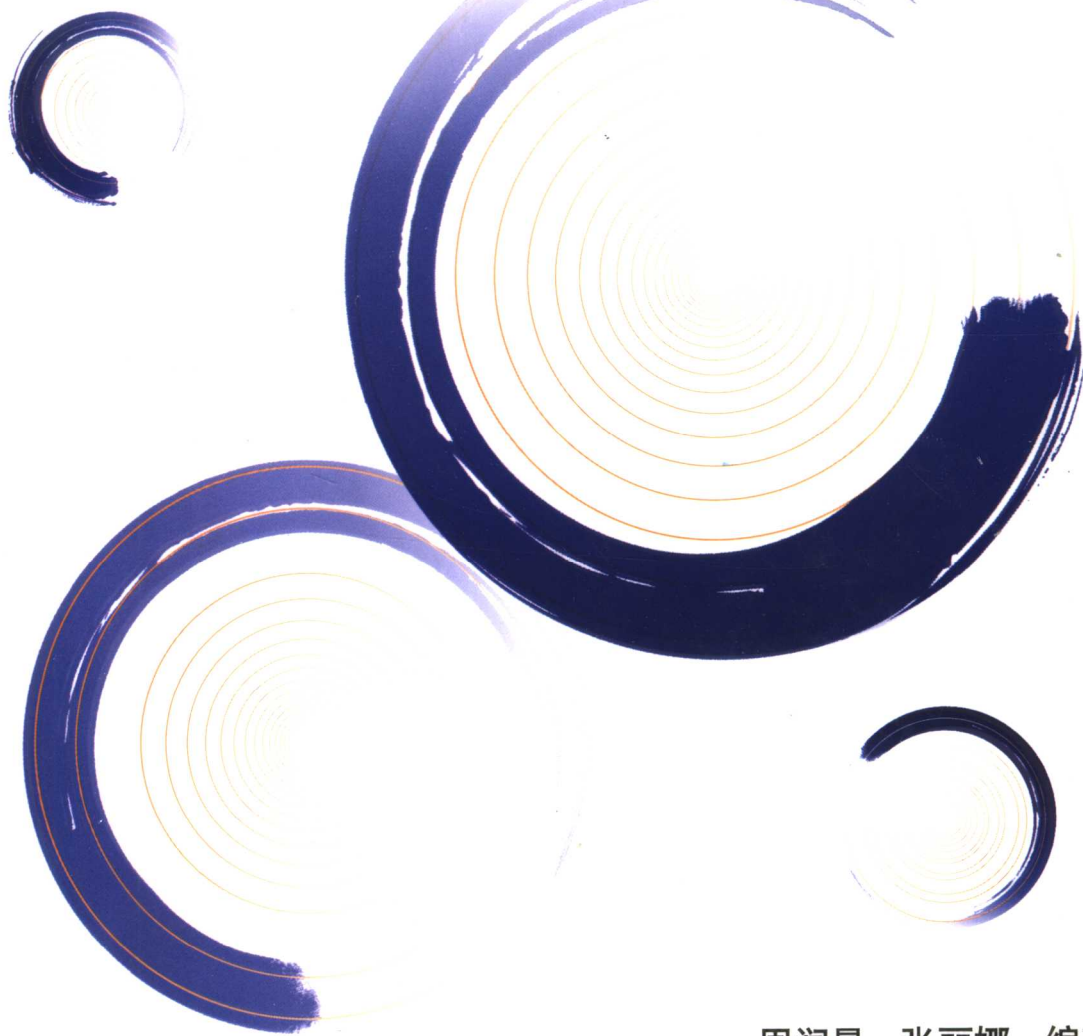


基于PROTEUS的应用开发系列



周润景 张丽娜 编著

基于PROTEUS的 AVR单片机设计与仿真



北京航空航天大学出版社

基于 PROTEUS 的应用开发系列

基于 PROTEUS 的 AVR 单片机设计与仿真

周润景 张丽娜 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

以 ATMEL 公司的 AVR 单片机 AT90S8535 的结构为主线,讲述 AVR 系列单片机的内部结构、接口及其应用。采用基于 PROTEUS 软件的单片机系统仿真功能,对 AT90S8535 内含的 EEPROM 存储器、方向可定义的 I/O 端口、中断系统、定时器/计数器、模拟量输入接口及串行接口等内部资源的工作原理用实例加以分析,并附 10 个综合应用实例。同时介绍了新型 AVR 单片机,并附以应用实例。为了满足单片机开发中提高系统可靠性以及系统改进和功能扩充的要求,本书应用 IAR Embedded Workbench 集成开发环境开发 AVR 系列单片机 C 语言程序,并提供了 10 个 AVR C 语言应用实例及其分析、仿真结果。所附光盘包含书中所有例子的电路原理图和程序源代码,并附有 IAR 公司提供的用于 AVR 程序调试的 32K 免费版安装软件。

本书既可作为从事 AVR 单片机系统开发的工程技术人员以及广大电子爱好者的参考用书,也可作为高等院校师生的单片机系统教学、学生实验、课程设计、毕业设计及电子设计竞赛等提供帮助。

图书在版编目(CIP)数据

基于 PROTEUS 的 AVR 单片机设计与仿真/周润景,张丽娜
编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2007.7

ISBN 978-7-81124-068-9

I. 基… II. ①周…②张… III. ①单片微型计算机—系统设计—应用软件,PROTEUS②单片微型计算机—系统仿真—应用软件,PROTEUS IV. TP368

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 099589 号

© 2007,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书及其所附光盘的内容。侵权必究。

基于 PROTEUS 的 AVR 单片机设计与仿真

周润景 张丽娜 编著

责任编辑 冯 颖

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话 (010)82317024 传真 (010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpresse@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张:36 25 字数 928 千字

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷 印数 5 000 册

ISBN 978-7-81124-068-9 定价 56.00 元(含光盘 1 张)

前言

AVR 单片机是 ATMEL 公司 1997 年推出的全新配置精简指令集(RISC)单片机系列。片内程序存储器采用 Flash 存储器,可反复编程修改上千次,便于新产品的开发;程序高度保密,避免非法窃取;速度快,大多数指令的执行仅用 1 个晶振周期,而 MCS-51 单片机单周期指令的执行也需要 12 个晶振周期;可采用 C 语言编程,从而能高效、快速地开发出目标产品;采用 CMOS 工艺生产,功耗低;有主电源 3 V 以下的品种,进一步降低功耗,一般只需几个毫安(mA);还有多种低功耗方式,在掉电方式下的工作电流小于 1 μ A。

AVR 单片机已形成系列产品,其中 ATtiny、AT90 及 ATmega 分别对应低、中、高档产品。根据用户的不同需要,可选择不同档次的产品。

本书以 AT90S8535 单片机为主线讲述 AVR 单片机。采用 PROTEUS 软件仿真 AT90S8535 单片机 I/O 端口的输入/输出方式、EEPROM 读/写过程、中断的使用、定时器/计数器的功能原理及应用领域、模拟量输入接口的编程以及串行端口的数据通信方式,图文并茂,理论介绍与实际过程演示相结合,使单片机的理论结构可视化。第 10 章给出了 AT90S8535 单片综合应用的例子,将单片机的各个独立部分相互结合,构成应用系统,书中给出相应的 PROTEUS 仿真系统过程图,用以说明单片机各部分的衔接。AVR 系列单片机作为一种新型单片机,支持各种高级语言,第 11 章介绍了 AVR 与嵌入式 C 语言编程,采用 IAR Embedded Workbench 的 C 编辑器编译 AVR C 程序,并将产生的 d90 格式文件加载到 PROTEUS 中进行系统仿真,用仿真过程说明使用 C 语言开发 AVR 单片机的过程。另外,本书以实例的形式引入了 ATmega8 的相关结构介绍,为进一步学习 AVR 高档单片机提供参考。

本书由内蒙古大学周润景老师主编,内蒙古师范大学张丽娜老师编写了第 11、12 章。全书由周润景统稿、定稿。

书中所使用的 PROTEUS 软件由英国 Labcenter 公司提供,IAR Embedded Workbench 软件由 IAR 上海办事处叶涛经理提供。在本书的出版过程中,景晓松、袁伟亭、张斐、郝晓霞、张红敏、张丽敏、宋志清、刘培智、陈雪梅、张旭、张云丽、张晖、宋建华、张钧、刘培珍、赵霞、赵俊奇、王栋、徐艳红、李林莉、吕小虎、图雅、张亚东、高靖、赵阳阳、张雪茹、王亦丰、苏耀东、王晓娟等同学参与本书例子的程序调试、文字录入与校对工作。广州风标科技有限公司的匡载华先生,IAR 上海办事处的叶涛经理都给予了很大的帮助,在此一并表示感谢。同时,对那些在网上给予我们帮助的网友及版主表示真诚的感谢!

在本书的编写过程中,作者虽然力求完美,但由于水平有限,书中不妥之处敬请指正。

作 者

2007 年 6 月



工具篇

第1章 基于 PROTEUS 的单片机系统仿真

1.1	PROTEUS ISIS 编辑环境	1
1.1.1	操作界面	1
1.1.2	菜单栏和主工具栏	5
1.1.3	编辑环境设置	6
1.1.4	系统参数设置	10
1.2	电路图绘制	15
1.2.1	绘图工具	15
1.2.2	导线操作	20
1.2.3	对象操作	20
1.2.4	PROTEUS 电路绘制实例	22
1.2.5	电路图绘制进阶	26
1.3	电路分析与仿真	30
1.3.1	激励源	30
1.3.2	虚拟仪器	31
1.3.3	探 针	32
1.3.4	图 表	32
1.3.5	基于图表的仿真	35
1.3.6	交互式电路仿真	38
1.4	基于 PROTEUS 的 AVR 单片机仿真——源代码控制系统	44
1.4.1	在 PROTEUS VSM 中创建源代码文件	44
1.4.2	编辑源代码程序	45
1.4.3	生成目标代码文件	46
1.4.4	代码生成工具	47
1.4.5	定义第三方源代码编辑器	47
1.4.6	使用第三方 IDE	48



1.5 基于 PROTEUS 的 AVR 单片机仿真——源代码调试	49
1.5.1 单步调试	49
1.5.2 使用断点调试	49
1.5.3 Multi-CPU 调试	49
1.6 基于 PROTEUS 的 AVR 单片机仿真——弹出式窗口	49
1.6.1 显示弹出式窗口	50
1.6.2 源代码调试窗口	50
1.6.3 变量窗口	52
1.6.4 观测窗口	52
1.7 基于 PROTEUS 的 AVR 单片机仿真——实现过程	55
1.7.1 原理图输入	55
1.7.2 编辑源代码	55
1.7.3 生成目标代码	57
1.7.4 调 试	58

第 2 章 基于 IAR Embedded Workbench IDE 的 AVR 单片机 C 语言程序开发

2.1 IAR Embedded Workbench 编辑环境	59
2.1.1 IAR Embedded Workbench 启动	59
2.1.2 项目管理	61
2.1.3 源代码控制	61
2.1.4 窗口管理	62
2.1.5 文本编辑器	62
2.1.6 IAR C-SPY 调试器	62
2.1.7 C-SPY 仿真器驱动	63
2.1.8 AVR IAR C/C++ 编译器	63
2.1.9 IAR 汇编器	64
2.1.10 IAR XLINK 链接器	64
2.2 创建一个应用工程	65
2.2.1 创建一个新的工程	65
2.2.2 应用程序的编译和链接	70
2.3 使用 IAR C-SPY Debugger 进行调试	76
2.3.1 启动调试器	76
2.3.2 窗口管理	77
2.3.3 查看源文件语句	78
2.3.4 查看变量	79
2.3.5 设置并监控断点	81
2.3.6 在反汇编模式中调试	82
2.3.7 监控寄存器	83
2.3.8 监控存储器	84



2.3.9 查看终端 I/O	85
2.4 程序运行完毕	86
2.5 编写一个中断处理函数	86
2.6 基于 IAR 的 AVR 单片机 C 程序的调试与仿真	86
2.6.1 在 IAR 中创建一个新的工程	86
2.6.2 编译应用程序	87
2.6.3 IAR C-SPY 程序调试	89
2.6.4 C 程序的调试与仿真	89

应用篇

第 3 章 AVR 系列单片机概述

3.1 AVR 系列单片机的特点	93
3.2 AT90S8535 单片机的总体结构	94
3.2.1 AT90S8535 的特点	94
3.2.2 AT90S8535 的结构图	95
3.2.3 AT90S8535 的引脚配置	96
3.2.4 AT90S8535 的引脚定义	97
3.3 AT90S8535 单片机的中央处理器 CPU	98
3.3.1 结构概述	98
3.3.2 通用工作寄存器堆	99
3.3.3 X、Y、Z 寄存器	100
3.3.4 ALU 运算逻辑单元	100
3.4 AT90S8535 单片机存储器组织	100
3.4.1 在线可编程 Flash	100
3.4.2 内部 SRAM 数据存储器	100
3.4.3 EEPROM 数据存储器	103
3.4.4 I/O 寄存器	104
3.5 AVR 系列单片机系统复位与中断处理	106
3.5.1 复位源	106
3.5.2 上电复位	107
3.5.3 外部复位	108
3.5.4 看门狗复位	108
3.5.5 MCU 状态寄存器	109
3.5.6 中断处理	109

第 4 章 AT90S8535 单片机 EEPROM 读/写访问

4.1 EEPROM 读/写访问说明	111
4.1.1 概 述	111
4.1.2 相关 I/O 寄存器	111





4.2 片内 EEPROM 读/写访问示例	113
4.2.1 硬件电路	113
4.2.2 软件编程	113
4.2.3 系统调试与仿真	116
 第 5 章 AT90S8535 单片机 I/O 端口	
5.1 各 I/O 端口概述	119
5.1.1 端口 A	119
5.1.2 端口 B	120
5.1.3 端口 C	121
5.1.4 端口 D	122
5.2 各 I/O 端口第二功能	124
5.2.1 端口 A 第二功能	124
5.2.2 端口 B 第二功能	124
5.2.3 端口 C 第二功能	125
5.2.4 端口 D 第二功能	125
 第 6 章 AT90S8535 单片机中断系统	
6.1 AT90S8535 单片机中断源	126
6.2 中断处理	127
6.3 相关 I/O 寄存器	128
6.3.1 通用中断屏蔽寄存器——GIMSK	128
6.3.2 通用中断标志寄存器——GIFR	128
6.3.3 T/C 中断屏蔽寄存器——TIMSK	128
6.3.4 T/C 中断标志寄存器——TIFR	129
6.4 外部中断	130
6.5 中断响应时间	130
6.6 MCU 控制寄存器——MCUCR	130
 第 7 章 AT90S8535 单片机定时器/计数器及其应用	
7.1 T/C0、T/C1 的预定比例器	132
7.2 定时器/计数器 0(T/C0)	133
7.2.1 T/C0 的结构、特点及作用	133
7.2.2 T/C0 相关的 I/O 寄存器	133
7.3 T/C0 应用 1——作计数器	134
7.3.1 硬件电路	134
7.3.2 软件编程	135
7.3.3 系统调试与仿真	137
7.4 T/C0 应用 2——作定时器	139



7.4.1 硬件电路	139
7.4.2 软件编程	140
7.4.3 系统调试与仿真	142
7.5 T/C0 应用 3——溢出中断动态扫描 5 位数码管显示	144
7.5.1 硬件电路	144
7.5.2 软件编程	145
7.5.3 系统调试与仿真	148
7.6 定时器/计数器 1(T/C1)	151
7.6.1 T/C1 的结构、特点及作用	151
7.6.2 T/C1 相关的 I/O 寄存器	152
7.6.3 PWM 模式下的 T/C1	155
7.7 T/C1 应用 1——测量脉冲频率	156
7.7.1 硬件电路	156
7.7.2 软件编程	156
7.7.3 系统调试与仿真	161
7.8 T/C1 应用 2——比较匹配中断	165
7.8.1 硬件电路	165
7.8.2 软件编程	166
7.8.3 系统调试与仿真	167
7.9 T/C1 应用 3——比较匹配产生任意占空比方波	168
7.9.1 硬件电路	169
7.9.2 软件编程	169
7.9.3 系统调试与仿真	171
7.10 T/C1 应用 4——PWM 输出作 D/A 转换器	174
7.10.1 硬件电路	174
7.10.2 软件编程	175
7.10.3 系统调试及仿真	176
7.11 定时器/计数器 2(T/C2)	178
7.11.1 T/C2 的预分频器	178
7.11.2 T/C2 的结构、特点及作用	179
7.11.3 T/C2 相关的 I/O 寄存器	179
7.11.4 PWM 模式下的 T/C2	180
7.11.5 异步时钟信号的驱动	181
7.12 T/C2 应用 1——作实时时钟	183
7.12.1 硬件电路	183
7.12.2 软件编程	184
7.12.3 系统调试与仿真	187
7.13 T/C2 应用 2——OC2 引脚产生 PWM 脉宽调制输出	190
7.13.1 硬件电路	190





7.13.2 软件编程	191
7.13.3 系统调试与仿真	191
7.14 看门狗定时器	193
7.14.1 看门狗定时器的结构、特点及作用	193
7.14.2 与看门狗定时器有关的寄存器	194
7.14.3 看门狗定时器应用编程	195

第 8 章 AT90S8535 单片机模拟量输入接口

8.1 模/数转换器 ADC	196
8.1.1 ADC 的特点	196
8.1.2 ADC 的工作方式	197
8.1.3 ADC 预分频器	197
8.1.4 ADC 的噪声抑制功能	199
8.1.5 与 ADC 有关的 I/O 寄存器	199
8.1.6 扫描多个通道	200
8.1.7 ADC 噪声消除技术	200
8.1.8 ADC 特性	201
8.2 A/D 转换应用	201
8.2.1 硬件电路	201
8.2.2 软件编程	202
8.2.3 系统调试与仿真	206
8.3 模拟比较器	208
8.3.1 模拟比较器概述	208
8.3.2 模拟比较器控制和状态寄存器——ACSR	209
8.4 模拟比较器应用	209
8.4.1 硬件电路	210
8.4.2 软件编程	210
8.4.3 系统调试与仿真	214

第 9 章 AT90S8535 单片机串行接口及其应用

9.1 通用串行接口 UART	218
9.1.1 数据传送	218
9.1.2 数据接收	219
9.1.3 UART 控制	220
9.2 通用串行接口 UART 应用 1——单片机间数据通信	224
9.2.1 串行口编程需注意的问题	224
9.2.2 硬件电路	225
9.2.3 软件编程	227
9.2.4 系统调试与仿真	232



9.3 通用串行接口 UART 应用 2——单片机自发自收数据	236
9.3.1 硬件电路	236
9.3.2 软件编程	238
9.3.3 系统调试与仿真	240
9.4 同步串行接口 SPI	243
9.4.1 SPI 的特性	243
9.4.2 SPI 的工作模式	243
9.4.3 SPI 的数据模式	245
9.4.4 与 SPI 有关的寄存器	245
9.5 同步串行接口 SPI 的应用	247
9.5.1 硬件电路	247
9.5.2 软件编程	247

第 10 章 AT90S8535 单片机综合应用

10.1 电子琴模拟设计	256
10.1.1 硬件电路	256
10.1.2 软件编程	257
10.1.3 系统调试与仿真	262
10.2 汽车转弯信号灯模拟设计	266
10.2.1 硬件电路	266
10.2.2 软件编程	267
10.2.3 系统调试与仿真	271
10.3 交通灯模拟设计	275
10.3.1 硬件电路	275
10.3.2 软件编程	275
10.3.3 系统调试与仿真	283
10.4 数字钟模拟设计	289
10.4.1 硬件电路	289
10.4.2 软件编程	290
10.4.3 系统调试与仿真	296
10.5 计算器数字输入显示模拟设计	300
10.5.1 硬件电路	300
10.5.2 软件编程	301
10.5.3 系统调试与仿真	307
10.6 电子密码锁设计 1	311
10.6.1 硬件电路	311
10.6.2 软件编程	312
10.6.3 系统调试与仿真	318
10.7 电子密码锁设计 2	322



10.7.1 硬件电路	322
10.7.2 软件编程	322
10.7.3 系统调试与仿真	331
10.8 直流电机驱动设计	334
10.8.1 硬件电路	334
10.8.2 软件电路	334
10.8.3 系统调试与仿真	337
10.9 步进电机驱动设计	339
10.9.1 硬件电路	340
10.9.2 软件编程	340
10.9.3 系统调试与仿真	343
10.10 数据采集系统设计	345
10.10.1 硬件电路	345
10.10.2 软件编程	346
10.10.3 系统调试与仿真	359

第 11 章 AVR 与嵌入式 C 语言编程

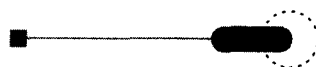
11.1 中断与复位	365
11.1.1 硬件电路	365
11.1.2 软件编程	365
11.1.3 系统调试与仿真	366
11.2 定时器/计数器 0	370
11.2.1 硬件电路	370
11.2.2 软件编程	370
11.2.3 系统调试与仿真	371
11.3 定时器/计数器 1 应用 1——产生 20 kHz 的方波信号	375
11.3.1 硬件电路	375
11.3.2 软件编程	376
11.3.3 系统调试与仿真	377
11.4 定时器/计数器 1 应用 2——脉宽调制器模式	381
11.4.1 硬件电路	383
11.4.2 软件编程	383
11.4.3 系统调试与仿真	384
11.5 模拟接口——A/D 转换	387
11.5.1 硬件电路	387
11.5.2 软件编程	387
11.5.3 系统调试与仿真	388
11.6 模拟接口——模拟比较器	393
11.6.1 硬件电路	394



11.6.2 软件编程·····	394
11.6.3 系统调试与仿真·····	395

第 12 章 新型 AVR 单片机及其应用

12.1 Atmega8 单片机概述 ·····	400
12.1.1 结构与主要性能·····	400
12.1.2 MCU 内核 ·····	403
12.1.3 复位与中断处理·····	403
12.1.4 存储器·····	404
12.1.5 系统时钟和时钟选择·····	405
12.1.6 系统复位·····	410
12.1.7 中断向量·····	410
12.1.8 外部中断·····	412
12.2 ATmega8 定时器/计数器 0 应用 1 ·····	415
12.2.1 硬件电路·····	415
12.2.2 软件编程·····	415
12.2.3 系统调试与仿真·····	419
12.2.4 关于定时器/计数器 0 ·····	422
12.3 ATmega8 定时器/计数器 0 应用 2 ·····	424
12.3.1 硬件电路·····	425
12.3.2 软件编程·····	426
12.3.3 系统调试与仿真·····	430
12.4 ATmega8 I/O 端口应用 ·····	433
12.4.1 硬件电路·····	433
12.4.2 软件编程·····	434
12.4.3 系统调试与仿真·····	436
12.4.4 关于 ATmega8 I/O 端口 ·····	439
12.5 ATmega8 A/D - D/A 转换及串行数据传输应用 ·····	444
12.5.1 硬件电路·····	444
12.5.2 软件编程·····	446
12.5.3 系统调试与仿真·····	457
12.5.4 关于 ATmega8 定时器/计数器 1 ·····	461
12.5.5 关于 ATmega8 A/D 转换·····	463
12.5.6 关于 ATmega8 串行通信 ·····	469
12.6 ATmega8 应用 1——计数及显示系统 ·····	480
12.6.1 硬件电路·····	480
12.6.2 软件编程·····	480
12.6.3 系统调试与仿真·····	485
12.7 ATmega8 应用 2——键盘显示系统 ·····	489





12.7.1 硬件电路	489
12.7.2 软件编程	489
12.7.3 系统调试与仿真	500
12.8 ATmega8 应用 3——PWM	502
12.8.1 硬件电路	502
12.8.2 软件编程	502
12.8.3 系统调试与仿真	513

附 录

附录 A IAR 系统目录	523
附录 B IAR 文件类型	525
附录 C 8 位 RISC 指令结构 AVR 单片机选型表	527
附录 D AVR 器件 118 条指令速查表	528
附录 E AT90S8535 I/O 空间	530
附录 F Atmega8 I/O 地址空间分配表	533
附录 G 通用延时子程序	535
附录 H 从 MCS-51 到 AVR 的快速转换	
H.1 AVR 和 MCS-51 存储器配置的对比	537
H.2 AVR 输入/输出端口的使用	539
H.3 AVR 和 MCS-51 定时器的对比	540
H.4 AVR 和 MCS-51 中断系统的对比	542
H.5 AVR 和 MCS-51 位操作功能的对比	543
H.6 AVR 单片机内置 EEPROM 的使用	543
H.7 AVR 单片机内置看门狗电路的使用	543
H.8 AVR 和 MCS-51 中串口通信 UART 功能的对比	544
H.9 C51 的源代码向 PROTEUS 中 AVR 的快速转换	544
附录 I intrinsic 函数	549
附录 J IAR 中断向量定义	550
附录 K 单片机 C 程序优化	
K.1 程序结构的优化	552
K.2 代码的优化	553
附录 L DS18B20 简介	
L.1 总体特点	557
L.2 内部结构	557
L.3 硬件配置	558
L.4 命令序列	559
L.5 DS18B20 的信号方式	560
参考文献	563



工 具 篇

要 点：

- 基于 PROTEUS 的单片机系统仿真
- 基于 IAR Embedded Workbench IDE 的 AVR 单片机 C 语言程序开发

第 1 章

基于 PROTEUS 的单片机系统仿真

PROTEUS VSM(虚拟系统模型)将处理器模型、Prospice 混合电路仿真、虚拟仪器、高级图形仿真、动态器件库和外设模型、处理器软仿真器、第三方的编译器和调试器等有机结合起来,第一次真正实现了在计算机上完成从原理图设计、电路分析与仿真、处理器代码调试及实时仿真、系统测试及功能验证,再到形成 PCB 的整个开发过程。

在基于微处理器系统的设计中,即使没有物理原型,PROTEUS VSM 也能够进行软件开发。模型库中包含 LCD 显示、键盘器、按钮、开关等通用外设。同时,提供的 CPU 模型有 ARM7、PIC、Atmel AVR、Motorola HCXX 以及 8051/8052 系列。单片机系统仿真是 PROTEUS VSM 的一大特色。同时,该仿真系统将源代码的编辑和编译整合到同一个设计环境中,这样使得用户可以在设计中直接编译代码,并且很容易地查看到用户对源程序修改后对仿真结果的影响。

1.1 PROTEUS ISIS 编辑环境

PROTEUS 集合了高级原理布图、混合模式 SPICE 仿真、PCB 设计以及自动布线来实现一个完整的电子设计系统。其中,ISIS 智能原理图输入系统是 PROTEUS 系统的中心。该编辑环境具有友好的人机交互界面,并且设计功能强大,使用方便,易于掌握。

1.1.1 操作界面

PROTEUS ISIS 运行于 Windows 98/2000/XP 环境,对 PC 机要求不高,一般的配置即可满足要求。

运行 PROTEUS ISIS 的执行程序后,将启动 PROTEUS VSM 编辑环境,如图 1-1 所示。

图 1-1 中:点状的栅格区域为编辑窗口;左侧的上方为电路图浏览窗口;下方是元器件列表区。其中,编辑窗口用于放置元件,进行连线,绘制原理图;浏览窗口用来显示全部原理图。编辑窗口中的框线表示当前页的边界,浏览窗口中的框线表示当前编辑窗口显示的区域。当从对象选择器中选中的一个新对象时,在浏览窗口中可以预览选中的对象。

在预览窗口上单击,将会以单击位置为中心刷新编辑窗口。

其他情况下,预览窗口显示将要放置的对象的预览。这种“放置预览”特性在下列情况下被激活:

- 当使用旋转或镜像按钮时;
- 当一个对象在选择器中被选中时;
- 当为一个可以设定朝向的对象选择类型图标(例如 Component 图标、Device Pin 图标