

高等院校信息技术规划教材

单片机原理及应用

(第2版)

李全利 编著

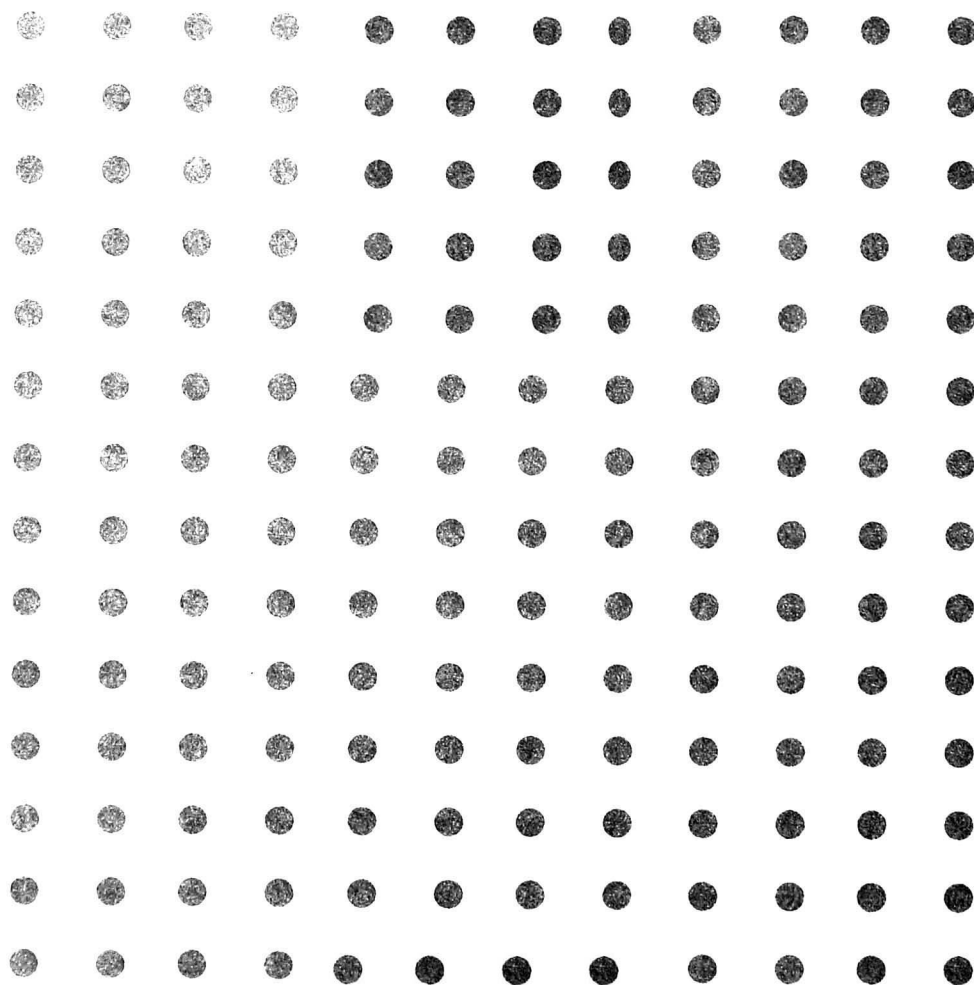
清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

单片机原理及应用

(第2版)

李全利 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为高等学校信息技术规划教材。书中系统地介绍了 80C51 系列单片机的原理及应用技术,内容包括绪论、80C51 的结构和原理、80C51 的 C51 语言程序设计、80C51 人机接口技术、80C51 的中断系统及定时/计数器、80C51 单片机的串行口、80C51 的串行总线扩展、80C51 应用系统设计。本书能够较好地满足应用型人才的培养要求,其特点是着力片上资源、强化编程训练;适合教师讲授、易于学生阅读。

本书可以作为计算机、自动化、电气工程及自动化、电子信息工程以及机电一体化等专业的教材。

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

单片机原理及应用/李全利编著. --2 版. --北京:清华大学出版社,2014

高等院校信息技术规划教材

ISBN 978-7-302-35260-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 016206 号

责任编辑:袁勤勇 顾 冰

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

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>, 010-62795954

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:20 字 数:461千字

版 次:2006年2月第1版 2014年3月第2版 印 次:2014年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:34.50元

产品编号:056810-01

前言

foreword

本书为高等学校信息技术规划教材。本书在编写上体现了理论与实践的结合、知识与案例的统一,注重培养学生运用知识的创新能力和解决实际问题的工程能力,在观念上力求工程科学与 Engineering 实践并重,在内容上突出典型开发环境、典型芯片和典型案例,在风格上力求实用、宜教易学。本书编写目标为:

(1) 体现“工程科学”理念。本书内容注意体现与前后课程之间的有机联系。对于单片机内部结构自始至终沿袭“CPU—存储器—I/O 接口”的讲授主线,使单片机原理课程成为微型计算机原理与接口课程的典型案例,同时渐进体现嵌入式系统技术基本概念,全面强化学生对“计算机”这一经典工具的全面理解和认识,明确单片机在计算机技术体系中的特殊地位。

(2) 强化“工程实践”要求。单片机的应用,本质上讲就是由对其片上资源的熟知,进而完成对这些资源的使用及扩充。本书注意培养学生解决工程问题的能力,将计算机硬件知识与软件应用有机结合。书中全部程序均通过了 μ Vision 平台和开发板的调试运行。每章均配置了经过验证的渐进案例。

(3) 突出当前流行技术。串行扩展技术的广泛使用是当今单片机系统设计的趋势,本书系统地介绍了几种目前应用广泛的串行接口芯片;C51 语言编程技术已经广泛流行,本书重点介绍了 C51 语言,把握了单片机应用技术的发展方向。

(4) 坚持宜教易学目标。作为工程应用型专业教材,在内容的选材上力求知识点经典实用,体系的完整连贯;在讲授的方法上注意简单易懂、层次分明、案例实用;在阅读上力求提示醒目、插图新颖;在教学的组织上每章都配有小结、思考题及实践内容。

(5) 仿真+实板双验证。Proteus 是单片机应用系统开发与学习的重要工具,利用其对单片机、接口电路和外设的仿真能力可以大大加快单片机应用系统的开发过程;学习单片机的最终目的依然是设计系统目标板,即能够开发系统的真实电路板;本书的所有程序均通过了 Proteus 软件仿真和真实目标板运行两种方式的验证。



依照内容典型、注重实用的教材目标,编者进行了许多思考和努力。由于编者水平所限,书中难免存在一些不尽人意之处,敬请读者提出宝贵意见和建议。选用本书的教师可向编者免费索取授课资源。对本书的疑问和建议,可与编者联系。

编 者

liquanli@163.com

2014年1月

目录

contents

第 1 章 绪论	1
1.1 电子计算机概述	1
1.1.1 电子计算机的经典结构	1
1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态	2
1.2 单片机的发展过程及产品近况	3
1.2.1 单片机的发展过程	3
1.2.2 单片机产品近况	4
1.3 单片机的特点及应用领域	5
1.3.1 单片机的特点	5
1.3.2 单片机的应用领域	5
1.4 单片机应用系统开发方法	6
1.4.1 应用系统开发的概念	6
1.4.2 应用系统主要开发工具	7
1.4.3 应用系统开发流程	8
1.5 渐进实践——利用 μ Vision 平台生成可执行目标程序	10
本章小结	13
思考题及习题	13
第 2 章 80C51 的结构和原理	15
2.1 80C51 的内部结构与引脚功能	15
2.1.1 80C51 的内部结构	15
2.1.2 80C51 典型产品的资源配置	16
2.1.3 80C51 典型产品封装和引脚功能	17
2.2 80C51 单片机的 CPU	19
2.2.1 CPU 的功能单元	19
2.2.2 CPU 的时钟	21
2.2.3 80C51 单片机的复位	23



2.3	80C51 的存储器组织	24
2.3.1	80C51 单片机的程序存储器配置	24
2.3.2	80C51 单片机数据存储器配置	26
2.3.3	80C51 单片机的特殊功能寄存器(SFR)	30
2.4	80C51 单片机并行口	31
2.4.1	P0 口、P2 口的结构	31
2.4.2	P1 口、P3 口的结构	34
2.5	80C51 单片机最小系统	35
2.5.1	最小系统的硬件构成	36
2.5.2	最小系统添加简单 I/O 设备	36
2.6	渐进实践——发光二极管闪烁的实现与硬件仿真	37
2.7	渐进实践——发光二极管闪烁的 Proteus 软件仿真	40
	本章小结	42
	思考题及习题	43
第 3 章	80C51 的 C51 语言程序设计	44
3.1	C51 对标准 C 的扩展	44
3.1.1	C51 的数据类型	44
3.1.2	C51 数据的存储分区	45
3.1.3	C51 的编译模式	46
3.1.4	用 _at_ 定义变量绝对地址	46
3.2	C51 的指针	47
3.2.1	已定义数据存储分区的指针	47
3.2.2	未定义数据存储分区的指针	47
3.2.3	利用指针实现绝对地址访问	48
3.2.4	C51 程序编写示例	49
3.3	C51 的函数	50
3.3.1	C51 的函数定义	51
3.3.2	C51 函数定义的选项	51
3.3.3	C51 的库函数	53
3.4	渐进实践——LED 流水灯实板验证及 Proteus 仿真	54
	本章小结	56
	思考题及习题	57
第 4 章	80C51 人机接口技术	58
4.1	LED、数码管及蜂鸣器的接口技术	58
4.1.1	LED 接口	58

4.1.2 数码管接口	60
4.1.3 蜂鸣器接口	67
4.2 按键及键盘接口技术	69
4.2.1 独立按键接口	69
4.2.2 键盘接口	74
4.3 字符型 LCD 显示器接口技术	78
4.3.1 LCD1602 模块的外形及引脚	78
4.3.2 LCD1602 模块的组成	78
4.3.3 LCD1602 模块的命令	80
4.3.4 LCD1602 模块的接口	81
4.4 渐进实践——数码管显示信息的 3 键调整及 Proteus 仿真	85
本章小结	90
思考题及习题	90
第 5 章 80C51 的中断系统及定时/计数器	91
5.1 80C51 单片机的中断系统	91
5.1.1 80C51 中断系统的结构	91
5.1.2 80C51 的中断源	93
5.1.3 80C51 中断的控制	94
5.2 80C51 单片机中断处理过程	96
5.2.1 中断响应条件和时间	96
5.2.2 中断响应过程	97
5.2.3 中断返回	98
5.2.4 中断程序举例	98
5.3 80C51 的定时/计数器	102
5.3.1 定时/计数器的结构和工作原理	102
5.3.2 定时/计数器的控制	103
5.3.3 定时/计数器的工作方式	104
5.3.4 定时/计数器应用举例	107
5.4 80C52 的定时/计数器 T2	112
5.4.1 T2 的相关控制寄存器	112
5.4.2 T2 的工作方式	114
5.5 渐进实践 外部中断次数计数器及其 Proteus 仿真	117
5.6 渐进实践 简易秒表的定时器实现及其 Proteus 仿真	119
本章小结	122
思考题及习题	123

第 6 章	80C51 单片机的串行口	124
6.1	计算机串行通信基础	124
6.1.1	串行通信的基本概念	125
6.1.2	串行通信接口标准	128
6.2	80C51 单片机的串行口	131
6.2.1	80C51 串行口的结构	131
6.2.2	80C51 串行口的控制寄存器	131
6.2.3	80C51 串行口的工作方式	133
6.2.4	80C51 波特率确定与初始化步骤	137
6.3	80C51 单片机串行口应用	138
6.3.1	利用单片机串口的并行 I/O 扩展	138
6.3.2	单片机与 PC 间的串行通信	138
6.3.3	单片机与单片机间的串行通信	143
6.4	渐进实践——单片机与 PC 通信及其 Proteus 仿真	144
6.5	渐进实践——单片机与单片机通信及其 Proteus 仿真	147
	本章小结	155
	思考题及习题	155
第 7 章	80C51 的串行总线扩展	156
7.1	一线总线接口及其扩展	156
7.1.1	单总线接口及其扩展	157
7.1.2	DS18B20 的操作命令	159
7.1.3	DS18B20 的操作时序	160
7.1.4	DS18B20 的操作函数	161
7.1.5	DS18B20 应用实例	162
7.2	I ² C 总线接口及其扩展	166
7.2.1	I ² C 总线基础	166
7.2.2	80C51 的 I ² C 总线时序模拟	169
7.2.3	80C51 与 AT24C02 的接口	170
7.3	SPI 总线接口及其扩展	179
7.3.1	单片机扩展 SPI 总线的系统结构	179
7.3.2	SPI 总线的数据传输时序	179
7.3.3	80C51 扩展 TLC5615 D/A 转换器	180
7.3.4	80C51 扩展 TLC549 A/D 转换器	182
7.4	渐进实践——基于 AT24C02 的简易密码锁及其 Proteus 仿真	185
7.5	渐进实践——基于 TLC5615 的正弦信号发生器及其 Proteus 仿真	197

7.6 渐进实践 —— 基于 TLC549 的数字电压表及其 Proteus 仿真	201
本章小结	205
思考题及习题	205
第 8 章 80C51 应用系统设计	206
8.1 单片机应用系统设计	206
8.1.1 系统设计的基本要求	206
8.1.2 系统设计的步骤	207
8.1.3 提高系统可靠性的方法	209
8.2 课程设计案例 —— LCD 显示数字时钟设计	212
8.2.1 数字时钟的方案确定	212
8.2.2 DS1302 芯片简介	213
8.2.3 DS1302 的操作子程序	215
8.2.4 数字时钟硬件电路	218
8.2.5 数字时钟的软件设计	219
8.2.6 数字时钟系统的 Proteus 仿真	240
8.3 毕业设计案例 —— 单片机综合验证系统设计	241
8.3.1 综合验证系统方案确定	242
8.3.2 HMI 及 MODBUS 协议简介	242
8.3.3 综合验证系统的硬件电路	244
8.3.4 综合验证系统的软件设计	248
8.3.5 综合验证系统的 Proteus 仿真	272
本章小结	273
思考题及习题	274
附录 A Proteus 软件操作概览	275
A.1 Proteus ISIS 的界面与操作	275
A.2 Proteus 设计与仿真示例	279
A.3 Proteus 与 μ Vision 的联合调试	283
附录 B 80C51 单片机指令速查表	286
附录 C C51 相关资源	290
C.1 C51 与 ANSI C 的不同	290
C.2 C51 的库函数分类说明	291
C.3 C51 的编译控制指令	297
C.4 C51 的连接定位控制指令	298



C.5	C51 编译器的限制	299
附录 D	数制与编码的基础	300
D.1	数制	300
D.2	编码	301
D.3	计算机中带符号数的表示	302
附录 E	ASCII 码表	304
附录 F	常用芯片引脚	305
参考文献	307

第 1 章

chapter 1

绪 论

学习目标

- (1) 理解微型机的两种应用形态。
- (2) 熟悉主流单片机种类及型号。
- (3) 了解单片机系统的开发方法。

重点内容

- (1) 单片机的特点及应用领域。
- (2) 单片机应用系统开发过程。
- (3) μ Vision 平台基本操作方法。

1.1 电子计算机概述

1.1.1 电子计算机的经典结构

1946 年 2 月 15 日,第一台电子数字计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer)问世。与当代的计算机相比,ENIAC 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方式产生了巨大的影响。

在研制 ENIAC 的过程中,冯·诺依曼在方案的设计上做出了重要的贡献,并提出了“程序存储”和“二进制运算”的思想,构建了计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成这一计算机的经典结构,如图 1.1 所示。

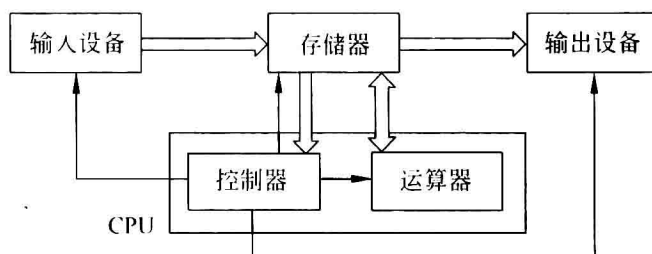


图 1.1 计算机的经典结构

计算机的发展,经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机和超大规模集成电路计算机五个时代,但其组成仍然没有脱离这一经典结构。

1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态

1. 微型计算机的组成

1971年1月,Intel公司的特德·霍夫在与日本商业通讯公司合作研制台式计算器时,将运算器和控制器集成在一个集成电路芯片上(称为微处理器,即CPU),并设计了另外的集成电路存储程序和数据,且采用I/O接口电路与输入输出设备相连接。

CPU、存储器及I/O接口电路三部分构成了微型计算机,各部分通过地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB)相连,如图1.2所示。

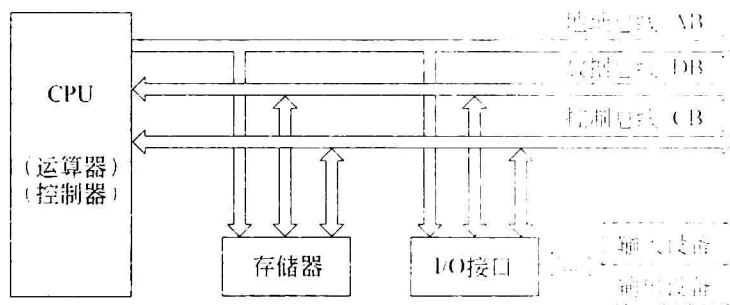


图 1.2 微型计算机的组成

在微型计算机基础上,再配以I/O设备和系统软件便构成了完整的微型计算机系统。

2. 微型机系统的应用形态

微型机系统有两种主要的应用形态:桌面应用和嵌入式应用。图1.3为微型机两种应用形态的比较。

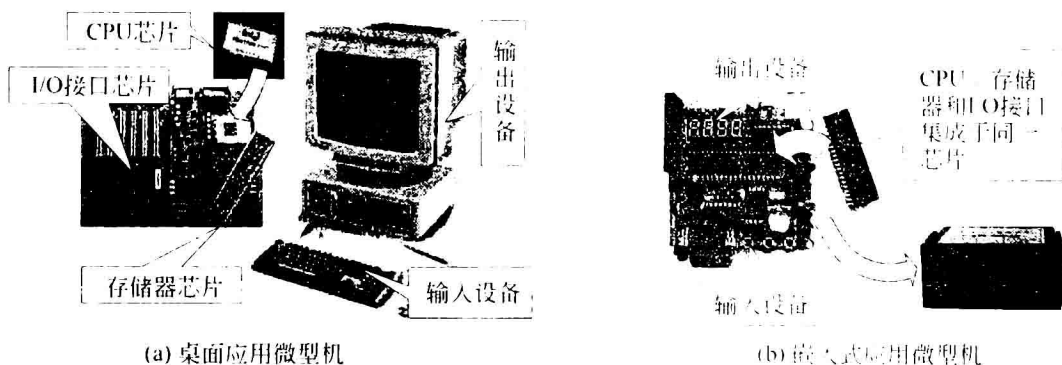


图 1.3 微型机两种应用形态的比较

1) 桌面应用

将 CPU、存储器、I/O 接口电路组装在主板上,通过接口电路与键盘、显示器连接,再配上操作系统及应用软件,就形成**桌面微型计算机系统(即 PC)**。这种桌面应用系统具有极好的人机界面和丰富的软件资源,常用于辅助办公或辅助设计。

2) 嵌入式应用

将 CPU、存储器、I/O 接口集成在一片集成电路芯片上,形成**单片微型计算机(简称单片机)**。单片机再配以简单外设(按键、数码管等)就构成了嵌入式应用系统。

计算机原始的设计目的是利用较高的计算速度完成大量数据的计算。人们将完成这种任务的计算机称为**通用计算机**。

在控制领域中,特别是智能仪表、智能家电、智能办公设备等应用系统要求将计算机嵌入到这些设备中。这时人们更多地关心计算机的**控制能力和低成本、小体积及高可靠性嵌入能力**。嵌入到仪器或设备中,实现嵌入式应用的计算机称为**嵌入式计算机**。

嵌入式应用计算机可分为嵌入式微处理器(如 ARM)、嵌入式 DSP 处理器(如 TMS320 系列)、嵌入式微控制器(即单片机,如 80C51 系列)及嵌入式片上系统 SOC。

单片机体积小、价格低、品种多,对于满足广泛领域的嵌入式应用需求具有独特的优势。单片机技术已经成为电子应用系统设计最为常用的手段,学习和掌握单片机应用技术具有非常重要的现实意义。

1.2 单片机的发展过程及产品近况

1.2.1 单片机的发展过程

单片机技术发展迅速,产品种类繁多,通常很难对其进行统一划分产品种类和发展年代。但是,纵观整个单片机技术的发展过程,对典型的单片机发展还是可以大致分为三个主要阶段。下面简述这几个阶段的特点及典型产品:

1. 单片机形成阶段

1976 年,Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机。基本型产品在片内集成有:

- 8 位 CPU;
- 1KB 程序存储器(ROM);
- 64B 数据存储器(RAM);
- 1 个 8 位定时/计数器;
- 2 个中断源。

主要特点:在单个芯片内完成了 CPU、存储器、I/O 接口等部件的集成;但存储器容量较小,寻址范围小(不大于 4KB),无串行口,指令系统功能不强。

2. 结构成熟阶段

1980 年,Intel 公司推出 MCS-51 系列单片机。基本型产品在片内集成有:



- 8 位 CPU;
- 4KB 程序存储器;
- 128B 数据存储器;
- 2 个 16 位定时/计数器;
- 5 个中断源,2 个优先级;
- 1 个全双工串行口。

主要特点:存储器容量增加,寻址范围扩大(64KB),指令系统功能强大。现在, **MCS-51** 已成为公认的单片机经典产品。

3. 性能提高阶段

近年来,各半导体厂商不断推出新型单片机芯片,典型的产品如 Silicon Labs 的 C8051F120 单片机,在片内集成有:

- 8 位高速 CPU(100MIPS);
- 128KB 程序存储器;
- 8KB 数据存储器;
- 5 个 16 位定时/计数器;
- 20 个中断源;
- 8 个 8 位并口、2 个 UART,另有 SMBus 和 SPI 总线接口;
- 增益可编程 8 路 12 位 ADC、2 路 12 位 DAC;
- 片内看门狗定时器等。

主要特点:片上接口丰富、控制能力突出、芯片型号种类繁多。因此,“微控制器”的称谓更能反应单片机的控制应用品质。

1.2.2 单片机产品近况

随着微电子设计技术及计算机技术的不断发展,单片机产品和技术日新月异。单片机产品近况可以归纳为:

(1) 80C51 系列单片机产品繁多,主流地位已经形成。

通用微型机的性能体现在计算性能(CPU 位数逐年提高);单片机的性能体现在它的嵌入式能力(片内资源)。目前虽有许多 32 位单片机产品,但应用广泛的仍以 8 位机为主。

实践证明,80C51 单片机系统结构合理、技术成熟可靠。因此,许多单片机芯片生产厂商倾力于提高 80C51 单片机产品的综合功能,从而形成了 80C51 的主流产品地位。目前市场上与 80C51 兼容的典型产品有:

- ATMEL 公司的 AT89S5x 系列单片机(ISP,在系统编程)。
- 宏晶公司的 STC89C5x 系列单片机(RS-232 串口编程,方便实用)。
- Silicon Labs 公司的 C8051F 系列单片机(SOC,片内功能模块丰富)。

(2) 非 80C51 结构单片机不断推出,给用户提供了广泛的选择空间。

在 80C51 及其兼容产品流行的同时,一些单片机芯片生产厂商也推出了一些非

80C51 结构的产品,影响比较大的有:

- Microchip 公司推出的 PIC 系列单片机(品种多,便于选型,如汽车附属产品)。
- TI 公司推出的 MSP430F 系列单片机(16 位,低功耗,如电池供电产品)。
- ATMEL 公司推出的 AVR 和 ATmega 系列单片机(不易解密,如军工产品)。

由于 80C51 已经成为事实上的单片机主流系列,所以本书以 80C51 为对象讲述单片机的原理与接口方法。80C51 系列单片机兼容产品种类多,选型方便,其技术应用已流行多年,具有丰富成熟的软硬件资源。

掌握了 80C51 系列单片机开发技术,很容易推广到其他系列单片机的应用开发。

1.3 单片机的特点及应用领域

1.3.1 单片机的特点

1. 突出的控制性能

由于 CPU、存储器及 I/O 接口集成在同一芯片内,各部件间的连接紧凑,数据的传送不易受运行环境的影响,所以用单片机设计的产品可靠性较高;单片机是为满足工业控制而设计的,所以控制功能强(其 CPU 可以对 I/O 端口直接进行操作,位控能力更是其他计算机无法比拟的),特别是近期推出的单片机产品,内部集成有高速 I/O 口、ADC、PWM、WDT 等部件,并在低电压、低功耗、串行扩展总线、控制网络总线和开发方式(如在系统编程 ISP)等方面都有了进一步的增强。

2. 优秀的嵌入品质

单片机芯片价格低廉,适合于大批量低成本的产品设计;单片机品种和型号多,适于广泛的应用领域;单片机的引脚少、体积小(有的引脚已减少到 8 个或更少),从而使应用系统的印制板(PCB)减小,使产品结构精巧。

在当代的各种电子器件中,单片机具有极优的性能价格比。这正是单片机得以广泛应用的重要原因。

1.3.2 单片机的应用领域

由于单片机具有良好的控制性能和优秀的嵌入品质,近年来单片机在各种领域都获得了广泛的应用。概括起来,可将单片机的应用分成以下几个方面。

1. 智能仪器仪表

单片机用于各种仪器仪表,一方面提高了仪器仪表的使用功能和精度,使仪器仪表智能化,同时还简化了仪器仪表的硬件结构,从而可以方便地完成仪器仪表产品的升级换代。典型产品有各种智能电气测量仪表、智能传感器等。

2. 机电一体化产品

机电一体化产品是集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的各种机电产品。单片机在机电一体化产品中应用极为普遍。典型产品有机器人、数控机床、自动包装机、点钞机、医疗设备、打印机、传真机、复印机等。

3. 实时工业控制

单片机还可以用于各种物理量的采集与控制。电流、电压、温度、液位、流量等物理参数的采集和控制均可以利用单片机方便地实现。在这类系统中,利用单片机作为系统控制器,可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法,实现期望的控制指标,从而提高生产效率和产品质量。典型应用有电机转速控制、温度控制、自动生产线等。

4. 分布系统的前端模块

在较复杂的工业系统中,经常要采用分布式测控系统完成大量的分布参数的采集。在这类系统中,采用单片机作为分布式系统的前端采集模块,系统具有运行可靠、数据采集方便灵活,成本低廉等一系列优点。典型产品有 LTM 8663。

5. 家用电器

家用电器是单片机的又一重要应用领域,前景十分广阔。典型产品有空调器、电冰箱、洗衣机、电饭煲、高档洗浴设备、高档玩具等。

6. 交通运输

在交通运输领域中单片机有更广阔的应用空间,如在汽车、火车、轮船、飞机上的应用。

7. 航空航天与军事

航空航天与军事领域中的单片机要求稳定性好、耐高温、低功耗,如军事演习专用服装电子控制及各种武器装备等。

1.4 单片机应用系统开发方法

1.4.1 应用系统开发的概念

1. 系统开发及工具

设计单片机应用系统时,在完成硬件系统设计之后,必须配备相应的应用软件。明确无误的硬件设计和良好的软件功能设计是单片机应用系统的设计目标。完成这一目标的过程称为单片机应用系统的开发。

单片机作为一片集成了微型机基本部件的集成电路芯片,与通用微机相比,单片机