

电子电路设计循序渐进系列教程

单片机在电子电路 设计中的应用

赫建国
郑 燕
薛延侠

编著



清华大学出版社

电子电路设计循序渐进系列教程

单片机在电子电路设计中的应用

赫建国 郑 燕 薛延侠 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书针对当前最常用的 MCS51 系列单片机和 KEIL 公司的集成开发软件 μ Vision2 介绍如何设计应用电路。本书通过一系列具有明确目的的设计任务来组织内容,把困难的内容进行分解,把一个高的台阶变成若干低的台阶,让读者接触实际的电路组装和软件编程。

本书的内容包括两个部分:基础部分和应用部分。基础部分通过交通灯的控制、频率测量、信号产生以及键盘等电路的设计,学习单片机的基本知识和模拟调试软件的使用。应用部分通过具体应用电路的设计,学习如何基于单片机设计一个实用电路,并掌握完成一个应用系统设计所需要的基本方法。

本书是高校电子、通信、电气和自动控制等专业学生学习单片机应用的教材,也可以作为从事电子线路设计的技术人员的参考用书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

单片机在电子电路设计中的应用/赫建国,郑燕,薛延侠编著. —北京:清华大学出版社,2006.5

(电子电路设计循序渐进系列教程)

ISBN 7-302-12765-4

I. 单… II. ①赫… ②郑… ③薛… III. 单片微型计算机-计算机应用-电子电路-电路设计-教材
IV. TN702-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 026682 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦
<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084
社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:陈韦凯

文稿编辑:鲁秀敏

封面设计:范华明

版式设计:赵丽娜

印 装 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:13.25 字数:283 千字

版 次:2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-12765-4/TN·322

印 数:1~5000

定 价:20.00 元

读者建议反馈表

1. 姓名_____ 2. 性别_____ 3. 年龄_____ 4. 电话_____
5. 单位/学校_____ 6. 职务/职称 _____
7. 通信地址 _____ 邮编 _____
8. 电子信箱 _____ 9. 单位网站 _____
10. 您的文化程度: ☐ 中职中专 ☐ 高职高专 ☐ 本科 ☐ 研究生及以上
11. 您所学专业: ☐ 通信电子 ☐ 计算机 ☐ 电气 ☐ 自动化 ☐ 机电 ☐ 其他
12. 您的工作性质: ☐ 设计开发 ☐ 院校教师 ☐ 普通培训 ☐ 学生
13. 您购买本书在: ☐ 综合书店 ☐ 科技书店 ☐ 校园书店 ☐ 网站 ☐ 其他
14. 您对本书有何建议和意见?

15. 您了解的同类书籍还有哪些? 本书与这些同类书籍比较有何优劣?

16. 通过本书您学到了什么? 您还需要学习或了解什么进一步的知识?

17. 您今后需要哪类书籍?

18. 若有写作能力, 您是否有写作意向? 写哪方面的内容?

表格填好后请寄:

有关计算机/电子/通信类等书籍投稿意向请按照如下方式联系:

地址: 北京清华大学出版社校内白楼 207 室

邮编: 100084

电话: 010-62788951/62791976 转 222

信箱: chenwk@tup.tsinghua.edu.cn

有关本书的建议和意见或邮购本书请按照以下方式联系:

地址: 北京清华大学出版社校内白楼 “电子电路设计循序渐进系列教程” 编辑部

邮编: 100084

电话: 010-62770384

传真: 010-62788903

电子电路设计循序渐进系列教程

丛书编委会

主任委员:

张晓冬

副主任委员:

黄正瑾 段哲民

委员:

王松武	常 华	杜 刚	赫建国	胡仁杰
赵良法	马晓春	于 鑫	郑 燕	薛延侠
袁 钢	于 蕾	王启宁	常敏嘉	戎华洪
张东霞	王 扬			

出版说明

高等教育应该重视学生工程素质和实践能力的培养,提高学生解决实际问题的能力,这也是当前用人单位对毕业生专业技能的要求。对于电子信息、电气、自动化等电类专业学生来说,电子电路设计是必备的专业技能。各高校普遍通过实验课程、课程设计、毕业设计以及组织各种竞赛来提高学生电子电路设计与制作的能力。尤其全国大学生电子设计竞赛更是教育部倡导的四大学科竞赛之一,在高校和社会中获得了较大的关注和影响,在一定程度上促进了电子科学与技术学科的发展,也促进了课程体系和教学内容的改革。

目前普遍存在的一个问题是,本科阶段课程多,学时少,学生在教学计划内的实践锻炼机会不够,且部分学校存在学生多、指导教师和实验资源不足等问题。因此,学生课下的学习提高非常重要,这就需要有适合自学或作为竞赛辅导的系列教材。

为此,我们组织出版了这套“电子电路设计循序渐进系列教程”。系列教程的编写遵循了一个从基础准备到综合设计的循序渐进的指导原则,通过电子元器件识别与选用指导、单片机应用指导、PLD 应用指导、常用电路模块分析与设计指导、仿真环节指导、电路板设计与制作指导、综合系统设计实例指导等一系列系统培训过程,使学生掌握电子电路设计的实用技术。同时系列教程中的每一册又是相对独立和完整的,学生可依据自身情况,选择具体介绍其所欠缺知识点的某一册或某几册作为参考。

本系列教程由历届全国大学生电子设计竞赛评选出的优秀组织者和优秀辅导教师执笔编写,他们不仅具有渊博、扎实的专业知识,还具有丰富的辅导经验和培养学生的责任心。在此,为他们的辛勤付出表示崇高的敬意和衷心的感谢!

由于时间紧迫和能力所限,本系列教程在出版过程中可能存在一些不足和遗憾,欢迎广大师生批评指正。最后,衷心希望本系列教程的出版能为高校实践教学地开展以及学生动手能力的提高起到绵薄之力。

清华大学出版社

前 言

全国大学生电子设计竞赛是由教育部高等教育司和信息产业部人事司共同主办的一项面向在校大学生的科技活动。竞赛给学生提供了一个机会,正如竞赛目的提到的:学生业余电子线路设计与制作活动是一项面向学生的群众性科技活动,目的在于培养学生的创新能力、协作精神和理论联系实际的学风;加强学生动手能力的培养和工程实践的训练,提高学生针对实际问题进行电子设计和制作的能力;吸引和鼓励参加课外科技活动,为优秀学生的脱颖而出创造条件。

本书是在作者多年来参与全国大学生电子设计竞赛的赛前学生训练、竞赛指导工作和电子线路课程教学改革经验总结的基础上编写的。作者在赛前学生训练的教学过程中改革了以往《单片机原理》课程的授课方式,没有按照通常单片机的硬件结构、指令系统、在片外围设备和单片机系统扩展的内容顺序进行讲授,而是通过一系列具有明确目的的设计任务来组织教学。通过合理地安排这些设计任务,把学生感到困难的教学内容进行分解,把一个高的台阶变成若干低的台阶,同时从一开始上课就让学生接触实际的电路组装和软件编程,从而使学生在最初的学习中就能体会到成功的喜悦。

教学中使用的单片机芯片为 Atmel 公司生产的 8051 兼容芯片 AT89S51, 它的指令集与 MCS51 系列单片机指令集兼容,同时它的内部包含用作程序存储器的 4KB 的基于 Flash 技术的只读存储器。在全国大学生电子设计竞赛的赛前学生训练中使用这款芯片是由于它具有优异的性能,同时因为价格便宜和供货的方便,能很好地支持教学中的实践环节。

本书的内容可以分为两部分:第 1 部分包括第 1 章到第 7 章的内容,这部分讲述单片机的基本知识;第 2 部分包括第 8 章到第 11 章的内容,这部分讲述如何利用前一部分学习的单片机基本知识实现应用系统的设计。

第 1 章介绍 AT89S51 单片机的特性、存储空间、最小应用系统电路和 Keil 单片机模拟调试软件。模拟调试软件不仅可以在程序下载到单片机芯片之前验证它的正确性,而且也可以被用来形象地学习单片机的基本知识。

第 2 章通过一个交通灯信号电路的具体设计过程,介绍了 AT89S51 单片机并行输入/输出接口。在程序编写方面,使用内部数据存储器的数据传送指令 MOV 产生交通灯信号;采用控制转移类指令 DJNZ 实现延时;利用子程序调用指令 ACALL 简化所编写程序的结构。

第 3 章介绍 AT89S51 单片机的串行输入/输出接口,并利用它设计基于数码管的数据显示电路。由于在使用数码管进行数据显示之前,数据必须被译码,这里使用访问程序存储器的数据传送指令 MOVC 完成这项要求。该章还介绍控制转移类指令 CJNE 和算术运算指令 INC 等,并使用它们编写了数据显示的验证程序。

第 4 章介绍 AT89S51 单片机的片内定时/计数器,并应用定时/计数器实现了数字信号的频率测量,也实现了测量量程的自动转换。为使得程序编写方便,该章还介绍了程序框

图。在指令方面，单片机的位寻址指令被介绍。

第5章介绍访问外部数据空间的指令 MOVX 和该指令被执行时单片机的输出信号时序。利用 MOVX 指令，单片机可以访问外部数据存储器、模拟/数字转换器和数字/模拟转换器等外围器件。

第6章是第5章所讨论内容的继续。第5章介绍单片机访问具有并行数据传输接口的外围器件，第6章介绍单片机访问具有串行数据传输接口的外围器件。具有并行数据传输接口的外围器件工作速度快，具有串行数据传输接口的外围器件接线简单。

第7章介绍 AT89S51 单片机的中断系统。基于单片机的外部中断，可设计键盘电路。应用程序中使用软件的方法实现按键开关的去抖动。利用键盘，操作者可以向单片机发出控制指令。

第8章到第10章分别讨论数控电源、正弦信号产生器和数字无线电应用的设计过程。完成一个应用系统的设计所需的步骤为：方案论证、系统设计、单元电路设计和系统测试。对于基于单片机的应用系统设计，在单元电路设计中还包括软件编程。

第11章介绍一种不需要硬件编程器和仿真器的 MCS51 单片机兼容芯片——ADuC812，这种芯片的应用大大降低了对实验设备的要求，因为它只需一台微机就可以支持许多实验。

全国大学生电子设计竞赛的赛前学生训练通常是在竞赛的前一年开始。参加训练的基本上为三年级学生，他们已经完成了《电路分析》课程的学习，部分完成了《电子技术》课程的学习。本书的教学分两个学期完成，第1学期完成书中第1部分，即从第1章到第7章内容的教学，第2学期完成书中第2部分，即第8章到第11章内容的教学。每学期使用30课时，分10次上课。

本书是作者在多年教学教案的基础上编写的。书中的内容不仅包括许多任课教师的教学经验，也包括许多学生的学习经验。在学习过程中，我们教授给学生知识，同时也从学生那里学习到很多东西。书中的许多硬件电路和软件程序也是学生参与设计和调试的，在这里向陈柯安、阎峰、程世伟、巩艳华和柳玉琨等同学表示衷心的感谢。

在多年对全国大学生电子设计竞赛参赛学生的培训中，作者得到了西安邮电学院和学院许多老师的支持和帮助，在本书的编写过程中，也参考了许多专家和学者的著作及研究成果，在这里一并向他们表示衷心的感谢。

本书能够顺利出版与清华大学出版社和陈韦凯先生的大力支持是分不开的。陈韦凯先生在本书的编写过程中给予了热心的帮助和督促，在这里向他表示衷心的感谢。

本书的编写目的是为准备参加全国大学生电子设计竞赛的学生提供一本赛前训练的指导书，同时也可以作为高校相关专业的教材和工程技术人员的参考书。由于本书是通过一系列具有明确目的的设计任务来组织编写的，这样在单片机内容的完整性方面可能有所欠缺，加之作者的水平有限，书中的错误与不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

2005年8月于西安邮电学院

目 录

第 1 章 MCS51 单片机介绍	1
1.1 数字集成电路的发展历程	1
1.1.1 标准逻辑器件	1
1.1.2 微处理器	1
1.1.3 专用集成电路	2
1.2 MCS51 单片机介绍	2
1.2.1 概述	2
1.2.2 AT89S51 单片机的特性	3
1.2.3 AT89S51 单片机的封装	3
1.3 AT89S51 单片机的存储器	4
1.3.1 程序存储空间	5
1.3.2 数据存储空间	5
1.4 单片机最小应用系统电路	8
1.5 单片机模拟调试软件	10
1.5.1 Keil 单片机模拟仿真调试软件的安装和启动	10
1.5.2 工程 (Project) 的建立	11
1.5.3 源文件的输入	12
1.6 学习编写第一个程序	13
1.6.1 ORG 指令	13
1.6.2 语句标号	14
1.6.3 MOV 指令	14
1.6.4 注释	15
1.6.5 AJMP 指令	15
1.6.6 END 指令	16
1.7 程序调试	16
1.7.1 汇编语言源程序的汇编	16
1.7.2 汇编语言源程序的调试	17
1.8 小结	18
实验	19
第 2 章 并行输入/输出的应用	20
2.1 并行输入/输出概述	20

2.2	基于 P1 口的交通信号灯控制电路设计	21
2.3	基于 P1 口的交通信号灯控制程序	22
2.3.1	交通信号灯控制状态表	23
2.3.2	交通信号灯控制汇编语言源程序	23
2.3.3	MOV 指令的执行时间	24
2.4	采用 DJNZ 指令实现延时	25
2.5	子程序及其调用	27
2.5.1	子程序调用指令	28
2.5.2	子程序编写格式	28
2.6	交通信号灯控制程序及其模拟调试	29
2.6.1	程序清单	29
2.6.2	模拟调试软件运行参数的设置	30
2.6.3	程序的模拟调试	31
2.6.4	程序向单片机芯片的下载	33
2.7	小结	33
实验		34
第 3 章	串行输入/输出的应用	35
3.1	串行输入/输出概述	35
3.1.1	简介	35
3.1.2	串行输入/输出的工作方式	35
3.1.3	串行输入/输出的工作控制寄存器	36
3.2	数码管及其显示电路	37
3.3	基于串行输入/输出的数码管电路	40
3.4	译码程序	42
3.4.1	译码子程序	42
3.4.2	MOVC 指令	43
3.4.3	DB 伪指令	44
3.4.4	基于译码子程序的显示演示程序	44
3.5	具有时间显示的交通灯的控制电路	46
3.6	数码管应用的进一步讨论	47
3.6.1	多位数据的显示	47
3.6.2	十六进制数到十进制数的转换	49
3.7	小结	51
实验		52
第 4 章	定时/计数器的应用	53
4.1	定时/计数器介绍	53

4.1.1 定时/计数器概述.....	53
4.1.2 定时/计数器的工作方式.....	53
4.1.3 定时/计数器的工作控制寄存器.....	56
4.2 基于定时/计数器的信号频率测量.....	57
4.2.1 频率测量的程序框图.....	57
4.2.2 频率测量的程序示例.....	59
4.3 频率测量量程的自动切换.....	62
4.3.1 扩展频率测量范围.....	62
4.3.2 频率测量量程的自动切换.....	63
4.4 正弦波到 TTL 方波的转换电路.....	65
4.5 小结.....	66
实验.....	67
第 5 章 外部数据空间的访问	68
5.1 访问外部数据空间的指令和执行时序.....	68
5.1.1 MCS51 系列单片机的基本时序周期.....	68
5.1.2 MOVX 指令及执行时序.....	69
5.1.3 外部总线的扩展.....	71
5.2 外部数据存储器的扩展.....	72
5.2.1 HM6264A 的介绍.....	72
5.2.2 扩展 HM6264A 的电路.....	74
5.2.3 HM6264A 工作验证.....	75
5.3 DAC0832 数字/模拟转换器的应用	76
5.3.1 DAC0832 数字/模拟转换器的介绍.....	76
5.3.2 DAC0832 数字/模拟转换器的单缓冲方式接口.....	77
5.3.3 DAC0832 数字/模拟转换器的双缓冲方式接口.....	79
5.4 ADC0809 模拟/数字转换器的应用	81
5.4.1 ADC0809 模拟/数字转换器的介绍.....	81
5.4.2 等待延时方式.....	83
5.4.3 查询方式.....	84
5.5 小结.....	85
实验.....	86
第 6 章 串行接口器件的访问	87
6.1 使用普通输入/输出引脚实现同步串行接口.....	87
6.1.1 概述.....	87
6.1.2 基于普通输入/输出引脚的串行显示子程序.....	88
6.2 12 位串行输入数字/模拟转换器 DAC7611.....	89

6.2.1 数字/模拟转换器 DAC7611 的介绍.....	89
6.2.2 DAC7611 的应用电路和控制时序.....	90
6.2.3 控制 DAC7611 工作的子程序.....	92
6.3 12 位串行输出模拟/数字转换器 ADS7818	94
6.3.1 模拟/数字转换器 ADS7818 的介绍	94
6.3.2 ADS7818 的应用电路和控制时序	95
6.3.3 控制 ADS7818 工作的子程序	96
6.4 小结.....	99
实验.....	99
第 7 章 中断系统的应用.....	100
7.1 中断系统介绍	100
7.1.1 概述	100
7.1.2 中断源	100
7.1.3 中断控制	102
7.1.4 中断的响应过程	104
7.2 定时器溢出中断的应用	105
7.2.1 基于定时/计数器的信号周期测量	105
7.2.2 定时器溢出中断的模拟	106
7.2.3 信号周期测量的实现	107
7.3 基于外部中断的简单键盘	109
7.3.1 键盘概述	109
7.3.2 外部中断的模拟	111
7.4 小结	113
实验	113
第 8 章 数控电源的设计.....	114
8.1 数控电源的设计要求	114
8.2 数控电源的方案论证	114
8.3 系统设计	115
8.3.1 硬件电路的系统设计	115
8.3.2 软件程序的系统设计	116
8.4 单元电路设计	117
8.4.1 显示电路设计	117
8.4.2 数字/模拟转换器电路设计	118
8.4.3 键盘电路设计	118
8.4.4 放大电路设计	123
8.4.5 保护电路设计	124

8.5 系统测试.....	125
8.5.1 输出电压范围和步进调整值的测量.....	125
8.5.2 过流保护电路的测量.....	127
8.6 小结.....	127
第 9 章 正弦信号产生器的设计.....	129
9.1 正弦信号产生器的设计要求.....	129
9.2 正弦信号产生器的方案论证.....	129
9.2.1 传统的正弦信号产生器设计方案.....	129
9.2.2 基于单片机和数字/模拟转换器的设计方案.....	130
9.2.3 基于 DDS 技术的设计方案.....	130
9.3 AD9850 芯片介绍.....	132
9.4 系统设计.....	135
9.4.1 硬件电路的系统设计.....	135
9.4.2 软件程序的系统设计.....	136
9.5 单元电路设计.....	136
9.5.1 显示电路设计.....	136
9.5.2 AD9850 电路设计.....	137
9.5.3 键盘电路设计.....	139
9.6 小结.....	142
第 10 章 数字信号的无线收发.....	143
10.1 数字通信概述.....	143
10.2 nRF2401 无线收发芯片介绍.....	144
10.3 集成电路接口.....	146
10.3.1 低电压器件.....	146
10.3.2 低电平信号驱动高电平负载.....	146
10.3.3 高电平信号驱动低电平负载.....	147
10.3.4 Atmel 公司的低电压器件.....	147
10.4 nRF2401 无线收发芯片的工作模式.....	148
10.4.1 正常工作模式.....	148
10.4.2 配置模式.....	149
10.4.3 旁路模式.....	150
10.4.4 掉电模式.....	150
10.5 nRF2401 无线收发芯片的配置.....	150
10.5.1 射频传输数据的结构.....	150
10.5.2 nRF2401 无线收发芯片的配置字.....	151
10.5.3 nRF2401 无线收发芯片的配置时序图.....	154

10.6 nRF2401 无线收发芯片的正常工作	154
10.6.1 ShockBurst™ 方式下的发射	155
10.6.2 ShockBurst™ 方式下的接收	157
10.7 小结	159
第 11 章 MCS51 单片机兼容芯片 ADuC812 的使用	160
11.1 ADuC812 芯片介绍	160
11.1.1 ADuC812 芯片功能	160
11.1.2 ADuC812 芯片的 QuickStart 开发系统	162
11.2 在电路程序代码的下载	163
11.2.1 在电路串行程序代码下载电路	164
11.2.2 串行程序代码下载器	165
11.3 在电路程序代码的仿真调试	168
11.3.1 仿真器工作环境设置	168
11.3.2 应用程序的仿真调试	170
11.3.3 仿真器工作环境的保存	172
11.4 在片 FLASH 数据存储器	173
11.4.1 在片 FLASH 数据存储器介绍	173
11.4.2 在片 FLASH 数据存储器的工作控制寄存器	174
11.4.3 在片 FLASH 数据存储器的使用	175
11.5 模拟输入/输出接口	176
11.5.1 在片模拟/数字转换器概述	176
11.5.2 在片模拟/数字转换器的工作控制寄存器	178
11.5.3 在片数字/模拟转换器概述	180
11.5.4 在片数字/模拟转换器的工作控制寄存器	181
11.5.5 模拟输入/输出接口应用	183
11.6 小结	184
附录 A MCS51 单片机的汇编语言指令系统	185
附录 B MCS51 单片机汇编器的伪指令	190
附录 C 指令执行对标志位的影响	192
参考文献	193

第 1 章 MCS51 单片机介绍

1.1 数字集成电路的发展历程

从 20 世纪 60 年代开始, 数字集成电路在集成度方面的发展经历了以下 4 个阶段: 包含几十到几百个逻辑门的小规模集成电路 (Small Scale Integration, SSI); 包含几百到几千个逻辑门的中规模集成电路 (Medium Scale Integration, MSI); 包含几千到几万个逻辑门的大规模集成电路 (Large Scale Integration, LSI); 包含几万个以上逻辑门的超大规模集成电路 (Very Large Scale Integration, VLSI)。

在工作原理方面, 数字集成电路可以划分为标准逻辑器件、微处理器和专用集成电路。

1.1.1 标准逻辑器件

标准逻辑器件在集成度方面属于中小规模集成电路, 它包括基于 TTL 工艺的 54/74 系列和基于 CMOS 工艺的 4000 系列的各种逻辑门、触发器、译码器、多路选择器、计数器等器件。这些器件的工作原理和应用在《数字电路逻辑设计》课程中有详细的介绍。

作为传统数字系统中使用的主要器件, 标准逻辑器件的产量很大, 因此它们的生产成本低廉、价格便宜。由于这些器件的功能确定, 芯片设计时主要考虑如何提高器件的性能, 因此标准逻辑器件的工作速度快, 但是由于集成度较低, 采用它们设计的数字系统需要较多的器件, 这就使得电路连线复杂, 系统的可靠性降低。由于用户无法修改这类器件的功能, 修改系统设计必须通过对电路重新设计和组装来实现。

1.1.2 微处理器

微处理器, 包括在本书中将要学习的单片机, 在集成度方面属于大规模集成电路。它们被应用于数字系统的设计起始于 20 世纪 70 年代。这类器件可以通过编写程序来实现系统功能。基于微处理器所设计电路的逻辑功能可由软件配置, 这个特点使得设计灵活性得到提高, 当修改系统设计时, 设计者不需要, 或者较少需要修改电路连线。相对于由标准逻辑器件构成的数字系统, 基于微处理器设计的系统工作速度较低; 其次, 微处理器的工作仍需要一些标准逻辑器件或者相关逻辑器件构成的外围电路的支持。

1.1.3 专用集成电路

专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 的出现在一定程度上克服了上述两种逻辑器件的缺点。专用集成电路是为满足一种或几种特定功能而专门设计和制作的集成电路芯片, 它的集成度很高, 一片专用集成电路芯片甚至可以构成一个完整的数字系统, 因此这使得系统的硬件规模进一步降低, 可靠性进一步提高。

专用集成电路可以分为全定制 (Full-custom) 产品、半定制 (Semi-custom) 产品和可编程逻辑器件 (Programmable Logic Device, PLD)。

(1) 全定制产品

全定制产品是指专为特定目的设计、制造的集成电路芯片, 例如电视机、电话等设备中大量使用的专用集成电路芯片。这类产品的设计是从晶体管的版图尺寸、位置和相互连线开始进行, 其目的是达到半导体芯片面积利用率高、工作速度快、功耗低的优良性能。专用集成电路芯片的制作过程包括电路设计、逻辑模拟、版图设计和集成电路的全部生产工序。全定制产品的性能优越, 但是它的设计制造成本高、周期长, 同时还具有较大的风险, 因此该产品仅适用于需要进行特大批量生产的情况。

(2) 半定制产品

半定制产品内部包含基本逻辑门、触发器和具有特定功能的逻辑块所构成的标准单元。这些标准单元是由器件生产厂家预先做好, 但是标准单元之间的连线有待按用户要求进行连接。应用半定制产品时, 用户需要根据设计要求选择合适的产品, 再由产品的结构设计出连线版图, 最后交给生产厂家完成各个标准单元之间的连线。

(3) 可编程逻辑器件

全定制产品和半定制产品的使用都离不开器件生产厂家的支持, 这给用户带来了很多麻烦。用户希望自己能设计专用集成电路芯片, 并且能立即投入实际应用之中, 而且在使用中也能比较方便地对设计进行修改。可编程逻辑器件 (PLD) 就是为满足这一需求而产生的。可编程逻辑器件内的电路和连线都是事先由器件生产厂家做好, 但是其逻辑功能并没有确定。逻辑功能的确定可以由设计者借助于开发工具, 通过编写程序的方法来实现。可编程逻辑器件的工作速度与标准逻辑器件的工作速度相当, 但目前使用它们实现信号处理比使用微处理器要复杂, 而且使用成本高。

1.2 MCS51 单片机介绍

1.2.1 概述

单片机的全称是单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)。为了使用方便, 它把

组成计算机的主要功能部件：中央处理器（CPU）、数据存储器（RAM）、程序存储器（ROM、EPROM、E²PROM 或 FLASH）、定时/计数器和各种输入/输出接口电路等都集成在一块半导体芯片上，构成了一个完整的计算机系统。与通用的计算机不同，单片机的指令功能是按照工业控制的要求设计，因此它又被称为微控制器（Microcontroller）。

MCS51 系列单片机是美国 Intel 公司于 1980 年推出的一种 8 位单片机系列。该系列的基本型产品是 8051、8031 和 8751。这 3 种产品之间的区别只是在片内程序存储器方面。8051 的片内程序存储器（ROM）是掩膜型的，即在制造芯片时已将应用程序固化进去；8031 片内没有程序存储器；8751 内部包含有用作程序存储器的 4KB 的 EPROM。由于 8051 的编程需要制造商的支持，8751 的价格昂贵，因此 8031 获得了更为广泛的使用。

MCS51 系列单片机优异的性能/价格比使得它从面世以来就获得用户的认可。Intel 公司把这种单片机的内核，即 8051 内核，以出售或互换专利的方式授权给一些公司，如 Atmel、Philips、ADI 等。这些公司的这类产品也被称为 8051 兼容芯片，这些 8051 兼容芯片在原来的基础上增加了许多特性。本书应用电路中采用了 Atmel 公司的 AT89S51 芯片，它与 MCS51 单片机指令集兼容，同时它的内部包含用作程序存储器的 4KB 的基于 FLASH 技术的只读存储器。采用这款芯片既克服了采用 8031 需要添加外部程序存储器导致电路复杂的缺点，又克服了采用 8751 导致电路制作成本高的缺点。

1.2.2 AT89S51 单片机的特性

Atmel 公司的 AT89S51 芯片具有以下特性：

- 指令集和芯片引脚与 Intel 公司的 8051 兼容；
- 4KB 片内在系统可编程 Flash 程序存储器；
- 时钟频率为 0~33MHz；
- 128 字节片内随机读写存储器（RAM）；
- 32 个可编程输入/输出引脚；
- 2 个 16 位定时/计数器；
- 6 个中断源，2 级优先级；
- 全双工串行通信接口；
- 监视定时器；
- 2 个数据指针。

1.2.3 AT89S51 单片机的封装

AT89S51 单片机具有多种封装形式，包括 PDIP40、PDIP42、PLCC44 和 TQFP44。最适合学校实验室使用的是 PDIP40 封装形式，它的外形如图 1.1 所示。PDIP40 封装形式的单片机芯片可以很方便地使用面包板来组成应用电路。