NI电路设计套件

快速入门

374422A-01

NATIONAL INSTRUMENTS™
ELECTRONICS WORKBENCH GROUP

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 0 662 45 79 90 0, Belgium 32 0 2 757 00 20, Brazil 55 11 3262 3599, Canada 800 433 3488, China 86 21 6555 7838, Czech Republic 420 224 235 774, Denmark 45 45 76 26 00, Finland 385 0 9 725 725 11, France 33 0 1 48 14 24 24, Germany 49 0 89 741 31 30, India 91 80 41190000, Israel 972 0 3 6393737, Italy 39 02 413091, Japan 81 3 5472 2970, 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 68 51, 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 56 200 51 51, Taiwan 886 02 2377 2222, Thailand 662 278 6777, United Kingdom 44 0 1635 523545
For further support information, refer to Appendix A, “Technical Support and Professional Services”. To comment on National Instruments documentation, refer to the National Instruments Web site at ni.com/info and enter the info code feedback.
© 2007 National Instruments Corporation. All rights reserved.

目 录

NI电路设计套件的介绍 5
1.1 NI电路设计套件产品线 5
1.2 指南 5
Multisim 指南 6
2.1 概览 6
2.2 原理图捕获 7
2.2.1 打开并保存文件 7
2.2.2 放置元器件 8
2.2.3 电路布线 10
2.3 仿真 12
2.3.1 使用虚拟仪器 12
2.3.2 分析 13
2.3.3 图示仪/ Grapher 14
2.3.4 后处理器/ Postprocessor 14
2.4 报表/Reports 14
2.4.1 材料单 14
Ultiboard指南 16
3.1 打开指南 17
3.2 创建电路板轮廓 17
3.3 放置元器件 19
3.3.1 从电路板轮廓外部拖移元器件 19
3.3.2 从元件选项卡拖移元器件 20
3.3.3 放置指南中的元器件 20
3.3.4 从数据库放置元件 21
3.3.5 移动元器件 21
3.4 放置布线 22
3.4.1 手工布线 22
3.4.2 放置跟随布线 24
3.4.3 放置连接机器布线 24
3.5 元件布板 26

3.6 自动布线 26
3.7 其他特性 27
3.8 为制造/装配准备 27
3.8.1 清除电路板 28
3.8.2 增加注释 28
3.8.3 输出文件 28
3.9 在 3D中观察设计 28
第四章 29
Multsim MCU模块指南 29
4.1 概览 29
4.2 关于指南 30
4.2.1 理解汇编程序 31
4.3 高级特性 34
4.3.1 调试视窗概览 34
4.3.2 增加断点 35
4.3.3 断点和单步执行 36
4.3.4 断点和跳出 37
4.3.5 断点和单步进入 37
4.3.6 断点和单步跳过 38
4.3.7 运行到光标所在位置 38
附录A – 支持和服务 39
A.1 技术支持和专业服务 39

第一章

NI电路设计套件的介绍

在您的NI电路设计套件版本中，可能并不具备本书介绍的一些功能。请参阅版本说明以获取相应版本功能。

本章讨论如下主题：

Subject	Page No.
NI Circuit Design Suite Product Line	1-1
The Tutorials	1-1

1.1 NI电路设计套件产品线

NI电路设计套件是一组EDA(电子设计自动化)工具，可以辅助您实施电路设计流程中的主要步骤。

*Multisim*是一套原理图输入和仿真程序，用于原理图输入、仿真，并为PCB布线等做好准备步骤。*Multisim*还具备A/D混合仿真的能力。

Multisim MCU模块加入了微控制器的协仿真。

承接于Multisim的*Ultiboard*，用于设计印刷电路板、执行某些基本的机械CAD操作，并为产品制造做准备。Ultiboard还可以提供自动元件布局布线。

1.2 指南

这本书依次包含以下指南：

• **Multisim指南—** 介绍Multisim及其很多功能

• **Ultiboard指南—** 展示如何放置上一章“Multisim指南”中描述的电路的元件和布线。还介绍了如何进行器件自动布局与自动布线。

• **Multisim MCU 模块指南—** 介绍包含微控制器的电路的仿真和调试过程。

要获得有关本章节中所讨论功能的更多详细信息，请参阅《Multisim用户手册》、《Ultiboard用户手册》，或《Multisim MCU用户手册》。

第二章

Multisim 指南

本章的指南介绍Multisim以及它的很多功能。
在您的Multisim版本中，也许并不具备本章中介绍的一些功能。请参阅版本说明以获取相应版本功能。
本章讨论如下主题：

Subject	Page No.
Overview	2-1
Schematic Capture	2-2
Opening and Saving the File	2-3
Placing the Components	2-3
Wiring the Circuit	2-7
Simulation	2-9
Virtual Instrumentation	2-9
Analysis	2-10
The Grapher	2-12
The Postprocessor	2-12
Reports	2-12
Bill of Materials	2-13

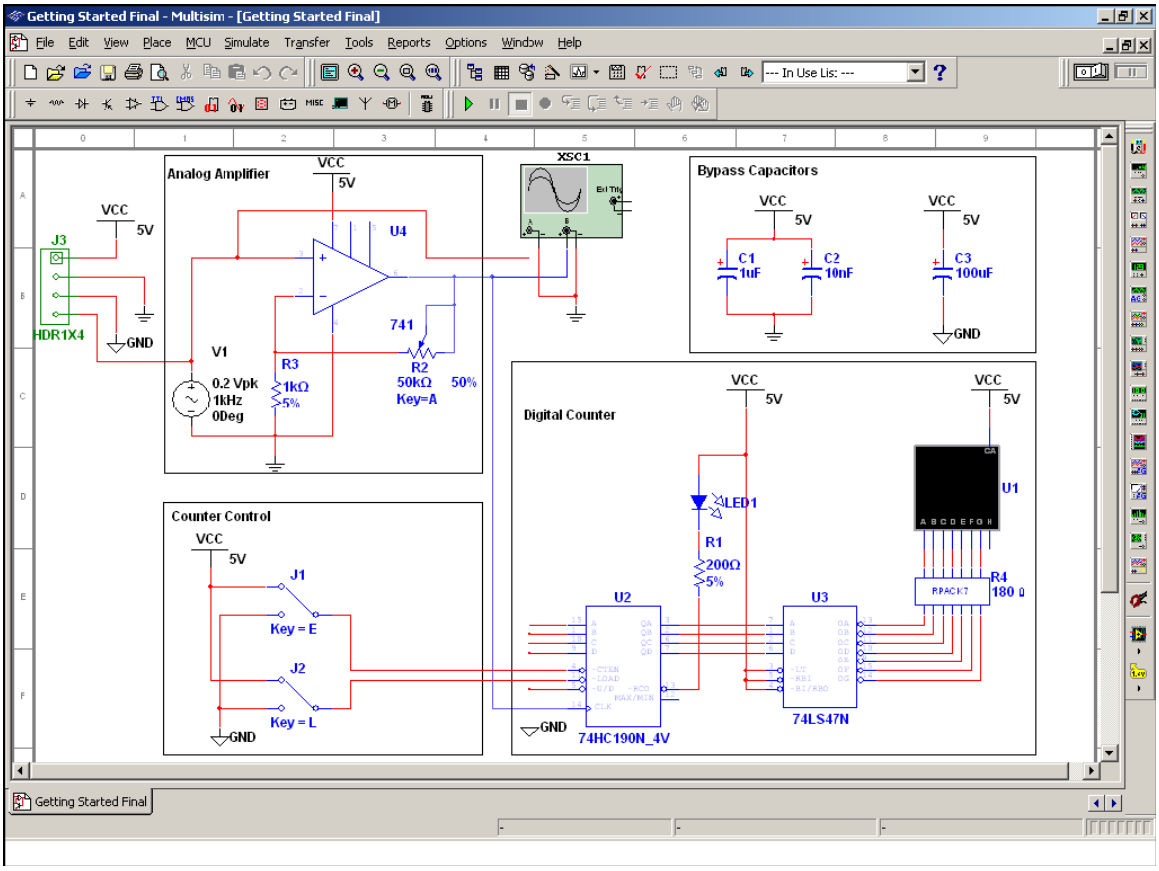
2.1 概览

本指南将介绍整个电路设计流程，包括原理图输入、仿真和分析。按照下面几页所列出的步骤可以设计出一个电路。该电路对小的模拟信号进行采样、放大，然后再采用一个简单数字计数器对其进行计数。

左列所示图标的存在，意味着有一些有用的提示，譬如：
任意时刻键盘按F1或者在对话框中点击**帮助**按钮，可以获得在线帮助。
当进行到本指南中的布线部分时，可以使用您自己在元件布局部分所创建的电路，也可以使用Getting Started文件夹（在samples文件夹中）中的Getting Started 1.ms10文件（该文件中所有元件都已合理布局）。当进行到仿真部分时，可以使用您自己布线的电路，也可以使用Getting Started 2.ms10文件（该文件中所有元件都已合理布线）。

2.2 原理图捕获

本节中，将对下图电路中的元件进行布局布线。



2.2.1 打开并保存文件

➢ 启动Multisim：

1.选择**Start > All Programs > National Instruments > Circuit Design Suite 10.0 >Multisim**。 在工作空间打开名为"Circuit1"的空白文件。

➢ 用新文件名保存文件：

1. 选择**File/Save As** ，弹出标准Windows保存对话框。
2. 进入您希望保存文件的路径，键入MyGettingStarted作为文件名，单击**save**按钮。

为避免数据意外丢失，在**Preferences**对话框的**save**选项卡中，设定文件定时自动备份。

➢ 打开已经存在的文件:

1. 选择**File/Open**，进入该文件存在的路径，选中文件，单击**Open**按钮。

要查看较早版本的Multisim文件，在**open**对话框中的**Files of Type**下拉菜单中选择期望的版本。

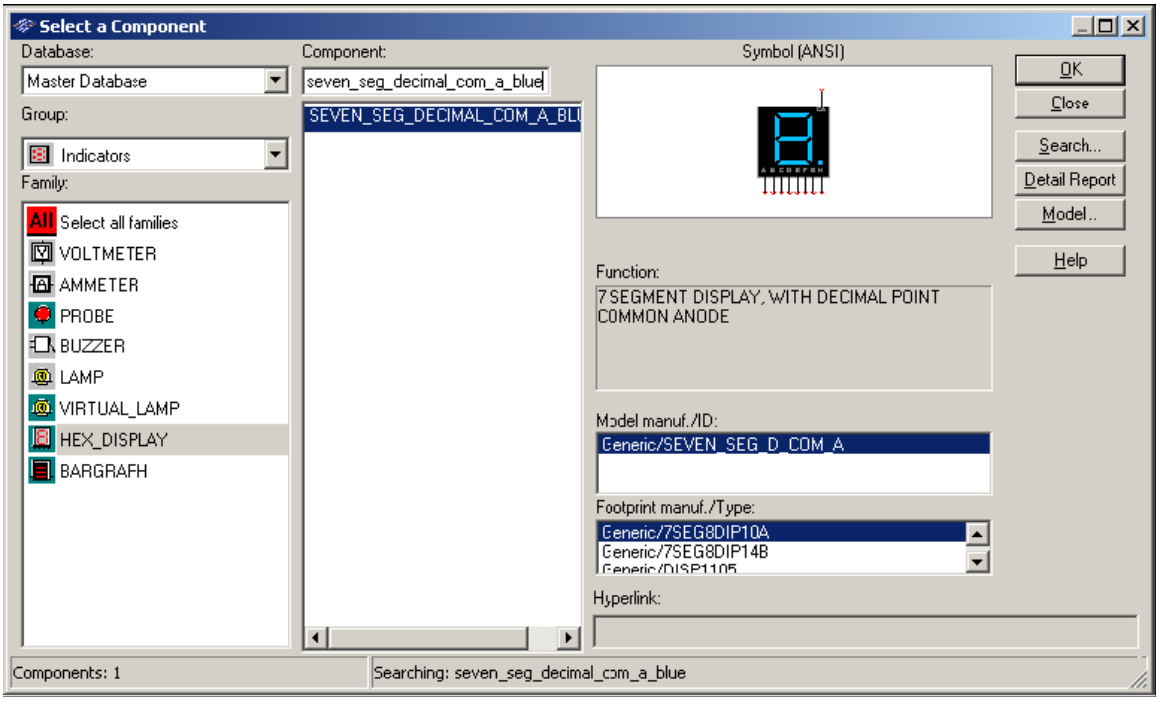
2.2.2 放置元器件

➢ 开始放置元件：

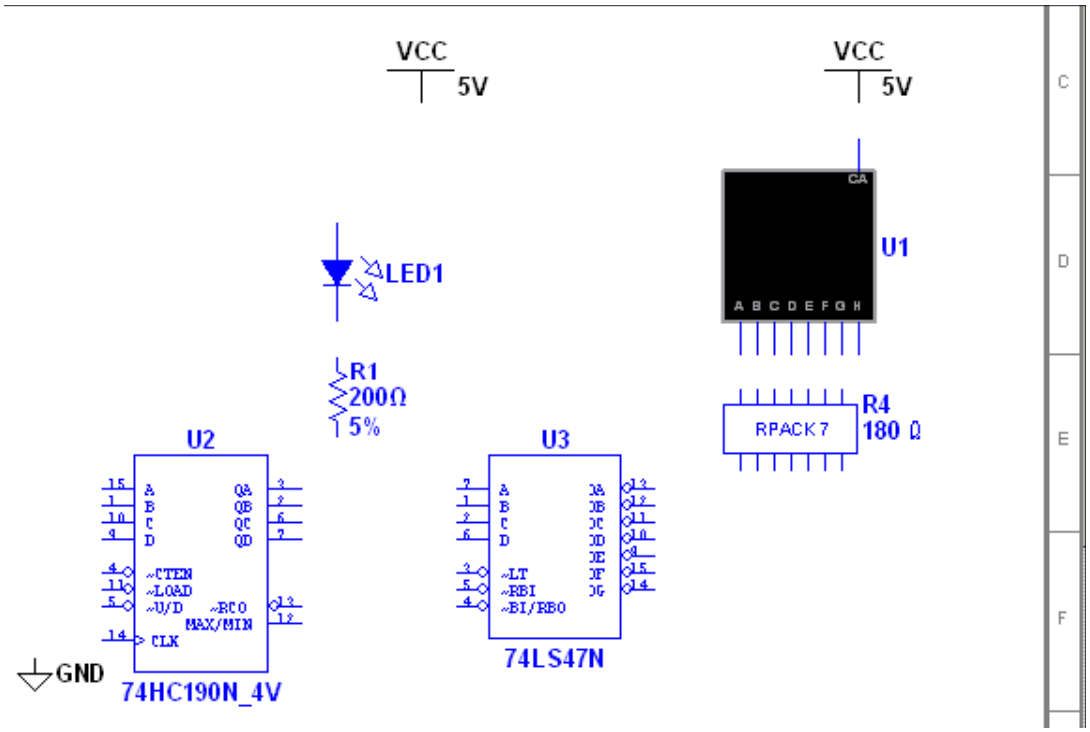
1. 如上所述，打开文件MyGettingStarted.ms10。
2. 选择**Place/Component**，打开**Select a Component**浏览器，如下图所示选定7-segment LED display （7段LED显示）并单击OK。在光标位置，元器件有叠影效果。

选定了期望的**组（Group）**和**族（Family,）**后，在浏览器的**Component**栏中键入元器件名称。随着名称的键入，在浏览器底部的**Searching**栏中便会显示该字符串。在下述例子中，键入“seven_seg_decimal_com_a_blue”。

在键入过程中，相匹配的候选项将显示出来。



3. 将光标移动到工作空间的右下部，左击鼠标放置元器件。可发现这个元器件的参考标号是"U1"。
4. 如下图所示，在Digital Counter(数字计数器)区域放置其他元器件。



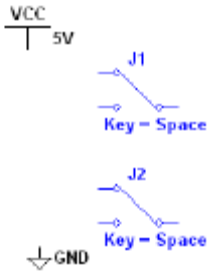
注意：放置电阻时、电感或电容（RLC元件）时，**Select a Component**浏览器与放置其它元器件时有些细微区别。放置这些元器件时，可以选择该元器件的值（例如电阻值）、类型（例如炭膜）、容差、管脚、制造商等的任意组合。如果放置的元件器将最终导出到PCB布线并成为材料单（**Bill of Materials**）的一部分，则在**Select a Component**对话框中就要小心所选择的组合值，他们应该是物理可实现并可购买的元器件。

放置RLC元件时，在**Component**列表顶部输入你希望在区域中放置的元器件的值。这些值无须显示在原理图的待放置器件列表中。

放置200-ohm的电阻时，键盘上按CTRL-R将其旋转为纵向放置。

参考标号（例如：U1、U2）是按照元器件放置的顺序进行标号的。如果按照与原电路不同的顺序放置元器件，则序号将会改变。但不管哪种顺序，都不影响电路的操作。

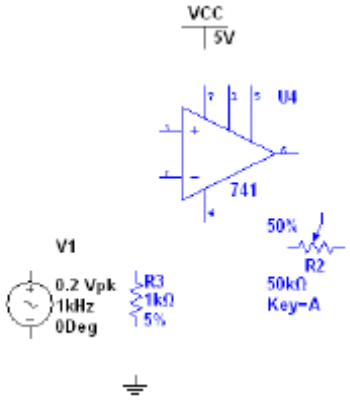
5. 在Counter Control（计数器控制）区域放置元器件。放置好后，在每一个单刀双掷（SPDT）开关上右击鼠标，选择**Flip Horizontal（水平翻转）**。



The SPDT switches are in the Basic Group; Switch Family

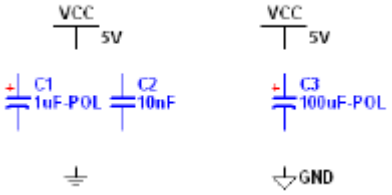
如果工作空间已经存在某个元件，而你又要放置一个同样的元件，则选中该元件并选择**Edit/Copy**，再选择**Edit/Paste**。也可以从**In Use List**中选定该元件，单击放置在工作空间中。

6. 如下图所示，在Analog Amplifier(模拟放大器)部分放置元件，如有需要进行旋转。

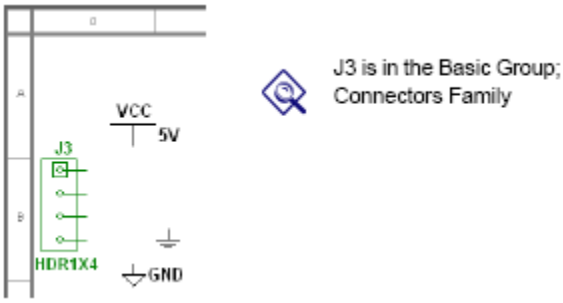


放置好AC电压信号源后，双击，将**Voltage (Pk)**改为0.2V，单击**OK**关闭对话框。

7. Place the parts in the Bypass Capacitors section as shown below.
   如下图所示，在Bypass Capacitors(旁路电容)部分放置元件。



8. 如下图所示，放置管座和相关元件。



电路布线完成后，可以直接将二脚无源器件（例如电阻）加在连线上。这个连接是由Multisim 自动完成的。

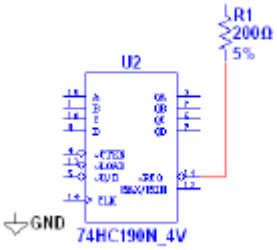
2.2.3 电路布线

所有元器件都有可以连接到其他元器件或仪器的管脚。一旦光标放在某个管脚上，Multisim就知道正在进行布线，光标变为十字形状。

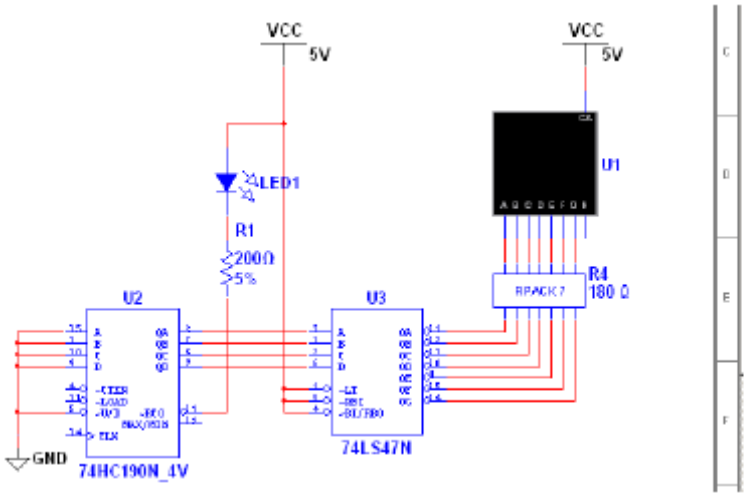
你可以对放置在工作空间的电路进行布线，也可以使用Getting Started文件夹（在sample文件夹中）中的Getting Started 1.ms10电路。

➢ 进行布线：

1. 单击元器件的某个管脚开始连接（光标变为十字形），并移动鼠标，会出现一条连线随光标移动。
2. 单击第二个元器件的某个管脚结束连接。如下图所示，Multisim会自动放置连线。连线会自动便利地转折，以形成合适的结构。这个特性在大电路布线中可以节省大量时间。



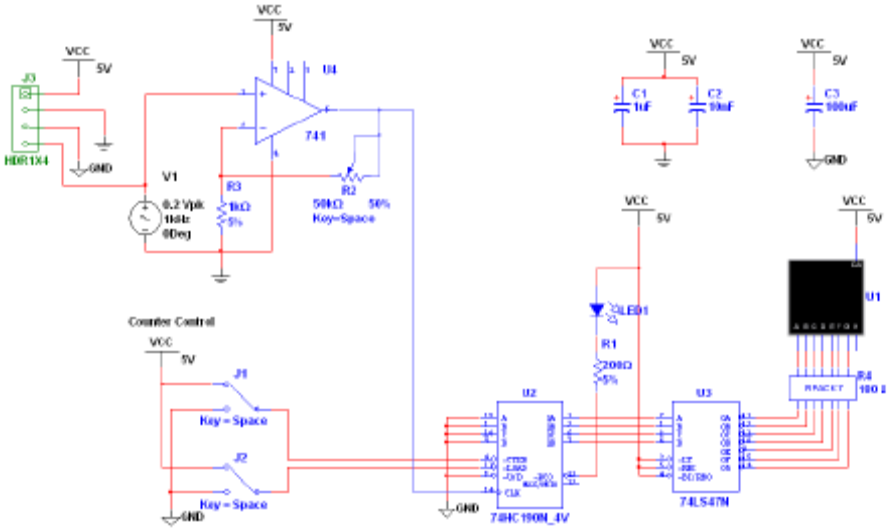
3. 你也可以在移动鼠标的过程中，在某些点单击以控制连线的走向。每一次单击都会将连线固定在该点上。
4. 如下图所示，结束Digital Counter部分的布线。



多管脚器件连接（如U3和R4）采用*总线向量连接*（Bus Vector Connect）方法。详细信息请参阅《Multisim用户手册》。

虚拟布线（Virtual Wiring） — 为避免混乱，可以在计数器控制部分和数字计数器部分之间采用虚拟连接。若两根网线具有相同的名称，则它们之间就建立了虚拟连接。

5. 如下图所示，完成对电路的布线。



2.3 仿真

采用Multisim对电路进行仿真，可以在设计流程的早期发现错误，节省时间和成本。

2.3.1 使用虚拟仪器

本节将采用虚拟示波器对电路进行仿真。

同样，可以采用Getting Started文件夹（在Sample文件夹中）中的Getting Started 2.ms10电路。

1. J1、J2和R2是交互式元件。

在J1、J2和R2上双击设置交互式关键字。在关键字域（**Key** field），J1输入"E"，J2输入"L"，R2输入“A” 。

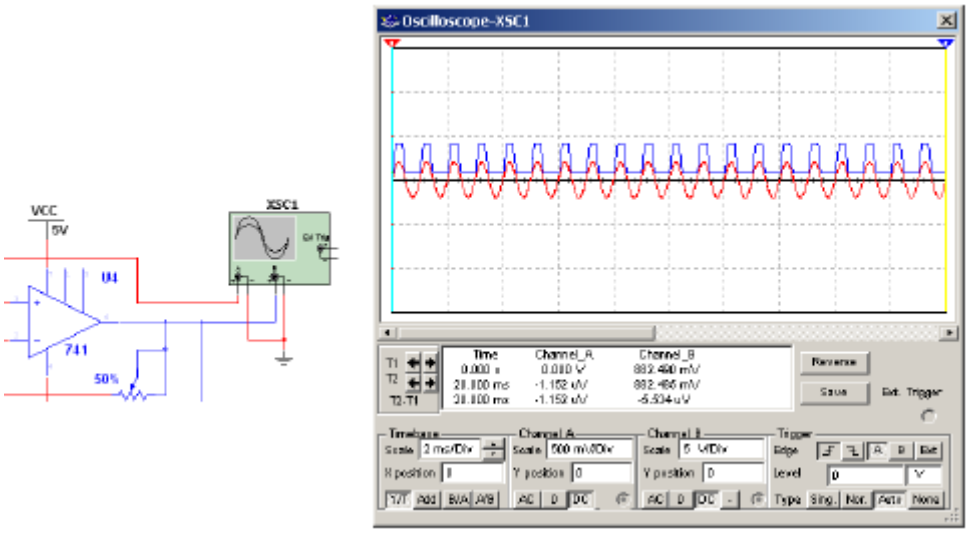
要使能计数器，按"E"，或点击光标位于J1上时所出现的加宽的开关滑动臂。

2. 选择**Simulate/Instruments/Oscilloscope**，在工作空间放置示波器。如步骤4中描述，为器件连线。

为便于区分示波器上的两条轨迹线，右击连接到示波器"B"输入端的连线，在弹出的菜单中选择**Segment Color** 项。选择一个不同于连接到示波器"A"输入端连线的颜色，譬如蓝色。（在改变连线颜色或者执行其它编辑功能时，不能运行仿真）。

3. 双击示波器图标加入示波器。选择 **Simulate/Run**，示波器上显示运算放大器的输出。

4. b将时间轴调整为2mS/Div，通道A的尺度调整为500mV/Div。示波器上的显示如下图所示：



随着电路仿真，7段码显示计数。每个计数周期结束时LED闪烁。

5. 运行仿真时，键盘上按"E"可以使能或禁用计数器。使能是低有效。
   按"L"对计数器清零。清零是低有效。
   按"Shift-A"观察改变电位计时所产生的影响。重复，按"A"。

除了上述按键，你也可以直接在原理图上使用鼠标对这些交互式元器件进行操作。

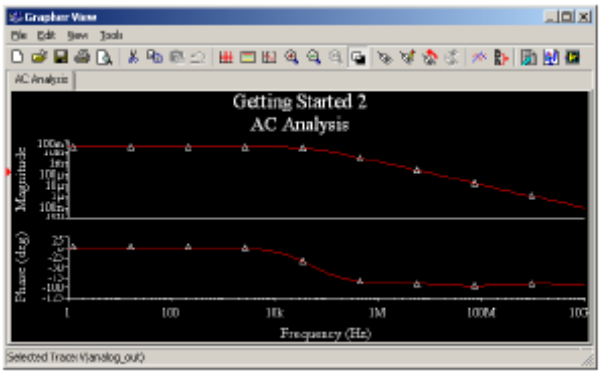
2.3.2 分析

在本节中，将采用**AC Analysis**（交流分析）来验证放大器的频率响应。

➢ 在运算放大器的输出端执行**AC Analysis**：

1. 双击运算放大器的管脚6上的连线，在Net对话框中将其网线名称改为"analog_out"
2. 选择**Simulate/Analyses/AC Analysis**，点击**Output**选项卡。

3. 在左列中选中V(analog_out)，并单击**Add**。则V(analog_out)加入到右列中。
4. 点击**Simulate**，分析结果显示在**Grapher**中。



2.3.3 图示仪/ Grapher

图示仪**Grapher**是一个多功能的显示工具，可以提供图形和图表的观察、调整、保存和输出。它以图形、图表以及其他一些仪器的轨迹图（例如示波器的结果）的形式，显示所有Multisim分析的结果。

➢ 采用**Grapher**观察仿真结果：

1. 如前所述，运行仿真。
2. 选择**View/Grapher**。

2.3.4 后处理器/ Postprocessor

采用后处理器**Postprocessor**，可以处理电路分析的输出，并在图形或图表上画出结果。可以用于分析结果的数学操作类型包括：算术运算、三角函数、指数、对数、复数、向量和逻辑运算。

2.4 报表/Reports

Multisim允许生成大量报表：材料单（Bill of Materials ，BOM）、元件详细报表(Component Detail Report)、网络报表（Netlist Report）、原理图统计（Schematic Statistics）、多余门电路（Spare Gates）以及交叉报表（Cross Reference Report）。

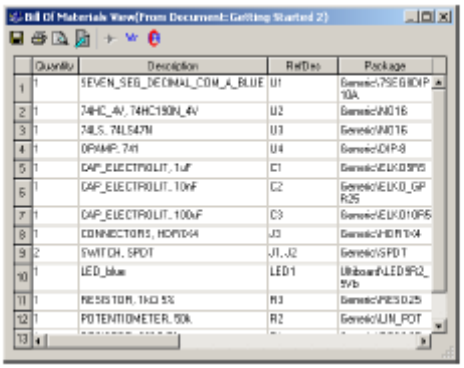
2.4.1 材料单

材料单中列出了设计中使用的元器件，因此提供了制造电路板所需的元器件清单。它所提供的信息包括：•

- 每个元器件所需的数量
- 描述，包括元件类型（例如resistor）和值（例如5.1 kohm）
- 每个元器件的参考标号
- 每个元器件的封装或管脚

➢ 为电路创建材料单（**BOM**）

1. 单击**Reports**菜单，从弹出的下拉菜单中选择**Bill of Materials**。
2. 弹出报表与下图类似：



- 要打印材料单，单击**Print**按钮。弹出标准的Windows打印对话框，可以选择打印机、打印份数等。

- 要将材料单保存为文件，单击**Save**按钮。弹出标准的Windows保存对话框，可以选择保存路径和文件名。
  因为材料单主要是用来辅助采购和制造，它仅包含“实际”元件——而不包括非实际的或者无法购买的元件（例如电源或者虚拟元器件）。

- 要查看电路中非“实际”元器件的元器件列单，单击Virtual按钮。弹出一个独立的窗，仅显示这些元器件。
  可以在《Multisim用户手册》中查找关于材料表以及其他报表的详细信息。

第三章

Ultiboard指南

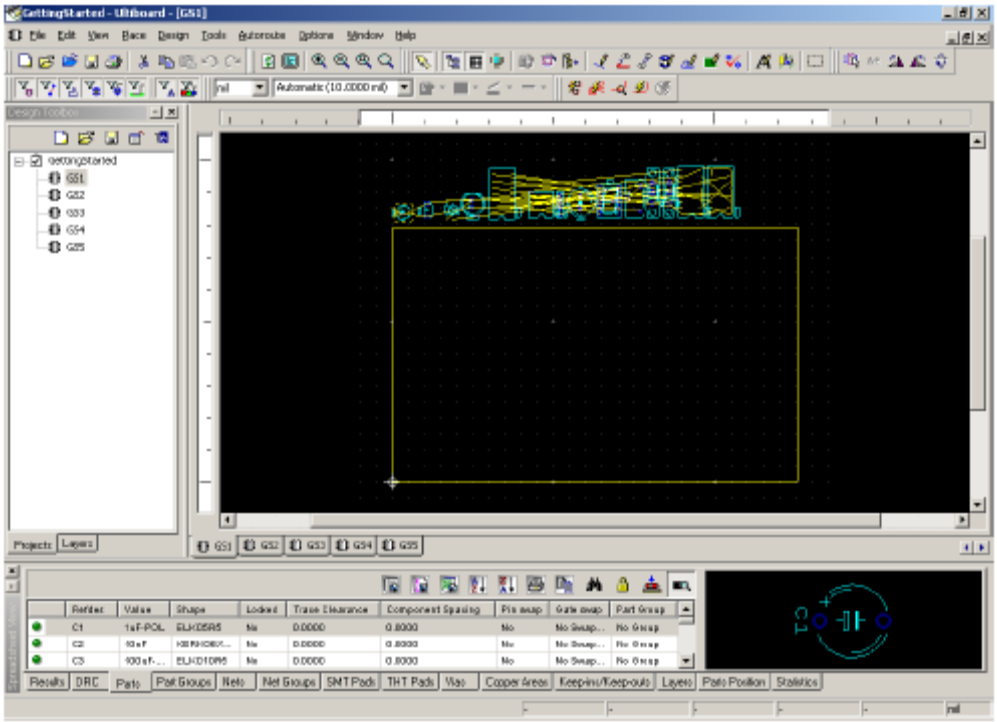
本章的指南为上一章Multisim指南中描述的电路放置元件和连线。
有关将设计从Multisim导出至Ultiboard中的指令，请参阅《Multisim用户手册》、《Ultiboard用户手册》或其他帮助文件。
本章讨论如下主题：

Subject	Page No.
Opening the Tutorial	3-2
Creating a Board Outline	3-3
Placing Components	3-5
Dragging Components from Outside the Board Outline	3-6
Dragging Components from the Parts Tab	3-7
Placing the Tutorial Components	3-7
Placing Parts from the Database	3-8
Moving Components	3-10
Placing Traces	3-11
Placing a Manual Trace	3-12
Placing a Follow-me Trace	3-14
Placing a Connection Machine Trace	3-15
Auto Part Placement	3-16
Autorouting Traces	3-17
Other Features	3-18
Preparing for Manufacturing/Assembly	3-19
Cleaning up the Board	3-19
Adding Comments	3-19
Exporting a File	3-20
Viewing Designs in 3D	3-20

3.1 打开指南

➢ 打开指南文件：

1. 选择Start > All Programs > National Instruments > Circuit Design Suite 10.0 >Ultiboard，启动Ultiboard。
2. 选择**File/Open**。
3. 在NI电路设计套件的安装目录下（例如：" ...\samples\Getting Started " ）找到quickstart文件夹，选中Getting Started.ewprj，单击**Open**，则将工程文件导入了Ultiboard。



4. 要选定某个设计图（例如：GS1），可以单击它的标签，也可以在设计工具箱（**Design Toolbox**）的**Projects**选项卡中单击该设计图的名称。

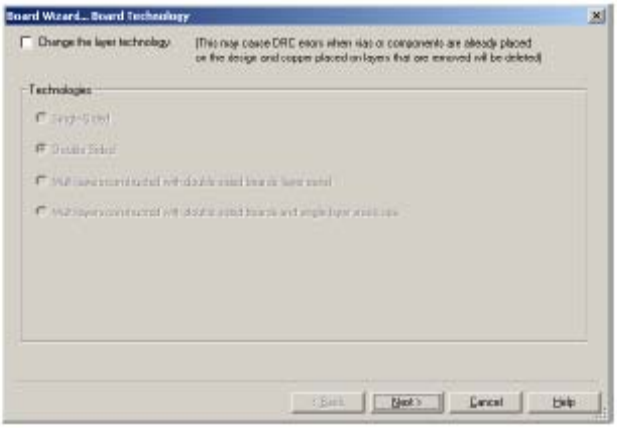
3.2 创建电路板轮廓

可以采用下列方法之一创建电路板轮廓

- 采用画图工具画出电路板轮廓
- 导入一个DXF文件
- 使用**Board Wizard（电路板向导）**

➢ 采用**Board Wizard**进行实验

1. 双击**Layer**选项卡中的**Board Outline**
2. 单击Quick1设计图中业已存在的电路板轮廓，按DELETE键。
3. 选择**Tools/Board Wizard**。



4. 选中**Change the layer technology**复选框，以使能其他选项。
5. 选中**Multi-layers constructed with double sided boards and single layer stack ups**，单击**Next**。
6. 下一个对话框可以让你定义电路板的**Lamination Settings**（分层设置）。（本指南中并不改变这些设置）。
7. 单击**Next**。

   在**Shape of Board**（电路板形状）对话框中：
   - 确定**Alignment**的**Reference Point**设置为**Left-Bottom**
   - 确定选中了**Rectangular**选项
   - 将**Width**设为3000，**Height**设为2000（这对于本例中的元器件是比较合适的尺寸）
   - 将**Clearance**设为5.00000。这是放置元件区域与电路板边缘之间的距离。
8. 单击Finish。则电路板轮廓已经放置在你的设计图中。

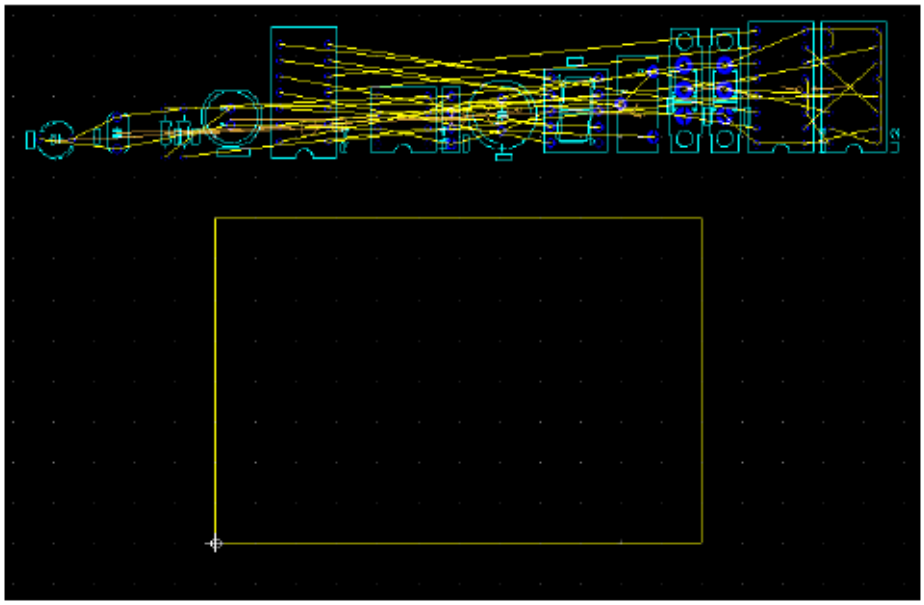
   注意：有关**Board Wizard**的完整详细说明，请参阅《Ultiboard用户手册》。

➢ 移动电路板轮廓：

1. 双击**Layer**选项卡中的**Board Outline**。
2. 工作空间中单击电路板轮廓上的任意位置，将电路板拖移到元件组的正下方位置。

➢ 改变参考点：

1. 选择**Design/Set Reference Point**。则参考点随附在光标上。
2. 将光标移动到电路板轮廓的左下角，单击放置参考点。



3.3 放置元器件

可采用好几种不同方法放置GS1设计文件中的元器件：
- 在电路板轮廓外部选择一个或多个元器件，将它们拖到目标位置
- 采用**Spreadsheet View**中的**Parts**选项卡，确定元件位置并放置
- 从数据库中选择元件

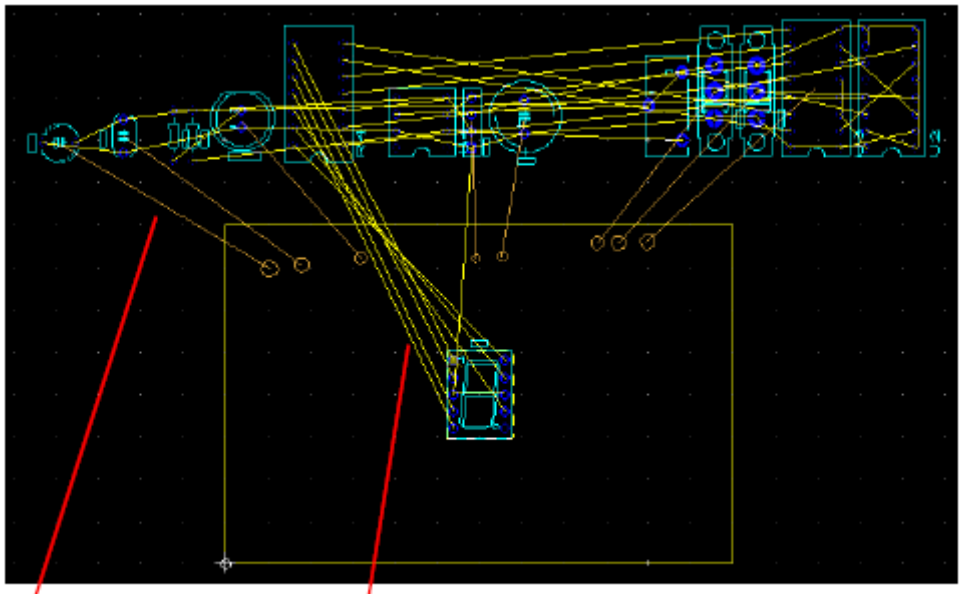
可以使用**Place/Unplace Components**命令将所有非锁定的元件从PCB中快速删除，体验不同的放置方式。

3.3.1 从电路板轮廓外部拖移元器件

默认条件下，从Multisim或其他电路图输入程序中打开网络报表时，元器件都是放置在电路板轮廓的外面的。开始布板前，双击**Design Toolbox**中的**Copper Top**层，激活该层。

➢ 从电路板轮廓外部拖移U1：

1. 从电路板轮廓外部的一堆元器件中找出U1。为易于操作，可以将页面放大（按F8）直至能看到U1。
   同样可以使用**Edit/Find**命令寻找元器件。这个命令很像其他应用中的查找函数，所以可以按照名称、数量、形状、值，或者所有变量来查找元件。请参考《Ultiboard用户手册》获得详细信息。
2. 单击U1（7段码显示），将其拖至电路板中心。



Force Vector. For details, refer to the *Ultiboard User Guide*.

Ratsnest. Refer to the *Ultiboard User Guide* for details.

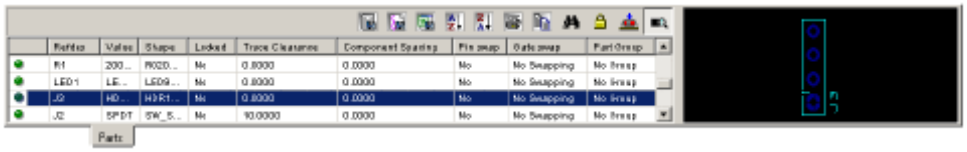
   U1保持选定状态。这是Ultiboard中一个重要的地方，贯穿于整个应用——您必须明确地结束任一特定状态。此处情况下，在任意位置单击便可以取消选择元器件。还可以通过右击来结束当前状态。
3. 进入**Spread View**中的**Parts**选项卡，选择U1。将会看到元器件边上的绿灯稍微变亮——这表明

元器件已经放置成功。

3.3.2 从元件选项卡拖移元器件

➢ 从**Parts**选项卡拖移元器件

1. 在**Parts**选项卡中，滚动直至看到J3。



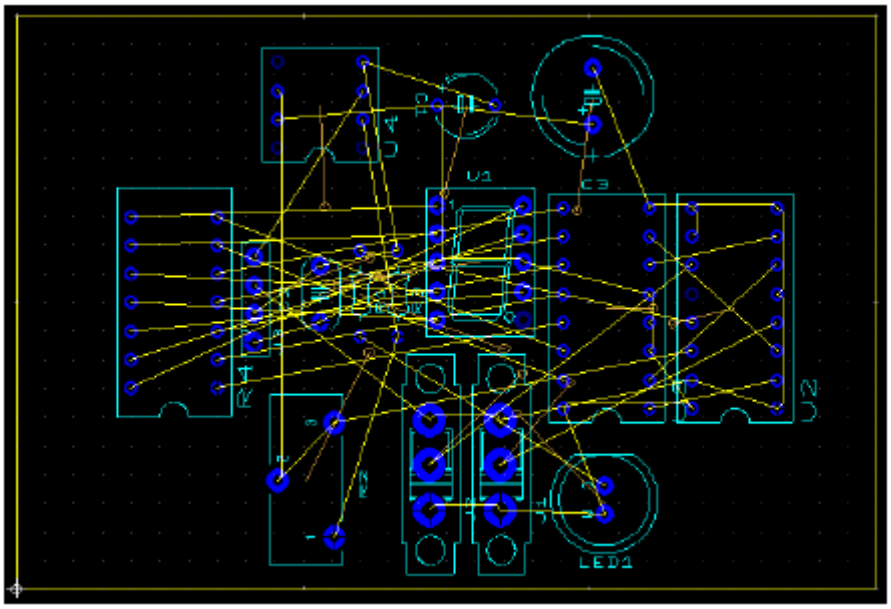
2. 单击J3，将其从**Parts**选项卡中拖移至工作空间。J3随附在光标上。
3. 将J3放置在电路板左边略靠近中间的地方。同前面一样，**Parts**选项卡中J3的绿灯稍微变亮，表明元器件已经放置成功。

为了更快地放置元件，可在**Parts**选项卡中选中一个未放置的元件（其绿灯较暗），并单击**Start Placing the Unpositioned Parts**按钮。Ultiboard系统地遍历**Parts**选项卡中的元器件列单，对每一个元器件先选中，再将其附到光标上进行放置，然后再选中列单中的下一个元件。

3.3.3 放置指南中的元器件

采用上述任一种方法或者某种组合方法，使得你的布板如下图所示。你还可以简单地打开工程中的下一个设计文件GS2，该文件已经按照这种方法布板好了。

你的设计图应该与下图相似：

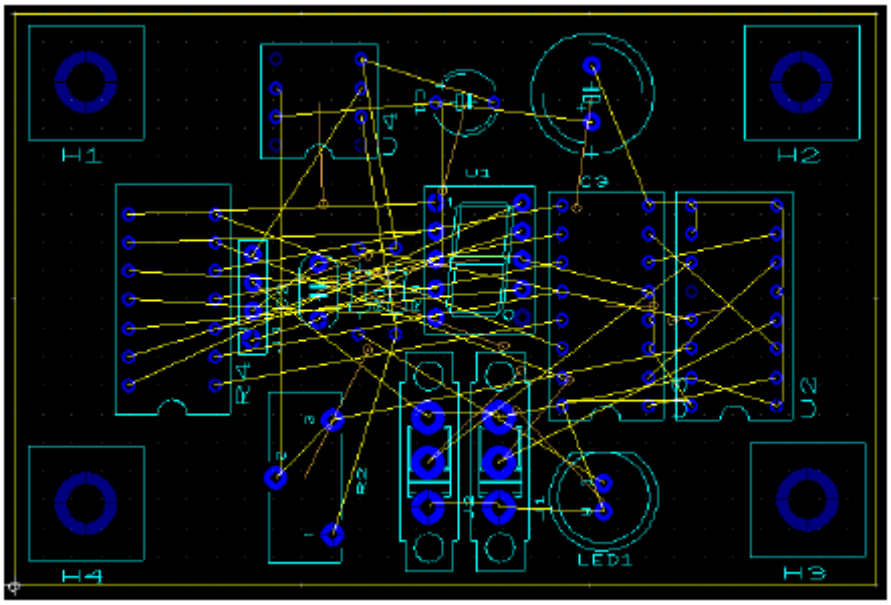


3.3.4 从数据库放置元件

除了放置作为设计文件部分导入的元件，还可以直接从数据库放置元件。下面采用这种方法来放置安装孔。

➢ 从数据库放置元件：

1. 选择**Place/From Database**，打开**Get a part from the Database**对话框。
2. In在**Database**面板中，展开**Through Hole Technology Parts**目录，进入**Holes**目录。元件显示在**Available Parts**面板中。
3. 在**Available Parts**面板中，选中Hole35元件。这个元件显示在**Preview**面板中。
4. 单击**OK**。**Get a part from the database**对话框消失，并提示输入**Refdes**和**Value**。
5. 输入孔的参考标号（H1）和值（HOLE），单击**OK**。
6. 在电路板上移动光标，元件随附在光标上。
7. 当孔位于左上角的适当位置时，单击将其放置在电路板上。
8. 再次出现**Enter Reference Designation for Component**对话框，而且参考标号自动增加为H2。单击**OK**在右上角放置下一个孔，如此重复，在右下角放置H3左下角放置H4。单击**Cancel**结束，再单击**Cancel**关闭**Get a part from the database**对话框。



3.3.5 移动元器件

可以采用放置元器件一样的方法来移动元器件。单击可选定电路板上的元器件。指定被选定元器件将要移至的X/Y坐标，在数字小键盘上按*键。也可以用另一种方法，即在**Parts**选项卡上，选择一个已经放置的元器件（由其边上的亮的绿灯指示），将其拖移到新的位置。

元件的标签是元件独立于其管脚的组成部分。当在电路板上选择元器件时，应保证选定了整个元器件，而不仅仅是它的标签。

选定一个元器件后，还可以通过键盘上的方向键在电路板上移动该器件。

还可以先选定一组元件，然后一起移动它们。可以用下述方法之一来选定一组元件：

- 按下SHIFT键，单击多个元器件
- 在多个元器件外面拖一个框

当拖动光标时，所有选定的元器件会一起移动。

这些组合只是暂时的——一旦选中其他元器件，这个组的连接关系就丢失了。要保证一个组维持连接关系不变直至被移除，可以使用**Group Editor**来实现。具体请参阅《Ultiboard用户手册》。

另外一种移动元器件组合的方法是使用**Edit/Align**命令。该命令对齐被选元器件的边缘，或者将它们相互隔开。

➢ 采用“**Edit/Align**”命令排列刚刚放置的安装孔：

1. 选择H1，按住SHIFT键选择H2。
2. 选择**Edit/Align/Align Top**。若开始H2并没有与H1对齐，则将看到H2移动。
3. 单击电路板上的空位置，然后再选择H2和H3。
4. 选择**Edit/Align/Align Right**
5. 继续采用这种方法对齐H3和H4的底边，以及H1和H4的左边。

3.4 放置布线

如下几个方法可用于放置布线：

- 手工布线
- 跟随布线
- 连接机器布线

手工布线是完全人为的放置的。甚至如果设定某个路径穿过一个元器件，则手动布线也会穿过该元器件。跟随布线在由鼠标移动所选定的两个管脚之间画出一条合法的布线——即你可以从一个管脚移动到另一个管脚，画出一条合法的布线。连接机器布线沿着最有效的路径连接两个管脚，但是我们也可以选择改变这种布线。

放置布线时，在单击将其固定到某个点之前，通常可以通过倒退来删除某一段。手工布线时的每次单击，或者跟随布线或连接机器布线时的每次改变方向，都将产生一个独立的布线段。在布线上执行某种操作时应保证，要么选定合适的段，要么选定整条布线——如果你愿意的话。

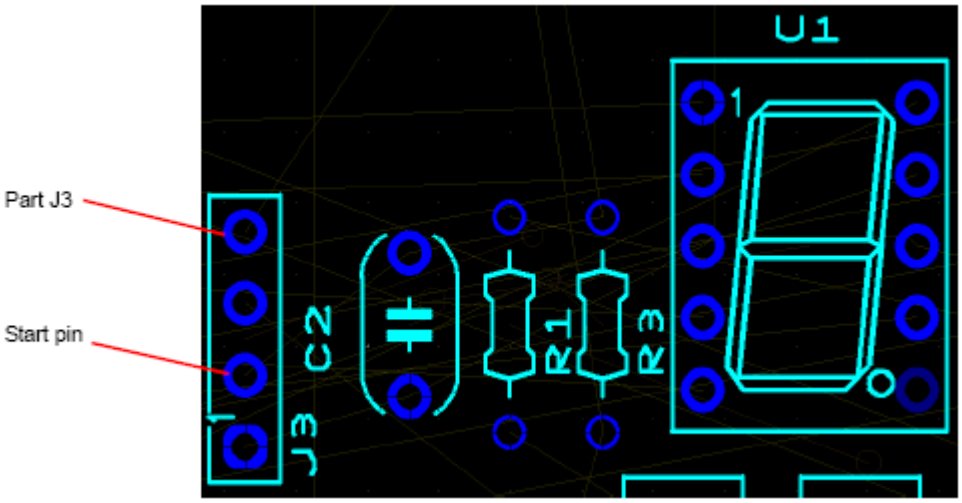
3.4.1 手工布线

可以在前面的基础上继续进行设计，也可以打开GS3。开始布线前要保证当前是在**Copper Top**层上。必要的话，按F7显示整个设计。

➢ 放置手工布线：

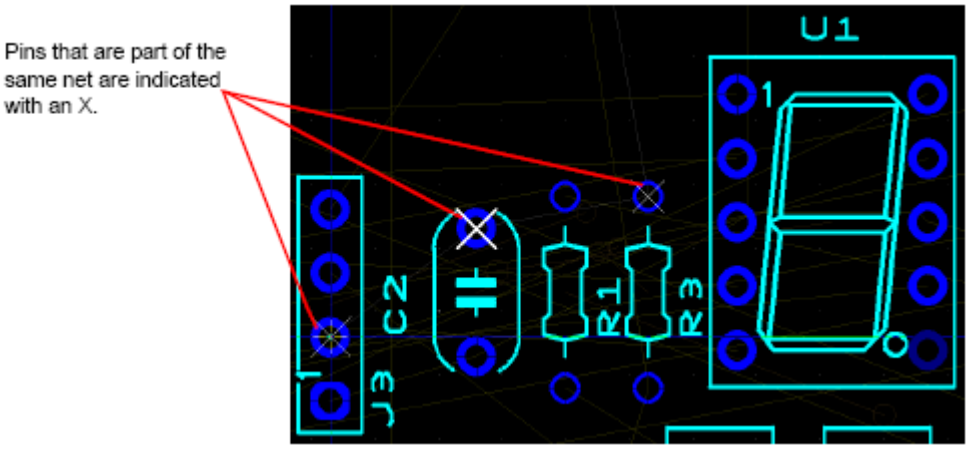
1. 选择**Place/Line**

   Line命令可在所有层面上创建连线。选择层面不同结果也会有所不同。例如：如果选择的层面是丝印层，则将在PCB的丝印层创建一个连线。如果选择的层面是敷铜层，则“连线”实际上是一个导线。
2. 朝着电路板的左手部分放置J3。如下所示查找开始管脚：

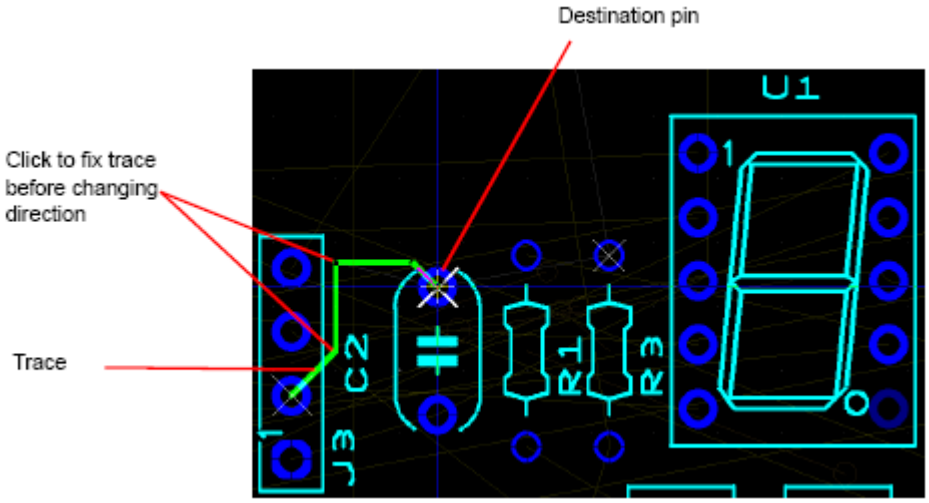


如果定位元器件存在困难时，采用**Parts**选项卡中的**Find**函数。在**Parts**选项卡中选定元器件，然后单击**Find and select the part**按钮，该元器件就显示在工作区中。必要的话，进一步按F8进行放大。

3. 单击上面步骤中所指定的管脚。单击某个管脚，Ultiboard会加亮所有与之具有共同连线的管脚。（加亮的颜色可以在**Preferences**对话框的**Colors**选项卡中改变）。这就使你知道应该连接在哪个管脚，以与原理图中的连接相匹配。



4. 沿任意方向移动光标，将绿色的线（布线）连接到被选择管脚上。每次单击都确定了布线的一段。
5. 单击目标管脚。

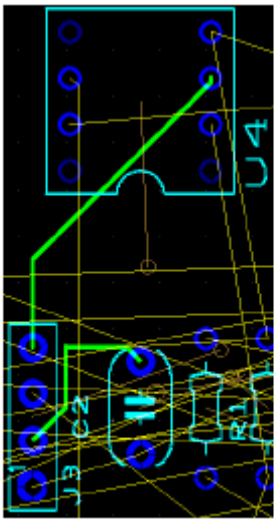


6. 右击结束布线。

3.4.2 放置跟随布线

➢ 放置跟随布线：

1. **选择Place/Follow-me**。
2. 单击J3的顶部管脚。
3. 单击U4右边的第二个管脚
4. Ultiboard会自动画出连接。



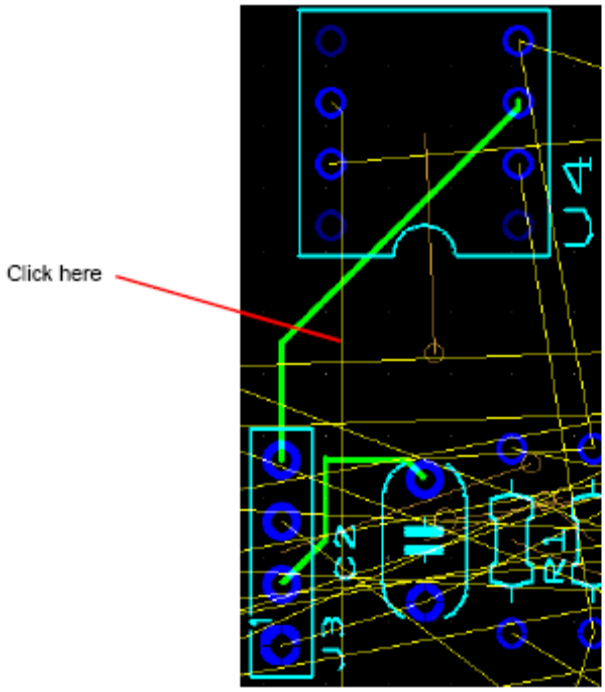
并不需要很准确的单击到某个管脚上——你可以从单击某条飞线（预拉线）开始。

3.4.3 放置连接机器布线

➢ 放置连接机器布线：

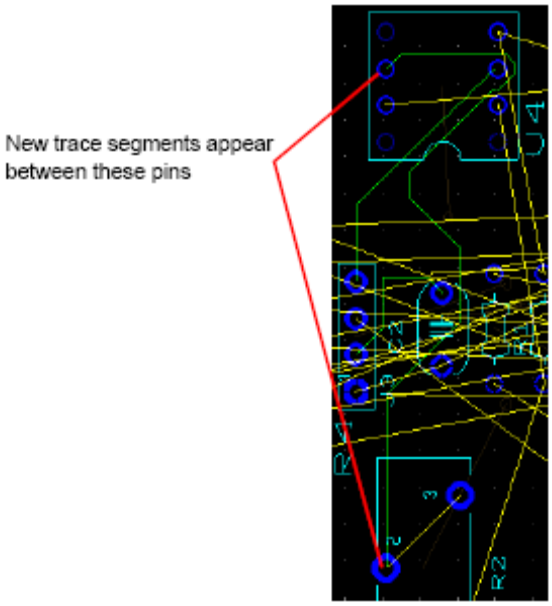
1. 选择**Place/Connection Machine**。

2. 如下图所示，单击飞线的段。
3.



3. 移动光标——Ultiboard建议在障碍周围走不同的布线。

当看到期望的走线时，单击以固定布线。并不需要单击飞线或目标管脚。



4. 右击结束布线。

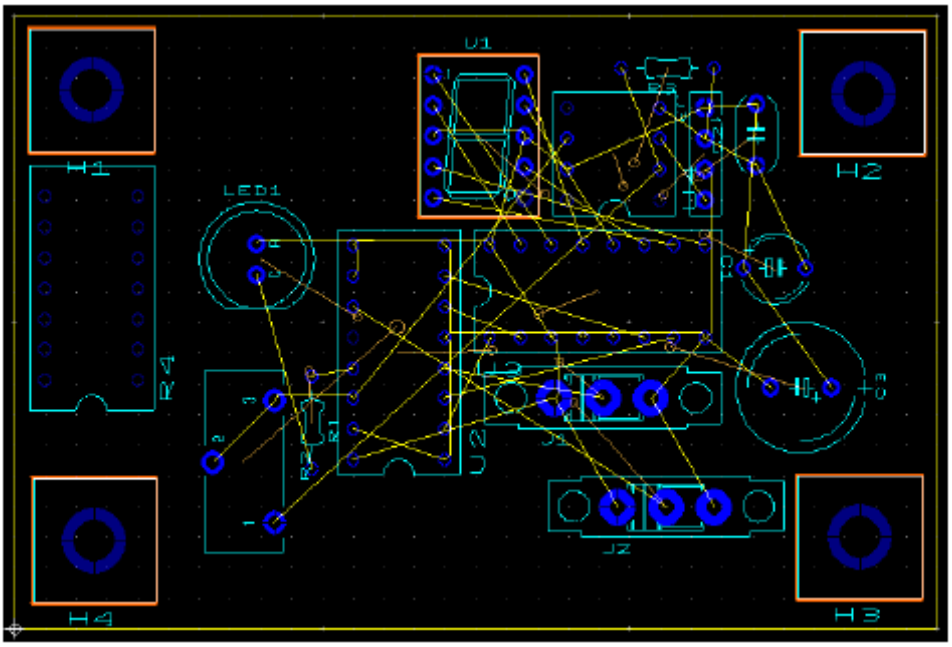
3.5 元件布板

除了本章前面讨论的元器件放置，你还可以采用Ultiboard的高级元件自动布板功能。

在元件自动布板之前，对那些希望在自动布板中维持不变的元器件，进行预布板并锁定。（GS5中的安装孔和U1已经预布板并锁定）。关于锁定元件的详细信息，请参阅《Ultiboard用户手册》。

➢ 自动布板Getting Started.ewprj中的元件

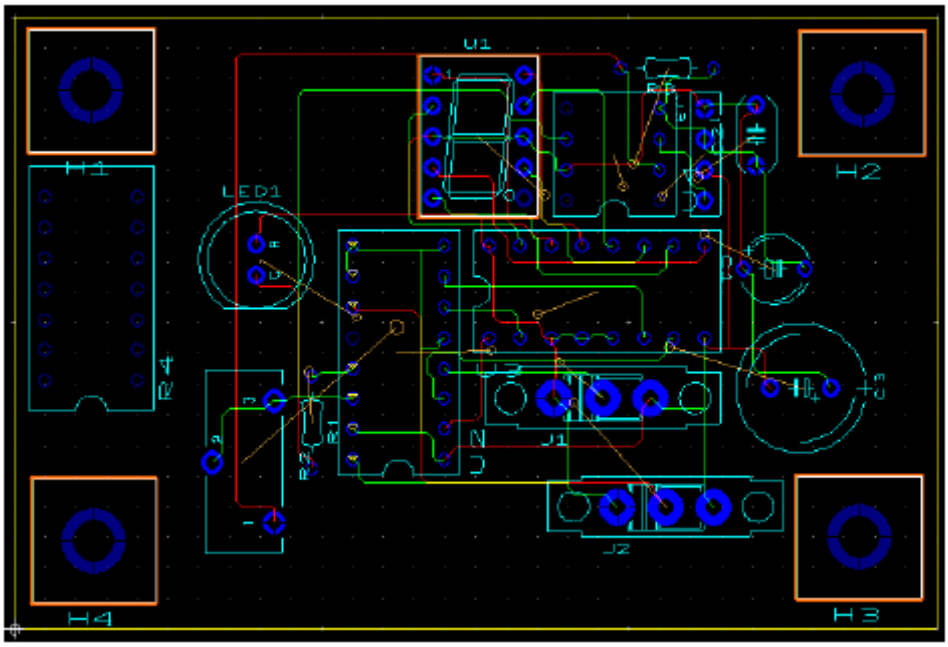
1. 在Ultiboard中打开GS5。
2. 选择**Autoroute/Start Autoplacement**。将这些元件放置在电路板上。



3.6 自动布线

可以采用本章前面所介绍的方法在Ultiboard中放置布线，也可以采用下述方法自动布线：

1. 选择**Autoroute/Start/Resume Autorouter**。工作空间变为自动布线模式，并开始自动布线。随着自动布线的进行，将会发现布线是放置在电路板上的。当自动布线完成时，自动布线模式结束，重新返回到工作区。
2. 另外，还可以选择**Autoroute/Start Optimization**来优化布线。



可在任意时候中止自动布线，并做一些期望的手工改变。重新启动自动布线器时，它会保存所作的改变并继续进行布线。记住要锁定那些手工放置且不希望被自动布线器移动的布线。

使用**Routing Options**对话框来更改自动布板和自动布线的选项。请参阅《Ultiboard用户手册》获取详细信息。

3.7 其他特性

Ultiboard还具有很多其它有用的特性，包括：

• **网桥** ——用于在不同焊盘之间建立连接（例如：数字地和模拟地），同时不丢失任一焊盘的原有特性

• **PCB传输线计算器**——用于计算典型印刷电路板布线的几何形状参数。这些参数包括：

- •特性阻抗（Zo）
- •单位长度电容（Co）
- •单位长度电感（Lo）
- •传输延迟（tpd）

• **PCB差分阻抗计算器**——对传输同相信号和反相信号（差分对）的两根导线执行计算。计算的差分对参数包括：

- •特性阻抗（Zo）
- •单位长度电容（Co）
- •单位长度电感（Lo）
- •传输延迟（tpd）
- •差分阻抗（Zdiff）

3.8 为制造/装配准备

Ultiboard能够生成很多不同的输出格式，以支持生产与制造需要。本节讲解一些用于输出电路板的功能，以供生产和记录。

3.8.1 清除电路板

在将电路板送出制版之前，应该清除所有的布线开端（即设计过程中没有任何终止连接的布线段），以及留在电路板上未被使用的过孔。

- 要删除布线开端，应保证GS4设计是打开的。选择**Edit/Copper Delete/Open Trace Ends**，删除设计中的所有布线开端。
- 要删除未被使用的过孔，应保证设计是打开的。选择**Design/Clean Unused Vias**，删除所有未与任何布线或敷铜区域相连的过孔。

3.8.2 增加注释

注释可用于指示工程改变命令，使小组成员间的合作工作更为便利，或允许将背景信息附到设计图纸中。

可以将注释加到工作区，或者直接加到一个元件上。当加有注释的元器件移动时，注释随之移动。

更多详细信息请参阅《Ultiboard使用者向导》。

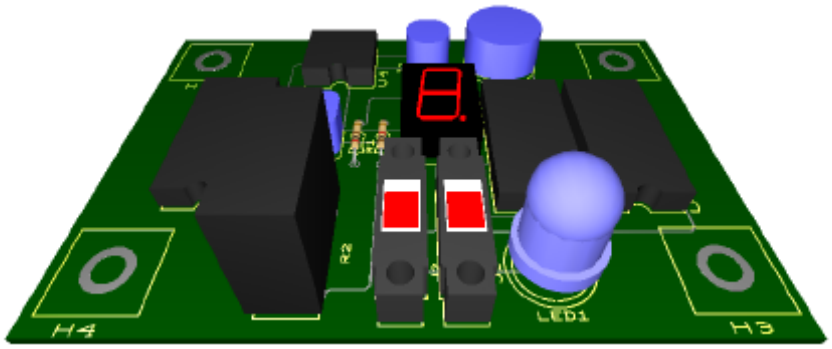
3.8.3 输出文件

输出文件就是指从Ultiboard中生成一个某种格式的输出文件，该格式可以被电路板制造商识别。输出的文件中包含了关于如何制造电路板的完整信息。可以输出的文件包括Gerber RS-274X和RS-274D 文件。

完整的详细信息请参阅《Ultiboard用户手册》。

3.9 在3D中观察设计

Ultiboard可以在设计过程中的任意时刻，在三维中观察电路板的外形。完整的详细信息请参阅《Ultiboard用户手册》。



可以使用**Internal View（内部视图）**观察多层PCB的层与层之间的视图。更多详细信息请参阅《Ultiboard用户手册》。

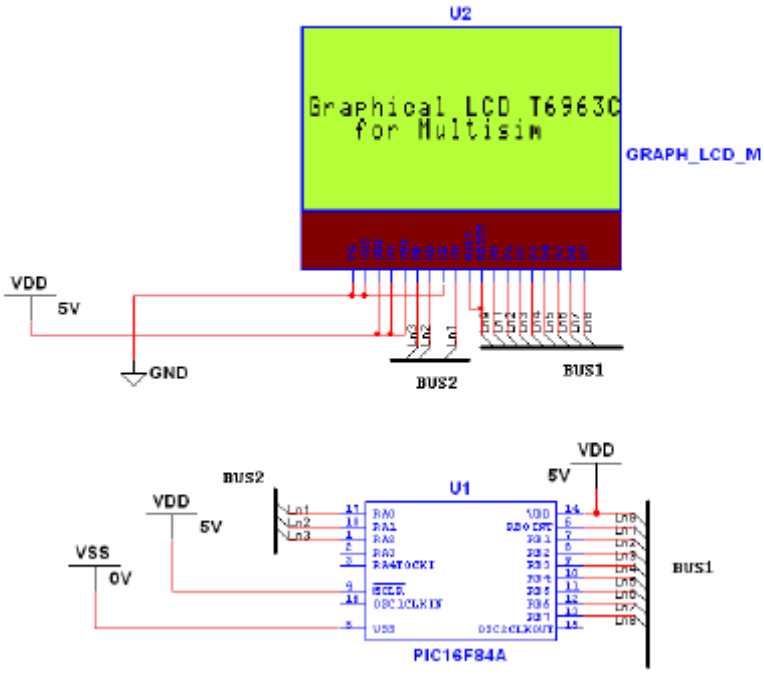
第四章
Multsim MCU模块指南

本章的指南将介绍包含微控制器的电路仿真和调试的整个过程。
本章将讨论如下主题：

Subject	Page No.
Overview	4-1
About the Tutorial	4-2
Understanding the Assembly Program	4-4
Advanced Features	4-7
Debug View Overview	4-7
Adding a Breakpoint	4-9
Break and Step	4-10
Break and Step Out	4-12
Break and Step Into	4-12
Break and Step Over	4-12
Run to Cursor	4-12

4.1 概览

本指南使用的文件随NI电路设计套件软件一起安装，位于...\samples\Getting Started中。
本指南采用Getting Started MCU.ms10，由于需要，该文件存取了LCDWorkspace文件夹中的内容。
LCD图形显示电路的例子，描述了基于Toshiba T6963C控制器和外部显示RAM的Multisim中，PIC微控制器对图形LCD显示元件的控制。为了控制LCD的显示，微控制器通过LCD数据线和控制线，将信号发送至LCD。为微控制器编写的软件程序决定了管脚电平的高低，以发送命令或数据到LCD显示。



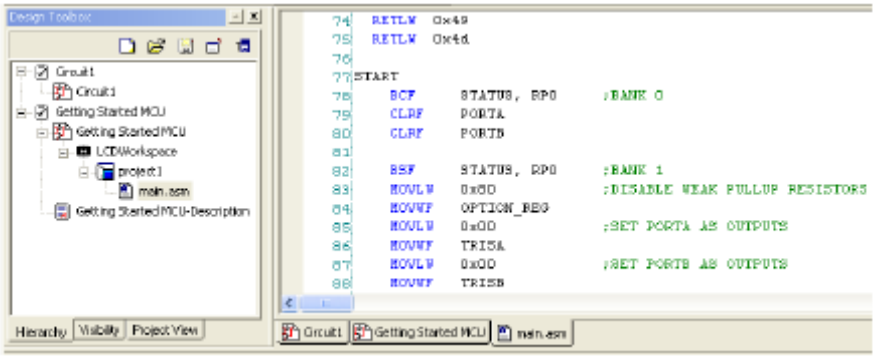
4.2 关于指南

LCD U2的数据线连接到微控制器U1的RB0 – RB7管脚。LCD 的控制线连接到微控制器的RA0 – RA2管脚。MCU U1与LCD U2通过这些连线进行通信。数据并行发送到U2，控制线上的数据决定了时序和发送的数据类型（即地址或数据）。

LCD图形显示有三种操作模式：文本模式、图形模式和文本图形混合模式。该例子描述了文本图形混合模式下对LCD图形显示的控制。MCU运行的软件包含在MCU的工作空间中，在**Design Toolbox**中显示为**LCDWorkspace**。该工作空间中有一个名为project1的工程，这个工程只包含一个源代码文件main.asm。

➢ 如何查看文件：

1. 在**Design Toolbox**中双击main.asm。在工作空间中会弹出一个名为main.asm的标签页，显示汇编程序。



➢ 选择**MCU/Show Line Numbers**可以显示行号。

➢ 仿真该电路：

1. 选择**Simulate/Run**。如果先前没有构建程序，将弹出一个对话框，提示结构体中不包含数据，询问是否需要建立一个程序。单击**Yes**。创建的结果显示在**Spreadsheet View**中的**Result**选项卡中。如果没有错误或警告，则程序创建成功。（范例程序应当没有错误）。

   该程序在文本模式下显示字符串“Graphical LCD T6963C for Multisim”；然后LCD切换到图形模式，在文本的上方以点阵方式画出一个倒置的“V”。

   字符串显示后，文本先向右滚动随后向左。这是通过移动LCD显示中的文本缓冲器的起始地址实现的。这同时表明了LCD中包含两个缓冲器，一个用于存储图形，另一个用于存储文本。这还显示了LCD的其他特性，例如文本闪烁、字符擦除等。周期地执行LCD显示程序，以显示所有这些效果。

➢ 选择**Simulate/Stop**停止仿真。

4.2.1 理解汇编程序

常量和数据

为了让程序便于理解，在程序的开始，采用常量对LCD显示命令和MCU中存储地址和数据的临时缓冲区进行预定义：

```
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_ADPSET           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
```

对某些微控制器，LCD上显示的文本存储在数据表中，但是没有PIC汇编指令允许你直接录址程序存储器中的数据，因此，可以将值装载到W寄存器，这样可以编写一个基于索引以返回字符串值的程序。RETLW指令装载一个常数到W寄存器，并在这条指令中执行RETURN。TXPRT程序获取在LCD上显示的文本数据。LCD显示的字符代码在T6963C控制器的参考手册中有相关定义（例如：字母“G”的代码是0x27，“r”是0x52）：

```
;  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
  ..
```

初始化

如下面程序段所示，初始化代码从START标签处开始。微控制器的管脚设为输出管脚，管脚状态都被复位。LCD显示元件由微控制器初始化，并设为图形文本混合模式。LCD的内部图形和文本缓冲器的起始地址分别设为0x0000和0x2941，这些地址决定了从什么地方开始显示缓冲区数据。最后，控制信号控制LCD显示信号的读写。

```
START
        BCF     STATUS, RP0             ;BANK 0
        CLRF    PORTA
        CLRF    PORTB

        BSF     STATUS, RP0             ;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, RP0             ;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
```

显示文本和图形

下面的程序通过MCU的控制线RA0到RA2向LCD发送图形显示指令，通过数据线向LCD发送图形显示数据。

```
;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
```

例如：上面是摘自程序中主循环的一段程序，将TXPRT子程序中定义的字符串以文本模式发送到LCD进行显示。

下面的代码将LCD设为自动写模式：

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

从此处开始，程序开始计数，执行LOOP_READ_DATA2 循环35次。该循环调用TXPRT子程序重新获取文本数据并将其装载到W寄存器中，然后再调用子程序ADT。在ADT子程序中调用SEND_DATA，将W寄存器中的值写到端口B，等待发送到LCD的数据线上。一旦数据发送成功，微控制器端口A发送适当值至LCD的控制线，让其知道可以读数据了。所有子程序在调用完后，最终都返回至下一条指令。不断重复直至所有的35个字符都发送出去。上面程序段的最后三条指令，是在循环退出时关闭LCD的自动写模式。

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

下面的几条指令在图形显示模式下，画出水平线和斜线。

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

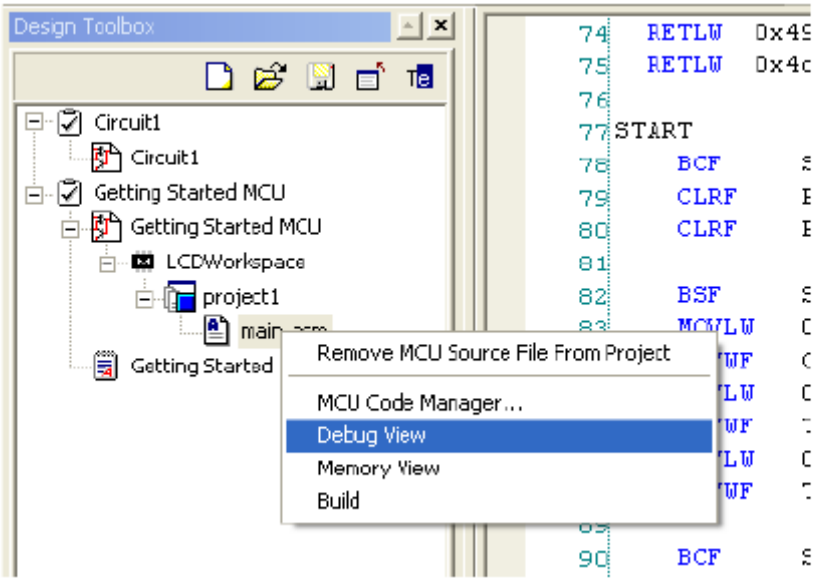
4.3 高级特性

本节逐步演示Multisim MCU模块的调试功能。重要的是，应完全按照本文顺序执行下列步骤，否则，说明将不再适用。当你理解了断点和单步执行的特性，你就可以探究高级MCU调试技巧。

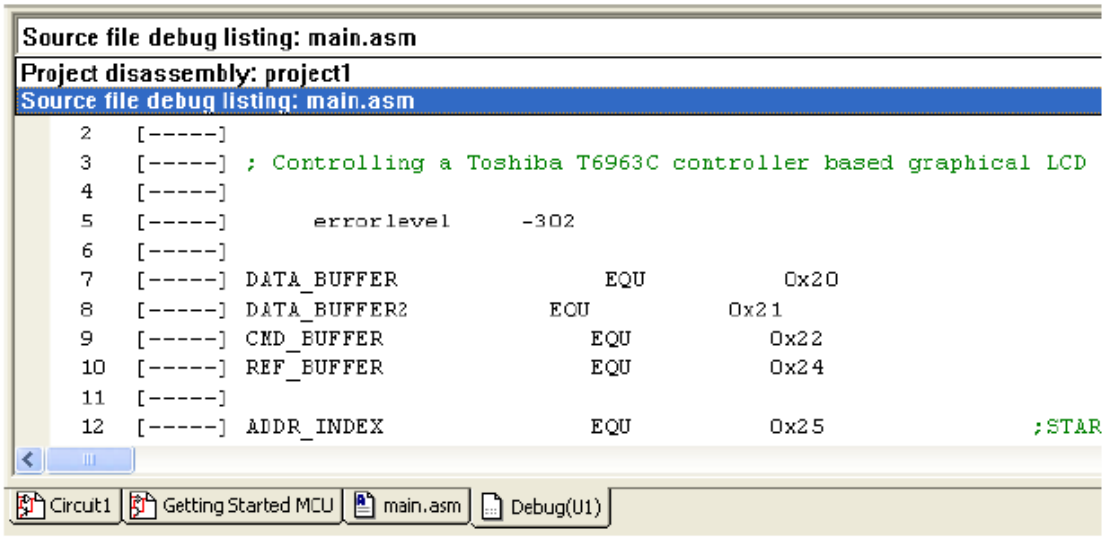
4.3.1 调试视窗概览

不管是用C或者汇编来编写一个微控制器程序，都要将源代码文件(.asm, .inc, .c, .h)作为MCU工作区的一部分。反过来，这些文件都可以源代码窗口中进行编辑。

- 进入源代码窗口：
  1. 在**Design Toolbox**中的MCU工作空间中双击文件名（如：main.asm）。
     仿真过程中，附加的调试信息可帮助理解MCU内部所发生的事件。例如，通过切换观察，你可以看到高级语言源代码的执行过程，也可以看到汇编指令代码中的事件。其中汇编指令代码还显示了正由MCU执行的指令的真实操作码。
     源代码视窗无法显示所有信息。不过，电路设计中的每一个MCU元器件都有自己的**Debug View**，可以显示调试信息。
- 进入调试窗口
  1. 选择MCU/MCU PIC 16F84A U1/Build
     注意：调试视窗只有在成功编译好代码后才可见，所以前述步骤仅须执行一次。
  2. 选择MCU/MCU PIC 16F84A U1/Debug View
     或者
     在**Design Toolbox**的MCU工作空间中，在项目上右击相关菜单。



在原理图输入空间中打开另一个标签Degug(<MCU的参考标号>），本例中就是Debug(U1)。



采用**Debug View**顶部的顺序列表，选择由Multsim内部生成的反汇编指令，或选择由汇编器或者编译器生成的列表文件（列表文件的格式取决于编写代码的工具）。

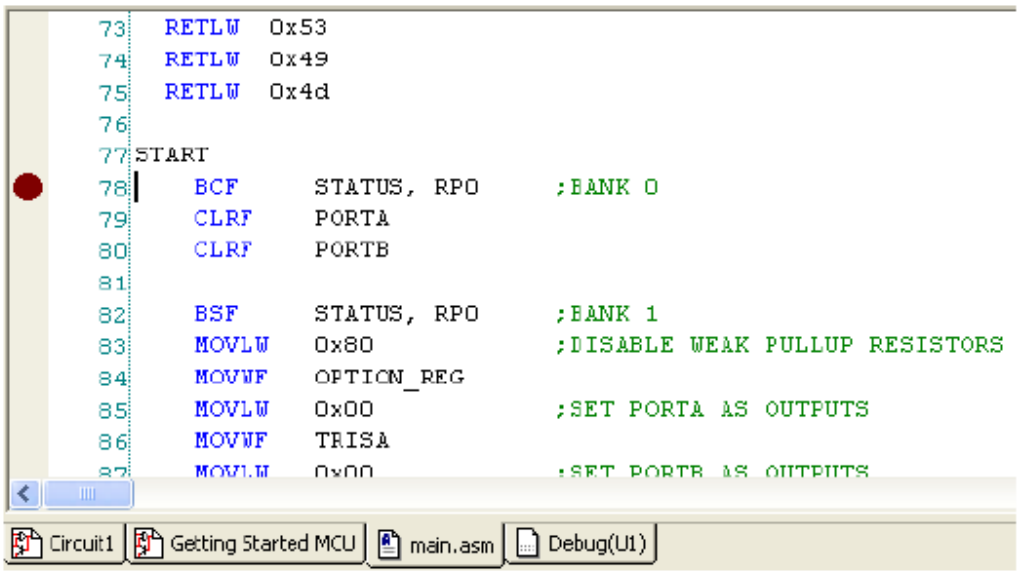
在LCD图形显示的例子中，代码使用汇编语言编写并由汇编工具编译。微芯片汇编器生成一个列表文件(.lst)，其中包含每一个汇编指令的所有操作码。调试列表窗口显示该列表文件的信息。Multisim采用内部的反汇编器将操作码反汇编成汇编指令。

本例中无须这种格式，因为调试列表包含了所有必需信息。当MCU工程仅装载了机器码(.hex)时，这时反汇编窗口将显示反汇编操作码指令，以便观察MCU中发生的事件。因为这种类型的MCU工程没有列表文件，所以反汇编窗口是非常有用的。

4.3.2 增加断点

无论仿真停止后或者正在仿真中，都可在源代码窗口中增加断点。有两种方法可增加断点：
一种是在源代码窗口中增加断点。本例中，原理图输入工作区中的main.asm是唯一可视的源代码窗口。

注意：如果MCU设计包含不止一个文件，则每一个源代码文件都有一个源代码窗口。
另一种方法是在**Debug View**窗口中设置断点。你可以在反汇编或调试列表窗中设置断点。但是本例中，仅使用调试列表视窗。



➢ 在源代码视窗中增加断点：

1. 创建MCU工作空间。
2. 打开U1的**Debug View**。
3. 在**Debug Toolbox**中双击main.asm。
4. 滚动至START标签下的第一行语句：BCF STATUS, RP0
5. 双击main.asm窗口中BCF STATUS, RP0语句的左边第一列（灰色）。将在该位置出现一个红色圆点，表明在该行语句设置了一个断点。
6. 选择**Simulate/Run**。仿真在设置了断点的地方自动暂停。**Simulate/View**自动以黄色箭头指示MCU程序暂停的地方。

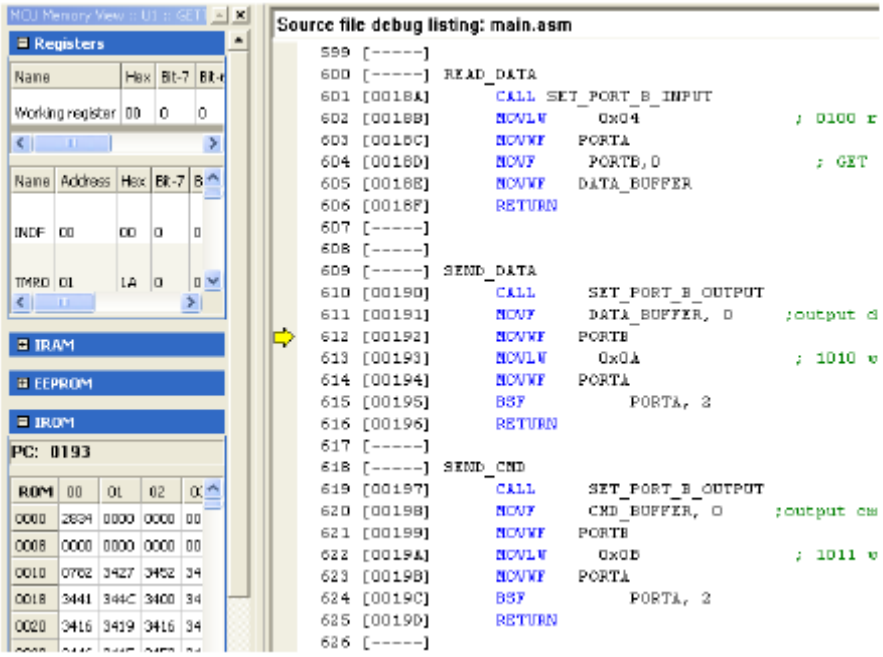
➢ 删除断点：

1. 双击**Debug View**或main.asm源代码视窗中的的断点或选择**MCU/Remove all breakpoints**，删除所有断点。

注意：可以用与源代码视窗中一样的方法，在**Debug View**中增加和删除断点。

4.3.3 断点和单步执行

1. 选择**MCU/Remove all breakpoints**删除所有断点。
2. 进入电路设计视窗(即**Getting Started MCU**标签)，然后选择**Simulate/Run**。图形LCD元器件上开始显示字符串“Graphical LCD T6963CC for Multisim”。
3. 选择**Simulate/Pause**。
4. 进入U1的**Debug View**，注意到调试列表视窗中，最左列的黄色箭头指示MCU停止执行地方的代码语句。



5. 选择**MCU/MCU PIC16F84A U1/Memory View**，观察微控制器U1内部的存储器当前状态。注意到**IROM**段程序计数器PC的值比黄色箭头指向的代码语句的地址大1。（在上图中，**Debug View**中的地址是192，而**Memory View**中的PC值是193）。

注意：当你在MCU还没有结束当前命令时就暂停仿真，则程序计数器的值将与地址值一致。你还可以通过**Memory View**中的其他段来观察微控制器中存储器其他部分的值。

6. 单击**Simulation**工具条中的**Step into**按钮。
7. 执行当前指令，在下一条指令处仿真暂停。
8. 选择**Simulate/Stop**。

4.3.4 断点和跳出

1. 在SEND_DATA子程序中的MOVWF PORTB处放置断点。
2. 选择**Simulate/Run**。仿真将在断点处暂停。
3. 单击**Simulation**中的**Step out**按钮，跳出SEND_DATA子程序。
4. 仿真继续执行SEND_DATA中所有剩下的指令，然后在调用SEND_DATA子程序的那条语句后的第一条指令处暂停。

4.3.5 断点和单步进入

1. 选择**MCU/Remove all breakpoints**。
2. 在调用SEND_DATA的地方（刚刚从此处跳出），就在黄色箭头的上方，放置一个断点。
3. 选择**Simulate/Run**。仿真将在刚才设置断点的地方暂停。
4. 单击**Simulation**工具条上的**Step Into**按钮。仿真将在SEND_DATA子程序内部暂停。

4.3.6 断点和单步跳过

1. 选择**Simulate/Run**。仿真将在前面设置的同一个断点处暂停，即调用SEND_DATA子程序的地方。
2. 单击**Simulation**工具条上的**Step Over**按钮。执行整个SEND_DATA子程序，仿真将在指令CALL SEND_DATA后的一条指令处暂停。

4.3.7 运行到光标所在位置

1. 选择**MCU/Remove all breakpoints**。
2. 我们已知SEND_DATA子程序将被再次调用以发送数据到LCD显示上，所以单击该子程序内部的一条指令。

3. 单击**Simulation**工具条上的**Run to Cursor**按钮。仿真一直运行，直至MCU到达SEND_DATA子程序内部单击过的指令处。然后仿真暂停，并将黄色箭头放置在该语句处。

附录A – 支持和服务

A.1 技术支持和专业服务

访问NI网站ni.com的下述部分，可获得技术支持和专业服务：

• **支持**——ni.com/support上的在线技术源支持包括如下内容：
  • **自助资源**——请访问一流的NI网站以获得答案和解决方案。其中包括：软件驱动和升级、可搜索知识库、产品手册、逐步解决问题向导、数千个程序样例、指南、应用笔记、仪器驱动等等。
  • **免费技术支持**——所有注册用户可获得免费基本服务，其中包括可以在NI论坛（ni.com/forums）中向全球的数百个应用工程师进行咨询。NI的应用工程师确保回答每个问题。关于您领域中其他技术支持选项，请访问ni.com/services或在ni.com/contact上与您所在的当地办事处联系。
•
• **培训和认证**——请访问ni.com/training获得自同步训练、电子学习、虚拟课堂、交互式CD，以及认证课程信息。你还可以在全球范围内注册，获得有教师指导的上机课程。
• **系统集成**——如果您受时间约束，或者受限的内部技术资源，或者其他的一些工程挑战，NIAP成员能够提供帮助。致电您当地的NI办事处或者访问ni.com/alliance获得更多信息。

如果您搜寻了ni.com而且没有找到您需要的答案，请联系您当地办事处或者NI总部。我们全球办事处的电话号码已经列在这本手册的前面。同样您还可以访问ni.com/niglobal上的全球办事处部分，进入分部办事处网站。那里提供了最新的联系信息、支持电话号码、email地址，以及当前活动。