


普通高等教育“十二五”规划教材

# EDA技术及应用

范晶彦 黄蓉 李雪梅 编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

# EDA 技术及应用

范晶彦 黄蓉 李雪梅 编



机械工业出版社

本书致力于教学过程与工作过程融合,全面应用电子设计自动化技术,使学生通过完成具体的工作任务熟练使用各类开发工具,胜任电子信息类企业具体项目的设计与技术开发。

全书内容基于应用电子技术等领域常用设备——频率计的设计、实验仿真、印制电路板图绘制、硬件实验的全过程,体现 EDA 技术中三个软件(Multisim 电路仿真软件、Protel 99SE 软件、Max + Plus II 设计软件)的应用,每节配备知识扩展与提高供读者阅读思考,每章都配有习题供读者复习巩固。

建议总学时为 80 学时左右,学习 Multisim 电路仿真软件 30 学时,学习 Protel 99SE 软件 30 学时,学习 Max + Plus II 设计软件 20 学时,在教学中可结合具体专业情况对内容进行适当调整。

本书可作为应用型本科、高职高专应用电子技术、电子信息、通信技术、工业自动化和计算机应用技术等相关专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术及应用/范晶彦,黄蓉,李雪梅编.—北京:机械工业出版社,2011.1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-33159-9

I. ①E… II. ①范…②黄…③李… III. ①电子电路—电路设计:计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 011000 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:贡克勤 责任编辑:贡克勤 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·11 印张·271 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-33159-9

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书根据自动化技术领域的实际产品（频率计）和技术（设计过程的实验仿真与PLD的应用）选取教学内容，从设计到成品制作分为4个部分（4章）进行学习，每节都配有知识扩展与提高供读者阅读思考，每章都配有习题供读者进行练习。

本书的基本内容包括：

**Multisim** 电路仿真软件的应用。通过熟悉 **Multisim** 基本界面，实现4位二进制计数器芯片74160测试仿真，并掌握 **Multisim** 中常用虚拟仪器的使用，通过对4位十进制计数器的原理图绘制与仿真测试以及锁存器的设计与测试内容演示原理图的绘制方法，通过子电路和输入输出端口的绘制学会子电路的应用，在编辑原理电路中使用了总线，最后实现了频率计的整合与仿真测试。

应用 **Protel 99SE** 软件绘制4位频率计电路图。通过对4位频率计电源部分原理图设计讲解电路图的绘制方法以及电路元件的绘制方法，通过绘制时钟信号发生器电路原理图掌握原理图中使用“**NetLabel**”网络标志的方法，通过对PLD可编程逻辑器件及其外围电路原理图绘制学会集成电路元件的制作方法以及在原理图中调用此元件的步骤。

应用 **Protel 99SE** 软件绘制4位频率计印制电路板图。首先将应用 **Protel 99SE** 软件绘制的4位频率计电路图创建网络表文件，通过对原理图中的各元件封装的装载以及元件封装的绘制来学习元件的装载与绘制方法，通过对装载元件布局的调整学会元件手工调整和自动调整的方法，最后实现印制电路板图的自动布线。

应用可编程逻辑器件设计和测试4位频率计。通过熟悉 **Max + Plus II** 软件基本界面，建立4位频率计原理图，通过在软件 **Max + Plus II** 中对频率计原理图的编译与仿真学习原理图的仿真与仿真测试的方法，通过将测试无误的原理图下载到硬件进行实验来检验原理图的绘制、仿真的正确性，通过锁存器子电路原理图绘制与测试学会子电路的设计、测试以及调用方法，通过分频器电路的设计、编辑、测试以及显示扫描电路设计学习进行不同电路的设计和测试方法，最后在原理图文件中绘制频率计完整电路图、编译、进行波形仿真、完成硬件实验。

因为在频率计设计与制作的过程中没有完全涵盖各软件的所有应用内容，所以在每章配有的习题中部分是用来巩固所学习的内容，还有一部分是练习在设计与制作频率计时没有涉及的各软件应用部分。教材的每一节都配有知识扩展与提高，为学习下部分的内容奠定基础。全书的内容涵盖了国家职业技能鉴定专家委员会的 **Protel 99SE** 绘图员证书的内容。

学生通过频率计的设计、仿真、硬件实验分别熟悉 **Multisim** 电路仿真软件的应用、掌握运用 **Protel 99 SE** 软件进行原理图的设计、印制电路板的设计步骤，学会应用可编程逻辑器件基本开发软件 **Max + plus II** 进行完整设计的方法和步骤。

本书由范晶彦、黄蓉、李雪梅共同编写。其中，第1章和第4章由范晶彦编写，第

#### IV

2 章和第 3 章由黄蓉编写，习题部分由李雪梅编写，全书由范晶彦统稿。

本书的出版得到“北京市职业院校教师素质提高工程”项目资助，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限和时间仓促，书中错误和不足之处在所难免，恳请大家批评指正。

**编 者**

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 Multisim 电路仿真软件

### 的应用 ..... 1

#### 1.1 Multisim 入门 ..... 1

##### 1.1.1 认识 Multisim 基本界面 ..... 1

##### 1.1.2 电路原理图的建立 ..... 2

##### 1.1.3 计数器电路的仿真测试 ..... 6

##### 1.1.4 电路的描述 ..... 6

##### 知识扩展与提高 ..... 6

#### 1.2 常用虚拟仪器的使用 ..... 7

##### 1.2.1 虚拟仪器简介 ..... 7

##### 1.2.2 逻辑分析仪的使用 ..... 7

##### 1.2.3 应用示波器进行电路仿真 ..... 9

##### 知识扩展与提高 ..... 10

#### 1.3 十进制计数器的原理图绘制 ..... 11

##### 1.3.1 2 位十进制计数器原理图的绘制 ..... 11

##### 1.3.2 3 位十进制计数器原理图的绘制 ..... 11

##### 1.3.3 4 位十进制计数器原理图的绘制 ..... 12

##### 知识扩展与提高 ..... 12

#### 1.4 锁存器的设计与测试 ..... 12

##### 1.4.1 锁存器在频率计中所起的作用 ..... 12

##### 1.4.2 D 触发器的仿真测试 ..... 13

##### 1.4.3 16 位二进制数锁存器的绘制 ..... 13

##### 知识扩展与提高 ..... 14

#### 1.5 子电路和输入输出端口的应用 ..... 14

##### 1.5.1 应用子电路的目的 ..... 14

##### 1.5.2 子电路的编辑方法 ..... 15

##### 1.5.3 子电路的调用 ..... 16

##### 1.5.4 端口命名 ..... 16

##### 1.5.5 4 位十进制计数器子电路的绘制 ..... 17

##### 知识扩展与提高 ..... 17

#### 1.6 在编辑原理电路中使用总线 ..... 18

##### 1.6.1 在原理图中放置总线 ..... 18

##### 1.6.2 总线属性设置 ..... 19

##### 1.6.3 添加总线连接线 ..... 19

##### 1.6.4 文件存盘与子电路的调用 ..... 20

##### 1.6.5 导线连接的方法 ..... 20

##### 知识扩展与提高 ..... 21

#### 1.7 分频器电路的编辑与测试 ..... 21

##### 1.7.1 使用分频器的目的 ..... 21

##### 1.7.2 绘制分频器原理图 ..... 21

##### 1.7.3 分频器电路的仿真测试 ..... 22

##### 1.7.4 设置仿真属性 ..... 22

##### 知识扩展与提高 ..... 23

#### 1.8 频率计的整合与仿真测试 ..... 23

##### 1.8.1 元件放置 ..... 23

##### 1.8.2 导线连接 ..... 23

##### 1.8.3 仿真测试 ..... 23

##### 1.8.4 测试计数器工作过程 ..... 24

##### 知识扩展与提高 ..... 25

##### 习题 ..... 25

## 第 2 章 应用 Protel 99SE 软件绘制 4 位

### 频率计电路图 ..... 47

#### 2.1 Protel 99SE 入门 ..... 47

##### 2.1.1 认识 Protel 99SE ..... 48

##### 2.1.2 设计数据库管理器 ..... 48

##### 2.1.3 原理图编辑 ..... 50

##### 2.1.4 设计环境设置 ..... 51

##### 2.1.5 放置元件及连接导线 ..... 52

##### 2.1.6 原理图元件存盘 ..... 56

##### 知识扩展与提高 ..... 57

#### 2.2 电源部分原理图设计 ..... 58

##### 2.2.1 原理图元件库及元件编辑器 ..... 58

##### 2.2.2 编辑原理图元件 ..... 58

##### 2.2.3 编辑元件属性 ..... 60

##### 2.2.4 在原理图中放置用户元件 ..... 61

##### 2.2.5 完成电源电路的绘制 ..... 62

##### 2.2.6 在用户元件库中添加新的

##### 元件 ..... 62

##### 知识扩展与提高 ..... 63

#### 2.3 绘制时钟信号发生器电路原理图 ..... 64

##### 2.3.1 时钟信号发生器电路原理图绘制 ..... 64

##### 2.3.2 在原理图中使用“NetLabel”网络

##### 标志 ..... 65



知识扩展与提高 .....	66	<b>第 4 章 应用可编程逻辑器件设计和测试</b>	
<b>2.4 PLD 可编程逻辑器件及其外围电路原</b>		<b>4 位频率计</b> .....	125
<b>理图绘制</b> .....	68	4.1 熟悉 Max + Plus II 基本界面 .....	125
2.4.1 绘制 7407 集电极开路门芯片电路 .....	69	4.1.1 认识 Max + Plus II .....	125
2.4.2 在原理图中调用 7407 .....	71	4.1.2 电路原理图的建立 .....	126
2.4.3 完成电路 .....	72	知识扩展与提高 .....	128
2.4.4 PLD 可编程逻辑器件及其外围电路		4.2 原理图在 Max + Plus II 中的仿真 .....	129
的绘制 .....	72	4.2.1 选择编程器件 .....	129
知识扩展与提高 .....	76	4.2.2 编译与仿真 .....	130
习题 .....	76	4.2.3 仿真测试的改进 .....	133
<b>第 3 章 应用 Protel 99SE 软件绘制 4 位</b>		知识扩展与提高 .....	134
<b>频率计印制电路板图</b> .....	93	4.3 进行计数器硬件实验 .....	136
3.1 网络表的创建 .....	93	4.3.1 分配引脚的方法及重新编译 .....	136
3.1.1 创建网络表文件 .....	93	4.3.2 下载到硬件前的设置 .....	138
3.1.2 网络表文件包含的内容 .....	93	4.3.3 将程序写进硬件并测试 .....	140
3.1.3 材料清单的生成 .....	95	知识扩展与提高 .....	140
知识扩展与提高 .....	96	4.4 锁存器电路原理图绘制与测试 .....	141
3.2 PCB 图与元件封装 .....	98	4.4.1 测试电路描述 .....	141
3.2.1 PCB 图文件的创建 .....	98	4.4.2 8 位二进制锁存器的仿真测试 .....	141
3.2.2 网络表文件的装载 .....	98	知识扩展与提高 .....	144
3.2.3 用户绘制元件封装 .....	99	4.5 Max + Plus II 中的子电路应用 .....	145
知识扩展与提高 .....	102	4.5.1 创建锁存器子电路 .....	146
3.3 装载正确的网络表文件 .....	103	4.5.2 子电路的调用 .....	146
3.3.1 元件封装的修改方法 .....	103	知识扩展与提高 .....	146
3.3.2 在 PCB 图文件中重新装载		4.6 分频器电路的编辑与测试 .....	148
网络表 .....	104	4.6.1 绘制分频器原理图 .....	148
3.3.3 装载网络表 .....	105	4.6.2 分频器电路的仿真测试 .....	148
知识扩展与提高 .....	106	知识扩展与提高 .....	149
3.4 元件的布局调整 .....	106	4.7 显示扫描电路设计 .....	150
3.4.1 元件布局要求 .....	106	4.7.1 原理描述 .....	150
3.4.2 “推开”元件操作 .....	107	4.7.2 原理图的绘制 .....	151
3.4.3 元件的手工布局 .....	108	知识扩展与提高 .....	153
知识扩展与提高 .....	108	4.8 频率计的整合与仿真测试 .....	154
3.5 自动布线操作 .....	108	4.8.1 完整电路图绘制 .....	154
3.5.1 规定印制电路板边框 .....	108	4.8.2 编译与波形仿真 .....	154
3.5.2 布线规则设置 .....	109	4.8.3 完成硬件实验 .....	155
3.5.3 完成自动布线 .....	112	知识扩展与提高 .....	156
知识扩展与提高 .....	114	习题 .....	156
习题 .....	114	<b>参考文献</b> .....	170

# 第 1 章 Multisim 电路仿真软件的应用

4 位频率计是现实中最常用的测量被测信号（暂为方波）频率的专用仪器，它的设计思路是用正半周脉宽为 1s（周期：2s，频率：0.5Hz）的时钟脉冲信号控制计数器记录被测信号 1s 内出现的次数，即频率；当正半周结束，计数器把记录结果送锁存器保存并确保显示输出，计数器则被清零待下一个正半周到来时重新计数。如此周而复始，显示器则稳定输出被测信号频率值。

在仿真软件 Multisim 的学习中，我们将以设计 4 位频率计的完整过程为例，巩固必要的理论知识，全面掌握在 Multisim 中调用元器件、仪器仪表以及正确设置实现仿真地方法与步骤，使读者能够熟练地操作软件，从容应对各类复杂的电路设计。

## 1.1 Multisim 入门

### 1.1.1 认识 Multisim 基本界面

Multisim 基本界面如图 1-1 所示。

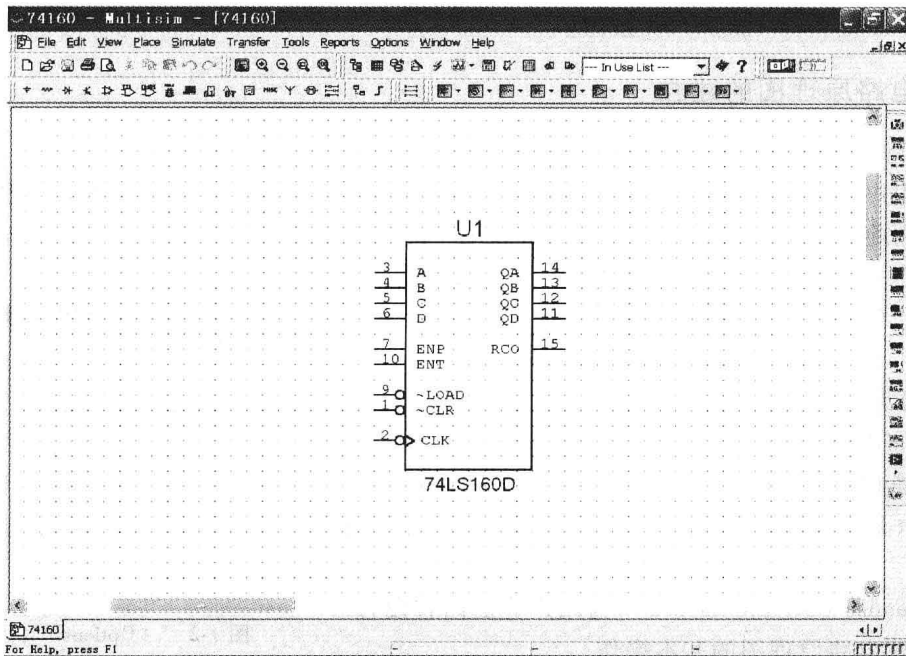



图 1-1 Multisim 基本界面





Multisim 与所有的 Windows 应用程序类似，可在菜单（Menus）中找到所有功能的命令。


### 1. 系统工具栏


系统工具栏（System toolbar） 包含常用的基本功能按钮，如新建、打开、保存、剪切、复制、粘贴等基本命令。


### 2. 设计工具栏


设计工具栏（Multisim design Bar） 是 Multisim 中一个的特有组成部分，图中部分按钮功能如下：

 显示/隐藏 design toolbox 按钮（show or hide design toolbox），用来显示/隐藏全部工程文件和当前打开的文件。

 显示/隐藏 spreadsheet bar 按钮（show or hide spreadsheet bar），用来显示/隐藏当前打开文件信息。

 数据库管理按钮（Database manager），用于对元件数据库进行管理。

 元件编辑器按钮（Create component），用于增加元件。

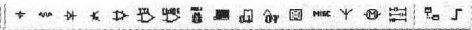

 仿真按钮（Run/stop Simulation），用于开始、暂停或结束电路仿真。

 分析图表按钮（Grapher /Analyses list），用于显示分析后的图表结果。

### 3. 使用中元件列表

使用中元件列表（In Use List） 列出了当前电路所使用的全部元件。

### 4. 元件工具栏

元件工具栏（Component toolbar）包含仿真元件（Component）箱  及虚拟元件（Virtual）箱  按钮。

## 1.1.2 电路原理图的建立

### 1. 定制电路原理图工作界面

定制用户界面的目的在于方便原理图的创建、电路的仿真分析和观察理解。因此在创建一个电路之前，最好根据电路的具体要求和用户的习惯设置一个特定的用户界面，定制用户界面的操作主要通过“Options”菜单中提供的各项功能实现。

单击“Options”菜单，即出现如图 1-2 所示下拉菜单。

其中常用的 3 个选项：

“Global Preferences...”为放置元件模式、美式、欧式元件模型等参数选项；

“Sheet Properties...”为电路、工作平台、字体等特征设置内容；

“Customize User Interface...”为用户界面内容设置。

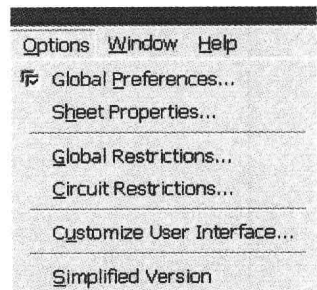


图 1-2 “Options”下拉菜单


### 2. 创建电路原理图的基本操作

通过本部分的操作，完成以一个 74LS160 集成芯片为核心元件的计数器电路的建立。

(1) 建立电路文件 运行 Multisim 建立电路文件，电路的颜色、尺寸和显示模式可自

行设置。

(2) 放置元件 利用元件工具栏放置元件，这是放置元件的一般方法。也可以通过执行菜单命令“Place | Place Component”来进行元件的放置。

1) 放置 74160 集成电路芯片。用鼠标在元件工具栏  任意工具上单击，打开“Select a Component”对话框，如图 1-3 所示，正确设置“Group”、“Family”，找到“74LS160D”计数器芯片。

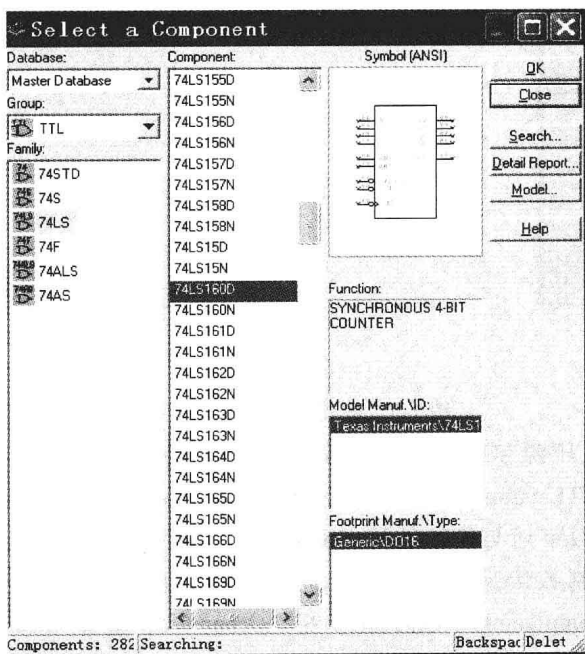



图 1-3 “Select a Component”对话框

单击“OK”，并将鼠标移到要放置元件的位置后单击，74LS160D 即出现在电路窗口中，如图 1-4a 所示。

在元件上单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中可以通过“Cut”、“Copy”、“Delete”等命令对已放置的元件进行操作。其中“Flip Horizontal”、“Flip Vertical”、“90 Clockwise”、“90 CounterCW”4 个命令可以使元件按使用者要求完成水平（垂直）镜像翻转，或顺（逆）时针转 90°，操作完毕后的电路元件如图 1-4b 所示。

2) 放置时钟脉冲信号源，如图 1-5 所示。单击工具栏中  右侧的下拉箭头，打开如图 1-5a 所示信号源选择列表，在其中选择

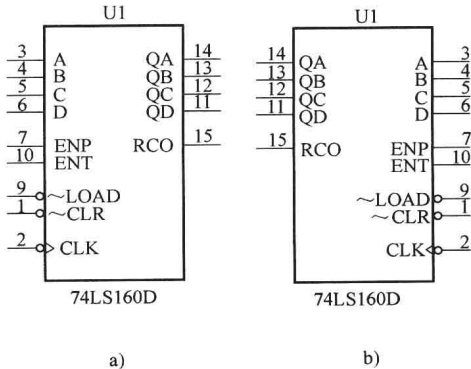


图 1-4 放置后的集成电路

“Place Clock Voltage Source”，放置时钟信号源如图 1-5b 所示。双击该信号源电路符号，弹出如图 1-5c 所示对话框，则可以对该时钟信号源属性进行修改。

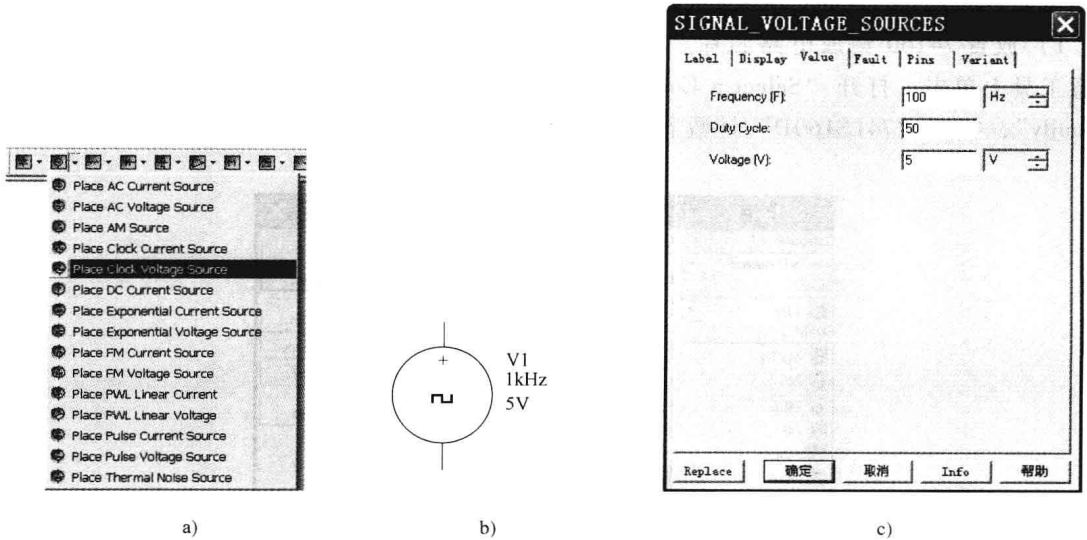



图 1-5 放置时钟脉冲信号源

3) 放置 5V 直流电压源和地。单击工具栏中右侧的下拉箭头，在弹出的电源选择列表中分别选择“Place TTL Supply (VCC)”、“Place DGND”和“Place Ground”放置 TTL 集成电路专用 5V 电源、数字地与模拟地的电路符号，并对其放置状态进行编辑。

4) 放置二 - 十进制数码显示器（注：此显示器为虚拟元件，并不是常用的七段数码管）。打开“Select a Component”对话框，在“Group”中选择“Indicators”，在“Family”中选择“HEX\_ DISPLAY”，找到“DCD\_ HEX”数码显示器，完成放置。

5) 放置电阻、按钮（开关）等其他元件。仍然打开“Select a Component”对话框，按表 1-1 所列方法找到相应元件。

表 1-1 放置选择的元件

元件名称	Group	Family	Component
电阻	Basic	RESISTOR	1.0kΩ
按钮（开关）	Electro_ Mechanical	MOMENTARY_ S...	PB_ NO
小灯泡	Indicators	PROBE	PROBE_ RED

放置原理图编辑所需元件，按要求完成“镜像翻转”、“转 90°”等操作，并为方便连线合理摆放元件，元件放置完成如图 1-6 所示。

(3) 给元件连线 Multisim 有自动与手工两种连线方法，大多数连线用自动连线完成。

1) 开始为 V1 和地自动连线。将鼠标靠近信号源 V1 下端引脚的线端，鼠标由“箭头”变化为中间黑点儿的十字标，单击鼠标左键，接着将鼠标拉向正下方的接地符号上，当靠近接地符号引线端时，鼠标又一次显示为中间黑点儿的十字标，再次单击鼠

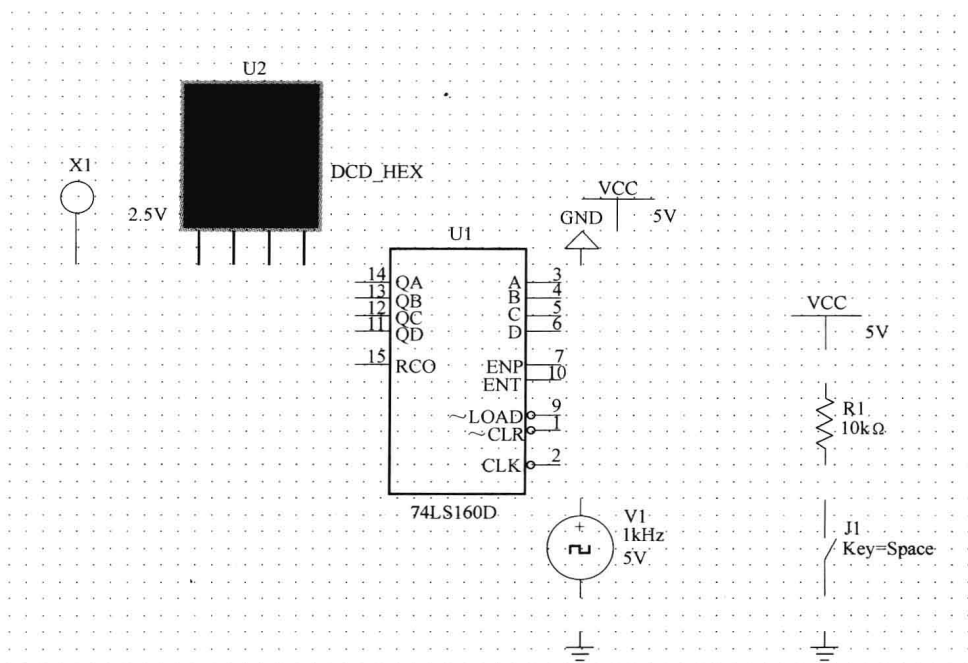


图 1-6 元件放置完成

标左键，连线完成，如图 1-7 所示。连线默认为红色。要改变单个连线的颜色，用鼠标右键单击此连线，在弹出式快捷菜单中选择“Color”命令，更改颜色后单击“OK”确认即可。

2) 用自动连线完成其他连接，结果如图 1-8 所示。如要删除连线，右键单击连线在弹出式快捷菜单中选择“Delete”命令。

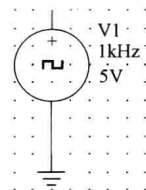


图 1-7 连线

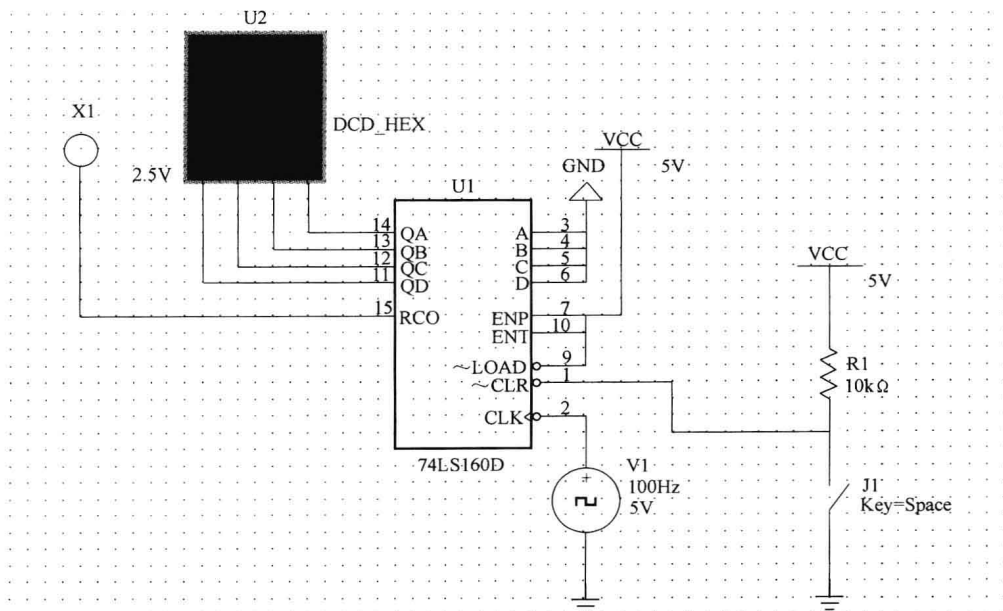



图 1-8 原理图完成

### 1.1.3 计数器电路的仿真测试

将时钟信号源的频率设置为 100Hz，单击工具栏中的  仿真按钮。

1) 观察数码管的显示，理解“计数”的含义。

2) 记录小灯泡“X1”点亮的条件是什么，理解当计数器计数到 9，由 RCO 端给出高电平的含义。

3) 按下空格“Space”键，观察按钮（开关）“J1”如何动作，数码显示有无变化，理解“清零”的含义。

### 1.1.4 电路的描述

#### 1. 关于元件与元件库

Multisim 提供了如图 1-9 所示仿真元件工具栏，其中包含 16 个元器件分类库。

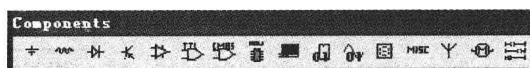


图 1-9 仿真元件工具栏

单击仿真元件工具栏中任何一个元件图标，即可打开元件选择“Select a Component”对话框，见图 1-3。

单击“Group”列表框右端的下拉箭头，可看到 16 个元器件分类库列在其中，如图 1-10 所示；“Family”区中列出了每个库含有的元件箱 3 ~ 30 个不等；在这些元件箱中分门别类地存放各种电路仿真元器件，并在“Component”区中列出，供用户调用。

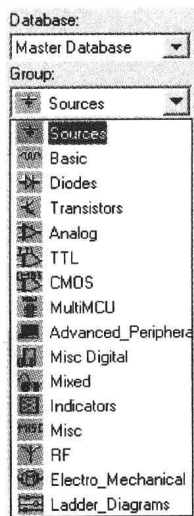


图 1-10 “Group”列表

请读者学习放置电容器、普通二极管、发光二极管、NPN 或 PNP 型晶体管、常用数字门电路如非门（74LS04）、二输入与非门（74LS00）等，记住它们所属的“Group”、“Family”名称，反复练习，从而可以迅速正确地调用各种常用元器件。

#### 2. 对电路进行描述

在 Multisim 中允许增加标题栏和文本来注释电路。

(1) 增加标题栏 执行菜单命令“Place | Title Block”，一般在 TitleBlocks 目录下选择 \*.tb7 标题栏文本，即可以在电路窗口中放置标题栏。标题栏一般放置在电路窗口的右下角。右击标题栏，执行弹出式菜单中的“Edit Title Block”命令，输入所需文本单击“OK”按钮。

(2) 增加文本 执行菜单命令“Place | Text”，单击要放置文本的位置并输入文本，例如“My tutorial circuit”，对于文本内容和格式可进行通常的编辑操作。

### 知识扩展与提高

1. 查阅相关资料，全面地认识 74LS160 计数器的功能与使用要求。
2. 在 Multisim 的元件库中把元件分为仿真元件和虚拟元件，它们本质的区别是什么？

## 1.2 常用虚拟仪器的使用

### 1.2.1 虚拟仪器简介

虚拟仪表是 Multisim 最实用的功能和特色之一。Multisim 提供了包括数字万用表、函数发生器、功率表、示波器、伯德图图仪、字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换仪、失真度分析仪、网络分析仪和频谱分析仪等仪表，在使用中允许同一个仿真电路中调用多个仪表，使得 Multisim 成为一个超级电子实验室。

仪表工具栏位于 Multisim 的工作界面的右侧。每一个按钮代表一种仪表，为了表达方便，将该仪表工具栏水平放置，如图 1-11 所示。

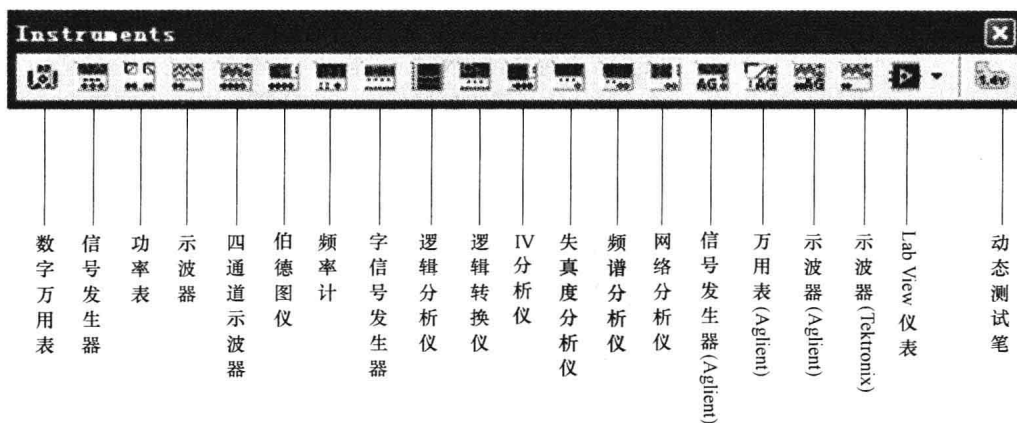


图 1-11 仪表工具栏

### 1.2.2 逻辑分析仪的使用


在学习脉冲数字电路时，最直观的方法是通过波形图或时序图来分析电路的逻辑功能和工作原理。Multisim 所提供的逻辑分析仪（Logic Analyzer）可以同时测量和分析 16 路逻辑信号，是数字电路实验中非常有效的测试仪器。下面我们对 1.1.2 节中所绘制的 74LS160 计数器原理电路进一步仿真与分析，学会逻辑分析仪的使用方法。

#### 1. 对已有的原理图做必要的处理

打开已绘制好的电路原理图文件，双击某条导线可打开“Net”对话框，即可编辑该条导线的“Net”属性。

如双击时钟脉冲信号源输出导线，即可打开如图 1-12a 所示对话框，将“Net name”更改为“cp”（表示为时钟信号），并勾选“Show”前的复选框，单击“OK”，“Net”属性设置完成，如图 1-12b 所示。后续我们还需要对其他几条导线做 Net 属性的设置，完成后如图 1-12c 所示。

#### 2. 测试电路

单击仪表工具栏上的  按钮即可取出一个浮动的逻辑分析仪，移至目的地后，按鼠标左键即可将它放置于该处。如图 1-13a 所示为逻辑分析仪符号，符号左边有 16 个端线分别

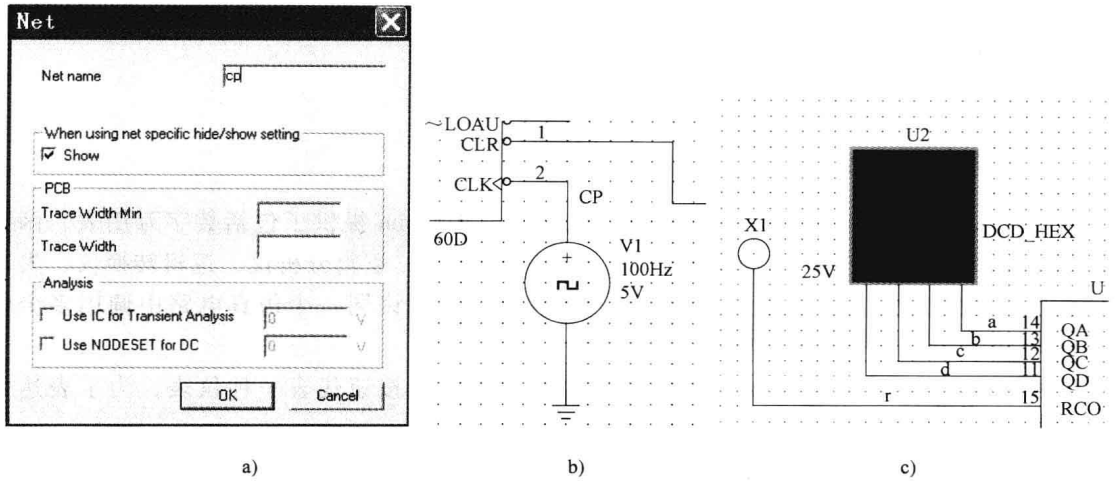


图 1-12 设置导线“Net”属性

是 1 ~ F (16) 逻辑信号输入端，可连接至测试电路的输出端。下面还有三个端点：外部时钟信号输入端 C、时钟控制信号输入端 Q、触发控制信号输入端 T。按图 1-13b 所示完成测试电路与逻辑分析仪的连线，注意导线的连接顺序。

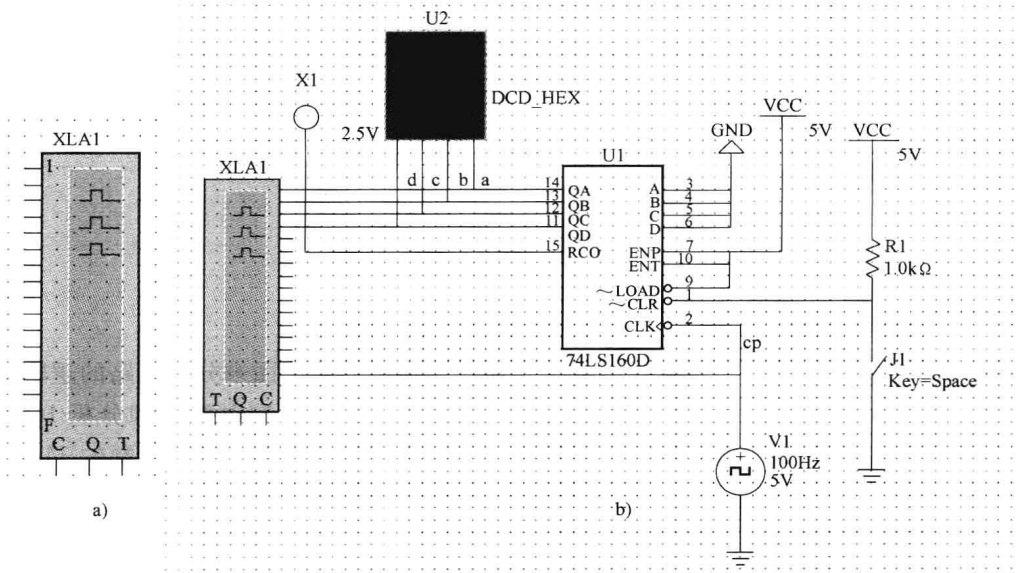


图 1-13 逻辑分析仪

双击逻辑分析仪的符号显示如图 1-14a 所示的面板。单击“Clock”区中的“Set...”按钮，即可打开如图 1-14b 所示对话框，由于所使用的时钟信号源为 100Hz，则在“Clock setup”对话框中设置“Clock Rate”为 1kHz。

### 3. 观察仿真波形

单击工具栏中的 仿真按钮，适当调整 Clocks/Div 设置，即可观察到如图 1-15 所示的仿真波形。

随着 cp 脉冲一个一个的出现，观察 dcba 的状态是从 0000 ~ 1001 变化的。体现了“4 位



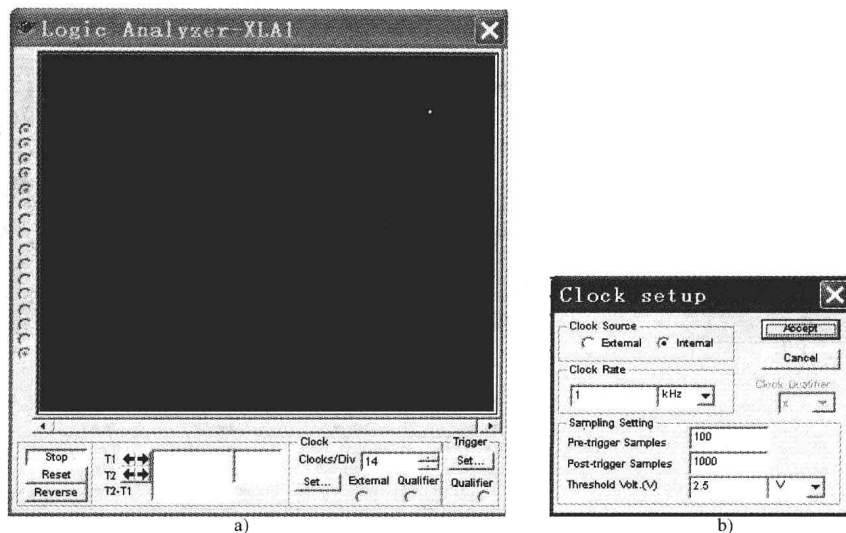


图 1-14 逻辑分析仪面板与“Clock setup”对话框

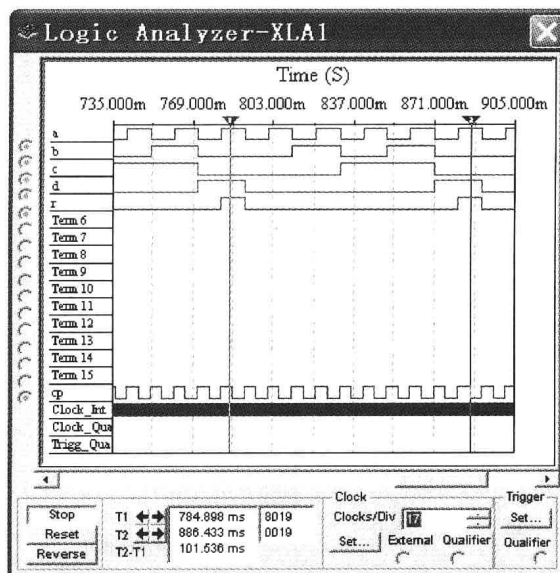


图 1-15 单片 74LS160 计数器电路仿真波形

二进制计数”的含义，它与 1.1 中数码显示器的显示结果是对应的。

触发器有“上升沿”触发和“下降沿”触发，我们可将示波器调到“上升沿”触发，观察 r 仅在每一个计数周期出现高电平时与 1.1 中小灯泡的闪烁规律是对应的。

### 1.2.3 应用示波器进行电路仿真

“逻辑分析仪”可以理解为用于分析数字逻辑电路的“示波器”，在做模拟电子电路实验时经常使用的是示波器。Multisim 也为用户提供了如图 1-16 所示的双踪示波器的符号与面板。

读者可以编辑如图 1-17 所示单管共射放大电路的原理电路，应用双踪示波器观察其输入及输出信号波形。

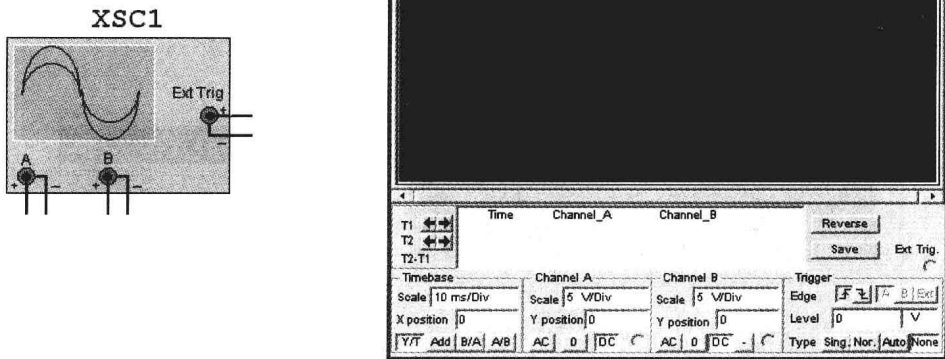


图 1-16 示波器

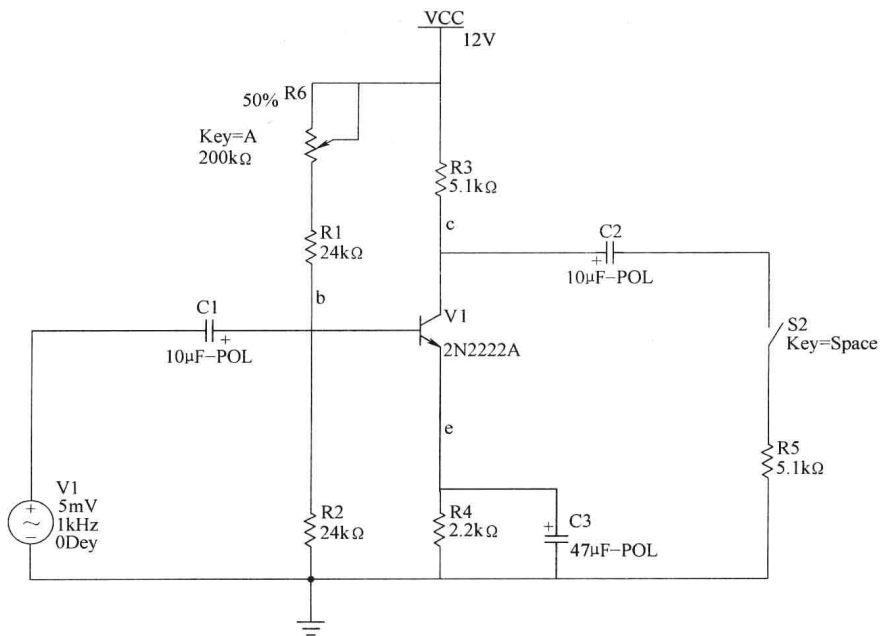


图 1-17 单管共射放大电路

### 知识扩展与提高

1. 逻辑分析仪与被测试电路连接时按一定顺序接线的用意是什么？
2. 在已完成两个任务中，74LS160 的两个使能端（ENT 和 ENP）始终接高电平，若改接低电平则会怎样？
3. 对于图 1-17 所示电路，5mV、1kHz 信号源在实验室中我们使用的是信号发生器，在仪表工具栏中找到信号发生器，学习使用。