

General Education

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DANPIANJI
YUANLI YU YINGYONG

单片机 原理与应用

任万强 主编
刘忠菁 唐 昕 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

DANPIANJI
YUANLI YU YINGYONG

单片机 原理与应用

主 编 任万强
副主编 刘忠菁 唐 昕
主 审 王忠勇



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

本书系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的原理及应用技术，精选了单片机原理及应用技术的基本知识，反映了当代单片机技术发展的趋势，较好地体现了应用型人才培养的要求。全书分十一章，介绍了 MCS-51 的结构与原理、指令系统与程序设计、中断系统及定时/计数器、串行口与测控接口以及系统扩展，又介绍了 C51 程序设计，最后以实例阐述了 MCS-51 应用系统设计方法。本书内容新颖，注重实用，体系清晰，行文流畅。

本书可作为高职高专院校计算机、自动化、电子信息和机电类专业的教材，也可以作为工程技术人员学习单片机技术的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用/任万强主编. —北京：中国电力出版社，
2007.1

普通高等教育“十一五”规划教材·高职高专教育

ISBN:978-7-5083-4988-6

I. 单... II. 任... 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 (2006) 第 142793 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>)
航远印刷有限公司印刷
各地新华书店经售

*

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 499 千字
印数 0001—3000 册 定价 28.8 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

单片机作为微型计算机的一个重要分支,在现代社会的生产和生活中正发挥着越来越重要的作用。单片机技术已经成为实现各种工业测控系统和智能仪器仪表的重要手段。因此,单片机原理与应用技术已经成为高职高专院校电类、机电类各专业的必修课程。

本书系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的原理及应用技术,精选了单片机原理及应用技术的基本知识,注意反映当代单片机技术发展的趋势,较好地体现了应用型人才的要求。其特点是:(1)内容典型。本书以 MCS-51 系列单片机为主线,全面而翔实地论述了单片机应用系统的结构、原理和应用,并以 MCS-51 系列单片机为例进行讲授。(2)体系清晰。由计算机的经典结构、微型计算机的应用形态引出单片机的基本概念,明确了单片机在当代计算机嵌入式应用领域中的地位,进而引出了单片机的特点、应用领域和主流产品系列。(3)体现发展。考虑近年来许多单片机技术应用开发人员已经广泛采用 C51 语言编写单片机应用程序,本书在第十章系统地介绍了 C51 程序设计的相关知识,旨在为单片机应用系统的研发与实现提供策略性的引导。(4)注重应用。单片机原理及应用技术是一门应用性较强的课程,本教材以单片机的应用特性为主线,原理的讲授以应用为落脚点,注重实用性和实施性,并在第十一章给出了典型的应用实例。(5)适作教材。作为教材,本书的编写注意层次分明,语言简练,篇幅紧凑。每章都配有导学、小结和思考题,便于教学。课堂讲授与实验总学时约 56~64 学时。本书可作为高职高专院校计算机、自动化、电子信息和机电类专业的教材,也可作为工程技术人员学习单片机技术的参考书。

本书由任万强任主编,刘忠菁、唐昕任副主编,张建民、靳建锋参与编写。刘忠菁(郑州电力高等专科学校)编写了第一章、第三章和第四章,靳建锋(郑州电力高等专科学校)编写了第二章,唐昕(河南电力职工大学)编写了第六章和第九章,张建民(河南黄河河务局)编写了第七章和第五章,任万强(郑州电力高等专科学校)编写了第八章、第十章和第十一章。全书由任万强负责统稿。王忠勇(郑州大学)老师认真细致地审阅了全书并提出了许多宝贵意见,谨此表示衷心感谢。在编写过程中作者参考了书末所列的文献资料,在此谨向其作者表示感谢。另外,本书的出版得到了中国电力出版社相关工作人员的大力支持,谨此表示衷心感谢。

由于作者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

选用本书作为教材的老师可向编者索取授课电子课件。

编者 E-mail: Renwanqiang@zepc.edu.cn。

编 者

2006 年 10 月

目 录

前言

第一章 单片机概述	1
第一节 什么是单片机	1
第二节 单片机的发展史及发展趋势	4
第三节 单片机产品简介	5
第四节 单片机学习方法	8
第五节 基础知识	10
小结	18
思考题与习题	18
第二章 MCS-51 系列单片机的基本结构	21
第一节 MCS-51 单片机系统的整体结构	21
第二节 8051 的存储器映像	31
第三节 MCS-51 单片机的工作方式	42
第四节 MCS-51 单片机的工作时序	45
小结	48
思考题与习题	48
第三章 指令系统	50
第一节 MCS-51 单片机的指令格式	50
第二节 指令系统的寻址方式	52
第三节 数据传送指令	58
第四节 算术运算指令	67
第五节 逻辑运算及移位指令	77
第六节 控制转移指令	81
第七节 布尔变量操作指令	88
小结	91
思考题与习题	92
第四章 汇编语言程序设计	94
第一节 汇编语言概述	94
第二节 MCS-51 汇编语言伪指令	98
第三节 汇编语言程序的基本结构	100

第四节 汇编语言实用程序设计	121
小结	130
思考题与习题	130
第五章 MCS-51 的中断系统及应用	135
第一节 中断的概念	135
第二节 MCS-51 的中断系统	138
第三节 MCS-51 的中断处理	141
第四节 编程与应用	143
小结	147
思考题与习题	148
第六章 定时器/计数器及其应用	150
第一节 定时器/计数器的结构	150
第二节 定时器/计数器的控制	151
第三节 编程与应用	156
小结	161
思考题与习题	162
第七章 单片机系统扩展技术	164
第一节 MCS-51 系统扩展原理	164
第二节 程序存储器的扩展	168
第三节 数据存储器的扩展	172
第四节 单片机扩展外部存储器空间地址分配	178
第五节 并行接口的扩展	182
小结	199
思考题与习题	199
第八章 单片机接口技术	201
第一节 键盘接口技术	201
第二节 显示器接口技术	210
第三节 A/D 转换器及接口技术	219
第四节 输出通道及接口技术	224
小结	232
思考题与习题	232
第九章 串行口及其应用	234
第一节 串行通信的基本知识	234
第二节 MCS-51 的串行口	237

第三节 串行通信的应用	242
第四节 串行通信接口	248
小结	251
思考题与习题	252
第十章 单片机的 C51 程序设计	253
第一节 C51 数据类型及存储类型	254
第二节 C51 的基本运算	257
第三节 C51 的构造数据类型	260
第四节 C51 流程控制语句	263
第五节 C51 的函数	268
第六节 编程实例	269
小结	275
思考题与习题	275
第十一章 单片机应用系统设计与开发	276
第一节 单片机应用系统设计概述	276
第二节 单片机系统的可靠性设计	281
第三节 单片机应用系统设计实例	283
小结	292
思考题与习题	292
附录	293
附录一 MCS-51 指令表	293
附录二 MCS-51 指令矩阵(汇编/反汇编表)	298
附录三 单片机工程师资格认证考试大纲	299
附录四 Keil μ Vision2 仿真软件的使用说明	304
附录五 常用元件的接线图	317
参考文献	319

第一章 单片机概述

[导学] 通过对单片机的概念、发展概况、特点、应用领域以及典型系列的介绍,使读者对单片机有一个初步了解;介绍几点学习经验,使读者尽快明确学习方向。

第一节 什么是单片机

一、单片机的概念

单片机是应工业控制需要而诞生的,又称作微控制器(Microcontroller),由于单片机不断完善,具有微计算机的功能,是微型计算机的一个很重要的分支,许多厂家就称之为单片机(Single-Chip Microcomputer)或MCU(Microcontroller Unit)。单片机自20世纪70年代问世以来,以其体积小、可靠性高、使用方便、性价比高和易产品化,在各领域得到广泛应用,对各行各业的技术改造和产品的更新换代起着重要的推动作用,对人们的生活质量产生深远影响。

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,可以用软件来实现控制,并能够实现智能化。现在单片机控制无所不在,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,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,是控制技术的一次革命,是一座重要的里程碑。

单片机是一种集成电路芯片,是采用超大规模技术把具有数据处理能力(如数据传送、算术运算/逻辑运算、中断处理等)的中央处理器CPU、存储器Memory(只读程序存储器ROM、随机存取数据存储器RAM)、输入/输出接口(I/O口)、定时器/计数器及其它一些功能部件(串行通信口SCI、显示LCD或LED的驱动电路、脉宽调制电路PWM、模拟多路转换器及A/D转换器等)等电路集成到一起,形成了芯片级产品,构成一个最小且完善的计算机系统。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。芯片如图1-1所示。

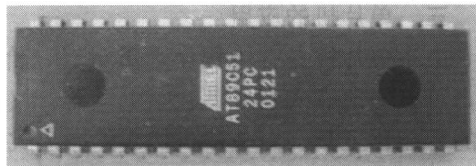


图 1-1 单片机芯片

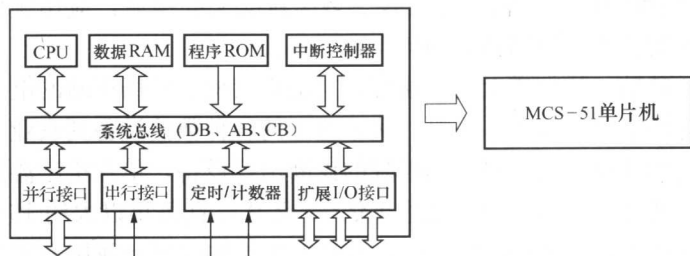


图 1-2 单片机组成的逻辑框图

单片机主要由CPU、存储器、I/O接口三部分组成。单片机组成的逻辑框图可用图1-2表示。它的CPU是核心,存储器有程序存储器ROM、数据存储器RAM, I/O接口有并行接口、串行接口,还有

定时/计数器、中断控制器等部分。所以可以用更详细一点的公式来表示为：

单片机 = CPU + ROM + RAM + I/O 口 + 功能部件

二、单片机的特点

(1) 集成度高、体积小、成本低、可靠性高。

单片机把各功能部件集成在一块芯片上，内部采用总线结构，减少了各芯片之间的连线，大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力，程序多采取固化形式也提高了单片机的可靠性。另外，其体积小，对于强磁场环境易于采取屏蔽措施，适合于在恶劣环境下工作。

(2) 有优异的性能价格比。

单片机结构简单，片内就拥有尽量多的存储器、I/O 功能接口，性能优而价格低廉，而且硬件组合、软件编程很方便，易于调试，成品周期短，开发周期快。

(3) 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丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 系统配置较典型、规范。

单片机虽然体积小，但五脏俱全，系统配置较典型、规范；改变控制对象时，基本不用改变硬件；重新编写程序或部分改写程序就可实现功能的改变。

(5) 低功耗。

单片机大量用于便携式产品和家用消费类产品，低电压和低功耗非常重要。目前单片机已可以在 3.3V 电压下工作，有的甚至可以在 1.2V 或 0.9V 低压下工作；功耗降至微安级，纽扣电池就可使其长期运行。

(6) 易于实现多机系统，向网络化方向发展。

单片机现在支持的总线种类很丰富，加之 Internet 的发展，单片机系统所构成的多机系统可以借鉴很多 Internet 的成功技术，向网络化、跨平台方向发展。

(7) 具有一定的保密性。

单片机内的代码可以进行加密，不易盗版，从而可以使自己设计的产品的知识产权得到保护。

三、单片机的应用

由于单片机具有体积小、重量轻、价格便宜、功耗低、控制功能强及运算速度快等特点，可方便地嵌入到玩具、家电电器、仪表、金融电子系统等产品中，是现代电子系统中重要的智能化工具。由单片机构成的嵌入式系统在国民经济建设、军事及家用电器等各个领域均得到了广泛的应用，甚至可应用于非常恶劣的现场环境（电磁干扰、电源波动、冲击振动、高低温及湿度等）。单片机的应用领域属于软硬件结合、多学科交叉的领域，应用领域广泛且意义重大（硬件软化或软件硬化是微控制技术的特点）。

单片机技术是现代信息社会的基础。从街道上的交通灯、自动柜员机、机场车站的电子信息牌到家里的洗衣机、空调、数码电视、音响、手机，从工业上的各种数控设备到农业上的自控温室、分析仪器，从国防上的导弹、电子对抗到医院的诊断治疗设备，单片机已渗透到我们生活的各个领域。据统计，我国单片机年容量已达 1 亿~3 亿片，且每年以大约 16% 的速度增长，但相对于世界市场我国的占有率还不到 1%，因此单片机的应用在我国有着广阔的前景。培养单片机应用的人才，特别是在工程技术人员中普及单片机知识有着重要的现

实意义。

按照单片机的特点，其应用可分为单机应用与多机应用。

(一) 单机应用

单机应用就是在一个应用系统中只使用 1 片单片机，是目前应用最多的一种方式。

1. 单片机在智能仪器仪表中的应用

单片机的数字化、智能化、高精度、小体积、低成本和便于增加显示、报警和自诊断功能的特点，使它广泛应用于各类仪器仪表中，包括电压、频率、温度、湿度、流速、元素、位移、压力等测定仪表；改造原有的测量、控制仪表，促进仪器仪表数字化、智能化、微型化，提高测试的自动化程度和精度。例如：多功能电位分析仪、智能超声波测试仪、智能温控仪、智能电表、智能流速仪等。

2. 单片机在工业测控中的应用

用单片机可以构成各种不太复杂的工业过程监测、过程控制、工业控制器、自适应控制系统、数据采集和测控系统，以及机器人技术等，达到测量与控制的目的；同时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，可构成机电一体化控制系统，与计算机联网还可以构成二级控制系统等，如单片机控制电镀生产线，温室的温度自动控制系统，报警控制系统，工业机器人的控制系统等。

3. 单片机在日常生活中的应用

单片机愈来愈广泛地应用于日常生活中的智能电器产品及家电中，不仅使产品的功能大大增强，性能得到提高，而且获得了良好的使用效果。例如：洗衣机、电冰箱、彩电控制、心率监护仪、玩具、游戏机、声像设备、电子秤、收银机、办公设备、厨房设备、空调机、微波炉、电饭煲、银行计息电脑、收音机、音响、电子秤等。

4. 智能接口

在计算机控制系统，特别是在较大型的工业测控系统中，用单片机进行接口的控制与管理，加之单片机与主机的并行工作，大大提高了系统的运行速度。

(二) 多机应用

单片机的多机应用系统可分为功能集散系统、并行多机控制系统及局部网络系统。

1. 功能集散系统

多功能集散系统是为了满足工程系统多种外围功能的要求而设置的多机系统，如 DCS。

2. 并行多机控制系统

并行多机控制系统主要解决工程应用系统的快速性问题，以便构成大型实时工程应用系统。

3. 局部网络系统

局部网络系统为单片机的通信接口在计算机网络与通信设备中的应用提供了良好的条件。例如：单片机控制的串行自动呼叫应答系统、列车无线通信系统、单片机无线遥控系统等。

单片机除以上各方面的应用外，还广泛应用于办公自动化、商业营销、汽车自动驾驶系统、计算机外部设备、航空航天电子系统等领域。

第二节 单片机的发展史及发展趋势

单片机出现的历史并不长，但发展十分迅猛。它与通用 CPU 的发展模式完全不同，主要以不断满足工业测控、恶劣环境下的可靠运行为己任。了解单片机的技术发展及技术特征有助于掌握未来单片机的发展动向，而顺应技术潮流发展可以少走弯路。

一、单片机的发展历程

自 1971 年美国 Intel 公司首先推出 4 位微处理器以来，单片机的发展到目前为止大致可分为五个阶段。

第一阶段（1971~1976 年）：单片机发展的初级阶段。因受工艺和集成度的限制，单片机采用双片形式。例如：Fairchild（仙童）公司的 F8 必须外接一块 3851 电路才能构成一个完整的微型计算机；1971 年 11 月 Intel 公司设计出集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel 4004，也需配有随机存储器、只读存储器和移位寄存器才能构成 MCS-4 微型机，而后又推出了 8 位微处理器 Intel 8008；其它各公司也相继推出了 8 位微处理器。

第二阶段（1976~1980 年）：低性能单片机阶段。单片机由一块芯片构成，性能低、品种少，以 1976 年 Intel 公司推出的 MCS-48 系列为代表，功能可满足一般工业控制和智能化仪器、仪表等的需要。例如 20 世纪 90 年代中期以前的 PC 机键盘几乎无一例外地使用 MCS-48 系列单片机作为控制部件。Intel 公司的 MCS-48 系列单片机成为工业控制领域智能化控制时代的重要里程碑。

第三阶段（1980~1983 年）：高性能单片机阶段。在这一阶段出现了很多新型单片机，这些新型单片机不仅有功能很强的 CPU、较多的 I/O 口种类和数量，而且具有容量较大的 ROM 和 RAM 及种类繁多的功能部件，且寻址范围可达 64KB，个别片内还带有 A/D 转换接口。代表性产品有 Intel 公司的 MCS-51，Motorola 的 6801、Zilog 公司的 Z80、TI 公司的 TMS7000 系列机等，NS、GI、Rockwell（美国洛克威尔）等公司先后生产了自己的单片机产品系列。在此期间，各大公司都大力改进其结构与性能，致使单片机进入高性能阶段。

第四阶段（1983~20 世纪 80 年代末）：16 位单片机阶段。以大力发展控制功能，提高系统运行可靠性，逐步将测控系统要求的外部接口电路纳入片内。例如 1983 年 Intel 公司推出的高性能的 16 位单片机 MCS-96 系列，采用了最新的制造工艺，有高速 I/O 口、ADC、PWM、Watch Dog 等。

第五阶段（20 世纪 90 年代~今）：单片机在集成度、功能、速度、可靠性、应用领域等全方向更高水平发展，代表产品有 Intel 公司的 MCS-80960 系列、Motorola 公司的 M68300 系列等。这类单片机主要用于高级机器人、军事装备、航空航天、汽车电子等领域。

二、单片机的发展趋势

90 年代后期至今，单片机的发展可以说是进入了一个新的阶段，其发展趋势主要有以下几方面：

1. 大容量趋势

传统的单片机片内程序存储器一般为 1~8K，片内数据存储器为 256 字节以下。在某些复杂的应用场合，片内不论是程序存储器还是数据存储器容量都不够，必须采用外接方式进

行扩充。而新型单片机的片内程序存储器可达 64K, 片内数据存储器可达 8K, 减少了由于外接芯片而引起的不可靠。今后, 随着工艺技术的不断发展, 单片机片内存储器容量将进一步扩大。

2. 高性能趋势

高性能趋势主要是指进一步改进 CPU 的性能, 加快指令运行速度, 加强位处理功能、中断和定时控制功能, 采用流水线技术。有的单片机采用了多流水线结构, 这类单片机的运算速度要比标准的单片机高出 10 倍以上, 从而加快指令运算速度和提高系统控制的可靠性。

3. 小容量、低价格趋势

小容量、低价格化是发展方向之一, 这类单片机的用途是把以往用数字逻辑电路组成的控制电路单片化。

4. 外围电路内装化

随着大规模集成电路的发展, 集成度的不断提高, 有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等外, 片内还可以根据需要集成如串行口、A/D、D/A、EEPROM、PWM、Watch Dog (看门狗)、LCD (液晶显示) 驱动器等多种功能部件。

5. I/O 口功能增强

为了减少外部驱动芯片, 进一步增加单片机接口的驱动能力, 现在有的单片机可直接输出较大电流 (20mA) 和高电压, 以便直接驱动显示器; 为进一步加快 I/O 的传输速度, 有的单片机设置了高速 I/O 口, 能以最快的速度捕捉外部数据的变化, 同时以最快的速度向片外输出数据, 以适应数据高速改变的场合。

随着集成工艺的不断发展, 单片机一方面向集成度更高、体积更小、功能更强、功耗更低的方向发展; 另一方面向 32 位以上及双 CPU 方向发展, 以适应图像处理、人工智能、机器人等领域的发展。

第三节 单片机产品简介

单片机内部虽然有丰富的功能电路, 但在实际应用中, 也常需要扩展外围电路和芯片, 以构成一定功能的单片机系统。由于软、硬件资源有限, 单片机系统自身不能自我开发, 必须使用专门的单片机开发系统——称为单板单片机开发系统或在线仿真系统, 也可借助初学者开发系统 DSK (Development System Kits) 等进行单片机的软硬件开发, 目前国内市场提供丰富的单片机开发系统, 为单片机的开发应用提供了有力工具, 使单片机用户有很大的选择余地。再者, 单片机有嵌入式应用的专用体系结构和指令系统, 体积小、可靠性高、品种繁多, 可以满足不同的要求, 实际应用时, 开发者可根据具体要求选择最佳型号的单片机应用到系统中。

一、单片机的主要生产厂家和品种

自从单片机问世以来, 在近 30 年中已有众多的单片机产品系列相继诞生。目前世界上单片机的生产厂商很多, 如 Intel、Motorola、Philips、Siemens、NEC、ADM、Zilog 等公司, 其主流产品有几十个系列, 几百个品种。尽管其各具特色, 名称各异, 但作为集 CPU、RAM、ROM (或 EPROM)、I/O 接口、定时器/计数器、中断系统为一体的单片机, 其原

理大同小异。国际上较有名、影响较大的公司及它们的产品有：Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列产品；Motorola 公司的 6801、6802、6803、6805、68HC11 系列产品；NEC 公司的 UCOM-87 系列产品；Zilog 公司 Z8、Super8 系列产品；Rockwell 公司的 6500、6501 系列产品；Fairchild 公司和 Mostek 公司的 F8、3870 产品。

国际调查资料显示，未来的单片机市场仍以 8 位单片机为主，16 位单片机数量上会有所发展，技术上受 8 位机控制功能和 32 位机处理速度的夹击不会变化太大。考虑到在我国单片机的局面，32 位机远未形成主流产品，目前 MCS-51 系列产品仍占据国内很大市场，而且世界上 Siemens、Philips 等大电器商的介入，会使我国较长期地稳定在 8 位 80C51 系列上，随着这一系列的深入开发，其主导地位将得到进一步的巩固。由此可见，80C51 系列产品的开发工具比较成熟，而且供货商相当多，根本不用考虑货源问题，因为 MCS-51 是开放的内核，多厂家生产，而别的内核大都不是开放的，独家生产。所以本书以应用广泛、资料齐全、开发装置成熟的 MCS-51 系列产品作为单片机技术学习的内容介绍给大家。

MCS-51 以其典型的结构和完善的总线、专用寄存器的集中管理、众多的逻辑位操作功能及面向控制的丰富的指令系统，堪称为一代“名机”，为以后的其它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，后来的许多厂商多沿用或参考了其体系结构，有许多世界级的大电器商丰富和发展了 MCS-51 单片机，像 Philips、Dallas、Atmel 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品，就连我国台湾的 Winbond 公司也发展了兼容 C51（人们习惯将 MCS-51 简称 C51，如果没有特别声明，二者同指 MCS-51 系列单片机）的单片机品种。近年来，C51 获得了飞速的发展，C51 的发源公司 Intel 由于忙于开发 PC 及高端微处理器而无精力继续发展自己的单片机，由其它厂商将其发展，最典型的是 Philips 和 Atmel 公司。Philips 公司主要是改善其性能，在原来的基础上发展了高速 I/O 口，A/D 转换器，PWM（脉宽调制）、WDT 等增强功能，并在低电压、低功耗条件下将扩展串行总线（I²C）和控制网络总线（CAN）等功能加以完善。

Philips 公司在发展 C51 的低功耗、高速度和增强型功能上作了不少贡献，当初主要由其来发展 C51 单片机，他们的 83Cxx 和 87Cxx 系列省去了并行扩展总线，适用于作为家用电器类控制的经济型单片机。

Atmel 公司推出的 AT89Cxx 系列兼容 C51 的单片机，完美地将 Flash（非易失闪存技术）EEPROM 与 80C51 内核结合起来，仍采用 C51 的总体结构和指令系统。Flash 可反复擦写程序存储器，有效地降低了开发费用，并能使单片机作多次重复使用，在产品开发和便携式仪器等方面应用十分广泛。

Siemens 公司也沿用 C51 的内核，相继推出了 C500 系列单片机，在保持了与 C51 指令兼容的前提下，其产品的性能得到了进一步的提升，特别是在抗干扰性能、电磁兼容和通信控制总线功能上独树一帜。其产品常用于工作环境恶劣的场合，也适用于通信和家用电器控制领域。

Motorola 公司的单片机由于采用锁相环技术或内部倍频技术，使得高频噪声低、抗干扰能力强，适用于工控领域及恶劣环境。

Epson 公司的单片机以低电压、低功耗、内置 LCD 驱动器的特点，广泛用于医疗设备、家用电器、通信设备和手持式消耗类产品等领域。

日本东芝公司的单片机门类齐全，8~64 位都有，主要应用于 VCD、数字相机、图像处

理等家电领域。

值得一提的是, Microchip 单片机是市场份额增长最快的单片机, 由于价位低、指令少、速度快、功耗低、驱动能力大等特点得到广泛的应用。其主要产品是 PIC16C 系列和 PIC17C 系列 8 位单片机。

还有台湾的 Winbond 公司也开发了一系列兼容 C51 的单片机, 其产品通常具有丰富的功能特性, 而且质优价廉, 在市场上也占有一定的份额。其主要产品有 W77E 系列、W77LE 系列和 W78LE 系列机。

在计算机领域, 系列机是指同一厂家生产的具有相同系统结构的机器。20 世纪 80 年代中期以后, Intel 公司以专利转让的形式把 8051 内核转让给了许多半导体厂家, 如 Amtel、Philips、Ananog Devices、Dallas 等。这些厂家生产的芯片是 MCS-51 系列的兼容产品, 准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。这些单片机与 8051 的系统结构 (主要是指令系统) 相同, 采用 CMOS 工艺, 因而常用 80C51 系列来称呼所有具有 8051 指令系统的单片机。它们在 8051 的基础上一一般都作了一些扩充, 因而更有特点、功能更强、市场竞争力也更强, 所以不应该把它们称为 MCS-51 系列单片机。MCS 只是 Intel 公司专用的, MCS 是 Intel 公司单片机的系列符号, Intel 公司推出了 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列单片机。MCS-51 系列单片机包括 8031、8051、8751 三个基本型, 以及对应的低功耗型号 80C31、80C51、87C51, 因而 MCS-51 特指 Intel 公司的这几种型号。但本书仍以人们的习惯称之为 MCS-51 系列单片机。

二、51 系列单片机介绍

51 系列单片机, 其系列产品非常丰富, 按 51 系列单片机存储器的配置状态可分为三种: 片内 ROM 型、片内 EPROM 型、外接 EPROM 型。若按其功能则可分为以下几种类型:

(1) 基本型。该类型的典型产品是 8051, 其特性如下: 8 位 CPU, 片内 RAM 有 128 字节, 片内 ROM 有 4K 字节, 21 个特殊功能寄存器, 4 个 8 位并行 I/O 口, 一个全双工串行口, 2 个 16 位定时器/计数器, 5 个中断源、2 个中断优先级, 一个片内时钟振荡器和时钟电路。基本型的产品还有 8031、8051、8751、8031AH、8051AH、8751H、8751BH 等。8051AH 与 8051 的不同点在于采用了 HMOS 工艺制造。

(2) 增大内部存储器的基本型。此种单片机的内部 RAM 和 ROM 容量比基本型单片机增大一倍。其产品有 8052AH、8032AH、8752BH。

(3) 低功耗基本型。这类产品型号中带有“C”字的单片机, 采用 CHMOS 工艺, 产品特点为低功耗。其产品有 80C51BH、80C31BH、87C51。

(4) 高级语言型。如 8052AH-BASIC 芯片内固化有 MCS BASIC52 解释程序。

(5) 可编程计数阵列 (PCA) 型。该类产品具有两个特点: 一个特点是有 5 个比较/捕捉模块; 另外一个特点是有一个增强的多机通信接口。类产品有 83C51FA、80C51FA、87C51FA、83C51FB 等。

(6) A/D 型。该系列单片机带有 8 路 8 位 A/D、半双工同步串行接口, 拥有 16 位监视定时器, 扩展了 A/D 中断和串行口中断, 使中断源达到 7 个, 具有振荡器失效检测功能。类产品有 83C51GA、80C51GA、87C51GA 等。

(7) DMA 型。DMA 型可实现高速数据传送, 该产品分为两类: 一类产品是 DMA、GSC 型, 产品有 83C152JA、80C152JA、80C152B 等; 另一类产品是 DMA、FIFO 型, 产

品有 83C452、80C452、87C452P。

(8) 多并行口型。此类单片机是在 80C51 的基础上, 新增加和 P1 口相同的 8 位准双向 P4 口和 P5 口, 还增加在内部具有上拉电阻的 8 位双向 P6 口。该类产品有 83C451、80C451。

第四节 单片机学习方法

学习单片机知识的目的是为了掌握一项技能。在学习单片机技能方面, 要获得哪些方面的技能才能从事相关的职业? 针对不同的技能培养, 学习方法是不同的, 而只有掌握好的学习方法, 才能达到事半功倍的效果。

学习单片机知识之前, 要知道学习之后可以干什么? 那么, 就可以有目的地学习知识、搜集相关的资料, 为将来的从业做准备。

在讲授多年课程之后, 我们发现课本上教的和老师讲的都是非常基本的知识点和方法, 学生一旦掌握了这种方法, 并加以适当的训练, 就可以很容易地进入产品的开发并进一步学习利用其它产品做开发的方法。

为此, 建议大家在学习单片机知识时, 可从以下四个角度学习: ①喜爱电子制作的读者对硬件知识的理解有一定的基础, 学习方向可选择将单片机系统可靠地、抗干扰能力强地做在印制电路板上; ②擅长思维且对学习计算机语言编程感兴趣的读者, 可以尝试从事小型单片机系统控制软件的编写; ③目前比较新型且大有发展前途的, 是能将嵌入式操作系统可靠地灌入单片机系统, 再在嵌入式操作系统平台上编写程序, 从事的是大型的或复杂的单片机系统的研制和开发, 此方向对学习者的已有基础、学习能力和应用水平的要求较高。

一、从事硬件方面工作的学习方法

有心从事硬件方面工作的读者在学习单片机知识时, 除了学习单片机的一般工作原理外, 关注的重点应该是各种芯片的电气特性、封装形式、引脚信号的互连特性, 同时还需学习关于电路制版的软件, 关心制版工艺方面的问题。对于这类读者, 要求有比较扎实的电子技术知识。

该类读者可以主要关心本教材中单片机及其它芯片的外部特性, 如引脚的根数, 芯片互连的技巧等, 大量读图是很有好处的。对于其它方面的能力培养, 读者还需再找相应的教材进行学习。

二、从事控制软件编写的学习方法

有心从事控制软件编写的读者, 应该有结构化编程的思路, 也就是受过顺序编程、分支编程、循环编程的训练, 如果没有, 则读者可以参照本书重点培养自己这方面的能力。

汇编语言编程能力的培养是从事控制软件编写的基础, 虽然现在有许多教材教大家用 C 语言编写控制类软件, 但如果没有受过汇编语言的编程训练, 很难理解硬件之间的内部关系, 编写的程序很难保证实时性要求、最优化原则。

学习用汇编语言编程, 重点关心的是: 数据存到哪里去了? 怎样表示这些数据? 对这些数据可以做哪些处理? 接着是学习用单片机指令描述自己的想法。如果有条件, 可以使用相应的仿真软件或调试工具验证一下自己的想法, 这种使用软件工具做调试的本领也是要锻炼的, 否则只能是纸上谈兵了。

三、从事嵌入式操作系统方面工作的学习方法

希望从事嵌入式操作系统方面工作的读者,需要学习硬件系统构成的一般原理,还要学习操作系统原理,从而可以得心应手地工作。在这里仅以启蒙的方式作概念介绍,在后面的章节里也不再作详细的解释。

1. 什么是嵌入式系统 (Embedded System)

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,软、硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等综合性性能严格要求的特定计算机系统。

嵌入式系统应具有的特点是:高可靠性;在恶劣的环境或突然断电的情况下,系统仍然能够正常工作;嵌入式系统和具体应用有机地结合在一起,它的升级换代也是和具体产品同步进行;嵌入式系统中的软件代码要求高质量、高可靠性,一般都固化在只读存储器中或内存中,也就是说软件要求固态化存储,而不是存储在磁盘等载体中;是嵌入于宿主设备,以辅助宿主设备高质量地完成其功能为目的的小巧而廉价的计算机系统。

嵌入式系统可采用如下几种方式构成:

- (1) 嵌入式微处理器 (Embedded Microprocessor Unit, EMPU)。
- (2) 嵌入式微控制器 (Microcontroller Unit, MCU)。
- (3) 嵌入式 DSP 处理器 (Embedded Digital Signal Processor, EDSP)。
- (4) 嵌入式片上系统 (System on Chip, SOC), 采用定制、半定制方式形成。
- (5) IP 核模块 (Intellectual Property Kernel 知识产权核模块)。

IP 核是一段具有特定电路功能的硬件描述语言程序,该程序与集成电路工艺无关,可以移植到不同的半导体工艺中去生产集成电路芯片。利用 IP 核设计电子系统,引用方便,修改基本元件的功能容易。具有复杂功能和商业价值的 IP 核一般具有知识产权,尽管 IP 核的市场活动还不规范,但是仍有许多集成电路设计公司从事 IP 核的设计、开发和营销工作。IP 核有两种,与工艺无关的 VHDL 程序称为软核;具有特定电路功能的集成电路版图称为硬核。硬核一般不允许更改,利用硬核进行集成电路设计的难度大,但是容易成功流片。

(6) 硬 IP 核:有 CPU 核 (32/64 位 CPU、8/16 位 MCU)、32/64 位 DSP 核、存储器单元、标准逻辑宏单元、特殊逻辑宏单元、模拟器件单元、MPEG/JPEG 模块、网络单元、USB 单元、标准接口单元等。

(7) 软 IP 核:有图像 CODEC、声音 CODEC、软 MODEM、软 FAX 等。

2. 什么是嵌入式操作系统

嵌入式操作系统 (Embedded Operating System, EOS) 是一种用途广泛的系统软件。EOS 负责嵌入系统的全部软、硬件资源的分配、调度工作,能够通过装卸某些模块来达到系统所要求的功能。随着 Internet 技术的发展、信息家电的普及应用及 EOS 的微型化和专业化, EOS 开始从单一的弱功能向高专业化的强功能方向发展。

许多嵌入式应用要求实时性,这就要求 EOS 具有实时处理能力。EOS 在系统实时性、硬件相关依赖性、软件固态化以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点。EOS 是相对于一般操作系统而言的,它除具备一般操作系统最基本的功能,如任务调度、同步机制、中断处理、文件功能等外,还有可装卸性,强实时性,统一的接口,操作简单方便,提供友好的图形界面,追求易学易用,提供强大的网络功能,强稳定性,弱交互性,固化代码,更好的移植性等功能。

国际上用于信息电器的 EOS 有 40 种左右。现在, 市场上非常流行的 EOS 产品, 包括 3Com 公司下属子公司的 Palm OS, 全球占有份额达 50%, MicroSoft 公司的 Windows CE 只占 29%。在美国市场, Palm OS 更以 80% 的占有率远超 Windows CE。开放源代码的 Linux 很适于做信息家电的开发, 比如: 中科红旗软件技术有限公司开发的红旗嵌入式 Linux 和美商网虎公司开发的基于 Xlinux 的、目前全世界最小的 Linux 嵌入式操作系统“夸克”等。

总之, 只要从下面五个方面努力, 学好这门课程并非难事。第一, 理论课是整个课程的基础, 它包含了 MCS-51 单片机的硬件组成及工作原理。只有熟练掌握这些知识才能正确地使用指令进行各种编程、应用和开发。第二, 正确地理解和掌握指令的寻址方式, 可以灵活地操控各种存储数据的单元。第三, 了解外围芯片的使用方法, 以及与单片机的接口原理。这是进行各种应用系统设计的基础。第四, 认真完成实验。实验前, 分析每个实验程序, 独立地完成思考题的编程, 掌握程序的各种调试方法。对于综合设计的内容要注意程序的整体结构(流程图)、调试方法和步骤, 要学会如何利用调试软件使用不同的方法来调试、运行程序以及寻找程序中的错误。第五, 要有一本好的参考书。

第五节 基础知识

学习单片机, 必须要了解一些基础知识, 例如: 单片机中使用怎样的电信号, 电信号怎样表示日常生活中碰到的各种信息以及如何处理等。

一、单片机中使用的电信号

1. 单片机中使用的电信号

用电笔来测家中的电线是否有电, 有电, 电笔会亮, 记为 1; 没电, 电笔不亮, 可以记为 0。如果一排电线, 经这样测量和记录之后, 会形成 0101...1100...这样一串只有 0、1 两种信号的信息。

在单片机中正是使用这样的记录方式来表示信息。高电平记为 1, 低电平记为 0, 这种记录方式是正逻辑记录方式; 或者用负逻辑记录方式表示, 高电平记为 0, 低电平记为 1。一般来说, 单片机内部采用正逻辑记录方式。

2. 用单片机中的电信号表示信息

当信息只有一位时, 称为 1bit (读作: 1 比特或 1 位, 一般缩写成小写 b); 当有 8bit 时称为 1BYTE (读作: 1 字节或 1 摆特, 一般缩写成大写 B), BYTE 中的每一位都有自己的名字 b7b6b5b4b3b2b1b0; 当有 16bit 时称为 1WORD (读作: 1 沃德或 1 字, 一般缩写成大写 W), 1WORD=2BYTE, WORD 中的每一位也有自己的名字, b15 b14...b2b1b0。

1 字节 (BYTE) 的信息:

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
----	----	----	----	----	----	----	----

1 字 (WORD) 的信息:

b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

3. 存储单片机中的电信号

1 字节的信息 0100 1011 (读作: 零么零零么零么么), 如果不存起来, 当这个信息丢失