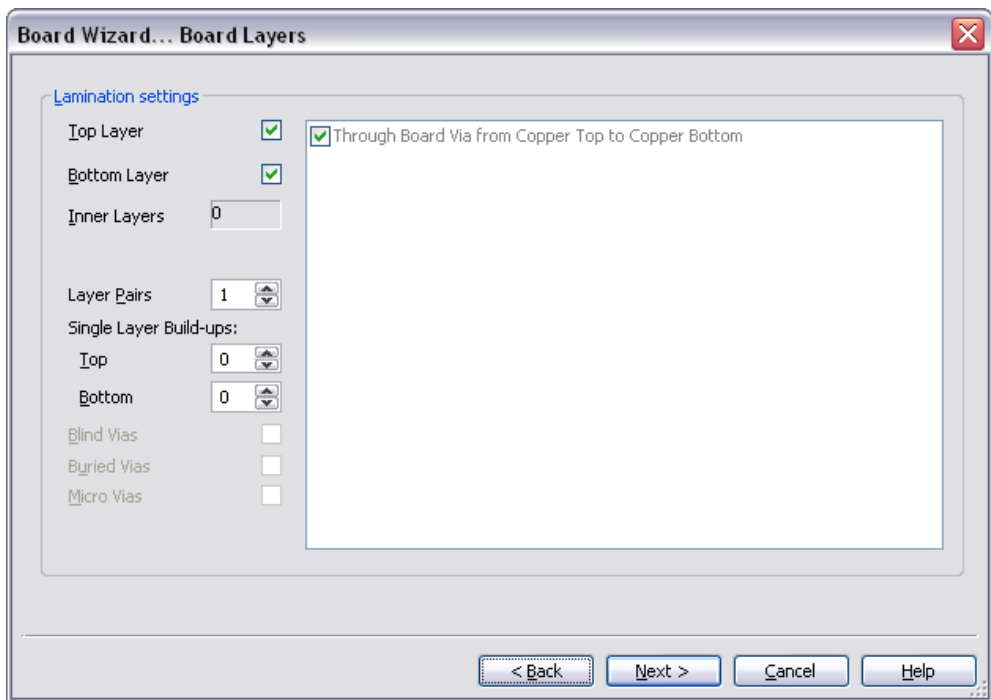
Complete the following steps to experiment with the **Board Wizard**:

1. Double-click on **Board Outline** in the **Layers** tab.
2. Click on the existing board outline in the GS1 design and press Delete.
3. Choose **Tools»Board Wizard**.



4. Enable the **Change the layer technology** option to make the other options available.
5. Choose **Multi-layers constructed with double sided boards and single layer stack-ups**, and click **Next**.

6. The next dialog box is where you define the **Lamination Settings** for the board. (For this tutorial you will not change settings.)



7. Click **Next**.

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

- Make sure the **Reference Point** is set to **Left-Bottom** for **Alignment**.
- Make sure the **Rectangular** option is selected.
- Set the **Width** to 3000 and the **Height** to 2000 (a more suitable size for the parts in this design).
- Set the **Clearance** to 5.00000. This is the distance from the edge of the board that is to be kept free of any other elements.

8. Click **Finish**. The board outline is placed on your design.



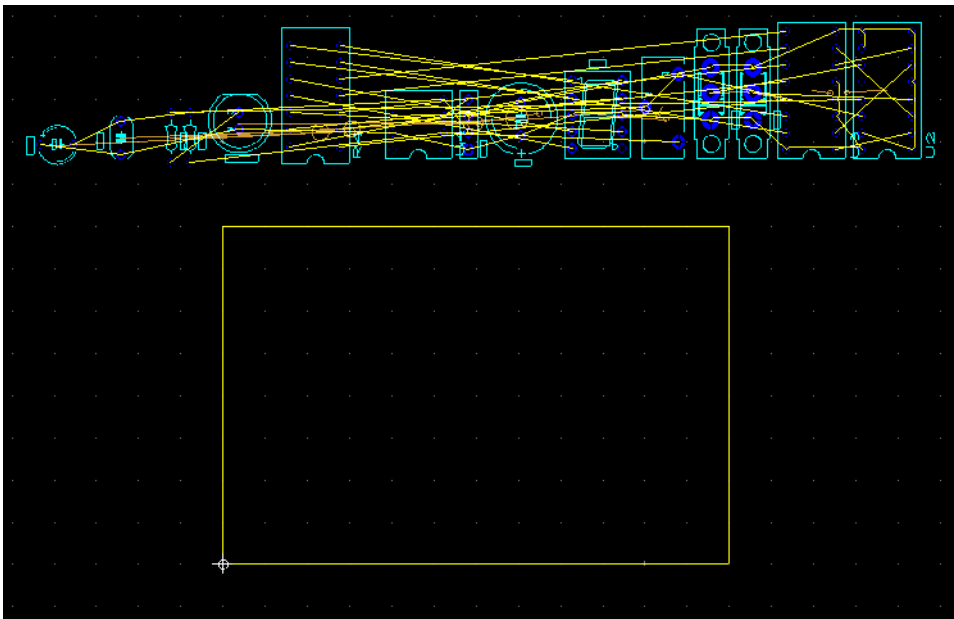
Note For complete details on the **Board Wizard**, refer to the Ultiboard User Manual.

Complete the following steps to move the board outline:

1. Double-click on **Board Outline** in the **Layers** tab.
2. 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 to the lower-left corner of the board outline and click to place it.



Placing Parts

You can place parts on your GS1 design file 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 parts from the database.



Tip You can use the **Place»Unplace Parts** command to quickly 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 or another schematic capture program. Before you begin, double-click the **Copper Top** layer in the **Design Toolbox** to make it the active layer.

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

1. Find U1 in the collection of parts outside the board outline. To make this easier, zoom in (press F8) until you can see U1.

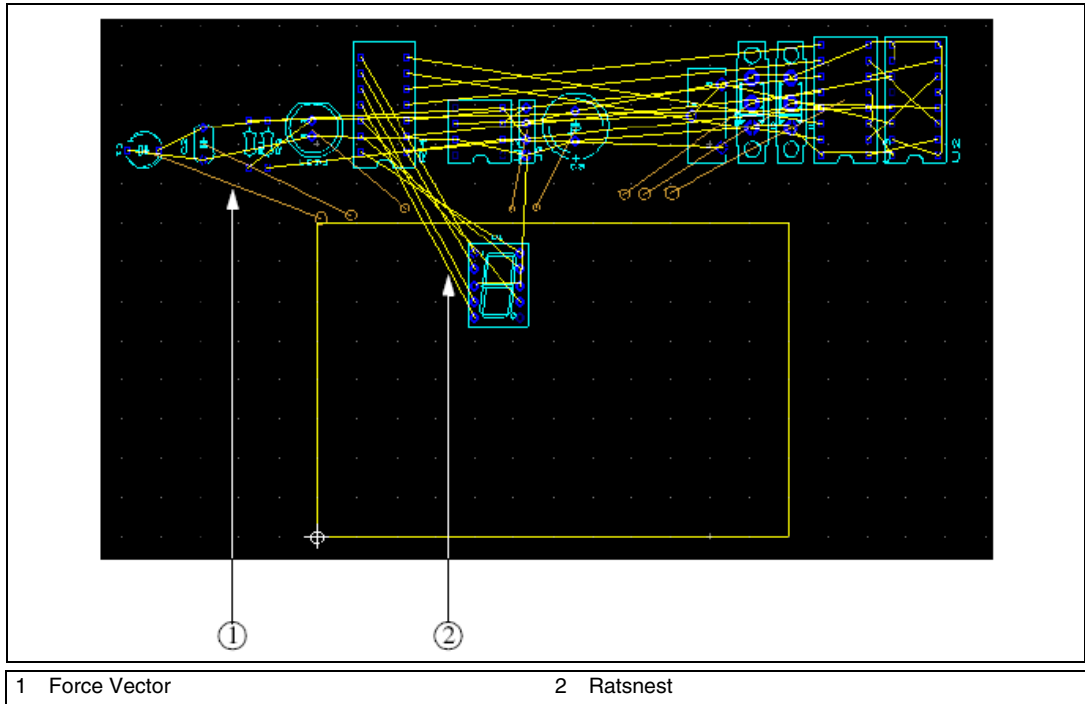


Tip You can also search for a part with the **Edit»Find** command. While this command works much like a Find function in other applications, it also allows you to search for a part by name, number, shape, value, or by all variables. Refer to the Ultiboard User Manual for details.

2. Click on U1 (the 7-segment display) and drag it to the location shown in the figure below.



Note For information on Force Vectors and Ratsnests, shown in the figure below, refer to the Ultiboard User Manual.



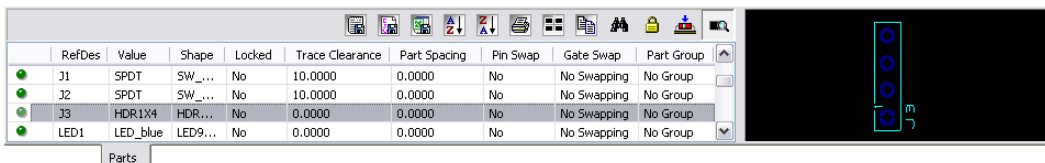
U1 remains selected. This is an important point for Ultiboard that holds throughout the application—you need to explicitly end any particular action. In this case, simply clicking somewhere else de-selects the part. Right-clicking also ends the current action.

3. Go to the **Parts** tab in the **Spreadsheet View** and scroll to U1. You will notice that the green light 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:

1. In the **Parts** tab, scroll down until you see J3.



- Click on J3 and drag it from the **Parts** tab onto the workspace. J3 is attached to your mouse pointer.
- Drop J3 on the left edge of the board, roughly in the middle. As before, in the **Parts** tab J3's green light is slightly brighter, indicating that the part has been placed.

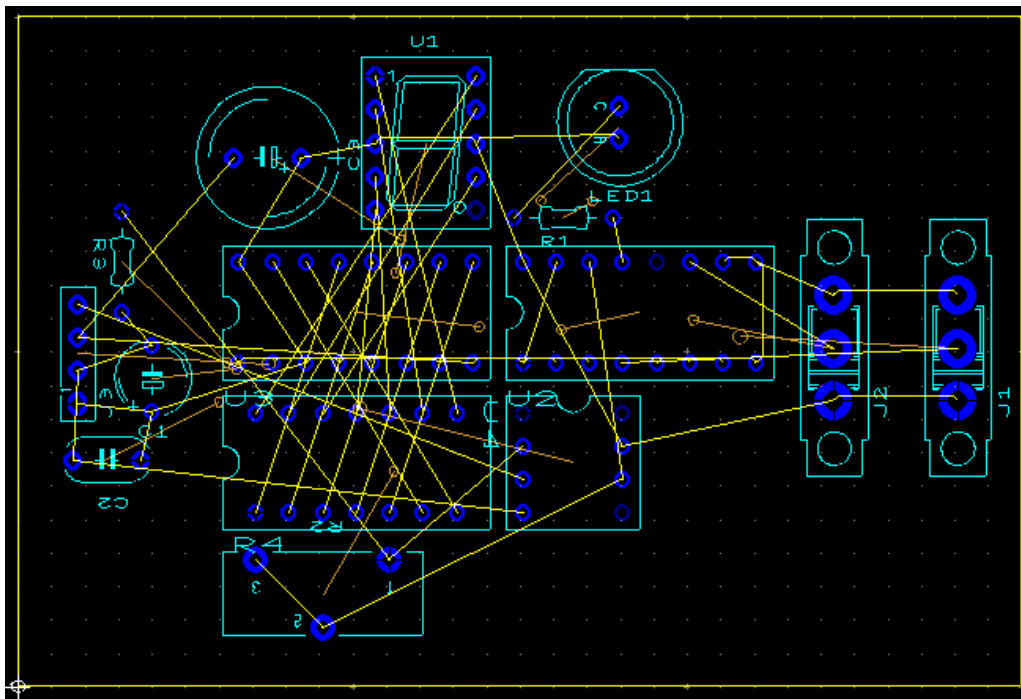


For even more rapid placement of parts, in the **Parts** tab select an unplaced part (its green light is dim) and click the **Start Placing the Unpositioned Parts** button. Ultiboard systematically goes through the list of parts in the **Parts** tab, selecting each one and attaching it to your mouse pointer so you can place it, then selects the next one on the list.

Placing the Tutorial Parts

Using any method or combination of methods, make your layout look like the illustration below. You can also simply open the next design file in the project, GS2, which has already been set up this way.

Your design should look like this:



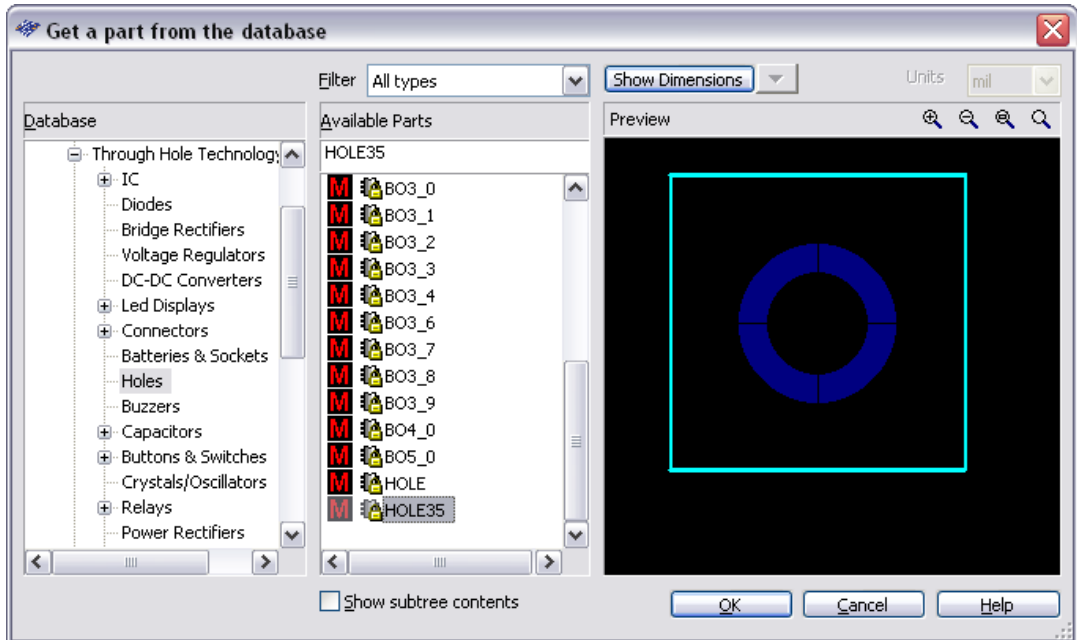
Placing Parts from the Database

In addition to placing parts imported as part of your design file, 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:

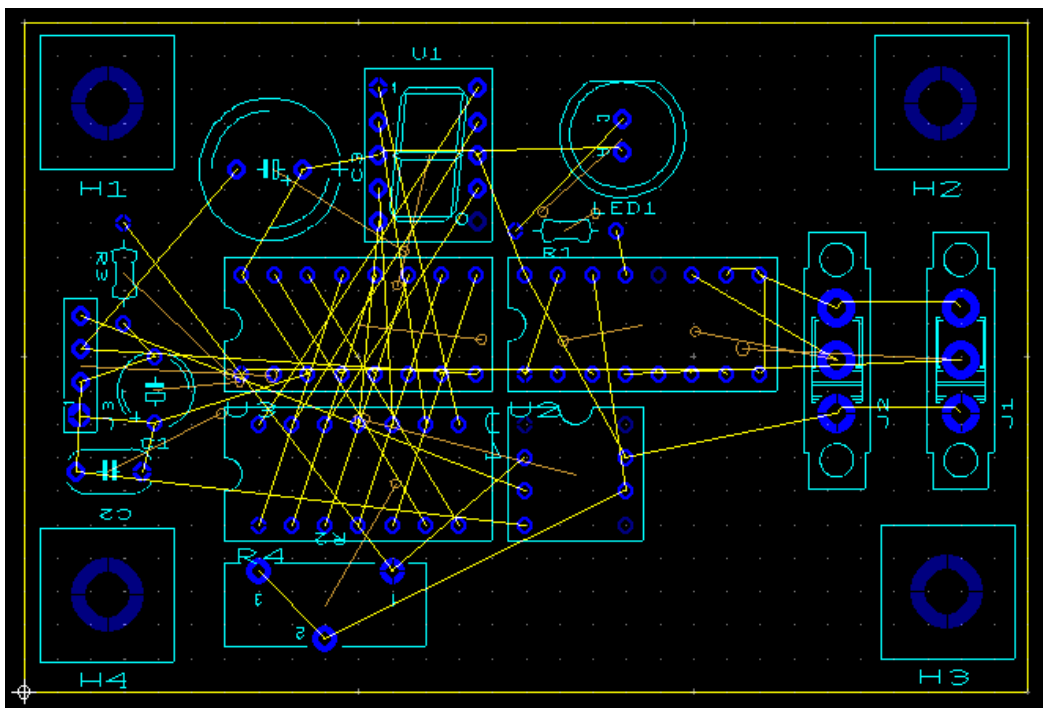


1. Choose **Place»From database**. The **Get a part from the database** dialog box opens.
2. In the **Database** panel, expand the **Through Hole Technology Parts** category and navigate to the **Holes** category. The parts appear in the **Available Parts** panel.
3. In the **Available Parts** panel, select the **HOLE35** part. The part displays in the **Preview** panel.



4. Click **OK**. The **Get a part from the database** dialog box disappears, and you are prompted to enter the **RefDes** and **Value**.
5. Enter the hole's reference designator (H1) and value (HOLE) and click **OK**.
6. Move the pointer over the board. The part is attached to the pointer.

7. When the hole is in position in the top-left corner, click to drop it on the board.
8. The **Enter Reference Designation for Part** dialog box reappears, with the reference designator automatically incremented to H2.
9. Enter the value (HOLE) and click **OK** to place the next mounting hole in the top right corner, and repeat to place H3 in the bottom right corner, and H4 in the bottom left corner.
10. Click **Cancel** to stop, and click **Cancel** again to close the **Get a part from the database** dialog box.



Moving Parts

You can use the same methods for moving parts as you do for placing them. To select a part already on the board, simply click on it. To specify the X/Y coordinates to which the selected part is to move, press the * key on the numeric keypad. Alternatively, in the **Parts** tab, select a placed part (indicated by a bright green light beside it) and drag it to a new location.



Tip The part's label is a separate element from its shape. When selecting a part on the board, be sure to select the whole part, not just the label. Try using the **Selection Filters** to assist with this. Refer to the Ultiboard User Manual 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.

You can also select a group of parts and move them together. To do this, you can do one of the following:

- Hold down the Shift key 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.



Tip These are temporary groups—once you select another part, the group connection is lost. To make a group that remains until you remove it, you can use the **Group Editor**. For details, refer to the Ultiboard User Manual.

Another option for moving parts is to 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 down the Shift key 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, 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 out. A follow-me trace automatically draws a legal trace between the pins you select with your

mouse movements—you can move from pin to pin, leaving a legal 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 always 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. When performing operations on traces, be sure to select either the appropriate segment or, if you wish, 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** should be highlighted in red in the **Layers** tab of the **Design Toolbox**.



Tip If necessary, press F7 to show the whole design.

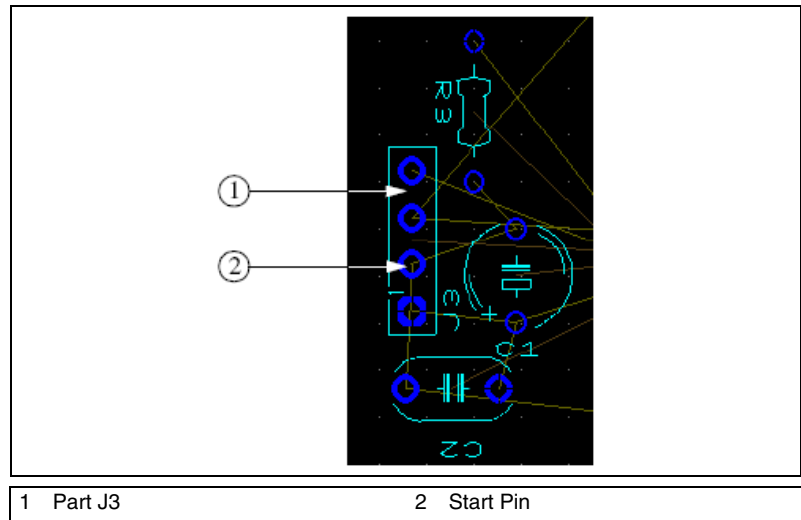
Complete the following steps to place a trace manually:

1. Choose **Place»Line**.



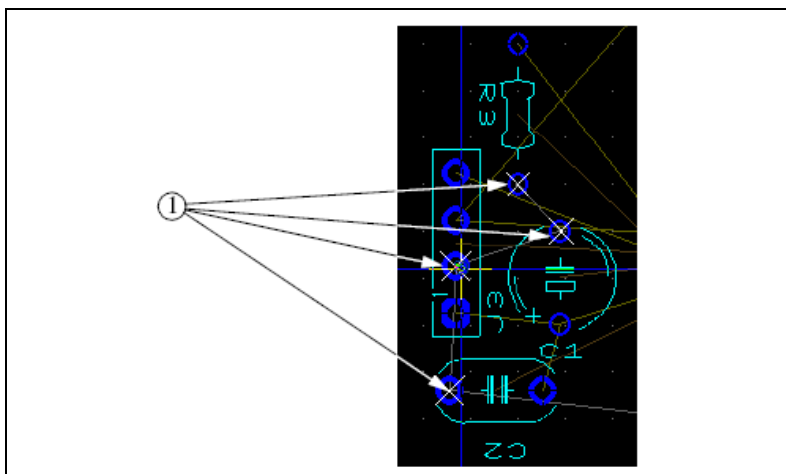
Tip The **Line** command is used to create a line on any layer. The results differ depending on the layer selected. For example, if the selected layer is silkscreen, you will create a line on the silkscreen layer of the PCB. If the selected layer is a copper layer, then the “line” is actually a trace.

2. Locate J3, toward the left-hand part of the board. Find the start pin shown below:



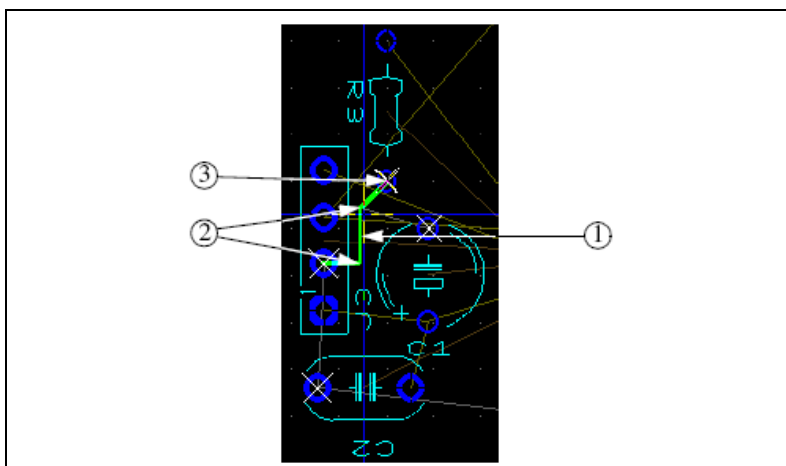
Tip If you have trouble locating the part, use the **Find** function of the **Parts** tab. Select the part in the **Parts** tab, then click the **Find and select the part** button. The part is shown in the workspace. If necessary, zoom in further using F8.

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. (The color of the highlighting can be changed in the **Colors** tab of the **Preferences** dialog box.) This is how you know where to connect to pins to match the connectivity from your schematic.



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).
5. Click on the destination pin.



1 Trace
2 Click to anchor trace
3 Destination Pin

6. Right-click to stop placing traces.

Placing a Follow-me Trace



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

1. Choose **Place»Follow-me**.
2. Click on the top pin of J3.
3. Click on the second pin from the bottom in the left column of U4.
4. Ultiboard draws the connection for you.



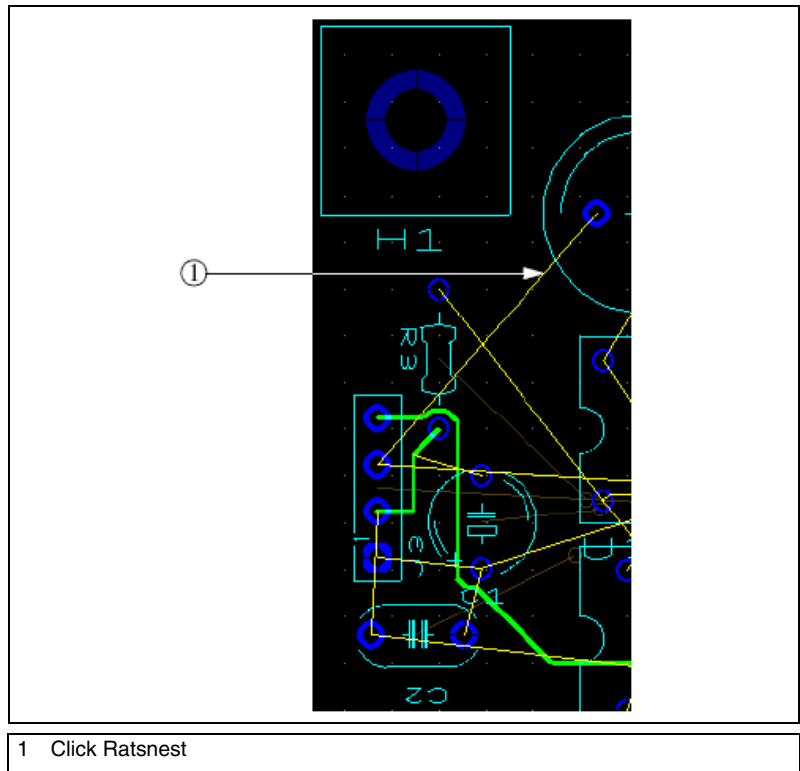
Tip You do not need to click exactly on a pin—you can also start by clicking on a ratsnest line.

Placing a Connection Machine Trace

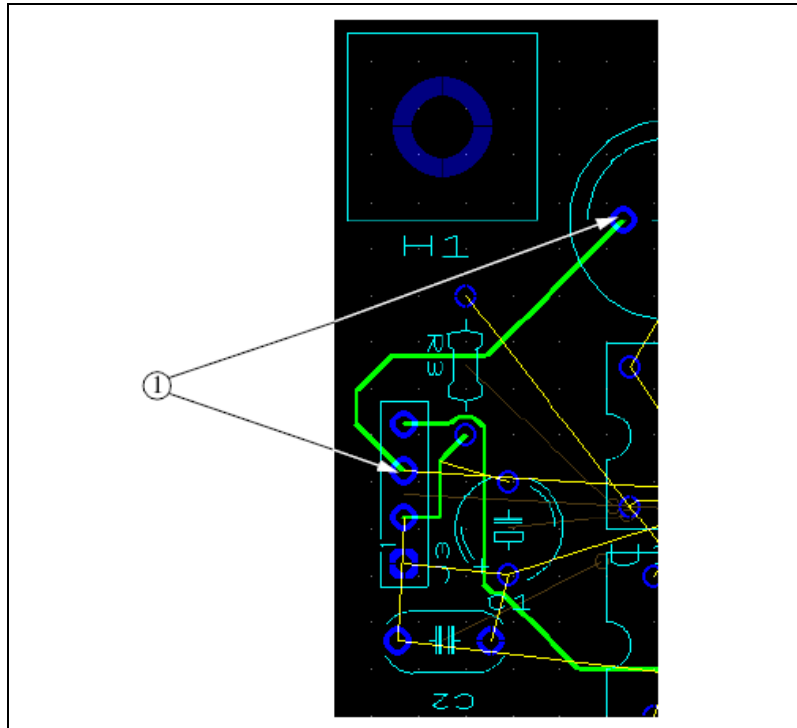


Complete the following steps to place a **Connection Machine** trace:

1. Choose **Place»Connection Machine**.
2. Click on the segment of the ratsnest indicated below.



3. Move your cursor—Ultiboard suggests various trace placement options routed around obstacles.
4. When you see the route you want, click to fix the trace. You don't have to click on the ratsnest or the destination pin.



1 Trace Segments Appear Between Pins

5. Right-click to end trace placement.

Auto Part Placement

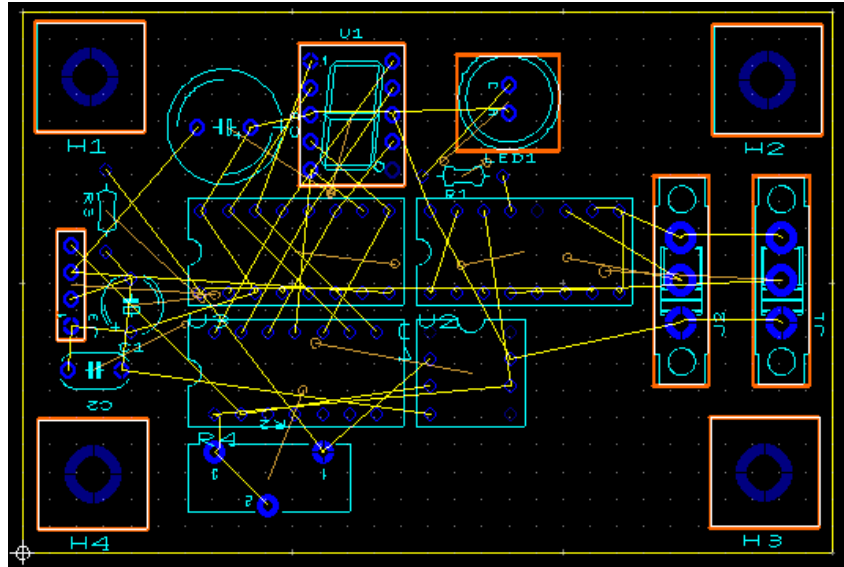
As well as placing parts as described earlier in this chapter, you can use Ultiboard's advanced automatic part placement functionality.



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, J2, J3, and LED 1 in GS5 have been pre-placed and locked.) For details on locking parts, refer to the Ultiboard User Manual.

Complete the following steps to autoplace the parts in `Getting Started.ewprj`:

1. Open the GS5 design in Ultiboard.
2. Select **Autoroute»Start Autoplacement**. The parts are placed on the circuit board.



Autorouting Traces

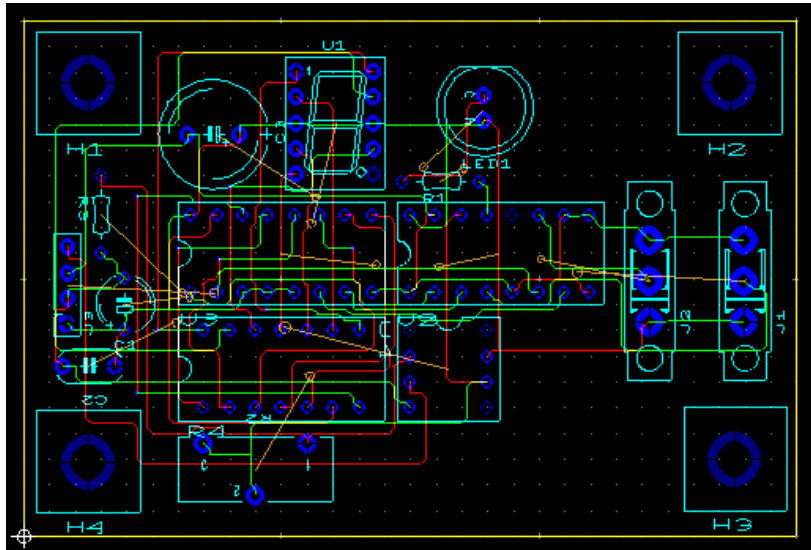
You can place traces in Ultiboard using the methods described earlier in this chapter, or automatically route the traces as described below.

Complete the following steps to autoroute the traces in `Getting Started.ewprj`:

1. Open the GS3 design in Ultiboard.
2. Select **Autoroute»Start/Resume Autorouter**. The workspace goes 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.

3. Optionally, select **Autoroute»Start Optimization** to optimize the placement of the traces.



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 User Manual for details.

Preparing for Manufacturing/Assembly

Ultiboard can produce many different output formats to support your production and manufacturing needs. This section explains 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 that have been left on the board.

To delete open trace ends, make sure the GS4 design is open and choose **Edit>Copper Delete>Open Trace Ends**. This deletes all open trace ends in the design.

To delete any unused vias, make sure the design is open and choose **Design»Clean Unused Vias** to delete 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.

For details, refer to the Ultiboard User Manual.

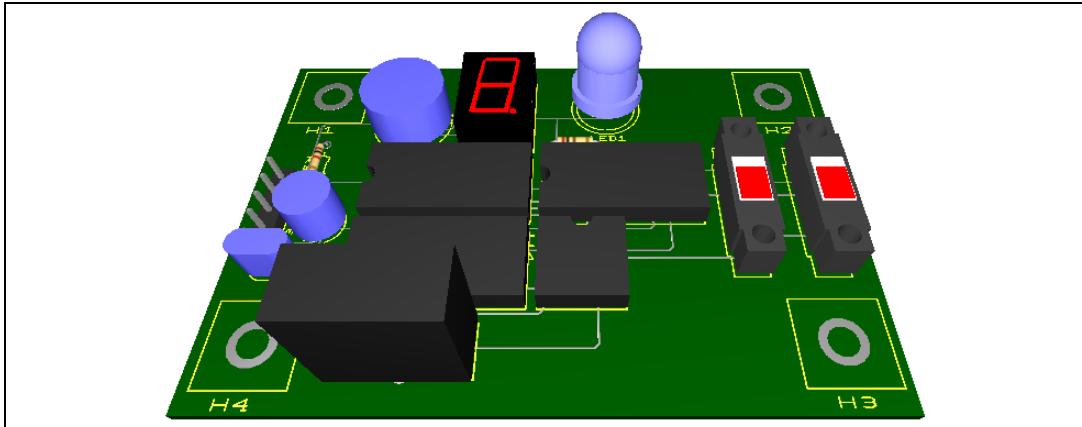
Exporting a File

Exporting a file refers to producing an output from Ultiboard in a format that can be understood by the board manufacturer. An exported file contains complete information describing how a finished board is to be manufactured. Files that can be exported include Gerber RS-274X and RS-274D files.

For complete details, refer to the Ultiboard User Manual.

Viewing Designs in 3D

Ultiboard lets you see what the board looks like in three dimensions at any time during the design. For complete details, refer to the Ultiboard User Manual.



Tip You can use the **Internal View** to look between the layers of a multi-layer PCB. For details, refer to the Ultiboard User Manual.

Multisim MCU Tutorial

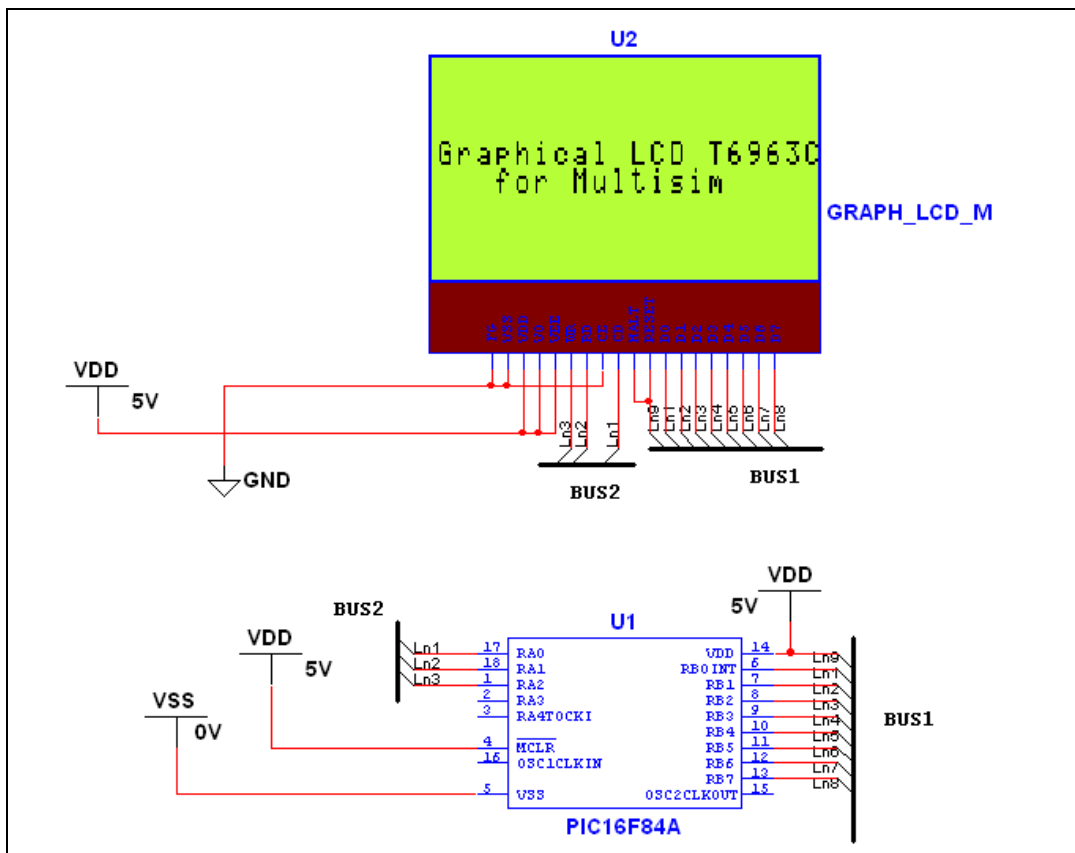
The tutorial in this chapter leads you through the process of simulating and debugging a circuit that contains a microcontroller.

Overview

The files used for this tutorial install with your NI Circuit Design Suite software at `...\samples\Getting Started`.

This tutorial uses `Getting Started MCU.ms10`, which accesses the contents of folder `LCDWorkspace` as required.

The LCD Graphical Display circuit example demonstrates the use of a PIC microcontroller to control a graphical LCD display component in Multisim based on a combination of the Toshiba T6963C controller and an external display RAM. To control the LCD display, the microcontroller sends signals to the LCD through the LCD's data and control lines. A software program written for the microcontroller determines the logic behind setting the lines on its pins to high or low to send commands and data to the LCD display.



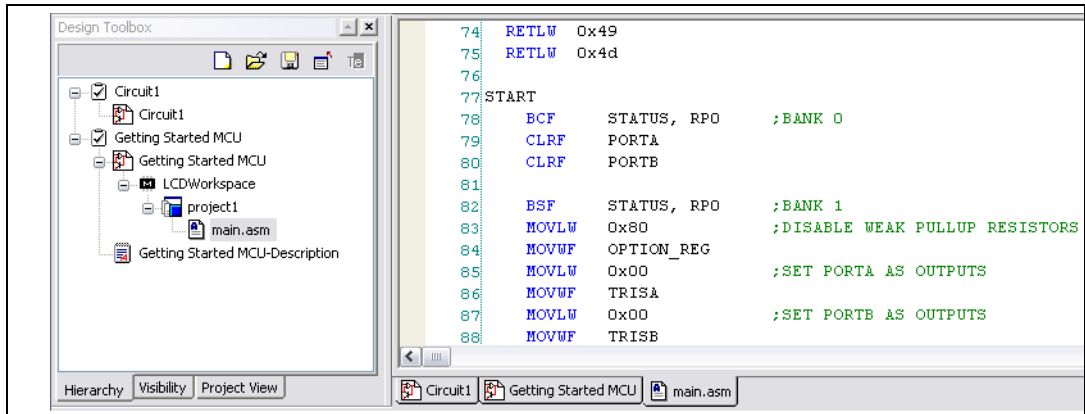
About the Tutorial

The data lines of LCD U2 are connected to pins RB0–RB7 on microcontroller U1. The control lines of the LCD are connected to RA0–RA2 on the microcontroller. The MCU U1 communicates with the LCD U2 via these wires. Data is sent to U2 in parallel and signals on the control lines determine the timing and type of data being sent (i.e., address or data).

The LCD Graphical Display can operate in three modes: text mode, graphical mode and a combination text and graphical mode. This example demonstrates the controlling of the LCD Graphical Display in a combination text and graphical mode. The software that the MCU runs is contained in an MCU workspace that displays in the **Design Toolbox** as LCDWorkspace. The workspace contains one project project1 that consists of a single source code file main.asm.

Complete the following to view the file:

1. Double-click on `main.asm` in the **Design Toolbox**. A tab appears in the schematic capture workspace called `main.asm` that displays the assembly program.



To display the line numbers, select **MCU»Show Line Numbers**.

Complete the following to run this circuit:



1. Select **Simulate»Run**. If you did not build your program beforehand, a dialog box displays stating that the configuration is out of date and asks if you would like to build it. Click **Yes**. The results of the build display in the **Results** tab of the **Spreadsheet View**. If there are no errors or warnings, the program built successfully. (The sample program should not contain any errors.)

The program displays the line “Graphical LCD T6963C for Multisim” characters in text mode; the LCD then switches to graphical mode and draws an inverted “V” dot-by-dot on top of the text.

Once the lines are drawn, the text scrolls right and then left. This is achieved by moving the start address of the text buffer of the LCD display. This also demonstrates that there are two buffers in the LCD, one for storing graphics and another for storing text. Other features of the LCD such as text flashing and erasing of characters are also demonstrated.

The LCD display program continues to cycle through each of these effects.



To stop the simulation, select **Simulate»Stop**.

Understanding the Assembly Program

Constants and Data

To make the program easier to understand, the LCD display commands and temporary buffers for storing addresses and data in the MCU are predefined in constants at the start of the program:

```

DATA_BUFFER      EQU          0x20
DATA_BUFFER2     EQU          0x21
CMD_BUFFER       EQU          0x22
REF_BUFFER       EQU          0x24

ADDR_INDEX       EQU          0x25          ;STARTING ADDRESS IN EEPROM
ADDR_L           EQU          0x26          ;STARTING ADDRESS L
ADDR_H           EQU          0x27          ;STARTING ADDRESS H
COUNTER_INDEX    EQU          0x29          ;COUNTER
BIT_INDEX        EQU          0x2A          ;BIT INDEX

CMD_SET_CURSOR EQU  21H          ;SET CURSOR
CMD_TXHOME       EQU  40H          ;SET TXT HM ADD
CMD_TXAREA       EQU  41H          ;SET TXT AREA
CMD_GRHOME       EQU  42H          ;SET GR HM ADD
CMD_GRAREA       EQU  43H          ;SET GR AREA
CMD_OFFSET       EQU  22H          ;SET OFFSET ADD
CMD_ADSET        EQU  24H          ;SET ADD PTR
CMD_SETDATA_INC  EQU  0C0H          ;WRITE DATA AND INCREASE ADP
CMD_AWRON        EQU  0B0H          ;SET AUTO WRITE MODE
CMD_AWROFF       EQU  0B2H          ;RESET AUTO WRITE MODE

```

The text to be displayed on the LCD display is stored in data tables for some microcontrollers, but there is no PIC assembly instruction that allows you to directly address a data value in the program memory space. Instead, you can load literal values into the W register so you can write a routine that returns a value in your string based on an index. The `RETLW` instruction loads a constant value into the W register and executes a `RETURN` in one instruction.

The `TXPRT` routine retrieves the text data to be displayed on the LCD display. The character codes for the LCD display are defined in the T6963C controller reference manual (for example, 0x27 is the code for the letter “G,” 0x52 for “r,” and so on):

```

; DATA
DATA_NUM      EQU      23H
TXPRT          ; Text data "Grapiical LCD T6963C   for Multisim"

    ADDWF    PCL, 1
    RETLW    0x27
    RETLW    0x52
    RETLW    0x41
    RETLW    0x50
    RETLW    0x48
    RETLW    0x49
    RETLW    0x43
    RETLW    0x41
    RETLW    0x4c
    RETLW    0x00
    RETLW    0x2C
...

```

Initialization

The initialization code begins at the START label as shown in the excerpt below. The pins in the microcontroller are set up as output pins, and the values are reset. The LCD display component is initialized by the microcontroller and set to graphical and text mode. The home addresses for the internal graphical and text buffers in the LCD display component are set to 0x0000 and 0x2941 respectively, which determines where on the display the LCD starts to display the buffer data. Finally, the control signals are set up for the proper read/write operation on the LCD display.

```

START
    BCF      STATUS, RPO          ;BANK 0
    CLRF     PORTA
    CLRF     PORTB

    BSF      STATUS, RPO          ;BANK 1
    MOVLW    0x80                  ;DISABLE WEAK PULLUP RESISTORS
    MOVWF    OPTION_REG
    MOVLW    0x00                  ;SET PORTA AS OUTPUTS
    MOVWF    TRISA
    MOVLW    0x00                  ;SET PORTB AS OUTPUTS
    MOVWF    TRISB

    BCF      STATUS, RPO          ;BANK 0
    MOVLW    0x0F                  ; 1111 no commands ready
    MOVWF    PORTA

;1 SET DISPLAY MODE to GRAPH + TEXT mode, cursor off
    MOVLW    0x9C
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD
...

```

Drawing Text and Graphics

The rest of the program sends commands to the LCD graphical display via the control lines through MCU pins RA0 to RA2 and data through the data lines:

```
;5 write_string
    MOVLW    0x7D
    MOVWF    DATA_BUFFER
    MOVLW    0x29
    MOVWF    DATA_BUFFER2    ; external CG start at: 1400h
    CALL     DT2
    MOVLW    CMD_ADPSET
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

    MOVLW    CMD_AWRON
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

    MOVLW    0x00                ; Initial the counter
    MOVWF    ADDR_INDEX

LOOP_READ_DATA2
    MOVF     ADDR_INDEX,0        ; STARTING data ADDRESS
    CALL     TXPRT

    MOVWF    DATA_BUFFER        ; LOAD CHAR data TO W
    CALL     ADT

    INCF     ADDR_INDEX,1

    MOVF     ADDR_INDEX, 0
    SUBLW    DATA_NUM           ; 35 chars
    BTFSS    STATUS, Z
    GOTO     LOOP_READ_DATA2

    MOVLW    CMD_AWROFF
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

...
```

For example, the above excerpt from the main loop in the program sends the characters defined in the TXPRT subroutine to be displayed in text mode on the graphical LCD.

The following sets the LCD to auto write mode:

```
MOVLW    CMD_AWRON
MOVWF    CMD_BUFFER
CALL     CMD
```

At this point, the program starts counting, and executes through the loop `LOOP_READ_DATA2` 35 times. This loop calls `TXPR` to retrieve the text data and load it into the `W` register. It then calls to the subroutine `ADT`, which calls `SEND_DATA`, which writes the values in the `W` register to port `B`, to be sent to the data lines of the LCD display. Once the data is sent, the proper value on port `A` of the microcontroller is sent to the control pins of the LCD display to let it know that the data is ready to be read. The subroutines all return at the end to the instruction just after the call to them and the same thing happens until all 35 characters have been transmitted. The final three instructions in the excerpt turn off the auto write mode in the LCD display after exiting the loop:

```
MOVLW      CMD_AWROFF
MOVWF      CMD_BUFFER
CALL       CMD
```

The next few instructions draw the horizontal and sloped lines in graphical mode:

```
;6 draw wave once
MOVF       ADDR_L, 0
BTFSC      STATUS, Z
CALL       DRAW_WAVE
```

Working with the MCU Debugging Features

This section provides a step-by-step walkthrough of Multisim's MCU debugging features. It is important to follow the steps exactly as scripted, otherwise, the descriptions will no longer apply. Once you understand the breakpoint and single stepping features you can explore the possibilities of advanced MCU debugging.

Debug View Overview

To write a program for a microcontroller either in C or assembly, you create source code files (`.asm`, `.inc`, `.c`, `.h`) as part of the MCU workspace, which can in turn be edited in the source code view.

Complete the following step to access the source code view:

1. Double-click on the file item (for example, `main.asm`) shown in the MCU workspace hierarchy in the **Design Toolbox**.

During simulation, additional debugging information displays to help you understand what is happening inside the MCU. For example, you can

switch between viewing events happening in the high level source and at the assembly instruction level which also displays the actual opcodes for each instruction that are being executed by the MCU.

The source code view is not capable of displaying all this extra information. Instead, each MCU component in the circuit design has its own

Debug View that displays debugging information.

Complete the following steps to access the **Debug View**:

1. Select **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Build**.

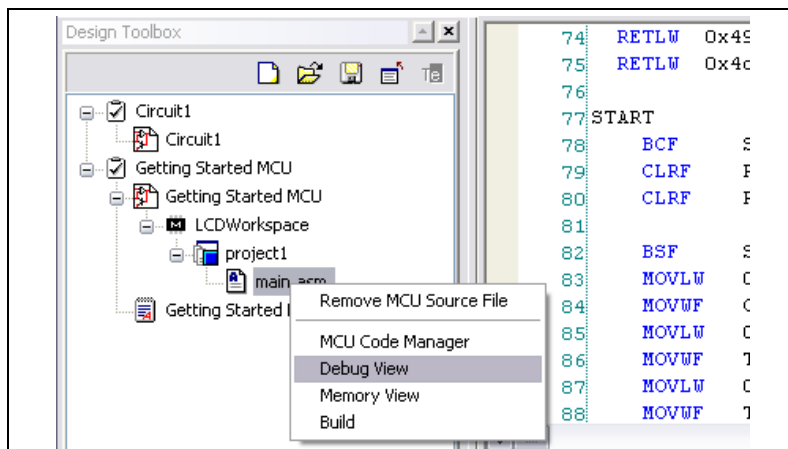


Note The **Debug View** is available only after you have successfully built your code, so the preceding step is only necessary once.

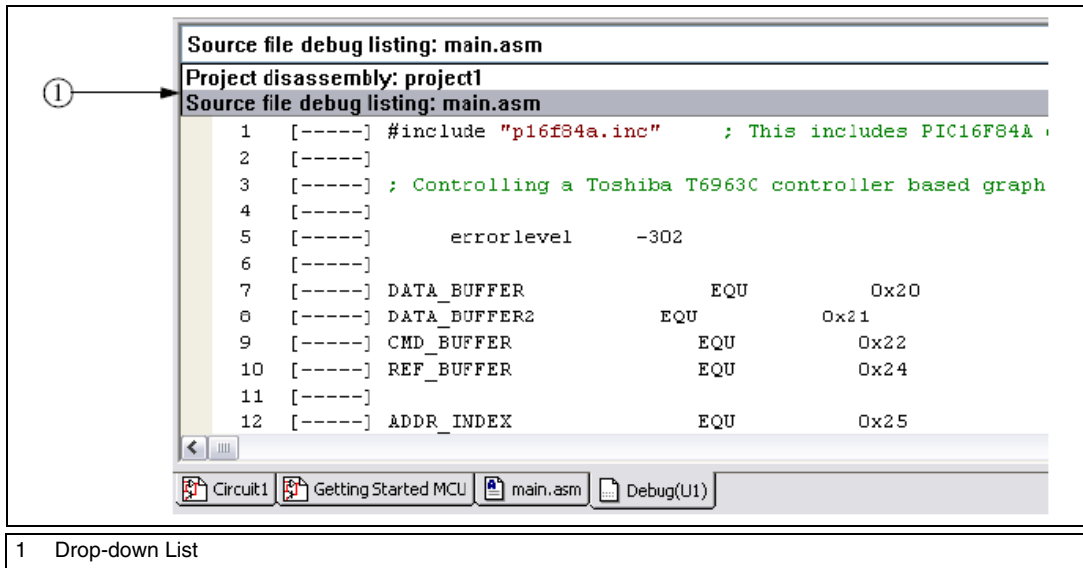
2. Select **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Debug View**.

Or

Use the right-click context menu on an item in the MCU workspace of the **Design Toolbox**.



Another tab opens in the schematic capture workspace called **Debug(<reference designator of MCU>)**, in this case **Debug(U1)**.



Use the drop-down list at the top of the **Debug View** to select between the disassembly instructions generated internally by Multisim or the listing file generated by the assembler or compiler (the format of the listing file is dependent on the tool that you choose to build your code).

In the LCD graphical display example, the code was written in assembly and built by the Microchip assembly tools. The Microchip assembler generates a listing file (.lst) that contains all of the opcodes generated for each assembly instruction. The debug listing view displays information from this listing file. Multisim generates the disassembly format using its internal disassembler to disassemble the opcode instructions into assembly instructions.

This format is not necessary for this example since the debug listing contains all of the information needed. In cases where an MCU project loads only the machine code (.hex) file, the disassembly view shows the disassembled opcode instructions so that you can see what's happening in the MCU. Since no listing file for MCU projects of this type is available, the disassembly view is very useful.

Adding a Breakpoint

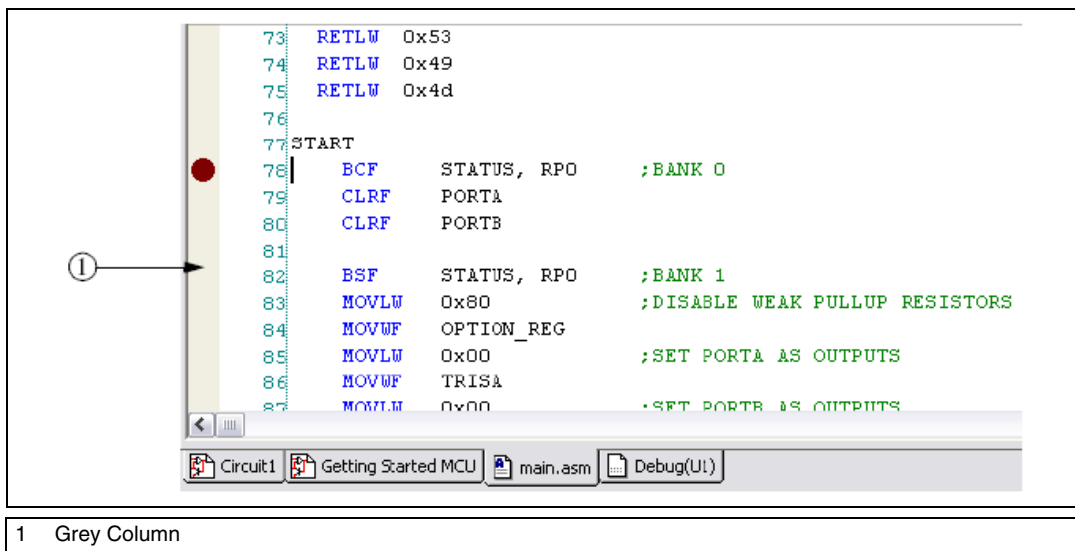
You can add breakpoints in the source code view when simulation has stopped, as well as during simulation. You can add breakpoints to a microcontroller project in two ways.

One way is to add them in the source code view. In this example, the `main.asm` tab in the schematic capture workspace is the only source code view available.



Note If your MCU design contains more than one file, there will be a source code view for each of your source code files.

You can also set a breakpoint in the **Debug View** window. You can set breakpoints in the disassembly view or the debug listing view, but for this example, you will only use the debug listing view.



1 Grey Column

Complete the following steps to add a breakpoint in the source code view:

1. Open the **Debug View** for U1.
2. Double-click on `main.asm` in the **Design Toolbox**.
3. Scroll to the line just below the `START` label: `BCF STATUS, RP0`.
4. Double-click on the first (grey) column on the left side of the `main.asm` window next to the line `BCF STATUS, RP0`. A red circle appears at that location indicating that a breakpoint has been set at that line.
5. Select **Simulate»Run**. The simulation automatically pauses at the breakpoint that you have just set. The **Debug View** automatically jumps into focus with a yellow arrow showing where the MCU program execution is paused.



Complete the following to remove the breakpoint:

1. Double-click on the breakpoint in the **Debug View** or the `main.asm` source code view.

Or

Select **MCU»Remove all breakpoints** to remove all breakpoints.



Note You can add and remove breakpoints in the **Debug View** in the same manner as the source code view.

Break and Step

1. Select **MCU»Remove all breakpoints** to remove all breakpoints.
2. Go to the circuit design view (the **Getting Started MCU** tab) and select **Simulate»Run**. The words “Graphical LCD T6963CC for Multisim” start to display on the graphical LCD component.
3. Select **Simulate»Pause**.
4. Go to the **Debug View** for U1 and notice that the line of code in the debug listing view where the MCU has stopped its execution is indicated by a yellow arrow in the left-most column.



The screenshot shows the Multisim MCU Memory View window for U1. The left pane displays the memory map with sections for IRAM, EEPROM, and IROM. The PC (Program Counter) is shown as 0193. The right pane displays the source file debug listing for main.asm, showing assembly code with addresses from 599 to 626. A yellow arrow points to line 612, which is the instruction `MOVWF PORTB`. The PC value in the memory view (0193) is one higher than the address of the instruction being executed (0192).

Name	Address	Hex	Bit-7	Bit-6
INDF	00	00	0	0
TMRO	01	9E	1	0

```

599 [-----]
600 [-----] READ_DATA
601 [0018A]    CALL SET_PORT_B_INPUT
602 [0018B]    MOVLW    0x04                ; 0100 1
603 [0018C]    MOVWF    PORTA
604 [0018D]    MOVF     PORTB,0              ; GET
605 [0018E]    MOVWF    DATA_BUFFER
606 [0018F]    RETURN
607 [-----]
608 [-----]
609 [-----] SEND_DATA
610 [00190]    CALL     SET_PORT_B_OUTPUT
611 [00191]    MOVF     DATA_BUFFER, 0      ;output c
612 [00192]    MOVWF    PORTB
613 [00193]    MOVLW    0x0A                ; 1010 1
614 [00194]    MOVWF    PORTA
615 [00195]    BSF      PORTA, 2
616 [00196]    RETURN
617 [-----]
618 [-----] SEND_CMD
619 [00197]    CALL     SET_PORT_B_OUTPUT
620 [00198]    MOVF     CMD_BUFFER, 0       ;output cr
621 [00199]    MOVWF    PORTB
622 [0019A]    MOVLW    0x0B                ; 1011 1
623 [0019B]    MOVWF    PORTA
624 [0019C]    BSF      PORTA, 2
625 [0019D]    RETURN
626 [-----]
  
```

5. Select **MCU»MCU PIC16F84A U1»Memory View** to view the current state of the memory inside the microcontroller U1. Notice that the value of the program counter PC in the **IROM** section is one higher than the address value of the line the yellow arrow is pointing to. In the example in the above figure, the address in the **Debug View** is 192 and the PC value in the **Memory View** is 193.



Note If the MCU has not finished executing the current command when you pause the simulation, the value in the program counter will be the same as the address value.

You can also look at the other sections of the **Memory View** to see the values inside the other parts of memory in the microcontroller.



6. Click the **Step into** button in the **Simulation** tool bar.
7. The current instruction is executed and the simulation pauses at the next instruction.
8. Select **Simulate»Stop**.



Break and Step Out



1. Place a breakpoint in the `SEND_DATA` subroutine at `MOVWF PORTB`.
2. Select **Simulate > Run**. The simulation pauses at the breakpoint.
3. Click the **Step out** button in the **Simulation** toolbar to step out of the `SEND_DATA` subroutine.
4. The simulation executes all of the remaining instructions in the `SEND_DATA` subroutine and pauses at the first instruction after the call to the `SEND_DATA` subroutine.

Break and Step Into



1. Select **MCU > Remove all breakpoints**.
2. Place a breakpoint at the call to `SEND_DATA` where you had just stepped out of just above the yellow arrow.
3. Select **Simulate > Run**. The simulation pauses at breakpoint that you just placed.
4. Click the **Step Into** button on the **Simulation** toolbar. The simulation pauses inside the `SEND_DATA` subroutine.

Break and Step Over



1. Select **Simulate > Run**. The simulation pauses at the same breakpoint that you set previously at the call to the subroutine `SEND_DATA`.
2. Click the **Step Over** button on the **Simulation** toolbar. The entire `SEND_DATA` subroutine is executed and the simulation pauses at the instruction after the `CALL SEND_DATA` instruction.

Run to Cursor



1. Select **MCU > Remove all breakpoints**.
2. Click on a line inside the `SEND_DATA` subroutine since we know that this subroutine will be called again to send data to the LCD display.
3. Click the **Run to Cursor** button in the **Simulation** toolbar. The simulation runs until the MCU hits the instruction that you clicked on inside the `SEND_DATA` subroutine. It then pauses and places the yellow arrow next to that line.

Technical Support and Professional Services

Visit the following sections of the award-winning National Instruments Web site at ni.com for technical support and professional services:

- **Support**—Technical support resources at ni.com/support include the following:
 - **Self-Help Technical Resources**—For answers and solutions, visit ni.com/support for software drivers and updates, a searchable KnowledgeBase, product manuals, step-by-step troubleshooting wizards, thousands of example programs, tutorials, application notes, instrument drivers, and so on. Registered users also receive access to the NI Discussion Forums at ni.com/forums. NI Applications Engineers make sure every question submitted online receives an answer.
 - **Standard Service Program Membership**—This program entitles members to direct access to NI Applications Engineers via phone and email for one-to-one technical support as well as exclusive access to on demand training modules via the Services Resource Center. NI offers complementary membership for a full year after purchase, after which you may renew to continue your benefits.

For information about other technical support options in your area, visit ni.com/services, or contact your local office at ni.com/contact.
- **Training and Certification**—Visit ni.com/training for self-paced training, eLearning virtual classrooms, interactive CDs, and Certification program information. You also can register for instructor-led, hands-on courses at locations around the world.
- **System Integration**—If you have time constraints, limited in-house technical resources, or other project challenges, National Instruments Alliance Partner members can help. To learn more, call your local NI office or visit ni.com/alliance.

If you searched ni.com and could not find the answers you need, contact your local office or NI corporate headquarters. Phone numbers for our worldwide offices are listed at the front of this manual. You also can visit the Worldwide Offices section of ni.com/niglobal to access the branch office Web sites, which provide up-to-date contact information, support phone numbers, email addresses, and current events.

Index

Numerics

3D designs in Ultiboard, 3-22

A

analysis, 2-14
assembly program, 4-4
autoplacement, 3-18
autorouting, 3-19

B

bill of materials, 2-17
board clean-up, 3-20
board outline, 3-4
BOM, 2-17
break and step, 4-11
break and step into, 4-13
break and step out, 4-13
break and step over, 4-13
breakpoint, 4-9

C

comments, 3-21
connection machine trace, 3-17
conventions used in the manual, v

D

diagnostic tools (NI resources), A-1
documentation
 conventions used in the manual, v
 NI resources, A-1
dragging parts, 3-8, 3-9
drivers (NI resources), A-1

E

examples (NI resources), A-1
exporting files from Ultiboard, 3-21

F

follow-me trace, 3-17

G

grapher, 2-15

H

help, technical support, A-1

I

instrument drivers (NI resources), A-1
interface elements, 2-1, 3-1

K

KnowledgeBase, A-1

M

manual trace, 3-14
manufacturing/assembly, 3-20
MCU debugging
 features, 4-7
 overview, 4-7
MCU tutorial, 4-2
 overview, 4-1
moving parts in Ultiboard, 3-12
Multisim tutorial overview, 2-3

N

National Instruments support and services, A-1

O

opening Multisim files, 2-5
opening Ultiboard tutorial, 3-3

P

placing components in Multisim, 2-5
placing parts in Ultiboard, 3-7, 3-10
placing traces in Ultiboard, 3-13
placing Ultiboard dB parts, 3-11
postprocessor, 2-16
products, 1-1
programming examples (NI resources), A-1

R

reports, 2-16
run to cursor, 4-13

S

saving Multisim files, 2-5
schematic capture, 2-4

simulation, 2-12
software (NI resources), A-1
support, technical, A-1

T

training and certification (NI resources), A-1
troubleshooting (NI resources), A-1
tutorial descriptions, 1-1
two-pinned components
 dropping directly onto a wire, 2-9

U

user interface elements, 2-1

V

virtual instruments, 2-12

W

Web resources, A-1
wiring components in Multisim, 2-9

NI Circuit Design Suite

Erste Schritte mit NI Circuit Design Suite

Deutschsprachige Niederlassungen

National Instruments Germany GmbH Konrad-Celtis-Straße 79 81369 München Tel.: +49 89 7413130 Fax: +49 89 7146035	National Instruments Ges.m.b.H. Plainbachstraße 12 5101 Salzburg-Bergheim Tel.: +43 662 457990-0 Fax: +43 662 457990-19	National Instruments Switzerland Sonnenbergstraße 53 CH-5408 Ennetbaden Tel.: +41 56 2005151, +41 21 3205151 (Lausanne) Fax: +41 56 2005155
---	--	--

Lokaler technischer Support

Deutschland:	ni.germany@ni.com	www.ni.com/germany
Österreich:	ni.austria@ni.com	www.ni.com/austria
Schweiz:	ni.switzerland@ni.com	www.ni.com/switzerland

Technischer Support und Produktinformation weltweit

ni.com

National Instruments Corporate Firmenhauptsitz

11500 North Mopac Expressway Austin, Texas 78759-3504 USA Tel: 001 512 683 0100

Internationale Niederlassungen

Australien 1800 300 800, Belgien 32 (0) 2 757 0020, Brasilien 55 11 3262 3599, China 86 21 5050 9800, Dänemark 45 45 76 26 00, Finnland 358 (0) 9 725 72511, Frankreich 01 57 66 24 24, Großbritannien 44 0 1635 523545, Indien 91 80 41190000, Israel 972 3 6393737, Italien 39 02 41309277, Japan 0120-527196, Kanada 800 433 3488, Korea 82 02 3451 3400, Libanon 961 (0) 1 33 28 28, Malaysia 1800 887710, Mexiko 01 800 010 0793, Neuseeland 0800 553 322, Niederlande 31 (0) 348 433 466, Norwegen 47 (0) 66 90 76 60, Polen 48 223 390150, Portugal 351 210 311 210, Russland 7 495 783 6851, Schweden 46 (0) 8 587 895 00, Singapur 1800 226 5886, Slowenien 386 3 425 42 00, Spanien 34 91 640 0085, Südafrika 27 0 11 805 8197, Taiwan 886 02 2377 2222, Thailand 662 278 6777, Tschechische Republik 420 224 235 774, Türkei 90 212 279 3031

Weitere Informationen finden Sie im Anhang unter *Technische Unterstützung und professioneller Service*. Für Kommentare und Anregungen zu unserer Dokumentation geben Sie bitte auf unserer Website ni.com/info den Infocode `feedback` ein.

Wichtige Informationen

Garantie

National Instruments gewährleistet, dass die Datenträger, auf denen National Instruments Software übermittelt wird, während eines Zeitraums von 90 Tagen ab Lieferung, nachgewiesen durch Empfangsbestätigung oder sonstige Unterlagen, nicht aufgrund von Material- und Verarbeitungsfehlern Programmweisungen nicht ausführen. Datenträger, die Programmweisungen nicht ausführen, werden nach Wahl von National Instruments entweder repariert oder ersetzt, sofern National Instruments während der Garantiezeit über derartige Mängel informiert wird.

Damit Gegenstände zur Ausführung von Garantieleistungen angenommen werden, müssen Sie sich eine Warenrücksendenummer (RMA-Nummer) vom Hersteller geben lassen und diese auf der Packung deutlich sichtbar angeben. Die Kosten der Rücksendung von Ersatzteilen, die von der Garantie erfasst sind, an Sie übernimmt National Instruments.

National Instruments geht davon aus, dass die Informationen in dieser Unterlage zutreffend sind. Die Unterlage ist sorgfältig auf technische Richtigkeit überprüft worden. Für den Fall, dass dennoch technische oder Schreibfehler vorhanden sein sollten, behält sich National Instruments das Recht vor, dies in späteren Ausgaben ohne vorherige Ankündigung zu berichtigen. Bitte wenden Sie sich an National Instruments, falls Sie einen Fehler vermuten. National Instruments haftet in keinem Fall für Schäden, die sich aus oder im Zusammenhang mit dieser Unterlage oder den darin enthaltenen Informationen ergeben.

SOWEIT HIER NICHT AUSDRÜCKLICH VORGESEHEN, SCHLIESST NATIONAL INSTRUMENTS JEDE GEWÄHRLEISTUNG, SEI SIE AUSDRÜCKLICH ODER STILLSCHWEIGEND, AUS. DIESER AUSSCHLUSS GILT INSBESONDERE FÜR EINE ETWAIGE KONKLUDENTE GEWÄHRLEISTUNG, DASS DIE PRODUKTE VON DURCHSCHNITTLICHER QUALITÄT UND FÜR DEN NORMALEN GEBRAUCH ODER FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK GEEIGNET SIND. EINE SCHADENERSATZPFLICHT FÜR SCHULDHAFTES VERHALTEN SEITENS NATIONAL INSTRUMENTS IST AUF DEN VOM KUNDEN GEZÄHLTEN KAUFPREIS BEGRENZT. NATIONAL INSTRUMENTS HAFTET NICHT FÜR SCHÄDEN, DIE SICH AUS DEM VERLUST VON DATEN, ENTGANGENEM GEWINN ODER NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN ERGEBEN UND AUCH NICHT FÜR ZUFÄLLIGE ODER FOLGESCHÄDEN, SELBST WENN NATIONAL INSTRUMENTS AUF DIE MÖGLICHKEIT SOLCHER SCHÄDEN HINGEWIESEN WURDE. Diese Haftungsbegrenzung gilt unabhängig vom Rechtsgrund der Haftung. Ansprüche gegenüber National Instruments müssen innerhalb eines Jahres nach Schadenseintritt gerichtlich geltend gemacht werden. Die Firma National Instruments haftet nicht für Verspätungsschäden, die nicht in ihrem Verantwortungsbereich liegen. Diese Garantie erstreckt sich nicht auf Schäden, Fehler, Fehlfunktionen oder Servicemängel, die auf der Nichtbefolgung von Anweisungen von National Instruments für die Installation, den Betrieb oder die Wartung, auf Veränderungen des Produktes, Missbrauch oder Fehlgebrauch des Produktes, auf einer Unterbrechung der Energieversorgung, Feuer, Wasserschäden, Unfälle, Handlungen Dritter oder anderen Geschehnissen, die nicht im Verantwortungsbereich von National Instruments liegen, beruhen.

Urheberrechte

Gemäß den Bestimmungen des Urheberrechts darf diese Publikation ohne vorherige schriftliche Zustimmung der Firma National Instruments Corporation weder vollständig noch teilweise vervielfältigt oder verbreitet werden, gleich in welcher Form, ob elektronisch oder mechanisch. Das Verbot erfasst u.a. das Fotokopieren, das Aufzeichnen, das Speichern von Informationen in Retrieval Systemen sowie das Anfertigen von Übersetzungen gleich welcher Art.

National Instruments achtet das geistige Eigentum anderer und fordert seine Nutzer auf, dies ebenso zu tun. Die Software von National Instruments ist urheberrechtlich und durch andere Rechtsvorschriften zum Schutz geistigen Eigentums geschützt. Wenn Sie NI Software nutzen, um Software oder andere Materialien, die im Eigentum Dritter stehen, zu vervielfältigen, dürfen Sie NI Software nur insoweit nutzen, als Sie die betreffenden Materialien nach den jeweils anwendbaren Lizenzbestimmungen oder Rechtsvorschriften vervielfältigen dürfen.

BSIM3 and BSIM4 are developed by the Device Research Group of the Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley and copyrighted by the University of California.

The ASM51 cross assembler bundled with Multisim MCU is a copyrighted product of MetaLink Corp. (www.metaice.com).

MPASM™ macro assembler and related documentation and literature is reproduced and distributed by Electronics Workbench under license from Microchip Technology Inc. All rights reserved by Microchip Technology Inc. MICROCHIP SOFTWARE OR FIRMWARE AND LITERATURE IS PROVIDED "AS IS," WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL MICROCHIP BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR FIRMWARE OR THE USE OF OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE OR FIRMWARE.

Anti-Grain Geometry - Version 2.4

Copyright (C) 2002–2004 Maxim Shemanarev (McSeem)

Permission to copy, use, modify, sell and distribute this software is granted provided this copyright notice appears in all copies. This software is provided "as is" without express or implied warranty, and with no claim as to its suitability for any purpose.

Anti-Grain Geometry - Version 2.4

Copyright (C) 2002–2005 Maxim Shemanarev (McSeem)

1. Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:
2. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
3. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

The name of the author may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF

LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

Marken

National Instruments, NI, ni.com und LabVIEW sind Marken der Firma National Instruments Corporation. Nähere Informationen zu den Marken von National Instruments finden Sie im Abschnitt *Terms of Use* unter ni.com/legal.

Ultiboard is a registered trademark and Multisim and Electronics Workbench are trademarks of Electronics Workbench.

Portions of this product obtained under license from Bartels Systems GmbH.

Sonstige hierin erwähnte Produkt- und Firmenbezeichnungen sind Marken oder Handelsnamen der jeweiligen Unternehmen.

Mitglieder des National Instruments Alliance Partner Programms sind eigenständige und von National Instruments unabhängige Unternehmen; zwischen ihnen und National Instruments besteht keine gesellschaftsrechtliche Verbindung und auch kein Auftragsverhältnis.

Patente

Nähere Informationen über Patente auf Produkte von National Instruments finden Sie unter **Hilfe»Patente** in Ihrer Software, in der Datei `patents.txt` auf Ihrer CD oder unter ni.com/patents.

Some portions of this product are protected under United States Patent No. 6,560,572.

WARNUNG ZUR NUTZUNG VON NATIONAL INSTRUMENTS PRODUKTEN

(1) DIE SOFTWAREPRODUKTE VON NATIONAL INSTRUMENTS WURDEN NICHT MIT KOMPONENTEN UND TESTS FÜR EIN SICHERHEITSNIVEAU ENTWICKELT, DAS FÜR EINE VERWENDUNG BEI ODER IN ZUSAMMENHANG MIT CHIRURGISCHEN IMPLANTATEN ODER ALS KRITISCHE KOMPONENTEN VON LEBENSERHALTENDEN SYSTEMEN GEEIGNET IST, DEREN FEHLFUNKTION BEI VERNÜNFTIGER BETRACHTUNGSWEISE ZU ERHEBLICHEN VERLETZUNGEN VON MENSCHEN FÜHREN KANN.

(2) BEI JEDER ANWENDUNG, EINSCHLIESSLICH DER OBEN GENANNTEN, KANN DIE ZUVERLÄSSIGKEIT DER FUNKTION DER SOFTWAREPRODUKTE DURCH ENTGEGENWIRKENDE FAKTOREN, EINSCHLIESSLICH Z.B. SPANNUNGSUNTERSCHIEDEN BEI DER STROMVERSORGUNG, FEHLFUNKTIONEN DER COMPUTER-HARDWARE, FEHLENDER EIGNUNG DER SOFTWARE FÜR DAS COMPUTER-BETRIEBSSYSTEM, FEHLENDER EIGNUNG VON ÜBERSETZUNGS- UND ENTWICKLUNGSSOFTWARE, DIE ZUR ENTWICKLUNG EINER ANWENDUNG EINGESETZT WERDEN, INSTALLATIONSFEHLERN, PROBLEMEN BEI DER SOFTWARE- UND HARDWAREKOMPATIBILITÄT, FUNKTIONSSTÖRUNGEN ODER AUSFALL DER ELEKTRONISCHEN ÜBERWACHUNGS- ODER KONTROLLGERÄTE, VORÜBERGEHENDEN FEHLERN DER ELEKTRONISCHEN SYSTEME (HARDWARE UND/ODER SOFTWARE), UNVORHERGESEHENEN EINSATZES ODER MISSBRAUCHS ODER FEHLERN DES ANWENDERS ODER DES ANWENDUNGSENTWICKLERS (ENTGEGENWIRKENDE FAKTOREN WIE DIESE WERDEN NACHSTEHEND ZUSAMMENFASSEND "SYSTEMFEHLER" GENANT) BEEINTRÄCHTIGT WERDEN. JEDE ANWENDUNG, BEI DER EIN SYSTEMFEHLER EIN RISIKO FÜR SACHWERTE ODER PERSONEN DARSTELLT (EINSCHLIESSLICH DER GEFAHR KÖRPERLICHER SCHÄDEN UND TOD), SOLLTE AUFGRUND DER GEFAHR VON SYSTEMFEHLERN NICHT LEDIGLICH AUF EINE FORM VON ELEKTRONISCHEM SYSTEM GESTÜTZT WERDEN, UM SCHÄDEN UND, U.U. TÖDLICHE, VERLETZUNGEN ZU VERMEIDEN, SOLLTE DER NUTZER ODER ANWENDUNGSENTWICKLER ANGEMESSENE SICHERHEITSMASSNAHMEN ERGREIFEN, UM SYSTEMFEHLERN VORZUBEUGEN. HIERZU GEHÖREN UNTER ANDEREM SICHERUNGS- ODER ABSCHALTMECHANISMEN. DA JEDES ENDNUTZERSYSTEM DEN KUNDENBEDÜRFNISSEN ANGEPAST IST UND SICH VON DEM TESTUMFELD UNTERSCHIEDET, UND DA EIN NUTZER ODER ANWENDUNGSENTWICKLER SOFTWAREPRODUKTE VON NATIONAL INSTRUMENTS IN VERBINDUNG MIT ANDEREN PRODUKTEN IN EINER VON NATIONAL INSTRUMENTS NICHT GETESTETEN ODER VORHERGESEHENEN FORM EINSETZEN KANN, TRÄGT DER NUTZER BZW. DER ANWENDUNGSENTWICKLER DIE LETZTENDLICHE VERANTWORTUNG FÜR DIE ÜBERPRÜFUNG UND AUSWERTUNG DER EIGNUNG VON NATIONAL INSTRUMENTS PRODUKTEN, WENN PRODUKTE VON NATIONAL INSTRUMENTS IN EIN SYSTEM ODER EINE ANWENDUNG INTEGRIERT WERDEN. DIES ERFORDERT U.A. DIE ENTSPRECHENDE ENTWICKLUNG UND VERWENDUNG SOWIE EINHALTUNG EINER ENTSPRECHENDEN SICHERHEITSSTUFE BEI EINEM SOLCHEN SYSTEM ODER EINER SOLCHEN ANWENDUNG.

Symbole und Darstellungen

In diesem Handbuch werden die folgenden Symbole und Darstellungen verwendet:

»

Das Symbol » kennzeichnet die Reihenfolge, in der Menüpunkte und Dialogfeldoptionen anzuklicken sind. So wird zum Beispiel mit der Abfolge **Datei»Seite einrichten»Optionen** angezeigt, dass zunächst das Menü **Datei** zu öffnen ist, hieraus die Option **Seiteneinstellungen** und daraus der Befehl **Optionen** auszuwählen ist.



Dieses Symbol steht für Ratschläge.

Dieses Zeichen steht für einen Hinweis auf wichtige Informationen.

fett

In fettgedruckter Schrift sind Elemente dargestellt, die ausgewählt oder angeklickt werden müssen, wie Menüpunkte oder Optionen in Dialogfeldern. Parameternamen sind ebenfalls fettgedruckt.

kursiv

Variablen, Hervorhebungen, Querverweise und erstmals genannte Fachausdrücke sind durch Kursivschrift gekennzeichnet. Ebenfalls kursiv sind Textstellen gedruckt, an denen Wörter bzw. Werte einzusetzen sind.

`monospace`

In Monospace-Schrift (nicht proportionaler Schrift) sind Programmauszüge, Syntaxbeispiele und Zeichen, die über die Tastatur einzugeben sind, dargestellt. Diese Darstellungsweise wird ebenfalls für Laufwerke, Pfade, Verzeichnisse, Programme, Unterprogramme, Subroutinen, Gerätenamen, Funktionen, Operationen, Variablen sowie Dateinamen und -erweiterungen verwendet.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1

Einführung in die NI Circuit Design Suite

NI Circuit Design Suite Produktlinie	1-1
Lerneinheiten (Tutorial)	1-2

Kapitel 2

Einführung in Multisim

Multisim-Benutzeroberfläche	2-1
Überblick	2-4
Schaltungsentwicklung	2-5
Öffnen und Speichern der Datei	2-5
Einfügen der Bauelemente	2-6
Verbinden der Bauelemente	2-11
Simulation	2-13
Virtuelle Messinstrumente	2-13
Analyse	2-16
Die Graphanzeige	2-17
Der Postprozessor	2-18
Berichte	2-18
Stückliste	2-19

Kapitel 3

Einführung in Ultiboard

Ultiboard-Benutzeroberfläche	3-1
Öffnen der Einführung	3-3
Auswahl der Platinenkontur	3-4
Platzieren von Bauelementen	3-8
Ziehen von Bauelementen aus dem Bereich außerhalb des Leiterplattenumrisses	3-8
Ziehen von Bauelementen von der Bauteile-Registerkarte	3-10
Einfügen der Bauelemente dieser Einführung	3-11
Einfügen von Bauelementen aus der Datenbank	3-11
Bauelemente verschieben	3-13
Verlegen von Leiterbahnen	3-14
Manuelles Verlegen von Leiterbahnen	3-15
Verlegen von Follow-me-Leiterbahnen	3-18
Vollautomatisches Verlegen von Leiterbahnen	3-18
Automatische Bauteilplatzierung	3-20

Automatische Leiterbahnführung	3-21
Vorbereitung für Herstellung und Bestückung.....	3-22
Aufräumen der Leiterplatte (Clean-Up).....	3-22
Hinzufügen von Kommentaren	3-22
Exportieren von Dateien	3-23
3D-Ansicht von Entwürfen.....	3-23

Kapitel 4

Einführung in Multisim MCU

Überblick	4-1
Über diese Anleitung	4-2
Die Funktion des Assembly-Programms	4-4
Konstanten und Daten	4-4
Initialisierung	4-6
Zeichnen von Text und Grafiken.....	4-7
Arbeiten mit den MCU-Fehlersuchfunktionen.....	4-8
Übersicht zur Fehlersuche.....	4-8
Hinzufügen von Haltepunkten	4-11
Unterbrechen und in/aus Funktion hinein-/herausspringen	4-12
Unterbrechen und aus Funktion herausspringen	4-14
Unterbrechen und in Funktion hineinspringen.....	4-14
Unterbrechen und Funktionsaufruf überspringen	4-14
Zum Cursor	4-15

Anhang A

Technische Unterstützung und professioneller Service

Stichwortverzeichnis

Einführung in die NI Circuit Design Suite

Einige der in diesem Handbuch beschriebenen Funktionen sind möglicherweise nicht in Ihrer Version der NI Circuit Design Suite verfügbar. Einzelheiten zum Funktionsumfang Ihrer Ausgabe finden Sie in den Versionshinweisen.

NI Circuit Design Suite Produktlinie

Die Circuit Design Suite von National Instruments ist ein EDA-Softwarepaket (EDA – Electronics Design Automation), mit dessen Hilfe Ihnen die wichtigsten Schritte zur Planung und Erstellung von Schaltungen erleichtert werden.

Multisim ist ein Programm zur Erstellung und Simulation von Schaltplänen. Es eignet sich zur Schaltplaneingabe, zum Durchführen von Simulationen und zur Weitergabe der Daten an den nächsten Arbeitsgang, zum Beispiel die Leiterplattenentflechtung. Mit *Multisim* können analoge und digitale Simulationen durchgeführt werden.

Ultiboard erzeugt anhand der Daten von Multisim gedruckte Schaltungen, führt einfache mechanische CAD-Operationen durch (z. B. Platzierung der Bauteile auf den Leiterplatten) und bereitet die Leiterplatten für die Produktion vor. Ultiboard sorgt außerdem für die automatische Bauteilplatzierung und das Layout.

Lerneinheiten (Tutorial)

Dieses Handbuch enthält folgende Schritt-für-Schritt-Tutorials:

- *Einführung in Multisim*—Stellt Ihnen Multisim und seine Funktionen vor.
- *Einführung in Ultiboard*—Zeigt Ihnen, wie Sie die Bauelemente und Leiterbahnen für die im Multisim-Tutorial-Kapitel beschriebenen Schaltungen richtig platzieren. Außerdem lernen Sie, wie Bauelemente automatisch eingefügt und die dazugehörigen Leiterbahnen automatisch verlegt werden.
- *Einführung in Multisim MCU*—Führt Sie durch die Simulation und Fehlersuche in einer Schaltung mit Mikrocontroller.

Weiterführende Informationen zu den in diesen Kapiteln beschriebenen Funktionen finden Sie im Multisim- oder im Ultiboard-Benutzerhandbuch.

Einführung in Multisim

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

Einige der beschriebenen Funktionen sind möglicherweise in Ihrer Ausgabe von Multisim nicht enthalten. Einzelheiten zum Funktionsumfang Ihrer Ausgabe finden Sie in den Versionshinweisen.

Multisim-Benutzeroberfläche

Bei Multisim, einem Programm zur Erfassung und Simulation von Schaltplänen der National Instruments Circuit Design Suite, handelt es sich um ein EDA-Programm (EDA – Electronics Design Automation), mit dessen Hilfe die wichtigsten Schritte zur Planung und Erstellung von Schaltungen durchgeführt werden können. Multisim ist ein Programm zur Schaltplangeingabe, zum Durchführen von Simulationen und zur Weitergabe der Daten an den nächsten Arbeitsgang, zum Beispiel die Leiterplattenentflechtung.

Die Benutzeroberfläche von Multisim ist folgendermaßen aufgebaut:

The screenshot shows the Multisim software interface with a circuit diagram. Numbered callouts identify the following components:

- 1: Menüleiste (Menu bar)
- 2: Entwurf-Toolbox (Design toolbox)
- 3: Bauelemente-Symbolleiste (Component symbol list)
- 4: Standard-Symbolleiste (Standard symbol list)
- 5: Ansicht-Symbolleiste (View symbol list)
- 6: Simulations-Symbolleiste (Simulation symbol list)
- 7: Haupt-Symbolleiste (Main symbol list)
- 8: Liste verwendeter Bauelemente (List of used components)
- 9: Instrumenten-Symbolleiste (Instrument symbol list)
- 10: Text rollen links/rechts (Text scroll left/right)
- 11: Schaltungsfenster (Circuit window)
- 12: Tabellen-Ansicht (Table view)
- 13: Aktive Registerkarte (Active tab)

RefBez	Blatt	Abschnitt	Abschnittsname	Familie	Wert	Toleranz	Hersteller	Footprint	Beschreibung	Beschriftung	X/Y-Koordinaten
VCC	Getin...			POWER...	5V						
VCC	Getin...			POWER...	5V						
VCC	Getin...			POWER...	5V						

Engelisse Netze Bauelemente Legen auf der Leiterplatte Simulation

Die **Menüleiste** enthält die Befehle für sämtliche Funktionen.

Die **Entwurf-Toolbox** ermöglicht die Suche nach den verschiedenen Dateien eines Projekts (z. B. Schaltplandateien, Leiterplattenlayoutdateien oder Berichten), die Anzeige einer Schaltplanhierarchie und das Ein- und Ausblenden verschiedener Lagen.

Die **Bauelemente**-Symbolleiste enthält Schaltflächen zur Auswahl von Bauelementen aus den Multisim-Bauelementedatenbanken zum Platzieren in Schaltungen.

Die **Standard**-Symbolleiste enthält Schaltflächen für die meistverwendeten Funktionen wie Speichern, Drucken, Ausschneiden oder Einfügen.

Die **Ansicht**-Symbolleiste enthält Schaltflächen zur Veränderung der Bildschirmanzeige.

Die **Simulations**-Symbolleiste enthält Schaltflächen zum Start, Stopp und andere Simulationsfunktionen.

Die **Haupt**-Symbolleiste enthält Schaltflächen für allgemeine Multisim-Funktionen.

Die **Liste verwendeter Bauelemente** enthält eine Liste aller im Entwurf verwendeter Bauelemente.

Die **Instrumenten**-Symbolleiste enthält Schaltflächen für jedes Instrument.

Im **Schaltungsfenster** (das auch als “Arbeitsbereich” bezeichnet wird) wird der Schaltplan gezeichnet.

Die **Tabellen-Ansicht** ermöglicht die Anzeige von Parametern und Bauelementeinformationen wie Platzbedarfsinformationen, Referenzbezeichnungen, Attribute und Entwurfsregeln. Sie können die Parameterwerte für einige oder alle Bauelemente in einem einzigen Schritt ändern und weitere Funktionen verwenden.

Überblick

In diesem Dokument werden alle Aspekte der Erstellung einer technischen Schaltung vom Erstellen eines Schaltplans über die Simulation der Schaltung bis hin zur Analyse der Ergebnisse beleuchtet. Nach dem Abarbeiten der beschriebenen Schritte erstellen Sie eine Schaltung, mit der ein analoges Kleinsignal erfasst und verstärkt wird und dessen Auftreten mit einem einfachen digitalen Zähler ermittelt wird.

Nützliche Tipps sind links durch ein Symbol gekennzeichnet, z. B.:



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

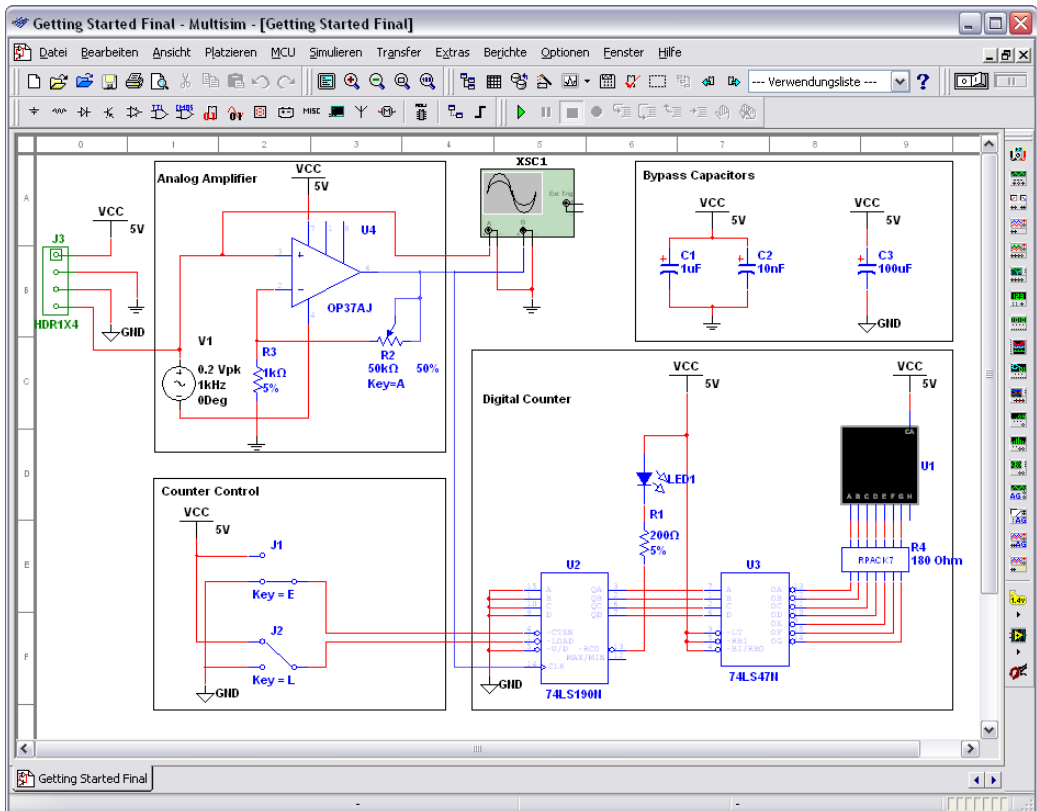
Sobald Sie den Abschnitt zum Verbinden der Bauelemente erreicht haben, können Sie mit der Schaltung fortfahren, die Sie im Abschnitt “Bauelemente platzieren” erstellt haben.

Alternativ können Sie die Datei `Getting Started 1.ms10` im Verzeichnis `...\Dokumente und Einstellungen\All Users\Gemeinsame Dokumente\National Instruments\Circuit Design Suite 10.1\samples\Getting Started\` öffnen. In dieser Datei sind sämtliche Bauelemente richtig platziert.

Nach Erreichen der Simulation können Sie entweder an der vorhandenen Schaltung weiterarbeiten oder die Datei `Getting Started 2.ms10` verwenden, in der alle Bauteile bereits richtig verbunden sind.

Schaltungsentwicklung

In diesem Abschnitt fügen Sie die Bauelemente für die unten abgebildete Schaltung ein und verbinden sie miteinander.



Öffnen und Speichern der Datei

Um Multisim zu starten, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Wählen Sie **Start»Programme»National Instruments»Circuit Design Suite 10.1»Multisim 10.1**. Es öffnet sich eine leere Datei im Arbeitsbereich namens Schaltung1.

So speichern Sie die Datei unter einem anderen Namen:

1. Wählen Sie **Datei»Speichern unter**. Es öffnet sich das Windows-Dialogfeld zum Speichern von Dateien.
2. Wählen Sie einen Speicherort für die Datei aus. Geben Sie anschließend als Dateinamen `MeineErstenSchritte` ein und klicken Sie auf die Schaltfläche **Speichern**.



Tipp Um versehentlichem Datenverlust vorzubeugen, sollten Sie über die Registerkarte **Speichern** des Dialogfelds **Voreinstellungen** regelmäßig Sicherheitskopien erstellen.

Um eine vorhandene Datei zu öffnen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Wählen Sie **Datei»Datei öffnen**, wählen Sie eine Datei aus und klicken Sie auf die Schaltfläche **Öffnen**.



Tipp Zum Öffnen von Dateien aus älteren Multisim-Versionen wählen Sie im Dialogfeld **Datei öffnen** unter **Dateityp** die entsprechende Version aus.

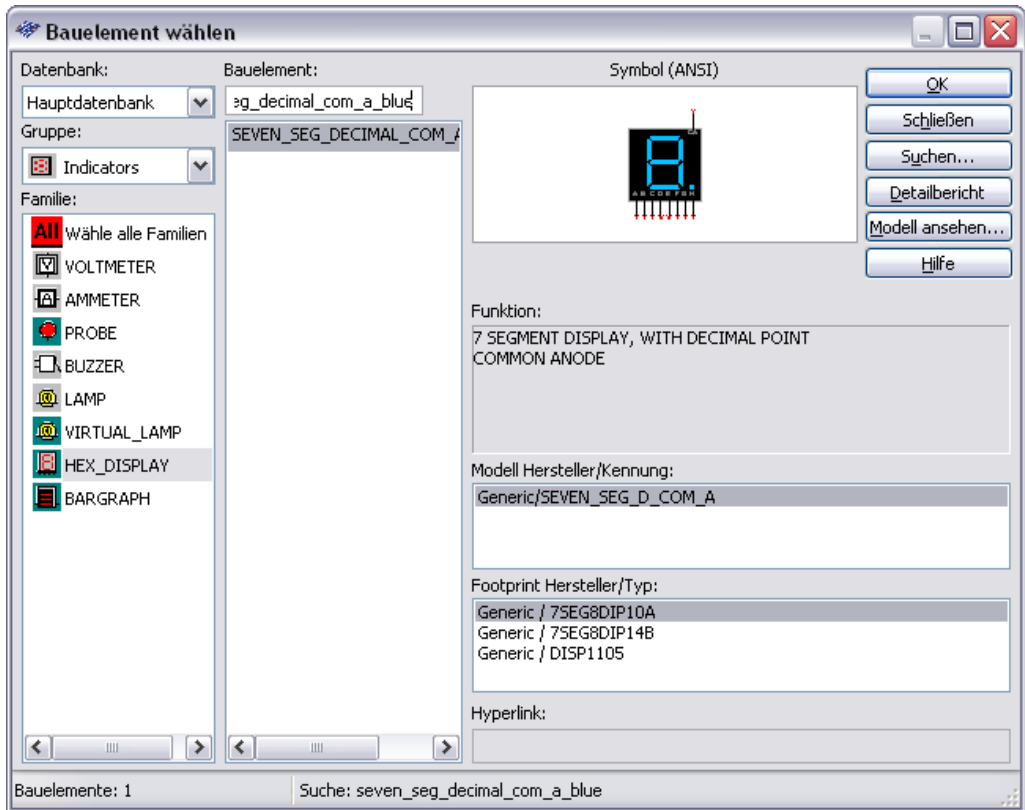
Einfügen der Bauelemente

Um Bauelemente einzufügen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

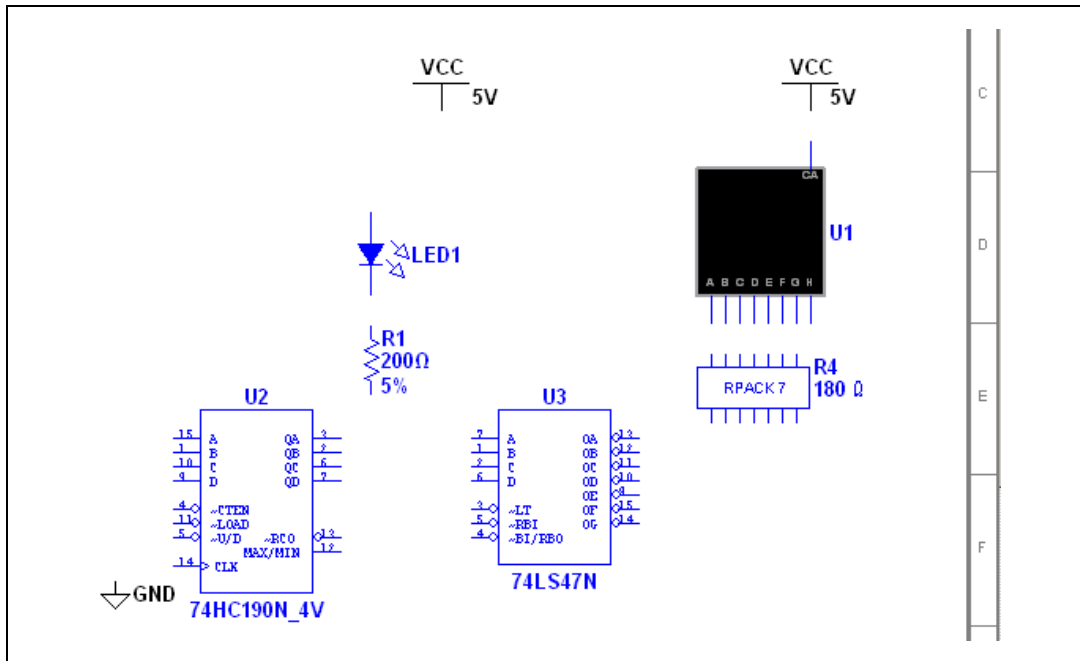
1. Öffnen Sie `MeineErstenSchritte.ms10` wie oben beschrieben.
2. Klicken Sie auf **Platzieren»Bauelement**, um zum Fenster **Bauelement wählen** zu gelangen. Wählen Sie hier die in der folgenden Abbildung dargestellte 7-Segment-LED-Anzeige aus und klicken Sie auf **OK**. Das Bauelement erscheint daraufhin umrisshaft unter dem Cursor.



Tipp Nach Auswahl der **Gruppe** und **Familie** des Bauelements können Sie unter **Bauelement** den Namen des Bauteils eingeben. Ihre Eingabe wird im Feld **Suche** am unteren Rand des Fensters angezeigt. Geben Sie für das obige Beispiel `seven_seg_decimal_com_a_blue` ein. Übereinstimmungen werden bereits bei der Eingabe angezeigt.



3. Bewegen Sie den Cursor in die rechte untere Ecke der Arbeitsfläche und klicken Sie mit der linken Maustaste, um das Bauelement einzufügen. Die Kennung für dieses Bauelement lautet "U1".
4. Fügen Sie die restlichen Bauelemente wie dargestellt in den Bereich für den Zähler ein.



Hinweis Beim Einfügen von Widerständen, Induktoren oder Kondensatoren (RLC-Bauelementen) enthält das Dialogfeld **Bauelement wählen** geringfügig andere Optionen als sonst. Beim Einfügen dieser Bauelemente können Sie jede denkbare Kombination aus folgenden Parametern wählen: Wert des Bauelements (z. B. Widerstandswert), Typ (z. B. Kohleschicht), Toleranz, Footprint und Hersteller. Beim Einfügen eines Bauelements, das als PCB-Layout exportiert werden soll und Teil der **Stückliste** sein wird, müssen Sie darauf achten, dass die im Dialogfeld **Bauelement wählen** angegebene Kombination von Werten auch wirklich verfügbar ist.



Tipp Beim Einfügen von RLC-Bauelementen ist der Wert des Bauteils ganz oben in die Liste der **Bauelemente** einzutragen. Der Wert muss aber nicht in der Liste enthalten sein, damit das Bauteil in die Schaltung eingefügt werden kann.

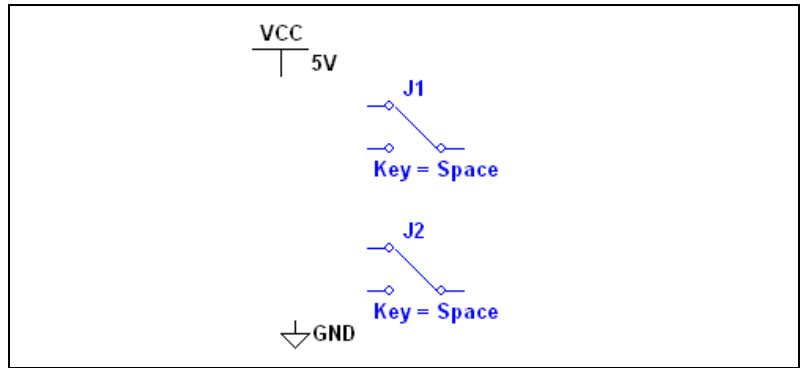


Tipp Um den 200-Ω-Widerstand senkrecht anzuordnen, drücken Sie beim Einfügen des Widerstands die Tastenkombination <Strg + R>.



Tipp Die Bauelemente werden in der Reihenfolge mit Referenzbezeichnern versehen, in der sie eingefügt werden (z. B. U1, U2, U3). Wenn Sie also die Bauelemente in einer anderen Reihenfolge als in der Abbildung einfügen, ändert sich auch die Nummerierung entsprechend. Dies hat jedoch keinerlei Einfluss auf die Funktion der Schaltung.

- Fügen Sie die Bauelemente für die Steuerung des Zählers ein. Klicken Sie nach dem Einfügen mit der rechten Maustaste auf jeden SPDT-Schalter und wählen Sie **Horizontal kippen**.

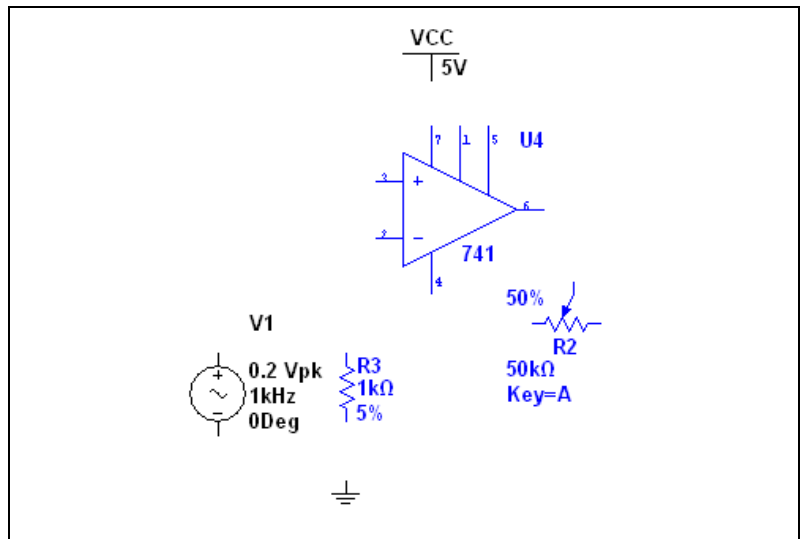


Tipp Die SPDT-Schalter befinden sich in der Gruppe “Basic” und der Familie “Switch”.



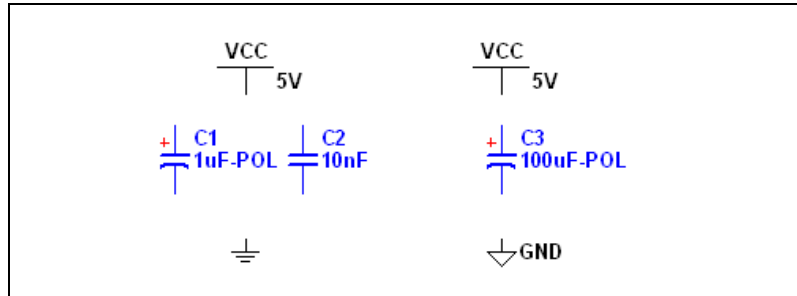
Tipp Wenn das benötigte Bauteil schon auf dem Schaltplan vorhanden ist, markieren Sie es, wählen Sie **Bearbeiten»Kopieren** und dann **Bearbeiten»Einfügen**. Sie können es außerdem aus der **Verwendungsliste** auswählen und durch einen Klick in den Arbeitsbereich einfügen.

- Fügen Sie die Bauteile für den Analogverstärker wie dargestellt ein und drehen Sie sie bei Bedarf.

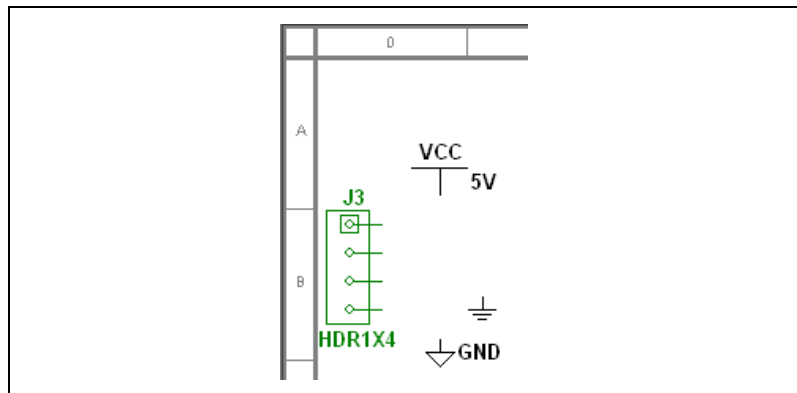


Nachdem Sie die Wechselspannungsquelle eingefügt haben, führen Sie einen Doppelklick darauf aus. Ändern Sie den **Effektivwert der Spannung (RMS)** auf 0.2 V und klicken Sie auf **OK**.

7. Fügen Sie die Bauteile für die Überbrückungskondensatoren wie dargestellt ein.



8. Fügen Sie den Kollektor und die dazugehörigen Bauelemente ein (vgl. die Abbildung unten).



Tipp J3 befindet sich in der Gruppe “Basic” und der Familie “Connectors”.



Tipp Nach dem Verdrahten einer Schaltung können Sie Bauteile mit zwei Anschlüssen – z. B. Widerstände – einfach auf einer Verbindung ablegen. Multisim fügt das Bauteil dann automatisch in den Stromkreis ein.

Verbinden der Bauelemente

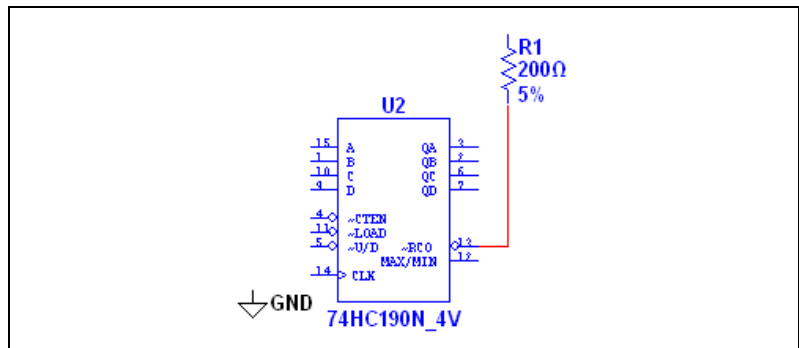
Alle Bauelemente haben Anschlussstifte, über die sie mit anderen Bauelementen oder Geräten verbunden werden können. Sobald sich der Cursor über einem Anschlussstift befindet, erkennt Multisim die gewünschte Verbindung und der Cursor verwandelt sich in ein Fadenkreuz.



Tipp Sie können nun entweder die Bauelemente zu einer Schaltung verbinden oder die Datei `Getting Started 1.ms10` verwenden. Diese befindet sich im Unterordner `Getting Started` des Ordners `samples`.

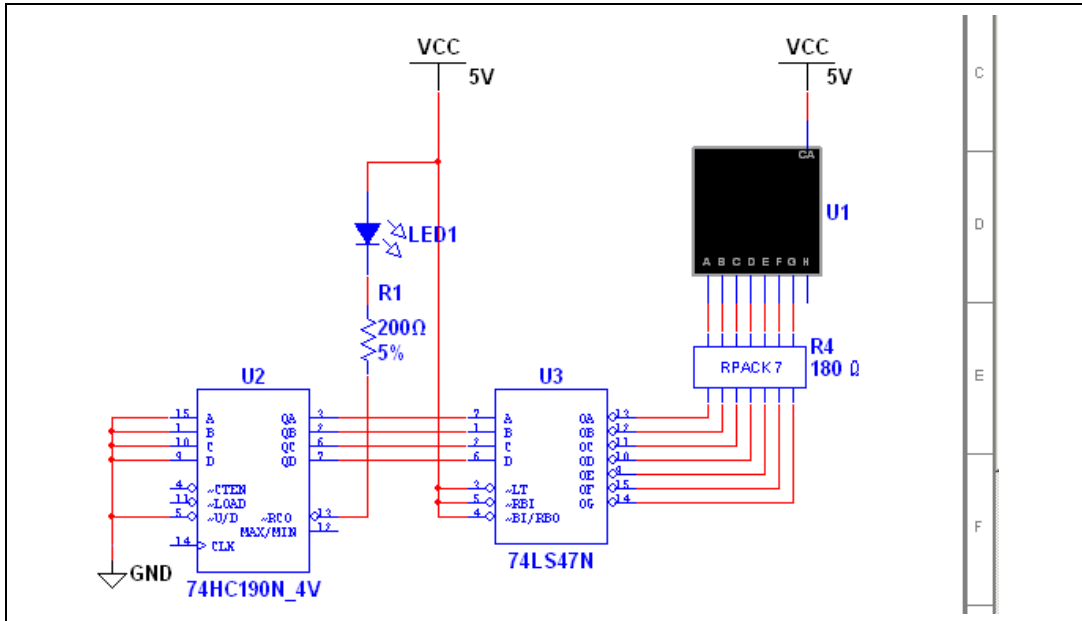
Um Bauelemente zu verbinden, führen Sie die folgenden Schritte aus:

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 symbolisieren soll.
2. Klicken Sie auf den Anschlussstift des zweiten Bauteils, an dem die Verbindung enden soll. Multisim erstellt die Verbindungen automatisch und fügt die Leiterbahn automatisch an der richtigen Stelle und in der richtigen Konfiguration ein, wie unten dargestellt. Diese Funktion spart insbesondere beim Verbinden großer Schaltungen viel Zeit.



3. Die Lage der Leiterbahn kann durch Mausklicks bestimmt werden. Bei jedem Klick wird die Leiterbahn an der entsprechenden Stelle fixiert.

4. Verbinden Sie die restlichen Bauteile für den Zählerbaustein entsprechend der Darstellung.

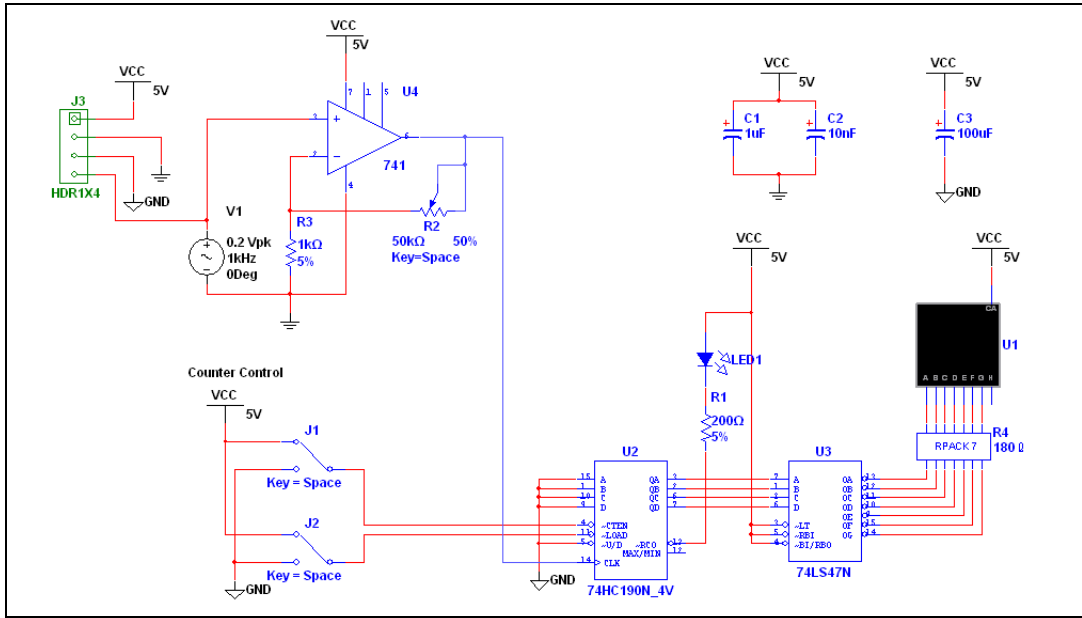


Tipp Verbinden Sie Elemente mit mehreren Anschlussstiften, wie U3 und R4, in einer Busleitung mit Hilfe von **Bus-Vektorverbindungen**. Einzelheiten dazu entnehmen Sie bitte dem Multisim-Benutzerhandbuch.



Tipp Virtuelle Verdrahtung — Damit die Verbindung nicht zu unübersichtlich wird, können Sie zwischen den Abschnitten “Counter Control” und “Digital Counter” virtuelle Verbindungen herstellen. Wenn zwei Netze den gleichen Netznamen enthalten, sind sie virtuell miteinander verbunden.

- Verdrahten Sie den Rest der Schaltung entsprechend der Abbildung (siehe unten).



Simulation

Durch Simulation Ihrer Schaltungen mit Multisim lassen sich schon früh Schaltungsfehler erkennen, wodurch Zeit und Geld gespart wird.

Virtuelle Messinstrumente

In diesem Abschnitt wird Ihre Schaltung mit Hilfe eines virtuellen Oszilloskops simuliert.



Tipp Um Zeit zu sparen, können Sie aber auch die Datei `Getting Started 2.ms10` aus dem Ordner `Getting Started` verwenden, der sich unter `samples` befindet.

- J1, J2 und R2 sind interaktive Bauelemente.

Um die Bedientasten für J1, J2 und R2 festzulegen, klicken Sie die Bauelemente doppelt an. Geben Sie auf der Registerkarte "Wert" in das Feld **Taste für Schalter** für J1 "E" ein, für J2 "L" und für R2 "A". Betätigen Sie <E>, um den Zähler zu aktivieren, oder klicken Sie auf die verbreiterte Linie, die erscheint, wenn sich der Cursor über J1 befindet.

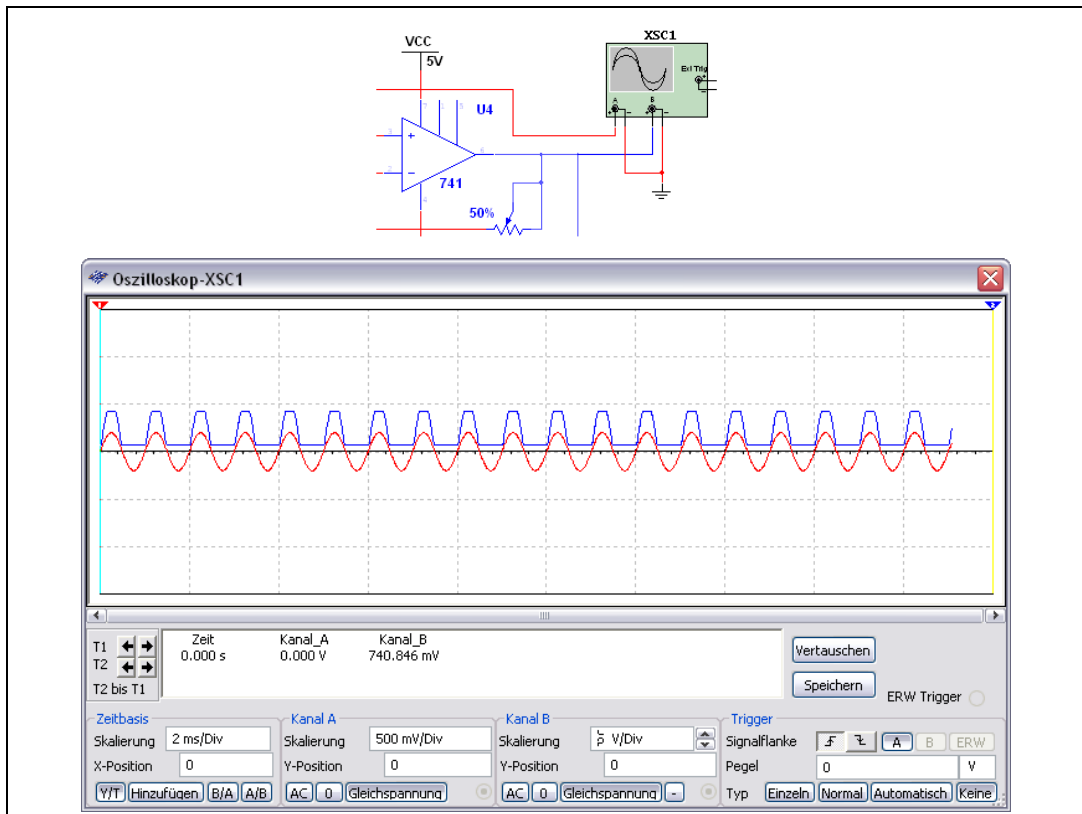
- Um einen Oszillographen einzufügen, wählen Sie **Simulieren»Instrumente»Oszillograph**. Verbinden Sie das Gerät wie im Schritt 4 dargestellt mit der restlichen Schaltung.



Tipp Um einfach zwischen den Kurven auf dem Oszillographen zu unterscheiden, klicken Sie die Leitung, die zum Eingang B des Geräts führt, mit der rechten Maustaste an und wählen Sie aus dem Kontextmenü die Option **Segment einfärben** aus. Wählen Sie eine andere Farbe als die der Leitung an Eingang A aus, z. B. Blau. (Beim Bearbeiten der Schaltung, z. B. beim Ändern der Leitungsfarbe, darf die Simulation nicht laufen).



- Klicken Sie das Symbol für den Oszillographen doppelt an, um die Vorderseite des Geräts mit der Anzeige und den Bedienknöpfen einzublenden. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Im Oszillographen wird nun das Ausgangssignal des Operationsverstärkers angezeigt.
- Stellen Sie die Skalierung der Zeitbasis auf 2 ms pro Skalenteil und die Empfindlichkeit von Kanal A auf 500 mV pro Skalenteil ein. Der Oszillograph zeigt die Kurven dann folgendermaßen an:



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

5. Drücken Sie während der Simulation die Taste <E>, um den Zähler zu aktivieren oder zu deaktivieren. Das Starten ist low-aktiv.

Mit L wird der Zähler auf Null gestellt. Das Zurückstellen ist ebenfalls low-aktiv.

Drücken Sie <Shift + A> und beobachten Sie, was beim Drehen am Potentiometer geschieht. Wiederholen Sie das Ganze, aber drücken Sie diesmal nur <A>.



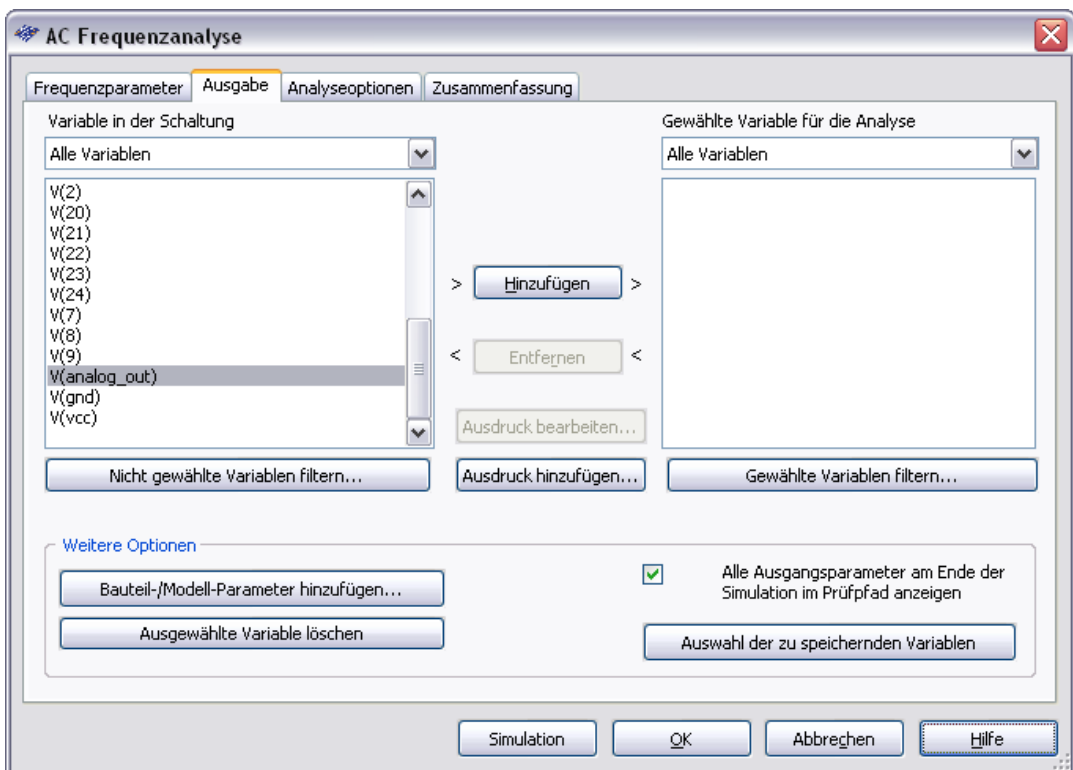
Tipp Statt mit den genannten Tasten können Sie die Bauelemente auch mit der Maus bedienen.

Analyse

In diesem Abschnitt führen Sie an Ihrer Schaltung eine **AC-Analyse** durch, um den Frequenzgang des Verstärkers zu überprüfen.

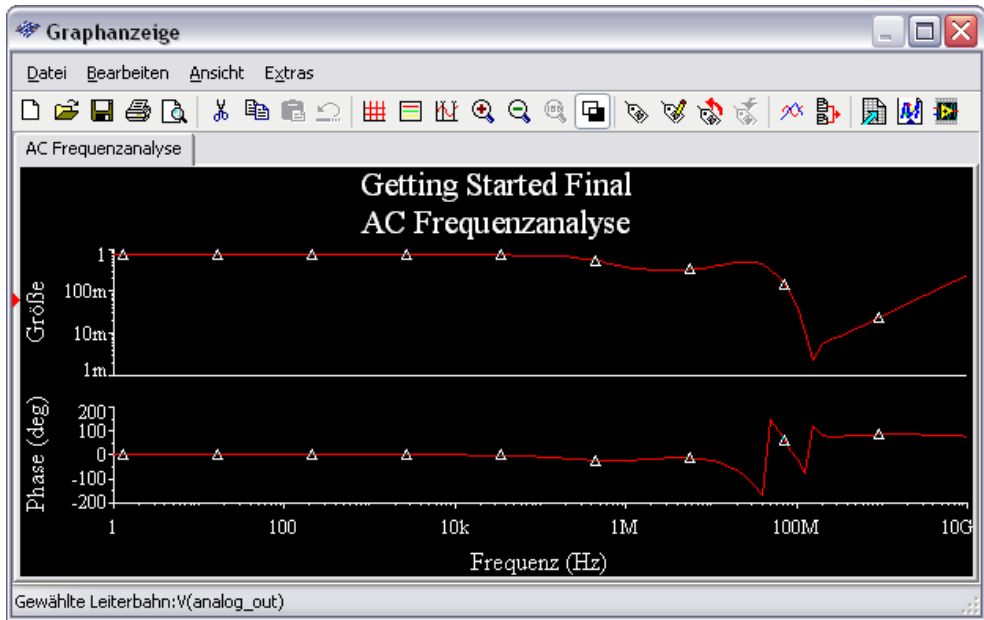
So führen Sie eine **AC-Analyse** am Ausgang des Operationsverstärkers durch:

1. Klicken Sie die Leiterbahn doppelt an, die zum Anschlussstift 6 des Operationsverstärkers führt, und ändern Sie den Netznamen im Dialogfeld **Netz** ggf. auf `analog_out`.
2. Wählen Sie **Simulieren»Analysen»AC-Analyse** und klicken Sie auf die Registerkarte **Ausgabe**.



3. Markieren Sie `V(analog_out)` in der linken Spalte und klicken Sie auf **Hinzufügen**. Der Eintrag `V(analog_out)` wird daraufhin in die rechte Spalte verschoben.

4. Klicken Sie auf **Simulation**. Die Ergebnisse der Analyse werden in der **Graphanzeige** angezeigt.

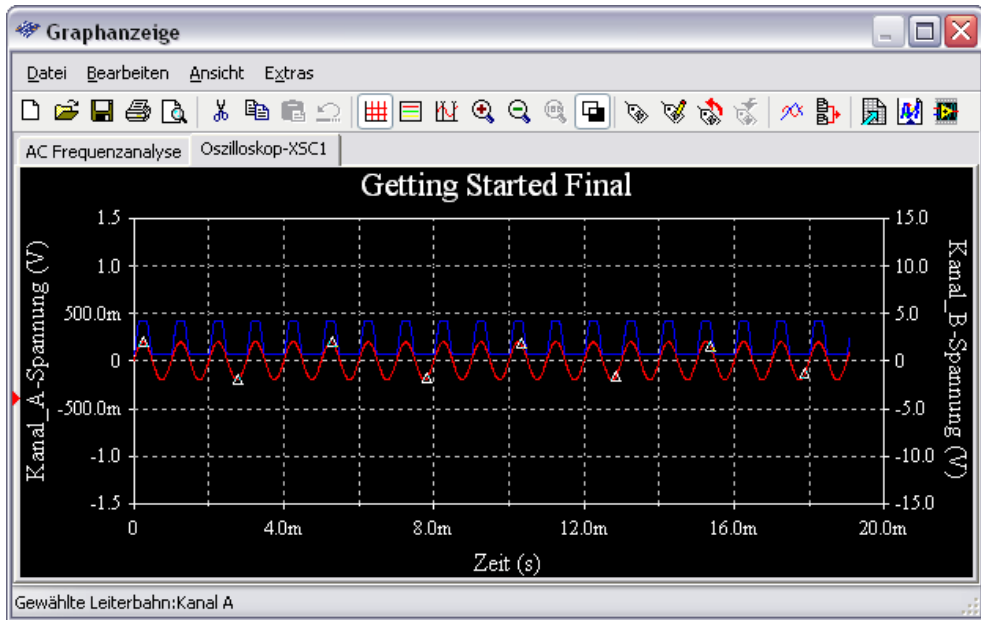


Die Graphanzeige

In der **Graphanzeige** können Sie Diagramme und Tabellen anzeigen lassen, modifizieren, speichern und exportieren. In diesem Fenster werden die Ergebnisse aller Multisim-Analysen in Graphen und Diagrammen oder Kurvengraphen dargestellt (wie bei einem Oszillographen).

Zur Anzeige der Simulationsergebnisse in der **Graphanzeige**:

1. Starten Sie die Simulation wie oben beschrieben.
2. Wählen Sie **Ansicht>Graphanzeige**.



Der Postprozessor

Im **Postprozessor** können Sie die Ergebnisse einer Schaltungsanalyse bearbeiten oder in Form eines Diagramms oder Graphen darstellen. Auf die Ergebnisse können arithmetische, trigonometrische, logarithmische, komplexe, logische sowie Exponential- und Vektorfunktionen angewandt werden.

Berichte

In Multisim können unterschiedliche Arten von Berichten erzeugt werden: **Stücklisten (BOMs)**, **Einzelheiten zu Bauelementen**, **Netzlisten**, **Schaltplanstatistiken**, **Auflistungen nicht verbundener Gatter** oder **Querverweise**. In diesem Abschnitt soll für den Beispielschaltplan eine **Stückliste** erstellt werden.

Stückliste

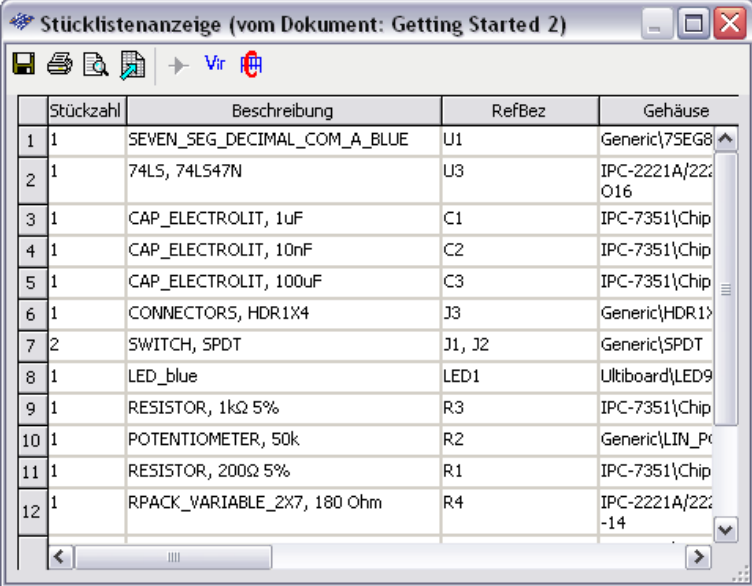
Eine Stückliste ist eine Aufstellung der Bauelemente, die für eine bestimmte Schaltung und die Herstellung der zugehörigen Leiterplatte verwendet werden. Sie enthält folgende Angaben:

- Die Stückzahl jedes erforderlichen Bauelements.
- Eine Beschreibung, in der der Bauteiltyp (z. B. Widerstand) und die Größe des Bauteils (z. B. 5,1 k) enthalten ist.
- Die Kennung jedes Bauelements.
- Das Gehäuse oder den Platzbedarf jedes Bauelements.

Zum Erstellen einer Stückliste für Ihre Schaltung:

1. Wählen Sie aus dem Menü **Berichte** die Option **Stückliste** aus.

Nun wird die Stückliste geöffnet, die in etwa wie folgt aussieht:



	Stückzahl	Beschreibung	RefBez	Gehäuse
1	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE	U1	Generic\7SEG8
2	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A/2221A-16
3	1	CAP_ELECTROLIT, 1uF	C1	IPC-7351\Chip
4	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip
5	1	CAP_ELECTROLIT, 100uF	C3	IPC-7351\Chip
6	1	CONNECTORS, HDR1X4	J3	Generic\HDR1X4
7	2	SWITCH, SPDT	J1, J2	Generic\SPDT
8	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9
9	1	RESISTOR, 1kΩ 5%	R3	IPC-7351\Chip
10	1	POTENTIOMETER, 50k	R2	Generic\LIN_Pot
11	1	RESISTOR, 200Ω 5%	R1	IPC-7351\Chip
12	1	RPACK_VARIABLE_2X7, 180 Ohm	R4	IPC-2221A/2221A-14



Um die Stückliste auszudrucken, klicken Sie auf die Schaltfläche **Drucken**. Daraufhin öffnet sich das Windows-Druckdialogfeld, in dem Sie den gewünschten Drucker, die Anzahl der Kopien usw. auswählen können.



Klicken Sie zum Speichern der Stückliste auf die Schaltfläche **Speichern**. Daraufhin öffnet sich das Windows-Dialogfeld zum Speichern von Dateien, in dem Sie den Pfad und den Dateinamen angeben können.

Da die Stückliste hauptsächlich zur Unterstützung bei der Beschaffung und Herstellung gedacht ist, enthält sie lediglich reale Bauteile, also z. B. keine Quellen oder virtuellen Bauelemente. Bauelemente ohne zugewiesene Footprints erscheinen nicht in der Stückliste.



Wenn Sie eine Liste der Bauelemente in Ihrer Schaltung sehen wollen, bei denen es sich nicht um reale Bauelemente handelt, müssen Sie auf die Schaltfläche **Virtuelle Bauelemente anzeigen** klicken. Daraufhin wird ein weiteres Fenster geöffnet, in dem nur diese Bauelemente angezeigt werden.

Genaue Angaben zu Stücklisten und anderen Berichtarten finden Sie im Benutzerhandbuch zu Multisim.

Einführung in Ultiboard

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

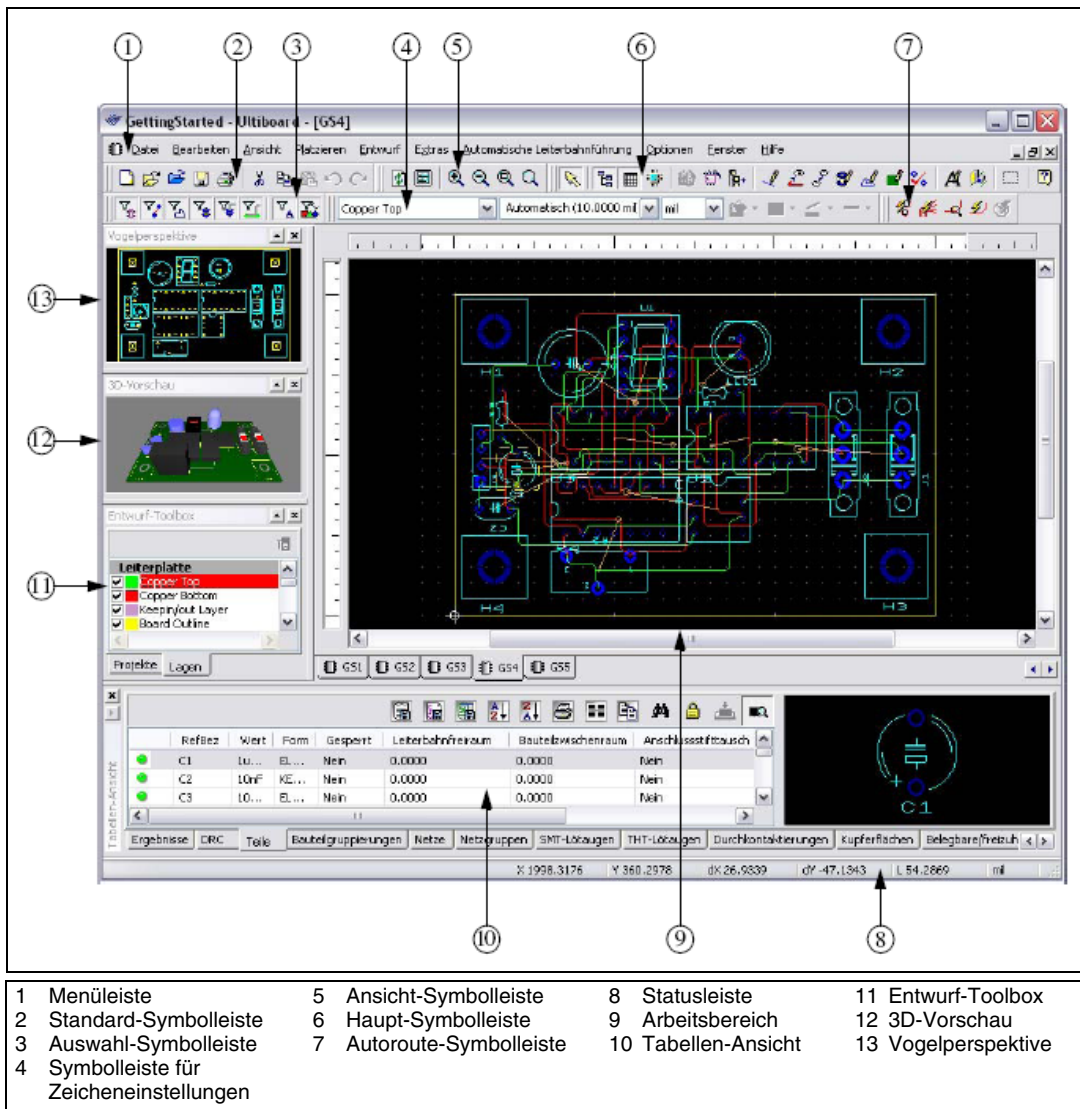


Tipp Das Importieren von Multisim-Schaltplänen ist im Benutzerhandbuch zu Multisim, dem Benutzerhandbuch zu Ultiboard und in den Hilfedateien beschrieben.

Ultiboard-Benutzeroberfläche

Ultiboard ist ein Programm zur Leiterplattenentflechtung und Bestandteil der Circuit Design Suite von National Instruments. Bei der NI Circuit Design Suite handelt es sich um ein EDA-Softwarepaket (EDA – Electronics Design Automation), mit dessen Hilfe Ihnen die wichtigsten Schritte zur Planung und Erstellung von Schaltungen erleichtert werden. Ultiboard erzeugt anhand der Daten von Multisim gedruckte Schaltungen, führt einfache mechanische CAD-Arbeitsschritte durch (z. B. Platzierung der Bauteile auf den Leiterplatten) und bereitet die Leiterplatten für die Produktion vor. Ultiboard sorgt außerdem für die automatische Bauteilplatzierung und die Leiterplattenentflechtung (Layout).

Die Benutzeroberfläche von Ultiboard besteht aus verschiedenen Elementen.



Die **Menüleiste** enthält die Befehle für sämtliche Funktionen.

Die **Standard-Symboleiste** enthält Schaltflächen für die meistverwendeten Funktionen wie Speichern, Drucken, Ausschneiden oder Einfügen.

Je mehr Elemente und Leiterbahnen Sie einer Leiterplatte hinzufügen, desto schwieriger wird unter Umständen das Markieren einzelner Schaltungsteile. Die Symbolleiste **Auswahl** enthält Schaltflächen, die Ihnen das Markieren von Objekten erleichtern sollen.

Die Symbolleiste **Zeichnungseinstellungen** ermöglicht Ihnen die Auswahl der Lage, Dicke und Messgröße gezeichneter Linien bzw. Objekte. Außerdem bietet sie Schaltflächen für Funktionen, mit denen die Darstellung von Linien und Formen auf einer Lage verändert werden kann.

Die **Ansicht**-Symbolleiste enthält Schaltflächen zur Veränderung der Bildschirmanzeige.

Die **Haupt**-Symbolleiste enthält Schaltflächen für allgemeine Leiterplattenfunktionen.

Die **Autoroute**-Symbolleiste enthält Funktionen zum Autorouting und zur Bauelementplatzierung.

Die **Statusleiste** bietet hilfreiche und wichtige Informationen an.

Die Schaltung entwickeln Sie im **Arbeitsbereich**.

Die **Tabellen-Ansicht** ermöglicht die Anzeige von Parametern und Bauelementinformationen wie Platzbedarf (Form), Referenzbezeichnungen, Attribute und Entwurfsregeln.

Die **Entwurf-Toolbox** ermöglicht es, Elemente ein- und auszublenden oder abzudunkeln.

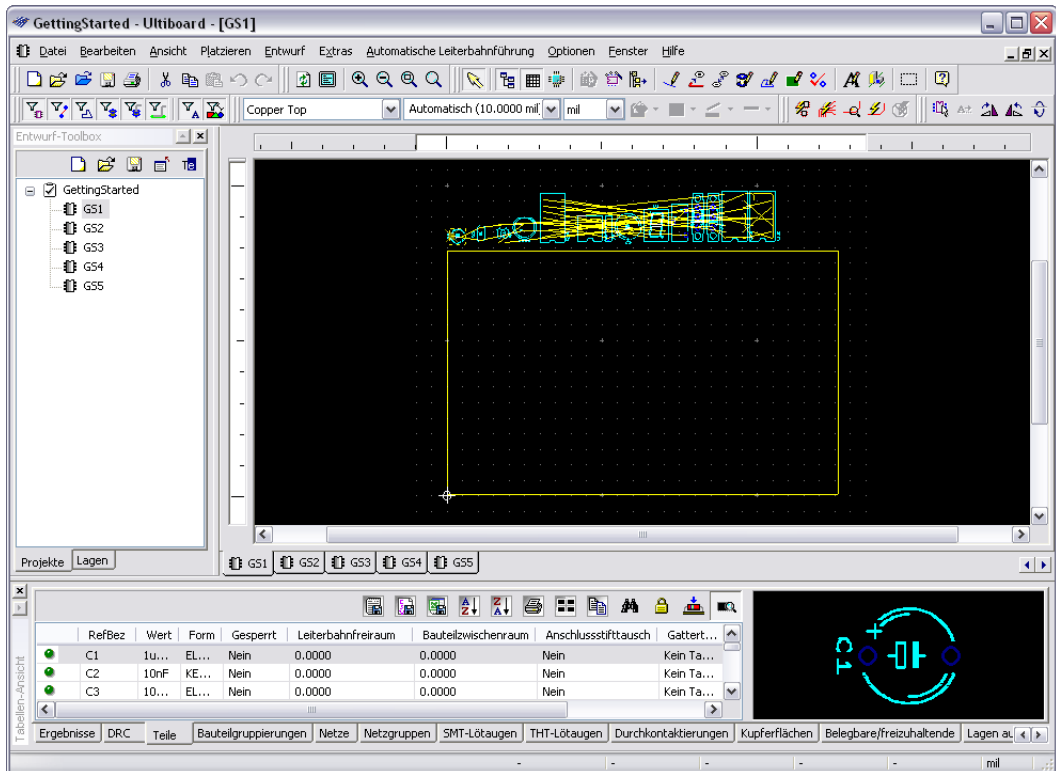
Die **3D-Vorschau** zeigt Ihnen eine dreidimensionale Vorschau der Leiterplatte.

Die **Vogelperspektive** zeigt Ihnen den Entwurf auf einen Blick und ermöglicht Ihnen ein einfaches Navigieren im Arbeitsbereich.

Öffnen der Einführung

Um eine Übungsdatei zu öffnen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Wählen Sie **Start»Programme»National Instruments»Circuit Design Suite 10.1»Ultiboard 10.1**, um Ultiboard zu starten.
2. Wählen Sie **Datei»Beispieldateien öffnen** und klicken Sie den Ordner *Getting Started* doppelt an.
3. Wählen Sie *Getting Started.ewprj* und klicken Sie auf **Öffnen**. Die Projektdatei wird in Ultiboard geladen.



4. Zum Auswählen eines Schaltplans (z. B. GS1) klicken Sie entweder auf die dazugehörige Registerkarte oder wählen Sie auf der Registerkarte **Projekte** der **Entwurf-Toolbox** den Namen des Schaltplans aus.

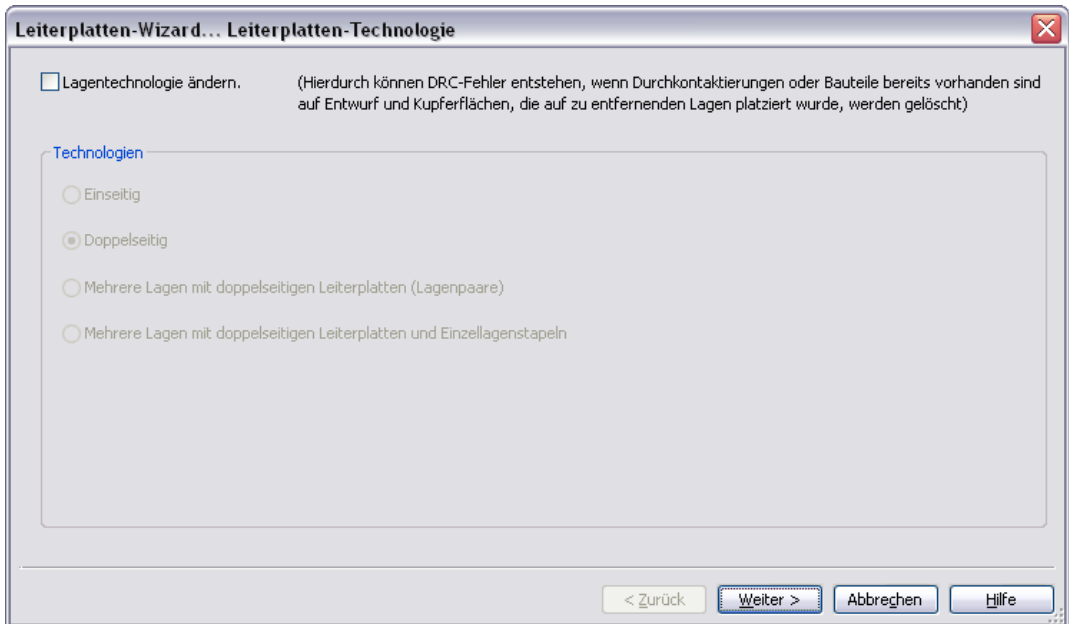
Auswahl der Platinenkontur

Zum Festlegen der Außenkontur der Platine gibt es folgende Möglichkeiten:

- Durch Ziehen eines Umrisses mit den Zeichenwerkzeugen
- Durch Importieren einer DXF-Datei
- Durch Nutzung des **Leiterplatten-Wizards**.

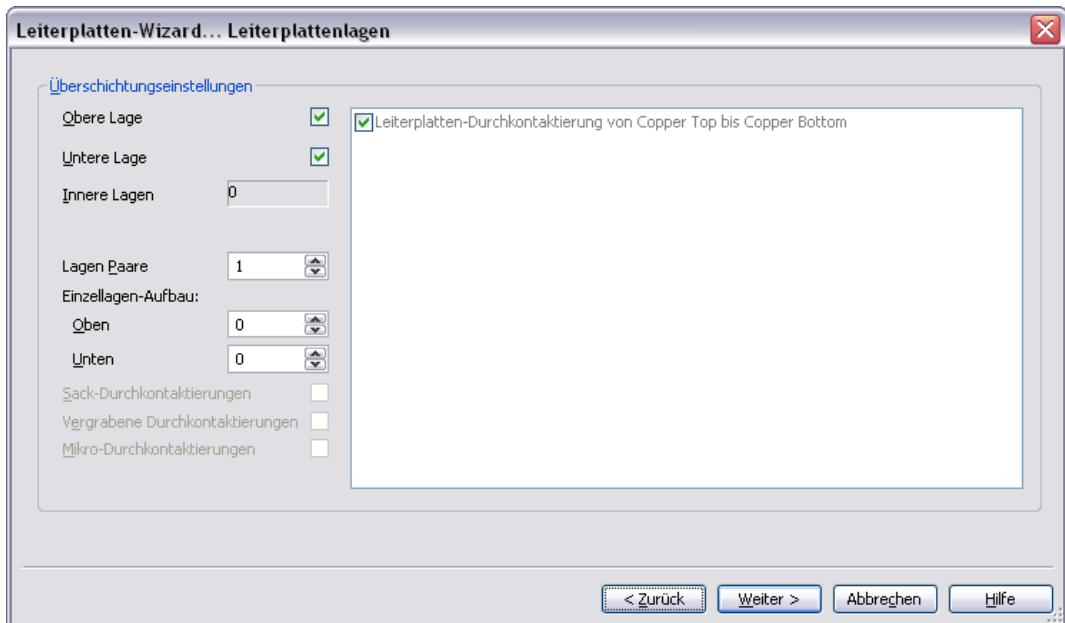
Um mit dem **Leiterplatten-Wizard** zu arbeiten, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie auf der Registerkarte **Lagen** doppelt auf **Board Outline**.
2. Klicken Sie auf den vorhandenen Leiterplattenumriss im GS1-Entwurf und dann auf <Entf>.
3. Wählen Sie **Extras»Leiterplatten-Wizard**.



4. Aktivieren Sie die Option **Lagentechnologie ändern**, um zu den anderen Optionen zu gelangen.
5. Wählen Sie **Mehrere Lagen mit doppelseitigen Leiterplatten und Einzellagenstapeln** und klicken Sie auf **Weiter**.

6. Das nachfolgende Dialogfeld ermöglicht es Ihnen, **Überschichtungs-einstellungen** für die Platine vorzunehmen. (Bei dieser Übung wird jedoch keine der Einstellungen verändert.)



7. Klicken Sie auf **Weiter**.

Im Dialogfeld **Form der Leiterplatte**:

- muss der **Referenzpunkt** zur **Ausrichtung** auf **Links - unten** gesetzt sein.
- muss die Option **Rechteckig** aktiviert sein.
- muss die **Breite** auf 3000 und die **Höhe** auf 2000 eingestellt werden (diese Größe ist für die Bauelemente in diesem Schaltplan besser geeignet).
- muss der **Freiraum** 5,00000 lauten. Dieser Wert gibt die Breite des Platinenrands an, auf dem sich keine Bauelemente befinden dürfen.

8. Klicken Sie auf **Fertig stellen**. Der Leiterplattenumriss wird Ihrem Entwurf hinzugefügt.



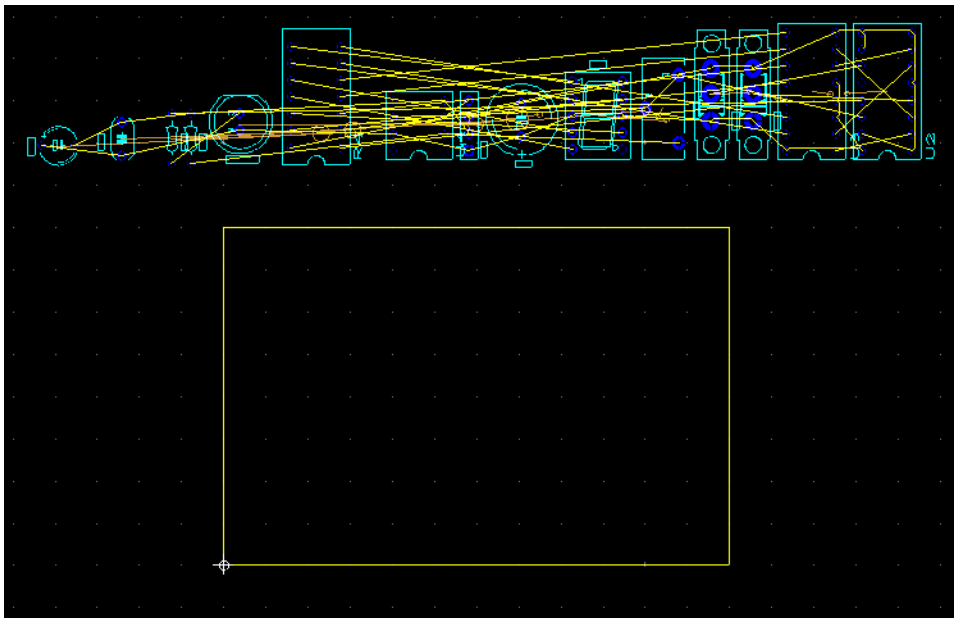
Hinweis Weitere Einzelheiten zum **Leiterplatten-Wizard** erhalten Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.

Um den Leiterplattenumriss zu verschieben, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie auf der Registerkarte **Lagen** doppelt auf **Board Outline**.
2. Klicken Sie dann an eine beliebige Stelle im Leiterplattenumriss und ziehen Sie die Leiterplatte direkt unter die Bauelemente.

Um den Bezugspunkt zu ändern, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Wählen Sie **Entwurf»Referenzpunkt festlegen**. Damit wird der Bezugspunkt dem Cursor unterlegt.
2. Bewegen Sie den Cursor in die linke untere Ecke des Leiterplattenumrisses und führen Sie einen Mausklick aus.



Platzieren von Bauelementen

Zum Platzieren der Bauteile in der Datei GS1 auf die Platine 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 **Bauteile** in der **Tabellen-Ansicht** und fügen Sie sie von dort aus ein.
- Wählen Sie Bauteile aus der Datenbank aus.



Tipp Mit **Platzieren»Platzieren der Bauteile aufheben** können Sie alle nicht fixierten Bauelemente von der gedruckten Platine entfernen und sie noch einmal anders einfügen.

Ziehen von Bauelementen aus dem Bereich außerhalb des Leiterplattenumrisses

Beim Öffnen einer Netzliste aus Multisim oder eines anderen Programms zur Erstellung von Schaltplänen werden die Bauelemente normalerweise außerhalb des Leiterplattenumrisses angeordnet. Klicken Sie vor dem Beginn der Arbeit in der **Entwurf-Toolbox** doppelt auf **Oberste Kupferlage**. Dadurch wird diese Lage als aktive Lage ausgewählt.

Um U1 aus dem Bereich außerhalb des Leiterplattenumrisses zu verschieben, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Suchen Sie in den Bauelementen außerhalb des Leiterplattenumrisses nach U1. Zoomen Sie dazu den Bereich mit <F8> heran, bis Sie U1 erkennen können.

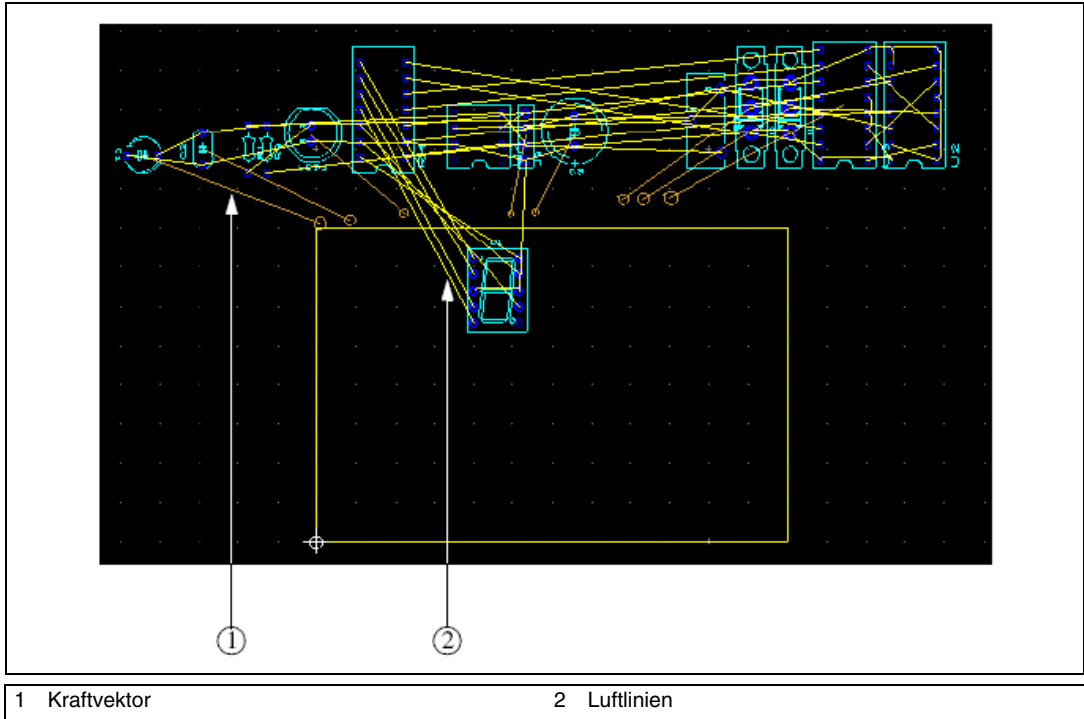


Tipp Mit Hilfe der Funktion **Bearbeiten»Suchen** können Sie nach einem Bauelement suchen. Diese Funktion arbeitet im Großen und Ganzen wie die Suchfunktion anderer Anwendungen. Zusätzlich können Sie ein Bauelement jedoch auch nach Namen, Nummer, Form und Wert oder nach all diesen Parametern ausfindig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

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



Hinweis Weitere Informationen zu den hier dargestellten Kraftvektoren und Luftlinien im Layout finden Sie im Ultiboard-Benutzerhandbuch.



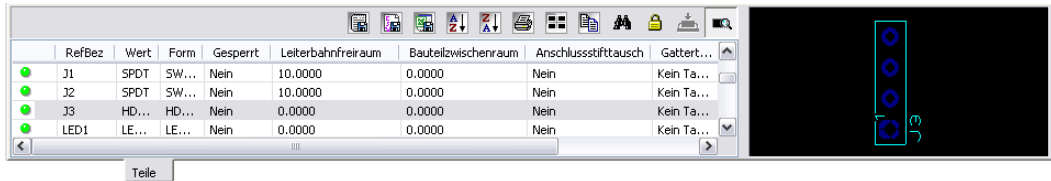
U1 bleibt so lange ausgewählt, bis Sie die Markierung aufheben. In Ultiboard müssen Sie jeden Vorgang explizit beenden. In diesem Fall wird die Auswahl des Bauelements durch einen einfachen Klick an eine andere Stelle aufgehoben. Auch durch einen Klick mit der rechten Maustaste kann der aktuelle Vorgang beendet werden.

3. Klicken Sie auf die Registerkarte **Bauteile** in der **Tabellen-Ansicht** und scrollen Sie zu U1. Sie werden feststellen, dass die grüne LED neben dem Bauelement etwas heller ist. Das weist darauf hin, dass das Bauelement bereits auf die Platine platziert wurde.

Ziehen von Bauelementen von der Bauteile-Registerkarte

Um Bauelemente von der Registerkarte **Bauteile** zu verschieben, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Scrollen Sie in der **Bauteile**-Registerkarte bis zu J3.



2. Klicken Sie auf J3 und ziehen Sie das Element von der Registerkarte **Bauteile** in den Arbeitsbereich. J3 ist nun dem Mauszeiger unterlegt.
3. Legen Sie J3 links am Rand etwa mittig auf der Leiterplatte ab. Wie bereits zuvor beobachtet, leuchtet nun auch die grüne LED von J3 auf der Registerkarte **Bauteile** etwas heller und zeigt damit an, dass das Bauelement auf die Platine platziert wurde.

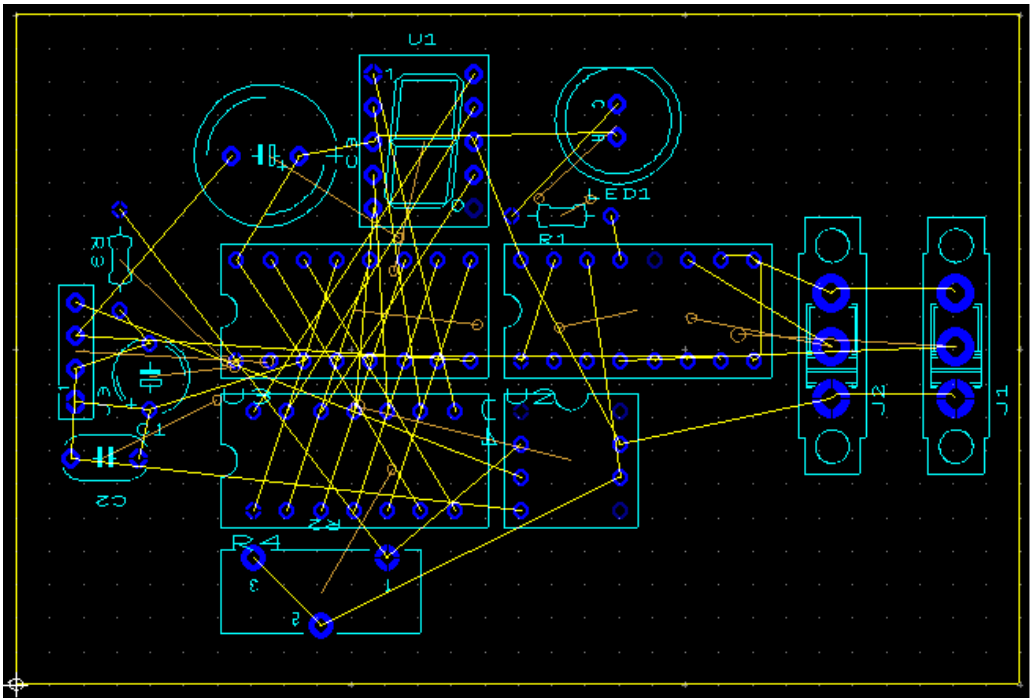


Noch schneller lassen sich Platinen bestücken, indem Sie auf der Registerkarte **Bauteile** ein noch nicht eingefügtes Bauelement (angezeigt durch eine schwach leuchtende LED) auswählen und auf die Schaltfläche **Start Platzierung der nicht positionierten Bauteile** klicken. Ultiboard geht nun systematisch durch die Liste auf der Registerkarte **Bauteile**, wählt jedes Bauelement aus und unterlegt es dem Mauszeiger, so dass Sie es an der gewünschten Stelle absetzen können. Anschließend wird automatisch das nächste Bauelement aus der Liste ausgewählt.

Einfügen der Bauelemente dieser Einführung

Die Platine sollte am Schluss der Übung so bestückt sein wie in der Abbildung unten. Die genaue Vorgehensweise bleibt Ihnen überlassen. Sie können aber auch die Datei GS2 in Ihrem Projekt öffnen, die bereits entsprechend vorbereitet wurde.

Ihr Entwurf sollte wie folgt aussehen:



Einfügen von Bauelementen aus der Datenbank

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

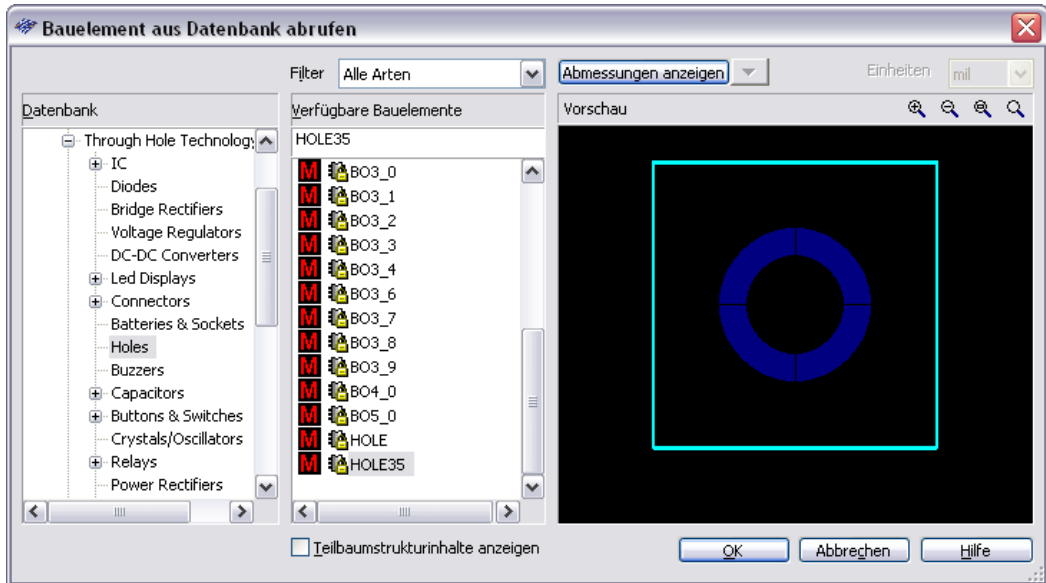
Um die Komponente aus der Datenbank einzufügen, führen Sie die folgenden Schritte aus:



1. Wählen Sie **Platzieren»Aus Datenbank**. Es erscheint das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen**.
2. Erweitern Sie unter **Datenbank** in der Ultiboard-Hauptdatenbank die Kategorie **Through Hole Technology Parts** und wechseln Sie zur

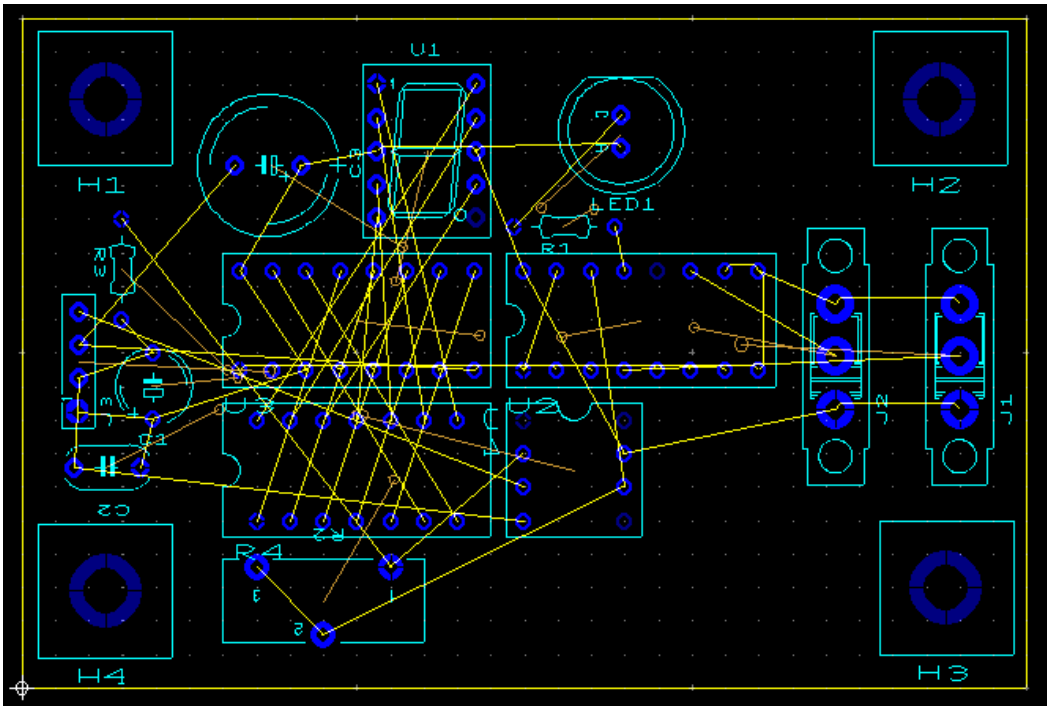
Kategorie **Holes**. Daraufhin werden unter **Verfügbare Bauelemente** alle Bohrlochtypen angezeigt.

3. Klicken Sie unter **Verfügbare Bauelemente** auf **HOLE35**. Die Komponente wird daraufhin in der **Vorschau** angezeigt.



4. Klicken Sie auf **OK**. Das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen** wird ausgeblendet und Sie werden dazu aufgefordert, eine Referenzbezeichnung (**REFDES**) und einen Wert (**VALUE**) einzugeben.
5. Geben Sie als Referenzbezeichnung des Bohrlochs "H1" und als Wert "HOLE" an und klicken Sie auf **OK**.
6. Bewegen Sie den Mauszeiger über die Leiterplatte. Die Komponente ist nun dem Mauszeiger unterlegt.
7. Sobald sich das Loch im Bereich der oberen linken Ecke befindet, legen Sie es durch einen Mausklick auf der Leiterplatte ab.
8. Es erscheint erneut das Dialogfeld **Referenzbezeichnung für Bauteil eingeben**. Die Referenzbezeichnung wird automatisch auf H2 erhöht.
9. Geben Sie als Wert "HOLE" ein und klicken Sie auf **OK**, um die nächste Bohrung in der rechten oberen Ecke zu platzieren. Fahren Sie so mit H3 in der rechten unteren Ecke und H4 in der linken unteren Ecke fort.

10. Klicken Sie zum Beenden des Vorgangs auf **Abbrechen** und schließen Sie das Dialogfeld **Bauteil aus Datenbank abrufen**, indem Sie nochmals auf **Abbrechen** klicken.



Bauelemente verschieben

Die verschiedenen Vorgehensweisen zum Einfügen von Bauelementen gelten ebenso für das Verschieben. Um ein Bauelement auszuwählen, das sich bereits auf der Leiterplatte befindet, müssen Sie nur darauf klicken. Zum Festlegen der Koordinaten, an die das Bauteil verschoben werden soll, drücken Sie auf dem Ziffernblock der Tastatur die <*>-Taste. Stattdessen können Sie auch auf der Registerkarte **Bauteile** ein Bauelement auf der Platine auswählen (durch eine hell leuchtende grüne LED gekennzeichnet) und es an eine andere Stelle ziehen.



Tipp Die Beschriftung von Bauelementen gehört nicht zum Footprint. Beim Markieren eines Bauelements auf der Leiterplatte müssen Sie daher aufpassen, dass Sie das gesamte Bauelement markieren und nicht nur die Beschriftung. Um diesen Vorgang zu erleichtern, können Sie den **Auswahlfilter** zu Hilfe nehmen. Einzelheiten dazu finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.



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

Sie können aber auch mehrere Bauelemente markieren und gemeinsam verschieben. Dazu gibt es folgende Möglichkeiten:

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

Alle markierten Bauelemente werden beim Bewegen des Cursors gemeinsam verschoben.



Tipp Gruppen gelten nur vorübergehend. Sobald Sie ein anderes Bauelement auswählen, geht die Gruppierung verloren. Um eine Gruppe von Bauelementen dauerhaft (bis zum Entfernen) zusammenzuhalten, ist der **Gruppeneeditor** zu verwenden. Weitere Informationen finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.

Durch **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 durch **Bearbeiten»Ausrichten** an die richtige Stelle:

1. Wählen Sie H1 und halten Sie für H2 die <Shift>-Taste gedrückt.
2. Wählen Sie **Bearbeiten»Ausrichten»Oben ausrichten**. Wenn H2 nicht in Linie mit H2 eingefügt wurde, wird es nun entsprechend verschoben.
3. Klicken Sie auf einen freien Bereich auf der Leiterplatte und markieren Sie H2 und H3.
4. Wählen Sie **Bearbeiten»Ausrichten»Rechts ausrichten**.
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 Leiterbahn.

Eine manuell eingefügte Leiterbahn wird genau so verlegt, wie Sie es vorgeben, auch wenn sie durch ein Bauelement oder eine andere Leiterbahn verläuft. Eine Follow-me-Leiterbahn stellt selbständig zulässige Verbindungen zwischen den mit der Maus angewählten Anschlussstiften her. Sie können sich also von Anschlussstift zu Anschlussstift bewegen und so eine zulässige Leiterbahn anlegen. Beim vollautomatischen Einfügen von Leiterbahnen werden zwei Anschlussstifte auf dem kürzestmöglichen Weg miteinander verbunden, wobei der Verlauf der Leiterbahn später geändert werden kann.

Bevor Sie mit der Maus klicken, um eine Leiterbahn an einer bestimmten Stelle zu fixieren, können Sie jederzeit ein Stück der Leiterbahn entfernen, indem Sie den Cursor zurückbewegen. Jedes Mal, wenn Sie eine Leiterbahn durch Klicken manuell verlegen oder wenn eine Follow-me-Leiterbahn oder vollautomatisch verlegte Leiterbahn die Richtung ändert, wird ein neues Segment erzeugt. Dieser Umstand ist bei Änderungen zu berücksichtigen.

Manuelles Verlegen von Leiterbahnen

Sie können entweder mit der bisher verwendeten Datei fortfahren oder GS3 öffnen. Achten Sie darauf, dass die **Oberste Kupferlage** ausgewählt ist, bevor Sie beginnen. Die **Oberste Kupferlage** sollte auf der Registerkarte **Lagen** der **Entwurf-Toolbox** rot hervorgehoben sein.



Tipp Drücken Sie bei Bedarf zum Einblenden des gesamten Plans die Taste <F7>.

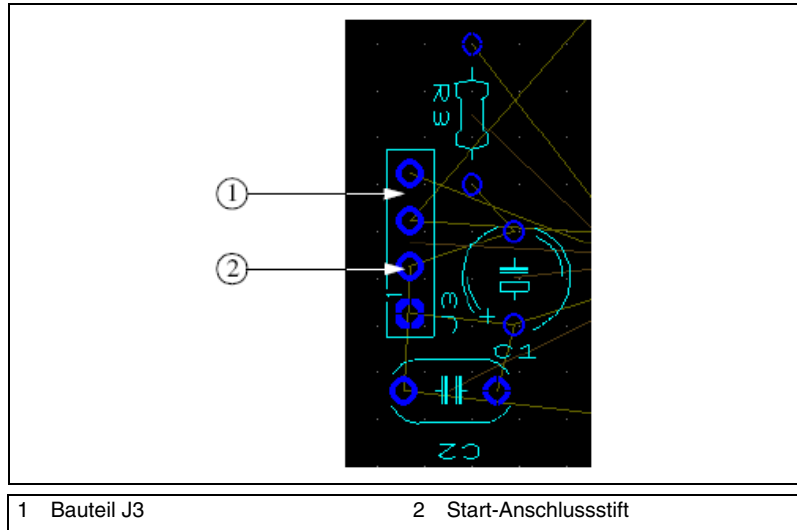
Um eine Leiterbahn manuell anzuordnen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Wählen Sie **Platzieren»Linie**.



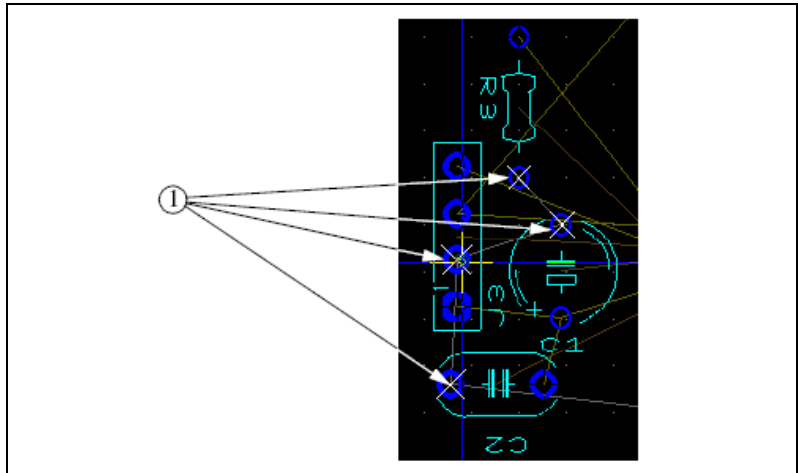
Tipp Mit diesem Menüpunkt wird eine Linie auf einer beliebigen Lage erzeugt. Die Art der Linie ist je nach ausgewählter Lage unterschiedlich. Wenn die ausgewählte Lage zum Beispiel die Siebdrucklage ist, wird damit auf der gedruckten Leiterplatte eine Linie erzeugt. Bei einer Kupferlage wird mit dieser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

- Suchen Sie links auf der Leiterplatte nach J3. Finden Sie heraus, wo sich der unten gezeigte Start-Anschlussstift befindet:



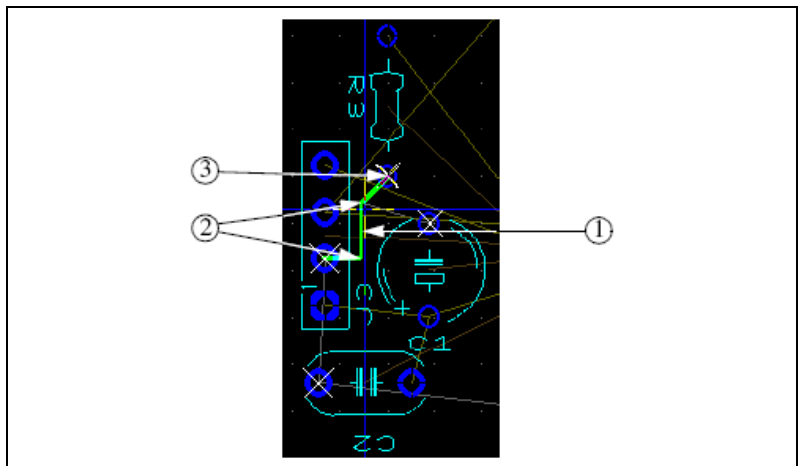
Tipp Bei Schwierigkeiten mit dem Auffinden des Bauelements nutzen Sie die Suchfunktion auf der Registerkarte **Bauteile**. Wählen Sie ein Bauelement auf der Registerkarte **Bauteile** aus und klicken Sie dann die Schaltfläche **Bauteil suchen und auswählen** an. Das Bauelement wird im Arbeitsbereich angezeigt. Bei Bedarf können Sie mit <F8> näher heranzoomen.

- Klicken Sie auf den Anschlussstift, der im Schritt oben festgelegt wurde. Ultiboard hebt daraufhin sämtliche Anschlussstifte hervor, die zum selben Netz gehören. Die Hervorhebungsfarbe kann auf der Registerkarte **Farben** des Dialogfelds **Voreinstellungen (Optionen) Allgemeine Einstellungen** verändert werden. So wissen Sie, welche Anschlussstifte Ihrem Schaltplan entsprechend zu verbinden sind.



1 Anschlussstifte desselben Netzes

4. Bewegen Sie den Cursor in eine beliebige Richtung. Eine grüne Linie (die Leiterbahn) wird nun an den ausgewählten Anschlussstift angehängt. Mit jedem Klick fixieren Sie ein Leiterbahnensegment, wie in der unten stehenden Abbildung (2) gezeigt.
5. Klicken Sie auf den Endanschlussstift.



1	Leiterbahn
---	------------

2 Fixieren der Leiterbahn durch Mausklick

3 Endanschlußsstift

6. Mit einem Rechtsklick wird das Verlegen von Leiterbahnen beendet.

Verlegen von Follow-me-Leiterbahnen

Um eine Follow-me-Leiterbahn einzufügen, führen Sie folgende Schritte aus:



1. Wählen Sie **Platzieren»Follow-me**.
2. Klicken Sie auf den oberen Anschlussstift von J3.
3. Klicken Sie in der linken Spalte von U4 auf den zweiten Anschlussstift von unten.
4. Ultiboard stellt automatisch eine Verbindung zwischen beiden her.



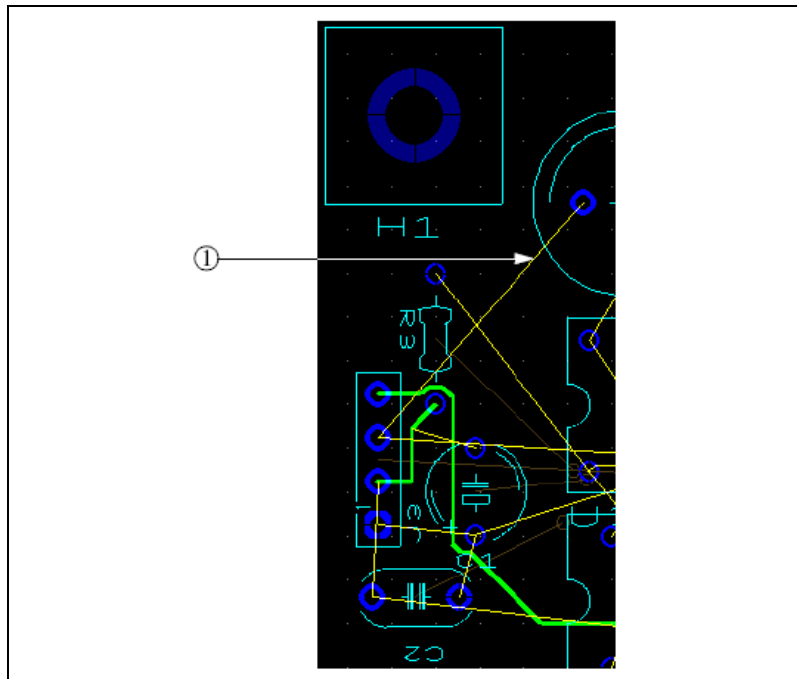
Tipp Statt auf einen Anschlussstift können Sie auch auf die Luftlinie zwischen den Bauelementen klicken.

Vollautomatisches Verlegen von Leiterbahnen

Um eine **Vollautomatische** Leiterbahn einzufügen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

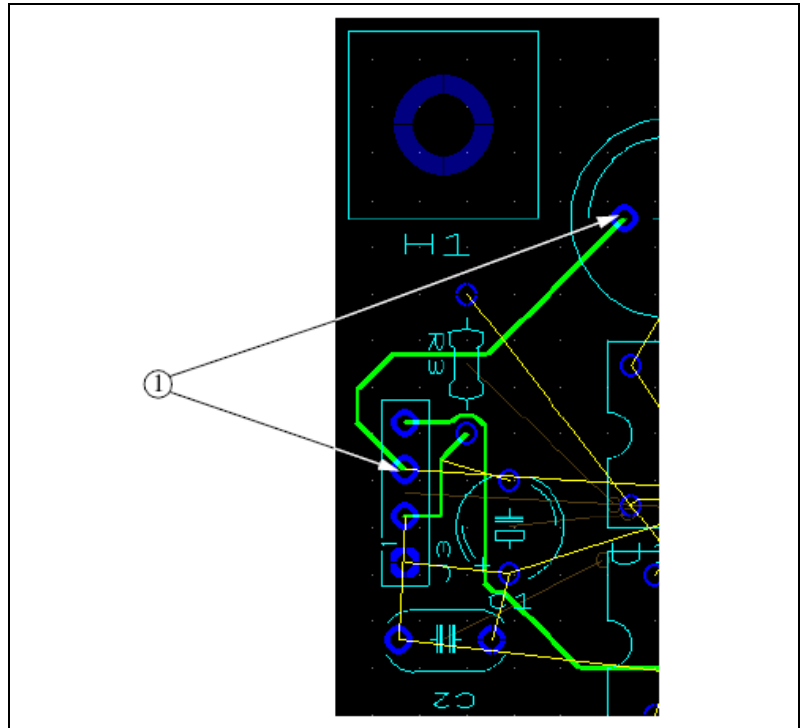


1. Wählen Sie **Platzieren»Vollautomatisch**.
2. Klicken Sie die unten dargestellte Luftlinie an.



1 Luftlinie anklicken

3. Beim Bewegen Ihres Cursors schlägt Ultiboard automatisch verschiedene Leiterbahnverläufe um Hindernisse herum vor.
4. Wenn Sie sich für eine Leiterbahnführung entschieden haben, fixieren Sie die Leiterbahn durch einen Klick. Sie müssen dazu nicht auf die Luftlinie oder den Endanschlussstift klicken.



1 Es erscheinen Leiterbahnsegmente zwischen Anschlussstiften

5. Mit der rechten Maustaste beenden Sie die Leiterbahnplatzierung.

Automatische Bauteilplatzierung

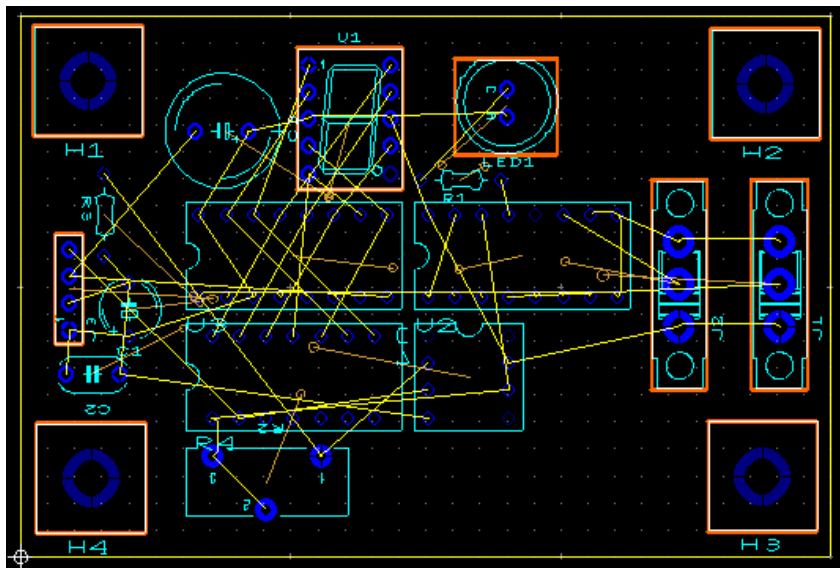
Neben den bisher beschriebenen Möglichkeiten zum Bestücken von Platinen bietet Ultiboard auch eine vollautomatische Bauteilplatzierungsfunktion für fortgeschrittene Benutzer.



Tipp Vor dem automatischen Bestücken der Platine müssen Sie alle Bauelemente, die vom automatischen Einfügen nicht betroffen sein sollen, per Hand einfügen und an der gewünschten Stelle fixieren. (Die Montagebohrungen und U1, J1, J2, J3, und LED 1 in GS5 wurden beispielsweise bereits fixiert). Weitere Informationen zum Fixieren von Bauteilen finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.

Zum automatischen Einfügen der Bauelemente in Getting Started.ewprj:

1. Öffnen Sie den Entwurf GS5 in Ultiboard.
2. Wählen Sie **Automatische Leiterbahnführung»Start automatische Platzierung**. Die Leiterplatte wird nun mit den Bauteilen bestückt.



Automatische Leiterbahnführung

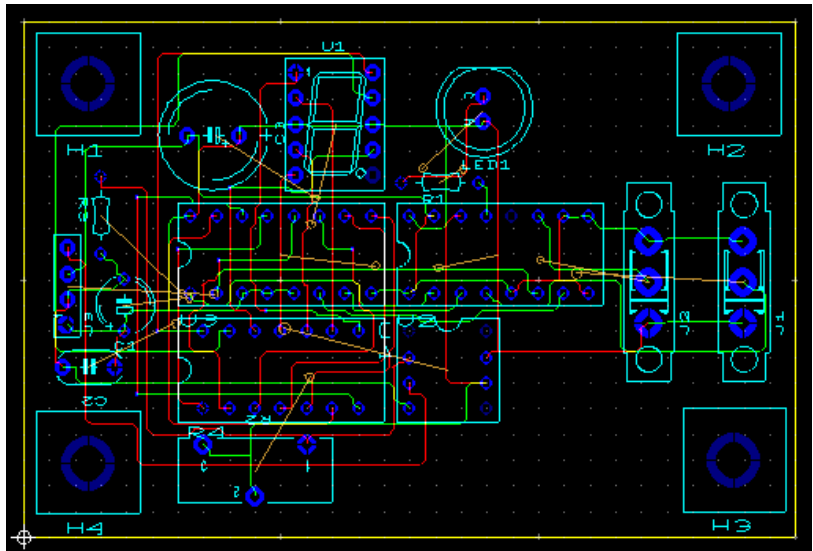
Leiterbahnen können in Ultiboard entweder nach den beschriebenen Verfahren oder automatisch verlegt werden. Die automatische Leiterbahnführung wird nachfolgend erklärt.

Zum automatischen Verbinden der Leiterbahnen in Getting Started.ewprj:

1. Öffnen Sie den Entwurf GS3 in Ultiboard.
2. Wählen Sie **Automatische Leiterbahnführung»Start/Wiederaufnahme automatische Leiterbahnführung**. Der Arbeitsbereich wechselt in den **Modus zur automatischen Leiterbahnführung**.

Daraufhin können Sie sehen, wie die Leiterbahnen auf der Platine verlegt werden. Nach Abschluss des Vorgangs wird der **Modus zur automatischen Leiterbahnführung** beendet und der bisherige Arbeitsbereich wieder geöffnet.

3. Bei Bedarf können Sie den Verlauf der Leiterbahnen optimieren, indem Sie **Automatische Leiterbahnführung»Start Optimierung** auswählen.



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**. Einzelheiten dazu finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.

Vorbereitung für Herstellung und Bestückung

Ultiboard bietet eine Vielzahl verschiedener Ausgabeformate für die Produktion und Fertigung der Platinen. In diesem Abschnitt werden das Fertigen der Platine und Dokumentieren des gefertigten Produkts beschrieben.

Aufräumen der Leiterplatte (Clean-Up)

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

Dies soll nun anhand des GS4-Entwurf geübt werden. Öffnen Sie den Entwurf und wählen Sie **Bearbeiten»Löschen Kupferfläche»Leiterbahnenenden ohne Anschluss**. Dadurch werden alle nach einer Seite offenen Leiterbahnen aus dem Entwurf gelöscht.

Um alle Lötungen ohne Anschluss an Leiterbahnsegmente oder Kupferflächen zu löschen, klicken Sie bei geöffnetem Schaltplan auf **Entwurf»Noch nicht verwendete Durchkontaktierungen löschen**.

Hinzufügen von Kommentaren

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

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

Weitere Informationen finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.

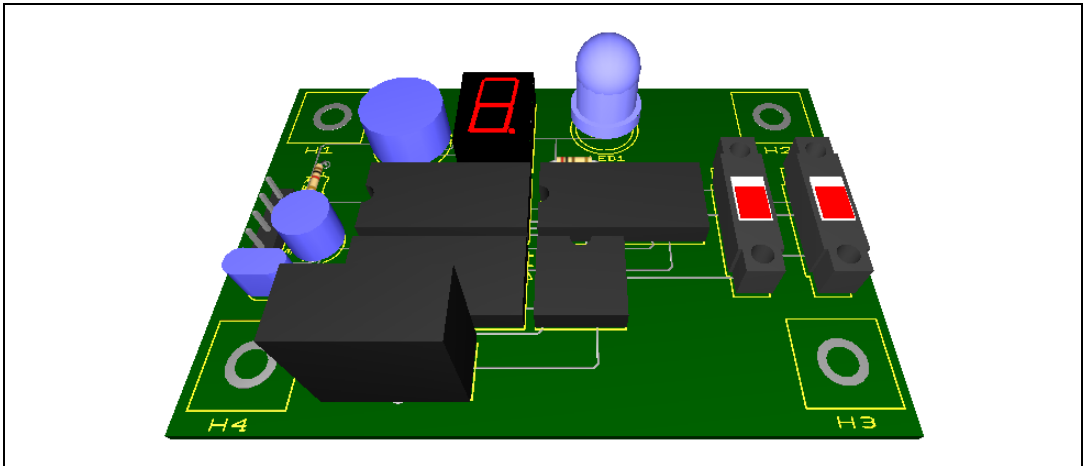
Exportieren von Dateien

Beim Erstellen einer Ultiboard-Exportdatei werden alle Angaben zu einer Platine in einem Format zusammengefasst, das durch den Hersteller der Leiterplatte gelesen werden kann. Eine exportierte Datei enthält vollständige Informationen darüber, wie eine Leiterplatte anzufertigen ist. Zu den exportierbaren Dateien gehören Gerber-RS-274X- und RS-274D-Dateien.

Weitere Informationen finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.

3D-Ansicht von Entwürfen

In Ultiboard kann jederzeit eine dreidimensionale Voransicht Ihrer Leiterplatte eingeblendet werden. Weitere Informationen finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.



Tipp Die **Interne Ansicht** ermöglicht Ihnen einen Blick zwischen die Lagen einer mehrlagigen Platine. Weitere Informationen finden Sie im Benutzerhandbuch zu Ultiboard.

Einführung in Multisim MCU

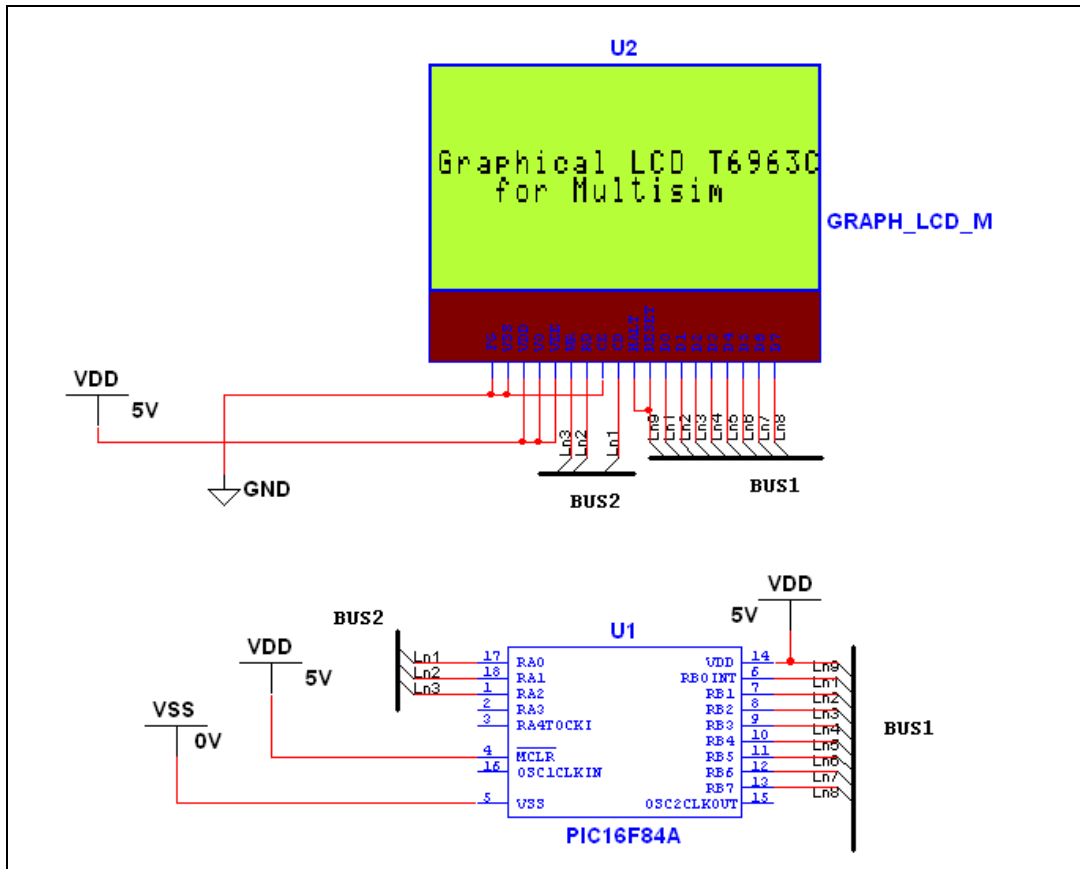
In diesem Kapitel lernen Sie, wie eine Schaltung mit Mikrocontroller simuliert und darin nach Fehlern gesucht wird.

Überblick

Die für diese Einführung verwendeten Dateien werden zusammen mit der NI Circuit Design Suite unter `...\Dokumente und Einstellungen\All Users\Gemeinsame Dokumente\National Instruments\Circuit Design Suite 10.1\samples\Getting Started\` installiert.

Für diese Anleitung nutzen Sie die Datei `Getting Started MCU.ms10`, die bei Bedarf auf den Inhalt des Ordners `LCDWorkspace` zugreift.

Im Multisim-Schaltungsbeispiel für eine LCD-Grafikanzeige wird der Einsatz eines PIC-Mikrocontrollers zur Steuerung der Anzeige anhand eines Toshiba-T6963C-Controllers und einem externen RAMs demonstriert. Zur Steuerung der Anzeige übermittelt der Mikrocontroller Signale über die Daten- und Steuerleitungen des Geräts. Ein für den Mikrocontroller geschriebenes Softwareprogramm bestimmt die Logikpegel für die Leitungen an den Anschlussstiften (High oder Low) zur Übermittlung von Befehlen und Daten an die Anzeige.



Über diese Anleitung

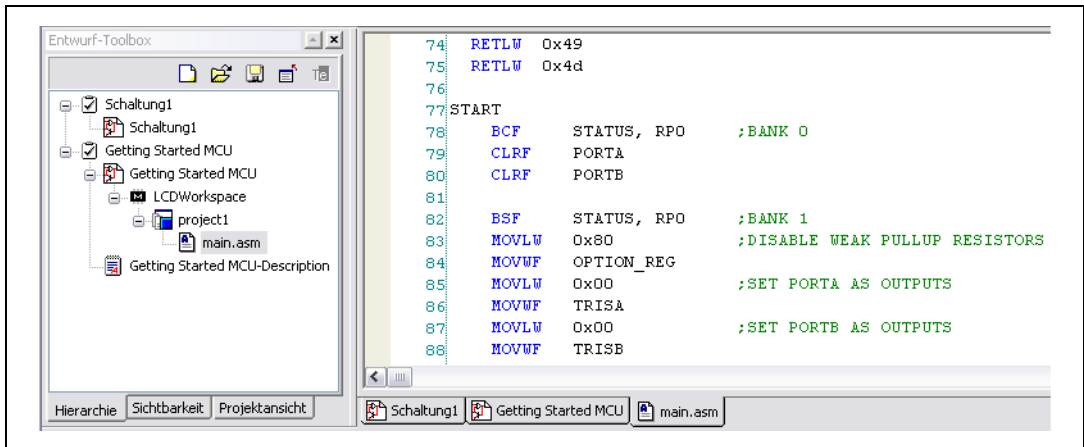
Die Datenleitungen von LCD U2 sind mit den Anschlussstiften RB0 bis RB7 des Mikrocontrollers U1 verbunden. Die Steuerleitungen der LCD-Anzeige sind mit den Anschlüssen RA0 bis RA2 des Mikrocontrollers verbunden. Die MCU U1 kommuniziert mit dem LCD U2 über diese Verbindungen. Die Daten werden parallel an U2 übermittelt, wobei die Signale auf den Steuerleitungen das Timing und den Typ der gesendeten Daten (d. h. Adresse oder Daten) bestimmen.

Die LCD-Grafikanzeige kann in drei verschiedenen Modi arbeiten: im Textmodus, Grafikmodus oder einem kombinierter Modus aus Text und Grafik. Im Beispiel befindet sich die Anzeige im kombinierten Modus. Die Software zur Ausführung der MCU befindet sich in einem MCU-Arbeitsbereich, der in der **Entwurf-Toolbox** als LCDWorkspace angezeigt wird.

Der Arbeitsbereich enthält ein Projekt namens `project1`, das nur aus der Quellcodedatei `main.asm` besteht.

Um die Datei zu betrachten, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie in der **Entwurf-Toolbox** doppelt auf `main.asm`. Im Arbeitsbereich zur Schaltungserfassung erscheint eine Registerkarte namens `main.asm`, auf der das Assembly-Programm angezeigt wird.



Zum Einblenden der Zeilennummern wählen Sie **MCU»Zeilennummern anzeigen**.

Um die Schaltungssimulation zu starten, führen Sie die folgenden Schritte aus:



1. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Wenn Sie noch keine Programmdatei erzeugt haben, erscheint ein Dialogfeld mit dem Hinweis, dass die Konfiguration nicht mehr aktuell ist. Sie werden daher aufgefordert, eine neue Programmdatei zu erstellen. Klicken Sie auf **Ja**. Die Ergebnisse der Erstellung werden in der **Tabellen-Ansicht** auf der Registerkarte **Ergebnisse** angezeigt. Wenn keine Fehler oder Warnungen zu sehen sind, wurde die Programmdatei erfolgreich erzeugt. (Das Beispielprogramm sollte keine Fehler enthalten.)

Das Programm zeigt die Zeile “Graphical LCD T6963C for Multisim” im Textmodus an; das LCD schaltet dann in den Grafikmodus um und stellt Punkt für Punkt über dem Text ein umgedrehtes “V” dar.

Nach der Anzeige der Linien scrollt der Text nach rechts und links. Dazu wird einfach die Startadresse des Textpuffers der LCD-Anzeige verschoben. Die LCD-Anzeige enthält zwei Pufferspeicher, und zwar einen zum Speichern von Grafiken und einen zum Speichern von Text.

ten. Weitere Funktionen der LCD-Anzeige, wie Blinken des Textes und Löschen von Zeichen, werden ebenfalls demonstriert.

Das Programm zur Steuerung der LCD-Anzeige stellt jeden dieser Effekte nacheinander dar.



Um die Simulation anzuhalten, wählen Sie **Simulieren»Stopp**.

Die Funktion des Assembly-Programms

Konstanten und Daten

Um das Programm verständlicher zu gestalten, werden zu Beginn die Befehle zur Steuerung der Anzeige und die temporären Puffer für Adressen und Daten in der MCU als Konstanten definiert.

```
DATA_BUFFER      EQU      0x20
DATA_BUFFER2     EQU      0x21
CMD_BUFFER       EQU      0x22
REF_BUFFER       EQU      0x24

ADDR_INDEX       EQU      0x25      ;STARTING ADDRESS IN EEPROM
ADDR_L           EQU      0x26      ;STARTING ADDRESS L
ADDR_H           EQU      0x27      ;STARTING ADDRESS H
COUNTER_INDEX    EQU      0x29      ;COUNTER
BIT_INDEX        EQU      0x2A      ;BIT INDEX

CMD_SET_CURSOR   EQU      21H      ;SET CURSOR
CMD_TXHOME       EQU      40H      ;SET TXT HM ADD
CMD_TXAREA       EQU      41H      ;SET TXT AREA
CMD_GRHOME       EQU      42H      ;SET GR HM ADD
CMD_GRAREA       EQU      43H      ;SET GR AREA
CMD_OFFSET       EQU      22H      ;SET OFFSET ADD
CMD_ADPPSET      EQU      24H      ;SET ADD PTR
CMD_SETDATA_INC  EQU      0C0H      ;WRITE DATA AND INCREASE ADP
CMD_AWRON        EQU      0B0H      ;SET AUTO WRITE MODE
CMD_AWROFF       EQU      0B2H      ;RESET AUTO WRITE MODE
```

Der anzuzeigende Text wird bei einigen Mikrocontrollern in Form einer Tabelle gespeichert. Es gibt aber keinen Assembly-Befehl, um direkt auf einen Datenwert im Speicherbereich des Programms zuzugreifen. Stattdessen besteht die Möglichkeit, Werte in unkodierter Form in das W-Register zu laden, so dass Sie eine Routine schreiben können, die je nach Kennzahl einen anderen String ausgibt. Die RETLW-Anweisung lädt einen konstanten Wert in das W-Register und führt einen RETURN durch (beides in einem Befehl).

Die TXPRT-Routine fragt den auf der LCD-Anzeige darzustellenden Text ab. Die Zeichencodes der LCD-Anzeige sind im Handbuch zum T6963C-Controller festgehalten (z. B. steht 0x27 für den Buchstaben “G” und 0x52 für “r”):

```

; DATA
DATA NUM EQU 23H
TXPRT ; Text data "Grapical LCD T6963C for Multisim"
    ADDWF PCL, 1
    RETLW 0x27
    RETLW 0x52
    RETLW 0x41
    RETLW 0x50
    RETLW 0x48
    RETLW 0x49
    RETLW 0x43
    RETLW 0x41
    RETLW 0x4c
    RETLW 0x00
    RETLW 0x2C
    ...

```

Initialisierung

Der Initialisierungscode beginnt bei `START`, wie im Programmabschnitt unten dargestellt. Die Anschlussstifte im Mikrocontroller werden als Ausgangskontakte konfiguriert und die Werte zurückgesetzt. Die LCD-Anzeige wird durch den Mikrocontroller initialisiert und auf Grafik- und Textmodus gestellt. Die Rücksprungadresse wird für den Grafikpuffer auf `0x0000` und den Textpuffer auf `0x2941` eingestellt. Dadurch wird festgelegt, an welcher Stelle im LCD die Anzeige die Daten beginnen soll. Schließlich werden die Steuersignale noch für den geeigneten Schreib-/Lesezugriff auf der LCD-Anzeige eingestellt.

```

START
    BCF     STATUS, RPO           ;BANK 0
    CLRF    PORTA
    CLRF    PORTE

    BSF     STATUS, RPO           ;BANK 1
    MOVLW   0x80                  ;DISABLE WEAK PULLUP RESISTORS
    MOVWF   OPTION_REG
    MOVLW   0x00                  ;SET PORTA AS OUTPUTS
    MOVWF   TRISA
    MOVLW   0x00                  ;SET PORTE AS OUTPUTS
    MOVWF   TRISE

    BCF     STATUS, RPO           ;BANK 0
    MOVLW   0x0F                  ; 1111 no commands ready
    MOVWF   PORTA

;1 SET DISPLAY MODE to GRAPH + TEXT mode, cursor off
    MOVLW   0x9C
    MOVWF   CMD_BUFFER
    CALL    CMD
...

```

Zeichnen von Text und Grafiken

Der Rest des Programmcodes dient dazu, Befehle über die Steuerleitungen und die MCU-Anschlussstifte (RA0 bis RA2) an die LCD-Anzeige und die Daten über die Datenleitungen zu senden:

```
;5 write string
    MOVLW    0x7D
    MOVWF    DATA_BUFFER
    MOVLW    0x29
    MOVWF    DATA_BUFFER2    ; external CG start at: 1400h
    CALL     DT2
    MOVLW    CMD_ADSET
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

    MOVLW    CMD_AWRON
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

    MOVLW    0x00                ; Initial the counter
    MOVWF    ADDR_INDEX

LOOP_READ_DATA2
    MOVF     ADDR_INDEX,0        ; STARTING data ADDRESS
    CALL     TXPRT

    MOVWF    DATA_BUFFER        ; LOAD CHAR data TO W
    CALL     ADT

    INCF     ADDR_INDEX,1

    MOVF     ADDR_INDEX, 0
    SUBLW    DATA_NUM           ; 35 chars
    BTFSS    STATUS, Z
    GOTO     LOOP_READ_DATA2

    MOVLW    CMD_AWROFF
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

...
```

Zum Beispiel werden mit dem oben dargestellten Programmabschnitt die mit der TXPRT-Subroutine angegebenen Zeichen aus der Hauptschleife an die im Textmodus befindliche LCD-Anzeige übertragen.

Mit den folgenden Befehlen wird die LCD-Anzeige in den Auto-Schreibmodus umgeschaltet:

```
MOVLW    CMD_AWRON
MOVWF    CMD_BUFFER
CALL     CMD
```

An diesem Punkt beginnt das Programm zu zählen und führt die Schleife `LOOP_READ_DATA2` 35 Mal aus. Durch `TXPRT` ruft die Schleife den Text ab und lädt ihn in das W-Register. Dann ruft sie die Subroutine `ADT` auf, welche wiederum `SEND_DATA` aufruft. Dadurch werden die Werte im W-Register an den Port B gesendet, so dass sie an die Datenleitungen der LCD-Anzeige übermittelt werden können. Nach dem Senden der Daten wird der passende Wert von Port A des Mikrocontrollers an die Steueranschlusstifte der LCD-Anzeige übertragen, um zu signalisieren, dass die Daten gelesen werden können. Nach Ausführung jeder Subroutine kehrt das Programm wieder an das Ende des letzten Befehls zurück, der vor dem Aufruf der Subroutine ausgeführt wurde. Das passiert so lange, bis alle 35 Zeichen übermittelt wurden. Mit den letzten drei Anweisungen wird nach Verlassen der Schleife der Auto-Schreibmodus der LCD-Anzeige ausgeschaltet:

```
MOVLW    CMD_AWROFF
MOVWF    CMD_BUFFER
CALL     CMD
```

Mit den folgenden Anweisungen wird die horizontale und die schräge Linie im Grafikmodus gezeichnet:

```
;6 draw wave once
MOVF     ADDR_L, 0
BTFSC    STATUS, Z
CALL     DRAW_WAVE
```

Arbeiten mit den MCU-Fehlersuchfunktionen

Dieser Abschnitt enthält eine Schritt-für-Schritt-Beschreibung der Fehlersuchfunktion des Multisim-MCU-Moduls. Es ist wichtig, dass die Schritte genau in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Sobald Sie die Haltepunktfunktion und die Einzelschrittverfahren verstanden haben, können Sie sich mit den Möglichkeiten der erweiterten MCU-Fehlersuche befassen.

Übersicht zur Fehlersuche

Um ein Programm für einen Mikrocontroller entweder in C oder Assembler zu schreiben, erstellen Sie zunächst Quellcodedateien (also eine `*.asm`, `*.inc`, `*.c` und `*.h`-Datei) als Teil des MCU-Arbeitsbereichs. Diese Dateien können dann in der Quellcodeansicht bearbeitet werden.

Um zur Quellcodeansicht zu gelangen:

1. Klicken Sie die Datei (z. B. `main.asm`) in der **Entwurf-Toolbox** in der Hierarchie der MCU-Arbeitsbereiche doppelt an.

Während der Simulation sollen Ihnen die angezeigten zusätzlichen Fehler-suchinformationen dabei helfen, zu verstehen, was innerhalb der MCU geschieht. Sie können beispielsweise zwischen dem High-Level-Quellcode und den Assembly-Anweisungen umschalten, wo außerdem der tatsächliche Opcode für jede ausgeführte Anweisung angezeigt wird.

In der Quellcodeansicht können all diese Zusatzinformationen nicht angezeigt werden. Stattdessen hat jedes MCU-Bauelement im Schaltplan eine eigene **Debug-Auflistung**, in der Angaben zu Fehlern angezeigt werden.

Um zur **Debug-Auflistung** zu gelangen:

1. Wählen Sie **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Erstellen**.

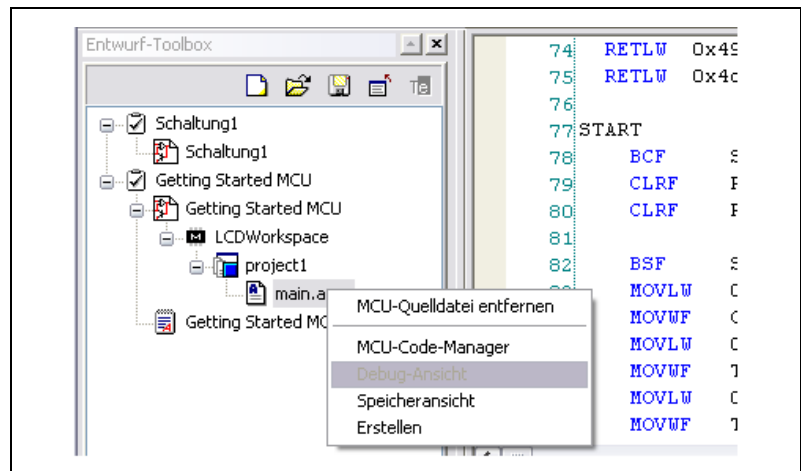


Hinweis Die **Fehlersuchansicht** ist nur dann verfügbar, wenn Sie Ihren Code erfolgreich erstellt haben, so dass der vorangehende Schritt nur einmal notwendig ist.

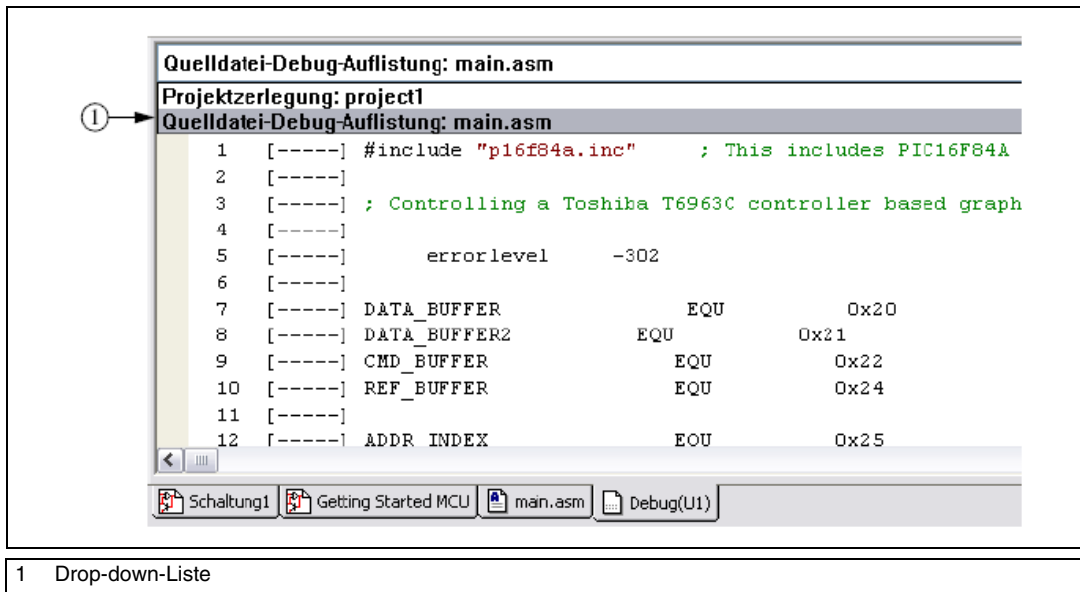
2. Wählen Sie **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Debug-Ansicht**.

oder:

Klicken Sie im MCU-Arbeitsbereich der **Entwurf-Toolbox** einen Eintrag mit der rechten Maustaste an und wählen Sie den entsprechenden Menüpunkt aus.



Es öffnet sich eine weitere Registerkarte im Arbeitsbereich der Schaltungserfassung namens **Debug(MCU-Referenzbezeichner)**, in diesem Fall **Debug(U1)**.



In der Dropdown-Liste im oberen Bereich der **Debug-Auflistung** (vgl. Abbildung) können Sie zwischen den intern von Multisim erzeugten Disassemblier-Anweisungen und der vom Assembler oder Compiler erzeugten Auflistungsdatei umschalten. (Das Format der Auflistungsdatei richtet sich nach dem Tool, mit dem Sie die Programmdatei erzeugt haben).

Im Beispiel der LCD-Grafikanzeige wurde der Programmcode in Assembler geschrieben und mithilfe der Mikrochip-Assembly-Tools in eine Programmdatei umgewandelt. Der Mikrochip-Assembler erzeugt eine Auflistungsdatei (*.lst) mit allen Opcodes, die für jede Assembly-Anweisung erzeugt wurden. In der Fehlerlistenansicht werden Informationen aus dieser Auflistungsdatei angezeigt. Multisim wandelt die Opcode-Anweisungen mithilfe eines internen Disassemblers in Assembler-Anweisungen um.

Für dieses Beispiel ist das Disassembler-Format jedoch nicht notwendig, da die Fehlerliste bereits alle erforderlichen Informationen enthält. In den Fällen, wo ein MCU-Projekt nur die *.hex-Datei mit dem Maschinencode lädt, zeigt die Disassembly-Ansicht die aufgeschlüsselten Opcode-Anweisungen, so dass erkennbar wird, was innerhalb der MCU vor sich geht. Die

Disassembly-Ansicht ist sehr nützlich, da für MCU-Projekte dieses Typs keine Auflistungsdatei verfügbar ist.

Hinzufügen von Haltepunkten

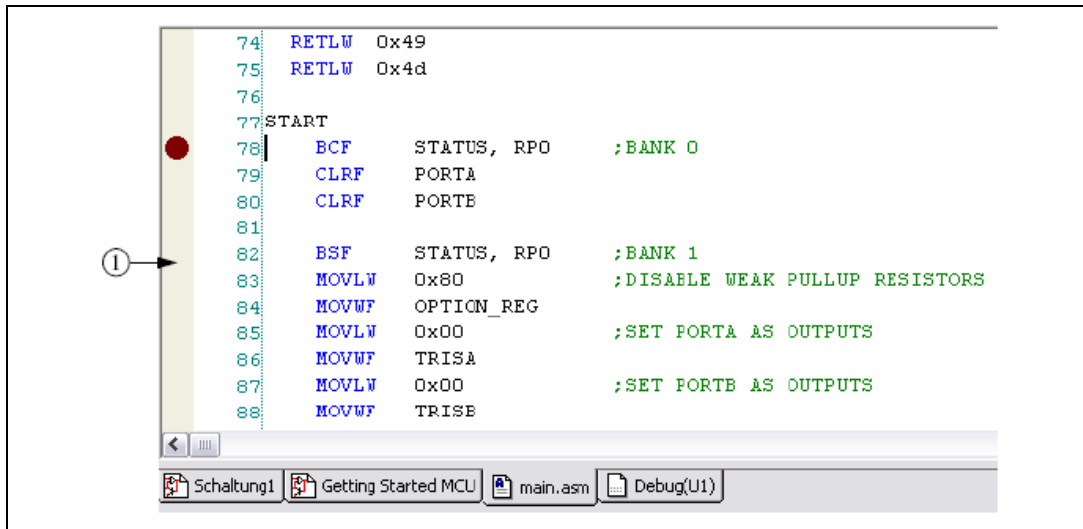
Sie können der Quellcodeansicht sowohl bei angehaltener als auch bei laufender Simulation Haltepunkte hinzufügen. Haltepunkte können einem Mikrocontrollerprojekt auf zwei Arten erzeugt werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, sie zur Quellcodeansicht hinzuzufügen. In diesem Beispiel ist die Registerkarte `main.asm` im Arbeitsbereich der Schaltungserfassung die einzig verfügbare Quellcodeansicht.



Hinweis Wenn sich Ihr MCU-Entwurf aus mehreren Dateien zusammensetzt, ist für jede der Quellcodedateien eine Quellcodeansicht verfügbar.

Sie können aber auch einen Haltepunkt in der **Debug-Auflistung** angeben. Sie können Haltepunkte in der Disassembly-Ansicht oder der Fehlerlistenansicht einfügen. In diesem Beispiel benötigen Sie jedoch lediglich die Fehlerliste.



1 Graue Spalte

Um einen Haltepunkt in der Quellcodeansicht hinzuzufügen:

1. Öffnen Sie **Debug-Auflistung** für U1.
2. Klicken Sie in der **Entwurf-Toolbox** doppelt auf `main.asm`.

3. Scrollen Sie bis zur Zeile direkt unterhalb der **START**-Beschriftung:
BCF STATUS, RP0.
4. Klicken Sie im `main.asm`-Fenster die erste (graue) Spalte links neben `BCF STATUS, RP0` doppelt an. Es erscheint ein roter Punkt an dieser Stelle, der signalisiert, dass an dieser Zeile ein Haltepunkt gesetzt wurde.
5. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Die Simulation wird automatisch an der Stelle unterbrochen, wo Sie den Haltepunkt gesetzt haben. Die **Debug-Auflistung** springt nun automatisch in den Vordergrund und ein gelber Pfeil weist an die Stelle, wo die Programmausführung unterbrochen wurde.



Um den Haltepunkt zu entfernen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie den Haltepunkt in der **Debug-Auflistung** oder der `main.asm`-Quellcodeansicht doppelt an.



oder:

Wählen Sie **MCU»Entferne alle Haltepunkte**, um alle Haltepunkte zu entfernen.



Hinweis Haltepunkte in der **Debug-Auflistung** werden genauso hinzugefügt und entfernt wie in der Quellcodeansicht.

Unterbrechen und in/aus Funktion hinein-/herausspringen

1. Wählen Sie **MCU»Entferne alle Haltepunkte**, um alle Haltepunkte zu entfernen.
2. Wechseln Sie zur Schaltplan-Entwurfsansicht (die Registerkarte **Getting Started MCU**) und wählen Sie **Simulieren»Start**. Auf der LCD-Anzeige wird nun der Text "Graphical LCD T6963C for Multisim" angezeigt.
3. Wählen Sie **Simulieren»Pausieren**.
4. Rufen Sie die **Debug-Auflistung** für U1 auf. Wie Sie sehen, ist die Programmzeile in der Fehlerliste an der Stelle, wo die Ausführung angehalten hat, links durch einen gelben Pfeil gekennzeichnet.



The screenshot displays the Multisim MCU interface. On the left, the 'Registers' window shows the 'Arbeitsregister' (Working Register) at address 50 with a value of 0. Below it, the 'Memory View' (Speicheransicht) shows the PC register at address 0193. The 'Source File Debug Listing' (Quelldatei-Debug-Auflistung) on the right shows assembly code for 'main.asm'. A yellow arrow points to line 612, which is highlighted in the original image. The code includes sections for reading and sending data, and setting port outputs.

Name	Adresse	Hexadezimal
INDF	00	00
TMR0	01	D2

```

599 [-----]
600 [-----] READ_DATA
601 [0018A]     CALL SET_PORT_B_INPUT
602 [0018B]     MOVLW     0x04             ; 0100 :
603 [0018C]     MOVWF     PORTA
604 [0018D]     MOVF      PORTB,0         ; GET
605 [0018E]     MOVWF     DATA_BUFFER
606 [0018F]     RETURN
607 [-----]
608 [-----]
609 [-----] SEND_DATA
610 [00190]     CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
611 [00191]     MOVF      DATA_BUFFER, 0 ;output
612 [00192]     MOVWF     PORTB
613 [00193]     MOVLW     0x0A             ; 1010 :
614 [00194]     MOVWF     PORTA
615 [00195]     BSF       PORTA, 2
616 [00196]     RETURN
617 [-----]
618 [-----] SEND_CMD
619 [00197]     CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
620 [00198]     MOVF      CMD_BUFFER, 0   ;output
621 [00199]     MOVWF     PORTB
622 [0019A]     MOVLW     0x0B             ; 1011 :
623 [0019B]     MOVWF     PORTA
624 [0019C]     BSF       PORTA, 2
625 [0019D]     RETURN
626 [-----]
  
```

- Wählen Sie **MCU»MCU PIC16F84A U1»Speicheransicht**, um den aktuellen Status des Speichers im Mikrocontroller U1 anzuzeigen. Beachten Sie, dass der Wert des Programmzählers PC des **IROM**-Abschnitts um eins höher liegt als der Adresswert der Zeile, auf die der gelbe Pfeil zeigt. (Im Beispiel in der Abbildung oben hat die Adresse in der **Debug-Auflistung** den Wert 192 und der PC-Wert in der **Speicheransicht** lautet 193).



Hinweis Wenn der aktuelle Befehl bei Unterbrechung der Simulation noch nicht vollständig ausgeführt wurde, bleibt der Wert im Programmzähler der gleiche wie der Adresswert.

Die anderen Abschnitte der **Speicheransicht** enthalten Werte in anderen Teilen des Mikrocontroller-Speichers.



- Klicken Sie in der Werkzeugleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Einzelschritt in den Funktionsaufruf hinein**.



7. Die aktuelle Anweisung wird ausgeführt und die Simulation bei der nächsten Anweisung unterbrochen.
8. Wählen Sie **Simulieren»Stopp**.

Unterbrechen und aus Funktion herausspringen



1. Fügen Sie in die `SEND_DATA`-Subroutine unter `MOVWF PORTB` einen Haltepunkt ein.
2. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Die Simulation wird am Haltepunkt unterbrochen.
3. Klicken Sie die Schaltfläche **Aus Funktion herausspringen** in der Werkzeugleiste **Simulation**, um die `SEND_DATA`-Subroutine zu verlassen.
4. Es werden alle verbleibenden Anweisungen in der `SEND_DATA`-Subroutine ausgeführt und bei der ersten Anweisung nach `SEND_DATA` wird die Simulation unterbrochen.

Unterbrechen und in Funktion hineinspringen



1. Wählen Sie **MCU»Entferne alle Haltepunkte**.
2. Setzen Sie vor den Aufruf von `SEND_DATA` einen Haltepunkt – also dort, wo Sie soeben über dem gelben Pfeil herausgesprungen sind.
3. Wählen Sie **Simulieren»Ausführen**. Die Simulation wird dort unterbrochen, wo Sie soeben den Haltepunkt gesetzt haben.
4. Klicken Sie in der Werkzeugleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **In Funktion hineinspringen**. Die Simulation wird daraufhin in der `SEND_DATA`-Subroutine unterbrochen.

Unterbrechen und Funktionsaufruf überspringen



1. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Die Simulation wird am selben Haltepunkt unterbrochen wie zuvor beim Aufruf der Subroutine `SEND_DATA`.
2. Klicken Sie in der Werkzeugleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Funktionsaufruf überspringen**. Die Subroutine `SEND_DATA` wird nun vollständig ausgeführt und die Simulation wird an der ersten Anweisung nach `CALL_SEND_DATA` unterbrochen.

Zum Cursor



1. Wählen Sie **MCU»Entferne alle Haltepunkte**.
2. Klicken Sie auf eine Zeile in der `SEND_DATA`-Subroutine, denn diese Subroutine wird bekanntermaßen nochmals aufgerufen, um Daten an die LCD-Anzeige zu übermitteln.
3. Klicken Sie in der Werkzeugleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Zum Cursor**. Die Simulation wird bis zur Anweisung ausgeführt, die Sie in der `SEND_DATA`-Subroutine angeklickt haben. Dann folgt eine Ausführungspause und neben die Zeile wird ein gelber Pfeil gesetzt.

Technische Unterstützung und professioneller Service

Auf der Website ni.com/germany finden Sie umfassende Informationen über die folgenden professionellen Serviceleistungen und den technischen Support von National Instruments:

- **Support**—Auf ni.com/support/d finden Sie folgende Informationsquellen und Tools:
 - **Technische Ressourcen**—Diese Website bietet Ihnen Soforthilfe bei Fragen und Problemen. Außerdem finden Sie hier Treiber, Updates, eine umfassende Wissensdatenbank (KnowledgeBase), Bedienungsanleitungen, Anleitungen zur Problemlösung, Tausende Beispielpprogramme, autodidaktische Kurse und Application Notes. Registrierte Nutzer können sich auch an den Diskussionsforen auf ni.com/forums (englisch) beteiligen. Jede im Forum eingereichte Frage wird garantiert beantwortet.
 - **Standard Service Program**—Teilnehmer dieses Programms können sich telefonisch oder per E-Mail direkt mit unseren Applikationsingenieuren in Verbindung setzen und jederzeit die Schulungseinheiten im Services Resource Center nutzen. Beim Erwerb eines Produkts von National Instruments sind Sie automatisch ein Jahr lang zur Teilnahme am Standard Service Program berechtigt. Danach ist die Mitgliedschaft kostenpflichtig.

Welche Art der technischen Unterstützung es in Ihrer Nähe gibt, erfahren Sie unter ni.com/services/d oder bei einer unserer Niederlassungen (ni.com/contact).
- **Training und Zertifizierung**—Auf ni.com/training/d finden Sie Lehrmaterial und Informationen zur Zertifizierung. Hier können Sie sich auch für eine der weltweit angebotenen Software-Schulungen anmelden.
- **Systemintegration**—Wenn Sie aus Zeit- oder Personalmangel oder aus anderen Gründen bei einem Projekt in Verzug geraten, können Ihnen die Mitglieder des NI-Alliance-Programms weiterhelfen. Für Informationen zu diesem Programm setzen Sie sich entweder telefonisch mit einer Niederlassung von National Instruments in Ihrer

Nähe in Verbindung, besuchen Sie die Website ni.com/alliance (englisch) oder klicken Sie auf ni.com/germany im Menü links auf den Link “Alliance Program”.

Sollten Sie nach dem Besuch unserer Website ni.com noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an eine Niederlassung von National Instruments in Ihrer Nähe. Die Telefonnummern aller Niederlassungen finden Sie am Anfang dieses Handbuchs. Auf die Websites der einzelnen Niederlassungen, auf denen Sie immer die aktuellen Kontaktinformationen, Telefonnummern des technischen Supports, E-Mail-Adressen sowie aktuelle Ereignisse und Veranstaltungen finden, gelangen Sie über ni.com/niglobal.

Stichwortverzeichnis

Zahlen

3D-Entwürfe in Ultiboard, 3-23

A

Analyse, 2-16

Assembly-Programm, 4-4

Automatische Leiterbahnführung, 3-21

Automatisches Einfügen, 3-20

B

Bauelemente mit zwei Anschlüssen

 direkt in eine Verbindung einfügen, 2-10

Beispiele (von National Instruments), A-1

Benutzerschnittstellenelemente, 2-1

Berichte, 2-18

BOM, 2-19

D

Diagnoseprogramme (von National Instruments), A-1

Dokumentation

 In diesem Handbuch verwendete Symbole
 und Darstellungen, v

 NI-Informationsquellen, A-1

E

Einfügen von Bauelementen aus der
 Ultiboard-Datenbank, 3-11

Einfügen von Bauelementen in Multisim, 2-6

Einfügen von Bauelementen in Ultiboard, 3-8,
 3-11

Einführung in Multisim (Überblick), 2-4

Exportieren von Dateien aus Ultiboard, 3-23

F

Fehlersuche (Hilfsmittel von National Instruments), A-1

Fenster für die Diagrammerstellung, 2-17

Follow-me-Leiterbahn, 3-18

G

Gerätetreiber (von National Instruments), A-1

H

Haltepunkt, 4-11

Herstellung/Bestückung, 3-22

Hilfe, technische Unterstützung, A-1

I

In diesem Handbuch verwendete Symbole und
 Darstellungen, v

K

KnowledgeBase, A-1

Kommentare, 3-22

L

Leiterplatten-Clean-Up, 3-22

M

Manuell eingefügte Leiterbahn, 3-15
MCU-Anleitung, 4-2
 Überblick, 4-1
MCU-Fehlersuche
 Funktionen, 4-8
 Überblick, 4-8

O

Öffnen der Ultiboard-Einführung, 3-3
Öffnen von Multisim-Dateien, 2-5
Online-Informationsquellen, A-1

P

Platinenkontur, 3-4
Postprozessor-, 2-18
Produkte, 1-1
Programmierbeispiele (von National Instruments), A-1

S

Schaltungsentwicklung, 2-5
Schnittstellenelemente, 2-1, 3-1
Simulation, 2-13
Software (von National Instruments), A-1
Speichern von Multisim-Dateien, 2-5
Stückliste, 2-19
Support und Serviceleistungen von National Instruments, A-1
Support, technisch, A-1

T

technische Unterstützung, A-1
Training und Zertifizierung (von National Instruments), A-1
Treiber (von National Instruments), A-1
Tutorial-Beschreibung, 1-2

U

Unterbrechen und aus Funktion herausspringen, 4-14
Unterbrechen und Funktionsaufruf überspringen, 4-14
Unterbrechen und in Funktion hineinspringen, 4-14
Unterbrechen und in/aus Funktion hinein-/herausspringen, 4-12

V

Verbinden der Bauelemente in Multisim, 2-11
Verlegen von Leiterbahnen in Ultiboard, 3-14
Verschieben von Bauelementen in Ultiboard, 3-13
Virtuelle Messinstrumente, 2-13
vollautomatische Leiterbahn, 3-18

Z

Ziehen von Bauelementen, 3-8, 3-10
Zum Cursor, 4-15

NI Circuit Design Suite

NI Circuit Design Suite スタートアップガイド

技術サポートのご案内

www.ni.com/jp/support

日本ナショナルインスツルメンツ株式会社

〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1 ダヴィンチ芝パーク A 館 4F Tel : 0120-527196/03-5472-2970

National Instruments Corporation

11500 North Mopac Expressway Austin, Texas 78759-3504 USA Tel: 512 683 0100

海外オフィス

イスラエル 972 3 6393737、イタリア 39 02 41309277、インド 91 80 41190000、英国 44 0 1635 523545、
オーストラリア 1800 300 800、オーストリア 43 662 457990-0、オランダ 31 (0) 348 433 466、
カナダ 800 433 3488、韓国 82 02 3451 3400、シンガポール 1800 226 5886、スイス 41 56 2005151、
スウェーデン 46 (0) 8 587 895 00、スペイン 34 91 640 0085、スロベニア 386 3 425 42 00、
タイ 662 278 6777、台湾 886 02 2377 2222、中国 86 21 5050 9800、チェコ 420 224 235 774、
デンマーク 45 45 76 26 00、ドイツ 49 89 7413130、トルコ 90 212 279 3031、
ニュージーランド 0800 553 322、ノルウェー 47 (0) 66 90 76 60、フィンランド 358 (0) 9 725 72511、
フランス 01 57 66 24 24、ベルギー 32 (0) 2 757 0020、ブラジル 55 11 3262 3599、
ポーランド 48 22 3390150、ポルトガル 351 210 311 210、マレーシア 1 800 887710、
南アフリカ 27 0 11 805 8197、メキシコ 01 800 010 0793、レバノン 961 (0) 1 33 28 28、
ロシア 7 495 783 6851

サポート情報の詳細については、「[技術サポートおよびプロフェッショナルサービス](#)」を参照してください。ナショナルインスツルメンツのドキュメントに関してご意見をお寄せいただく場合は、ナショナルインスツルメンツのウェブサイト、ni.com/jp の右上にある Info Code に feedback とご入力ください。

必ずお読みください

保証

NIのソフトウェア製品が記録されている媒体は、素材および製造技術上の欠陥によるプログラミング上の問題に対して、受領書などの書面によって示される出荷日から90日間保証致します。NIは、保証期間中にこのような欠陥の通知を受け取った場合、弊社の裁量により、プログラミングの指示どおりに実行できないソフトウェア媒体を修理、交換致します。NIは、ソフトウェアの操作が中断されないこと、および欠陥のないことを保証致しません。

お客様は、保証の対象となる製品をNIに返却する前に、返品確認(RMA: Return Material Authorization)番号をNIから取得し、パッケージ外に明記する必要があります。NIは、保証が及んでいる部品をお客様に返却する輸送費を負担いたします。

本書の内容については万全を期しており、技術的内容に関するチェックも入念に行っております。技術的な誤りまたは誤植があった場合、NIは、本書を所有するお客様への事前の通告なく、本書の次の版を改訂する権利を有します。誤りと思われる箇所がありましたら、NIへご連絡ください。NIは、本書およびその内容により、またはそれに関連して発生した損害に対して、一切責任を負いません。

NIは、ここに記載された以外、明示または黙示の保証は致しません。特に、商品性または特定用途への適合性に関する保証は致しません。NI側の過失または不注意により発生した損害に対するお客様の賠償請求権は、お客様が製品に支払われた金額を上限とします。NIは、データの消失、利益の損失、製品の使用による損失、付随的または間接的損害に対して、その損害が発生する可能性を通知されていた場合でも、一切の責任を負いません。NIの限定保証は、訴訟方式、契約上の責任または不法行為に対する責任を問わず、過失責任を含め、適用されます。NIに対する訴訟は、訴訟原因の発生から1年以内に提起する必要があります。NIは、NIの合理的に管理可能な範囲を超えた原因により発生した履行遅延に関しては一切の責任を負いません。所有者がインストール、操作、保守に関するNIの指示書に従わなかったため、所有者による製品の改造、乱用、誤用、または不注意な行動、さらに停電、サージ、火災、洪水、事故、第三者の行為、その他の合理的に管理可能な範囲を超えた事象により発生した損害、欠陥、動作不良またはサービスの問題については、本書に定める保証の対象となりません。

著作権

著作権法に基づき、National Instruments Corporation（米国ナショナルインスツルメンツ社）の書面による事前の許可なく、本書のすべてまたは一部を写真複写、記録、情報検索システムへの保存、および翻訳を含め、電子的または機械的ないかなる形式によっても複製または転載することを禁止します。

National Instrumentsは他者の知的財産を尊重しており、お客様も同様の方針に従われますようお願いいたします。NIソフトウェアは著作権法その他知的財産権に関する法律により保護されています。NIソフトウェアを用いて他者に帰属するソフトウェアその他のマテリアルを複製することは、適用あるライセンスの条件その他の法的規制に従ってそのマテリアルを複製できる場合に限り可能であるものとします。

BSIM3 and BSIM4 are developed by the Device Research Group of the Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley and copyrighted by the University of California.

The ASM51 cross assembler bundled with Multisim MCU is a copyrighted product of MetaLink Corp.
(www.metaice.com).

MPASM™ macro assembler and related documentation and literature is reproduced and distributed by Electronics Workbench under license from Microchip Technology Inc. All rights reserved by Microchip Technology Inc. MICROCHIP SOFTWARE OR FIRMWARE AND LITERATURE IS PROVIDED "AS IS," WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL MICROCHIP BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR FIRMWARE OR THE USE OF OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE OR FIRMWARE.

Anti-Grain Geometry - Version 2.4

Copyright (C) 2002–2004 Maxim Shemanarev (McSeem)

Permission to copy, use, modify, sell and distribute this software is granted provided this copyright notice appears in all copies. This software is provided "as is" without express or implied warranty, and with no claim as to its suitability for any purpose.

Anti-Grain Geometry - Version 2.4

Copyright (C) 2002–2005 Maxim Shemanarev (McSeem)

1. Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

2. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.

3. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

The name of the author may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

商標

National Instruments, NI, ni.com、および LabVIEW は National Instruments Corporation (米国ナショナルインスツルメンツ社) の商標です。National Instruments の商標の詳細については、ni.com/legal の「Terms of Use」セクションを参照してください。

Ultiboard は登録商標であり Multisim and Electronics Workbench は Electronics Workbench の商標です。

Portions of this product obtained under license from Bartels Systems GmbH.

本文中に記載されたその他の製品名および企業名は、それぞれの企業の商標または商号です。

ナショナルインスツルメンツ・アライアンスパートナー・プログラムのメンバーはナショナルインスツルメンツより独立している事業体であり、ナショナルインスツルメンツと何ら代理店、パートナーシップまたはジョイント・ベンチャーの関係はありません。

特許

National Instruments の製品を保護する特許については、ソフトウェアに含まれている特許情報 (ヘルプ→特許情報)、CD に含まれている patents.txt ファイル、または ni.com/patents のうち、該当するリソースから参照してください。

Some portions of this product are protected under United States Patent No. 6,560,572.

National Instruments Corporation 製品を使用する際の警告

(1) National Instruments Corporation (以下「NI」という) の製品は、外科移植またはそれに関連する使用に適した機器の備わった製品として、または動作不良により人体に深刻な障害を及ぼすおそれのある生命維持装置の重要な機器として設計されておらず、その信頼性があるかどうかの試験も実行されていません。

(2) 上記を含むさまざまな用途において、不適切な要因によってソフトウェア製品の操作の信頼性が損なわれるおそれがあります。これには、電力供給の変動、コンピュータハードウェアの誤作動、コンピュータのオペレーティングシステムソフトウェアの適合性、アプリケーション開発に使用したコンパイラや開発用ソフトウェアの適合性、インストール時の間違い、ソフトウェアとハードウェアの互換性の問題、電子監視・制御機器の誤作動または故障、システム (ハードウェアおよび/またはソフトウェア) の一時的な障害、予期せぬ使用または誤用、ユーザまたはアプリケーション設計者の側のミスなどがありますが、これに限定されません (以下、このような不適切な要因を総称して「システム故障」という)。システム故障が財産または人体に危害を及ぼす可能性 (身体の損傷および死亡の危険を含む) のある用途の場合は、システム故障の危険があるため、1つの形式のシステムにのみ依存すべきではありません。損害、損傷または死亡といった事態を避けるため、ユーザまたはアプリケーション設計者は、適正で慎重なシステム故障防止策を取る必要があります。これには、システムのバックアップまたは停止が含まれますが、これに限定されません。各エンドユーザのシステムはカスタマイズされ、NI のテスト用プラットフォームとは異なるため、そしてユーザまたはアプリケーション設計者が、NI の評価したことのない、または予期していない方法で、NI 製品を他の製品と組み合わせて使用する可能性があるため、NI 製品をシステムまたはアプリケーションに統合する場合は、ユーザまたはアプリケーション設計者が、NI 製品の適合性を検証、確認する責任を負うものとします。これには、このようなシステムまたはアプリケーションの適切な設計、プロセス、安全レベルが含まれますが、これに限定されません。

表記規則

本書では以下の表記規則を使用します。

→

矢印（→）は、ネスト化されているメニュー項目やダイアログボックスのオプションをたどっていくと目的の操作項目を選択できることを示します。たとえば、**ファイル→ページ設定→オプション**となっている場合は、**ファイル**メニューをプルダウンして、**ページ設定**項目を選択し、最後のダイアログボックスから**オプション**を選択します。



このアイコンは、ユーザへのアドバイスを表しています。



このアイコンは、注意すべき重要な情報があることを示しています。

太字

太字のテキストは、メニュー項目やダイアログボックスのオプションなど、ソフトウェアで選択またはクリックする必要がある項目を表します。また、パラメータ名を示します。

斜体

斜体のテキストは、変数、強調、相互参照、または重要な概念の説明を示します。また、ユーザが入力する必要がある語または値のプレースホルダも示します。

`monospace`

このフォントのテキストは、キーボードから入力する必要があるテキストや文字、コードの一部、プログラムサンプル、構文例を表します。また、ディスクドライブ、パス、ディレクトリ、プログラム、サブプログラム、サブルーチンなどの名称、デバイス名、関数、操作、変数、ファイル名および拡張子の引用にも使用されます。

目次

第 1 章

NI Circuit Design Suite の概要

NI Circuit Design Suite の製品ライン	1-1
チュートリアル	1-1

第 2 章

Multisim チュートリアル

Multisim インタフェースの概要	2-1
概要	2-3
回路図キャプチャ	2-4
ファイルを開いて保存する	2-5
コンポーネントを配置する	2-5
回路を配線する	2-9
シミュレーション	2-12
仮想計測器	2-12
解析	2-14
グラフ	2-15
後処理	2-16
レポート	2-16
材料表	2-16

第 3 章

Ultiboard チュートリアル

Ultiboard インタフェースの概要	3-1
チュートリアルを開く	3-3
ボードアウトラインを作成する	3-4
部品を配置する	3-7
ボードアウトラインの外側から部品をドラッグする	3-8
部品タブから部品をドラッグする	3-9
チュートリアルの部品を配置する	3-10
データベースから部品を配置する	3-11
部品を移動する	3-12
トレースを配置する	3-14
手動トレースを配置する	3-14
誘導型トレースを配置する	3-17
接続マシントレースを配置する	3-17
自動部品配置	3-18
トレースを自動経路設定する	3-19

製造 / アセンブリの準備をする	3-20
ボードをクリーンアップする	3-20
コメントを追加する	3-21
ファイルをエクスポートする	3-21
設計を 3D で表示する	3-22

第 4 章

Multisim MCU チュートリアル

概要	4-1
チュートリアルについて	4-2
アセンブリプログラムを理解する	4-4
定数およびデータ	4-4
初期化	4-5
テキストおよびグラフィックを描画する	4-6
MCU デバッグ機能を使用する	4-7
デバッグ表示の概要	4-7
ブレークポイントを追加する	4-10
切断してステップ	4-11
切断して外に出る	4-13
切断して中に入る	4-13
切断して飛び越える	4-13
カーソルに実行	4-13

付録 A

技術サポートおよびプロフェッショナルサービス

索引

NI Circuit Design Suite の概要

本書で説明する一部の機能は、ご使用の NI Circuit Design Suite のバージョンによって使用できない場合があります。ご使用のバージョンの機能の一覧については、リリースノートを参照してください。

NI Circuit Design Suite の製品ライン

ナショナルインスツルメンツの Circuit Design Suite は、EDA (Electronics Design Automation) ツールのパッケージソフトで、回路設計フローにおける主なステップを支援します。

Multisim は、回路図の入力、シミュレーション、および PCB レイアウトのようなダウンステージステップへのフィード用に設計された回路図キャプチャおよびシミュレーションプログラムです。Multisim には、混合アナログ / デジタルシミュレーション機能、およびマイクロコントローラシミュレーションも含まれています。

Multisim からフィードされる Ultiboard は、プリント回路基板の設計、特定の基本的な機械的 CAD 操作の実行、そして製造の準備に使用します。また、Ultiboard は自動部品配置およびレイアウトを提供します。

チュートリアル

本書には、以下の段階的なチュートリアルが含まれています。

- [「Multisim チュートリアル」](#) — Multisim およびその多くの機能を紹介します。
- [「Ultiboard チュートリアル」](#) — Multisim チュートリアルの章で説明する回路のコンポーネント、そしてトレースを配置する方法を説明します。また、部品を自動配置し、自動で経路設定する方法について取得します。
- [「Multisim MCU チュートリアル」](#) — マイクロコントローラが含まれる回路のシミュレーションおよびデバッグのプロセスを説明します。

これらの章で説明される機能の詳細については、『Multisim User Guide』または『Ultiboard User Guide』を参照してください

Multisim チュートリアル

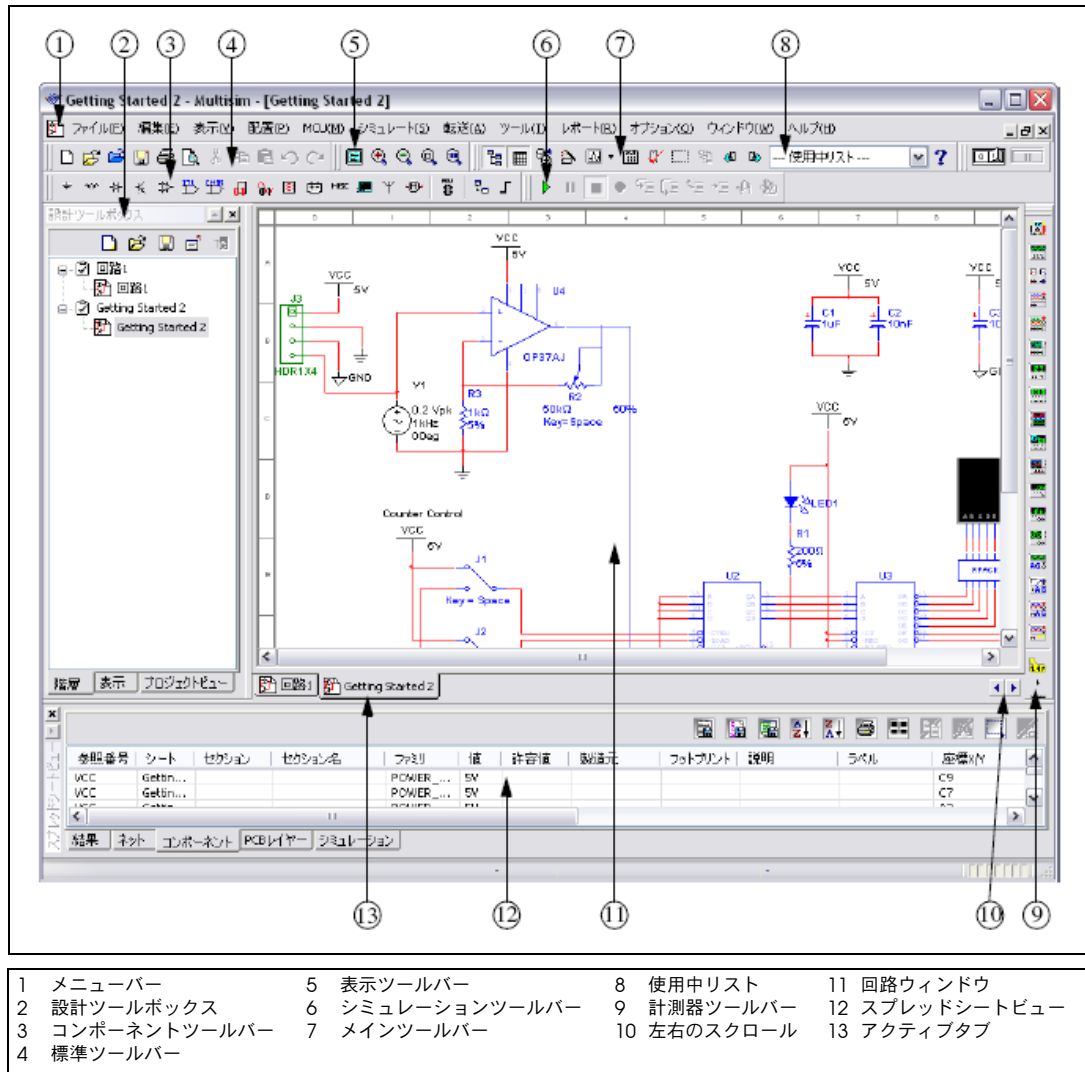
この章には、Multisim およびその多くの機能を紹介するチュートリアルが含まれています。

この章で説明する機能の一部は、ご使用の Multisim のバージョンによって使用できない場合があります。ご使用のバージョンの機能の一覧については、リリースノートを参照してください。

Multisim インタフェースの概要

Multisim は、ナショナルインスツルメンツ Circuit Design Suite の回路図キャプチャおよびシミュレーションアプリケーションで、EDA (Electronics Design Automation) ツールのパッケージソフトで、回路設計フローにおける主なステップを支援します。Multisim は、回路図の入力、シミュレーション、および PCB レイアウトのようなダウンステージステップへのフィード用に設計されています。

Multisim のユーザインタフェースは、以下の基本的な要素から構成されています。



メニューバーにすべての関数のコマンドがあります。

設計ツールボックスでは、異なるタイプのファイルをプロジェクト（回路図、PCB、レポート）で参照、回路図の階層を表示、そして異なるレイヤーを表示または非表示することができます。

コンポーネントツールバーには、Multisim のデータベースから回路図に配置するコンポーネントを選択するためのボタンがあります。

標準ツールバーには、保存、印刷、切り取り、および貼り付けなどのよく実行する操作のボタンが含まれています。

表示ツールバーには、画面の表示方法を変更するためのボタンがあります。

シミュレーションツールバーには、開始、停止、およびその他のシミュレーション機能のボタンがあります。

メインツールバーには、よく使用する Multisim の機能のボタンがあります。

使用中リストには、設計で使用されるすべてのコンポーネントのリストが含まれています。

計測器ツールバーには、各計測器のボタンがあります。

回路ウィンドウ（またはワークスペース）は、回路設計を行う場所です。

スプレッドシートビューでは、フットプリント、参照番号、属性、および設計制約など、コンポーネントの詳細を含むパラメータの迅速で詳細な表示および編集が可能です。すべてまたは一部のコンポーネントのパラメータを、ワンステップで変更し、さまざまな機能を実行することができます。

概要

このチュートリアルでは、回路図キャプチャ、シミュレーション、解析といった回路設計フローについて説明します。次のページで説明する手順に従った後に、小規模のアナログ信号をサンプリングする回路を設計してテストし、サンプル信号を増幅して簡単なデジタルカウンタで信号発生回数をカウントします。

役に立つヒントが、以下のような左の列のアイコンによって示されます。



ヒント キーボードで「F1」を押す、またはダイアログボックスの**ヘルプ**ボタンをクリックすることで、オンラインヘルプにいつでもアクセスすることができます。

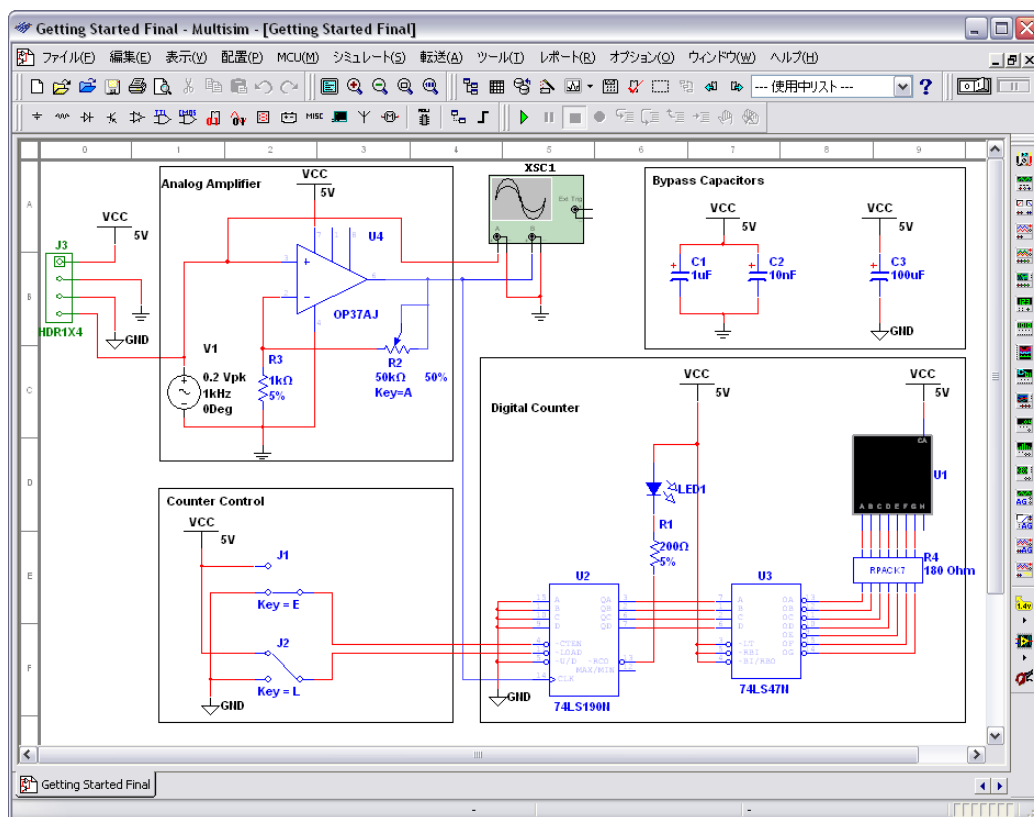
このチュートリアルの配線セクションでは、コンポーネント配置セクションで作成した回路をそのまま使用することができます。

または、...¥samples¥Getting Started¥にある Getting Started 1.ms10 を使用することもできます。このファイルでは、すべてのコンポーネントが正しく配置されています。

シミュレーションセクションでは、配線した回路を使用するか、Getting Started 2.ms10 を開きます（コンポーネントがすべて正しく配線されています）。

回路図キャプチャ

このセクションでは、以下の図のように回路にコンポーネントを配置して、配線します。



ファイルを開いて保存する

以下の手順に従い、Multisim を起動します。

1. **スタート→すべてのプログラム→National Instruments → Circuit Design Suite 10.1 → Multisim 10.1** を選択します。「回路 1」という空のファイルがワークスペースで開きます。

新しい名前でファイルを保存するには、以下の手順に従います。

1. **ファイル→保存**を選択して Windows 標準の保存ダイアログを表示します。
2. ファイルを保存する場所へ移動し、MyGettingStarted というファイル名を入力して**保存**ボタンをクリックします。



ヒント データを間違えて削除することを回避するために、**環境設定**ダイアログボックスの**保存**タブで自動バックアップ作成を設定することができます。

既存のファイルを開くには、以下の手順に従います。

1. **ファイル→開く**ボタンをクリックして、ファイルのある場所へ行き、ファイルをハイライトして**開く**をクリックします。



ヒント Multisim の旧バージョンで保存されたファイルを開くには、**開く**ダイアログボックスの**ファイルタイプ**ドロップダウンリストから該当するバージョンを選択します。

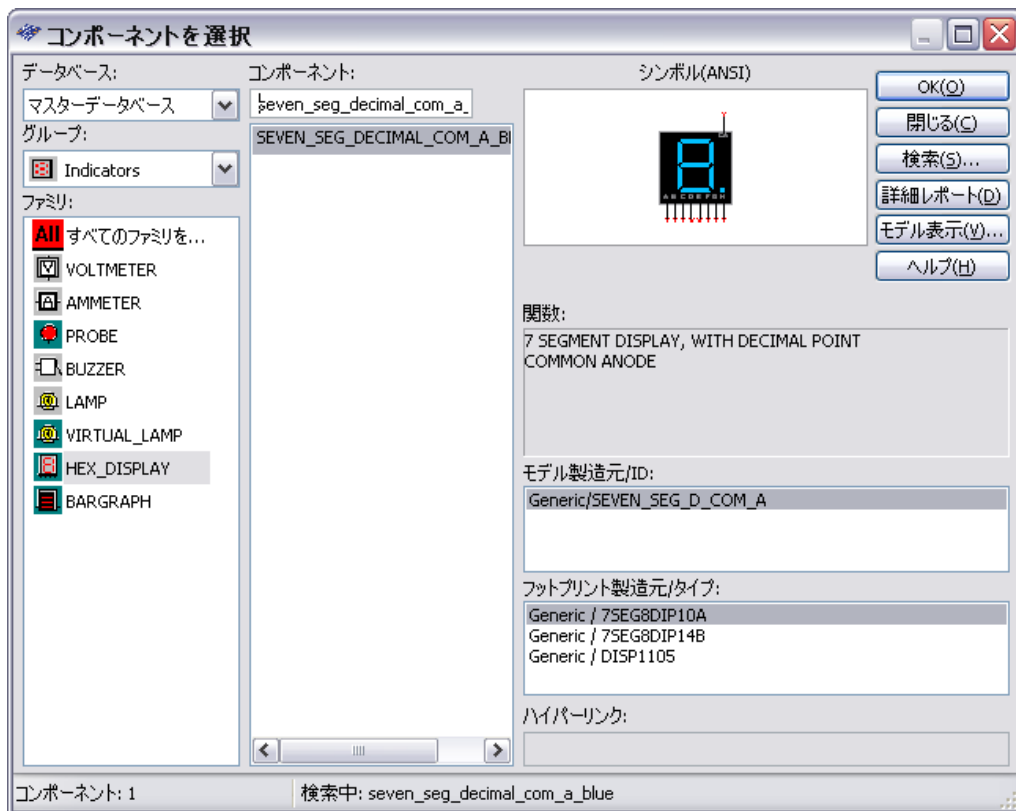
コンポーネントを配置する

以下の手順に従い、コンポーネントを配置します。

1. 上記の説明に従って MyGettingStarted.ms10 を開きます。
2. **配置→コンポーネント**を選択して**コンポーネントを選択**ブラウザを開き、以下の図に示される 7 セグメント LED の表示を選択し、**OK** をクリックします。コンポーネントの「ゴースト」画像がカーソル上に表示されます。

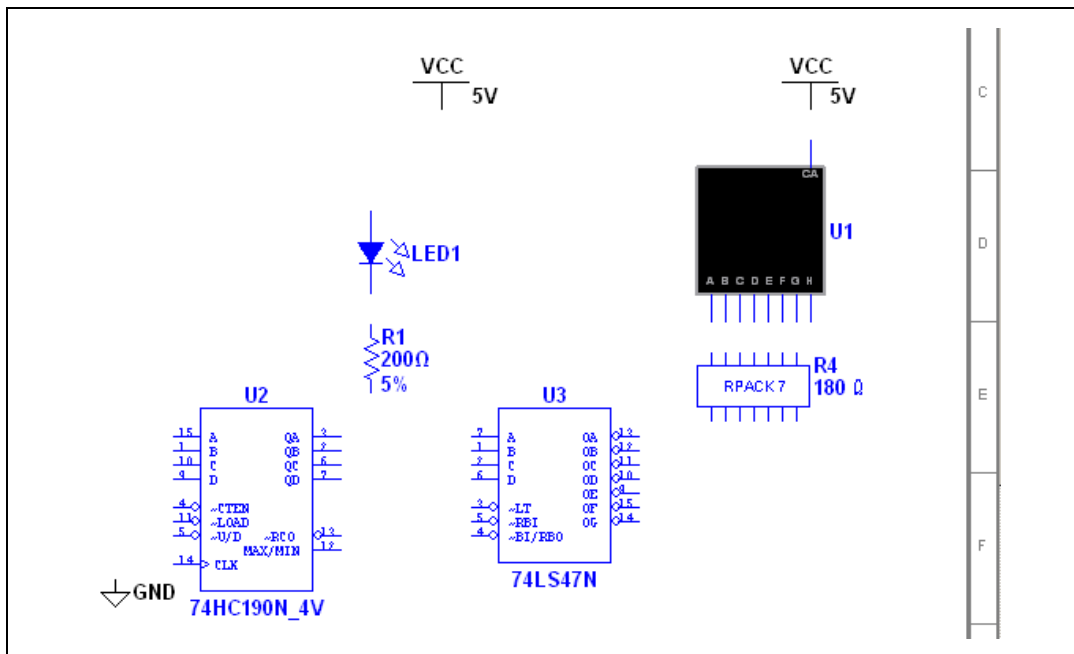


ヒント 適切な**グループ**と**ファミリ**を選択したら、ブラウザの**コンポーネント**フィールドにコンポーネント名を入力します。入力する際、ブラウザの下にある**検索中**フィールドに文字列が表示されます。この例では、「seven_seg_decimal_com_a_blue」と入力します。入力内容に応じて、一致するコンポーネント名が表示されます。



3. カーソルをワークスペースの右下へ移動し、左クリックしてコンポーネントを配置します。このコンポーネントの参照番号は「U1」となります。

4. 残りのコンポーネントを上図のように「Digital Counter」領域に配置します。



メモ

抵抗器、インダクタ、キャパシタ（RLC コンポーネント）を配置する場合、**コンポーネントを選択**ブラウザには他のコンポーネントとは若干異なるフィールドがあります。これらのコンポーネントを配置する際、コンポーネント値（例：抵抗値）、タイプ（例：炭素膜）、許容差、フットプリント、および製造元の任意の組み合わせを選択することができます。PCB レイアウトに最終的にエクスポートされ、**材料表**の一部になるコンポーネントを配置する場合は、**コンポーネントを選択**ダイアログボックスで選択する値の組み合わせが実際に購入可能なコンポーネントであることに注意する必要があります。



ヒント

RLC コンポーネントを配置する場合、**コンポーネント**リストの上にあるフィールドに配置するデバイス値を入力します。値は、回路図に配置されるリストに表示する必要はありません。



ヒント

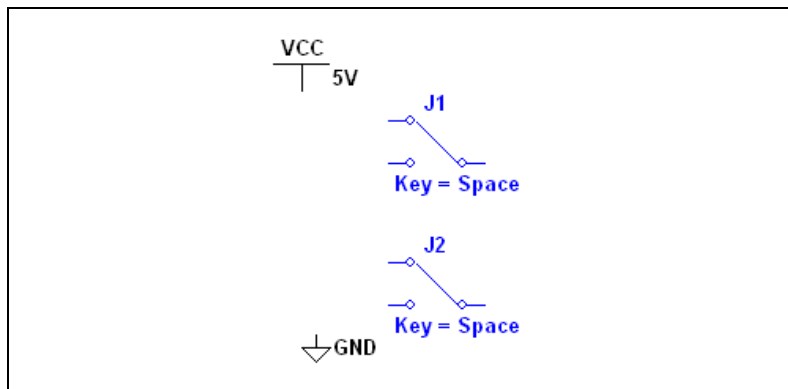
200 Ω の抵抗器を配置する場合は、キーボードで「Ctrl-R」を押して、縦になるよう回転させます。



ヒント

各コンポーネントの参照番号（例：U1、U2 など）は、配置した順番に割り当てられます。従って、コンポーネントを配置する順番によっては、上の図と参照番号が異なる場合があります。これは、回路の動作には影響しません。

5. 「Counter Control」領域に部品を配置します。配置が完了したら、各 SPDT スイッチを右クリックして**左右反転**を選択します。

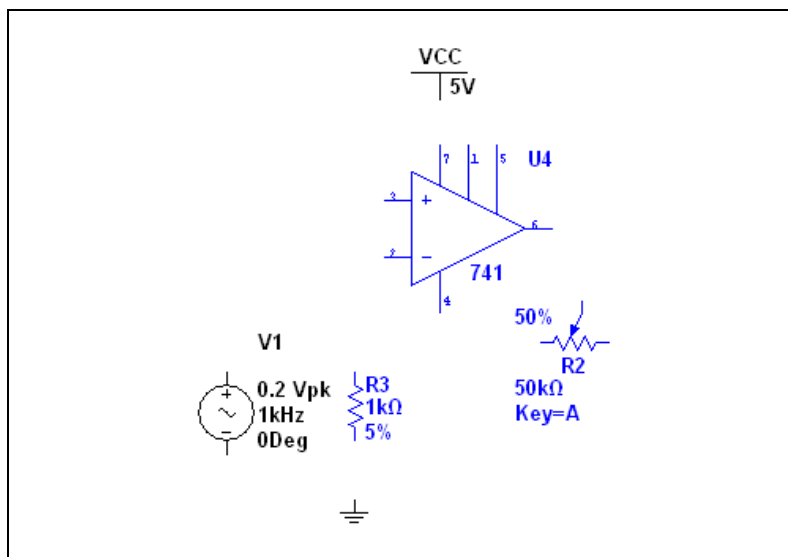


ヒント SPDT スイッチは、Basic グループの Switch ファミリにあります。



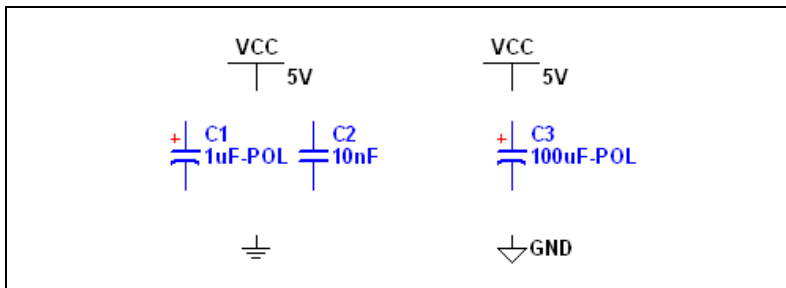
ヒント すでにワークスペースに配置した部品と同じ部品を再度配置するには、配置済みの部品をハイライト表示して**編集→コピー**を選択し、**編集→貼り付け**を選択します。また、**使用中リスト**から選択して、クリックしてワークスペースに配置することもできます。

6. 下の図のように「Analog Amplifier」領域に部品を配置します。部品は必要に応じて回転させます。

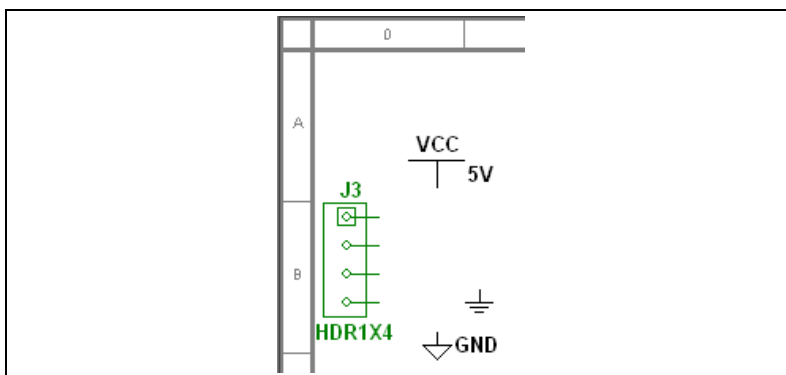


AC 電圧信号ソースを配置したら、その上でダブルクリックします。
電圧 (Pk) を 0.2 V に変更し、**OK** をクリックしてダイアログボックスを閉じます。

7. 下の図のように「Bypass Capacitors」領域に部品を配置します。



8. 下の図に示されるように、ヘッダと関連部品を配置します。



ヒント J3 は、Basic グループの Connectors ファミリにあります。



ヒント 回路の配線が完了したら、抵抗器などの 2 ピンコンポーネントを直接ワイヤにドロップすることができます。接続は Multisim によって自動的に接続されます。

回路を配線する

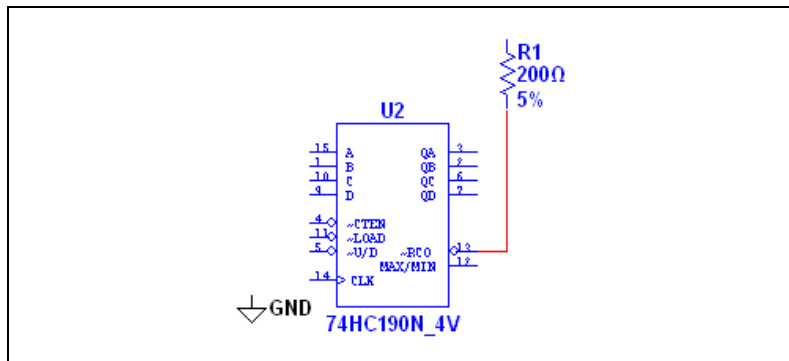
すべてのコンポーネントには、他のコンポーネントまたは計測器に配線するためのピンがあります。カーソルをピンの上に配置するとクロスヘアに変化し、Multisim で配線を開始できるようになります。



ヒント ワークスペースに配置した回路を配線する、または Getting Started フォルダ (samples フォルダ内) から Getting Started 1.ms10 を使用することもできます。

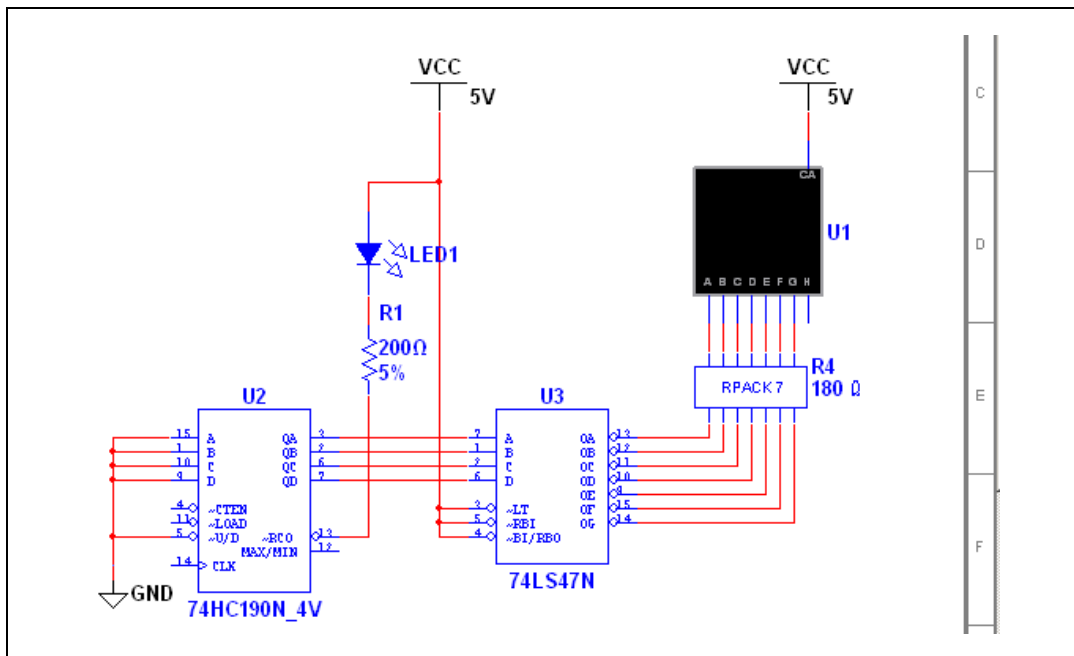
以下の手順に従い、回路を配線します。

1. コンポーネントのピンをクリックして接続を開始し（ポイントがクロスヘアに変化します）、マウスを移動させます。カーソルの動きに合わせてワイヤが表示されます。
2. 2番目のコンポーネントのピンをクリックして接続を完了します。
Multisim は、以下に示されるように、適切な構成に簡単にスナップするワイヤを自動的に配置します。この機能により、大規模な回路を配線する場合に大幅に時間を節約することができます。



3. 配線中にマウスをクリックして、ワイヤの位置を指定することもできます。マウスをクリックするたびに、ワイヤがそのポイントに固定されます。

4. 下の図に示されるように「Digital Counter」領域のコンポーネントを配線します。

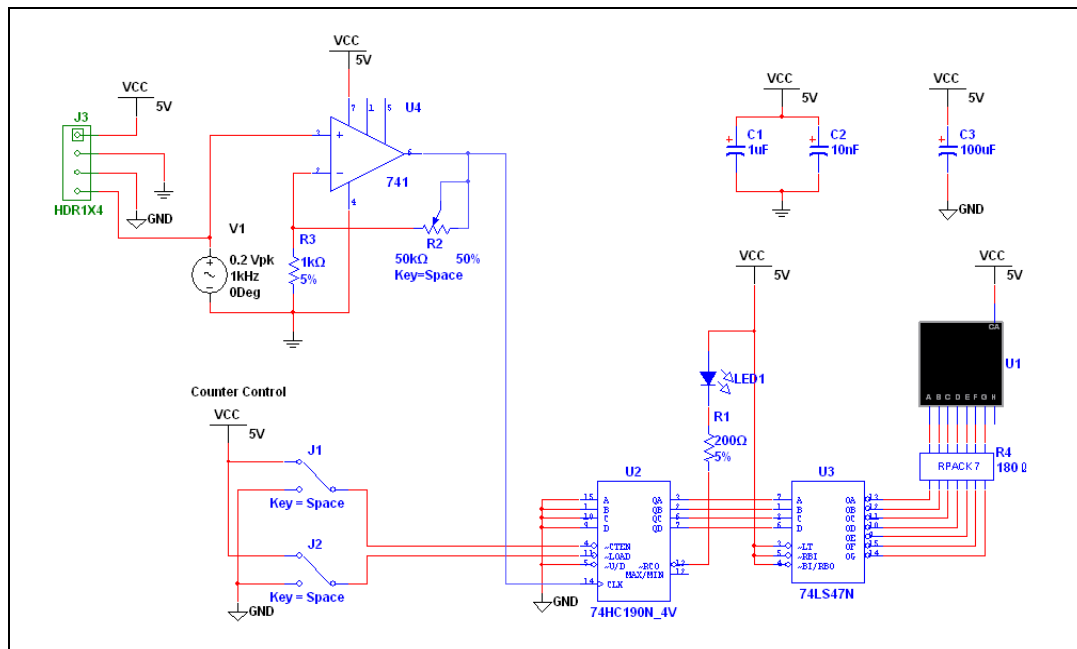


ヒント U3 や R4 などのマルチピンデバイスをバスで接続するには、**バスベクトル接続**を使用します。詳細については、『Multisim User Manual』を参照してください。



ヒント **仮想配線** — 「Counter Control」領域と「Digital Counter」領域の間の接続では、仮想接続を使用して配線を簡潔にすることができます。同じネット名の2つの回路は、仮想接続することができます。

5. 下の図のように配線を完了します。



シミュレーション

回路を Multisim でシミュレートすると、設計フローの早い段階でエラーを検出することができ、時間とコストを削減することができます。

仮想計測器

このセクションでは、仮想オシロスコープを持つ回路をシミュレートします。



ヒント Getting Started フォルダ (samples フォルダ内) から Getting Started 2.ms10 を使用することもできます。

1. J1、J2、R2 は対話式コンポーネントです。
各コンポーネントをダブルクリックして、J1、J2、および R2 の対話キーを設定します。J1、J2、R2 の**キー**フィールドにそれぞれ「E」、「L」、「A」と入力します。
「E」を押してカウンタを有効にするか、カーソルを「J1」の上に移動すると表示される拡張スイッチアームをクリックします。

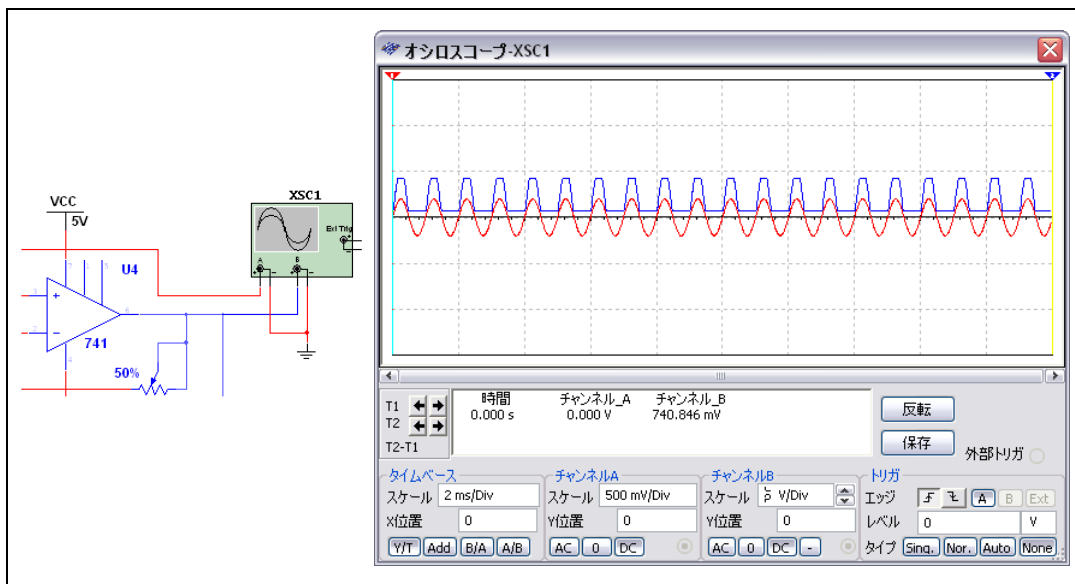
2. **シミュレート→計測器→オシロスコープ**を選択して、ワークスペースにオシロスコープを配置します。手順 4 で示されるように計測器を配線します。



ヒント オシロスコープのトレースを簡単に区別するには、スコープの「B」入力に配線されているワイヤを右クリックし、ポップアップメニューから**セグメントカラー**を選択します。たとえば青など、「A」入力に接続されているワイヤと異なる色を選択します。（シミュレーションは、ワイヤの色を変更、または他の編集機能を実行する場合に実行することはできません）。



3. スコープのアイコンをダブルクリックして計測器の前面を表示します。**シミュレート→実行**を選択します。演算増幅器の出力がスコープに表示されます。
4. タイムベースを 2ms/Div に変更して、チャンネル A のスケールを 500mV/Div に設定します。以下がスコープに表示されます。



回路のシミュレーション実行中に、7セグメントのカウンタの数値が増加し、各カウントサイクルの終わりにLEDが点滅します。

5. シミュレーション実行中にキーボードで「E」キーを押して、カウンタを有効/無効に切り替えます。有効はアクティブ LOW です。
「L」キーを押してカウンタにゼロをロードします。ロードはアクティブ LOW です。
「Shift-A」キーを押して、ポテンショメータの設定を変更した結果を確認します。「A」キーを押して繰り返します。



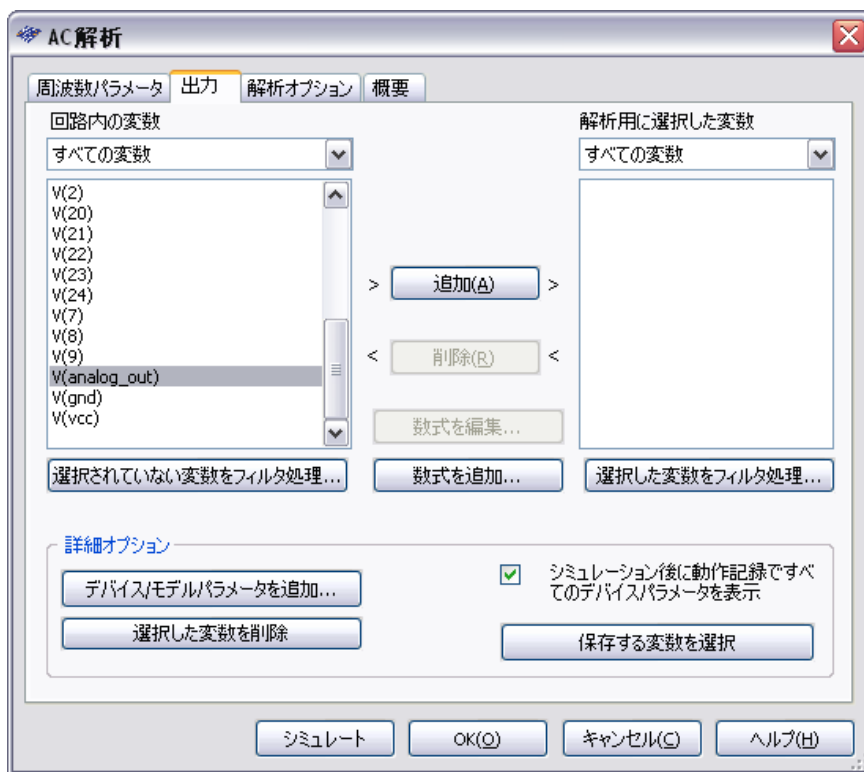
ヒント 上記のキーを押す代わりに、マウスで回路図上の対話式コンポーネントを直接操作することができます。

解析

このセクションでは、**AC 解析**を用いて増幅器の周波数応答を検証します。

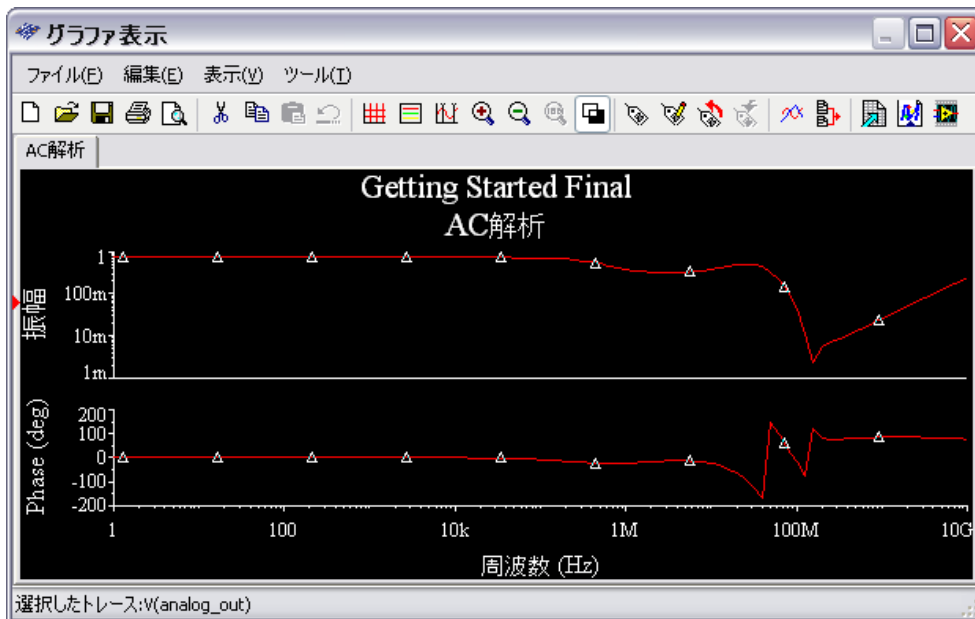
演算増幅器の出力で **AC 解析**を実行するには、以下の手順に従います。

1. 演算増幅器のピン6に接続されているワイヤの上でダブルクリックし、**ネット**ダイアログボックスで回路名を「analog_out」に変更します。
2. **シミュレート**→**解析**→**AC 解析**を選択して、**出力**タブをクリックします。



3. 左の列の V(analog_out) をハイライトし、**追加**をクリックします。V(analog_out) が右の列に移動します。

4. **シミュレート**をクリックします。解析結果が**グラフ**に表示されます。

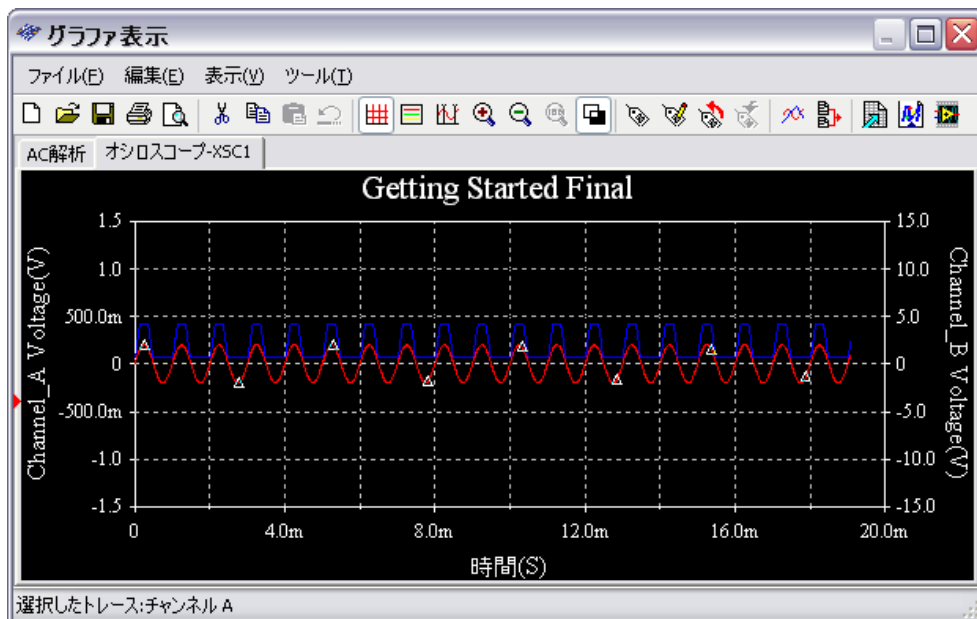


グラフ

グラフは、グラフや表を表示、調整、保存、エクスポートするための多目的表示ツールです。Multisim によるすべての解析結果のグラフや表、またその他の計測器のデータのグラフが表示するために使用します（例：オシロスコープの結果）。

グラフ上のシミュレーションの結果を表示するには、以下の手順に従います。

1. 上記の説明に従って、シミュレーションを実行します。
2. **表示→グラフ**を選択します。



後処理

後処理では、回路で実行された解析の出力を編集し、結果をグラフまたはチャートにプロットすることができます。解析結果で実行できる数学演算の種類は、算術演算、三角関数、指数関数、対数関数、複素演算、ベクトル演算、および論理演算です。

レポート

Multisim は、**材料表** (BOM)、**コンポーネント詳細レポート**、**ネットリストレポート**、**回路図統計**、**スペアゲート**、および**相互参照**などの多くのレポートを生成します。このセクションでは、チュートリアルの回路の例として **BOM** を使用します。

材料表

材料表は、設計で使用されたコンポーネントの一覧を示すことにより、回路基板の製造に必要なコンポーネントの概要を提供します。提供される情報には、以下が含まれます。

- 必要な各コンポーネントの数量
- 詳細: 部品のタイプ (例: 抵抗器) および値 (例: 5.1 k Ω) を含む。

- 各コンポーネントの参照番号。
- 各コンポーネントのパッケージまたはフットプリント。

回路の **BOM** (材料表) を作成するには、以下の手順に従います。

1. **レポート**メニューをクリックして、表示されるメニューから**材料表**を選択します。

以下のようなレポートが表示されます。

	数量	説明	参照番号	パッケージ
1	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE	U1	Generic\7SEG8
2	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A/2221A-16
3	1	CAP_ELECTROLIT, 1uF	C1	IPC-7351\Chip
4	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip
5	1	CAP_ELECTROLIT, 100uF	C3	IPC-7351\Chip
6	1	CONNECTORS, HDR1x4	J3	Generic\HDR1x4
7	2	SWITCH, SPDT	J1, J2	Generic\SPDT
8	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9
9	1	RESISTOR, 1kΩ 5%	R3	IPC-7351\Chip
10	1	POTENTIOMETER, 50k	R2	Generic\LIN_Pc
11	1	RESISTOR, 200Ω 5%	R1	IPC-7351\Chip
12	1	RPACK_VARIABLE_2X7, 180 Ohm	R4	IPC-2221A/2221A-14



材料表を印刷するには、印刷ボタンをクリックします。標準の Windows の印刷画面が表示され、プリンタ、コピー数などを選択できます。



材料表をファイルに保存するには、**保存**ボタンをクリックします。標準的な Windows のファイル保存ダイアログボックスが表示され、パスとファイル名を指定することができます。

材料表は主に調達および製造の支援が目的であるため、実際の部品のみが含まれており、ソースまたは仮想コンポーネントなどの実物ではない、購入不可能な部品は除外されます。フットプリントに割り当てられていないコンポーネントは、**材料表**に表示されていません。



回路の実コンポーネントではないコンポーネントの一覧を表示するには、**仮想**ボタンをクリックします。別のウィンドウにこれらのコンポーネントのみを表示します。

この詳細情報および他のレポートについては、『Multisim User Manual』を参照してください。

Ultiboard チュートリアル

この章のチュートリアルでは、Multisim チュートリアルの章で説明する回路の部品およびトレースを配置する方法を説明します。

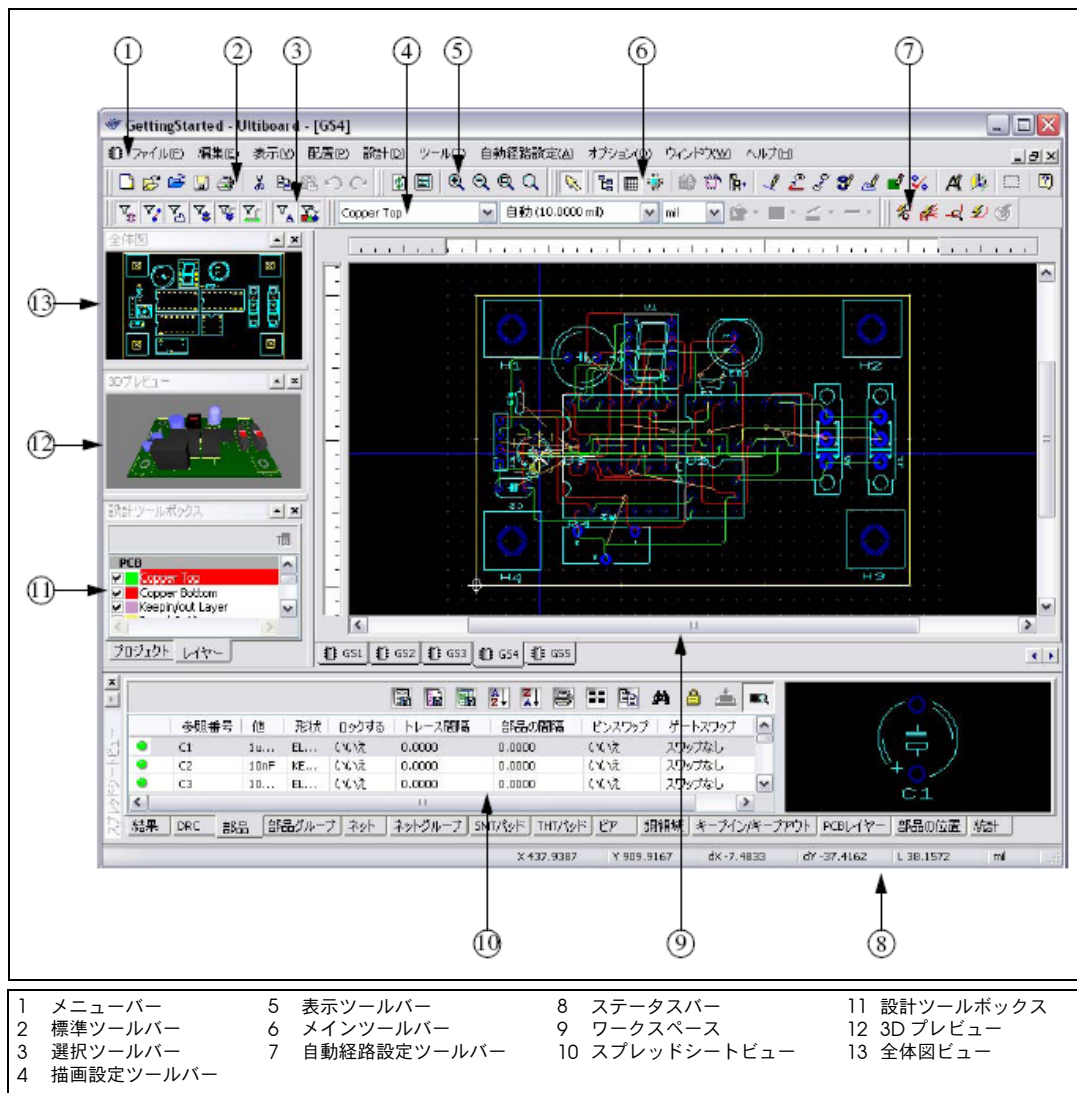


ヒント Multisim から Ultiboard に設計をエクスポートする方法については、『Multisim User Manual』、『Ultiboard User Manual』、またはヘルプファイルを参照してください。

Ultiboard インタフェースの概要

Ultiboard は、ナショナルインスツルメンツ Circuit Design Suite の PCB レイアウトアプリケーションで、EDA (Electronics Design Automation) ツールのパッケージソフトで、回路設計フローにおける主なステップを支援します。Ultiboard は、プリント回路基板のレイアウトおよび経路設定、特定の基本的な機械的 CAD 操作の実行、そして製造の準備に使用します。また、Ultiboard は自動部品配置およびレイアウトを提供します。

Ultiboard のユーザインタフェースは、複数の要素から成り立ちます。



メニューバーにすべての関数のコマンドがあります。

標準ツールバーには、保存、印刷、切り取り、および貼り付けなどのよく実行する操作のボタンが含まれています。

より多くの部品およびトレースをボードに追加すると、使用するボードのみを使用するものだけを選択するのが難しくなります。**選択ツールバー**には、選択の制御に使用するボタンが含まれています。

描画設定 ツールバーでは、描画するラインまたはオブジェクトの厚さおよび測定単位、そしてレイヤーを選択することができます。このツールバーにはまた、ラインの外観、そしてレイヤーに描画する形状を制御する機能のボタンが含まれています。

表示 ツールバーには、画面の表示方法を変更するためのボタンがあります。

メイン ツールバーには、よく使用するボード設計機能のボタンがあります。

自動経路設定 ツールバーには、自動経路設定および部品配置機能があります。

ステータスバー は、役立つ重要情報を表示します。

ワークスペース では、設計を行います。

スプレッドシートビュー では、フットプリント、形状、基準番号、属性、および設計制約など、部品の詳細を含むパラメータの迅速で詳細な表示および編集が可能です。

設計ツールボックス では、設計の要素を表示、非表示、または淡色表示することができます。

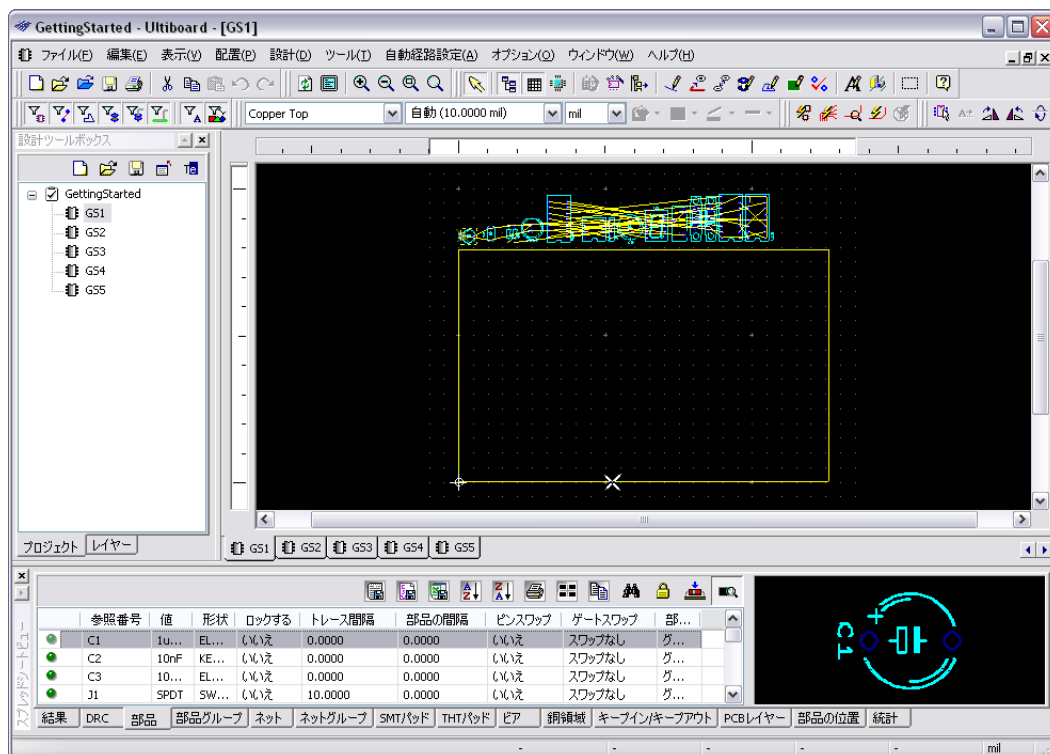
3D プレビュー では、ボードの 3 次元プレビューを表示することができます。

全体図ビュー は設計の全体図を表示し、ワークスペースでの操作を簡単にします。

チュートリアルを開く

チュートリアルファイルを開くには、以下の手順に従います。

1. **スタート→すべてのプログラム→National Instruments→Circuit Design Suite 10.1→Ultiboard 10.1** を選択して、Ultiboard を起動します。
2. **ファイル→開く** を選択します。
3. **ファイル→サンプルを開く** を選択し、Getting Started フォルダをダブルクリックして開きます。
4. Getting Started.ewprj を選択して、**開く** をクリックします。プロジェクトファイルが Ultiboard にロードされます。



5. 設計（例：GS1）を選択するには、そのタブをクリックするか、**設計ツールボックスのプロジェクトタブ**内の名前をクリックします。

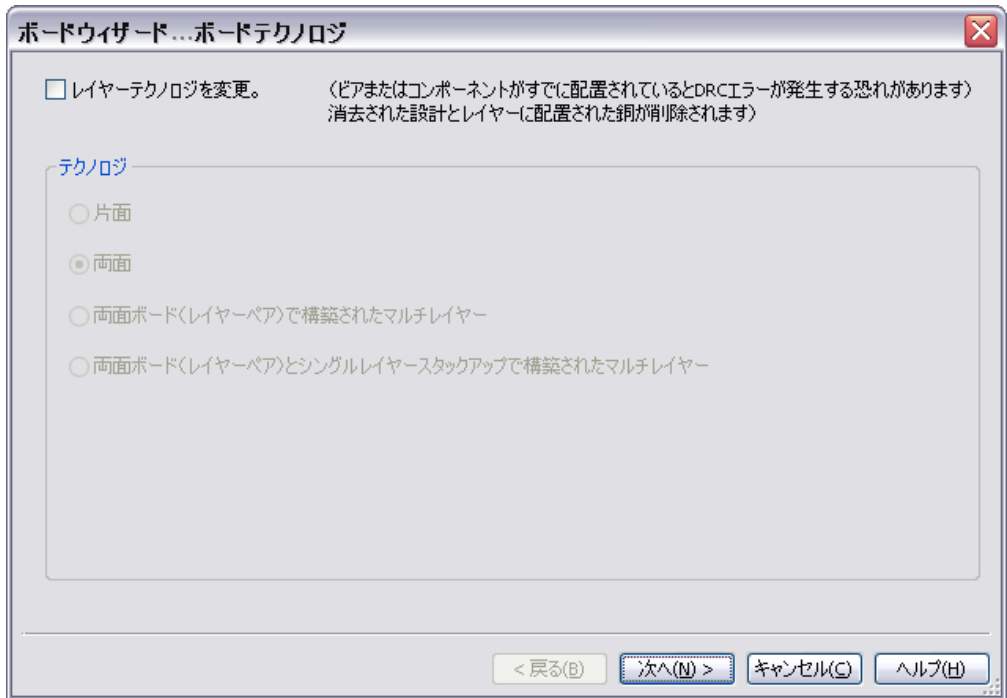
ボードアウトラインを作成する

ボードアウトラインは、以下のいずれかの手順で作成できます。

- 描画ツールを使用してボードアウトラインを描画
- DXF ファイルをインポート
- **ボードウィザード**を使用

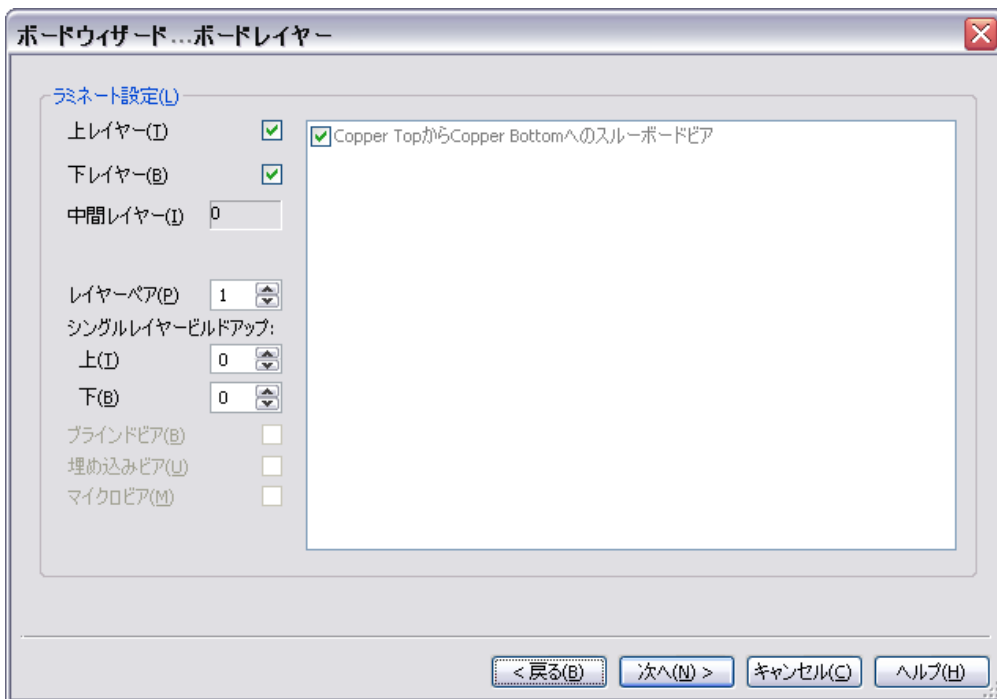
以下の手順に従い、**ボードウィザード**を使用します。

1. **レイヤータブのボードアウトライン**をダブルクリックします。
2. GS1 設計で既存のボードアウトラインをクリックして、「削除」を押します。
3. **ツール→ボードウィザード**を選択します。



4. **レイヤーテクノロジーを変更**オプションを有効にして、他のオプションが利用できるようにします。
5. **両面ボード (レイヤーペア) とシングルレイヤースタックアップで構築されたマルチレイヤー**を選択して、**次へ**をクリックします。

6. 次のダイアログボックスで、ボードの**ラミネート設定**を定義します。
(このチュートリアルでは設定は変更しません)。



7. **次へ**をクリックします。
- ボードの形状**ダイアログボックスでは、以下に注意してください。
- **基準ポイント**が**アライメント**で**左下**に設定されている。
 - **長方形**オプションが選択されている。
 - **幅**を 3000、**高さ**を 2000 に設定されている（この設計で最適な部品のサイズ）。
 - **間隔**が 5.00000 に設定されている。他の要素から離されるボードの端からの距離です。
8. **終了**をクリックします。ボードアウトラインは設計に配置されます。



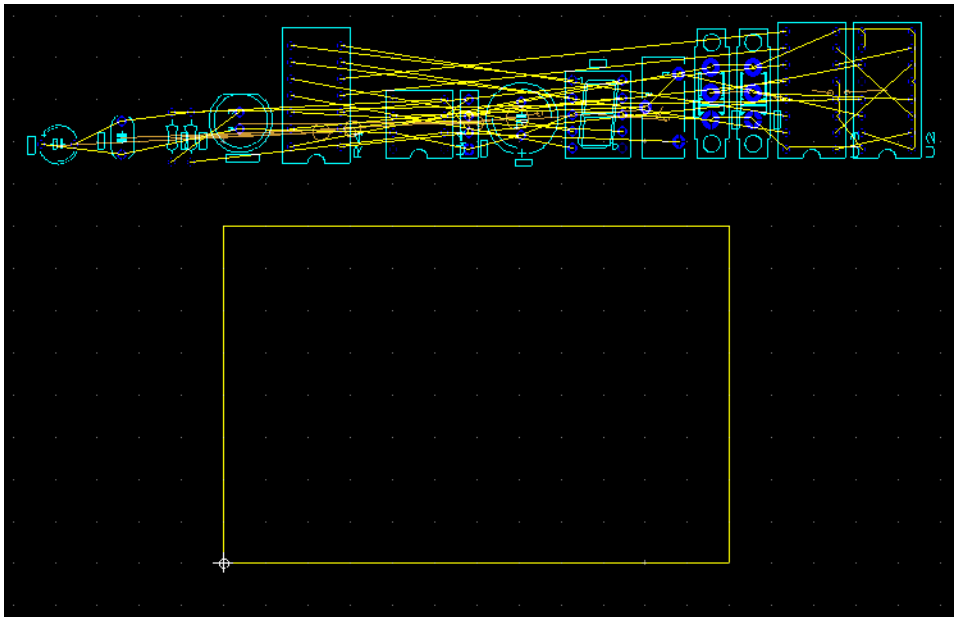
メモ **ボードウィザード**の詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

以下の手順に従い、ボードアウトラインを移動します。

1. **レイヤータブのボードアウトライン**をダブルクリックします。
2. ワークスペースのボードラインをクリックして、ボードを部品の行のすぐ下にドラッグします。

以下の手順に従い、基準ポイントを変更します。

1. **設計→基準ポイントを設定**を選択します。カーソルの動きに合わせて基準ポイントが表示されます。
2. カーソルをボードラインの左下へ移動し、クリックして配置します。



部品を配置する

GS1 設計ファイルにさまざまな方法で部品を配置することができます。

- ボードアウトラインの外側から 1 つまたは複数の部品を選択して所定の位置へドラッグする
- **スプレッドシート表示の部品**タブを使用して部品を検索して配置する
- データベースから部品を選択する



ヒント **配置→部品配置を取り消し**コマンドを使用して、ロックされていないすべての部品を PCB から素早く削除して、異なる配置方法を試すことができます。

ボードアウトラインの外側から部品をドラッグする

デフォルトでは、Multisim または他の回路図キャプチャプログラムからネットリストを開くと、コンポーネントはボードアウトラインの外側に配置されています。始める前に、**設計ツールボックス**で**銅（上）**レイヤーをダブルクリックして、アクティブレイヤーにします。

以下の手順に従い、U1 をボードアウトラインの外側にドラッグします。

1. ボードアウトラインの外側の部品のコレクションの中から U1 を検索します。U1 が見えるまでズームイン（「F8」を押す）とより簡単に検索できます。

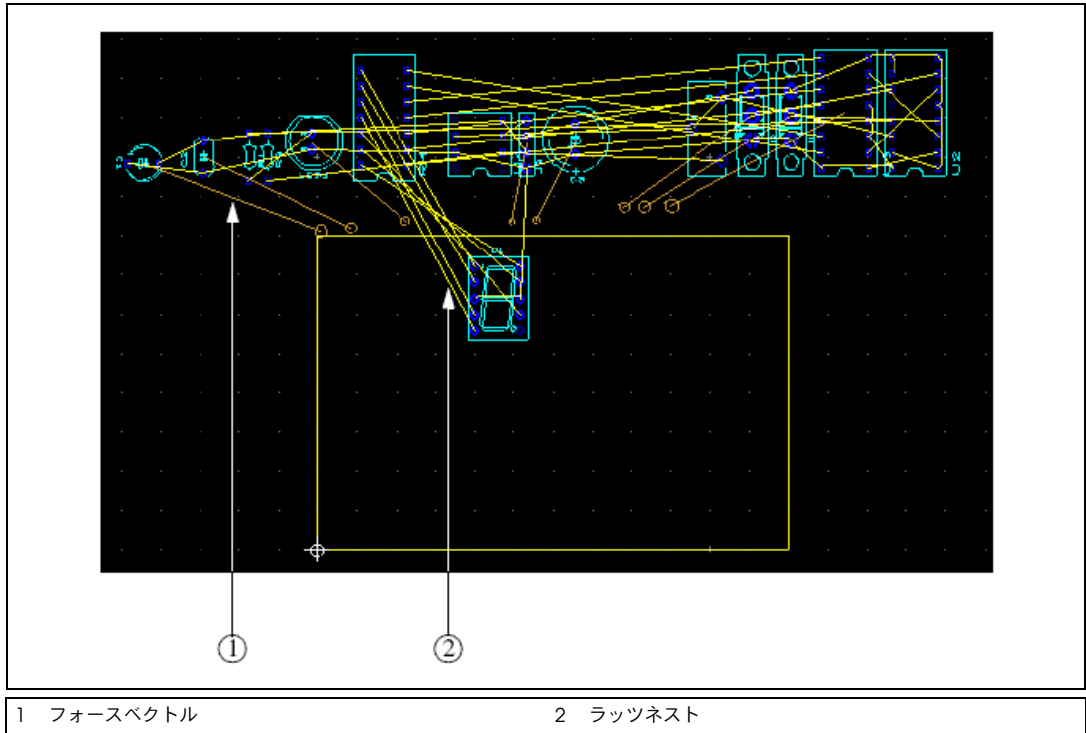


ヒント また、**編集→検索**コマンドで部品を検索することもできます。このコマンドは他のアプリケーションの検索機能のような役割を果たし、名前、番号、形状、値、またはすべての変数から検索することができます。詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

2. U1（7 セグメント表示）をクリックして、下記の図に表示される位置にドラッグします。



メモ 「フォースベクトル」および「ラッツネスト」の詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。



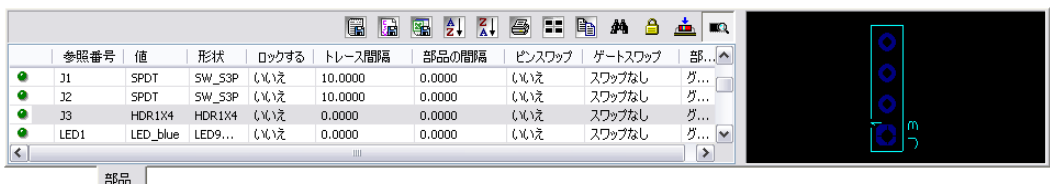
U1 は選択されたままです。これは、アプリケーションにおける Ultiboard の重要な点であり、すべての操作を明示的に終了する必要があります。この場合、他の場所をクリックして部品を選択解除します。また、右クリックすると現在の操作が終了します。

3. **スプレッドシート表示の部品タブ**へ移動し、U1 が表示されるまでスクロールします。部品の隣の緑のライトがやや明るくなっていることに注意してください。これは、部品が配置されたことを示しています。

部品タブから部品をドラッグする

以下の手順に従い、部品を**部品**タブからドラッグします。

1. **部品**タブで J3 が表示されるまでスクロールします。



2. J3 をクリックして、**部品**タブからワークスペースにドラッグします。ポインタの動きに合わせて J3 が表示されます。
3. J3 をボードの左側のエッジの、やや中央にドロップします。上記のように、**部品**タブの J3 の緑色のライトはやや明るくなり、部品が配置されたことを示しています。

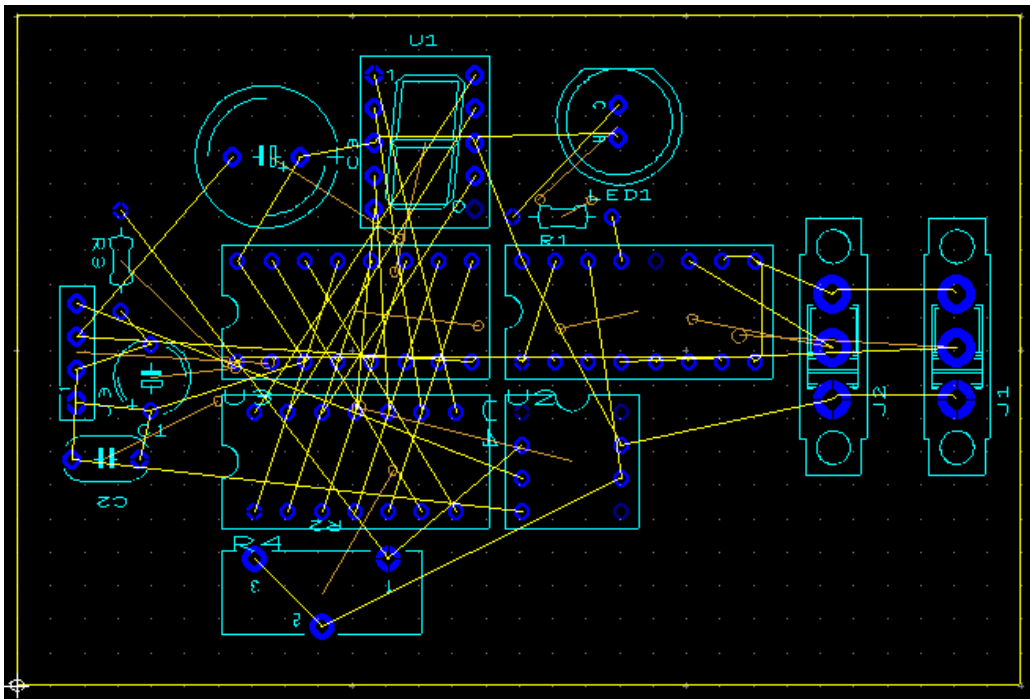


より早く部品を配置するには、**部品**タブで身配置の部品（緑のライトは淡色表示）を選択して、**未配置部品の配置を開始**ボタンをクリックします。Ultiboard は、各部品を選択してマウスのポインタに貼り付けて配置できるようにしてから、リストから次の部品を選択する方法で、**部品**タブの部品のリストを体系的に確認します。

チュートリアルの部品を配置する

任意の方法、また任意の方法の組み合わせで、以下の図のようなレイアウトを作成してください。すでにこのように設計されている、プロジェクトにある次の設計ファイル、GS2 を使用することもできます。

設計は以下のようになります。



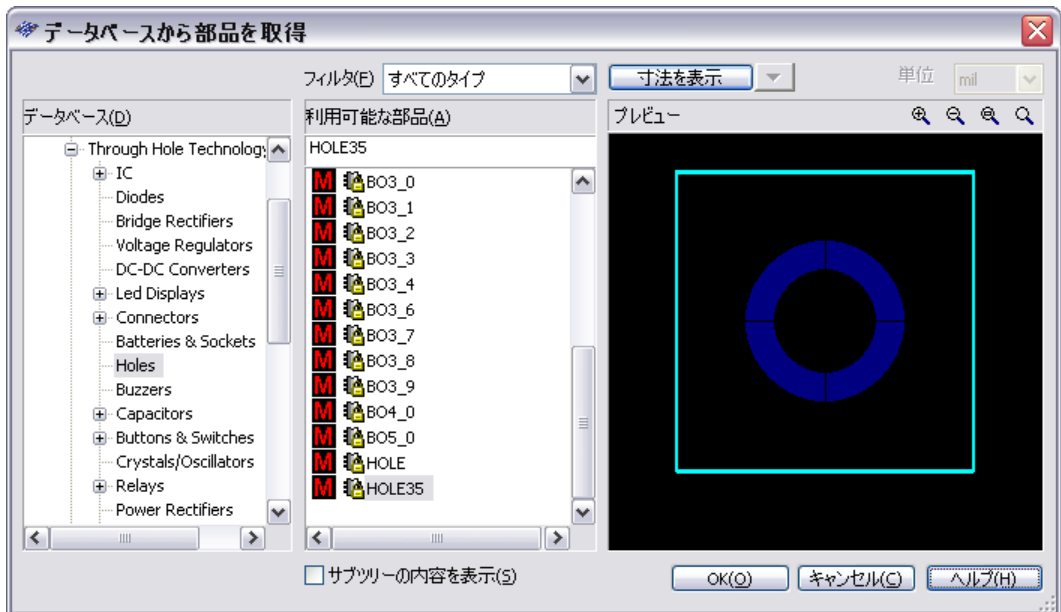
データベースから部品を配置する

設計ファイルにインポートされた部品を配置する以外に、データベースから直接部品を配置することができます。以下では、この方法を使用して取り付け穴を配置します。

以下の手順に従い、データベースから部品を配置します。

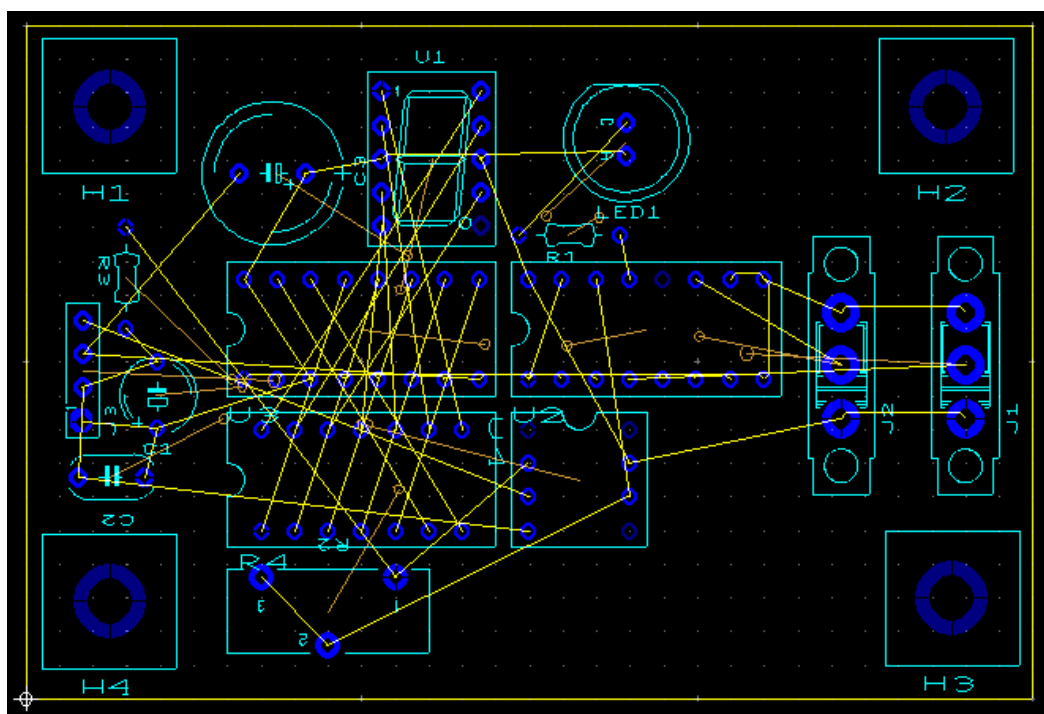


1. **配置→データベースから**を選択します。**データベースから部品を取得**ダイアログボックスが表示されます。
2. **データベース**パネルで、**スルーホールテクノロジー**カテゴリを展開し、**穴**カテゴリを参照します。**利用可能な部品**パネルに部品が表示されます。
3. **利用可能な部品**パネルで、**Hole35**を選択します。**プレビュー**パネルに部品が表示されます。



4. **OK** をクリックします。**データベースから部品を取得**ダイアログボックスが消え、**RefDes** および **Value** を入力するダイアログボックスが表示されます。
5. 穴の参照番号 (H1) および値 (HOLE) を入力して、**OK** をクリックします。
6. ボード上にポインタを移動します。部品はポインタの動きに合わせて表示されます。

7. 左上隅の位置に穴を移動したら、クリックしてボードにドロップします。
8. 参照番号が自動的に H2 に増分された**部品の参照番号を入力**ダイアログボックスが再び表示されます。
9. 値 (HOLE) を入力して **OK** をクリックし、次の取り付け穴を右上隅に配置し、同じ作業を繰り返して H3 を右下隅に配置し、H4 を左下隅に配置します。
10. **キャンセル** をクリックして停止し、**キャンセル** をもう一度クリックして**データベースから部品を取得**ダイアログボックスを閉じます。



部品を移動する

配置する方法と同じ方法で部品を移動することができます。クリックするだけで、ボード上にすでにある部品を選択できます。選択した部品の移動先の X/Y 座標を指定するには、数値キーボードの「*」キーを押します。また、**部品**タブで配置した部品（隣に緑色のライトで示される）を選択し、新しい場所にドラッグします。



ヒント 部品のラベルは、形状とは別の要素です。ボードで部品を選択する場合は、ラベルだけでなく部品全体を選択し、**選択フィルタ**の使用を試みてください。詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。



ヒント 部品を選択するには、キーボードの矢印キーを押して、ボード上で移動することもできます。

また、部品のグループを選択して、同時に移動することもできます。これを行うには、以下のうちの 1 つを実行してください。

- 「Shift」キーを押したまま、複数の部品をクリックする
- いくつかの部品の周りにボックスをドラッグする

選択されたすべての部品は、カーソルをドラッグすると移動します。



ヒント これらは一時的なグループで、他の部品を選択するとグループ接続は解除されます。グループが削除するまで残るようにするには、**グループエディタ**を使用します。詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

部品を移動するもう 1 つの方法は、**編集→整列**コマンドを使用して、選択した部品の端を揃えるか、部品間のスペースを相対的にします。

編集→整列コマンドを使用して、配置した取り付け穴を揃えます。

1. H1 を選択して、「Shift」キーを押したまま H2 を選択します。
2. **編集→整列→上端揃え**を選択します。H2 が H1 に沿って配置されていなかった場合は、移動します。
3. ボード上の空白をクリックして、H2 と H3 を選択します。
4. **編集→整列→右端揃え**を選択します。
5. H3 と H4、H1 と H4 の下端、H1 と H4 の左端が揃うまでこの作業を続けます。

トレースを配置する

トレースの配置には以下のオプションがあります。

- 手動トレース
- 誘導型トレース
- 接続マシントレース

手動トレースは、設定したパス通りに、コンポーネントまたはトレースを介する場合も指定した通りに配置されます。誘導型トレースは、マウス操作で選択したピン間に有効なトレースを自動的に描画します。ピンからピンに移動して、有効なトレースを残すこともできます。接続マシントレースは、最も効率の良い経路で2つのピンを自動的に接合します。オプションで経路を変更することもできます。

トレースを配置すると、クリックして最適な位置に配置する前に、バックアップすることによってセグメントを削除することができます。手動トレースを配置中にクリック、もしくは誘導型トレースまたは接続マシントレースで方向を変更するたびに、トレースの個別のセグメントが作成されます。トレースで操作をする場合、最適なセグメントを選択するか、希望する場合はトレース全体を選択します。

手動トレースを配置する

今まで作業してきた設計を継続して使用するか、GS3を使用します。開始する前に**銅（上）**レイヤー上にあることを確認してください。**銅（上）**が**設計ツールボックスのレイヤータブ**で赤でハイライトされます。



ヒント 必要な場合は、「F7」を押して設計全体を表示します。

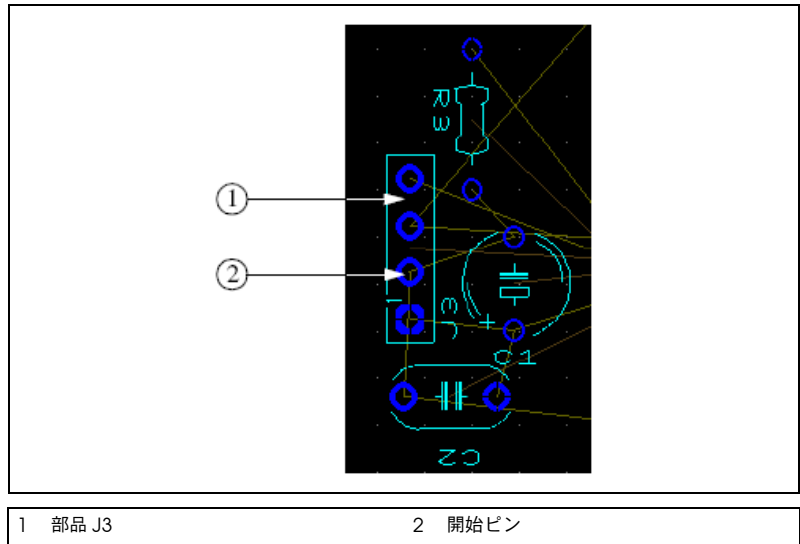
以下の手順に従い、トレースを手動で配置します。

1. **配置→ライン**を選択します。



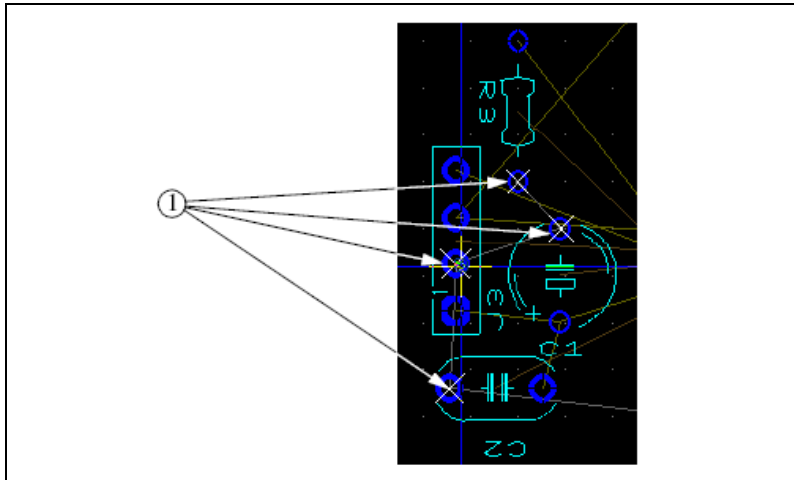
ヒント **ライン**コマンドは任意のレイヤー上にラインを作成するために使用します。結果は、選択するレイヤーによって異なります。たとえば、選択したレイヤーがシルクスクリーンの場合、PCBのシルクスクリーンレイヤー上にラインを作成します。選択したレイヤーが銅の場合、「ライン」が実際のトレースになります。

2. ボードの左側にある J3 を検索します。下記に示される開始ピンを検索します。



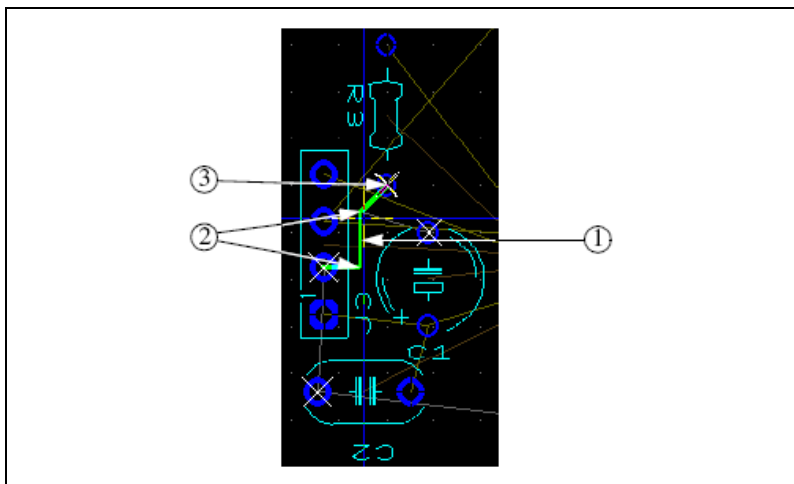
ヒント 部品を検索できない場合は、**部品**タブの**検索**機能を使用します。**部品**タブで部品を選択して、**部品を検索して選択**ボタンをクリックします。部品は、ワークスペースに表示されます。必要な場合は、「F8」を使用してさらにズームインします。

3. 上記のステップで指定されたピンをクリックします。Ultiboard は、X をクリックしたピンと同じネットの一部であるすべてのピンをハイライトします。(ハイライトに使用される色は、**環境設定**ダイアログボックスの**カラー**タブで変更できます)。この方法で、回路図の接続に一致する方法でピンを接続する場所を理解します。



1 同じネットのピン

4. カーソルを動かします。緑のライン（トレース）は選択されたピンに固定されます。クリックするたびに、以下の図（2）のようにトレースセグメントが固定されます。
5. 配線先のピンをクリックします。



1 トレース
2 クリックしてトレースを固定
3 配線先のピン

6. 右クリックして、トレースの配置を終了します。

誘導型トレースを配置する

以下の手順に従い、誘導型トレースを配置します。



1. **配置→誘導型**を選択します。
2. J3 の上ピンをクリックします。
3. U4 の右列にある 2 番目のピンをクリックします。
4. Ultiboard が自動的に接続を描画します。



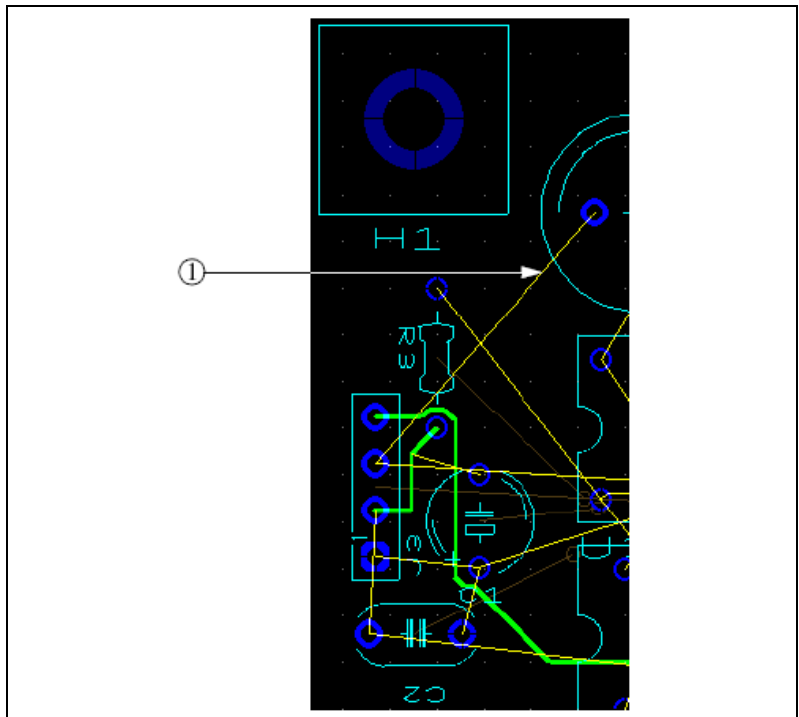
ヒント ピンをクリックする必要はありません。ラッツネストラインをクリックして開始することもできます。

接続マシントレースを配置する

以下の手順に従い、**接続マシン**トレースを配置します。



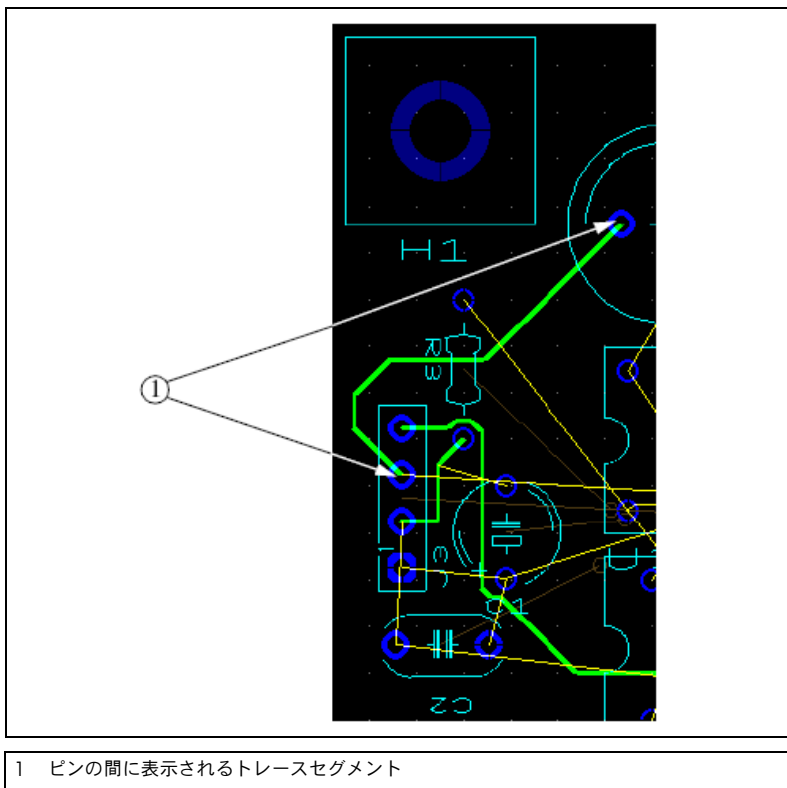
1. **配置→接続マシン**を選択します。
2. 下記に示されるラッツネストのセグメントをクリックします。



1 ラッツネストをクリック

3. カーソルを動かします。Ultiboard は、障害物の周りに経路設計されるさまざまなトレース配置オプションを推奨します。

4. 設定したい経路がある場合、クリックしてトレースを修正します。
ラッツネストまたは配線先のピンをクリックする必要はありません。



5. 右クリックしてトレース配置を終了します。

自動部品配置

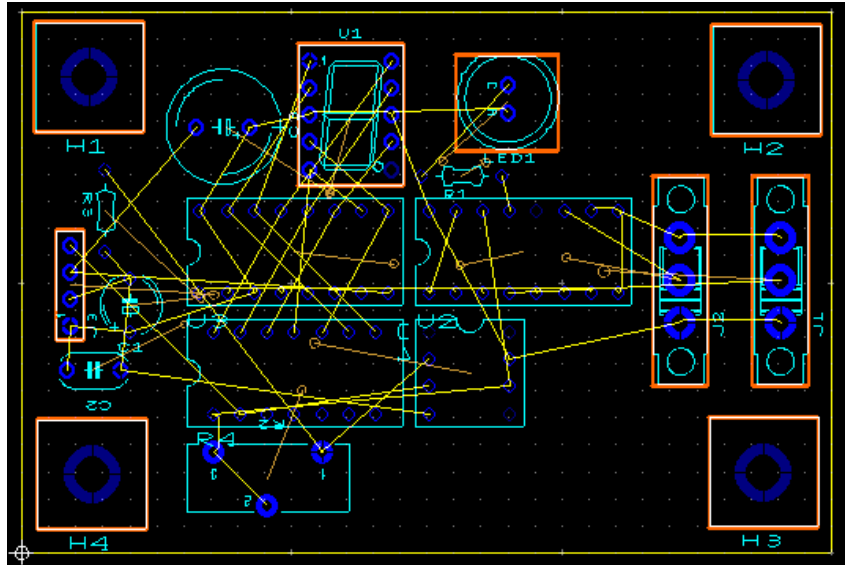
この章で説明された部品の配置以外に、Ultiboard の上級自動部品配置機能を使用することができます。



ヒント 部品を自動配置する前に、自動配置プロセス中に移動しない部品すべてをあらかじめ配置してロックします。(GS5 の取り付け穴および U1、J1、J2、J3、LED1 はあらかじめ配置されロックされています)。部品をロックする方法の詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

Getting Started.ewprj で部品を自動配置するには、以下の手順に従います。

1. Ultiboard で GS5 設計を開きます。
2. **自動経路設定→自動配置を開始**を選択します。部品が回路基板に配置されます。



トレースを自動経路設定する

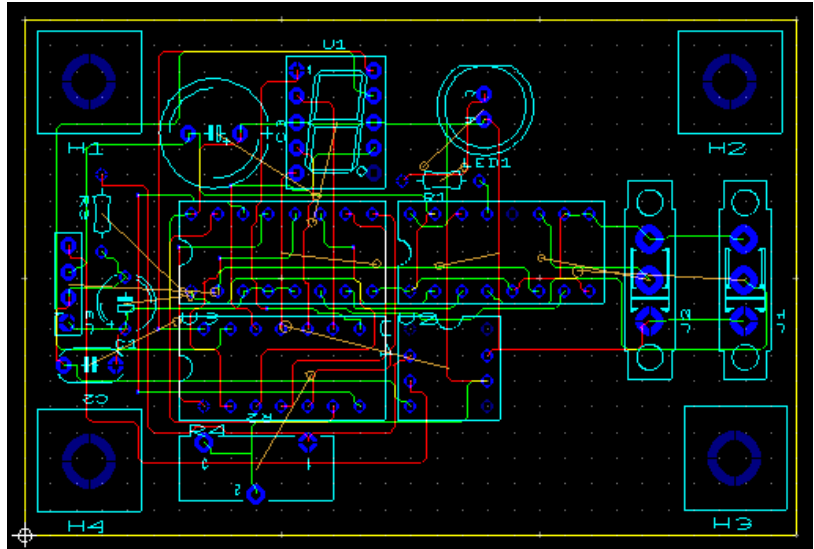
この章ですでに説明した方法、または以下で説明する自動的に経路決定する方法で、Ultiboard にトレースを配置することができます。

Getting Started.ewprj でトレースを自動設定するには、以下の手順に従います。

1. Ultiboard で GS3 設計を開きます。
2. **自動経路設定→自動ルータを開始 / 再開**を選択します。ワークスペースは**自動経路設定モード**になり、トレースの自動経路設定が開始されます。

自動経路設定が開始されると、トレースがボードに配置されます。自動経路設定が完了すると、**自動経路設定モード**が閉じ、ワークスペースに戻ります。

3. オプションで、**自動経路設定→最適化を開始**を選択して、トレースの配置を最適化することができます。



自動ルータは、いつでも終了することができ、手動で変更できます。自動ルータを再開すると、変更を反映して継続します。手動で配置したトレース、および自動ルータによって移動しないトレースをロックしてください。



ヒント 経路設定オプションダイアログボックスを使用して、自動配置および自動経路設定オプションを修正します。詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

製造 / アセンブリの準備をする

Ultiboard は、多くの異なる出力フォーマットが生成可能で、生産および製造のニーズに対応します。このセクションでは、生産およびドキュメント化のために、ボード出力で実行する機能について説明します。

ボードをクリーンアップする

ボードを製造する前に、開いているトレース終端（設計上、終端接続を持たないトレースセグメント）、ボードに残っている未使用のビアを削除する必要があります。

開いているトレース終端を削除するには、GS4 設計が開いていることを確認して、**編集→銅を削除→開いたトレース終端**を選択します。この方法では、設計中のすべての開いているトレースが削除されます。

未使用のビアを削除するには、設計が開いていることを確認し、**設計→未使用ビアをクリーン**を選択して、トレースセグメントまたは接続されている銅領域を持たないすべてのビアを削除します。

コメントを追加する

コメントは、設計の変更順位を表示することができ、チームメンバー間の共同作業を容易にしたり、背景情報を設計に追加することができます。

コメントをワークスペースや部品に固定することができます。コメントの付いた部品が移動されると、コメントも一緒に移動します。

詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

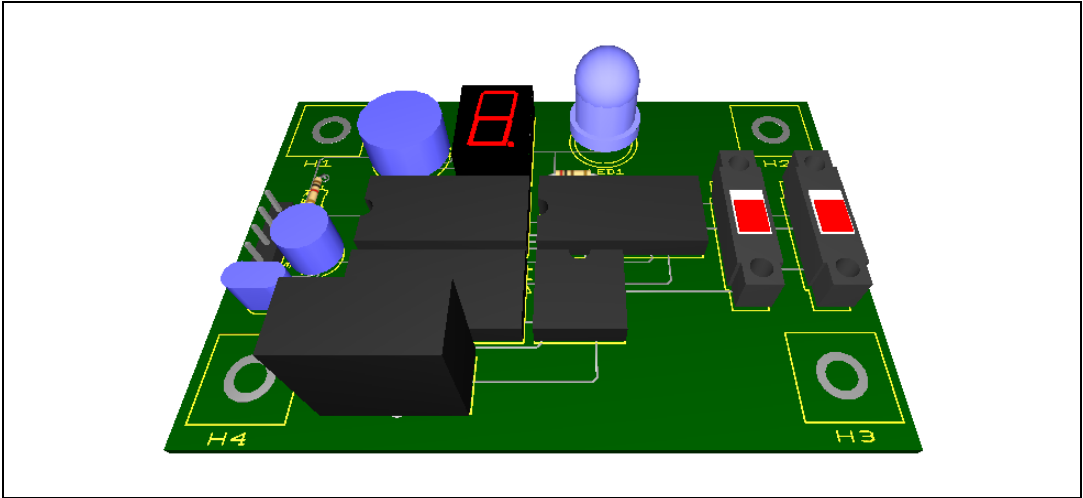
ファイルをエクスポートする

ファイルのエクスポートは、Ultiboard からボードの製造元が理解できるフォーマットで出力を生成することを示します。エクスポートされたファイルには、完成ボードの製造方法の詳細情報が含まれています。エクスポートできるファイルには、Gerber RS-274X および RS-274D ファイルが含まれます。

詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

設計を 3D で表示する

Ultiboard では、設計中にいつでも 3 次元でボードを表示できます。詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。



ヒント **内部ビュー**を使用して、マルチレイヤー PCB のレイヤー間を表示することができます。詳細については、『Ultiboard User Manual』を参照してください。

Multisim MCU チュートリアル

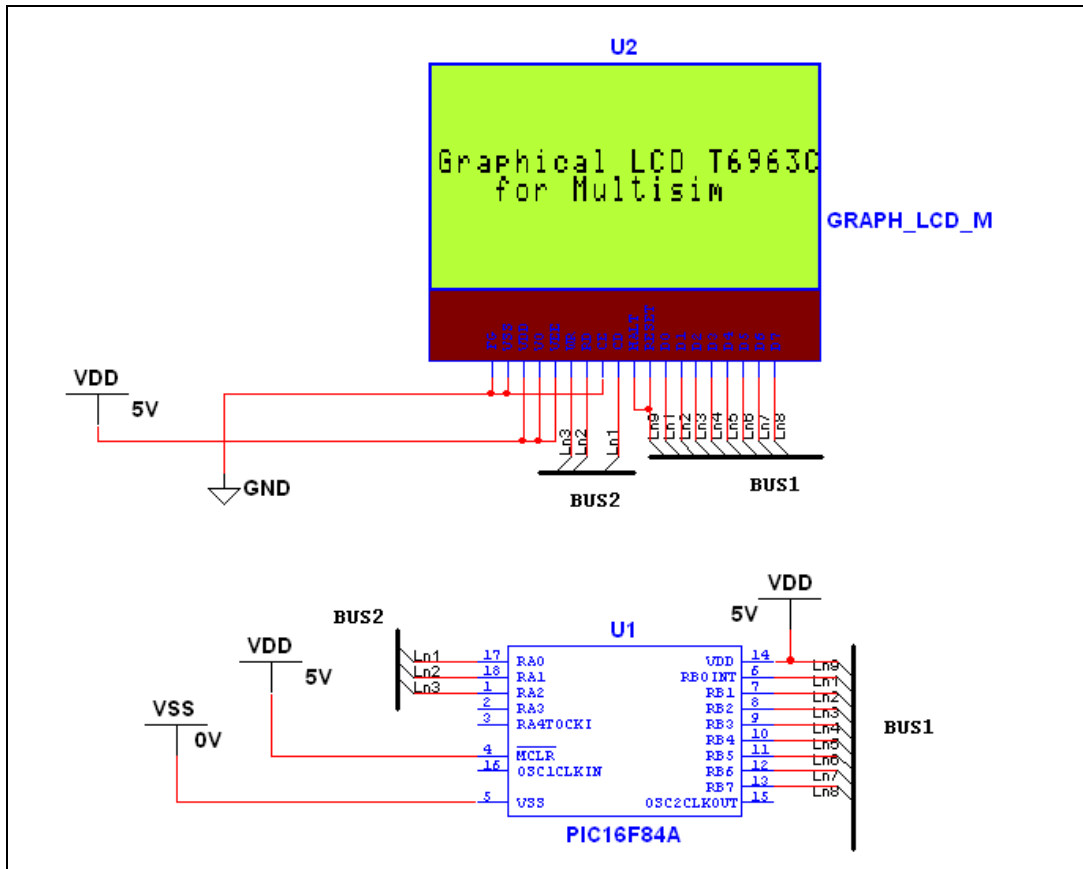
この章のチュートリアルでは、マイクロコントローラが含まれる回路シミュレーションおよびデバッグのプロセスを説明します。

概要

このチュートリアルで使用するファイルは、NI Circuit Design Suite ソフトウェアと一緒に ...¥samples¥Getting Started にインストールされます。

このチュートリアルでは、Getting Started MCU.ms10 を使用し、LCDWorkspace のフォルダへのアクセスが必要です。

液晶グラフィックディスプレイ（LCD）回路の例は、Toshiba T6963C コントローラおよび外部表示 RAM の組み合わせに基づく、Multisim におけるグラフィック LCD を制御するための PIC マイクロコントローラの使用について説明します。LCD を制御する際、マイクロコントローラは LCD のデータおよび制御ラインを介して LCD に信号を送信します。マイクロコントローラ用に書かれたソフトウェアプログラムが、LCD にコマンドおよびデータを送信するためのピン上のラインの設定が、HIGH または LOW に設定される論理を決定します。



チュートリアルについて

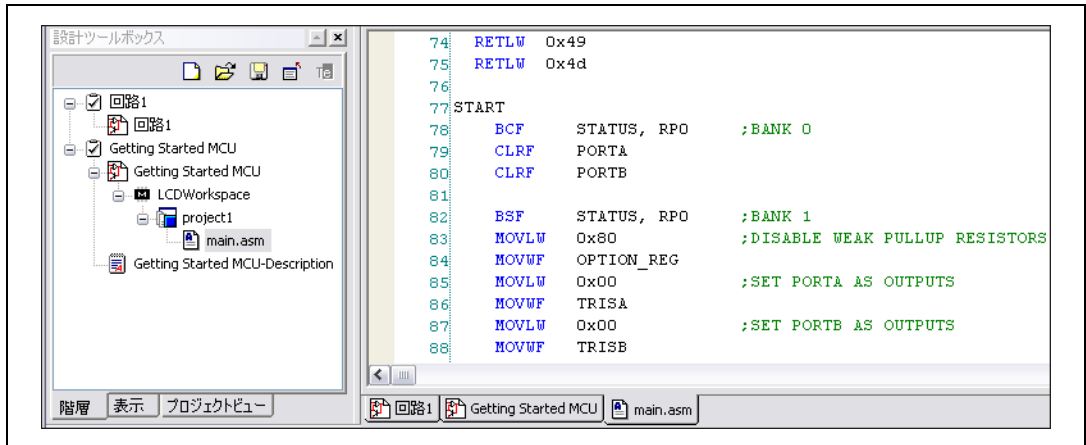
LCD U2 のデータラインは、マイクロコントローラ U1 のピン RB0 ~ RB7 に接続されています。LCD の制御ラインは、マイクロコントローラの RA0 ~ RA2 に接続されます。MCU U1 は、これらのワイヤを通じて LCD U2 と通信します。データが並行して U2 に送信され、制御ラインの信号が送信されるデータのタイミングとタイプを決定します（例：アドレスまたはデータ）。

LCD は、テキストモード、グラフィックモード、およびテキスト / グラフィックの混合モードの、3 モードで操作することができます。この例は、テキスト / グラフィック混合モードでの LCD の制御です。MCU が実行するソフトウェアは、LCDWorkspace という名前で**設計ツールボックス**を表示する MCU ワークスペースに含まれています。ワークスペースに

は、シングルソースコードファイル main.asm から構成される 1 つのプロジェクト project1 が含まれています。

以下の手順に従って、ファイルを表示します。

1. **設計ツールボックス**で main.asm をダブルクリックします。アセンブリプログラムを表示する回路図キャプチャワークスペースに main.asm という名前のタブが表示されます。



ライン番号を表示するには、**MCU →ライン番号を表示**を選択します。

以下の手順に従って、この回路を実行します。



1. **シミュレート→実行**を選択します。あらかじめプログラムをプログラムを作成していない場合は、ダイアログボックスに構成が古いことが示され、作成するかどうかの確認メッセージが表示されます。**はい**をクリックします。構築の結果が**スプレッドシート表示の結果**タブに表示されます。エラーまたは警告がない場合は、プログラムは正常に作成されます。（サンプルプログラムにはエラーは含まれていません。）

プログラムはテキストモードで「Graphical LCD T6963C for Multisim」の文字を表示し、LCD がグラフィックモードに切り替わり、反転した「V」がドット単位でテキスト上に描画されます。

ラインが描画されると、テキストは右、そして左にスクロールされます。これは、LCD のテキストバッファの開始アドレスを移動することによって実行できます。また、LCD にはバッファが 2 つあり、1 つはグラフィックの格納、もう 1 つはテキストの格納用であることも示しています。テキスト点滅および文字消去などの LCD のその他の機能も示されています。

LCD プログラムは、これらの各作用を継続して繰り返します。



シミュレーションを停止するには、**シミュレート→停止**を選択します。

アセンブリプログラムを理解する

定数およびデータ

プログラムをより簡単に理解するために、LCD コマンドおよびアドレスを格納する一時バッファを表示し、MCU 内のデータはプログラムの開始時に定数であらかじめ定義されています。

DATA_BUFFER	EQU	0x20	
DATA_BUFFER2	EQU	0x21	
CMD_BUFFER	EQU	0x22	
REF_BUFFER	EQU	0x24	
ADDR_INDEX	EQU	0x25	;STARTING ADDRESS IN EEPROM
ADDR_L	EQU	0x26	;STARTING ADDRESS L
ADDR_H	EQU	0x27	;STARTING ADDRESS H
COUNTER_INDEX	EQU	0x29	;COUNTER
BIT_INDEX	EQU	0x2A	;BIT INDEX
CMD_SET_CURSOR EQU	21H		;SET CURSOR
CMD_TXHOME	EQU	40H	;SET TXT HM ADD
CMD_TXAREA	EQU	41H	;SET TXT AREA
CMD_GRHOME	EQU	42H	;SET GR HM ADD
CMD_GRAREA	EQU	43H	;SET GR AREA
CMD_OFFSET	EQU	22H	;SET OFFSET ADD
CMD_ADPSSET	EQU	24H	;SET ADD PTR
CMD_SETDATA_INC	EQU	0C0H	;WRITE DATA AND INCREASE ADP
CMD_AWRON	EQU	0B0H	;SET AUTO WRITE MODE
CMD_AWROFF	EQU	0B2H	;RESET AUTO WRITE MODE

LCD に表示されるテキストは一部のマイクロコントローラのデータ表に格納されますが、プログラムメモリスペースでデータ値を直接処理することを可能にする PIC アセンブリ命令はありません。代わりに、初期値を W レジスタにロードして、指標に基づいた文字列に値を返すルーチンを書き込むことができます。RETLW 命令は定数値を W レジスタにロードし、1 回の命令で RETURN を実行します。

TXPRT ルーチンは、LCD に表示するテキストデータを取得します。LCD の文字モードは、T6963C コントローラのリファレンスマニュアルに定義されています（例：0x27 は“G”、0x52 は“r”のコードなど）。

```

; DATA
DATA_NUM EQU 23H
TXPRT ; Text data "Grapiical LCD T6963C for Multisim"

ADDWF PCL, 1
RETLW 0x27
RETLW 0x52
RETLW 0x41
RETLW 0x50
RETLW 0x48
RETLW 0x49
RETLW 0x43
RETLW 0x41
RETLW 0x4c
RETLW 0x00
RETLW 0x2C
...

```

初期化

初期コードは、以下の引用に示される通り、START ラベルから開始します。マイクロコントローラのピンは出力ピンとして設定され、値はリセットされます。LCD コンポーネントは、マイクロコントローラによって初期化され、グラフィック / テキストモードに設定されます。LCD コンポーネントの内部のグラフィックとテキストバッファのホームアドレスは、LCD がディスプレイ上でバッファデータの表示を開始する場所を指定する 0x0000 および 0x2941 にそれぞれ設定されます。最後に、制御信号が LCD 上の適切な読み取り / 書き込む操作用に設定されます。

```

START
    BCF STATUS, RPO ;BANK 0
    CLRF PORTA
    CLRF PORTB

    BSF STATUS, RPO ;BANK 1
    MOVLW 0x80 ;DISABLE WEAK PULLUP RESISTORS
    MOVWF OPTION_REG
    MOVLW 0x00 ;SET PORTA AS OUTPUTS
    MOVWF TRISA
    MOVLW 0x00 ;SET PORTB AS OUTPUTS
    MOVWF TRISB

    BCF STATUS, RPO ;BANK 0
    MOVLW 0x0F ; 1111 no commands ready
    MOVWF PORTA

;1 SET DISPLAY MODE to GRAPH + TEXT mode, cursor off
    MOVLW 0x9C
    MOVWF CMD_BUFFER
    CALL CMD_
...

```

テキストおよびグラフィックを描画する

残りのプログラムは、LCD に MCU ピン RA0 ～ RA2 の制御ラインを介してコマンド、そしてデータラインを介してデータを送信します。

```
;5 write string
    MOVLW    0x7D
    MOVWF    DATA_BUFFER
    MOVLW    0x29
    MOVWF    DATA_BUFFER2    ; external CG start at: 1400h
    CALL     DT2
    MOVLW    CMD_ADPSSET
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

    MOVLW    CMD_AWRON
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

    MOVLW    0x00                ; Initial the counter
    MOVWF    ADDR_INDEX

LOOP_READ_DATA2
    MOVF     ADDR_INDEX,0        ; STARTING data ADDRESS
    CALL     TXPRT

    MOVWF    DATA_BUFFER        ; LOAD CHAR data TO W
    CALL     ADT

    INCF     ADDR_INDEX,1

    MOVF     ADDR_INDEX, 0
    SUBLW    DATA_NUM            ; 35 chars
    BTFSS    STATUS, 2
    GOTO     LOOP_READ_DATA2

    MOVLW    CMD_AWROFF
    MOVWF    CMD_BUFFER
    CALL     CMD

...
```

たとえば、プログラム内のメインループからの上記の引用は、LCD にテキストモードで表示される TXPRT サブルーチンで定義された文字を送信します。

以下は LCD を自動書き込みモードに設定します。

```
MOVLW    CMD_AWRON
MOVWF    CMD_BUFFER
CALL     CMD
```

この時点でプログラムはカウントを開始し、ループ LOOP_READ_DATA2 を 35 回実行します。このループは、TXPRT を呼び出し、テキストデータを取得して W レジスタをロードします。そして、LCD のデータラインに送信される値をポート B の W レジスタに値を書き込む SEND_DATA を呼び出すサブルーチン ADT を呼び出します。データが送信されると、マイクロコントローラのポート A 上の適切な値が LCD の制御ピンに送信され、データの読み取り準備ができたことを知らせます。サブルーチンはすべて命令の終了時の呼び出し直後に返され、35 文字がすべて転送されるまで同じ動作が繰り返されます。引用の最後の 3 つの命令が、ループを出た後に LCD の自動書き込みモードを OFF にします。

```
MOVL          WCMD_AWROFF
MOVWF         CMD_BUFFER
CALL         CMD
```

以下の命令は、グラフィックモードで水平および直線ラインを描画します。

```
;6 draw wave once
MOVF          ADDR_L, 0
BTFSC        STATUS, Z
CALL         DRAW_WAVE
```

MCU デバッグ機能を使用する

このセクションでは、段階的に Multisim MCU モジュールのデバッグ機能について説明します。以下の説明どおりに作業を行わない場合、これらの説明が該当しなくなります。ブレイクポイントとシングルステップ機能を理解したら、上級 MCU デバッグを取得します。

デバッグ表示の概要

C またはアセンブリのいずれかでマイクロコントローラのプログラムを書くには、ソースコードビューで編集可能なソースコードファイル (.asm、.inc、.c、.h) を MCU ワークスペースの一部として作成します。

ソースコードビューにアクセスするには、以下の手順に従います。

1. **設計ツールボックス**の MCU ワークスペース階層に表示されるファイル項目（例: main.asm）をダブルクリックします。

シミュレーション中に表示される追加デバッグ情報は、MCU 内で起こっている状況を理解する上で役立ちます。たとえば、MCU が実行する各命令の実際操作コードも表示するアセンブリ命令レベル、そしてハイレベルソースで発生するイベントを切り替えることができます。

ソースコードビューは、この追加情報すべてを表示することができません。代わりに、回路設計の MCU コンポーネントはデバッグ情報を表示するための**デバッグ表示**を各自持っています。

デバッグ表示にアクセスするには、以下の手順に従います。

1. **MCU → MCU PIC 16F84A U1 →構築**を選択します。

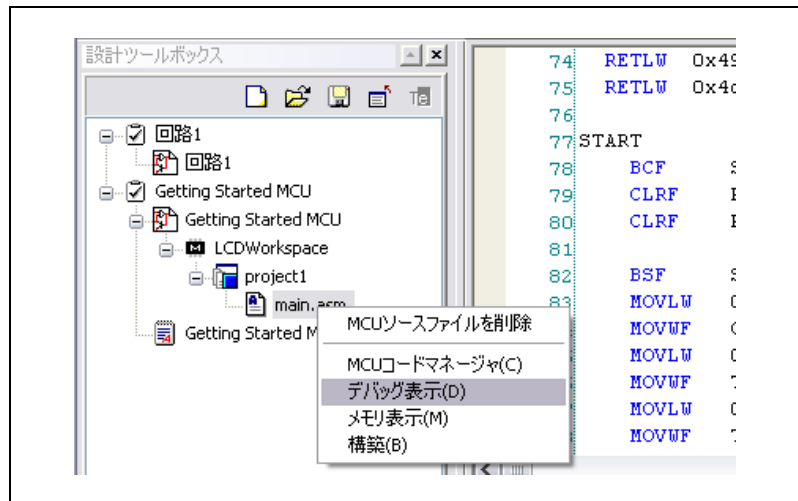


メモ **デバッグ表示**はコードの構築が完了すると利用でき、上記の手順は一回のみ実行します。

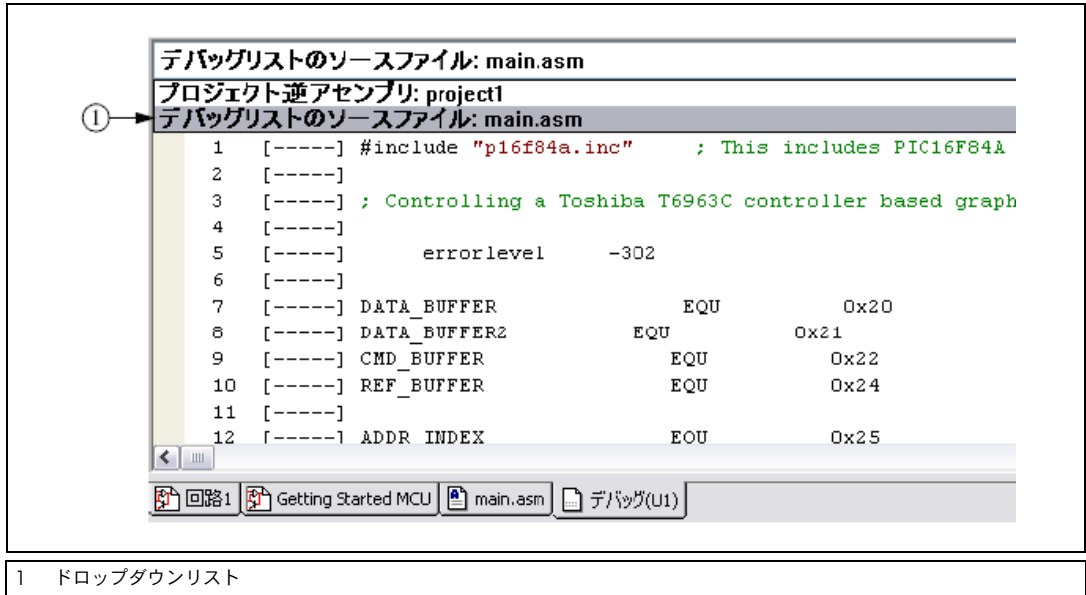
2. **MCU → MCU PIC 16F84A U1 →デバッグ表示**を選択します。

または

設計ツールボックスの MCU ワークスペースにある項目上の右クリックコンテキストメニューを使用します。



デバッグ (<MCU の参照番号>)、この場合**デバッグ (U1)**という回路図キャプチャワークスペースで別のタブが開きます。



デバッグ表示の上部にあるドロップダウンリストを使用して、Multisim が内部生成する逆アセンブリ命令、もしくはアセンブラまたはコンパイラ が生成するリスティングファイルを選択します。リスティングファイルの フォーマットはコード構築に使用したツールによって異なります。

LCD の例では、コードはアセンブリに書き込まれ、Microchip アセンブ リツールによって構築されます。Microchip アセンブラは、各アセンブ リ命令のすべての操作コードを含むリスティングファイル（.lst）を生 成します。デバッグリスティングビューは、このリスティングファイルか らの情報を表示します。Multisim は、内部逆アセンブラを使用して逆アセ ンブリフォーマットを生成し、操作コード命令をアセンブリ命令に逆アセ ンブルします。

デバッグリスティングに必要な情報がすべて含まれているため、この フォーマットはこの例では必要ありません。MCU プロジェクトにマシ ンコード（.hex）ファイルのみがロードされる場合、逆アセンブリ表示に は逆アセンブリ操作コード命令が表示され、MCU で何が起きているか を見ることができます。このような種類の MCU プロジェクトのリスティ ングファイルがないため、逆アセンブリ表示が役に立ちます。

ブレークポイントを追加する

シミュレーションが停止した場合、そしてシミュレーション中に、ソースコードビューにブレークポイントを追加することができます。2通りの方法でマイクロコントローラプロジェクトにブレークポイントを追加することができます。

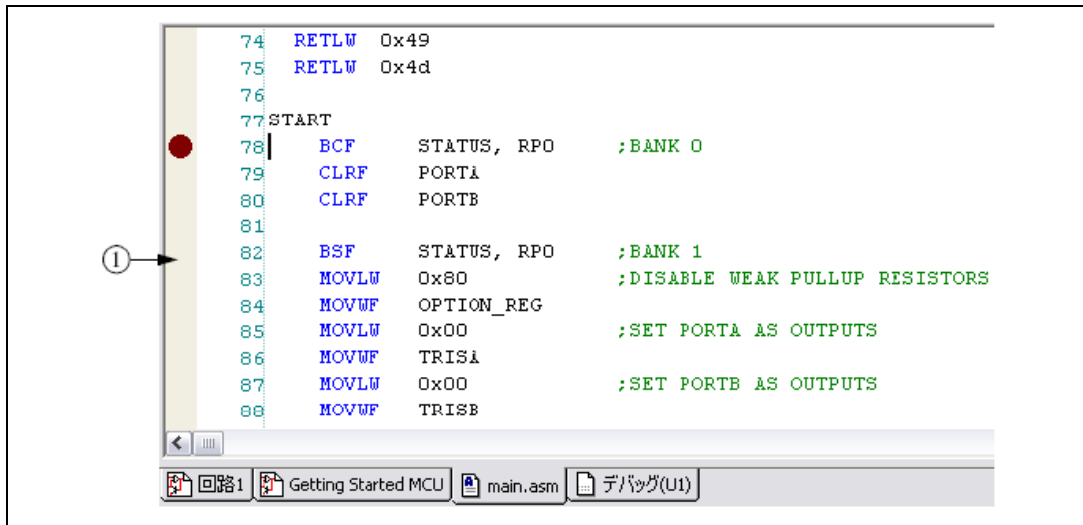
1つ目は、ソースコードビューで追加する方法です。この例では、回路図キャプチャワークスペースの `main.asm` タブのみが利用可能なソースコードビューです。



メモ

MCU 設計に複数のファイルが含まれている場合は、各ソースコードファイルに対してソースコードビューがあります。

また、**デバッグ表示**ウィンドウでブレークポイントを設定することもできます。逆アセンブリ表示またはデバッグリスティングビューでブレークポイントを設定することができますが、この例ではデバッグリスティングビューのみを使用します。



1 灰色の列

ソースコードビューでブレークポイントを追加するには、以下の手順に従います。

1. U1 の**デバッグ表示**を開きます。
2. **設計ツールボックス**で `main.asm` をダブルクリックします。
3. `START` ラベルのすぐ下にあるライン `BCF STATUS, RPO` までスクロールします。

4. ライン BCF STATUS, RP0 の隣の main.asm ウィンドウの左側にある 1 番目の（灰色）列をダブルクリックします。その場所でブレークポイントがラインに設定されたことを示す赤い丸が表示されます。
5. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションは、設定したブレークポイントで自動的に一時停止します。**デバッグ表示**は、MCU プログラムの実行の一時停止を示す黄色の矢印の焦点に自動的に移動します。



以下の手順に従って、ブレークポイントを削除します。

1. **デバッグ表示**または main.asm ソースコードビューでブレークポイントをダブルクリックします。

または

MCU →すべてのブレークポイントを削除を選択して、すべてのブレークポイントを削除します。



メモ

デバッグ表示で、ソースコードビューと同じ方法でブレークポイントを追加または削除できます。

切断してステップ

1. **MCU →すべてのブレークポイントを削除**を選択して、すべてのブレークポイントを削除します。
2. 回路設計表示（**Getting Started MCU** タブ）で**シミュレート→実行**を選択します。「"Graphical LCD T6963CC for Multisim"」という文字が LCD コンポーネントに表示され始めます。
3. **シミュレート→一時停止**を選択します。
4. U1 の**デバッグ表示**へ移動し、一番左側の列の黄色の矢印で示される、MCU が実行を停止した場所にあるデバッグリスティングビューのコードラインに注目します。



The screenshot shows the Multisim MCU PIC16F84A U1 memory display window. The left pane shows the 'Registers' section with '作業レジスタ' (Working Register) at address 41, value 0. The 'PC: 0193' is displayed. The right pane shows the source code 'main.asm' with a yellow arrow pointing to line 612, which is the instruction 'MOVWF PORTB'. The code includes sections for reading and sending data, and sending commands.

Registers

名前	16進数	ビット-7	ビット-0
作業レジスタ	41	0	1

PC: 0193

ROM	00	01	02	03
0000	2834	0000	0000	00
0008	0000	0000	0000	00
0010	0782	3427	3452	34
0018	3441	344C	3400	34
0020	3416	3419	3416	34

デバッグリストのソースファイル: main.asm

```

599 [-----]
600 [-----] READ_DATA
601 [0018A]     CALL SET_PORT_B_INPUT
602 [0018B]     MOVLW      0x04                ; 0100
603 [0018C]     MOVWF     PORTA
604 [0018D]     MOVF      PORTB,0              ; GET
605 [0018E]     MOVWF     DATA_BUFFER
606 [0018F]     RETURN
607 [-----]
608 [-----]
609 [-----] SEND_DATA
610 [00190]     CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
611 [00191]     MOVF      DATA_BUFFER, 0      ;output
612 [00192]     MOVWF     PORTB
613 [00193]     MOVLW      0x0A                ; 1010
614 [00194]     MOVWF     PORTA
615 [00195]     BSF       PORTA, 2
616 [00196]     RETURN
617 [-----]
618 [-----] SEND_CMD
619 [00197]     CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
620 [00198]     MOVF      CMD_BUFFER, 0        ;output
621 [00199]     MOVWF     PORTB
622 [0019A]     MOVLW      0x0B                ; 1011
623 [0019B]     MOVWF     PORTA
624 [0019C]     BSF       PORTA, 2
625 [0019D]     RETURN
626 [-----]

```

5. **MCU → MCU PIC16F84A U1 →メモリ表示**を選択して、マイクロコントローラ U1 の内部のメモリの現在の状態を表示します。**IROM** セクションのプログラムカウンタ PC の値が、黄色の矢印が示すラインのアドレス値よりも 1 大きいことに注意します。上記の図の例では、**デバッグ表示**のアドレスは 192 で、**メモリ表示**の PC 値は 193 です。



メモ

シミュレーションを一時停止したときに MCU が現在のコマンドを完了していない場合は、プログラムカウンタ値はアドレス値と同じです。

メモリ表示の他のセクションで、マイクロコントローラのメモリの他の部品内の値を表示することができます。



6. **シミュレーションツールバーの中に入る**ボタンをクリックします。
7. 現在の命令が実行され、シミュレーションは次の命令で一時停止します。
8. **シミュレート→停止**を選択します。



切断して外に出る



1. MOVWF PORTB の SEND_DATA サブルーチンにブレークポイントを配置します。
2. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションがブレークポイントで一時停止されます。
3. **シミュレーションツールバーの外に出る**ボタンをクリックして、SEND_DATA サブルーチンの外に出ます。
4. シミュレーションは、SEND_DATA サブルーチン内で残りのすべての命令を実行し、SEND_DATA サブルーチンへの呼び出し後の最初の命令で一時停止します。

切断して中に入る



1. **MCU→すべてのブレークポイントを削除**を選択します。
2. 黄色の矢印のすぐ上で外に出た場所、SEND_DATA への呼び出し時にブレークポイントを配置します。
3. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションは配置したばかりのブレークポイントで一時停止します。
4. **シミュレーションツールバーの中に入る**ボタンをクリックします。シミュレーションが SEND_DATA サブルーチン内で一時停止します。

切断して飛び越える



1. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションは、サブルーチン SEND_DATA への呼び出し時に、上記で設定したブレークポイントと同じポイントで一時停止します。
2. **シミュレーションツールバーの飛び越える**ボタンをクリックします。SEND_DATA サブルーチン全体が実行され、現在の命令が実行されてから、シミュレーションは CALL SEND_DATA 命令の次の命令で一時停止します。

カーソルに実行



1. **MCU→すべてのブレークポイントを削除**を選択します。
2. このサブルーチンが、再度 LCD にデータを送信するために呼び出されることが確認されているので、SEND_DATA サブルーチンの内側のラインをクリックします。
3. **シミュレーションツールバーのカーソルに実行**ボタンをクリックします。シミュレーションは、SEND_DATA サブルーチン内でクリックした命令に MCU が到達するまで実行されます。そして、一時停止し、ラインの隣に黄色の矢印を配置します。

技術サポートおよびプロフェッショナルサービス

技術サポートおよびその他のサービスについては、NI のウェブサイト (ni.com/jp) の下記のセクションを参照してください。

- **サポート**—技術サポート (ni.com/jp/support) には以下のリソースがあります。
 - **セルフヘルプリソース**—質問に対する回答やソリューションが必要な場合は、ナショナルインスツルメンツのウェブサイト (ni.com/jp/support) でソフトウェアドライバとアップデート、検索可能な技術サポートデータベース、製品マニュアル、トラブルシューティングウィザード、種類豊富なサンプルプログラム、チュートリアル、アプリケーションノート、計測器ドライバなどをご利用いただけます。ユーザ登録されたお客様は、NI ディスカッションフォーラム (ni.com/jp/dforum) にアクセスすることもできます。オンラインでのご質問には、ナショナルインスツルメンツのアプリケーションエンジニアが必ず回答いたします。
 - **標準サポート・保守プログラム (SSP)** —NI のアプリケーションエンジニアによる電話または E メールでの個別サポート、サービスリソースセンターからのオンデマンドトレーニングモジュールのダウンロードが可能となるプログラムです。このプログラムには製品ご購入時にご加入いただき、その後 1 年ごとに契約更新してサービスを継続することができます。
その他の技術サポートオプションについては、ni.com/jp/services をご覧いただくか、ni.com/contact からお問い合わせください。
- **トレーニングと認定**—自習形式のコースキットやインストラクタによる実践コースなどのトレーニングおよび認定プログラムについては、ni.com/jp/training を参照してください。
- **システムインテグレーション**—時間の制約がある場合や社内の技術リソースが不足している場合、またはプロジェクトで簡単に解消しない問題がある場合などは、ナショナルインスツルメンツのアライアンスパートナーによるサービスをご利用いただけます。詳しくは、NI 営業所にお電話いただくか、ni.com/jp/alliance をご覧ください。

NI のウェブサイト (ni.com/jp) を検索しても問題が解決しない場合は、NI の国内営業所または米国本社までお問い合わせください。海外支社の電話番号は、このマニュアルの冒頭に記載されています。また、NI ウェブサ

イトの Worldwide Offices セクション (ni.com/niglobal (英語)) から海外支社のウェブサイトにもアクセスすることもできます。各支社のサイトでは、お問い合わせ先、サポート電話番号、メールアドレス、現行のイベント等に関する最新情報を提供しています。

索引

数値

2 ピンコンポーネント
ワイヤに直接ドロップする、2-9

B

BOM、2-16

M

MCU チュートリアル、4-2
概要、4-1
MCU デバッグ
概要、4-7
機能、4-7
Multisim チュートリアルの概要、2-3
Multisim にコンポーネントを配線する、2-9
Multisim にコンポーネントを配置する、2-5
Multisim ファイルを開く、2-5
Multisim ファイルを保存する、2-5

N

NI のサポートとサービス、A-1

U

Ultiboard dB 部品を配置する、3-11
Ultiboard からファイルをエクスポートする、3-21
Ultiboard チュートリアルを開く、3-3
Ultiboard で部品を移動する、3-12
Ultiboard にトレースを配置する、3-14
Ultiboard に部品を配置する、3-10、3-7
Ultiboard の 3D 設計、3-22

あ

アセンブリプログラム、4-4
後処理、2-16

い

インタフェース要素、2-1、3-1

う

ウェブリソース、A-1

か

カーソルに実行、4-13
解析、2-14
回路図キャプチャ、2-4
仮想計測器、2-12

き

技術サポート、A-1
技術サポートデータベース、A-1

く

グラフ、2-15

け

計測器ドライバ (NI リソース)、A-1

こ

コメント、3-21

さ

材料表、2-16
サポート
技術、A-1
サンプル (NI リソース)、A-1

し

自動経路設定、3-19
自動配置、3-18
シミュレーション、2-12
手動トレース、3-14
診断ツール (NI リソース)、A-1

せ

製造 / アセンブリ、3-20
製品、1-1
接続マシントレース、3-17
切断してステップ、4-11
切断して外に出る、4-13
切断して飛び越える、4-13
切断して中に入る、4-13

そ

ソフトウェア (NI リソース)、A-1

ち

チュートリアル の概要、1-1

と

ドキュメント
 NI リソース、A-1
 本書で使用する表記規則、v
ドライバ (NI リソース)、A-1
トラブルシューティング (NI リソース)、A-1
トレーニングと認定 (NI リソース)、A-1

な

ナショナルインスツルメンツのサポートと
 サービス、A-1

ふ

部品をドラッグする、3-8、3-9
ブレイクポイント、4-10
プログラミングサンプル (NI リソース)、A-1

へ

ヘルプ
 技術サポート、A-1

ほ

ボードアウトライン、3-4
ボードのクリーンアップ、3-20
本書で使用する表記規則、v

ゆ

ユーザインタフェース、2-1
誘導型トレース、3-17

れ

レポート、2-16