

高职高专机电类专业“十一五”规划教材



单片机原理及应用

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

主编 杜志强 魏秉国



郑州大学出版社

高职高专机电类专业“十一五”规划教材

内容简介

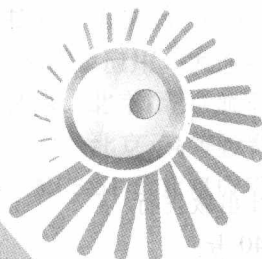


魏秉国、杜志强主编

单片机原理及应用

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

主编 杜志强 魏秉国



郑州大学出版社

内容简介

本书详细介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构、工作原理、指令系统和汇编程序设计、单片机内部的主要资源定时器/计数器和中断系统、串行通信接口以及外部系统扩展,并从应用角度对 MCS-51 单片机系统设计中的接口技术、系统的开发与调试、系统的可靠性和抗干扰技术作了详细的介绍。

本书可作为高职高专院校机电一体化、数控技术、应用电子技术、通信技术、汽车电子、自动化仪表等专业单片机原理及应用课程的教材或教学参考书,也可供从事单片机技术开发、应用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/杜志强,魏秉国主编. —郑州:郑州大学出版社,2008.8
高职高专机电类专业“十一五”规划教材
ISBN 978-7-81106-900-6

I. 单… II. ①杜…②魏… 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(2008)第 119074 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

黄委会设计院印刷厂印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:16.5

字数:393 千字

版次:2008 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

1/16

印次:2008 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-81106-900-6 定价:28.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

作者名单

主 编 杜志强 魏秉国
编 委 (以姓氏笔画为序)

王晓涓 杜志强 宋志峰
赵东辉 晋会杰 党保华
郭宏亮 郭慧静 魏秉国

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,作为微型计算机的一个重要分支,得到了快速发展。它以体积小、功能全、价格低等特点,赢得了广泛的应用,已渗透到生产和生活的各个领域。虽然目前单片机的品种很多,世界各大公司以 MCS-51 单片机基本内核为核心的各种扩展型、增强型的新型单片机不断推出,但最具典型性的当属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。MCS-51 单片机是一种通用型的 8 位单片机,性价比较高,具有品种全、功能强、软硬件资料丰富等特点,应用的量及范围较大,至今,MCS-51 及其扩展型、增强型产品仍为单片机的主流机型,对于初学者来说是较好的选择。

单片机课程已成为机械电子类专业的一门专业必修课,是一门实践性较强的应用设计类课程。因此本书从单片机应用的角度出发,注重内容的科学性、新颖性和实用性,以 MCS-51 系列单片机为主线,全面系统地讲述了单片机系统的硬件结构、指令系统、程序设计、系统扩展、应用系统的设计与开发等方面的基本知识。内容组织力求循序渐进、深入浅出。

全书共分 10 章,第 1 章介绍单片机的概念、特点、发展趋势、应用领域以及相关的基础知识;第 2 章~第 6 章详细介绍了 MCS-51 单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计及片内各功能部件;第 7 章介绍了 MCS-51 单片机的存储器及并行口扩展;第 8 章详细介绍了各类硬件接口及软件设计,如 A/D、D/A 转换、键盘、显示器、微型打印机、功率接口以及 V/F 转换器的接口等;第 9 章和第 10 章分别介绍了单片机应用系统的设计、开发与调试及可靠性和抗干扰技术。

本教材的参考学时数为 40~60 学时,教师可根据实际情况,对各章所讲授的内容进行取舍。

前言

本书由杜志强、魏秉国主编,并对全书进行了统稿。各章编写分工为:第1、2章由杜志强编写,第3章由赵东辉编写,第4章由王晓涓编写,第5章由晋会杰编写,第6章由郭宏亮编写,第7章由党保华编写,第8章由魏秉国编写,第9章由宋志峰编写,第10章由郭慧静编写。

本书可作为高职高专院校机电一体化、数控技术、应用电子技术、通信技术、汽车电子、自动化仪表等专业单片机原理及应用课程的教材或教学参考书,也可供从事单片机技术开发、应用的工程技术人员参考。

在本书的编写过程中,参阅了大量优秀的单片机书刊和资料,在此向有关作者表示诚挚的谢意!

由于时间紧迫,书中错误及疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2008年4月

第1章 单片机概述	1
1.1 什么是单片机	1
1.2 单片机的历史和发展趋势	2
1.3 常用的8位单片机生产厂家和产品	4
1.4 单片机的特点及应用	4
1.5 MCS-51系列单片机简介	5
1.6 单片机相关基础知识	7
第2章 MCS-51单片机的结构和原理	15
2.1 MCS-51单片机的硬件结构	15
2.2 MCS-51单片机的引脚及功能描述	17
2.3 MCS-51单片机的CPU	19
2.4 MCS-51单片机的存储器结构	22
2.5 MCS-51单片机的并行I/O端口	29
2.6 MCS-51单片机的时钟电路与时序	34
2.7 MCS-51单片机的工作方式	38
2.8 MCS-51单片机的最小应用系统	42
第3章 MCS-51单片机的指令系统	46
3.1 指令系统概述	46
3.2 指令格式	46
3.3 指令系统的寻址方式	47
3.4 MCS-51指令系统分类介绍	52
第4章 MCS-51单片机的汇编语言程序设计基础	70
4.1 汇编语言程序设计概述	70
4.2 汇编语言源程序的汇编	75
4.3 汇编语言程序设计实例	76
第5章 MCS-51单片机中断系统和定时器/计数器	96
5.1 MCS-51单片机的中断系统	96

5.2 MCS-51 单片机的定时器/计数器	103
第 6 章 MCS-51 单片机的串行通信及其接口	112
6.1 串行通信概述	112
6.2 单片机串行通信接口	114
6.3 串行接口通信实例	123
第 7 章 MCS-51 单片机的系统扩展	133
7.1 MCS-51 单片机并行扩展总线	133
7.2 MCS-51 单片机存储器的扩展	137
7.3 MCS-51 单片机 I/O 口扩展	142
第 8 章 MCS-51 单片机的接口技术	152
8.1 D/A 转换接口技术	152
8.2 A/D 转换接口技术	158
8.3 键盘接口技术	169
8.4 显示器接口技术	180
8.5 打印机与单片机接口技术	191
8.6 单片机与 BCD 码拨盘的接口设计	197
8.7 单片机的功率接口设计	199
8.8 MCS-51 与 V/F 转换器的接口	205
第 9 章 单片机应用系统设计	212
9.1 系统设计内容	212
9.2 系统开发过程	215
9.3 系统设计方法	217
9.4 系统调试	225
第 10 章 应用系统中的可靠性和抗干扰技术	232
10.1 干扰的形成	232
10.2 硬件抗干扰技术	234
10.3 软件抗干扰技术	242
10.4 软硬件结合的“看门狗”技术	246
附录	249
参考文献	255

第1章



单片机概述

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,作为微型计算机的一个重要分支,得到了快速发展。它以体积小、功能全、价格低等特点,赢得了广泛的应用,已渗透到生产和生活的各个领域。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,是计算机技术发展史上的一个重要里程碑。本章将介绍单片机的概念、特点、发展趋势、应用领域以及相关的基础知识。

1.1 什么是单片机

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),随机存储器(RAM),只读存储器(ROM),输入输出接口电路(I/O 口),定时计数器,串行通信口(SCI),脉宽调制电路(PWM),A/D 转换器以及 D/A 转换器等电路集成到一块半导体硅片上,这样的一块集成电路芯片具有一台计算机的属性,可以构成一个最小而完善的计算机系统,因而被称为单片微型计算机(single chip microcomputer),简称单片机。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。

单片机从组成和功能来说都是为了满足控制领域应用的要求,为了强调其控制属性,通常单片机又称为微控制器(microcontroller)。单片机在使用时,通常以单片机为核心融入应用系统中,“嵌入”在设备内,负责控制产品的功能或动作。因此,单片机也称为嵌入式微控制器(embedded microcontroller)。

单片机可按内部数据通道的宽度、结构形式及用途分类。

按内部数据通道的宽度分,单片机可分为 4 位、8 位、16 位、32 位以及 64 位等。单片机中的中央处理器(CPU)和通用微处理器基本相同,只是增设了“面向控制”的处理功能。例如:位处理,查表、多种跳转、乘除法运算,状态检测、中断处理等,增强了实时性。

按结构形式分,单片机有两种基本的结构形式:普林斯顿(Princeton)结构和哈佛(Harvard)结构。普林斯顿结构,也称冯·诺伊曼结构,是一种将程序指令存储器和数据存储器合并在一起的存储器结构。程序指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储器的不同物理位置,因此程序指令和数据的宽度相同,如 Intel 公司 MCS-51 就采用了此结构。而哈佛结构是一种将程序指令存储和数据存储分开的存储器结构。中央处理器(CPU)首先到程序指令存储器中读取程序指令内容,解码后得到数据地址,然后到相应的数据存储器中读取数据,进行下一步操作(通常是执行)。程序指令存储和数据存储分开,可以使指令和数据有不同的数据宽度,如 Microchip 公司的 PIC16 芯片的程序指令是 14 位宽度,而数据是 8 位宽度。考虑到单片机“面向控制”实际应用的特点,一般需要较大的程序存储器,目前的单片机以采用程序存储器和数据存储器截然分开的结构较多。

按用途分,单片机有通用型和专用型两大类:通用型单片机是把可开发的内部资源,如 RAM、ROM、I/O 等功能部件全部提供给用户,用户可根据实际需要,设计一个以通用单片机芯片为核心,再配以外围接口电路及其他外围设备,来满足各种不同需要的控制系统。专用型单片机是指用途比较专一,出厂时程序已经一次性固化好,不能再修改的单片机,这种应用的最大特点是针对性强且数量巨大。为此,单片机制造商常与产品厂家合作来设计和生产满足特定产品需要的专用单片机芯片。在设计中,已经对系统结构的最简化、可靠性和成本等方面作了全面的优化考虑,所以,专用单片机具有十分明显的综合优势。通常所说的和本书所介绍的单片机指的是通用型单片机。

1.2 单片机的历史和发展趋势

1970 年微处理器研制成功之后就出现了单片机(即单片的微型计算机)。单片机的发展历史可分为四个阶段:

第一阶段(1971~1974):单片机发展的初级阶段。因工艺限制,单片机以 4 位机为主而且功能比较简单。1971 年 11 月,Intel 公司首先设计出集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel 4004,并配有 RAM、ROM 和移位寄存器等芯片,构成第一台 MCS-4 微处理器,从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段(1974~1978):低档 8 位单片机阶段。1976 年 Intel 公司首先推出能称为单片机的 MCS-48 系列单片微型计算机,有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器 ROM 和 RAM 等。它以体积小、功能全、价格低等特点赢得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础。

第三阶段(1978~1983):高档 8 位单片机阶段。这个阶段的单片机增加了全双工串行 I/O 接口,扩大了片内 ROM、RAM 的容量,寻址范围可达 64K,增加了中断源数,增加了乘、除法运算和位处理功能等。典型产品有:Intel 公司的 MCS-51 系列, Motorola 公司的 MC6801 系列, Zilog 公司的 Z8 系列和 TI 公司 TMS7800 系列等。这类单片机性价比高,目前仍被广泛应用。

第四阶段(1983~):8 位单片机巩固发展阶段及 16 位、32 位和 64 位单片机推出阶段。此阶段一是发展 16 位、32 位以及 64 位单片机和专用单片机;二是改善高档 8 位单

片机的结构,提高其性能,满足不同的用户需要。如 Intel 公司的 MCS-96 系列是 16 位、MCS-80960 系列是 32 位, Motorola 公司的 M68300 系列也是 32 位,英国 Inmos 公司的 TransputerT800 是 64 位高性能单片机等。

目前单片机正向多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、扩大存储容量和加强 I/O 功能及结构兼容等方向发展。其发展趋势有以下几个方面:

(1)微控制器的 CPU 仍以 CISC 为主,但向 RISC 演化。在传统微控制器领域内还是以当初 Intel 确立的哈佛结构(程序和数据存储器相分立的体系)和复杂指令集系统(CISC)为主。只有少数厂家生产精简指令集计算机,但他们仍保留了哈佛的分立存储器结构,并没有采用冯·诺依曼的程序、数据相合并的存储结构。少数生产 RISC 的计算机厂家有 Microchip 的 8 位 PIC12/16/17/18Fxxx 微控制器、Atmel 的 8 位 AVR 微控制器,SCENIX 的 8 位 SX18/20/28AC 和 SX48/52BD 微控制器。这 3 个厂家都使用了快闪(FLASH)存储器存放程序。

(2)提升指令执行速度。提高 8 位的振荡器频率或减少每机器周期包含的振荡器周期数都可以提高指令的执行速度。如 Philips 公司把 12 MHz 的 80C51 从每机器周期所含振荡器周期数由 12 改为 6,获得 2 倍速;Winband 公司由 12 改为 3,获得 4 倍速。目前,8 位微控制器的频率一般可以高至 33~40 MHz,所以可以比较容易地从原来的 1 MIPS 提高到 10 MIPS。但是,指令执行速度提高到 50~100 MIPS 的都是 RISC 指令的 8 位微控制器。

(3)集成大容量片上 FLASH 存储器,实现 ISP 和 IAP。8 位微控制器采用 FLASH 存储器已成趋势。因为它集成密度高、价格便宜、技术先进,可以取代 PROM、EPROM、OTP 和 EEPROM 等。Silicon Storage Technology 公司用 SuperFlash 技术生产了兼容于 8051 的 FlashFlex51 系列芯片。其中 SST89C54/58 芯片内分别具有 20KB 和 36KB 的 FLASH,并利用 FLASH 可高速读/写的特点实现在系统编程(ISP In System Programming)和在应用编程(IAP In Application Programming)。

(4)使用混合信号(数字—模拟相混合)集成技术。用 CMOS 工艺将数字和模拟电路集成于同一个芯片上的技术已经成熟,有力地减少了芯片外的附加器件,提高了性能和缩短了产品的上市时间。如芯片上集成 12 位 A/D、上电复位/掉电检测、捕捉/比较/PWM、锁相环、8×8 硬件乘法器,以及 USB 和 CAN 总线接口等。

(5)增加可联网的外设接口。目前使用 MCS-51 系列的 83C51 生产独立键盘、小型硬驱和掌上电脑的不少。但是,83C51 缺少与 Internet 的连接部分,许多厂家已经看到给 8 位微控制器配上 Bluetooth、Ethernet 和 Internet 网络接口的需要,众多方案正在涌现。

(6)追求低电压、低功耗、低价位、LPG(少腿芯片)。降低工作电压可以降低功耗。所以开始出现多电压供电的微控制器,CPU 部分工作于 1.5~2.5 V,而 I/O 接口工作于 3.3~5 V。为实现低功耗,应尽可能多地将片外器件集成于同一个片上,这样便于一同暂停、一同休眠或部分运行。如 NEC 设计了可配置成部分全速运行、部分暂停,使用户对功率的管理更加方便灵活、有效。瑞典 Xemic 公司为它的 8 位低功耗 XE8000 系列微控制器中增加了通用型高速低电压芯片 XE8301,它的工作电压十分宽广,为 1.2~5.5 V。指令速度为 1 MIPS 时电流仅为 200 μ A,在待机模式下,维持实时时钟的运行仅用 1 μ A。



电流。

1.3 常用的 8 位单片机生产厂家和产品

迄今为止,单片机制造商很多,从 8 位单片机到 64 位单片机的应用遍布各个领域。主要生产厂家有:美国的 Intel、Motorola、Zilog、Microchip、Atmel、Rockwell 和 TI 公司,日本的 NEC、Toshiba、Hitachi 和 National 公司,荷兰的 Philips 公司和德国的 Siemens 公司等。目前 8 位单片机仍是单片机市场的主流产品。表 1.1 给出了现今世界上较为著名的 8 位单片机生产厂家和产品。

表 1.1 8 位单片机主要生产厂家

生产厂家	单片机型号
美国 Intel(英特尔)公司	MCS-51 系列及其增强型、扩展型系列
美国 Motorola(摩托罗拉)公司	MC6801 系列和 MC6805、MC68HC05 系列
美国 Zilog(齐洛格)公司	Z-8 系列和 Super8
美国 Microchip(微芯)公司	PIC10/12/16/18 系列
美国 NS(国家半导体)公司	COP8 8 位处理器
美国 Atmel(爱特梅尔)公司	AT89C51、AT89C52 等
美国 Rockwell(洛克威尔)公司	6501、6502 系列
美国 TI(德克萨斯仪器)公司	TMS700 系列
德国 Siemens(西门子)公司	SAB80 系列(MCS-51 内核)
日本 Toshiba(东芝)公司	TLCS-870 系列、90 系列
日本 Hitachi(日立)公司	HD6301、HD6305、HD63L05
日本 NEC(电气)公司	uCOM87 系列(Upd7800)系列
日本 National(松下)公司	MN6800 系列
荷兰 Philips(飞利浦)公司	8 × C552 系列、P89C5 × 系列

1.4 单片机的特点及应用

1.4.1 单片机的特点

由于单片机把微型计算机的主要功能部件都集成在一块芯片上,即一块芯片就是一个微型计算机。因此单片机具有以下主要特点:

(1)较高的性能价格比 目前国内市场上,有些单片机的芯片价格只有十几元人民币,再加上少量外围器件,就可以构成一台功能相当丰富的控制装置。

(2)集成度高,体积小,可靠性好 单片机把各种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。

(3)控制功能强 单片机指令系统、硬件资源丰富,能充分满足工业控制的各种要求。

(4)低电压,低功耗 便于生产便携式产品。

(5)开发周期短,易于产品化 可根据需要构成各种规模的应用系统。

1.4.2 单片机的应用领域

单片机的应用范围很广,在下述的各个领域中得到了广泛的应用。

(1)工业自动化 如工业过程控制、过程监测、工业控制器及机电一体化控制系统等,这些系统除一些小型工控机之外,许多都是以单片机为核心的单机或多机网络系统。用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制、各种报警系统,与计算机联网构成二级控制系统等。

(2)智能仪器仪表 单片机用于各种仪器仪表,结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比采用电子或数字电路更加强大。例如精密的测量设备(功率计、示波器和各种分析仪等)。

(3)办公自动化领域 现代办公室中所使用的通信、信息产品多数都采用了单片机,如通用计算机系统键盘译码、磁盘驱动、打印机、绘图仪、复印机、电话、传真机、考勤机、电子付费终端等。

(4)日常生活及家用电器领域 现在的家用电器已普遍采用单片机控制取代传统的控制电路。从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、录像机、摄像机、数码相机及其他视频音像设备到智能卡、程控玩具、电子宠物等,五花八门,无所不在。

(5)通信领域 单片机普遍具备通信接口,现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信再到日常工作中随处可见的移动电话,集群移动通信,有线电对讲机等。

(6)商业营销 采用单片机构成专用系统已广泛应用在电子秤、收款机、条形码阅读器、仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统等中。

(7)汽车电子与航空航天电子系统 这些电子系统中的集中显示系统、车上娱乐系统、车上安全装置、导航系统、动力监测系统、通信系统以及运行监视器(黑匣子)等构成冗余的网络系统。

1.5 MCS-51 系列单片机简介

MCS-51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称。MCS-51 系列 8 位高档单片机是 Intel 公司在总结 MCS-48 系列单片机的基础上,于 20 世纪 80 年代初推出的新产品。与该公司的 MCS-48 系列机相比,MCS-51 无论在 CPU 功能还是存储容量以及特殊部件性能上都要高出一筹,这一系列单片机包括了许多型号,如 8031、8051、8751、8032、

8052、8752 等。其中 8051 是最早最典型的产品,该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减改变而来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机,而 8031 是 20 世纪 90 年代在我国最流行的单片机,所以很多场合还会看到 8031 的名称。

MCS-51 虽然仍然是 8 位的单片机,但其功能有很大的增强。此外它还具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富等特点。因此应用非常广泛,成为继 MCS-48 之后最重要的单片机品种,直到现在 MCS-51 仍为单片机中的主流机型。

MCS-51 主要的技术特征是:

(1) 扩大了片内存储容量、外部寻址空间:程序存储器和外部数据存储器的寻址都增加为 64K。4K × 8ROM 作为内部程序存储器,用来存放系统程序、用户的专用程序和固定常数。

(2) 在 MCS-51 系列单片机中,8031、8751 与 8051 的内部结构基本相同,其区别仅在于 8031 内部不含有程序存储器,必须由外部扩展。8751 内部程序存储器为可编程、可改写的只读存储器 EPROM,其内部程序由用户自行写入。8051 内部程序存储器有 4KROM。

(3) 在片内数据存储器方面,采用 8 位地址,寻址范围为 256 字节。其中 00H ~ 7FH 为 128 字节的内部 RAM,用来存放用户的数据;在 80H ~ FFH 范围内离散地分布着 21 个特殊功能寄存器,其中 11 个特殊功能寄存器具有位寻址能力。在内部 RAM 中,00H ~ 1FH 可分为 4 个寄存器工作区,寄存器工作区由选择指令进行切换,从而有效地提高了 CPU 的现场保护能力和实时响应速度,20H ~ 2FH 单元可进行位寻址。

(4) 增强了并行口,增设了全双工串行口 I/O:4 个 8 位并行 I/O 接口可用于地址和数据的传送,也可与 8243、8155 等连接,进行外部 I/O 接口的扩展。串行 I/O 接口是一个全双工串行通信口,可用于数据的串行接收和发送,这为构成串行通信网络提供了方便。

(5) 两个定时器/计数器均为 16 位,且有 4 种工作方式。这样既提高了定时/计数范围,又使用户应用灵活方便。

(6) 增强了中断系统:在 MCS-51 单片机中,设置有 2 级中断优先级,可接受 5 个中断源的中断请求,中断优先级别可由用户定义。这样,就使 MCS-51 单片机很适合用于数据采集与处理,智能仪器仪表和工业过程控制中。

(7) 具备较强的指令寻址和运算等功能:MCS-51 系列单片机有 111 条指令,可分为 4 大类。使用了 7 种寻址方式。这些指令 44% 为单字节指令,41% 为双字节指令,15% 为三字节指令。若用 12 MHz 的晶体频率,50% 的指令可在 1 μs 内执行完毕,40% 的指令在 2 μs 内执行完毕。此外,还设有减法、比较和 8 位乘、除法指令。乘、除法指令的执行时间仅为 4 μs,这样大大地提高了 CPU 的运算与数据处理能力。

(8) 增设了颇具特色的布尔处理机:在 MCS-51 的指令系统中设置有位操作指令,可用于位寻址空间,这些位操作指令与位寻址空间一起构成布尔处理机。布尔处理机对于实时逻辑控制处理具有突出的优点。

可以看出,这一代单片机主营的技术特征是为单片机配置了完善的外部并行总线(AB、DB、CB)和具有多机识别功能的串行通信接口(UART),规范了功能单元的特殊功能寄存器(SFR)控制模式及适应控制器特点的布尔处理系统和指令系统,为发展具有良

好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。

MCS-51 系列单片机分为两大系列,即 51(C51)子系列与 52(C52)子系列。51 子系列:基本型,根据片内 ROM 的配置,对应的芯片为 8031、8051、8751;52 子系列:增强型,根据片内 ROM 的配置,对应的芯片为 8032、8052、8752,这两大系列单片机的主要硬件特性如表 1.2 所示。

表 1.2 MCS-51 系列单片机主要硬件特性

型号	片内 ROM 型式	RAM	寻址范围	计数器	并行口	中断源数量
8031(C31)	无	128B	64KB	2 * 16	4 * 8	5
8051(C51)	ROM(4KB)	128B	64KB	2 * 16	4 * 8	5
8751(C51)	EPROM(4KB)	128B	64KB	2 * 16	4 * 8	5
8032(C32)	无	256B	64KB	3 * 16	4 * 8	6
8052(C52)	ROM(8KB)	256B	64KB	3 * 16	4 * 8	6
8752(C52)	EPROM(8KB)	256B	64KB	3 * 16	4 * 8	6

8051(52)系列单片机采用的是 HMOS 工艺:高速度、高密度;80C51(C52)系列单片机采用的是 CHMOS 工艺:高速度、高密度、低功耗,也就是说 80C51(C52)单片机是一种低功耗单片机。

由于 Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了其他公司,所以有很多公司在做以 8051 为核心的单片机,只是功能或多或少有些改变,以满足不同应用场合的需求。

1.6 单片机相关基础知识

1.6.1 数制及数制间转换

1.6.1.1 数制

数制是人们利用符号来计数的方法。数制有很多种,人们熟悉的是十进制。但由于数在计算机中是以电子器件的物理状态来表示的,所以一个具有两种稳定状态且能相互转换的器件,就可以用一位二进制数来表示。计算机中用二进制的“1”和“0”分别表示电子器件高电平和低电平。但是在使用二进制编写程序时既烦琐又容易出错,所以在编写程序时又经常用到十进制、十六进制或八进制。

任何一种数制都有两个要素,即基数和权。基数为数制中所使用的数码的个数。当基数为 R 时,该数制可使用的数码为 0 ~ (R - 1)。如在十进制中基数为 10,可使用 0 ~ 9 十个数码。在进行运算时按逢 R 进 1,借 1 当 R 的规则进行。权是数制中某一数位上单位数的大小,它是一个指数,底是基数 R,幂是数码的位置号,数码的位置号从 0 开始。将一个数中某一位的数码与该位的权相乘,即为该位数码的数值。

(1)十进制(Decimal) 十进制是以 10 为基数,逢十进一、借一当十的计数体制。计数符号共有十个,分别为:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。计数规则是逢十进一,借一当十。十进制数常用英文字母 D 或下标 10 表示,当数为十进制数时 D 可以省略不写。十进制数按权展开式为:

十进制数 =

$$\sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 10^i = k_{n-1} \times 10^{n-1} + k_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + k_0 \times 10^0 + k_{-1} \times 10^{-1} + k_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + k_{-m} \times 10^{-m}$$

其中, k_i 表示十进制的第 i 位,权为 10^i , k_i 从 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数字中选用; m 、 n 为正整数, m 为小数点右边的位数, n 为小数点左边的位数。

例如:

$$86.52D = 8 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2}$$

(2)二进制(Binary) 二进制是以 2 为基数,逢二进一、借一当二的计数体制。计数符号共有两个,分别为:0、1。计数规则是逢二进一、借一当二。二进制数常用英文字母 B 或下标 2 表示。二进制数按权展开式为:

二进制数 =

$$\sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 2^i = k_{n-1} \times 2^{n-1} + k_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + k_0 \times 2^0 + k_{-1} \times 2^{-1} + k_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + k_{-m} \times 2^{-m}$$

其中, k_i 表示二进制的第 i 位,权为 2^i , k_i 从 0、1 两个数字中选用; m 、 n 为正整数, m 为小数点右边的位数, n 为小数点左边的位数。

例如:

$$110011.01B = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

有关二进制的几个概念:

位:一位二进制信息,只能是 0 或 1,也叫比特(bit)。

字节:计算机中将 8 位二进制数称为一个字节(Byte)。为了表示大容量存储器的需要,人们还定义了千字节(KB)、兆字节(MB)、吉字节(GB)等三个单位。它们的关系为:

$$1 \text{ KB} = 2^{10} \text{ Byte} = 1024 \text{ Byte}$$

$$1 \text{ MB} = 2^{10} \text{ KB} = 1024 \text{ KB} = 2^{20} \text{ Byte}$$

$$1 \text{ GB} = 2^{10} \text{ MB} = 1024 \text{ MB} = 2^{30} \text{ Byte}$$

字:计算机中将 16 位二进制数称为一个字(Word),即由 2 个字节组成(1 Word = 2 Byte)。

(3)八进制 八进制是以 8 为基数,逢八进一、借一当八的计数体制。计数符号共有八个,分别为:0、1、2、3、4、5、6、7。计数规则是逢八进一,借一当八。八进制数常用英文字母 Q 或下标 8 表示。八进制数按权展开式为:

八进制数 =

$$\sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 8^i = k_{n-1} \times 8^{n-1} + k_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + k_0 \times 8^0 + k_{-1} \times 8^{-1} + k_{-2} \times 8^{-2} + \cdots + k_{-m} \times 8^{-m}$$

其中, k_i 表示八进制的第 i 位,权为 8^i , k_i 从 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数字中选用; m 、 n 为正

整数, m 为小数点右边的位数, n 为小数点左边的位数。

例如:

$$5604.25Q = 5 \times 8^3 + 6 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 4 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2}$$

(4) 十六进制(Hexadecimal) 十六进制是以 16 为基数,逢十六进一、借一当十六的计数体制。计数符号共有十六个,分别为:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。计数规则是逢十六进一,借一当十六。十六进制数常用英文字母 H 或下标 16 表示。十六进制数按权展开式为:

十六进制数 =

$$\sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 16^i = k_{n-1} \times 16^{n-1} + k_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + k_0 \times 16^0 + k_{-1} \times 16^{-1} + k_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + k_{-m} \times 16^{-m}$$

其中, k_i 表示十六进制的第 i 位, 权为 16^i , k_i 从 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数码中选用; m 、 n 为正整数, m 为小数点右边的位数, n 为小数点左边的位数。

例如:

$$A6C4.F5H = 10 \times 16^3 + 6 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 4 \times 16^0 + 15 \times 16^{-1} + 5 \times 16^{-2}$$

1.6.1.2 数制间的转换

(1) 二进制与十进制间的转换 二进制数转换成十进制数的方法是按权展开后求和。

例如:

$$1011.101B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = (11.625)_{10}$$

十进制数转换成二进制数分整数和小数两部分进行。

整数部分的转换采用“除 2 取余法”,即除 2 取余,商为 0 止,余数倒置。

小数部分的转换采用“乘 2 取整法”,即乘 2 取整,直到小数部分为 0 或满足精度要求为止,整数正置。

【例 1.1】 158D = _____ B

解 反复除以 2,每次所得余数排列起来。

2 158	余数 0,	↑	低 位
2 79	余数 1,		
2 39	余数 1,		
2 19	余数 1,		
2 9	余数 1,		
2 4	余数 0,		
2 2	余数 0,		高 位
2 1	余数 1,		
0			

所以, 158D = 10011110B

【例 1.2】 0.5625D = _____ B

解 反复乘以 2,每次进位(整数)排列起来。