


21世纪高等学校计算机**基础**实用规划教材

SOC单片机原理 与应用

鲍可进 主编



S



清华大学出版社

21世纪高等学校计算机**基础**实用规划教材

SOC单片机原理与应用

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 C8051F020 为例介绍了 SOC 型的单片机原理及应用,该系列单片机具有与 MCS-51 完全兼容的指令内核和丰富的外设接口及片内资源。书中详细叙述了该单片机的基本结构、指令系统及用 C51 语言对片内资源的编程方法、C8051F 单片机应用系统的开发方法及实验项目等方面的内容。本书附有习题、实验题、应用实例及程序源码,以供读者练习。同时在清华大学出版社网站(www.tup.com.cn)提供用于教学的 PPT 教案。

全书内容自成体系,语言通俗流畅,结构合理紧凑。本书既可作为高等院校单片机课程的教材及实验指导书,也可作为电子技术人员的参考书。

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

SOC 单片机原理与应用/鲍可进主编. —北京:清华大学出版社,2011.1

(21 世纪高等学校计算机基础实用规划教材)

ISBN 978-7-302-23131-8

I. ①S… II. ①鲍… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 114484 号

责任编辑:魏江江 王冰飞

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

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, jsjic@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:27.5 字 数:667 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版 印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.50 元

产品编号:034377-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	章 征	教授
	王建民	教授
	冯建华	教授
	刘 强	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈 钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王 珊	教授
	孟小峰	教授
	陈 红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
	赵 宏	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈 明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
同济大学	苗夺谦	教授
	徐 安	教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
	孙 莉	副教授
浙江大学	吴朝晖	教授

扬州大学	李善平	教授
南京大学	李云	教授
	骆斌	教授
南京航空航天大学	黄强	副教授
	黄志球	教授
南京理工大学	秦小麟	教授
南京邮电学院	张功萱	教授
苏州大学	朱秀昌	教授
	王宜怀	教授
江苏大学	陈建明	副教授
中国矿业大学	鲍可进	教授
	张艳	副教授
武汉大学	姜薇	副教授
华中科技大学	何炎祥	教授
中南财经政法大学	刘乐善	教授
华中师范大学	刘腾红	教授
	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈利	教授
江汉大学	颜彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
	邹北骥	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐勇	教授
长安大学	巨永峰	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗蕾	教授
成都理工大学	蔡淮	教授
	于春	讲师
西南交通大学	曾华荣	教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

本系列教材立足于计算机公共课程领域,以公共基础课为主、专业基础课为辅,横向满足高校多层次教学的需要。在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 面向多层次、多学科专业,强调计算机在各专业中的应用。教材内容坚持基本理论适度,反映各层次对基本理论和原理的需求,同时加强实践和应用环节。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生的知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现教学质量和教学改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。基础课和专业基础课教材配套,同一门课程可以有针对不同层次、面向不同专业的多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制定教材规划时依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主题。书稿完成后要真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平教材编写梯队才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校计算机基础实用规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

单片微型计算机简称单片机,是典型的嵌入式微控制器。随着电子技术的飞速发展,目前的单片机已经集成了 A/D 转换器、D/A 转换器、存储器、I²C、CAN、SPI 总线接口及一些专用外设,形成了 SOC(System on Chip)型的单片机,或称为系统级芯片,也有称片上系统,在工业控制、机电一体化、通信终端、智能仪表、家用电器等诸多领域中得到了广泛应用,已成为传统机电设备进化为智能化机电设备的重要手段。因此,高等理工科院校师生和工程技术人员了解和掌握 SOC 型的单片机原理和应用技术是十分必要的。

目前单片机已经形成很多种类,C8051F 系列单片机就是一种典型的 SOC 型单片机,原是 Cygnal 公司的产品,该公司于 2003 年并入 Silicon Laboratories 公司。C8051F 系列单片机具有与 MCS-51 完全兼容的指令内核,采用流水线处理(pipe line)技术,不再区分时钟周期和机器周期,能在执行指令期间预处理下一条指令,提高了指令执行效率。而且大部分 C8051F 单片机具备控制系统所需的模拟和数字外设,包括看门狗、ADC、DAC、电压比较器、电压基准输出、定时器、PWM、定时器捕捉和方波输出等,并具备多种总线接口,包括 UART、SPI、SMBus(与 I²C 兼容)总线以及 CAN 总线等。C8051F 系列单片机采用 Flash ROM 技术,集成 JTAG,支持在线编程和调试。C8051F 系列单片机的诸多特点和优越性,使其广受单片机系统设计工程师的青睐,成为很多测控系统设计的首选机型。

本书以 C8051F020 为讲述对象,是因为该单片机为 C8051F 系列单片机中功能较全、最具有代表性的一款。熟悉了 C8051F020 单片机工作原理和编程方法后,可较快地对 C8051F 系列其他单片机上手编程。事实上,模拟和数字外设以及各种总线具有共性,因而本书也可作为其他厂商单片机的参考资料,书中例程稍加修改,即可应用于其他单片机。而且本书全部代码采用 C51 语言编写,这也是单片机应用的发展方向,同时增强了程序的可读性和可移植性。

书中着重介绍 C51 与标准 C 语言的不同之处,读者应该在具备一定 C 语言编程知识的基础上阅读本书内容。书中大部分章节附有习题,以供读者练习。附录中列出了有关 C8051F020 单片机技术资料等内容,供读者参考。

本书由鲍可进担任主编,书中第 1 章、第 2 章、第 5 章由鲍可进编写,第 4 章由赵念强编写,第 3 章由赵念强、申屠浩编写,第 8 章由申屠浩、赵念强、鲍可进编写,第 6 章、第 7 章由

陈向益编写,并且他在其他章节中也作了相关工作。赵德安教授对本书的编写提出了指导性的建议和中肯的意见。

在编写过程中,我们参考了有关书刊、资料,在此对有关作者一并表示感谢。

由于水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2010年5月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的发展概况	1
1.1.1 单片机的发展历史.....	1
1.1.2 典型的 8 位单片机产品.....	4
1.2 单片机的应用及发展趋势.....	10
1.2.1 单片机的应用	10
1.2.2 单片机的发展趋势	11
习题 1	13
第 2 章 SOC 单片机的结构与原理	14
2.1 C8051F 系列单片机总体结构	14
2.1.1 C8051F 系列单片机简介	14
2.1.2 CIP-51 内核	15
2.1.3 C8051F020 单片机的片上资源	16
2.2 C8051F020 存储器组织	19
2.2.1 程序存储器	19
2.2.2 内部数据存储器	21
2.2.3 特殊功能寄存器	21
2.2.4 位寻址区	24
2.2.5 外部 RAM 和片内 XRAM	25
2.3 CIP-51 指令介绍	31
2.3.1 寻址方式	31
2.3.2 51 指令集	32
2.4 中断系统.....	39
2.4.1 中断概念	39
2.4.2 C8051F 中断系统	40
2.5 端口输入/输出	49
2.5.1 优先权交叉开关译码器	50
2.5.2 端口 I/O 初始化	52
2.5.3 端口 4~7	54

2.5.4	交叉开关引脚分配示例	56
2.5.5	片上资源配置工具 Config 的应用	57
2.6	电源管理方式	63
2.6.1	空闲方式	65
2.6.2	停机方式	65
2.7	复位与时钟	65
2.7.1	复位源	65
2.7.2	上电/掉电复位	66
2.7.3	外部复位	68
2.7.4	内部复位	69
2.7.5	系统时钟	71
习题 2	77
第 3 章	51 单片机编程语言	78
3.1	单片机的编程语言概述	78
3.2	汇编语言	78
3.2.1	汇编指令	78
3.2.2	简单程序设计	82
3.2.3	分支程序设计	83
3.2.4	循环程序设计	83
3.2.5	子程序设计及参数传递方法	89
3.3	C51 语言	94
3.3.1	标识符、关键字与运算符	94
3.3.2	数据类型	95
3.3.3	常量及变量	97
3.3.4	C51 中的特殊数据类型	103
3.3.5	指针	109
3.3.6	函数	112
3.3.7	C 和汇编混合编程	116
3.3.8	程序设计的三种基本结构	121
3.3.9	C51 程序设计的注意事项	121
3.3.10	代码风格及代码维护的建议	122
3.4	C8051F 系列单片机开发环境	124
3.4.1	Silicon Laboratories IDE 集成开发环境简介	124
3.4.2	程序开发的基本操作	133
3.4.3	JTAG 接口及在线编程调试	141
3.4.4	程序开发示例	141
习题 3	146

第 4 章 SOC 单片机的片内功能部件	148
4.1 定时器/计数器	148
4.1.1 定时器/计数器的一般结构和工作原理	149
4.1.2 定时器/计数器 T0 和 T1	151
4.1.3 定时器/计数器 T2 和 T4	160
4.1.4 定时器/计数器 T3	165
4.2 可编程计数器阵列	168
4.2.1 PCA0 交叉开关配置	169
4.2.2 PCA0 的特殊功能寄存器	170
4.2.3 PCA0 定时器/计数器	173
4.2.4 PCA0 捕捉/比较模块	174
4.2.5 PCA0 应用举例	179
4.3 UART 通信接口	183
4.3.1 串行通信及基础知识	183
4.3.2 串行接口的组成和特性	185
4.3.3 串行接口的工作方式	190
4.3.4 波特率设计	192
4.3.5 串行口应用编程	194
4.3.6 多机通信原理及应用	202
4.4 系统管理总线 SMBus	209
4.4.1 SMBus 原理	209
4.4.2 SMBus 协议	211
4.4.3 SMBus 数据传输方式	213
4.4.4 SMBus 特殊功能寄存器	216
4.4.5 SMBus 应用举例	221
4.5 串行外设接口总线 SPI	226
4.5.1 SPI 的原理、控制信号及交叉开关配置	226
4.5.2 SPI 特殊功能寄存器	229
4.5.3 SPI0 操作	232
4.5.4 SPI 应用举例	234
习题 4	237
第 5 章 模/数和数/模转换器	239
5.1 模/数转换器	239
5.1.1 模数转换原理和性能指标	240
5.1.2 C8051F020 的 ADC0 功能结构	241
5.1.3 模拟多路选择器和 PGA	243
5.1.4 ADC 的工作方式	245

5.1.5	ADC0 可编程窗口检测器	249
5.1.6	ADC1(8 位 ADC)	251
5.1.7	模数转换举例	256
5.2	数/模转换器	267
5.2.1	数模转换原理及性能指标	267
5.2.2	C8051F020 的 DAC 功能结构	269
5.2.3	DAC 输出更新	271
5.2.4	DAC 输出定标/调整	272
5.2.5	数模转换举例	272
5.3	电压基准	275
5.4	比较器	276
	习题 5	280
第 6 章	SOC 的特殊型号芯片介绍	281
6.1	资源最少配置型 C8051F 单片机——C8051F30X	281
6.2	资源较多配置型单片机——C8051F5XX	287
6.3	JTAG 接口	290
6.3.1	边界扫描	291
6.3.2	闪存编程命令	293
6.3.3	调试支持	295
	习题 6	295
第 7 章	SOC 单片机实验介绍	296
7.1	实验系统介绍	296
7.1.1	C8051F 单片机开发工具	297
7.1.2	NMC-20XX 核心模块简介	297
7.1.3	系统实验板	298
7.2	C8051F 单片机实验项目	299
7.2.1	数据传送实验	299
7.2.2	查表实验	301
7.2.3	七段码显示与按键实验	302
7.2.4	定时器实验	310
7.2.5	直流电机转速测量控制实验	313
7.2.6	步进电机控制实验	320
7.2.7	温度数据采集实验	324
7.3	Keil uVision2 开发环境	330
7.3.1	在 Keil uVision2 中集成 Silicon 的驱动和配置	330
7.3.2	使用 Keil uVision2 开发 C8051F020 单片机项目示例	333
	习题 7	337

第 8 章 应用举例	338
8.1 用 SMBus 实现串行 Flash 芯片的读写.....	338
8.1.1 Flash 芯片概述.....	338
8.1.2 串行 Flash 芯片的通信协议.....	339
8.1.3 程序代码.....	341
8.2 日历时钟与键盘显示.....	347
8.2.1 实时时钟芯片 S-3530A.....	347
8.2.2 程序代码.....	350
8.3 用过采样和求均值提高 ADC 分辨率.....	362
8.3.1 工作原理.....	363
8.3.2 程序代码.....	364
8.4 电压谐波监测.....	367
8.4.1 工作原理.....	368
8.4.2 程序代码.....	368
8.5 液晶显示程序.....	378
8.5.1 并口连接方式.....	380
8.5.2 串口连接方式.....	384
8.6 GPRS 与 SMS 的应用.....	385
8.6.1 设计思路.....	385
8.6.2 核心代码.....	387
8.7 μ CosII 在 C8051F 单片机上的移植.....	393
8.7.1 OS_CPU.H.....	394
8.7.2 OS_CPU_A.ASM.....	395
8.7.3 OS_CPU_C.C.....	402
附录 A CIP-51 指令一览表	405
附录 B C8051F020 的引脚定义及封装	409
附录 C C8051F020 的电气参数	416
附录 D 基本逻辑门电路图形符号	421
参考文献	423

集成电路的发展已有 40 年的历史,它一直遵循摩尔所指示的规律推进,现已进入深亚微米阶段。由于信息市场的需求和微电子技术自身的发展,引发了以微细加工(集成电路尺寸不断缩小)为主要特征的多种工艺集成技术和面向应用的系统级芯片的发展。随着半导体产业进入超深亚微米乃至纳米加工时代,在单一集成电路芯片上就可以实现一个复杂的电子系统,诸如手机芯片、数字电视芯片、DVD 芯片等。在未来几年内,上亿个晶体管、几千万个逻辑门都可望在单一芯片上实现。SOC(System on Chip)设计技术始于 20 世纪 90 年代中期,随着半导体工艺技术的发展,IC 设计者能够将愈来愈复杂的功能集成到单硅片上,SoC 正是在集成电路(IC)向集成系统(IS)转变的大方向下产生的。1994 年 Motorola 发布的 FlexCore 系统(用来制作基于 68000 和 PowerPC 的定制微处理器)和 1995 年 LSI Logic 公司为 Sony 公司设计的 SOC,可能是基于 IP(Intellectual Property)核完成 SOC 设计的最早报导。由于 SOC 可以充分利用已有的设计积累,显著地提高了 ASIC 的设计能力,因此发展非常迅速,引起了工业界和学术界的关注。本书要介绍的单片机就是目前发展起来的 SOC 型的单片机,它集成了丰富的接口和硬件资源,形成了单片的智能控制系统。

1.1 单片机的发展概况

1971 年 Intel 公司制造出第一片微型机芯片 4004 之后,开始了微型机时代。将微处理器、存储器和外围设备集成到一块芯片上,这就是单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。单片机是应工业测控而诞生的,它的结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的,故也叫单片微控制器(Single Chip Microcontroller, SCM),它在控制领域大显身手,装入到各种智能化产品之中,所以又称为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller),也有文献中称为微控制器单元(Microcontroller Unit, MCU)。

1.1.1 单片机的发展历史

从最初的单片机到如今的新一代单片机,其发展历史大致可以分为 4 个阶段:

第一阶段(1974—1976 年),单片机的初级阶段。因受工艺技术水平限制,单片机结构和功能都很简单。例如仙童公司生产的 F8 单片机,内部仅有 8 位 CPU,64 字节 RAM 和 2 个并行口,还需一些其他芯片才能组合成一台完整的微型机。

第二阶段(1976—1978 年),低性能单片机阶段。以美国 INTEL 公司的 MCS-48 为代表。该系列单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 接口、一个 8 位的定时/计数器、片内 64 或 128 字节 RAM,程序存储空间最大 4KB,但无串行通信口,不宜多机使用。

第三阶段(1978—1983年),高性能单片机阶段。这一阶段推出的单片机虽然仍采用8位CPU,但均有多级中断功能、串行通信接口、16位的定时/计数器,而且片内ROM、RAM容量加大,寻址空间范围可达64KB,有的片内还带有A/D转换器接口。这一阶段单片机的生产厂家众多,产品系列也特别多,主要的有Intel公司的MCS-51, Motorola公司的6801和Zilog公司的Z8等。这类产品由于具有优异的性能价格比,因而获得了极其广泛的应用。尤其是MCS-51系列单片机,特别适合于控制应用,在我国教育和经济建设等各个领域大显身手,经久不衰,是我国单片机应用的主流系列。

第四阶段(1983年—),暂且称作新一代单片机阶段。这一阶段单片机的最重要标志是“单片机”的含义已发生了根本改变。目前大家仍然保留单片机这一习惯叫法,但大家也都明白它是指Single-chip Microcontroller。近年来,单片机的技术不断发展,主要反映在内部结构、功率消耗、外部电压等级以及制造工艺上。在目前,用户对单片机的需要越来越多,要求也越来越高。下面分别就这4个方面说明单片机的技术进步状况。

1. 内部结构的进步

单片机在内部已集成了越来越多的部件,这些部件包括一般常用的电路,如定时器、比较器、A/D转换器、D/A转换器、串行通信接口、Watchdog电路、LCD控制器等。

有的单片机为了构成控制网络或形成局部网,内部含有局部网络控制模块CAN。例如,Infineon公司的C505C、C515C、C167CR、C167CS-32FM、81C90; Silicon Laboratories公司的C8051F500; Motorola公司的68HC08AZ系列等。特别是在单片机C167CS-32FM中,内部还含有2个CAN。因此,这类单片机十分容易构成网络。特别是在控制系统较为复杂时,构成一个控制网络十分有用。

为了能在变频控制中方便使用单片机,形成最具经济效益的嵌入式控制系统,有的单片机内部设置了专门用于变频控制的脉宽调制控制电路,这些单片机有Fujitsu公司的MB89850系列、MB89860系列; Motorola公司的MC68HC08MR16、MR24等。在这些单片机中,脉宽调制电路有6个通道输出,可产生三相脉宽调制交流电压,并且内部含死区控制等功能。

特别引人注目的是:现在有的单片机已采用所谓的三核(Tree Core)结构。这是一种建立在系统级芯片概念上的结构。这种单片机由三个核组成:一个是微控制器和DSP核,一个是数据和程序存储器核,最后一个外围专用集成电路(ASIC)。这种单片机的最大特点在于把DSP和微控制器同时做在一个片上。虽然从结构定义上讲,DSP是单片机的一种类型,但其作用主要反映在高速计算和特殊处理如快速傅立叶变换等上面。把它和传统单片机结合集成大大提高了单片机的功能。这是目前单片机最大的进步之一。这种单片机最典型的有Infineon公司的TC10GP; Hitachi公司的SH7410,SH7612等。这些单片机都是高档单片机,MCU都是32位的,而DSP采用16或32位结构,工作频率一般在60MHz以上。

2. 功耗、封装及电源电压的进步

现在新的单片机的功耗越来越小,特别是很多单片机都设置了多种工作方式,这些工作方式包括等待、暂停、睡眠、空闲、节电等工作方式。Silicon Laboratories公司的单片机C8051F020是一个很典型的例子,在空闲时,其功耗为0.2mA,而在节电方式中,其功耗只有10 μ A。而在功耗上最令人惊叹的是TI公司的单片机MSP430系列,它是一个16位的系列,有超低功耗工作方式。它的低功耗方式有LPM1、LPM3、LPM4三种。当电源为3V

时,如果工作于 LMP1 方式,即使外围电路处于活动,由于 CPU 不活动,振荡器处于 1~4MHz,这时功耗只有 $50\mu\text{A}$ 。在 LPM3 时,振荡器处于 32kHz,这时功耗只有 $1.3\mu\text{A}$ 。在 LPM4 时,CPU、外围及振荡器 32kHz 都不活动,则功耗只有 $0.1\mu\text{A}$ 。

现在单片机的封装水平已大大提高,随着贴片工艺的出现,单片机也大量采用了各种符合贴片工艺的封装方式出现,以大量减少体积。在这种形势中,Microchip 公司推出的 8 引脚的单片机特别引人注目。这是 PIC12CXXX 系列。它含有 0.5~2KB 程序存储器,25~128 字节数据存储器,6 个 I/O 端口以及一个定时器,有的还含 4 道 A/D,完全可以满足一些低档系统的应用。扩大电源电压范围以及在较低电压下仍然能工作是今天单片机发展的目标之一。目前,一般单片机都可以在 3.3~5.5V 的条件下工作。而一些厂家,则生产出可以在 2.2~6V 的条件下工作的单片机。这些单片机有 Fujitsu 公司的 MB89191~89195, MB89121~125A, MB89130 系列等,应该说该公司的 F2MC-8L 系列单片机绝大多数都满足 2.2~6V 的工作电压条件。而 TI 公司的 MSP430X11X 系列的工作电压也是低至 2.2V 的。

3. 工艺上的进步

现在的单片机基本上采用 CMOS 技术,大多数采用了 $0.6\mu\text{m}$ 以上的光刻工艺,有个别的公司,如 Motorola 公司则已采用 $0.35\mu\text{m}$ 甚至是 $0.25\mu\text{m}$ 技术。这些技术的进步大大地提高了单片机的内部密度和可靠性。

4. 以单片机为核心的嵌入式系统

单片机的另外一个名称就是嵌入式微控制器,原因在于它可以嵌入到任何微型或小型仪器或设备中。目前,把单片机嵌入式系统和 Internet 连接已是一种趋势。但是,Internet 一向是一种采用肥服务器,瘦客户机的技术。这种技术在互联上存储及访问大量数据是合适的,但对于控制嵌入式器件就成了“杀鸡用牛刀”了。要实现嵌入式设备和 Internet 连接,就需要把传统的 Internet 理论和嵌入式设备的实践都颠倒过来。为了使复杂的或简单的嵌入式设备(例如单片机控制的机床、单片机控制的门锁)能切实可行地和 Internet 连接,就要求专门为嵌入式微控制器设备设计网络服务器,使嵌入式设备可以和 Internet 相连,并通过标准网络浏览器进行过程控制。

目前,为了把单片机为核心的嵌入式系统和 Internet 相连,已有多家公司在进行这方面的研究。较为典型的有 emWare 公司和 TASKING 公司。

EmWare 公司提出嵌入式系统入网的方案——EMIT 技术。这个技术包括三个主要部分: emMicro、emGateway 和网络浏览器。其中,emMicro 是嵌入设备中的一个只占内存容量 1KB 的极小的网络服务器; emGateway 作为一个功能较强的用户或服务器,它用于实现对多个嵌入式设备的管理,还有标准的 Internet 通信接入以及网络浏览器的支持。网络浏览器使用 emObjects 进行显示和嵌入式设备之间的数据传输。

如果嵌入式设备的资源足够,则 emMicro 和 emGateway 可以同时装入嵌入式设备中,实现 Internet 的直接接入。否则,将要求 emGateway 和网络浏览器相互配合。EmWare 的 EMIT 软件技术使用标准的 Internet 协议对 8 位和 16 位嵌入式设备进行管理,但比传统上的开销小得多。

纵观单片机的发展历程,单片机已经由纯粹的单片微型机到增加一定接口以适用于一般控制应用而成为单片机微控制器。为了适应不同用户的各种各样的专门应用,在通常的 CPU 内核之外又增加了相适应的特有功能的外设驱动器,称为片上系统(SOC),单片机又

概 述