

21世纪高职高专规划教材

电子信息
工学结合模式
系列教材

单片机应用项目化教程

赵海霞 李艳 主编

刘德强 朱丽兰 林琳 副主编

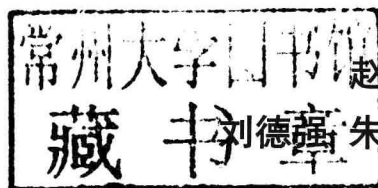
清华大学出版社



电子信息
工学结合模式
系列教材

21世纪高职高专规划教材

单片机应用项目化教程



赵海霞 李艳 主编
朱丽兰 林琳 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机为主线,采用“项目描述—项目实现—项目总结—拓展训练”的项目式结构体系。本书包括 8 个由易到难的独立项目,分别介绍了单片机的基础知识、MCS-51 系列单片机的指令系统、MCS-51 系列单片机的定时器/计数器、中断技术、串行通信技术、A/D 和 D/A 转换、并行输入/输出口的扩展,以及目前市面上比较流行的液晶显示器。

本书主要面向 MCS-51 系列单片机的教学、科研和工程技术人员的应用,既可以作为高职高专或中职中专院校相关专业的教材,也可以作为单片机工程技术人员的短期培训教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用项目化教程/赵海霞,李艳主编. —北京:清华大学出版社,2013.1

(21 世纪高职高专规划教材. 电子信息工学结合模式系列教材)

ISBN 978-7-302-29784-0

I. ①单… II. ①赵… ②李… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 189685 号

责任编辑:刘翰鹏

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁 芳

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15

字 数:346 千字

版 次:2013 年 1 月第 1 版

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:30.00 元

产品编号:044901-01

目 录

项目 1 跑马灯的设计与实现	1
1.1 单片机基础知识	1
1.1.1 微型计算机的组成及工作原理	1
1.1.2 单片机的概念、结构及产品介绍	3
1.1.3 单片机的特点、应用及发展	6
1.2 计算机中数的表示与实现	9
1.2.1 数制与编码	9
1.2.2 计算机中数据的表示与运算	14
1.3 单片机介绍	18
1.3.1 单片机的引脚及相关功能	18
1.3.2 MCS-51 单片机的基本组成	20
1.3.3 I/O 端口	27
1.3.4 单片机的复位及时钟电路	30
1.3.5 单片机的工作过程	34
1.4 项目实施过程	35
1.5 项目总结	37
1.6 拓展训练——花样跑马灯的设计与实现	37
项目 2 室内温度计的设计与实现	38
2.1 MCS-51 系列单片机指令系统	38
2.1.1 汇编语言概述	38
2.1.2 MCS-51 指令系统概述	38
2.1.3 MCS-51 系列单片机指令系统	41
2.1.4 常用的伪指令	64
2.1.5 汇编语言程序应用	65
2.2 数字温度传感器 DS18B20 介绍	72
2.2.1 DS18B20 概述	72
2.2.2 DS18B20 内部结构	72
2.2.3 DS18B20 工作原理及时序	74

2.3	项目实施过程	75
2.4	项目总结	81
2.5	拓展训练——大棚温度测试系统的设计与实现	81
项目3	交通灯的设计与实现	82
3.1	MCS-51 系列单片机的定时器/计数器概述	82
3.1.1	定时器/计数器的内部结构	83
3.1.2	定时器/计数器的控制	84
3.2	定时器/计数器的工作方式	85
3.2.1	工作方式0	85
3.2.2	工作方式1	86
3.2.3	工作方式2	87
3.2.4	工作方式3	88
3.3	定时器/计数器的应用	90
3.4	项目实施过程	94
3.5	项目总结	97
3.6	拓展训练——三岔路口交通灯的设计与实现	97
项目4	数字时钟的设计与实现	98
4.1	中断技术	98
4.1.1	中断的基本概念	98
4.1.2	中断的功能与作用	99
4.1.3	中断源及中断的分类	100
4.1.4	中断的流程	102
4.2	MCS-51 系列单片机中断系统	105
4.2.1	MCS-51 系列单片机中断系统的结构	105
4.2.2	中断处理过程	109
4.3	外部中断源的扩展	113
4.3.1	定时器/计数器扩展外部中断源	113
4.3.2	查询方式扩展外部中断源	113
4.4	中断的应用	114
4.4.1	外部中断的应用	114
4.4.2	定时器中断的应用	114
4.5	项目实施过程	118
4.6	项目总结	122
4.7	拓展训练——计数器的设计与实现	122

项目 5 双机通信的设计与实现	123
5.1 串行通信概述	123
5.1.1 单片机的通信	123
5.1.2 串行通信	124
5.1.3 波特率	128
5.2 MCS-51 系列单片机的串行口	128
5.2.1 MCS-51 系列单片机串行口的结构	129
5.2.2 MCS-51 系列单片机串行口的控制	129
5.3 MCS-51 系列单片机串行口的工作方式及波特率的计算	131
5.3.1 工作方式 0	131
5.3.2 工作方式 1	132
5.3.3 工作方式 2 和工作方式 3	133
5.3.4 各方式波特率的设计	134
5.4 串行口的应用	135
5.4.1 双机通信	135
5.4.2 多机通信	136
5.4.3 扩展 I/O 口	137
5.5 项目实施过程	139
5.6 项目总结	145
5.7 拓展训练——甲机控制乙机二极管显示的设计与实现	146
项目 6 数字体温计的设计与实现	147
6.1 A/D、D/A 转换	147
6.1.1 A/D 转换	148
6.1.2 D/A 转换	155
6.2 热敏电阻	162
6.2.1 热敏电阻介绍	162
6.2.2 热敏电阻分类	165
6.2.3 热敏电阻的应用	168
6.3 项目实施过程	169
6.4 项目总结	173
6.5 拓展训练——带记忆功能的数字体温计的设计与实现	173
项目 7 简单计算器的设计与实现	174
7.1 并行 I/O 的扩展	174
7.1.1 I/O 扩展概述	174
7.1.2 常用的 I/O 口扩展方法及芯片	175
7.2 数码管及其应用	188

7.2.1 LED 概述	188
7.2.2 数码管显示方式	189
7.2.3 LED 显示器接口方法	192
7.3 键盘及其接口	193
7.3.1 键盘概述	193
7.3.2 单片机与键盘的接口	194
7.4 项目实施过程	202
7.5 项目总结	212
7.6 拓展训练——秒表的设计与实现	212
项目 8 LCD 显示	213
8.1 液晶显示器简介	213
8.1.1 液晶显示器的特点	213
8.1.2 液晶显示器的工作原理	214
8.2 单片机控制 LCD 的显示	215
8.2.1 字符型 LCD 介绍	215
8.2.2 单片机控制 LCD 的软件设计	219
8.3 项目实施过程	222
8.4 项目总结	224
8.5 拓展训练——LCD 的设计与显示	224
附录 A MCS-51 指令表	225
附录 B ASCII 码表	230
参考文献	231

跑马灯的设计与实现

🔗项目目标

1. 掌握单片机的概念及组成,了解微处理器、微机、微机系统的概念;
2. 了解典型的单片机产品系列及各系列之间的区别;
3. 了解单片机系统的一般开发过程;
4. 掌握计算机中数据的表示方法及其运算过程;
5. 掌握跑马灯的软、硬件实现。

🔗项目重点、难点

1. 单片机的概念及组成;
2. 典型的单片机产品系列及各系列之间的区别;
3. 单片机系统的一般开发过程;
4. 跑马灯的软、硬件实现。

🔗项目描述

跑马灯是学习单片机的一个最基础的实验项目。跑马灯要求将 8 个发光二极管从前到后逐个点亮,并且自动循环。

1.1 单片机基础知识

1.1.1 微型计算机的组成及工作原理

1. 微型计算机的基本概念

(1) 微处理器(Microprocessor)

微处理器通常指中央处理器,简称为 CPU。它由算术逻辑运算部件(ALU)、寄存器、程序计数器、控制器、内部总线等组成。它采用大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)制作,具有体积小、功能强等特点。

典型的微处理器有 Intel 公司的 80x86 和 Pentium 系列,Zilog 公司的 Z 系列, Motorola 公司的 M6800 系列,IBM 公司的 Power PC604 和 PC620,以及 NEC 公司的 UPD78 系列等。不同类型的 CPU 其特性不尽相同,如指令系统、运算速度、内部寄存器、存储寻址能力等,这些特性在微机应用系统设计选型中常常涉及。

(2) 微型计算机

微型计算机简称微机,从结构上分析,以 CPU 为中心,再配置上数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM)、输入/输出接口和总线,便构成了微型计算机。微型计算机具有运算、存储和与外部设备进行数据交换等功能,还可配有适当的外部设备,如键盘、显示器等。微型计算机的这一灵活应用的特点,是目前应用最广泛的。概括地说,微型计算机可分为单片微处理机和通用微型计算机两大类。

① 单片微处理机。单片微处理机就是把 CPU、存储器、定时器/计数器和输入/输出接口等部件都集成在一个电路芯片上,并具备一套功能完善的指令系统,有的型号的单片微处理机同时还具备数/模和模/数转换等功能部件。通常这些高性能的芯片都能应用在不同场合独立地处理程序,故简称单片机或单片处理机。

典型的单片处理机有 Intel 公司的 MCS-51、MCS-96 系列, Motorola 公司的 MC68HC11, Rockwell 公司的 65 系列等。有些高性能的单片机还支持高级语言,它们广泛应用在家用电器、智能化仪器和工业控制等领域。

② 通用微型计算机。将不同用途的外设接口设计为独立的适配卡作为微机的接口配件,在微机内则采取总线插槽的形式,为外部设备提供总线接口。这样,在一台基本主机上就可以根据应用的要求,配置不同用途的外部设备。这种微机称为通用微型计算机。

(3) 微型计算机系统

在通用微型计算机上配置相应的软件系统,就构成了能适应不同应用要求的微型计算机系统。微型计算机系统在科学计算、企业管理、家庭和娱乐等方面得到了广泛应用。

2. 微型计算机基本结构

1946 年 2 月 15 日,第一台电子数字计算机 ENIAC 问世,这标志着计算机时代的到来。ENIAC 是电子管计算机,时钟频率仅有 100kHz,但能在 1 秒钟的时间内完成 5000 次加法运算。与现代的计算机相比,它有许多不足,但它的问世开创了计算机科学技术的新纪元,对人类的生产和生活产生了巨大的影响。

微型计算机的基本组成如图 1-1 所示,主要由中央处理器(CPU)、存储器(Memory)、输入/输出接口(I/O 接口)和系统总线(BUS)构成。

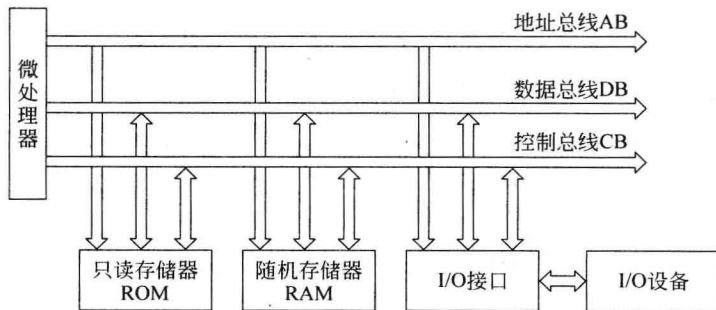


图 1-1 微型计算机的基本组成

1946年6月匈牙利籍数学家冯·诺依曼提出了“程序存储”和“二进制运算”的思想,进一步构建了计算机的结构,提出了微机是由中央处理器(CPU,包括控制器和运算器)、存储器和输入/输出设备组成的这一经典结构,如图1-2所示。

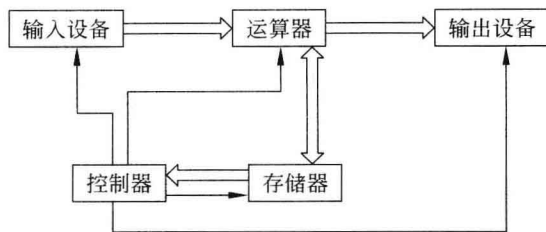


图 1-2 计算机的冯·诺依曼结构

3. 微型计算机的基本工作过程

每种型号的 CPU 都有自己的指令系统,每条指令一般由指令操作码(规定指令的操作类型)和操作数(规定指令的操作对象)两部分组成。用户根据要完成的任务预先编好程序,再通过输入设备(如键盘)将程序送入存储器中。微型计算机开始工作后,首先将该程序在存储器中的起始地址送入微处理器的程序计数器(PC)中,微处理器根据 PC 中的地址值找到对应的存储单元,并取出存放在其中的指令操作码送入微处理器的指令寄存器(IR)中,再由指令译码器(ID)对操作码进行译码,并由微操作控制电路发出相应的微操作控制脉冲序列去取出指令的剩余部分(如果指令不止1个字节的长度),同时执行指令赋予的操作功能。在取指令过程中,每取出1个单元的指令,PC的值自动加1,形成下一个存储单元的地址。以上为一条指令的执行过程,如此不断重复上述过程,直至执行完最后一条指令为止。

综上所述,微型计算机的基本工作过程是执行程序的过程,也就是 CPU 自动从程序存放的第1个存储单元起,逐步取出指令、分析指令,并根据指令规定的操作类型和操作对象,执行指令规定的相关操作。如此重复,周而复始,直至执行完程序的所有指令,从而实现程序的基本功能,这就是微型计算机的基本工作原理。

1.1.2 单片机的概念、结构及产品介绍

1. 单片机的概念及结构

所谓单片机,即单片微型计算机,就是把中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、存储器(Memory)、定时器/计数器和 I/O(Input/Output)接口电路等一些计算机的主要功能部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。单片机除集成上述部件外,还包括中断系统,可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路。

虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上看,它已经具有微型计算机系统的含义,中文单片机的称呼由英文名称“Single Chip Microcomputer”直接翻译而来。单片机的内部结构如图1-3所示。

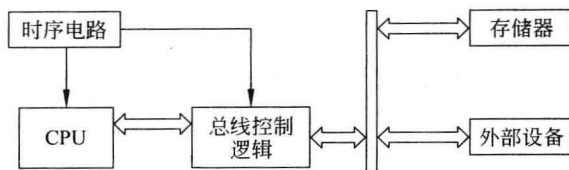


图 1-3 单片机的内部结构

2. 典型单片机产品介绍

(1) MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 1980 年推出的高性能 8 位单片机,在目前单片机市场中,8 位单片机仍占主导地位。MCS-51 系列单片机以其良好的性价比,仍是目前单片机开发和应用的主流机型。

MCS-51 可分为两个子系列和 4 种类型,按资源的配置数量,MCS-51 系列分为 51 和 52 两个子系列,其中 51 子系列是基本型,而 52 子系列属于增强型。

80C51 单片机系列是在 MCS-51 系列的基础上发展起来的。早期的 80C51 只是 MCS-51 系列众多芯片中的一类,但是随着后来的发展,80C51 已经形成独立的系列,并且成为当前 8 位单片机的典型代表。

MCS-51 系列单片机分类如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类

资源配置 子系列	片内 ROM 的形式				片内 ROM 容量/KB	片内 RAM 容量/B	定时器/ 计数器	中断源
	无	ROM	EPROM	E ² PROM				
8x51 系列	8031	8051	8751	8951	4	128	2×16	5
8xC51 系列	80C31	80C51	87C51	89C51	4	128	2×16	5
8x52 系列	8032	8052	8752	8952	8	256	3×16	6
8xC252 系列	80C232	80C252	87C252	89C252	8	256	3×16	7

下面简要比较 80C51 与 8051。

① MCS-51 系列芯片采用 HMOS 工艺,而 80C51 芯片则采用 CHMOS 工艺。CHMOS 工艺是 CMOS 和 HMOS 的结合。

② 80C51 芯片具有 CMOS 低功耗的特点。

③ 80C51 主要在以下几个方面做了增强。首先,为进一步降低功耗,80C51 芯片增加了待机和掉电保护两种工作方式,以保证单片机在掉电情况下能以最低的消耗电流维持。此外,在 80C51 系列芯片中,内部程序存储器除了 ROM 型和 EPROM 型外,还有 E²PROM 型,例如 89C51 就有 4KB E²PROM。并且随着集成技术的提高,80C51 系列片内程序存储器的容量也越来越大,目前已有 64KB 的芯片了。另外,许多 80C51 芯片还具有程序存储器保密机制,以防止应用程序泄密或被复制。

(2) MCS-96 系列单片机

MCS-96 系列单片机是 Intel 公司在 1983 年推出的 16 位单片机,它与 8 位机相比,具有集成度高、运算速度快等特点。它的内部除了有常规的 I/O 接口、定时器/计数器、全

双工串行口外,还有高速 I/O 部件、多路 A/D 转换和脉宽调制输出(PWM)等电路,其指令系统比 MCS-51 更加丰富。

(3) ATMEL 公司单片机

ATMEL 公司于 1992 年推出了全球第一个 3V 超低压 Flash 存储器,并于 1994 年以 E²PROM 技术与 Intel 公司的 80C31 内核进行技术交换,从此拥有了 80C31 内核的使用权,并将 ATMEL 特有的 Flash 技术与 80C31 内核结合在一起,生产出 AT89C51 系列单片机。

ATMEL 公司的 AT89C51 系列单片机均以 MCS-51 系列单片机作为内核,同时,该系列的各种型号的产品又具有十分突出的个体特色,已经成为广大 MCS-51 系列单片机用户进行电子设计与开发的优选单片机品种,表 1-2 列出了 AT89C51 系列单片机的主要性能。

表 1-2 AT89C51 系列单片机主要性能

特性	型号	AT89C1051	AT89C2051	AT89C51	AT89C52	AT89LV51	AT89LV52	AT89C55	AT89S8252
Flash 程序存储器/KB		1	2	4	8	4	8	20	8
片内 RAM/B		64	128	256	128	256	256	256	256
片内 E ² PROM		0	0	0	0	0	0	0	2KB
SPI 接口		无	无	无	无	无	无	无	有
系统可编程		—	—	可以	可以	可以	可以	可以	可以
16 位定时器/计数器		1	2	2	3	2	3	3	3
串行卸载		—	—	—	—	—	—	—	可以
数据指针		1	1	1	1	1	1	1	2
加密位		2	2	3	3	3	3	3	3
定时器		无	无	无	无	无	无	无	有
全双工串行口		无	有	有	有	有	有	有	有
片上模拟比较器		有	有	无	无	无	无	无	无
I/O 端子口		15	15	32	32	32	32	32	32
中断矢量		3	5	5	6	5	6	6	6
外部地址数据总线		无	无	有	有	有	有	有	有
待机与掉电方式		有	有	有	有	有	有	有	有
通过中断退出掉电		—	—	—	—	—	—	—	有
电源电压/V		2.7~6.0	2.7~6.0	4.0~6.0	2.7~6.0	2.7~6.0	2.7~6.0	2.7~6.0	2.7~6.0
晶振频率/MHz		0~24	0~24	0~24	0~24	0~12	0~33	0~33	0~33
引脚数		20	20	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44
每个 I/O 引脚输出电流/mA		20	20	10	10	10	10	10	10
最大驱动总电流/mA		80	80	71	71	71	71	71	71

AT89C51 系列单片机是一种低功耗、高性能 CMOS 型 8 位单片机,它除了具有与 MCS-51 系列单片机完全兼容的若干特性外,最为突出的优点就是其片内集成了 4KB 的 Flash PEROM(Programmable Erasable Read Only Memory)用来存放应用程序。这个 Flash 程序存储器除允许用一般的编程器离线编程外,还允许在应用系统中实现在线编程,并且还提供了对程序进行三级加密保护的功能。AT89C51 系列单片机的另一个特点是工作速度更快,晶振频率可高达 24MHz,1 个机器周期仅 500ns,比 MCS-51 系列单片机快了 1 倍。AT89C51 系列单片机除了 40 脚 DIP 封装品种外,还提供了 TQFP、SOIC 和 PQFP 等多种封装形式的产品,它同时提供商业级、工业级、汽车用产品和军用级等四类产品。

(4) 其他型号单片机

除上述常用单片机型号外,还有以下型号的单片机目前在市场上也比较常见。

① STC 单片机。STC 公司的单片机基于 8051 内核,是新一代增强型单片机,指令代码完全兼容传统 8051,速度快 8~12 倍,带 ADC,4 路 PWM,双串口,有全球唯一 ID 号,加密性好,抗干扰性强。

② PIC 单片机。它是 MICROCHIP 公司的产品,其突出的特点是体积小,功耗低,精简指令集,抗干扰性好,可靠性高,有较强的模拟接口,代码保密性好,大部分芯片有其兼容的 Flash 程序存储器的芯片。

③ EMC 单片机。它是中国台湾义隆公司的产品,有很大一部分与 PIC 8 位单片机兼容,且相兼容产品的资源相对比 PIC 的多,价格便宜,有很多系列可选,但抗干扰性较差。

④ PHILIPS 51LPC 系列单片机(51 单片机)。PHILIPS 公司的单片机是基于 80C51 内核的单片机,嵌入了掉电检测、模拟以及片内 RC 振荡器等功能,这使 51LPC 在高集成度、低成本、低功耗的应用设计中可以满足多方面的性能要求。

⑤ HOLTEK 单片机。中国台湾盛扬半导体的单片机,价格便宜,种类较多,但抗干扰性较差,适用于消费类产品。

⑥ TI 公司单片机(51 单片机)。德州仪器提供了 TMS370 和 MSP430 两大系列通用单片机。TMS370 系列单片机是 8 位 CMOS 单片机,具有多种存储模式、多种外围接口模式,适用于复杂的实时控制场合。MSP430 系列单片机是一种超低功耗、功能集成度较高的 16 位低功耗单片机,特别适用于要求功耗低的场合。

⑦ ARM 内核单片机。ARM 公司英文全称是 Advanced RISC Machines,它是现在单片机行业内领先的知识产权供应商。它与其他公司不同,只提供内核方案和技术授权,而不提供具体的芯片。

1.1.3 单片机的特点、应用及发展

1. 单片机的特点

单片机就是一台单片微型计算机,即把微型计算机的各主要部件集成在一块芯片上,所以单片机的出现大大地缩短了系统内信号传送距离,从而提高了系统的可靠性及运行速度。单片机具有如下特点。

(1) 体积小,重量轻。

- (2) 可靠性高,运行速度快,抗干扰能力强。
- (3) 控制功能强,使用灵活,性价比高。
- (4) 易扩展,易于开发。
- (5) 受集成度限制,片内存储器容量较小,一般内部 ROM 在 8KB 以下,内部 RAM 在 256B 以内。

2. 单片机的应用

目前单片机已经渗透到我们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,计算机的网络通信与数据传输,工业自动化过程的实时控制和数据处理,广泛使用的各种智能 IC 卡,民用豪华轿车的安全保障系统,录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制,以及遥控玩具、电子宠物等,所有这些都离不开单片机。更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械以及各种智能机械了。因此,单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用与智能化控制的科学家、工程师。

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域,大致可分如下几个范畴。

(1) 在智能仪器仪表上的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点,广泛应用于仪器仪表中,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、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比起采用电子或数字电路更加强大。例如功率计、示波器,以及各种分析仪。

(2) 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例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。

(3) 在家用电器中的应用

可以这样说,现在的家用电器基本上都采用了单片机控制,从电饭煲、微波炉、电磁炉、油烟机到洗衣机、电冰箱、空调、彩电、各种各样的遥控器以及其他音响视频器材,再到电子称量设备等,五花八门,无所不在。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用

现代的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上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、无线电对讲机等。

(5) 在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途也相当广泛,例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、医疗器械、超声诊断设备,及病床呼叫系统等。

(6) 在各种大型电器中的模块化应用

某些专用单片机设计用于实现特定功能,从而在各种电路中进行模块化应用,而不要

求使用人员了解其内部结构。

在大型电路中,这种模块化应用极大地缩小了体积,简化了电路,降低了损坏、错误率,也方便于更换。

(7) 在汽车设备领域中的应用

单片机在汽车电子中的应用非常广泛,例如汽车中的发动机控制器,基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器,GPS 导航系统,ABS 防抱死系统,制动系统等。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、国防、航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

3. 单片机的发展

1971 年 Intel 公司研制出世界上第一个 4 位的微处理器。Intel 公司的霍夫研制成功世界上第一块 4 位微处理器芯片 Intel 4004,标志着第一代微处理器问世,微处理器和微机时代从此开始。因发明微处理器,霍夫被英国《经济学家》杂志列为“‘二战’以来最有影响力的 7 位科学家”之一。

1971 年 11 月,Intel 推出 MCS-4 微型计算机系统(包括 4001 ROM 芯片、4002 RAM 芯片、4003 移位寄存器芯片和 4004 微处理器),其中 4004 包含 2300 个晶体管,尺寸规格为 $3\text{mm}\times 4\text{mm}$,计算性能远远超过当年的 ENIAC,最初售价为 200 美元。

1972 年 4 月,霍夫等人开发出第一个 8 位微处理器 Intel 8008。由于 8008 采用的是 P 沟道 MOS 微处理器,因此仍属第一代微处理器。

1973 年 8 月,霍夫等人又研制出 8 位微处理器 Intel 8080,以 N 沟道 MOS 电路取代了 P 沟道,第二代微处理器就此诞生。

主频 2MHz 的 8080 芯片运算速度比 8008 快 10 倍,可存取 64KB 存储器,使用了基于 $6\mu\text{m}$ 技术的 6000 个晶体管,处理速度为 0.64MIPS(Million Instructions Per Second)。

1975 年 4 月,MITS 发布第一个通用型 Altair 8800,售价 375 美元,带有 1KB 存储器。这是世界上第一台微型计算机。

1976 年 Intel 公司研制出 MCS-48 系列 8 位的单片机,这也是单片机的问世。

Zilog 公司于 1976 年开发的 Z80 微处理器,广泛用于微型计算机和工业自动控制设备。当时,Zilog、Motorola 和 Intel 在微处理器领域三足鼎立。之后,Intel 公司又在 MCS-48 系列单片机的基础上,推出了 MCS-51 系列 8 位高档单片机。MCS-51 系列单片机无论是片内 RAM 容量,I/O 口功能,系统扩展方面都有了很大的提高。

20 世纪 80 年代初,Intel 公司又推出了 MCS-96 系列单片机,它是当今世界上性能最高的单片机产品之一。具有 16 位 CPU,4 个并行 I/O 口,ROM 和 RAM 进一步增大,多级中断处理,10 位 A/D 转换器。

除了 MCS-96 之外,世界上目前也有一些其他的比较流行的 16 位单片机,如凌阳 16 位单片机, $\mu\text{PD}70320$ 单片机,AT93C46/56/66 单片机等。

现在还有 ARM 公司生产的 ARM 内核,也逐渐成为单片机的主导。ARM 内核是一种知识产权,它不提供具体的芯片,只提供内核方案和技术授权。在高性能的 32 位嵌入式设计中,几乎都采用 ARM 内核。

1.2 计算机中数的表示与实现

1.2.1 数制与编码

1. 数制的表示

(1) 常用数制

在日常生活中人们最熟悉的是十进制数,但在计算机中,采用二进制数“0”和“1”可以很方便地表示机内的数据与信息。下面详细介绍各种常用的数制。

① 十进制数。十进制数有两个主要特点。

- 有十个不同的数字符号(0,1,2,⋯,9)。
- 低位向高位进位、借位的规律是“逢十进一”、“借一当十”。

例如, $1234.45 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$,式中的10称为十进制数的基数, $10^3, 10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}$ 称为各数位的权。十进制数用D结尾表示,通常可以省略不写。

② 二进制数。在二进制中只有两个不同数码:0和1,进位、借位规律是“逢二进一”、“借一当二”。二进制数用B结尾表示。

例如,二进制数11011011.01可表示为 $(11011011.01)_2 = 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$,或写作11011011.01B。

③ 八进制数。在八进制中有0,1,2,⋯,7八个不同数码,采用“逢八进一”、“借一当八”的计数原则进行计数。

例如,八进制数503.04可表示为 $(503.04)_8 = 5 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 0 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2}$ 。

④ 十六进制数。在十六进制中有0,1,2,⋯,9,A,B,C,D,E,F共16个不同的数码,采用“逢十六进一”、“借一当十六”的计数原则进行计数。十六进制数用H结尾表示。

例如,十六进制数4E9.27可表示为 $(4E9.27)_{16} = 4 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 9 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} + 7 \times 16^{-2}$,或写作4E9.27H。

(2) 不同进制数之间的相互转换

表1-3列出了二、八、十、十六进制数之间的对应关系,熟记这些对应关系对后续内容的学习会有较大的帮助。

表 1-3 各种进位制的对应关系

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0	9	1001	11	9
1	1	1	1	10	1010	12	A
2	10	2	2	11	1011	13	B
3	11	3	3	12	1100	14	C
4	100	4	4	13	1101	15	D
5	101	5	5	14	1110	16	E
6	110	6	6	15	1111	17	F
7	111	7	7	16	10000	20	10
8	1000	10	8	17	10001	21	11

① 二、八、十六进制数转换为十进制数。根据各进制的定义表示方式,按权展开相加,即可转换为十进制数。

【例 1-1】 将 $(10101)_2$, $(72)_8$, $(49)_{16}$ 转换为十进制数。

$$(10101)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 21$$

$$(72)_8 = 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0 = 58$$

$$(49)_{16} = 4 \times 16^1 + 9 \times 16^0 = 73$$

② 十进制转换为二进制。十进制转换为二进制,需要将整数部分和小数部分分开,采用不同方法进行转换,然后用小数点将这两部分连接起来。

• 整数部分: 除 2 取余法。

具体方法是: 将要转换的十进制数除以 2, 取余数; 再用商除以 2, 再取余数, 直到商等于 0 为止, 将每次得到的余数按倒序的方法排列起来作为结果。

【例 1-2】 将十进制数 25 转换成二进制数。

2		25	余数	
2		12	1	最低位
2		6	0	
2		3	0	
2		1	1	
		0	1	最高位

• 小数部分: 乘 2 取整法。

具体方法是: 将十进制小数不断地乘以 2, 直到积的小数部分为零(或直到所要求的位数)为止, 每次乘得的整数依次排列即为相应进制的数码。最初得到的为最高有效数字, 最后得到的为最低有效数字。

【例 1-3】 将十进制数 0.625 转换成二进制数。

0.625	
× 2	1 最高位
1.250	
× 2	0
0.5	
× 2	1 最低位
1.0	

【例 1-4】 将十进制数 25.625 转换成二进制数, 只要将上例整数和小数部分组合在一起即可, 即 $(25.625)_D = (11001.101)_B$ 。

③ 十进制转换为八进制。其方法与十进制转换为二进制类似, 不同在于乘和除时应改为乘以或除以 8。

【例 1-5】 将十进制 193.12 转换成八进制数。

8		193	余数		
8		24	1	最低位	
8		3	0		
		0	3	最高位	

0.12		
× 8	取整	最高位
0.96	0	
× 8		
7.68	7	
× 8		最低位
5.44	5	

④ 二进制与八进制之间的相互转换。二进制转换为八进制时, 由于 $2^3 = 8$, 故可采用