

中国电子教育学会高教分会推荐
普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

单片机原理及其 C语言程序设计

主编 左现刚 刘艳昌 贾蒙



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国电子教育学会高教分会推荐

普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

单片机原理及其C语言程序设计

主 编 左现刚 刘艳昌 贾 蒙

副主编 孔琳琳 丁佰成 张志霞

常州大学图书馆
藏书章

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书从实际应用入手,以实验、实践案例和项目为主导,由浅入深,循序渐进地对单片机的功能及其典型应用进行了讲述,对书中涉及到的每项功能都给出了电路原理图和正确的 C51 实例代码。全书共分 7 章,内容涵盖 MCS-51 单片机基础知识、MCS-51 单片机 C 语言程序设计、MCS-51 单片机常用外围模块以及 MCS-51 单片机综合应用实例。

本书不同于传统讲述单片机的书籍,内容丰富,实用性强。书中大部分内容均来自科研工作和教学实践,许多 C 语言代码可以直接应用到工程项目中。书中所有实例代码均以实际硬件实验板实验现象为依据,从 C 语言程序来分析单片机原理,使读者能够从实际应用中彻底理解和掌握单片机。

本书适合作为高等院校电子信息类和机电类等专业的单片机课程教材,也可作为高校大学生创新基地培训、单片机课程设计、毕业设计和大学生电子设计竞赛的参考用书。本书还适合 MCS-51 单片机初学者和从事 MCS-51 单片机的项目开发技术人员,也可供从事自动控制、智能仪器仪表、电力电子和机电一体化等专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及其 C 语言程序设计/左现刚,刘艳昌,贾蒙主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2016.9

普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

ISBN 978-7-5606-3341-1

I. ① 单… II. ① 左… ② 刘… ③ 贾… III. ① 单片微型计算机—C 语言—程序设计

—高等学校—教材 IV. ① TP368.1 ② TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 080887 号

策 划 毛红兵

责任编辑 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 15.75

字 数 377 千字

定 价 32.00 元

ISBN 978-7-5606-3341-1 / TP

XDUP 3633001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

本书是一本专门讲解单片机原理及其 C 语言编程的教材，整体结构采用循序渐进的方式，同时从教学和应用的角度出发，结合作者多年来在教学和科研实践中所取得的经验。全面系统地介绍了单片机原理及使用 C 语言进行设计与应用的基本问题，是一本重在应用并兼顾理论的实用教材。使读者对嵌入式系统的开发有一个整体的了解，作者认为通过本书的学习会节约读者掌握嵌入式应用的时间，同时可以更深入地理解单片机的 C 语言编程机制，让大家能即学即用，使所学知识更加扎实。

本书共分 7 章，主要内容包括：单片机概述、MCS-51 单片机基础、MCS-51 单片机的内部资源、MCS-51 单片机的 C 程序设计基础、uVision2 集成开发环境、MCS-51 单片机内部资源的 C 语言程序设计以及单片机常用外部资源的 C 语言程序设计。

本书由左现刚、刘艳昌、贾蒙担任主编，孔琳琳、丁佰成、张志霞担任副主编。参加本书讨论和编写工作的其他人员还有白林峰、张海燕、李纲等。最后由左现刚负责全书的修改和定稿工作。

本书在编写过程中得到了许多同事、老师及西安电子科技大学出版社工作人员的指导与点评，并提出中肯的修改意见；本书也参考了一些相关教材和技术资料，在此，我代表所有参编人员表示由衷的感谢。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在一些不足和纰漏，恳请广大读者批评、指正。

编 者

2016 年 6 月

目 录

第1章 概述.....	1
1.1 嵌入式系统概述.....	1
1.2 嵌入式系统的组成.....	1
1.3 单片机的特点.....	2
1.4 单片机的应用.....	3
1.5 单片机的发展历史.....	3
1.6 单片机的使用环境和产品等级.....	4
1.7 单片机的发展趋势.....	5
本章小结.....	6
习题.....	6
第2章 MCS-51 单片机基础.....	7
2.1 MCS-51 单片机介绍.....	7
2.2 MCS-51 单片机芯片的 内部结构及特点.....	10
2.2.1 MCS-51 单片机结构.....	10
2.2.2 MCS-51 系列单片机的引脚分布.....	12
2.3 单片机的 CPU.....	14
2.3.1 运算器.....	14
2.3.2 布尔处理机.....	14
2.3.3 控制器.....	15
2.4 输出/输入端口结构.....	15
2.4.1 P0 口的结构和功能.....	15
2.4.2 P1 口的结构和功能.....	16
2.4.3 P2 口的结构和功能.....	17
2.4.4 P3 口的结构和功能.....	17
2.5 MCS-51 单片机的存储器.....	18
2.5.1 程序存储器.....	19
2.5.2 数据存储器.....	19
2.6 时钟电路及 CPU 时序.....	24
2.6.1 时钟电路.....	24
2.6.2 单片机的周期.....	25
2.7 复位操作.....	26
2.7.1 复位.....	26

2.7.2 复位方式.....	27
本章小结.....	27
习题.....	28
第3章 MCS-51 单片机的内部资源.....	29
3.1 单片机的中断系统.....	29
3.1.1 单片机中断系统的概念.....	29
3.1.2 单片机中断系统的结构和组成.....	30
3.1.3 中断控制.....	32
3.1.4 响应中断的条件.....	34
3.1.5 外部中断的响应时间.....	34
3.1.6 外部中断的触发方式.....	35
3.1.7 单片机中断请求的撤销.....	35
3.1.8 单片机中断服务子程序的设计.....	36
3.1.9 单片机外部中断扩充方法.....	36
3.2 单片机的定时器/计数器.....	37
3.2.1 定时器/计数器的结构与工作原理.....	37
3.2.2 T0 和 T1 定时器/计数器的控制.....	39
3.2.3 T0 和 T1 定时器/计数器的 工作方式.....	40
3.2.4 计数器模式对输入信号的要求.....	42
3.2.5 定时器/计数器的初始化编程.....	42
3.3 单片机的串行通信.....	43
3.3.1 串行口的结构与功能.....	43
3.3.2 串行口的控制寄存器.....	44
3.3.3 串行口的工作方式.....	45
3.3.4 单片机的多机通信.....	50
本章小结.....	51
习题.....	51

第4章 MCS-51 单片机的 C 程序 设计基础.....	52
4.1 基本概念.....	52

4.2 变量和常量.....	53
4.2.1 变量类型.....	53
4.2.2 变量的作用域.....	54
4.2.3 常量.....	55
4.2.4 枚举和定义.....	56
4.2.5 存储类型.....	57
4.3 运算符和表达式.....	59
4.3.1 赋值运算符和算术运算符.....	59
4.3.2 逻辑运算符和关系运算符.....	60
4.3.3 自增运算符、自减运算符和 复合赋值运算符.....	62
4.3.4 C51 的位运算.....	62
4.3.5 条件表达式.....	63
4.3.6 运算符优先级.....	63
4.4 控制语句.....	65
4.4.1 if/else 语句.....	65
4.4.2 while 循环.....	66
4.4.3 do/while 循环.....	66
4.4.4 for 循环.....	66
4.4.5 switch/case 语句.....	66
4.4.6 continue 和 goto 语句.....	67
4.5 函数.....	67
4.5.1 函数的定义.....	67
4.5.2 函数的返回值.....	69
4.5.3 函数调用.....	69
4.5.4 函数的声明.....	70
4.6 数组和指针.....	70
4.6.1 数组.....	70
4.6.2 指针.....	75
4.7 结构与共用体.....	78
4.7.1 结构.....	78
4.7.2 共用体.....	80
本章小结.....	81
习题.....	82

第 5 章 μ Vision2 集成开发环境.....	83
5.1 Keil C51 v6.12 的安装.....	83
5.2 Keil C51 v6.12 的使用.....	83
本章小结.....	91

习题.....	92
---------	----

第 6 章 MCS-51 单片机内部资源的 C 语言程序设计.....	93
6.1 单片机的并行 I/O 口.....	93
6.1.1 点亮一个发光二极管.....	93
6.1.2 8 个 LED 的流水灯实验.....	94
6.1.3 一路开关状态指示实验.....	96
6.1.4 多路开关状态指示实验.....	98
6.2 单片机中断系统的 C 语言编程.....	99
6.2.1 单片机中断系统的初始化.....	100
6.3 单片机计数器/定时器的 C 语言编程.....	104
6.3.1 计数器/定时器方式 0 的 应用编程.....	104
6.3.2 计数器/定时器方式 1 的 应用编程.....	106
6.3.3 计数器/定时器方式 2 的 应用编程.....	111
6.3.4 计数器/定时器方式 3 的 应用编程.....	116
6.3.5 计数器/定时器门控位 GATE 的 应用编程.....	118
6.4 单片机串口的 C 语言编程.....	120
6.4.1 串口方式 0 扩展并行 I/O 口.....	120
6.4.2 RS-232C 标准接口总线及串行 通信硬件设计.....	122
6.4.3 串口异步工作方式的应用编程.....	126
本章小结.....	141
习题.....	141

第 7 章 单片机常用外部资源的 C 语言程序设计.....	144
7.1 LED 数码管的动态显示.....	144
7.1.1 LED 数码管的结构与原理.....	145
7.1.2 硬件原理图.....	146
7.1.3 程序设计.....	147
7.2 4×4 矩阵键盘的检测.....	149
7.2.1 矩阵键盘简介及其工作原理.....	149
7.2.2 矩阵键盘的硬件原理图.....	149

7.2.3 4×4 键盘程序设计代码.....	151	7.7.2 D/A 转换器的主要技术指标.....	194
7.3 高精度 RTC 器件 DS1302 的 程序设计.....	153	7.7.3 D/A 转换器的典型应用.....	194
7.3.1 DS1302 简介.....	154	7.7.4 DAC0832 的结构及工作原理.....	194
7.3.2 DS1302 的硬件原理图.....	156	7.7.5 DAC0832 直通方式应用接口及 其程序设计.....	196
7.3.3 程序设计.....	157	7.8 单线温度传感器 DS18B20 的 程序设计.....	197
7.4 I ² C 串行总线接口器件 AT24C04 的 驱动程序设计.....	168	7.8.1 DS18B20 的工作原理.....	198
7.4.1 I ² C 总线的构成和信号类型.....	168	7.8.2 DS18B20 的工作时序.....	200
7.4.2 I ² C 总线接口电路.....	170	7.8.3 DS18B20 的指令.....	202
7.4.3 I ² C 总线的传输协议与数据传送.....	170	7.8.4 电路原理图.....	203
7.4.4 I ² C 总线接口器件 AT24C04 的 应用实例.....	172	7.8.5 程序设计.....	203
7.4.5 AT24C04 的硬件原理图.....	172	7.9 看门狗监控芯片 X25045 的 程序设计.....	207
7.4.6 AT24C04 的程序设计.....	173	7.9.1 看门狗监控概述.....	207
7.5 字符型 LCD1602 的驱动程序设计.....	177	7.9.2 X25045 的外形及引脚说明.....	208
7.5.1 LCD1602 简介.....	177	7.9.3 X25045 的工作原理及结构.....	208
7.5.2 LCD1602 的指令.....	178	7.9.4 X25045 的读/写操作及 其程序设计.....	209
7.5.3 LCD1602 的电路原理图.....	183	7.10 步进电机的原理与应用.....	214
7.5.4 程序设计.....	184	7.10.1 步进电机概述.....	214
7.6 A/D 转换器 TLC549 的 驱动程序设计.....	187	7.10.2 步进电机的驱动及控制 系统的组成.....	214
7.6.1 A/D 转换的基础知识.....	187	7.10.3 应用实例.....	215
7.6.2 A/D 转换器的主要技术指标.....	187	本章小结.....	218
7.6.3 TLC549 的结构及工作原理.....	188	习题.....	219
7.6.4 TLC549 的硬件原理图.....	189	附录 习题答案.....	222
7.6.5 程序设计.....	190	参考文献.....	243
7.7 D/A 转换器 DAC0832 的 驱动程序设计.....	194		
7.7.1 D/A 转换器的分类.....	194		

1.2 嵌入式系统应用组成



第1章 概 述

1.1 嵌入式系统概述

单片机和嵌入式系统在国民经济很多领域中得到广泛的应用,从农业、工业到家庭日常生活。绝大多数电子产品都属于嵌入式系统,从航空航天设备,到袖珍的数码产品,直至可以进入人体的电子药丸,嵌入式产品已深入到人们生活的方方面面。

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,软件、硬件可裁剪,适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等有严格要求的专用计算机系统。

嵌入式系统的出现已有 30 多年。近几年来,随着计算机、通信、消费电子融合趋势的日益明显,嵌入式系统已成为一个研究热点。

纵观嵌入式系统的发展,大致经历了四个阶段:

第一阶段:以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统。这类系统具有与监测、伺服设备相配合的功能,大部分应用于一些专业性强的工业控制系统中,一般没有操作系统的支持,通过汇编语言编程对系统进行直接控制。其主要特征是:系统结构和功能相对单一,处理效率较低,存储容量较小,几乎没有用户接口。

第二阶段:以嵌入式 CPU 为基础,以简单操作系统为核心的嵌入式系统。其主要特点是:CPU 种类繁多;系统内核小,效率高;操作系统具有一定的兼容性和扩展性;应用软件较专业。但这类系统通用性比较弱,用户界面不够友好。

第三阶段:以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。其主要特点是:嵌入式操作系统能运行在各种不同类型的微处理器上,兼容性好;系统内核小、效率很高,具备文件和目录管理、多任务、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能;有大量的应用程序接口 API,开发应用程序较简单;嵌入式应用软件丰富。

第四阶段:以互联网为标志的嵌入式系统。目前很多嵌入式系统仍然孤立于互联网之外,但随着互联互通时代的来临,工业控制技术和信息家电与互联网的结合是未来嵌入式系统的发展方向。目前,很多公司致力于 M2M(机器对机器)通信技术,IBM 还推出了“智慧星球”计划,这些都标志着嵌入式技术已进入到新的层次。

1.2 嵌入式系统的组成

典型的嵌入式系统一般包括嵌入式处理器、存储器、操作系统、应用程序和输入/输出



设备等几大部分，如图 1-1 所示。



图 1-1 典型的嵌入式系统组成框图

嵌入式系统的核心由硬件部分和软件部分组成。输入系统获取外界信息，传输给核心系统进行处理，核心系统处理后发出指令，输出系统接收到指令后进行动作。输入系统和输出系统可以很简单，如温控系统在感知温度变化后需要使用继电器动作；也可能很复杂，如机器人的手臂，输入系统有几十个传感器，输出系统则有近十个伺服电机，可以执行复杂的动作。

从图 1-1 中可以看出，嵌入式系统的组成可以简单地分为嵌入式处理器和存储器。实际上，由于超大规模集成电路的迅速发展，很多单片的嵌入式处理器中都含有丰富的硬件资源。目前，在一片嵌入式处理器上添加电源电路、时钟电路和存储器电路，就构成了一个嵌入式核心控制模块。软件中的操作系统和应用程序都可以存放在存储器中。

单片机是典型的嵌入式系统，从体系结构到指令系统都是按照嵌入式应用特点专门设计的，能最好地满足面向控制对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行以及对控制品质的要求等条件，因此单片机系统是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。

1.3 单片机的特点

单片机是微型化的计算机，它体积小、价格低、应用方便、稳定可靠，是工业自动化等领域的一场重大革命和技术进步。

由于单片机本身就是一个微型计算机，因此只要在它的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，如工业自动检测监视系统、数据采集系统、自动控制系统、智能仪器仪表等。

单片机应用如此广泛，是因为其具有以下优点：

- (1) 功能齐全，应用可靠，抗干扰能力强。
- (2) 简单方便，易于普及。单片机技术是易掌握的技术。应用系统设计、组装、调试已经是一件很容易的事情，工程技术人员通过学习可以很快掌握其应用设计技术。
- (3) 发展迅速，前景广阔。短短几十年，单片机经过 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等几大发展阶段。集成度高、功能日臻完善的单片机不断问世，使单片机在工业控制及工业自动化领域获得长足发展和大量应用。目前，单片机内部结构愈加完善，片内外围功能部件越来越完善，为其向更高层次和更大规模发展奠定了坚实的基础。
- (4) 嵌入容易、用途广泛、体积小、性能价格比高、应用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。



单片机出现前,制作一套测控系统,需要大量的模拟电路、数字电路、分立元件,以实现计算、判断和控制功能。系统的体积庞大,线路复杂,连接点多,易出现故障。

单片机出现后,测控功能的绝大部分由单片机的软件程序实现,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

由于单片机具有软硬件结合、体积小、容易嵌入到各种应用系统中等优点,故单片机得到十分广泛的应用。

1. 工业检测与控制

在工业过程控制、智能控制、设备控制、数据采集和传输、测试、测量、监控等工业自动化的领域中,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,市场对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高。单片机的使用有助于提高仪器仪表的精度和准确度,简化结构,减小体积而易于携带和使用,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

在日常的消费类电子产品中,例如,白色家电、电风扇、微波炉、消毒柜等,嵌入了单片机后,大大提高了产品的功能和性能,给人类的生活带来了便利。。

4. 通信

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

5. 各种终端及计算机外部设备

计算机网络终端(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。

6. 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、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。

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 单片机的发展历史

单片机按其处理的二进制位数主要分为:4位单片机、8位单片机、16位单片机和32



位单片机,其发展大致分为四个阶段:

第一阶段(1974年~1976年):单片机初级阶段。因工艺限制,单片机采用双片的形式,而且功能比较简单。1974年12月,仙童公司推出了8位的F8单片机,实际上只包括了8位CPU、64B RAM和2个并行口,功能比较简单。

第二阶段(1976年~1978年):低性能单片机阶段。1976年Intel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,但这个阶段单片机仍处于低性能阶段。

第三阶段(1978年~1983年):高性能单片机阶段。1978年Zilog公司推出Z8单片机,1980年Intel公司在MCS-48系列基础上推出MCS-51系列,Mortorola推出6801单片机,使单片机的性能及应用跃上新的台阶。

此后,各公司的8位单片机迅速发展,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。由于这类单片机的性能价格比高,所以被广泛应用,是目前应用数量最多的单片机。

第四阶段(1983年~现在):8位单片机巩固发展及16位单片机、32位单片机推出阶段。

16位典型产品有Intel公司的MCS-96系列单片机,而32位单片机除了具有更高的集成度外,其数据处理速度比16位单片机提高许多,性能比8位、16位单片机更加优越。

20世纪90年代是单片机制造业大发展时期,Mortorola、Intel、ATMEL、德州仪器(TI)、三菱、日立、飞利浦、LG等公司开发了一大批性能优越的单片机,极大地推动了单片机的应用。近年来,又有不少新型的高集成度的单片机产品涌现出来,出现了产品丰富多彩的局面。目前,除8位单片机得到广泛应用外,16位单片机、32位单片机也得到了广大用户的青睐。

1.6 单片机的使用环境和产品等级

单片机用途广,使用环境差别大,如何保证单片机控制系统或装置的可靠性是设计者和使用者最为关注的问题。作为电子产品而言,其可靠性主要取决于半导体芯片的产品等级。根据运行温度范围,产品等级大致划分为三级,下面分别予以介绍。

1. 军用级

运行温度范围为 $-50^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$,适用于军用产品要求苛刻的应用环境,芯片的价格比较昂贵。例如,Intel公司的MCS-51系列单片机MD80C51FB,型号以MD开头,M代表军品,D代表直插封装。

2. 商业级

运行温度范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$,主要限于机房、办公及住宅环境,适用于民用产品,例如家电、玩具等。商业级产品价格低廉,品种齐全,应用最为广泛。

3. 工业级

早期的单片机产品大多为工业级,运行温度范围为 $-45^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$,介于商业级和军



用级之间,适宜在工业生产环境下使用,其特点是可靠性远高于商业级,但价格远低于军用级。MCS-51 系列单片机的普通产品均属于工业级。

1.7 单片机的发展趋势

单片机将向大容量、高性能化、外围电路内装化等方面发展。为满足不同用户的要求,各公司竞相推出能满足不同需要的产品。

1. CPU 的改进

(1) 采用双 CPU 结构,提高处理能力。

(2) 增加数据总线宽度,内部采用 16 位数据总线。例如,对于各种 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。

(3) 使用串行总线结构。飞利浦公司的 I²C 总线(Inter-Integrated Circuit),用两根信号线代替现行的 8 位数据总线。

2. 存储器的发展

随着半导体工艺技术的不断进步,MCU 的 Flash 版本逐渐替代了原有的 OTP 版本。与多次可编程的窗口式 EPROM 相比,Flash MCU 具有以下优点:Flash MCU 的成本要低得多;在系统编程能力以及产品生产方面提供了灵活性,因为 Flash MCU 可在编程后再次以新代码重新编程,可减少已编程器件的报废和库存;有助于生产厂商缩短设计周期,使终端用户产品更具竞争力。

3. 片内 I/O 的改进

(1) 增加了并行口驱动能力,以减少外部的驱动芯片。有的可以直接输出大电流和高电压,以便能直接驱动 LED。

(2) 有些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。

4. 外围电路内装化

众多外围电路全部装入片内,即系统的单片化是目前发展趋势之一。例如,美国 Cygnal 公司的 CMCS-51F020 8 位单片机,内部采用流水线结构,大部分指令的完成时间为 1 或 2 个时钟周期,峰值处理能力为 25 MIPS。片上集成有 8 通道 A/D、两路 D/A、两路电压比较器、温度传感器、定时器、可编程数字交叉开关和 64 个通用 I/O 口、电源监测、看门狗、多种类型的串行接口(两个 UART、SPI)等。一片芯片就是一个“测控”系统。

5. 低功耗化

单片机日益 CMOS 化,其功耗小,配置有等待状态、睡眠状态、关闭状态等工作方式,消耗电流仅在 μA 或 nA 量级,适于电池供电的便携式、手持式的仪器仪表以及其他消费类电子产品。

总之,单片机正在向多功能、高性能、高速度(时钟达 40 MHz)、低电压(2.7 V 即可工作)、低功耗、低价格、外围电路内装化以及片内程序存储器和数据存储器容量不断增大的方向发展。



本章小结

本章简要介绍了单片机及单片机系统的基本概念、结构特点和发展历程。通过对常用单片机系列、型号的介绍,使读者对单片机的种类及性能有了一个初步的了解,以便在今后的应用中能够选择合适的单片机类型,满足具体用途的需要。另外,本章还从开拓视野的角度列举了单片机在各个领域的应用,以及单片机今后的发展趋势。

习 题

1. 什么是嵌入式系统?纵观嵌入式系统的发展历程,大致经历了哪些阶段?
2. 典型嵌入式系统硬件一般由哪些部分组成?
3. 单片机的发展大致分为哪几个阶段?
4. 单片机根据其基本操作处理的位数可分为哪几种类型?
5. 单片机主要应用在哪些领域?
6. 什么是单片机?单片机与一般微型计算机相比,具有哪些优点?



第2章 MCS-51 单片机基础

单片机种类繁多,其功能、结构、性能和应用场合各不相同,其中,Intel 公司的 MCS-51 系列在 8 位单片机市场中占有很大的份额,应用很广,是单片机教学和应用的主要机型。20 世纪 80 年代后期 Intel 公司以专利的形式把 MCS-51 内核技术转让给 AMTEL、PHILIPS、ANALOG、DEVICES、DALLAS,这些厂家在 Intel 公司 MCS-51 内核基础上生产的一系列兼容单片机,与 MCS-51 的系统结构(主要是指令系统)相同,采用 CMOS 工艺并进行了功能扩展,使单片机的应用得以迅速普及。

本章主要内容:

- MCS-51 单片机 CPU 内部组成结构及各功能部件的作用
- MCS-51 单片机引脚功能
- 存储器的组织结构
- P0~P3 并行 I/O 口结构
- 时钟电路、CPU 时序和复位电路

2.1 MCS-51 单片机介绍

在我国使用最多的 8 位单片机是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机以及与其兼容的单片机称为 51 系列单片机。MCS 是 Intel 公司单片机的系列符号,如 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列单片机。MCS-51 系列是在 MCS-48 系列基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,是最早进入我国,并在我国得到广泛应用。

MCS-51 系列及其兼容机有很多种型号可供选择,如 ATMEL 公司的 ATMCS-51、AT89C52、AT89C55、AT89S51、AT89S52,荷兰 PHILIPS 公司的 8xC552 系列等,它们都以 MCS-51 为内核,具有相同的指令系统,软、硬件设计资料丰富齐全,开发系统完备而且价格便宜。

MCS-51 系列单片机及其兼容产品通常分为以下几类:

1. 基本型

典型产品: 8031/MCS-51/8751。

8031 内部包括 1 个 8 位 CPU、128 B RAM、21 个特殊功能寄存器(SFR)、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器和 5 个中断源,但片内无程序存储器,需外扩程序存储器芯片。

MCS-51 是在 8031 的基础上,片内集成了 4 KB ROM 作为程序存储器,因此 MCS-51



是一个程序不超过 4 KB 的小系统。ROM 内的程序是公司制作芯片时代为用户烧制的。

8751 与 MCS-51 相比,片内集成的 4 KB EPROM 取代了 MCS-51 的 4 KB ROM 作为程序存储器。

2. 增强型

典型产品: 8032/8052/8752。

Intel 公司在基本型基础上推出了增强型 52 子系列, 典型产品: 8032/8052/8752。内部 RAM 增加到 256 B, 8052 片内程序存储器扩展到 8 KB, 16 位定时器/计数器增至 3 个, 6 个中断源, 串行口通信速率提高 5 倍。

表 2-1 列出了基本型和增强型的 MCS-51 系列单片机片内的基本硬件资源。

表 2-1 MCS-51 系列单片机片内的基本硬件资源

	型号	片内 ROM	片内 RAM(B)	I/O 口线(个)	定时器/计数器(个)	中断个数(个)
基本型	8031	无	128	32	2	5
	MCS-51	4 KB ROM	128	32	2	5
	8071	4 KB EPROM	128	32	2	5
增强型	8032	无	256	32	3	6
	8052	8 KB ROM	256	32	3	6
	8072	8 KB EPROM	256	32	3	6

3. 低功耗型

典型产品: 80C31/80C51/87C51。

采用 CMOS 工艺, 适用于电池供电或其他要求低功耗的场合。

4. 专用型

典型产品: 8044/8744, 用于总线分布式多机测控系统。美国 Cypress 公司的 EZU SR-2100 单片机采用 USB 接口。

5. 超 8 位型

典型产品: PHILIPS 公司 80C552/87C552/83C552 系列单片机。这是一款将 MCS-96 系列(16 位单片机)I/O 部件, 如: 高速输入/输出(HSI/HSO)、A/D 转换器、脉冲宽度调制(PWM)、看门狗定时器(WDT)等移植进来构成新一代 MCS-51 系列产品, 功能介于 MCS-51 和 MCS-96 之间的系列产品, 目前已得到了较广泛的使用。

近年来, 世界上单片机芯片生产厂商推出的与 MCS-51(80C51)兼容的主要产品如表 2-2 所示。

表 2-2 与 MCS-51 兼容的主要产品

生产厂家	单片机型号
ATMEL	AT89C5x, AT89S5x
Philips	80C51、8xC552
Cygnal	C80C51F 系列
LG	GMS90/97
ADI	ADuC8xx
Maxim	DS89C420
Siemens	SABMCS-512



在众多的衍生机型中, ATMEl 公司的 AT89C5x/AT89S5x 系列, 尤其是 ATMCS-51/AT89S51 和 AT89C52/AT89S52 在 8 位单片机市场中占有较大的市场份额。ATMEl 公司 1994 年以 E²PROM 技术与 Intel 公司的 80C51 内核的使用权进行交换。ATMEl 公司的技术优势是闪烁(Flash)存储器技术, 它将 Flash 技术与 80C51 内核相结合, 形成了片内带有 Flash 存储器的 AT89C5x/AT89S5x 系列单片机。

AT89C5x/AT89S5x 系列与 MCS-51 系列在原有功能、引脚以及指令系统方面完全兼容, 此外, 某些品种又增加了一些新的功能, 如看门狗定时器 WDT、ISP(在系统编程也称在线编程)及 SPI 串行接口技术等。片内 Flash 存储器允许在线(+5 V)电擦除、电写入或使用编程器对其重复编程。

另外, AT89C5x/AT89S5x 单片机还支持由软件选择的两种节电工作方式, 非常适合低功耗的场合。

与 MCS-51 系列的 87C51 单片机相比, ATMCS-51/AT89S51 单片机片内的 4 KB Flash 存储器取代了 87C51 片内的 4 KB EPROM。AT89S51 片内的 Flash 存储器可在线编程或使用编程器重复编程, 且价格较低。

因此 ATMCS-51/AT89S51 单片机作为代表性产品受到用户欢迎, AT89C5x/AT89S5x 单片机是目前取代 MCS-51 系列单片机的主流芯片之一。

AT89S5x 的“S”档系列机型是 ATMEl 公司继 AT89C5x 系列之后推出的新机型, 代表性产品为 AT89S51 和 AT89S52。基本型的 ATMCS-51 与 AT89S51 以及增强型的 AT89C52 与 AT89S52 的硬件结构和指令系统完全相同。ATMCS-51 系统在保留原来软、硬件的条件下, 完全可以用 AT89S51 直接代换。AT89S5x 系列与 AT89C5x 系列相比, 其时钟频率以及运算速度有了较大的提高, 例如, AT89S51 工作频率的上限为 24 MHz, 而 AT89C51 则为 33 MHz。AT89S51 片内集成有双数据指针 DPTR、看门狗定时器, 具有低功耗空闲工作方式和掉电工作方式。目前, AT89S5x 系列已逐渐取代 AT89C5x 系列。表 2-3 为 ATMEl 公司 AT89C5x/AT89S5x 系列单片机主要产品片内硬件资源。由于种类多, 要依据实际需求来选择合适的型号。

表 2-3 ATMEl 公司生产的 51 系列单片机的片内资源

型号	Flash(KB)	片内 RAM(B)	I/O 口线(位)	Timer(个)	中断源(个)	引脚(个)
AT89C2051	2	128	15	2	5	20
AT89S51	4	128	32	2	5	40
AT89C52	8	256	32	3	6	40
AT89S52	8	256	32	3	6	40
AT89LV51	4	128	32	2	6	40
AT89LV52	8	256	32	3	6	40
AT89C55	20	256	32	3	6	40

AT89C1051 与 AT89C2051 为低档机型, 均为 20 个引脚。当低档机能满足设计需求时, 就不要采用较高档次的机型。

例如, 当系统设计时, 仅仅需要一个定时器和几位数字量输出, 那么选择 AT89C1051 或 AT89C2051 即可, 不需要选择 AT89S51 或 AT89S52, 因为后者要比前者的价格高, 且



体积大。

如果对程序存储器和数据存储器的容量要求较高，还要单片机运行速度尽量要快，可考虑选择 AT89S51 /AT89S52，因为它们的最高工作时钟频率为 33 MHz。当程序需要多于 8 KB 以上的空间可考虑选用片内 Flash 容量 20 KB 的 AT89C55。

本书重点介绍 AT89S51 单片机的原理及应用系统设计。

2.2 MCS-51 单片机芯片的内部结构及特点

2.2.1 MCS-51 单片机结构

MCS-51 单片机的结构框图如图 2-1 所示，下面分别介绍各部分的主要组成和功能。

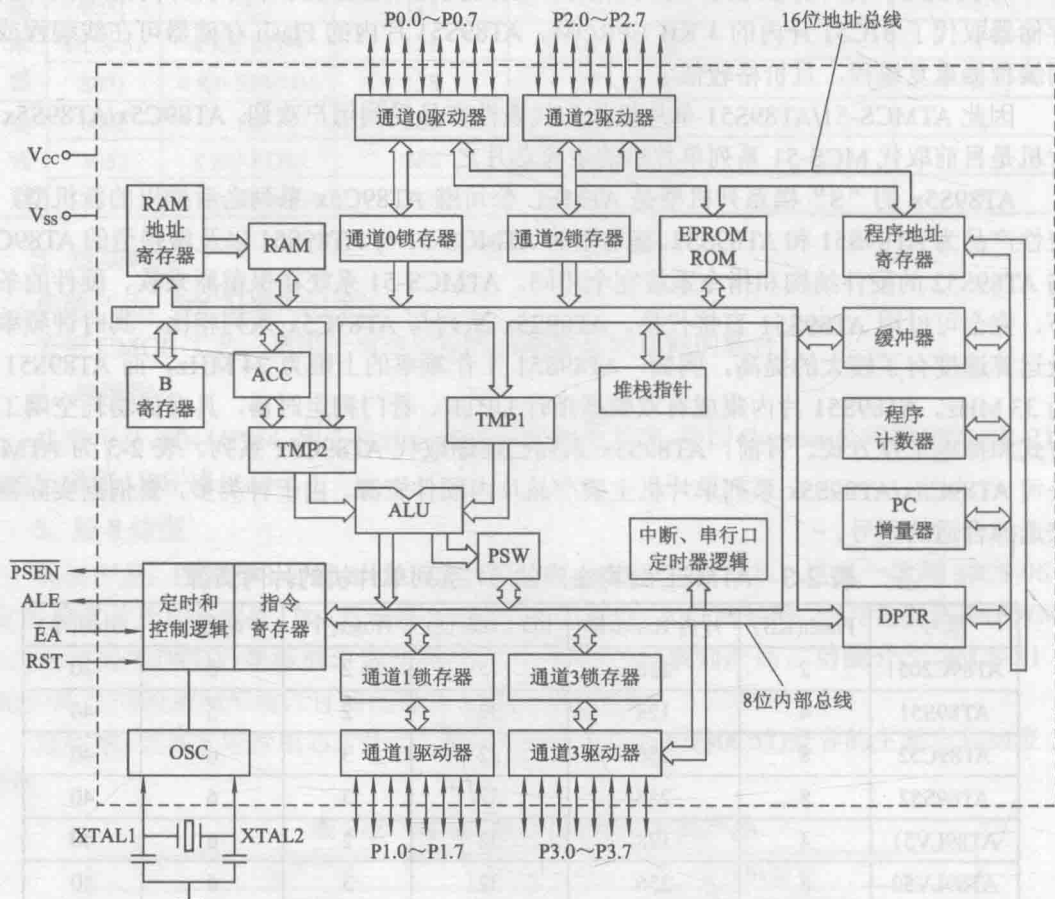


图 2-1 MCS-51 单片机的结构框图

1. 一个 8 位的微处理器 CPU

中央处理器是单片机的核心，完成运算和控制功能。MCS-51 系列单片机的 CPU 字长是 8 位，能处理 8 位二进制数或代码，也可处理 1 位二进制数。