

目录

第一部分	ISIS 原理图绘制	1
介绍		1
创建一个新的工程		2
使用向导		4
缩放		5
平移		6
设计视觉帮助		6
快捷键		7
显示选项		8
设计概述		9
电路描述		10
原理图绘制入门		10
从库中选取元件		10
在原理图中放置元件		13
连线		17
元器件的标签和标号		21
快速操作技巧和块编辑		23
多页设计和连接性		25
在设计中添加新图纸		26
命名/管理/浏览图纸		26
图纸间的连接		28
门交换		29
准备绘制 PCB		30
封装分配		30
网络连接		32
设计检查		33
设计浏览器		33
物料清单		35
打印		40
附录: 创建新元件		41
图形和引脚		42
添加封装		46
添加属性		49
添加数据手册		50
选择索引和库		51
第二部分	ARES PCB 布版	53
简介		53
PCB 布版编辑器概述		53
主窗口		54
控制工具栏		55
浏览		56
设计视觉帮助		56

显示选项.....	57
放置元件.....	59
元件和封装.....	59
电路板板边.....	60
工作区域、坐标和捕捉.....	61
放置元件和飞线.....	64
安装孔和焊盘样式.....	67
设计规则和网络分类.....	71
设计规则.....	71
网络类.....	72
禁止布线区.....	74
电路板布线.....	76
手动放置一根导线.....	76
删除布线.....	79
编辑布线.....	80
层对和手动布线.....	80
基本自动布线技术.....	82
选择过滤器.....	83
高级自动布线技术.....	85
网络表和设计更改.....	87
实时网表.....	88
批处理网表.....	89
标注.....	90
通用网表规则.....	90
电源覆铜和槽.....	91
放置电源覆铜.....	91
嵌套和孤岛.....	92
开槽.....	93
3D 视图.....	95
基本的浏览操作.....	95
裸板视图和高度限制.....	95
自定义视图.....	96
实时更新.....	96
PCB 板输出选项.....	97
打印.....	97
输出生产文件.....	97
附录：创建新的封装.....	99
绘制封装.....	99
制作封装.....	105
3D 视图.....	106
第三部分 VSM 虚拟系统模型.....	107
介绍.....	107
建立工程.....	108
编译器配置.....	108

运行仿真.....	110
注意事项.....	111
写固件程序.....	112
调试弹出窗口.....	115
基本调试.....	117
注意事项.....	119
监视窗口.....	119
硬件断点.....	121
交互式测量.....	123
基于图表的测量.....	125
诊断信息.....	129
第四部分 图表仿真教程.....	133
引言.....	133
开始.....	133
激励源.....	134
探针.....	135
图表.....	135
仿真.....	138
测量.....	139
电流探针.....	141
频率分析.....	142
扫描变量分析.....	144
噪声分析.....	145

日期/版本	修改内容	作者
20140118 V8.1	依据 Labcenter 原版 Proteus 使用教程翻译完成。 如有错漏，欢迎指正：support@windway.cn	范林、张九龄翻译 王荣华、陈美兰校对

第一部分 ISIS 原理图绘制

介绍

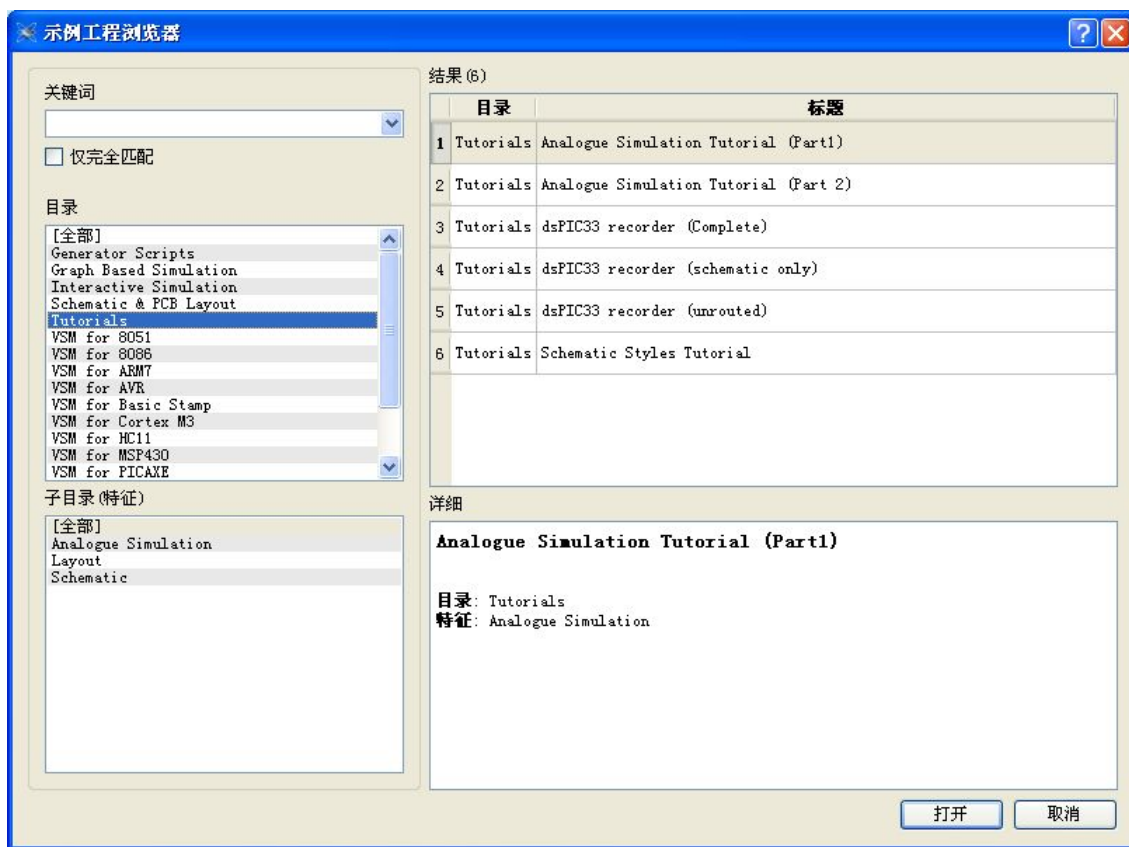
本教程的目的是通过介绍一个相对简单的电路图搭建的整体流程，让您熟悉了解如何使用 Proteus 软件的原理图设计模块（ISIS）。我们将从介绍一些简单的基本操作开始，例如放置和连接各种元器件让您了解软件的基本使用；在此之后，将会介绍一些较为复杂的编辑工具，例如创建一个新的元件。

在 PCB 制作模块（ARES）教程里，将使用本教程绘制完成的原理图来制作 PCB，这两个部分将构成一个完整的电路设计流程。

如果您想跳过本教程直接进行 PCB 的设计，那么您可以使用 DSPIC33_REC_SCHEMATIC.pdsprj 文件来进行，它包含了一个完整的原理图；

如果你想直接进行布线操作，那么您可以使用 DSPIC33_REC_UNROUTED.pdsprj 文件；如果你想看到最终的设计结果，那么请打开 DSPIC33_REC_COMPLETE.pdsprj 文件。

以上全部工程都可以从 Proteus 8 主页内使用“打开示例工程”按键来打开。



注意：本教程中使用的快捷键都是软件安装时默认的快捷键，如果软件安装完成后你修改了快捷键，那么本教程提到的快捷键可能无效。

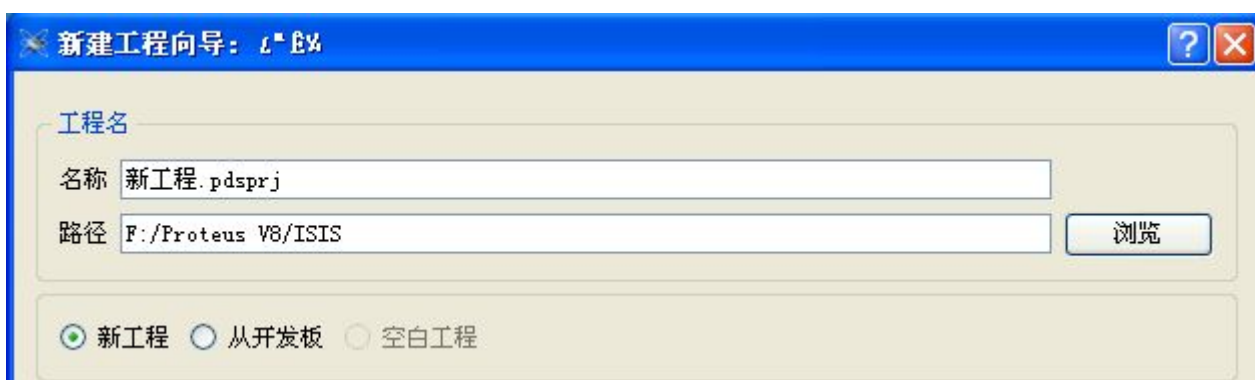
创建一个新的工程

假定此时您已经安装了 Proteus 8 软件。

单击“开始菜单”，选择“Proteus 8 Professional”文件夹，再点击“Proteus 8 Professional”打开应用程序。在绘制原理图之前，我们必须新建一个 Proteus 工程。由于本教程是与 PCB 绘制教程相关联的，在这里我们将新建一个带有原理图和 PCB 的 Proteus 工程。点击在 Proteus 主页顶部的“新建工程”按钮。



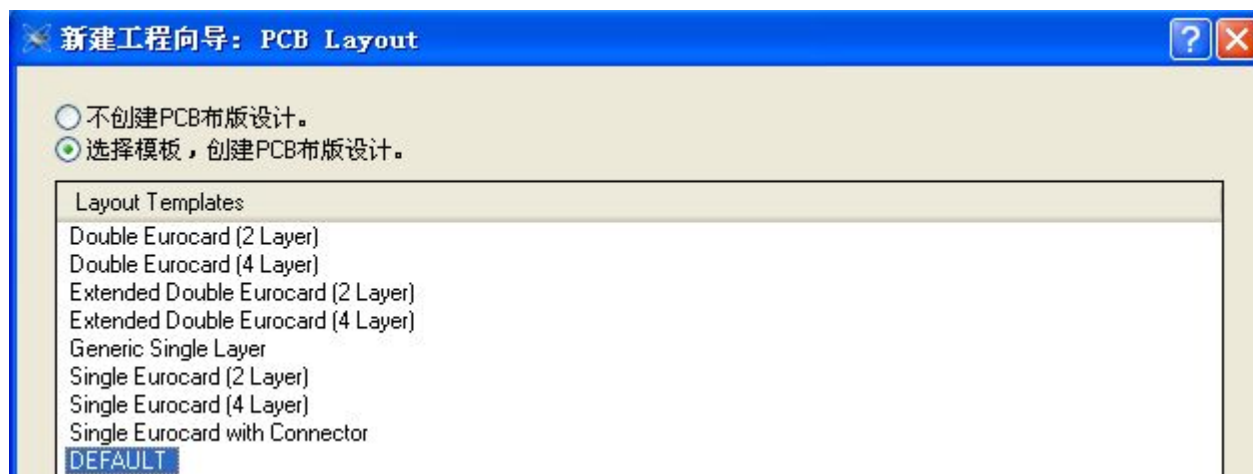
在“新建工程向导”的第一页将指定这个工程的文件名和保存路径。



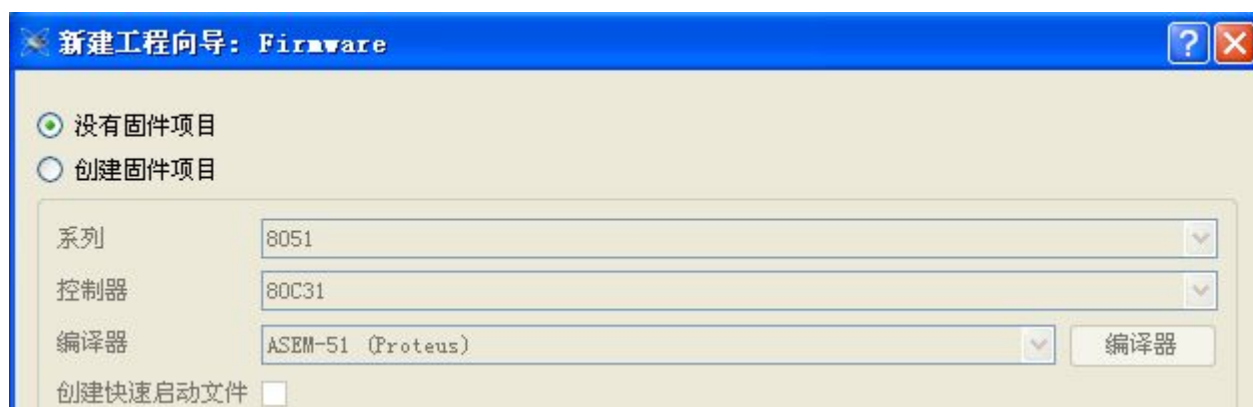
我们需要绘制原理图，在下一页的顶部选项卡中，勾选“从选中的模版中创建原理图”，然后选择默认模版。



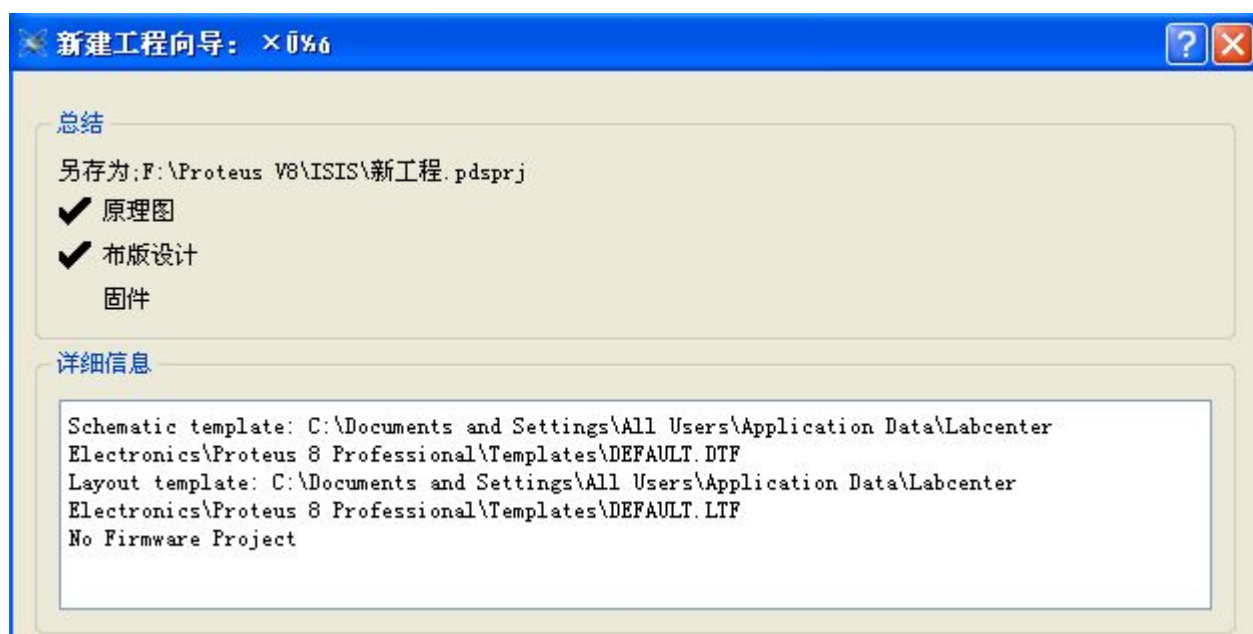
类似地，我们需要进行 PCB 设计，勾选“从选择的模版中创建 PCB 设计”，并选择默认模版。



我们不对这个设计进行仿真，所以在仿真固件页面设置为空



点击“下一步”到汇总页如下图所示：



点击“完成”按钮，完成新建工程过程。

原理图模版可以包含图纸的大小，主题颜色，公司标志，标题块和其他各种美观预设。有关原理图模版的详细说明请参考 ISIS 帮助文档中模版章节的内容。

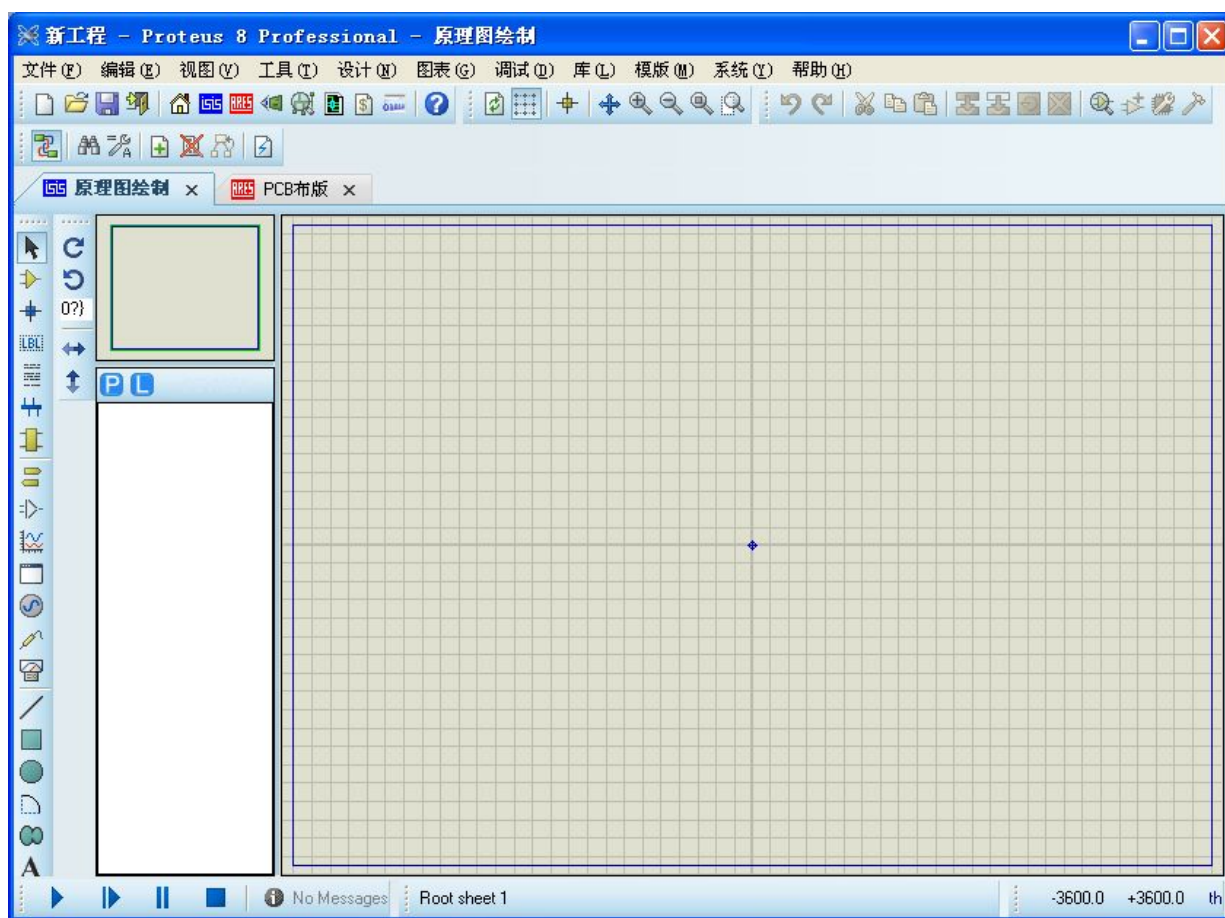
PCB 模版可以包含板边缘，安装孔，设计规则，层堆栈和其他各种设计技术信息。有关 PCB 模版的详细说明请参考 PCB 帮助文档中模版章节的内容。

建立好项目后，软件将打开两个选项卡，一个原理图设计，另一个是 PCB 设计。单击原理图选项卡可以将 ISIS 模块至于页面最前端。



使用向导

屏幕显示最大的区域称为编辑窗口，它的作用类似于一个绘图窗口，这将是您放置和连接元器件的区域。在屏幕左上方的那个较小的区域称为预览窗口。预览窗口用来预览当前的设计图，蓝色边框显示的是当前图纸的边框，而绿色边框表示的是编辑窗口的大小。然而，当从对象选择器中选择一个新对象时，预览窗口则是用于预览这个被选中的对象，这个稍后再介绍。

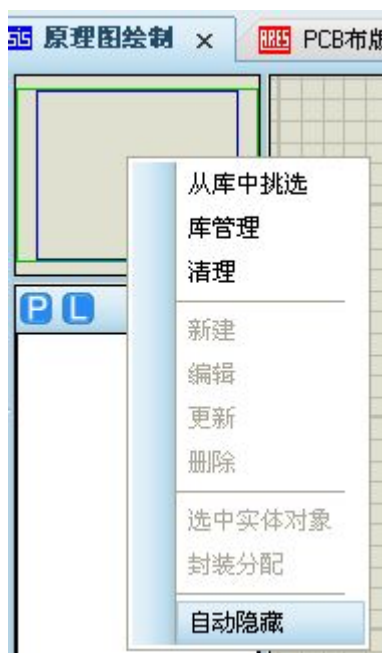


ISIS 原理图绘制窗口

如果您不喜欢工具栏的默认位置，您可以移动它们，并将它们放置到软件的任何一个边缘即可。类似地，您可以通过拉拽对象选择器和预览窗口的右端穿过编辑窗口，将它们放置在软件的右端。

工具栏和菜单选项将会随着被选中选项卡而变化。在本 ISIS 教程中，使用到的工具按钮和菜单都是在原理图绘制选项卡被选中的情况下。

在对象选择器或在预览窗口右键单击鼠标，将出现一个弹出菜单，其中包括“自动隐藏”选项。选择自动隐藏预览窗口和对象选择器，将使编辑窗口占有最大的可视面积，对绘制原理图有很大的帮助。选择了自动隐藏功能后，对象选择器和预览窗口将最小化为一个弹出框，当鼠标放在上面时或者选择不同的对象模式时，弹出框重新打开成对象选择器和预览窗口。



自动隐藏对象选择器







设备模式下自动隐藏的对象选择器

浏览编辑窗口有以下两种方式：缩放和平移，详细说明如下：

缩放

有如下几种方法可以对原理图进行缩放：

-  移动鼠标到需要缩放的地方，滚动鼠标滚轮进行缩放。
-  移动鼠标到需要缩放的地方，按键盘 F6 放大，F7 缩小。
-  按下 SHIFT 键，鼠标左键拖拽出需要放大的区域，这叫 SHIFT ZOOM 功能。
-  使用工具条中的 Zoom in(放大)、Zoom Out(缩小)，Zoom All(全图)，Zoom Area(放大区域)进行操作，如下图所示：




按 F8 键可以在任何时候显示整张图纸。

SHIFT ZOOM 功能和滚轮缩放也可应用于预览窗口，在预览窗口进行操作，编辑窗口将有相应变化。

平移

有如下几种方式在编辑窗口进行平移操作。

- 按下鼠标滚轮，出现光标，表示图纸已经处于提起状态，可以进行平移。
- 鼠标置于要平移到的地方，按快捷键 **F5** 进行平移。
- 按下 **SHIFT** 键，在编辑窗口边缘移动鼠标，进行平移（Shift Pan）。
- 如果想要平移至相距比较远的地方，最快捷的方式是在预览窗口点击显示该区域
- 使用工具栏平移按钮进行平移。

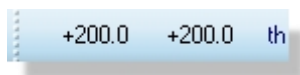
使用第一种方式进行平移时，在图纸提起状态下，也可使用鼠标滚轮进行缩放操作。掌握这些操作将会大大提高原理图绘制效率，特别是滚轮的使用。不但可以用于缩放，还可以用于平移。

如果您愿意多花一些时间来熟悉使用这些 **ISIS** 技巧，这将对您之后的设计起到帮助，例如学会使用滚轮来进行缩放和移动将为您节省宝贵的时间。

可以在编辑窗口显示网格点和网格线来作为视觉辅助。在“视图”菜单下调用“切换网格”命令，或者在工具栏上点网格图标，可以切换网格的显示。网格可以帮助你放置器件和进行连线进行快速对齐。如果你看不到网格，可能需要调整你的显示器的对比度，或者在“模版”->“设置设计颜色”菜单下改变网络的颜色（默认的颜色是轻灰色）。

在预览窗下方是对象选择器（即对象列表窗），用来选择器件、符号和其他库对象。后面我们将进一步熟悉对象选择器的使用。

最后，在屏幕底部是坐标显示栏，如下图所示，显示鼠标指针的当前坐标值。坐标的单位是 **th**（即千分之一英寸，与 **mil** 相同），坐标原点在图纸的中心。





注意 **ISIS** 允许对所有工具栏进行重定位，并可以调整对象选择器/预览窗的大小和位置。本教程是以它们的默认位置来讨论的。







设计视觉帮助

ISIS 是一个界面非常友好的应用平台，它提供两种主要的可视化的方法，帮助使用者了解正在进行的操作：一是鼠标指向对象时，对象会被虚线包围；二是鼠标光标也会根据其功能发生改变。

简单来说，就是当鼠标移动到某一元件上时，光标的样式会发生改变，表明光标所指的对象可被选中 and 进行操作，这个对象我们称之为“热对象”；不同样式的鼠标光标，表明当您按下鼠标左键时，能够对“热对象”进行不同的操作。

以下是光标含义说明列表：

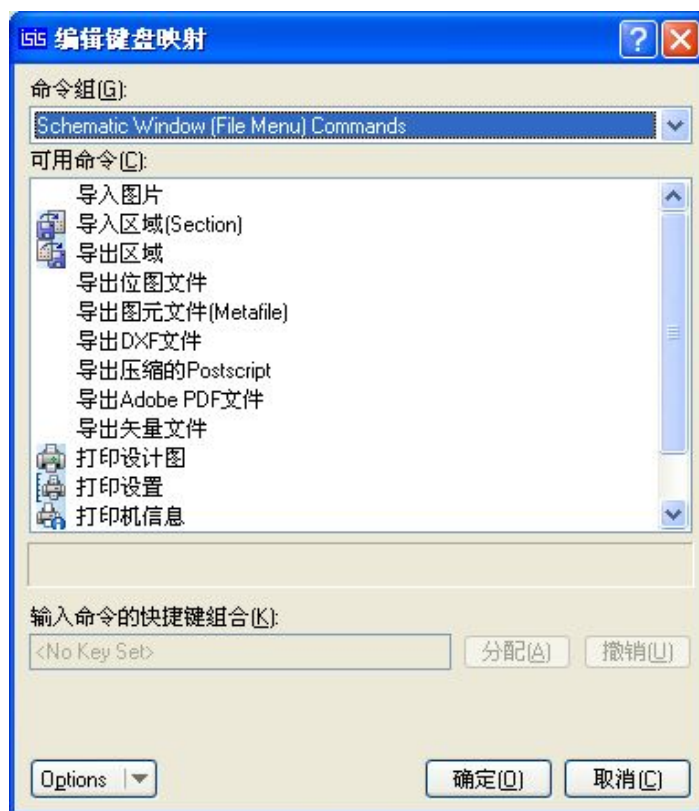
光标	描述
	标准光标-没有指向任何对象时显示。
	放置光标-显示为白色笔型光标，单击放置对象。

	连线光标-显示为绿色笔型光标，单击左键开始连线。
	总线光标-显示为蓝色笔型光标，单击左键开始绘制总线。
	选择光标-单击左键时光标所指对象被选中。
	移动光标-可移动鼠标下的对象。
	拖线光标-按住鼠标左键对连线或 2D 图形进行拖拽调整
	赋值光标-当使用属性赋值工具设置对象属性，鼠标指向对象时，点击左键将把相关属性设置到对象中。

我们将会在教程中使用到不同的光标类型。

快捷键

对于那些喜欢通过键盘操作的用户，Proteus 提供了许多非常灵活的快捷键，并且允许用户设置自己的快捷键。可以从“系统”菜单“设置快捷键”命令中打开设置对话框，在对话框顶端的下拉框中选择所有的菜单命令和操作模式进行设置。只需要简单的选中您所需要的命令，并且分配相对应的按键综合到这个命令即可，如下图所示：



除了标准的 windows 快捷键（如 CTRL+S 为保存命令）不能进行重新映射外，其它的快捷键的设置则没有限制。

显示选项

ISIS 可以有效地利用电脑显卡以提供流畅的操作和显示效果。然而，并不是所有机器的显卡都可以支持软件的使用，故有时候 Proteus 会利用 Windows 系统的某些功能来完成显示和图形选项，以下是所对应的模式：

- ☒ Windows GDI 模式
- ☐ OpenGL 硬件加速模式
- ☐ Direct 2D 硬件加速模式

如果您电脑的显卡不支持硬件加速，ISIS 默认使用 Windows GDI 模式。如果您的电脑显卡可以支持 Direct 2D 和 OpenGL 模式，ISIS 系统将默认使用 Direct2D 模式，因为 Direct2D 模式对所有的显卡都更加兼容和可靠。

在“系统”->“设置显示选项”菜单中设置显示配置。下图所示的某些选项是由一些特定的硬件加速技术所提供的，选择不同的模式，有些选项会失效。



对话框的第一部分是用于显示您的显卡是否支持 OpenGL 或者 Direct2D 硬件加速功能，如果支持，你可以选择相应的模式。

对话框的“自动平移动画”设置部分，可以让您方便调整原理图的操作范围，流畅度和移动速度。例如，按住 shift 按键并且移动鼠标到编辑窗口的边缘，编辑窗口将自动平移。

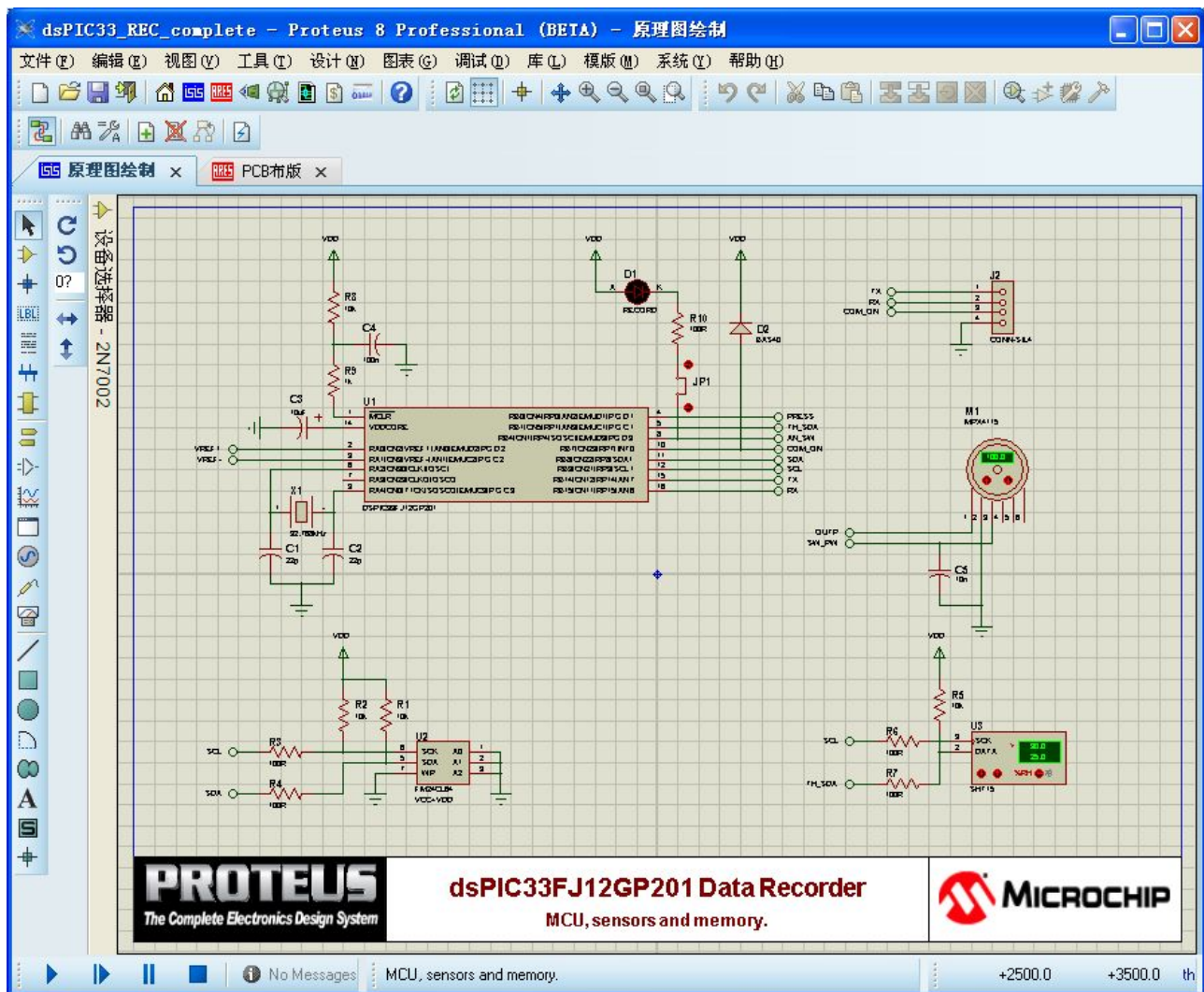
对话框的“高亮动画”设置部分允许你设置当鼠标移动到某一对象时，该对象高亮显示的速度。捕捉速度和释放速度分别是对象高亮显示和恢复默认显示的速度。这些设置只在硬件加速显示模式下有效。

最后，多次采样是 OpenGL 模式下对反锯齿功能的设置，多次采样设置得越高，反锯齿效果就越好，但消耗的 GPU 资源就越多。如果你设置到一个超出显卡硬件支持的采样水平，ISIS 软件将自动选择一个显卡可以支持的采样水平。

OpenGL 模式的多次采样功能跟显卡关系很大，有些可以显示非常平滑的文字，但有些则锯齿明显或者根本就不能显示。因此建议你在使用 OpenGL 模式时关闭多次采样功能。

在 ISIS 的“模版”菜单中还可以设置颜色和风格。可以改变设置中使用的图纸、网格、对象和高亮显示时的颜色和线宽等，请参考帮助文档里面的模版章节以获取更详细的信息。

下面这个图就是我们这个教程将要绘制的电路图-**dsPIC33** 数据采集示例电路。这个电路的绘制过程将会使用到 ISIS 的大部分重要的特性。



DSPIC33 数据采集系统用于收集三个最为重要的环境参数:

- 大气压力
- 环境温度
- 相对湿度

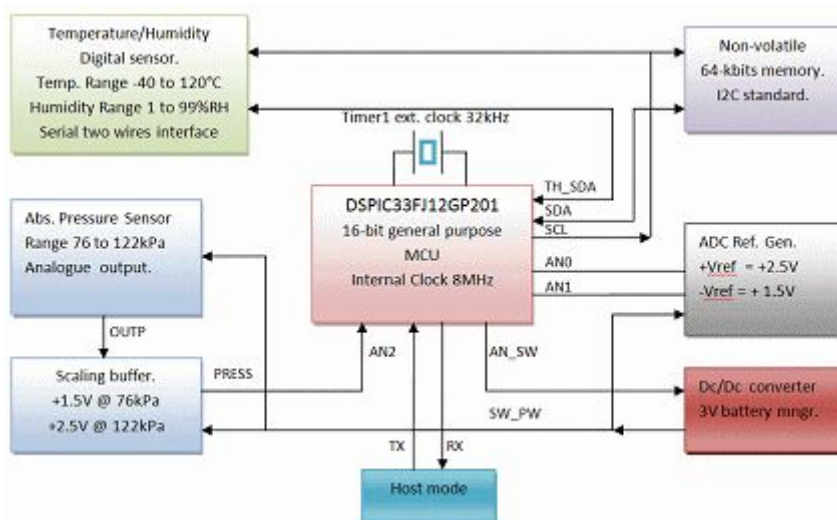
在这个电路中，使用了几个具有内置信号调理或数字接口的集成传感器，用于测量环境参数，使得我们这个dsPIC33数据采集系统的电路大大简化。

所有采集到的数据都会周期性地存储到 **dsPIC33** 的非易失存储器中，这些数据使用二进制格式进行保存，然后再通过串口终端传送给 **PC** 主机。

本系统电路采用电池进行供电,并放置到户外环境中工作,因此电路对功耗进行了特别的优化,使得电池的寿命尽可能地延长。大多数时候,系统电路处于休眠状态,然后会定期苏醒去完成需要的数据采集工作。

电路描述

下面这个方框图描述了电路各个模块之间的行为和操作。本教程主要是用来学习 ISIS 的软件使用，因此，在此过程中，我们只会简单描述电路的结构，但不会对电路工作的原理进行详细的讨论。



原理图绘制入门

我们将从以下几个方面的操作来熟悉如何绘制原理图：从元件库中选取元件、将它们放置在电路图中并进行相应的电路连线。

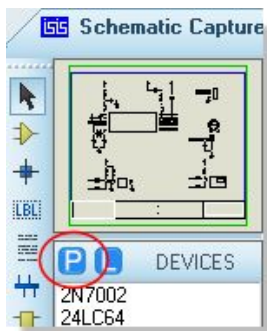
本教程使用到的电路相对有点复杂，因此，会涉及到比较多的绘制步骤。在本节的最后，我们将提供一个完整的原理图给你使用，所以，如果你觉得你已经熟悉基本的软件操作，掌握了操作的技巧，你可以跳过剩下的部分，不必绘制出一个完整的原理图。然而，我们强烈建议您完整读完这个教程，以免错过部分重要特征。

第一件需要做的事情就是从元件库中选取本次设计所需要的元件。

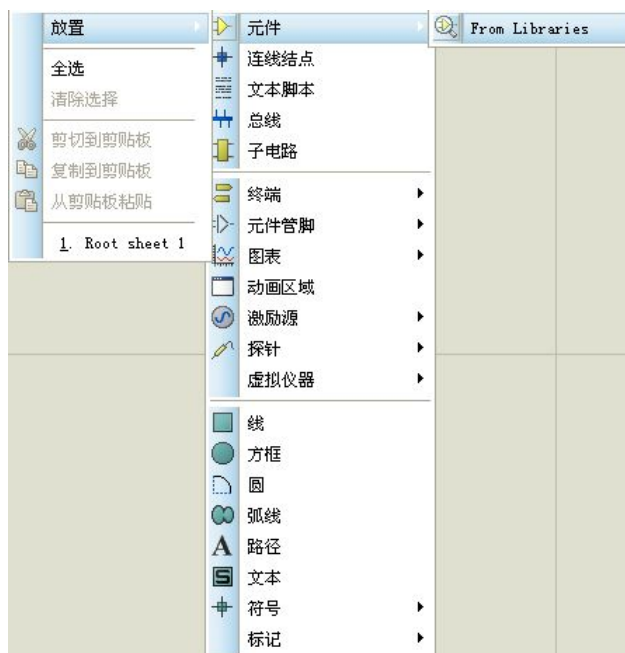
从库中选取元件

有以下两种方法选取元件：

- 如图所示，按下对象选择器左上方的“P”按钮，你也可以通过快捷键来启动元件库浏览器对话框（默认的快捷键是 P）。



在原理图编辑区域的任意位置点击鼠标右键，并且根据图示选择弹出菜单：放置-元件-从元件库中

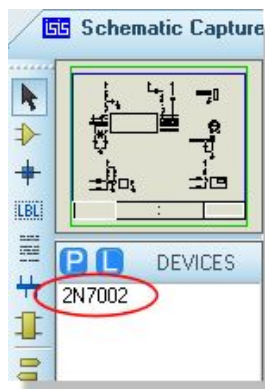


上述两种方法都可以打开元件库浏览器对话框。

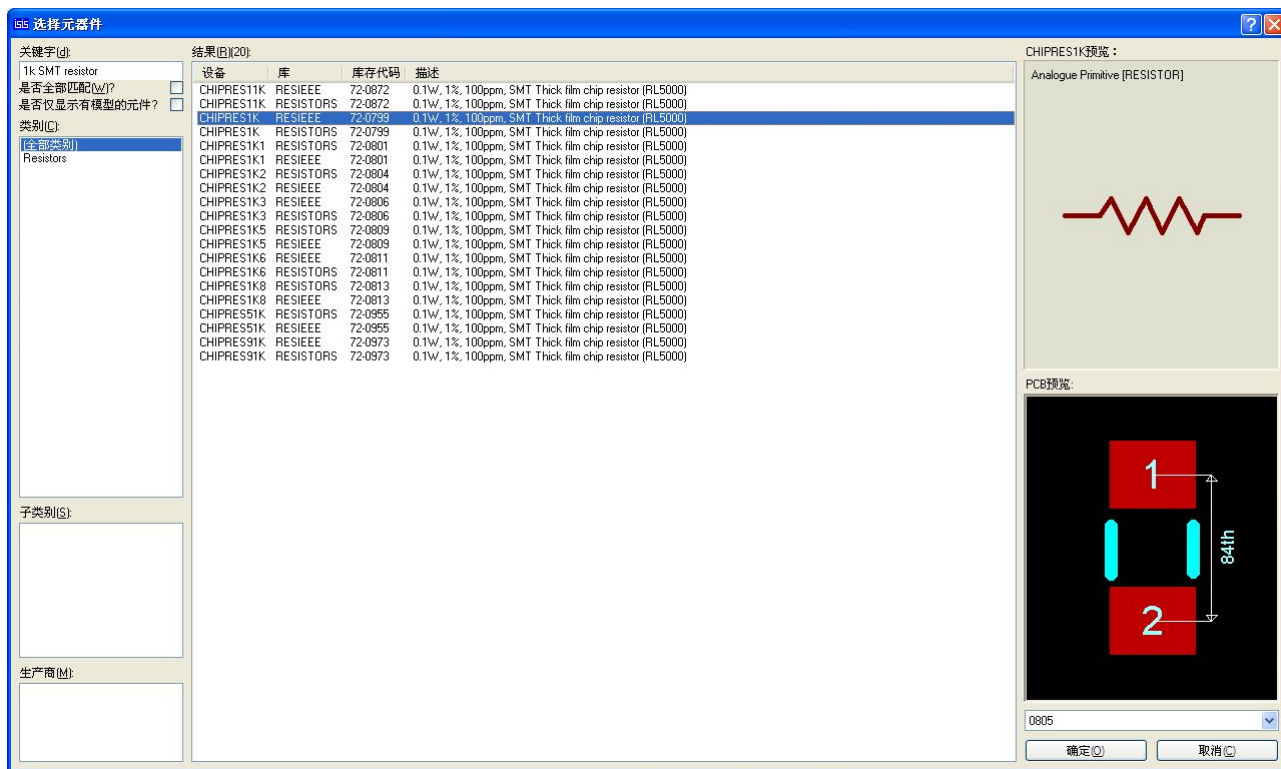
下面列出本电路图所需的元器件名以供参考：

27N002	24LC64	AVX0805NP022P	AVX0805X7R1N	AVX0805X7R10N
AVX0805X7R100N	B82432T1103K000	BAS40	CHIPRES1K	CHIPRES10K
CHIPRES20K	CHIPRES68K	CHIPRES100K	CHIPRES100R	CHIPRES200K
CONN-H2	CONN-SIL4	CONN-SIL6	CRYSTAL	DSPIC33FJ12GP201
JUMPER	LED-RED	LM285-2V5	LM358	MAX1724
MPX4115	SHT15	TAWD106M025R0600		

有下列几种方法可以帮助我们从库中找到所需要的元器件。假如您已经知道所需要的元器件名，最方便的方法就是直接搜索它。可以试着将“2N7002”输入到元件库浏览器的关键字栏中，浏览器将会根据您输入的关键字提供三个备选的元件列表供您选择，在元件列表中的“2N7002”元件上双击鼠标左键将把需要的元件放到对象选择器中，如下图所示：



使用此方法就可以根据元件名方便地获取您所需要的所有元件。然而，并不是所有的元件名都可以清楚的记住，ISIS 还提供了其他几种方式方便您查找元件。其中一种最直观的方法就是像使用因特网搜索引擎一样使用库浏览器，可以通过输入描述关键字来查找，然后再在结果列表中选择需要的那个元件。现在试试用这个方法查找电阻 CHIPRES1K，在关键字一栏中输入“1K SMT resistor”后，库浏览器将把所有符合关键描述的元件放置到结果列表，选择 CHIPRES1K 双击便可以放置到对象选择器中。类似地，也可以搜索“10k SMT resistor”来找到并且加入 CHIPRES10k 等元件。



从元件库浏览器中查找 CHIPRES1K 电阻

您可以通过点击鼠标右键来自定义元件库浏览器的信息显示方式，在弹出的菜单中，可以选择显示类别、子类别、制造商和元件库。

当您只需要浏览某一特定类型或特定厂商的元器件时，可以直接从库中进行选择。例如，清除关键字搜索中的内容后，选择“Capacitors Category”项。在本次设计中所用到的是 AVX 公司的 Nickel Barrier 电容，故我们可以在子元件目录选项中选择 Nickel Barrier 同时在生产厂商选项中选择 AVX。然而这样同样会有许多电容可供选择，因此，在关键字输入栏输入“22p 1N”等等这些关键描述，然后我们再来选择我们需要的具体元件（AVX0805NP022P、AVX0805X7R1N 等等）。

运用上面所介绍的多种方法查找前面列表列出的所有元件，并“双击”将其放进对象选择器中。完成之后，您的对象选择器应该如下图所示：



所需元件清单

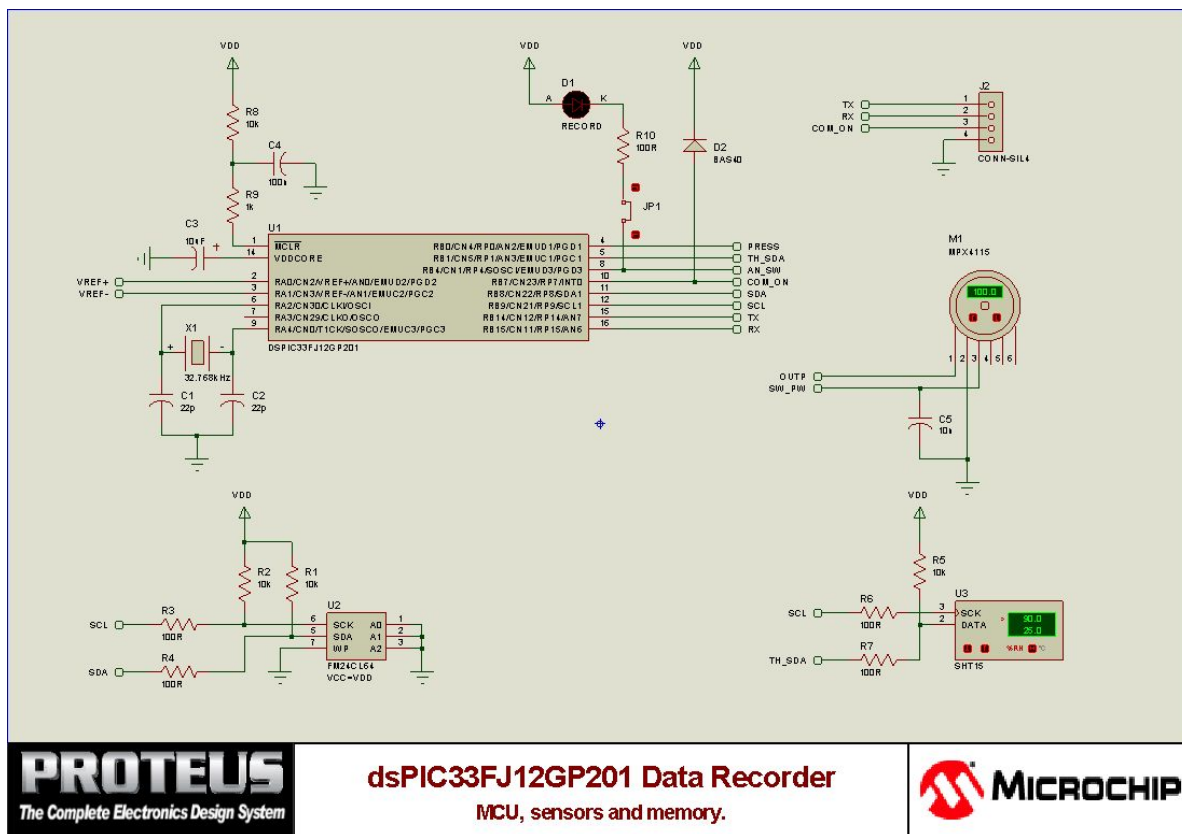
另外，如果您需要某种特定库存编号的元件，在搜索之前，先要使能库存编号这一列（在搜索列表中单击右键进行选择），然后再输入类似于“digi <xxxxxxx>”的关键字来搜索 digikey 公司的库存编号。

同样地，如果你需要搜索自建库中的元件，你需要先使能“元件库”这一列（在元件列表中单击右键，勾选“Library”），然后输入“user <元件名>”的关键字来搜索（不需要输入尖括号），在这里使用 user 关键字将只搜索 USERDVC 元件库中的元件，因此可以大大地缩小搜索的范围。

在原理图中放置元件

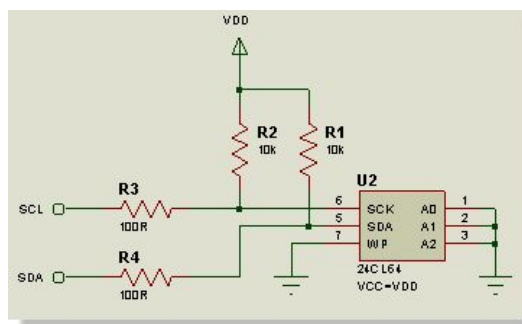
选好器件后，接下来进行的工作就是将器件放置到编辑窗口中，并把它们都连接起来。

在下面这个截图中，我们可以看到，我们将电路图分割为几个不同的功能模块，这样做不仅仅是为了美观，还可以减少原理图连线混乱情况，也可以学习使用终端进行连接网络的方法。




DSPIC33 数据采集器原理图主图纸

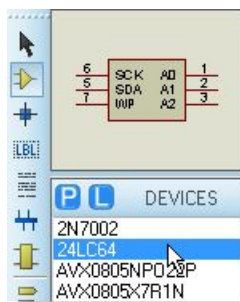
我们从下面这个 I2C 存储电路开始绘制。



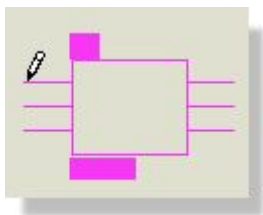
I2C 电路模块

下面是绘制该电路的基本步骤:

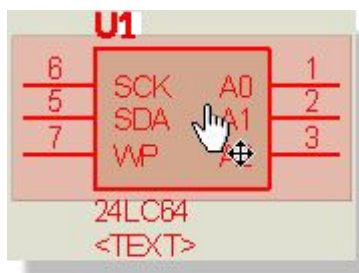
-  从对象选取器中选中 24CL64 元件



- 在编辑窗口中单击鼠标左键进入放置模式，将出现 24LC64 元件的虚影。



- 移动鼠标到放置位置，在编辑窗口再次点击左键，器件将放置到编辑窗口的对应位置上。



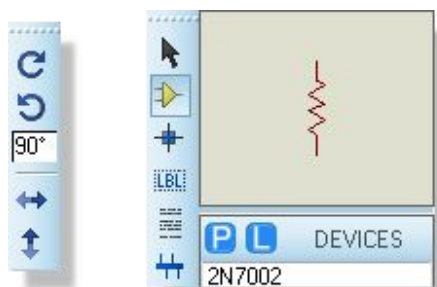
通常我们需要在放置元件后移动元件或一整块电路，现在就来介绍几种不同的方法来移动元件或整块电路。下面介绍的方法应该大多数人都比较容易熟悉，先选择要移动的对象（元件或电路块），在选择的对象上按住左键，移动鼠标到新的位置，然后释放鼠标左键，将对象放置到新位置。

在 ISIS 中有以下几种方式来选中对象：

- 点击选择模式按钮，然后在对象上点击左键选中对象并进行标记。这跟大多数图形界面应用程序使用的方法都是相似的。但是请记住，当你使用这种方法选中对象时，如果你要再次放置器件到原理图中，你需要选择回元件模式。
- 右键点击对象，选中对象的同时弹出右键菜单。
- 左键拖曳方框选中对象。这种方法可以用于选中任何对象（或一组对象）。还可以通过尺寸手柄来调整选中框的大小。这个技巧一般用来选中多个对象、已经连线的对象或者整个电路块。

在绘制原理图的时候，经常需要移动对象到新的位置。因此，我们现在不需要做太多的练习，我们现在使用其中的一种方法把 24LC64 移动到编辑窗口的左下角，位置与前面的截图差不多就可以了。

在放置好存储芯片之后，下一步就是放置其他外围部件并调整好方向。首先需要的两个 10K 的上拉电阻和两个 100 欧姆的电阻，分别连接到数据线和时钟线上。另外，还需要一些用于连接电源，地，以及其它电路的连接终端。现在先选择 CHIPRES 10K 元件，再点击左侧的逆时针旋转按钮，可以在预览窗口中看到旋转成 90 度的情形。



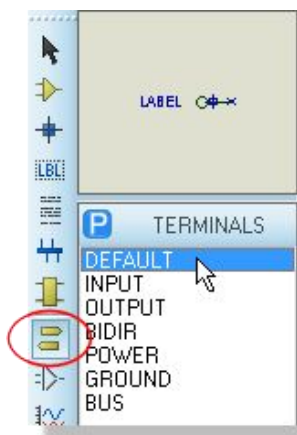
使用旋转按钮和预览窗口

与之前放置存储芯片的方法一样，把 1 个 10K 电阻放置在存储器的左上角。然后在编辑窗口再次单击左键，放置第 2 个 10K 的电阻放置到第 1 个的旁边。

下一步，选择 CHIPRES 100R 旋转到水平位置后，放置到与芯片 SCK，SDA 口对齐的左边位置。

您也可以在编辑窗口中的放置模式下旋转元件。在编辑窗口单击鼠标左键后就可以进入放置模式(这时你可以看到元件的虚影随鼠标移动)，然后按下小键盘中的“+，-”按键，便可以在放置前对元件进行旋转，再单击鼠标左键就可以进行放置。

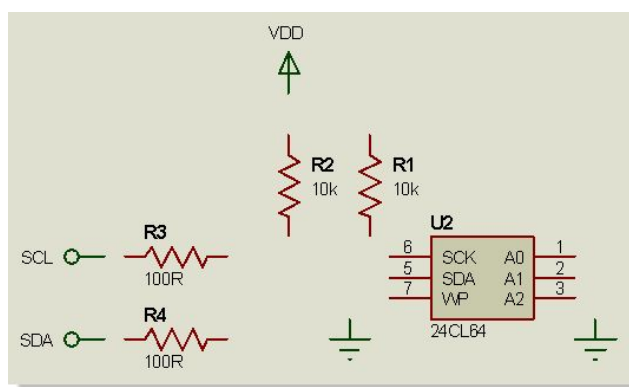
在设计中使用各种连接终端，主要是用于表示连线的终点和赋予连线一个连接标号。通常，连接终端用于连接到电源或地，但用于连接电路的其它网络也非常方便。使用终端进行连接，既可以大大减少连线，避免电路混乱；也可以连接不同图纸中的网络。要先选中终端模式才能放置终端，选中终端模式后对象选择器将所有可用的终端都显示出来。



终端对象选择器

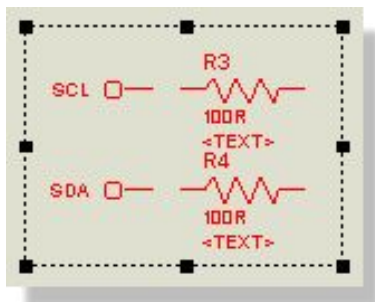
我们这部分电路需要的是电源终端，接地终端和 I2C 总线上的两个标准终端。在 ISIS 中放置，旋转终端对象与前面放置其它对象的方法是一样的，我们应该相当熟悉了。我们将各种终端放置到相对合适的位置，使元件布局类似下图：

除非你已经对元件的合理放置相当熟练，不然，您很难一次性将所有元件放置合理，所以可以试着练习如之前所讲的那样移动和放置元件的方法。特别地，你可以试试使用框选的方式来选择和移动一组对象。



正确放置元件位置

类似地，你可以通过在空白位置点击鼠标左键或者在空白位置点击鼠标右键后选中“清除选择”菜单来清除选择。



移动一组对象

记住：在你移动一组对象时，也可以通过小键盘的“+”“-”按键来进行旋转。

连线

放置好器件以后，即可开始进行连线，连线过程中主要使用到了以下三种技术，可以使电路连接方便快捷：

无模式连线

在 ISIS 中没有“连线模式”，也就是说，连线可以在任何时候放置或编辑。这样减少了鼠标的移动，减少了模式的切换，提高了开发效率。

自动跟随

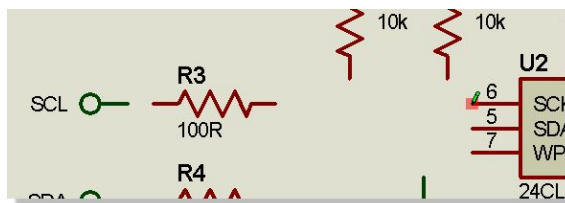
开始放置连线后，连线将随着鼠标以直角方式移动，直至到达目标位置。

动态光标显示

连线过程中，光标样式会随不同动作而变化。起始点是绿色铅笔，过程是白色铅笔，结束点是绿色铅笔。

下面介绍了在两个引脚之间连线的基本步骤，现在连接的是 SCK 脚和 100 欧姆电阻。

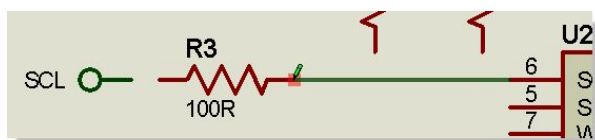
- 将鼠标放置在存储芯片的 SCK 引脚上时，光标会自动变成绿色。



- 点击鼠标左键然后向左移动鼠标到 100 欧姆电阻的管脚处，导线将会跟随移动，在移动的过程中光标/画线笔将变成白色。



- 再次点击鼠标左键以完成画线

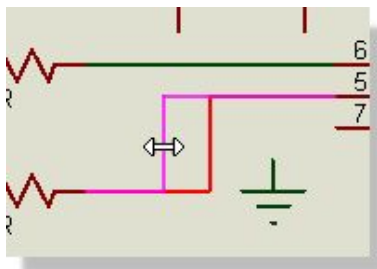


在导线上进行连线的方法基本是相同的，但仍然有几个地方需要注意：

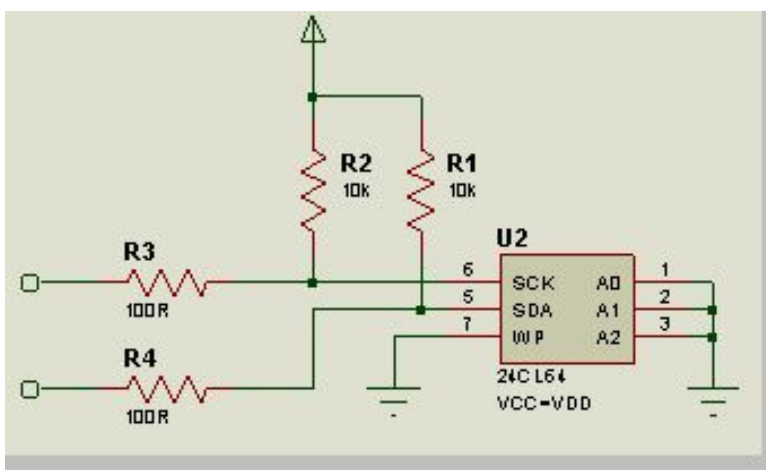
- 您不可以从导线的任意位置开始连线，而只能从芯片的管脚开始连线，连接到另一根导线。
- 当您连接到其它已存在导线时，系统会自动放置结点，然后结束连线操作。

在连线过程中，如果您需要连接两根导线，操作步骤如下：首先需要在其中一根导线上放置结点，再从这个结点上连线到另一根导线。

如果需要在放置导线后再进行修改（例如在此例中连接 SDA 和电阻的导线），只需要在所移动导线上点击鼠标右键，再选择“拖动导线”菜单，或者在导线上点击鼠标左键然后拉动导线即可。



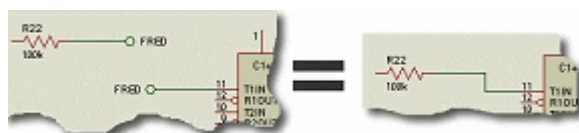
掌握以上连线技巧后，你应该就可以把电路图中的所有元件都连接起来，连接好的电路如下所示：



ISIS 提供了视觉标识帮助，如果光标变成绿色，表示可以开始或者停止连线。

连接终端

完成这部分电路的最后一步就是为每个终端命名（标上网络标号）。为终端命名非常重要，因为终端名指明了它连接到的电路网络。通常来说，我们可以为终端任意命名，但有意义的命名让我们的电路更加容易看懂。



电源终端和接地终端则稍微有些不同，它们也可以进行命名，但用户如果没有进行命名，电源端默认命名为 **VCC**，接地端默认命名为 **GND**。

使用两个相同名字的终端最基本的作用就是把原理图中不同位置的元件连接起来，而不用使用长长的导线来连接，减化电路连线的复杂度。

像之前所介绍的，ISIS 提供了好几种编辑对象的方法，下面是编辑终端的几种方法，你可以选择一种来对电源终端进行命名：

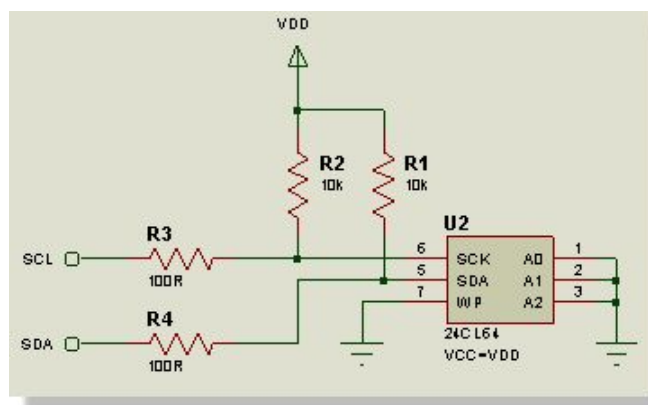
- ☐ 在终端上双击鼠标左键。
- ☐ 在终端上点击鼠标右键，在弹出的菜单中选择编辑属性。
- ☐ 进入编辑模式后，点击左键以选择终端，再点击鼠标右键，在弹出的菜单中选择编辑模式，注意在编辑完成后要退出选择模式。



在弹出的编辑终端标号对话框中，输入 VDD，然后点击确定关闭对话框。

提示：如果直接用电压值来标示电源终端，需要在前面添加 ‘+’ ‘-’ 号，如+12V、-12V 等等。

在完成其他连线和终端的命名后，这一部分的电路应该如下图所示：



电源连接

ISIS 为电源网络提供了隐式连接的方法，从而减少了大量的电源导线，主要使用到了下面三种方法。

隐藏电源引脚

在 ISIS 中，基本上所有元件的电源脚都被隐藏了（在原理图中见不到）。这里要注意的关键的一点就是在默认情况下，元件引脚的命名与所连接的电源网络相同。

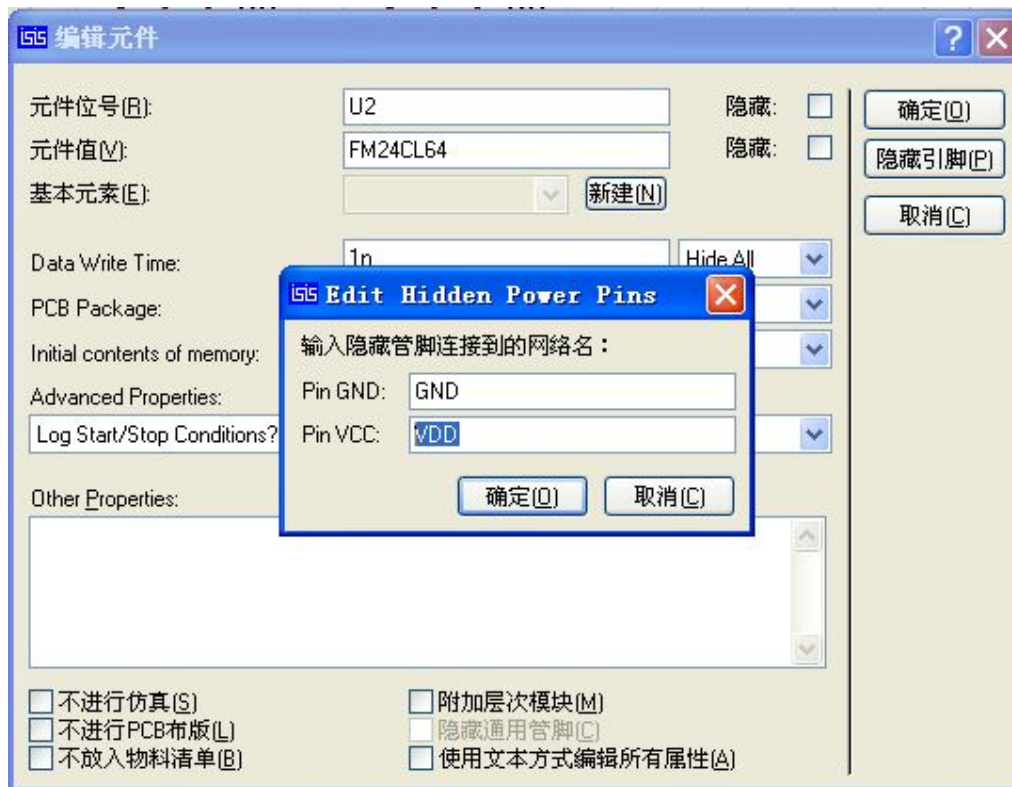
关于隐藏电源引脚的详细信息请参考帮助文档对应章节的内容。

配置电轨（电源供应）

管理电源网络最为简单的方式就是使用“设计”菜单中的“配置电轨”对话框。打开该对话框后，我们可以看到预定义的三种电源 GND、VCC/VDD 和 VEE。从对话框顶部的下拉框中可以发现，GND 网络连接到 GND 电源地，而 VCC 和 VDD 网络都连接到 VCC/VDD 电源。我们来看看这是怎样实现的：

- GND 网络是由电路中未命名的接地终端创建的。
- VDD 网络则是由电路中命名为 VDD 的电源终端创建的。
- I2C 存储芯片有两个隐藏的引脚 VCC 和 GND，同样会自动连接到以这两个名字命名的网格中。

管理电源网络和电源供应在原理图设计中是非常重要的，因此，我们需要多加练习来增强这点。退出电轨配置对话框，右击 I2C 芯片后选中编辑属性菜单，将弹出编辑属性对话框。再点击右侧的“隐藏引脚”按钮就可以看到所有隐藏的引脚和其对应的网络分配。



ISIS 中隐藏的电源引脚

现在将电源引脚从默认的 VCC 网络修改为连接到 VDD 网络，点击确定退出对话框。然后程序打开电轨配置对话框，再打开 VDD/VCC 选项就会发现 VCC 网络已不再存在了。

现在我们将 VDD/VCC 的电源电压修改为 3.3V，这也是电路实际工作的电压。电源电压在 PCB 设计中仅作为设计参考，但在仿真的过程中，电源电压的设定则有着非常重要的作用。

修改电源电压并不会改变电源网络的连接，也就是说，如果两个电源网络的电压都是 3.3V，但这两个电源网络不一定是相连的，只有分配到同一个电源供应的网络才是相连的。

返回到原理图中，编辑 VDD 终端（右击鼠标，选择编辑属性），修改终端标签为“MY_POWER_NET”。再次打开电轨配置对话框，会发现一个未连接的电源网络（电源网络未连接到电源供应）。

如果我们真的按照前面的指示进行了操作，那么我们现在需要选择 VCC/VCC 电源供应，然后把“MY_POWER_NET”电源网络加入到 VCC/VDD 电源供应中。



修改终端命名

最后一点需要说明的是，当你使用电压来给终端进行标示时，系统会自动加入到对应电压的电源供应中。例如，使用+12V 给终端命名，将使这个终端自动加入到+12V 的电源供应中，用户不用再进行电轨配置。

如果您还需要更多的灵活性（例如，模拟地和数字地），那么必须使用终端标示，然后在电轨配置对话框中可以进行灵活的配置操作，更多信息可详见帮助手册。

我们把前面练习中修改的终端标号改回为 VDD，然后继续下面的教程。

元器件的标签和标号

我们知道，所有的放置到原理图中的元器件都有一个唯一的参考标号和元件值。元件的参考标号是把元件放置到原理图上时系统自动分配的，如果需要，也可以手动修改。对于其它的标签，如元件值标签，你可以更改元件值，更改摆放的位置，选择显示或隐藏等操作，下面演示操作的过程。



编辑元件对话框

我们放大原理图中的其中一个电阻，可以看到电阻元件的旁边有两个标签，一个唯一的参考标号（如 R1）和一个电阻值（如 10k）。你可以在元件的属性编辑对话框中编辑这两个标签，并且选择显示或隐藏标签。我们在电阻上双击鼠标左键来打开对话框，如上图所示。

在这个对话框中，您可以编辑元件参考标号和元件值。旁边的“隐藏”勾选框可以设置参考标号和元件值是否可见。在一个很密集的电路中，这个选项将非常有用，让电路更加整洁。当然，这种情况下，你要查看元件的标号或值时，需要打开属性编辑对话框。

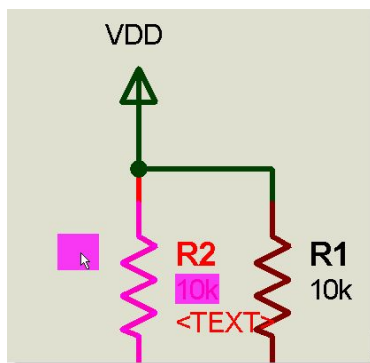
在这里你可以稍微花点时间练习一下修改元件的标号、值和可见性等，但是要注意，如果你把电阻“R1”的标号改为“R2”，电路图中将有两个相同的参考标号，在绘制 PCB 时将导致网络表错误。如果你使用元件编辑对话框中的新建按钮来重新给元件标号，将可以自动获得一个不重复的标号。



新建按钮将自动分配一个不重复的标号

同样地，全局命名功能也避免元件重名（将在教程的后面部分进行介绍）。

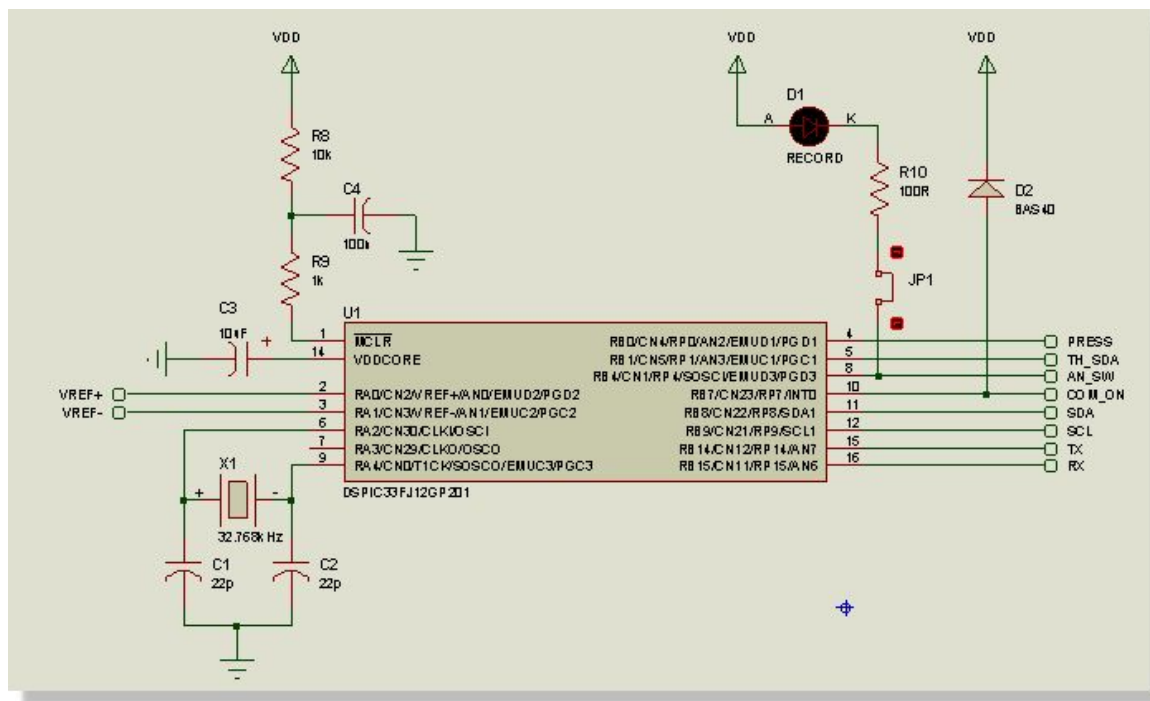
您也可以将标签移动到更为合适的位置，当进行连线时，如果连线的路径被标签阻挡，这时我们常常需要移动标签到另一个位置。现在可以试着将“R2”电阻的 10K 标签移动到 R2 元件的另一边。选中电阻后，鼠标移动到“R2”标签上，按住鼠标左键，将 R2 标签移动到元件的左侧，同理对 10K 标签也是一样操作。



拖拽标签

快速操作技巧和块编辑

在熟悉了几种基本操作之后，现在我们通过另外一小块电路来巩固之前所学的知识，并介绍几种方便省时的操作技巧。让我们一起来绘制下面这个 **DSPIC33** 最小系统电路块。



DSPIC33 最小系统电路

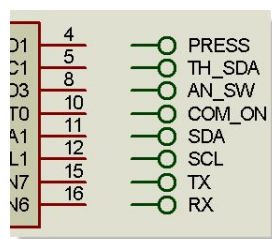
根据上面这个图，你应该知道怎样在对象选择器中选出所需要的元件。但为了清楚起见，下面提供了所需的元件清单。

C1,C2	AVX0805NP022P	X1	CRYSTAL	D2	BAS40
C3	TAWD106M025R0600	C4	AVX0805X7R100N	R10	CHIPRES100R
R8	CHIPRES10K	R9	CHIPRES1K	JP1	JUMPER
U1	DSPIC33FJ12GP201	D1	LED-RED		

首先使用之前介绍的方法放置电路左边部分的元件，包括晶振和电源部分。当你完成后，我们再来完成电路的右半部分，这里将使用到几种新的能节省时间的技巧。

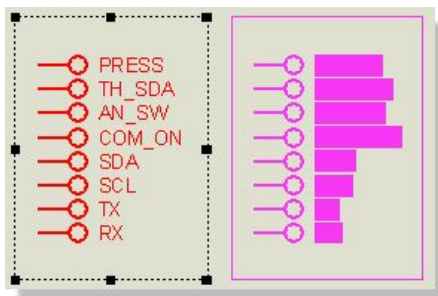
当我们绘制一系列走向相同的连线时，**ISIS** 提供了一种非常有用的连续放置导线的方法，可以在绘制新的连线时自动重复上一次的操作，我们称之为“双击复制”技巧。

首先通过旋转和放置一些默认类型的终端在原理图右侧，如下图所示：



dsPIC33 中的终端

使用鼠标拖出一个框形，选中全部终端，然后选择块复制命令，可以快速复制三组同样的终端，复制完成后右击鼠标退出块复制模式。



块复制终端

连接 dsPIC 的管脚 4（RB0）到右边的终端，然后把鼠标向下移动到下一个管脚上（管脚 5），鼠标光标将变成绿色，双击左键，这就可以自动重复前面的连线，可以让您更快的连线。

注意：这种方法画出的导线与前一次画出的必须是一模一样的，也即是方向相同，长度相等，而且必须连续操作。

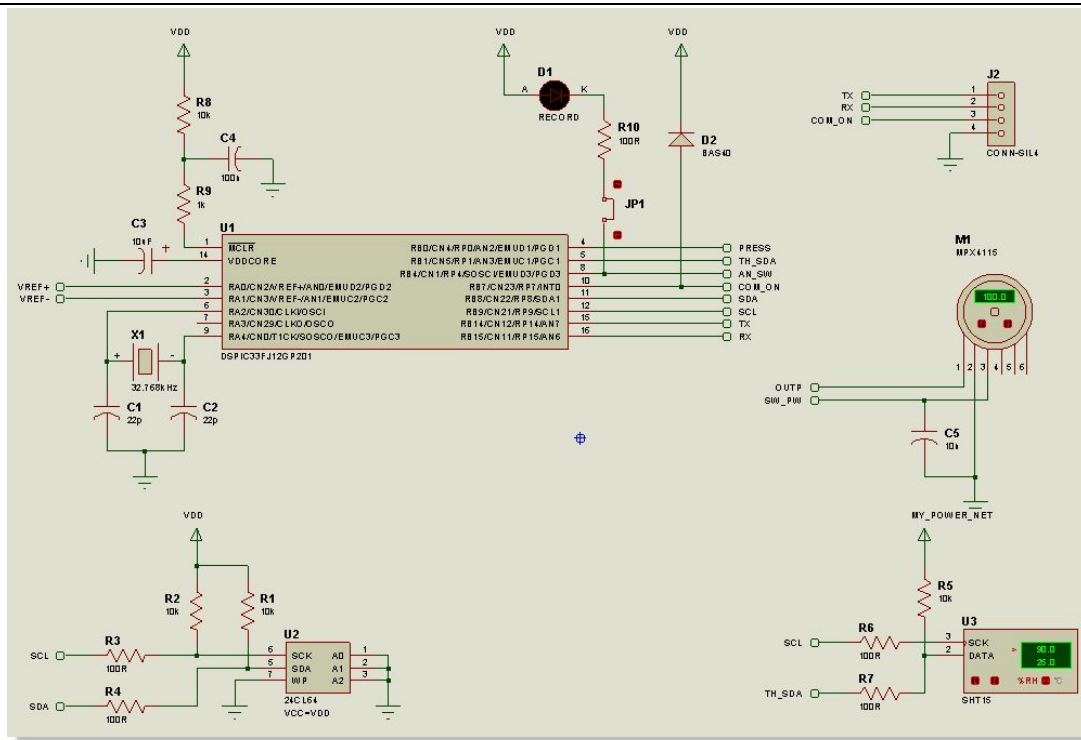


终端标签的下拉菜单

现在已经可以完成这部分电路的绘制，包括放置和连接元件，给终端进行命名等，最后绘制出本节开始的 DSPIC 最小系统电路图。注意：编辑终端标签时，可以在编辑对话框的下拉菜单中选择系统已存在的终端标签名。

当网络标号已经存在时，我们推荐你使用这种方法进行，以免你输入时出错。注意，标签指明了终端与网络的连接关系，因此设置时必须非常细心，否则将会产生电路的连接错误，导致电路不能工作。

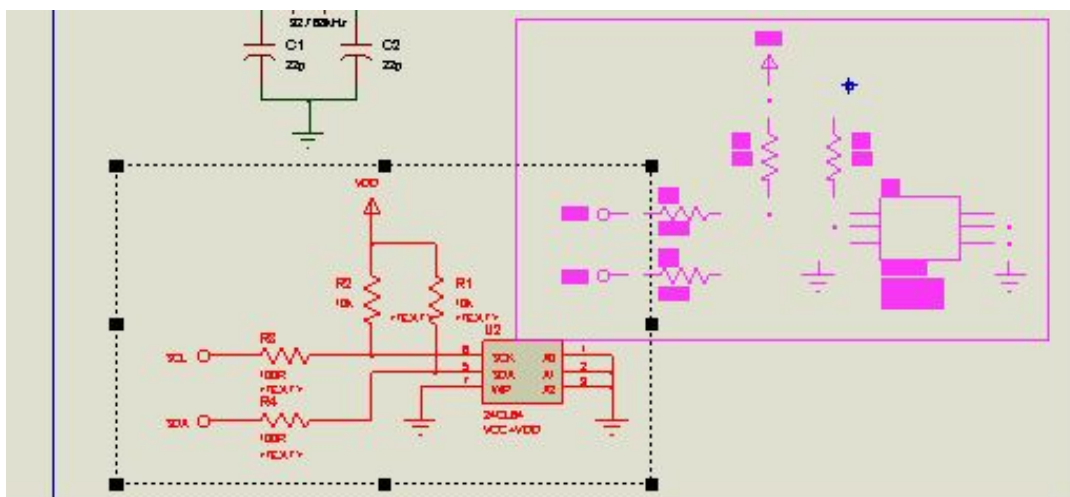
现在你应该掌握了绘制电路的基本操作，应该可以快速地绘制剩下的三部分电路模块。当你完成时，整个电路就应该与下面这个电路一样。



完整的DSPIC33 电路

如果您已经对前面介绍的内容已经非常熟悉了，可以跳过绘制的过程。

最后要提醒的是，您可以通过整块编辑的方式很方便的移动整个电路图块，如下所示：



将电路图整体移动到相关位置

多页设计和连接性

在一些大型的电路设计里面，常将整个原理图分割成几张图纸来绘制，这种方式既减少了原理图的混乱，也可以把电路分成多个逻辑功能块来进行管理。ISIS 完全支持这些功能，接下来的教程将演示如何把示例电路绘制到两张图纸上。现在我们已经绘制完第一张图纸，包括处理器、传感器和存储电路，我们将在另一张图纸上绘制电路的模拟部分和电源部分。

在设计中添加新图纸

如下图所示，可以通过“设计”菜单中的“新建（顶层）图纸”命令来创建第二张顶层图纸。



命名/管理/浏览图纸

在第二张图纸上绘制电路之前，先来做一些准备工作。虽然这些都不是必要的，但给图纸命名和排序对我们管理整个设计会有所帮助。可以通过在“设计”菜单的“编辑图纸属性”命令中来完成给图纸命名和排序的操作。



图纸的标题应该能够正确反映电路的内容或功能，如我们这里使用“Analog, Reference & Power”就表明了这张图纸上电路的功能。

原理图中的图纸是通过序号来进行排序管理的，如 10,20 等等。序号大的图纸会放到序号小的图纸后面，如图纸 20 会放到图纸 10 的后面。如果你习惯用连续的数字来命名图纸，也可以使用图纸 1、图纸 2 等来排序，这种方法更加能反映图纸在整个设计中的位置。

默认的图纸命名看似是不连续的，这是因为 ISIS 本身带有一个主图纸，这个主图纸包含了公司的 LOGO、设计版本号、设计作者和其他原理图信息，用于显示在原理图上。这些内容超出了本教程的范围，感兴趣的读者可以在帮助文档中查询到更多详细的信息。

有时候，需要为每一张图纸设置一个不同的元件起始序号，例如，我们在“编辑图纸属性”对话框中把标注初始值设置为 100，这样，当我们在这张图纸中放置第一个电阻时，这个电阻的标号将自动命名为 R100，放置下一个电阻将自动命名为 R101，依此类推。

在不同的图纸之间进行切换，可以通过以下几种方法来进行：

- 在“设计”菜单底部选择图纸名字进行切换。



- 在“设计”菜单中选择“跳转到图纸”命令，选中相应的图纸就可以切换到新的图纸中。



- 使用 PGUP 或 PGDOWN 按键在图纸中进行切换。

设计浏览器也是一个功能非常强大的浏览原理图的工具，将在后面的设计验证部分进行介绍。

我们返回到第一张图纸，把图纸命名为“处理器 传感器 存储器”，并把图纸序号设置为 1，如下图所示：

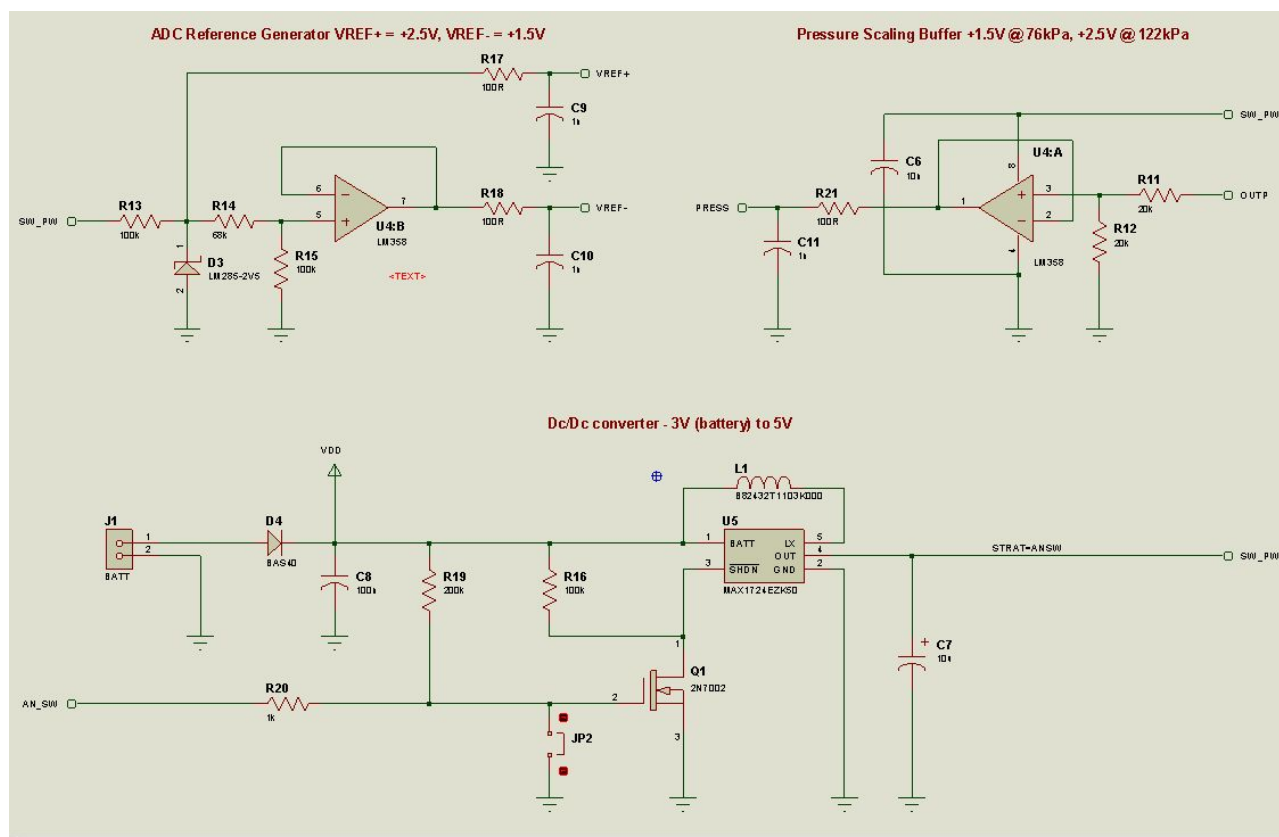


同样地，把图纸 2 命名为“模拟电路 电源部分”，图纸序号设置为 2，在“设计”菜单下，我们就可以看到两张用户自命名的图纸，如下图所示：



图纸间的连接

我们返回到空白图纸，并且绘制如下所示的模拟电路部分。



如图所示，共有三块电路：ADC 模块的参考电源电路，压力传感器的模拟缓冲器电路和一个 DC/DC 电压转换电路，用于将 3V 的电池电源转换为 5V 电源，给其它两部分电路提供电源。

可以使用之前所学过的全部内容来完成这个原理图，来加强练习。当然，如果您已经掌握了基本的原理图操作，可以跳过这一部分，使用教程提供的已完成的电路来进行下一步的学习。

除此之外，还有几点需要我们特别留意的：

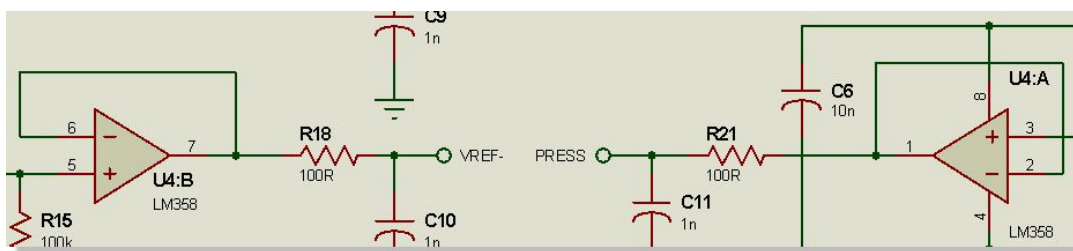
首先，两张图纸之间是通过相同的终端网络标号进行连接的，你可以浏览两张图纸，找到相同命名的终端。网络标号不仅可以在同一张图纸之间传递信号，也可以在不同图纸之间传递信号。

其次，放置导线时你可以指定导线的走向，可以通过单击鼠标左键来放置一个节点，然后使导线走向改变到另一个方向。如果要取消之前放置的节点，可以单击右键。这种技术在比较复杂的电路中经常使用。

最后，默认情况下，导线的转角是 90 度的，如果要绘制其它角度的导线，绘制时请按住 **CTRL** 键，这时可以绘制任意角度的导线。

门交换

我们的电路图中使用到了 **LM358**，这是一个包含两个运放的元件。对于这种具有多个功能相同组件的元件，它的参考标号由两部分组成，一个是元件标号（如 **U4**），另一个是组件标号（如 **A**、**B**），如下图所示：



U4:A 和 U4:B

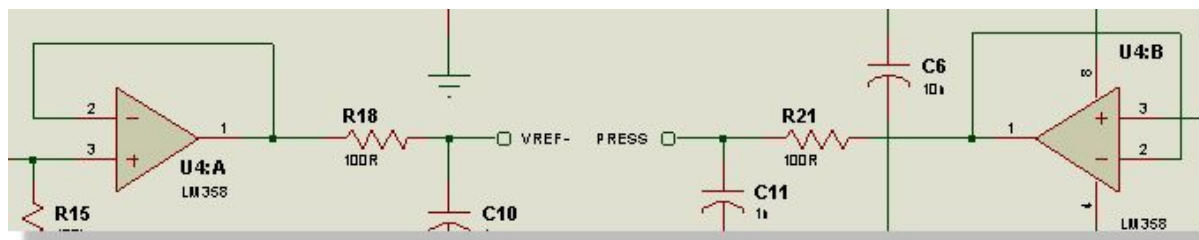
首先编辑 **LM358** 的一个组件（门），右击鼠标，选择编辑属性，打开编辑元件对话框。



通过调换同一个元件（**U4**）上的组件标号 **A** 和 **B** 来实现门交换的功能。对话框中组件字段的的下拉列表中含有可以选择用来交换的组件（门），然后点击“确定”，就可以完成门交换操作。



在原理图中，我们可以看到组件（门）交换后的电路，如下图所示：



准备绘制 PCB

完成原理图的绘制后，将进行 PCB 版的绘制，在绘制 PCB 之前，需要做一些准备工作。电路设计的网络表包含了一组元件封装名和网络连接关系，然而通过一些额外的信息，可以使我们的处理起来更为简便。

如果你没有跟随前面的教程绘制出一个完整的原理图，你可以在 Proteus 主页中打开相应的示例设计，设计名为“dsPIC33_REC_SCHEMATIC.pdsprj”，来完成以下的学习。

封装分配

理想情况下，ISIS 中的每一个元件都在 PCB 编辑器(ARES)中对应应有相应的封装可用。Proteus 为大部分的元件都提供了封装，教程中使用到的所有元件都是选择分配了封装的元件，因此不需要我们再额外地为元件分配封装。当然，如果你想改变元件使用的封装（如把直插的元件换成贴片的元件），可以进行下面的操作。

在 ISIS 中，封装是元件的一个基本属性，在编辑元件属性时可以查看分配的封装。打开电阻 R13 的编辑属性对话框，可以看到该电阻对应的 PCB 封装为 0805。

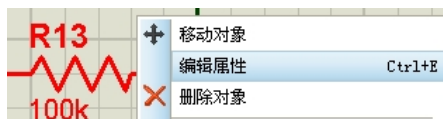


从元件库中选择元件时，就可以查看元件默认的封装，在选择元件对话框的右下角可以看到所选择的元件的封装预览图。

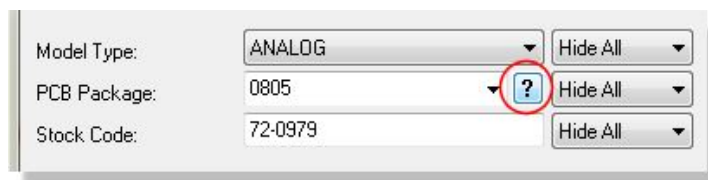
通常，ISIS 中的元件都有多个封装，例如，当你打开 dsPIC33 元件的编辑元件对话框，你可以看到它具有 SO18W 和 DIL18 两种封装可选。在这种情况下，设计者就可以根据需求，在编辑元件对话框中选择封装。

改变元件封装

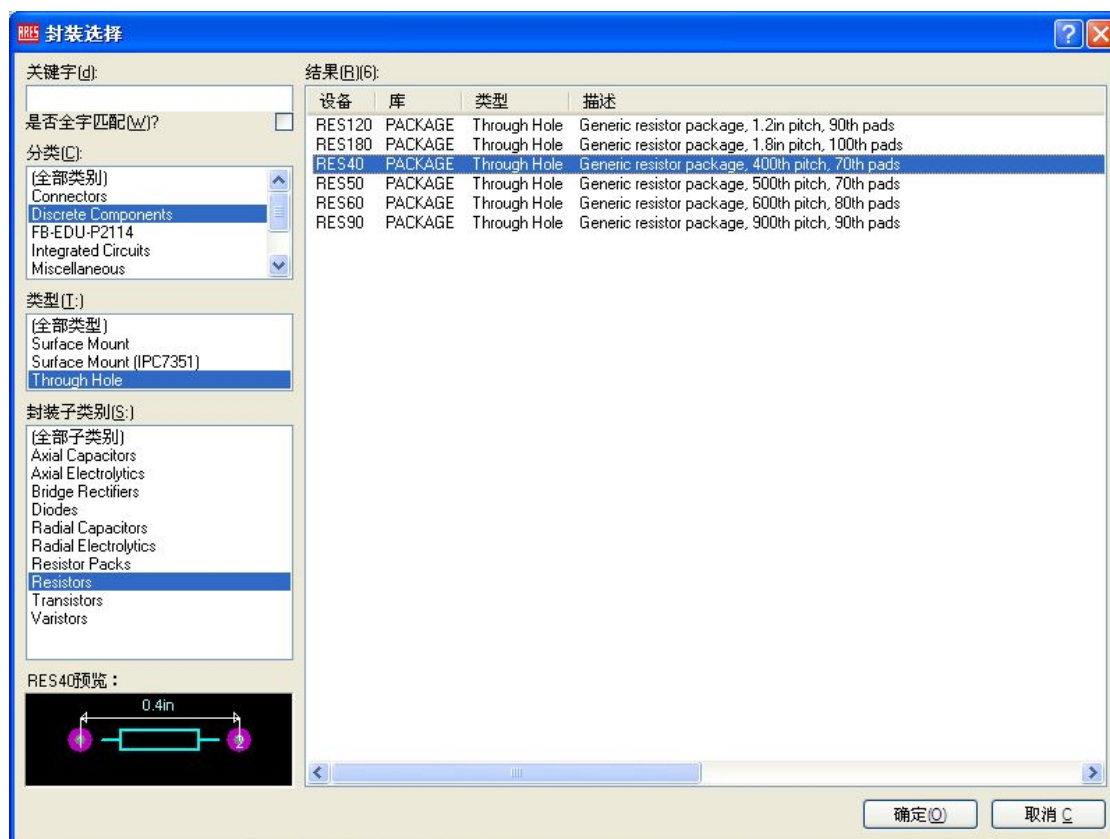
- 在电阻 R13 上右击鼠标，选择弹出菜单中的“编辑属性”命令，打开编辑元件对话框。



- 在弹出的对话框中点击封装属性旁边的问号，打开封装浏览器。



- 清空全部关键字后通过左侧的过滤器来缩小选择范围。选中“Discrete Components”类别和“Through Hole”类型，封装子类别选择“Resistors”。然后在右边的结果列表中选择“RES40”，最后点击“确定”完成修改。



- 现在，在元件的 PCB 封装属性选项中已改为 RES40。



网络连接

当要从原理图转到 PCB 设计软件中时，ISIS 将会自动将导线和连接转换为网络，然后传递给 PCB 软件。ISIS 在后台做了大量的工作，包括为未命名的网络生成网络名，把网络名分配到默认的网络类里面等等。

生成网络名遵循以下的规则：

- 对于那些连接到终端的网络，如果终端有命名，则使用终端的名字作为网络名。
- 对于那些连接到未命名接地端的网络，使用 GND 网络名。
- 对于那些连接到未命名电源端的网络，使用 VCC 网络名。
- 除上述情况之外的网络将自动生成数字序号来命名。

系统为我们做了大部分的网络命名工作，对于一般的网络都不需要自己去命名，对于终端，如果你不习惯系统的命名或者有疑问，最好还是显式为每个终端命名。

如果网络中没有可以命名的终端，您可以通过在导线上放置网络标号的方法来命名网络。这样做的好处就是可以在 ARES 中快速区分网络，帮助你绘制 PCB。

网络类是把那些在绘制 PCB 时设置相同属性的网络归为一类，具体就是，同一网络类中的这些网络使用相同的走线宽度，遵守相同的布线规则。同样地，ISIS 也会自动帮我们分配一些默认的网络类，如下：

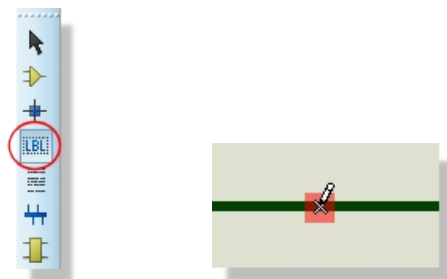
- 所有拥有电源和接地终端的网络将分配到电源网络类（POWER）中。
- 所有总线网络将分配到总线网络类（BUS）中。
- 其余网络的则分配到信号网络类（SIGNAL）中。

通过网络类，在具体进行 PCB 设计时，就可以根据不同的网络类指定不同的走线宽度，过孔样式，走线间距等相关设定。然而，在某些情况下，我们需要对某些网络设置特别的一组规则。ISIS 允许我们创建自己的网络类，可以为自定义的网络类设置走线和间距等布线参数。

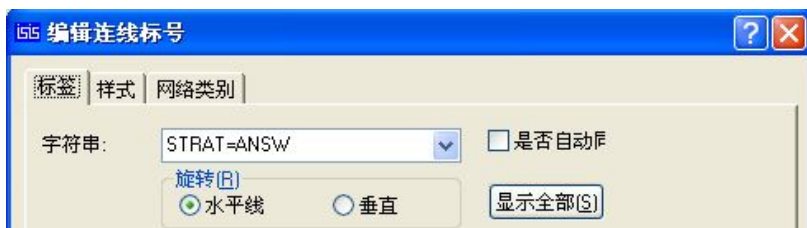
例如，在本教程中所使用的原理图中，以模拟电路图纸中的 DC/DC 输出端为例子，介绍怎样创建自定义网络类。这是一个 5V 的开关电源电路的输出端，作为模拟电路块的电源，我们希望 PCB 板中它的走线宽度比电源网络类（POWER）的要小，但比信号网络类（SIGNAL）的要大。

创建一个自定义网络类的过程非常简单：

- 选择连线标号模式。



- 当鼠标移动到导线上时，出现一个小的 x 光标。
- 然后在需要分配网络类的导线上点击鼠标左键。可以在图纸中的任何导线上进行这一操作，这里选择的位置是在 MAX1724 输出和 SW_PW 终端中间。
- 在导线上左击鼠标打开“编辑连线标号”对话框，在“字符串”栏中输入“CLASS=ANSW”从而分配网络类。



如何配置走线以及设计规则，将在 PCB 设计教程里面进行介绍。

设计检查

在进行 PCB 绘制之前，需要对原理图的设计进行一些检查工作。ISIS 提供了功能极为强大的设计浏览器，帮助我们检查原理图设计中的错误。在本教程中，将会介绍这个工具的基本使用方法，为了更好的了解设计浏览器的使用和特性，建议您通过软件中的帮助手册来熟悉和了解更多的功能。

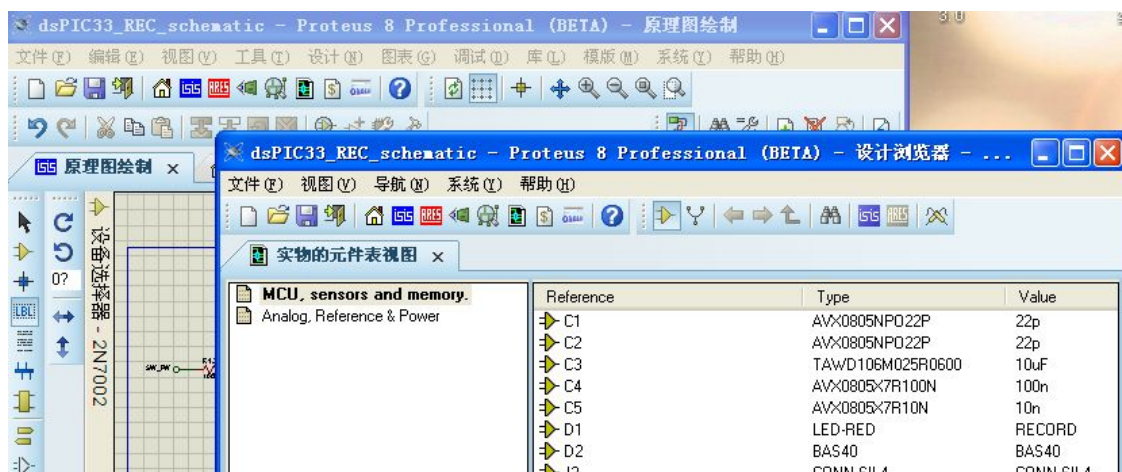
设计浏览器

设计浏览器可以通过工具栏上的按钮打开，它是 Proteus 的一个重要组件，将作为一个单页与 ISIS/ARES 一起显示在分页栏。



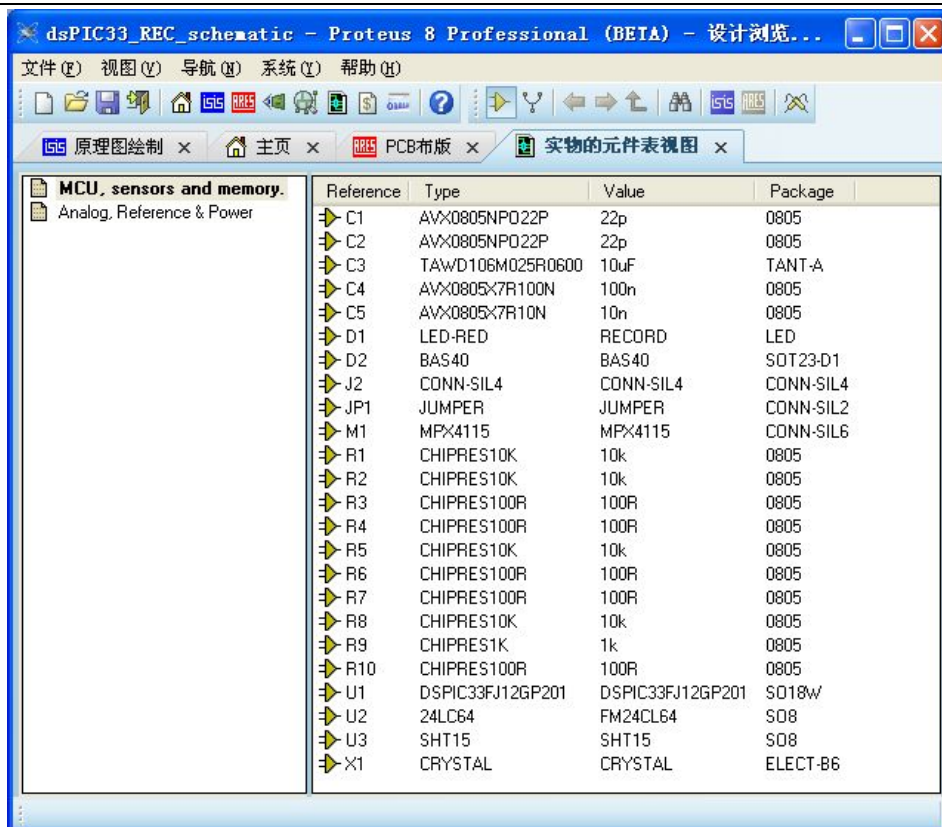
在 Proteus 的工作环境中，您可以将分页栏中的页面分离出来，几个页面可以平铺显示，这样做的好处就是可以同时观察多个页面窗口。如果你的电脑有多个显示器，可以每个显示器分别显示一个页面，这将大大扩展我们工作区的可视空间。

Proteus 软件不在最大化情况下，可以通过拉拽标签页到 Proteus 窗口外的方法将某一单独的标签分离出来。例如，我们可以把设计浏览器独立出来，这样就可以同时观察到原理图和设计浏览器了，如下图所示：



当然，如果您喜欢使用标签页的方式来进行设计，你可以使用 **CTRL+TAB** 快捷键在几个页面之间进行快速切换。需要恢复到同一窗口时，你只需要拖动设计浏览器标签页到原来的窗口即可。

打开设计浏览器之后，您会看到一个类似与 Windows 文件浏览器的界面。窗口左侧显示了图纸列表，右侧则显示了当前图纸中所包含的内容。



设计浏览器包含有两个模式：元件列表模式和网络表模式。您可以通过设计浏览器中的图标进行切换。



先来了解元件列表模式，设计浏览器提供了当前图纸中所有元件的芯片型号、参数和封装。我们来检查是否所有的元件都分配了封装，如果原理图中的某些元件没有对应的封装，设计浏览器将会用红色高亮的“missing”来指出元件缺少封装。

在这里我们看到 LED 元件没有对应的封装，在设计浏览器中对准 LED 右击鼠标，在弹出的菜单中点击“跳转到原理图元件”命令。



这样将会放大显示并选择原理图中的 LED 元件等待你的修改，在 LED 元件单击右键，选择“编辑属性”菜单。按照之前教程所介绍的那样，找出合适的封装脚本并进行替换，在这个例子中所选中的是 LED 封装。



在进行封装选择之后，设计浏览器将会自动更新。

⇒ C5	AVX0805X7R10N	10n	0805
⇒ D1	LED-RED	RECORD	LED
⇒ D2	BAS40	BAS40	SOT23-D1

我们也可以使用设计浏览器来查看原理图的连接状态，查看时需要切换至网格表模式。



就像之前所讲的那样，网络名是由终端或标签所决定的，那些仅有导线的网络系统将自动分配数字名。同样也可以在任何网络名上右击鼠标，在弹出的菜单中选择“跳转到原理图网络”来查看所选中网络的连接关系。



最后，在右侧栏中最后一列，显示了系统定义和用户自定义的网络类，我们可以用来检查分配是否正确。

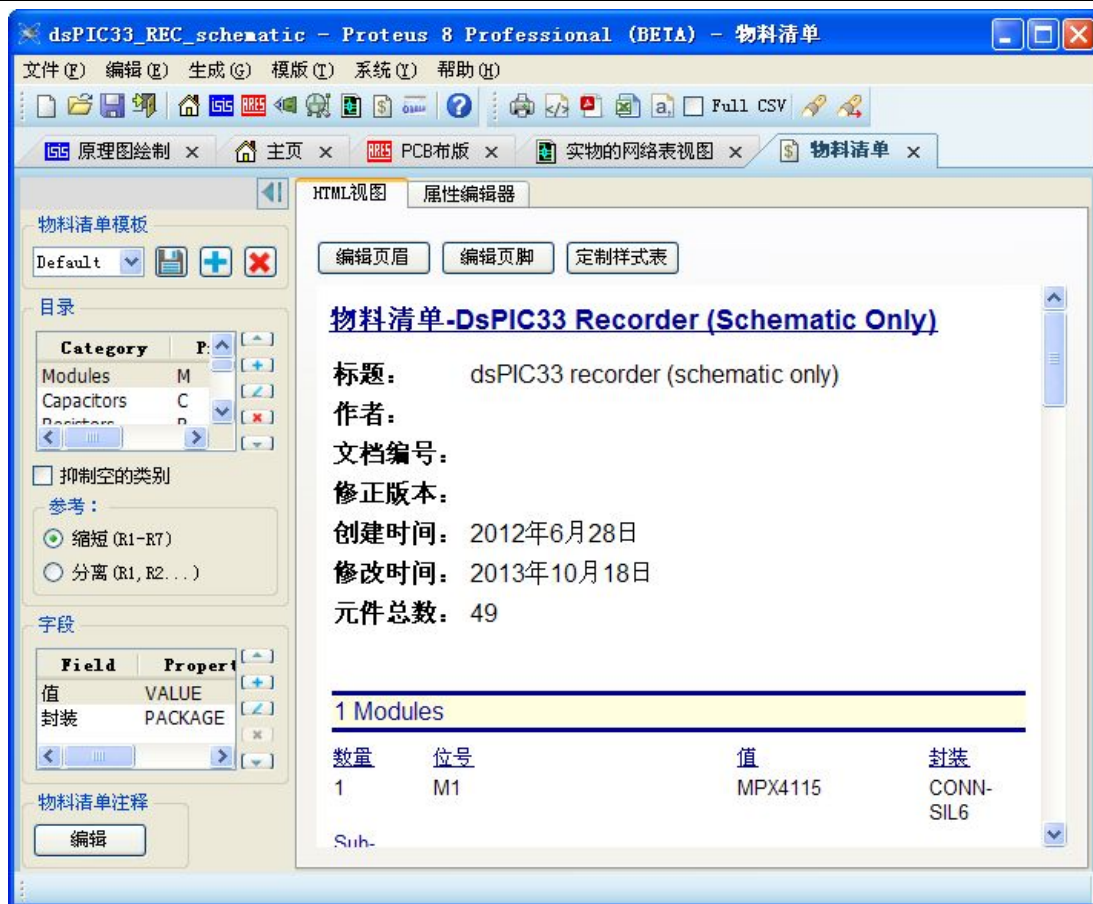
设计浏览器是一个功能强大的工具，在产品设计的整个流程中都能起到很大的作用。特别是作为原理图和 PCB 的之间的连接桥梁，可进行交互检查。我们强烈建议你仔细阅读参考手册，掌握这个工具。

物料清单

在产品设计的最后，生成物料清单是一件必备而又麻烦的工作。为了解决这一麻烦，ISIS 提供一套完整而简便的物料清单生成系统，可以使您方便的生成物料清单。

首先来看一下默认的物料清单的基本样式，通过软件上方工具栏的按钮打开物料清单标签页。





物料清单的抬头部分（标题、作者等）是在设计属性对话框中进行设置的，你可以从回到原理图页面，选择“设计”->“编辑设计属性”菜单，打开编辑设计属性对话框，如下图所示：



物料清单的目录设置用于对元件进行分组，使最后输出的报告更加简洁，分组的依据是元件标号的前缀，如可以设置以字母 C 开头的元件为“电容”组，以“R”开头的元件为“电阻”组等等。类似地，物料清单的字段设置，用来指定最终报告输出哪些信息列，如值，封装等信息。

所有目录和字段都可以通过物料清单页面左侧的控制面板进行创建，编辑或者删除，如下图所示：



物料清单模板

Default

目录

Category	Prefixes
Modules	M
Capacitors	C
Resistors	R
Integrated C...	U
Transistors	O

☐ 抑制空的类别

参考：

☒ 缩短 (R1-R7)

☐ 分离 (R1, R2...)

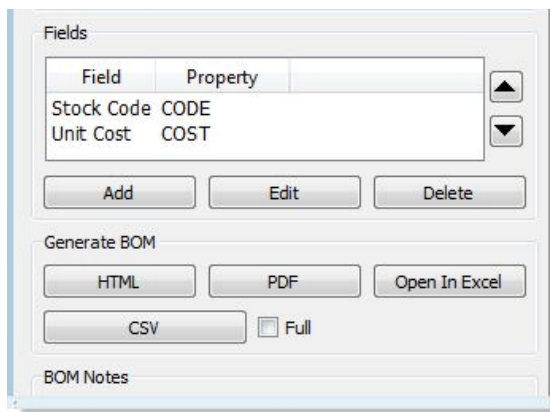
字段

Field	Property
值	VALUE
封装	PACKAGE

物料清单注释

编辑

现在通过下面这个例子再熟悉一下物料清单的操作。假设我们所有的元件都从 **Digikey** 公司购买，我们可以新建一个供应商字段。



Fields

Field	Property
Stock Code	CODE
Unit Cost	COST

Add Edit Delete

Generate BOM

HTML PDF Open In Excel

CSV ☐ Full

BOM Notes

在物料清单页面，点击“添加”将添加新字段，并打开 **BOM** 字段编辑器。

如果您所添加的字段已存在，可以从下拉菜单中进行选择。由于这里没有定义 **SUPPLIER** 字段，点击“新建”按钮，添加新的字段定义。

属性名为 **SUPPLIER**，描述内容可以使用中文，即“供应商”，类型是字符串，如下图所示：

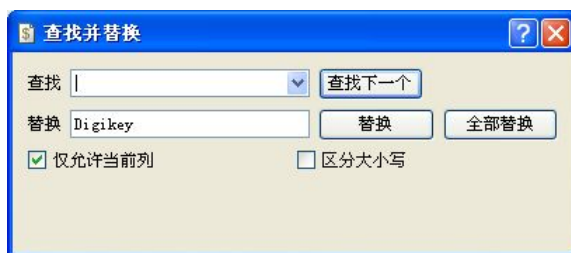
点击“保存”后生成新属性。

这里不需要前缀和后缀名，同时因为它不是数字属性，所以也不需要进行数目小计。点击确认后，将回到物料清单页面，这时，物料清单的报告中将多了一个字段“供应商”，如下所示：

	分类	位号	值	封装	供应商
1	Capacitors	C1-C2	22p	0805	
2	Capacitors	C3	10uF	TANT-A	
3	Capacitors	C4,C6	100n	0805	
4	Capacitors	C5-C6	10n	0805	
5	Capacitors	C7	10u	TANT-D	

现在我们要为每一个元件添加供应商信息。我们可以分别为所有的元件添加信息，但是在这里，因为我们所有的元件都来自同一个供应商，因此，可以非常方便地使用查找/替换来完成。在供应商列左击鼠标，然后按下 **CTRL+F** 或者使用查找/替换按钮来查找下一个元件。

查找栏中输入为空，在替换栏中输入“Digikey”，并确保选中“只有当前信息列”，点击“全部替换”，完成后，报告的供应商列都变为“Digikey”，并显示为蓝色字体。



点击替换后，全部供给栏的内容已被替换并且显示为蓝色。如下图所示，DigiKey 已经替换原来的空白信息：



字体显示为蓝色意味着更改并未保存到工程，当发现错误时，选择“清除未应用的修改”按钮就可以返回编辑前的状态。当你仔细检查之后，点击“应用修改”来保存到工程。



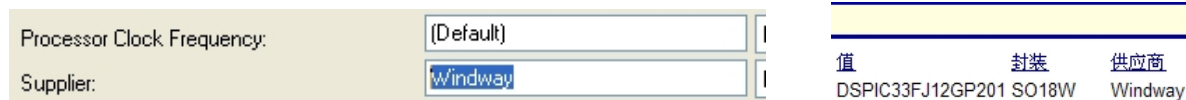
返回到 HTML 视图后就可以看到报告中修改后的信息，如下图所示，供应商现在是 Digikey 了。

1 Modules				
数量	位号	值	封装	供应商
1	M1	MPX4115	CONN-SIL6	Digikey
Sub-totals:				
11 Capacitors				
数量	位号	值	封装	供应商
2	C1-C2	22p	0805	Digikey
1	C3	10uF	TANT-A	Digikey
2	C4, C8	100n	0805	Digikey

同样的，返回到原理图绘制页面，选择“编辑元件”会发现元件属性中多了一个供应商信息。



在编辑元件对话框中修改的数据也会立即在物料单中显示出来，如下图所示，物料清单会实时反映原理图中属性的改变。



这一过程同样也可以用来添加其它的信息，例如 RoHS 认证信息、最小订货量（MOQ）、备货时间等。

更多的示例和详细的说明都在帮助文档的物料清单章节可以找到。

需要注意的是，修改属性仅影响本设计中的原理图，并不会对元件库中的元件进行修改。如果您想更新元件库中的元件，那么可以在修改了元件的属性后，选择“库”菜单中的“编辑到库”命令来完成。这将会把本设计中使用到的全部元件（包括它们的新属性）编译到元件库中。

配置完物料清单之后，您就可以通过输出选项生成相应的报告单，下面是 BOM 的输出选项按钮。



最后，你还可以编辑输出报告的颜色和样式等，在物料清单的 HTML 视图下，点击顶部的“定制样式表”，可以对样式表进行编辑，样式表的知识就超出了本教程的范围，有兴趣的读者可以去网上查找相关的内容。



打印

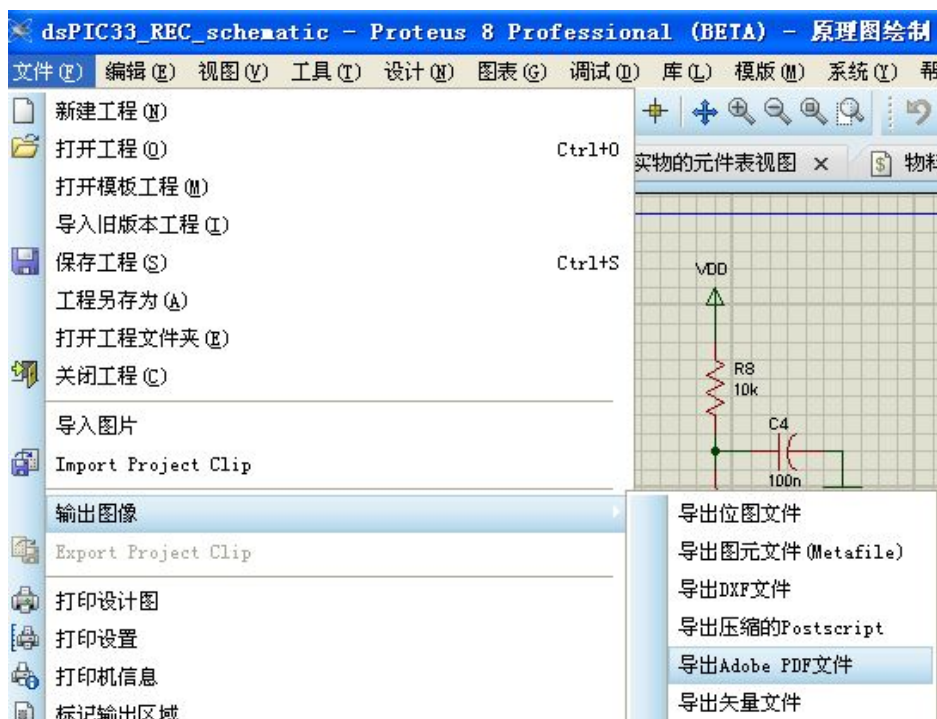
原理图设计完成以后，可以选择文件菜单下的打印命令打印原理图。

如果要打印原理图，首先使用文件菜单下打印机设置命令对打印机进行配置，选择好打印机。然后打开“文件”菜单下的“打印设计图”命令，打开打印设计对话框，对话框右侧有图纸预览，在对话框中对打印份数，打印大小，打印位置等选项进行设置，然后打印图纸。

在我们这个例子里，我们只需要把图纸居中，然后打印就可以了。如下图所示，在打印预览窗口单击右键，选择居中输出。



您也可以使用“文件”菜单下的“输出图像->导出 Adobe PDF 文件”命令，将原理图输出为 PDF 格式（不需要另外安装驱动）。如果你购买了 Proteus 的 PCB 设计软件模块，现在你就可以按照 ARES 教程的步骤去学习 PCB 的绘制。



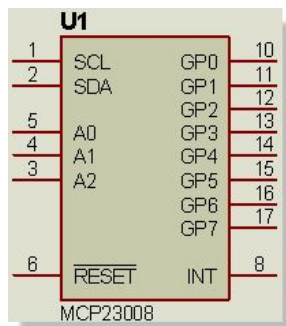
附录：创建新元件

如果你在设计的过程中，在元器件库中找不到你使用到的元器件，那么你就需要创建一个新的元器件。另外，如果你想更改库中元件的参数或封装，那么你会用到创建新元件的这些步骤。

下面这一部分将会指导你如何创建一个新元件并且将这个新元件的属性、封装保存到元件库中。

图形和引脚

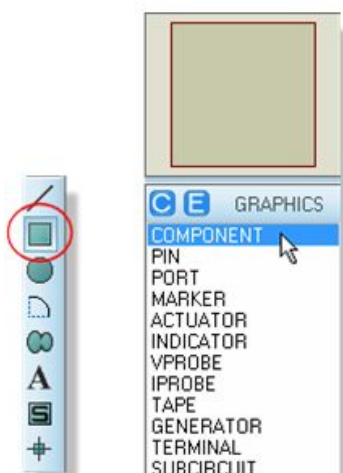
我们将以创建芯片 MCP23008 这个 I2C 扩展芯片为例，描述创建新元件的整个过程。下面显示的是元件的原理图符号，用于放置到原理图中进行连线等操作。



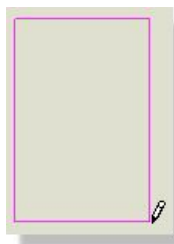
MCP23008 元件

按照以下步骤完成上图：

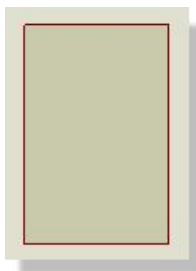
- 首先在对象选择器中选中 2D 图形模式，选择 COMPONENT 绘图风格。



- 在空白处按下鼠标左键拉拽出一块区域。



- 拖动鼠标来改变方框大小，大小差不多就可以了，后面再重新改变方框的大小。
- 再次单击鼠标后就可以确认大小并绘制出一个矩形框。



ISIS 支持强大的本地和全局绘图风格系统，使得原理图外观的定制简单灵活。关于绘图风格和文本风格的完整说明请参考在线参考手册。

下一步放置对应的引脚。

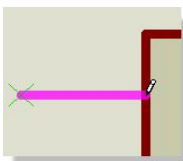
- 选择元件引脚模式，选择默认（DEFAULT）引脚类型。



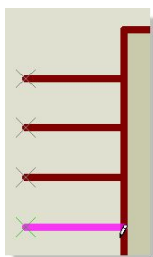
- 在原理图中单击鼠标左键开始放置，有 X 交叉的一端表示为连接端，用于与电路的其它元件进行连线。



- 移动鼠标，将引脚的另一端放置在元件图形的边框上，然后点击鼠标左键完成放置。



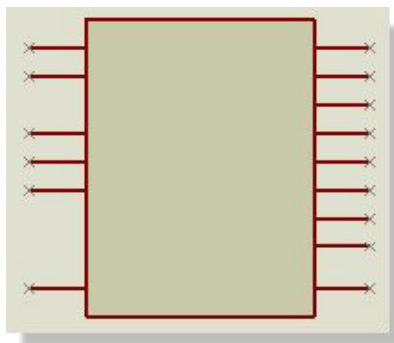
- 系统自动重新生成一个引脚，我们只需要向下移动鼠标后就可以继续放置其他引脚。



- 重复前面的步骤，把元件图形左边的引脚一一放置，最后如上图所示。
- 将鼠标移动到元件的另一端后，通过小键盘“+”、“-”按键来旋转引脚，让带 X 的一端指向元件外部。

- 重复前面的步骤，把元件图形右边的引脚一一放置。
- 当你完成所有引脚的放置后，点击鼠标右键，退出引脚放置模式。

最后完成的图形应该如下所示：



MCP23008 元件图形

引脚的分布位置一般依据美观来进行排列，另外，也可以根据需要对引脚进行分组排列。

在完成了引脚的放置之后，如果引脚分布超出了元件图形的整体，可以略微进行调整。点击模式选择栏最上方的选择模式，然后在元件图形框上点击左键，在图形框边线的中间位置会显示缩放小方框，移动鼠标到缩放方框上，鼠标光标以为上下或左右箭头样，按下鼠标即可调整其大小，再放开鼠标即可以退出操作。

缩放元件图形框后，所有的引脚最好都与图形框的边缘相连接，否则需要移动这些引脚，使它们与图形框相连接。

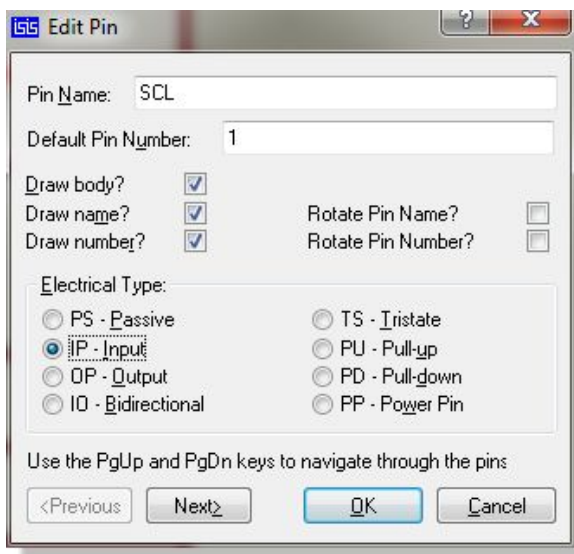
如果您想做出精确的位置调整，则需要进行捕捉精度选择，在视图菜单中有相应的命令可以选择，默认的捕捉精度为 0.1 英寸。关于捕捉精度的信息在参考手册中会有更为详细的介绍。

在完成了引脚的放置之后，下一步就是对它们进行命名，操作如下：

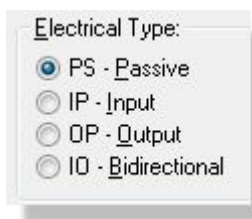
- 在引脚上右击鼠标，选中弹出的菜单中选择“编辑属性”命令。



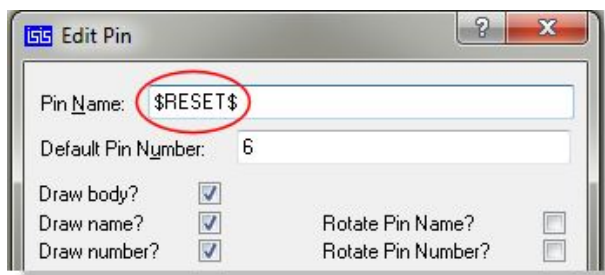
- 命名该引脚为 **SCL**，默认引脚编号为 **1**，电气类型是 **INPUT**，您也可以设置其他的属性，如是否显示引脚名、编号等，这里使用默认设置即可。



- 点击“下一步”按钮来命名下一个引脚，重复刚才的操作，在编辑的过程中，原理图中将同步进行更新。
- 如果对元件的引脚类型不确定，使用默认的 PS（无源）类型引脚即可。



- 当你设置 RESET（复位）引脚时，如果是低电平有效，那么一般需要在 RESET 上面加一条横线。在这里，可以在 RESET 字符的前后各添加一个\$符号，即可在 RESET 上加一条横线，如下所示：



- 点击确定来完成设置

你可能注意到了，在画元件时，电源引脚被省略了。这是因为在 Proteus 中我们不需要显式连接电源，所以元件相对应的电源引脚也不是必须的。我们只需保证在绘制 PCB 时，电源引脚正确地连接到了电源供应上即可。关于这一部分的内容将在下一节进行讨论。这样做没有什么特别的意义，只是为了使原理图更加简洁一些，而经常隐藏电源引脚，使用隐式连接的方式。如果你喜欢，你也可以放置电源引脚，然后通过连线显式连接电源。例如可以添加两个额外的 VDD 和 VSS 引脚

最后一步就是将画好的元件封装入库。

首先要拉拽出一个框体选择所有的图形对象（左击或右击鼠标都可以拉拽）。

然后在选择框体内部右击鼠标，从弹出的菜单中选择“制作元件”命令，如下图所示：



这将会弹出制作元件对话框，可以对这个元件的属性进行定义。在使用制作元件这个向导时，可以随时打开帮助了解各项属性的含义，在每一个页面都可点击右上角的问号来打开对应的帮助。

在第一个页面，我们需要设置元器件名和参考前缀，元件名是 **MCP23008**，参考前缀则是“**U**”。

参考前缀用来给元件进行元件和在物料清单给元件进行分类。在工业应用中，参考前缀有一些标准，如 **R** 代表电阻，**C** 代表电容，**U** 代表芯片等。

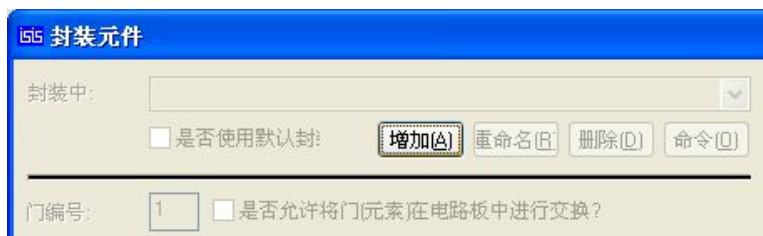
点击下一步进入下一个页面。

添加封装

在本教程的前一部分中已经介绍了如何快速地将封装分配给原理图中的元件，这种方法对一些小的、无源的、简单的元件非常有用。但在创建元件的过程中，需要更为完整的过程，这不仅可以使用管脚与焊盘正确对应，还能让我们能够更好地处理电源引脚。

在制作元件的对话框中点击增加/编辑按钮来打开可视化封装工具。

首先要通过增加按钮找出所需的封装，如下图所示：

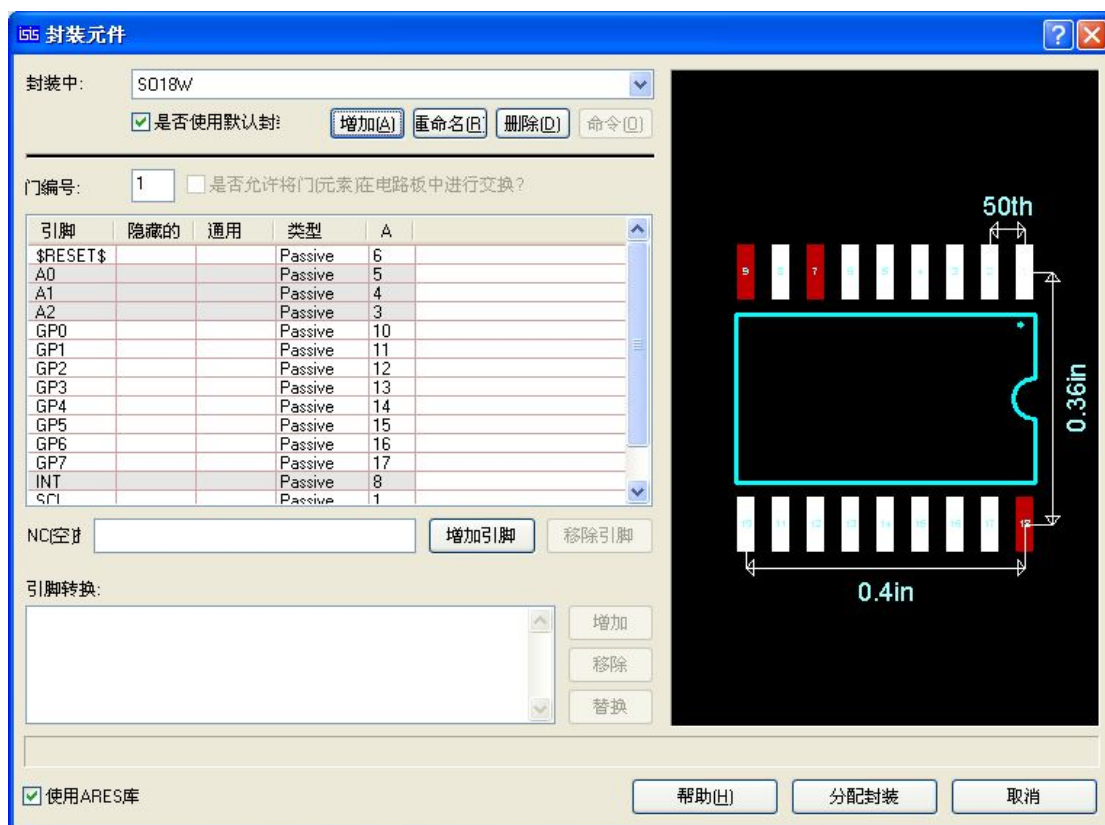


这会打开之前的教程提到过的封装浏览对话框。

这里假设需要的是贴片封装，在关键字处输入“**SO18**”，然后在结果中双击选中，如下图所示：



可视化封装工具现在应该显示如下：



这里有几点需要注意的地方，首先，在预览中显示为白色的焊盘对应的是元件的引脚，这是因为我们在之前的操作中，已经明确分配了默认的引脚编号。如果我们在前面的步骤将引脚编号字段默认为空，则必须在这一对话框中进行映射。

其次，我们可以看到有三个焊盘（7、9 和 18）没有对应到元件的引脚，通常情况下，我们可以查找元件对应的数据手册来配置引脚映射，在这个例子中，7 号引脚是 NC 脚，9 号引脚是 VSS 脚，而 18 号引脚是 VDD 脚。

NC（未连接）引脚可以简单进行处理---在 NC 引脚输入框输入 7，这时右边的封装预览窗口也会相对应的进行显示，焊盘 7 显示为白色，表明焊盘 7 也已经映射好了。

下面来添加那些不在原理图中显示的两个“虚拟”电源引脚。

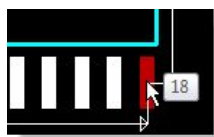
如果您对电源网络还有什么疑问，请参考教程的前面章节或者直接阅读帮助文档。

点击引脚列表下方的“增加引脚”按钮，输入 VSS 来命名，对 VDD 引脚重复一样的操作，如下图所示，必须记住，这些虚拟引脚是用名字来与电源网络相连接的，所以命名必须正确。

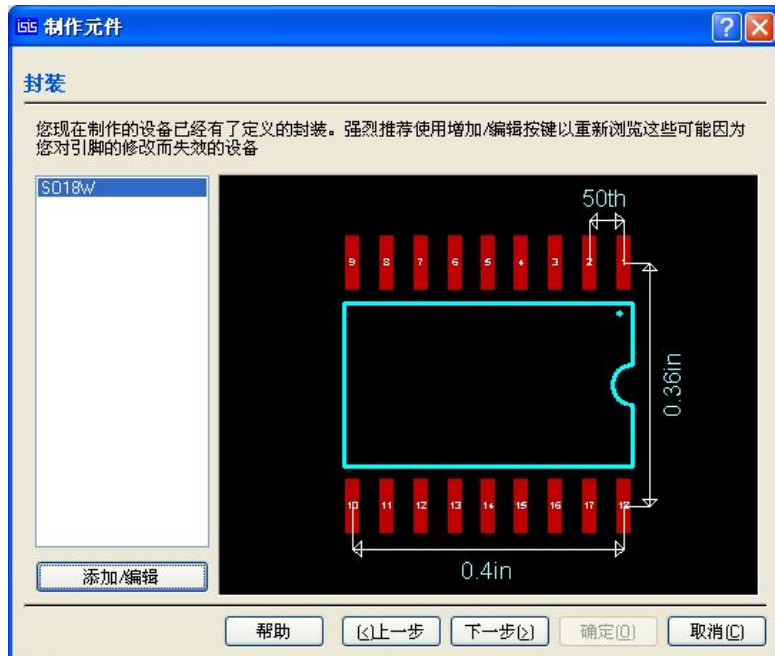
引脚	隐藏的	通用	类型	A	
\$RESET\$			Passive	6	
A0			Passive	5	
A1			Passive	4	
A2			Passive	3	
GP0			Passive	10	
GP1			Passive	11	
GP2			Passive	12	
GP3			Passive	13	
GP4			Passive	14	
GP5			Passive	15	
GP6			Passive	16	
GP7			Passive	17	
INT			Passive	8	
SCL			Passive	1	
SDA			Passive	2	
VSS	✓	✓	Power		
VDD	✓	✓	Power		

创建完引脚之后，按照以下步骤将它们分配到封装对应的焊盘。

- 点击 VSS 引脚的最右边一列。
- 然后点击封装预览窗口中的焊盘 9。
- 光标将会移动到下一个引脚 VDD，因此，再次在封装预览窗口中点击焊盘 18 即可，如下图所示：



现在我们可以看到封装预览窗口中的全部焊盘都高亮显示，表示该元件已经完成封装映射。点击“分配封装”按钮来确认并返回到制作元件对话框。



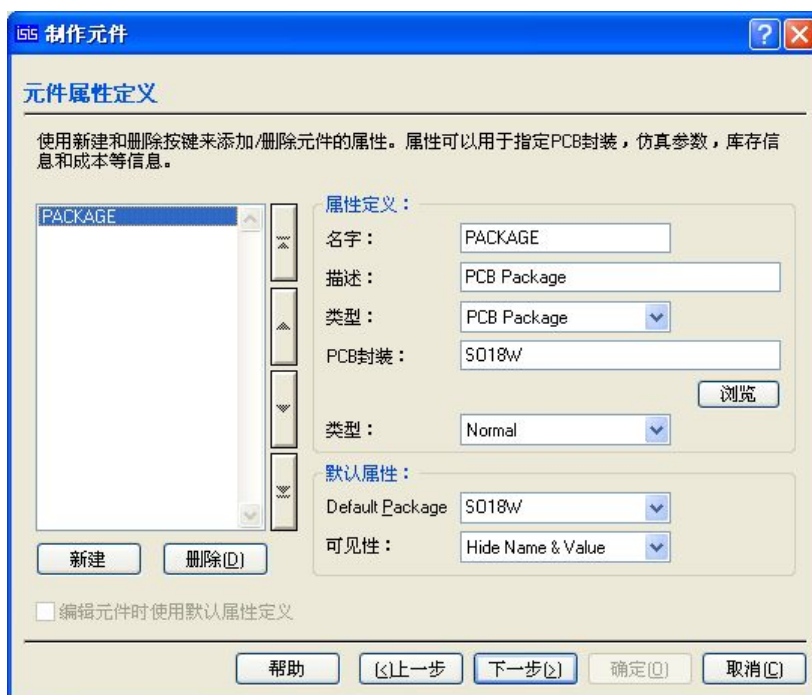
对于一个元件，分配一个以上的封装是很有用的。我们可以按照以上的操作为这个元件添加 DIL18 封装。当拥有多于一个封装时，可以在可视化封装工具中设定一个默认封装。

点击下一步后进入属性编辑页面。

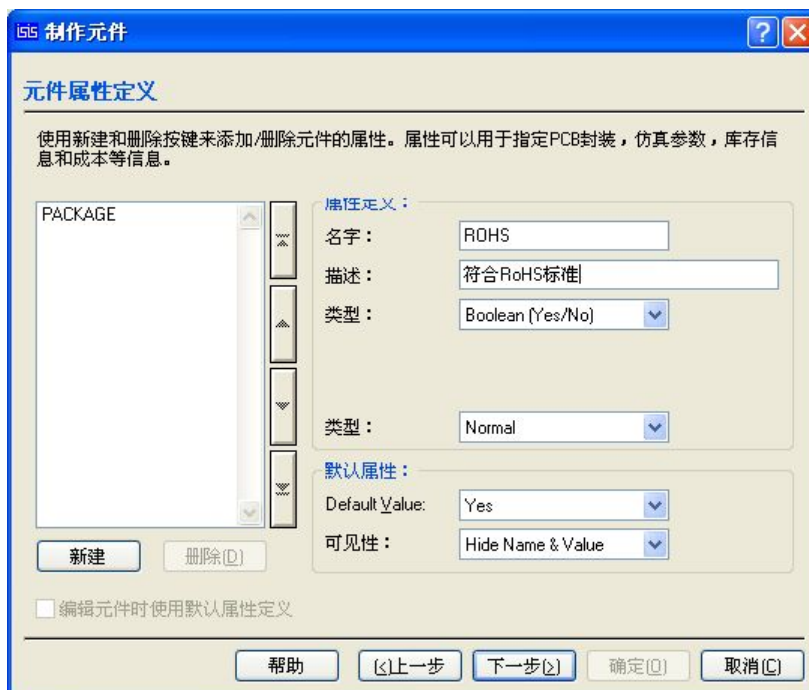
添加属性

在这个页面中我们可以为元件添加属性。之前我们为原理图中特定的元件实例添加过属性，但那些属性只在那个元件实例上有效，重新放置一个相同的元件并不会有。创建元件过程中设置的属性将保存到元件库中，因此，每次放置元件到原理图中时，这些设置好的属性都会有效，这就是区别。

我们可以看到这里的 **PACKAGE**（封装）属性已经配置好了，在前一个添加封装的页面添加了这个属性。



假设我们要为创建的元件添加 **RoHS** 兼容属性。



- 单击左下角的新建按钮，在弹出的菜单中选择 **Blank Item**。

- ☒ 右侧命名属性为 **ROHS**，并且描述为“符合 RoHS 标准”。
- ☒ 类型选择“布尔类型（是/否）”。
- ☒ 默认值为“是”，可见性使用默认的设置即可。

添加其他属性（如最小订货量、价格、代号、供应商等）的操作完全跟上面相同。另外，就像教程前面部分描述的那样，也可以在物料清单中方便地设置这些属性。如果你想获得更完整的信息，请参考帮助文档。

完成后点击下一步。

添加数据手册

这个页面可以使我们将数据手册附加到所创建的元件中。只需要输入相应的数据手册的文件名和所在路径即可。添加以后，就可以在需要时，使用元件的右键菜单或元件编辑对话框快速地打开芯片的数据手册。

如果我们没有找到相应的数据手册，跳过这一步即可。



ISIS 制作元件

元件数据手册和帮助文件

你可以链接元件到数据手册（Acrobat .PDF文件）或者帮助文件。可以通过元件属性编辑对话框来访问这些文件。

数据手册：

数据手册文件名：

下载服务器：

下载路径：

下载用户ID：

下载密码：

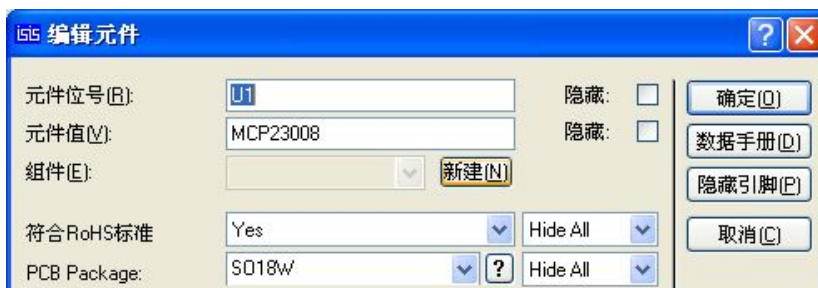
帮助主题：

帮助文件： 

上下文编号：

帮助 <上一步 下一步> 确定(O) 取消(C)

添加数据手册给元件



ISIS 编辑元件

元件位号(B): 隐藏: ☐

元件值(V): 隐藏: ☐

组件(E): **新建(N)**

符合RoHS标准: Hide All:

PCB Package: ? Hide All:

确定(O) 数据手册(D) 隐藏引脚(P) 取消(C)

“打开数据手册”按钮

为了方便用户使用，系统元件库中的许多元件都配置了数据手册的下载链接，需要时，通过这个按钮就可以很方便地从我们网站上下载。

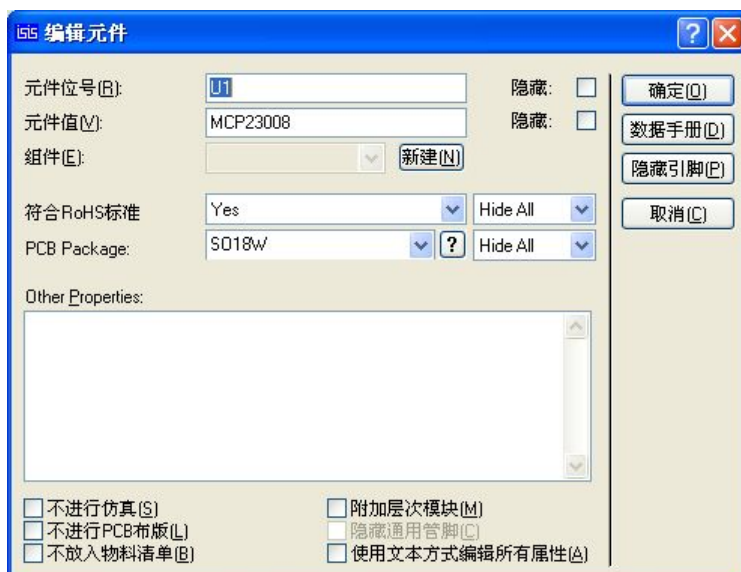
选择索引和库

在最后一个页面，我们为新建的元件选择分类，添加描述并选择所存放的元件库。在之前的教程中已经知道，从元件库中选择元件时，可以通过元件分类和元件描述来查找和过滤元件。因此，元件的分类和描述是否准确，将影响我们以后使用时能否快速地查找到所需元件。我们为新建的元件选择如下的分类和描述信息：



当您完成设置之后，只需要点击“确定”按钮即可完成。如果你是通过修改原理图中已经存在的元件来创建或修改元件，那么软件将提示你是否更新原理图中放置的元件实例。

最后，我们从对象选择器中放置新建元件到原理图中，打开它的编辑属性对话框，应该如下图所示：



在 ISIS 中同样也可以新建多分子元件，但这将超出本教程的范围，感兴趣的读者可以参数 ISIS 参考手册，里面有详细的介绍。

第二部分 ARES PCB 布版

简介

本教程的目的是为了让您快速了解和熟悉 **ARES** 的主要特性，以便在实际工作中具体使用该软件。拥有基本电脑使用技能的用户在学习完本教程后就可以在一到两天内制作出第一块 **PCB** 电路板。

本教程是通过样板制作来让您重点了解软件以下几个方面的知识：

- 基本的元件放置和布线技术
- **3D**电路板预览
- 基于网络表的电路设计，包括自动和手动布线的方法
- 较为高级的编辑方式，包括电路块编辑和导线编辑
- 生成报告
- 生成硬拷贝
- 创建库元件

这里强烈建议您遵循本教程的练习来熟悉使用软件，如果错过某些知识点，则有可能降低你的工作效率，并在以后的使用过程中浪费时间。同样，如果我们遵循教程的步骤来了解软件的基本概念和知识后，你会发现将会容易就看懂参考帮助文档中的内容。

本教程和参考文档中使用了键盘快捷键来执行一些特殊的命令。教程中使用的是默认的快捷键设置，如果你修改了这些命令的快捷键，那么请恢复到默认值，这样才能匹配教程中提到的快捷键。您可以通过“系统->设置快捷键”进行设置。

当您的工作模块或模式发生改变时，菜单栏、工具栏和图标也会发生相应的改变。在教程中，如果提到菜单命令，那都是针对在 **PCB** 布版页面被选中的情况下的菜单命令。如果选择了原理图绘制页面，菜单命令将有很大的不同，你很可能找不到相应的菜单。

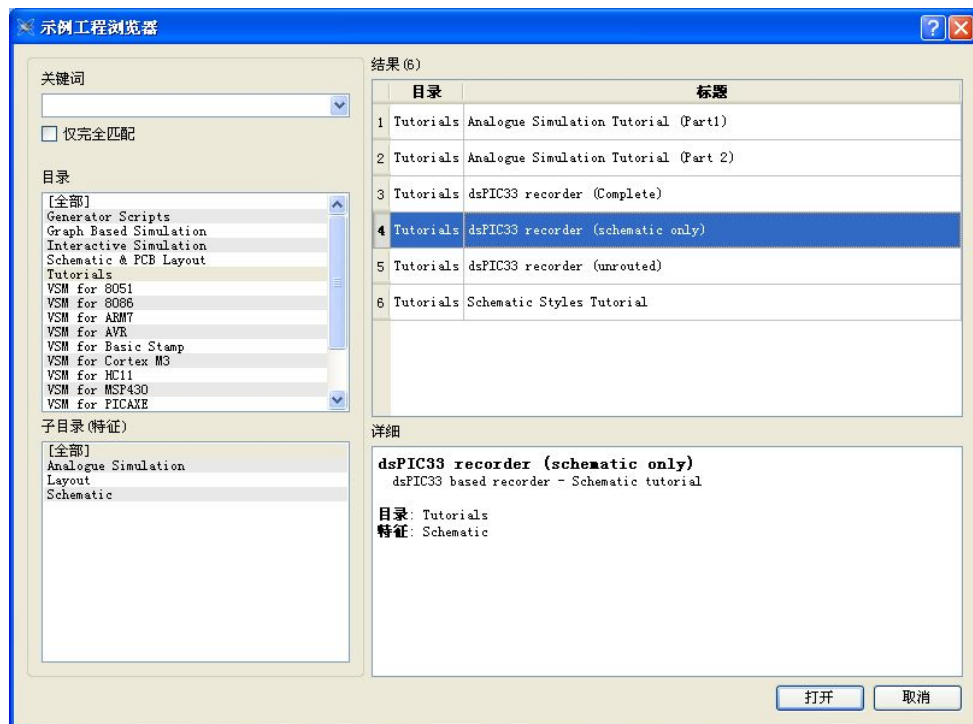
PCB 布版编辑器概述

假设此时您已经将该软件安装在电脑中了。

本教程使用原理图设计教程中所做的那个工程，所以现在我们打开在原理图中已经制作完成的工程项目。软件主页上选择“打开示例工程”按钮，选择教程（**tutorials**）类别，并且选择“**DSPIC33 Recorder (schematic only)**”示例工程。这将会打开我们在原理图绘制教程中完成的那个工程。

可以在软件的模块工具栏中选择**ARES**按钮从而打开**PCB**布版设计页面。

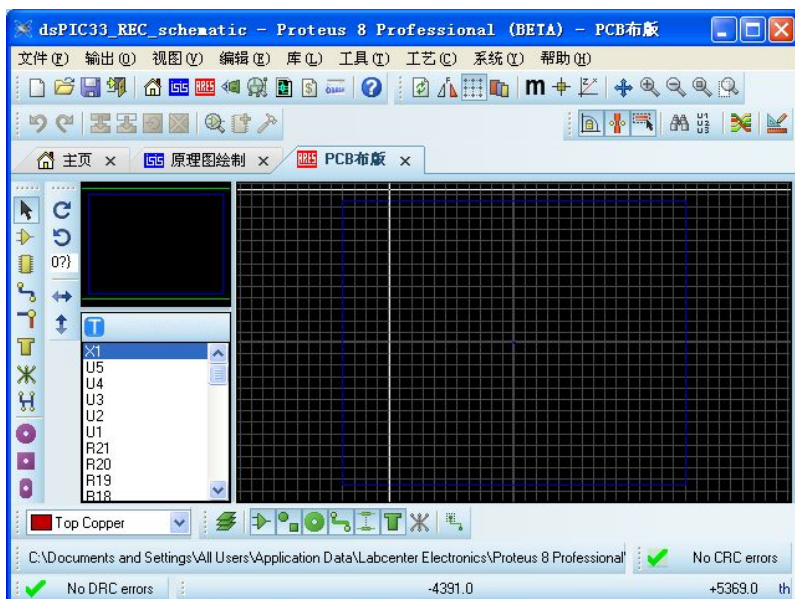




如果您的电脑可以同时使用两个显示器，或者有宽屏显示器，那么，拉动其中一个标签页到软件外部，就可以同时看到两个编辑模块（如：原理编辑模块和 PCB 布版编辑模块）。如果没有的话，就可以通过鼠标或者 CTRL+TAB 快捷键来进行页面切换。

主窗口

屏幕最大的区域叫做“编辑窗口”，它作为绘图的窗口——用来放置电路板对象和进行布线。屏幕左上角较小的区域叫做“预览窗”。通常“预览窗”用于对整个绘图区域进行预览——蓝框表示当前图纸的边缘，绿框表示当前编辑窗显示的区域。然而，当我们从对象选择器中选择一个新对象时，预览窗就用来显示被选择的对象——这个后面再讨论。



控制工具栏

控制工具栏位于软件页面的底部，与之前在ISIS中的工具栏有很大的不同，控制工具栏分为五个部分：

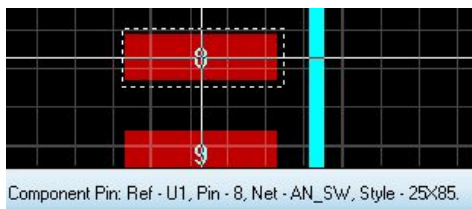


左手边的是“选择过滤器”，用来配置当前操作模式下被选择的板层和对象。一般默认的规则就满足需要，当需要更加精确选择时，它就显得极为方便。“板层选择器”组合框指定了当前选择的板层或板层对，用于PCB对象的放置。



图层和选择过滤器

中间是“状态条”，它提供了对当前鼠标指向的对象的文本提示。例如当鼠标指向焊盘时它会提示该焊盘所连接的网路。



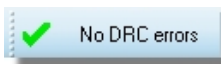
状态栏显示了鼠标所指的的内容

下一个是连接状态显示条，控制PCB与原理图的同步，当同步完成后，可以用来实时检测连接性。



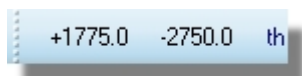
网络表信息和CRC检测状态条

连接状态显示条右边紧邻的是实时“设计规则检查器”。它在设计PCB的过程中实时向用户报告任何违反物理设计规则的地方。左键点击此处将打开对话框，里面列出各种冲突的细节，通过双击列表中的冲突条目，可以放大PCB编辑窗口到出现特定错误的位置。



在状态栏中的DRC信息

最后一个是坐标显示条，它读出当前光标位置的坐标值，如下图所示。它反映的并不是指针位置的准确值，而是其捕获值。默认的捕获选项可在“视图”菜单找到进行更改（或通过组合键 **CTRL+F1** 和 **F2-F4** 进行更改），捕获值可以在“工艺”菜单下的“设置网格捕捉”命令来进行配置。



坐标可以是英制或公制单位，可以通过“公制”命令（默认的快捷键‘M’）来进行快速切换。还可以使用“原点”命令（默认快捷键‘O’）来设置一个伪原点，此时坐标显示由黑色变成紫色。

编辑窗的网格点可以使用“网格切换”命令来切换其有无，或者使用快捷键（默认是‘G’）。没有进行缩小操作时，格点的间距一般反映了当前捕获设定。在缩小以后，格点间距设为捕获间隔的适当倍数。

通过“X光标切换”命令来让ARES在捕获点显示一个X形的光标或十字光标，默认快捷键是‘X’。

现在我们应该对编辑窗口有了个大概的了解，在接下来的章节中，我们将通过实践，进一步熟悉本节的内容。

浏览

在PCB布版中进行快速浏览的方法与ISIS中的相同，如可以通过鼠标中键进行缩放、进行平移等。

设计视觉帮助

就像在ISIS中的那样，在ARES中也使用了很多视觉效果来帮助你理解布版期间发生的事情。需要了解两个技术准则：

- ARES的选择过滤器将对当前鼠标下的对象进行过滤选择，能够被选择的对象将使用一个虚线框标示，表明这个对象可以被选中。
- ARES提供了动态光标，用于标识任何时候左键单击将进行的操作（如放置对象，选择对象，移动对象，等等）。光标类型列表如下：

光标	描述
	标准光标
	放置光标——左键单击将根据当前选择的工作模式放置一个对象
	选择光标——左键单击将选择鼠标指向的对象
	移动光标——左键拖曳将移动一个被选择的对象

在学习本教程的过程中或者使用ARES开展你的工作的过程中，您需要利用这些视觉帮助对象来掌握软件的使用和提高工作的效率。

Proteus 8 通过 **CTRL+Z** 和 **CTRL+Y** 按键可以实现了多次的撤销和重做动作，当您发现在学习教程例子出现问题时，可以使用以上操作进行撤销和重做。

显示选项

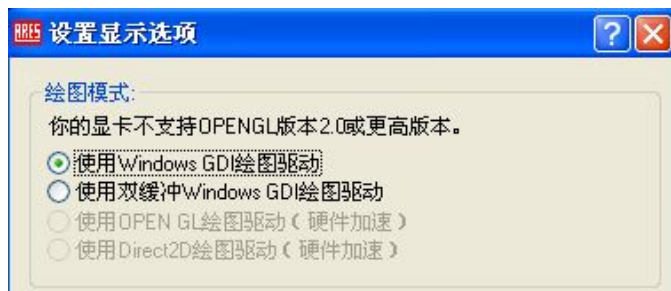
ARES 可以有效使用电脑显卡，以提供流畅的操作和真正的多层透明显示效果。然而，并不是所有机器都装有强大的显卡，ARES软件也可以利用Windows系统的某些功能来完成显示和图形操作。以下是三种可以选择的操作模式：

- _ Windows GDI 模式
- _ OpenGL 硬件加速模式
- _ Direct 2D 硬件加速模式

在第一次运行软件时，Proteus 将会测试您电脑的性能，根据情况设定默认的硬件加速模式。可以通过“系统”菜单下的“设置显示选项”命令进行硬件加速和显示选项的控制。某些选项仅在部分模式下可以使用。

绘图模式

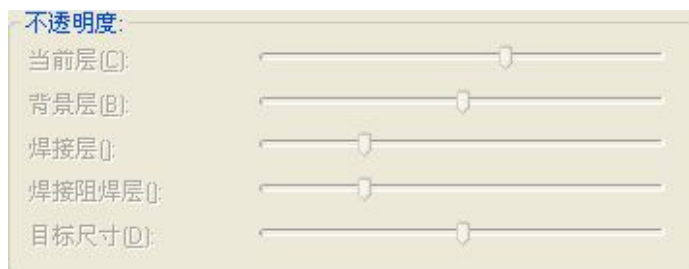
对话框第一部分显示了您的显卡可以支持OpenGL或者Direct2D硬件加速，如果支持的话，你就可以选择从Windows GDI模式切换到这两个硬件加速模式下。



选择您的显卡可以支持的最优模式

透明度

当您选择了合适的硬件加速显示模式后，下面的透明度选项框可以让你自由配置每层电路板的显示透明度。



可以根据个人需要进行透明度设置

当使用硬件加速之后，ARES会在当前层上做出特别标示，让当前层比其他覆铜层更不透明。这样就可以让当前层的对象显示更加清楚。您可以通过调节滑动块来改变当前工作电路层和背景层的相对透明度。

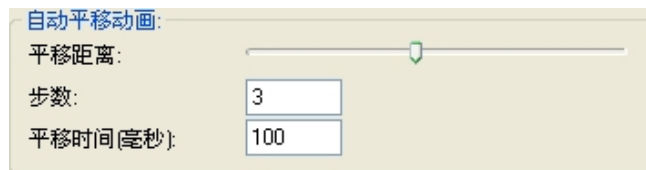
例如，当您需要取消透明性时，就可以将背景层的滑动块调节至最大。

除此之外，使用硬件加速功能后，您还可以实时观察焊盘和过孔旁边的阻焊层和锡糕掩膜层。也可以通过滑动块来调节这些图层的透明性。

自动平移动画

在ARES中，按住shift键的同时移动鼠标到编辑窗口的边缘即可进行屏幕移动操作。类似地，在编辑窗口拉动任

意一个对象到编辑窗口的边缘，也会自动移动屏幕。这个功能称作自动平移功能，这个功能相关的设置选项也在这个对话框中，如下图所示：

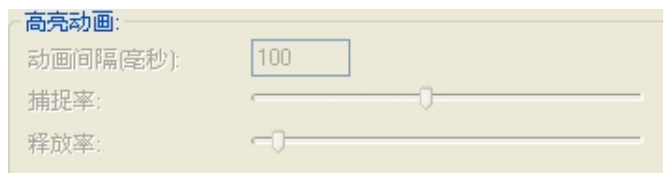


您可以根据需要进行设置

在这里，可以根据需要设置自动平移的移动距离，移动这个距离所需要的步数以及动画速度（时间）。这个功能无论任何绘图模式都可以进行设置。

高亮动画

使用硬件加速模式时，鼠标所指向的目标将会显示高亮状态，表示这个对象可以被选中。你可以通过下面这些选项来控制高亮显示的平滑度和速度。



动画间隔控制了动画的帧率，也就是控制渐入渐出效果的平滑性，通常使用默认设置即可。

捕捉率是用于设置对象从没选中时到被选中时显示变化的速度，而释放率则用于调整对象从被选中到不选中时显示变化的速度。

这些选项仅在硬件加速模式下才可使用。

多次采样（反锯齿）

当图形在不同缩放倍数中显示时，显卡使用多次采样的方法来减少抗锯齿效果。

这一功能在显示文本时的效果特别明显，但会影响图层中所有的绘图对象。



当使用OpenGL 模式时，可以指定多次采样的等级。等级越高，显示的效果越好，但同时也会增加GPU资源的消耗。如果您选择了一个不被显卡支持的采样等级，软件将会自动调整到显卡支持的等级。对于ARES 基本操作，4x采样等级就完全足够了。

显示图层对话框

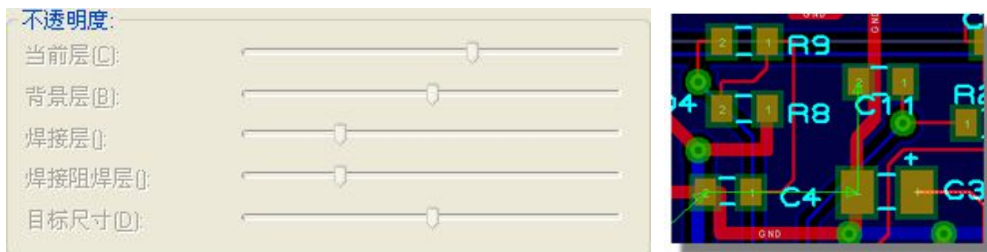
显示图层对话框让您设置电路板中不同图层的可视性和颜色。您可以从ARES中的“视图”菜单下的“编辑图层颜色/可见性”命令或者通过软件底部的状态栏来打开这个对话框。

可以通过选择图层旁边的颜色选择器来更换需要的图层颜色，通过图层旁边的勾选框来控制图层的可见性。你所做的所有修改都将会在图层中实时更新。

您可以根据需要在预先设定好的颜色模版中进行切换，还可以通过按下“新建”按钮创建新的颜色模板。

如果需要得到更多的帮助信息，点击对话框右上角的问号即可打开帮助。

最后，如果是工作在OpenGL或者是Direct2D模式下时，“阻焊层/锡膏层显示”选项可以选择在电路板中完全显示这些层。当你使能了这两层的显示后，你可以转换到“透视图设置”页面，然后在这里可以通过滑块来设置这两层的不透明度。



放置元件

Proteus 8 使用的是实时网表，所有的模块都会使用到同一个实时网表，所以我们绘制好原理图后，ARES模块就已经得到了所需要的大量信息，可以开始布版工作。

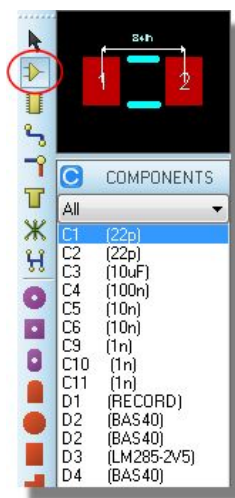
特别地，在原理图中，我们已经指定了每个元件所使用的封装，因此，ARES将自动为这些元件选择封装，并把元件放置到列表中，这样，我们就可以直接进行布局的工作了。

元件和封装

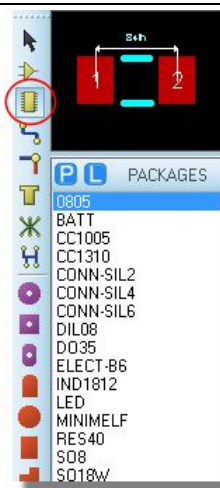
- _ 元件是已经从原理图中指定了网络连接的封装实例。
- _ 封装则是在ARES封装库中保存的具有物理尺寸的元件封装。

选择元件模式将选取那些已经和ISIS关联好的元件，元件模式下的封装实例都带有连接信息；而选择封装模式则是用于选择没有和原理图元件绑定的封装实例。

当所设计的PCB是根据原理图来进行绘制的，就应该选择元件模式来进行设计。元件模式按钮是左侧工具栏从上往下数的第二个，在选择按钮之下。点击之后将会在选择器中列出元件对象，这里所显示的元件列表都是和ISIS中一一对应的。



封装模式按钮在元件模式的下方，点击之后将会显示从封装库中选择的物理封装列表。



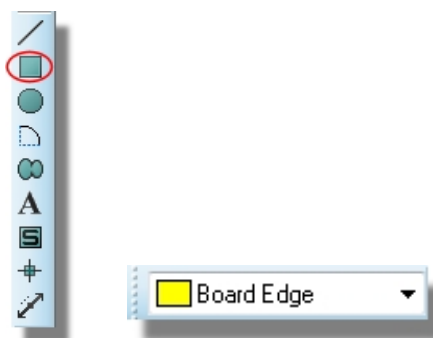
电路板板边

在放置元件之前，首先需要定义好电路板的形状和大小。对于现在这个工程来说，仅需要一个矩形框即可，但需要设置好其大小（115mm宽、40mm高）。

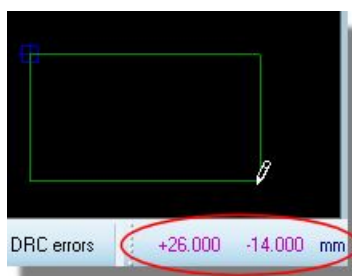
首先需要指出的是，ARES可以在公制单位和英制单位之间进行切换，这一操作可以通过“视图”菜单下的“公制/英制切换”命令或使用“M”快捷键即可切换。在绘制过程中，可能经常需要对单位进行切换。

在“工艺”菜单的“设置网格捕捉”配置命令中可以定义默认值的单位。

在绘制PCB板边之前，首先在左侧工具栏中选中2D方框图形模式，然后，在图层选择器中选择当前图层为板边层。

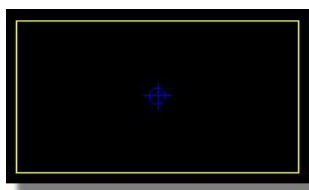


将鼠标移动到合适的开始位置（如左上角），然后按下“O”键就可以设置当前鼠标所指位置为坐标系统的原点。在软件右下角的状态栏将会显示新的坐标。如果你在原点单击左键并开始拉拽，状态栏的坐标值就是板边的尺寸了。

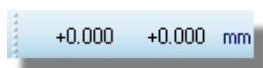


获得合适的大小之后，再次点击左键完成板边的绘制。

不用担心你刚才绘制的板边在编辑窗口的位置，等会我们将把它移动到编辑窗口的中间位置。



最后，再次按下“O”键就可以恢复坐标系统到默认状态。坐标显示的颜色从品红色变成黑色，说明现在使用的是全局坐标系统。



绘制电路板的板边应该是设计的第一步工作，因为软件需要通过板边来确认自动布线的限制，确认电源层的大小等。

如果您需要删除或者修改板边的大小，对其右击鼠标会弹出一个菜单选项进行一些操作，板边上也会显示出一些拖拽手柄可以用来改变板边的大小。



那些比较复杂的板边设计可以通过导入 DXF 文件到板边层来实现。请参照帮助文档里面的“DXF 导入”说明。

工作区域、坐标和捕捉

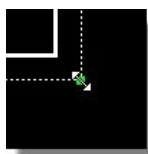
您所绘制的电路板板边很可能只占了整个编辑窗口的一小部分，这并不很理想，因为我们所有的操作都是在板边之内进行的。当然，您也可以放大显示这一部分（移动鼠标到所需要缩放的位置再滚动滚轮，或者按下F6按键），但默认情况编辑窗口是用于显示整个工作区域的。

工作区域是指在编辑窗口中深蓝色方框内的区域，在继续进行操作之前，我们先切换到选择模式，左击鼠标，然后拖拽出一个选择框包围电路板板边。

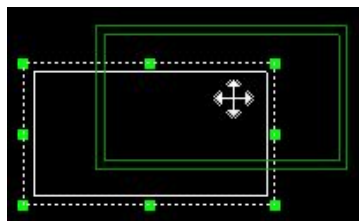


如果你未能将整个电路板板边全部包括起来，你可以再用绿色的手柄调整选择框的大小，直到将整个电路板板

边都包括起来为止。



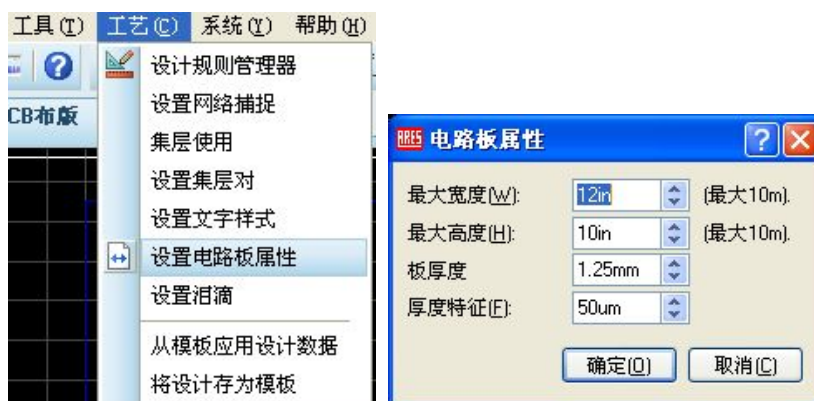
现在将鼠标移动到选择框的中间，然后按住鼠标左键就可以进行拖动，把板边移动到工作区的中央位置，最后释放鼠标左键完成移动操作。



这是一个非常重要的功能，可以让您很方便的使用块选择的方式对一组对象进行操作（如移动、删除等）。

将电路板板边移动到工作区中心之后，我们可以把工作区缩放到合适的大小进行接下来的工作。

从“工艺”菜单下，选择“设置电路板属性”命令，设置工作区的大小为175mm宽和100mm高，这跟我们的电路板大小是比较匹配的。



我们知道，在放置电路板板边时，可以通过设定一个临时的原点来确定板边的大小，当然也可以用来摆放元件到指定的位置（如指定与临时原点的距离）。

除此之外，我们同样也可以设定输出原点的位置。输出原点是系统的默认原点，在编辑窗口显示为一个小的蓝色标记，如下图所示：



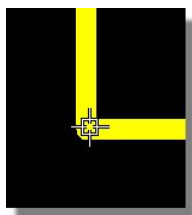
如果我们把输出原点移动到板的某个角落将会更加方便，特别是在我们放置元件时，如果我们设置了机械尺寸的限制将非常有用。

对于我们教程中使用的例子，我们把输出原点移动到板边的左下角，操作如下：

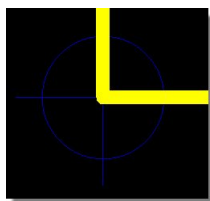
1) 在输出菜单下选择“设置输出原点”命令



2) 移动鼠标到电路板板边左下角处，使用鼠标滚轮进行放大到合适的大小，以便能够准确放置原点。



3) 左击鼠标完成放置。



这时，状态栏的坐标显示在默认情况下将已相对这个原点的位置来显示。

ARES有默认的捕捉网格，在放置对象时会进行捕捉，并把对象放置到网格上，这将方便我们对对象进行操作。我们可以对捕捉网格的大小进行设置，不管是公制还是英制，都可以从“视图”菜单下的命令和键盘快捷键来进行设定。

通常，设置小的网格可以让我们操作对象的位置更加精细，然后设置大一点的网格将让我们更加容易选择对象。在设计电路板的过程中经常切换网格大小并不明智，我们选择一个最合适的网格大小即可。

可以通过“工艺”菜单的“设置网格捕捉”命令来修改默认的捕捉网格的大小。

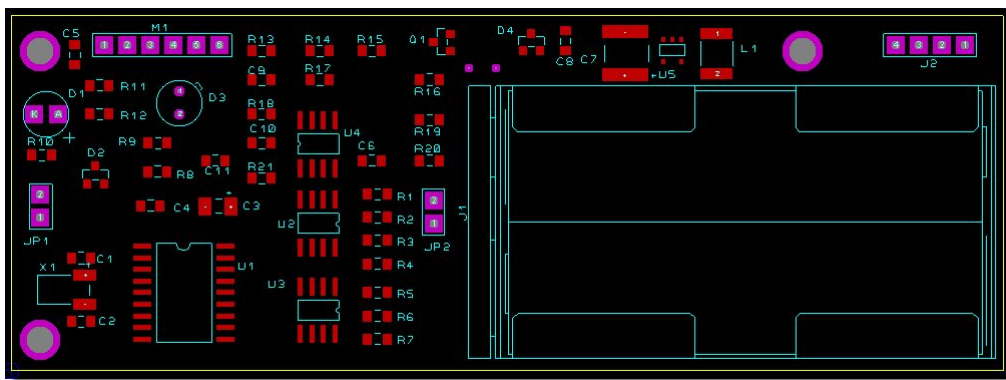


网格可以通过按键“G”来关闭显示，也可以在点和线之间进行切换，当然网格的颜色同样可以进行配置，从“视图”菜单的“编辑图层颜色/可见性”对话框进行设置。

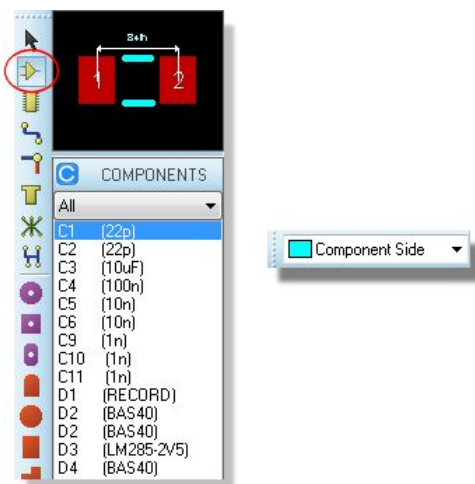
放置元件和飞线

现在已经完成了那些基本知识的学习，终于可以开始将元件放置在电路板上了。

下面这张图就是将元件放置到电路板相应位置后的效果图，我们可以根据这个来练习放置。

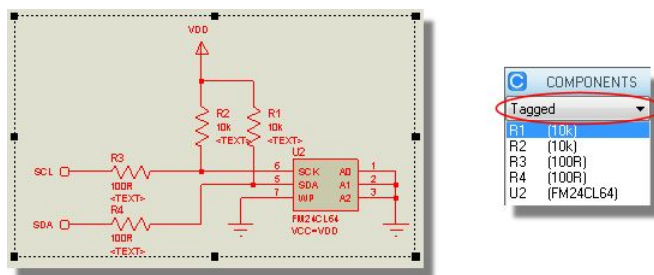


在ARES上放置元件的过程和在ISIS上非常相似。首先在左侧图标中选择元件模式，并确保图层选择器已经选中“元件面（Component Side）”，在这个工程中不会放置任何元件到“焊接面（Solder Side）”。



默认的对象选择器包括了所需要放置的元件列表。

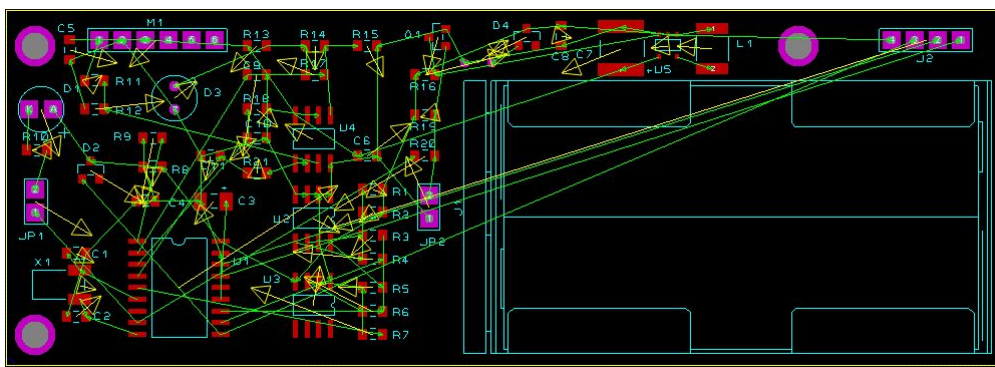
对于比较复杂的电路板，我们可以只显示在原理图中选中的元件，如下图所示，在原理图中选择一小部分电路，然后在ARES中的元件选择模式下的对象选择器中选择“Tagged”模式。这个功能让你可以选择电路的一部分进行布局和布线，而不用考虑对象选择器中的其它元件，我们称之为“局部布版”功能。我们例子中的电路相对简单，因此不使用“局部布版”，而使用“全局布版”（所有的元件都放到对象选择器中）。



首先放置AA电池座到电路板的右侧。从对象选择器中选中J1元件后，在编辑窗口单击左键将显示元件虚框，根据显示的元件虚框来给元件定位，到合适的位置左击鼠标将其放置到所需的位置。

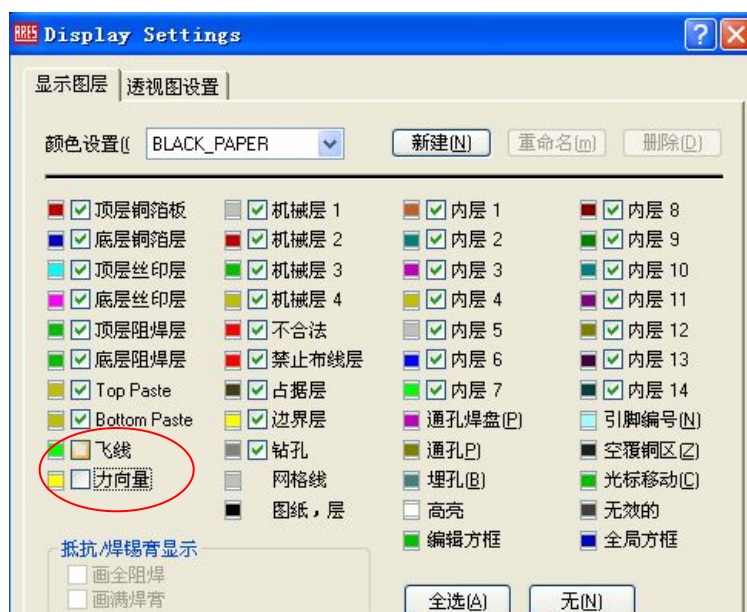
值得注意的是，放置了的元件将从对象选择器中移除，然后我们可以继续放置J2接口到电池旁边。

另一个需要注意的是，无论在放置过程中还是在放置后，两个元件之间都会有绿色的弹性线以及黄色的箭头。绿色线是飞线，它的作用是指出元件之间电路连接关系；黄色箭头则是“力向量”，它指向一个具体的位置，在这个位置上，所有的飞线长度总长将最短。力向量仅仅是一个参考，提供了一个在逻辑上能够缩短飞线长度的位置。



像前面的元件位置图中一样，我们也可以取消这两种线的显示。

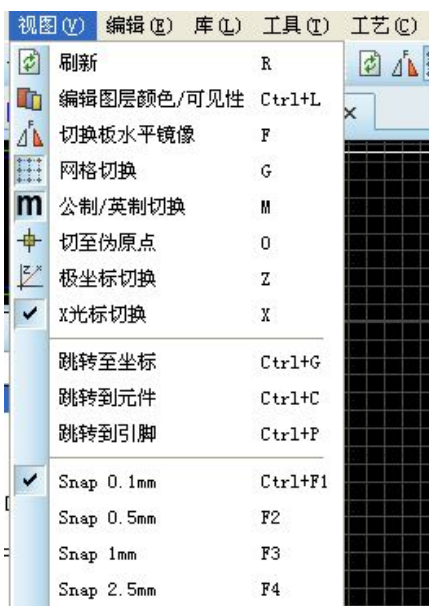
在“视图”菜单里选择“编辑图层颜色/可见性”命令，在弹出的对话框中显示了在ARES中全部的图层所对应的颜色和可见性配置选项。在这里，我们只需要将“向量和飞线”图层前面的勾取消即可。



你也可以在软件底部的状态栏上单击来打开这一对话框。这个对话框只用于控制图层是否可见，如果要控制某一层上的对象是否可选/可编辑，我们应该使用“选择过滤器”来进行，这将在后面讨论。

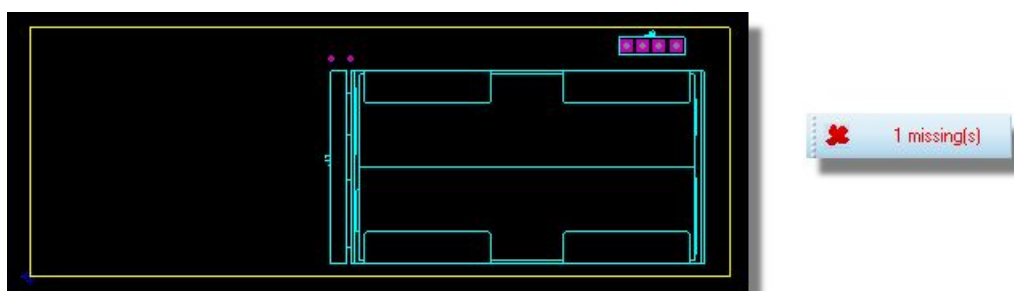
为了移动连接器J2到指定位置，你可能需要更多的控制定位的方法。但要记住对象的位置是链接到捕捉网格的，因此我们需要通过“视图”菜单中的命令来减小捕捉网格，例如将捕捉网格设置成1mm，如下图所示。

如果你使用的是英制单位，你可以将捕捉网格设置成25th，或者使用快捷键‘M’切换到公制单位再设置成1mm。



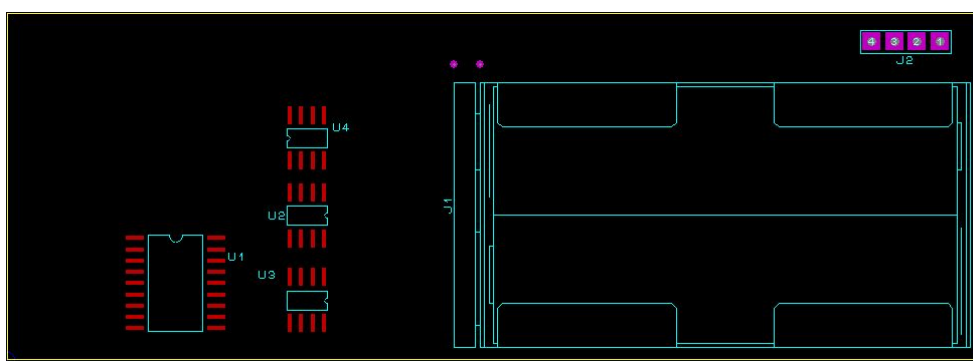
现在，只需要右键点击器件进行选中，然后将其拖动到所需位置。如果将器件的标号移到器件的下面，我们就能让连接器与电路板边缘靠得更近。这个操作过程和ISIS教程中叙述的一样，但需要记住，这次右键点击的是标号本身而不是器件。

放置器件以后会出现飞线，连接状态也会进行更新，显示未连接的连线数量，如下图所示，放置J1和J2后，CRC显示1根连线未连接。



未连接连线表示在原理图中连接的导线在PCB中还没有被放置。因此，当完成了电路板的绘制以后，连接状态应该报告没有未连接的连线，这将在我们完成布线后看到。

我们现在考虑到其它的主要元件，以同样的方式放置U1（dsPIC33）、U2（I2C存储器）、U3（温度/湿度传感器）和U4（双运放），放置完成以后如下面的截图所示。

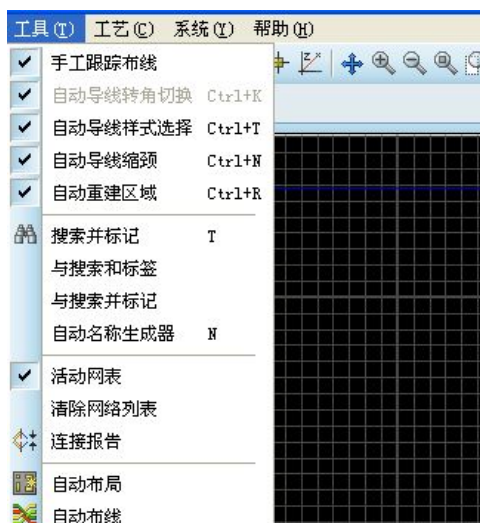


注意，为了减小飞线的长度，我们对元件U2、U3和U4进行了适当的旋转。最好在放置器件的时候就进行这些操作，因为飞线会实时显示，这有助于我们旋转元件到合适的方向。

首先以正常的方式放置U1，然后在编辑窗口点击左键开始放置U2，使用数字键盘中的‘+’和‘-’旋转器件方向，再次点击鼠标左键完成放置。对U3和U4重复同样的操作，放置后还可以对器件进行移动或旋转（点击鼠标右键，然后从弹出文菜单中进行选择），直到你的电路板接近前面的截图。

一般来说，在电路板中放置器件时有两种选择。你可以选择手动放置器件，或者如果有高级特性集的授权（购买了Proteus PCB设计2级、2级+或3级的Licence），也可以使用自动布局完成所有器件的放置，然后移动它们到合适的位置。在器件放置的过程中，你可能会发现暂时禁止飞线的显示是很有用的。

自动布局器可以从ARES的“工具”菜单中调用，对于我们，使用默认选项就足够了。



不管使用哪种方法，最终的任务都是把所有元件放置的电路板中，可以使用前面的布局图作为参考。

以下几点非常有用，在进行放置时要牢记：

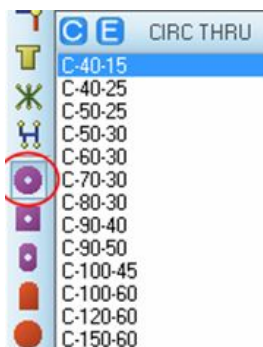
- 当你放置元件时，鼠标中间的滚筒可以进行放大和缩小（快捷键F6和F7）；
- 放置好后，右键点击元件，将弹出菜单，可以让你进行移动、选择和删除操作；
- 更改捕捉网格到更精细的设置，可以让我们更精确地放置元件，但同时，我们选择元件时也需要更精确的定位。
- 如果在一个不合法的位置放置了一个器件（例如在另一个器件上），这样就违反了一个或多个设计规则。现在只需要移动这个器件到一个合法位置即可——将在下一章详细讨论设计规则的内容。



安装孔和焊盘样式

在继续下一步连线之前，应先为电路板放置安装孔，完成物理布局。

在我们的例子中，将使用孔径3mm、直径0.18in的焊盘来作为电路板的安装孔。首先，切换到圆形通孔焊盘模式，从对象选择器中选择一个合适的系统提供的焊盘。

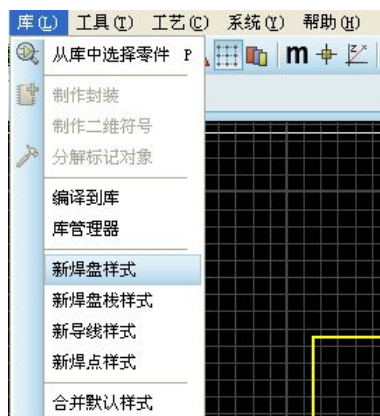


在ARES中，焊盘的术语设计为了方便阅览，通常遵循以下格式：

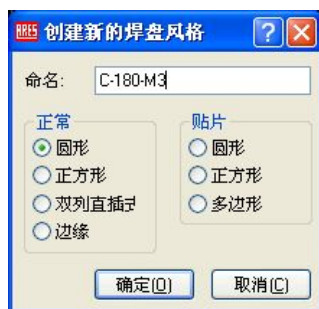
<焊盘类型>-<直径/大小>-<孔径>

不含前缀‘M’的焊盘尺寸使用英制单位，如C-40-15是一个直径40th、孔径15th的圆形焊盘；又如C-200-M3是一个直径0.2in、孔径3mm的圆形焊盘。如果我们需要一个直径0.18in、孔径3mm的焊盘，可以发现在对象选择器中没有，因此我们需要按下面的方法创建这个焊盘：

1) 从“库”菜单选择“新焊盘样式”命令。



2) 为正在创建的这个焊盘输入名字，我们建议遵循标准的命名惯例进行命名（例如：C-180-M3）；



3) 指定焊盘样式——在我们的例子中我们想要创建的是圆形通孔式焊盘。

4) 这个焊盘的直径是180th或0.18in，钻孔标记是标记钻孔位置绘图输出的大小，30th就可以。通孔孔径为3mm，安全间隙应该扩大到20th，安全间隙是在阻焊层中焊盘的扩展距离。

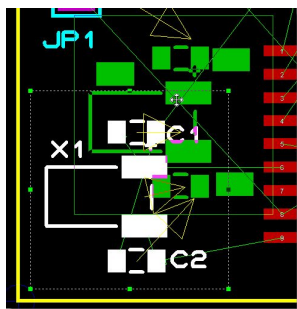
5) 在对话框的底部，我们可以选择是否让这个焊盘样式被将来的设计永久使用（“更新默认值”选项）或仅仅只被这次设计使用（“本地编辑”选项），我们建议选择更新默认值选项，除非有特殊原因才选择“本地编辑”选项，如下图所示：



6) 当你退出这个对话框以后, 你应该能看到这个新的焊盘样式能从对象选择器中选取;

当要输入特定的值时, 你会发现直接输入你想要的值比使用向上和向下的箭头进行控制更容易。

我们想要在电路板左边的上部和下部放置两个安装孔, 然后在一个特定的地方放置第三个安装孔(用于支持PCB的微锁设计), 这样可能就不必移动一些电路而腾出一些空间, 例如底部的晶振块或顶部的压力传感器。正如我们前面看到的, 可以很容易做到这点, 进入选择模式, 围绕电路画一个选择框, 然后拖到一个新的位置, 下图显示了晶振电路移动的过程。



记住, 如果第一次没有得到合适的选择框尺寸, 可以使用拖动手柄来调整选择框的大小, 从而囊括或排除一些对象。一旦腾出足够的空间, 再次进入圆形PTH焊盘模式, 选择C-180-M3焊盘样式, 然后在电路板左边的上面和下面放置两个焊盘。

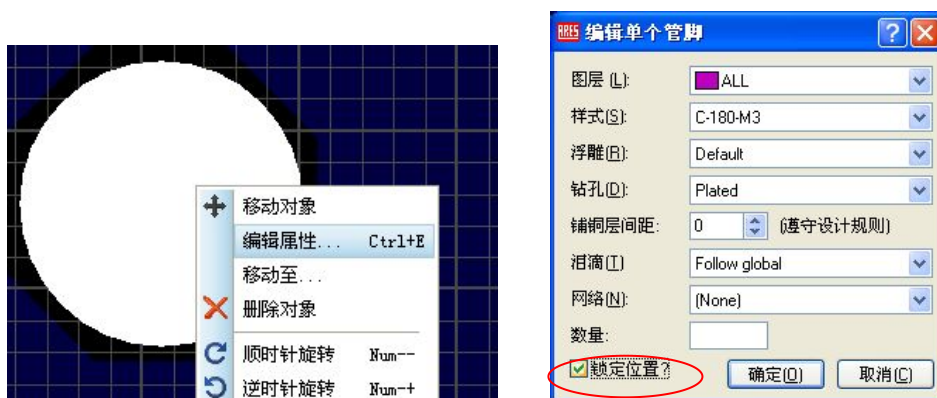


我们想在电池盒的上面放置第三个安装孔, 这个安装孔的位置必须非常精确。具体来说, 焊盘放置在距离电路板底部35mm, 距离左边87.5mm的位置。我们已经在电路板的左下角放置了原点, 这就是坐标系统的参考原点。

我们要做的就是从电路板的底部边缘向右上方移动鼠标直到坐标显示正确的值（可能需要使用快捷键‘M’切换到公制单位）。如果有需要，我们可以先把DC/DC转换电路移开，然后切换到焊盘模式，在正确的坐标处放置最后一个安装孔。

另外，在设置了系统原点后，并知道安装孔将要放置的坐标，可以通过右键点击安装孔，然后从弹出菜单中选择“移动至...”命令进行安装孔的定位。

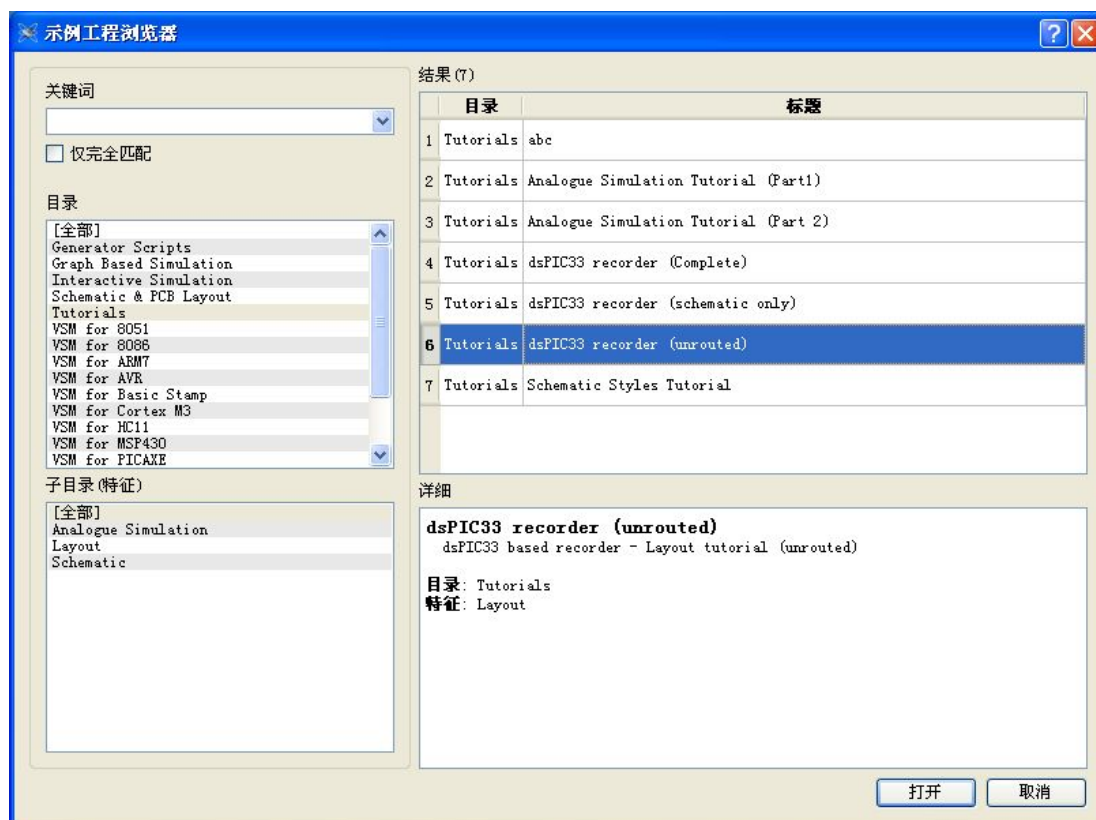
对于一些位置必须很精确的元件，放置好以后，为了防止无意间被移动，对它们进行位置锁定是很有用的。在元件对象上点击右键，从弹出的菜单中选择“编辑属性”，选中“锁定位置”复选框以防止对象被移动或删除。



我们现在完成了电路板的物理布局，如果你没有完成布局的过程又想进行下一节的学习，可以打开主页、点击打开示例工程加载完成布局的电路版图，即从教程分类中选择“unrouted dsPIC33 Recorder”工程。

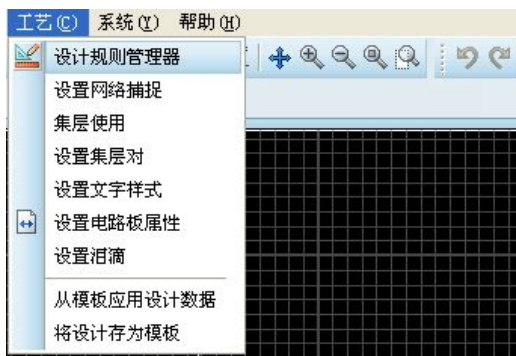
开始设计

[打开工程](#)
[新建工程](#)
[导入旧版本文件](#)
[打开示例工程](#)



设计规则和网络分类

电路板中的元件都摆放好了，现在我们需要配置这个软件在PCB设计中应服从哪些设计约束条件或进行相关的电气考虑。我们可以从一个单独的对话框中进行大部分的设置，这就是“设计规则管理器”，首先从ARES的“工艺”菜单启动这个对话框。



设计规则

对话框的第一个选项卡允许我们配置PCB设计的约束条件和最小安全间距。我们已经加载了一个应用到所有层和所有网络类的默认规则，它将为对象提供一系列的安全间距。



这个规则和这些安全间距是系统为每一个 PCB 设计自动创建的，是电路板约束条件的最小通用集合。你能通过“工艺”菜单下的“设计规则管理器”改变这些默认的安全间距。

首先我们需要确定一个单一的规则是否适合PCB设计中所有层和所有导线。如果有需要的话可以创建一些新的规则，我们可以指定规则适用的层或者连接（网络类）。关于创建新规则的大量信息可以从参考手册中获取，但对于我们的教程，使用这些已经存在的设计规则就能很好的进行设计工作。

考虑到此设备是在室外工作，因此我们需要增加焊盘与导线之间的安全间距以提高绝缘防止水分凝结，增加20%

应该足够了，从而将焊盘与焊盘、焊盘与导线、导线与导线之间的安全间距从10th变成12th。



图形网络和边界/槽的安全间距使用默认值就已经很好了。因为我们不需要新建其它规则，下面继续进行网络类选项卡的设置。

网络类

在这里我们可以配置导线和过孔的类型，以及在电路板自动布线时控制布线层。顶部的下拉选项允许我们切换不同的网络类并分别进行配置。

让我们从默认的电网络类开始。正如我们在ISIS入门指南中讨论的，任何网络如果使用了电源和接地端子都将被自动指定成电网络类，除非手动指定为另一个网络类。

我们应该为电网络类设置导线/走线的宽度为25th，不仅仅是为了考虑通过的电流，更是为了减小导线的阻抗（在后面我们还将放置一个单一的低阻抗接地平面来协同减小阻抗）。在ARES中命名相应的导线风格为T25。

如果需要配置缩颈风格的话，可以在当前网络类中为缩颈指定导线风格。我们不需要担心这个，因此可以在当前的设置中不去理会。

如果我们不考虑电流的限制，那么使用较小的过孔将使制造成本升高，而使用较大的过孔又将降低布线的质量，导致过孔的选择需要设计者进行权衡。对于当前电路中的可能通过的电流，标准的1.6mm的纤维板，具有35um厚的铜箔层，使用标准0.4mm孔洞的过孔是一个很好的折中选择。对于电源导线，我们需要一个合适的环状尺寸，40th是一个合理的选择，因此我们设置过孔风格为V40。

如果你不能确定一个特定风格的特性，可以通过选择合适的模式图标（过孔、导线、焊盘等）进行查看，在对象选择器中突出显示那些不能确定风格特性的对象，然后点击对象选择器顶部的‘E’按钮进行查看。

在对话框底部的选项允许我们改变过孔的样式（在我们这个两层板的设置中不需要用到盲孔，因此不需要进行设置），以及飞线的颜色和可见性。后者在我们手动布线时，对快速区分电源线和信号线是很有用的。

右边的层配置告诉自动布线器在多层板中哪些层可以布线，对于两层板，在这里没有什么需要配置的。

现在我们完成了电源网络类的设置，如下面的截图所示：



我们继续设置下一个网络类——ANSW类，你可能记得我们在ISIS的入门指南中指定了这个网络类，为了在ARES中能对在模拟电路中（DC/DC转换器输出）使用的5V开关电源进行单独的处理。我们希望这些连接的导线尺寸要大于标准的信号网络类，但要小于电源网络类，所以改变导线风格为T15（15th导线）。为了保持一致性，缩颈风格也应被设置成T15，并使用较小的过孔（同样是0.4mm的孔洞）而选择使用V30过孔类型。



如果没有 V30 的过孔类型，你能很容易地使用“库”菜单中的“新建过孔类型”命令进行创建，然后填写适当的参数即可。在 ISIS 中创建自己的网络类型是非常简单的，它能让你对导线和过孔进行单独的配置。

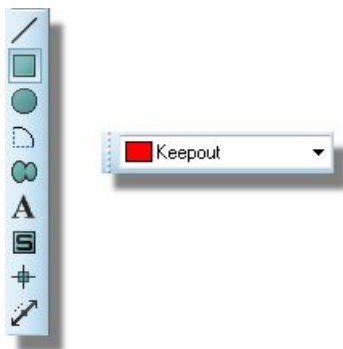
最后一个网络类是标准的信号网络类，包括所有的非电源线和未指定的连接线。我们在这里不使用应用广泛的“8/10规则”（8th的导线，10th的安全间距），因为我们这个电路板是要在室外使用的，在前面我们已经把安

全间距加大的12th。但这个标准中8th的导线宽度是够用的，缩颈风格也设置为8th，并为这些连接保持标准的V30过孔风格。

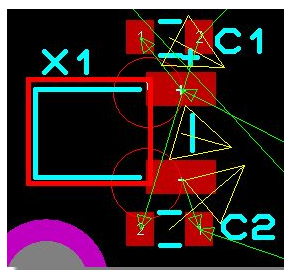
完成设计规则的配置以后，点击“确定”退出这个对话框回到设计中。

禁止布线区

我们也能引入约束条件而限制导线的放置，一个很好的例子就是我們不想在设计中左下角的晶振区域进行布线。为了形成一个禁止布线区，首先选择2D方框图形图标，改变层选择器到禁止布线层，如下图所示：



然后，像放置电路板边界一样围绕晶振的丝印放置一个小的方框（点击左键开始放置，拖一个区域，再次点击左键完成放置）。如下图所示，放置禁止布线区产生了2个DRC错误。



放置时很可能产生DRC错误，将弹出下面这个对话框，说明违反了设计规则。



可以选中对话框中的复选框，不再显示DRC错误提示。

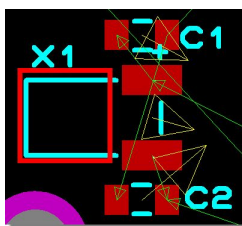
如果在状态栏的DRC部分点击鼠标左键，将出现一个小窗口提供这些错误的信息，你应该能看到它们是PAD-EDGE类错误，正是因为晶振的焊盘与禁止布线图形间的距离要比设计规则中指定的15th还小。

Design Rule Errors				
Design Rule	Violation Type	Layer(s)	Spec'd Clearance	Actual Clearance
DEFAULT	PAD-EDGE	TOP	15.00th	-4.00th
DEFAULT	PAD-EDGE	TOP	15.00th	-4.00th

这里我们有两个选择：

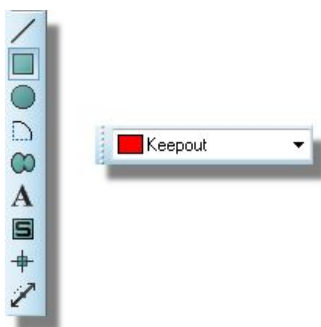
- 1) 忽视DRC错误，因为禁止布线图形不会影响连接的完整性；
- 2) 移动禁止布线图形，使禁止布线区与焊盘间距离合乎设计规则。最简单的方法是先减小捕捉网格（“视图”菜单），右键点击图形，选择“移动对象”菜单选项，完成图形移动以后将捕捉网格改回原来的设置。

当完成了禁止布线区的绘制以后，看起来应同下面的截图一样。

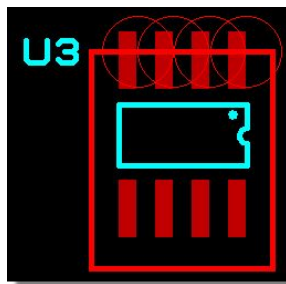


对于温度/湿度传感器（U3）也有一个类似的问题，我们要在电路板上放置一个凹槽来阻断电路板的热传递路径，减少传感器测量错误（我们想要测量的是环境温度，而不是PCB发热产生的温度）。因此我们要确保没有导线放置到我们准备开槽的这个区域。

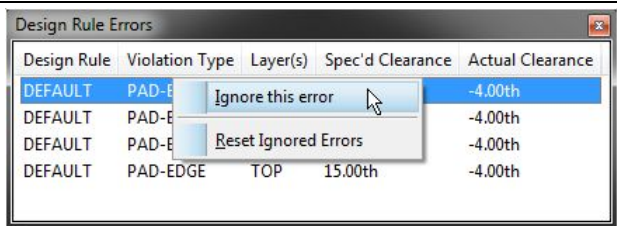
- 1) 选择2D方框图形模式，然后改变层到禁止布线“KEEPOUT”层。



- 2) 围绕IC的下半部分放置一个矩形，如下图所示：



这次我们不能通过移动禁止布线区的方法来消除DRC错误，因为这里禁止布线区的位置很关键。我们打开DRC对话框来手动忽略这些错误，如下图所示，在对应的DCR错误上点击右键后，从弹出的菜单中选择“忽略错误”子菜单。



电路板布线

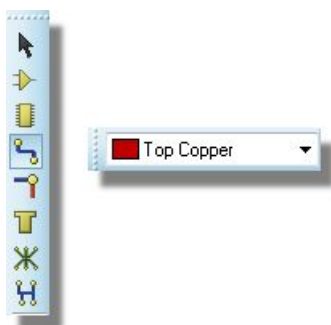
配置完电路板的约束条件以后，现在就可以对电路板进行布线工作。

手动放置一根导线

开始之前，我们需要允许飞线的显示，如果你禁止显示飞线（不能看到焊盘之间的任何绿线），可以从“视图”菜单中的“编辑图层颜色/可见性”对话框中进行修改。

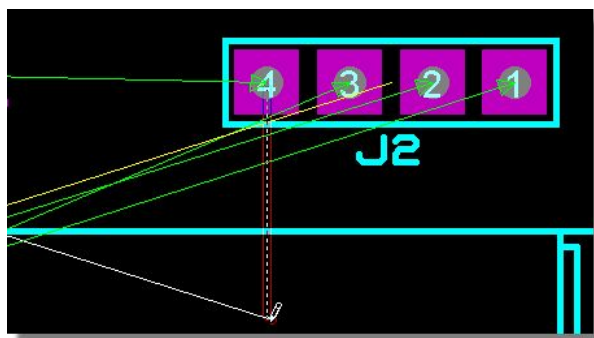
我们先在电路板上使用手动的方式放置一些导线。通常情况下，我们对特定路径的导线或需要很好的控制导线位置时会采用手动放置的方式。在我们的例子中，我们要确保连接器J2围绕电路板进行走线，这样我们就可以用这个作为手动布线的例子进行练习。

首先，在对象选择器的左手边选择走线模式，改变层选择器到顶层铜箔层。



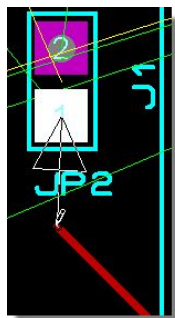
先来看看连接器J2的焊盘4，我们发现飞线指引我们到达最接近的焊盘是DC-DC变压器的GND脚。但这并不是理想的路径，因为飞线的另一端是一个小的SMT焊盘，而且要绕过定位孔。因此，我们需要选择另一个更加方便可靠的路径。

ARES中采用手工布线时会提供一个复杂的‘跟随我’布线算法，导线将尽可能地跟随鼠标的路径进行放置，并且服从我们先前设定的所有电路板设计规则。在焊盘4点击鼠标左键开始放置导线，然后向下移动鼠标。

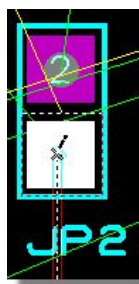


你应该能够发现最接近导线的目标焊盘会用白色进行突出显示。当我们移动鼠标时还会进行自动更新，但现在我们并不是要走线到这个目标焊盘（U5的第2脚GND），因此我们可以忽略这个提示。当鼠标移动到接近电路板的底部时，你移动鼠标到前进方向的左边，导线将会跟随鼠标进行拐角。如果我们想要一个更严格的拐角，最好在需要拐角的地方点击鼠标左键放置一个锚，然后再改变方向到左边。

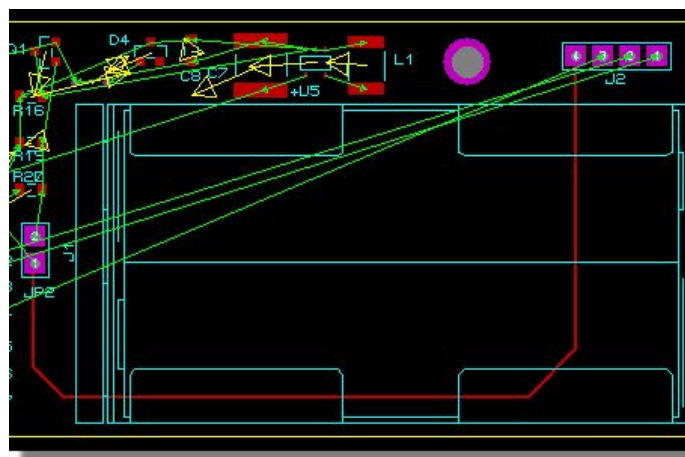
当我们继续向左移动鼠标时，跳线器JP2的引脚1会高亮显示，表明我们可以走线到这个位置并终止走线。



当移动到跳线器的下方时，改变走线方向，然后向上移动鼠标到目的引脚。



最后，在这个引脚上点击左键完成导线的放置。布线完成，同时还会删除对应的飞线。



注意，我们不必选择导线的宽度，因为我们在先前的章节中已经进行了配置。ARES能够识别到我们是在GND网络中进行的布线而自动应用POWER网络类的规则，为我们选择指定的导线类型25th。

手动布线可能是最常见的动作，但对你知道它如何工作是至关重要的，操作的基本规则是：

- 左键点击焊盘、导线或覆铜的边界从该对象开始布线；
- 在布线过程中，左键点击任何一个点，确认前面绘制的走线（我们称这叫锚定）；
- 右键点击终止布线，前面确认过的布线生效；

- “ESC” 键放弃正在操作的布线，前面锚定的布线也丢弃；
- 点击空格键会在导线的端点添加一个浮动的过孔，点击鼠标左键将放置这个浮动的过孔到点击的位置；
- 双击左键在当前鼠标位置放置一个过孔；
- 向后移动鼠标到布线上将擦除前面锚定的布线。

我们强烈建议在此电路板上进行手动布线的练习，直到你清楚它的操作过程。而以下是一些关于如何实现常用功能的总结，试着使用这些技巧去绘制剩余的导线。

平移和缩放

在布线过程中，可以使用鼠标中间的滚轮（或F6和F7快捷键）进行放大和缩小，当鼠标在编辑窗口的边缘布线时，编辑窗口会自动平移。

放置锚

“跟随我”的布线算法使导线根据鼠标走的路线进行放置，如果想让导线以特定的路径进行布线时，可以在需要改变方向时点击左键来实现。“跟随我”的布线不会之前锚定的或提交的布线进行修改，你会发现导线的轮廓也变成了实心。

被卡住/重新布线

由于手动布线系统服从电路板的设计规则，所以在布线时不需要担心安全间距的问题。但有可能会布线到一个无法走线的地方（在这时，布线图标会变成一个禁止的图标），通常情况下，你可能会放置一个过孔然后继续进行布线，但有时候倒回去，在当前层寻找另一个路径却是更好的解决办法。

沿着已放置的导线向后移动鼠标将删除这部分导线，因此需要倒回去和改变方向时，只需要移动鼠标回到已放置导线中比较好的地方——而从这点往前放置的所有导线都将被删除。

特别是在密集的电路板中，不可忽视鼠标移动的速度。记住是你在指引导线的放置，因此缓慢移动鼠标通过狭小的空间将远远优于直接从起点移动鼠标到终点。

放置过孔

在放置导线的过程中，双击将会在鼠标的位置放置一个过孔，然后可以在相关的层继续进行布线。如果按下空格键，将会在鼠标的端点悬浮一个过孔，点击左键放置之前可以进行手动定位。使用空格键的优点是能捕捉到合乎规则的对象（例如SMT下的过孔）。

这两种情况下过孔的放置都应符合设计规则，ARES不允许在不合乎规则的位置放置过孔。如果使用悬浮的过孔放置方式（空格键），ARES将试图移动过孔到最近并合乎规则的地方。对复杂的电路板或使用过孔与另一个对象连接时，这将非常有用。

过孔连接的布线层是在“工艺”菜单中的“设置层对”子菜单的对话框中定义的，带过孔的布线例子和讨论将在本教程接下来的层对中作进一步说明。

对象缠绕

由于在布线的过程中，设计规则时时刻刻都在起作用。因此布线很容易就会缠绕其它布线或对象。例如，当鼠标放置在一个元件上方时，由于设计规则的原因，走线无法跟随鼠标穿过元件，因此，走线将会在符合设计规则的情况下尽可能地接近鼠标，这就很可能产生布线缠绕元件的问题。

放弃布线

- 如果想放弃最后一段未确认的布线（变成实心前），请点击鼠标右键；
- 如果想在鼠标的指针位置放弃布线，点击左键提交鼠标指针之前的布线，然后点击右键终止布线；
- 如果想完全放弃布线，按下键盘返回键（ESC键）。

完成连接

如果是直接连接到焊盘，在焊盘处点击鼠标左键完成连接并终止布线。

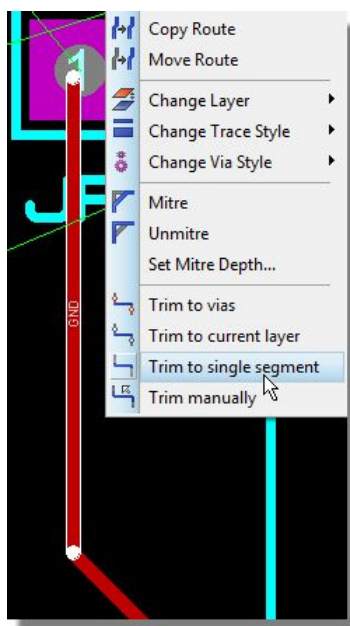
如果是连接到导线，点击左键提交布线，然后点击右键终止布线并形成连接。如果是连接到覆铜，方法相同，但必须要连接到覆铜的边界上。

我们的技术支持论坛（<http://support.labcenter.co.uk>）给专业用户提供了几个短片，显示不同的布线技巧，你需要先进行注册和激活才能访问这个用户论坛。

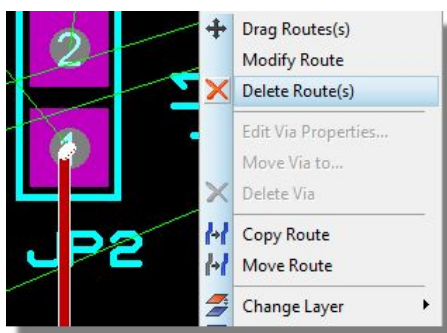
删除布线

布线完成后，如果我们对放置的导线不满意，我们既可以删除整根导线也可以删除导线的一小段。假设我们对刚放置的导线不满意（向上连接JP2的焊盘1的这一小段）。

首先，在导线上右键单击这部分导线，将突出显示整根导线。在弹出的菜单中，最上面的“删除导线”命令可以移除整根导线。但是，如果我们使用菜单底部的命令，将可以进行更多的操作。在这个特定的例子中，选择“分段到单段”命令，这将选择我们当前点击位置的这一小段布线。

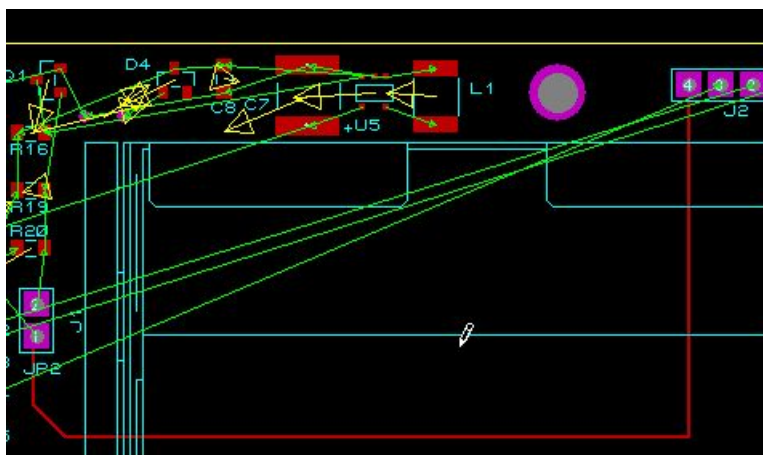


接下来，在高亮显示的部分点击右键，选择“删除导线”命令，将只删除导线的这一部分。



最后，进行放大，如果有需要的话改变捕捉栅格设置，重新绘制这一段到终端焊盘的布线。

如果有比较严重的错误，可以删除整根导线并重新开始布线，最终绘制的布线如下图所示：



编辑布线

放置导线后，并不会总是通过删除整根导线或导线的一部分来重新布线。更通常的情况是对导线进行微移或移动到某一个位置，举一个例子，朝电路板边缘的底部向下移动导线。

首先，右键单击导线的水平部分，这是我们要移动的那部分。接着从弹出的菜单中选择“拖动导线”命令，向下移动鼠标使导线到达要求的位置，再次点击左键确认。

导线的移动正如我们看到的一样只是移动导线的一段，使用弹出菜单中的“手动截取”命令，将允许用户定义自己的导线段，从而允许用户移动任意一小段导线，因此在改变导线的拓扑结构时，用户拥有非常大的灵活性。

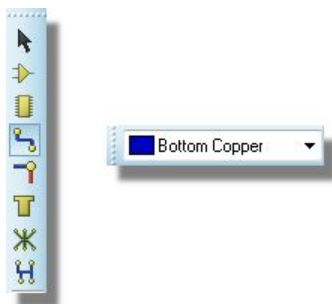
层对和手动布线

现在我们仅仅只是在顶层铜箔层放置了导线，但我们经常想让布线能够贯通整个电路板的上下两层。而ARES处理这个的概念叫“层对”，这意味着电路板的每一层都有一个相关联的层，在布线中放置过孔的就会跳转到这个关联的层继续进行布线。对于一个两层板，很明显顶层铜箔层和底层铜箔层是相关联的。但对于多层板，配置层对（“工艺”菜单--->“设置层对”）是非常重要的一个步骤。

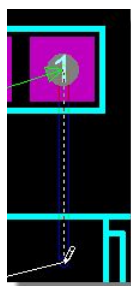
你也能使用“工艺”菜单中的“设置板层使用”命令定义哪些层被使用（能出现在层选择器中），对于多层板，这是非常有用的，因为你可以重新命名图层。

在我们的例子中，默认的分配就可以而不需要进行任何操作。让我们手动放置更多的导线看看这是如何工作的。看看连接器J2的连接引脚1和2，是处理器dsPIC上USART的传输线。

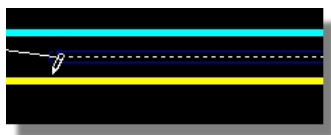
我们将从引脚1开始在底层铜箔层中从这个引脚开始布线。先选择导线模式，然后敲击键盘的空格键，我们将注意到在层选择器中，相关联的两个层在进行切换。如果之前是在顶层铜箔层布线，那么只需要敲击空格键就可以转换到底层铜箔层。



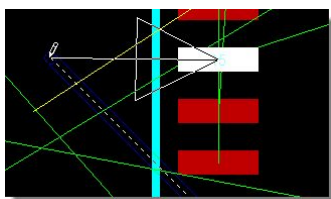
处理器和连接器之间的距离有点远，最简单的路径似乎是向下并沿着电路板的底部布线。在连接器的引脚1处点击左键开始放置导线，然后向下移动鼠标。



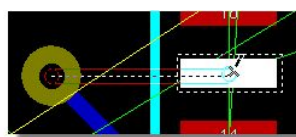
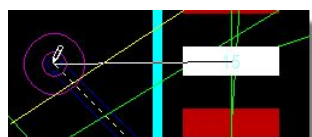
当我们到达电路板的底部时，单击鼠标左键放置锚并指引鼠标到左边。为了使电路板留有最大的空间，可以使鼠标沿着电路板边缘图形进行布线——这将使布线紧紧地靠近电路板的边缘，只在布线与板边之间留下“边缘安全间距”。



当到达U1的附近，让布线刚好穿过处理器封装的右边焊盘。

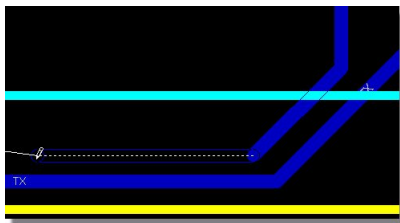


我们连到顶层铜箔层的SMT焊盘之前需要放置一个过孔，如前所述，你可以在希望放置过孔的位置双击鼠标，也可以按下空格键悬浮一个过孔，并在点击左键放置过孔之前使用鼠标先指引一个放置点。而后一种方法的优点是允许你尽可能近的连接过孔和焊盘，从而最大限度地减小顶层铜箔层的导线长度。

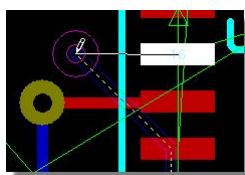


到这里我们已经介绍了很多的布线技术，除非你已经相当熟练，否则布线过程可能还会遇到一些问题。我们将继续完成连接器J2的其他布线，让我们进一步掌握这些技术。

连接器的引脚2几乎应该遵循引脚1相同的路径，我们可以再一次从底层铜箔层放置导线开始（放置导线之前检查层选择器，空格键可切换层），我们可以很容易的靠近先前放置的导线，按照我们希望的路径平行移动鼠标放置导线，如下图所示：



为了完成这次连接，布线将走到焊盘的正下方后，并放置一个45度角的导线，然后双击放置过孔，最后连接到焊盘上。



当然还有许多其它路径能对电路板进行布线，并且个人的喜好也能对布线产生影响。你可以随意尝试着去完成连接器的其他连线，例如，可以围绕电池盒进行布线。

基本自动布线技术

从这开始，我们将使用自动布线功能去完成导线的放置。同手动布线一样，自动布线也遵守我们先前配置的所有设计规则。

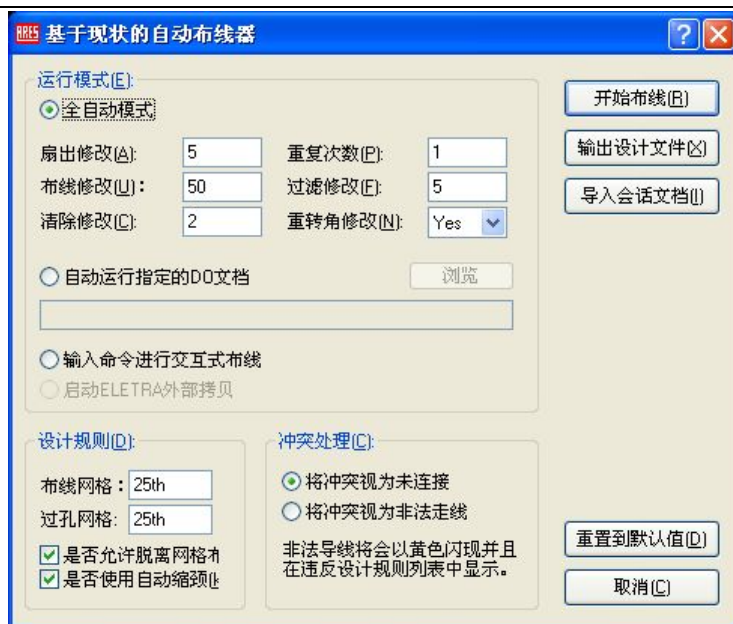
首先，从ARES的“工具”菜单或应用程序顶部的图标打开自动布线器。



自动布线器的设置很复杂，但各项设置都有相关的帮助信息，在参考手册各种类型的自动布线设置。对于我们的电路板（大多数都是小型或中型复杂电路板），使用这些默认设置就已经足够了。

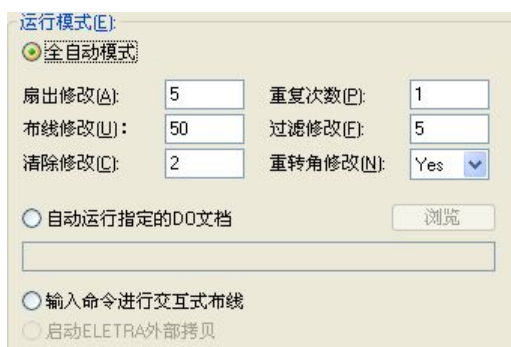
我们将使用“全自动模式”进行布线，即默认选择的这一种，如下图所示，然后点击开始布线按钮完成余下导线的连接。

当布线引擎工作时，在状态栏能够看到布线的进度，布线应该很快就完成。



当电路板布线完成后，有两点需要注意：

- 自动布线器将保留那些手动放置的导线，并在电路板余下导线的连接中，对手动放置的导线不进行移除和替换。
- 自动布线器完成布线后，最后将进行布线转角的修改。如果你不想进行转角修改，你需要在开始布线前取消重转角修改的选项，如下图所示。



选择过滤器

现在已经绘制完成一个完整的电路板，如果要进行修改，就必须进行选择操作，我们先花点时间去掌握在不同的层选择不同对象类型的技巧。

ARES使用应用窗口中左下角的选择过滤器定义哪些对象可供选择。



最左边的按钮决定是否使用层选择器，切换到关闭状态，如下图所示，选择将对电路板的所有层都有效；



切换到打开状态，如下图所示，只选择层选择器中的指定层中的相关对象。



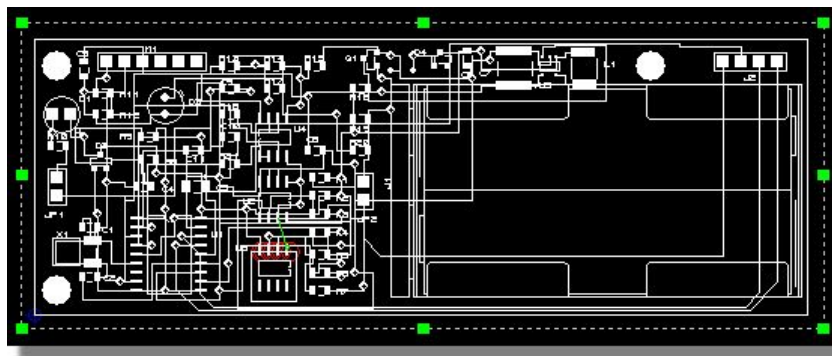
其它按钮代表不同的对象类型（导线、元件、图形等），并决定这些对象类型是否可选，可以将鼠标放到图标上查看工具的提示描述。



如果你在不同的工作模式间切换（例如从选择模式到导线模式再到元件模式），你会发现可选择的对象类型将根据所选择的工作模式而改变。虽然这些默认设置对于正常的操作已经很好了，但在任何时候通过打开或关闭图层过滤开关进行改变，也可以按自己的意愿选择对象类型。如果需要经常改变可选项目，可以通过系统菜单下的“设置过滤选择器”命令改变默认设置。



让我们举一个实际的例子，删除电路板顶层的所有导线，除了我们手动放置的。首先，进入选择模式，围绕整个电路板拖一个选择框。



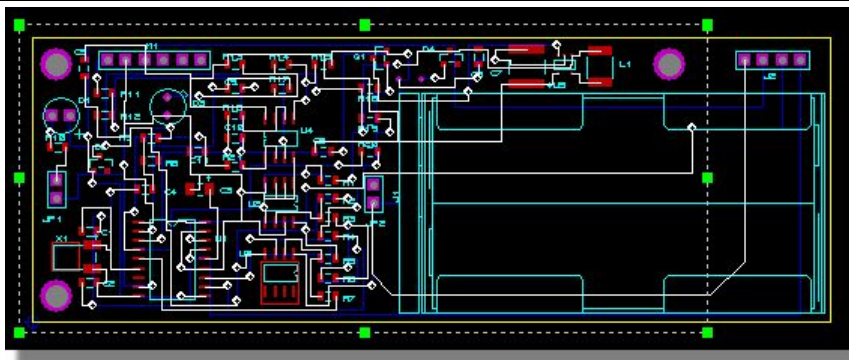
下一步，取消选中那些我们不想删除的对象，即除了导线和过孔之外的所有对象。高亮选择的对象将自动进行更新，让我们很容易知道操作是否有效。



现在在层选择器中选择顶层铜箔层，层选择开关打开，使选择过滤器仅仅应用到当前层。



使用选择框右边的绿色拖动手柄，移动选择框直到它不包括连接器J2。



最后，使用选择过滤器最右边的图标切换“导线选择模式”，取消选择只有部分选中的导线。在我们的例子中将取消选中我们手动放置的J2引脚4上的导线。



我们现在只需要敲击键盘的删除按键，或右键点击标签框的内部，然后选择“块删除”命令就可以移除所有的顶层铜箔层导线。

记住，选择过滤器控制哪些对象在当前是可选的，如果你发现不能选择某个项目，首先需要检查对象类型在该工作模式中是否被启用。另外，默认情况下，切换到选择模式，所有的项目都是可选的。

高级自动布线技术

通过之前的操作，有些布线被部分删除了，剩余的布线看上去会有些杂乱无章。但重新调用自动布线功能能够修复这些杂乱无章的布线。自动布线有一个清理修复的过程，在完成布线的同时，会清理掉所有多余的导线。对于一个含基本功能的Proteus版本，仅仅需要通过自动布线就可以程序完成PCB板的布线工作。

具有高级自动布线技术的Proteus版本，还有一些额外的布线技术可以使用。这些高级的布线技术主要分为两类：

- 可以指定区域或指定连线集进行布线
- 可以控制布线脚本，即确定哪些布线命令需要被执行，和执行命令的顺序。



调用“工具”菜单中的“自动布线”命令打开对话框，切换到“交互式布线”模式，然后点击自动布线按钮，如上图所示。

进入交互布线以后，会在编辑窗口的底部打开一个命令窗口，使我们能够交互式地进行布线。**ARES**提供了一个丰富的命令集用来控制布线，包括设置斜接导线的弯曲半径以及**SMT**焊盘的扇出长度和方向。这些命令集在参考手册中有详细的说明，在本教程中我们只介绍一些简单的实例来说明这些命令的基本用法。

这里有几个重点需要强调：

输入的命令只对那些选中的连线起作用，如果没有任何连线被选中，那么将对整个**PCB**板起作用。

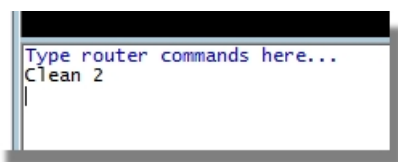
改变电路或切换模式将自动退出交互布线模式。

首先让我们通过布线命令来清理掉之前在删除顶层导线而留下的不完整导线。

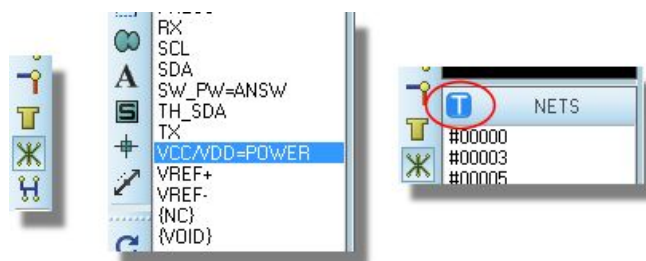
大多数命令的基本语法是：

<命令> <最多执行次数>

我们键入 “clean 2” 去清除多余的导线。

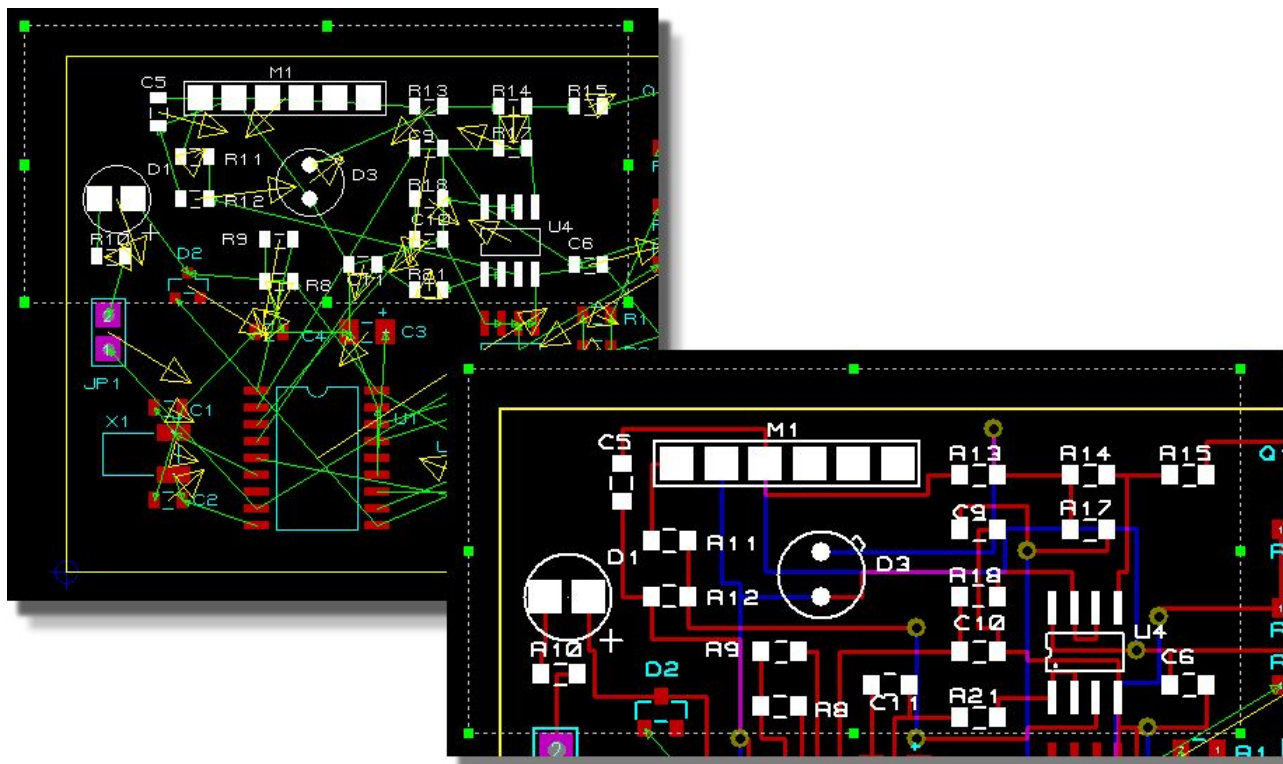


假定我们现在想对电源线进行布线，先在对象选择器里选择网络“VCC/VDD=POWER”，然后双击这个网络或点击对象选择器上面的按钮‘T’去突出显示这个网络的所有连线，最后在命令窗口键入‘route 5’去将这些连线进行布线。

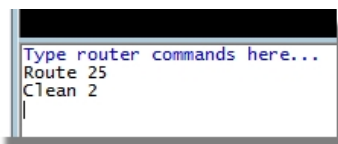


在编辑窗口的任意地方单击将取消连线对象的选择。当鼠标在编辑窗口中时，还能够通过鼠标中间的滚筒去放大和缩小编辑窗口。

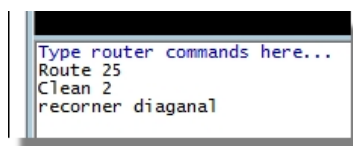
类似地，我们可以突出显示**PCB**板某个区域的连线，并对其进行单独的布线。例如，在**PCB**板的左半部按下鼠标右键并拖拽出一个选择框，然后键入‘route 10’就可以完成这个区域的布线。



你可能会注意到还有几根飞线没有进行布线，可以使用清除、过滤和更多的布线命令进行解决。但是对于我们的这个电路板，对整个PCB板一起完成全部布线会更加容易。在编辑窗口的空白区域点击左键清除突出显示，然后键入‘route 25’，接着再键入‘clean 2’，就可以看到整个布线完成的PCB板。



最后，我们可以通过键入‘recorner diagonal’来减少走线的长度。



但请注意，本教程只展示了布线命令的一小部分。整个命令集非常灵活，有大量的命令可以使用，并且能够使用很多的参数对布线动作进行控制。

在任何时候都可以通过键盘的‘ESCAPE’按键退出自动布线。

网络表和设计更改

我们已经完成了基于原理图设计的布局和布线。然而在工程实践中，在PCB设计的过程中对设计不做更改是不太可能的，所以我们需要花一点时间去研究一个典型的工作流程。

很明显，我们更改设计时，需要编辑原理图和PCB，因此这两个模块都要被打开。假如原理图没有打开，可以

通过Proteus顶部的工具栏打开。



由于我们将会同时在ISIS和ARES这两个模块中进行设计，假如你的电脑有两个显示器，可能想把它们分别显示到两个显示器中。可以拖动其中的一个标签到另一个显示器中。在本文档中，我们只使用一个显示器，ISIS和ARES是Proteus中两个分开的标签页，如下图所示。



实时网表

首先，在原理图中删除J2连接器。切换到ISIS模块，鼠标右键单击J2，从弹出的菜单中选择删除对象。



现在切换到ARES模块，会注意到J2部分的显示已变暗，表明它在原理图中已经不存在，连接状态将显示为“等待改变”（我们的原理图与PCB是不同步的）。



在ISIS中做的删除动作需要手动确认才能更新到ARES中。如果这不是我们想要的改变，可以点击工具栏上的“撤销”按钮（或者CTRL+Z快捷键），撤销原理图中的删除操作。也可以在连接状态中点击“等待改变”去确认修改，如下图所示。确认以后，阴影部分会被删除。

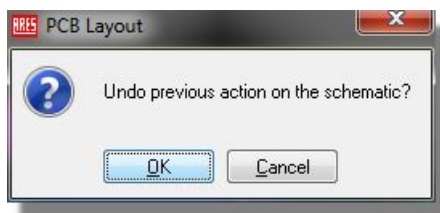


需要注意的是已被连上的导线也会被删除，如果只是想删除元件（保留已经连接的导线），可以直接在 ARES 的编辑窗口中删除元件。

“撤销”功能可以恢复我们之前做的操作，例如，点击撤销图标(或者CTRL+Z)将返回到对象处于昏暗显示的状态，再次点击撤销，可以恢复原理图中删除的J2元件，并使得原理图与PCB保持一致。



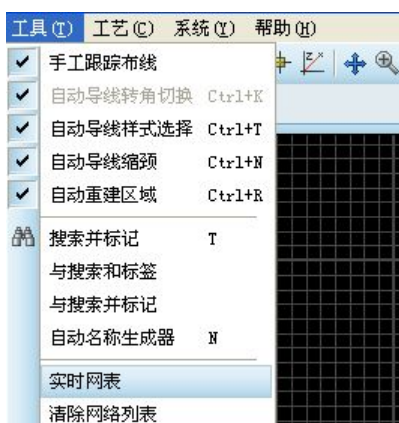
假如在ARES模块中点击“撤销”，并要将这种撤销的动作作用于原理图，系统会自动弹出提示，让你进行确认操作。在我们的例子中，想要恢复连接器J2，使PCB返回到原始状态，点击“确定”进行确认。



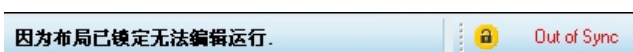
这是在一个已经绘制好PCB设计中，修改对象的简单例子。最重要的一点是：这里使用的网表是实时网表，如果你的修改涉及到已经布局或者布线的对象时，必须要进行手动确认才能把修改反映到PCB中。

批处理网表

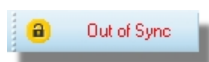
你也可以关掉实时网表，而使用更加传统的批处理网表。可以通过PCB模块的“工具”菜单中的“实时网表”来打开或者关闭。



关掉实时网表以后，重复同样的操作看看有什么不同。切换到原理图页面，删除连接器J2后再切换回到PCB页面，这次在PCB中连接器仍然存在，并且连接状态是PCB被锁定并且显示“不同步”。



这意味着我们还没有加载改变以后的网表，不能对PCB做任何操作，直到我们同步了网表。Proteus使用单一的数据库来保存包括原理图元件和PCB封装等数据。因此，如果你在原理图上进行了操作做了此修改，那么你只有把PCB和原理图进行同步以后，才能在PCB上进行其它的操作。先点击状态栏解锁PCB，然后再同步网表（执行的操作与之前的V7版本中的“ARES网表”命令类似）。



此时会出现同实时网表一样的状态，ARES模块中的J2元件处于昏暗的状态，而连接状态是“等待改变”。



实时网表与批处理网表之间最大的不同是必须每次需要对批处理网表进行网表的手动加载。批处理模式的网表

对比较大的PCB设计可能是一个很有用的工具，但我们还是建议使用活动网表。

注意：通过向导导入旧版本的设计（DSN 和 LYT 文件）后，在对该项目进行操作之前，必须先启用实时网表。因为通过向导导入的原理图和 PCB 之间没有任何的关联，就像在 Proteus 7 中一样。这是因为在 Proteus 7 中原理图和 PCB 两者间连通性的关系未知，Proteus 8 不会对两者进行自动关联或修改，因为这可能不是设计者的意图。除非你启用实时网表，明确指示 Proteus 8 对两者进行关联。

标注

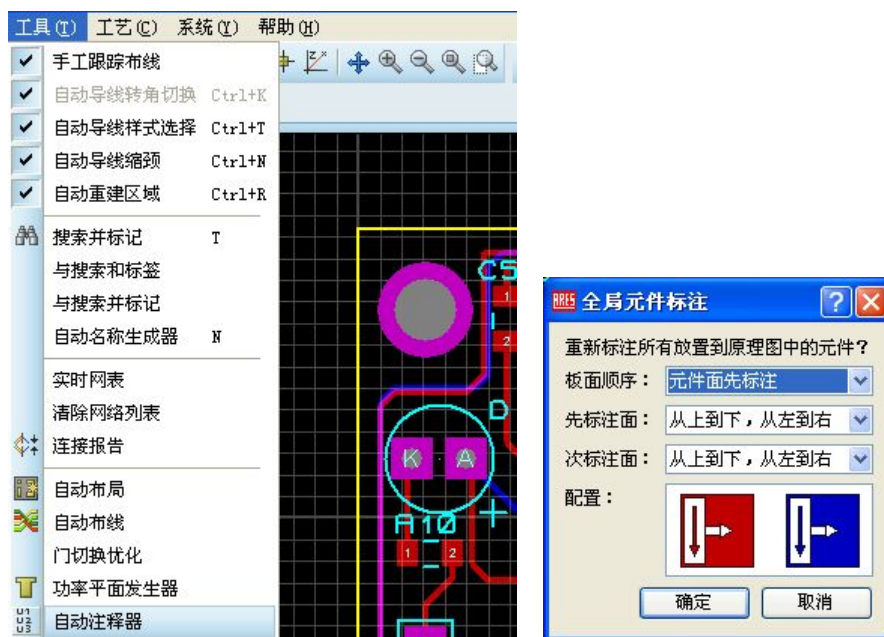
在做PCB的设计时，经常会在ISIS中修改元件的标注，然后更新到PCB中；或者反过来，在PCB中修改，然后返回到ISIS中。

原理图到PCB

当实时网表处于打开时，或当实时网表处于关闭但手动解锁后，原理图中的元件标注的变化会自动反映到PCB中。

PCB到原理图

可以通过ARES“工具”菜单下的“自动注释器”命令对PCB板中所有的元件进行重新标注，也可以通过编辑元件的参考标号来对单个元件进行重新标注。



当实时网表处于打开时，PCB中的注释变化会自动反映到原理图中。当实时网表处于关闭时，原理图将自动更新，并使网表发生改变，而导致PCB被锁定，因此，在PCB中还需要手动解锁和同步。

通用网表规则

最后，Proteus中关于网表有几个重要的规则需要我们理解。

当实时网表处于打开时，原理图中连线的增加会自动反映到PCB中（例如在原理图中增加了一根导线，会在

PCB中相应的增加一根飞线)；如果在原理图中有连线被删除，在PCB中将对删除的对象以昏暗的颜色显示，并需要手动确认这一操作。

当活动网表处于关闭时，任何网表的改变都会导致PCB被锁定，需要解锁以后并确认修改才能对PCB进行操作。

在ARES中点击“等待改变”来确认修改，如果原理图中删除了元件，那么在PCB中既会把元件删除，也会把相关的导线删除。如果只想删除ARES中的元件，而要留下导线，则应该在ARES中进行删除（而不是中ISIS中）。

ARES中昏暗显示的对象仅仅被视为占位符，他们已经不在PCB板上了。而最好的做法就是点击连接状态中的“等待改变”，使PCB与原理图保持一致。

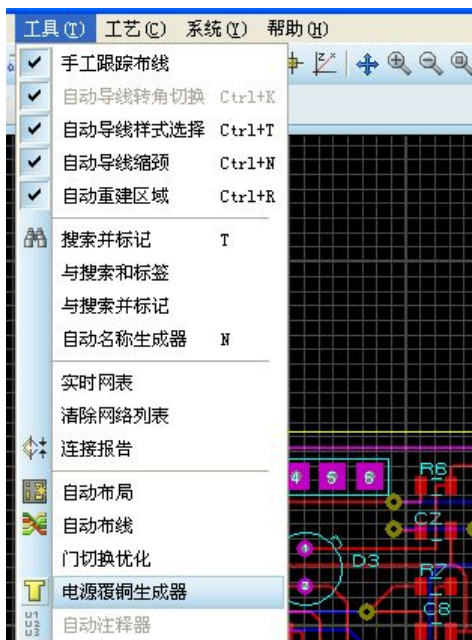
导入工程（从旧的版本中）总是会把实时网表关闭，因为没有办法知道导入的原理图和PCB是否是同步的。相反，新建的过程总是会把实时网表打开。但这两种情况，都可以凭自己的喜好，通过PCB设计模块中“工具”菜单下的“实时网表”切换开关来改变。

电源覆铜和槽

切换回PCB设计界面，我们将继续完成这个项目的PCB设计。为了减小布线的阻抗，并提高PCB设计的抗干扰能力，我们需要给整个PCB板铺上一层电源连接层。

放置电源覆铜

在各种专业软件中，放置电源覆铜都非常简单。在ARES中，从“工具”菜单中调用“电源覆铜生成器”命令。

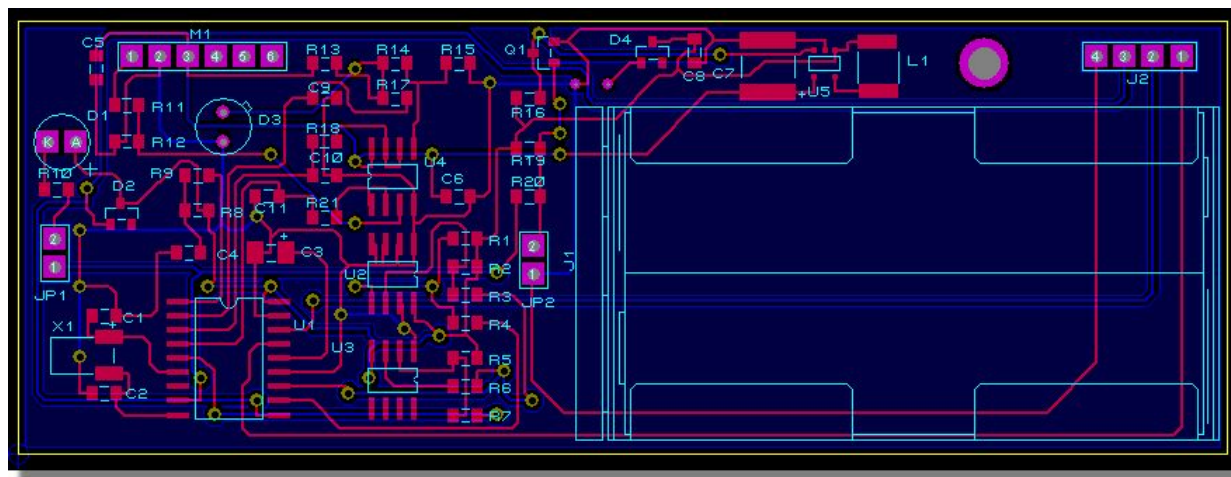


从弹出的对话框中选择网络“GND=POWER”，设置覆铜在底层铜箔层，并设置边界线型为T10。这是覆铜区域内边和外边的导线类型，也决定了覆铜可连接的最细窄的铜箔区域。如果设置的较大，会防止铜箔注入较小的间隙（例如引脚之间），但设置的较小则可能导致连接的铜箔比较细小，容易引起信号反射。

对于覆铜离板沿的安全距离我们使用默认值。



点击“确定”退出“电源覆铜生成器”对话框后，会看到整个PCB板上都有底层电源覆铜，如下图所示。



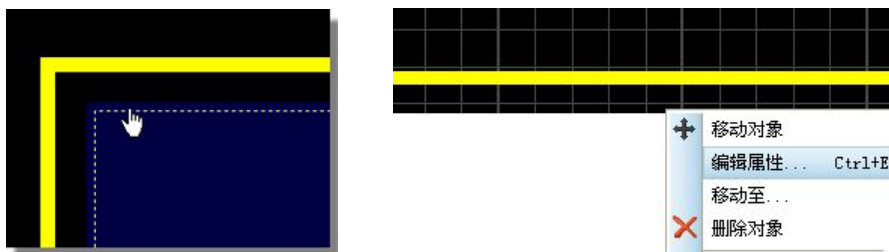
嵌套和孤岛

当我们创建了电源覆铜以后，还可以对覆铜进行编辑和配置，有几个配置选项需要我们掌握。编辑覆铜与编辑其它对象稍微有点不同。

首先检查选择过滤器，确保覆铜对象类型是可选的（或者直接切换到选择模式）。



下一步，放大PCB，移动鼠标到覆铜边界，当覆铜处于活跃状态时点击鼠标右键，从弹出的菜单中选择“编辑属性”子菜单。



在弹出的对话框的底部，有几个比较重要的选项，说明如下：

引脚使用散热连接

当使用这个功能时，与覆铜处于同一个网络的引脚都会启用散热连接的方式与覆铜相连。散热连接的宽度由这

个对话框中的“散热连接线型”指定。为了防止散热连接从边界上突出，软件不允许散热连接线型比覆铜边界线型宽。放置焊盘后，通过编辑焊盘本身可以将这个焊盘的散热拓扑结构改变成对角线‘X’形状。有时可以让覆铜与引脚有更大的接触面。

几乎所有的电路板都会需要这种设置，因此这个选项我们总是启用。

排除布线

假如该项被选中，覆铜将把相同网络的布线视作障碍，否则覆铜将覆盖这些布线。其他网络中的布线或没有连接任何网络的布线都将被看做是障碍，覆铜须绕开这些布线。一般情况下，不会使用这个选项。

布线到本覆铜

当选此项，自动布线器在自动放置过孔的工程中，可以布线连接SMT焊盘到覆铜区。

去除死铜

在ARES中，死铜即是没有与任何网络进行连接的孤立覆铜块。当这个选项被选中是，ARES将从整个PCB板中移除那些死铜，只留下有连接的覆铜。

允许嵌套

覆铜会遇到那些不能通过的障碍是非常常见的，特别是在那些比较大的PCB板中。当这个选项被选中时，覆铜会跳过障碍并覆盖到整个PCB板。这是一个非常有用的选项，特别是在复杂的PCB板中，或由于位置的原因无法使用覆铜连接到某些焊盘时。

对于我们这个相对简单的PCB板，这些选项的默认配置就已经非常理想。选中“允许嵌套”选项可能不会对覆铜产生任何影响。但是，如果没有取消选择“去除死铜”选项，将会发现PCB板上有很多孤立的覆铜。



我们已经介绍了与我们当前设计有关的覆铜功能，更多的信息包括分割覆铜、覆铜禁止区、缝合、布线桥接等，请看参考手册的覆铜部分。

开槽

为了完成电路板的PCB设计，我们需要回到温度/湿度传感器(U3)上。为了能够精确测量温度，我们需要在这个元件周围阻断电路板的热传递，确保我们测量到的温度是实际的环境温度，而不是PCB板的温度。

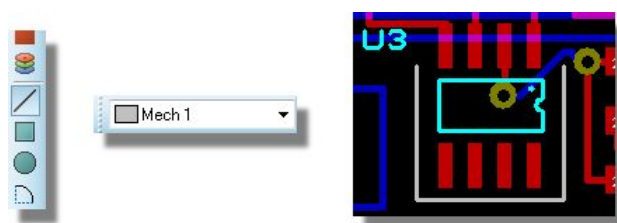
你可能还记得我们围绕U3放置了一个禁止布线框去防止自动布线在这个区域布线。现在，我们先放大U3并删除禁止布线框。



此时，我们可能需要重复同样的操作删除晶振周围的禁止布线框。

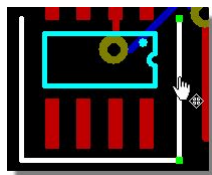
回到U3，我们需要勾勒出隔热区的轮廓。在ARES中，我们首先需要在机械层放置适当的开槽图形，然后在输出文件用于制作PCB板时，指定放置了开槽图形的机械层作为开槽层。下面是具体的步骤：

选择2D图形线型图标，改变层选择器到“机械层1”，然后在U3的周围放置3根线形成“U”字形形状。

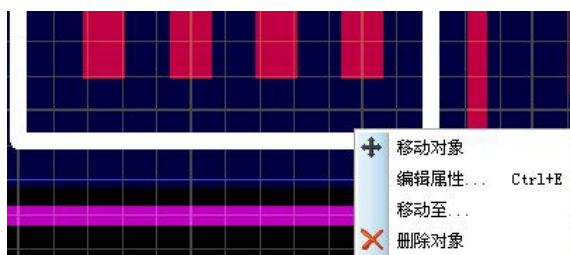


最后，我们按下面的方法去加粗这3根线到比较合适的宽度：

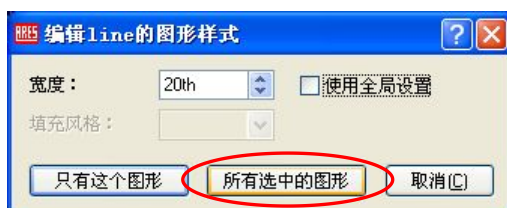
进入选择模式，按住键盘的CTRL键，左键点击每一根线，这将选中这3根线。



右键点击任何一根线，从弹出的菜单中选择“编辑属性”。



取消“使用全局设置”复选框，改变宽度到20th，然后应用到所有选中的图形。



我们将会在本文档的后面，介绍怎样指定机械层1作为开槽层，并输出到生产文件中。

3D 视图

现在，PCB板已经绘制完成并可以拿去工厂生产了。但在这之前，我们可以通过3D视图查看PCB板设计的真实立体效果，对整个PCB设计进行最后的检查以及优化改进。在Proteus软件的顶部的模块工具栏中点击3D观察器，如下图所示：

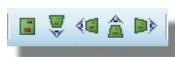


将会在另一个页面打开并加载PCB板的3D视图，与其它的页面一样，如果想同时观看2D布局和3D视图，可以拖动它到软件外部，形成一个单独的页面框架，这样就可以同时查看2D和3D视图了。

基本的浏览操作

我们能做的第一件事就是从不同的预设角度查看PCB板。3D视图提供了5种预设角度视图：顶视图、前视图、后视图、左视图和右视图。转换不同的视图可以通过下面的任一种方式来实现：

- 从3D观察器的“视图”菜单下的菜单命令；
- 从3D观察器底部的浏览工具栏；
- 从3D观察器中的快捷键F8到F12。



现在我们已经能够从不同的角度去观察PCB板。在此之上，我们还可以对电路板进行缩小放大进行观察，而对PCB板进行放大和缩小的方式有很多，如：

- 滚动鼠标中间的滚轮进行放大和缩小（推荐）；
- “视图”菜单下的菜单命令；
- 导航菜单中的图标；
- 键盘快捷键F6（放大）和F7（缩小）。

现在可以自由对视图进行缩放和转换观察角度，赶快体验一下吧。这些些操作都是相当随意的，但大多数的用户都会通过浏览工具栏、键盘快捷键来转换观察角度，使用鼠标中间的滚筒去对视图进行放大和缩小。

裸板视图和高度限制

为了检查阻焊和孔深，经常会选择观察没有元件的PCB板，即裸板视图。下面是启用裸板视图的工具按钮。



相反，如果要确保让PCB板能够放入设备的机箱内，则需要检查PCB板的高度限制。可以启用底部工具栏中的高度限制框来进行。



高度的限制值通过3D观察器中“模版”菜单下的“尺寸设置”命令来设置。



自定义视图

下一步我们来看看自定义视图。自定义视图的概念是把鼠标绑定到相机的镜头上，当你移动鼠标，相机就会跟着移动到PCB板中你感兴趣的地方进行观察。可以从“视图”菜单调用“导航”模式命令，也可以在导航工具栏的十字图标上点击鼠标左键调用导航模式。



在导航模式下，鼠标将变为十字光标，而PCB板的视图会随着鼠标的移动而发生改变。使用鼠标中间的滚轮可以对PCB板的任意区域进行放大，点击鼠标右键可以很方便的退出导航模式。

例如，假设现在是前视图，想要检查右边的电阻，我们可以如下操作：

- 1) 点击鼠标左键进入导航模式；
- 2) 将鼠标移到电阻上方；
- 3) 如果有需要，滚动鼠标中间的滚轮进行放大；
- 4) 点击鼠标右键退出导航模式。

最后，用户可以对PCB板进行旋转操作。在导航模式下，按住鼠标左键并移动鼠标就可以旋转PCB板。当你释放鼠标，相机又回复正常工作模式，在当前视图跟随鼠标进行移动。赶快试试吧！

记住，如果通过旋转的方式总是得不到你想要的视图，可以使用快捷键或导航工具栏回到一个预设的视图，然后再进行旋转得到你想要的角度。但无论如何，你都应该通过一些练习才能很熟练地进行操作。

最后，总结一下：

- 点击鼠标左键进入导航模式；
- 在导航模式下，相机跟随鼠标在电路板上移动；
- 当移动相机时，使用鼠标中间的滚轮（或快捷键）可以进行放大；
- 在导航模式下按下鼠标左键可以对PCB板进行旋转；
- 点击鼠标右键退出导航模式。

实时更新

同Proteus中的其他模块一样，当ARES模块的PCB设计发生改变，3D观察器也会自动进行更新。这很大程度上取决于机器的能力（CPU核的数量，内存等）和PCB板的复杂度。

特别是在多页面显示的模式下，如果PCB板的复杂性不太高，而且你的电脑比较先进，用实时更新的方式来移动和定位元件是非常有用的。

关于3D视图的更多信息包括创建自己的3D模型、自定义并应用3D数据到设计中，都可以阅读参考手册中3D视图部分的内容。

PCB 板输出选项

PCB设计完成以后，最重要工作的是将我们屏幕上漂亮的设计输出到图纸或非林上，才能用于生产PCB。在Windows中，Windows的打印机驱动程序能够支持大多数的硬拷贝设备。此外，Proteus还为笔式绘图仪、Gerber绘图仪和Excellon NC钻孔机器提供驱动。

打印

一般情况下，我们可能没有绘图仪，因此我们先使用一个普通的Windows打印机设备来打印。第一步是使用“输出”菜单下的“打印机设置”命令选择正确的打印设备。这将激活Windows的打印机选择和配置对话框，详细的配置可以与Windows的版本和打印机驱动程序有关，可以参考有关Windows和打印机驱动程序的文档。

然后，调用“输出”菜单下的“打印布版设计”。



对话框提供大量的控制参数，并且所有的选项都有相关说明（可以通过右上角的问号来打开帮助文档）。点击“OK”以默认参数产生输出文件。输出过程中按“ESC”可以终止输出，在全部停止之前可能有一个短暂的延迟，让你的打印机或绘图仪清空缓存。

对于特定的绘图仪，可能需要尝试使用笔、纸以及在设置设备的对话框中使用不同设置来获得最佳的打印效果。所有的细节可以查阅参考手册中“硬拷贝生成”章节。

ARES 将会单独保存你的打印设置，这意味着你可以配置一个默认的打印机选项单独使用于 ARES。

输出生产文件

ARES为PCB的制造提供两个主要的输出选项：

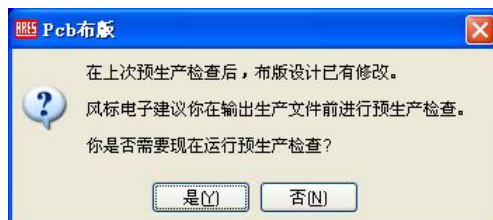
- 传统的Gerber/Excellon（存在于所有的专业版本中）
- ODB++ 制造输出（只存在于含高级功能特性的软件版本中）

从用户的角度来看，这两种选择是非常相似的。但从生产的角度看，ODB++比Gerber提供更多的信息，例如：

- ODB++输出文件中包含了连接信息（网表）；
- 明确支持焊盘上镀金或未镀金的规格定义；
- 明确支持基准点。

这意味着，当使用ODB++查看输出文件时，验证过程将更简单、更完整。但不管怎样，传统的Gerber/Excellon输出格式仍然非常流行，而且能够满足大多数的需要。

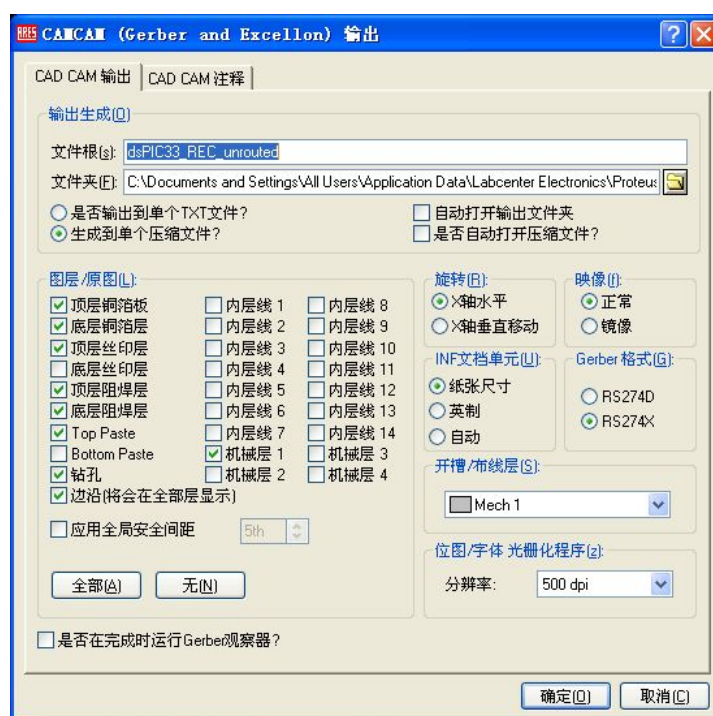
无论你使用哪种格式输出文件，基本的流程都是一样的。当你调用输出生产文件的命令时，软件都会提示运行“预生产检查”，会通过运行一系列的自动检查来测试一些常见的设计错误，并对通过或失败进行报告。



假如预生产检查报告出错误，建议在制作输出之前解决它们。但要注意，预生产检查在质量保证上对设计者提供帮助，但不能保证没有问题。建议对PCB设计进行手动检查，而且在大规模的生产之前还需要打样并进行测试。

关于预生产检查的更多信息查阅在线参考手册（帮助菜单）CAD/CAM输出部分。

假设预生产检查通过了，将会弹出生产文件输出对话框。



对话框顶部的选项是设置输出文件的路径和类型，比较简单就不详细说明。但有一些其它的配置选项需要注意。

Proteus软件将会把设计中使用到的层都帮你选中，但你最好还是仔细检查一遍，以免有遗漏。在PCB生产中经常出现的问题是没有提供PCB板的全部信息，即某些层没有输出到生产文件中。

当选项“应用全局安全间距”被勾上时，围绕焊盘和过孔的阻焊安全间距将设置到特定的距离。这对PCB板上的所有焊盘和过孔都产生影响，除了那些被手动修改的以外。除非你非常熟悉这个选项或有别人的指导，否则不要使用这个选项。

“开槽/布线层”选项明确指定了电路板的哪个层用来定义开槽的形状。在我们的例子中，我们使用Mech1，因

此在下拉选项中选择Mech1。



“位图/字体 光栅化程序”选项控制布线的厚度，用于渲染位图和电源覆铜层。分辨率越高，产生的位图色调越好，但文件就越大。一些制造商可能有一个最小的宽度要求，在这种情况下，可能有必要降低DPI设置来满足要求。但一般来讲，默认的设置就能够满足需要。

在左下角的选项允许自动加载输出到Labcenter的Gerber观察器(CADCAM输出)或Valor的ODB++观察器(ODB++输出)。这在制作电路板之前想对输出文件集进行检查是很有用的。

假如你想对电路板进行拼版操作，那么你应该使用 **CADCAM** 来输出文件。然后关掉工程，打开 **Gerber** 模式并导入生成的 **CADCAM** 文件，从弹出的对话框中选择拼版模式。

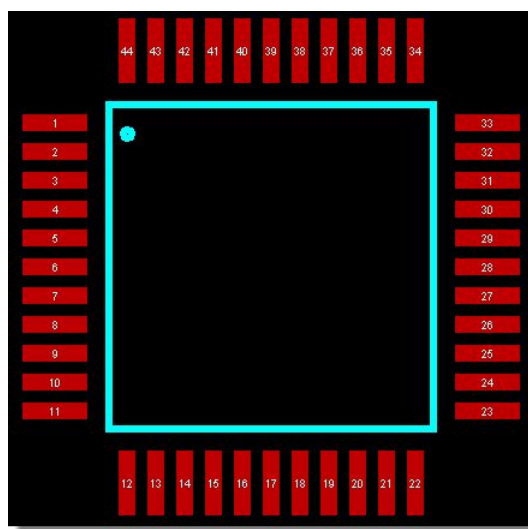
最后，“CADCAM注释”选项卡允许我们为制造商插入任何相关信息或特殊的要求。例如当我们指定一个开槽层时，因为没有标准的方式去传递这一信息，因此使用注释来进行说明是非常重要的。简单标注**Mech1**为开槽层就可以了。在配置了必要的选项后，我们可以生成文件并发送给PCB生产厂商进行生产制作。

附录：创建新的封装

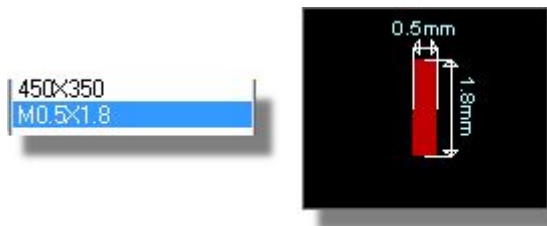
ARES提供大量的封装，我们之前已经知道如何选择和放置这些封装到PCB设计中。然而，有时候仍然需要创建自己封装或符号，使用ARES这个任务将非常简单，详细过程如下。

绘制封装

例如，创建一个间距0.8mm、宽度12mm的SQFP44封装，如下图所示：



首先，选择矩形SMT模式，我们想要的0.5mm宽、1.8mm长的焊盘已经存在于矩形贴片焊盘模式中，即M0.5x1.8。



假如这个焊盘类型不存在，很容易就可以新创一个（点击对象选择器上面的按钮‘C’），这在我们前面的教程中有详细的说明。

确保层选择器选择的是顶层铜箔层，以通常的方式放置一个焊盘。放置好一个焊盘以后单击右键退出放置模式，然后左键点击放置的焊盘使其高亮显示。然后进入编辑菜单，选择复制命令，也可以通过右键单击焊盘从弹出的菜单中选择复制命令。



复制命令将作用于被标记的对象，因此，调用这个命令之前，应该确保只有一个焊盘是高亮显示的。

SQFP44封装的每一边都有11个焊盘，因此，我们需要按照下面的截图设置X方向间距为0.8mm，复制10个相同的焊盘。

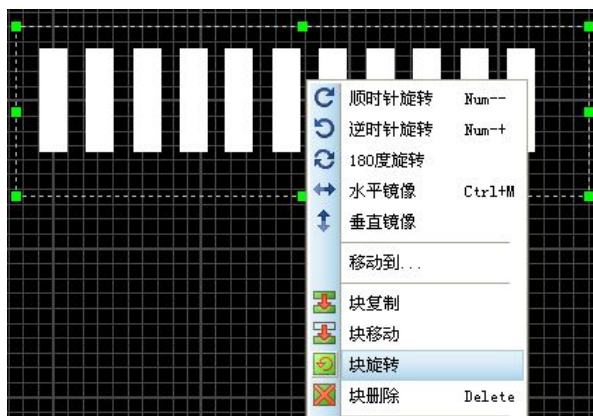


这将会产生一排间距为0.8mm的焊盘（假如想进行确认的话，你可以放大图纸，改变捕捉栅格后进行测量），下一步是复制这一排焊盘到封装的底部。

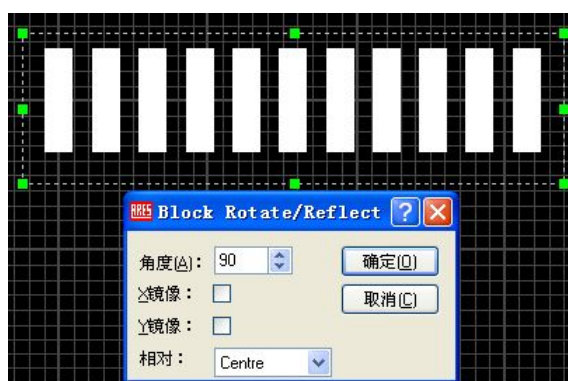
首先，围绕这整排焊盘使用右键拖一个标记框，然后进入“编辑”菜单选择“复制”命令。这次我们只需要复制一个，间距为从当前行往下或向上（即Y方向）12mm，X方向间距为0。如果想要让复制的行在当前行的下面，使用负坐标，如果想要让复制的行在当前行的上面，使用正坐标。



对其他的两列，我们也通过复制操作来完成。围绕整行拖一个标记框，右键单击标记框，从弹出的菜单中选择“块复制”命令。

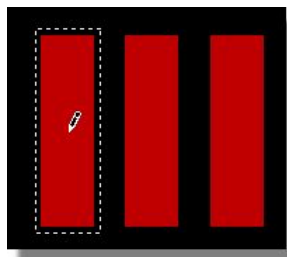


移动鼠标拖动副本到空白区域，左键单击进行放置，然后右键单击退出复制模式。现在，再围绕这一行焊盘拖一个标记框，右键单击标记框，从弹出的菜单中选择“块旋转”命令，指定90度的旋转角度。



为了正确放置这行焊盘，最好先在这行焊盘的目的位置设定一个标记。对于这个封装，左边一列最上面的一个焊盘的中心，是在上面一行焊盘最左边焊盘中心往下2mm、往左2mm的位置，这就给了我们足够的信息去精确定位这一列焊盘。

选择标记模式，然后移动鼠标到顶部最左边的焊盘直到它被虚线包围。你需要设置一个相当精确的捕捉栅格来捕捉这个焊盘（例如0.5mm或按快捷键F2）。



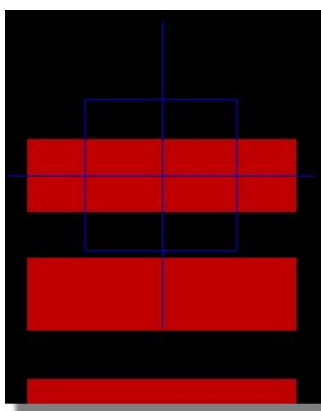
如果你的捕捉栅格是英制，可以通过按下键盘的‘M’键或“视图”菜单下的“公制/英制切换”选项切换到公制。现在，按下键盘的‘O’键在此位置设置伪坐标原点，然后调用“视图”菜单下的“跳转至坐标”命令。



在X坐标和Y坐标输入-2mm，确保偏移量是相对于当前原点，单击‘OK’按钮，双击可在该点放置原点。



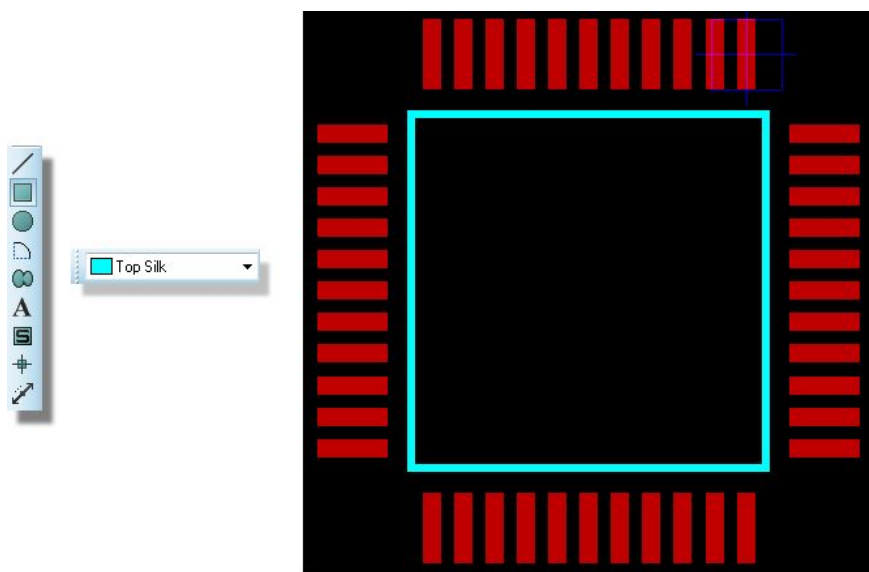
我们放置的标记正是左边一列焊盘最顶部那个焊盘的中心。现在我们使用框选的方式选择这一列焊盘，移动鼠标到最顶部那个焊盘的中心，然后按下鼠标左键拖动选择框到标记的位置上。



放置好这排焊盘后右键点击标记进行删除。最后一步是复制这列焊盘到封装的右边，正如之前的步骤，先框选这一列焊盘，然后使用复制命令，并设置X方向间距为12mm复制新的一列焊盘。



现在来添加丝印图形，选择2D图形的线条模式，确保层选择器选择的是顶部丝印层，沿着焊盘的内部边缘放置4根线形成一个框。

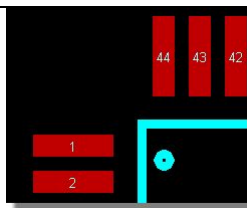


下一步的工作是对焊盘进行编号，首先，调用“工具”菜单下的“自动名称生成器”，在弹出的对话框字符串区域，我们不需要输入任何信息，直接点击“确定”按钮后，依次单击焊盘进行编号，从左边一排最上面的焊盘开始编号。



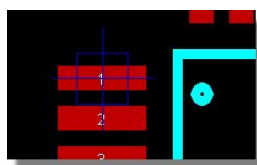
当完成了44个引脚的编号后，记住点击键盘的ESC按键退出引脚编号分配模式。

通常会在引脚1的附近位置放置一个小点指定引脚1，这可以通过2D图形的圆形来实现。确保“层选择器”选择的是顶层丝印层，调整捕捉栅格到最小(CTRL+F1)可以实现更好的位置控制。

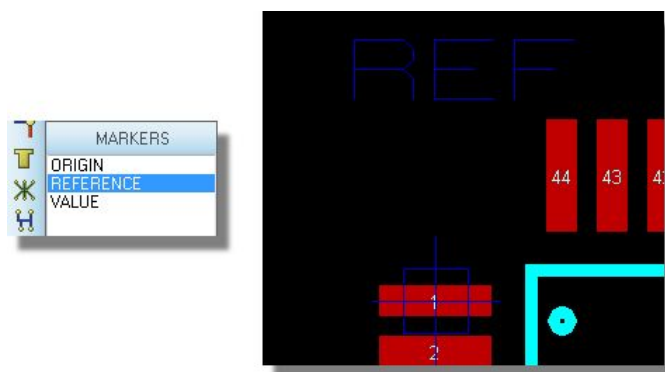


最后一步是指定封装的原点位置（放置时会以这个点来捕捉网格和进行旋转等），和参考标号的位置，这两个都可以通过放置标记实现。

选择二维图形标记模式，确保对象选择器中的“ORIGIN”处于突出显示状态。你可能会回想起我们之前使用这个作为参考点，但它的真正作用是指定元件放置和旋转的原点。通常原点会放在引脚1或元件的中心，由用户自己决定。为简单起见，这里我们放在引脚1上。点击左键开始放置，移动鼠标到引脚1的中心，然后再次点击左键完成原点标记的放置。

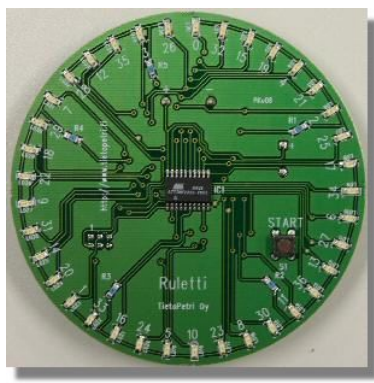


现在，将对象选择器中的标记类型改成“REFERENCE”。参考标记用于指示元件标号(例如U1,R12,C3)相对于元件放置的位置。而参考标记的放置位置也由用户自己决定，这里我们把它放在元件的左上方。



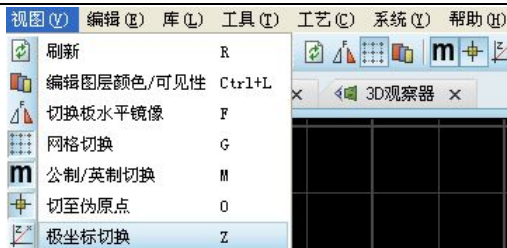
完成器件的封装布局以后，我们就可以制作封装并保存到封装库中。

焊盘绕圆周放置的方法

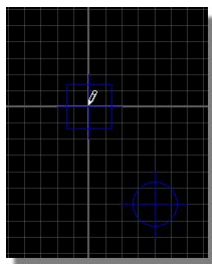


笛卡尔坐标和极坐标（通过“视图”菜单下的命令进行切换）下的复制命令是不同的，如果需要围绕圆放置焊盘，你可以这样做：

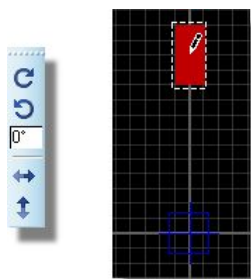
- 选择极坐标模式（点击“视图”菜单下的“极坐标切换”命令）



- 放置一个虚拟原点（快捷键 ‘O’ ）



- 把你的第一个焊盘放置在距离虚拟原点一个半径长度的位置。

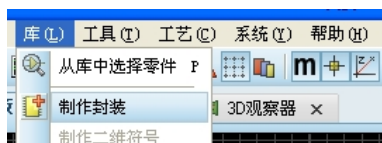


- 右键单击刚才放置的焊盘，选择复制命令，指定角度（例如20）和整圈焊盘的数量（例如17）。

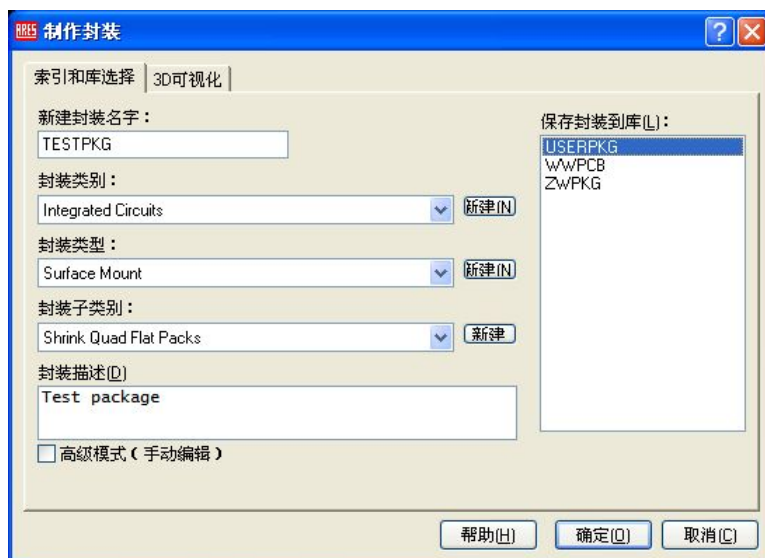


制作封装

围绕整个封装拖一个选择框，然后从“库”菜单中选择“制作封装”命令。



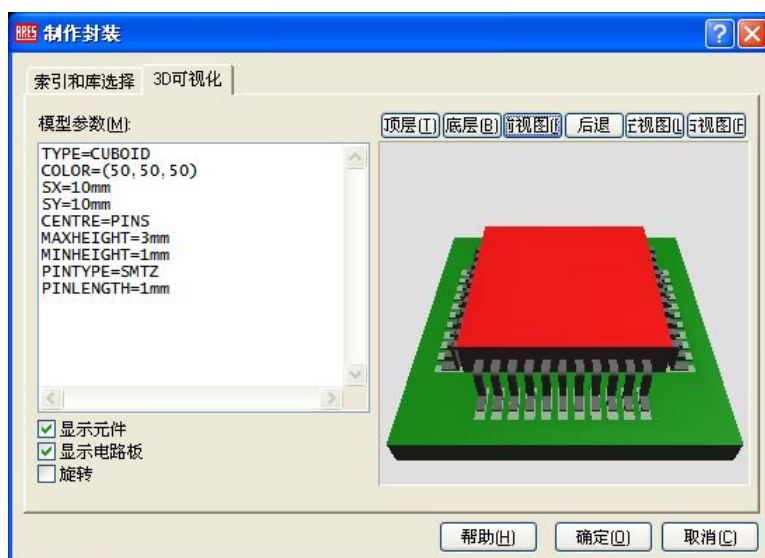
第一个选项卡和ISIS应用中看到的类似，各个字段的意思也简单明了。但需要注意的是，当我们查找封装时，为了不花太多的功夫就可以查找到封装，我们最好还是添加封装描述。你可以在USERPKG库中创建封装，因为这个库正是提供给用户保存封装的默认库。我们给这个封装取名TESTPKG，并输入一些基本的信息。



你可以通过库管理创建自己的封装库——请参阅参考手册中的详细信息。不要将自己的封装放入已经存在的库中，因为 Labcenter 可能会对这些已存在的库进行升级。

3D 视图

当这个选项卡填写完毕以后，切换到“3D可视化”选项卡（不要点击OK按钮，因为我们还有一些工作要做）。为了能够得到这个封装的3D图形，在这里我们需要做的就是尽可能提供更多信息，而这些信息在我们使用3D观察器检查电路板时能够用到。对话框右边的3D预览对我们调整参数很有帮助。当我们调整参数时，这个对话框中的3D预览也会实时进行更新。对于参数和值的说明已经超出了本教程的范围，你如果感兴趣的话，可以阅读在线参考手册（ARES中的帮助菜单——帮助索引），里面有比较深层的讨论。对我们而言，只需要像下面截图显示的填写属性字段即可。



完成以后，点击“确定”按钮，保存到封装库中。

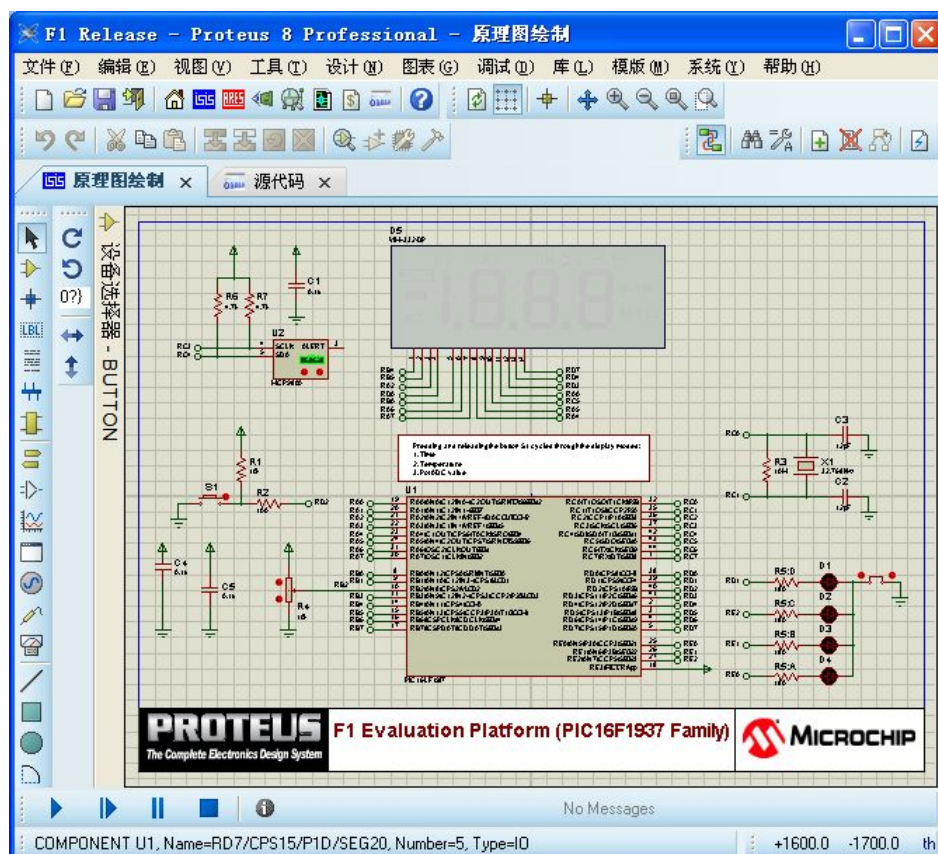
如果现在选择这个封装模式，会发现TESTPKG出现在对象选择器中，并且能够像其它封装一样进行放置。此外，如果在布局中放置了这个封装，从“输出”菜单中调用3D可视化引擎，你将会看到这个封装的3D渲染图。

第三部分 VSM 虚拟系统模型

介绍

本部分教程的目的是向您介绍如何使用 Proteus VSM 和 VSM Studio IDE 对带有微控制器的系统进行交互式仿真。本部分教程的重点将放在仿真器和 IDE 的实际使用上，针对每一个主题的详细说明请参考帮助文档中的内容。本部分教程不包含原理图的绘制，如果你对 ISIS 中的原理图绘制不熟悉，你应该先花时间学习第一部分教程中的内容。

我们将使用预先画好的微芯（Microchip）公司的 F1 评估板原理图来学习本教程的内容，如下所示。



通过本教程，我们不仅可以掌握 VSM Studio IDE 的基本仿真功能，还可以了解 Proteus VSM 中的各种调试和测试工具。要学习本教程你将需要：

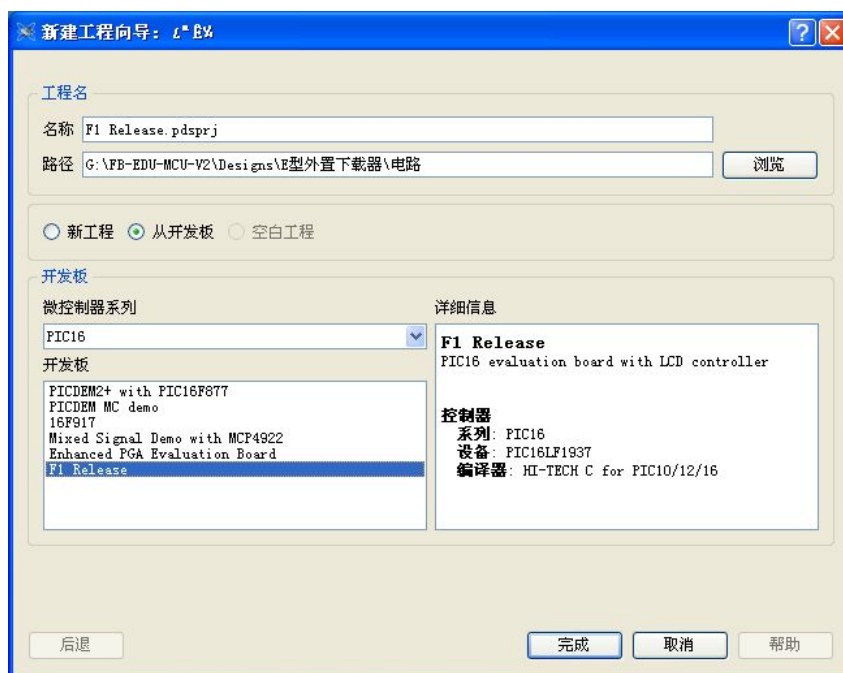
- ☒ 必须安装 Proteus 8.0 版本或更高版本的软件。如果没有购买专业版的软件，可以从 Labcenter 的网站上免费下载这个软件的试用版本，或者联系 Proteus 软件的大中华区总代理-广州市风标电子技术有限公司-获取支持。
- ☒ 必须安装 9.8 版本或以上的 Hi-Tech PIC16 编译器软件。在 Proteus 软件(VSM Studio IDE)中就可以进行这个编译器的下载和安装，下载和安装的过程将在本教程后面的工程设置部分进行介绍。

即使你没有安装符合这些要求的软件，我们仍然建议你读完本教程。因为所有关于调试技术的知识都是通用的，你如果使用旧版本的软件来进行设计开发，这些知识可能也会有帮助。

建立工程

我们需要做的第一件事是建立 Proteus 8 的工程，由于我们使用预先绘制好的原理图，即一块虚拟开发板，因此建立工程的过程就变得非常简单：

从 Proteus 的主页启动新建工程向导，选择“从开发板”选项，在“微控制器系列”列表框中选择 PIC16，然后从“开发板”列表框选择 F1 评估板（F1 Release），点击完成导入工程。



导入项目之后，在 Proteus 中可以看到两个选项卡：F1 评估电路板的原理图模块和包含 Microchip 标准硬件驱动源代码的 VSM Studio IDE，如下图所示：



我们先来编译源代码，将生成的固件（firmware）进行仿真调试。

编译器配置

Microchip 提供的源代码是使用 Hi-Tech PIC16 编译器编写的，因此为了能够成功编译并生成固件，我们需要安装这个工具。切换到 VSM Studio 选项卡，从“系统”菜单启动“编译器配置”对话框。



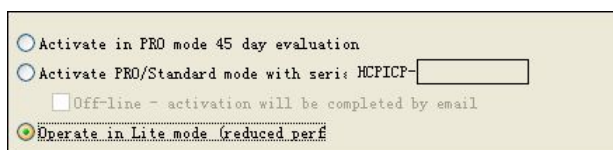
这个对话框列出了所有支持的编译器，并指示是否被安装和配置。按下对话框底部的“检查全部”按钮，Proteus 将扫描你的计算机，查找安装好的编译器。如果找到 Proteus 支持的编译器，Proteus 将自动进行配置并在 Proteus 中调用这些编译器编译源代码。

开源的编译器能够直接从 Labcenter 的服务器上下载和安装。需要收费的编译器，Proteus 将提供链接到相应供应商网站的下载页面。在这个例子里，使用的是 Hi-Tech 编译器，如果还没有安装，则需要从微芯的网站下载：

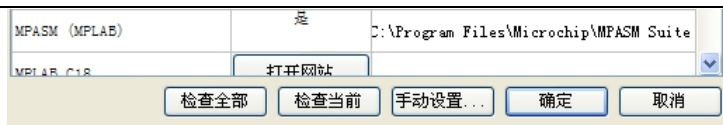
1. 点击编译器旁边的“打开网站”按钮；



2. 下载并安装编译器，如果没有购买，可以使用 Lite mode，或者选择使用 45 天的评估版，如下图所示：



3. 安装完成后点击对话框底部的“检查全部”按钮，Proteus 将自动重新检查所有的编译器并进行配置，使得它能够在 Proteus 中编译源代码。



运行这个命令以后，你应该注意到对话框中的 Hi-Tech 编译器被标记成已安装。在 IDE 底部的输出窗口也会报告编译器检查的结果。



VSM Studio输出

```
AVRASM (Proteus): C:/Program Files/Labcenter Electronics/Proteus 8 Professional/Tools/AVRASM
ASEM-51 (Proteus): C:/Program Files/Labcenter Electronics/Proteus 8 Professional/Tools/ASEM51
WinAVR: C:/WinAVR-20100110/BIN
CodeComposer for MSP430: C:/Program Files/Texas Instruments/ccsv4/tools/compiler/msp430/bin
CodeComposer for Piccolo: C:/Program Files/Texas Instruments/ccsv4/tools/compiler/c2000/bin
HI-TECH C for PIC10/12/16: C:/Program Files/Hi-TECH Software/PICC/9.83/bin
IAR for 8051 (C): D:/Program Files/IAR Systems/Embedded Workbench 6.0 Evaluation/8051/bin
IAR for ARM: D:/Program Files/IAR Systems/Embedded Workbench 6.0 Evaluation/arm/bin
MPASM (MPLAB): C:/Program Files/Microchip/MPASM Suite
```

到了这里，编译器、源代码和原理图已全部准备好了，使用 VSM Studio “构建” 菜单下的“构建工程”命令(或构建图标)编译固件。



编译器的输出将显示在 IDE 的底部面板中，编译完成以后，你能得到一个编译成功的信息。

VSM Studio输出

```
Running this compiler in PRO mode, with Omniscient Code Generation enabled,
produces code which is typically 40% smaller than in Lite mode.
The HI-TECH C PRO compiler output for this code could be 1529 words smaller.
See http://microchip.htsoft.com/portal/pic_pro for more information.

编译成功。
```

接下来运行仿真，在虚拟硬件上测试编译后的代码。

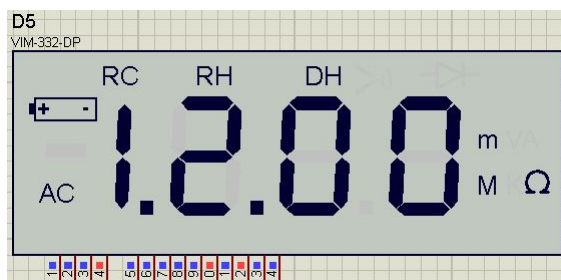
VSM Studio 会自动配置常见的编译器选项用于正确编译你的工程。如果你需要调整这些编译器设置（例如链接到外部库），你可以通过“构建”菜单下的“工程设置”对话框进行调整。

运行仿真

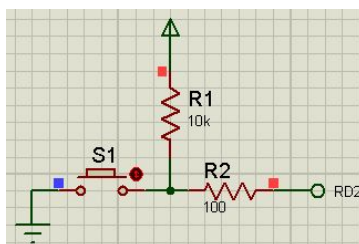
只需要简单的按下 Proteus 左下角“仿真控制面板”中的运行按钮就可以运行仿真。



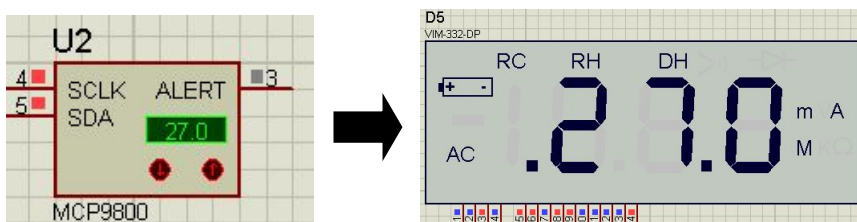
现在，软件将自动切换到原理图页码进行仿真，原理图中的 LCD 面板将显示默认的时间。



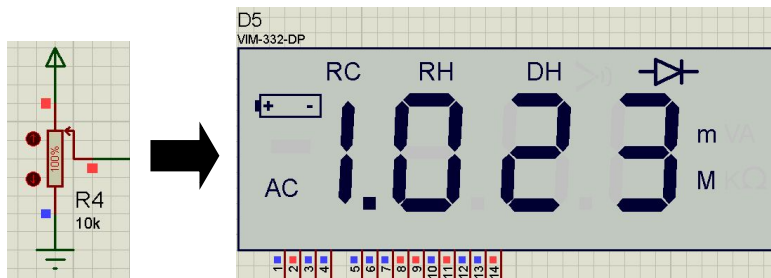
F1 评估板的示例程序可以显示三种模式，时间，一温度，和电位器的 ADC 采样值。可以通过按下原理图中的控制按钮来循环切换显示模式，进行交互式仿真。



当处于温度显示模式时，你可以在 MCP9800 传感器上通过点击递增或递减按钮来调整温度值。当前的温度值是通过 I2C 总线传输到 PIC 处理器中，经过处理以后显示在 LCD 上的。



当处于电压显示模式时，可以调节电位器，处理器将转换后的电压值显示在 LCD 上。



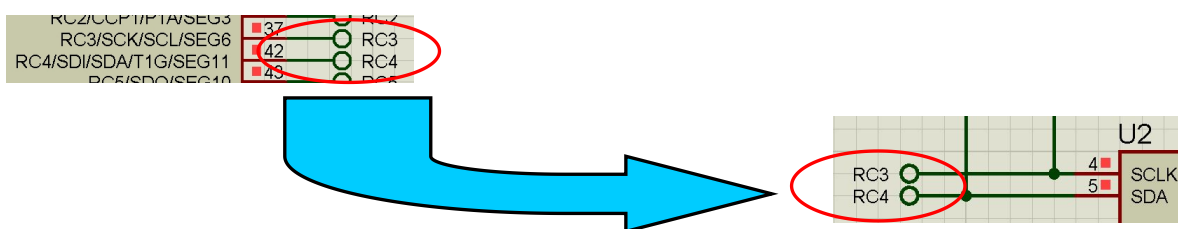
这个 PIC16 微控制器有一个 10 位的 ADC，所以采样得到的数据的显示范围是 0 到 1023，对应的电压范围是 0-3.3V。最后，按下动画控制面板的停止按钮可以停止仿真。

注意事项

当我们在 **Proteus** 中运行仿真时，仿真结果可能不会立刻显现，但在你能看到的仿真结果背后，**Proteus** 软件进行了大量的处理和计算工作：

首先，**Proteus** 原理图中的微控制器执行编译后的固件文件与真实世界中的 **PIC** 执行编程的固件完全一样。使用 **VSM Studio IDE** 只是把烧写 **PIC** 芯片的过程，变成把编译成功后得到的文件发送给原理图。

其次，你可能会注意到，原理图中几乎所有导线都使用了终端来结尾，并且终端都有一个名字。在原理图中，相同名字的两个终端被认为是相连的（像有一根虚拟的导线）。例如，温度传感器旁边的 **RC3** 和 **RC4** 终端连接到了 **PIC** 处理器中的 **I2C** 接口的两个引脚上。我们喜欢使用这种方式进行原理图连线，因为可以避免导线的交叉，并且可以将原理图分割成容易识别的逻辑块。如果你要了解更多关于这种连接方式的信息，可以阅读 **ISIS** 的参考手册。



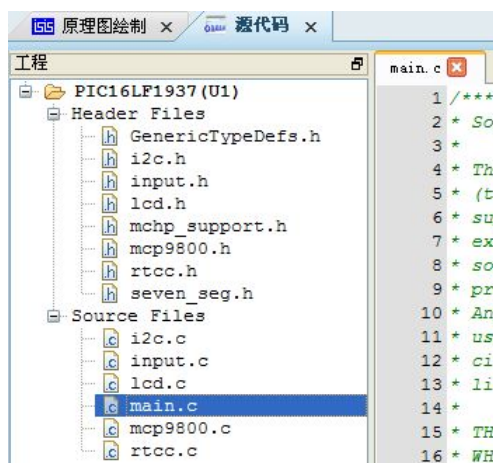
最后，在 **Proteus** 软件底部的状态栏显示了仿真运行的时间。仿真很可能不是实时的，这取决于你的计算机的性能、处理器的速度和原理图的复杂程度。状态栏显示的执行时间就是虚拟仿真世界的时间。



例如，对于一个特别慢的计算机，在这个仿真中调节到时钟模式时，仿真中 **LCD** 屏上显示的时钟与现实世界墙上的挂钟不是同时前进的，但它却总是会 and 状态栏的仿真时间同步前进。

写固件程序

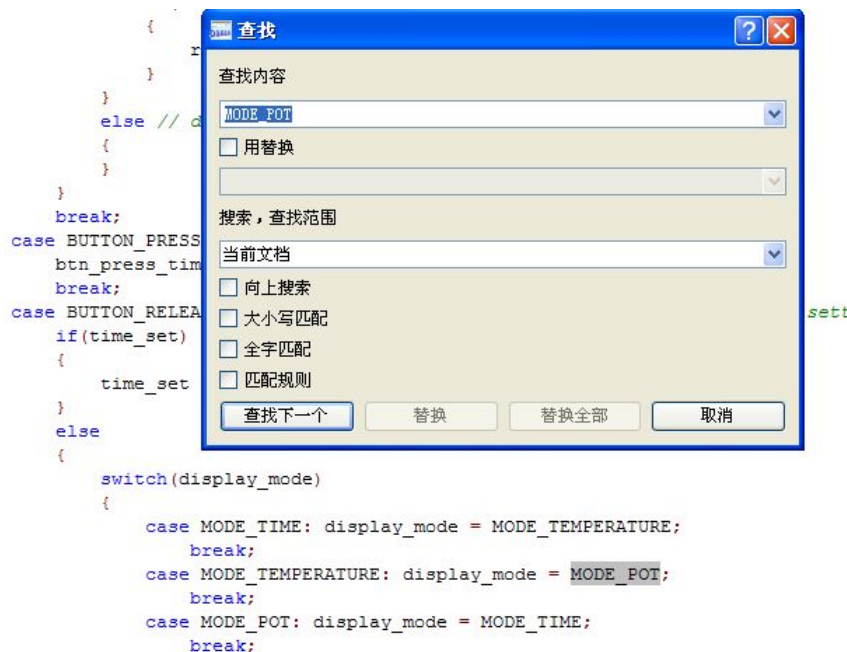
我们已经了解了仿真的整个工作流程，现在就让我们给这个程序添加一些功能。我们知道通过按下原理图中的按键可以在时间、温度和电压模式之间进行切换，这样我们就能很容易的在这里添加其它操作模式。首先，切换到 **VSM Studio IDE** 选项卡，打开文件 **main.c**（在项目中双击 **main.c**）。



你会在这个文件的顶部看到有一些函数原型以及操作模式的枚举类型定义。我们需要为我们的“测试模式”添加一个新的函数原型，还要在这个枚举类型中添加一个相对应的值，可以像下图一样进行添加：

```
44 void display_pot(int p);
45 void display_test(void);
46
47 volatile char blink;
48
49 typedef enum { MODE_TIME, MODE_TEMPERATURE, MODE_POT, MODE_TEST} mode_t;
```

接下来，我们需要找到按钮切换的程序块来添加新的操作模式。最简单的方法就是搜索已有模式中的一个，我们可以在 VSM Studio 右键点击编辑窗口，从弹出的菜单中选择“查找”，在查找内容下输入“MODE_POT”。



查找到的第一个结果就是我们正要寻找的，也就是关于按钮释放后用于设置显示模式的 switch 语句。在这里我们只需要添加新的操作模式：

```
switch(display_mode)
{
    case MODE_TIME: display_mode = MODE_TEMPERATURE;
        break;
    case MODE_TEMPERATURE: display_mode = MODE_POT;
        break;
    case MODE_POT: display_mode = MODE_TEST; ←
        break;
    case MODE_TEST: display_mode = MODE_TIME; ←
        break;
    default:
        display_mode = MODE_TIME;
        break;
}
```

注意，MODE_TEST 前面的 case 语句也一样需要修改显示模式。

在这段代码的下面还有另一个 switch 语句，用于执行当前的显示模式。同样，我们需要加入我们的 case 语句来调用我们的函数。

```
switch(display_mode)
{
    case MODE_TIME:
        display_time();
        break;
    case MODE_TEMPERATURE:
        display_temp(mcp9800_get_temp());
        break;
    case MODE_POT:
        display_pot(input_pot());
        break;
    case MODE_TEST:
        display_test();
        break;
    default: display_mode = MODE_TIME; break;
}
```

最后一步是添加 `display_test()` 函数，可以在这里添加进入我们的操作模式后要做的动作。我们在 `main.c` 文件的底部加入这个函数的定义。

```
336 void display_test(void)
337 { // Do Something...
338 }
```

在这里你可以尝试添加任何你想添加的动作，但我们只做一些简单的动作，比如在显示器上显示一个固定值，并在 LED 上显示二进制的计数器。

```
338 void display_test(void)
339 {
340     static int i, d;
341
342     display_int(1111);
343     if(++d > 400) {
344         d = 0;
345         PORTE = (i++) & 8;
346     }
347 }
```

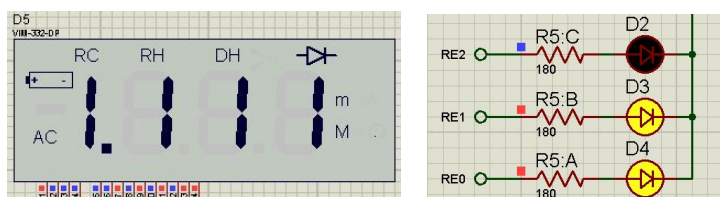
由于我们是使用 `PORTE` 来控制 LED，所以我们需要配置端口的引脚，在 `main()` 函数顶部的外设配置部分设置 `ANSELE`。

```
78     ANSA1 = 1;
79     ANSA3 = 1;
80     ANSB3 = 1;
81     ANSB1 = 1;
82     ANSELE = 0;
```

最后一步是构建工程。如果你的程序有错误，在输出窗口会得到编译错误，单击这个错误，会指示出问题所在的位置。

但有些错误，像链接错误，是不能指出具体出错位置的。这种情况下，你可能需要修改工程设置选项才能修正链接错误，例如需要在工程设置中加入“函数库”的文件夹。

当我们这次运行仿真时，我们使用按键来切换操作模式，直到进入我们自己的模式(时间->温度->电位器->测试)，我们应该能看到显示器上显示的数“1111”以及 LED 上的计数器。



这个例子实现的功能非常简单，只是用于说明编写代码、编译和仿真的整个流程。

调试弹出窗口

到目前为止，我们在 VSM Studio 页面中完成了代码的编写，并在原理图页面进行了仿真。如果我们有二个显示器，可以把其中一个页面拖到另一个显示器中，在二个显示器中同时观察这两个页面。

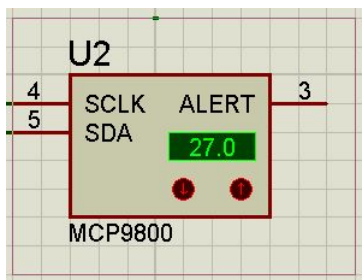
但我们在调试时，通常更感兴趣的是观察代码的单步运行，同时观察原理图的某一小部分进行验证。Proteus 提供了一个调试弹出窗口控件，在仿真调试的过程中，可以将原理图中选定的一部分电路在 VSM Studio 页面中显示出来。这对于我们只有一个显示器的用户来说将变得非常方便，不需要经常在原理图页面和 VSM Studio 页面之间进行切换，大大提高我们的调试效率。

在我们的教程的例子中，可以以温度传感器来说明实时监控窗口的使用，步骤如下：

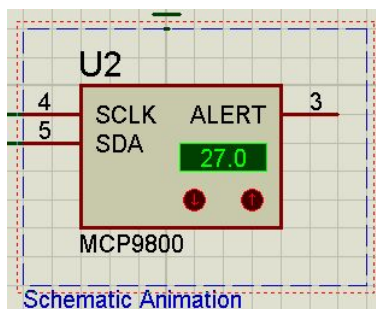
- 1) 切换到 ISIS 选项卡，选择“调试弹出模式”图标。



- 2) 围绕温度传感器从左上角开始拖出一个框。

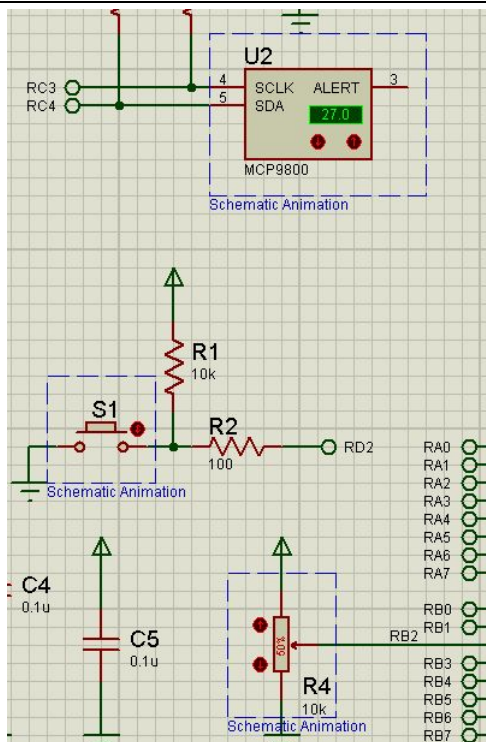


- 3) 完成以后，你应该会看到围绕温度传感器有一个蓝色的虚线框。

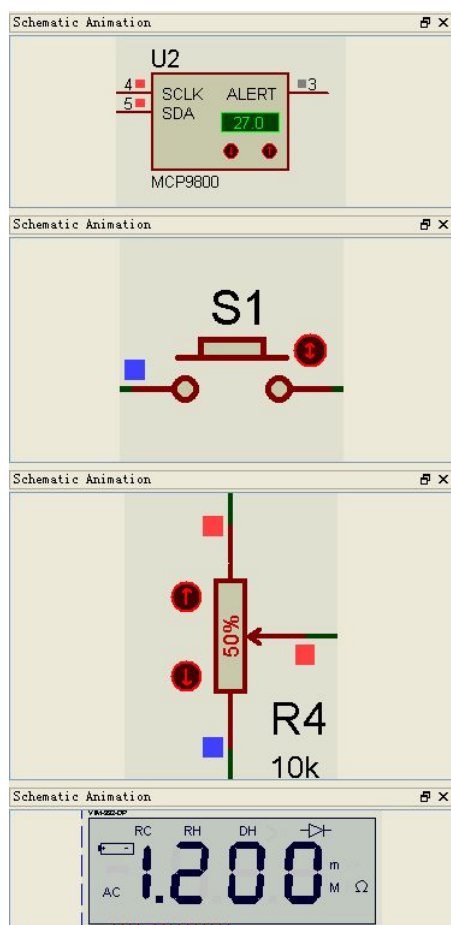


如果做的过程中出现问题，可以右键双击虚线框进行删除。同样，如果虚线框的位置有问题，也可以右键点击虚线框然后选择“移动对象”菜单进行移动。

其它可能需要我们在仿真过程中进行观察和控制的对象有按键、电位器和显示元件（LCD）。我们可以重复上面的操作，围绕这些器件各自拖出虚线框，完成以后，你的原理图看起来应和下图一样。

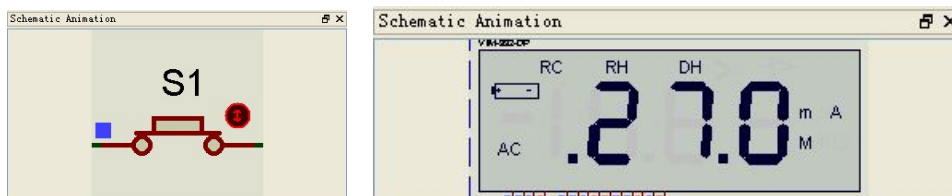


因为我们指定了有效弹出窗口，这将会工作在 VSM Studio。现在如果你按下“运行”按钮进行仿真，并切换到 VSM Studio 选项卡，在 IDE 的右边将显示我们刚才选择的部分原理图。



当全速运行代码时，VSM Studio 页面中的源代码和变量的区域将显示“仿真正在运行”的消息。我们将在下一节介绍调试工具的使用。

调试弹出窗口非常有用，它不仅将原理图中标记的区域显示到调试环境中，而且还可以进行交互仿真。例如，如果点击按钮 S1，切换程序模式，你应该会看到 LCD 显示 I2C 温度传感器的温度值。如果你再调节温度传感器的温度，LCD 会反映出温度的变化。



切换回到原理图页面，你会看到原理图中的状态和调试弹出窗口中的一样。当停止仿真（从仿真控制面板），调试弹出窗口会消失，VSM Studio 将从调试状态切换回设计编辑状态，你可以再次编辑和编译你的源代码。

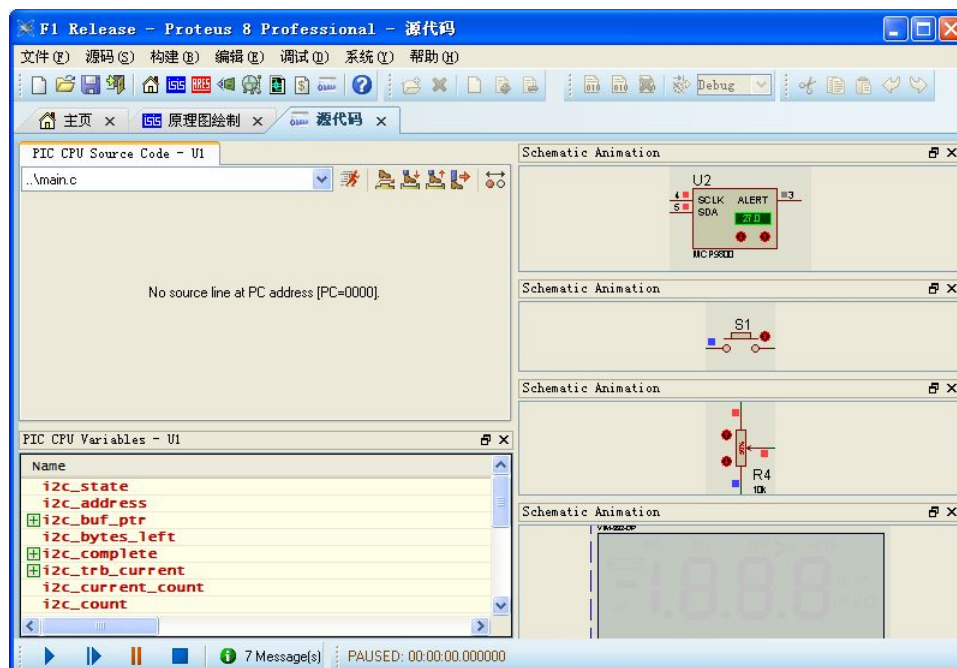
只有当仿真停止以后，你才能在原理图中创建或调整调试弹出窗。仿真还在运行时，你也可以在 VSM Studio 页面通过拖动来调整调试弹出窗口的大小。

现在我们已经配置完调试弹出窗口，来看看如何进行使用调试工具进行代码的调试。

基本调试

Proteus VSM 的最强大的功能就是代码和电路的联合调试。我们已经知道如何在 VSM Studio 中编写代码，也知道怎样在运行仿真时进行观察。现在来看看怎样进行代码的单步运行。

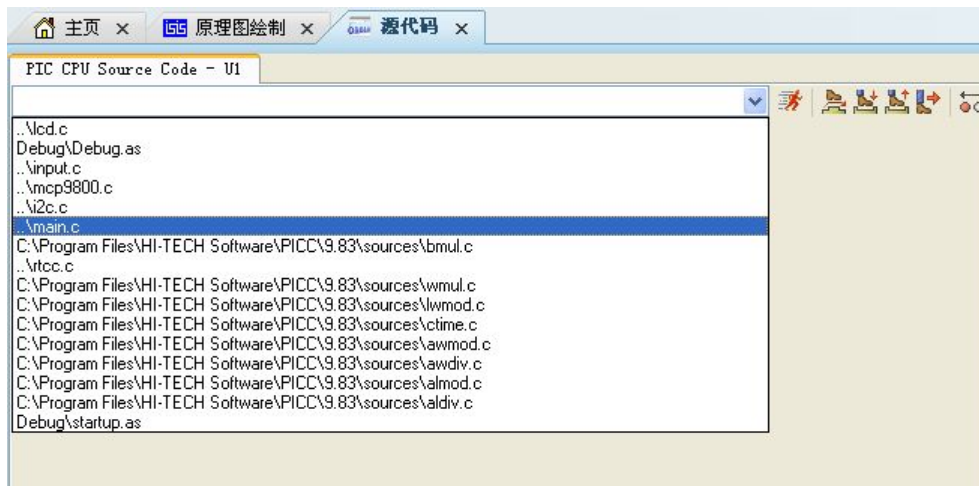
首先确保 Proteus 没有运行仿真，处于停止状态中。通过“仿真控制面板”暂停按钮启动仿真并暂停。



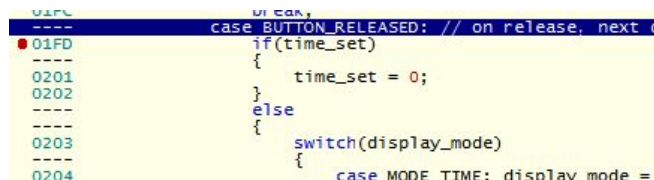
如上图所示，Proteus 将自动切换到 VSM Studio 页面，我们可以看到：调试弹出窗口显示在右边；主面板报告“没有源代码”的信息；程序变量的列表放在屏幕的底部。在这个阶段，仿真处于“已经启动”的状态，电路处在一个稳定的工作点，代码还没有执行，也没有时间的消逝。

源代码窗口没有显示任何的源代码，这是因为在当前的程序计数器（PC=0）中没有源代码可以显示。

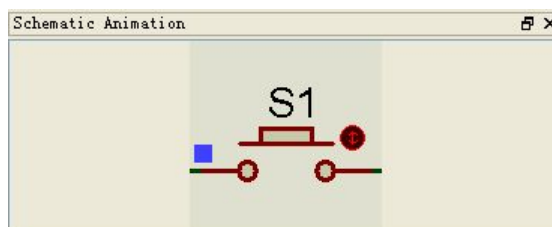
你可以从窗口顶部的下拉框中选择这个工程的任何源文件进行查看。但我们先从 main.c 文件开始，因为这个文件包含了最整个程序的基本流程控制。



先来看看怎么设置断点，举一个简单的例子——要在主函数的按键释放处设置一个断点。放置断点最容易的方法就是在希望放置断点的代码行进行双击。断点指示器（一个小红点）将会出现在源代码窗口的代码行左边。如果你误设了一个断点，可以在这行再次双击（或从代码窗口中点击右键，在弹出的菜单中）进行删除或关闭。



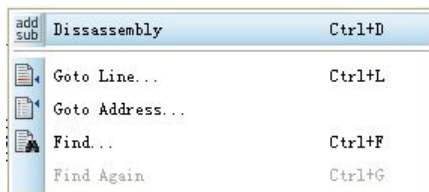
如果我们现在点击运行按钮运行仿真，在运行模式下会全速执行代码。直到我们点击并释放模式切换按钮（即 S1，可以在调试弹出窗口中点击），按键释放以后代码的执行会到达断点处，仿真将暂停。



到达断点以后，我们可以通过源代码窗口右上角或 VSM Studio 调试菜单中的常用命令单步执行代码。另外可以使用快捷键 F10 和 F11 分别进行单步跳过调试和单步进入函数内部调试。



如果需要查看程序执行的细节，具体到每一条指令的执行过程。你可以在反汇编代码中进行代码的汇编级单步调试。右键点击源码窗口，从弹出的菜单中选择“反汇编”，然后同之前一样使用单步调试命令。



再次点击右键选择“反汇编”子菜单将返回到高级语言的源代码中进行单步调试。

在单步调试的过程中，你可能会注意到调试弹出窗口中的 LCD 显示的数字是不完整的。但这是正确的，因为显示的结果就是由这些不完整的段组合起来的。

如果你想运行到下一个按键释放的状态，只需要按下仿真控制面板中的“运行”按钮，然后在调试弹出窗口中点击按键再次触发断点。

完成以后，点击右键选择清除所有的断点，然后按下仿真控制面板的“停止”按钮结束仿真调试。

注意事项

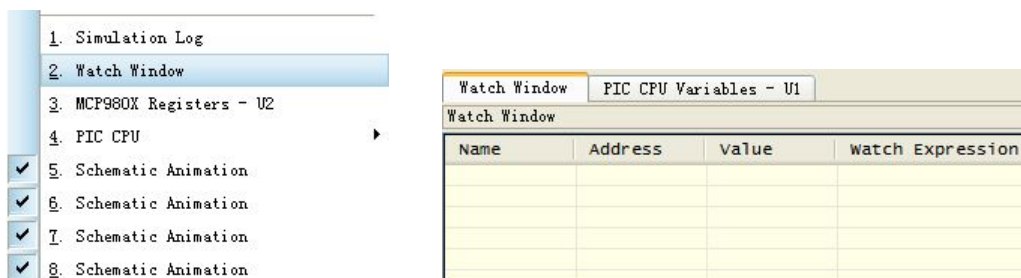
在 Proteus 中，当进入断点或单步调试后，要知道现在整个系统是受时间的控制，这意味着系统处于暂停状态，电容不进行放电，电机也失去了动力。当通过单步调试执行指令，这些指令对系统产生作用以后，系统将再次停止。调试时，可以通过状态栏看到时间前进的信息。

还有一些其它非常有用的调试窗口，但在本教程没有进行介绍。这些调试窗口可以从 VSM Studio 的“调试”菜单中启动，并放到 IDE 的底部。在仿真暂停后，数据会显示在相应的窗口中。但是本教程将会在下一节单独介绍监视窗口的功能和使用方法，因为它比较特殊。

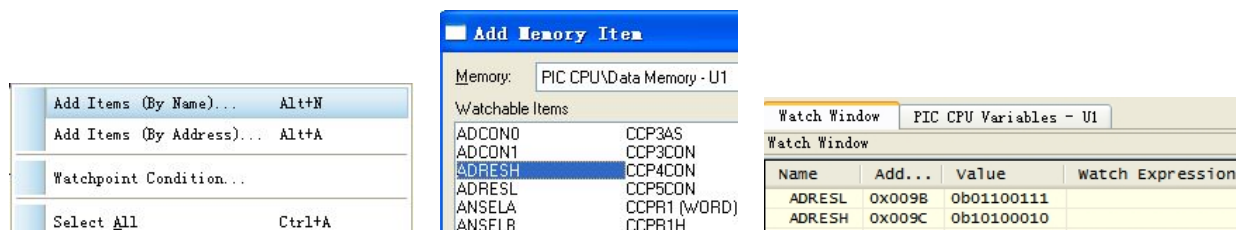
监视窗口

监视窗口是一个调试窗口，能够在运行仿真时提供实时数据，同时也给了我们另外一个设置断点的方法。现在，我们使用监视窗口监控电位器的 ADC 转换为例子来说明监视窗口的使用方法。

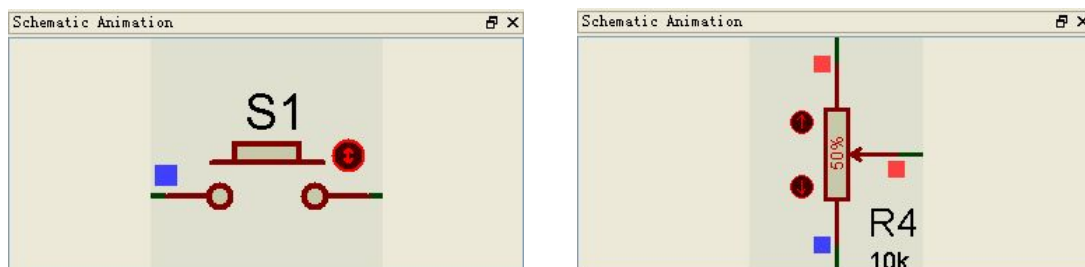
先点击 Proteus 软件底部的“运行”按钮开始仿真，然后从 VSM Studio 的“调试”菜单中启动监视窗口，监视窗口将出现在 IDE 的底部。



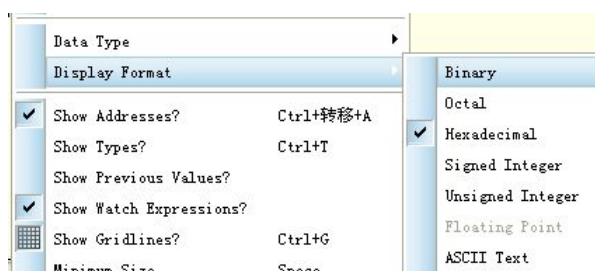
接下来，右键单击监视窗口从弹出的菜单中选择“使用名字添加监视项”。这里我们想添加 ADC 寄存器 ADRESH 和 ADRESL，可以通过双击寄存器进行添加，完成以后退出对话框，在监视窗口中应该有两个我们刚刚添加的监视项。



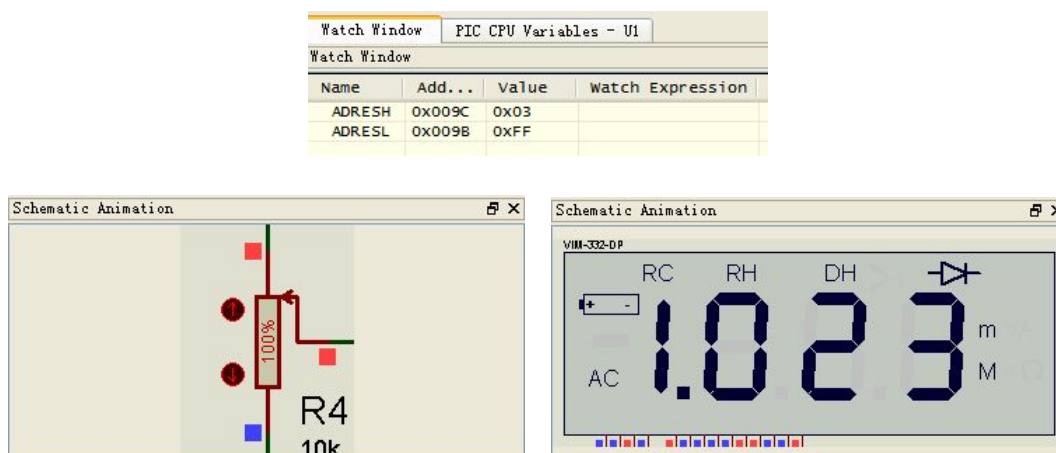
我们现在点击电路中的按钮来切换到电压采集模式，可以使用调试弹出窗口（或切换到原理图页面）。点击控制按钮三次进行模式切换，然后使用电位器左边的调节按钮改变电位器的阻值。



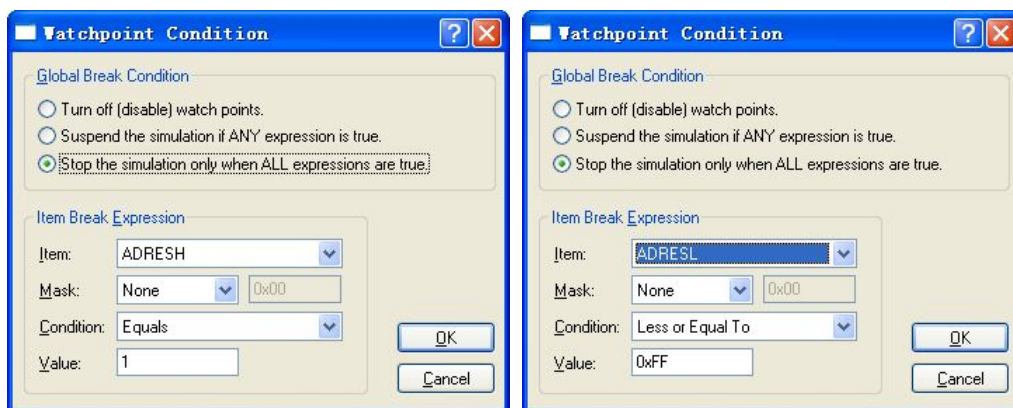
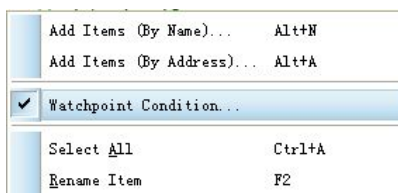
如果你觉得以二进制的形式显示结果会更容易理解，可以更改项目的显示格式。在监视窗口中右键点击每一项，将显示格式改变成二进制。



由于这是一个 10 位的 ADC，因此读取的最大值是 1023 或 0x03FF，当电位器调节到最顶端时，我们可以在 LCD 中看到这个值。



现在我们假设在电位器向下调节过程中，当电位器到达中间位置时仿真暂停下来。我们知道中间位置的值在 0x1FF 左右，所以我们可以监视项上设置触发断点的条件。通过右键点击监视项目，并从弹出菜单中选择监视点的条件。在我们的例子中，即要在 ADRESH 等于 0x01、ADRESL 小于或等于 0xFF 时暂停仿真。当我们从最大值开始向下调节电位器，调节到中间位置时将会第一次触发断点。



注意，你需要单独配置 **ADRESH** 和 **ADRESL**，完成以后，监视窗口的显示应该像下图一样。

Watch Window			
PIC CPU Variables - U1			
Watch Window			
Name	Address	Value	Watch Expression
ADRESH	0x009C	0x03	= 1
ADRESL	0x009B	0xFF	<= 0xFF

设置好监视条件以后，我们现在需要向下调节电位器，直到满足条件时触发断点。同之前一样，既可以在 **VSM Studio** 的调试弹出窗口中调节电位器，也可以切换到原理图页面进行调节。当断点被触发后，你应该能看到两个监视项的值是 **0x01** 和 **0xFF**。如果有需要的话，你可以在条件触发的这点开始单步执行你的代码进行调试。

在调试定时器代码时，如果想要捕获溢出条件，使用监视窗口中的监视条件是非常有用的。

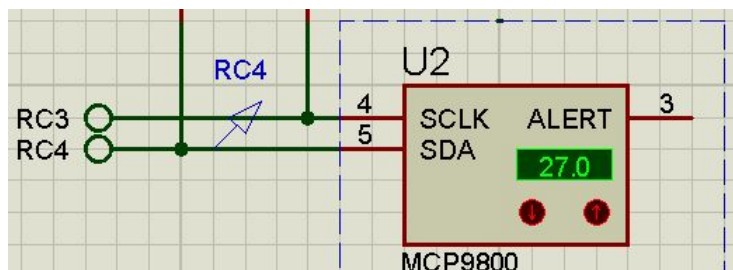
右键点击监视项，在弹出的菜单中选择“监视条件”，然后从弹出的对话框中选择“关闭监视点”选项就可以关闭监视点。

我们接下来讨论硬件断点，在此之前，要先禁止监视条件或删除监视项，然后在仿真控制面板中按下停止按钮结束仿真。

硬件断点

到目前为止，我们已经学习了基于软件条件的仿真中断（观察点和断点）。另外也可以使用硬件断点，以便当硬件条件发生时检查代码，例如想在 **I2C** 总线刚开始动作时进行捕获，我们可以像下面介绍的一样在 **I2C** 总线上设置一个硬件断点。

先切换到原理图选项卡，然后从左边的模式选择器中选择电压探针图标。接下来在编辑窗口中单击，开始进行探针的放置，移到鼠标到总线的 **SDA** 线上，再次点击左键放置探针。



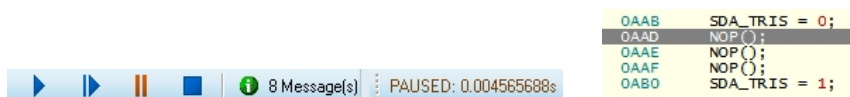
现在右键点击探针，从弹出的菜单中选择编辑属性。



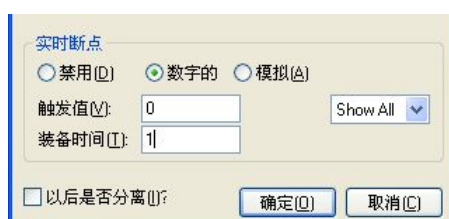
实时断点类型选择“数字的”，如果我们想在低电平进行触发，输入 0 作为触发值。



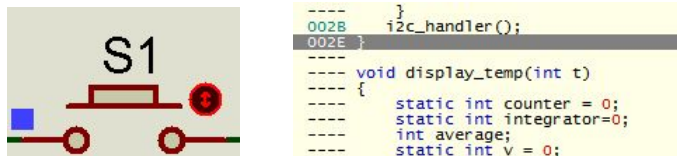
点击“确定”，按下运行按钮开始仿真，你应该会发现仿真几乎立刻停止，并且在 VSM Studio 的源窗口中显示只执行了一个命令将 SDA 设置成低电平。



这个断点实际上是发生在初始化程序中，如果想要跳过这个断点，并且只在进入 I2C 模式后被激活，这样我们就需要设置断点的装备时间，先要停止仿真，然后切换到原理图模块，像之前一样编辑电压探针 RC4 的属性，装备时间设置成 1s。



这时候，当运行仿真时断点不会被触发，直到我们按下模式切换按键进入温度模式（温度值在 I2C 总线上进行传输）。



你应该会发现停在了源代码的 I2C 子程序中，接下来可以像之前描述的从这里开始进行单步调试。

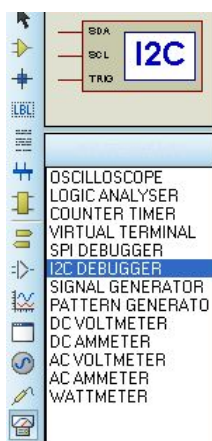
交互式测量

在设计和仿真电路的时候，经常会检测电路的信号和波形。在 Proteus 中主要有两个方法来实现这一点。例如，假设我们想要检查温度传感器 MCP9800 进行 I2C 传输的过程，无论是通过交互方式还是更传统的图表方式都可以实现。

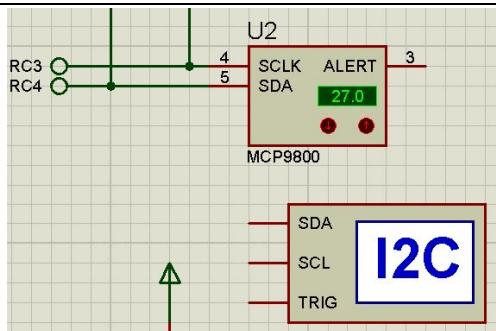
我们要做的第一件事就是整理原理图，删除我们先前使用过的各种断点。你可以在原理图中的探针上右键双击，或点击右键，从弹出的菜单中选择“删除”来删除电压探针，同样，我们可以右键双击调试弹出窗口对象的边界删除调试弹出窗口对象。

当原理图中定义了调试弹出窗口对象，在仿真开始以后 Proteus 就会自动切换到 VSM Studio。因为它会假定你主要的任务是进行源代码调试。由于我们现在需要分析信号，所以我们移除调试弹出窗口对象，以便仿真开始后打开的是原理图页面。

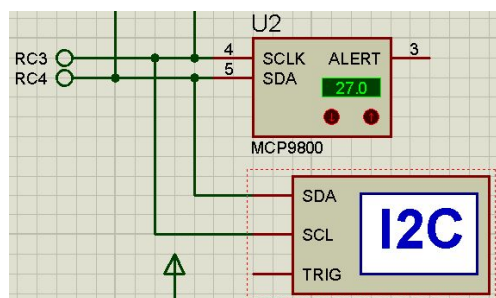
现在要做的第二件事就是放置和连接 I2C 调试器，选择虚拟仪器模式，在对象选择器列出了一系列交互式测量工具，在我们的案例中，选择 I2C 协议分析仪。



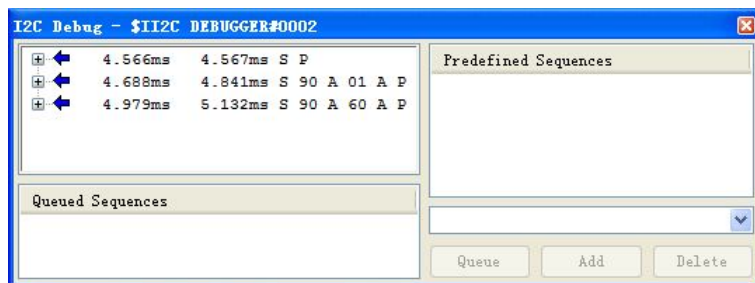
在对象选择器中点击 I2C 分析仪选中，然后以放置普通元器件对象的方式将它放置到原理图中。为了容易连线，你可以将它放在温度传感器的正下方。



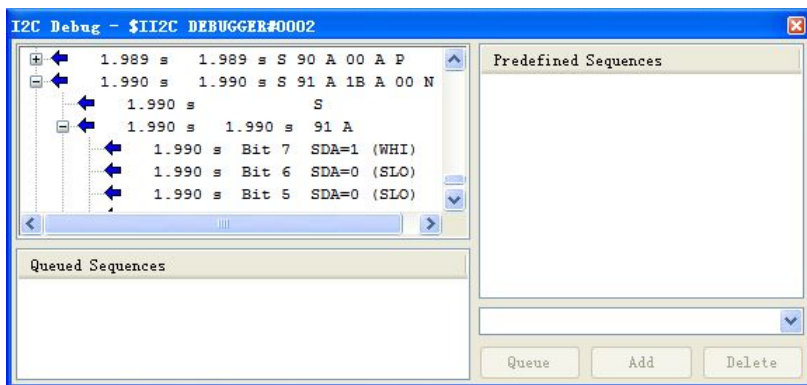
接下来，我们需要连接引脚，注意，在连线的起点和终点光标会变成绿色。因此放置连线的过程就是将鼠标放在起始点（I2C 调试器的引脚）直到光标变成绿色，然后点击左键开始放置，移动鼠标到目标点（光标变成绿色），最后点击左键终止导线的放置，通过使用这种技术连接 SCL 和 SDA 到 I2C 总线，如下图所示：



连上 I2C 协议分析仪以后，开始仿真。应该可以看到有一个 I2C 的调试器窗口悬浮在原理图上，并且有一些初始化/识别的数据传输。如果想要查看温度传感器在 I2C 总线上传输的数据，我们需要按下原理图中的按钮切换到温度模式。

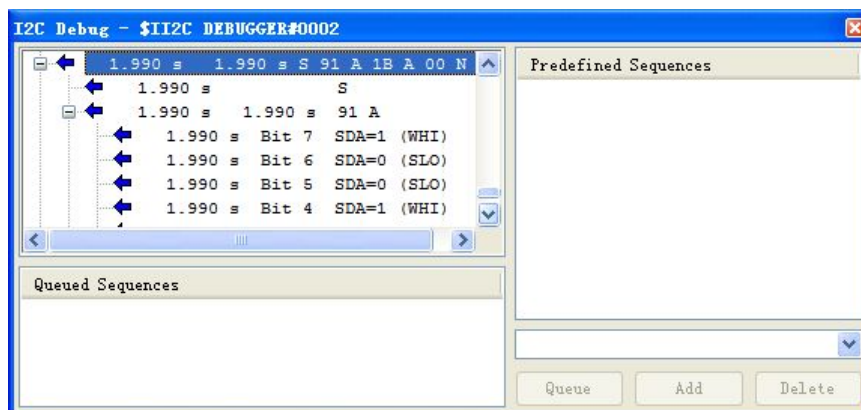


由于程序代码会不断查询当前的温度值，因此 I2C 总线上会不断有数据在传输。如果我们要分析数据，应该先暂停仿真，然后才可以花一些时间来分析 I2C 数据传输的详细过程。

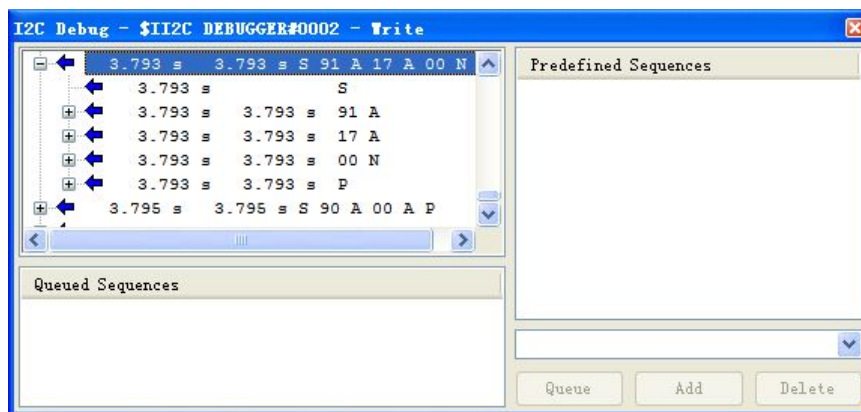


如果 Proteus 工作在单一框架下，即 ISIS 与 VSM Studio 都以选项页的方式存在于 Proteus 软件框架下，当仿真暂停后，将自动切换到 VSM Studio 选项页，因为 Proteus 会假定你对执行的源代码感兴趣。但不管怎样，分析仪始终在最顶层。如果你想在同一时间查看原理图和源代码，你可以使用调试弹出窗口，也可以将 VSM Studio 拖到 Proteus 外面，把原理图和 VSM Studio 分开。

I2C 协议分析仪中使用的语法是标准的 I2C 协议描述，你可以通过左边的‘+’号展开传输的序列进行查看。外设元件（MCP9800）有一个标准的地址 0x90，因此我们以读请求为例进行说明：序列以开始位（S）开发，跟着是一个读请求 0x91（位 0 设置为 1 表示读请求），后面跟着的是 0x1B（数据）等等。接收到的数据(0x1B)以十进制显示是 27，对应外设元件（MCP9800）中当前显示的温度值。



再次运行仿真，你可以改变原理图中 MCP9800 的温度值，然后再次停止，并检查 I2C 调试器中的输出来进一步理解 I2C 和 I2C 协议分析仪。



注意，像这样不断进行轮询的固件程序在性能方面有相当大的开销，因为 I2C 协议分析仪需要不断的刷新显示数据。然而在大多数情况下，只是使用虚拟仪器进行测试或调试，在测试或调试的过程中，仿真速度是次要的。所有的调试窗口在不使用时都可以关闭，然后可以从 VSM Studio 或 ISIS 的“调试”菜单中重新打开。

深度阅读：

关于 I2C 协议分析仪和其它虚拟仪器的更多帮助信息放在 Proteus VSM 的参考手册中。需要特别注意的是你既可以使用这个分析仪作为 I2C 总线上的一个主（或从）设备，也可以只作为一个监视器来使用。

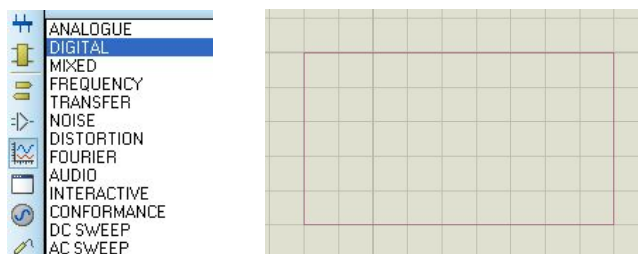
基于图表的测量

我们也可以使用基于图表的仿真，以另一种方式来观察 I2C 总线上数据的传输。但基于图表的仿真与交互式仿真有很大的不同，主要有以下几点：

- 在基于图表的仿真中，不能和电路进行交互式操作。
- 基于图表的仿真运行在一个指定的时间段。
- 在这个时间段结束、仿真停止之前，仿真结果是看不见的。

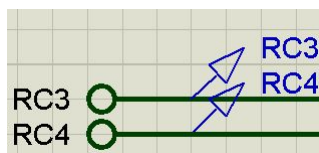
鉴于上述情况，让我们看看如何使用数字图表来分析 I2C 总线上的数据传输。首先，右键双击 I2C 调试器把 I2C 调试器从原理图中删除。

然后选择图表模式，并从对象选择器中选中“数字图表”，然后在你想放置图表的位置左上角点击左键，移动鼠标到右下角，再次点击左键完成图表的放置。



注意，原理图中的图表不需要特别大，因为当我们要分析仿真结果时，可以把图表放大。

添加完图表以后，我们现在就需要告诉它我们想要查看哪些导线上的信号。为此我们需要给导线附上探针，然后在图表中指定这个探针。选择电压探针图标，然后在 I2C 总线的每一根线上都放置一个探针。



如果需要靠的更近，可以围绕鼠标位置使用鼠标中间的滚筒或 F6/F7 快捷键进行放大和缩小，F8 快捷键将返回原理图的默认视图。

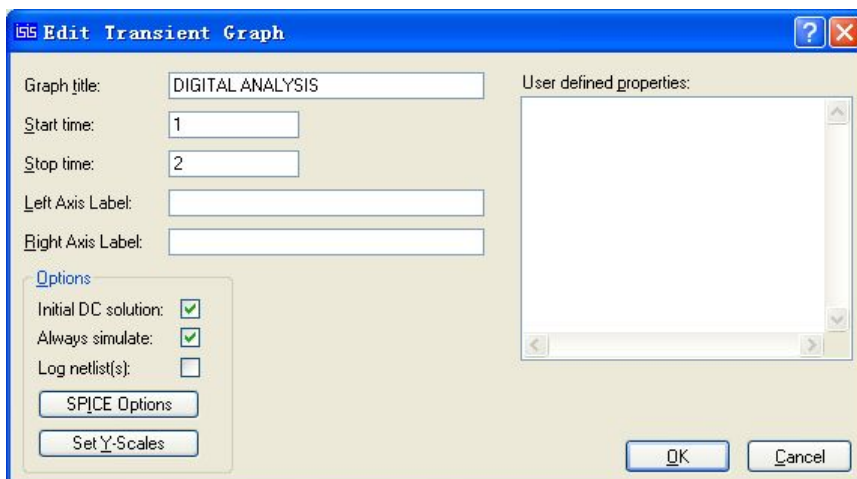
默认情况下，电压探针会自动提取终端的名字为自己命名。但在我们的仿真中，对其重新命名让它更有意义。可以通过右键点击探针，从弹出的菜单中选择“编辑属性”，然后将名字分别改成 SCL 或 SDA。



现在，导线上放置好了探针，而原理图中也已经放置好了的图表。我们需要添加探针到图表中让图表去测量探针上的信号，有几种方法可以做到。最简单的方法就是将探针拖到图表中，可以右键点击探针，从弹出的菜单中选择移动对象，然后移动鼠标到图表之上，再次点击左键完成添加；也可以左键点击一次探针先选中，然后按下左键不放，移动鼠标到图表之上，释放左键即可完成添加操作。现在把这两个探针添加到图表中。

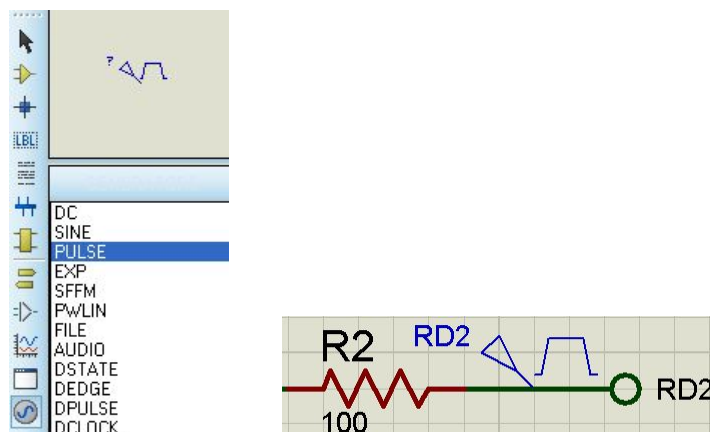


默认情况下，基于图表的仿真运行时间是 0 到 1s。在我们的例子中，我们更关心 1s 到 2s 之间的数据，跳过了初始化阶段的数据传输。可以通过编辑图表(点击右键并编辑属性)改变开始和停止的时间。

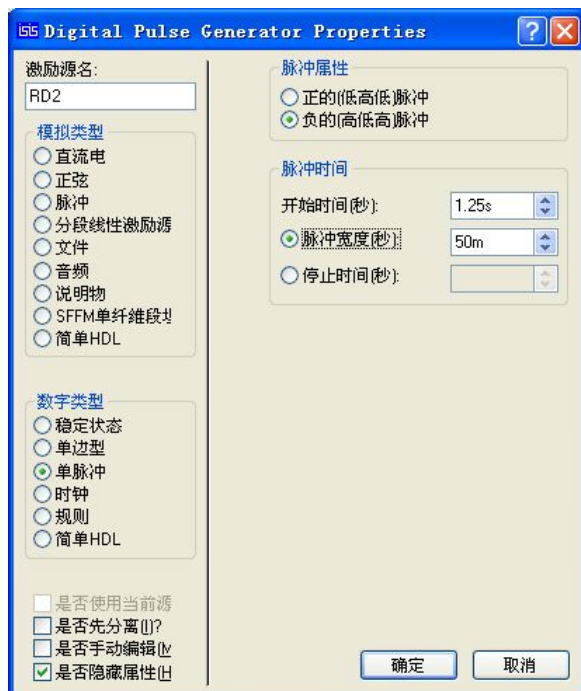


在原理图的空白区域点击左键将会取消选中任何当前被选中的对象。通常在退出编辑属性对话框以后需要进行这个操作，因为退出编辑属性对话框以后对象仍然处于选中状态。

我们准备进行仿真，但有一个严重的问题。正如前面提到的，在基于图表的仿真中，你不能和电路进行交互式操作，但是为了进入温度模式，触发 I2C 传输，我们需要点击按键切换模式。由于我们不能按下按键，所以我们需要给 PIC 加入一个等效的信号，以便程序能切换到温度模式。我们一般是这样做的，选择激励源图标，从对象选择器中选中脉冲激励源，将这个激励源放在按键右边 RD2 终端的旁边。放置之前你可能要先移动这个终端给这个激励源腾出一些连线的空间。



现在以最常用的方法编辑激励源(点击右键，选择“编辑属性”菜单)，在数字激励源类型中选择单脉冲，改变脉冲极性为负，使用脉冲信号代替按键脉冲。由于我们图表仿真的时间是从 1s 到 2s，因此设置开始时间 1.25s，脉冲宽度 50ms。



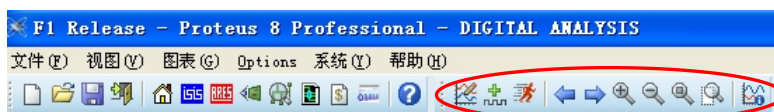
我们现在可以运行仿真了，但使用的不是仿真控制面板中的交互式仿真按钮，使用的是“图表”菜单中的“仿真图表”命令，之后你看到的结果看起来应该像下图一样。



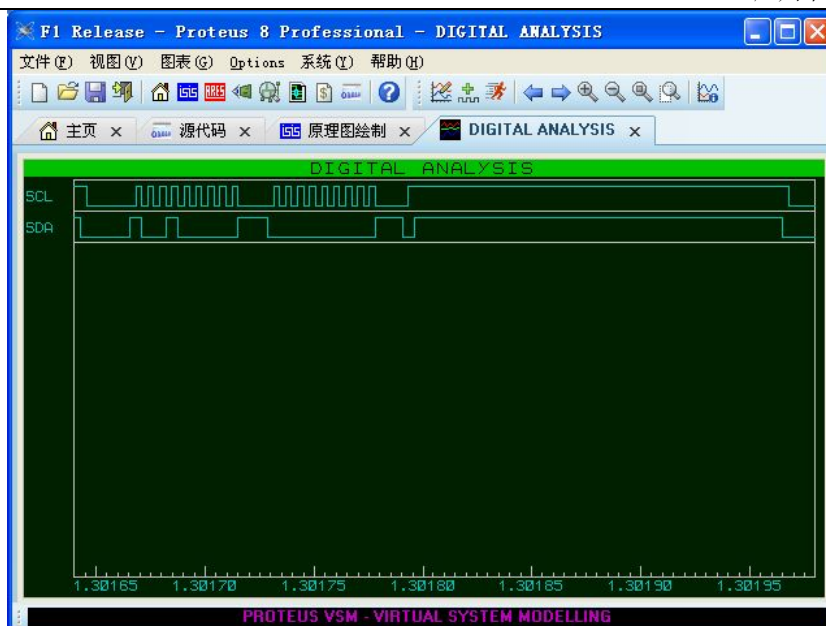
在 1.25s 之前没有任何的数据传输，这时因为我们的模拟按键的脉冲是在 1.25s 时产生的。另外，现在在图表里面我们看不到其它的信息。右键点击图表，从弹出的菜单中选择“最大化窗口”，这将在一个新的选项页中放大图表。



当图表选项页出现在最前面时，菜单和工具栏会改变，通过这些菜单和工具可以对图表进行一些操作。请特别注意应用程序顶部出现的图表工具栏。



在这里可以找到一些缩放工具，最有用的是“查看区域”工具。点击这个工具的图标，然后围绕一个小的区域拖动一个方框，可以进行选定区域的放大显示。如果重复这个操作，你将很快就可以放大看到单个的 I2C 序列。



你也可以按住 **SHIFT** 键，然后使用鼠标拖一个选择框进行区域放大。

熟悉 I2C 协议的人可以将图表显示的原始数据与之前在协议分析仪中看到的序列进行对比验证。

最后，你可以按下面介绍的方法进行图表测量：

- 在图表窗口点击鼠标左键，将在图表中放置一个（绿色）光标；
- 按住鼠标左键并进行移动可以进行移动光标；
- 按住 **CTRL** 键，点击左键将放置一个（红色）光标；
- 按住 **CTRL** 键，并按住鼠标左键移动可以移动（红色）光标；
- 每个光标的数据和它们之间的增量显示在图表窗口的底部。

深度阅读

一般的放置和编辑技巧在这个教程里面都只是作简单的介绍，而在 **ISIS** 教程文档中有更多细节。

关于图表的更多信息提供在本文档的后面，而关于激励源、探针以及基于图表仿真的详细说明只能在 **Proteus VSM** 的参考手册中找到。

诊断信息

在 **Proteus** 中另一个非常有用但经常被忽视的工具是仿真诊断信息。它提供了一个窗口，允许用户查看指定外设上仿真活动的文字性报告。

我们以 **LCD** 显示屏为例来说明怎样使用诊断信息。

切换到原理图页面，从“调试”菜单下打开“配置诊断信息”子菜单。



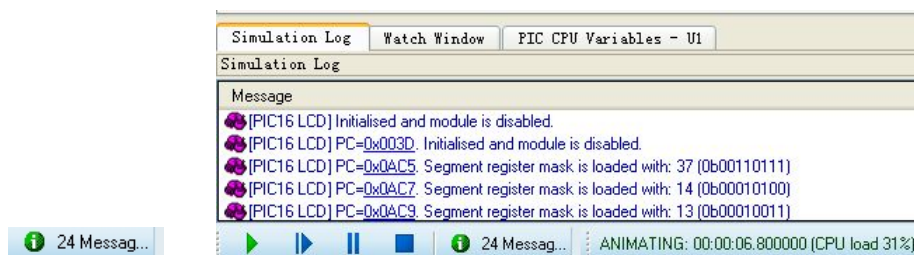
展开对话框中 LCD 显示屏（VIM-332-DP）的条目，点击“诊断信息”这个子条目，然后将诊断信息输出等级设置为“所有信息”。



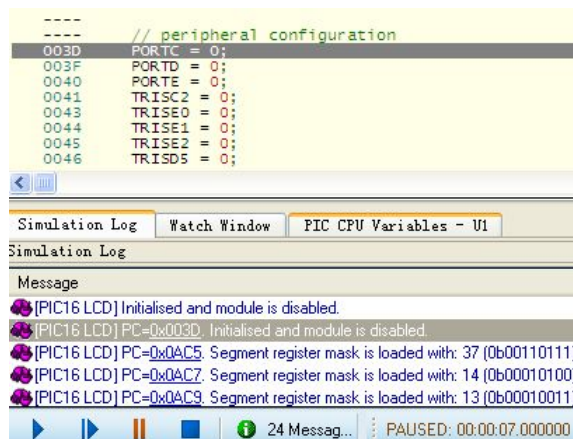
现在展开 PIC16LF1937(U1)条目，向下滚动到“LCD 模块”这个子条目，再次将诊断信息输出等级设置为“所有信息”。



首先从“仿真控制面板”中启动交互式仿真，然后点击“仿真日志”观察诊断信息，Proteus 将会自动切换到 VSM Studio 页面，仿真日志将会出现在 VSM Studio 页面的底部。



如果你暂停仿真，我们可以看到[PIC16 LCD]的调试信息里包含了 PC 值，你可以点击这个值来定位到源代码中的某一行，这一行就是引起 PIC16 输出这个调试信息的指令。



只有当仿真被暂停以后，才能定位到源代码中。

最后，停止仿真并将诊断信息输出等级设置为“仅警告”。

在你的固件程序出现 bug 时，使用诊断信息来帮助你调试特别有用。但它会影响仿真的性能和速度（可以试试对 PIC MSSP 外设和温度传感器 MCP9800 输出诊断信息），因此只在需要时启用它。如果你知道事件出现的大概时间段，你也可以选择在一个限制的时间段内输出诊断信息。

第四部分 图表仿真教程

引言

本部分教程通过一个简单的放大电路，来告诉您如何使用 **Proteus VSM** 实现基于图表的仿真。包括以下步骤：

- 放置图表、探针和激励源
- 执行仿真操作
- 使用图表显示仿真结果，并进行测量
- 提供多种分析图表的综述

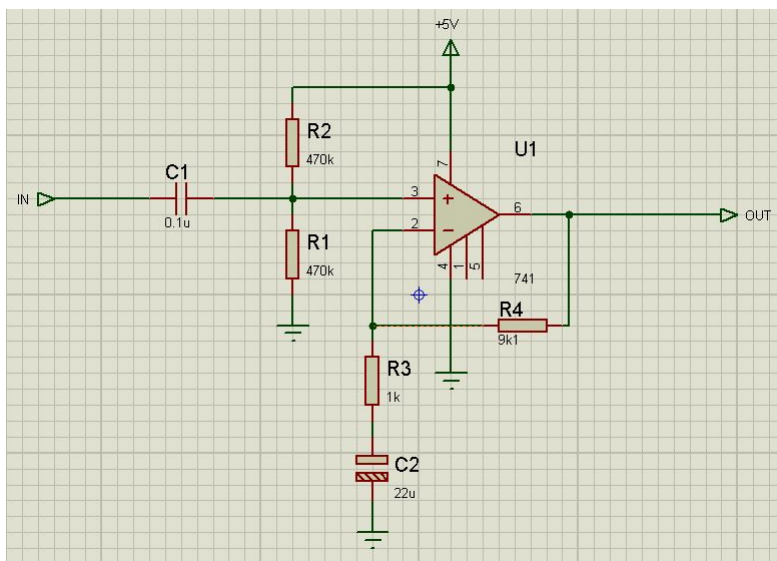
第四部分的教程不包括 **ISIS** 软件的使用说明——也就是一系列的元件放置、导线连接、对象标记等操作。如果您还没有熟悉 **ISIS** 的使用，请先阅读第一部分“**ISIS** 原理图绘制教程”的内容。。

在尝试对自己的电路设计进行图表仿真之前，我们强烈建议遵循本教程的步骤来学习和练习。正确理解本教程涉及的概念将让你能够更加快速地吸收和消化帮助文档里面的内容，并在长期的工作中让你节省大量的时间和跳过一些不必要的挫折。

开始

我们学习的例子是一个基于 **741** 运放的音频放大电路，如下图所示。它是 **741** 一个不常见的电路组成，工作在单个 **5V** 电源下。反馈电阻 **R3** 和 **R4** 设定了该级增益约为 **10**。输入偏置元件 **R1**、**R2** 和 **C1**，在同向输入端设置虚地参考点，并对输入信号进行去耦。

通常情况下，我们都会对电路进行瞬态分析。因为瞬态分析对这类电路是最有效的，能够提供电路的大量信息。在完成瞬态分析后，我们再进行其它类型的分析并进行比较。

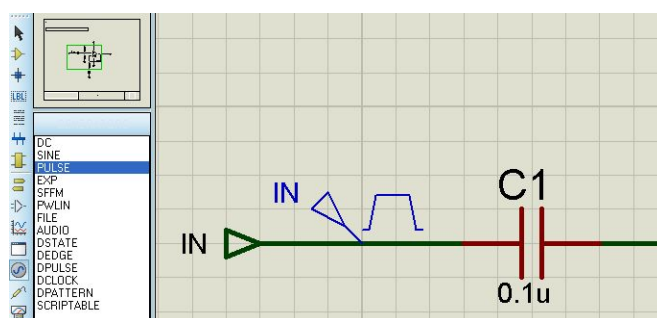


如果你愿意，你可以自己绘制这个电路；也可以从 Proteus 软件中通过“文件->打开模板工程->教程->模拟仿真教程（第 1 部分）”加载一个已有的设计文件。无论你选择哪种方式，在进行下一阶段的学习之前，都要确保你已经可以有一个完整的电路可以进行仿真。

激励源

为了测试这个电路，我们需要为它提供一个合适的输入信号。我们可以使用方波电压信号源来作为输入激励。

点击激励源模式图标，在对象选择器中显示可用的激励源类型列表。对于我们这个电路的仿真，需要一个脉冲激励源。所以我们选择脉冲激励源类型，将鼠标移到编辑窗口中的 IN 终端右边，然后在连线上点击左键，即可放置这个激励源到电路中，并且连接到电路的输入端。



激励源对象就像 ISIS 中其它的大部分对象，在放置之前同样可以进行预览和旋转，放置以后可以对其编辑、移动、重新定向或删除（参阅参考手册中的激励源和探针，有更详细的说明）。

我们刚才是将激励源直接放在连线上，这样可以自动连线，省略连线的步骤。当然，还可以把激励源放在导线的旁边，然后使用正常方式进行连线。如果激励源是直接放在连线上的，如果你拖动激励源离开连线，ISIS 会假定你想要将其从连线上分离，因此不会连其它元件一样一起拖动连线。

我们注意到，激励源被自动分配了一个参考标号——自动以终端名字 IN 给激励源命名。事实上，只要激励源连接到任意一个对象（或者直接放在连线上），都会使用所连接的网络名字为激励源命名。如果这个网络没有命名，默认情况下会使用最接近的元件引脚名字来给激励源命名。



最后，我们必须编辑激励源来定义我们想要的脉冲波形。右键点击激励源，从弹出的菜单中选择“编辑属性”，在高电压字段将值设置成 10mV，然后将脉冲宽度设置成 0.5s。



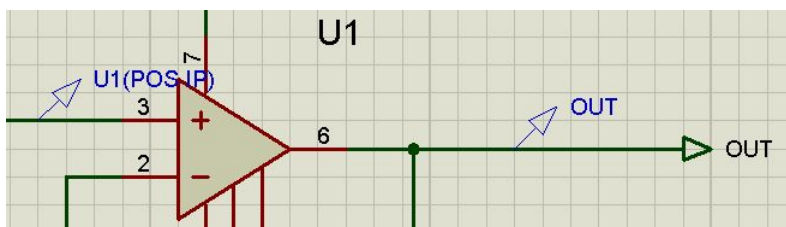
选择“确定”按钮确认参数。

对于这个电路，只需要一个激励源，但 Proteus 软件对于放置激励源的数量是没有限制的。

探针

在这个电路中，我们使用激励源给了电路输入信号。现在我们在电路的关键位置放置探针来监测信号。很明显，输出信号和偏置后的输入信号是我们感兴趣的关键点，因此，在这两个位置放置两个电压探针。如果需要，还可以在其它关键点放置多个探针。

我们来放置探针，先选择探针模式，然后在对象列表窗口选中电压探针。探针可以直接放到连线上，也可以像其它元件一样，放置后再进行连线。移动鼠标到编辑窗口中 U1 引脚 3 的左边，点击左键放置探针，一定要把探针的引脚放在导线上，而不能放在 U1 的引脚上。注意，探针自动获取的名字是离它最近的元件的名字+元件的引脚名，引脚名放在括号中。现在在终端 OUT 的左边，也就是结点和终端引脚之间的连线上，点击左键放置第二个探针。



探针同激励源和 ISIS 中其它的大部分对象一样，在放置之前同样可以进行探针的预览和旋转，放置以后可以进行探针的编辑、移动、重新定向或删除（可以从参考手册中的探针部分获取更多信息）。如果要改变探针的参考标号，可以对其进行编辑。在我们的例子中，默认分配的名字都很好。

现在已经建立了电路并设置了激励信号和探针准备仿真，但我们还需要放置一个图表来显示仿真结果。

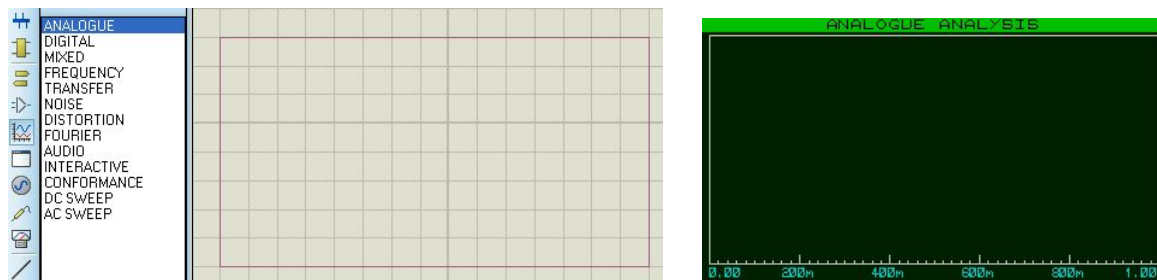
图表

在仿真中，图表发挥了重要作用，它不仅充当了结果的显示媒介，而且还定义了实际仿真的执行过程。

通过放置一个或多个图表到电路中，并且指出你希望通过图表看到的各种数据（数字、电压、阻抗等），ISIS 将自动判断你要完成的图表仿真类型，以及仿真中所需要包含的某一部分电路。

对于瞬态分析，我们需要一个模拟图表。这里使用模拟图表而不是用瞬态图表来命名，是为了和显示数字分析结果的数字图表进行区分。数字分析也是瞬态分析的一种特殊形式，数字分析和模拟分析的结果数据可以使用同一个混合图表在一个时间轴上显示。

在放置图表到电路中前，首先选择图表模式图标，对象选择器中会显示可供使用的图表类型的列表，选择“模拟图表”，将鼠标移到编辑窗口，点击左键开始放置图表，拖出一个适当大小的矩形，再次点击左键完成图表的放置。



操作图表与操作 ISIS 中大多数对象类似，虽然它们有一些细微的差别。我们将在本教程的适当位置进行介绍，但是关于图表的帮助文档还是非常值得去仔细阅读的。

使用鼠标的左键点击图表，然后（按下鼠标左键）拖动其中一个缩放控制柄，可以重新调整图表的大小。

我们现在把激励源和探针添加到图表中。注意，实际上，每一个激励源都是一个探针，所以要查看激励源的输入信号是没有必要再放置另一个探针的。

在图表中添加探针和激励源的方式有三种：

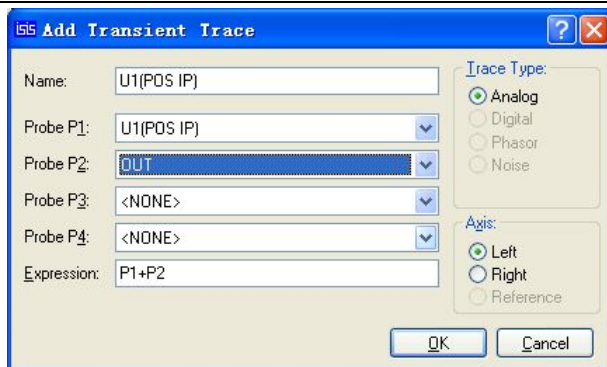
第一种方式就是将探针/激励源拖到图表中，然后释放鼠标左键——这个操作就好像我们在移动探针/激励源到另一个位置一样——对每一个探针/激励源都重复这样的操作。ISIS 会检测到你在向图表中添加探针/激励源，添加后探针/激励源还会恢复到原来的位置，同时在图表中添加一个同名的图线。在模拟图表中，图线可与左边或右边的坐标轴相关联，放置时，探针/激励源将自动关联到离放置位置最近的坐标轴。不管你放置探针/激励源到哪个坐标轴，新的图线总是添加在已存在的图线下面。



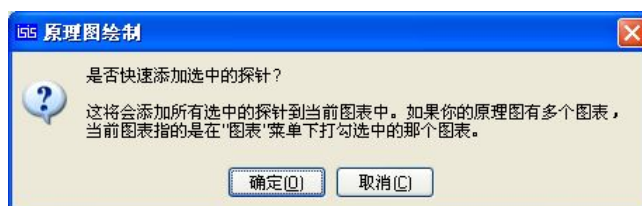
第二种和第三种向图表添加探针/激励源的方式都是使用“图表”菜单中的增加导线命令，这个命令用来向当前图表增加探针（当有多个图表时，当前图表是“图表”菜单中被选中的那个图表）。



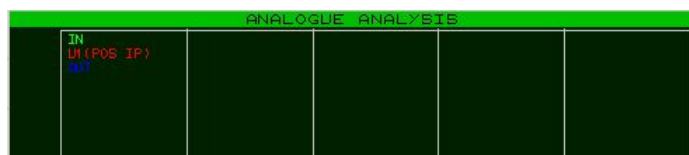
在探针或激励源没有被选中时，如果调用“添加图线”命令，将会出现“添加瞬态图线”对话框，然后可以从设计中所有探针（包括其他原理图页面中的探针）的列表中选择探针。



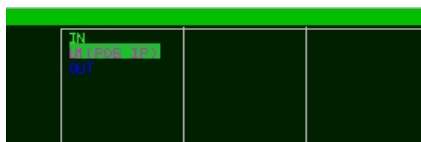
如果在调用“添加图线”之前选中了探针或激励源，将会提示你是否在当前图表中快速添加选中的探针，选择“取消”，将会同之前描述的一样调用添加瞬态图线对话框，选择“确定”，将会在当前图表中添加所有选中的探针/激励源，并按名字的字母顺序进行排序。



我们来将探针和激励源快速地添加到图表中。可以按住 **CTRL** 键，然后一个一个点击选中探针和激励源，也可围绕整个电路拖一个矩形框选中所有的电路，系统会自动忽略除了探针和激励源之外的所有其它选中对象。最后从“图表”菜单中选择“添加图线”命令，然后在弹出的提示框中选择“确定”，图线将会出现在图表中（因为只有一个图表，并且是最近使用的图表，在“图表”菜单下处于被选中的状态，因此也就被认为是当前图表）。现在在图表中应该可以看到图线有一个名字（放在轴的左边）和一个空白的数据区（图表主体部分）。如果图表中没有显示图线，可能是 **ISIS** 中画的图表太小了，通过选中图表并拖动其中的一个角就可以调整图表的大小，使其足够大能够清楚看到图线的名字。

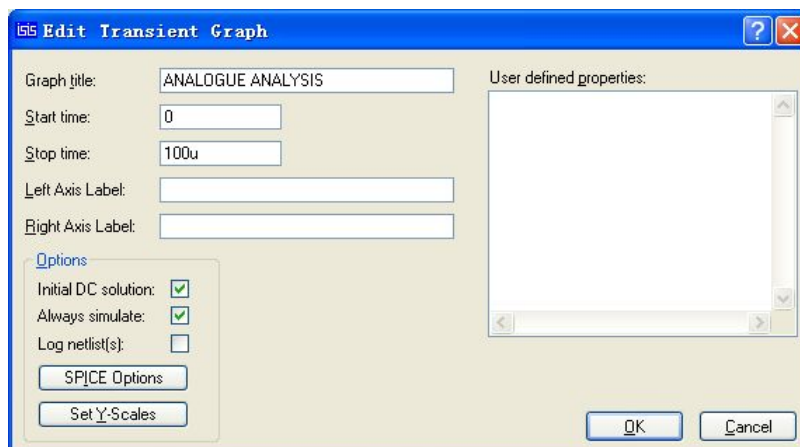


正如上图显示的，我们的图线按字母的顺序依次排列。当然，我们也能重新排列这些图线的顺序，先确保图表没有被选中，然后在你想要移动或编辑的图线名字上点击左键。当导图被选中并处于突出显示的状态时，你就可以使用鼠标的左键向上或向下拖动图线或编辑图线（不移动鼠标而点击左键），点击右键将删除图线（从图表中移除图线）。在图表的其他地方点击鼠标左键，可以取消图线的选中状态。



在开始仿真图表之前，我们还有最后一项设置要做，就是设置仿真运行的时间。**ISIS** 将根据图表 **X** 轴的结束时间来仿真电路，对于一个新建的图表，默认值是 **1s**。对于我们这个电路而言，我们希望输入的方波是 **10kHz** 的音频，这需要 **100ms** 的仿真时间。先选中图表然后左键点击图表，将弹出一个“编辑瞬态图表”的对话框。在这里你可以对图表设置标题，指定仿真开始和停止的时间（对应着 **X** 轴左边最小值和右边的最大值），给左

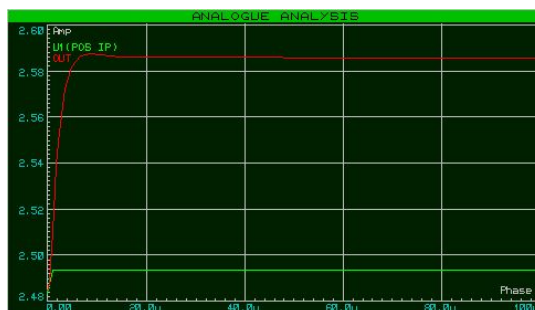
坐标轴和右坐标轴命名（在数字图表中不会显示），还可以指定仿真运行的一般属性。我们需要做的就是将停止时间从 1 改成 100u（可以直接输入 100u，ISIS 会自动转换成 100E-6），然后选择“确定”。



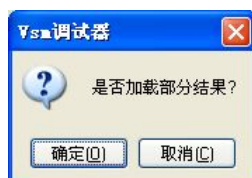
现在可以运行图表来仿真这个电路。为了避免出现一些不可预知的问题，读者可以使用 Proteus 提供的模板工程（打开模板工程->教程->模拟仿真教程（第 2 部分））来进行仿真。

仿真

进行图表仿真，你只需要从“图表”菜单中调用“仿真图表”命令（或者使用快捷键：空格键）。仿真命令使电路进入仿真过程，并把仿真结果自动更新到当前图表（“图表”菜单中被标记的图表）中。



运行图表仿真的过程中，状态栏会显示仿真的进度。仿真完成后，将使用新的数据重绘图表。对于目前的 ISIS 版本以及仿真内核，它将忽略图表的开始时间这个参数，也就是说仿真总是在 0 时刻开始，直到到达停止时间或是到达静止状态。你可以在仿真的过程中按下“ESC”键来中止仿真。

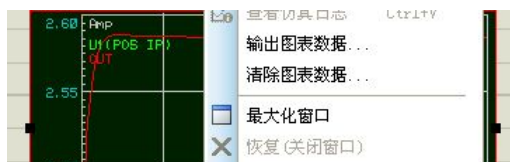


仿真日志记录了上一次的仿真细节。你可以点击原理图左下角的仿真监视器查看仿真日志。仿真模拟电路的仿真日志很少有让人感兴趣的东西，除非有警告或错误，在这种情况下，你可以发现这些错误的一些细节。在某些情况下，仿真日志可以提供一些从图表曲线不能得到的有用的信息。

第一次仿真图表的过程就完成了，我们观察一下图表中的曲线，发现很难看到任何细节。要检查电路是否按我们设想的那样进行工作，我们需要做一些测量。

测量

在原理图中与电路一起放置的图表是最小化了的。如果要进行测量，我们必须先将图表进行最大化。可以通过右键点击图表，从弹出的菜单中选择“最大化窗口”命令。



这将在新的选项卡中打开图表，并会更改菜单和工具栏为图表相关的命令。

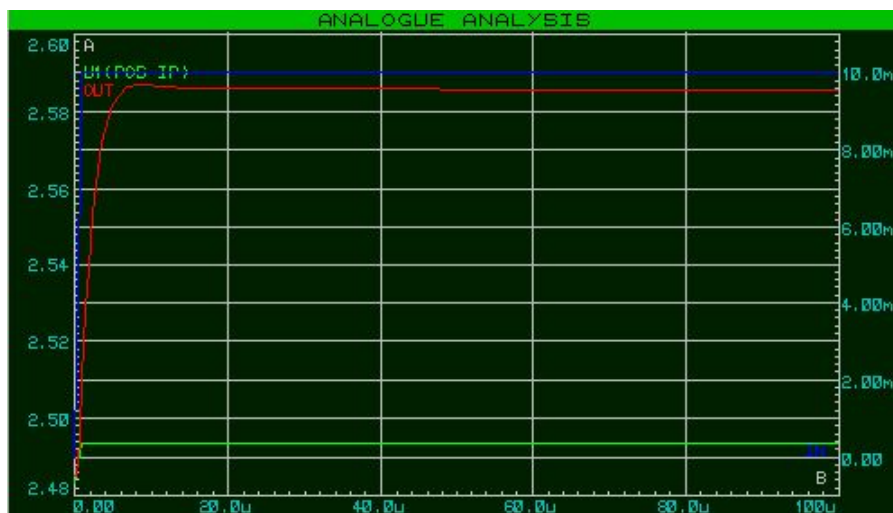


在图表左边区域显示的是曲线的名字，右边显示的是曲线本身。由于这是一个新的图表，我们还没有进行任何测量，在图表中是看不到光标的，状态栏也只显示图表标题信息。当放置测量光标后，图表的底部会显示光标的所在位置的数据和增量值。

曲线的颜色与自己名字的颜色是相同的，不同曲线的颜色不相同，因此通过颜色可以区分曲线。如果 IN、U1(POS IP) 和 OUT 曲线都放在左坐标轴，那么可以看到 OUT 和 U1(POS IP) 的曲线聚集在图表的顶部（红色的为 OUT 曲线，黄色的为 U1(POS IP) 曲线），而 IN 的曲线（蓝色）在图表的底部。这是因为 OUT 和 U1(POS IP) 的幅值比 IN 大很多，不是在一个数量级，这不利于我们观察曲线的细节。



为了观察曲线的更多细节，我们需要将 IN 的曲线与其它两个隔离开，可以使用鼠标左键拖动 IN 曲线的名字到图表的右边来实现，这将会在图表右边出现一个合适刻度值的另一个坐标轴。右边坐标轴与左边坐标轴的刻度是各自独立的。现在 IN 的曲线似乎放大了，这是因为 ISIS 为右边的坐标轴选择了更精细的刻度。



为了使这个图表更加清晰，也许最好的方法是移除 IN 曲线，因为使用 U1(POS IP)就能满足我们的需求。右键点击 IN 曲线名，选择“删除曲线”菜单，图表将恢复到只有左边坐标轴的情况。

下面，我们使用光标来测量两个量：

- 电路的电压增益。
- 大概的输出下降时间。

每个图表都有两个光标，称为参考光标（红色）和主光标（绿色）。光标总是会“锁定”到曲线上，“锁定”之后通过一个小的“X”表示并显示在波形上。

下面先来放置参考光标。在操作参考光标和主光标时可以使用相同的按键或动作，因为参考光标比主光标较少使用到，所以在使用参考光标时要按住 **CTRL** 键才能控制。放置光标时，你需要在想要锁定光标的地方左键点击曲线。如果按下 **CTRL** 键，将放置参考光标，如果没有按下，将放置主光标。鼠标按键保持按下状态可以拖动光标。

按住 **CTRL** 键并按下鼠标左键，移动指针到图表的右边，将出现的红色参考光标移到 X 轴的 70us 或 80us 位置。现在状态栏显示的就不再是图表的标题了，显示的是光标位置的时间（红色，在左边）、电压值和曲线名（在右边）。



你可以使用键盘上的向左和向右光标键在 X 方向上移动光标，可以使用向上和向下光标键把光标锁定到前一个或后一个曲线。左右键可以分别移动光标到达 X 轴的左右极限。当 **CTRL** 键被按下时，键盘上的左右键和上下键可以控制参考光标的移动和曲线锁定。

现在把主光标移动到 20us 和 30us 之间，并锁定到曲线 OUT 上。这个过程除了不需要按住 **CTRL** 键之外，和上面的参考光标放置完全一样，主光标的时间和电压现在也显示在状态栏中。



在状态栏显示的信息里面还有两个光标的时间差和电压差。电压差应该小于 100mV。由于输入脉冲的幅值是 10mV，所以放大器的电压增益大约是 10。注意，这个电压差是正的，因为主光标是在参考光标之上，而电压差是由主光标的值减去参考光标的值得到的。

OUT: 2.59 U1(POS IP): 2.49 DY: +92.7m

我们可以将主光标和参考光标定位到输出脉冲下降沿的两边，使用两个光标的相对时间差来测量下降时间。这可以通过鼠标拖动光标或使用光标键实现（对参考光标不要忘记 CTRL 键）。主光标应该放在曲线的右边直到曲线处于伸直状态为止，参考光标应该放在下降沿开始的拐角处，你应该会发现下降沿的时间是小于 10ms。

电流探针

我们已经完成了图表的测量操作，现在返回到电路中，通过点击图表页面右边的“x”图标即可关闭最大化图表。

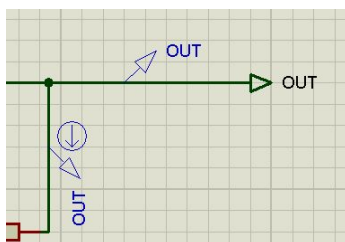


现在，我们使用电流探针测量反馈电路中的电流，这可以通过测量流入 R4 的电流来实现。

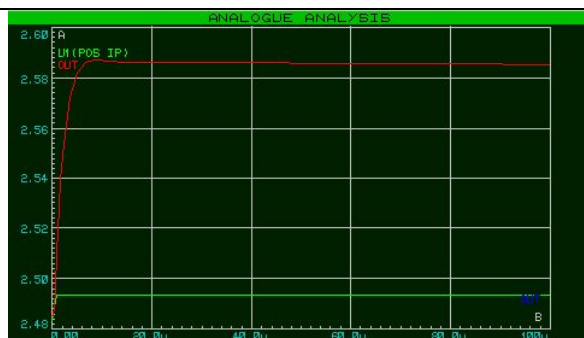
电流探针和电压探针的使用方式类似，但有一个重大的差别：电流探针有是要指定放置方向的。在电路连线上放置电流探针，可以等效为电流探针把连线断开，然后把自己连接到断开的连线的两端。所以电流探针需要知道连线的方向，因此如果把电流探针放置到与连线平行的方向上，那么电流探针放置的方向也就是连线的方向。

电流探针默认以水平方向放置，测量的电流也只能是从左到右的水平连线上的电流。如果要测量垂直连线上的电流，电流探针需要旋转 90 度或 270 度放置。如果放置电流探针的角度是错误的，在仿真时，将会报告这个错误，可以查看探针图标上的箭头与电流方向是否相同来解决这类错误。

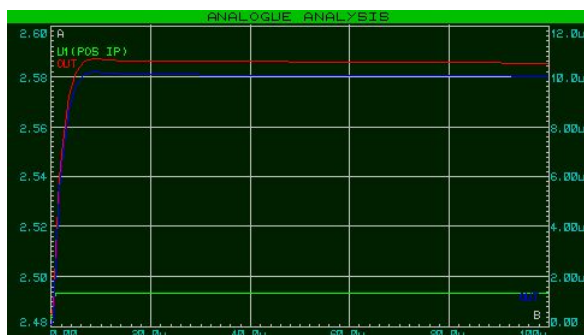
通过点击对象列表中的电流探针的图标选择电流探针，左键点击顺时针旋转图标，使箭头指向下，然后在 R4 右边连接 U1 第 6 引脚的垂直导线上放置探针。



在进行这一步前确保右坐标轴没有被电压探针使用。将电流探针拖到最小化了的图表的右边。对于电流探针，放到图表的右坐标轴是一个不错的选择，因为电流探针通常和电压探针的刻度不同，所以需要有一个单独的轴来显示。



目前，对于电流探针，还没有在图表中绘制对应的曲线。按下空格键重新仿真图表，就会出现电流曲线 OUT，如下图蓝色显示的。

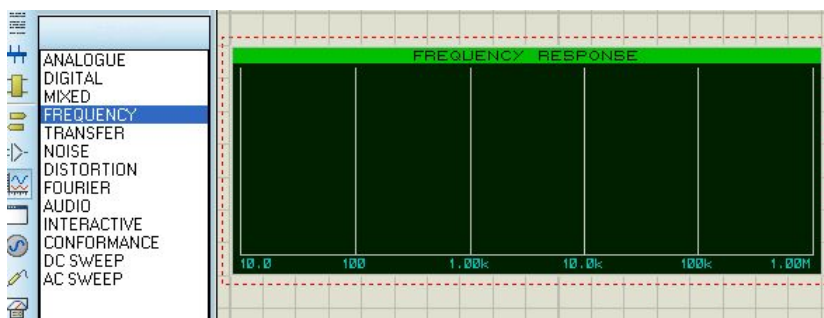


从最小化的图表中，我们就可以看到反馈回路中的电流波形与输出电压波形非常接近，这正是运算放大器应有的波形。电流在 10uA 和 0uA 之间变化，分别对应着曲线中的最大值和最小值。如果你愿意，可以将图表最大化后进行更仔细的检查 and 测量。

频率分析

在模拟电路仿真中，除了瞬态分析外，还有其它几种分析类型和图表。这些图表、探针和激励源的使用方式都是一样的。我们接下来讨论频率分析图表，在频率分析图表中，X 轴是频率（或者以对数表示），Y 轴显示的是被测信号的幅度和相位。

为了完成频率分析，必须使用频率分析图表。左键点击图表图标切换到图表模式，在对象选择器中将显示可用的图表类型列表，点击“频率分析图表”类型，然后像之前一样在原理图中放置图表：在空白区域使用鼠标左键拖一个框，然后再次点击左键进行确认。这不需要删除原有的瞬态分析图表。



现在开始添加探针，我们应该添加电压探针 OUT 和 U1(POS IP)。在频率分析图表中，两个 Y 轴（左边和右边）有特定的意义。左 Y 轴用于显示探针信号的幅度，右 Y 轴用于显示探针信号的相位。为了能看到幅度和相位，

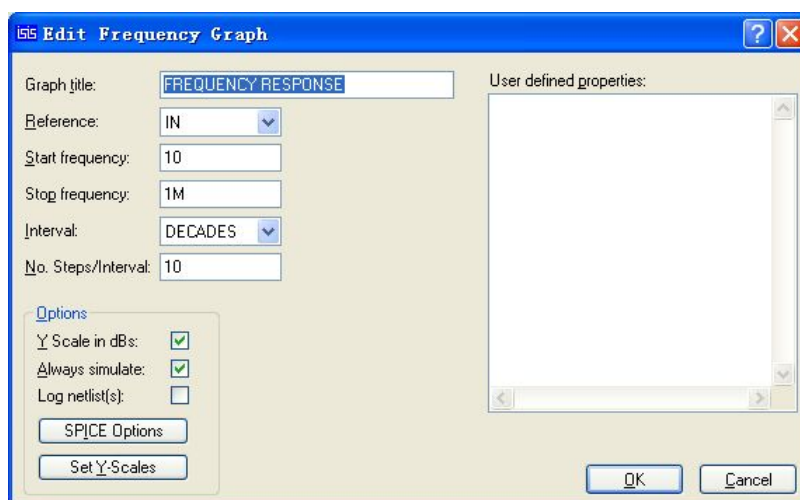
我们必须在图表的两边都添加探针。先拖动探针 **OUT** 到图表的左边，然后再次拖动这个探针到图表的右边，可以看到这两条曲线有不同的颜色，但它们的名称相同。拖动探针 **U1(POS IP)** 到图表的左 Y 轴就可以。



幅度和相位值必须指定一个参考量，在 **ISIS** 中，可以指定一个参考激励源作为参考量。参考激励源在相位 0° 处总是有一个 **0dB (1V)** 的输出。电路中任何已有的激励源都可以被指定成参考激励源，而电路中其他激励源在频率分析中都会被忽略。在我们的电路中可以指定激励源 **IN** 作为参考量，只需要简单的将其拖到图表中，就像添加探针的方法一样。由于你添加的是一个激励源，**ISIS** 会假设你添加的这个激励源是当作参考激励源的，并会在状态栏显示一条消息来进行确认。请你按照上面描述的方法进行操作，否则仿真将不能正常工作。

选择"IN"作为参考激励源

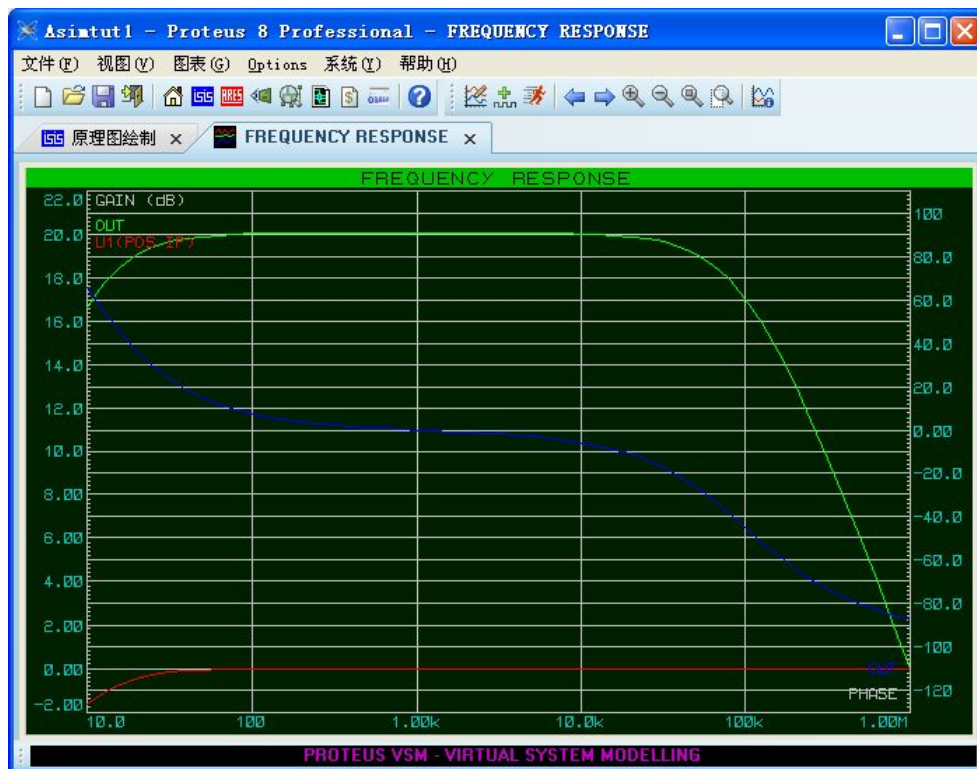
没有必要去编辑图表的属性，因为对于我们的目的，选择默认的频率范围可以了。如果你打开了图表的属性对话框（右键点击图表，选择“编辑属性”），你会发现编辑频率图表对话框与瞬态图表的对话框略有不同。频率图表不能修改坐标轴的名字，因为两个轴都有特殊的意义。选项下面有一个勾选框，可以让幅度的显示在 **dB** 与正常的电压单位间进行选择。这里最好使用默认值，即使用 **dB**，因为图表中显示的电压绝对值不是电路中真实的电压值，而是相对于参考激励源的一个电压值。



现在右键点击图表，从弹出的菜单中选择“仿真图表”命令开始仿真图表。当仿真完成以后，使图表最大化，让它在一个新的选项页中显示。

首先观察 **OUT** 的幅度曲线，我们可以看到通频带增益只有 **20dB**（正如预期的），可用的频率范围是 **50Hz** 到 **20kHz**。你可以使用光标来进行测量验证，光标的使用方法见前一节的描述。

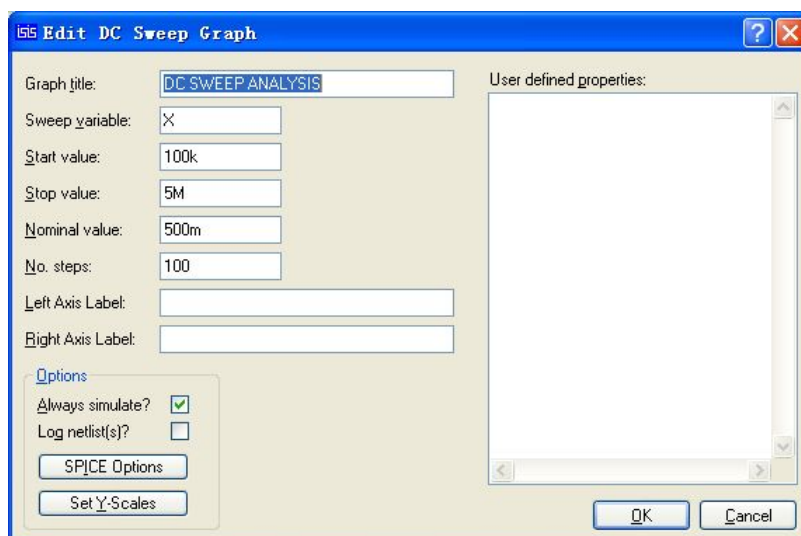
输出信号 **OUT** 的相位曲线显示了相位失真的程度，在电路响应的极限位置，相位下降到 **-90** 度，即图表的最右边位置，这是单位增益所在的频率。如果检查 **U1(POS IP)** 的幅度曲线，输入偏置电路的高通滤波器效果清晰可见。注意左 Y 轴的刻度是对数形式表示的，如果要读取 **U1(POS IP)** 的幅值，需要使用光标进行读取。



扫描变量分析

ISIS 还能对电路中由于一些参数的变化对电路产生的影响进行分析。有两种分析类型：直流扫描图表和交流扫描图表。直流扫描图表显示的是扫描变量变化时电路工作点的值的变化。而交流扫描图表显示的是一系列的单点频率分析值，以幅度和相位形式表示，就像使用频率分析图表一样。

由于这两个图表的分析形式类似，所以我们只讨论其中的一个——直流扫描图表。在示例电路中，输入偏置电阻 R1 和 R2 受流入 U1 的小电流影响。要了解这两个电阻值的改变将如何影响偏置点，可以使用直流扫描图表。



首先，在原理图中的空白区域放置一个直流扫描图表，然后将探针 U1(POS IP)拖到图表的左边。我们需要设置扫描值，点击右键，选择“编辑属性”菜单。如上图所示，编辑直流扫描图表对话框包括设置扫描变量的名字，

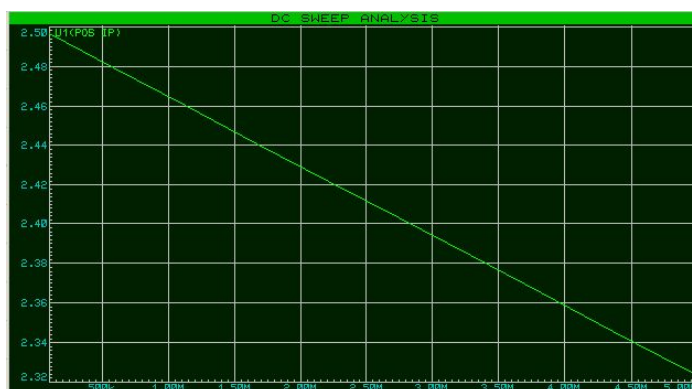
开始和停止的值，扫描的步数等。我们想要扫描的电阻值范围是 **100k** 到 **5M**，因此设置开始值 **100k**、停止值 **5M**，点击确定提交修改。

当然，电阻 **R1** 和 **R2** 也需要修改才能进行扫描，左键双击 **R1** 进行编辑，将其值从 **470K** 改变成 **X**，点击“确定”完成修改。注意，上面这个编辑直流扫描图表对话框中的扫描变量也是用 **X** 表示的。关于 **R2**，重复这个编辑操作，将它的值也设置成 **X**。



现在，使用右键点击图表，在弹出的菜单中选择“仿真图表”命令仿真图表。然后，最大化图表，你能看到由于偏置电阻的增加导致偏置电平慢慢降低，在 **5M** 欧的位置，电平已经比 **2.5V** 低了很多。

当然，偏置电阻的改变对频率响应也有影响，特别是在低频段。我们可以在 **50HZ** 的范围内做一个交流扫描分析来观察偏置电阻对频率响应的影响。



噪声分析

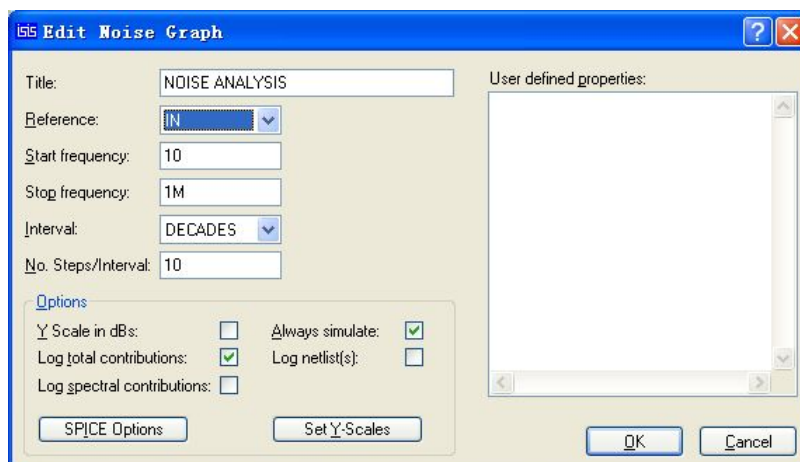
最后一个值得一讲的分析图表是噪声分析图表。在这个分析图表中，仿真器将考虑每一个元件产生的大量热噪声。在电路中的每一个探测点将把所有的噪声分量进行平方求和运算。计算的结果与对应的噪声带宽绘制到图表中。

对于噪声分析，有以下几个重要特性：

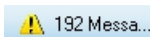
- 仿真时间与电路中的电压探针（和激励源）成正比，因为每一个探测点都将进行噪声计算。
- 在噪声分析中，电流探针没有意义，被忽略掉。
- 大量的处理信息显示在仿真日志文件中。
- PROSPICE 可以计算输入和输出的噪声。要计算输入噪声，必须要定义一个输入参考量，这可以通过将一个激励源拖入图表中来完成，就像频率参考量一样。图表将为绘制每个输出探测点在输入点的等效噪声。

在我们的电路中，为了完成噪声分析，我们必须要先将 **R1** 和 **R2** 的值恢复到 **470kW**。然后选择噪声分析图表类型，在原理图中的空白区域放置一个新的图表。我们将电压探针 **OUT** 拖到图表中，因为我们要测量 **OUT** 这

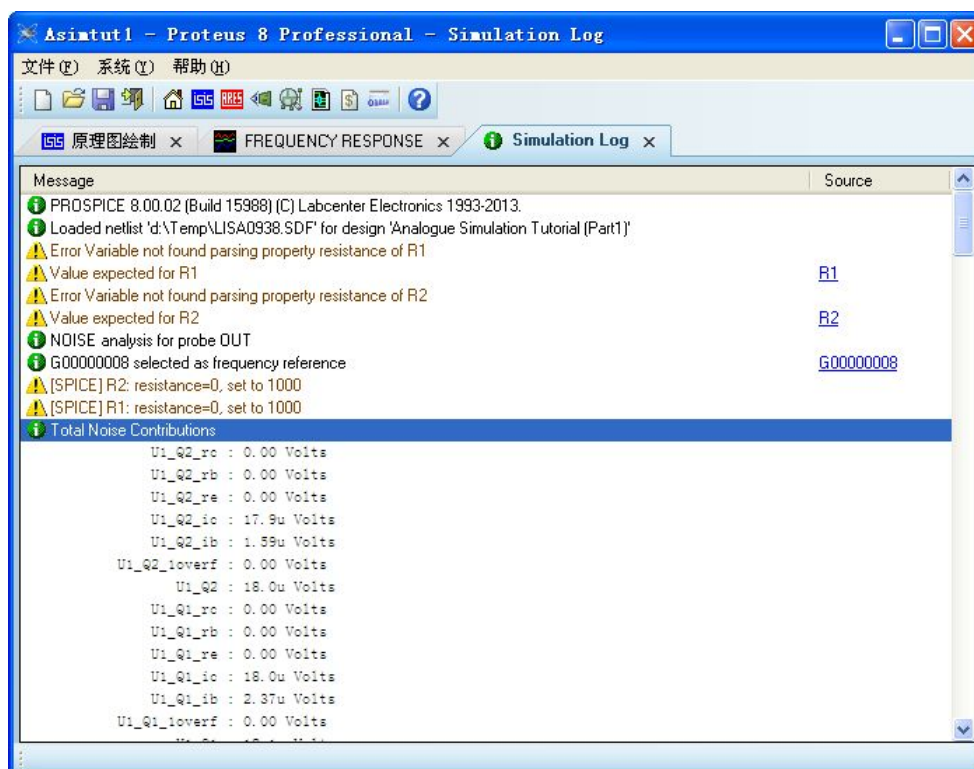
一点的噪声。打开图表的“编辑噪声图表”对话框，需要把输入激励源 IN 设置为输入参考量。在对话框中还有一个以 dB 显示结果的勾选框，如果勾上这个勾选框，0dB 就是 1V 的均方根。在这里我们不需要设置这一项，点击“确定”完成设置。



点击空格键仿真图表，当图表被最大化以后，你会发现噪声分析图表产生的值通常都非常小（在我们这个例子中是 pV 级别），这是符合预期的。但在你的电路中应该怎样去追踪噪声的来源呢？是在仿真日志中！



点击状态栏的仿真日志信息，如上图所示，你应该能看到以‘Total Noise Contributions at...’开始的一行文本。



这里列出了每个电路元件的噪声贡献（在整个频率范围内）。这里的大部分元件都是运放的内部元器件，带有前缀 U1_。如果在“编辑噪声图表”对话框中选择了记录频谱贡献的选项，将会得到更详细的仿真日志数据，它将在每一个频率点记录每个元件的贡献值。