



二十一世纪高职高专院校规划教材

DANPIANJI
YUANLI YU YINGYONG

单片机 原理与应用

主 编◎李文方

内附实训



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



二十一世纪高职高专院校规划教材



DANPIANJI
YUANLI YU YINGYONG

单片机 原理与应用

主 编 李文方

副主编 吕运朋 张志友

编 者 陈学昌 李海霞 李晓辉 吴 媛 张 妍 刘佳庚



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/李文方主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2010. 5
二十一世纪高职高专院校规划教材
ISBN 978-7-5603-3025-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 078568 号

责任编辑 孙 杰 杨晓丹

封面设计 周 伟

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414049

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司

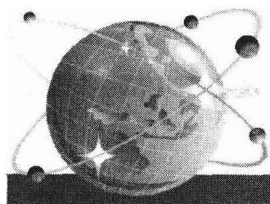
开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 16.75 字数 400 千字

版 次 2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3025-9

定 价 32.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



前言

FOREWORD

通用计算机系统和嵌入式计算机系统是现代计算机技术的两大分支,单片机是嵌入式系统中的典型代表,也是各种智能型电子产品设计中常用到的控制器。单片机控制技术是融计算机技术与自动控制技术为一体的综合性、实践性都比较强的一门技术,也是很多大中专院校和普通高校中电子信息和机电类专业学生的必修课,其先修课程为电路分析、模拟电子和数字电子技术等。

MCS-51 系列机型的出现是 MCU 产业发展中的里程碑,它历经近 30 年发展,已经形成了一个品种多、功能全、性价比高、用户群庞大的系列产品,成了 8 位单片机的技术标准,也成了国内高校最为流行的单片机教学机型。因此,本书主要以 MCS-51 单片机为主体,介绍单片机的原理、结构和应用。本书是编者在多年的单片机教学研究和工程实践基础上参阅相关资料编写而成的。全书从内容上来看,主要分为三个部分:原理和结构、接口及应用、仿真开发工具等,全面讲述了 MCS-51 单片机的硬件结构和指令系统,介绍了外围接口技术及应用,并介绍了单片机应用系统设计的一般方法和步骤以及常用的开发工具。全书力求反映近年来单片机应用及教学领域的新发展和新趋势。每章后面附有习题,便于考察读者对相关内容的掌握程度。本书可作为高职高专院校机械设计与自动化、电子信息工程、测控技术与仪器、电气自动化等专业的单片机课程教材,也可作为单片机爱好者自学和工程技术人员参考之用。

本书在编写体例和内容选择上具有以下鲜明特色:

1. 在编写体例上,从全书到每章都有知识结构图,细致梳理了每章知识点,结构清晰明了,令读者一目了然。

2. 在教材编写上反映单片机自身的特点,重点突出其实用性和实践性,在讲解基本理论知识的基础上紧密结合工程设计实际,同时还举了大量的实例,可以让读者加深理解,有利于学生综合素质的形成与创新能力的培养。

3. 以高职高专院校人才培养目标为向导,紧密结合先修课程,使先修课程融入本课程中,且以实用的原则为后续课程的学习和学生的就业打下坚实的基础。

4. 对仿真开发系统的功能及使用进行了较详细的说明,加强了读者系统开发能力的培养。

当然,限于编者知识水平,也限于编写时间,书中错漏和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

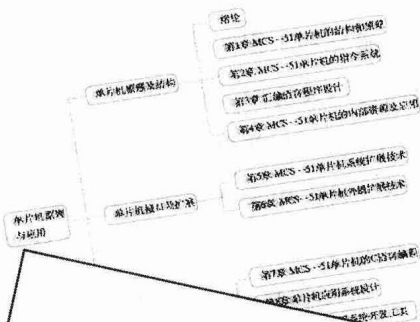
本书学习导航

本书体例模式在综合考虑教师教学及学生学习两方面特性的基础上,以方便教师和学生明确主次、有针对性分配教学或者学习时间而精心打造。体例模式如下:

知识全观

展示全书的知识结构框架图,让学生对全书的知识有全面的认识和把握。

知识全观



目标规划

将本章内容知识点提炼为两个部分:学习目标和技能目标。学习目标从两个方面(基本了解、重点掌握)来阐述,技能目标重点阐述学生应熟练应用的知识点。

目标规划

- (一) 学习目标
- 基本了解:了解MCS-51单片机的结构、特点;
了解MCS-51单片机的指令系统;
重点掌握:掌握MCS-51单片机的组成原理;
掌握MCS-51单片机的时序。
- (二) 技能目标
- 根据需求选择合适的复位方式,选择合适的复位电路元件。

课前热身随笔

设计笔记页,便于学生记录预习时发现的问题或者产生的想法,以便学习时和教师交流。

课前热身随笔

本章穿针引线

展示本章内容框架，
让师生对于本章的学
习一目了然。

本章穿针引线

单片机结构
单片机应用
单片机接口技术

单片机应用
单片机接口技术

课堂速记

观察 P2 口上片选一直有效，当 P2 口输出信号时，将 RAM 中的数据通过 P2 口送入 CPU，由此实现 RAM 与 CPU 的连接。
当外部 RAM 与 CPU 输出信号时，CPU 输出信号通过 P2 口送入 RAM，由此实现 RAM 与 CPU 的连接。

课后延伸

- ① 单片机应用及接口[M]，北京：清华大学出版社，2008。
- ② 单片机应用及接口[M]，北京：清华大学出版社，2008。
- ③ 单片机应用及接口[M]，北京：清华大学出版社，2008。
- ④ <http://www.dzwww.com>
- ⑤ <http://www.mcs51.com>

课后延伸

列出学生学习本章后
可以自学的课外知
识，可以是参考文献
或者网站的形式。

课后延伸

- ① 单片机应用及接口[M]，北京：清华大学出版社，2008。
- ② 单片机应用及接口[M]，北京：清华大学出版社，2008。
- ③ 单片机应用及接口[M]，北京：清华大学出版社，2008。
- ④ <http://www.dzwww.com>
- ⑤ <http://www.mcs51.com>

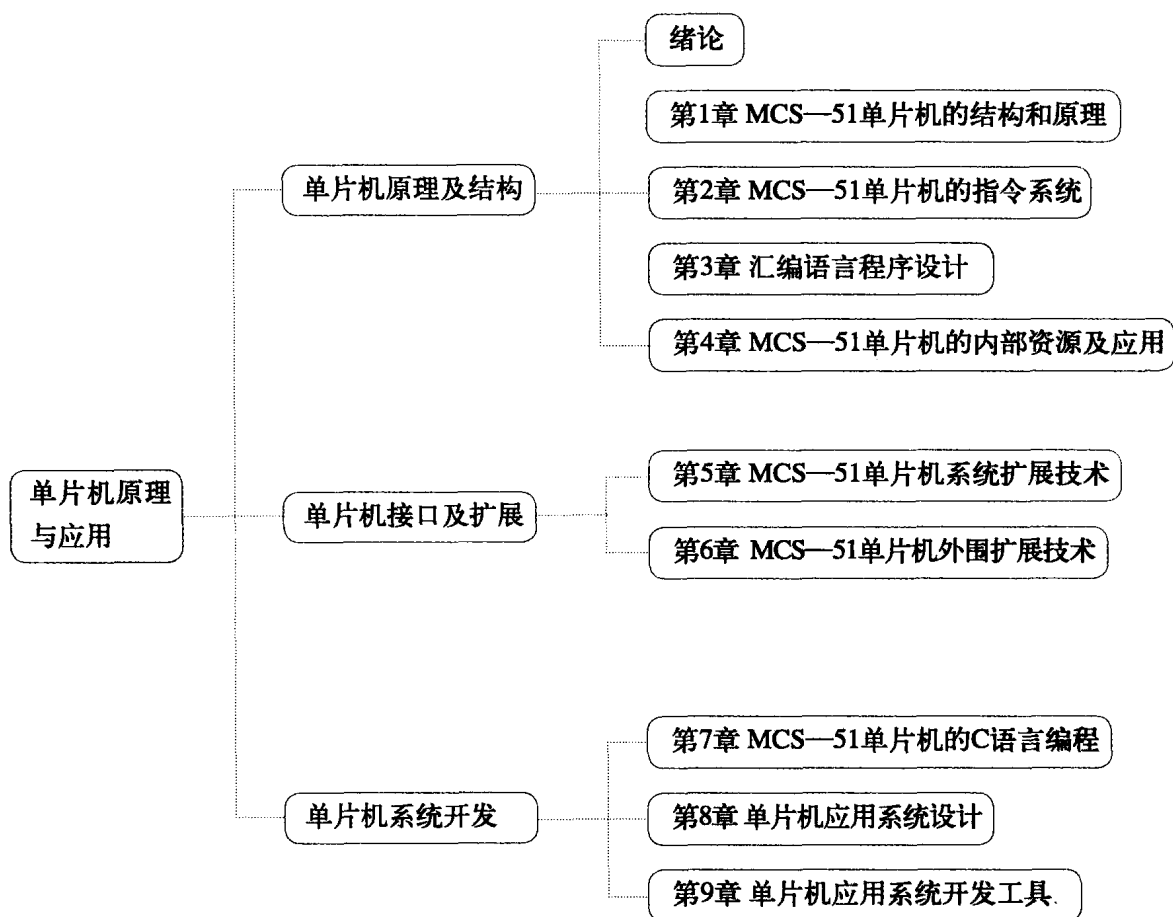
闯关考验

1. 试将下列指令，按指令系统、寻址方式、功能进行分类，并说明其特点。
2. 试将下列指令，按指令系统、寻址方式、功能进行分类，并说明其特点。
3. MCS-51 系列单片机有哪几种寻址方式？各有何特点？
4. 试将下列指令，按指令系统、寻址方式、功能进行分类，并说明其特点。
5. MCS-51 系列单片机指令系统按功能可以分为哪几类？试说明各指令的功能。
6. 试将下列指令按系统、寻址方式、功能进行分类，并说明其特点。
7. 试将下列指令按系统、寻址方式、功能进行分类，并说明其特点。

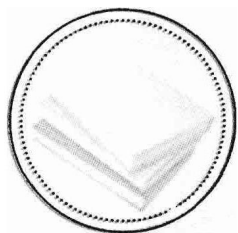
闯关考验

设计形式多样的练习
题，练习题答案将在
教师参考用书中体
现。

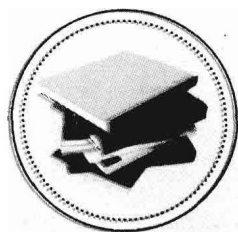
知识全观



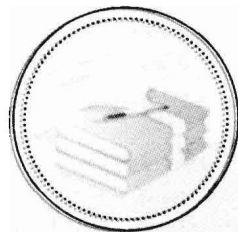
CONTENTS | 目 录



绪 论	1
第 1 章 MCS-51 单片机的结构和原理	10
1.1 MCS-51 单片机的结构	12
1.2 MCS-51 单片机的并行 I/O 口	19
1.3 MCS-51 单片机的工作方式	22
1.4 MCS-51 单片机工作时序	25



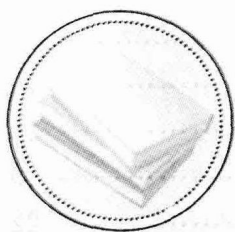
第 2 章 MCS-51 单片机的指令系统	29
2.1 MCS-51 系列单片机的指令系统简介	31
2.2 MCS-51 系列单片机的寻址方式	33
2.3 MCS-51 系列单片机的指令系统	36



第 3 章 汇编语言程序设计	55
3.1 程序设计基础	57
3.2 单片机汇编语言程序的基本结构形式	62



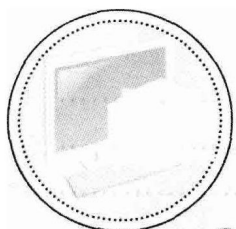
第4章 MCS-51 单片机的内部资源及应用	74
4.1 MCS-51 单片机的中断系统	76
4.2 MCS-51 单片机的定时/计数器	88
4.3 MCS-51 单片机串行通信	96



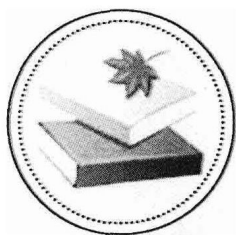
第5章 MCS-51 单片机系统扩展技术	112
5.1 MCS-51 单片机扩展技术的基本原理和方法	114
5.2 MCS-51 单片机存储器扩展	119
5.3 MCS-51 单片机并行 I/O 口的扩展	125
5.4 MCS-51 单片机串行 I/O 总线的扩展	134



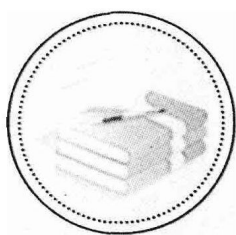
第6章 MCS-51 单片机外围扩展技术	147
6.1 MCS-51 单片机外围扩展技术概述	149
6.2 七段数码管显示扩展	150
6.3 LED 点阵模块扩展	155
6.4 A/D、D/A 接口扩展	160



第7章 MCS-51 单片机的 C 语言编程	168
7.1 C51 数据类型及基本运算	170
7.2 C51 程序基本语句	178
7.3 C51 函数	184



第8章 单片机应用系统设计	193
8.1 单片机应用系统概述	195
8.2 单片机应用系统设计的基本要求与特点	197
8.3 单片机应用系统设计的步骤	199
8.4 单片机应用系统的可靠性设计	204



第9章 单片机应用系统开发工具	208
9.1 仿真工具概述	210
9.2 Keil 仿真软件	211
9.3 Proteus 软件	220
附录 MCS-51 单片机汇编语言指令表	226

绪 论

本书主要介绍 MCS-51 单片机的基本概念和特点、结构和原理、指令系统及接口技术,另外还介绍了现在应用比较广泛的 MCS-51 程序设计及常用的单片机开发工具。作为本书的预备知识,下面将介绍单片机的发展过程、单片机的分类、常用的典型单片机及单片机的应用、数制及其相互转换。

一、MCS-51 单片机的基本概念和特点

1. 单片机的基本概念

单片机全称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),它是把微型计算机的各个功能部件:中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、定时/计数器、I/O 接口电路等集成在一块芯片上,构成一个完整的微型计算机。

2. 单片机的特点

单片机以其特有的优良性能,得到了广泛应用,并深入到各个领域,其特点可概括为:

(1)集成度高、体积小。单片机把各个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接,从而使单片机的体积大大减小。体积小方便组装,也方便嵌入各种功能控制设备和仪器,真正做到了机、电、仪一体化。

(2)可靠性高、实用温度范围宽。单片机具有很强的抗干扰能力和适应能力,对于强磁场环境易采取屏蔽措施,适合于在恶劣环境下工作。这是其他计算机产品无法比拟的。

(3)有优良的性能价格比。单片机功能较强,价格便宜,并且应用系统的印刷电路板小、插接件少,同时应用系统的硬件设计较为简单,研制周期较短,性价比较高,易于产品化,是单片机推广应用的重要因素,也是各大公司竞争的主要策略。

(4)控制功能强。单片机是微型计算机的一个品种,虽然它的体积小,但是“五脏俱全”,它适用于专门的控制用途。在工业测控应用中,单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。

(5)外部总线丰富、功能扩展性强。单片机可以很容易构成各种规模的应用系统,易实现多机和分布式控制,从而使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

(6)低功耗。适用于各种便携式产品和家用电器产品。

二、单片机的发展过程

自从 1974 年 12 月美国 Fairchild 公司研制出了世界上第一台单片机 F8 以来,单片机迅速发展,各种新型、高性能单片机不断推陈出新。迄今为止,单片机的发展经历了 4 个阶段:

第一阶段(1974~1978 年):单片机初级阶段

以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,这个系列的单片机制造工艺比较落后,在片内集

课堂速记



成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器、RAM 等,无串行 I/O 口,寻址范围小于 4KB。其代表产品为仙童公司生产的单片机 F8 等。

第二阶段(1978~1983 年):单片机完善阶段

以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为代表,这个阶段的单片机均带有串行 I/O 口,具有多级中断处理系统,定时/计数器为 16 位,片内 RAM 和 ROM 容量相对增大,且寻址范围可达 64KB。这类单片机的应用领域极其广泛,由于其优良的性价比,特别适合我国的国情,故在我国得到广泛应用。

第三阶段(1983~1990 年):单片机巩固和推新阶段

此阶段的单片机,一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其性能、结构,满足不同用户的需求;另一方面发展 16 位、32 位单片机及专用单片机。16 位单片机工艺先进、集成度高、内部功能强,并且允许用户采用面向工业控制的语言。继 16 位单片机出现不久,几大公司先后推出了代表当前最高性能和技术水平的具有极高集成度的 32 位单片机。

第四阶段(1990 年至今):单片机全面发展阶段

适合于不同领域要求的单片机全面发展,如各种高速、大存储容量、强运算能力的 8 位、16 位、32 位通用型单片机,还有用于单一领域的廉价的专用型单片机。这类单片机的 CPU 可与其他微控制器兼容,指令系统进一步优化,运算速度可动态改变,具有强大的中断控制系统以及同步/异步通信控制系统。主要应用于航空航天、智能机器人、军事现代化等。

三、单片机的分类及常用的典型单片机

1. 单片机的分类

(1) 按 CPU 处理字的长度划分

按 CPU 处理字的长度可分为 4 位、8 位、16 位、32 位单片机。

4 位单片机可以一次并行处理 4 位二进制数据,单片机就是从 4 位机开始发展的。其特点是价格便宜,结构简单,功能灵活,既有一定的数字处理能力,又有较强的控制能力。主要应用于诸如洗衣机、微波炉等家用电器及高档电子玩具中。

8 位单片机已成为单片机的主要机型。为了提高 8 位机的性能,把 16 位以上机型的高性能、高技术下移到 8 位,大大提高了 8 位机的性能。其特点是控制功能强,价格低廉,品种齐全,因而被广泛应用于各个领域,成为单片机的主流。

16 位单片机主要有 Intel 公司的 MCS-96 系列,NS 公司的 HPC16040 系列等。其中 MCS-96 系列是得到实际应用的最具有代表性的产品。它们主要应用于复杂的工业和民用控制系统。

32 位单片机最具有代表性的是 Intel 公司的 MCS-80960 系列, Motorola 公司的 MC68H332 的 32 位系列。它们主要应用于对数据处理能力要求较高的场合。

(2) 按单片机使用范围划分

单片机可分为通用型单片机和专用型单片机两大类。通用型单片机把开发资源全部提供给用户使用,实用性较强,应用范围广。专用型单片机是针对各种特殊需要专门设计的芯片。与其他集成电路芯片一样,单片机也可按所使用的环境温度分为 3 个等级,即民用级 0~70℃、工业级 -40~85℃ 和军用级 -65~125℃。

2. 常用的典型单片机

(1) Intel 公司的 MCS-51 系列单片机



目前,国际上单片机生产厂商各有自己的系列产品,至少有 50 个系列,400 多个品种。但无论是从世界范围或是从全国范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 系列单片机。MCS-51 系列单片机指的是 Intel 公司生产的一个系列的单片机的总称。MCS-51 系列单片机是商业化的单片机的鼻祖,多年来积累的技术资料和开发经验是其他系列单片机所不能比拟的。

MCS-51 系列分为 51 和 52 两个系列,其中 51 子系列是基本型,而 52 子系列则属增强型,如表 1 所示。单片机型号带有字母“C”的,表示该单片机在制造工艺上采用的是 CHMOS 工艺,具有低功耗的特点。因此,在便携式、手提式或野外作业仪器设备产品中得到广泛应用。其余型号不含字母“C”的,是采用 HMOS 工艺。MCS-51 单片机片内程序存储器有 3 种配置形式,即掩膜 ROM、EPROM 和无 ROM。一般情况下,片内带掩膜 ROM 适用于定型大批量应用的产品生产;片内带 EPROM 适用于研制产品样机;外接 EPROM 的方式适用于研制新产品。

表 1 MCS-51 系列单片机配置表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址方式	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8KB	256B	2×64KB	2×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8KB	256B	2×64KB	2×16	4×8	1	6

(2) Atmel 公司生产的 AT89 系列单片机

Atmel 公司所生产的 AT89 系列单片机,以 8031 为内核构成,片内集成有 4KB 的 Flash 存储器,与 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机完全兼容,常见的型号有 AT89C51、AT89C1051 和 TA89C2051 等。

(3) Motorola 单片机

Motorola 公司是世界上最大的单片机厂商。从 M6800 开始,开发了广泛的品种,4 位、8 位、16 位、32 位的单片机都能生产,其中典型的代表有 8 位机 M6805、M68HC05 系列,8 位增强型 M68HC11、M68HC12,16 位机 M68HC16,32 位机 M683XX。Motorola 单片机的特点之一是在同样的速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多,因而使其高频噪声低,抗干扰能力强,更适用于工控领域及恶劣的环境。

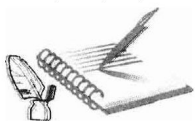
(4) Philips 单片机

Philips 公司的单片机都是属于 MCS-51 系列兼容的单片机,8 位机的主要产品型号有 P80CXX、P87CXX 和 P89CXX 系列,16 位机的主要产品型号有 PXACXX、PX-AGXX 和 PXASXX 等。

(5) WinBond 单片机

中国台湾 WinBond(华邦)公司生产的单片机大致分为 5 大类:4 位单片机、与 MCS-51 兼容的 8 位单片机、监控专用单片机、片内集成 Flash 存储器的单片机和电话应用单片机。WinBond 兼容单片机也在功能上有很大加强,即增加了诸如看门狗、定时器、双数据指针、A/D 转换、PWM 输出、PMM、掉电复位、I²C 和 CAN 总线控制器等。华邦公司的 W77、W78 系列 8 位单片机的引脚和指令系统与 8051 兼容,但每个指令周期只需

课堂速记 要 4 个时钟周期,速度提高 3 倍,工作频率最高达 40MHz。



(6) EPSON 单片机

EPSON 单片机以低电压、低功率和内置 LCD 驱动器等特点闻名于世,尤其是 LCD 驱动部分做得很好。广泛用于工业控制、医疗设备、家用电器、仪器仪表、通信设备和手持式消费类产品等领域。

(7) 东芝单片机

东芝单片机门类齐全,从 4 位机到 64 位机都有。4 位机家电领域有很大市场,8 位机主要有 870 系列、90 系列。东芝的 32 位单片机采用 MIPS 30000A RISC 的 CPU 结构,面向 VCD、数码相机、图像处理等市场。

另外,各个单片机生产厂家还陆续推出了各种特殊功能的单片机,有的单片机为了构成具有控制网络,内部含有局域网控制模块 CAN,例如 Infineon 公司的 C505C、C515C 等;Motorola 公司 MC68HC0AZ 系列等;有的单片机内部设置了专门用于变频控制的脉宽调制器(PWM)电路,可以方便地用于变频控制领域,如 Fujitsu 公司的 MB89850 系列,Motorola 公司的 MC68HC08MR16 等。

目前,新的单片机功耗越来越小,集成度越来越高,当然,应用这些单片机设计生产的系统成本也是越来越低。

四、单片机的应用

单片机自身的特点决定了其应用非常广泛,它已成为工业、农业、国防、科研、教育以及日常生活等各个领域的智能化工具,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. 在智能仪器仪表中的应用

单片机具有体积小、功耗小、功能强等特点,可以提高测试的自动化程度和精度。故广泛应用于各类仪器仪表中,例如微机多功能电位分析仪、微机温度测控仪、智能电度表、智能流速仪、精密数字温度计、微机多功能 pH 测试仪等。

2. 在工业实时测控中的应用

单片机应用于各种工业实时控制中,如火灾报警系统、炉温控制系统、工业机器人的控制系统等。采用单片机作为机床数控系统,可以提高机床数控系统的可靠性、提高抗干扰能力、降低机床成本。

3. 在通信中的应用

单片机具有良好的通信接口,不仅可以提高采集速度,而且可以对数据进行预处理,为在通信设备中的应用提供了良好的条件。例如列车无线通信系统、自动呼叫应答系统、调制解调器、声像处理、数字滤波等。

4. 在日常生活及家用电器中的应用

单片机越来越广泛地应用于日常生活中的智能电气产品及家电中。例如电子秤、银行计息电脑、洗衣机控制、电冰箱控制、微波炉控制、电饭锅控制等。

五、计算机中的数制及其相互转换

数制是指数的制式,是人们利用符号进行计数的规则。数制有很多种,在计算机中常用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制。



任何一种进制中的数都可以用基数和权来表示,其中每一位的值可用该位的数字乘以基数的幂次来表示,基数的幂次称为权。

$$[M] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times \text{基数}^i$$

1. 十进制

十进制由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 这 10 个数字符号(又称为数码)组成。数码的个数称为基数,即十进制的基数为 10,各位的权为 10^n 。满足逢十进一、借一当十的运算规则。十进制数常用后缀 D(Decimal)或 10(也可不加)表示。 $(1968.128)_D$ 用权的方式展开可表示为:

$$(1968.128)_D = (1968.128)_{10} = 1968.128 = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2} + 8 \times 10^{-3}$$

式中 10^0 、 10^1 、 10^2 、 10^3 分别为该位的位权,即 0 位权、1 位权、2 位权、3 位权。

2. 二进制

二进制由 0、1 两个数字符号组成。这是一种最简单的数制,计算机中普遍采用,但书写繁琐并且难以记忆。二进制的基数为 2,各位的权为 2^n 。满足逢二进一、借一当二的运算规则。二进制数常用后缀 B(Binary)或 2 表示。 $(11001.101)_B$ 用权的方式展开可表示为:

$$(11001.101)_B = (11001.101)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

3. 八进制

八进制由 0、1、2、3、4、5、6、7 这 8 个数字符号组成。八进制的基数为 8,各位的权为 8^n 。满足逢八进一、借一当八的运算规则。八进制数常用后缀 O(Q)或 8 表示。 $(526.101)_Q$ 用权的方式展开可表示为:

$$(526.101)_Q = (526.101)_8 = 5 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 0 \times 8^{-2} + 1 \times 8^{-3}$$

4. 十六进制

十六进制由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 这 16 个数字符号组成。十六进制的基数为 16,各位的权为 16^n 。满足逢十六进一、借一当十六的运算规则。十六进制数常用后缀 H(Hexadecimal)或 16 表示。 $(8D7E.A)_H$ 用权的方式展开可表示为:

$$(8D7E.A)_H = (8D7E.A)_{16} = 8 \times 16^3 + 13 \times 16^2 + 7 \times 16^1 + 14 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1}$$

5. 十进制数转换为二进制数、八进制数、十六进制数

其原理是将整数部分和小数部分分别进行转换。整数部分采用除基取余法,小数部分采用乘基取整法。转换后再合并。

(1) 整数部分采用除基取余法:十进制整数不断除以所需转换的进制基数,直至商为 0。每除以一次基数取一次余数,先得到的余数为低位,后得到的余数为高位,最好将所得余数从下向上读取。

(2) 小数部分采用乘基取整法:用所需转换的进制的基数乘以小数部分,直至小数为 0 或达到转换精度要求的位数,每乘一次基数取一次整数,先得到的整数为高位,后得到的整数为低位,最后将所有得到的整数从高位取到低位,即所有转换的数。

例如将十进制数 36.75 转换为二进制数的计算方法如图 1 和图 2 所示。

课堂速记



2	36	
2	18	余数为 $0=K_0$
2	9	余数为 $0=K_0$
2	4	余数为 $1=K_0$
2	2	余数为 $0=K_0$
2	1	余数为 $0=K_0$
	0	余数为 $1=K_0$

读数为 $36=(100100)_B$

图1 整数部分转换图

0.75		
$\times 2$	低位	
1.50		整数部分为 $1=K_1$
0.50		余下的小数部分
$\times 2$		
1.00		整数部分为 $1=K_2$
0.00	高位	余下的小数部分为 0

读数为 $0.75=(11)_B$

图2 小数部分转换图

所以: $(36.75)_{10}=(100100.11)_2$ 。采用基数连除、连乘法,可将十进制数转换为任意的 N 进制数。

6. 二进制数与八进制数的相互转换

由于 $2^3=8$,即每三位二进制数刚好表示一位八进制数,所以二进制数转换成八进制数时,可采用“合三为一法”,即三位分组转换法:从小数点起对整数位向左,小数位向右每三位分一组,不足三位时,在最外端用 0 补足三位,然后将每组二进制数分别转换成八进制数,并按原位置次序写出,就得到与原二进制数等值的八进制数。

$$(1011010001.01)_2=(001\ 011\ 010\ 001.010)_2=(1321.2)_8$$

反之,将八进制数转换为二进制数时,只需使用上述方法的逆过程,即“一分为三法”,将每位八进制数用三位二进制数表示,并在转换成二进制数后,略去那些最外端的 0,因为它们并不影响记数值。

$$(4261.73)_8=(100\ 010\ 110\ 001.111\ 011)_2=(100010110001.111011)_2$$

7. 二进制数与十六进制数的相互转换

由于 $2^4=16$,所以每四位二进制数刚好表示一位十六进制数,故二进制数转换成十六进制数,可采用“合四为一法”,即四位分组转换法:从小数点起对整数位向左,小数点向右每四位分一组,不足四位时,在最外端用 0 补足四位,然后将每一组二进制数分别转换成十六进制,并按照原位置次序写出,即得与原二进制数等值的十六进制数。

$$(1011010001.01)_2=(0010\ 1101\ 0001.0100)_2=(2D1.4)_{16}$$

反之,将十六进制数转换成二进制数时,只需使用上述方法的逆过程,即“一分为四法”。将每位十六进制数用四位二进制数表示,并在转换成二进制数后,略去那些最外端的 0 即可。

$$(5E6CA.2B)_8=(0101\ 1110\ 0110\ 1100\ 1010.0010\ 1011)_2$$

$$=(1011110011011001010.00101011)_2$$

8. 八进制数与十六进制数的相互转换

方法一:可以借助于十进制完成八进制与十六进制之间的转换。

方法二:可以借助于二进制完成八进制与十六进制之间的转换。

9. 编码

计算机所能处理和存储的信息量巨大,其软件系统要适应发展的需要,对表示信息的二进制数码或代码必须进行统一的编码,以保证计算机的通用性,否则就会造成在呼唤和交流时的混乱。

通常,将十进制数字、英文字母和一些专用符号等数据都用一定长度的二进制数来表示,称作编码;用编码表示的数据就成为代码。使用计算机时,程序、控制命令、数据等



在其内部一律用代码表示。

(1) BCD 码

计算机内部采用二进制数,而人们习惯使用十进制数,所以必须对十进制数的 0~9 这 10 个数字进行二进制编码。虽然也有“二—十”进制的转换,但这种转换比较繁琐。为此,人们提出了一个比较适合于十进制的二进制码的特殊形式,即“二—十”进制码,通常用 BCD(Binary Coded Decimal)表示。BCD 码是一种二进制表示的十进制数。

BCD 码种类较多,如有 8421 码、5421 码、2421 码、余 3 码、格雷码等,如表 2 所示。

表 2 常用 BCD 码表

十进制数	二进制数	8421 码	余 3 码	格雷码	2421 码	5421 码
0	0000	0000	0011	0000	0000	0000
1	0001	0001	0100	0001	0001	0001
2	0010	0010	0101	0011	0010	0010
3	0011	0011	0110	0010	0011	0011
4	0100	0100	0111	0110	0100	0100
5	0101	0101	1000	0111	1011	1000
6	0110	0110	1001	0101	1100	1001
7	0111	0111	1010	0100	1101	1010
8	1000	1000	1011	1100	1110	1011
9	1001	1001	1100	1101	1111	1100

8421 码用 4 位二进制数给 0~9 这 10 个数字编码。它是有权码,组成它的四位二进制代码的权分别为 8、4、2、1,故得名 8421 码。由于四位二进制数可以组成 16 种状态,而十进制数只有 0~9 十个符号,因此,它取出前 10 种状态 0000~1001 这 10 个二进制编码来分别表示十进制数符号 0~9。在 BCD 码表示的十进制数中,不允许出现 1010、1011、1100、1101、1110、1111 这 6 种非法状态。

(2) ASCII 码

ASCII 码是“美国标准信息交换代码”的简称,已成为国际通用的标准编码。ASCII 码常用于计算机与外部设备的数据传输。例如通过键盘的字符输入、通过打印机或显示器的字符输出。

ASCII 码采用 7 位二进制数进行编码,共 128 个字符编码。这 128 个字符分为两类。一类是图形字符:包括 10 个十进制数符、52 个大、小写英文字母和 34 个其他字符,共计 96 个。图形字符具有特定的形状,可以在显示器上显示。另一类是控制字符:包括回车、换行、退格等,共 32 个。控制字符没有特定的形状,但有一定的控制作用,不能在显示器上显示。

ASCII 码占一个字节的 7 位,在字长为 8 位的计算机中,其高位 D7 位常用作奇偶校验位或者表示扩展 ASCII 码字符。常用字符的 ASCII 码见表 3。