

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



单片机应用技术

黄双成 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



单片机应用技术

主 编 黄双成
编 写 刘庆花 张秋红 刘 刚
主 审 姚和芳 唐亚平



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为高职高专电气自动化技术专业规划教材。

本书以 Atmel 公司的 AT89C51 单片机应用为核心, 紧紧围绕单片机应用系统的组成、设计、调试和运行, 并以项目教学的方式, 全面、系统地阐述了 MCS-51 单片机的基本结构、指令系统及外围接口电路等方面的知识, 同时介绍了单片机应用系统的开发过程及各种常用的开发工具, 并对本课程的课程设计作了简要介绍。本书在内容安排上循序渐进、深入浅出、层次分明、实例丰富, 并且给出了详细的硬件电路及元器件清单, 便于读者自己制作; 同时每个项目后均附有项目考核, 以此来检验学生的学习效果。

本书可作为高职高专电气自动化技术、机电一体化技术、应用电子技术等专业的教材, 也可用作从事单片机开发的工程技术人员的培训教材, 还可作为电子设计爱好者初学单片机的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机应用技术/黄双成主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

高职高专电气自动化技术专业规划教材

ISBN 978-7-5083-8956-1

I. 单… II. 黄… III. 单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 096185 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 330 千字

定价 22.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

高职高专电气自动化技术专业规划教材

编 委 会

主 任 吕景泉

副主任 狄建雄 凌艺春 谭有广 周乐挺 郝汉琪

秘书长 李兆春

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁学恭 马伯华 王 燕 王 薇 王永红

刘玉娟 刘玉梅 刘保录 孙成普 孙忠献

何 颖 何首贤 张 池 张永飞 张学亮

张跃东 李方园 陆锦军 陈 赵 姚永刚

姚庆文 郭 健 钱金法 常文平 韩 莉

前言

单片机应用技术是一门应用性很强的专业课，其理论与实践技能是从事电气自动化类专业工作的人员所不可缺少的，理论与实践的密切结合，是本课程的重要特点。在本书编写过程中，编者总结了几年来不同院校、不同专业单片机应用技术课程的教学经验，力求在内容、结构、理论与实践的衔接方面充分体现高职教育的特点。

近年来，项目教学是专业教学改革的一个方向，“单片机应用技术”课程便可以采用这种教学模式。该模式将原来的内容体系打散，按照实际操作需要重新划分，并在教学中采用实践、理论、考核相结合，效果令人满意。本书将这种经验在内容的编排上充分体现出来，以项目教学的方式编写教材。书中，每个项目均从实践应用出发，由实际问题入手，通过实际操作引入相关知识和理论，由实际操作引出相关概念、硬件设计与编程技巧。实践操作中有理论分析，理论部分以实践操作为依托，理论与实践融于一体，互相补充，循环深入。这种按照人们的认识规律，用实际实践操作，通过问题引导而不是靠理论体系的逻辑关系引导的项目编排方式，是本书的最大特点。

本书以 Atmel 公司的 AT89C51 单片机应用为核心，紧紧围绕单片机应用系统的组成、设计、调试和运行，并以项目教学的方式全面、系统地阐述了 MCS-51 单片机的基本结构、指令系统及外围接口电路等方面的知识，同时介绍了单片机应用系统的开发过程及各种常用的开发工具，并对本课程的课程设计作了简要介绍。为了体现“从实践中来，到实践中去”的原则，本书分为四个层次，即入门篇、巩固篇、提高篇及应用篇。四篇各有侧重，可独立成篇，又相互衔接，层层深入，以满足不同专业、不同层次读者的需要。同时，为保证项目教学的教学效果和教材的通用性，书中实践及相关实例、实验项目和项目考核内容，一般院校都有条件完成。

本书由黄双成担任主编，负责全书的统稿工作，并编写了项目三、五、八及附录，刘庆花编写了项目一、二，张秋红编写了项目六、七，刘刚编写了项目四。本书由湖南铁道职业技术学院姚和芳、唐亚平担任主审；另外，本书在编写过程中，参考了有关的书籍和资料，在此对主审及相关作者表示感谢。

由于水平有限，书中难免存在一些不足和纰漏，恳请广大读者批评指正。对本书提出的意见和建议，请发至编者电子邮箱 hsc424@163.com。

编者

2009 年 3 月

目 录

前言

第一篇 入 门 篇

项目一 认识单片机	1
任务一 了解单片机的基本概况	1
认知 1 什么是单片机	1
认知 2 了解 MCS-51 系列单片机	5
任务二 了解单片机系统	9
认知 1 了解单片机的硬件、软件系统	9
认知 2 单片机系统的层次	9
任务三 了解单片机系统开发工具	10
认知 1 认识单片机系统开发的常用工具	10
小结	11
项目考核	11
项目二 制作 MCS-51 单片机的最小系统	13
实践一 用 AT89C51 控制发光二极管	13
背景知识	16
任务一 认识 MCS-51 系列芯片	17
认知 1 了解 MCS-51 单片机的内部结构	17
认知 2 51 系列单片机 CPU 芯片引脚	18
任务二 掌握 MCS-51 单片机的内部存储器	18
认知 1 了解 MCS-51 单片机的存储器结构及地址空间	18
认知 2 特殊功能寄存器简介	21
任务三 掌握 MCS-51 单片机的输入/输出端口的使用	24
任务四 掌握 MCS-51 单片机外围电路构成及时序单位	26
小结	28
思考与练习	29
项目考核	29

第二篇 巩 固 篇

项目三 应用 MCS-51 单片机的指令系统进行程序设计	33
实践二 用 AT89C51 控制广告流水灯	33

背景知识	38
任务一 学习、掌握 MCS-51 单片机寻址方式	39
认知 1 学习掌握七种寻址方式以及寻址范围	39
任务二 学习、应用数据传送类指令	41
认知 1 内、外 RAM 8 位数据传送指令及应用	41
认知 2 ROM 传送指令以及数据交换和堆栈操作指令应用	44
任务三 学习、应用算术运算类指令	46
认知 1 掌握加、减法指令格式及应用	46
认知 2 掌握乘、除法指令和调整指令格式及应用	48
任务四 学习、应用逻辑运算类指令	50
认知 1 掌握逻辑“与”、“或”和“异或”指令格式及应用	50
认知 2 掌握累加器清零与取反指令及移位指令格式及应用	52
任务五 学习、应用控制转移类指令	53
认知 1 掌握无条件转移指令格式及应用	53
认知 2 掌握有条件转移指令格式及应用	54
认知 3 掌握子程序调用及返回指令和空操作指令的格式及应用	57
任务六 学习、应用位操作指令	58
认知 1 掌握位数据传送指令、位清零与置位指令的格式及应用	58
认知 2 掌握位逻辑运算指令和位条件转移指令的格式及应用	59
任务七 初步掌握 MCS-51 单片机汇编程序设计	60
认知 1 了解单片机伪指令	60
认知 2 掌握汇编语言程序设计步骤与程序汇编	63
认知 3 掌握汇编语言程序设计	64
小结	68
思考与练习	68
项目考核	70
项目四 使用 MCS-51 单片机的定时与中断系统	74
实践三 基于 AT89C51 的信号灯控制系统	74
背景知识	78
任务一 了解 MCS-51 单片机中断系统	78
认知 1 中断源与中断请求信号	78
认知 2 中断控制	79
认知 3 中断处理过程	81
认知 4 外部中断源的扩展	84
应用 1 中断应用举例	85
任务二 了解与应用 MCS-51 单片机定时/计数器	87
认知 1 定时/计数器结构	87
认知 2 定时/计数器的控制	88

认知 3 定时/计数器的工作方式	89
应用 2 定时/计数器应用举例	94
小结	95
思考与练习	95
项目考核	95

第三篇 提 高 篇

项目五 掌握单片机与外围设备的接口电路	100
实践四 基于 AT89C51 的数字温度计制作	100
背景知识	107
任务一 掌握单片机与 LED 显示器及键盘接口电路	109
认知 1 掌握单片机与 LED 显示器接口电路	109
认知 2 掌握单片机与键盘接口电路	110
任务二 掌握并行 A/D 和 D/A 转换及与单片机的接口电路	113
认知 1 掌握典型 A/D 转换器芯片 ADC0809 与单片机接口电路	114
认知 2 掌握典型 D/A 转换器芯片 DAC0832 与单片机接口电路	118
任务三 掌握 MCS-51 单片机隔离与驱动接口电路技术	123
认知 1 了解开关量输出通道结构	123
认知 2 掌握常用功率接口驱动电路	123
任务四 掌握 MCS-51 单片机 I/O 接口扩展技术	126
认知 1 了解 I/O 扩展相关知识	126
认知 2 掌握 TTL 芯片扩展 I/O 口电路	127
认知 3 掌握 8155 芯片扩展 I/O 口电路	129
认知 4 掌握 8255 芯片扩展 I/O 口电路	133
认知 5 掌握串行口移位寄存器方式扩展并行 I/O 口电路	137
小结	139
思考与练习	139
项目考核	140
项目六 掌握串行口及串行通信技术	142
实践五 双机通信控制系统	142
背景知识	145
任务一 掌握 MCS-51 单片机串行接口的基本知识	148
任务二 掌握 MCS-51 单片机串行接口的工作方式	152
任务三 掌握 MCS-51 单片机之间的通信及应用举例	155
小结	159
思考与练习	159
项目考核	159

第四篇 应 用 篇

项目七 MCS-51 单片机应用系统的设计与开发	162
实践六 8×8 点阵 LED 字符显示系统	162
任务一 了解单片机应用系统的组成	166
任务二 掌握单片机应用系统开发的一般过程	167
任务三 掌握单片机应用系统的抗干扰技术	169
小结	173
思考与练习	173
项目八 单片机应用技术课程设计	174
背景知识	174
任务一 课程设计实例一	175
任务二 课程设计实例二	179
附录 A 实验指导	187
实验一 MCS-51 单片机开发软件安装与使用	187
实验二 MCS-51 单片机基本指令训练	188
实验三 MCS-51 单片机程序设计训练	189
实验四 MCS-51 单片机外部中断应用实验	191
实验五 MCS-51 单片机定时/计数器应用实验	192
实验六 LED 显示器接口实验	194
附录 B 综合模拟测试	196
综合模拟测试试卷一	196
综合模拟测试试卷二	200
附录 C MCS-51 单片机指令汇总表	205
附录 D ASCII 字符表	209
参考文献	210

第一篇 入门篇

项目一 认识单片机

单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer) 简称单片机, 又称单片微控制器 (Single-Chip Microcontroller), 它是微型计算机的一个很重要的分支, 自 20 世纪 70 年代问世以来, 以其极高的性价比, 受到人们的青睐与关注, 应用很广, 发展速度很快。单片机具有体积小、质量轻、价格低廉、可靠性高、抗干扰能力强、灵活性好、开发较为简单等特点。基于以上特点, 单片机在智能仪表、工业控制、智能终端、通信设备、医疗器械、汽车电器、导航系统和家用电器等很多领域都有着广泛的用途, 特别是近几十年以来, 单片机的潜力越来越被人们所重视, 在各个应用领域发挥着巨大的作用, 具有较好的发展前景。

【项目背景】

单片机技术的发展导致单片机的应用已经广泛地渗透到国民经济的各个领域, 随着社会对单片机应用人才的需求, 学习单片机已成为现在工科大学生的必修课程之一。那究竟什么是单片机? 它有什么特点, 以及其今后的发展趋势和单片机开发相关技术等一系列问题都是值得关注的。本项目就是围绕这个问题展开的, 通过认识学习, 让学习者初步认识单片机的相关知识, 为今后系统学习单片机打下基础。

【学习目标】

- (1) 掌握什么是单片机。
- (2) 熟悉单片机系统。
- (3) 了解单片机的发展。
- (4) 熟悉单片机系统开发工具。

任务一 了解单片机的基本概况

认知 1 什么是单片机

1. 什么是单片机

单片机是一种集成电路芯片, 是采用超大规模集成电路技术将中央处理器 (CPU)、随机存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、定时/计数器和多种接口电路集成到一块芯片上构成的微型计算机。它虽然只是一块集成电路, 但从组成和功能上看, 已经具有计算机系统的基本属性, 因此称之为单片微型计算机, 简称单片机。

2. 单片机的特点

单片机有着微处理器所不具备的功能, 它可以单独完成现代工业控制所要求的智能化控制功能, 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, 这就是单片机的最大特征。单片机以其卓越的性能, 得到了广泛的应用, 并深入到各个领域。单片机的应用具有以下特点。

- (1) 集成度高。以 MCS-51 的代表 8051 为例, 内部包含了 4KB ROM、128B RAM;

4个8位并口,1个全双工串口,两个16位定时/计数器等。受集成度的限制,片内存储器容量较小,一般小于8KB, RAM小于256B;但可在外部扩展,通常ROM、RAM可分别扩展至64KB。

(2) 可靠性高。按照工业测控环境要求,单片机内部CPU访问存储器以及I/O接口三总线(地址总线、数据总线和控制总线)多数在芯片内部,程序指令、常数、表格固化在ROM中不易被破坏,许多信号通道均在一个芯片内,同时可以针对单片机系统采取电磁屏蔽等防护措施,因此抗干扰性能较好,可靠性较高。

(3) 扩展性能好。芯片内具有计算机正常运行所必需的功能部件。芯片外部有许多供扩展用的总线及并行、串行输入/输出管脚,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(4) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有极其丰富的条件分支转移指令、I/O口的逻辑操作指令和位处理指令。一般来说,单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微处理器。

(5) 性价比高、易于产品化。单片机功能较强,价格便宜,并且应用系统的印制电路板小、插接件少,同时应用系统的硬件设计较为简单,单片机开发工具具有很强的软硬件调试功能和辅助设计手段,因此其开发较为简单,研制周期较短,性价比较高,易于产品化。

3. 单片机的发展阶段

随着1971年Intel公司4位微处理器4004的研制成功,1974年12月美国的Fairchild公司推出了世界上第一台8位单片机F8。该机结构独特,由两块集成电路芯片组成,具有与众不同的指令系统,深受民用电器和仪器仪表领域的欢迎。自此,单片机开始迅速发展,应用范围不断扩大,逐渐成为微型计算机的一个重要分支,单片机的产生与发展和微处理器的产生与发展大体同步,单片机的发展过程可分为以下4个阶段。

(1) 第一代单片机(1974~1976年):这是单片机发展的初级阶段。这时生产的单片机,制造工艺比较落后,集成度也较低,并且普遍采用了双片形式,其代表产品为仙童公司的F8+3851以及Mostek公司的3870等。

(2) 第二代单片机(1977~1978年):这是单片机发展的成长阶段。此阶段主要实现了单个芯片上的计算机集成,成为计算机发展史上的重要里程碑。从此,单片机主要应用于测控领域,自动控制进入了智能化的工业控制时代。采用了专门的结构设计,将CPU以及外围单元集成在一块芯片上,实现了计算机系统的单片集成,因而也就称为单片机,其指令系统设计面向控制功能要求,具有很强的控制功能,但其性能较低、品种较少。其最典型的代表产品为Intel公司的MCS-48系列。

(3) 第三代单片机(1979~1982年):这是8位单片机发展的成熟阶段。与前两代相比,其技术特点是完善了外部总线,确立了单片机的基本控制功能。在完善外部总线上,将外部并行总线规范为16位地址总线、8位数据总线及相应的控制总线,形成了完整的并行三总线结构,同时还提供了具有多机通信功能的异步通信接口UART。在确立基本控制功能方面,在指令系统中设置了大量的位操作指令,它和片内的位地址空间构成了单片机所独有的布尔处理器,大大增强了单片机的位控制功能,指令系统中设置了大量的条件和无条件跳转指令,增强了指令系统的控制功能,在片内设置了特殊功能寄存器(SFR),建立了计算机外围功能电路的集中管理模式,为后来外围功能部件增添后的使用管理带来了极大的方

便。第三代单片机结束了以往计算机单片集成的简单形式,真正开创了单片机作为微控制器的发展道路,具有品种齐全、兼容性强、软硬件资源丰富以及性能较高等特点。其典型代表产品主要有 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 MC6801 系列以及 Zilog 公司的 Z8 系列等。

(4) 第四代单片机(1983 年以后):这是单片机发展的高速阶段。8 位高性能单片机、16 位单片机以及后来的 32 位单片机并行发展。此阶段首先是单片机的控制功能得到了快速发展,如计数器的捕获与比较功能,以及在此基础上实现的高速 I/O 口,可用来快速探测外部事件和触发外部事件,为了保证程序可靠运行的监视计数器 WDT,满足传感器接口要求的模/数转换器和数/模转换器以及各种人机对话接口等。其次,按照实际需要实现多样化的发展是这一代单片机的另一大特点,例如:为了满足家电控制器的巨大市场,将单片机的并行扩展总线省去,推出价格低廉的单片机,并尽量将一些外围接口电路做在芯片内形成单片机系统,新开发的非总线型单片机与原有的总线型单片机形成了两大派系;为了满足不使用并行总线而能扩展各种外围器件,推出了串行扩展总线,如 Philips 中的 I²C 总线、Motorola 的 SPL 等;发展具有良好控制功能的网络控制总线,以实现串行通信总线难以构成的多机网络以及多机网络中主机控制功能强大的网络系统。

各大电气公司都积极开发出自己的单片机系列,许多小型半导体商也纷纷参与单片机的发展,世界上一些著名的计算机厂家已投放市场的产品就有 50 多个系列,400 多个品种。单片机产品已占整个微机产品的 80% 以上,其中 8 位单片机的产量又占整个单片机产量的 60% 以上,这说明 8 位单片机今后一段时期仍是工业检测、控制应用的主流。特别是 20 世纪 90 年代以来推出的各种 8 位、16 位以及 32 位单片机,性能更高、功能更多、功耗更低,而且品种众多,单片机得到了空前的高速发展,美国的 Intel、Motorola、Zilog,荷兰的 Philips,德国的 Siemens、日本的 NEC 等世界知名公司都开发出自己的系列产品,具有相当的规模,占领着单片机的市场。其典型代表产品主要有 Intel 公司的 MCS-96 系列、Motorola 公司的 M68HC08 系列等。

4. 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高速度、高性能和多品种方向发展,结合各个系列产品的特点,单片机的发展趋势具体体现在以下几个方面:

(1) CPU 功能增强。CPU 功能的增强集中体现在数据运算速度和计算精度的提高。例如:EM78 系列 OTP 型新一代晶体的谐振频率为 0~36MHz, MCS-51 单片机晶体的谐振频率为 1.2~12MHz, MSP430 系列的 16 位单片机的每个指令周期仅为 125 μ s。Intel 公司的 MCS-51 系列单片机的 CPU 增加的布尔处理器使得其位处理功能特别强大,输入输出速度得到提高, MCS-96 系列单片机采用的流水线结构使得数据的运算速度更快、精度更高。

(2) 内部资源增多。单片机内部资源是指它内部集成的存储器容量和常用 I/O 电路的种类和数量。目前,单片机内部数据存储器 RAM 容量可达 1KB,程序存储器 ROM 容量可达 64KB,还有可随机读写并且具有掉电保护功能的 E²PROM 存储器。常用 I/O 电路有串行口和并行 I/O 接口、A/D 和 D/A 转换器,此外,还有定时器以及外部中断、定时输出和信号捕捉输入以及系统故障监测和 DMA 通道电路等。因此,采用这种单片机构成控制系统时,减少了外接电路,体积小且可靠性高。

(3) 引脚的多功能化。随着芯片内部功能的增强和资源的丰富,单片机所需的引脚数也

会相应增加,而太多的引脚不仅会增加制造困难,而且也会使芯片的集成度大为减小,这就就会出现不可避免的矛盾。为了解决这一矛盾,必须减少引脚数量,单片机中普遍采用一脚多用的智能化设计方案供用户选择。

(4) 低电压和低功耗。在很多应用场合,单片机不仅要有很小的体积,而且还需要较低的工作电压和极小的功耗。因此,单片机普遍采用 CHMOS 工艺,增加了空闲和掉电两种工作方式,极大地降低了单片机的功耗。例如,EM78 系列单片机工作电压范围为 $2.0 \sim 6.0\text{V}$,超低功耗, $32\text{kHz}/3\text{V}$ 时为 $15\mu\text{A}$,空闲时为 $1\mu\text{A}$ 。

(5) 寻址范围增大。很多高性能的单片机不但增大了其内部存储器,而且提高了单片机系统的扩展性能。存储器空间达 $64\text{KB} \sim 1\text{MB}$ 以上,使 CPU 的寻址范围得到了很大的提升。

5. 单片机的应用

单片机可分为通用型单片机和专用型单片机两类。通用型单片机就是一种基本芯片,其内部资源比较丰富、性能全面,且适用性较强,应用范围较广,用户可根据需要进行再设计与开发。而专用型单片机是针对某些特定的场合而专门设计的芯片,其应用范围有一定的局限性,但指令执行时间短、运算速度快、精度较高。通常所说的单片机指的就是通用型单片机。单片机自身的特点决定了其应用非常广泛,已经深入到工业、农业、国防、科研、教育以及日常生活等各个领域,对各行各业的技术改造以及产品的更新换代起到了极大的推动作用。

(1) 单机应用。在一个应用系统中,只使用一片单片机,这是目前应用最多的方式。

1) 智能仪表。单片机应用于各种仪器仪表的更新改造,实现仪表的数字化、智能化、多功能化、综合化及柔性化,并使长期以来测量仪表中的误差修正和线性化处理等难题迎刃而解。由单片机构成的智能仪表,集测量、处理、控制功能于一体,测量速度和测量精度得到提高,控制功能得到增强,简化了仪器仪表的结构,利于使用、维修和改进。

2) 工业实时控制。单片机应用于各种工业实时控制中,如炉温控制系统、火灾报警系统、化学成分的测量和控制等。单片机技术与测量技术、自动控制技术相结合,利用单片机作为控制器,发挥其数据处理和实时控制功能,从而提高系统的生产效率和产品的自动化程度。采用单片机作为机床数控系统的控制机,可以提高机床数控系统的可靠性、增强其功能、降低控制机成本,并有可能改变数控控制机的结构模式。

3) 机电一体化。单片机促进了机电一体化的发展,利用单片机改造传统的机电产品,能够使产品体积减小、功能增强、结构简化,与传统的机械产品相结合,构成了自动化、智能化的机电一体化新产品。例如,在电传打字机的设计中,由于采用了单片机,从而节省了近千个机械部件。

4) 通信接口。在数据采集系统中,用单片机对模数转换接口进行控制,不仅可以提高采集速度,而且还可以对数据进行预处理,如数字滤波、线性化处理及误差修正等。在通信接口中,采用单片机,可以对数据进行编码、解码、分配管理以及接收/发送等工作。在一般计算机测控系统中,除打印机、键盘、磁盘驱动器、CRT 等通用外部设备接口外,还有许多外部通信、采集、多路分配管理以及驱动控制等接口,如果完全由主机进行管理,势必造成主机负担过重,降低系统的运行速度,降低接口的管理水平,利用单片机进行通信接口的控制与管理,能够提高系统的运行速度,减少接口的通信密度,提高接口的管理水平。单片机在计算机网络和数字通信中具有非常广阔的应用前景。

5) 家用电器。目前,国内外各种家用电器已普遍采用 MCU 代替传统的控制电路,使

用的 MCU 大多是小型廉价型的单片机。在这些单片机中集成了许多外设的接口,如键盘、显示器接口及 A/D 转换等功能单元,而不用并行扩展总线,故常制作成为单片机应用系统。例如,洗衣机、电冰箱、微波炉、电饭锅、电视机及其他视频音像设备的控制器。目前的主要发展趋势是模糊控制化,以形成众多的模糊控制家电产品。

此外,单片机成功应用于玩具、游戏机、充电器、IC 卡、电子锁、电子秤、步进电机、电子词典、照相机、电风扇和防盗报警等日常生活用品中;在汽车的点火控制、变速控制、排气控制、节能控制、冷气控制以及防滑刹车中也有很多应用。总之,单片机技术集计算机技术、电子技术、电气技术、微电子技术于一身,作为一种智能化的现代开发工具,从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法,随着现代电子技术的普及与发展,其应用领域无所不至,无论是工业部门、民用部门乃至事业部门,都有其广泛应用。

(2) 多机应用。

1) 多功能离散系统。多功能离散系统是为了满足工程系统多种外围功能要求而设置的多机系统。例如加工中心的刀具管理系统、坐标显示系统、状态监视系统、换刀系统以及伺服系统等。

2) 并行多机控制系统。为了解决工程应用系统的快速响应问题,常用多片单片机构成大型实时工程应用系统,这些系统中有快速并行数据采集、处理以及图像处理系统等。

3) 局部网络应用系统。单片机在网络中出现,通常就是分布式测控系统。

认知 2 了解 MCS-51 系列单片机

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的、性能优异的单片机。这样,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。

1. 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系列是 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几种芯片,表 1-1 列出了 MCS-51 系列单片机的产品分类及特点。

表 1-1

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) (B)	寻址范围 (ROM) (B)	并行口	串行口	中断源 (个)	定时/ 计数器 (个×位)	晶振 (MHz)	典型指令 (μ s)	其 他
8051AH	4KR	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	HMOS-II 工艺
8751H	4KE	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	HMOS-I 工艺
8031AH	—	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	HMOS-II 工艺

续表

型号	程序 存储器 R/E	数据 存储器 (B)	寻址范围 (RAM) (B)	寻址范围 (ROM) (B)	并行口	串行口	中断源 (个)	定时/ 计数器 (个×位)	晶振 (MHz)	典型指令 (μs)	其 他
8052AH	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-Ⅱ工艺
8752H	8KE	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-Ⅰ工艺
8032AH	—	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-Ⅱ工艺
80C51BH	4KR	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	CHMOS 工艺
87C51H	4KE	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
80C31BH	—	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
83C451	4KR	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	CHMOS 工艺有 选通方式双向口
87C451	4KE	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	
80C451	—	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	
83C51GA	4KR	128	64K	64K	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	64K	64K	4×8	UART	7	2×16	2~12	1	
80C51GA	—	128	64K	64K	4×8	UART	7	2×16	2~12	1	
83C152	8KR	256	64K	64K	5×8	GSC	6	2×16	2~17	0.73	CHMOS 工艺 有 DMA 方式
80C152	—	256	64K	64K	5×8	GSC	1	2×16	2~17		
83C251	8KR	256	64K	64K	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	64K	64K	4×8	UART	7	3×16	2~12	1	
80C251	—	256	64K	64K	4×8	UART	7	3×16	2~12	1	
80C52	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	CHMOS 工艺
8052AH BASIC	8KR	256	64K	64K	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/发送装置；R/E—MaskROM/EPROM；GSC—全局串行通道。

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 系列单片机做进一步说明。

(1) 按片内不同程序存储器的配置分类。MCS-51 系列单片机按片内不同程序存储器的配置来分，可以分为以下三种类型：

1) 片内带 MaskROM (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。

3) 片内无 ROM (ROMLess) 型：8031、80C31、8032。此类芯片的片内没有程序存储器，使用时必须在外部并行扩展程序存储器存储芯片。此类单片机由于必须在外部并行扩展程序存储器存储芯片，造成系统电路复杂，目前较少使用。

(2) 按片内不同容量的存储器配置分类。按片内不同容量的存储器配置来分,可以分为以下两种类型:

1) 51 子系列型: 芯片型号的最后位数字以 1 作为标志, 51 子系列是基本型产品。片内带有 4KB ROM/EPROM (8031、80C31 除外)、128B RAM、两个 16 位定时/计数器、5 个中断源等。

2) 52 子系列型: 芯片型号的最后位数字以 2 作为标志, 52 子系列则是增强型产品。片内带有 8KB ROM/EPROM (8032、80C32 除外)、256B RAM、3 个 16 位定时/计数器、6 个中断源等。

(3) 按芯片的半导体制造工艺上的不同分类。按芯片的半导体制造工艺上的不同来分,可以分为以下两种类型:

1) HMOS 工艺型: 8051、8751、8052、8032。HMOS 工艺, 即高密度短沟道 MOS 工艺。

2) CHMOS 工艺型: 80C51、83C51、87C51、80C31、80C32、80C52。此类芯片型号中都用字母“C”来标识。

这两类器件在功能上是完全兼容的, 但采用 CHMOS 工艺的芯片具有低功耗的特点, 它所消耗的电流要比 HMOS 器件小得多。CHMOS 器件比 HMOS 器件多了两种节电的工作方式(掉电方式和待机方式), 常用于构成低功耗的应用系统。

此外, 关于单片机的温度特性, 与其他芯片一样按所能适应的环境温度范围, 可划分为三个等级:

1) 民用级: $0\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

2) 工业级: $-40\sim +85^{\circ}\text{C}$ 。

3) 军用级: $-65\sim +125^{\circ}\text{C}$ 。

因此在使用时应注意根据现场温度选择芯片。

2. AT89 系列单片机分类

在 MCS-51 系列单片机 8051 的基础上, Atmel 公司开发的 AT89 系列单片机问世以来, 以其较低廉的价格和独特的程序存储器——快闪存储器(Flash Memory)为用户所青睐。表 1-2 列出了 AT89 系列单片机的几种主要型号。

表 1-2

AT89 系列单片机一览表

型 号	快闪程序 存储器 (B)	数据 存储器 (B)	寻址范围 ROM (B)	寻址范围 RAM (B)	并行 I/O 口线	串行	中断源 (个)	定时/ 计数器 (个 $\times$ 位)	工作频率 (MHz)
AT89C51	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	$0\sim 24$
AT89C52	8K	256	64K	64K	32	UART	6	3×16	$0\sim 24$
AT89LV51	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	$0\sim 24$
AT89LV52	8K	256	64K	64K	32	UART	6	3×16	$0\sim 24$
AT89C1051	1K	64	4K	4K	15	—	3	1×16	$0\sim 24$
AT89C1051U	1K	64	4K	4K	15	UART	5	2×16	$0\sim 24$
AT89C2051	2K	128	4K	4K	15	UART	5	2×16	$0\sim 24$

续表

型 号	快闪程序 存储器 (B)	数据 存储器 (B)	寻址范围 ROM (B)	寻址范围 RAM (B)	并行 I/O 口线	串行	中断源 (个)	定时/ 计数器 (个×位)	工作频率 (MHz)
AT89C4051	4K	128	4K	4K	15	UART	5	2×16	0~24
AT89C55	20K	256	64K	64K	32	UART	6	3×16	0~33
AT89S53	12K	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	0~33
AT89S8252	8K	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	0~33
AT88SC54C	8K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	0~24

采用了快闪存储器 (Flash Memory) 的 AT89 系列单片机, 不但具有一般 MCS-51 系列单片机的基本特性 (如指令系统兼容、芯片引脚分布相同等), 而且还具有一些独特的优点。

(1) 片内程序存储器为电擦写型 ROM (可重复编程的快闪存储器)。整体擦除时间仅为 10ms 左右, 可写入/擦除 1000 次以上, 数据保存 10 年以上。

(2) 两种可选编程模式, 既可以用 12V 电压编程, 也可以用 V_{CC} 电压编程。

(3) 宽工作电压范围, $V_{CC}=2.7\sim6V$ 。

(4) 全静态工作, 工作频率范围为 0Hz~24MHz, 频率范围宽, 便于系统功耗控制。

(5) 三层可编程的程序存储器上锁加密, 使程序和系统更加难以仿制。

总之, AT89 系列单片机与 MCS-51 系列单片机相比, 前者和后者有兼容性, 但前者的性价比等指标更为优越。

3. 其他公司的 51 系列单片机

(1) Philips 公司推出的含存储器的 80C51 系列和 80C52 系列单片机, 均为 CMOS 型工艺的单片机。Philips 公司推出的 51 系列单片机与 MCS-51 系列单片机相兼容, 但增加了程序存储器 FlashROM、数据存储器 E^2 PROM、可编程计数器阵列 PCA、I/O 接口的高速输入输出、串行扩展总线 I^2 C BUS、ADC、PWM、I/O 口驱动器、程序监视定时器 WDT (Watch Dog Timer) 等功能的扩展。

(2) 华邦公司推出的 W78C××和 W78E××系列单片机, 均与 MCS-51 系列单片机相兼容, 但增加了程序存储器 FlashROM、数据存储器 E^2 PROM、可编程计数器阵列 PCA、I/O 接口的高速输入输出、串行扩展总线 I^2 C BUS、ADC、PWM、I/O 口驱动器、程序监视定时器 WDT (Watch Dog Timer) 等功能的扩展。华邦公司生产的单片机还具有价格低廉、工作频率高 (40MHz) 等特点。

(3) Dallas 公司推出的 DallasHSM 系列单片机, 主要有 DS80C×××、DS83C×××和 DS87C×××等。此产品除了与 MCS-51 系列单片机相兼容外, 还具有高速结构 (1 个机器周期只有 4 个 clock, 工作频率范围为 0~33MHz)、更大容量的内部存储器 (内部 ROM 有 16KB)、两个 UART、13 个中断源、程序监视器 WDT 等功能。

(4) LG 公司推出的 GMS90C××、GMS97C××和 GMS90L××、GMS97L××系列单片机。此产品与 MCS-51 系列单片机相兼容。

以上 Philips、Dallas、Atmel、华邦、LG 等大公司生产的系列单片机与 Intel 公司的