



21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

单片机原理与应用 及C51程序设计

主 编 唐 颖
副主编 程菊花 任条娟



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材

TP368.1
TY

单片机原理与应用及 C51 程序设计

主 编 唐 颖
副主编 程菊花 任条娟
参 编 黄震梁 郑艳玲



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共分为 9 章, 主要内容包括: 单片机概述, MCS-51 系列单片机的内部结构, MCS-51 型单片机指令系统和汇编语言程序设计, MCS-51 系列单片机 C 语言程序设计, MCS-51 型单片机的内部硬件资源及应用, MCS-51 型单片机系统功能的扩展, MCS-51 型单片机接口技术, 综合实例, 单片机应用系统设计等。

本书除了在每个应用章节中给出许多相关实例外, 还在第 8、9 章给出大量的设计性实例和系统设计实例, 均采用汇编与 C 语言编程对照的方式编写, 力求通过应用实例, 使读者既可以在工作中进行类比编程, 又可以开阔思路, 提高实际工作能力。

本书按照应用型人才培养的教学要求编写, 语言通俗易懂, 内容齐全、实用性强, 适合作为各类普通高校相关专业、相关课程的教材或教学参考书, 也可作为需要掌握和使用单片机技术的工程技术人员的应用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用及 C51 程序设计/唐颖主编. —北京: 北京大学出版社, 2008.8

(21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-13676-8

I. 单… II. 唐… III. 单片微型计算机—C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP368.1 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 052691 号

书 名: 单片机原理与应用及 C51 程序设计

著作责任者: 唐 颖 主编

策 划 编 辑: 郭穗娟

责 任 编 辑: 孙 琳

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-13676-8/TP·0955

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 涿州市星河印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 423 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

MCS-51 系列单片机是各高校进行单片机教学的典型机型，在我国得到了较广泛的应用。以往单片机原理及应用课程的教学基本上是采用汇编语言进行讲解和设计程序的，虽然汇编语言编写程序具有对硬件操作方便、编写的程序代码短、实时性强等优点，但存在着可读性和可移植性较差的缺点。

当前，单片机的种类很多，企业选用的单片机也不尽相同，而各大学所讲授的大多是 MCS-51 系列单片机。由于不同种类单片机的指令系统不同，汇编语言不能通用，且编程繁杂。为培养能尽快适应社会需求的应用型技术人才，使毕业的学生到企业后，面对各种不同类型的单片机，不需要经过再学习就能直接上手，我们对单片机的教学进行了改革。根据掌握知识结构的规律和实际应用的要求，在单片机的教学内容中增加了用 C 语言程序设计实现单片机应用的内容，使教学能更紧密地与企业人才需求相结合。

单片机技术是一门应用性很强的专业课，其理论和实践技能是从事电类专业技术人员所不可缺少的，但当前能适用于应用型本科的相关教材较少。笔者多年从事“单片机原理及应用”课程的教学与实践指导，因此希望能将我们的教学积累加入教材，对教材进行重新编排。本教材中单片机的机型选用 MCS-51 系列单片机，结合目前应用非常广泛的 C51 程序设计以及 KEIL C51 编译器，在汇编程序设计的基础上，增加了用 C 语言进行单片机程序设计的内容，加入 C51 编程方法的教学与实践以配合教学内容的改革。

在教材的编写中，我们非常重视理论与实践的密切结合。书中给出了很多应用实例，采用汇编语言与 C 语言对照编程的方法，力图通过汇编程序设计来帮助学生更好地理解和掌握单片机的内部结构与特性，同时通过 C 语言程序设计来提高学生的综合设计和实际应用能力。

本教材的特点主要体现在以下几个方面。

(1) 深入浅出地介绍单片机的内部结构和指令系统，通过简单的汇编程序加深对单片机内部结构，特别是存储器和并行口的理解。

(2) 增加单片机 C 语言应用程序设计内容，注重实例的引导。在程序设计的编写中，采用由实例引导，总结、归纳语法的方式，轻松地引导读者进入 C 语言编程的环境，尽量减少枯燥和压力感。

(3) 在单片机接口、应用等章节中，同一实例的讲解分别采用汇编和 C 语言两种编程方式进行对比，兼顾汇编语言和 C 语言两个方面的教学。

(4) 注重实践能力的培养。本书除了在每个应用章节中给出许多相关实例外，还在第 8、9 章给出大量的设计性实例和系统设计实例，作为前几章学习后的综合应用，供实验、课

程设计及学生课外设计时参考。

本书较适宜的授课学时为64学时左右，各章的参考教学时数见下表。

章 次	建议学时	章 次	建议学时
第1章 单片机概述	2学时	第6章 MCS-51型单片机系统功能的扩展	4学时
第2章 MCS-51系列单片机的内部结构	6学时	第7章 MCS-51型单片机接口技术	12学时
第3章 MCS-51型单片机指令系统和汇编语言程序设计	10学时	第8章 综合实例	6学时
第4章 MCS-51系列单片机C语言程序设计	6学时	第9章 单片机应用系统设计	6学时
第5章 MCS-51型单片机的内部硬件资源及应用	12学时		

本书由唐颖、程菊花、任条娟、黄震梁和郑艳玲共同完成。其中第1、2、7章及第8、9章的部分章节由唐颖编写，第5、6章由程菊花编写，第3章由任条娟编写，第4章及第8、9章的部分章节由黄震梁编写，郑艳玲参与部分章节编写工作，最后全书由唐颖统稿完成。在本书的编写过程中，借鉴了许多教材的宝贵经验，在此谨向这些作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，且时间仓促，不妥之处衷心希望广大读者批评指正。

编 者
2008年6月

目 录

第 1 章 单片机概述 1	2.4.1 时钟电路..... 28
1.1 单片机的基本概念与发展概况..... 1	2.4.2 CPU 时序..... 28
1.1.1 基本概念..... 1	2.4.3 MCS-51 型单片机的复位 电路..... 30
1.1.2 发展概况..... 2	2.4.4 MCS-51 型单片机的掉电和 节电方式..... 32
1.2 单片机的特点及应用..... 5	本章小结..... 33
1.2.1 单片机的特点..... 5	习题..... 33
1.2.2 单片机的应用..... 5	
1.3 常用单片机系列介绍..... 6	第 3 章 MCS-51 型单片机指令系统和 汇编语言程序设计 35
1.3.1 常用单片机产品系列及性能 简介..... 6	3.1 指令系统基本概念..... 35
1.3.2 MCS-51 系列单片机分类..... 8	3.1.1 指令基本格式..... 35
1.3.3 AT89 系列单片机分类..... 10	3.1.2 指令分类..... 36
1.3.4 其他公司的 51 系列单片机..... 11	3.1.3 指令描述符号介绍..... 36
本章小结..... 12	3.2 MCS-51 型单片机的寻址方式..... 37
习题..... 12	3.2.1 立即寻址..... 37
第 2 章 MCS-51 系列单片机的内部 结构 13	3.2.2 直接寻址..... 37
2.1 MCS-51 系列单片机内部结构和 引脚说明..... 13	3.2.3 寄存器寻址..... 37
2.1.1 MCS-51 型单片机内部结构 框图..... 13	3.2.4 寄存器间接寻址..... 38
2.1.2 MCS-51 型单片机外部引脚 说明..... 17	3.2.5 变址寻址..... 38
2.2 MCS-51 型单片机存储器..... 19	3.2.6 相对寻址..... 38
2.2.1 程序存储器..... 20	3.2.7 位寻址..... 39
2.2.2 数据存储器..... 21	3.3 MCS-51 型单片机的指令系统..... 40
2.3 MCS-51 型单片机并行输入/输出 接口..... 24	3.3.1 数据传送类指令..... 40
2.3.1 P0 端口结构及功能..... 24	3.3.2 算术运算类指令..... 46
2.3.2 P1 端口结构及功能..... 26	3.3.3 逻辑运算及移位指令..... 52
2.3.3 P2 端口结构及功能..... 26	3.3.4 位操作类指令..... 55
2.3.4 P3 端口结构及功能..... 27	3.3.5 控制转移类指令..... 58
2.4 MCS-51 型单片机的时钟电路与 时序..... 28	3.4 汇编程序设计示例..... 63
	3.4.1 汇编程序伪指令..... 64
	3.4.2 顺序程序..... 66
	3.4.3 分支程序..... 67
	3.4.4 循环程序..... 69
	3.4.5 查表程序..... 74
	3.4.6 散转程序..... 76

3.4.7 子程序	77	4.7.8 break 和 continue 语句	110
本章小结	80	4.7.9 return 语句	110
习题	80	4.8 函数	111
第 4 章 MCS-51 系列单片机 C 语言		4.8.1 函数的定义	111
程序设计	86	4.8.2 函数的调用与声明	113
4.1 C 语言与 MCS-51 系列单片机	86	4.8.3 函数的嵌套与递归	115
4.1.1 C 语言的特点及程序结构	86	4.9 C51 构造数据类型	117
4.1.2 C 语言与 MCS-51 系列 单片机	88	4.9.1 数组	117
4.1.3 C51 程序结构	88	4.9.2 指针	119
4.2 C51 的数据类型	89	4.9.3 结构	122
4.3 C51 的运算量	91	4.9.4 联合	125
4.3.1 常量	91	4.9.5 枚举	126
4.3.2 变量	92	本章小结	127
4.3.3 存储模式	95	习题	127
4.3.4 绝对地址访问	96	第 5 章 MCS-51 型单片机的内部硬件	
4.4 C51 的运算符及表达式	98	资源及应用	129
4.4.1 赋值运算符	98	5.1 MCS-51 型单片机的并行输入/输出 接口	129
4.4.2 算术运算符	98	5.1.1 端口输入/输出(I/O)操作	129
4.4.3 关系运算符	99	5.1.2 I/O 端口的位操作指令	129
4.4.4 逻辑运算符	99	5.1.3 并行口应用举例	129
4.4.5 位运算符	99	5.2 MCS-51 型单片机的中断系统	131
4.4.6 复合赋值运算符	100	5.2.1 中断的基本概念	131
4.4.7 逗号运算符	100	5.2.2 MCS-51 型单片机的中断 系统与控制	132
4.4.8 条件运算符	100	5.2.3 MCS-51 型单片机中断系统 的应用	136
4.4.9 指针与地址运算符	100	5.3 MCS-51 型单片机的定时器/计数器 接口	140
4.5 表达式语句及复合语句	101	5.3.1 定时器/计数器的结构与 工作原理	140
4.5.1 表达式语句	101	5.3.2 定时器/计数器的工作方式	142
4.5.2 复合语句	102	5.3.3 定时器/计数器的应用	143
4.6 C51 的输入/输出	102	5.4 MCS-51 型单片机的串行接口及 其串行通信	146
4.6.1 格式输出函数 printf()	103	5.4.1 串行通信的基本概念	146
4.6.2 格式输入函数 scanf()	103	5.4.2 MCS-51 型单片机的串行口 及控制寄存器	148
4.7 C51 程序基本结构与相关语句	104	5.4.3 MCS-51 型单片机串行通信 工作方式	150
4.7.1 C51 的基本结构	104		
4.7.2 if 语句	106		
4.7.3 switch/case 语句	106		
4.7.4 while 语句	107		
4.7.5 do-while 语句	108		
4.7.6 for 语句	108		
4.7.7 循环的嵌套	109		

5.4.4 串行口应用举例.....	153	7.4.1 D/A 转换芯片 DAC0832	
本章小结	160	简介	201
习题	161	7.4.2 DAC0832 与 MCS-51 型单片	
第 6 章 MCS-51 型单片机系统功能的		机的接口实例	203
扩展	162	本章小结	207
6.1 单片机最小应用系统.....	162	习题	207
6.2 存储器的扩展	163	第 8 章 综合实例	209
6.2.1 程序存储器的扩展.....	164	8.1 按键次数识别显示电路设计	209
6.2.2 数据存储器的扩展.....	166	8.2 流水灯的设计	210
6.2.3 存储器综合扩展举例.....	167	8.3 简易报警发生器设计	212
6.3 输入/输出端口扩展	168	8.4 LED 数码管软件译码显示电路	214
6.3.1 简单 I/O 接口扩展	169	8.5 99 秒跑码表设计	217
6.3.2 用串行口扩展并行 I/O 接口	170	8.6 带数码显示的 A/D 转换电路	219
6.3.3 可编程 I/O 接口扩展	171	8.7 步进电动机控制设计	221
本章小结	176	习题	223
习题	176	第 9 章 单片机应用系统设计	224
第 7 章 MCS-51 型单片机接口技术	178	9.1 单片机应用系统的基本结构	224
7.1 MCS-51 型单片机与 LED 数码管		9.1.1 单片机应用系统的硬件	
显示接口	178	组成	224
7.1.1 LED 显示器的结构与原理	178	9.1.2 硬件系统设计原则	225
7.1.2 LED 显示器的显示方式	180	9.1.3 单片机应用系统的软件	
7.1.3 LED 显示接口典型应用		设计	226
电路	181	9.2 数字电子时钟系统设计实例	227
7.2 MCS-51 型单片机与键盘的接口	184	9.2.1 设计要求及硬件电路设计	227
7.2.1 键盘的工作原理与扫描		9.2.2 软件设计	228
方式	184	9.3 单片机遥控系统的应用设计	233
7.2.2 独立式按键及接口	186	9.3.1 系统要求与设计方	
7.2.3 矩阵式键盘及接口	187	案	234
7.2.4 键盘、显示器组合接口	191	9.3.2 系统硬件电路的设计	234
7.3 MCS-51 型单片机与 A/D 转换接口	193	9.3.3 系统程序设计	239
7.3.1 A/D 转换芯片 ADC0809		9.3.4 调试及性能分析	243
简介	194	9.3.5 控制源程序清单	244
7.3.2 ADC0809 与 MCS-51 型		附录 A MCS-51 单片机指令表	259
单片机的接口	195	附录 B ASCII 码	263
7.3.3 AD574 与 MCS-51 型单片机		附录 C KEIL C51 软件使用简介	264
的接口	198	附录 D KEIL C51 库函数参考	275
7.4 MCS-51 型单片机与 D/A 转换		参考文献	280
接口	201		

第 1 章 单片机概述

自从 20 世纪 70 年代推出单片机以来,作为微型计算机的一个分支,单片机经过 30 多年的发展,已经在各行各业得到了广泛的应用。由于单片机具有可靠性高、体积小、干扰能力强、能在恶劣的环境下工作等特点,且有较高的性价比,因此广泛应用于工业控制、仪器仪表智能化、机电一体化、家用电器等领域。本章主要介绍单片机的基本概念、发展过程、应用特点和概况。

1.1 单片机的基本概念与发展概况

1.1.1 基本概念

计算机是应数值计算要求而诞生的。长期以来,电子计算机技术都是沿着满足海量高速数值计算要求的道路发展的。直到 20 世纪 70 年代,电子计算机在数字逻辑运算、推理、实际控制方面显露出非凡能力后,在工业控制领域才开始对计算机技术发展提出了与传统海量高速数值计算完全不同的要求,这些要求如下。

(1) 面对控制对象。面对物理量传感变换的信号输入,面对人机交互的操作控制,面对对象的伺服驱动控制。

(2) 嵌入到工业控制应用系统中的结构形态。

(3) 能在工业现场环境中可靠运行的可靠性品质。

(4) 突出控制功能。对外部信息及时捕捉;对控制对象能灵活地实时控制;有突出控制功能的指令系统,如 I/O 接口控制、位操作,丰富的转移指令等。

通常将满足海量高速数值计算的计算机称为通用计算机系统;而将面对工业控制领域对象,嵌入到工业控制应用系统中,实现嵌入式应用的计算机称为嵌入式计算机系统,简称嵌入式系统(Embedded System)。

与通用计算机系统相比,嵌入式系统最显著的特点是面对工业控制领域的测控对象。工业控制领域测量对象都是一些物理参量,如力、热、速度、加速度、位移等;控制对象都是一些机械参量,这些参量要求嵌入式计算机系统采集、处理、控制的速度是有限的,而控制方式与控制能力的要求是无限的。在涉及 DSP(Digital Singal Processor)领域的嵌入式系统也要求高速处理能力,在涉及多媒体技术的外设管理的通用计算机系统也要求良好的控制能力,但两者的本质差别是显而易见的,这从典型嵌入式系统——单片微机的“8 位机现象”中得到了证实。从 1976 年 8 位单片微机诞生以来,在单片微机领域中一直是以 8 位机为主流机型的,预计这种情况还将继续下去。而与之相对应的通用计算机的 CPU 却迅速地从 8 位过渡到 16 位、32 位,并向 64 位迈进。

嵌入式系统的出现,特别是单片微机的出现,是计算机技术发展史上的一个里程碑。嵌入式计算机系统与通用计算机系统形成了计算机技术发展的两大分支,通用计算机系统全力实现海量高速数据处理,兼顾控制功能;嵌入式系统全力满足测控对象的测控功能,

兼顾数据处理能力。

单片机是将 CPU、存储器(RAM 和 ROM)、定时/计数器以及 I/O 接口等主要部件集成在一块芯片上的微型计算机。单片机是单片微机(Single Chip Microcomputer)的简称,但准确反映单片机本质的名称应是微控制器 MCU(Micro Controller Unit)。目前国外已普遍称之为微控制器。鉴于它完全作嵌入式应用,故又称为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller)。

单片微机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,它能最好地满足面对控制对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行以及非凡的控制品质等要求。

目前,单片微机中尚没有固化软件,不具备自开发能力,因此,常需要有专门的开发工具。

1.1.2 发展概况

1. 第一代: 单片机探索阶段(1974—1978 年)

工业控制领域对计算机提出了嵌入式应用要求,首先是实现单芯片形态的计算机,以满足构成大量中小型智能化测控系统的要求。因此,这阶段的任务是探索计算机的单芯片集成。单片机(Single Chip Microcomputer)的定名即缘于此。

在计算机单芯片的集成体系结构的探索中有两种模式,即通用 CPU 模式和专用 CPU 模式。

(1) 通用 CPU 模式。它采用通用 CPU 和通用外围单元电路的集成方式。这种模式以 Motorola 的 MC6801 为代表,它将通用 CPU、增强型的 6800 和 6875(时钟)、6810 (128B RAM)、2X6830 (1 KB ROM)、1/2 6821(并行 I/O)、1/3 6840(定时器/计数器)、6850(串行 I/O)集成在一个芯片上构成,使用 6800 CPU 的指令系统。

(2) 专用 CPU 模式。它采用专门为嵌入式系统要求设计的 CPU 与外围电路集成的方式。这种专用方式以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,其 CPU、存储器、定时器/计数器、中断系统、I/O 接口、时钟以及指令系统都是按嵌入式系统要求专门设计的。

2. 第二代: 单片机完善阶段(1978—1983 年)

计算机的单芯片集成探索,特别是专用 CPU 型单片机探索取得成功,肯定了单片微机作为嵌入式系统应用的巨大前景。典型代表是 Intel 公司将 MCS-48 迅速向 MCS-51 系列的过渡。MCS-51 是完全按照嵌入式应用而设计的单片微机,在以下几个重要技术方面完善了单片微机的体系结构。

(1) 面向对象、突出控制功能、满足嵌入式应用的专用 CPU 及 CPU 外围电路体系结构。

(2) 寻址范围规范为 16 位和 8 位的寻址空间。

(3) 规范的总线结构。有 8 位数据总线、16 位地址总线以及多功能的异步串行接口 UART(移位寄存器方式、串行通信方式以及多机通信方式)。

(4) 特殊功能寄存器(SFR)的集中管理模式。

(5) 设置位地址空间,提供位寻址及位操作功能。

(6) 指令系统突出控制功能,有位操作指令、I/O 管理指令及大量的转移指令。

以 MCS-51 系列 8 位单片机为代表,其片内配置有:CPU 有 8 位;ROM 有 4KB 或 8KB;

RAM 有 128B 或 256B; 有串/并行接口; 有 2 个或 3 个 16 位的定时/计时器; 中断源有 5~7 个。在片外: 寻址范围有 64KB; 芯片引脚有 40 个。

3. 第三代: 微控制器形成阶段

作为面对测控对象的计算机系统, 不仅要求有完善的计算机体系结构, 还要有许多面对测控对象的接口电路, 如 ADC、DAC、高速 I/O 接口、计数器的捕捉与比较, 保证程序可靠运行的 WDT(程序监视定时器), 保证高速数据传输的 DMA 等。这些为满足测控要求的外围电路, 大多数已超出了一般计算机的体系结构。为了满足测控系统的嵌入式应用要求, 这一阶段单片微机的主要技术发展方向是满足测控对象要求的外围电路的增强, 从而形成了不同于单片微机特点的微控制器。微控制器 MCU (Micro Controller Unit)一词缘于这一阶段, 至今 MCU 仍是国际上对单片机的标准称呼。

这阶段微控制器技术发展的主要方面有以下几个:

(1) 外围功能集成。满足模拟量输入的 ADC, 满足伺服驱动的 PWM, 满足高速 I/O 控制的高速 I/O 接口以及保证程序可靠运行的程序监视定时器(WDT)。

(2) 出现了为满足串行外围扩展要求的串行扩展总线及接口, 如 SPI、I²C BUS、Microwire、1-Wire 等。

(3) 出现了为满足分布式系统、突出控制功能的现场总线接口, 如 CAN BUS 等。

(4) 在程序存储器方面则迅速引进了 OTP 供应状态, 为单片机单片应用创造了良好的条件, 随后 Flash ROM 的推广, 为最终取消外部程序存储器扩展奠定了良好的基础。

4. 第四代: 微控制器百花齐放

第四代单片微机的百花齐放将单片微机用户带入了一个可广泛选择的时代。

(1) 电气商、半导体商的普遍投入。

(2) 满足各种类型要求的单片机种类繁多。

(3) 大力发展专用型单片机。

(4) 致力于提高单片微机综合品质。

5. 单片机技术发展方向

1) 主流机型发展趋势

在未来较长一段时期内, 8 位单片机仍是主流机型; 在满足高速数字处理方面, 32 位单片机会发挥重要作用(比如 ARM7 处理器系列), 16 位单片机空间有可能被 8 位单片机、32 位单片机挤占。

2) 全盘 CMOS 化趋势

从第三代单片微机起开始淘汰非 CMOS 工艺。单片微机 CMOS 化给单片微机技术发展带来广阔天地, 最显著的变革是本质低功耗和低功耗管理技术的飞速发展。

3) RISC 体系结构的大发展

早期单片微机大多是 CISC 结构体系, 指令复杂, 指令代码、周期数不统一, 指令运行很难实现流水线操作, 大大阻碍了运行速度的提高。如果采用 RISC 体系结构, 精简指令后, 绝大部分成为单周期指令, 而且通过增加程序存储器的宽度(例如从 8 位增加到 10 位、12 位、14 位等), 实现了一个地址单元存放一条指令的可能。在这样的体系结构中, 很容易实现并行流水线操作, 其结果大大提高了指令运行速度。目前, 在一些 RISC 结构的单片微机已实现了一个时钟周期执行一条指令。

4) 大力发展专用型单片微机

专用单片微机是专门针对某一类产品系统要求而设计的。使用专用单片机可最大限度地简化系统结构,资源利用效率最高,在大批量使用时有可观的经济效益和可靠性效益。

5) OTP ROM、Flash ROM 成为主流供应状态

早期程序存储器的供应状态主要是 3 种形式:ROM(掩膜)、EPROM 和 ROMLess。掩膜 ROM 周期长、投资大,无法更改;EPROM 型的芯片成本高;ROMLess 型的系统电路结构复杂。目前绝大多数单片微机系列都可提供 OTP ROM 形式,其价格逐渐逼近掩膜 ROM。OTP ROM 可由用户编程,软件升级、修改十分方便。Flash ROM 则由于可多次编程,系统开发阶段使用十分方便,在小批量应用系统中广泛使用。

6) ISP 及基于 ISP 的开发环境

Flash ROM 的发展推动在系统可编程 ISP (In System Programmable)技术的发展。在 ISP 技术基础上,首先实现了目标程序的串行下载,促使模拟仿真开发方式的重新兴起;在单时钟、单指令运行的 RISC 结构单片机中,可实现 PC 通过串行电缆对目标系统的仿真调试。

7) 单片微机中的软件嵌入

随着单片微机程序空间的扩大,会有许多空余空间,在这些空间上可嵌入一些工具软件,这些软件可大大提高产品开发效率,提高单片微机性能。单片微机中嵌入软件的类型主要有以下一些:

(1) 实时多任务操作系统 RTOS (Real Time Operating System)。在 RTOS 支持下,可实现按任务分配的规范化应用程序设计。

(2) 平台软件。可将通用子程序及函数库嵌入,以供应用程序调用。

(3) 虚拟外设软件包。

(4) 其他用于系统诊断、管理的软件等。

8) 实现全面功耗管理

采用 CMOS 工艺后,单片微机具有极佳的本质低功耗和功耗管理功能。它包括以下一些功能。

(1) 传统的 CMOS 单片微机低功耗运行方式,即休闲方式(Idle)、掉电方式(Power Down)。

(2) 双时钟技术。配置有高速(主时钟)和低速(子时钟)两个时钟系统。在不需高速运行时,转入子时钟控制下,以节省功耗。

(3) 高速时钟下的分频或低速时钟下的倍频控制运行技术。

(4) 外围电路的电源管理。

(5) 低电压节能技术。

低功耗是便携式系统追求的重要目标,是绿色电子的发展方向。低功耗的技术措施会带来许多可靠性效益,也是低功耗技术发展的推动力。因此,低功耗应是一切电子系统追求的目标。

9) 推行串行扩展总线

目前,外围器件接口技术一个重要的发展方面是串行接口的发展。随着外围电路串行接口的发展,单片微机串行扩展接口(移位寄存器接口、SPI、I²C BUS、Microwire、1-Wire)设置越来越普遍化、高速化,采用串行总线接口方式越来越方便,从而大大减少引脚数量,简化系统结构。

10) ASMIC 技术的启动与发展

专用单片机的巨大优势会推动 ASMIC 技术的发展。ASMIC(Application Specific Microcontroller Integrated Circuit)是以 MCU 为核心的专用集成电路(ASIC),与 ASIC 相比,由于它是基于 MCU 的系统集成,有较好的柔性特性,因此它是单片微机应用系统实现系统集成的重要途径。

1.2 单片机的特点及应用

1.2.1 单片机的特点

单片机作为微型计算机的一个分支,与一般的微型计算机没有本质上的区别,同样具有快速、精确、记忆功能和逻辑判断能力等特点。但单片机是集成在一块芯片上的微型计算机,它与一般的微型计算机相比,在硬件结构和指令设置上均有独到之处,主要特点有:

(1) 目前大多数单片机采用哈佛(Harvard)结构体系,存储器 ROM 和 RAM 是严格区分、相互独立的。ROM 称为程序存储器,只存放程序、固定常数及数据表格。RAM 则为数据存储器,用作工作区及存放用户数据。这是因为考虑单片机主要用于控制系统中,面向测控对象,通常有大量的控制程序和较少的随机数据,需要较大的程序存储器空间,把开发的程序固化在 ROM 中,而把少量的随机数据存放在 RAM 中。这样,小容量的数据存储器能以高速 RAM 形式集成在单片机内,以加速单片机的执行速度,同时程序在只读存储器 ROM 中运行,不易受外界侵害,可靠性高。

(2) I/O 引脚通常是多功能的。由于单片机芯片上引脚数目有限,为了解决实际引脚和需要的信号线的矛盾,采用了引脚功能复用的方法。引脚处于哪种功能可由指令来设置或由机器状态来区分。

(3) 有面向控制的指令系统。为满足控制的需要,一般单片机的指令系统中有极丰富的转移指令、I/O 接口的逻辑操作以及位处理指令。所以,单片机有更强的逻辑控制能力,特别是具有很强的位处理能力。

(4) 外部扩展能力强。在内部的各种功能部分不能满足应用需求时,均可在外部进行扩展,如扩展存储器、I/O 接口、定时器/计数器、中断系统等,可与许多通用的微机接口芯片兼容,系统设计方便灵活。

1.2.2 单片机的应用

1. 单片机的应用特点

(1) 体积小,成本低,运用灵活,性能价格比高,易产品化;研制周期短,能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器。

(2) 可靠性高,抗干扰性强:BUS 大多在内部,易采取电磁屏蔽;适用温度范围宽,在各种恶劣的环境下都能可靠地工作。

(3) 实时控制功能强:实时响应速度快,可直接操作 I/O 接口。

(4) 可方便地实现多机和分布式控制,提高整个控制系统的效率和可靠性。

2. 单片机的主要应用领域

单片机具有功能强、体积小、成本低、功耗小、配置灵活等特点,使其在工业控制、智能仪表、自动化装置、通信系统、信号处理等领域以及家用电器、高级玩具、办公自动化设备等方面均得到广泛的应用。

(1) 工业测控:对工业设备(如机床、汽车、高档中西餐厨具、锅炉、供水系统、生产自动化、自动报警系统、卫星信号接收等)进行智能测控,大大降低了劳动强度和生产成本,提高了产品质量的稳定性。

(2) 智能设备:用单片机改造普通仪器、仪表、读卡机等,使其(集测量、处理、控制功能为一体)智能化、微型化,如智能仪器、医疗器械、数字示波器等。

(3) 家用电器:如高档的洗衣机、空调器、电冰箱、微波炉、彩电、DVD、音响、手机、高档电子玩具等,用单片机做自动控制。

(4) 商用产品:如自动售货机、电子收款机、电子秤等。

(5) 网络与通信的智能接口:在大型计算机控制的网络或通信电路与外围设备的接口电路中,用单片机来控制或管理,可大大提高系统的运行速度和接口的管理水平。如图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘/磁带机等。

1.3 常用单片机系列介绍

1.3.1 常用单片机产品系列及性能简介

自 1976 年 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机以来,单片机经过了 30 年的迅猛发展,拥有了繁多的系列和五花八门的机种,现介绍几种主要的系列。

1. 8051 单片机

8051 单片机最早由 Intel 公司推出,其后多家公司购买了 8051 的内核,使得以 8051 为内核的 MCU 系列单片机在世界上产量最大,应用也最广泛。

51 系列单片机源于 Intel 公司的 MCS-51 系列,在 Intel 公司将 MCS-51 系列单片机实行技术开放政策之后,许多公司,如 Philips、Dallas、Siemens、Atmel、华邦、LG 等都以 MCS-51 中的基础结构 8051 为基核推出了许多各具特色、具有优异性能的单片机。这样,把这些厂家以 8051 为基核推出的各种型号的兼容型单片机统称为 51 系列单片机。Intel 公司 MCS-51 系列单片机中的 8051 是其中最基础的单片机型号。

2. WINBOND 单片机

华邦公司的 W77、W78 系列 8 位单片机的脚位和指令集与 8051 的兼容,但每个指令周期只需要 4 个时钟周期,速度提高了 3 倍,工作频率最高可达 40MHz。同时增加了 Watch Dog Timer, 6 组外部中断源, 2 组 UART, 2 组 Data Pointer 及 Wait State Control Pin。W741 系列的 4 位单片机带液晶驱动,在线烧录,保密性高,低操作电压(1.2~1.8V)。

3. LG 公司生产的 GMS90 系列单片机

这一系列的单片机与 Intel MCS-51 系列、Atmel 89C51/52、89C2051 等单片机兼容，采用 CMOS 技术，高达 40MHz 的时钟频率，应用于：多功能电话、智能传感器、电量表、工业控制、防盗报警装置、各种计费器、各种 IC 卡装置、DVD、VCD、CD-ROM。

4. MSP430 单片机

TI 的 MSP430 单片机是最近引进中国的品种。它在超低功耗方面有突出的表现，经常被电池应用设计师所选用，被业界称为绿色 MCU。同时它内部有丰富的片内外围模块，是一个典型的片上系统(SOC)。MSP430 单片机是 16 位的精简指令结构，功能相当强大。

5. Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商。从 M6800 开始，Motorola 开发了广泛的品种，4 位、8 位、16 位以及 32 位的单片机都能生产，其中典型的代表有：8 位机 M6805、M68HC05 系列，8 位增强型 M68HC11、M68HC12，16 位机 M68HC16，32 位机 M683XX。Motorola 单片机的特点之一是在同样的速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多，因而使得高频噪声低，抗干扰能力强。更适合于工业控制领域及恶劣的环境。

6. MicroChip 单片机

MicroChip 单片机的主要产品是 PIC 16C 系列和 17C 系列 8 位单片机，CPU 采用 RISC 结构，分别有 33、35、58 条指令，采用 Harvard 双总线结构、运行速度快、低工作电压、低功耗、较大的输入/输出直接驱动能力、价格低、一次性编程、体积小，适用于用量大、档次低、价格敏感的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、电信通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域都有广泛的应用。PIC 系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高，发展非常迅速。

7. Atmel 公司的 AVR 单片机

这一系列的单片机是增强型 RISC 内载 Flash 的单片机，芯片上的 Flash 存储器附在用户的产品中，可随时编程、再编程，使用户的产品设计容易，更新换代方便。AVR 单片机采用增强的 RISC 结构，使其具有高速处理能力，在一个时钟周期内可执行复杂的指令，1MHz 可实现 1MIPS 的处理能力。AVR 单片机工作电压为 2.7~6.0V，可以实现耗电最优化。AVR 单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器、宇航设备等各个领域。

8. EM78 系列 OTP 型单片机

这是中国台湾义隆电子股份有限公司生产的单片机，它直接替代 PIC16CXX，引脚兼容，软件可转换。

9. Zilog 单片机

Z8 单片机是 Zilog 公司的产品，采用多累加器结构，有较强的中断处理能力，开发工具价廉物美。Z8 单片机以低价位面向低端应用。应该有很多人知道 Z80 单板机，直到 20 世纪 90 年代后期，很多大学的微机原理还是讲述 Z80。

10. EPSON 单片机

EPSON 单片机以其低电压、低功耗和内置 LCD 驱动器等特点闻名于世,尤其是 LCD 驱动部分做得很好,广泛用于工业控制、医疗设备、家用电器、仪器仪表、通信设备和手持式消费类产品等领域。目前 EPSON 已推出 4 位单片机 SMC62 系列、SMC63 系列、SMC60 系列和 8 位单片机 SMC88 系列。

11. 东芝单片机

东芝单片机门类齐全,4 位机在家电领域有很大的市场,8 位机主要有 870 系列、90 系列。该类单片机允许使用慢模式,采用 32kHz 时钟时,功耗降至 10 μ A 数量级。东芝的 32 位单片机采用 MIPS 3000A RISC 的 CPU 结构,面向 VCD、数码相机、图像处理等市场。

12. NS 单片机

COP8 单片机是 NS(美国国家半导体公司)的产品,内部集成了 16 位 A/D,这是不多见的,在看门狗电路及 STOP 方式下单片机的唤醒方式都有独到之处。此外, COP8 的程序加密也做得比较好。

13. MDT20XX 系列单片机

这是工业级 OTP 单片机, Micon 公司生产的,与 PIC 单片机引脚完全一致、海尔集团的电冰箱控制器、TCL 通信产品、长安奥拓铃木小轿车功率分配器就采用这种单片机。

14. Scenix 单片机

Scenix 公司推出的 8 位 RISC 结构 SX 系列单片机与 Intel 的 Pentium II 等一起被 Electronic Industry Yearbook 1998 评选为 1998 年世界十大处理器。它在技术上有其独到之处: SX 系列双时钟设置,指令运行速度可达 50/75/100MIPS(每秒执行百万条指令, XXX M Instruction Per Second); 具有虚拟外设功能,柔性化 I/O 端口,所有的 I/O 端口都可单独编程设定,公司提供各种 I/O 的库函数,用于实现各种 I/O 模块的功能,如多路 UART、多路 A/D、PWM、SPI、DTMF、FS、LCD 驱动等。采用 EEPROM/Flash 程序存储器,可以实现在线系统编程。通过计算机 RS-232C 接口,采用专用串行电缆即可对目标系统进行在线实时仿真。

1.3.2 MCS-51 系列单片机分类

尽管单片机种类很多,但目前在我国使用最为广泛的单片机是 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机,同时该系列还在不断地完善和发展。随着各种新型号系列产品的推出,它越来越被广大用户所接受。

MCS-51 系列单片机共有二十多种芯片,表 1-1 列出了 MCS-51 系列单片机的产品分类及特点。表 1-1 中列出了 MCS-51 系列单片机的芯片型号以及它们的技术性能指标,下面在表 1-1 的基础上对 MCS-51 系列单片机作进一步的说明。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类

型 号	程序 存储器 R/E	数据 存储器 (B)	寻址 范围 RAM(KB)	寻址 范围 ROM(KB)	并 行 口	串 行 口	中 断 源	定时器/ 计数器	晶振 (MHz)	典型指 令(μ s)	其 他
8051AH	4KR	128	64	64	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	HMOS-II 工艺
8751H	4KE	128	64	64	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	HMOS-I 工艺
8031AH	—	128	64	64	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	HMOS-II 工艺
8052AH	8KR	256	64	64	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-II 工艺
8752H	8KE	256	64	64	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-I 工艺
8032AH	—	256	64	64	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-II 工艺
80C51BH	4KR	128	64	64	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	CHMOS 工艺
87C51H	4KE	128	64	64	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
80C31BH	—	128	64	64	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
83C451	4KR	128	64	64	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	CHMOS 工艺 有选通方式 双向口
87C451	4KE	128	64	64	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	
80C451	—	128	64	64	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	
83C51GA	4KR	128	64	64	4×8	UART	7	2×16	2~12	1	CHMOS 工艺 8×8A/D 有 16 位监视 定时器
87C51GA	4KE	128	64	64	4×8	UART	7	2×16	2~12	1	
80C51GA	—	128	64	64	4×8	UART	7	2×16	2~12	1	
83C152	8KR	256	64	64	5×8	GSC	6	2×16	2~17	0.73	CHMOS 工艺 有 DMA 方式
80C152	—	256	64	64	5×8	GSC	11	2×16	2~17		
83C251	8KR	256	64	64	4×8	UART	7	3×16	2~12	1	CHMOS 工艺 有高速输出、脉 冲调制、16 位监视 定时器
87C251	8KE	256	64	64	4×8	UART	7	3×16	2~12	1	
80C251	—	256	64	64	4×8	UART	7	3×16	2~12	1	
80C52	8KR	256	64	64	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	CHMOS 工艺
8052AH BASIC	8KR	256	64	64	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-II 工艺 片内固化 BASIC

注：UART——通用异步接收发送器；R/E——Mask ROM/EPROM；GSC——全局串行通道。

1. 按片内不同程序存储器的配置来分

MCS-51 系列单片机按片内不同程序存储器的配置来分，可以分为以下 3 种类型。

(1) 片内带 Mask ROM(掩膜 ROM)型：8051、80C51、8052、80C52。此类芯片是由半导体厂家在芯片生产过程中，将用户的应用程序代码通过掩膜工艺制作到 ROM 中。其应用程序只能委托半导体厂家“写入”，一旦写入后不能修改。此类单片机适合大批量使用。

(2) 片内带 EPROM 型：8751、87C51、8752。此类芯片带有透明窗口，可通过紫外线擦除存储器中的程序代码，应用程序可通过专门的编程器写入到单片机中，需要更改时可擦除重新写入。此类单片机价格较贵，不宜于大批量使用。