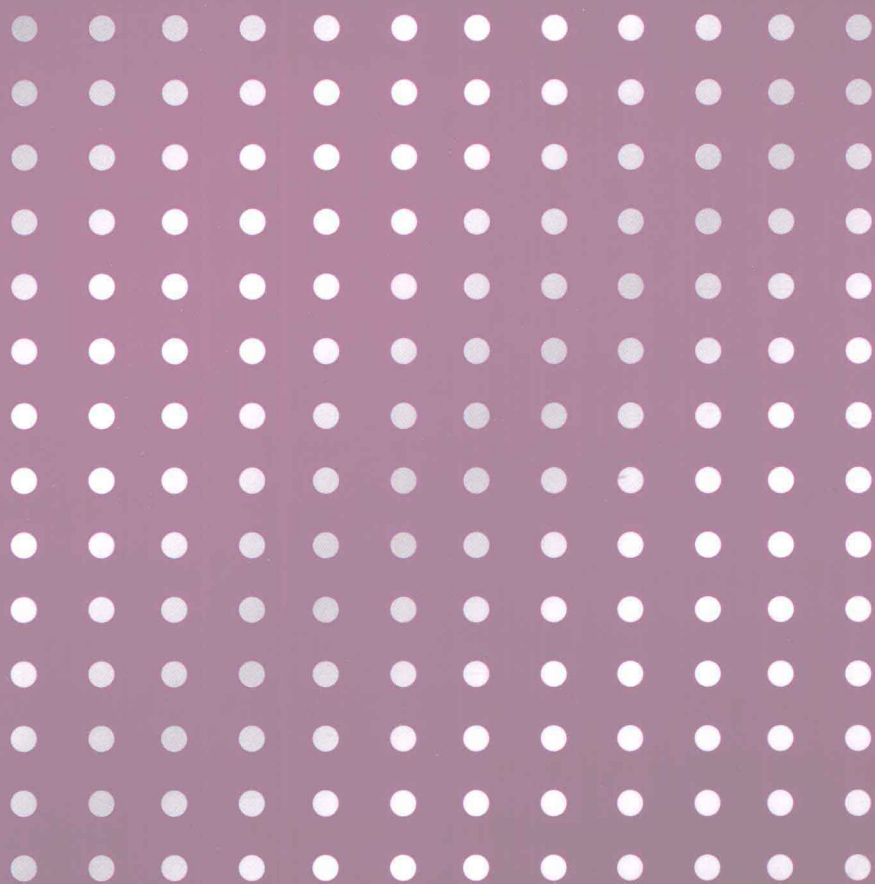


高等院校信息技术规划教材

单片机原理 与接口技术教程

倪晓军 章韵 编著

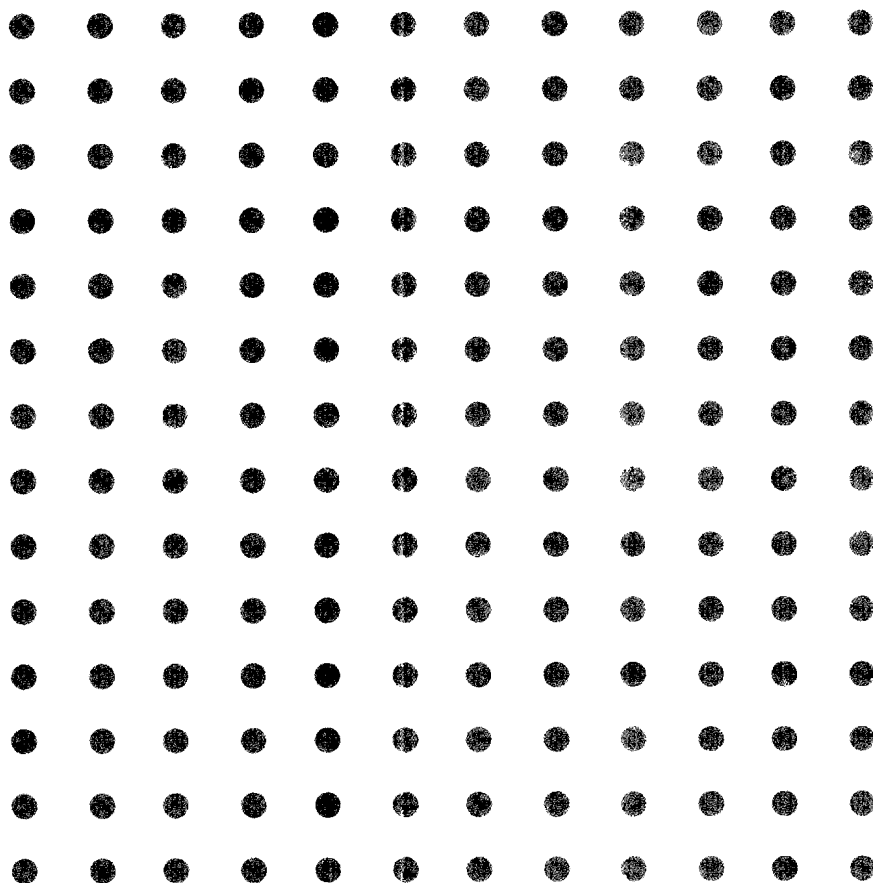


清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

单片机原理 与接口技术教程

倪晓军 章韵 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MCS-51 单片机为代表机型,详细讲述 8 位单片机的硬件结构、工作原理、指令系统和汇编语言程序设计;着重介绍单片机 C 语言程序设计技术,讨论 C 语言对单片机硬件资源的操作和控制,并通过一系列简单的实例,分析单片机应用系统中常用的并行输入输出接口、数码管接口、LCD 接口、串行接口、存储器接口及外围设备扩展等方面的设计要点。此外,本书重视通信类应用实践技术,详细介绍单片机串行通信接口扩展、通过串行接口控制 GSM 模块收发短消息、通过 RS-485 总线实现多机通信、电话用户线通信接口以及精简 TCP/IP 协议栈的设计和实现。每部分内容均由实际项目总结提炼而来,并给出了完整的电路原理图和测试代码。

本书可作为高等院校本科教育中通信、信息、自动化、电气工程、应用电子技术等专业和计算机专业的教材,也可供相关教师及工程技术人员参考。

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

单片机原理与接口技术教程/倪晓军,章韵编著. —北京:清华大学出版社,2009.9

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-20199-1

I. 单… II. ①倪… ②章… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材
②单片微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 077858 号

责任编辑:战晓雷 赵晓宁

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

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:185×260 印 张:23.25

字 数:548 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版

印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:032043-01

高等院校信息技术规划教材

系 列 书 目

书 名	书 号	作 者
数字电路逻辑设计	978-7-302-12235-7	朱正伟 等
计算机网络基础	978-7-302-12236-4	符彦惟 等
微机接口与应用	978-7-302-12234-0	王正洪 等
XML 应用教程(第 2 版)	978-7-302-14886-9	吴 洁
算法与数据结构	978-7-302-11865-7	宁正元 等
算法与数据结构习题精解和实验指导	978-7-302-14803-6	宁正元 等
工业组态软件实用技术	978-7-302-11500-7	龚运新 等
MATLAB 语言及其在电子信息工程中的应用	978-7-302-10347-9	王洪元
微型计算机组装与系统维护	978-7-302-09826-3	厉荣卫 等
嵌入式系统设计原理及应用	978-7-302-09638-2	符意德
C++ 语言程序设计	978-7-302-09636-8	袁启昌 等
计算机信息技术教程	978-7-302-09961-1	唐 全 等
计算机信息技术实验教程	978-7-302-12416-0	唐 全 等
Visual Basic 程序设计	978-7-302-13602-6	白康生 等
单片机 C 语言开发技术	978-7-302-13508-1	龚运新
ATMEL 新型 AT89S52 系列单片机及其应用	978-7-302-09460-8	孙育才
计算机信息技术基础	978-7-302-10761-3	沈孟涛
计算机信息技术基础实验	978-7-302-13889-1	沈孟涛 著
C 语言程序设计	978-7-302-11103-0	徐连信
C 语言程序设计习题解答与实验指导	978-7-302-11102-3	徐连信 等
计算机组成原理实用教程	978-7-302-13509-8	王万生
微机原理与汇编语言实用教程	978-7-302-13417-6	方立友
微机组装与维护用教程	978-7-302-13550-0	徐世宏
计算机网络技术及应用	978-7-302-14612-4	沈鑫剡 等
微型计算机原理与接口技术	978-7-302-14195-2	孙力娟 等
基于 MATLAB 的计算机图形与动画技术	978-7-302-14954-5	于万波
基于 MATLAB 的信号与系统实验指导	978-7-302-15251-4	甘俊英 等
信号与系统学习指导和习题解析	978-7-302-15191-3	甘俊英 等
计算机与网络安全实用技术	978-7-302-15174-6	杨云江 等
Visual Basic 程序设计学习和实验指导	978-7-302-15948-3	白康生 等
Photoshop 图像处理实用教程	978-7-302-15762-5	袁启昌 等
数据库与 SQL Server 2005 教程	978-7-302-15841-7	钱雪忠 著

计算机网络实用教程	978-7-302-16212-4	陈 康 等
多媒体技术与应用教程	978-7-302-17956-6	雷运发 等
数据结构	978-7-302-16849-2	闫玉宝 等著
信息系统分析与设计	978-7-302-16901-7	杜娟、赵春艳、白宏伟等 著
微机接口技术实用教程	978-7-302-16905-5	任向民 著
基于 MATLAB 的图像处理	978-7-302-16906-2	于万波 著
C 语言程序设计	978-7-302-16938-3	马秀丽 等
SAS 数据挖掘与分析	978-7-302-16920-8	阮桂海 等
C 语言程序设计	978-7-302-17781-4	向 艳 等
工程背景下的单片机原理及系统设计	978-7-302-16990-1	刘焕成 著
多媒体技术实用教程	978-7-302-17069-3	吴 青 著
Web 应用开发技术	978-7-302-17671-8	高 屹 等
C 语言程序设计	978-7-302-17781-4	向 艳 等
ASP.NET 实用教程	978-7-302-16338-1	康春颖、张 伟、王磊等 著
Visual FoxPro 9.0 程序设计	978-7-302-17858-3	张翼英 等
Visual Basic 在自动控制中的编程技术	978-7-302-17941-2	龚运新 等
计算机网络安全实用技术	978-7-302-17966-5	符彦惟 等
Visual FoxPro 程序设计基础教程	978-7-302-18201-6	薛 磊 等
数据结构与算法	978-7-302-18384-6	赵玉兰 等

前言

foreword

20 世纪 70 年代,单片机的诞生可视为计算机系统正式划分为通用计算机系统和嵌入式系统的分水岭。虽然单片机诞生至今已有 30 多年,近年各种新型的嵌入式微处理器也不断涌现,但单片机在一块芯片上集成了一个计算机系统的基本部件,采用单片机开发的嵌入式系统的体积、功耗、成本不断降低,因此单片机仍具有极强的生命力和竞争力,占据着微控制器领域的主要市场份额。本书以 MCS-51 单片机为代表机型,详细讲述了单片机原理及常用的接口技术,并给出了多个综合实例。

为了便于组织教学,本书在编排顺序上采取了循序渐进的策略。全书共分 9 章,第 1 章为概述,给出了单片机的定义并介绍了单片机的发展过程及发展趋势;第 2 章用较大的篇幅全面地介绍了单片机的硬件结构和工作原理,包括单片机的内部结构和外部封装、CPU 的结构和功能、复位处理、并行端口的结构和功能、存储系统结构以及外部总线扩展时序、定时器/计数器、串行口及中断系统等内容,使读者能迅速了解 MCS-51 单片机系统的硬件构成和内部资源;第 3 章讲述了单片机的指令系统,在介绍基本指令的同时,结合第 2 章单片机时序部分的内容,进一步强化了单片机通过指令控制硬件系统工作的过程;第 4 章讲述了 MCS-51 单片机的汇编语言程序设计;第 5 章用较大篇幅重点介绍单片机 C 语言程序设计基础,并说明 C 语言是目前单片机应用开发的最好选择;第 6 章主要介绍人机接口及 I/O 扩展技术,包括键盘、数码管、字符型 LCD 和点阵式 LCD 等基本输入输出设备的控制,以及通过系统总线扩展输入输出端口的的方法;第 7 章深入介绍了单片机串行通信接口,并设计了扩展串行口、控制 GSM 模块收发短消息、多机通信等数个实例;第 8 章给出了单片机控制电话用户线接口实现远程遥控系统的设计实例,并介绍了通过状态转移进行系统分析和设计的方法;第 9 章设计了一个高度精简的 TCP/IP 协议栈,在介绍 TCP/IP 协议的基本内容的基础上,以不到 1000 行的源代码,实现了单片机控制下的 UDP——串行口通信转换模块。

本书在编写过程中力求做到条理清楚、重点突出、深入浅出、理论联系实际,并将作者多年的教学经验和科研经验融入其中,可作为高等院校本科教育中通信、信息、自动化、电气工程、应用电子技术和计算机等专业的教材,也可供相关教师及工程技术人员参考。书中所有的实例均由实际项目总结提炼而来,并提供了完整的电路图、源代码和详细的注释;实例涵盖了单片机应用系统设计中有关系人机接口、串行通信、数据缓冲、多机通信、网络通信及控制等方面的内容,使读者在学习完本教材后,既能掌握单片机的一般原理,又能掌握单片机系统的基本设计方法和技能,尽快进入单片机应用开发者的角色。

本书由倪晓军主编,第2、第5~第9章由倪晓军编写,其余各章由章韵编写。全书由倪晓军负责统稿。在本书的编写过程中,杨鹤、刘杰、吴炳辉、范旭、彭玉静、刘立奎等同学也给予了很大帮助,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中仍难免有错误及疏漏之处,恳请广大读者和同行批评指正,同时欢迎来函交流。作者电子邮件:nixj@njupt.edu.cn。

倪晓军

2009年8月于南京

目录

Contents

第 1 章 概论	1
1.1 什么是单片机	1
1.2 单片机的发展过程及趋势	1
1.3 单片机的特点及应用场合	4
1.4 单片机与嵌入式系统	6
1.5 MCS-51 系列单片机	6
习题与思考	7
第 2 章 MCS-51 单片机的硬件结构及工作原理	8
2.1 单片机的内部结构	8
2.2 单片机的封装及引脚功能说明	10
2.2.1 单片机的封装	10
2.2.2 单片机的引脚功能说明	10
2.3 单片机的微处理器	13
2.3.1 运算器	13
2.3.2 控制器	14
2.3.3 振荡器、时钟电路及时序	15
2.4 单片机的复位	19
2.4.1 单片机的复位功能	19
2.4.2 常用的复位电路	21
2.5 单片机的存储系统	22
2.5.1 单片机存储系统结构	22
2.5.2 程序存储器	24
2.5.3 数据存储器	24
2.5.4 特殊功能寄存器	26
2.6 MCS-51 单片机并行 I/O 端口结构及其功能	28
2.6.1 并行 I/O 端口的内部结构	28



2.6.2	并行 I/O 端口的读-修改-回写操作	32
2.7	单片机外部总线扩展	33
2.7.1	单片机外部总线扩展的结构	33
2.7.2	地址空间的分配及译码	34
2.7.3	扩展外部程序存储器的电路设计	37
2.7.4	扩展外部数据存储器的电路设计	38
2.8	单片机定时器/计数器的结构及功能	41
2.8.1	定时器/计数器的结构及工作原理	41
2.8.2	定时器/计数器的控制与状态寄存器	42
2.8.3	MCS-51 定时器/计数器 0 和 1 的工作方式	44
2.8.4	MCS-51 定时器/计数器 2 的工作方式	47
2.9	串行通信	51
2.9.1	串行通信概论	51
2.9.2	串行通信总线标准及接口	54
2.9.3	MCS-51 串行接口的组成	59
2.9.4	MCS-51 串行接口的工作方式	61
2.9.5	MCS-51 串行接口波特率的设置	64
2.10	中断系统	67
2.10.1	中断系统的结构	67
2.10.2	中断响应	72
2.10.3	中断请求的撤销	74
	习题与思考	75
第 3 章	MCS-51 单片机的指令系统	78
3.1	指令系统概述	78
3.1.1	指令的概念	78
3.1.2	指令系统符号标识的说明	80
3.2	寻址方式	81
3.2.1	立即寻址	82
3.2.2	寄存器寻址	83
3.2.3	间接寻址	83
3.2.4	直接寻址	84
3.2.5	变址寻址	85
3.2.6	相对寻址	85
3.2.7	位寻址	86
3.3	指令分类介绍	87
3.3.1	数据传送类指令	87
3.3.2	算术运算类指令	91

3.3.3	逻辑运算类指令	95
3.3.4	控制转移类指令	97
3.3.5	布尔(位)处理类指令	101
习题与思考		104
第 4 章	MCS-51 汇编语言程序设计	106
4.1	汇编语言程序设计概述	106
4.1.1	汇编语言程序设计的基本步骤与方法	107
4.1.2	汇编语言设计常用伪指令简介	111
4.2	单片机汇编语言基础程序设计举例	114
4.2.1	顺序结构程序设计	114
4.2.2	分支结构程序设计	115
4.2.3	循环结构程序设计	117
4.2.4	子程序设计	120
4.3	汇编语言程序设计实例	124
4.3.1	通过 I/O 端口驱动 LED	124
4.3.2	查询方式的定时器应用	125
4.3.3	中断方式的定时器应用	126
习题与思考		127
第 5 章	单片机 C 语言程序设计	129
5.1	C51 的数据类型与基本运算	130
5.1.1	C51 的数据类型、变量及存储模式	130
5.1.2	运算符与表达式	133
5.1.3	基本语句	139
5.2	函数	143
5.2.1	函数的定义	143
5.2.2	函数的调用	145
5.2.3	中断服务函数与寄存器组选择	148
5.2.4	函数中变量的存储方式	149
5.3	数组与指针	151
5.3.1	数组的定义和引用	151
5.3.2	字符数组	152
5.3.3	指针的概念	152
5.3.4	数组的指针	154
5.3.5	指针的地址计算	155
5.4	结构与联合	156

5.4.1	结构变量的定义与引用	156
5.4.2	结构变量的初值	159
5.4.3	结构数组	159
5.4.4	结构指针	160
5.4.5	联合变量的定义与引用	160
5.5	预处理器	162
5.5.1	宏定义	163
5.5.2	文件包含	164
5.5.3	条件编译	165
5.6	C51 程序实例	166
5.6.1	数据的分析和处理	166
5.6.2	串行口数据收发	167
5.6.3	查询方式的定时器应用	168
5.6.4	中断方式的定时器应用	169
	习题与思考	170
第 6 章	输入输出接口及系统扩展设计	172
6.1	键盘及其接口设计	172
6.1.1	键盘的基本工作原理	172
6.1.2	独立式键盘接口设计	173
6.1.3	行列式键盘接口设计	177
6.2	LED 显示器及其接口设计	180
6.2.1	数码管显示器的结构与工作原理	181
6.2.2	数码管的静态显示与动态显示	183
6.3	字符点阵 LCD 显示模块的控制——模拟总线时序驱动	187
6.3.1	1602 字符点阵式 LCM 简介	188
6.3.2	1602 字符点阵式 LCM 与单片机的接口	192
6.4	图形点阵 LCD 显示模块的控制——扩展总线驱动	194
6.4.1	128×64 图形点阵液晶显示模块简介	195
6.4.2	128×64 图形点阵式 LCM 和单片机的接口	197
6.5	并行输入输出接口的扩展	205
6.5.1	通过串行口扩展并行输入输出接口	205
6.5.2	通过系统总线扩展并行 I/O 端口	208
6.6	单片机 I/O 端口模拟时序操作扩展设备	209
6.6.1	I ² C 串行总线的基本特点	209
6.6.2	I ² C 串行总线通信协议	210
6.6.3	单片机系统 I ² C 串行总线应用实例	212
	习题与思考	217

第 7 章 单片机串行通信接口	219
7.1 Hello, World!	219
7.2 单片机串行口查询方式通信	221
7.2.1 设计思路分析	221
7.2.2 串行口查询方式通信程序实例	222
7.3 单片机串行口中断方式通信	223
7.3.1 设计思路分析	223
7.3.2 串行口中断方式通信程序实例	227
7.4 通过 16C550 扩展串行通信接口	230
7.4.1 16C550 简介	230
7.4.2 单片机控制 16C550 实现扩展串行口	240
7.5 扩展串行口在 GSM 无线通信网络中的应用	248
7.5.1 GSM 网络概述	248
7.5.2 GSM Modem 模块简介	248
7.5.3 通过 GSM Modem 收发短消息	252
7.5.4 GSM Modem 模块与单片机的接口及应用	257
7.6 通过 RS-485 总线实现单片机的多机通信	264
7.6.1 单片机和 RS-485 总线收发器的接口电路设计	264
7.6.2 单片机主从式多机通信的原理	266
7.6.3 单片机主从式多机通信实例	267
习题与思考	273
第 8 章 电话通信接口	275
8.1 电话用户线接口简介	275
8.1.1 用户线接口的功能	275
8.1.2 用户线接口信号分析	276
8.2 用户线信号检测及控制电路的设计	276
8.2.1 振铃信号检测电路	276
8.2.2 双音多频信号译码电路	278
8.2.3 电话接口电路	281
8.2.4 继电器控制电路	281
8.3 电话远程遥控系统的硬件电路设计	283
8.3.1 CPU 的选择	285
8.3.2 各部分电路的工作原理	285
8.4 电话远程遥控系统的软件设计	288
8.4.1 软件系统分析	288



8.4.2 系统软件设计	290
习题与思考	295
第9章 以太网通信接口	297
9.1 TCP/IP 协议的分层结构及数据处理	297
9.1.1 TCP/IP 协议的分层结构	297
9.1.2 TCP/IP 协议数据的处理	299
9.2 相关协议报文的格式	300
9.2.1 以太网帧格式	300
9.2.2 ARP 报文格式	301
9.2.3 IP 报文格式	301
9.2.4 ICMP 报文格式	303
9.2.5 UDP 报文格式	303
9.3 嵌入式精简 TCP/IP 协议栈的结构及现实意义	304
9.3.1 嵌入式精简 TCP/IP 协议栈的总体结构	304
9.3.2 嵌入式精简 TCP/IP 协议栈的现实意义	305
9.4 以太网串行口数据转换模块的硬件设计	305
9.4.1 以太网接口芯片 RTL8019AS	305
9.4.2 单片机系统接口电路设计	310
9.5 以太网串行口数据转换模块的软件设计	314
9.5.1 串行口控制程序的设计	314
9.5.2 RTL8019AS 控制程序的设计	314
9.5.3 精简 TCP/IP 协议栈系统工作流程及代码分析	319
9.5.4 以太网串行口数据转换模块工作实测	355
习题与思考	356
参考文献	357

概 论

1.1 什么是单片机

根据美籍匈牙利科学家冯·诺依曼的定义,一个完整的计算机包括运算器、控制器、存储器和输入输出设备等几大部件,而将这几大部件集成到一块芯片上,就构成了一个单片的微型计算机,简称单片机。单片机广泛应用于各种场合,大到汽车电器、智能设备、通信终端、医疗器械,小到家用电器、玩具,大多实现一些控制或处理功能,因此微控制器(Micro Controller Unit,MCU)这个名称更能反映其本质。但是,由于单片机现在已经是一个约定俗成的名词,本书中仍沿用此名称。

单片机一般分为通用型和专用型。通用型单片机内部功能资源比较丰富,可以适合多种应用场合,用户可根据需要选择单片机内部的部分或全部资源,设计出各种不同的单片机系统,即在使用通用型单片机时有一个再设计的过程。而专用型单片机则不同,它们在设计时已对内部功能资源进行了一定的取舍,一般是某种单片机的一个子集,通常是针对某一特定应用领域甚至某一产品专门生产的,可靠性高、成本低。本书主要介绍通用型单片机。

1.2 单片机的发展过程及趋势

单片机的出现最早可以追溯到 20 世纪 70 年代初,早期的单片机还不是完全意义上的“单片”,例如 Zilog 公司的 Z80 单片机系统,其 CPU、定时器/计数器、并行接口、串行通信接口都必须使用不同的芯片,将它们组合起来才能实现基本的计算机系统的功能。通常都要为这些芯片设计一块专门的电路板才能使用,这就是 20 世纪 80 年代著名的单板机,在当时为我国不少领域的自动控制及机电一体化改造等立下了汗马功劳。

大规模集成电路技术的不断发展直接推动了微处理器的发展,世界上几乎所有著名的半导体公司都生产各自的微处理器。美国 Intel 公司是最早推出单片机的大公司之一,它设计的 MCS 系列单片机曾经在微控制器领域占据了巨大的市场份额。以 MCS 系列微控制器为例,单片机的发展大致经历了 5 个阶段。

第一阶段(1971—1974): Intel 公司在 1971 年 11 月推出了 4 位微处理器 Intel4004, 内含随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM), 称为 MCS-4 微型计算机。1972 年 4 月, Intel 公司又推出了功能更强的 8 位微处理器 Intel8008。在同一时期, 仙童(FairChild) 公司也推出了 F8 微处理器。这些微处理器虽然还称不上真正的单片机, 但已经拉开了单片机研制的序幕。

第二阶段(1974—1978): 初级单片机阶段, 以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 内部集成了 8 位 CPU、8 位定时器/计数器和 I/O 接口, 程序的寻址范围不大于 4KB, 无串行通信接口。这是一个里程碑式的产品, 是真正意义上的单片机, 并且在很多领域中有着广泛的应用。例如, 当时 IBM 的 PC XT/AT 系列计算机的键盘就曾选用 MCS-48 单片机作为控制器。

第三阶段(1978—1983): 高性能单片机阶段。国际上很多有影响的大半导体公司都相继推出了各具特色的高档 8 位高性能单片机, 其中较有影响力的公司有 Intel、Motorola、Zilog、TI、MicroChip、ATMEL、NEC 和 LG 等。以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为例, 这一阶段的单片机普遍带有串行通信接口、多级中断处理系统、16 位定时器/计数器, 片内 RAM、ROM 容量加大, 寻址范围可达 64KB。在激烈的市场竞争中, Intel 公司的低价转让 MCS-51 内核设计的策略使得更多的半导体厂商都纷纷加入到 MCS-51 单片机的生产行列中, 并不断根据应用的需求加入各种不同的资源, 例如 A/D 转换器、脉宽调制器(PWM)、Flash 存储器和输入输出接口等, MCS-51 单片机的性价比不断提高, 逐渐成为国内外通用型单片机应用的主流。

第四阶段(1983—1990): 8 位单片机继续高速发展, 16 位单片机开始出现。在这一阶段, 各大半导体公司一边不断完善和发展 8 位单片机, 一边发展 16 位单片机及专用型单片机。Intel 公司在 1983 年推出了功能极强的 MCS-96 系列单片机, 此后又推出了 MCS-196 系列单片机, 它是 16 位工业标准的嵌入式微控制器, 与 MCS-96 系列单片机的指令系统、外部结构都兼容, 在内部结构上做了一些改进, 增加了许多新的功能, 将一些用于测控系统的 A/D 转换器、程序运行监视器和脉宽调制器等纳入片中, 使数据处理速度加快, 输入输出操作方便。MCS-196 系列中的主要产品型号为 8xC196KB、KC、KD、KQ、KT 和 8xC196NQ、NT、MC 等。多种机型都有无 ROM 型、ROM 型和 EPROM 型可供用户根据实际应用需求选型。

第五阶段(1990 年至今): 微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面、深入地发展和应用, 出现了运行速度更快、寻址范围更大、运算能力更强的 8 位/16 位/32 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。

随着微电子技术的不断进步和发展, 单片机将向高性能、大容量、高集成度等方向快速发展。今后一段时期内, 单片机的发展趋势将具有以下一些特点。

1. 单片机的性能不断提高

单片机作为计算机技术的一个分支, 必然按其自身的发展规律不断沿着新的方向飞速前进。如前所述, 单片机从 8 位、16 位、32 位一直发展到 ARM, 从根本上改变了传统微控制器的面貌, 极大地拓宽了单片机的应用领域和应用层次。

例如,美国 Intel 公司推出的 32 位 MCS-80960 系列单片机,设有 80960KB、KA、MC 和 CA 这 4 档机型,采用 CHMOS 工艺,RISC 结构。主频可达 33MHz,运算速度达 20MIPS,设有 DMA 总线、中断控制器(32 级 256 个中断矢量)、1KB 的高速缓冲器、4 个 80 位浮点寄存器、多端口寄存器阵列、多重并行执行单元、多重内部总线和浮点运算器等。

近年来,ARM 微控制器在迅速普及。ARM(Advanced RISC Machines)是微处理器行业的一家知名企业,主要从事微控制器内核的设计工作,但它自己不生产微控制器芯片,而是将其设计技术授权给世界上许多著名的半导体及 OEM 厂商,这些厂商再根据各自的应用领域加入各种资源,生产出具有自己特点的微控制器。目前,国际上已有 30 多家厂商与 ARM 签订了技术合作协议,将先后生产出各具特色的 ARM 微控制器。从概念上说,ARM 内核的微控制器也是单片机的一种。ARM 内核在结构上较传统的单片机有了很大的改进,而且体积小、功耗低,性能也有极大地提高,适用领域极广,在一些复杂的应用中有逐渐取代传统单片机的趋势。

2. 新技术不断应用到单片机领域中

尽管新的单片机(16 位,32 位)不断涌现,但并不是每个应用都需要用到最新的单片机,一般的应用场合下,8 位单片机基本已能满足大多数实时测控系统的需求,且技术成熟,成本低,研制周期短。因此,对于系统控制器选型有一种说法叫做“没有最好的单片机,只有最合适的单片机”,或者说“最适合某应用的单片机就是最好的”,即应根据最贴近应用的需求选择单片机,以求得最高的性价比。同时,8 位机在功能和技术上也不是停滞不前的,而是不断采用新的技术,增加新的功能,推陈出新,重点发展。最显著的是将已在微型机、16 位/32 位单片机等成熟应用的先进技术下移到 8 位机上,不断推动 8 位单片机技术和性能的发展。例如:

- (1) 指令系统采用 RISC 结构,简化指令集,提高代码执行效率。
- (2) 采用流水线技术进行取指令,节省取指时间,提高运算速度。
- (3) 扩大存储器容量,增加 I/O 端口等片上外设。
- (4) 针对高级(C)语言设计指令集,提高编译效率和执行速度。
- (5) 增加通信接口,如以太网、I²C 和 CAN 总线等,提高通信能力。

3. 向低功耗、宽电压、高速、高可靠性方向不断发展

随着单片机的应用逐渐扩展到手持设备领域,对系统的低功耗提出了更高的要求。目前单片机待机的功耗已降到 μA 级甚至更低,例如 MSP430 单片机,其待机功耗可低达 $0.1\mu\text{A}$ 。根据应用的需求,单片机的主频可以从几十 kHz 到几十 MHz,高主频可以获得更高的运算速度,但功耗也会相应提高。单片机的供电范围也在不断拓宽,从原来单一的 $+5\text{V}\pm 10\%$,发展到 $+1.8\sim +7\text{V}$ 之间的多个档次供电,有些单片机还可以在很宽的供电范围内正常工作,特别适合电池供电的应用场合。此外,为满足实时应用中高可靠性的要求,采取了很多提高可靠性的措施,设置了多种监视功能,以防止 CPU 死机。加宽了对工作环境温度的适应性,例如一般工业级芯片可在 $-40\sim +85^\circ\text{C}$ 范围内正常



工作。

4. 满足应用系统不断提高的单片化需求

所谓单片化需求,实际上就是尽量把应用所需的功能部件或外设集成在一个芯片内,不需要外部功能扩展,实现一块芯片(单片机)就构成一个完整的应用系统。这样做的好处是可以有效降低系统的体积和功耗,提高可靠性,增加系统的保密程度。

以往为满足不同应用的需要,同一系列的单片机一般需要生产十多种,甚至几十种资源配置各不相同的机型供用户选择,以达到最高的性价比。最具典型的是美国 Motorola 公司的 68HC05 系列、MicroChip 公司的 PIC 等系列单片机。现在,随着超大规模集成技术的飞速发展,单片机的集成度不断提高,成本却逐渐下降。这使得设计者可以将原属外围器件的功能集成到芯片内部。近年来,单片机片内程序存储器(ROM)普遍使用 Flash 存储器,可实现快速在线编程或修改,一些 MCS-51 型单片机片内 Flash 容量最高已达上限 64KB。不少芯片除了 128B~256B 的内部 RAM 外,还集成了 1~2KB 的外部 RAM。在此基础上,很多单片机还具有在系统可编程(In-System Programmable,ISP)、在应用可编程(In-Application Programmable,IAP)功能,使用户可以在已设计完成的电路上直接进行程序或数据的更新,极大地方便了应用。目前支持 ISP/IAP 功能的单片机包括 NXP(原 Philips)公司的 P89V5xRx2 系列、SST 公司的 SST89C5x 系列、STC 公司的 STC89C5x、STC54xx 和 STC12C 系列等。除此之外,不少单片机片内还集成了 10 位或 12 位 A/D 转换器、看门狗定时器(Watchdog Timer)和脉宽调制器等,进一步提高了芯片的集成度,方便了应用的单片化。

5. 单片机应用的网络化需求不断提高

近几年来,随着网络技术的发展与普及,已有很多单片机应用提出了网络化通信的需求,即借助网络技术实现更广泛的通信。例如,智能家居、智能楼宇和远程测控系统等大范围的多机网络测控与管理系统。这些系统可以通过网络查询相关信息,调度、控制和管理有关仪器、设备、家电等,具有非常广泛的应用前景。

1.3 单片机的特点及应用场合

由于技术的不断进步和性价比的不断提高,单片机得到了极其广泛的应用,在通信、自动化和机电一体化等各个应用领域几乎无所不及。

1. 单片机特点

1) 性价比高

在各种高性能微处理器不断出现的今天,8 位单片机仍保持着旺盛的生命力,有较高的应用性价比是一个重要的原因。单片机体积小、功耗低、集成度高、功能强,它能极方便地嵌入到各种自动化、智能化的测控系统中,同等条件下,使用单片机能有效地降低应