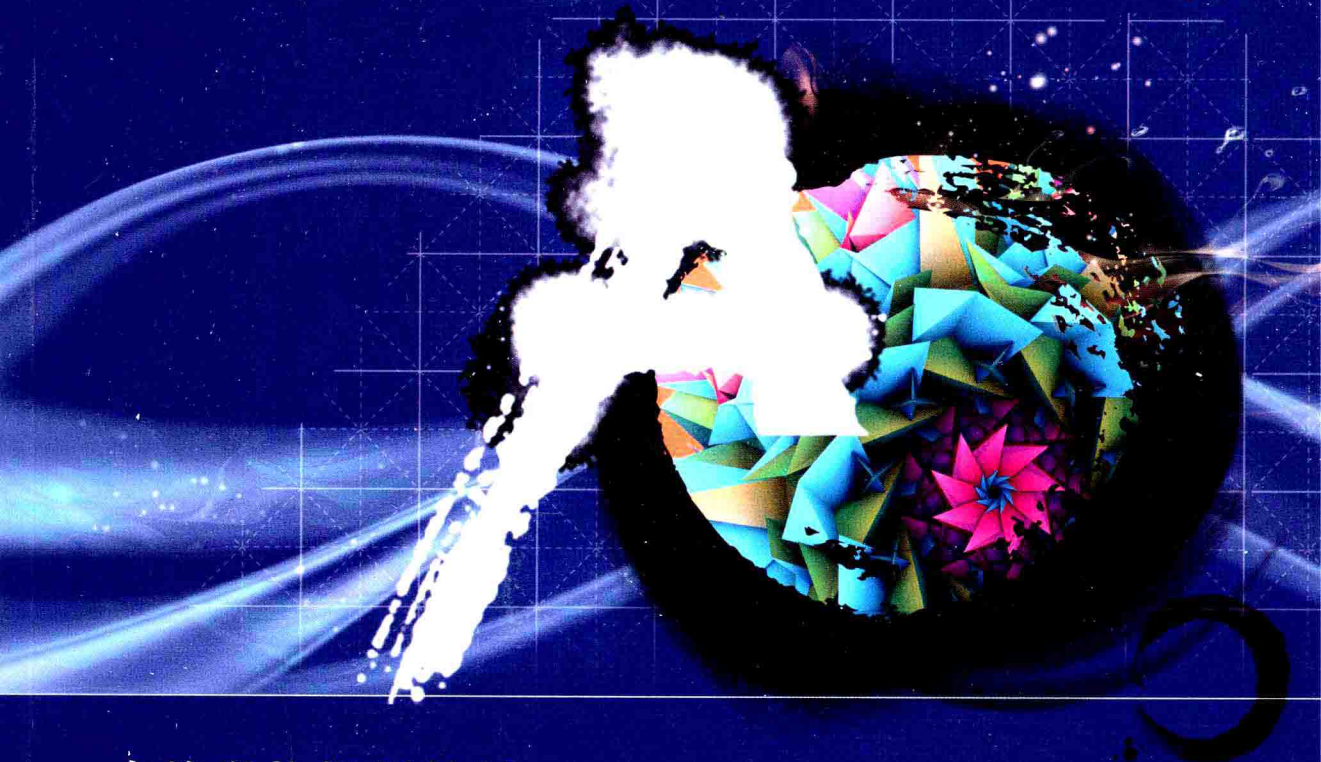




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

哈尔滨工业大学“单片机原理”国家精品课程主讲教材



高等学校规划教材

单片机原理与应用设计

/// (C51编程+Proteus 仿真)

第2版)

◎张毅刚 主编 ◎俞洋 刘丹 邓立宝 副主编



中国工信出版集团



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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

哈尔滨工业大学“单片机原理”国家精品课程主讲教材

单片机原理与应用设计

(C51 编程+Proteus 仿真)

(第2版)

张毅刚 主编

俞洋 刘丹 邓立宝 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材再版教材和国家精品课程主讲教材。详细介绍美国 ATMEL 公司的 AT89S51 单片机的片内硬件资源及工作原理,采用 C51 语言编程,并以虚拟仿真平台 Proteus 作为设计与开发工具,还简要介绍了 Keil μ Vision 3 的使用方法。从应用角度出发,重点介绍单片机应用的各种技术实现,如信息的显示与输入、中断、定时/计数、串行通信、模/数与数/模转换、系统的并行/串行扩展、应用系统设计等,书中给出较多虚拟仿真设计案例,并在附录 A 提供实验和课程设计题目。本书还为任课老师提供电子课件和习题参考答案。

本书可作为各类工科院校、职业技术学院电气工程、电子电气信息技术、智能仪器仪表、机电一体化、计算机、工业自动化及自动控制等专业单片机技术课程的教材,也可供从事单片机应用设计的工程技术人员参考。

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

单片机原理与应用设计: C51 编程+Proteus 仿真 / 张毅刚主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2015.6
高等学校规划教材

ISBN 978-7-121-26307-1

I. ①单… II. ①张… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 127822 号

策划编辑: 童占梅

责任编辑: 童占梅

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

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: 787×1 092 1/16 印张: 22.5 字数: 560 千字

版 次: 2008 年 4 月第 1 版

2015 年 6 月第 2 版

印 次: 2015 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 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 zlls@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

本书是普通高等教育“十一五”国家规划教材的第2版，也是哈尔滨工业大学“单片机原理”国家精品课程主讲教材。自2008年本书出版以来，已印刷12次，被全国几十所院校选为“单片机原理”课程教材。

由于Intel 8051内核单片机获得的巨大成功，使其成为国内外公认的8位单片机的标准体系结构，被许多厂家作为基核，推出了各种高集成化的兼容机型，且在世界范围得到了广泛应用。由于8051单片机结构简单、清晰、易学，是目前单片机初学者最容易掌握的机型，因此以8051内核技术为主导的单片机仍是目前我国多所高校讲授的机型。

美国ATMEL公司的AT89S51单片机是目前各种8051内核单片机中最具代表性的机型，本书基于AT89S51单片机，详细介绍其工作原理及应用设计。

本书采用C51语言编程，并融入了先进的虚拟仿真开发工具Proteus，给出较多的经过验证的Proteus仿真案例。本次修订，反映了作者负责的“单片机原理”国家精品课程的教学模式与教学方法改革的部分成果，对课程体系结构的改进也体现在本教材的修订之中。

本书在编写时重点考虑了如下问题：

(1) 将虚拟仿真工具Proteus应用在单片机课程教学中，使课程的教学模式及传统的设计开发模式发生了革命性的变化，Proteus平台为学习者提供了一个功能强大的流动的单片机系统设计的虚拟实验室。

(2) 传统教学模式存在的弊病是，学生听完课堂讲授，往往得不到软硬件设计的训练，使得教学与实际设计脱节。本书采用Proteus与Keil μ Vision3作为工具，将软、硬件设计与案例设计有机地结合为一体，使学生真正从概念出发，设计出一个能够虚拟运行的应用系统，真正得到软硬件设计与调试的完整训练，从而达到课程教学的最终目的。把Proteus融入到课程教学各环节中，是课程深入改革的必然趋势。

(3) 本书的编程语言采用C51。为提高读者的编程调试能力，还对C51的开发调试工具Keil μ Vision3以及Proteus的使用，从实际使用角度进行了介绍，以使读者尽快掌握这两个软件平台的使用方法：

本书共分为12章，涵盖了单片机应用技术的基本内容。

第1章介绍有关单片机的基本概念，介绍了目前流行的各类单片机及嵌入式处理器。

第2章介绍片内基本硬件结构及硬件资源。

第3章介绍C51语言编程基础以及Keil μ Vision3开发平台的使用。

第4章介绍Proteus虚拟仿真平台的基本功能与使用方法。

第5章介绍单片机系统的显示以及开关与键盘检测的实现，为后续各章的案例仿真，观察系统运行的结果，设定运行条件，打下基础。

第6章至第8章分别介绍片内硬件资源，即中断系统、定时器及异步串行口的工作原理及应用案例。

第9章为系统的并行扩展介绍。

第10章对目前流行的串行扩展技术，如I²C系统、单总线、SPI串行系统以及相应的应用案例给出详细介绍。

第11章介绍模/数与数/模转换的设计。

第12章介绍系统设计及应用案例，供读者参考借鉴。

此外，附录A给出了紧密结合课程内容的课程实验与课程设计题目，用于实验教学和课程设计环节。

全书参考学时为40~60学时，教师可根据实际情况，对讲授内容进行取舍或补充。

本书由哈尔滨工业大学张毅刚教授担任主编，负责完成全书整体架构、目录确定以及全书的统稿工作，此外还完成了第1、2章的编写。副主编由俞洋、刘丹和邓立宝担任，第6、8章由俞洋编写，第4、9章由刘丹编写，第3、7章由邓立宝编写。参加编写的还有哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所的刘大同、刘旺、付宁、梁军、赵光权、马云彤、杨智明以及刘颖诸位老师。满源同学完成了部分章节的程序调试与案例虚拟仿真设计以及附录A与附录B的编写与调试。

本书提供教学大纲、PPT课件和习题参考答案等教学资源，任课教师可登录华信教育资源网 <http://www.hxedu.com.cn> 免费注册下载。

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，感谢广州风标电子有限公司提供的有关的技术资料、网络版 Proteus 仿真实验平台以及配套的E型模块化实验装置。

由于作者学识有限，书中错误及疏漏之处敬请读者批评指正，并请与主编本人联系，邮箱：zyg@hit.edu.cn。

主 编
于哈尔滨工业大学

目 录

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机简介	1
1.2 单片机的发展历史	1
1.3 单片机的特点	2
1.4 单片机的应用领域	3
1.5 单片机的发展趋势	3
1.6 MCS-51 系列与 AT89S5x 系列单片机	4
1.6.1 MCS-51 系列单片机	5
1.6.2 AT89S5x 系列单片机	5
1.7 各种衍生品种的 8051 单片机	7
1.7.1 STC 系列单片机	7
1.7.2 C8051Fxxx 单片机	8
1.7.3 AD μ C812 单片机	8
1.7.4 华邦 W77 系列、W78 系列单片机	9
1.8 PIC 系列单片机与 AVR 系列单片机	9
1.8.1 PIC 系列单片机	9
1.8.2 AVR 系列单片机	10
1.9 其他嵌入式处理器简介	11
1.9.1 嵌入式 DSP 处理器	11
1.9.2 嵌入式微处理器	11
思考题及习题 1	12
第 2 章 AT89S51 单片机的片内硬件结构	13
2.1 AT89S51 单片机的硬件组成	13
2.2 AT89S51 的引脚功能	14
2.2.1 电源及时钟引脚	15
2.2.2 控制引脚	15
2.2.3 并行 I/O 口引脚	16
2.3 AT89S51 的 CPU	17
2.3.1 运算器	17
2.3.2 控制器	18
2.4 AT89S51 单片机存储器的结构	18
2.4.1 程序存储器空间	19
2.4.2 数据存储器空间	20
2.4.3 特殊功能寄存器	20
2.4.4 位地址空间	23

2.5	AT89S51 单片机的并行 I/O 端口	24
2.5.1	P0 口	24
2.5.2	P1 口	26
2.5.3	P2 口	26
2.5.4	P3 口	27
2.6	时钟电路与时序	28
2.6.1	时钟电路设计	28
2.6.2	机器周期、指令周期与指令时序	29
2.7	复位操作和复位电路	30
2.7.1	复位操作	30
2.7.2	复位电路设计	30
2.8	看门狗定时器 (WDT) 的使用	31
2.9	低功耗节电模式	32
2.9.1	空闲模式	33
2.9.2	掉电运行模式	33
2.9.3	掉电模式和空闲模式下的 WDT	33
	思考题及习题 2	34
第 3 章	C51 语言编程基础与 Keil μVision3 开发平台	36
3.1	C51 编程语言概述	36
3.1.1	C51 语言与 8051 汇编语言的比较	36
3.1.2	C51 语言与标准 C 语言的比较	36
3.2	C51 语言程序设计基础	37
3.2.1	C51 语言中的数据类型与存储类型	37
3.2.2	C51 语言的特殊功能寄存器及位变量定义	41
3.2.3	C51 语言的绝对地址访问	43
3.2.4	C51 语言的基本运算	45
3.2.5	C51 语言的分支与循环程序结构	47
3.2.6	C51 语言的数组	53
3.2.7	C51 语言的指针	55
3.3	C51 语言的函数	55
3.3.1	函数的分类	56
3.3.2	函数的参数与返回值	57
3.3.3	函数的调用	57
3.3.4	中断服务函数	58
3.3.5	变量及存储方式	59
3.3.6	宏定义与文件包含	59
3.3.7	库函数	60
3.4	Keil μ Vision3 环境下的 C51 语言程序开发	60
3.4.1	Keil μ Vision3 的基本操作	60
3.4.2	添加用户源程序文件	62

3.4.3	程序的编译与调试	64
3.4.4	工程的设置	66
	思考题及习题 3	68
第 4 章	虚拟仿真平台 Proteus 的使用	69
4.1	Proteus 功能概述	69
4.2	Proteus ISIS 的虚拟仿真	70
4.3	Proteus ISIS 环境简介	71
4.3.1	ISIS 各窗口简介	71
4.3.2	主菜单栏	72
4.3.3	主工具栏	75
4.3.4	工具箱	75
4.3.5	仿真工具栏	77
4.3.6	元件列表	77
4.3.7	预览窗口	77
4.3.8	原理图编辑窗口	78
4.4	Proteus ISIS 的编辑环境设置	78
4.4.1	选择模板	78
4.4.2	选择图纸	79
4.4.3	设置文本编辑器	79
4.4.4	网格开关与格点间距设置	79
4.5	Proteus ISIS 的系统运行环境设置	79
4.6	单片机系统的原理电路设计与虚拟仿真	80
4.6.1	原理电路设计与虚拟仿真的步骤	80
4.6.2	新建或打开一个设计文件	81
4.6.3	选择需要的元件到元件列表	82
4.6.4	放置元件并连接电路	83
4.6.5	加载目标代码文件、设置时钟频率及仿真运行	87
4.7	Proteus 的各种虚拟仿真调试工具	88
4.7.1	虚拟信号源	88
4.7.2	虚拟仪器	93
4.7.3	虚拟仪器的图表仿真	102
4.7.4	诊断模式的设定	105
4.7.5	硬件断点的设置	105
第 5 章	单片机开关检测、键盘输入与显示接口设计	108
5.1	单片机控制发光二极管显示	108
5.1.1	单片机与发光二极管的连接	108
5.1.2	I/O 端口的编程控制	109
5.2	开关状态检测	112
5.2.1	开关检测实例 1	112
5.2.2	开关检测实例 2	113

5.3	单片机控制 LED 数码管的显示	114
5.3.1	LED 数码管的显示原理	114
5.3.2	LED 数码管的静态显示与动态显示	116
5.4	单片机控制 LED 点阵显示器显示	119
5.4.1	LED 点阵显示器的结构与显示原理	120
5.4.2	控制 16×16 LED 点阵显示屏的实例	121
5.5	单片机控制 LCD 1602 液晶显示器的显示	123
5.5.1	LCD 1602 液晶显示模块简介	123
5.5.2	单片机控制字符型 LCD 1602 显示实例	129
5.5	键盘接口设计	132
5.5.1	键盘接口设计需解决的问题	132
5.5.2	独立式键盘接口设计实例	133
5.5.3	矩阵式键盘的接口设计实例	140
5.5.4	非编码键盘扫描方式的选择	143
5.5.5	单片机与专用键盘/显示器芯片 HD7279A 的接口设计	143
	思考题及习题 5	153
第 6 章	中断系统的工作原理及应用	155
6.1	AT89S51 中断技术概述	155
6.2	AT89S51 中断系统结构	155
6.2.1	中断请求源	155
6.2.2	中断请求标志寄存器	156
6.3	中断允许与中断优先级的控制	157
6.3.1	中断允许寄存器 IE	157
6.3.2	中断优先级寄存器 IP	158
6.4	响应中断请求的条件	159
6.5	外部中断的响应时间	160
6.6	外部中断的触发方式选择	160
6.6.1	电平触发方式	160
6.6.2	跳沿触发方式	161
6.7	中断请求的撤销	161
6.8	中断函数	162
6.9	中断系统应用举例	163
6.9.1	单一外中断的应用	163
6.9.2	两个外中断的应用	164
6.9.3	中断嵌套的应用	166
	思考题及习题 6	167
第 7 章	定时器/计数器的的工作原理及应用	168
7.1	定时器/计数器的结构	168
7.1.1	工作方式控制寄存器 TMOD	168
7.1.2	定时器/计数器控制寄存器 TCON	169

7.2	定时器/计数器的 4 种工作方式	169
7.2.1	方式 0	169
7.2.2	方式 1	170
7.2.3	方式 2	171
7.2.4	方式 3	171
7.3	对外部输入的计数信号的要求	173
7.4	定时器/计数器的编程和应用	173
7.4.1	用 P1 口控制 8 只 LED 每 0.5s 闪亮一次	173
7.4.2	计数器的应用	174
7.4.3	控制 P1.0 引脚产生周期为 2ms 的方波	176
7.4.4	利用 T1 控制发出 1kHz 的音频信号	177
7.4.5	LED 数码管秒表的制作	179
7.4.6	测量脉冲宽度——门控位 GATEx 的应用	181
7.4.7	LCD 时钟的设计	183
	思考题及习题 7	185
第 8 章	串行口的工作原理及应用	187
8.1	串行口的结构	187
8.1.1	串行口控制寄存器 SCON	187
8.1.2	特殊功能寄存器 PCON	188
8.2	串行口的 4 种工作方式	189
8.2.1	方式 0	189
8.2.2	方式 1	193
8.2.3	方式 2	194
8.2.4	方式 3	195
8.3	多机通信	195
8.4	波特率的制定方法	197
8.4.1	波特率的定义	197
8.4.2	计算定时器 T1 产生的波特率	197
8.5	串行口应用设计实例	198
8.5.1	串行通信标准接口 RS-232C、RS-422A 与 RS-485 简介	199
8.5.2	方式 1 的应用设计实例	201
8.5.3	方式 2 和方式 3 的应用设计	208
8.5.4	多机通信的应用设计实例	210
8.5.5	单片机与 PC 机串行通信的设计实例	216
8.5.6	PC 机与单片机或与多个单片机的串行通信	220
	思考题及习题 8	221
第 9 章	单片机系统的并行扩展	223
9.1	系统并行扩展技术	223
9.1.1	系统并行扩展结构	223
9.1.2	地址空间分配	224

9.1.3	外部地址锁存器	226
9.2	外部数据存储器的并行扩展	228
9.2.1	常用的静态 RAM (SRAM) 芯片	228
9.2.2	读/写片外 RAM 的操作时序	229
9.2.3	并行扩展数据存储器的设计	230
9.2.4	单片机外扩数据存储器 RAM 6264 的设计实例	232
9.3	片内 Flash 存储器的编程	233
9.3.1	使用通用编程器写入程序	234
9.3.2	使用下载线的 ISP 编程	234
9.4	E ² PROM 的并行扩展	235
9.4.1	并行 E ² PROM 芯片简介	235
9.4.2	AT89S51 单片机扩展 E ² PROM 2864A 芯片的设计	236
9.5	AT89S51 单片机扩展并行 I/O 接口芯片 82C55 的设计	237
9.5.1	I/O 接口扩展概述	237
9.5.2	并行 I/O 接口芯片 82C55 简介	238
9.5.3	82C55 的 3 种工作方式	241
9.5.4	AT89S51 单片机与 82C55 的接口设计	245
9.6	利用 74LSTTL 电路扩展并行 I/O 接口设计实例	247
9.7	用 AT89S51 单片机的串行口扩展并行输入/输出接口设计实例	248
9.7.1	用 74LS165 扩展并行输入接口实例	248
9.7.2	用 74LS164 扩展并行输出接口实例	249
	思考题及习题 9	250
第 10 章	AT89S51 单片机系统的串行扩展	252
10.1	单总线串行扩展	252
10.1.1	单总线扩展的典型应用——DS18B20 的温度测量系统	252
10.1.2	设计实例——单总线 DS18B20 温度测量系统	255
10.2	SPI 总线串行扩展	258
10.3	I ² C 总线的串行扩展	259
10.3.1	I ² C 串行总线系统的基本结构	259
10.3.2	I ² C 总线的数据传送规定	260
10.3.3	AT89S51 单片机的 I ² C 总线扩展系统	262
10.3.4	I ² C 总线数据传送的模拟	263
10.3.5	利用 I ² C 总线扩展 E ² PROM AT24C02 的 IC 卡设计实例	266
	思考题及习题 10	272
第 11 章	AT89S51 单片机与 DAC、ADC 的接口	273
11.1	单片机扩展 DAC 概述	273
11.2	单片机扩展并行 8 位 DAC0832 芯片的设计	274
11.2.1	DAC0832 芯片简介	274
11.2.2	设计实例 1——单片机扩展 DAC0832 的程控电压源	275
11.2.3	设计实例 2——波形发生器的制作	276

11.3	单片机扩展串行 10 位 DAC-TLC5615	281
11.3.1	串行 DAC-TLC5615 简介	281
11.3.2	设计实例——单片机扩展串行 DAC-TLC5615 的设计	282
11.4	单片机扩展 ADC 概述	284
11.5	单片机并行扩展 8 位 A/D 转换器 ADC0809	286
11.5.1	设计实例——单片机控制 ADC0809 进行 A/D 转换	287
11.5.2	设计实例——两路输入的数字电压表的设计	288
11.6	单片机扩展串行 8 位 A/D 转换器 TLC549	291
11.6.1	TLC549 芯片的特性及工作原理	292
11.6.2	设计实例——单片机扩展 TLC549 的设计	293
11.7	单片机扩展串行 12 位 ADC-TLC2543 的设计	295
11.7.1	TLC2543 芯片的特性及工作原理	295
11.7.2	设计实例——单片机扩展 TLC2543 的设计	297
	思考题及习题 11	299
第 12 章	AT89S51 单片机的应用系统设计	301
12.1	单片机应用系统的设计步骤	301
12.2	单片机应用系统设计应当考虑的问题	302
12.2.1	硬件设计应考虑的问题	302
12.2.2	典型的单片机应用系统组成	303
12.2.3	系统设计中的总线驱动	304
12.2.4	AT89S51 单片机的最小应用系统	305
12.3	单片机应用系统的仿真开发与调试	306
12.4	单片机应用系统设计实例	309
12.4.1	设计实例 1——单片机控制步进电机的设计	309
12.4.2	设计实例 2——单片机控制直流电机的设计	311
12.4.3	设计实例 3——频率计的制作	313
12.4.4	设计实例 4——模拟电话拨号的设计	316
12.4.5	设计实例 5——8 位竞赛抢答器设计	321
12.4.6	设计实例 6——基于时钟/日历芯片 DS1302 的电子钟设计	326
	思考题及习题 12	332
附录 A	实验与课程设计题目	333
题目 1	单片机 I/O 口实验——LED 流水灯	333
题目 2	单个外部中断实验	333
题目 3	中断嵌套实验	334
题目 4	定时器/计数器的定时实验	334
题目 5	定时器/计数器的计数实验	335
题目 6	串行口方式 0 扩展并行输出口实验	335
题目 7	串行口方式 0 扩展并行输入口实验	335
题目 8	双单片机串行通信	336
题目 9	单片机与 PC 之间串行通信实验	336

题目 10	扩展 82C55 并行 I/O 接口实验	337
题目 11	独立式键盘实验	337
题目 12	矩阵式键盘扫描实验	338
题目 13	单片机驱动 1602 液晶显示模块	338
题目 14	DAC0832 的 D/A 转换实验	339
题目 15	ADC0809 的 A/D 转换实验	339
题目 16	I ² C 总线串行扩展 AT24C02 存储器读/写	339
题目 17	单片机控制 16×16 阵列 LED 的显示	340
题目 18	温度传感器 DS18B20 实验	340
题目 19	直流电机控制实验	341
题目 20	步进电机控制实验	341
附录 B	头文件"LCD1602.h"和"DS1302.h"清单	342
B.1	头文件"LCD1602.h"清单	342
B.2	头文件"DS1302.h"清单	343
参考文献		348

第1章 单片机概述

导读：本章介绍单片机的基础知识、发展历史、发展趋势及应用领域。在8位单片机机型中，Intel 8051 单片机已成为国内外公认的标准体系结构，被许多厂家作为基核，推出了多种兼容机型，已在世界范围内得到广泛应用。在众多的兼容机型中，美国 ATMEL 公司的 AT89S5x 系列，尤其是该系列中的 AT89S51（或 AT89S52）单片机仍是目前应用较为广泛的8位机型，也是单片机初学者首选的入门机型。本章除了对 AT89S51 单片机进行简单介绍外，同时也对嵌入式处理器家族中其他成员，如 DSP、嵌入式微处理器进行概括性介绍，以使读者对其有初步了解，为后续学习 DSP、嵌入式微处理器打下基础。

单片机自20世纪70年代问世以来，已广泛应用在工业自动化、自动控制与检测、智能仪器仪表、机电一体化设备、汽车电子、家用电器等各个方面。那么，什么是单片机呢？

1.1 单片机简介

单片机就是在一片半导体硅片上，集成了中央处理单元（CPU）、存储器（RAM、ROM）、并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断系统、系统时钟电路及系统总线的用于测控领域的单片微型计算机，简称单片机。

由于单片机在使用时，通常处于测控系统的核心地位并嵌入其中，所以国际上通常把单片机称为嵌入式微控制器（Embedded MicroController Unit, EMCU）或微控制器（MicroController Unit, MCU）。而在我国，大部分工程技术人员则习惯于使用“单片机”这一名称。

单片机的问世，是计算机技术发展史上的一个重要里程碑，它标志着计算机正式形成了通用计算机和嵌入式计算机两大分支。单片机芯片体积小、成本低，可广泛嵌入到如工业控制单元、机器人、智能仪器仪表、武器系统、家用电器、办公自动化设备、金融电子系统、汽车电子系统、玩具、个人信息终端以及通信产品中。

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两大类。

通用型单片机就是其内部可开发的资源（如存储器、I/O 等各种外围功能部件等）可全部提供给用户。用户可根据实际需要，设计一个以通用单片机芯片为核心，再配以外围接口电路及其他外围设备（简称外设），并编写相应的程序来控制功能，以满足各种不同测控系统的功能需求。通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用型单片机。

专用型单片机是专门针对某些产品的特定用途而制作的。例如，各种家用电器中的控制器等。因此，单片机芯片制造商常与产品厂家合作，设计和生产“专用”的单片机芯片。在设计中，已经对“专用”单片机的系统结构最简化、可靠性和成本最佳化等方面都做了全面综合考虑，所以“专用”单片机具有十分明显的综合优势。但是，无论“专用”单片机在用途上有多么“专”，其基本结构和工作原理都是以通用单片机为基础的。

1.2 单片机的发展历史

单片机根据其基本操作处理的二进制位数主要分为：8位单片机、16位单片机和32位单

片机。

单片机的发展历史大致可分为 4 个阶段。

第一阶段（1974—1976 年）：初级单片机阶段。因工艺限制，单片机采用双片形式，且功能简单。1974 年 12 月，仙童公司推出了 8 位 F8 单片机，实际上它只包括了 8 位 CPU、64B RAM 和 2 个并行口。

第二阶段（1976—1978 年）：低性能单片机阶段。1976 年 Intel 公司推出的 MCS-48 单片机（8 位）极大地促进了单片机的变革和发展。1977 年 GI 公司推出了 PIC1650，但这一阶段的单片机仍然处于低性能阶段。

第三阶段（1978—1983 年）：高性能单片机阶段。该阶段使应用跃上了一个新的台阶。这一阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 口，多级中断系统，16 位定时器/计数器，片内 ROM、RAM 容量加大，且寻址范围可达 64KB，有的片内还带有 A/D 转换器。由于其性价比高，所以得到广泛应用。典型产品为 Intel 公司的 MCS-51 系列，Mortorola 公司的 6801 单片机。此后，各公司生产的与 MCS-51 系列兼容的 8 位单片机得到了迅速发展，新机型不断涌现。

第四阶段（1983—现在）：8 位单片机巩固发展及 16 位、32 位单片机推出阶段。20 世纪 90 年代是单片机制造业大发展的时期，这一时期的 Mortorola、Intel、Microchip、ATMEL、德州仪器（TI）、三菱、日立、飞利浦、韩国 LG 等公司相继开发了一大批性能优越的单片机，极大地推动了单片机的推广与应用。近年来，又有不少新型的高集成度的单片机涌现出来，出现了单片机产品百花齐放、丰富多彩的局面。目前，除了 8 位单片机得到广泛应用之外，16 位、32 位单片机也得到广大用户的青睐。

1.3 单片机的特点

单片机是集成电路技术与微型计算机技术高速发展的产物。单片机体积小、价格低、应用方便、稳定可靠，因此单片机的发展普及给工业自动化等领域带来了一场重大革命和技术进步。由于单片机很容易嵌入到系统之中，便于实现各种方式的检测或控制，这是一般微型计算机根本做不到的。单片机只要在其外部适当增加一些必要的外围扩展电路，就可以灵活地构成各种应用系统，如工业自动控制系统、自动检测监视系统、数据采集系统、智能仪器仪表等。

为什么单片机应用如此广泛？主要是单片机系统具有以下优点。

（1）简单方便，易于掌握和普及。单片机应用系统设计、组装、调试已经是一件容易的事情，广大工程技术人员通过学习可很快掌握其应用设计与调试技术。

（2）功能齐全，应用可靠，抗干扰能力强。

（3）发展迅速，前景广阔。在短短几十年的时间里，单片机就经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等几大发展阶段。尤其是形式多样、集成度高、功能日臻完善的单片机不断问世，更使得单片机在工业控制及自动化领域获得了长足发展和大量应用。近几年，单片机内部结构愈加完美，配套的片内外围功能部件越来越完善，一片芯片就是一个应用系统，为应用系统向更高层次和更大规模的发展奠定了坚实基础。

（4）嵌入容易，用途广泛。单片机体积小、性价比高，灵活性强等特点在嵌入式微控制系统中具有十分重要的地位。在单片机问世前，人们要想制作一套测控系统，往往采用大量的模拟电路、数字电路、分立元件来完成，系统体积庞大，且因为线路复杂，连接点太多，极易出现故障。单片机问世后，电路组成和控制方式都发生了很大变化。在单片机应用系统中，各种

测控功能的实现绝大部分都已经由单片机的程序来完成，其他电子线路则由片内的外围功能部件来替代。

1.4 单片机的应用领域

单片机具有软硬件结合、体积小，易于嵌入到各种应用系统中的优点。因此，以单片机为核心的嵌入式控制系统在下述各个领域得到了广泛应用。

(1) 工业控制与检测。在工业领域，单片机的主要应用有：工业过程控制、智能控制、设备控制、数据采集和传输、测试、测量、监控等。在工业自动化的领域，机电一体化技术将发挥愈来愈重要的作用，在这种集机械、微电子和计算机技术为一体的综合技术（如机器人技术）中，单片机发挥着非常重要的作用。

(2) 仪器仪表。目前对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高。在智能仪器仪表中使用单片机，有助于提高仪器仪表的精度和准确度，简化结构，减小体积，便于携带和使用，加速仪器仪表向数字化、智能化、多功能化方向发展。

(3) 消费类电子产品。单片机在家用电器中的应用已经非常普及，如洗衣机、电冰箱、微波炉、空调、电风扇、电视机、加湿机、消毒柜等。在这些设备中嵌入单片机后，使其功能与性能大大提高，并实现了智能化、最优化控制。

(4) 通信。在调制解调器、各类手机、传真机、程控电话交换机、信息网络以及各种通信设备中，单片机也已经得到广泛应用。

(5) 武器装备。在现代化的武器装备中，如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备、航天飞机导航系统等，都有单片机的嵌入。

(6) 各种终端及计算机外部设备。计算机网络终端设备（如银行终端）以及计算机外部设备（如打印机、硬盘驱动器、绘图机、传真机、复印机等）中都使用了单片机作为控制器。

(7) 汽车电子设备。单片机已经广泛地应用在各种汽车电子设备中，如汽车安全系统、汽车信息系统、智能自动驾驶系统、汽车卫星导航系统、汽车紧急请求服务系统、汽车防撞监控系统、汽车自动诊断系统以及汽车黑匣子等。

(8) 分布式多机系统。在比较复杂的多节点测控系统中，常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干功能各异的单片机组成，各自完成特定的任务，它们通过串行通信相互联系、协调工作。在这种系统中，单片机往往作为一个终端机，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时的测量和控制。

综上所述，从工业自动化、自动控制、智能仪器仪表、消费类电子产品等方面，直到国防尖端技术领域，单片机都发挥着十分重要的作用。

1.5 单片机的发展趋势

单片机的发展趋势将向大容量、高性能、外设部件内装化等方面发展。

1. CPU 的改进

(1) 增加数据总线的宽度。例如，各种 16 位单片机和 32 位单片机，其数据处理能力要优于 8 位单片机。另外，8 位单片机内部采用 16 位数据总线，其数据处理能力明显优于一般 8 位单片机。

(2) 采用双 CPU 结构, 以提高数据处理能力。

2. 存储器的发展

(1) 片内程序存储器普遍采用闪烁 (Flash) 存储器。闪烁存储器能在 +5V 下读写, 既有静态 RAM 的读写操作简便, 又有在掉电时数据不会丢失的优点。单片机可不用扩展外部程序存储器, 大大简化了系统的硬件结构, 有的单片机片内程序存储器容量可达 128KB, 甚至更多。

(2) 加大片内数据存储器存储容量。例如 8 位单片机 PIC18F452 片内集成了 4KB 的 RAM, 以满足动态数据存储的需要。

3. 片内 I/O 的改进

(1) 增加并行口的驱动能力, 以减少外部驱动芯片。有的单片机可以直接输出大电流和高电压, 以便能直接驱动 LED 显示屏和 VFD 荧光显示器。

(2) 有些单片机设置了一些特殊的串行 I/O 功能, 为构成分布式、网络化系统提供了方便条件。

(3) 引入数字交叉开关, 改变了以往片内外设与外部 I/O 引脚的固定对应关系。交叉开关是一个大的数字开关网络, 可通过编程设置交叉开关控制寄存器, 将片内计数器/定时器、串行口、中断系统、A/D 转换器等片内外设灵活配置出现在端口 I/O 引脚, 允许用户根据自己的特定应用, 将内部外设资源分配给端口 I/O 引脚。

4. 低功耗

目前单片机产品均为 CMOS 化芯片, 功耗小。这些单片机普遍配置有等待状态、睡眠状态、关闭状态等工作方式。在这些状态下低电压工作的单片机, 其消耗的电流仅在 μA 或 nA 量级, 适合于电池供电的便携式、手持式仪器仪表以及其他消费类电子产品。

5. 外围电路内装化

随着集成电路技术及工艺的不断发展, 把所需的众多外围电路全部装入单片机内, 即系统的单片化是目前单片机发展的趋势之一, 一片芯片就是一个“测控”系统。

6. 编程及仿真的简单化

目前, 大多数单片机都支持程序在线编程, 也称在系统编程 ISP (In System Program), 只需一条与 PC 机相连的 ISP 下载线 (多为 USB 口或串口), 就可以把仿真调试通过的程序代码从 PC 机在线写入单片机的 Flash 存储器内, 省去编程器。某些机型还支持在线应用编程 (IAP), 可在线升级或销毁单片机的应用程序, 省去了仿真器。

综上所述, 单片机正在向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外设电路内装化以及片内程序存储器、数据存储器容量不断增大的方向发展。

7. 实时操作系统的使用

单片机可配置实时操作系统 RTX51。RTX51 是一个针对 8051 单片机的多任务内核。其实时内核从本质上简化了对实时事件反应速度要求较高的复杂系统设计、编程和调试, 已完全集成到 C51 编译器中, 使用简单方便。

1.6 MCS-51 系列与 AT89S5x 系列单片机

20 世纪 80 年代以来, 单片机的发展非常迅速, 其中 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机是一款设计成功、易于掌握并在世界范围得到广泛普及应用的机型。