



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

教育部“高等学校教学质量与教学改革工程”立项项目

陈忠平 曹巧媛 曹琳琳
徐刚强 刘琼 等 编著

单片机原理及接口 (第2版)

计算机科学与技术专业实践系列教材

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机科学与技术专业实践系列教材

单片机原理及接口 (第2版)

陈忠平 曹巧媛 曹琳琳 徐刚强 刘琼 等 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书以常用的 STC89 系列单片机为核心,通过大量的实例系统地介绍了单片机的工作原理及接口技术。全书分 10 章,主要内容包括单片机概述、内部结构、指令系统与寻址方式、汇编语言程序设计、计时器/计数器、中断系统、串行通信、外部系统扩展、输入输出及接口技术、单片机系统开发和应用实例。

本书在参考国内外大量资料的基础上,并结合编者多年的教学和科研实践编写而成。在编写过程中,既做到内容全面、叙述清楚,又注重最新的单片机应用技术,并且在第 8 章和第 9 章中介绍当前流行的 SPI、IIC、1 Wire 等串行总线的工作原理、接口技术及其应用。

本书理论体系完整,内容翔实,语言通俗易懂,实例实用性和针对性强,既适合作为高等院校信息工程、计算机应用、自动化、电气工程和机电等专业的教材,又可供有关技术培训及工程技术人员自学参考之用。

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

单片机原理及接口/陈忠平,曹巧媛等编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,2011.5

(计算机科学与技术专业实践系列教材)

ISBN 978-7-302-24273-4

I. ①单… II. ①陈… ②曹… III. ①单片微型计算机—理论—高等学样—教材 ②单片微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 250805 号

责任编辑:汪汉友 徐跃进

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 62795954, jsjtc@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:22

字 数:546 千字

版 次:2011 年 5 月第 2 版

印 次:2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

产品编号:037634 01

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
计算机科学与技术专业实践系列教材

编 委 会

主 任：王志英

副 主 任：汤志忠

编 委 委 员：陈向群 樊晓桢 邝 坚

孙吉贵 吴 跃 张 莉

第2版前言

《单片机原理及接口》由清华大学出版社于2007年出版,至今有4年的时间。在这近4年里,社会不断发展,单片机技术也不断更新。《单片机原理及接口》一书原版本的有些内容已经过时,而一些新的知识在原版本中又没体现,因此,有必要对原版本进行修订。

与原版本相比,修订本主要在以下方面进行了相关变动。

① 在修订本中改用当前广泛使用的STC89系列单片机为蓝本,讲解单片机相关知识。

② 将第1章中的单片机外形封装这一节内容直接融合到第2章的单片机引脚及功能中。

③ 第2章中对单片机I/O端口没有分4部分对四组P端口详细说明其内容结构及操作,改成讲解准双向I/O输出原理。在第2章中还删除了在线仿真、存储器的编程及加密方法等内容。

④ 将原版本的第3章和第4章中的内容整合第3章,而第4章讲述C51程序设计语言。

⑤ 修订本中第6章增加外部中断2和外部中断3的相关知识,删除了矢量中断扩充外部中断源的内容。

⑥ 修订本的第7章中删除了串行通信的数据通路形式、串行端口芯片。

⑦ 修订本中的第9章改用DS1302讲述实时时钟的相关知识。

⑧ 修订本的第5章~第7章均有1个使用C语言编写的源程序代码。

⑨ 对部分习题在数量上略有减少,但类型则稍有增加。

本书可作为应用型本科、高职高专等高等院校的电子工程、计算机应用、通信工程、自动控制及相关专业的教材,也可供从事单片机开发与应用工程的技术人员参考。

参加本书修订工作的有陈忠平、曹巧媛、曹琳琳、刘琼、邹红卫、姜异秀等,全书由赵万毅教授主审。在本书的修订过程中还得到了王汉其、侯玉宝等众位高工、老师的大力支持及帮助,在此向他们致以衷心的感谢。同时,对在修订过程中参考的多部单片机原理及相关著作的作者表示深深的谢意!

由于作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者予以指正或提出修改意见。

另外,为响应立体化教学需求,本书还配备了一本习题解析及实验指导书。书中针对本教材列出了教学大纲及课时安排、对教材中的习题进行了解答、讲解了相关软件的使用、有10个软件实验、20个硬件实验、6个实训项目和6个课程设计指导。

编 者

2011年3月于长沙岳麓山

第 1 版前言

随着科技的发展,微型计算机特别是单片机的发展十分迅速,其档次不断提高,功能越来越强。由于单片机集成度高、体积小、控制功能强、可靠性高、性价比高等优点,使其广泛应用于工业测控、智能仪器仪表、民用电子产品等领域中。

单片机的广泛应用,使其科技地位日益提高。广大院校师生及科技工作者不断掀起了学习、开发、应用单片机的热潮。

目前,单片机系列繁多,上百种机型,有 8 位、16 位、32 位的单片机,但是 8 位单片机仍是主流产品。本书以当前流行的 P89C5x 系列单片机为主线,将传统技术与最新前沿技术结合起来,系统介绍了单片机工作原理、接口技术及其应用。

全书共分 10 章,第 1 章为单片机概述及 P89C5x 系列简介;第 2 章为 P89C5x 单片机内部结构,详细介绍了它的内部结构、工作原理、时序及 flash 编程与加密;第 3 章介绍了单片机汇编指令及 7 种寻址方式;第 4 章通过实例介绍单片机汇编语言程序设计;第 5 章、第 6 章、第 7 章分别介绍单片机的计时器/计数器、中断系统及串行通信等技术;第 8 章主要介绍了 SPI、IIC、SMBus、1-Wire 串行总线的工作原理及扩展方法;第 9 章以串行扩展方式为主,介绍了 LED、LCD、D/A、A/D、实时时钟、语音接口、温度测量等串行输入输出接口的原理及应用方法;第 10 章列举了几个单片机实用开发实例。前 9 章均配有大量的习题,以帮助读者复习巩固及提高所学知识。

本书可作为应用型本科、高职高专等高等院校的电子工程、计算机应用、通信工程、自动控制及相关专业的教材,也可供从事单片机开发与应用工程的技术人员参考。

参加本书编写的有陈忠平、曹巧媛、曹琳琳、刘琼、申晓龙等。全书由李刚民教授主审,赵万毅教授、王景芳教授审校。在本书的编写过程中还得到了湖南三一重工王汉其、侯玉宝、刘同法、胡彦伦等众位高工、老师的大力支持及帮助,在此向他们表示衷心的感谢。同时对在编写过程中参考的多部单片机原理及相关著作的作者表示深深的谢意!

由于编写时间仓促、编者水平有限,书中难免有错误及不妥之处,恳请读者批评指正。若有好的建议请与我们联系,E-mail:czpmcu@126.com 或 caozoop@yahoo.com.cn。

编 者

2007 年 1 月于长沙岳麓山

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 单片微型计算机	1
1.2.1 单片机的发展简史及最新发展状况	2
1.2.2 单片机的特点、分类及应用	4
1.3 STC89 系列单片机简介	6
1.3.1 STC89 系列单片机性能	7
1.3.2 STC89 系列单片机应用系统结构	7
1.4 单片机的学习方法及系统开发启示	9
1.4.1 学习单片机应具备的知识与能力	9
1.4.2 单片机学习的方法引导	9
1.4.3 单片机的学习要点	9
1.4.4 单片机系统的开发步骤	10
小结	11
习题	11
第 2 章 STC89 系列单片机内部结构	13
2.1 STC89 系列单片机的组成	13
2.1.1 单片机的引脚及功能	13
2.1.2 STC89 系列单片机内部结构	15
2.2 STC89 系列单片机存储器结构	19
2.2.1 程序存储器	20
2.2.2 数据存储器	20
2.2.3 特殊功能寄存器	22
2.3 STC89 系列单片机 I/O 端口	26
2.3.1 准双向 I/O 端口输出原理	26
2.3.2 I/O 端口的应用特性	27
2.4 单片机工作方式及时序	28
2.4.1 复位方式	28
2.4.2 程序执行方式	30
2.4.3 低功耗方式	31
2.4.4 振荡器与时钟电路	33
2.4.5 可编程时钟输出	34
2.4.6 机器周期和指令周期	34
小结	35

习题	35
第 3 章 单片机指令系统及汇编语言程序设计	37
3.1 概述	37
3.2 寻址方式	37
3.2.1 立即寻址方式	38
3.2.2 直接寻址方式	38
3.2.3 寄存器寻址方式	39
3.2.4 寄存器间接寻址方式	39
3.2.5 基址加变址间接寻址方式	40
3.2.6 相对寻址	40
3.2.7 位寻址方式	41
3.3 指令系统	41
3.3.1 指令分类	41
3.3.2 数据传送类指令	41
3.3.3 算术运算类指令	47
3.3.4 逻辑运算类指令	52
3.3.5 控制转移类指令	56
3.3.6 位操作类指令	60
3.3.7 伪指令	62
3.4 汇编语言程序设计	64
3.4.1 顺序程序设计	65
3.4.2 分支程序设计	66
3.4.3 循环程序设计	70
3.4.4 子程序设计和参数传递	72
3.4.5 查表类程序设计	74
3.4.6 软件延时程序设计	75
3.4.7 输入输出类程序设计	76
小结	80
习题	80
第 4 章 C51 程序设计语言	83
4.1 数据运算	83
4.1.1 C 语言程序结构	83
4.1.2 标识符与关键字	85
4.1.3 数据类型	87
4.1.4 C51 数据存储类型及 SFR 的定义	88
4.1.5 常量与变量	90
4.1.6 C51 的运算符及表达式	92
4.2 流程控制	98

4.2.1	条件语句与控制结构	99
4.2.2	循环语句与控制结构	104
4.3	数组	110
4.3.1	一维数组	110
4.3.2	二维数组	112
4.3.3	字符数组	114
4.4	指针	115
4.4.1	变量的指针和指向变量的指针变量	115
4.4.2	数组指针和指向数组的指针变量	116
4.4.3	字符串指针和指向字符串的指针变量	117
4.5	结构体	118
4.5.1	结构体的定义和引用	118
4.5.2	结构体的初始化	122
4.5.3	结构体数组	122
4.5.4	指向结构体类型数据的指针	123
4.6	共用体	124
4.6.1	共用体类型变量的定义	125
4.6.2	共用体变量的引用	126
4.7	函数	126
4.7.1	函数定义的一般形式	127
4.7.2	函数的参数和函数返回值	128
4.7.3	函数的调用	129
4.7.4	数组、指针作为函数的参数	131
4.8	编译预处理	132
4.8.1	宏定义	132
4.8.2	文件包含	133
4.8.3	条件编译	134
小结		135
习题		135
第 5 章	STC89 系列单片机的定时器/计数器	137
5.1	定时器/计数器的内部结构及工作原理	137
5.1.1	定时器/计数器的内部结构	137
5.1.2	定时器/计数器的工作原理	137
5.1.3	定时器/计数器的控制寄存器	138
5.2	T_0 和 T_1 的工作方式与应用	141
5.2.1	方式 0 及其应用	142
5.2.2	方式 1 及其应用	144
5.2.3	方式 2 及其应用	147
5.2.4	方式 3 及其应用	149

5.3	T_2 定时器/计数器的工作方式与应用	151
5.3.1	捕获方式及其应用	152
5.3.2	自动重装方式及其应用	154
5.3.3	波特率发生器方式及其应用	156
5.4	定时器/计数器的综合应用	158
	小结	160
	习题	160
第 6 章	中断系统	161
6.1	中断技术概述	161
6.1.1	中断技术的优点	161
6.1.2	中断处理流程	162
6.2	中断系统	165
6.2.1	中断系统的结构	165
6.2.2	中断源及矢量地址	166
6.2.3	中断控制	167
6.3	外部中断源的扩展	171
6.3.1	利用定时器作外部中断输入使用	171
6.3.2	中断和软件查询相结合扩充外部中断源	172
6.3.3	矢量中断扩充外部中断源	173
6.4	中断系统的应用	175
	小结	181
	习题	181
第 7 章	串行数据通信	183
7.1	串行数据通信基础	183
7.1.1	串行通信的分类	183
7.1.2	RS-232C 总线标准	185
7.2	STC89 系列单片机的串行端口及控制寄存器	187
7.2.1	串行端口的内部结构	188
7.2.2	通信过程	188
7.2.3	串行通信控制寄存器	189
7.3	串行通信工作方式及波特率	191
7.3.1	串行通信的工作方式	191
7.3.2	串行端口的通信波特率	191
7.4	串行端口工作方式的应用	193
7.4.1	方式 0 的应用	193
7.4.2	方式 1 的应用	196
7.4.3	方式 2 和方式 3 的应用	202
	小结	212

习题	212
第 8 章 外部系统的扩展	214
8.1 并行扩展总线	214
8.1.1 并行扩展总线方法	214
8.1.2 地址译码方法	214
8.1.3 总线驱动	215
8.2 串行总线扩展	215
8.2.1 SPI 总线	216
8.2.2 MicroWire 总线	219
8.2.3 I ² C 总线	220
8.2.4 SMBus 总线	225
8.2.5 单总线	228
8.3 并行存储器的扩展	232
8.3.1 程序存储器的扩展	232
8.3.2 数据存储器的扩展	234
8.4 串行 E ² PROM 的扩展	238
8.4.1 二线制 I ² C E ² PROM AT24CXX 系列的扩展	238
8.4.2 三线制 SPI E ² PROM AT25010/020/040 系列的扩展	244
小结	246
习题	246
第 9 章 输入输出及接口技术	247
9.1 键盘	247
9.1.1 键盘的工作原理	247
9.1.2 独立式键盘和矩阵式键盘	247
9.1.3 串行 I/O 端口扩充键盘	248
9.2 LED 显示器	250
9.2.1 LED 显示器的结构及分类	251
9.2.2 LED 显示器的显示方式	252
9.2.3 MAX7219 串行输入输出共阴极显示驱动器	253
9.2.4 LED 点阵显示器	258
9.3 LCD 显示器	259
9.3.1 LCD 液晶显示器的基本知识	259
9.3.2 字段式 LCD 显示器	261
9.3.3 点阵字符式 LCD 显示器	263
9.4 数模转换器接口及应用	266
9.4.1 数模转换器的原理及分类	266
9.4.2 10 位串行 D/A 转换器 TLC5615	267
9.4.3 TLC5615 的应用	268

9.5	模数转换器接口及应用	270
9.5.1	模数转换器的分类	270
9.5.2	11 路 12 位串行 A/D 转换器 TLC2543	270
9.5.3	TLC2543 与单片机的连接及应用	273
9.6	DS1302 实时时钟	274
9.6.1	DS1302 外部封装及引脚功能	275
9.6.2	DS1302 命令字节格式	275
9.6.3	DS1302 内部寄存器	276
9.6.4	DS1302 与单片机的连接	277
9.7	语音接口	277
9.7.1	ISD4004 的外部封装及引脚功能	278
9.7.2	ISD4004 的内部结构	279
9.7.3	ISD4004 串行 SPI 传输接口	279
9.7.4	操作指令及工作过程	280
9.7.5	ISD4004 的应用	280
9.8	温度测量	285
9.8.1	DS18B20 封装形式及引脚功能	285
9.8.2	DS18B20 内部结构	285
9.8.3	DS18B20 测温原理	287
9.8.4	DS18B20 的 ROM 命令	288
9.8.5	DS18B20 与单片机的连接及其应用	288
	小结	291
	习题	292
第 10 章	单片机系统开发和应用实例	293
10.1	μ Vision3 使用简介	293
10.1.1	启动 μ Vision3	293
10.1.2	创建应用	294
10.1.3	调试程序	296
10.2	单片机演奏音乐的设计	297
10.2.1	单片机产生音调的基础知识	297
10.2.2	音乐软件的设计	300
10.2.3	歌曲的设计	300
10.3	交通信号灯模拟控制	303
10.3.1	交通信号灯模拟控制原理	304
10.3.2	单片机模拟控制交通灯程序设计	304
10.4	步进电机控制	307
10.4.1	步进电机的工作原理及分配形式	307
10.4.2	步进电机的单片机控制	308
10.4.3	键盘控制步进电机正反转及转数的设计	309

10.5 红外线遥控彩灯的设计.....	313
10.5.1 红外线遥控原理.....	313
10.5.2 红外线遥控彩灯硬件电路设计.....	315
10.5.3 红外线遥控彩灯软件设计.....	315
附录 A 单片机指令表.....	317
附录 B C51 库函数	322
附录 C ASCII 码表	329
附录 D 常用集成电路引脚图.....	330
参考文献.....	334

第 1 章 绪 论

1.1 概述

随着计算机技术的不断发展,计算机在工业、农业、科研、国防和日常生活等方面都做出了卓越的贡献,而且人们对它的依赖程度越来越高,因此计算机的发展水平也体现了国家的综合实力。

自从 1946 年美国宾夕法尼亚大学研制了世界上第一台数字电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)以来,在短短的几十年中,计算机已发展到大规模/超大规模集成电路的水平,运算速度每秒钟可达上万亿次以上。近年来,计算机朝着巨型化、智能化、网络化、微型化的方向不断发展。

微型化是计算机的主要发展方向之一。在微型计算机中,单片微型计算机(简称单片机)是其重要的成员。单片机的发展也非常迅速,它依靠一定的硬件基础,根据特定环境,完成特定的需求。因其结构比较简单、工作任务针对性较强,使得在国民经济各个领域中都有它的踪迹。因此,人们揭开它神秘的面纱,掌握和更好地利用它是必要的,学习单片机技术也是适应时代的发展、满足社会的需要。

1.2 单片微型计算机

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer, SCM)简称单片机,它是在一块芯片上集成了中央处理部件(Central Processing Unit, CPU)、数据存储器(Random Access Memory, RAM)、程序存储器(Read Only Memory, ROM)、定时器/计数器和多种输入输出(I/O)端口等功能部件,片内各功能部件通过内部总线相互连接起来,如图 1-1 所示。

由于单片机的结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的,因此称为单片微控制器(Single Chip Microcontroller)。目前国外大多数厂商、学者普遍将其称为微处理器 Micro Controller,缩写为 MCU (Micro Controller Unit)以与 MPU (Micro Processor Unit)相对

应。国内习惯性将其称为单片机,但其含义为 Micro Controller,而非 Micro Computer。

单片机的重要应用领域为智能化产品,这些设备一般需要将单片机及其技术嵌入其内部,所以目前也有人根据这种特点将单片机称为嵌入式微处理器(Embedded MicroProcessor)或嵌入式微控制器(Embedded MicroController)。

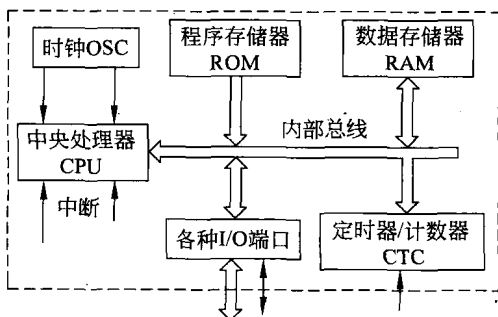


图 1-1 单片机结构框图

1.2.1 单片机的发展简史及最新发展状况

计算机最初是为了满足大量的数值计算而诞生的。长期以来,都是朝着不断提高运算速度、加大存储容量而发展。自从1974年美国仙童(Fairchild)公司运用计算机技术生产了世界上第一块单片机(F8)以来,在短短的几十年中,单片机作为微型计算机中的一个重要分支,其应用面之广,发展速度之快,都很惊人。

单片机的发展主要经历了4个阶段。

第一阶段(1974—1976年)单片机初级阶段:此阶段的单片机结构比较简单,控制功能比较单一。例如仙童公司的F8系列单片机,只包含了中央处理器CPU、64B的RAM和两个并行端口,还需外接具有ROM、定时器/计数器、并行端口的芯片。

第二阶段(1976—1978年)低性能阶段:以Intel公司的MCS-48系列为代表,其特点是采用专门的结构设计,内部资源不够丰富。该系列的单片机片内集成了8位CPU、并行I/O端口、8位定时器/计数器、RAM、ROM等。无串行I/O端口,中断处理系统也比较简单,片内RAM、ROM容量较小,且寻址范围小于4KB。

MCS-48系列单片机基本型包括8048、8748和8035,低档型包括8020、8021、8022,高档型包括8050、8750、8040,专用型包括UPI-8041、8741等。

这一代的单片机产品除了MCS-48系列之外,还有Motorola公司的6801系列和Zilog公司的Z8系列。

第三阶段(1978—1983年)高性能阶段:这类单片机是在低、中档单片机基础上发展起来的。以Intel公司的MCS-51系列为代表,它完善了外部总线,丰富了内部资源,并确立了单片机的控制功能。采用16位的外部并行地址总线,能对外部64KB的程序存储器和数据存储器空间进行寻址;还有8位数据总线及相应的控制总线,形成完整的并行三总线结构。同时还提供了多机通信功能的串行I/O端口,具有多级中断处理,16位的定时器/计数器,片内的RAM和ROM容量增大,寻址范围可达64KB。有的单片机片内还带有A/D转换器、DMA、PSW等功能模块。

在MCS-51单片机指令系统中,增加了大量的功能指令。如在基本控制功能方面设置了大量的位操作指令,使它和片内的位地址空间构成了单片机所独有的布尔逻辑操作系统,增强了单片机的位操作控制功能;还有许多条件跳转、无条件跳转指令,从而增强了指令系统的控制功能。在单片机的片内设置了特殊功能寄存器(Special Function Register, SFR),为外围功能电路的集中管理提供了方便。

第四阶段(1983年至今)8位超高性能单片机的巩固发展及16位、32位、64位单片机的推出与发展阶段。这一代单片机全速发展其控制功能,并且许多电气商纷纷介入,使其在各个领域得到广泛应用。

在第四阶段,一方面为满足不同用户的需要,不断完善8位高档单片机,改善其结构;另一方面发展16位单片机及专用单片机。超8位单片机增加了DMA(Direct Memory Access)直接数据存储存取通道、特殊串行接口等。16位单片机的CPU为16位,片内RAM和ROM的容量进一步增大,片内RAM为232B,ROM为8KB,片内带有高速输入输出部件,多通道10位A/D转换器,8级中断处理功能,实时处理能力更强,并开发了片内带flash程序存储器(flash memory)等功能。

在今后相当长的时期内,主流机型仍是 8 位单片机。因为 8 位廉价型单片机会逐渐侵入 4 位机领域;另一方面 8 位增强型单片机在速度及功能上向现在的 16 位单片机挑战。故今后的机型很可能是 8 位机与 32 位机共同发展的时代。但从应用方面而言,在相当长的时间里 32 位机数量不会很多,16 位机仍有一定的使用时期。

从单片机的结构功能上看,单片机发展的趋势将会朝着不断提高容量、性能、集成度、降低价格等方面发展;在内部结构上将会由 RISC(Reduced Instruction Set Computing)结构取代传统的 CISC(Complex Instruction Set Computing)结构的单片机。主要体现在以下几方面。

1. CPU 的改进

(1) 采用双 CPU 结构,提高单片机的处理速度和处理能力。例如 Rockwell 公司的 R65C289 系列单片机就采用了双 CPU。

(2) 增加数据总线宽度,提高数据处理速度和能力。例如 NEC 公司的 μ PD-7800 系列内部数据总线为 16 位。

(3) 采用流水线结构,指令以队列形式出现在 CPU 中,从而提高运算速度。以适用于实时数字信号处理。例如德州仪器(Texas Instrument, TI)公司的 TMS320 系列。

(4) 加快单片机的主频,减少执行指令时的机器周期。例如 Philips 公司的 87C5X 系列单片机主频在 33MHz,执行一条指令时的机器周期减少为 6 个。

(5) 增加串行总线结构,减少单片机引脚,降低成本。Philips 公司的 P87LPC76、P87LPC87 系列单片机采用 I²C(Inter-Integrated Circuit)两线式串行总线来代替现行的 8 位并行数据总线。

2. 指令集结构的转变

CISC 结构的单片机是传统的冯·诺依曼(Von Neumann)结构,这种结构又称为普林斯顿(Princeton)体系结构。其片内程序空间和数据空间合在一起,取指令和操作数都是通过同一簇总线分时进行。当高速运算时,取指令和操作数不能同时进行,还会造成传输通道上的瓶颈现象,所以需要寻找另一种结构。

采用 RISC 结构的单片机是新型的哈佛(Harvard)结构,采用双总线结构。它是将单片机内部的指令总线 and 数据总线分离,而指令总线宽于数据总线,允许同时取指令和取操作数,还允许在程序空间和数据空间之间相互传送数据。如 Microchip 公司的 PIC 系列单片机。

3. 存储器的发展

(1) 存储容量扩大,有利于外围扩展电路的简化,增强电路的稳定性。新型的单片机片内 ROM 一般可达 4~8KB,甚至达 128KB;RAM 达 512B,如 P8xC591 单片机的 ROM 为 16KB, RAM 为 512B。

(2) 片内可擦可编程只读存储器(Erasable Programmable Read Only Memory, EPROM)、电可擦可编程只读存储器(Electrically Erasable PROM, E²PROM)、闪速存储器(flash)。片内带有 EPROM 的单片机,在将程序编程写入芯片时,需要高压写入、紫外线擦抹,这给用户带来诸多不便。而采用 E²PROM、flash 后,无须紫外线擦除,只需重新写入。特别是在 +5V 的电压下可直接对芯片进行读写的 E²PROM、flash,它既有静态 RAM 读写操作简便的优点,又有掉电时数据不会丢失的优点。片内 E²PROM、flash 的使用不仅对单

片机的结构产生影响,同时简化了应用系统的结构,提高了产品的稳定性,降低产品成本。例如 Atmel 公司的 AT89 系列单片机,片内就采用了 flash 功能。

(3) 程序保密化:一般写入 EPROM 中的程序很容易被复制。为了防止程序被复制或非法剽窃,维护开发者的权利,需要对写入的程序进行加密。例如 Intel 公司就采用带加密锁的 EPROM(Keyed access EPROM,KEPROM)编程写入,还有的公司对片内 EPROM 或 E²PROM 采用加锁的方式进行加密。加密后,片外无法读取其中的程序。若要去密,必须擦除片内 EPROM 或 E²PROM 中的程序,从而达到加密的目的。

4. 片内 I/O 的改进

(1) 增强并行端口的驱动能力,减少外围驱动电路。有的单片机可直接驱动七段显示器 LED 和 VFD 荧光显示器等,如 P89LPC9401 可直接驱动 LCD。

(2) 增加 I/O 端口的逻辑控制功能,有的单片机位处理系统能对 I/O 端口进行位寻址和位操作,加强 I/O 端口线的控制能力。

(3) 串行端口形式的多样化,为单片机构成网络系统提供了方便条件。如 P8xC591 具有 CAN 总线端口。

5. 片内集成外围芯片

随着集成电路技术的发展,芯片的集成度不断提高,在单片机片内集成了许多外围功能器件。有的单片机片内集成了模数(Analog to Digital, A/D)转换功能、数模(Digital to Analog, D/A)转换功能、DMA 控制器、锁相环(Phase Locked Loop, PLL)、串行外围接口(Serial Peripheral Interface, SPI)等。由于集成技术的不断提高,将许多外围功能电路都集成到单片机片内,这也是单片机的发展趋势,这样使得单片机功能扩大、稳定性增强,为人们提供更优质的服务。

6. 低功耗化

人们对能源的要求越来越高,都喜欢节能型的电子产品,所以在 8 位单片机中有 1/2 的产品采用 CMOS 化,以减少单片机的功耗,节省能源。为了进一步节能,这类单片机还普遍采用了空闲与掉电两种工作方式。例如 MCS-51 系列的 80C51BH 单片机正常工作(5V, 12MHz)时,工作电流为 16mA,空闲方式时工作电流为 3.7mA,掉电方式(2V)时工作电流仅为 50 μ A。

1.2.2 单片机的特点、分类及应用

1. 单片机的特点

单片机是把微型计算机主要部件集成在一块芯片上,所以一块单片机芯片就是一台不带外部设备的微型计算机。这种特殊的结构形式,使单片机在一些应用领域中承担了大中型计算机以及通用微型计算机无法胜任的一些工作。单片机的特点主要有以下几个方面。

(1) 性价比高。高性能、低价格是单片机的显著特点之一。单片机尽可能将所需要的存储器,各种功能模块及 I/O 端口集成于一块芯片内,使其成为一台简单的微型计算机。有的单片机为了提高运行速度和执行效率,采用了 RISC 流水线和 DSP(Digital Signal Processing)设计技术,使其性能明显优于同类型微处理器;有的单片机片内程序存储器可达 64KB,片内数据存储器可达 2KB,单片机的寻址已突破 64KB 的限制,8 位和 16 位单片机寻址可达 1MB 和 16MB。