



MCU System Design & Engineering Application

单片机系统设计 及工程应用

❖ 雷思孝 冯育长 编著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>



8051 Systems: Design &
Engineering Applications

单片机系统设计 及工程应用

俞 强 俞 强 著

单片机系统设计与工程应用

雷思考 冯育长 编著

西安电子科技大学出版社

2005

内容简介

本书系统介绍了 51 系列单片机的基本原理和应用,从应用系统设计的角度出发,较为全面地介绍了单片机应用系统设计中的相关技术。全书共 11 章,内容分别为单片机系统概述、单片机硬件系统设计基础、指令系统与编程技术、中断系统与定时器应用、串行通信技术、单片机系统扩展及应用、单片机应用系统开发环境、单片机应用系统设计、系统抗干扰设计、实用外围电路设计、常用传感器。

作者总结多年来教学和科研的实践经验,为了解决读者在学习单片机技术及实际应用中的难点和疑惑,对难点进行详细描述,适当进行要点归纳,力求简洁实用,注重系统设计能力的培养,侧重设计方法和实际应用。

本书可作为工科院校电子信息、通信工程、计算机科学与技术、仪器仪表、工业自动化等相关专业单片机系统设计课程教材,以及高职高专相关专业单片机应用课程教材,对于工程技术人员及广大单片机爱好者,本书也极具参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

单片机系统设计及工程应用=MCU System Design & Engineering Application 雷思孝,冯育长编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2005.5

ISBN 7-5606-1515-5

I. 单… II. ①雷…②冯… III. 单片微型计算机-系统设计 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 030500 号

责任编辑 云立实 潘恩祥

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

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西画报社印刷厂

版 次 2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17

字 数 402 千字

印 数 1~4000 册

定 价 26.00 元

ISBN 7-5606-1515-5/TP·0810

XDUP 1806001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

单片机作为计算机科学与技术的重要组成部分,作为嵌入式系统的先头兵,片上系统(SOC, System On Chip)的先行者,广泛应用于工业过程控制、智能仪器仪表、机电一体化、家用电器、个人数字处理器、智能玩具等领域,极大地提高了相关产品的智能化程度和技术水平,已成为当今社会十分重要的技术领域。随着社会需求和单片机应用领域的不断扩展,各类智能产品、控制系统都是以单片机为核心来进行开发设计的,科研机构 and 生产企业对设计人员的单片机应用系统设计能力也提出了较高的要求。我们不能只掌握单片机原理,要从系统设计的角度出发,掌握整个单片机应用系统所涉及到的相关知识。

长期以来,我们只重视单片机本身技术的学习和应用,而对单片机外围电路、信号转换电路及传感器技术重视不够,使读者对应用系统的设计掌握不够全面,尤其是在系统设计时,遇到这方面的问题会觉得力不从心。为了使读者对单片机应用系统设计有一个比较全面的了解,能全面地掌握系统设计方法和相关技术,解决好设计时遇到的技术问题,作者从实际应用出发,力争使读者能在较短的时间内掌握实用技术,全面提高系统设计能力。

学生在校期间参加各类电子设计大赛,遇到的各种开发应用课题都是以单片机系统为基础,各类应用系统的设计、智能产品的开发更是离不开单片机,因此,单片机应用能力的培养理应成为工科院校电子类专业学生的必备技能。如何使学生在有限的时间内系统地掌握单片机应用系统的设计能力及产品开发技术,已成为任课教师的一个重要课题。作者总结多年来教学和产品开发的经验,力争从系统设计的角度出发,结合教学实际,以应用为目的,编著了本书,希望帮助读者能在单片机应用系统设计方面有所提高。

全书共 11 章,内容分别为单片机系统概述、单片机硬件系统设计基础、指令系统与编程技术、中断系统与定时器应用、串行通信技术、单片机系统扩展及应用、单片机应用系统开发环境、单片机应用系统设计、系统抗干扰设计、实用外围电路设计、常用传感器等。

本书第 1~6 章由冯育长编写,第 7~11 章及附录由雷思孝编写,全书由雷思孝统稿,刘畅生审稿。

本书在编写过程中,受到了西安电子科技大学计算机学院、通信工程学院的领导及各位老师的热情关怀和大力支持,得到了西安电子科技大学出版社副总编辑陈宇光、副编审云立实、编辑潘恩祥的及时帮助,在此表示诚挚的感谢。同时,在本书编写过程中,借鉴了许多现有优秀教材的宝贵经验,也对各位作者表示衷心的感谢。

李伯成教授在百忙中对本书的编写提出了许多非常有益的意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请诸位读者不吝指正。

编 者
于西安电子科技大学
2005 年元月

目 录

第 1 章 单片机系统概述	1	2.5.3 并行端口的负载能力	31
1.1 单片机内部结构及特点	2	2.6 单片机时序	31
1.2 单片机的发展与分类	3	2.6.1 几个基本概念	32
1.2.1 单片机的发展	3	2.6.2 CPU 取指令和执行指令的时序	32
1.2.2 单片机的分类	4	2.7 时钟及复位电路	34
1.3 单片机技术的发展趋势	6	2.7.1 时钟电路	34
1.4 单片机的应用领域	7	2.7.2 复位电路	35
习题 1	8	习题 2	37
第 2 章 单片机硬件系统设计基础	9	第 3 章 指令系统与编程技术	38
2.1 51 系列单片机家族成员	9	3.1 51 系列单片机指令系统概述	38
2.1.1 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机	9	3.1.1 51 系列单片机指令特点及分类	38
2.1.2 Atmel 公司的 AT89 系列单片机	10	3.1.2 51 系列单片机汇编语言指令格式	39
2.1.3 Atmel 公司的 AT89C2051 单片机	12	3.1.3 指令长度和指令周期	40
2.1.4 Philips 公司的 51 系列单片机	13	3.2 51 系列单片机寻址方式	41
2.2 51 系列单片机内部结构及引脚功能	14	3.2.1 立即寻址	41
2.2.1 51 系列单片机内部结构	14	3.2.2 寄存器寻址	41
2.2.2 51 系列单片机外部引脚及功能	15	3.2.3 直接寻址	42
2.3 单片机 CPU 基本模型	17	3.2.4 寄存器间接寻址	43
2.3.1 算术逻辑单元 ALU、累加器 ACC 及寄存器 B	18	3.2.5 变址寻址	43
2.3.2 程序状态字 PSW	18	3.2.6 相对寻址	44
2.3.3 程序计数器 PC	19	3.2.7 位寻址	44
2.3.4 堆栈指针 SP	19	3.3 指令系统	45
2.3.5 数据指针寄存器 DPTR	19	3.3.1 数据传送指令	45
2.4 51 系列单片机存储器结构	20	3.3.2 算术运算指令	52
2.4.1 存储器分类及配置	20	3.3.3 逻辑运算指令与移位指令	55
2.4.2 程序存储器	20	3.3.4 控制转移指令	57
2.4.3 内部数据存储器	22	3.3.5 位操作指令	63
2.4.4 外部数据存储器	26	3.4 常用伪指令	65
2.5 单片机的并行端口及应用	26	3.5 程序设计技术	67
2.5.1 并行端口的内部结构	26	3.5.1 数据运算与处理	67
2.5.2 并行端口的应用	29	3.5.2 程序分支与转移	68
		3.5.3 程序的散转	70
		3.5.4 循环程序设计	72
		习题 3	75

第4章 中断系统与定时器应用	79	6.4.1 简单 I/O 端口的扩展	140
4.1 51 系列单片机的中断系统	79	6.4.2 LED 数码显示器扩展	141
4.1.1 中断的概念	79	6.4.3 键盘接口	146
4.1.2 中断源	80	6.4.4 8255A 可编程并行 I/O	
4.1.3 中断控制	82	接口扩展	150
4.1.4 中断响应	84	6.5 单片机系统扩展举例	156
4.1.5 中断系统的应用	85	6.5.1 LED 点阵式大屏幕显示器设计	
4.2 定时器/计数器	88		156
4.2.1 定时器/计数器的基本原理	88	6.5.2 智能电子钟设计	159
4.2.2 定时器/计数器的控制方式	89	6.5.3 D/A 转换器	164
4.2.3 定时器/计数器的工作方式	90	6.5.4 A/D 转换器	169
4.2.4 定时器/计数器的应用	93	6.5.5 智能温度计设计	173
4.2.5 应用实例	94	6.5.6 红外遥控器设计	175
习题 4	100	习题 6	177
 第5章 串行通信技术	102	 第7章 单片机应用系统开发环境	181
5.1 基本概念	102	7.1 开发系统的组成与功能	181
5.2 51 系列单片机串行通信接口	106	7.1.1 在线仿真功能	182
5.2.1 串行口组成及相关寄存器	106	7.1.2 调试功能	182
5.2.2 串行口的工作方式	107	7.1.3 辅助设计功能	183
5.2.3 波特率设置	110	7.1.4 程序固化功能	184
5.2.4 多机通信	113	7.2 应用系统调试	184
5.3 串行口应用实例	114	7.2.1 硬件调试方法	184
5.3.1 利用串行口扩展 LED 显示器	114	7.2.2 软件调试方法	186
5.3.2 利用串行口输入开关量	115	7.3 单片机仿真系统举例	187
5.3.3 双机通信系统	116	7.3.1 仿真器功能	187
5.3.4 电流环在通信系统中的应用	119	7.3.2 仿真器硬件介绍	187
5.4 RS-232C 串行总线及应用	120	7.3.3 软件安装	188
5.4.1 RS-232C 总线	120	习题 7	189
5.4.2 RS-232C 在工程中的应用	122	 第8章 单片机应用系统设计	190
习题 5	125	8.1 系统设计内容	190
 第6章 单片机系统扩展及应用	127	8.1.1 硬件系统组成	190
6.1 单片机系统总线的形成	127	8.1.2 系统设计内容	193
6.2 外部数据存储器的扩展	129	8.2 系统开发过程	193
6.2.1 全译码	130	8.2.1 需求分析与市场调研	194
6.2.2 部分译码	133	8.2.2 可行性分析	194
6.2.3 线选法	134	8.2.3 方案设计	194
6.3 外部程序存储器的扩展	135	8.2.4 样机研制	195
6.3.1 EPROM 扩展	135	8.2.5 系统调试	195
6.3.2 E ² PROM 扩展举例	137	8.2.6 批量生产	195
6.4 并行 I/O 端口扩展技术	139	8.3 系统设计方法	195
		8.3.1 熟悉设计对象	195

8.3.2 确定 I/O 类型和数量	196	9.6 I/O 通道抗干扰技术	224
8.3.3 单片机选型	198	9.6.1 开关信号的抗干扰措施	224
8.3.4 确定存储器	199	9.6.2 模拟通道的抗干扰设计	226
8.3.5 确定 I/O 接口芯片	199	9.6.3 长线传输的抗干扰技术	227
8.3.6 系统设计	200	习题 9	229
8.3.7 实验板设计	202	第 10 章 实用外围电路设计	230
8.3.8 实验电路调试	203	10.1 运算放大器实用技术	230
8.3.9 系统结构设计	205	10.1.1 理想运算放大器	230
8.4 系统调试	206	10.1.2 基本运算电路	231
8.4.1 常用调试工具	206	10.1.3 实用电路	232
8.4.2 系统调试方法	209	10.1.4 保护电路	239
习题 8	213	10.2 电流/电压转换电路	240
第 9 章 系统抗干扰设计	214	10.2.1 电压/电流转换电路	240
9.1 干扰源分析	214	10.2.2 电流/电压转换电路	241
9.2 硬件抗干扰技术	215	习题 10	241
9.2.1 元器件选用	215	第 11 章 常用传感器	242
9.2.2 接插件选择	216	11.1 传感器概述	242
9.2.3 印制电路板抗干扰技术	216	11.2 传感器选择与应用	247
9.2.4 执行机构抗干扰技术	217	11.3 传感器的抗干扰技术	248
9.3 软件抗干扰技术	217	11.4 智能传感器	251
9.3.1 设置软件陷阱	217	11.4.1 智能传感器概述	251
9.3.2 软件看门狗	218	11.4.2 智能传感器的组成及功能	252
9.3.3 软件冗余技术	219	习题 11	254
9.3.4 软件抗干扰设计	219	附录 A: ASCII 字符表	255
9.3.5 软件自诊断技术	220	附录 B: 按字母顺序排列 51 系列 单片机指令一览表	256
9.4 电源抗干扰技术	221	附录 C: 按功能排列 51 系列 单片机指令表	260
9.4.1 电源系统干扰源	221	参考文献	264
9.4.2 电源抗干扰措施	222		
9.5 系统接地技术	223		
9.5.1 系统地线分类	223		
9.5.2 地线的处理原则	223		

第1章

单片机系统概述

本章要点与学习目标：

本章介绍了单片机的内部结构、单片机应用系统的特点与发展概况。通过对本章的学习，读者应掌握以下知识点：

- 单片机的内部结构及特点；
- 单片机的分类与单片机技术的发展趋势；
- 单片机的应用领域。

单片机是一种集成电路芯片，采用超大规模技术把具有数据处理能力（如算术运算、逻辑运算、数据传送、中断处理等）的微处理器（CPU）、随机数据存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、输入/输出电路（I/O口）等电路集成到单块芯片上，构成一个最小而完善的计算机系统。有的还包括定时器/计数器、串行通信口、显示驱动电路（LCD或LED驱动电路）、脉宽调制电路（PWM）、模拟多路转换器及A/D转换器等电路，这些电路能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。它能够单独地完成现代工业控制系统所要求的智能化控制功能。

单片机不同于单板机，芯片在没有开发前，它只是具备功能极强的超大规模集成电路，如果赋予它特定的程序，它便是一个最小的、完整的微型计算机控制系统。单片机与单板机或个人电脑（PC机）有着本质的区别，单片机的应用属于芯片级应用，需要用户了解单片机芯片的结构和指令系统以及其他集成电路应用技术和系统设计所需要的理论和技术，用这样特定的芯片设计应用程序，从而使该芯片具备特定的功能。

不同的单片机有着不同的硬件结构和指令系统，即它们的技术特征不尽相同，硬件特征取决于单片机芯片的内部结构，设计人员必须了解其性能是否满足需要的功能和应用系统所要求的特性指标。这里的技术特征包括功能特性、控制特性和电气特性等，这些信息可以从生产厂商的技术手册中得到。指令特性即我们熟悉的单片机的寻址方式、数据处理和逻辑处理方法、输入/输出特性等。开发环境包括指令的兼容性及可移植性，软、硬件资源等。要利用单片机开发实际应用系统，就必须掌握其硬件结构特征、指令系统和开发环境。

单片机控制系统能够取代以前利用复杂电子线路或数字电路构成的控制系统，可以用软件来实现产品智能化。现在单片机控制范畴无所不在，如通信产品、家用电器、智能仪器仪表、过程控制和专用控制装置等，其应用领域越来越广泛。

单片机的应用意义远不限于它的应用范畴或由此带来的经济效益,更重要的是它已从根本上改变了传统的控制方法和设计思想。

随着嵌入式系统的快速发展及其在各个领域的广泛应用,人们对电子设备小型化、智能化要求越来越高,作为高新技术之一的单片机以其体积小、功能强、价格低、使用灵活等特点,显示出其明显的优势和广泛的应用前景。在航空航天、机械加工、智能仪器仪表、家用电器、通信系统、智能玩具等领域,单片机都正在发挥着巨大的作用。可以认为,单片机应用技术已成为现代电子技术应用领域十分重要的技术之一,是工程技术人员必备知识和技能,它能够使您设计的产品更具智能化和先进性。本章将重点介绍单片机应用系统的特点及发展概况。

1.1 单片机内部结构及特点

所谓单片机(Single Chip Microcomputer),是指在一块芯片中,集成有中央处理器(CPU)、存储器(RAM 和 ROM)、基本 I/O 端口以及定时器/计数器等部件并具有独立指令系统的智能器件,即在一块芯片上实现一台微型计算机的基本功能,其基本结构如图 1.1 所示。

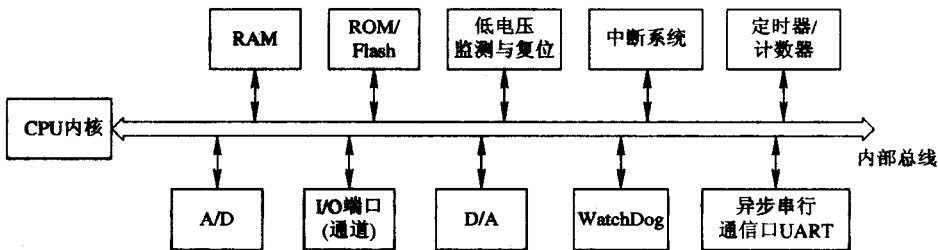


图 1.1 单片机内部结构框图

1. 中央处理器 CPU

CPU 是单片机的核心部件,由运算器和控制器组成,完成算术运算和逻辑操作,单片机的字长有 4 位、8 位、16 位和 32 位之分,字长越长运算速度越快,数据处理能力也越强。

2. 存储器

通常单片机存储器采用哈佛结构,即 ROM 和 RAM 存储器是分开编址的。ROM 存储器容量较大,RAM 存储器的容量较小。

1) ROM 存储器

ROM 存储器一般有 1~32 KB,用于存放应用程序,故又称为程序存储器。由于单片机主要应用于控制系统,通常嵌入被控对象中,因此一旦该系统研制成功,其硬件和应用程序均已定型。为了提高系统的可靠性,应用程序通常固化在片内 ROM 中。根据片内 ROM 的结构,单片机又可分为无 ROM 型、ROM 型、EPROM 型和 E²PROM 型。近年来,又出现了 Flash 型 ROM 存储器。

无 ROM 型的单片机片内不集成 ROM 存储器,故应用程序必须固化到外部 ROM 存储器芯片中,才能构成有完整功能的单片机应用系统。ROM 型单片机内部程序存储器是

采用掩膜工艺制成的,程序一旦固化进去便不能修改。EPROM 型单片机内部程序存储器是采用特殊 FAMOS 管构成的,程序写入后,可通过紫外线擦除,重新写入。而 E²PROM 型单片机内部程序存储器可以直接用电信号编程和擦除,使用起来十分方便,深受开发设计人员欢迎。

2) RAM 存储器

通常,单片机片内 RAM 存储器容量为 64~256 B,有的可达 48 KB。RAM 存储器主要用来存放实时数据或作为通用寄存器、堆栈和数据缓冲器之用。

3. I/O 接口和特殊功能部件

I/O 接口电路有串行和并行两种。串行 I/O 用于串行数据传输,它可以把单片机内部的并行数据变成串行数据向外传送,也可以串行接收外部送来的数据,并把它们变成并行数据送给 CPU 处理。并行 I/O 端口可以使单片机和存储器或外设之间实现并行数据传送。

通常,特殊功能部件包括定时器/计数器、A/D、D/A、DMA 通道、系统时钟、中断系统和串行通信接口等模块。定时器/计数器用于产生定时脉冲,以实现单片机的定时控制;A/D 和 D/A 转换器用于模拟量和数字量之间的相互转换,以完成实时数据的采集和控制;DMA 通道可以使单片机和外设之间实现数据的快速传送;串行通信接口可以很方便地实现单片机系统与其他系统的数据通信。总之,某一单片机内部究竟包括哪些特殊功能部件,以及特殊功能部件的数量,便确定了其应用领域。

在单片机应用系统中,如果是简单的控制对象,只需利用单片机作为控制核心构成最小系统,不需另外增加外部电路就能完成。对于较复杂的系统,需要对单片机进行某些扩展,使用十分方便。单片机及应用系统归纳起来有以下特点:

(1) 单片机具有独立的指令系统,可以将我们的设计思想充分体现出来,使产品智能化。

(2) 系统配置以满足控制对象的要求为出发点,使得系统具有较高的性能价格比。

(3) 应用系统通常将程序驻留在片内(外)ROM 中,抗干扰能力强,可靠性高,使用方便。

(4) 单片机本身不具有自我开发能力,一般需借助专用的开发工具进行系统开发和调试,但最终形成的产品简单实用,成本低,效益高。

(5) 应用系统所用存储器芯片可选用 EPROM、E²PROM、OTP 芯片或利用掩膜形式生产,便于批量生产和应用。大多单片机如 51 系列,开发芯片和扩展应用芯片相互配套,降低了系统成本。

(6) 由于系统小巧玲珑,控制功能强、体积小,便于嵌入被控设备内,大大推动了产品的智能化。如数控机床、机器人、智能仪器仪表、洗衣机、电冰箱、电视机等都是典型的机电一体化设备和产品。

1.2 单片机的发展与分类

1.2.1 单片机的发展

单片机是随着微型计算机、单板机的发展及其在智能测控系统中的应用而发展起来的。以 8 位单片机芯片出现开始,大致可归纳为 4 个阶段。

第1阶段：低性能单片机阶段(1976~1980年)。该阶段是以较简单的8位低档单片机为主，将原有的单板机功能集成在一块芯片上，使该芯片具有原来单板机的功能。其主要代表芯片为Intel公司的MCS-48系列，该芯片内集成了8位CPU、并行I/O接口、8位定时器/计数器，寻址范围为4KB，没有串行通信接口。

第2阶段：高性能单片机阶段(1980~1983年)。该阶段仍以8位机为主，主要增加了串行口、多级中断处理系统、16位定时器/计数器，除片内RAM、ROM容量加大外，片外寻址范围达64KB，有的片内还集成有A/D、D/A转换器。这一阶段单片机以Intel公司的MCS-51系列、Motorola公司的6801系列和Zilog公司的Z8系列为代表。上述机型由于功能强，使用方便，目前仍被广泛应用。

第3阶段：(1983年~20世纪80年代末)，推出了高性能的16位单片机。性能更加完善，主频速率提高，运算速度加快，具有很强的实时处理能力，更加适用于速度快、精度高、响应及时的应用场合。其主要代表为Intel公司的MCS-96系列等。

第4阶段：(20世纪90年代)单片机在集成度、速率、功能、可靠性、应用领域等全方位地向更高水平发展。CPU数据线有8位、16位、32位，采用双CPU结构及内部流水线结构，以提高数据处理能力和运算速度；采用内部锁相环技术，时钟频率已高达50MHz，指令执行速率提高；提供了运算能力较强的乘法指令和内积运算指令，具有较强的数据处理能力；设置了新型的串行总线结构，系统扩展更加方便；增加了常用的特殊功能部件(如系统看门狗(Watchdog)、通信控制器、调制解调器、脉宽调制输出PWM等)。随着微电子技术和半导体工艺的不断改进，芯片正向着高集成度、低功耗的方向发展。随着应用范围的不断扩大，专用单片机也得到了迅速发展。

1.2.2 单片机的分类

20世纪80年代以来，单片机有了新的发展，各半导体器件厂商也纷纷推出各自的系列产品。迄今为止，市售单片机产品已达近百种系列，近千个品种。按照CPU对数据处理位数来分，单片机通常可以分为以下4类。

1. 4位单片机

4位单片机的控制功能较弱，CPU一次只能处理4位二进制数。这类单片机常用于计算器、各种形态的智能单元以及作为家用电器的控制器等。典型产品有美国NS(National semiconductor)公司的COP4XX系列、Toshiba公司的TMP47XXX系列以及Panasonic公司的MN1400系列等单片机。

2. 8位单片机

8位单片机的控制功能较强，品种最为齐全。和4位单片机相比，8位单片机不仅有较大的存储容量和寻址范围，按字节处理十分方便，而且具有丰富的中断源、并行I/O接口、定时器/计数器、全双工串行通信接口等。在指令系统方面，普遍增设了乘除指令和比较指令。特别是8位机中的高性能增强型单片机，除片内增加了A/D和D/A转换器以外，还集成有定时器捕捉/比较寄存器、监视定时器(Watchdog)、总线控制部件和晶体振荡电路等。这类单片机由于其片内资源丰富和功能强大，主要应用于工业控制、智能仪器仪表、家用电器和办公自动化系统等领域。代表产品有Intel公司的MCS-51系列机、荷兰Philips公司的80C51系列机、Motorola公司的M6805系列机、Microchip公司的PIC系列

和 ATMECL 公司的 AT89 系列机等。图 1.2 所示为 DIP 封装的 89C2051、8031 单片机。



图 1.2 DIP 封装的 89C2051、8031 单片机

由于 8 位机应用十分广泛，也是广大工程技术人员学习和应用单片机技术的基本机型，因此，本教材仍以 8 位机的 51 系列为描述对象，介绍单片机原理及工程应用技术。

3. 16 位单片机

16 位单片机是在 1983 年以后发展起来的。这类单片机的特点是：CPU 为 16 位，运算速度普遍高于 8 位机，有的单片机的寻址能力高达 1 MB，片内含有 A/D 和 D/A 转换电路，支持高级语言等。16 位单片机主要用于过程控制、智能仪器仪表、家用电器、智能控制器以及 8 位单片机不能满足技术要求的场合。典型产品有 Intel 公司的 MCS-96/98 系列机、Motorola 公司的 M68HC16 系列机、NS 公司的 HPC 系列机等。图 1.3 所示为 PLCC 封装的 80196 单片机。

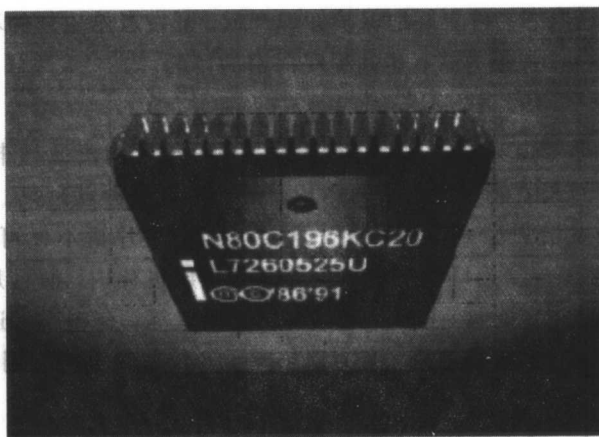


图 1.3 PLCC 封装的 80196 单片机

4. 32 位单片机

32 位单片机的字长为 32 位，是目前单片机的顶级产品，具有极高的运算速度。近年来，随着微电子技术的快速发展，32 位单片机的市场前景看好。这类单片机的代表产品有 Motorola 公司的 M68300 系列机、英国 Inmos 公司的 IM-ST414 和日立公司的 SH 系列机等。

1.3 单片机技术的发展趋势

随着微电子技术的迅速发展,目前各个公司研制出了能够适用各种应用领域的单片机。高性能单片机芯片市场也异常活跃,采用新技术,使单片机的种类、性能不断提高,应用领域迅速扩大。如 ATME1 公司开发的 AT89C51 芯片,片内含有 4 KB Flash 存储器;AT89C51FA 芯片,片内有 8 KB Flash 存储器;89C51FB 片内含 16 KB Flash 存储器;凌阳公司推出的 SPCE061A 芯片,片内有 32 KW Flash 存储器,2 KW RAM。使得片内可储存的程序量增加,控制能力增强。单片机性能的提高和改进归纳起来,有以下几个方面:

1. CPU 的改进

(1) 采用双 CPU 结构,提高了芯片的处理能力,如 Rockwell 公司的 R6500/21 和 R65C29 单片机均采用双 CPU 结构,大大提高了系统的处理能力。

(2) 增加数据总线宽度,提高数据处理能力,从 8 位、16 位到 32 位。

(3) 采用流水线结构,类似于高性能的微处理器,提高了运行速度,能够实现简单的 DSP 功能,适合于作数字信号处理。

(4) 串行总线结构,将外部数据总线改为串行传送方式,提高了系统的可靠性。

2. 存储器的发展

(1) 增大片内存储器容量,有利于提高系统的可靠性。

(2) 片内采用 E²PROM 和 Flash,可在线编程,读/写更方便,可对某些需要保留的数据和参数长期保存,提高了单片机的可靠性和实用性,如 AT89C51、SPCE061A 等单片机。

(3) 采用编程加密技术,可更好地保护知识产权。开发者希望软件不被复制、破译,可利用编程加密位或 ROM 加锁方式,达到程序保密的目的。

3. 内部资源增多

单片机内部资源通常由其片内功能体现出来。单片机片内资源越丰富,用它构成的单片机控制系统的硬件开销就越少,产品的体积就越小,可靠性就越高。近年来,世界各大半导体厂商热衷于开发增强型 8 位单片机,这类增强型单片机不仅可以把 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器、I/O 接口和中断系统等电路集成进片内,而且片内新增了 A/D 转换器、D/A 转换器、监视定时器、DMA 通道和总线接口等,有些厂家还把晶振和 LCD 驱动电路也集成到芯片之中。所有这些,有力地拓宽了 8 位单片机的应用领域。

4. I/O 接口形式增多、性能提高

(1) 增加驱动能力,减少了外围驱动芯片的使用,直接驱动 LED、LCD 显示器等,简化了系统设计,降低了系统成本。

(2) 增加了异步串行通信口,提高了单片机系统的灵活性。

(3) 增加了逻辑操作功能,具有位寻址操作,增强了操作和控制的灵活性。

(4) 带有 A/D、D/A 转换器,可直接对模拟量信号输入和输出。

(5) 并行 I/O 端口设置灵活,可以利用指令将端口的任一位设置为输入、输出、上拉、下拉和悬浮等状态。

(6) 带有 PWM 输出, 直接驱动控制小型直流电机调速, 大大方便了使用。

5. 引脚的多功能化

随着芯片内部功能的增强和资源的丰富, 单片机芯片所需引脚数也会相应增多, 这是难以避免的。例如, 一个能寻址 1 MB 存储空间的 8 位单片机需要 20 条地址线和 8 条数据线。太多的引脚不仅会增加制造时的困难, 而且会使芯片的集成度大为减少。为了减少引脚数量和提高应用灵活性, 单片机普遍采用了管脚复用的设计方案。

6. 低电压和低功耗

在许多应用场合, 单片机不仅要体积小, 而且还需要低电压、低功耗。因此, 制造单片机时普遍采用 CMOS 工艺, 并设有空闲和掉电两种工作方式。例如, 美国 Microchip 公司的 PIC6C5X 系列单片机正常工作电流为 2 mA, 空闲方式(3 V 32 MHz)下为 15 μ A, 待命工作状态(2.5 V 电源电压)下为 0.6 μ A, 采用干电池供电十分方便。

随着微电子技术的不断发展, 单片机正朝着高集成度、低能耗、低电压、多功能的方向发展。

1.4 单片机的应用领域

由于单片机体积小、价格低、可靠性高、适用面宽、有其本身的指令系统等诸多优势, 在各个领域、各个行业都得到了广泛应用。单片机的应用领域可归纳为以下几个方面:

1. 机电一体化

机电一体化是机械设备发展的方向。用单片机代替常规的逻辑顺序控制, 简化了机械结构设计, 提高了控制性能, 更重要的是实现了产品智能化。当前的许多产品, 如数控车床、机械手等都采用了这种方式。最典型的机电一体化产品是机器人, 它的每个关节或动作部位都是由一个单片机系统控制的。

2. 集散数据采集系统

在实时控制系统中, 要求数据采集具有较好的同步性和实时性, 若采用单个计算机顺序采集, 则存在采集不同步, 实时性差等缺点, 以致造成计算、处理上的误差, 引起分析统计困难。使用单片机作为系统的前端采集单元, 由主控计算机发出同步采集命令, 当采集完成后, 将采集到的数据再逐一传送到主机中进行处理, 保证了同步数据采集, 如气象部门、供电系统、自来水管网、过程控制等均可采用集散数据采集与控制系统。

3. 分布式控制系统

通常分布式控制系统采用模块化设计, 而单片机正是某些模块的控制中心, 如生产线、过程控制、遥测遥控系统等。

4. 智能仪器仪表

单片机的应用使仪器仪表的智能化程度越来越高, 如自动计费电度表、燃气表等。许多工业仪表中的智能流量计、气体分析仪、成分分析仪等均采用了单片机作为控制单元。在各种检测仪器仪表中, 单片机的应用更加广泛, 如多功能信号发生器、智能电压电流测试仪、医疗器械、检测仪器等。

5. 家用电器

家用电器包括洗衣机、空调器、汽车控制系统、保安系统、电视机、摄像机、VCD 机、音响设备、电子秤、IC 卡、手机等。在这些设备中大量使用各种各样的单片机，使其性能提高很大，实现了智能化、最优化控制。

6. 终端及外部设备控制

计算机网络终端设备，如银行终端、数据采集终端机、GPS 电子地图、复印机等，以及计算机外部设备，如打印机、绘图仪、键盘和通信终端等，在这些设备中使用单片机，使其具有计算、存储、显示和数据处理功能，提高了设备的附加值。

7. 智能卡

IC 卡以其存储信息量大、安全方便、读卡简单、经济实用等优点，已经广泛应用于金融、商贸、交通、医疗卫生、公安税务等与人民生活息息相关的领域。据有关资料介绍，截至 2003 年 6 月我国已累计发放 IC 卡 13 亿张，并仍在迅速增长。

8. 智能电子玩具

利用具有语言处理能力单片机制造各种智能玩具，使玩具正在朝着智能化的方向发展，具有人机交互功能的电子玩具已成为玩具行业的新宠，也为单片机的应用开辟了广阔的新天地。

习 题 1

- 1.1 什么是单片机？它由哪几部分组成？何谓单片机应用系统？
- 1.2 简述单片机的特点？
- 1.3 简述单片机的发展过程及分类。
- 1.4 简述单片机的发展趋势。
- 1.5 结合自己的生活实际说明单片机的应用领域。

第2章

单片机硬件系统设计基础

本章要点与学习目标:

本章介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构,包括 CPU 基本模型、存储器配置、单片机外部引脚及功能等。通过对本章的学习,读者应掌握以下知识点:

- CPU 的基本组成与专用寄存器的作用;
- 51 系列单片机存储器系统配置及特点;
- 51 系列单片机外部引脚及功能;
- 单片机的并行口及应用;
- 单片机的基本时序。

2.1 51 系列单片机家族成员

MCS-51 单片机是由美国的 Intel 公司开发研制的。该系列的单片机以其典型的体系结构和完善的专用寄存器集中管理方式,方便的逻辑位操作功能及丰富的指令系统,堪称一代“名机”,为之后的其他单片机的发展奠定了基础。正因为其优越的性能和完善的结构,导致后来的许多单片机生产厂商多沿用或参考了其体系结构。像 Atmel、Philips、Dallas 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品,我国台湾的 Winbond 公司也推出了兼容 MCS-51 的单片机产品。这些著名厂商的加盟使 51 系列单片机获得了飞速发展,进一步丰富和发展了 51 系列单片机,产品性能得到了很大提升。为了使广大读者更好地了解 and 掌握 51 系列单片机的产品特点,以下对 51 系列单片机的家族成员作以简要介绍。

2.1.1 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司于 1980 年推出的产品,与 MCS-48(Intel 公司于 1976 年推出的产品)单片机相比,其结构更先进,功能更强,增加了更多的电路单元和功能模块,指令数达 111 条。MCS-51 系列单片机是相当成功的产品,直到现在,MCS-51 系列或与其兼容的单片机仍是单片机应用领域中的主流产品。

MCS-51 系列单片机虽种类繁多,但总体来说可分为两个子系列:MCS-51 子系列和 MCS-52 子系列。MCS-51 子系列中典型机型有 8031、8051 和 8751 三种产品,而