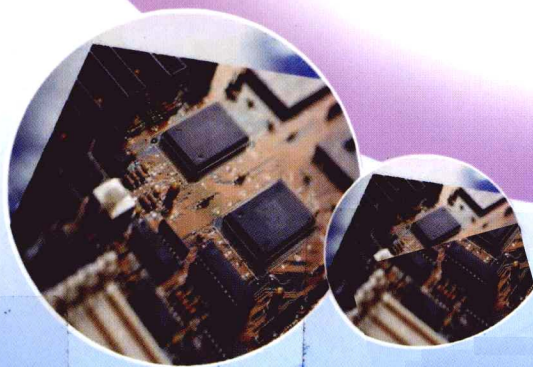


EDA工具应用丛书



基于NI Multisim 11的 *PLD/PIC/PLC* 的仿真设计

聂典 李北雁 等编著



- 本书以美国国家仪器公司 (NI公司) 推出的最新版本NI Multisim-11 为计算机仿真软件。
- 图文并茂地阐述了NI Multisim 11 在单片机仿真中的各项主要功能。
- 内容翔实, 实例丰富, 真正使读者做到“边理论、边实践”。
- 不仅适合单片机零起点的初学者使用, 也可作为高等院校控制类专业学生、电子爱好者及各类工程技术人员的参考用书。



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

EDA 工具应用丛书

基于 NI Multisim 11 的 PLD/PIC/PLC 的仿真设计

聂 典 李北雁 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲解最新的 EDA 设计软件 NI Multisim 11 在 PLD 可编程逻辑器件、PIC 系列单片机、PLC 可编程控制器设计中的应用, 分别介绍如何使用仿真平台、具体仿真步骤及过程、汇编及 C 语言的要点、基本的编程方法、图形化设计的使用、VHDL 代码的自动生成方法、梯形图的设计过程、各种接口电路的使用等内容, 并给出了大量的仿真实例。本书所有实例均采用仿真软件 NI Multisim11 进行仿真, 使读者真正做到“边理论、边实践”, 在实践中逐步掌握单片机的硬件结构和开发方法。

本书适合通信工程、电子信息、自动化、电气控制等专业的学生学习和进行综合性的设计、试验, 同时也适用于从事电子相关行业的人员; 特别适合 PLD 可编程逻辑器件、PIC 系列单片机、PLC 可编程控制器零起点的初学者使用, 可作为高等院校控制类专业学生、电子爱好者及各类工程技术人员的参考用书, 也可作为高职高专及中专院校的单片机课程教学用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 NI Multisim 11 的 PLD/PIC/PLC 的仿真设计/聂典, 李北雁等编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.4
(EDA 工具应用丛书)

ISBN 978-7-121-13192-9

I. ①基… II. ①聂… ②李… III. ①单片微型计算机—系统仿真—应用软件, Multisim 11 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 052767 号

策划编辑: 窦 昊

责任编辑: 窦 昊

印 刷: 北京丰源印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 31.5 字数: 600 千字

印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 59.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本书编写的目的不仅仅是让它成为一本计算机学习用书，还希望为所有学习电子电路和从事这方面工作的读者提供一条更加经济、高效的设计新途径和指导。它适用于使用 NI Multisim11 仿真软件的初学者，也适合具有一定的计算机仿真软件使用经验和想通过使用 NI Multisim11 仿真软件进行电子电路设计的读者。

计算机仿真软件 NI Multisim 11 是美国国家仪器公司 (NI 公司) 推出的最新版本。在本书完成之前，市面上还没有专门基于 NI Multisim11 的 PLD 可编程逻辑器件、PIC 系列单片机、PLC 可编程控制器设计应用的仿真教材。本书是在借鉴了多方面的宝贵经验，并在切实考察了 PLD 可编程逻辑器件、PIC 系列单片机、PLC 可编程控制器设计应用学科教学实际情况的基础上，本着为电子电路教学贡献微薄之力的宗旨，在多方面的努力和帮助之下完成的。

本书阐述了 NI Multisim 11 在 PLD、PIC、PLC 仿真中的各项主要功能，利用详细的图表和文字说明，指导读者从了解软件本身开始，直到学会建立一个完整的系统电路以及进行仿真、分析和产生报告等操作。从总的结构上看，本书可分为以下章节。

上篇：第 1 章概述；第 2 章组合逻辑电路的仿真设计；第 3 章算术逻辑电路的仿真设计；第 4 章时序逻辑电路的仿真设计；第 5 章计数器的仿真设计；第 6 章移位寄存器的仿真设计；第 7 章综合应用仿真设计实例；

中篇：第 1 章概述；第 2 章 PIC 系列单片机结构原理；第 3 章 PIC16F84 的特殊功能寄存器；第 4 章 PIC 指令系统和汇编语言程序设计；第 5 章定时器/计数器；第 6 章中断系统及看门狗电路；第 7 章基于 NI Multisim 11 的 PIC 单片机仿真实例集锦（汇编）；第 8 章基于 NI Multisim 11 的 PIC 单片机仿真实例集锦——C 语言部分；

下篇：第 1 章概述；第 2 章梯形图元器件；第 3 章创建梯形图；第 4 章 NI Multisim 11 中 PLC 控制的毕业设计论文样板。

书中还含有大量插图、图表，内容详细、图文并茂、资料翔实，涉及范围广。

参与本书编写的还有聂梦晨、曹文田、薛建臣、丁伟、庞龙梅、张万江。

本书在编写过程中，还得到 NI 公司 Arnold Hougham 先生、Evan Robinson 先生、李福成老师、潘天后老师、程蓉老师、陈庆全老师，解放军理工大学朱宁一系主任、贾山松主任、陈晓华教授、刘景夏主任、岳振军主任、关宇主任、闵锐主任、陈庭甦、徐勇、黄德强、邱国防、赵洁女士、KP 先生、陈涌、曾克莉等的大力协助与支持，谨此向他们表示衷心的感谢！

因时间仓促和作者水平所限，在本书中难免会有错误和疏漏的地方，恳请各位专家和读者批评指正。

NI Multisim 11 软件(30 天试用)及书中的仿真实例可从华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费下载。读者在使用本书和软件过程中遇到各种疑问，可随时与作者交流。联系方式如下：

聂 典 手机：13851865438

E-mail: nnnnffnnnnff@sina.com.cn

QQ: 602126676

QQ 群 (Multisim 群): 27729623

李北雁 may555@126.com

目 录

上篇 基于 NI Multisim 11 的 PLD 的仿真设计

第 1 章 概述	2
1.1 NI Multisim 11 简介	2
1.2 NI Multisim 11 中的 PLD 仿真环境	9
1.3 NI Multisim 11 中的 PLD 逻辑器件介绍	12
第 2 章 组合逻辑电路的仿真设计	37
2.1 逻辑运算	37
2.2 同位产生器	42
2.3 2 对 1 多任务器	46
2.4 1 对 4 解任务器	50
2.5 7 段译码器	54
2.6 逻辑运算单元	57
2.7 三态器件 (TRI)	61
第 3 章 算术逻辑电路的仿真设计	65
3.1 半加器	65
3.2 全加器	67
3.3 4 位加法器	71
3.4 4 位加减法器	76
3.5 乘法器	82
第 4 章 时序逻辑电路的仿真设计	89
4.1 D 触发器	89
4.2 T 触发器	92
4.3 4 位寄存器	95
4.4 随机存储器 (RAM)	99
4.5 状态机	102
第 5 章 计数器的仿真设计	106
5.1 异步清除 2 位同步加计数器	106
5.2 可默认的同步 4 位计数器	109
5.3 十进制计数器	114
5.4 具有预置功能的两位数的十进制计数器	118
5.5 异步清除六进制计数器	124
5.6 分频器	131
第 6 章 移位寄存器的仿真设计	136
6.1 4 位串行移位输入/并行输出寄存器	136
6.2 具有控制线的串行输入移位寄存器	139
6.3 并行输入/并串行输出移位寄存器	144

6.4 异步清除 3 位并行输入/并串行输出移位寄存器	153
第 7 章 综合应用仿真设计实例	161
7.1 数字钟的仿真设计	161
7.2 并列乘法器	177
7.3 节日彩灯控制系统	203
7.4 交通灯控制管理系统	219

中篇 基于 NI Multisim 11 的 PIC 的仿真设计

第 1 章 概述	232
第 2 章 PIC 单片机结构原理	237
2.1 PIC 单片机简介及主要特点	237
2.2 PIC 单片机的分类及特点	238
2.3 PIC16F84 单片机基本结构及信号引脚	240
2.4 常用存储器	242
2.5 振荡电路与时钟信号	244
2.6 复位、唤醒与看门狗功能	246
第 3 章 PIC16F84 的特殊功能寄存器	249
3.1 状态寄存器 STATUS	249
3.2 间接寻址的寄存器 INDF 和 FSR	249
3.3 与 PC 相关的寄存器 PCL 和 PCLATH	250
3.4 选项寄存器 OPTION_REG	251
3.5 中断控制寄存器 INTCON	252
3.6 端口寄存器	252
第 4 章 PIC16F84 指令系统和汇编语言程序设计	253
4.1 指令流水线操作原则	253
4.2 指令寻址方式说明	253
4.3 指令集说明	255
4.3.1 数据传送类指令	256
4.3.2 算术运算类指令	257
4.3.3 逻辑运算类指令	262
4.3.4 控制转移类指令	273
4.4 汇编语言程序设计	281
4.4.1 汇编语言指令格式	281
4.4.2 系统伪指令	283
第 5 章 定时器/计数器	285
5.1 TIMER0 模块的功能和特性	285
5.2 TIMER0 模块的电路结构和工作原理	285
5.3 TIMER0 模块的应用实例	286
第 6 章 中断系统及看门狗电路	290
6.1 中断的概念和机理	290

6.2	PIC16F84 单片机的中断	290
6.3	中断控制及相关的寄存器	291
6.4	看门狗电路	295
第 7 章	基于 NI Multisim 11 的 PIC 单片机汇编仿真实例	297
7.1	PIC 单片机输入/输出仿真设计	297
7.2	PIC 单片机定时器仿真设计	298
7.3	用 TMR0 产生同步脉冲波形仿真设计	301
7.4	PIC 单片机的中断仿真设计	304
7.5	PIC 单片机看门狗复位的仿真设计	309
7.6	PIC 单片机看门狗睡眠唤醒的仿真设计	313
7.7	PIC 单片机的 EEPROM 读写仿真设计	316
7.8	PIC 单片机的交通管理系统仿真设计	320
7.9	PIC 单片机的多路抢答器仿真设计	330
7.10	基于 NI Multisim 11 的 PIC 单片机一些基本实验的仿真设计	337
第 8 章	基于 NI Multisim 11 的 PIC 单片机仿真实例集锦——C 语言部分	351
8.1	点亮 1 位 LED 灯实验	351
8.2	加上控制端的 1 位 LED 灯点亮实验	352
8.3	通过 4 个开关控制相应 LED 灯亮灭实验	353
8.4	彩灯闪亮实验	354
8.5	60 s 定时时钟实验	355
8.6	流水灯设计实验	358
8.7	看门狗实验	362
8.8	NI Multisim 11 中如何加入外部生成 HEX 文件实验	364
8.9	LCD 屏显示实验	374
8.10	NI Multisim 11 中 PIC 仿真注意事项	378

下篇 基于 NI Multisim 11 的 PLC 的仿真设计

第 1 章	概述	380
1.1	NI Multisim 11 中的 PLC 仿真环境	380
1.2	AND 梯级和 OR 梯级	383
第 2 章	梯形图元器件介绍	385
2.1	梯形图 I/O 模块	385
2.2	梯形图继电器螺线管	386
2.3	梯形图触点	387
2.4	梯形图计数器	388
2.5	梯形图定时器	391
2.6	梯形图输出螺线管	394
2.7	各种外设	394
第 3 章	创建梯形图	397
3.1	梯形图编程语言概述	397
3.2	PLC 控制的一些基本应用实例	397

3.3	NI Multisim 11 中 PLC 控制的交通灯管理系统的仿真设计	414
3.4	NI Multisim 11 中 PLC 储液罐液面控制系统的仿真设计	422
3.5	NI Multisim 11 中 PLC 控制的传送带系统的仿真设计	431
3.6	NI Multisim 11 中 PLC 控制的多路抢答器的仿真设计	440
3.7	NI Multisim 11 中 PLC 控制的电动机正反转的仿真设计	448
第 4 章	NI Multisim 11 中 PLC 控制的毕业设计论文样板	451
附录 A	所用元器件清单	470
附录 B	PIC16F84 汇编指令集	474
附录 C	PIC16F84 的特殊功能寄存器	476
附录 D	PIC16F84 特殊功能寄存器的详细说明	478
附录 E	NI Multisim 11 中的 PLD 逻辑器库	483
附录 F	梯形图元器件库	490
参考文献		494

上

篇



基于 NI Multisim 11 的 PLD 的仿真设计



第1章 概述

1.1 NI Multisim 11 简介

使用 NI Multisim，可以使学生融入学习氛围，通过动手实践巩固理论知识，还可以提供易于使用的交互式电路教学和学习环境。为教学目的而开发的 NI Multisim 包含多种特性，能协助教师授课，能为学生提供交互式学习环境从而查看和研究各种电路。

1. 使用交互式电路仿真巩固理论知识

NI Multisim 提供了一种易于使用的电路教学环境，使用了全交互式仿真器提取概括 SPICE 仿真的复杂特性，从而达到简化电路设计的目的。用户可以通过仿真实现电路概念而无须担心 SPICE 句法。NI Multisim 让学生可以专注于理解电路概念，而不用为学习应用环境而烦恼。在 NI Multisim 中，学生可以在线修改电路值，然后查看实时仿真结果。通过仿真让学生探索“假设”情景，可以巩固学生在课堂或实验室学到的知识。NI Multisim 11 软件界面如图 1.1.1 所示。

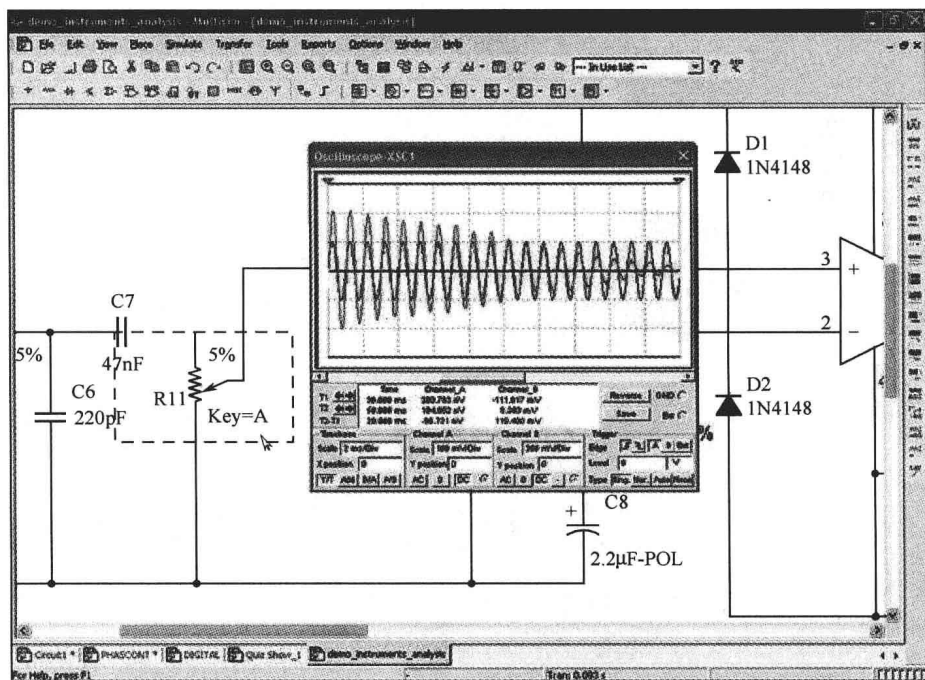


图 1.1.1 NI Multisim11 软件界面图

2. 鼓励使用仿真驱动的进行探索学习

使用 NI Multisim，可以将仿真驱动的进行探索学习，然后就可以像在硬件实验室中一样与电路进行交互；可以使用 22 种与真实仪器具有相同功能的虚拟仪器对电路进行测量、探测和故障排除工作，如图 1.1.2 所示，除了 NI Multisim 仪器套件外，通过使用仿真的 Agilent

或 Tektronix 仪器可以教会学生如何使用这些公司的真实仪器。

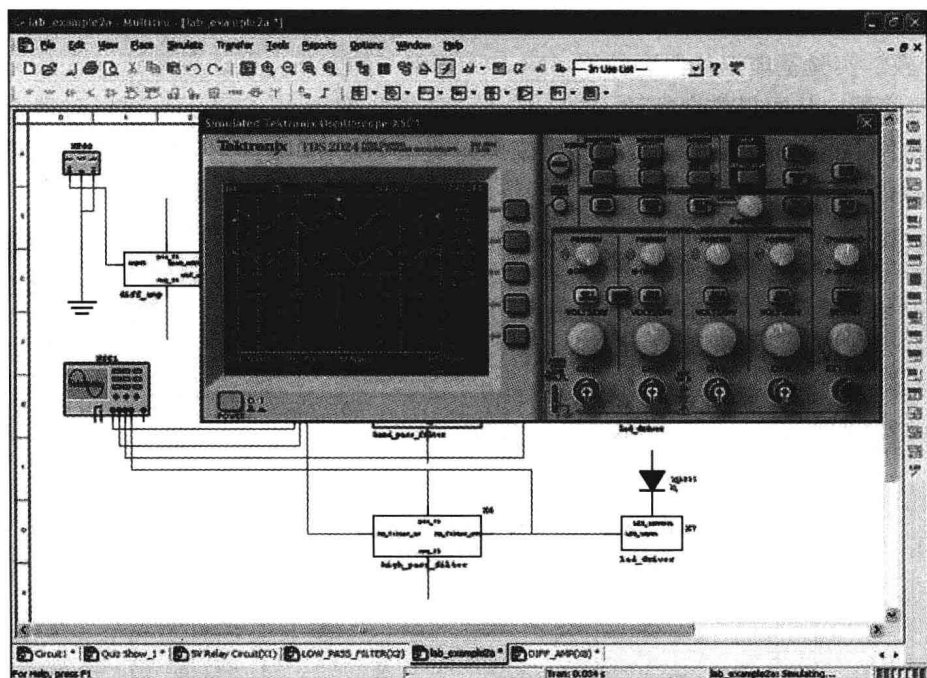


图 1.1.2 将仿真驱动仪器用于电路图

3. 使用 20 个功能强大的分析工具查看数据

使用 NI Multisim 提供的 20 个功能强大的分析工具(包括瞬态分析、噪音分析、Monte Carlo 应用分析、最难案例分析、I-V 分析器等),可以对电路特性进行深入分析,从而获得对电路特性的直观认识。学生可以探索不同的电路配置、元器件选择、噪声以及信号源如何影响电路的设计。使用 NI Grapher 可以对数据进行可视化操作,该工具可以用标签标注显示的数据,并可以将数据以不同文件格式导出或进行其他操作,如图 1.1.3 所示。

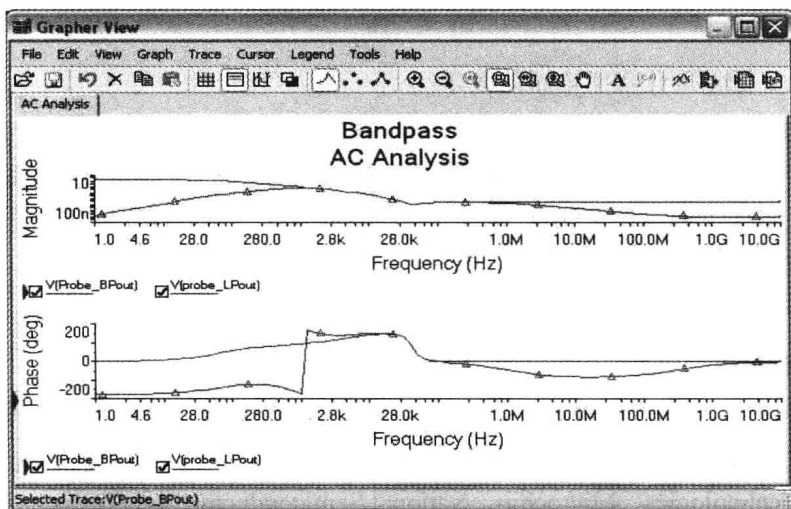


图 1.1.3 数据查看功能



4. 将仿真数据与 NI Multisim 内 NI ELVIS 提供的真实测量值进行比较

只需单击鼠标,即可从 NI Multisim 中的仿真电路跳转到真实物理电路。随着 NI Multisim 10.1 和 NI 教学实验室虚拟仪器套件 II (NI ELVIS II) 的发布,结合使用这些产品可以弥补理论和实际的差距,从而提供全新动手学习的方法。学生使用 NI Multisim 可以对理论概念进行仿真;使用 NI ELVIS 对电路进行原型化模拟;使用 NI Multisim 环境中的 NI ELVIS 图解与 NI ELVIS 虚拟仪器,可以将实际测量值与仿真测量值进行比较,如图 1.1.4 所示。

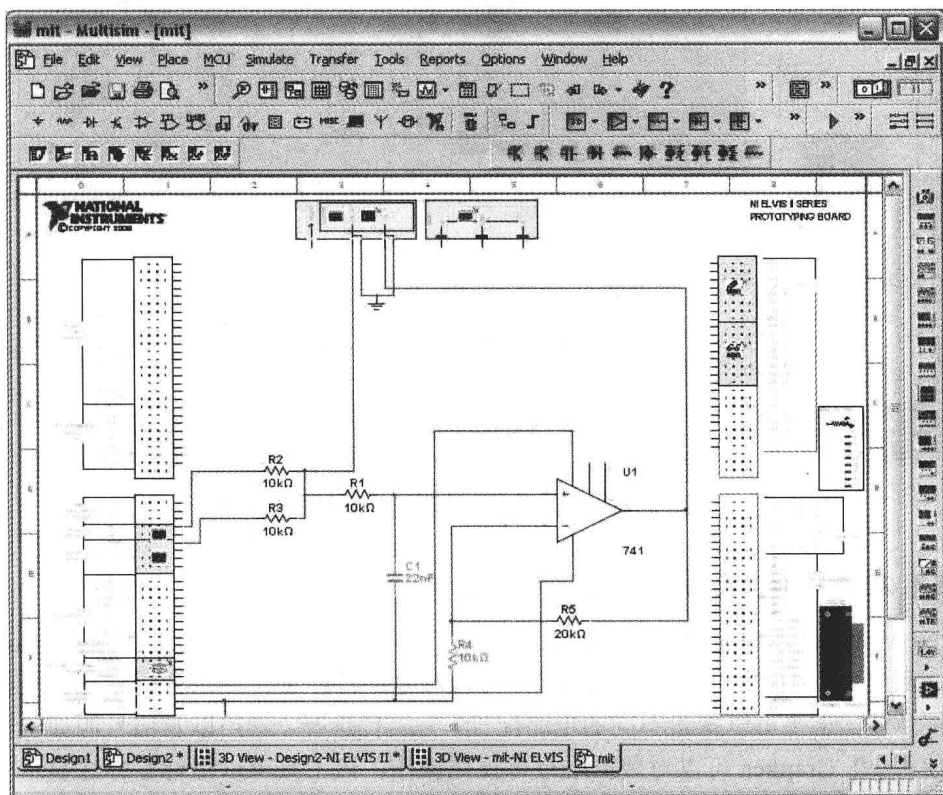


图 1.1.4 数据比较功能

5. 使用 PLD 图解简化数字电路的教学

通过对复杂的 VHDL 语言进行提取概括,使得硬件实现更加容易,从而使学生很容易融入数字电子电路的学习之中,同时通过动手实践来巩固理论学习。使用 NI Multisim,学生可以捕捉并仿真可编程逻辑设备 (PLD) 图解中的数字电路,生成原始 VHDL 语言。将 VHDL 文件应用到现场可编程门阵列 (FPGA) 硬件中,例如 NI 数字电子 FPGA 板,可以很容易地实现仿真实验知识到真实的过渡,如图 1.1.5 所示。

6. 部件应有尽有

部件库包含超过 14 000 个部件,可以满足理论教学的需要。这些部件及特有部件被清楚地组织联系起来,查找方便。NI Multisim 包含一些常用部件,包括领先制造商 (如 Analog Device、Linear Technologies、Microchip、National Semiconductor 以及 Texas Instruments) 使用的符号、模型以及 IPC 标准连接盘图形,因而可以向学生介绍工业中使用的部件。

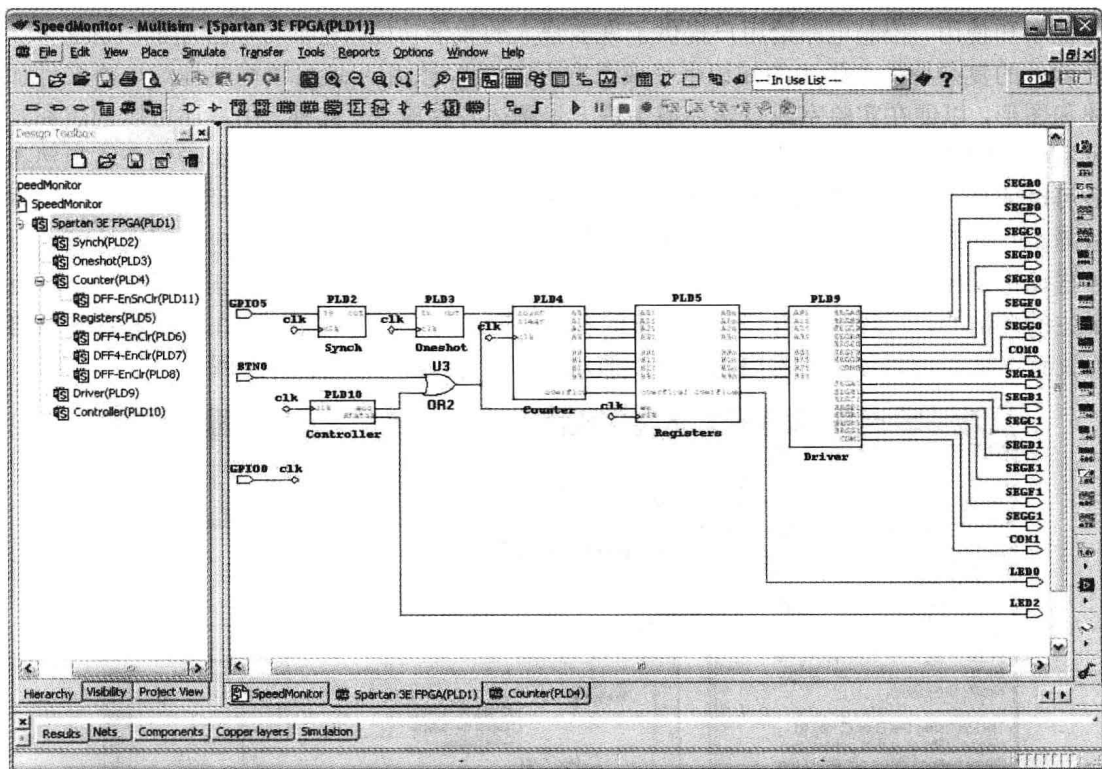


图 1.1.5 使用 PLD 图解简化数字电路的教学

NI Multisim 包含的特有部件列述如下：

- 交互式部件，如仿真运行时可以操作的开关和电位计。
- 动画部件，如可以按照仿真结果更改显示的 LED 和 7 段显示。
- 虚拟部件，允许用户设置任意参数，即便现实中并不存在使用该参数的部件。这对理论概念的演示特别有用。
- 额定部件在特定参数（比如功率或电流）超出额定值时会“熔断”，从而强化学生的学习。
- 3D 部件使用看起来十分真实的图片来替代传统的图解符号，如图 1.1.6 所示。这有助于学生在引论部分能迅速理解图解和实际电路设计的差别。

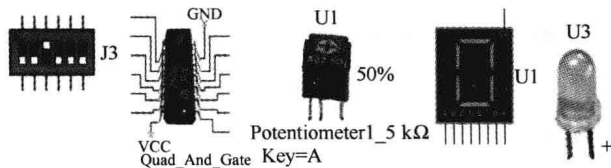


图 1.1.6 NI Multisim 中的 3D 部件

7. 为教学而设计的强大教学功能

NI Multisim 围绕教学的需要而设计，其具有的教学特性简化了电路理念和电子的教学。对 NI Multisim 用户界面以及现有的仪器和分析工具进行自定义设置，可以让学生控制电路的



The screenshot shows the Multisim software interface with a project titled "quizshow *". The main window displays a circuit diagram titled "QUIZ SHOW CIRCUIT". The circuit includes a 5V VCC source, a buzzer (Buzzer A), and two push buttons (J1 and J4) labeled "Key = A" and "Key = R". The circuit is powered by a 5V source. The simulation results show the buzzer ringing and the buzzer being reset.

QUIZ SHOW CIRCUIT

Contestant A
The Contestant on Buzzer A was the first to ring in.

None of the other contestants will be able to ring unless the Judge resets the inputs.

Try Pressing the B or C key to ring in. Observe that pressing these buttons does not affect the output.

Now press the R key to reset the inputs.

EWB (2004-12-01):
This is the input button for Contestant A

EWB (2004-12-01):
This is the Judge's reset button

Simulation - 2004-12-10 12:18:46

Results | **Notes** | **Components** | **PCB Layout**

For Help, press F1

Trans: 0.018 s

图 1.1.7 教学功能

8. 3D 模拟实验板环境中的无风险原型

使用 NI Multisim 3D 模拟实验板环境 (NI ELVIS I 和 NI ELVIS II 系列), 学生可以方便地找到硬件原型。在进入实验室前, 学生可以在 3D 模拟实验板环境下建立自己的电路并进行实验, 如图 1.1.8 所示。

9. 使用 NI LabVIEW 进行自定义设置

通过 LabVIEW 的图形编程功能, NI Multisim 能够引入自定义的虚拟仪器, 从而延伸现有产品的仿真和分析能力。NI Multisim 内的 LabVIEW 虚拟仪器可以用于演示难以理解的或复杂的概念, 比如相量或电梯控制, 如图 1.1.9 所示。因此, 需要时可以使用 LabVIEW 工具创建或编辑 LabVIEW 虚拟仪器来达到目的。

此外, NI Multisim 和 LabVIEW 还可以将仿真数据和测量数据的比较功能集成到工作平台内。这样, LabVIEW 不仅可以从硬件收集测量数据, 还可以接收 NI Multisim 的仿真输出数据。

由于两组数据处在同一个界面下，因此比较和关联变得很简单。LabVIEW 能够分析出硬件原型是怎样与仿真期望结果产生偏差的。

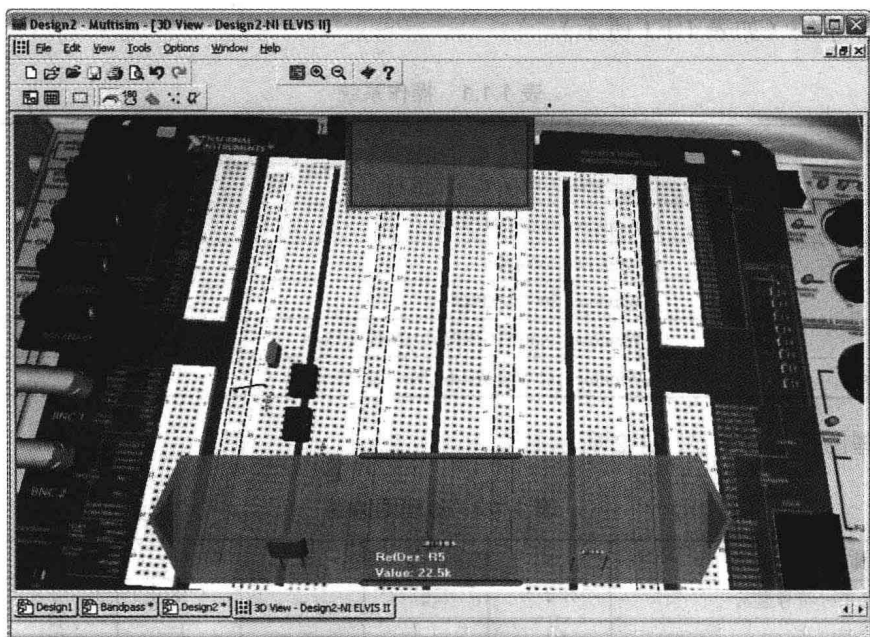


图 1.1.8 NI Multisim 中的 3D 模拟实验板环境

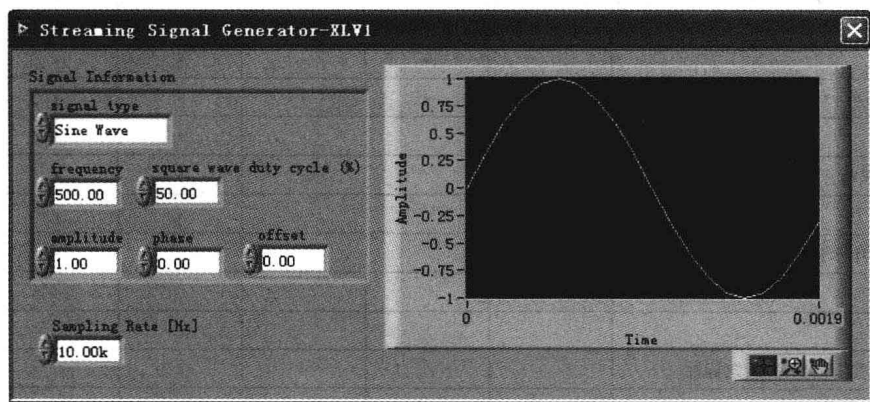


图 1.1.9 LabVIEW 仪器相量图

10. 用于高级设计的专业功能

NI Multisim 不仅是世界上使用最广泛的电子教学软件，而且还是专业电子设计自动化 (EDA) 市场上很受欢迎的一款工具。它的许多功能超出了很多学生的需要，可供高级课程设计、研究生工作或研究项目使用。

NI Multisim 包含的专业功能包括：项目管理，强大的总线支持，分级和多层设计，印制电路板 (PCB) 布局的限制设计，功能强大的电子表格视图，可自动生成与用户指定参数相匹配电路的电路向导以及变量支持等等。NI Multisim 的专业功能可以很容易地处理更复杂的设计，从而使学生能应对未来复杂工程的挑战。



11. NI Multisim 版本比较

下面列出了从以前的 Electronics Workbench 5 到现在的 NI Multisim 11.0 所发生的变化。

(1) 操作系统 (如表 1.1.1 所示)。

表 1.1.1 操作系统

版 本	操 作 系 统
EWB 5	Windows 3.1/NT/95
NI Multisim 6 to 8	Windows 95/98/NT/2000
NI Multisim 9	Windows 2000/XP
NI Multisim 10	Windows 2000 SP3/XP
NI Multisim 10.1	Windows 2000 SP3/XP/Vista/64-bit Vista
NI Multisim 11.0	Windows XP/Vista/64-bit Vista & Windows 7

(2) 原理图捕捉 (如表 1.1.2 所示)。

表 1.1.2 原理图捕捉

捕 捉 功 能	5	6~8	9	10	10.1	11.0
标准逻辑组件的单一符号显示	•	-	-	•	•	•
电路限制 *	•	•	•	•	•	•
黑盒 *	•	•	•	•	•	•
子电路	•	•	•	•	•	•
交互式组件		•	•	•	•	•
层次框		•	•	•	•	•
额定/3D 虚拟组件 *		•	•	•	•	•
嵌入式问题			•	•	•	•
交互式部件的鼠标点击控制				•	•	•
开关模式电源				•	•	•
虚拟 NI ELVIS II 示意图和 3D 视图*					•	•
全局连接器						•
页内连接器						•
利用 Ultiboard 重新构建前/后向标注						•
所见即所得网络系统						•
项目打包和归档						•
示例查找器						•

(3) 仿真 (如表 1.1.3 所示)。

表 1.1.3 仿真

仿 真 功 能	5	6~8	9	10	10.1	11.0
SPICE 仿真	•	•	•	•	•	•
XSPICE 仿真		•	•	•	•	•
导出至 Excel 和 LabVIEW		•	•	•	•	•
部件创建向导		•	•	•	•	•

(续表)

仿真功能	5	6~8	9	10	10.1	11.0
导入/导出至.LVM 和.TDM			•	•	•	•
自定义 LabVIEW 仪器			•	•	•	•
SPICE 收敛助手				•	•	•
BSIM 4 MOSFET 模型支持				•	•	•
温度仿真参数				•	•	•
为分析增加仿真探针				•	•	•
测量探针				•	•	•
微控制器(MCU)仿真				•	•	•
MCU C 代码支持				•	•	•
自动化 API				•	•	•
输入/输出 LabVIEW 仪器					•	•
BSIM 4.6.3						•
支持 BSIMSOI、EKV、VBIC						•
高级二极管参数模型						•
SPICE 网表查看器						•
图形标注						•
图形智能图例						•
NI 硬件连接器						•
仿真驱动仪器	7	18	20	22	22	22
集成 NI ELVIS 仪器	-	-	-	-	6	6
LabVIEW 仪器	-	-	4	4	4	6
分析次数	14	19	19	19	19	20

1.2 NI Multisim 11 中的 PLD 仿真环境

下面先介绍一下怎样进入 PLD 编辑界面：

单击“Place”，在下拉菜单中选择“New PLD Subcircuit”选项，如图 1.1.10 所示。

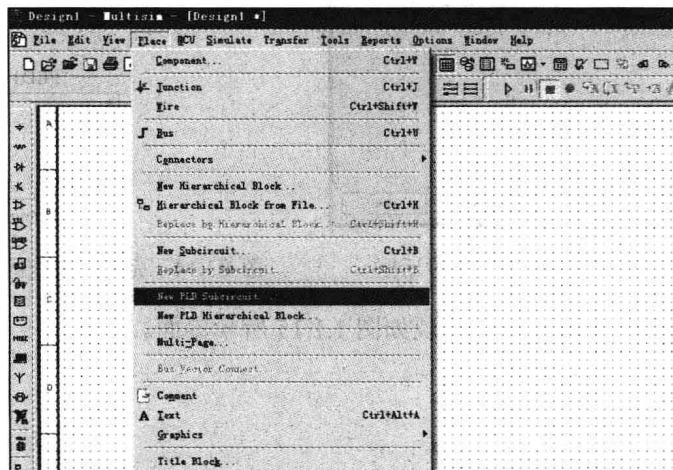


图 1.1.10 选择“New PLD Subcircuit”选项