

高等学校“十一五”规划教材

单片机原理及应用技术

Danpianji Yuanli Ji Yingyong Jishu

余发山 王福忠 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

单片机原理及应用技术

主 编 余发山 王福忠

副主编 杨凌霄 李泉溪

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机为主要对象,从系统组成和工程实践角度出发,详细介绍了 MCS-51 系列单片机的结构、指令系统、程序设计、系统扩展以及单片机各功能部件的组成,并对应用系统设计、开发、调试以及开发工具的使用做了较深入的讨论,具有较强的系统性和实用性。本书内容由浅入深,阐述简明,配有习题,便于自学。

本书可作为高等学校电气、电子、信息及自动化类等专业的“单片机原理及应用”课程教材,亦可供从事工业测控、智能仪器仪表及各种电子产品开发等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用技术/余发山,王福忠主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7- 81107 - 832 - 9

I. 单… II. ①余…②王… 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 206657 号

书 名 单片机原理及应用技术

主 编 余发山 王福忠

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 16.25 字数 400 千字

版次印次 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价 25.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

单片机的出现是近代计算机技术发展史上的一个重要里程碑。近年来,随着电子技术和微型计算机技术的迅速发展,单片机的档次不断提高,其应用领域也在不断扩大,在工业测控、尖端科学、智能仪器仪表、日用家电、汽车电子系统、办公自动化设备、个人信息终端及通信产品中得到了广泛应用,已成为现代电子系统中最重要的智能化核心部件。

“单片机原理及应用技术”是高等学校电气、电子、信息及自动化类专业的一门核心课程,它的特点是知识面广、内容多、难度大、更新快,在基础课与专业课之间起着承上启下的重要作用。

本书作者长期从事“单片机原理及应用技术”课程的理论教学和实践教学,从传授基础知识和培养能力的目标出发,在查阅和综合分析了大量有关资料的基础上,结合本课程教学的特点、难点和要点编写了本书。本书共分8章:第一章介绍了单片机的产生、发展、应用及分类。第二章、第三章分别介绍了 MCS—51 单片机的结构、指令系统及其程序设计。第四章介绍了单片机的典型功能部件的原理及应用。第五章介绍了 MCS—51 单片机系统扩展技术及应用,以及串行存储器的扩展方法。第六章介绍了单片机的典型外围接口技术、液晶显示模块的扩展方法及其编程。第七章介绍了单片机应用系统设计和应用系统的抗干扰措施。第八章介绍了 MCS—51 单片机开发系统及仿真。为了提高编程效率,在附录中给出了 C51 编程方法。

本书内容新颖,重点突出,语言精练易懂,便于自学,有广泛的适应面。可作为高等院校相关专业的单片机课程教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考书。

本书由河南理工大学余发山教授和王福忠教授任主编,杨凌霄副教授和李泉溪副教授任副主编。编写分工为:余发山编写第一章;李泉溪编写第二章;苏珊编写第三章;杨俊起编写第四章第一节、第二节和附录 A;张宏伟编写第四章第三节和附录 B;杨凌霄编写第五章;王莉编写第六章;王福忠编写第七章;谭兴国编写第八章。

在本书编写过程中,河南理工大学的王新教授对本书提出了许多修改意见,胡治国、苏波、崔立志等帮助录入部分文稿和整理部分图稿,中国矿业大学出版社编辑部为本书微机排版和微机绘图付出了辛勤劳动,在此一并表示衷心感谢,同时对本书所用参考文献的作者表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中可能存在不妥或错误,恳请读者批评指正。

编者

2007 年 10 月于河南理工大学

目 录

第一章 单片机技术及其发展	1
第一节 概述.....	1
第二节 单片机产品及性能介绍.....	8
本章小结	15
思考与练习	15
第二章 MCS—51 单片机的基本结构及工作原理	16
第一节 MCS—51 单片机的基本结构	16
第二节 MCS—51 单片机的存储器结构	25
第三节 特殊功能寄存器 SFR	29
第四节 单片机的工作方式与最小应用系统	32
本章小结	38
思考与练习	38
第三章 MCS—51 单片机指令系统及编程举例	39
第一节 指令系统简介	39
第二节 寻址方式	40
第三节 指令系统及应用举例	42
第四节 伪指令	59
第五节 综合编程举例	61
本章小结	73
思考与练习	73
第四章 MCS—51 单片机的典型功能部件结构及工作原理	76
第一节 中断系统	76
第二节 定时器/计数器.....	87
第三节 单片机串行口及其应用	94
本章小结.....	105
思考与练习.....	105
第五章 MCS—51 单片机系统扩展技术	107
第一节 概述.....	107
第二节 程序存储器的扩展技术.....	111

第三节 数据存储器的扩展技术·····	118
第四节 I/O 口的扩展技术·····	123
第五节 串行总线接口存储器扩展技术·····	139
本章小结·····	150
思考与练习·····	151
第六章 单片机的典型外围接口技术·····	152
第一节 键盘接口·····	152
第二节 LED 显示器接口·····	157
第三节 LCD 显示器接口·····	163
第四节 A/D、D/A 的扩展·····	178
本章小结·····	190
思考与练习·····	190
第七章 单片机应用系统的设计·····	192
第一节 单片机应用系统设计过程·····	192
第二节 单片机应用系统的抗干扰技术·····	196
第三节 单片机应用系统举例·····	202
本章小结·····	214
思考与练习·····	214
第八章 单片机开发系统与仿真·····	215
第一节 单片机的开发系统·····	215
第二节 伟福(WAVE)仿真器的使用·····	217
本章小结·····	236
附录·····	237
附录 A MCS—51 系列单片机指令系统表·····	237
附录 B C51 编程语言简介·····	241
附录 C 单片机常用网站·····	251
参考文献·····	252

第一章 单片机技术及其发展

【主要内容】 本章主要介绍单片机的基本概念、发展、应用领域以及常用单片机简介。

【目标要求】 通过本章的学习,要求学生掌握单片机的基本概念、单片机的特点,了解单片机的产生、发展趋势和应用领域等内容。

第一节 概 述

一、单片机的基本概念

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)简称单片机,即把组成微型计算机的各个功能部件,如中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、I/O 接口电路、定时器/计数器以及串行通信接口等集成在一块芯片中,构成一个完整的微型计算机。

由于单片机主要面对的是测控对象,突出的是控制功能,所以它从功能和形态上来说都是应测控领域应用的要求而诞生的。随着单片机技术的发展,它在芯片内集成了许多面对测控对象的接口电路,如 ADC、DAC、高速 I/O 口、脉冲宽度调制器(Pulse Width Modulator,简称 PWM)、监视定时器(Watch Dog Timer,简称 WDT)等。这些接口电路已经突破了微型计算机传统的体系结构,所以单片机也称为微控制器(Micro-controller Unit,简称 MCU)。

二、单片机的产生与发展

单片机是应工业测控系统数字化、智能化的迫切要求而提出的。超大规模集成电路的出现,通用 CPU 及其外围电路技术的发展,为单片机的诞生和发展提供了可能。单片机是从工业测控对象、接口、环境特点出发,不断增强其控制功能,以方便构成工业测控系统,保证其工作可靠性而设计的。它的出现标志着计算机技术在工业领域中的应用开始走向完善与成熟。

单片机的发展阶段大致分为单片机探索阶段、单片机完善阶段、微控制器形成阶段和微控制器百花齐放(完善)阶段。

(一) 单片机探索阶段

探索阶段始于 1974 年,该阶段的任务是探索计算机的单芯片集成技术,以满足工控领域对计算机提出的嵌入式应用要求,即实现单芯片形态的计算机,构成中小型智能化测控系统。

这一时期生产的单片机虽然已能在单块芯片内集成有 CPU、并行接口、定时器、RAM 和 ROM 等功能部件,但 CPU 功能还不太强,I/O 口的种类和数量少,存储容量小,只能应用于比较简单的场合。以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表,这个系列的单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器,寻址范围不大于 4 KB,且无串行接口,它是 8

位机的早期产品。

该阶段成功地实现了计算机的单芯片集成化,并将其正式命名为单片微型计算机,简称单片机。

(二) 单片机完善阶段

计算机的单芯片集成探索成功,肯定了单片机构成嵌入式应用系统的广阔前景。随后的任务是如何完善单片机的体系结构,如何充分体现出嵌入式应用的特点。这一阶段的典型特征是 Intel 公司将 MCS—48 系列单片机迅速向 MCS—51 系列单片机过渡。MCS—51 系列单片机是完全按照嵌入式应用而设计的单片机,在以下几个重要技术方面完善了单片机的体系结构。

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

(2) 寻址范围规范为 16 位的寻址空间。

(3) 特殊功能寄存器(SFR)的集中管理模式。

(4) 设置位地址空间,提供位寻址及位操作功能。

(5) 指令系统突出控制功能。有位操作指令和大量的转移指令。

(6) 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(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)。

单片机的完善,特别是 MCS—51 系列对单片机体系结构的完善,奠定了它在单片机领域的经典地位。时至今日,许多半导体厂家以 MCS—51 系列中的 8051 为内核,派生出许多新的 8 位单片机系列,具有旺盛的生命力。

(三) 微控制器形成阶段

单片机完善阶段实现了单片机嵌入式应用体系结构的完善。但作为面向测控对象的单片机,不仅要求有完善的计算机体系结构,还要求有许多面向测控对象的接口电路,如 ADC、DAC、高速 I/O 口、PWM 波发生器等;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(直接存储器存取)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,这一阶段单片机的主要技术发展方向是在片内增加了满足测控对象要求的电路,从而形成了不同于单片机特点的微控制器。

该阶段微控制器技术发展的主要方面有:

(1) 外围电路集成。将模拟量输入电路 ADC、伺服驱动用 PWM、高速 I/O 口以及保证程序可靠运行的程序监视定时器 WDT 等集成在单片机内部。

(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(Controller Area Network BUS)等。

(4) 在程序存储器方面,随着 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。

(四) 微控制器百花齐放阶段

即当前的单片机时代,这一时代生产的单片机称为第四代单片机。其显著特点是百花齐放、技术创新,以满足日益增长的需求。

(1) 电气商、半导体商的普遍投入。今天,世界上大的电气公司、半导体公司无不介入单片机产业。大电气公司,如飞利浦、西门子、三菱、东芝等均介入了单片机产业,从中获取了丰厚利润。

(2) 满足各种要求的微控制器层出不穷。从玩具、小家电、工程控制单元到机器人、智能仪表、过程控制、个人信息终端等,面对不同对象,推出适合不同领域要求的单片机系列。

(3) 大力发展专用型单片机。早期单片机以通用为主,随着市场的扩大、单片机设计生产周期的缩短和成本的下降,推动了专用单片机的发展。专用单片机具有成本低、资源利用率高、系统外围电路少、可靠性高等特点,是未来单片机发展的一个重要方向。

(4) 致力于提高单片机综合品质。由于很多大电气公司、半导体公司的投入,形成了十分激烈的竞争局面,使单片机的综合品质,如成本、性能、体系结构、开发环境、供应状态都有了长足的进步。

尽管目前单片机品种繁多,但其中最为典型的仍当属 Intel 公司的 MCS—51 系列单片机,它的功能强大、兼容性强、软硬件资料丰富。直到现在,以 MCS—51 为核派生出的单片机仍是单片机应用的主流机型,因此,本书以讨论 MCS—51 系列单片机为主。

三、单片机技术的发展方向

近年来单片机的发展非常快,纵观单片机的现状及历史,其发展趋势正朝着大容量高性能化、小容量低价格化、外围电路内装化、多品种化以及增强 I/O 接口功能、降低功耗等方向发展。为满足不同的用户要求,各公司竞相推出能满足不同需要的产品。

(一) CPU 功能增强

CPU 功能增强主要表现在运算速度和精度的提高方面。

(1) 采用双 CPU 结构,提高处理能力。

(2) 增加数据总线宽度。单片机内部采用 16 位或 32 位数据总线,其数据处理能力明显优于一般的 8 位单片机。

(3) 采用流水线结构。指令以队列形式出现在 CPU 中,具有更快的运算速度。

(4) 采用 RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机)体系结构。

(二) 存储器的发展

存储器的发展主要体现在以下几个方面:

(1) 加大存储容量。新型单片机片内 ROM 一般可达 4 KB 至 64 KB, RAM 为 256 B。有的单片机片内 ROM 容量可达 256 KB。

(2) 片内 EPROM 开始 E²PROM 或 Flash ROM 化。片内 EPROM 由于需要高压编程写入和用紫外线擦除,给用户带来不便。采用电改写的 E²PROM 后,不需紫外线擦除,只需重新写入,特别是能在 +5 V 下读写的 E²PROM,既有静态 RAM 读写操作简便的优点,又能在掉电时保证数据不丢失。片内 E²PROM 的使用不仅会对单片机结构产生影响,而且会大大简化应用系统结构。

(3) 程序保密化。一般 EPROM 中的程序很容易被复制。为防止复制,有的单片机设有对片内 ROM 中信息的读取保护,起到了程序保密的目的。

(三) ISP 及基于 ISP 的开发环境

Flash ROM 的发展,推动了 ISP(In System Programmable)在线编程技术的发展。在

ISP 技术基础上,可实现 PC 机通过串行电缆下载目标程序,及对目标系统的仿真调试。基于上述仿真技术,今后有可能实现远程调试,以及对原有系统方便地更新软件、修改软件和对软件进行远程诊断。

(四) 单片机中的软件嵌入

目前单片机只提供了程序空间,没有任何驻机软件。目标系统中的所有软件都是由开发人员开发的。随着单片机程序空间的扩大,会有许多空余空间,在这些空间中可嵌入一些工具软件,这些软件可大大提高产品开发的效率,提高单片机的性能。单片机中嵌入软件的类型主要有:

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

(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。用于构成软件模拟外围电路的软件包,可用来设定虚拟外围功能电路。

(4) 用于系统诊断、管理的软件等。

(五) 片内 I/O 口的改进

一般单片机都有较多的并行口,以满足外围设备、芯片扩展的需要,同时配有串行口,以满足多机通信功能的要求。片内 I/O 口的改进主要体现在以下几个方面:

(1) 增强并行口的驱动能力。这样可以减少外部驱动芯片。有的单片机能直接输出大电流和高电压,以便能直接驱动 LED 和 VFD(荧光显示器)。

(2) 增加 I/O 口的逻辑控制功能。大部分单片机的 I/O 口都能进行逻辑操作。中、高档单片机的位处理系统能够对 I/O 口进行位寻址及位操作,大大加强了 I/O 口线控制的灵活性。

(3) 配置特殊的串行接口。有些单片机配置了一些特殊的串行接口,如飞利浦公司开发的一种新型总线——I²C 总线(Inter-IC bus)是用两条串行总线代替现行的 8 位并行数据总线,从而大大减少了单片机引线,降低了单片机的成本,为单片机的扩展及通信提供了方便。

(4) 通信及网络功能增强。在某些单片机内部还含有局部网络控制模块,这类单片机十分容易构成网络。特别是在控制系统较为复杂时,构成一个控制网络十分有用。目前,将单片机系统和 Internet 连接起来已是一种趋势。

(六) 集成更多的外围电路

随着集成度的不断提高,有可能将众多的外围功能器件集成在片内。这是单片机发展的重要趋势。除了一般必须具有的 ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统外,随着单片机档次的提高,为适应检测、控制功能更高的要求,片内集成的部件还有模/数转换器、数/模转换器、DMA 控制器、锁相环、实时时钟、LCD 控制器、Watchdog 电路等。

由于集成工艺在不断发展,能装入片内的外围电路也可以是大规模的,把所需的外围电路全部装入单片机内,即系统的单片化(SOC)是目前单片机发展的趋势之一。

(七) 引脚的多功能

随着芯片内部功能的增强和资源的丰富,单片机所需的引脚数也会相应增加,这是不可避免的。例如,一个能寻址 1 MB 存储空间的单片机需 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,而且也会增加单片机应用系统的体积。为了减少引脚数量,提高应用灵活性,单片机中普遍采用一脚多用的设计方案。

(八) 全盘 CMOS 化趋势

采用 CMOS 工艺后,单片机具有极佳的本质低功耗和功耗管理功能。

全面低功耗技术包括:

(1) 单片机低功耗运行方式,即待机方式(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,转入低速时钟控制,以降低功耗。

(3) 高速时钟下的分频或低速时钟下的倍频控制运行技术。虽然只设置一个时钟,但可根据指令运行速度要求,通过分频、倍频来控制总线速度,以降低功耗。

(4) 外围电路的电源管理。对集成在片内的外围电路实行供电管理。在该外围电路不运行时,关闭其电源。

(5) 低电压节能技术。CMOS 电路的功耗与电源有关,降低供电电压能大幅度减少器件功耗。单片机的低电压技术除了不断降低单片机电源电压外,有些单片机内部还有不同的电压供给,在可以使用低电压的局部电路中,采用低压供电。

低功耗是便携式系统重要的追求目标,是绿色电子的发展方向。低功耗的许多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。

(九) 专用型单片机发展加快

专用型单片机具有最大程度简化的系统结构,资源利用率最高,大批量使用可获得可观的经济效益。

四、单片机的应用领域

由于单片机的集成度高、功能强、通用性好,特别是它的体积小、重量轻、功耗低、价格便宜、可靠性高、抗干扰能力强和使用方便等独特优点,使单片机得到了迅速推广应用,已远远超出了计算机科学的领域。小到玩具、信用卡,大到航天器、机器人,从数据采集、过程控制、模糊控制等智能系统到人类的日常生活,可以说,在人们的日常生活、生产中处处都离不开单片机。单片机的应用,打破了人们的传统设计思想,原来很多用模拟电路、脉冲数字电路、逻辑部件来实现的功能,现在可以无须增加硬件设备,通过软件完成。现仅就几个应用领域加以阐述。

(一) 工业过程控制

由于单片机的 I/O 接口线多、位操作指令丰富、逻辑操作功能强,所以特别适用于工业过程控制,可构成各种工业控制系统、数据采集系统等。它既可以作为主机控制,也可以作为分布式控制系统的前端机。在作为主机使用的系统中,单片机作为核心控制部件,用来完成模拟量和开关量的采集、处理和计算(包括逻辑运算),然后输出控制信号。特别是由于单片机有丰富的逻辑判断和位操作指令,所以广泛应用于开关量控制、顺序控制以及逻辑控制。如电机控制、锅炉控制、机器人控制、交通信号灯控制、纺织机控制、数控机床等控制,汽车点火、变速、防滑制动、排气、引擎控制,以及雷达、导弹控制,航天导航系统和鱼雷制导系统等。

（二）智能仪表

单片机广泛应用于各种仪器仪表中,使仪器仪表智能化,提高它们的测量速度和测量精度,加强控制功能,简化仪器仪表的硬件结构,便于使用、维修和改进。用单片机改造原有的测量、控制仪表,能促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化等方向发展。如温度、压力、流量、浓度的显示、控制仪表等,通过采用单片机软件编程技术,使长期以来测量仪表中的误差修正、非线性化处理等难题迎刃而解。

目前国内外均把单片机在仪表中的应用看成是仪器仪表产品更新换代的标志。单片机在仪器仪表中的应用非常广泛,例如,数字温度控制仪、智能流量计、红外线气体分析仪、激光测距仪、数字万能表、智能电度表,各种医疗器械,各种电子秤、皮带秤、转速表等。不仅如此,在许多传感器中也装有单片机,形成所谓的智能传感器,用于对各种被测参数进行现场处理。

（三）机电一体化产品

单片机与传统的机械产品相结合,使传统机械产品结构简化、控制智能化,构成新一代的机电一体化产品。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,是机械工业发展的方向。单片机的出现促进了机电一体化发展,它作为机电产品中的控制器,能充分发挥其体积小、可靠性高、功能强、安装方便等优点,大大强化了机器的功能,提高了机器的自动化、智能化程度。例如,在电传打字机的设计中,用单片机取代了近千个机械部件,缩小了打字机的体积;在数控机床的简易控制机中,采用单片机可提高可靠性及增强功能,降低控制机成本。

（四）智能化接口

通用计算机外部设备,如键盘、打印机、绘图仪、磁盘驱动器等已实现了单片机控制。在计算机应用系统中,除通用外部设备外,还有许多用于外部通信、数据采集、多路分配管理、驱动控制等的接口,如果这些外部设备和接口全部由主机管理,势必造成主机负担过重、运行速度降低,并且不能提高对各种接口的管理水平。现在一般采用单片机专门对接口设备进行控制和管理,使主机和单片机能并行工作,不仅大大提高了系统的运算速度,而且单片机还可以对接口信息进行预处理,如数字滤波、线性化处理、误差修正等,减少主机和接口界面的通信密度,极大地提高了接口控制管理的水平。例如,在通信接口中采用单片机可以对数据进行编码解码、分配管理、接收/发送控制等处理。

（五）家用电器

由于单片机价格低廉、体积小、逻辑判断、控制功能强,且内部具有定时器/计数器,所以广泛应用于家电设备。如洗衣机、空调器、电冰箱、电视机、音响设备、VCD/DVD机、微波炉、电饭煲、恒温箱、高级智能玩具、IC卡、手机、电子门铃、电子门锁、家用防盗报警器等。家用电器涉及到千家万户,生产规模大,配上单片机后使其身价倍增,深得用户的欢迎,应用前景十分广阔。

五、单片机系统的扩展和配置

单片机加上适当的外围器件和应用程序,构成的应用系统称为最小系统。这种采用“单片”形式构成的最小系统主要用于家用类产品和简单的仪器仪表中。随着单片机应用的深入和发展,特别是近年来在较复杂的测控系统和高技术中的应用,单片机本体上集成的功能

元件满足不了需求,为了使测控系统覆盖更宽的应用范围,一般不得不在单片机最小系统的基础上外扩存储器和 I/O 接口。因此,利用单片机构成一个完整的工业测控系统,必须考虑单片机的系统扩展和系统配置。

(一) 系统扩展

系统扩展是指单片机内部的基本单元不能满足系统要求时,在片外扩展相应的电路或器件。不同类型的单片机,其扩展方法各有差异。某些类型的单片机,采用片内串行总线进行扩展,如 I²C、SPI 等总线扩展,主要扩展存储器和 I/O 功能。还有些单片机,如 Intel 8051 和 8096 系列,为了满足单片机的系统扩展要求,设置有可供外部扩展电路所使用的三总线(DB、AB、CB)结构。例如,MCS—51 系列单片机由 P0 口构成 8 位数据总线,P2 和 P0 口构成 16 位地址总线,以供外部分别扩展 64 KB 程序存储器与数据存储器。

(二) 系统配置

系统配置是指为了满足系统功能要求而配置的各种接口电路。例如,为构成数据采集系统,必须配置传感器接口,依测量对象不同有小信号放大、A/D 转换、脉冲整形放大、V/F 转换、信号滤波等;为构成伺服系统必须配置伺服控制接口以及为满足对话的人—机接口和用于构成多机或网络系统的相互通信接口等。系统配置与控制对象和操作要求有密切关系。

用单片机构成一个能满足对象测控功能要求的应用系统,在硬件系统设计上包括两个层次的任务:由单片机最小系统通过系统扩展构成能满足测控任务处理要求的计算机基本系统(或称平台系统);根据用户及对象的技术要求,通过系统配置,为单片机系统配置各种接口电路,以构成与对象相匹配的系统,则称之为单片机应用系统。图 1-1 是一个典型的单片机应用系统。

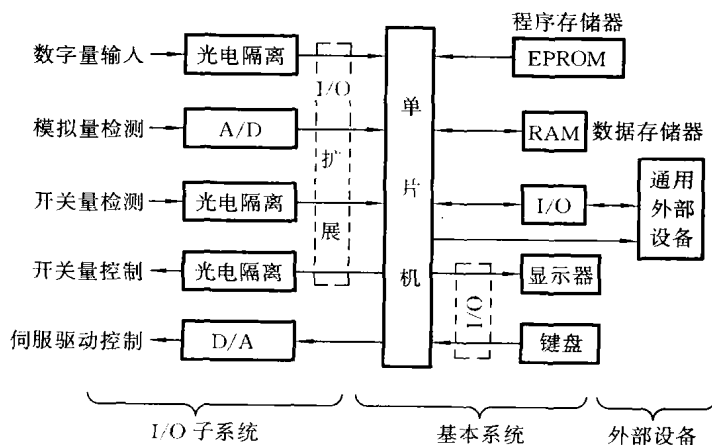


图 1-1 典型的单片机应用系统

第二节 单片机产品及性能介绍

一、概述

单片机是微型计算机集成电路中最复杂、最全面、最先进的产品,是应用面较广泛的微机产品,是性能价格比高、体积小、对国民经济渗透力大,是最有前途的微控制器。单片机自 20 世纪 70 年代初研制成功发展至今,已进入第四代。从单片机系列来看,国内外已超过 50 个系列、近 500 个品种,当前正处于更新换代、百花齐放时期,新的系列和专用系列正在不断出现。

目前单片机尚无分类标准,通常根据应用领域、总线类型、应用模式以及位数多少进行分类。

(1) 按应用领域分。可分为家电类、工控类、通信类、个人信息终端(PDA)等。不同领域对单片机功能有不同的要求。例如,在小家电中要求小型价廉、程序存储容量不大;PDA 则要求大容量存储、大屏幕 LCD 显示、极低功耗等。

(2) 按应用模式分。可分为通用型和专用型两大类。

通用型单片机的主要特点是:内部资源比较丰富,性能全面,而且通用性强,可满足多种应用要求。所谓资源丰富就是指功能强。性能全面、通用性强就是指可以应用在非常广泛的领域。通用型单片机的用途很广泛,使用不同的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能。小到家用电器、仪器仪表,大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动化控制。

专用型单片机的主要特点是:针对某一种产品或某一种控制应用而专门设计的,设计时已使结构最简,软硬件应用最优,可靠性及应用成本最佳。专用型单片机用途比较专一,出厂时程序已经一次性固化好,不能再修改。例如电子表里的单片机就是其中的一种,其生产成本很低。

本书介绍的 MCS—51 系列单片机是一种通用单片机,其结构及原理对所有的单片机都适用。

(3) 按总线结构分。可分为总线型与非总线型。如常见的 89C51 单片机就是总线结构,这类单片机有数据总线、地址总线和控制总线($\overline{WR}$ 、 $\overline{RD}$ 、 $\overline{EA}$ 、ALE 等)。20 引脚的 89C2051 单片机是非总线型的单片机,其外部的引脚很少,成本低。

(4) 按位数分类。有 4 位、8 位、16 位和 32 位单片机等。

二、常用单片机简介

单片机主要的供应商有:美国的 Intel、Motorola(Freescale)、Zilog、NS、Microchip、Atmel 和 TI 公司,荷兰的 Philip 公司,德国的 Siemens 公司,日本的 NEC、Hitachi、Toshiba 和 Fujitsu 公司,韩国的 LG 公司以及中国台湾地区的凌阳公司等。对于 8 位、16 位和 32 位单片机,各大公司有很多不同的系列,每个系列又有繁多的品种。随着技术的发展,单片机可实现的功能会越来越多,也会不断有新的单片机产品问世。现对部分常用的单片机系列产品加以介绍。

(一) MCS—51 系列单片机

MCS—51 系列单片机是 Intel 公司在总结 MCS—48 系列单片机的基础上于 20 世纪 70 年代推出的高性能 8 位单片机。表 1-1 为 MCS—51 系列单片机常用产品特性一览表。

表 1-1 MCS—51 系列单片机常用产品特性一览表

型号	片内存储器/B		I/O 接口处	定时/计数器	中断源	串行接口	A/D	PWM
	程序存储器	数据存储器						
8031		128	32	2×16 位	5	UART		
8051	4K ROM	128	32	2×16 位	5	UART		
8751	4K EPROM	128	32	2×16 位	5	UART		
80C31		128	32	2×16 位	5	UART		
80C51	4K ROM	128	32	2×16 位	5	UART		
87C51	4K EPROM	128	32	2×16 位	5	UART		
8032		256	32	3×16 位	6	UART		
8052	8K ROM	256	32	3×16 位	6	UART		
8752	8K EPROM	256	32	3×16 位	6	UART		
80C232		256	32	3×16 位	7	UART		
80C252	8K ROM	256	32	3×16 位	7	UART		
87C252	8K EPROM	256	32	3×16 位	7	UART		
80C552		256	40	3×16+位	15	UART 1 ² C	8×10 位	2×8 位
83C552	8K ROM	256	40	3×16+WDT	15	UART 1 ² C	8×10 位	2×8 位
87C552	8K EPROM	256	40	3×16+WDT	15	UART 1 ² C	8×10 位	2×8 位
80C592		512	40	3×16+WDT	15	UART 1 ² C	8×10 位	2×8 位
83C592	16K ROM	512	40	3×16+WDT	15	UART 1 ² C	8×10 位	2×8 位
87C592	16K EPROM	512	40	3×16+WDT	15	UART 1 ² C	8×10 位	2×8 位

MCS—51 系列单片机按片内有无程序存储器及程序存储器的形式分为 3 种基本产品：8051、8751 和 8031。8051 单片机片内含有 4 KB 的掩模式 ROM，ROM 中的程序是由单片机芯片生产厂家固化的，适合于大批量的产品；8751 单片机片内含有 4 KB 的 EPROM，单片机应用开发人员可以把编好的程序用开发机或编程器写入其中，需要修改时，可以先用紫外线擦除器擦除，然后再写入新的程序；8031 片内没有程序存储器，当在单片机芯片外扩展 EPROM 后，就相当于一片 8751，此种应用方式方便灵活。这 3 种芯片只是在程序存储器的形式上不同，在结构和功能上都一样。

采用 CMOS 工艺的 8XC51 系列,其基本结构和功能与基本型相同。87C51 和 8XC252 还具有两级程序保密系统,可禁止外部对片内 ROM 中的程序进行读取,为用户提供了一种保护软件不被窃取的有效手段。由于采用 CMOS 工艺,功耗极低。

强化型 8052 与基本型 8051 不同的是片内 ROM 增加到 8 KB, RAM 增加到 256 B, 16 位的定时器/计数器增加到 3 个,串行接口(UART)的通信速率提到 6 倍。

超级型 8XC252 系列是采用了高可靠性 CHMOS 工艺的超性能 8 位单片机。它们的结构、引脚和指令与 MCS—51 系列完全相同,但又具有 MCS—96 系列高速输入/输出(HSI/HSO)功能和脉冲宽度调制(PWM)输出。

8XC51 系列单片机是 MCS—51 中的一个子系列,是一组高性能兼容型单片机。其中, X 规定为程序存储器的配置:0 表示无片内 ROM, 3 表示片内为掩模 ROM, 7 表示片内为 EPROM/OTP ROM, 9 表示片内为 Flash ROM。自 Intel 公司将 MCS—51 系列单片机实行技术开放政策后,许多公司如 Philips、Siemens、Atmel 和 Fujitsu 等都在 80C51 基础上推出与 80C51 兼容的新型单片机,通称为 80C51 系列。这样,现在的 80C51 系列已不局限于 Intel 公司一家。其中 Philips 公司的 80C51 系列单片机性能卓著,产品最齐全,最具有代表性,这是因为 Philips 和 Intel 公司之间有着一项特殊的技术互换协议。

80C51 系列中的典型产品是 80C552,它与 Intel 公司的 MCS—51 系列单片机完全兼容,具有相同的指令系统、地址空间和寻址方式,采用模块化的系统结构。8XC592 与 8XC552 的主要区别是:8XC592 的 ROM 为 16 KB,而 8XC552 为 8 KB;8XC592 增加了 256 B 的 RAM;8XC592 采用 CAN 总线接口,8XC552 采用 I²C 总线接口。这些系列中许多新的高性能单片机都是以 80C51 为内核增加一些功能部件构成的。这些新增功能部件(电路)有:A/D 转换器、捕捉输入/定时输出、PWM、I²C 总线接口、CAN 总线接口、视频显示控制器、WDT、E²PROM 等。

(二) AT89 系列单片机

AT89 系列单片机是美国 Atmel 公司的 8 位 Flash ROM 单片机产品,它以 MCS—51 为内核,与 MCS—51 系列的单片机软硬件兼容。AT89 系列单片机为很多嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且价廉的方案。表 1-2 为 AT89 系列单片机常用产品特性一览表。

表 1-2 AT89 系列单片机常用产品特性一览表

型号	片内存储器/B		I/O 接口线	定时器/计数器	中断源	模拟比较器	串行接口
	程序存储器	数据存储器					
89C1051	1K Flash ROM	64	15	1×16 位	3 个	1	
89C2051	2K Flash ROM	128	15	2×16 位	5 个 2 级	1	UART
89C51	4K Flash ROM	128	32	2×16 位	6 个 2 级		UART
89C52	8K Flash ROM	256	32	3×16 位	6 个 2 级		UART
89C55	20K Flash ROM	256	32	3×16 位	8 个 2 级		UART
89S51	4K Flash ROM	128	32	2×16+WDT	6 个 2 级		UART
89S52	8K Flash ROM	256	32	3×16+WDT	6 个 2 级		UART

89C51 是一个低功耗高性能 CMOS 8 位单片机,40 个引脚,片内含 4 KB Flash ROM

和 128 B RAM,器件采用 Atmel 公司的高密度、非易失性存储技术生产,具有 32 个外部双向输入/输出(I/O)接口,同时内含 2 个外部中断口,2 个 16 位可编程定时/计数器,全双工串行通信口,AT89C51 可以按照常规方法进行编程,也可以在线编程。支持两种软件可选的掉电模式:在待机模式下,CPU 停止工作,但 RAM、定时器/计数器、串行接口和中断系统仍在工作;在掉电模式下,保存 RAM 的内容并且冻结振荡器,禁止所有其他芯片功能,直到下一个硬件复位为止。它将通用的微处理器和 Flash ROM 结合在一起,特别是可反复擦写的 Flash ROM 能有效地降低开发成本。

Atmel 公司的 MCS—51 系列还有 89C2051、89C1051 等品种,这些芯片是在 89C51 的基础上将一些功能精简后形成的精简版。89C2051 去掉了 P0 口和 P2 口,内部的 Flash ROM 也减小到 2 KB,封装形式也由 MCS—51 系列的 40 引脚改为 20 引脚,相应的价格也低一些,特别适合在一些智能玩具、手持仪器等程序不大的环境下应用;89C1051 在 89C2051 的基础上,再次精简了串行接口功能等,程序存储器再次减小到 1 KB,价格也更低。对 89C2051 和 89C1051 来说,虽然减掉了一些资源,但它们片内都集成了一个精密比较器,为测量一些模拟信号提供了极大的方便,在外加几个电阻和电容的情况下,就可以测量电压、温度等日常需要的量,这对很多家用电器的设计是很宝贵的。

89C51 的不足在于不支持在线更新程序(In System Programmable,ISP)功能,89S51 就是在这样的背景下于 2003 年推出的新型品种,现在,89S51 已经成为实际应用市场上新的热点。89S51 在工艺上进行了改进,采用 0.35 nm 新工艺,成本降低,而且将功能提升,增加了竞争力。89SXX 可以向下兼容 89CXX 等 MCS—51 系列芯片。新增加很多功能,性能有了较大提升,价格却基本不变,甚至比 89C51 更低。

89S51 相对于 89C51 增加的功能包括:

(1) ISP 在线编程功能,这个功能的优势在于改写单片机存储器内的程序不需要把芯片从工作环境中脱离;

(2) 工作频率为 33 MHz,89C51 的工作频率为 24 MHz,即 89S51 具有更高的工作频率,从而具有更快的计算速度;

(3) 内部集成 WDT;

(4) 双数据指示器;

(5) 电源关闭标识;

(6) 全新的加密算法,这使得对于 89S51 的解密变为不可能,程序的保密性大大加强了,这样就可以有效地保护知识产权。

Atmel 单片机广泛应用于计算机外部设备、通信设备、自动化控制、仪器仪表和各类消费类产品等。

(三) PIC 系列单片机

美国 Microchip 公司生产的 PIC 系列单片机具有价格低、速度高、功耗低和体积小等特点,并率先采用 RISC 技术。该公司的 8 位 PIC 系列单片机现已成为嵌入式单片机的主流产品之一。

PIC 系列单片机分低档、中档、高档 3 个层次,指令条数分别为 33、35 和 58 条,均向下兼容。PIC 系列单片机内部采用哈佛(Harvard)双总线结构,数据和程序分开传送,有效地避免了复杂指令集计算机(Complex Instruction Set Computer,CISC)设计中经常出现的处