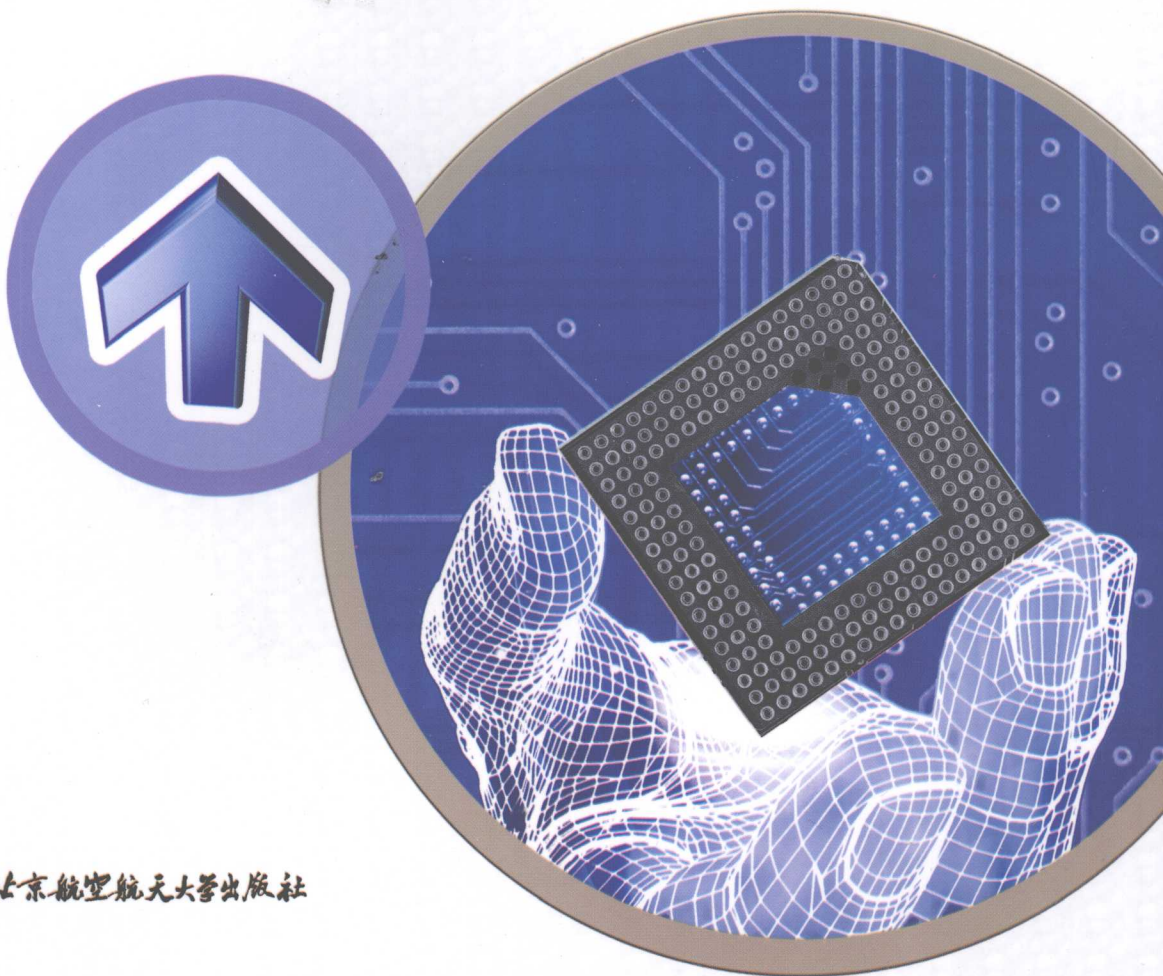




高职高专规划教材

单片机原理与应用技术

王 丰 栾学德 主编



北京航空航天大学出版社



高职高专规划教材

单片机原理与应用技术

王 丰 栾学德 主编



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列及兼容单片机为中心,系统地介绍了单片机的硬件结构与原理,指令系统与汇编语言程序设计,单片机并行、串行系统扩展技术及应用三大部分内容。书中内容的选取充分考虑了在当前应用系统设计中的实用性、先进性原则,并兼顾经典技术,通过经典实例使读者理解和掌握单片机的结构原理;通过对大量实用的新技术、新器件的介绍和实例分析,使读者了解单片机技术的发展方向,学到具有较高实用价值的技术。

本书可作为高职高专院校计算机、机电、电子等专业的教材,也可供相关专业的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用技术/王丰,栾学德主编. —北京:
北京航空航天大学出版社,2007.2

ISBN 978-7-81077-931-9

I. 单… II. ①王…②栾… III. 单片微型计算机 IV.
TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 005211 号

单片机原理与应用技术

王 丰 栾学德 主编

责任编辑 刘晓明

*

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: bhp@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:17.75 字数:398 千字

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81077-931-9 定价:25.00 元

前 言

单片机具有控制功能强、可靠性高、价格低、体积小和适合嵌入式应用等特点,广泛应用于家用电器、汽车、工业控制、机电一体化设备、智能仪表、通信等领域。使用单片机已成为提高工业自动化水平、改善生产生活条件的重要手段。单片机原理与应用技术也成为了各类高等院校理工专业学生的一门重要专业技术课。

当前已有大量的单片机教材可供选择,但有些教材内容陈旧,讲述的多是已经淘汰或过时的知识,实用价值不大,若要开发或设计产品还要从头再学。有些教材针对本科教育,理论性强,内容较多,不太适合高职高专学生学习。广大高职高专学生需要的是符合高职高专教学特点、实用性强的单片机教材。本书正是基于这一目的编写而成的。本教材编写主要考虑以下几个方面:

① 近几年来,单片机技术发展非常快,出现了很多性能优良的单片机产品,并且得到了市场认可和广泛应用。从使用数量、相关技术资料 and 开发工具等各方面综合考虑,MCS-51 系列及兼容单片机仍然具有很大优势,因此我们以 MCS-51 系列为重点来介绍单片机原理与应用技术。本书内容适合所有 MCS-51 系列及兼容单片机,使读者使用单片机时有广泛的选择余地,可选择任一型号的 MCS-51 系列及兼容单片机产品构成应用系统。

② 本书内容分为三大部分:MCS-51 系列单片机的硬件结构与原理(第 1,2,5~7 章);指令系统与汇编语言程序设计(第 3,4 章);单片机并行、串行系统扩展技术及应用(第 8,9,10 章)。前两部分是单片机技术的基础;第三部分是外部硬件的扩展与应用,也是利用单片机进行应用系统开发设计的重要内容。

③ 针对高职高专院校教学的特点,教材内容以实用为主,不作过

多的理论分析,注重理论与实践的有机结合,使读者能够用较短的时间掌握单片机技术;对于单片机应用中已淘汰或过时的技术,省略或仅简单介绍;补充当前单片机开发中经常采用的新技术,例如串行总线与接口技术、点阵液晶显示器接口与应用技术等;提供大量实用接口电路和调试通过的子程序,读者可以拿来即用。这些特点使得本书具有较高的实用价值。

单片机是一门涉及面很广的技术,一本教材不可能涵盖所有内容,本书只是介绍了基础知识和典型应用技术。在应用系统开发过程中,会遇到很多教材中没有的东西,读者可通过网络等各种途径查阅资料;同时还要了解单片机技术的发展方向,不至于因闭门造车而使设计的产品刚推出即过时或没有任何应用价值。

本书第1章由张林编写,第2~4章由王丰编写,第5~7章由栾学德编写,第8章由张建华编写,第9章由李振东编写,第10章由刘伟编写,刘涛编写了附录部分。全书由王丰统稿。

由于时间仓促,编者水平有限,若书中有错误与不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2007年1月

目 录

第 1 章 单片机概述

1.1 单片机的发展	1
1.1.1 单片机与微型计算机	1
1.1.2 单片机发展概况	1
1.2 MCS-51 系列及兼容单片机的类型	2
1.3 单片机的应用与开发	4
1.3.1 单片机与嵌入式应用	4
1.3.2 单片机应用系统的开发过程	4
习 题	5

第 2 章 单片机硬件结构与原理

2.1 硬件结构	6
2.1.1 单片机结构	6
2.1.2 单片机的工作原理	8
2.2 单片机引脚功能	8
2.3 单片机存储系统配置	10
2.3.1 存储系统总体配置	10
2.3.2 程序存储器 ROM	11
2.3.3 片内数据存储器 RAM	12
2.3.4 特殊功能寄存器 SFR	13
2.3.5 片外数据存储器 RAM	15
2.3.6 堆 栈	16
2.4 并行 I/O 端口	17
2.4.1 P0 口	17
2.4.2 P1 口	19
2.4.3 P2 口	19
2.4.4 P3 口	21
2.4.5 端口特点比较	21
2.5 单片机时序	22
2.5.1 时钟电路	22
2.5.2 几个周期概念	22
2.5.3 时 序	23

2.6	单片机的工作方式	25
2.6.1	复位	25
2.6.2	连续执行方式	26
2.6.3	单步执行方式	26
2.6.4	HMOS 型单片机的掉电方式	27
2.6.5	CHMOS 型单片机的节电方式	27
习 题		28
第 3 章	单片机指令系统	
3.1	指令格式与符号	29
3.1.1	汇编语言指令的格式	29
3.1.2	指令系统常用符号说明	30
3.1.3	机器码	31
3.2	寻址方式	32
3.2.1	立即数寻址	33
3.2.2	直接寻址方式	33
3.2.3	寄存器寻址方式	33
3.2.4	寄存器间接寻址方式	34
3.2.5	基址加变址寻址方式	35
3.2.6	相对寻址方式	35
3.2.7	位寻址方式	35
3.3	数据传送类指令	36
3.3.1	片内 RAM 及 SFR 数据传送指令	36
3.3.2	片外 RAM 及 I/O 端口数据传送指令	39
3.3.3	读 ROM 指令	40
3.3.4	数据交换指令	41
3.3.5	堆栈操作指令	42
3.4	算术运算指令	43
3.4.1	加法运算指令	43
3.4.2	减法运算指令	45
3.4.3	乘除运算指令	47
3.5	逻辑运算指令	48
3.5.1	与运算指令	48
3.5.2	或运算指令	49
3.5.3	异或运算指令	49

3.5.4	累加器 A 清 0 与取反指令	50
3.5.5	循环移位指令	50
3.6	控制转移指令	51
3.6.1	无条件转移指令	51
3.6.2	条件转移指令	54
3.6.3	子程序调用指令	56
3.6.4	返回指令	57
3.6.5	空操作指令	58
3.7	布尔指令集	58
3.7.1	位传送指令	58
3.7.2	位清 0 与置位指令	59
3.7.3	位逻辑运算指令	59
3.7.4	位条件转移指令	60
习 题		61
第 4 章 汇编语言程序设计		
4.1	概 述	63
4.1.1	汇编语言程序设计步骤	63
4.1.2	汇编与汇编语言	63
4.2	常用伪指令	65
4.3	汇编语言程序基本结构	68
4.3.1	顺序结构	69
4.3.2	选择结构	70
4.3.3	循环结构	72
4.4	散转程序	75
4.5	算术运算程序	80
4.6	数据转换与处理程序	83
4.7	查表程序	87
4.8	位处理程序	90
4.9	子程序	92
4.9.1	程序类型	92
4.9.2	子程序结构特点	93
4.9.3	子程序的参数传递	94
习 题		98

第5章 单片机中断系统

5.1	中断概述	101
5.2	中断系统结构	102
5.2.1	8051 中断系统结构	102
5.2.2	中断源与中断入口	102
5.2.3	中断系统相关特殊功能寄存器 SFR	103
5.3	中断处理过程	106
5.3.1	中断响应	106
5.3.2	中断处理	108
5.3.3	中断返回	109
5.3.4	中断服务程序的运行	109
5.4	外部中断源的扩展	110
5.4.1	利用定时/计数器扩展外部中断源	111
5.4.2	利用中断和查询结合扩展外部中断源	111
5.4.3	用可编程中断控制器芯片扩展外部中断源	112
5.5	中断应用举例	113
	习 题	114

第6章 单片机定时/计数器及应用

6.1	定时/计数器结构与工作原理	115
6.1.1	定时与计数	115
6.1.2	定时与计数的实现方式	115
6.1.3	定时/计数器结构与工作原理	116
6.2	定时/计数器控制寄存器	117
6.2.1	定时/计数器控制寄存器 TCON	117
6.2.2	定时/计数器方式寄存器 TMOD	117
6.3	定时/计数器工作方式	118
6.3.1	方式 0——13 位定时/计数器	118
6.3.2	方式 1——16 位定时/计数器	120
6.3.3	方式 2——8 位自动重装初值定时/计数器	121
6.3.4	方式 3——分为两个 8 位定时/计数器	121
6.4	定时/计数器的应用	122
6.4.1	定时/计数器的初始化	122
6.4.2	定时/计数器应用实例	123
	习 题	126

第7章 单片机串行接口

7.1 串行通信概述	127
7.2 串行通信标准接口	131
7.2.1 RS-232C 标准接口	131
7.2.2 RS-485 标准接口	136
7.3 单片机串行接口结构	137
7.3.1 串行接口结构与原理	137
7.3.2 串行接口相关 SFR 寄存器	139
7.4 串行接口工作方式	141
7.4.1 工作方式 0——8 位同步移位寄存器	141
7.4.2 工作方式 1——8 位 UART	143
7.4.3 工作方式 2,3——9 位 UART	144
7.4.4 串行接口波特率	145
7.5 串行接口应用	147
7.5.1 扩展并行 I/O 端口	147
7.5.2 双机通信	152
7.5.3 多机通信	158
习 题	163

第8章 并行系统扩展与接口

8.1 单片机的片外三总线结构	164
8.2 存储器扩展	166
8.2.1 半导体存储器的类型	167
8.2.2 EPROM 存储器的扩展	168
8.2.3 SRAM 存储器的扩展	170
8.2.4 E ² PROM 存储器的扩展	172
8.2.5 Flash ROM 存储器的扩展	173
8.3 并行 I/O 端口扩展	174
8.3.1 通用芯片扩展 I/O 端口	175
8.3.2 可编程并行接口 8255A	179
8.4 键盘接口	188
8.4.1 键盘的类型	188
8.4.2 独立键盘接口	189
8.4.3 矩阵键盘接口	191
8.5 LED 显示器接口	196

8.5.1	LED 显示器的显示方式	196
8.5.2	LED 显示器接口	198
8.6	点阵液晶显示器接口	199
8.6.1	液晶模块引脚功能	200
8.6.2	单片机与液晶模块的接口	200
8.6.3	控制命令	202
8.6.4	片内 RAM	205
8.6.5	液晶模块初始化	206
8.6.6	应用编程	207
8.7	打印机接口	211
8.7.1	Centronics 并行接口标准	211
8.7.2	打印机接口与编程	212
8.8	DAC 及 ADC 接口	214
8.8.1	DAC 及接口	215
8.8.2	ADC 及接口	220
习 题		223
第 9 章 典型串行总线与接口		
9.1	I ² C 总线	225
9.1.1	I ² C 总线概述	225
9.1.2	AT24C 系列 E ² PROM 存储器	226
9.2	SPI 总线接口	233
9.2.1	SPI 总线接口概述	233
9.2.2	看门狗定时器与 E ² PROM 芯片 X5045	233
9.3	1-Wire 总线	241
习 题		248
第 10 章 单片机应用系统开发		
10.1	单片机应用系统开发概述	249
10.2	单片机开发系统	253
10.3	超声波测距仪的研制	254
习 题		261
附录 A MCS-51 单片机指令系统表		
附录 B ASCII 码表		
参考文献		

第 1 章 单片机概述

微型计算机已经广泛应用到工作生活中,成为人们的重要工具和得力助手。可是提起单片机,知道的人并不多,生活中也很少见到单片机的踪迹。但事实并非如此,无论是用量还是与人们生产、生活的密切程度,单片机都毫不逊色于微型计算机。下面就来认识一下单片机。

1.1 单片机的发展

1.1.1 单片机与微型计算机

微型计算机(简称微机)主要由 CPU、存储器、接口电路、外部设备等构成,主要用于科学计算、图像处理、数据库管理等大量数据信息的运算与处理,所以其核心中央处理器 CPU 又称为微处理器 MPU(MicroProcessor Unit)。微处理器技术发展非常快,短短 30 几年时间,微处理器 MPU 处理数据的位数已经从最初的 4 位发展到现在的 64 位,时钟频率从 1 MHz 到现在的 3.4 GHz,内存也已达 1 GB 以上。

单片机是微型计算机的另一分支,出现时间比微处理器稍晚。单片机,即单片微型计算机(single chip microcomputer)的简称,是将构成计算机的主要功能部件,包括 CPU、存储器、I/O接口、中断系统、定时/计数器、串行接口和时钟电路等都集成到一个集成电路芯片上,这个芯片就是一台完整的计算机。一个单片机芯片,只要接上晶振、复位电路,就构成了完整的单片机最小应用系统,通电后即能工作。

单片机的特长是控制功能,所以又称为微控制器 MCU(MicroController Unit)。相对于普通微机,单片机的体积要小得多,一般嵌入到其他仪器设备里,实现自动检测与控制,因此也称为嵌入式微控制器(embedded microcontroller)。微控制器 MCU 是国际上的通用名称,由于国内已习惯使用单片机这个名称,所以本书仍称为单片机,读者在查阅资料时注意两者并没有区别。

1.1.2 单片机发展概况

从 Intel 公司推出 8 位单片机以来,有越来越多的世界著名电子公司投入到单片机技术的研发中,生产了很多各具特色的通用或专用单片机。30 几年的单片机发展史,大致可以分为 3 个阶段。

(1) 单片机发展的初期阶段

以 1976 年 Intel 公司推出的 MCS-48 系列单片机为典型代表,内部集成了 8 位 CPU、64 B 的 RAM、1 KB 的 ROM、27 条并行 I/O 端口和一个 8 位定时/计数器,不包含串行接口。其软硬件功能较弱,但相对于当时的单板机或普通微机,在控制功能、嵌入式应用等方面仍有很大的优势,推出后在工业控制领域得到了广泛的应用。

(2) 单片机的完善成熟阶段

1980 年 Intel 公司推出了 MCS-51 系列 8 位高性能单片机,内部集成了 8 位 CPU、128 B 的 RAM、4 KB 的 ROM、32 条并行 I/O 端口、2 个 16 位定时/计数器、1 个全双工的串行接口,程序和数据的寻址范围均达到 64 KB。MCS-51 系列单片机的软硬件功能都较以前的产品有了显著提高和完善,是单片机产品中的经典机型,并成为了事实上的单片机工业标准。同期产品还有 Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。另外,Intel 公司还于 1983 年推出了 MCS-96 系列 16 位单片机。

(3) 单片机高速发展阶段

近几年来,世界上很多半导体公司相继开发出了各具特色的 8 位、16 位及 32 位单片机产品,单片机市场出现了百花齐放的局面。像 Motorola 公司的 68HC08 系列、Microchip 公司的 PIC 系列、Atmel 公司的 AVR 系列和 AT89 系列、Philips 公司的 80C51 系列、Toshiba 公司的 TLCS 系列等。由于单片机主要擅长于控制功能,高速数据运算处理能力仅是少部分应用的需要,因此其发展过程并不像微处理器新型号推出后老型号迅速淘汰,而是一直保持 8 位、16 位和 32 位单片机共存的发展格局,其中 8 位单片机占据着很大的市场份额,并继续在工业控制、智能产品设计中得到广泛应用;16 位和 32 位单片机主要用在机器人、航空航天等高端应用中。

1.2 MCS-51 系列及兼容单片机的类型

Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机常用型号如表 1-1 所列。它包括 51 和 52 两个子系列;51 子系列是基本型,片内集成了 4 KB 的 ROM、128 B 的 RAM、5 个中断源、2 个 16 位的定时/计数器和 1 个全双工的串行通信端口;52 子系列是增强型,ROM 和 RAM 容量比 51 子系列增加了 1 倍,还增加了一个定时/计数器和一个中断源。

每个子系列包括若干型号,不同型号的主要区别是片内 ROM 的类型不同,分为 3 类:8031 和 8032 片内没有 ROM;8051 和 8052 片内集成掩膜 ROM;8751 和 8752 片内集成可用紫外线擦除的 EPROM。

表 1-1 MCS-51 系列单片机资源配置

系 列	制造工艺	片内 ROM 类型			ROM 容量/	RAM 容量/	中断源	定时/ 计数器	串行接口
		无	Mask ROM	EPROM	KB	B			
51 子 系列	HMOS	8031	8051	8751	4	128	5	2×16 bit	1
	CHMOS	80C31	80C51	87C51	4	128	5	2×16 bit	1
52 子 系列	HMOS	8032	8052	8752	8	256	6	3×16 bit	1
	CHMOS	80C32	80C52	87C52	8	256	6	3×16 bit	1

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺生产:一种是 HMOS 工艺,即高密度短沟道 MOS 工艺;另外一种 CHMOS 工艺,即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合,它既有 CMOS 低功耗的特点,又有 HMOS 高速度和高密度的优点,现在各种类型的单片机已全部采用 CHMOS 工艺生产。为区别于 HMOS 芯片,CHMOS 芯片型号中一般都有字母 C,例如 80C51,87C52。

推出 MCS-51 系列单片机后,Intel 公司并没有继续对 51 系列单片机进行技术改进和发布新的型号,而是将精力投入到 80X86 系列微处理器的开发上。Intel 公司把 MCS-51 单片机的内核技术出售或以互换专利的形式授权给了很多其他半导体公司,主要有 Philips、Atmel、Siemens、华邦等公司。这些公司采用了 8051 内核,同时加入了一些自己擅长的技术和功能单元,生产出了性能更加完善的 51 系列兼容单片机,例如,美国 Atmel 公司的 AT89 系列单片机,采用可多次电擦写的 Flash ROM 作为程序存储器,常用型号如表 1-2 所列。Philips 公司的 80C51 系列在片内集成了 ADC、PWM、看门狗定时器、 I^2C 接口、CAN 总线接口等部件,有的型号还将片内 ROM 增加到 64 KB。这些新型的 51 系列兼容单片机在国内外都得到了广泛应用。

表 1-2 Atmel 公司 AT89 系列常用 Flash ROM 单片机资源配置

型 号	ROM 容量/KB	RAM 容量/B	I/O 端口线	中断源	定时/计数器	串行接口	其他
AT89C1051	1	64	15	3	1×16 bit	—	比较器
AT89C2051	2	128	15	5	2×16 bit	1	比较器
AT89C51	4	128	32	5	2×16 bit	1	—
AT89C52	8	256	32	6	3×16 bit	1	—
AT89C55	20	256	32	6	3×16 bit	1	—

随着众多世界知名 IC 设计公司加入到 51 系列单片机的研发生产,用户在设计产品时有了更广泛的选择空间,可以根据应用特点选择某一公司生产的合适型号,而且其软硬件与 MCS-51 单片机兼容,有非常多的接口芯片和技术资料,使用户的开发成本降到最低。正是

具有这些优势,在众多的单片机品牌中,MCS-51 及其兼容单片机仍然占据单片机市场份额的一半以上,而且其主流系列的地位会不断巩固下去。因此本书即通过 MCS-51 单片机来介绍单片机技术与应用。不同类型单片机的原理都是相通的,通过 51 系列单片机入门后,读者也可以很容易地学习并掌握其他类型单片机。另外,本书后面的叙述统一采用 8051,泛指 MCS-51 系列及其兼容单片机,而不只是指 8051 这个具体型号。

1.3 单片机的应用与开发

1.3.1 单片机与嵌入式应用

单片机具有价格低、功耗小、功能强大和抗干扰能力强等优点,在工作生活中都有着广泛的应用,可以说无处不在。单片机的用量比微机要大得多。由于单片机体积非常小,应用中主要是嵌入到其他产品内部,作为产品的智能控制单元,所以人们平时见不到单片机。

日常生活中使用的很多家用电器都用单片机作为主控单元,例如:游戏机、电视机、空调、微波炉、电冰箱、洗衣机、计算器和数码相机等。汽车更是大量应用单片机来提高其性能,例如汽车防盗器、ABS 防抱死装置、电喷系统和倒车雷达等。

工业生产中用到的智能仪表的核心也是单片机,例如温度仪、流量计、数字电度表、水分测试仪和测距仪等。各类传感器将温度、压力、电压和频率等物理量送到智能仪表,由仪表内部的单片机进行处理,然后显示并根据设定的参数实现自动控制,还可以用总线联网实现统一控制。这些都是普通仪表所无法比拟的。工厂中使用的机电一体化设备,如数控机床、纺织机械等也利用单片机实现自动控制与生产。另外,单片机在工业机器人、航空航天、通信、军事等领域中都有着广泛的应用。

1.3.2 单片机应用系统的开发过程

单片机系统的硬件只有在软件的控制指挥下才能运行,软件和硬件是单片机应用系统中不可分割的两个组成部分。因此,单片机应用系统的产品设计开发也包括软件开发和硬件开发。单片机应用系统开发的一般步骤如下:

① 总体设计。根据任务要求进行产品方案的论证和总体规划,明确需要解决的问题,选定合适的单片机型号、外围电路的类型及主要元器件的型号,尽量使选择的方案合理,成本低,易于实现,并具有一定的先进性,能够被市场接受和认可。

② 硬件设计。设计应用系统中的各种功能模块,包括电源电路、复位电路、片外扩展的程序存储器、数据存储器、键盘显示器、其他 I/O 设备的接口、传感器接口等。硬件电路设计完成后可以先连接一个电路进行测试,确认没有问题后,借助 Protel 等电路板辅助设计软件设计 PCB(印制电路板)并交付 PCB 生产厂家制作。

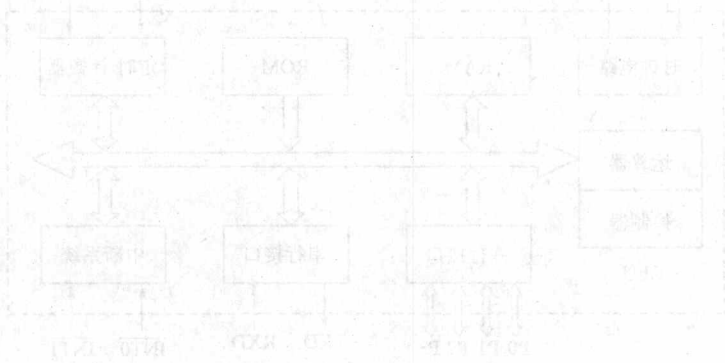
③ 软件设计。根据任务要求,利用 Keil C51 等软件编写相应的源程序并进行初步调试,发现程序中存在的语法等错误并改正。

④ 软硬件调试。借助仿真器等工具对软硬件进行全面调试,通过反复调试,找出软硬件中存在的所有问题并优化改正。如果调试过程中留下隐患,产品生产出来后会造巨大的损失,所以调试阶段是最费功夫也是最重要的一个环节。

⑤ 产品调试完成后,进行电路板焊接、写入程序和组装等最后的安装步骤,并写出产品说明书等相关技术资料,产品即开发完成。

习 题

1. 什么是单片机? 单片机与微机有什么区别?
2. 单片机内部的程序存储器有几种类型?
3. MCS-51 单片机常用的型号有哪些?
4. 举例说明单片机产品的开发步骤。



第2章 单片机硬件结构与原理

本章分析了单片机的基本结构与原理,包括单片机的引脚功能与三总线结构、存储系统配置、并行 I/O 端口、时序与工作方式等内容。本章内容对于进行系统扩展、应用系统分析与设计的重要硬件基础的介绍,是学习单片机技术的关键,读者应熟练掌握。

2.1 硬件结构

2.1.1 单片机结构

图 2-1 是 8051 单片机的内部功能单元简图,更详细的结构框图如图 2-2 所示。

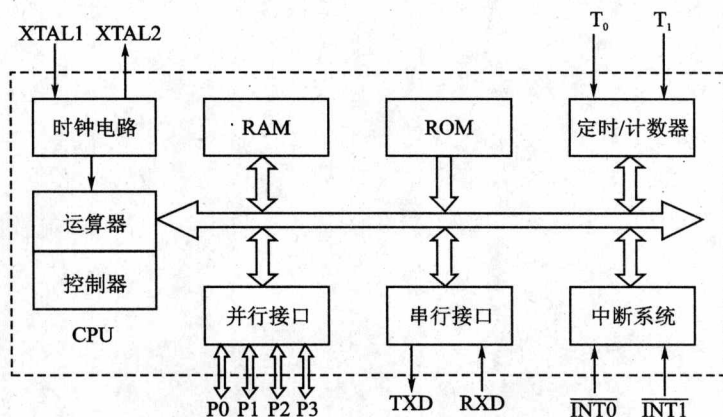


图 2-1 8051 单片机的内部功能单元简图

单片机芯片包括以下几个组成部分。

CPU：中央处理器 CPU 是单片机的核心部件,由运算器和控制器组成。运算器由算术逻辑单元 ALU、累加器 A、程序状态字 PSW、寄存器 B、暂存器等组成。运算器不仅能进行 8 位数据的算术运算和逻辑运算,还具有很强的位处理功能。控制器由指令寄存器、指令译码器、定时与控件逻辑等组成。控制器产生读取指令以及执行指令所需的控制信号,完成指令要求的功能。

时钟电路：单片机片内集成一个时钟发生电路,外接晶振后能产生振荡信号,为 CPU 的