

国家精品课程配套教材

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

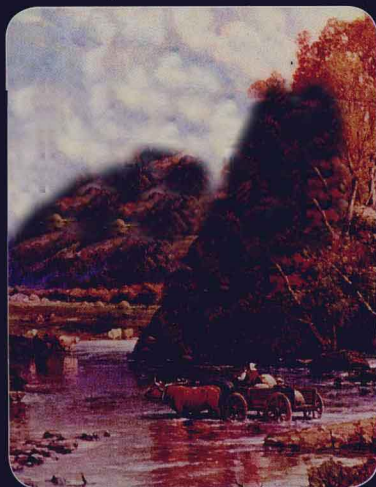
基于Proteus的单片机课程的基础实验与课程设计

Proteus Microcontroller Course Experiments and Curriculum Design

张毅刚 主编

杨智明 付宁 副主编

- C51语言编程，以Proteus为设计和仿真平台
- 提供丰富的设计案例以及基础实验与课程设计题目
- 基于任务的学习，以提高实践能力为目标



名家系列



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

国家精品课程配套教材

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

基于Proteus的单片机课程的基础实验与课程设计

Proteus Microcontroller Course
Experiments and Curriculum Design

张毅刚 主编

杨智明 付宁 副主编



名家系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

基于Proteus的单片机课程的基础实验与课程设计 /
张毅刚主编. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2012. 4
21世纪高等学校计算机规划教材
ISBN 978-7-115-27616-2

I. ①基… II. ①张… III. ①单片微型计算机—系统设计—应用软件, PROTEUS—高等学校—教材 IV.
①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第032159号

内 容 提 要

本书从实用角度出发, 介绍如何使用功能强大的虚拟仿真工具 Proteus 进行单片机应用系统的虚拟设计与仿真。本书首先对 Proteus 的基本功能及特性进行概括性介绍, 然后介绍在 Proteus 的 ISIS 下进行 AT89S51 单片机应用系统的原理电路设计以及在 Keil μ Vision3 开发环境下进行 C51 语言程序开发, 最后详细介绍如何使用 Proteus 来进行虚拟设计、仿真以及调试, 同时结合课程内容给出了 15 个基于 Proteus 的虚拟仿真设计实例, 供读者学习和借鉴。最后列出的数十个基础实验和课程设计题目可作为基础实验和课程设计实践教学环节的作业题目, 也可作为课后综合性设计训练的大作业题目。

本书可作为各高校与职业技术学院涉及单片机应用专业的学生单片机课程的基础实验和课程设计环节的教材, 也可作为广大工程技术人员学习、掌握单片机系统虚拟仿真技术的参考书。

21 世纪高等学校计算机规划教材

基于 Proteus 的单片机课程的基础实验与课程设计

◆ 主 编 张毅刚

副 主 编 杨智明 付 宁

责任编辑 武恩玉

执行编辑 董 楠

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.5

2012 年 4 月第 1 版

字数: 384 千字

2012 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-27616-2

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前言

英国 Labcenter Electronics 公司推出的 Proteus 是能对单片机应用系统进行软硬件设计、开发和运行的虚拟仿真软件,该软件受到世界各地从事单片机应用开发公司的青睐,并在全球各大高校的单片机课程教学中得到应用。

使用 Proteus 软件进行单片机系统的虚拟仿真,为课程实践性教学环节提供了一个接近完全真实运行的实验环境。Proteus 在单片机课程中的应用使课程的教学模式发生了根本性的变化。由于单片机原理是一门对实践环节要求较高且与实际应用密切结合的课程,如何把实践环节与课堂讲授有机地结合起来,使学生具有较强的软硬件设计与调试能力和实际动手能力是课程教学的主要目的。因此摒弃传统的教学模式,顺应新技术发展潮流,利用性能优越的开发工具,可提高课程的教学质量。如何建立起一套基于 Proteus 的课程体系架构,并以培养学生的实际设计、调试能力作为基本出发点是单片机课程教学深入改革的重要任务。

本书为作者负责的国家精品课程深入教学改革与课程建设的部分内容,同时也是哈尔滨工业大学教学方法与考试方法改革项目的研究内容。教学改革实践证明,在基础实验与课程设计(或大作业)教学环节中,给学生布置一定数量的基础实验项目与课程设计题目,要求学生尽量独立完成且虚拟仿真通过,对巩固基本知识点以及提高实际设计调试能力很有益处。

本书为基础实验环节和课程设计环节提供了相当数量的题目,这些题目也是近年来的课程教学中学生所完成的基础实验、课程设计以及大作业题目的积累与总结。

本书重点介绍如何在 Proteus ISIS(智能电路原理图的设计)下来设计一个单片机应用系统的原理电路图,如何使用 Keil μ Vision3 集成化开发平台来进行 C51 程序的开发,以及如何对一个单片机应用系统进行虚拟仿真及调试。Proteus ARES 的 PCB 设计并不是本书所要介绍的内容。

全书共分 7 章。第 1 章是对 Proteus 软件平台的基本功能介绍,可使读者对 Proteus 的整体功能及性能有一个概括的了解。第 2 章介绍如何在 Proteus ISIS 开发环境下完成单片机应用系统的硬件原理电路设计。第 3 章对 Proteus 下的各种虚拟仿真工具和手段进行了介绍。第 4 章介绍了如何使用 Keil μ Vision3 集成化开发平台来进行一个单片机系统 C51 程序的开发以及 Proteus 与 Keil μ Vision3 的联调。第 5 章给出 15 个基于 Proteus 的虚拟仿真设计实例及 C51 源程序清单,供读者参考和借鉴。第 6 章列出 22 个基础实验题目及实验要求,供学生在基础实验环节中使用。第 7 章的 55 个课程设计题目可作为课程设计环节的题目,也可作为课后综合性设计训练的大作业题目。

无论是基础实验题目还是课程设计题目,当虚拟仿真通过后,如有条件最好能在模块化的硬件实验系统(例如广州风标电子的 E 型模块化的实验系统)进行验证通过,因为 Proteus 的虚拟仿真虽然反映了单片机系统大多数运行情况,但毕竟是在完全理想条件下的仿真。

在本书出版之际，特别感谢广州风标电子有限公司总经理匡载华先生为本书的编写出版给予的大力支持和帮助，非常感谢广州风标电子有限公司提供的技术资料、网络版的 Proteus 仿真实验平台以及与其配套的 E 型模块化实验装置。

本书由哈尔滨工业大学电气工程及自动化学院张毅刚担任主编，杨智明、付宁担任副主编。此外，参加编写工作的还有乔立岩、赵光权、刘大同、刘兆庆、刘旺、俞洋、梁军、马云彤、彭宇等诸位教师，研究生潘邵武、满源也为本书部分程序的调试和题目的虚拟设计付出了辛勤的劳动。

本书为第 5 章、第 6 章与第 7 章均提供了原理电路设计文件（.dsn 文件）和可执行代码文件（.hex 文件），并为第 5 章的设计实例提供了 C51 程序的源代码，读者可从本课程的国家精品课程网站（<http://hitjpkc.hit.edu.cn/JPWork/ShowJpkc.asp?ID=17>）或人民邮电出版社教学服务与资源网（www.ptpedu.com.cn）下载。此外，还可从上述网站中下载有关介绍 Proteus 软件开发平台的有关资料。读者可通过对网站提供的原理电路文件的仿真运行来查看题目的原理电路设计以及虚拟仿真运行结果，便于学生更加明确题目要求，同时也为读者提供设计参考与借鉴。

由于时间仓促，书中的错误及疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，并请与作者本人（邮箱：zyg@hit.edu.cn）联系。

编者

2012 年 3 月于哈尔滨工业大学

目 录

第 1 章 Proteus 功能概述.....1

- 1.1 Proteus 虚拟仿真功能概述.....1
- 1.2 Proteus ISIS 的虚拟仿真模式.....4
- 1.3 单片机应用系统的 Proteus 仿真.....5
- 1.4 Proteus ARES 的 PCB 设计功能.....7

第 2 章 Proteus ISIS 的电路原理图设计.....11

- 2.1 Proteus 软件的安装与运行.....11
- 2.2 Proteus ISIS 环境简介.....12
 - 2.2.1 ISIS 各窗口简介.....12
 - 2.2.2 主菜单栏.....13
 - 2.2.3 主工具栏.....16
 - 2.2.4 工具箱.....17
 - 2.2.5 仿真工具栏.....19
 - 2.2.6 元件列表.....19
 - 2.2.7 预览窗口.....20
 - 2.2.8 原理图编辑窗口.....20
- 2.3 ISIS 的编辑环境设置.....21
 - 2.3.1 选择模板.....21
 - 2.3.2 选择图纸.....21
 - 2.3.3 设置文本编辑器.....22
 - 2.3.4 设置网格.....22
- 2.4 Proteus ISIS 的系统参数设置.....22
 - 2.4.1 设置系统运行环境.....22
 - 2.4.2 设置路径.....23
 - 2.4.3 设置快捷键.....24
- 2.5 ISIS 环境下的电路原理图设计.....24
 - 2.5.1 新建或打开一个设计文件.....24
 - 2.5.2 选择需要的元件到元件列表.....26
 - 2.5.3 放置元件并连接电路.....27

第 3 章 Proteus ISIS 的虚拟仿真工具.....32

- 3.1 虚拟信号源.....32
 - 3.1.1 直流信号源.....32
 - 3.1.2 正弦波信号源.....33
 - 3.1.3 单周期数字脉冲信号源.....35
 - 3.1.4 数字时钟信号源.....36
- 3.2 虚拟仪器.....37
 - 3.2.1 虚拟示波器.....37
 - 3.2.2 虚拟终端.....39
 - 3.2.3 I2C 调试器.....41
 - 3.2.4 SPI 调试器.....44
 - 3.2.5 计数器/定时器.....45
 - 3.2.6 电压表和电流表.....47
- 3.3 图表仿真.....47

第 4 章 C51 程序设计与调试.....50

- 4.1 基于 Keil μ Vision3 的源程序设计.....50
 - 4.1.1 Keil μ Vision3 的工作界面.....50
 - 4.1.2 创建工程.....50
 - 4.1.3 添加用户源程序文件.....53
 - 4.1.4 程序的编译与调试.....55
 - 4.1.5 工程的设置.....58
- 4.2 加载目标代码文件、设置时钟频率及仿真运行.....60
- 4.3 Proteus 与 μ Vision3 的联调.....61

第 5 章 单片机系统的设计仿真实例.....64

- 5.1 例 1——开关检测.....64
 - 5.1.1 设计要求.....65
 - 5.1.2 Proteus 电路设计.....65
 - 5.1.3 Keil μ Vision3 平台下的源程序设计.....67
 - 5.1.4 源程序编译及目标代码文件的生成.....69
 - 5.1.5 加载目标代码文件与设置时钟频率.....70

5.1.6 Proteus 仿真	71	5.9.3 源程序设计	96
5.1.7 有关电路设计的几点说明	71	5.9.4 Proteus 仿真	100
5.2 例 2——流水灯设计	72	5.10 例 10——单片机控制 82C55 产生 500Hz 方波	101
5.2.1 设计要求	72	5.10.1 设计要求	101
5.2.2 Proteus 电路设计	73	5.10.2 Proteus 电路设计	102
5.2.3 源程序设计	73	5.10.3 源程序设计	102
5.2.4 Proteus 仿真	74	5.10.4 电路设计与仿真	104
5.3 例 3——开关闭合状态的检测	75	5.11 例 11——4×4 矩阵键盘的按键识别	104
5.3.1 设计要求	75	5.11.1 设计要求	104
5.3.2 Proteus 电路设计	75	5.11.2 Proteus 电路设计	104
5.3.3 源程序设计	77	5.11.3 源程序设计	106
5.3.4 Proteus 仿真	78	5.11.4 Proteus 仿真	108
5.4 例 4——外部中断实验	79	5.12 例 12——单片机控制字符型 LCD 的显示	110
5.4.1 设计要求	79	5.12.1 设计要求	110
5.4.2 Proteus 电路设计	79	5.12.2 Proteus 电路设计	110
5.4.3 源程序设计	80	5.12.3 源程序设计	111
5.4.4 Proteus 仿真	81	5.12.4 Proteus 仿真	113
5.5 例 5——中断优先级实验	82	5.13 例 13——单片机控制 ADC0809 两路 数据采集	113
5.5.1 设计要求	82	5.13.1 设计要求	113
5.5.2 Proteus 电路设计	83	5.13.2 Proteus 电路设计	114
5.5.3 源程序设计	83	5.13.3 源程序设计	115
5.5.4 Proteus 仿真	85	5.13.4 Proteus 仿真	117
5.6 例 6——方波发生器	85	5.14 例 14——单片机控制 DAC0832 的 波形发生器	118
5.6.1 设计要求	85	5.14.1 设计要求	118
5.6.2 Proteus 电路设计	86	5.14.2 Proteus 电路设计	118
5.6.3 源程序设计、生成目标代码文件	87	5.14.3 源程序设计	119
5.6.4 Proteus 仿真	88	5.14.4 Proteus 仿真	122
5.7 例 7——脉冲分频器的应用	89	5.15 例 15——步进电机的控制	123
5.7.1 设计要求	89	5.15.1 设计要求	123
5.7.2 Proteus 电路设计	89	5.15.2 Proteus 电路设计	123
5.7.3 源程序设计	90	5.15.3 源程序设计	124
5.7.4 Proteus 仿真	91	5.15.4 Proteus 仿真	126
5.8 例 8——60 秒倒计时时钟	91		
5.8.1 设计要求	91		
5.8.2 Proteus 电路设计	92		
5.8.3 源程序设计	93		
5.8.4 Proteus 仿真	94		
5.9 例 9——双机串行通信设计	94		
5.9.1 设计要求	94		
5.9.2 Proteus 电路设计	95		
		第 6 章 基础实验	128
		实验 1 单片机 I/O 口实验—— LED 流水灯	128

实验 2	单片机 I/O 口实验——模拟开关灯	129
实验 3	单个外部中断实验	129
实验 4	中断嵌套实验	130
实验 5	定时器实验	130
实验 6	计数器实验	131
实验 7	串口方式 0 扩展并行输出实验	131
实验 8	串口方式 0 扩展并行输入实验	132
实验 9	双单片机串行通信	132
实验 10	单片机与 PC 之间串行通信实验	133
实验 11	扩展 82C55 并行 I/O 接口实验	133
实验 12	独立式键盘实验	134
实验 13	矩阵式键盘扫描实验	134
实验 14	单片机驱动 1602 液晶显示模块	135
实验 15	DAC0832 的 D/A 转换实验	135
实验 16	ADC0809 的 A/D 转换实验	136
实验 17	I ² C 总线——AT24C02 存储器读写	136
实验 18	单片机控制 16×16 阵列 LED 的显示	137
实验 19	温度传感器 DS18B20 实验	137
实验 20	直流电机控制实验	138
实验 21	步进电机控制实验	138
实验 22	直流电机测速实验	139
附录	各实验的参考电路	140
实验 1	单片机 I/O 口实验—— LED 流水灯	140
实验 2	单片机 I/O 口实验—— 模拟开关灯	140
实验 3	单个外部中断实验	141
实验 4	中断嵌套实验	142
实验 5	定时器实验	143
实验 6	计数器实验	143
实验 7	串口方式 0 扩展并行 输出实验	144
实验 8	串口方式 0 扩展并行 输入实验	145
实验 9	双单片机串行通信	146
实验 10	单片机与 PC 之间串行通信	147
实验 11	扩展 82C55 并行 I/O 接口实验	148
实验 12	独立式键盘实验	149

实验 13	矩阵式键盘扫描实验	150
实验 14	单片机驱动 1602 液晶 显示模块	151
实验 15	DAC0832 的 D/A 转换实验	152
实验 16	ADC0809 的 A/D 转换实验	152
实验 17	I ² C 总线——AT24C02 存储器读写	153
实验 18	单片机控制 16×16 阵列 LED 显示汉字	154
实验 19	温度传感器 DS18B20 实验	155
实验 20	直流电机控制实验	156
实验 21	步进电机控制实验	156
实验 22	直流电机测速实验	157

第 7 章 课程设计题目 158

题目 1	开关检测器的制作	158
题目 2	节日彩灯控制器	159
题目 3	简单的左右循环流水灯的制作	160
题目 4	可控的左右循环流水灯的制作	161
题目 5	单片机实现的顺序控制	162
题目 6	花样流水灯的制作	163
题目 7	扩展 74LSTTL 电路的开关检测器	164
题目 8	单一外中断的应用	165
题目 9	BCD 译码的 2 位数码管 扫描的数字显示	166
题目 10	LCD 电子钟的制作	167
题目 11	LED 数码管秒表的制作	169
题目 12	秒计时的制作	170
题目 13	LCD 显示的定时闹钟制作	174
题目 14	LCD 显示的音乐倒计时计数器	175
题目 15	音乐音符发生器的制作	177
题目 16	数字音乐盒的制作	178
题目 17	基于日历时钟芯片 DS1302 的 日历电子钟设计	179
题目 18	LCD 显示的指针式电子钟	182
题目 19	可编程作息时间控制器设计	183
题目 20	8 位竞赛抢答器的设计	185
题目 21	用定时器设计的门铃	185
题目 22	控制数码管循环显示单个数字	188
题目 23	十字路口交通灯控制器 1	189

题目 24	十字路口交通灯控制器 2	189	题目 38	双机间波特率可选的串行通信	208
题目 25	基于 DS18B20 的数字 温度计设计	192	题目 39	双机串行口方式 1 单工通信	211
题目 26	基于热敏电阻的数字 温度计设计	194	题目 40	双机间的串口双向通信	212
题目 27	8×8 LED 点阵屏模仿 电梯运行的楼层显示	194	题目 41	双机串行口方式 3 通信	212
题目 28	控制 P1 口的 8 只 LED 每 0.5s 闪亮 1 次	197	题目 42	串口多机串行通信的设计	215
题目 29	利用 T1 控制蜂鸣器 发出 1kHz 的音频信号	198	题目 43	数码管显示 4×4 矩阵键盘的键号	217
题目 30	利用定时器在 P1.0 上产生 周期为 2ms 的方波	199	题目 44	LCD 电子广告屏	217
题目 31	电话键盘及拨号的模拟	199	题目 45	波形发生器的制作	217
题目 32	8 只数码管同时显示 8 个 不同字符	201	题目 46	频率计的制作	222
题目 33	测量 $\overline{\text{LNTI}}$ 引脚上的正脉冲宽度	203	题目 47	单片机控制 ADC0809 的 模数转换与显示	222
题目 34	单片机 P1 口控制转弯灯实验	203	题目 48	单片机数字电压表设计	223
题目 35	8 只数码管滚动显示单个数字	205	题目 49	单片机控制串行 A/D 转换器 TLC549	226
题目 36	单片机扩展 82C55 控制交通灯	206	题目 50	小直流电机调速控制系统	227
题目 37	甲机通过串口控制乙机 LED 闪烁	207	题目 51	单片机控制三相单三拍步进电机	229
			题目 52	单片机控制三相双三拍步进电机	231
			题目 53	单片机控制直流电机的转速	231
			题目 54	电容、电阻参数测试系统的设计	235
			题目 55	单片机控制串行 DAC-TLC5615	235
			参考文献		238

第 1 章

Proteus 功能概述

Proteus 软件是由英国 Labcenter Electronics 公司于 1989 年推出,且备受单片机应用爱好者青睐的单片机系统设计的虚拟仿真工具,已在全球得到广泛应用。Proteus 不仅能实现数字电路、模拟电路及数/模混合电路的设计与仿真,而且能为单片机应用系统提供方便的软、硬件设计和系统运行的虚拟仿真,这是 Proteus 最具特色的功能。

1.1 Proteus 虚拟仿真功能概述

Proteus 软件提供了几十个元件库,涉及数字和模拟、交流和直流等上万种元器件,并提供了各种信号源、测试仪器资源。Proteus 支持目前各种流行的单片机机型以及嵌入式微处理器 ARM7 的仿真,为单片机系统的虚拟仿真提供了功能强大的软硬件调试手段。

Proteus 将单片机(或微处理器)仿真与电路仿真结合,以其完美的仿真功能,直接在基于电路原理图的虚拟原型上进行单片机程序的编写与调试,并进行功能验证。在仿真过程中,用户可以用鼠标单击开关、按键、电位计、可调电阻等动态外设模型,使单片机系统根据输入信号做出相应的响应,并将响应处理结果实时地在显示器(例如数码管、LED、LCD 等)上显示,并可驱动各种常用电机等虚拟输出外设,实时看到运行后的输入、输出效果。Proteus 把单片机的程序嵌入到虚拟硬件中,整个过程与真实的软件、硬件调试过程相似,从而实现其他仿真软件所不能实现的仿真效果。当用户在自己的计算机里装上了 Proteus 软件,就如同建立了一个大型的单片机实验室,其中有各种当今流行的单片机芯片,几万种电子元器件和各种测试与测量用的仪器仪表,如示波器、电压表、电流表等,这些即使在真实的实验室中也很难做到。

Proteus 具有的 PCB 电路制版功能可以和 Protel 相媲美,不但功能强大,而且每种功能都毫不逊色于 Protel。

Proteus 的功能模块组成如图 1-1 所示,是一个基于 ProSPICE 混合模式(模拟电路、数字电路以及数/模混合电路)仿真器、完整的嵌入式系统软硬件设计仿真平台。图 1-1 中的各软件模块功能如下。

- (1) ISIS——智能原理图输入与系统设计仿真平台。
- (2) VSM——嵌入式虚拟仿真器。
- (3) ProSPICE——数字电路与模拟电路混合模式仿真器。
- (4) ARES——高级 PCB 布线编辑软件。

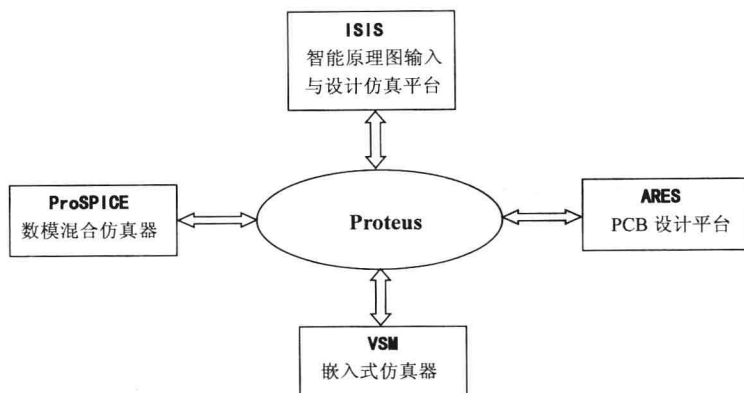


图 1-1 Proteus 的功能模块

使用 Proteus 软件可将许多单片机实例的功能以及运行过程形象化。Proteus 的特点如下。

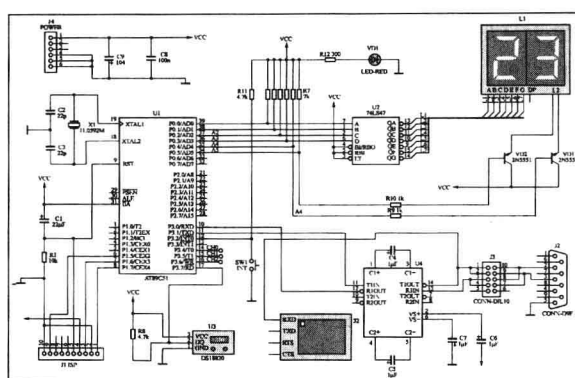
(1) Proteus 除了既可仿真模拟电路又可仿真数字电路以及数字、模拟混合电路外，其独具的特色是能够仿真各种单片机及嵌入式处理器。在单片机仿真模型库里有 51 系列、PIC 系列、AVR 系列、摩托罗拉的 68MH11 系列、MSP430 系列以及 ARM7 等常用的嵌入式控制器和嵌入式处理器。此外，Proteus 还能对单片机的外围电路芯片进行仿真，如 RAM、ROM、总线驱动器、各种可编程外围接口芯片、数码管显示器、LCD 显示模块、矩阵式键盘、实时时钟芯片以及多种 D/A 和 A/D 转换器等，可直接对这些芯片模型进行调用。

(2) 具有各种仿真仪器仪表工具，如示波器、逻辑分析仪、各种信号发生器、计数器、电压源、电流源、电压表、电流表、虚拟终端等，同一种仪器仪表可在同一电路中随意调用。除了仿真实现存在的仪器外，Proteus 还提供了一个与示波器作用相似的图形显示功能，可将线路上变化的信号以图形的方式实时显示出来。仿真时，可以运用这些虚拟仪器仪表及图形显示功能来演示程序和电路的调试过程，从而更清晰地观察到程序和电路设计调试中的细节，更容易发现程序和电路设计过程中的问题。

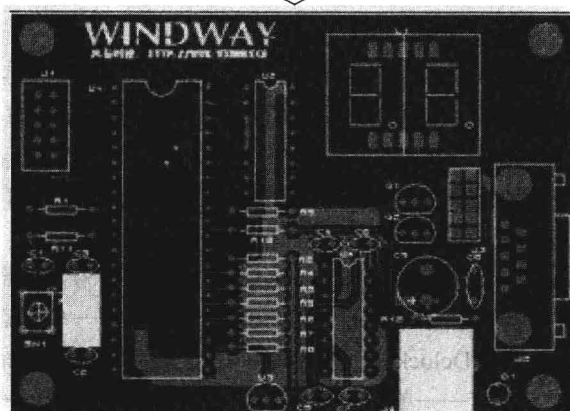
(3) 可以进行软、硬件结合的系统仿真，且仿真是交互的、可视化的。该软件平台不但可以模拟硬件系统，而且可以把编译好的程序代码装入仿真元件中，通过仿真系统的运行，可以像焊接好的单片机应用系统的电路板一样看到系统的执行效果。同时也支持第三方的软件编译和调试环境，例如与 Keil、Mplab 等软件结合使用，可达到更好的仿真效果。在应用设计中，该软件兼顾仿真、调试、制板功能，用它可取代编程器、仿真器、成品前的硬件测试等工作，使得单片机系统调试的时间大为缩短，降低系统开发成本，效益明显。

在 Proteus 中，从原理图设计、单片机编程、系统仿真到 PCB 设计一气呵成，真正实现了从原理图设计到 PCB 设计，再到电路板制作的完成，整个过程如图 1-2 所示。

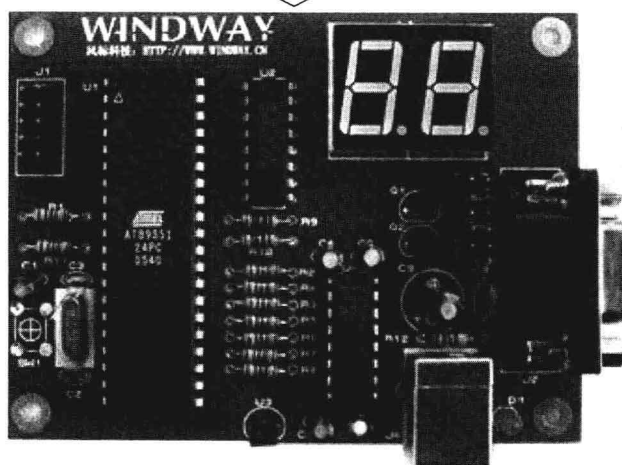
在图 1-2 中上方图片是一个单片机系统的电路原理图，显示的画面是系统正处于执行软件的仿真运行状态，是由 ISIS 软件模块与 VSM 模块完成的。设计者可从 Proteus 元件库中调用所需的库元件，然后通过合适的连线即可。可通过单击单片机芯片加入已编译好的可执行的程序文件（.hex 文件），然后进行仿真运行。中间图片是运用 Proteus 的 ARES 软件模块的 PCB 制版功能设计出的电路板，可通过原理图生成网络表后设计布局而成。下方图片是根据所设计的 PCB 加工而成的电路板和安装焊接完成后的实际电路。



电路原理图与虚拟仿真



印刷电路板



实际的电路板

图 1-2 Proteus 的设计过程

由上可见，整个电路从设计到实际电路制作完成，都是通过 Proteus 这一软件开发平台来实现，且仿真结果与实际的单片机应用系统差距很小，这可使单片机应用系统的设计周期缩短，成本降低，且提高了设计成功率。

本书重点介绍如何使用 Proteus 软件来进行单片机应用系统的虚拟设计与仿真,即图 1-2 中最上方图片所示的功能实现。至于从原理图设计到 PCB 设计,再到电路板制作完成步骤,即图 1-2 的中间图片和下方图片效果的实现,以及对模拟电路、数字电路还有模拟、数字电路的混合系统的设计与仿真,本书不做介绍。对这部分内容感兴趣的读者可参阅相关书籍。

1.2 Proteus ISIS 的虚拟仿真模式

Proteus 软件的 ISIS 原理图设计界面下,还同时支持电路的虚拟仿真模式(VSM)。当电路连接完成无误后,单击单片机芯片载入.hex 文件,直接运行仿真按钮,即可实现声、光及各种动作等的逼真效果,以检验电路硬件及软件设计的对错,非常直观。

Proteus 的 VSM 有两种不同的仿真方式:交互式仿真和基于图表的仿真(ASF)。

(1) 交互式仿真:实时直观地反映电路设计的仿真结果。

(2) 基于图表的仿真:用来精确分析电路的各种性能,如频率特性、噪声特性等。

Proteus 的 VSM 中整个电路分析是在 ISIS 原理图设计模块下延续下来的,原理图中可包含的各种仿真工具如下。

(1) 探针:探针可直接布置在线路上,用来测量电路某点的电压/电流信号。

(2) 各种激励信号源:用于激励电路系统的各种信号源,主要包括:

DC——直流电压源;Sine——正弦波发生器;Dedge——跳沿信号发生器;Pulse——脉冲发生器;Audio——音频信号发生器,数据来源于 wav 文件;Dstate——单稳态逻辑电平发生器;Dpulse——单周期数字脉冲发生器;Dclock——数字时钟信号发生器;Dpattern——模式信号发生器;Exp——指数脉冲发生器;SFFM——单频率调频波信号发生器;Pwlin——任意分段线性脉冲信号发生器;File——File 信号发生器,数据来源于 ASC II 文件。

Proteus 激励源的各种可编辑格式示例如图 1-3 所示。

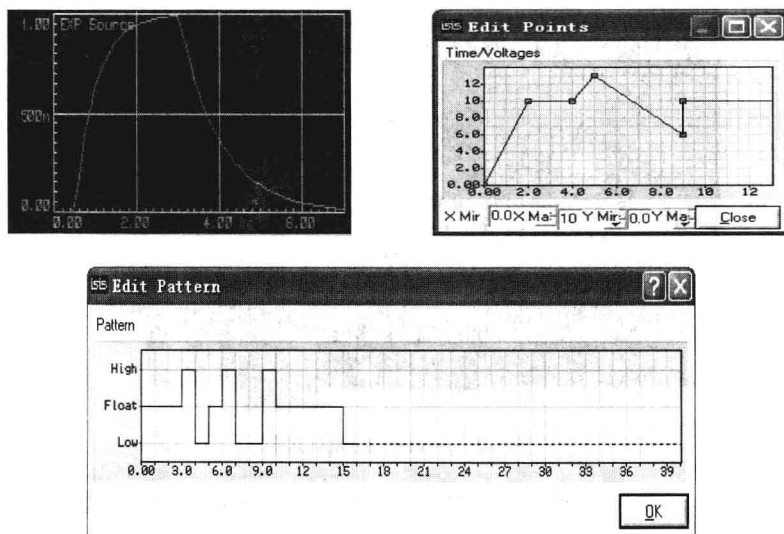


图 1-3 Proteus 激励源的各种可编辑格式示例

(3) 各种虚拟仪器及调试器：用于观测电路的运行状况，主要包括：

- 虚拟示波器 (OSCILLOSCOPE)。
- 逻辑分析仪 (LOGIC ANALYSER)。
- 信号发生器 (SIGNAL GENERATOR)。
- 计数器、定时器 (COUNTER TIMER)。
- 交直流电压表和电流表 (AC/DC voltmeters/ammeters)。
- 模式发生器 (PATTERN GENERATOR)。
- 虚拟终端 (VIRTUAL TERMINAL)。
- I²C 调试器 (I²C DEBUGGER)。
- SPI 调试器 (SPI DEBUGGER)。

如图 1-4 所示为 Proteus 的部分虚拟仪器，例如虚拟终端显示器，四通道示波器和 SPI、I²C 调试器以及 I²C 总线调试窗口的示例。

(4) 曲线图表：用于分析电路的参数指标。

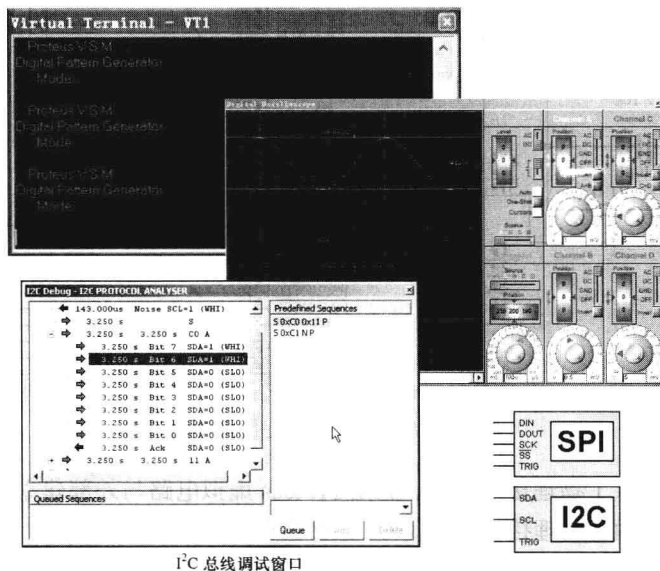


图 1-4 Proteus 的部分虚拟仪器的示例

1.3 单片机应用系统的 Proteus 仿真

Proteus 中的单片机及各种微处理器模型有：8051/8052 系列、PIC、AVR、ARM7 (LPC21xx)、Motorola HCXX、MSP430 以及 ARM7 等。模型库中还包含了 LED/LCD 显示、键盘、按钮、开关、常用电机等各种通用外围设备。VSM 也可仿真多个单片机，能完成两个或两个以上单片机的应用系统设计。

Proteus VSM 的主要特色是能对各种单片机应用系统进行交互式仿真。用户可在 Proteus 中直接编辑、编译、调试代码，并直观地看到仿真结果。

下面是一个单片机应用系统交互式仿真的例子。AT89C51 单片机控制液晶显示器实时显示输

出。单片机的程序可通过 Keil（支持 C51 和汇编语言编程）软件平台编辑、编译成可执行的“*.hex”文件后，直接用鼠标双击单片机上的 AT89C51 芯片，把“*.hex”文件载入即可。单击 ISIS 界面的仿真运行按钮，如果程序无误，且硬件电路连接正确，则会出现如图 1-5 所示的仿真结果。其中，每个元器件各引脚还会出现红、蓝两色的方点（在微机显示器上可以分辨出颜色），来表示此时的引脚电平高低。红色为高电平，蓝色为低电平。

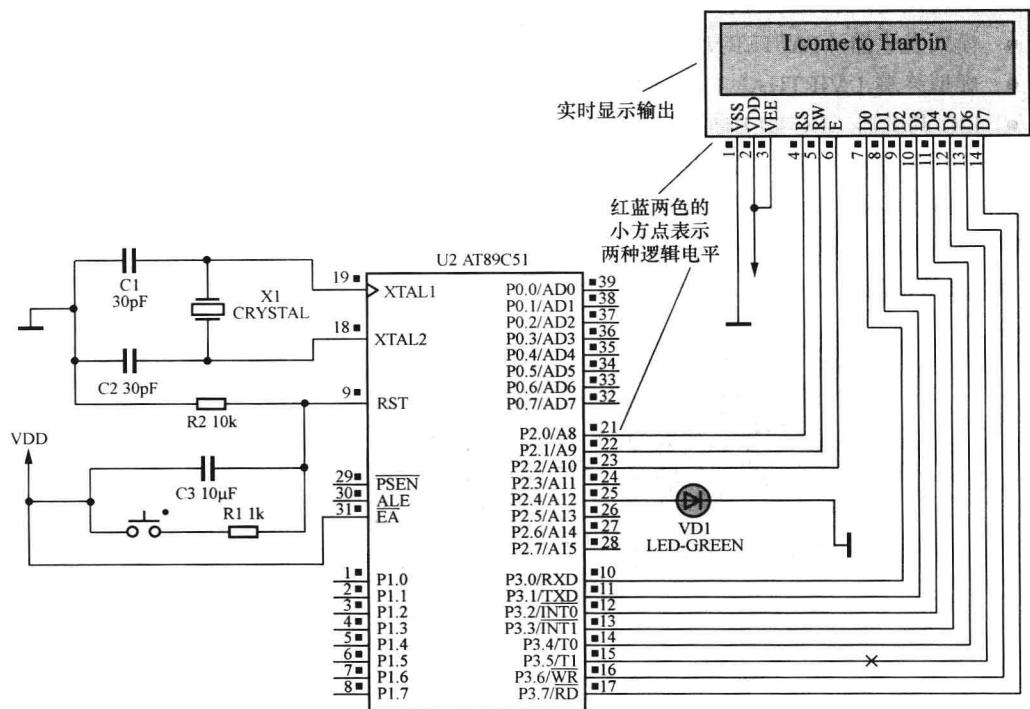


图 1-5 单片机系统交互仿真实例

Proteus VSM 还提供了物理接口模型，它是 Proteus 虚拟电路与外部建立通信的桥梁。目前的 Proteus VSM 中有以下两种物理接口模型。

(1) **COMPIM**（串口物理接口模型）：仿真电路通过本机的 RS232 接口与外部通信。由于有了该仿真接口模型，调试单片机与 PC 机串行通信时，单片机串口与串口的物理模型相连，即可观察到出现在虚拟的单片机串口上出现的数据。

(2) **EPIM**（以太网物理接口模型）：仿真电路通过本机的网络接口与外部通信，目前有 RTL8019AS 和 ENC28J60 两种控制器模型。

下面以 COMPIM 串口仿真模型为例，来说明如何实现虚拟仿真电路与外部实际电路的双向通信，如图 1-6 所示。

图 1-6 中的 P1 为虚拟串口，通过适当的设置和引用，可以直接模拟与实际电路一样的串行通信效果。图中的单片机温度测量板将实际测得的温度值从温度测量板的串行口，通过图中的串行电缆传输到 PC 机的串行口。由于有了串口物理接口模型，可将测得的温度值在虚拟的显示器上显示出来，因而不必担心单片机与 PC 机之间的串行通信如何来仿真的问题。

对于 EPIM，使用该模型可以实现虚拟仿真电路通过本地网卡与局域网内其他计算机的双向网络通信，如何进行仿真读者可参阅相关资料。

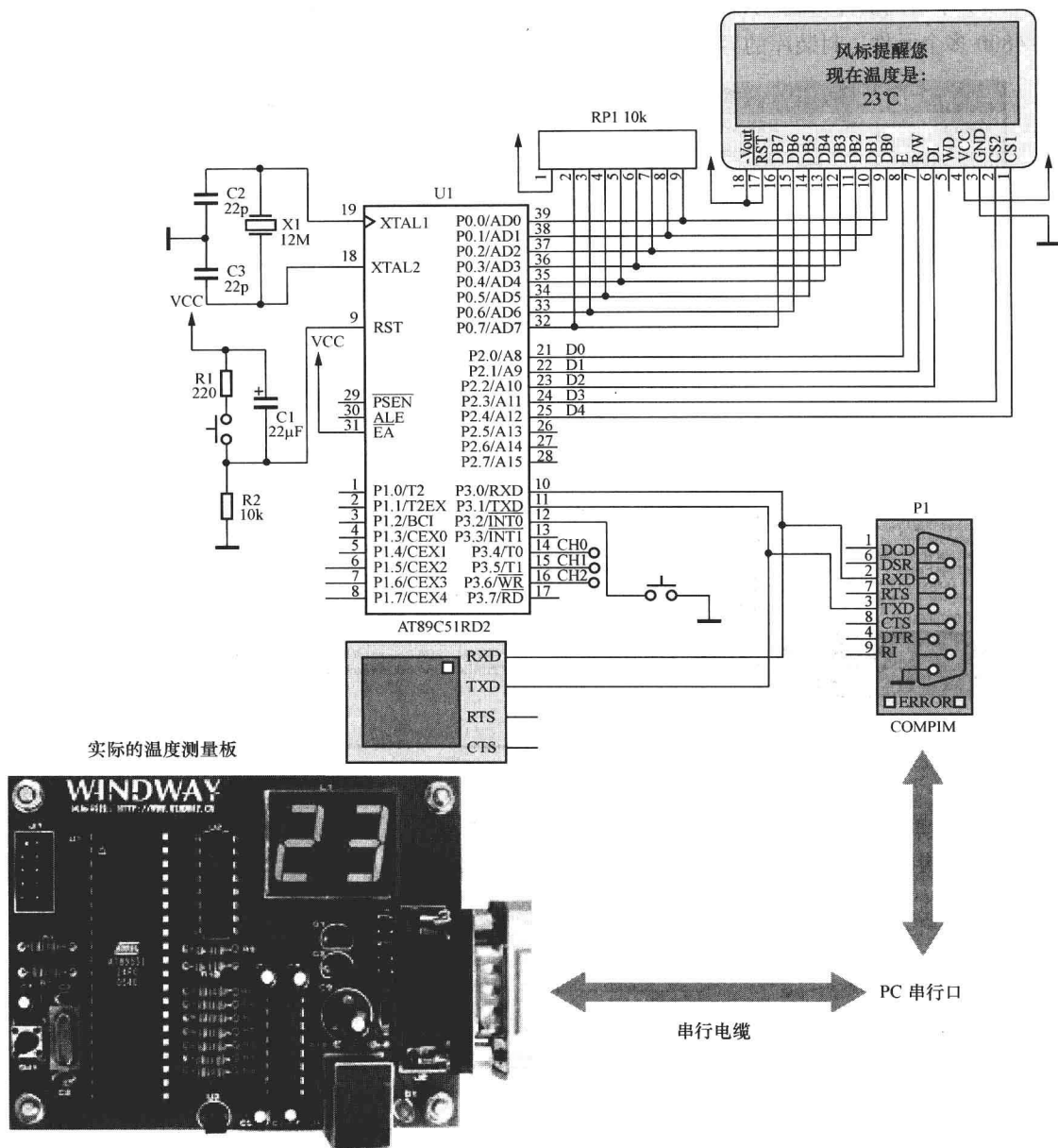


图 1-6 虚拟仿真电路与外部实际电路的双向通信

1.4 Proteus ARES 的 PCB 设计功能

Proteus 不仅能完成电路的仿真与分析, 还可以通过 ARES 软件模块来完成 PCB 设计。ARES 集成了世界级的基于形状的布线器, 能够轻松完成一般的布线。ARES 的主要功能及特点如下。

- (1) 工程 (Project) 管理简单、易操作。
- (2) 支持 16 个铜箔层、2 个丝印层、4 个机械层加板边、禁止布线区、阻焊区及锡膏覆盖区。

(3) 丰富的器件封装。ARES 的封装库包括标准的 SMT 封装、IPC7351 封装和双列直插封装，共 4800 多个元件。封装库的界面如图 1-7 所示。

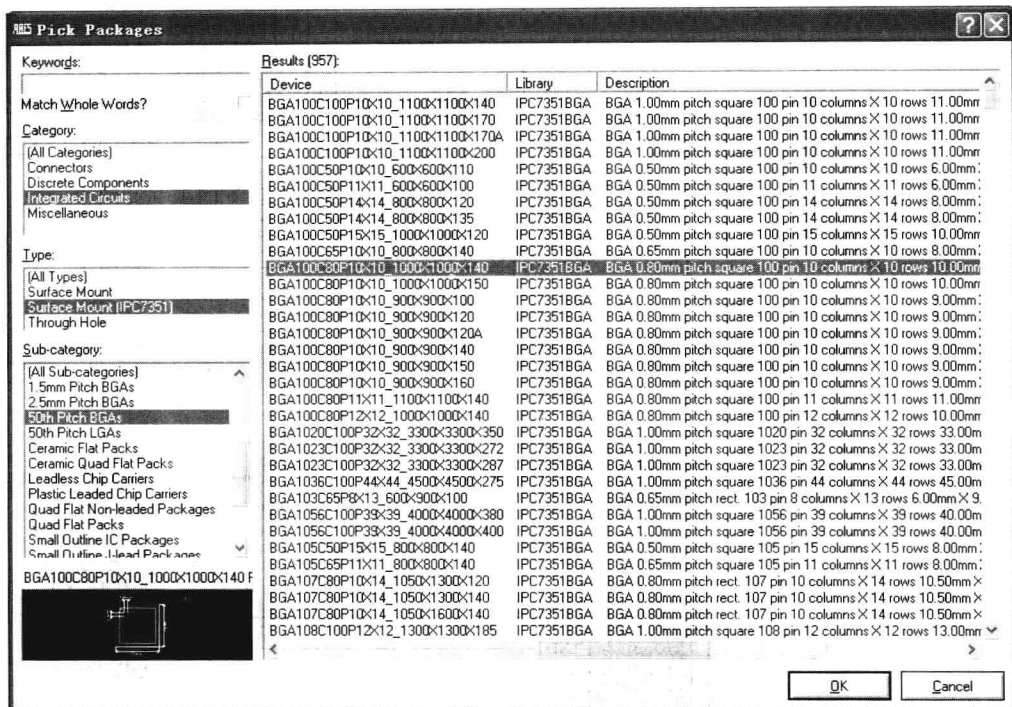


图 1-7 封装库的界面

(4) 增强的设计规则管理器。用户可以通过设计规则管理器配置设计规则对特定的层、特定的网络或一组网络进行管理，还可以创建任意数量的设计规则。规则管理器的界面如图 1-8 所示。

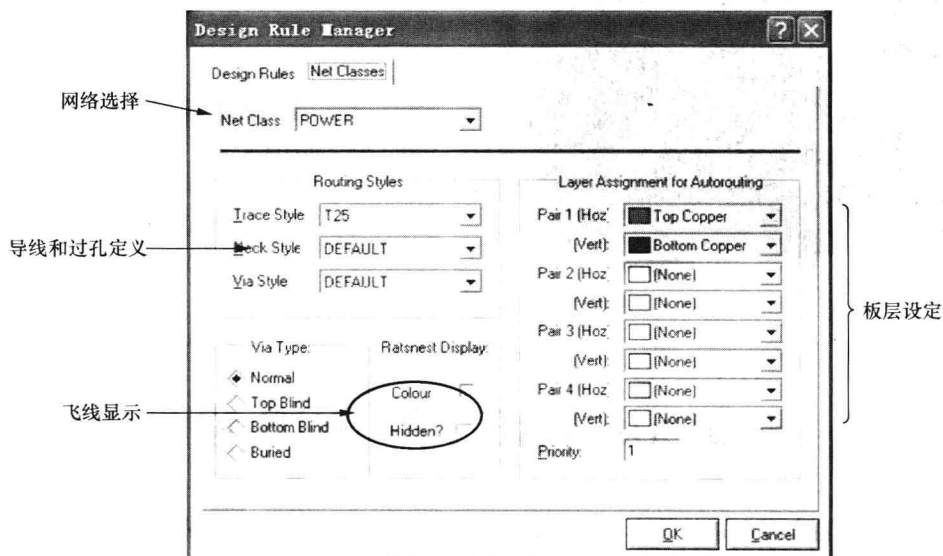


图 1-8 规则管理器的界面

(5) 自动布局与布线。ARES 支持手工与自动布局布线。在布局时可以任意角度摆放器件，