

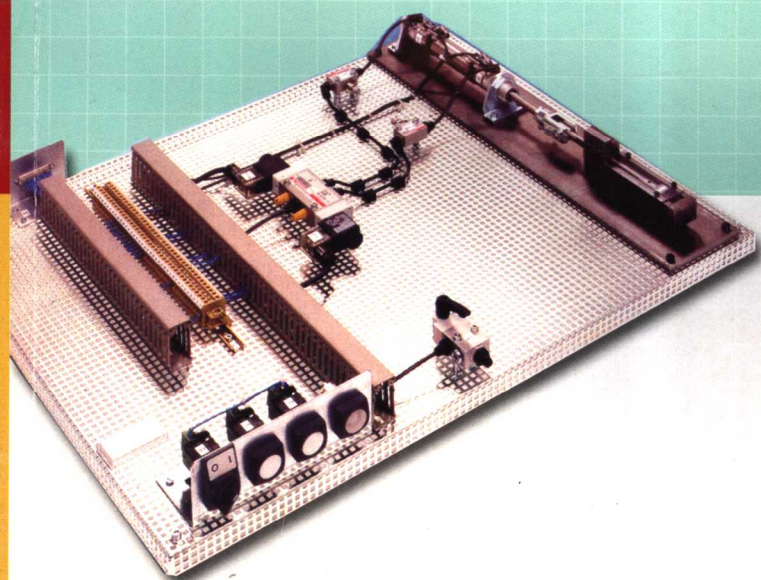
广东省教育厅推荐教材

中等职业学校教学用书

Dan Pian Ji Yuan Li
Yu Wei Xiu

单片机原理 与维修

广东省中等职业学校教材编写委员会 组编



广东高等教育出版社

广东省教育厅推荐教材

中等职业学校教学用书

单片机 原理与维修

广东省中等职业学校教材编写委员会 组编

电子专业教材编写组

总主编/徐治乐

副总主编/伍湘彬 聂辉海

本书主编/湛春桃

编者/湛春桃 黄江峰

主审/王永超

广东高等教育出版社

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机 8051 为主, 介绍了 MCS-51 单片机的工作原理及应用技术。内容包括单片机的基础知识、MCS-51 单片机的结构和原理、指令系统、定时器/计数器、串行接口、中断技术、系统扩展与接口技术、应用系统的设计与开发、I²C 总线虚拟技术与应用等。

本书深入浅出, 通俗易懂, 每章后均附有小结和练习题, 书末配有同步实验指导及常用的集成电路引脚图, 适合作为中等职业学校的教材, 也可供自学者和从事单片机工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与维修/广东省中等职业学校教材编写委员会组编. —广州: 广东高等教育出版社, 2006. 8

广东省教育厅推荐教材. 中等职业学校教学用书

ISBN 7-5361-3316-2

I. 单… II. 广… III. 单片微型计算机-专业学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 019405 号

广东高等教育出版社出版发行

地址: 广州市天河区林和西横路

邮政编码: 510500 电话: (020) 87551101 87555530

广州市朗亿数码科技有限公司排版

广东省茂名广发印刷有限公司印刷

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 11.75 字数: 272 千

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1 000 册

定价: 21.50 元

前 言

科学技术日新月异，以电子信息技术为特征的知识经济已遍及人们生活的每个角落。知识经济呼唤现代技术和大批职业道德高尚，职业能力、创新能力、创业能力较强，能参与市场竞争的现代人才，这给为经济社会发展提供智力和人才支持的职业教育带来了机遇和挑战。职业教育的观念与制度、教学内容、教学方法、教学手段等方面的改革已迫在眉睫。

在 20 世纪的最后一年，广东、北京、广西三省（市、区）的职业教育同行，从课程改革和教材建设入手，编写了一套依托三省（市、区）支柱产业、糅合当今世界科技成果、体系比较完善、内容比较先进的中等职业学校教材。这套教材已试用了几年，在推动三省（市、区）职业教育改革与发展中起到了积极的作用。

进入 21 世纪，广东全力打造世界制造业重要基地，需要大量的现代人才；广东提出要率先实现现代化，也需要大量的现代人才作为支撑。培养现代人才，必须以现代的教育理念、现代的课程体系和教材、现代的教育教学方法，推进职业教育的现代化。根据广东的实际，有必要编写一套符合广东发展需要、具有广东特色的职业教育教材。为此，广东省中等职业学校教材编写委员会根据教育部新颁发的中等职业学校的课程教学大纲，结合全面实施国家九年义务教育和普通高中教育新课程标准，在认真总结三省（市、区）中等职业学校教材编写、使用经验的基础上，组织有关专家、作者广泛调查研究，认真听取职业教育院校师生和有关行业专家的意见，对原三省（市、区）中等职业学校教材进行了全面修改，并

新编了部分文化课和专业课教材，形成了一套完整的广东中等职业学校教材。各文化课和专业课教材经有关大中专院校教材研究专家以及有关行业专家、技术人员审定，具有系统性和权威性；教材保持了传统职业教育的基础性特色，又注意吸纳当今世界先进科技成果，结合广东省产业结构优化升级和职业教育的实际，因此具有实用性、科学性和先进性。

书中仍有不完善之处，敬请专家和广大读者批评指正。

广东省中等职业学校教材编写委员会
2006年5月

编者说明

本书是广东省中等职业学校教材编写委员会组织编写的中等职业学校电子专业教学用书之一,结合当前职业教育教学改革的形势和要求,以突出教学内容的实用性和实践性为重点,以 MCS-51 系列单片机 8051 为基础,简单扼要、深入浅出、通俗易懂地介绍单片机的结构原理与应用。

全书分为基础模块、选用模块、实践教学模块三大部分,三个模块的总学时数为 40~60。

基础模块共有六章:第一章扼要介绍单片机的发展过程、特点、应用及基础知识。第二章以 MCS-51 系列单片机 8051 为基础,介绍其基本结构和性能。第三章介绍 MCS-51 指令系统(包括常用的伪指令)。第四章介绍 MCS-51 系列单片机基本功能单元(定时器/计数器、串行通信和中断系统)的结构、工作原理及应用。第五章介绍 MCS-51 系列单片机的系统扩展和接口技术,其中系统扩展包括存储器(ROM/RAM)、I/O 口的扩展,接口技术包括可编程并行接口芯片 8255A、键盘接口和 LED 显示器接口。第六章主要介绍单片机应用系统的研制过程及注意事项(包括静态调试)。

第七章是选用模块,以 AT24C××系列 E²PROM 为例,介绍了 I²C 总线虚拟技术及应用。其余各章和实验的某一节或其中的某一项内容,属于选用模块的,以 * 号标记。

实践教学模块安排了十个技能训练的实验,使理论学习和实践操作更好地联系起来,供学生在学习过程中与教学内容配套同步进行学习。

为适应中等职业学校学生的实际,有利于学生的学习,本书每章最后都附有小结和练习题。

本书由湛春桃任主编，第一～三章及实验二～五由黄江峰编写，其余章节由湛春桃编写。全书由广东技术师范学院王永超副教授负责审稿。

由于编者水平所限，书中难免存在错误和缺点，恳请读者批评指正。

电子专业教材由徐治乐任总主编，伍湘彬、聂辉海任副总主编。

电子专业教材编写组

2006年5月

目 录

第一章 单片机的基础知识	1
第一节 单片机概述	1
一、单片机的定义	1
二、单片机的发展	1
三、单片机的特点	2
四、单片机的应用	2
五、单片机的主要品种及系列	2
第二节 单片机的基础知识	3
一、常用术语	3
二、数和数制	3
三、计算机的编码	4
本章小结	5
练习与思考	6
第二章 MCS-51 单片机结构与原理	7
第一节 MCS-51 单片机的内部结构与信号引脚	7
一、8051 单片机的内部结构	7
二、MCS-51 的信号引脚	8
第二节 MCS-51 单片机的内部存储器	10
一、内部 RAM 低 128 单元	10
二、内部 RAM 高 128 单元	11
三、内部程序存储器	15
第三节 输入/输出端口结构	16
一、P0 口	16
二、P1 口	17
三、P2 口	18
四、P3 口	18
* 五、端口负载能力和接口要求	19
第四节 时钟电路与时序	19
一、时钟电路	19
二、时序定时单位	20
* 三、MCS-51 指令时序	21
第五节 复位电路	22
一、复位操作	22
二、复位电路	23

本章小结	24
练习与思考	24
第三章 MCS-51 指令系统	25
第一节 MCS-51 指令系统概述	25
第二节 指令格式和寻址方式	25
一、指令格式	25
二、寻址方式	26
三、符号注释	27
第三节 指令系统	28
一、数据传送类指令	28
二、算术运算类指令	31
三、逻辑操作类指令	33
四、控制转移类指令	35
五、位操作类指令	38
第四节 伪指令	40
一、起始地址伪指令 ORG	40
二、结束伪指令 END	41
三、赋值伪指令 EQU	41
四、定义字节伪指令 DB	41
五、位地址赋值伪指令 BIT	41
本章小结	42
练习与思考	42
第四章 MCS-51 单片机基本功能单元结构与工作原理	44
第一节 定时器/计数器	44
一、定时器/计数器的基本组成与工作原理	44
二、定时器/计数器的专用寄存器	46
三、定时器/计数器的工作方式	47
四、定时器/计数器的应用	49
* 五、运行中读定时器/计数器	55
第二节 串行通信	56
一、串行通信的概念	56
二、串行通信的制式	57
三、MCS-51 串行通信接口	58
四、串行口的工作方式	60
五、串行通信中波特率的设置	61
* 六、串行口的应用举例	63
第三节 中断系统	69
一、中断的概念	69

二、中断源与中断源入口地址	71
三、中断请求标志	72
四、中断允许控制	73
五、中断优先级的设定	73
六、中断处理过程	75
七、中断请求的撤除	75
* 八、中断响应时间	77
九、中断系统的应用	77
本章小结	82
练习与思考	83
第五章 单片机系统扩展与接口技术	85
* 第一节 存储器的扩展	85
一、外部程序存储器的扩展	85
二、外部数据存储器的扩展	89
第二节 并行 I/O 口的扩展	92
一、I/O 口地址译码技术	92
二、简单的并行 I/O 口扩展	95
* 第三节 可编程并行接口芯片 8255A	97
一、8255A 芯片介绍	97
二、8051 单片机和 8255A 的接口	103
三、8255A 编程举例	104
第四节 键盘接口	105
一、键盘的工作原理	105
二、独立式键盘	107
三、矩阵式键盘	108
第五节 LED 显示器接口	112
一、LED 显示器的结构与原理	112
二、静态显示接口	114
三、动态显示接口	115
本章小结	117
练习与思考	118
第六章 单片机应用系统设计与开发	119
第一节 单片机应用系统研制过程	119
一、总体设计	119
二、硬件设计	120
三、软件设计	120
四、抗干扰设计	121
五、在线仿真调试	122

第二节 单片机开发工具	123
一、单片机开发系统的构成	123
二、仿真器的分类	123
三、单片机开发系统的功能	124
本章小结	125
练习与思考	125
* 第七章 I ² C 总线虚拟技术及其应用	127
第一节 AT24C××系列 E ² PROM 及其工作原理	127
一、AT24C××系列 E ² PROM	127
二、存储器的组织及寻址方法	128
三、I ² C 总线的电气结构	130
四、I ² C 总线上的典型信号及时序要求	131
五、I ² C 总线的数据传送时序	131
六、E ² PROM 的写操作过程	132
七、E ² PROM 的读操作过程	133
第二节 单主方式下虚拟 I ² C 总线编程	135
一、I ² C 总线的典型信号的模拟子程序	135
二、I ² C 总线上模拟的通用子程序	136
第三节 AT24C××系列 E ² PROM 与 MCS-51 单片机的接口方法	139
本章小结	141
练习与思考	141
实验	142
实验一 MCS-51 单片机开发系统（仿真器）的使用	142
实验二 数据传送	149
实验三 数据运算	150
实验四 数据排序	152
实验五 循环彩灯	153
实验六 定时器/计数器	154
* 实验七 串行通信	156
实验八 简单 I/O 扩展	158
实验九 键盘接口	160
实验十 LED 显示器接口	161
附录	162
附录一 MCS-51 系列单片机指令系统表	162
附录二 ASCII 码（美国标准信息交换代码）表	166
附录三 常用集成电路引脚图	167
附录四 二进制逻辑单元图形符号对照表	173
参考文献	175

第一章 单片机的基础知识

本章学习要求

了解单片机的定义以及它的发展过程、特点、应用领域、主要品种及系列。掌握单片机常用的术语和常用的数制。

第一节 单片机概述

一、单片机的定义

单片机是单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 的简称, 是将中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、定时器/计数器以及 I/O 接口等功能模块集成在一块芯片上的微型计算机。由于单片机常用于工业控制装置中, 因而也称为微控制器 (Micro Controller)。

单片机按用途可分为通用型和专用型两大类。本书所介绍的单片机是指通用型单片机。

二、单片机的发展

单片机的发展历史大致可分为四个阶段:

第一阶段 (1976 ~ 1978 年): 低性能单片机阶段。以 Intel 公司的 MCS - 48 系列为代表。MCS - 48 为 8 位单片机, 片内具有 8 位定时器/计数器, 存储器可扩展为 4KB, 具有并行 I/O 口。

第二阶段 (1978 ~ 1982 年): 高性能单片机阶段。典型的单片机系列为 Intel 公司的 MCS - 51, 其功能较 MCS - 48 有很大的增强。直到现在, MCS - 51 系列仍为主流型单片机。

第三阶段 (1982 ~ 1990 年): 16 位单片机阶段。例如 MCS - 96 系列单片机, 除 CPU 为 16 位外, 片内存储器容量进一步增大, 并具有 A/D 转换功能。

第四阶段 (1990 年至今): 微控制器全面发展阶段。各公司产品尽量兼容, 向高速、大寻址范围、强运算能力的通用型及小型、廉价、专用型方面发展。

三、单片机的特点

单片机作为一种微型计算机，其主要特点有：

1. 体积小，片内存储器容量有限 大部分单片机的片内 ROM 容量小于 8KB，片内 RAM 容量小于 256 字节。
2. 可靠性高，抗干扰能力强 单片机是按工业控制领域的环境要求设计的，主要功能模块又集成在一块芯片内，内部采用总线结构，其可靠性及抗干扰能力优于其他微型计算机。
3. 控制功能强 单片机的指令系统中均有丰富的条件转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。
4. 扩展灵活 单片机提供了扩展用的总线及并行、串行输入/输出管脚，易于扩展成各种规模的应用系统。
5. 低电压、低功耗，便于生产便携式产品 许多单片机可在 2.2 V 的电压下运行，功耗降至 μA 级。

四、单片机的应用

由于单片机具有上述显著的特点，因此在各个领域得到了广泛的应用：

1. 在智能仪器仪表中的应用 在各类仪器仪表中使用单片机，提高仪器仪表的智能化程度，提高测量精度，简化仪器仪表的硬件结构，提高其性价比。
2. 在机电一体化中的应用 机电一体化是机械工业的发展方向。单片机作为机电一体化产品中的控制器件，能发挥其体积小、功能强的优点，可以大大提高机械产品的自动化、智能化程度。
3. 在实时过程控制中的应用 单片机广泛地用于各种实时过程控制系统中，例如工业过程控制、机器人系统等。单片机的实时处理能力和控制功能，可使系统保持在最佳工作状态，提高系统的工作效率和产品质量。
4. 在日常生活中的应用 目前各种家电普遍采用单片机代替传统的控制电路。例如洗衣机、电冰箱、电饭煲及电子玩具都配上单片机，从而提高了产品的智能化程度，增强了产品功能。

五、单片机的主要品种及系列

自 1976 年 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机以来，单片机发展迅猛，国际上较有名气、影响较大的公司都分别生产出与 MCS-51 兼容而功能更加强大的单片机系列。如 Atmel 公司所生产的 AT89 系列单片机，它内部含有大容量的 Flash 存储器，在产品开发、仪器仪表等方面有着十分广泛的应用。

Philips 公司生产的 P8 $\times$ C $\times$ $\times$ 系列单片机都是在 80C51 的基础上衍生而来的，并且做了不同程度的改进和增强。例如有的增加了 I²C、CAN 总线接口、A/D 转换单元等新的功能，广泛应用于工业过程控制等实时控制场合。

另外 Winbond（华邦）公司的 78 系列单片机也是与 MCS-51 兼容的，它分为标准

系列、宽工作电压系列、Turbo-51 系列和工业级别系列，被广泛应用于各个领域。

第二节 单片机的基础知识

一、常用术语

1. 位 (Bit):

位是计算机所能表示的最基本、最小的数据单位。位只能有两种状态：“0”和“1”。

2. 字节 (Byte):

一个字节 = 8 位。

3. 字 (Word):

两个字节构成一个字。不同类型的计算机有不同的字长，MCS-51 单片机的字长为 8 位。

4. K 和 KB:

用来计算存储器容量的单位， $1K = 2^{10} = 1024$ ；B，即为 Byte， $1KB = 1024 B$ 。

5. 波特率 (Baud):

波特率是数据传送速率的单位，即位/秒 (b/s)。

6. 指令 (Instruction):

指令是规定计算机进行某种操作的命令。

7. 程序 (Program):

程序是指令的有序集合，是为完成特定任务而编写成的。

8. 地址 (Address):

地址是指存储器的单元编号。每个存储单元都有唯一的地址号。例如，某存储器的容量为 64KB ($64 \times 1024 = 65536 B$)，则存储器单元的编号从 0 到 65535，每一个 8 位就为一个单元。

二、数和数制

单片机中常采用十进制数、二进制数和十六进制数。

(一) 基数与权

数制中所使用数码的个数叫基数。如十进制的基数为“10”，二进制的基数为“2”，十六进制的基数为“16”， N 进制的基数为“ N ”。

进制中，每一位基数的若干次幂称为权。任何一种进制数都可以表示为按权展开相加的形式。

(二) 十进制数

十进制的基数为“10”，它所使用的数码为 0~9，共 10 个数字。十进制数的后缀

为D, 通常十进制数都不加后缀。任何十进制数都可以写成基数10的各次幂的和式, 如:

$$1024 = 1 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$

写成一般的按权展开式为:

$$D_3 D_2 D_1 D_0 = D_3 \times 10^3 + D_2 \times 10^2 + D_1 \times 10^1 + D_0 \times 10^0$$

其中, 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 分别为十进制数位 D_3 、 D_2 、 D_1 、 D_0 的权。

(三) 二进制数

二进制的基数为“2”, 它所使用的数码为0和1, 只有2个数字。二进制数的后缀为B。4位二进制数按权展开式为:

$$B_3 B_2 B_1 B_0 = B_3 \times 2^3 + B_2 \times 2^2 + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0$$

其中, 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 分别为二进制数位 B_3 、 B_2 、 B_1 、 B_0 的权。如:

$$1001B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 9$$

1001B 代表十进制数9。

(四) 十六进制数

十六进制数的基数为“16”, 它所使用的数码为0~9及A、B、C、D、E、F共16个数字。其中A~F相当于十进制数的10~15。十六进制数的后缀为H。一个4位十六进制数按权展开式为:

$$H_3 H_2 H_1 H_0 = H_3 \times 16^3 + H_2 \times 16^2 + H_1 \times 16^1 + H_0 \times 16^0$$

其中, 16^3 、 16^2 、 16^1 、 16^0 分别为十六进制数位 H_3 、 H_2 、 H_1 、 H_0 的权。如:

$$1F7CH = 1 \times 16^3 + 15 \times 16^2 + 7 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = 8060$$

1F7CH 代表十进制数8060。

在单片机中常使用十六进制数, 这是因为它与二进制数之间的转换十分方便。如11000101B = C5H, 即每4位二进制数对应1位十六进制数。而使用二进制数位数太长, 不易记忆和书写。

三、计算机的编码

在计算机中, 大多数场合都采用二进制数(十六进制数)。不仅数据用二进制数表示, 字母、字符也用二进制数来表示, 甚至控制计算机进行操作的指令也用二进制编码来表示。

计算机要处理的数除了无符号数外, 还有带符号的数。在8位的计算机中, 如果要处理的数为无符号数, 则数的大小范围为: 00000000B ~ 11111111B (00H ~ FFH), 即十进制数0~255。当要处理的数有正负之分时, 计算机并不能识别“+”号和“-”号。此时, 需要用“0”和“1”这两个数字符号来表示数据的符号。通常约定最高位为符号位, 用“0”表示“+”号, 用“1”表示“-”号。

(一) 原码、反码、补码

1. 原码 正数的符号位用“0”表示, 负数的符号位用“1”表示, 数制部分仍用二进制数形式表示。如:

$$X_1 = +101010B \quad [X_1]_{\text{原}} = 00101010B$$

$$X_2 = -101010B \quad [X_2]_{\text{原}} = 10101010B$$

左边的数称为真值，原码表示很简单，只要将真值的符号用数码表示即可。

2. 反码 正数的反码表示与正数的原码相同。负数的反码形式，除符号位用“1”表示外，其他各位凡是1就转换为0，凡是0就转换为1。如：

$$X_1 = +101010B \quad [X_1]_{\text{反}} = 00101010B$$

$$X_2 = -101010B \quad [X_2]_{\text{反}} = 10010101B$$

3. 补码 正数的补码表示与正数的原码相同。负数的补码由其反码最末位加1得到。如：

$$X_1 = +101010B \quad [X_1]_{\text{补}} = 00101010B$$

$$X_2 = -101010B \quad [X_2]_{\text{补}} = 10010110B$$

在8位单片机中，8位二进制数码无符号数表示范围为0~255；原码表示范围为-127~+127；反码表示范围为-127~+127；补码表示范围为-128~+127。

(二) BCD 码

BCD 码是 Binary Code Decimal 的缩写，它是用4位二进制数来表示0~9十个十进制数。使用BCD码既考虑了计算机的特点，又照顾人们使用十进制数的习惯，广泛应用于单片机的输入、输出操作中。如：

$$195D = (000110010101)BCD$$

但是，BCD码和二进制数、十六进制数是有区别的。例如：十进制数35，它的BCD码为00110101B，若把它转换成二进制数为00100011B，转换成十六进制数为23H。

(三) ASCII 码

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) 码是美国标准信息交换代码的英文缩写。ASCII码是用7位二进制数来表示数字、英文字母、符号等可以打印的字符。

本章小结

1. 单片微型计算机简称单片机，就是把中央处理器CPU、随机存储器RAM、只读存储器ROM、定时器/计数器以及I/O接口等主要计算机部件集成在一块芯片上的微型计算机。

2. 单片机具有体积小、可靠性高、控制能力强、低电压、低功耗等特点，广泛应用于工业控制、智能仪表和日常生活中。

3. 计算机中常使用二进制数，但为了书写方便，一般将二进制数写成十六进制数。

4. 计算机要处理的数除了无符号数外，还有带符号的数。在8位单片机中，8位二进制数码无符号数表示范围为0~255；原码表示范围为-127~+127；反码表示范围为-127~+127；补码表示范围为-128~+127。

练习与思考

1. 什么是单片机？它与一般计算机有何区别？
2. 单片机具有哪些特点？主要应用于哪些领域？
3. 把下列无符号二进制数转换为十进制数和十六进制数。
(1) 100101B (2) 1111011B (3) 11000101B (4) 10110110B
4. 分别写出下列各数的原码、反码和补码。
(1) $X_1 = +11010B$ (2) $X_2 = -10101B$ (3) $X_3 = 13$ (4) $X_4 = -1$
5. 把下列十进制数转换为BCD码、二进制数和十六进制数。
(1) 32 (2) 256 (3) 198 (4) 3247