



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新编《信息、控制与系统》系列教材

单片机原理及其应用

Principles and Applications of Microcontroller

袁 涛 李月香 杨胜利 编著
Yuan Tao Li Yuexiang Yang Shengli



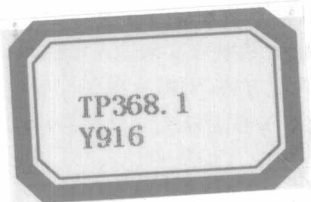
清华大学出版社



郑州大学 *04010749253Z*



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



新编《信息、控制与系统》系列教材

单片机原理及其应用

Principles and Applications of Microcontroller

袁 涛 李月香 杨胜利 编著
Yuan Tao Li Yuexiang Yang Shengli



TP368.1
Y916

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 μ PD78F0485 单片机为例介绍了嵌入式系统的基本原理与应用设计。 μ PD78F0485 单片机是一款性能价格比很高的 8 位高端单片机芯片,对于读者学习单片机从入门到提高具有很好的示范作用。书中第 2~17 章分别介绍 μ PD78F0485 单片机中各部分电路的原理、功能及使用,并提供丰富的应用实例,书中还单独叙述了低功耗设计、代码自动生成及实例,实例中程序都是用 C 语言编写的,大部分程序可以在附录 B 中的实验装置上实际运行。本书既适合工程技术人员自学使用,也适用于各工科大专院校和中等专科学校选做教材,以及作为技术培训教材。

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

单片机原理及其应用/袁涛等编著.--北京:清华大学出版社,2012.3

(新编《信息、控制与系统》系列教材)

ISBN 978-7-302-27801-6

I. ①单… II. ①袁… III. ①单片微型计算机—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 282622 号

责任编辑:王一玲 文 怡

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

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:北京市密东印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:26.25

字 数:636 千字

版 次:2012 年 3 月第 1 版

印 次:2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.50 元

产品编号:008048-01

新编《信息、控制与系统》系列教材

出版说明

信息、控制与系统学科是在 20 世纪上半叶形成和发展起来的一门新兴技术科学。在人类探索自然和实现现代化的进程中,信息、控制与系统学科的理论、方法和技术始终起着重要的和基础的作用。基于信息、控制与系统科学的自动化的发展和应用水平在一定意义上是一个国家和社会的现代化程度的重要标志之一。本系列教材是关于信息、控制与系统学科所属各个领域的基本理论和前沿技术的一套高等学校系列教材。

本系列教材所涉及的范围包括信号和信息处理、模式识别、知识工程、控制理论、智能控制、过程和运动控制、传感技术、系统工程、机器人控制、工业自动化、计算机控制和仿真、网络化系统、电子技术等方面。主要读者对象为自动控制、工业自动化、计算机科学与技术、电气工程、机械工程、化工工程和热能工程等专业有关的高年级大学生和研究生,以及工作于相应领域和部门的科学工作者和工程技术人员。

10 多年前,清华大学出版社会同清华大学自动化系,曾经组编出版过一套《信息、控制与系统》系列教材,产生了较大的社会影响,其中多数著作获得过包括国家级教学成果奖和部委优秀教材奖在内的各种奖励,至今仍为国内众多院校所采用,并被广大相关领域科技人员作为进修和自学读物。我们现在组编的这套新编《信息、控制与系统》系列教材,从一定意义上说,就是先前那套教材的延伸和发展,以反映近年来学科的发展和在科学研究与教学实践上的新成果和新进展,以适应当前科技发展和教学改革的新形势和新需要。列入这套新编系列教材中的著作,大多是清华大学自动化系开设的课程中经过较长教学实践而形成的,既有多年教学经验和教学改革基础上的新编著的教材,也有部分原系列教材的更新和修订版本。这套新编系列教材总体上仍将保持原系列教材求新与求实的风格,力求反映所属领域的基本理论和新近进展,力求做到学科先进性和教学适用性统一。需要说明的是,此前我们曾以《信息技术丛书》为名组编这套教材,并已出版了若干种著作。现为使“书”和“名”更为相符,这些已出版的著作将在重印或再版时列入这套新编系列教材。

我们希望,这套新编系列教材,既能为在校大学生和研究生的学习提供内容先进、论述系统和教学适用的教材或参考书,也能为广大科学工作者与工程技术人员知识更新与继续学习提供适合的和有价值的进修或自学读物。我们同时要感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并热忱欢迎提出批评和意见。

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

2002 年 6 月

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

顾	问	李衍达	吴 澄	边肇祺	王桂增	
主	编	郑大钟				
编	委	徐文立	王 雄	萧德云	杨士元	肖田元
		张贤达	周东华	钟宜生	张长水	王书宁
		范玉顺	蔡鸿程			
责任编辑	王一玲					

前 言

嵌入式系统是硬件、软件组成的综合系统,其应用覆盖领域极为广泛,从天空到地面,从军工到民用,几乎随处可见,一个家庭中拥有几十片单片机已经不足为奇。

单片机(或称为微控制器)是集成了 CPU、存储器、定时器、中断控制器、UART 和 SPI 串行通信接口、并行 I/O 等多种所需功能电路的一块芯片。它具有体积小、功能强大、抗干扰能力强、功耗低、允许工作电压在宽范围内波动等特点,是嵌入式系统中最为核心的部件。学习和掌握单片机的原理与应用,是设计开发嵌入式系统的技术关键。

单片机的功能配置极具灵活性,绝大多数引脚为多功能复用,可以根据应用需要选择定义,用同一型号的单片机定义出成百上千种引脚功能各异的单片机并非夸张。因此,不用花费 ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 的价格,也能配置出自己专用的单片机。单片机的单芯片化使得嵌入式系统的电路设计越来越简洁和可靠,但同时必然使得单片机型号明显增多。对开发应用人员来讲,应该针对不同情况选用不同型号的单片机。

单片机虽然型号繁多,但其组成和应用原理是相通的。深入学习和掌握一款功能丰富的 8 位单片机的使用,就能够为应用各种单片机打下一个坚实的基础。本书以 μ PD78F0485 单片机为例介绍了嵌入式系统的基本原理与应用设计。 μ PD78F0485 单片机是瑞萨(Renesas)公司 78K0 (8 位)系列单片机中的一个芯片型号,其内部电路功能非常丰富,功耗低(休眠电流仅为 $2.5\mu\text{A}$ 左右),工作电压范围宽($1.8\sim 5.5\text{V}$ 电压下可以正常工作),是一款性价比很高的 8 位高端单片机芯片,对于读者从入门到提高具有很好的示范作用。它提供的默认设置使得许多应用变得简单;功能强大、灵活的 C 编译器更是为它的开发应用提供了方便,甚至只熟悉 8051 单片机、PIC 单片机的使用者也不会感到上手困难。书中第 2~17 章分别介绍了 μ PD78F0485 单片机中各部分电路的原理、功能及使用,并提供了丰富的应用实例,实例中的程序都是用 C 语言编写的,并且大部分程序可以在附录 B 中的实验装置上实际运行。

78K0 系列中的单片机型号很多,但是 C 编译器是相同的,只是器件文件不同而已。编者用 μ PD78F0485、 μ PD78F0495、 μ PD78F9116 等不同型号单片机开发完成了多个重要项目,从中切实体验了 C 语言可移植性好、可维护性好、开发效率高的特点。甚至仅使用 C 编

译器和程序固化器就完成了某些项目的开发,更说明了 C 语言的良好特性。

C 语言是目前流行的一种计算机高级语言,它主要用于单片机和一般微型计算机的软件开发。不同厂家单片机的 C 语言的区别主要是编译、连接程序不同,从而生成不同的机器代码。目前从事嵌入式系统技术开发的人员众多、分布领域广、技术基础差异大,推广使用 C 高级语言开发单片机是非常必要的。C 高级语言程序设计速度快、可读性好、可靠性高、可维护性好、可移植性好、代码转换质量高。一般情况下,完成同样的任务,用 C 高级语言比用汇编语言工作效率可提高约 5~10 倍,在调试阶段更容易体会到这一点。毋庸置疑,C 高级语言程序设计能力是从事嵌入式系统开发必备的技术基础。

单片机 C 高级语言的特点是同时兼有高级语言和汇编语言的优点,可以像汇编语言那样直接利用单片机的硬件特性进行程序设计,即直接操作单片机的硬件接口。因此,目前在嵌入式系统的应用领域,C 高级语言越来越受到人们的重视。C 高级语言使单片机的开发变得简单易行。C 高级语言可移植性好,书中以哪款单片机为例并不重要,在满足应用要求的前提下,将嵌入式系统中的一款单片机更换为其他型号的单片机并不困难。为了避免重复,书中第 21 章“C 高级语言基础”中主要介绍了 μ PD78F0485 单片机所用的 C 编译器 CC78K0 中相对于标准 C 所增加的内容,而且还详细叙述了如何进行编译、连接,以及编译、连接控制选项的使用等,这部分对于如何用好 C 高级语言进行单片机开发是不可忽视的内容。

第 20 章以实例的方式介绍了基于模型的设计方法,这是嵌入式系统开发方法的进一步发展,能有效解决当前软件故障越来越多发的难题。

附录 A 中所述的开发工具 EZ/EM-1,是单片机学习和开发的重要工具。它实现了表面封装单片机的片上调试功能(on-chip debug),瑞萨电子公司 78Kx (8 位)、78K0R (16 位)和 V850 (32 位)系列的单片机都可以使用此开发工具。

本书具有的突出特点可以简单归纳如下:

(1) 软件设计采用 C 高级语言,程序可以很容易地移植到其他型号或其他厂家单片机中。

(2) 设计实例具体而丰富,实用性强,即使基础薄弱的读者,结合附录 A~附录 D 的实验指导也能容易地入门。书中 GSM 无线数据通信实例还为学有余力的读者学习提高提供了指导。

(3) 对低功耗设计进行了专门的叙述。

(4) 附录中介绍的实验装置便于携带,学生可以放入书包随时使用。这点类似发达国家名校的做法,以利于鼓励学习积极性,培养兴趣,提高能力。实验装置不仅能配合书中内容学习,其本身也是一个综合设计的范例,书中给出它的电路设计,便于读者分析和制作实验装置。

本书既适用于工程技术人员自学使用,也适用于各工科大专院校和中等专科学校作为教材,以及作为技术培训教材。对于有一定单片机基础的读者,可以先阅读附录和第 5 章,然后再根据需要选择阅读有关章节的内容。

本书主要由清华大学自动化系袁涛、山西大学计算机系李月香、清华大学杨胜利执笔,太原工业学院张麟华完成了第 9 章的编写工作。在成书过程中,得到了瑞萨电子公司、瑞萨电子(中国)有限公司、瑞萨电子(香港)有限公司、清华大学-瑞萨单片机及嵌入式系统研究

与培训中心、山西大学-瑞萨电子联合实验室的大力支持,在此表示衷心感谢。对参与本书部分工作的任佳丽、牛鹏飞、王晓波、李青云、李美俊、单绍明表示感谢!

由于编者水平有限,且时间仓促,书中难免存在不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2011.7

于清华大学自动化系

目 录

第 1 章 单片机介绍	1
1.1 μ PD78F0485 单片机简介	1
1.2 μ PD78F0485 单片机功能及结构	2
1.2.1 功能	2
1.2.2 引脚配置	3
1.2.3 功能结构	4
1.2.4 引脚的端口和非端口功能	4
1.2.5 引脚功能描述	10
1.3 μ PD78F0485 单片机的应用举例	14
第 2 章 CPU 结构	15
2.1 存储器结构	15
2.1.1 内部程序存储器空间	15
2.1.2 内部数据存储器空间	17
2.1.3 特殊功能寄存器(SFR)区域	17
2.2 处理器寄存器	18
2.2.1 控制寄存器	18
2.2.2 通用寄存器	19
2.2.3 特殊功能寄存器(SFR)	19
2.3 存储器、寄存器使用举例	25
第 3 章 输入/输出端口	27
3.1 端口功能及作用	27
3.2 端口配置及电路	28
3.2.1 端口 1(P1)	28

3.2.2	端口 2(P2)	29
3.2.3	端口 3(P3)	32
3.2.4	端口 4(P4)	33
3.2.5	端口 8~端口 10 和端口 13~端口 15	34
3.2.6	端口 11(P11)	35
3.2.7	端口 12(P12)	38
3.3	端口功能控制寄存器	39
3.3.1	端口模式寄存器(PM1~PM4、PM8~PM15)	39
3.3.2	端口寄存器(P1~P4、P8~P15)	39
3.3.3	上拉电阻选择寄存器(PU1、PU3、PU4、PU8~PU15)	41
3.3.4	端口功能寄存器 1、2(PF1、PF2)	41
3.3.5	端口功能寄存器 ALL(PFALL)	42
3.4	I/O 端口功能使用	42
第 4 章	时钟发生器	44
4.1	时钟发生器的功能	44
4.1.1	主系统时钟	44
4.1.2	副系统时钟	45
4.1.3	内部低速振荡时钟	45
4.2	时钟发生器的硬件组成	45
4.2.1	控制寄存器和振荡器	45
4.2.2	时钟发生器电路框图	45
4.3	时钟发生器控制寄存器	47
4.3.1	时钟操作模式选择寄存器(OSCCTL)	48
4.3.2	处理器时钟控制寄存器(PCC)	48
4.3.3	内部振荡模式寄存器(RCM)	49
4.3.4	主振荡控制寄存器(MOC)	50
4.3.5	主时钟模式寄存器(MCM)	50
4.4	外部系统时钟振荡器的连接	51
4.4.1	X1 振荡器连接电路	51
4.4.2	XT1 振荡器连接电路	51
4.4.3	外部系统时钟振荡器的连接要点	52
4.5	上电时的时钟发生器操作	53
4.6	时钟的控制	53
4.6.1	高速系统时钟控制	53
4.6.2	内部高速振荡时钟控制	55
4.6.3	副系统时钟控制	55
4.6.4	内部低速振荡时钟控制	56
4.6.5	CPU 和外围硬件使用的时钟	57

4.6.6	CPU 时钟状态转换图	57
4.6.7	外围硬件与源时钟	57
4.6.8	时钟发生电路应用举例	59
第 5 章	时钟输出和蜂鸣器输出	61
5.1	时钟输出、蜂鸣器输出电路的功能	61
5.2	时钟输出、蜂鸣器输出控制电路的硬件组成	61
5.2.1	时钟输出、蜂鸣器输出控制电路的配置	62
5.2.2	时钟输出、蜂鸣器输出控制电路框图	62
5.3	时钟输出、蜂鸣器输出控制器的寄存器	63
5.3.1	时钟输出选择寄存器 (CKS)	63
5.3.2	端口模式寄存器 PM1 和端口寄存器 P1	64
5.3.3	端口模式寄存器 PM3 和端口寄存器 P3	64
5.4	时钟输出、蜂鸣器输出控制器的操作	64
5.4.1	时钟输出控制器的操作	64
5.4.2	蜂鸣器输出控制器的操作	65
5.4.3	蜂鸣器输出应用举例	66
第 6 章	10 位和 16 位 A/D 转换	68
6.1	10 位逐次逼近型 A/D 转换电路的功能	68
6.2	A/D 转换电路的硬件组成及工作原理	68
6.2.1	10 位逐次逼近型 A/D 转换电路组成	68
6.2.2	10 位逐次逼近型 A/D 转换电路原理	69
6.3	10 位逐次逼近型 A/D 转换器的寄存器	71
6.3.1	转换器模式寄存器 (ADM)	71
6.3.2	A/D 转换结果寄存器 ADCR 和 ADCRH	72
6.3.3	模拟输入通道选择寄存器 (ADS)	73
6.3.4	A/D 端口配置寄存器 (ADPC0)	73
6.3.5	端口功能寄存器 2 (PF2)	73
6.3.6	端口模式寄存器 2 (PM2)	74
6.4	10 位逐次逼近型 A/D 转换器的使用	75
6.4.1	A/D 转换器的设置方法	75
6.4.2	A/D 转换器设置过程举例	75
6.4.3	输入电压和转换结果的关系	76
6.4.4	10 位逐次逼近型 A/D 转换器的主要技术参数描述	76
6.5	10 位逐次逼近型 A/D 转换器应用举例	77
6.6	16 位 $\Delta\Sigma$ 型 A/D 转换器介绍	79
6.6.1	16 位 $\Delta\Sigma$ 型 A/D 转换器的功能和电路结构	79
6.6.2	16 位 $\Delta\Sigma$ 型 A/D 转换器的寄存器	81

6.6.3 16 位 $\Delta\Sigma$ 型 A/D 转换器的操作及应用举例	84
第 7 章 中断功能和按键返回功能	87
7.1 中断功能的类型	87
7.1.1 可屏蔽中断	87
7.1.2 软件中断	87
7.2 中断源及配置	88
7.2.1 中断源	88
7.2.2 中断功能的电路配置	89
7.2.3 中断功能电路所使用的寄存器	91
7.3 中断响应操作	94
7.3.1 可屏蔽中断请求响应操作	94
7.3.2 软件中断响应操作	94
7.3.3 中断嵌套	94
7.4 可屏蔽中断功能应用举例	95
7.5 按键返回功能	96
7.5.1 按键返回中断功能的硬件配置	96
7.5.2 按键返回功能应用举例	97
第 8 章 LCD 控制器/驱动器	99
8.1 LCD 控制器/驱动器电路功能及结构	99
8.1.1 LCD 控制器/驱动器电路的功能	99
8.1.2 各种显示模式下显示的最多像素	100
8.1.3 LCD 控制器/驱动器的硬件配置及电路	100
8.2 LCD 控制器/驱动器的控制寄存器格式和位定义	102
8.2.1 LCD 模式寄存器(LCDMD)	102
8.2.2 LCD 显示模式寄存器(LCDM)	102
8.2.3 LCD 时钟控制寄存器(LCDC0)	103
8.2.4 端口功能寄存器 2(PF2)	104
8.2.5 端口功能寄存器 ALL(PFALL)	104
8.3 LCD 控制器/驱动器的设置过程	105
8.4 LCD 显示数据存储器	105
8.5 不同的偏压方式、显示模式下的 COM 和 SEG 信号	106
8.5.1 不同显示模式下的 COM 信号电压及波形	106
8.5.2 不同偏压方式下 COM 信号和 SEG 信号电压和相位	108
8.5.3 静态显示模式 LCD 和单片机的连接及信号控制	110
8.5.4 2 分时显示模式 LCD 和单片机的连接及信号控制	110
8.5.5 3 分时显示模式 LCD 和单片机的连接及信号控制	112
8.5.6 4 分时显示模式 LCD 和单片机的连接及信号控制	113

8.6	LCD 驱动电源电压 V_{LC0} 、 V_{LC1} 、 V_{LC2} 和 V_{LC3}	116
8.7	LCD 驱动器/控制器应用举例	116
第 9 章	UART 串行通信	118
9.1	串行接口 UART0 的电路功能及结构	118
9.1.1	UART0 的功能	118
9.1.2	UART0 的硬件配置	118
9.1.3	UART0 的电路原理	119
9.1.4	UART0 的数据寄存器	119
9.2	UART0 控制寄存器的格式和位定义	121
9.2.1	异步串行接口操作模式寄存器 0 (ASIM0)	121
9.2.2	异步串行接收错误状态寄存器 0 (ASIS0)	122
9.2.3	波特率发生器控制寄存器 0 (BRGC0)	122
9.2.4	端口功能寄存器 1 (PF1)	123
9.2.5	端口模式寄存器 1 (PM1)	124
9.3	串行接口 UART0 的操作描述	124
9.3.1	操作停止模式	124
9.3.2	异步串行接口 (UART) 模式	125
9.3.3	发送/接收数据的格式和波形	125
9.3.4	发送过程	126
9.3.5	接收过程	126
9.3.6	波特率的计算	126
9.4	单片机与计算机 USB 串行通信应用举例	126
9.4.1	USB 通信环境的搭建	127
9.4.2	单片机 UART 发送、接收程序举例	129
9.5	UART6 功能简介	131
第 10 章	3 线串行通信	133
10.1	串行接口 CSI10 的电路功能及结构	134
10.1.1	串行接口 CSI10 的功能	134
10.1.2	串行接口 CSI10 的配置	134
10.2	串行接口 CSI10 的数据寄存器	136
10.2.1	发送缓存寄存器 10 (SOTB10)	136
10.2.2	串行 I/O 移位寄存器 10 (SIO10)	136
10.3	串行接口 CSI10 的控制寄存器	136
10.3.1	串行操作模式寄存器 10 (CSIM10)	136
10.3.2	串行时钟选择寄存器 10 (CSIC10)	136
10.3.3	端口功能寄存器 1 (PF1)	138
10.3.4	端口模式寄存器 1 (PM1)	138

10.4	串行接口 CSI10 的操作描述	139
10.4.1	操作停止模式	139
10.4.2	3 线串行 I/O 模式	139
10.5	3 线串行通信应用举例	145
第 11 章	16 位定时器/事件计数器	147
11.1	16 位定时器/事件计数器 00 的功能及结构	147
11.1.1	16 位定时器/事件计数器 00 的功能	147
11.1.2	16 位定时器/事件计数器 00 的硬件配置及电路原理	148
11.2	16 位定时器/事件计数器 00 的数据寄存器	148
11.2.1	16 位定时器计数器 00(TM00)	148
11.2.2	16 位定时器捕获/比较寄存器 CR000 和 CR010	150
11.3	16 位定时器/事件计数器的控制寄存器	151
11.3.1	16 位定时器模式控制寄存器 00(TMC00)	151
11.3.2	捕获/比较控制寄存器 00(CRC00)	152
11.3.3	16 位定时器输出控制寄存器 00(TOC00)	152
11.3.4	预分频模式寄存器 00(PRM00)	154
11.3.5	输入切换控制寄存器(ISC)	155
11.3.6	端口模式寄存器 3(PM3)	155
11.4	16 位定时器/事件计数器的几种操作模式	156
11.4.1	停止操作模式	156
11.4.2	自由运行模式	156
11.4.3	TI000 引脚有效沿输入时进入清零并启动运行模式	156
11.4.4	TM00 和 CR000 相等时进入清零并启动运行模式	157
11.5	16 位定时器/事件计数器应用举例	157
11.5.1	间隔定时器	157
11.5.2	方波输出	159
11.5.3	外部事件计数	160
第 12 章	8 位定时器/事件计数器 5	163
12.1	8 位定时器/事件计数器 5 的功能及结构	163
12.1.1	8 位定时器/事件计数器 50、51 和 52 的功能	163
12.1.2	8 位定时器/事件计数器 50、51 和 52 的寄存器配置	163
12.2	8 位定时器/事件计数器 50、51、52 的数据寄存器	165
12.2.1	8 位定时器计数器 5n(TM5n)	165
12.2.2	8 位定时器比较寄存器 5n(CR5n)	165
12.3	8 位定时器/事件计数器的控制寄存器	166
12.3.1	定时器时钟选择寄存器 5n(TCL5n)	166
12.3.2	8 位定时器模式控制寄存器 5n(TMC5n)	167

12.3.3	输入切换控制寄存器 ISC	169
12.3.4	端口模式寄存器 PM3 和 PM4	169
12.4	8 位定时器/事件计数器 5 的操作及举例	170
12.4.1	用作间隔定时器的操作及举例	170
12.4.2	用作外部事件计数器的操作及举例	171
12.4.3	用作方波输出功能的操作及举例	172
12.4.4	用作 PWM 输出功能的操作及举例	173
第 13 章	8 位定时器 H	175
13.1	8 位定时器 H 的功能及寄存器配置	175
13.1.1	8 位定时器 H 的功能	175
13.1.2	8 位定时器 H 的寄存器配置	175
13.2	8 位定时器 H 的数据寄存器	179
13.2.1	8 位定时器 H 比较寄存器 $0n$ (CMP0n)	179
13.2.2	8 位定时器 H 比较寄存器 $1n$ (CMP1n)	179
13.3	8 位定时器 H0、H1 和 H2 的控制寄存器	179
13.3.1	定时器 H 模式寄存器 TMHMDn	179
13.3.2	8 位定时器 H 载波控制寄存器 TMCYC1	182
13.3.3	端口模式寄存器 PM3	183
13.4	8 位定时器 H 的操作及举例	183
13.4.1	用作间隔定时器/方波输出的操作及举例	183
13.4.2	用作 PWM 输出功能的操作及举例	185
13.5	载波发生器功能	188
13.5.1	载波信号的发生	188
13.5.2	载波输出控制	189
13.5.3	载波发生器功能的操作	189
13.5.4	载波发生器模式操作时序	191
第 14 章	实时计数器	195
14.1	实时计数器的功能及结构	195
14.1.1	实时计数器的功能	195
14.1.2	实时计数器的硬件配置及电路原理	195
14.2	实时计数器的控制寄存器	197
14.2.1	实时计数器时钟选择寄存器	197
14.2.2	实时计数器控制寄存器 0	197
14.2.3	实时计数器控制寄存器 1	199
14.2.4	实时计数器控制寄存器 2	200
14.2.5	副计数寄存器	200
14.2.6	秒计数寄存器	201

14.2.7	分计数寄存器	201
14.2.8	时计数寄存器	201
14.2.9	日计数寄存器	202
14.2.10	周计数寄存器	202
14.2.11	月计数寄存器	202
14.2.12	年计数寄存器	203
14.2.13	钟表校准寄存器	203
14.2.14	分钟报警寄存器	203
14.2.15	小时报警寄存器	204
14.2.16	星期报警寄存器	204
14.3	实时计数器的操作流程	205
14.4	实时计数器应用举例	207
第 15 章	看门狗定时器	209
15.1	看门狗定时器的功能及结构	209
15.1.1	看门狗定时器的功能	209
15.1.2	看门狗定时器的寄存器配置及电路原理	210
15.2	看门狗定时器的操作	212
15.2.1	看门狗定时器的控制操作	212
15.2.2	看门狗定时器溢出时间的设置	212
15.2.3	看门狗定时器窗口打开时间区域的设置	212
15.3	看门狗定时器应用举例	213
第 16 章	待机功能	215
16.1	待机功能的两种模式	215
16.1.1	HALT 模式	215
16.1.2	STOP 模式	215
16.2	控制待机功能的寄存器	216
16.2.1	振荡稳定时间计数器的状态寄存器(OSTC)	216
16.2.2	振荡稳定时间选择寄存器(OSTS)	216
16.3	待机功能的操作	217
16.3.1	HALT 模式的操作	217
16.3.2	STOP 模式的操作	220
16.4	待机功能的应用举例	222
第 17 章	低电压检测功能	225
17.1	低电压检测器的功能	225
17.2	低电压检测器的电路配置	226

17.2.1	低电压检测器电路框图	226
17.2.2	低电压检测器的寄存器	226
17.3	低电压检测器的应用	228
17.3.1	检测供电电压(V_{DD})等级产生中断的操作	228
17.3.2	检测外部引脚输入电压(EXLVI)产生中断的操作	229
17.3.3	低电压检测应用举例	231
第 18 章	综合应用举例	233
18.1	声光彩灯设计举例	233
18.2	流水灯设计举例	235
18.3	在液晶显示屏上显示 A/D 转换值的设计	242
18.4	一个简易的电子温度计设计	245
18.5	电子日历钟设计	250
18.6	GSM 数据通信设计	260
第 19 章	低功耗设计	266
19.1	低功耗设计的硬件基础	266
19.1.1	选用低功耗的单片机	266
19.1.2	选用多振荡源、多工作频率可在线改变的单片机	267
19.1.3	选用低功耗外围元器件	267
19.1.4	选用漏电流低的外围驱动器件	268
19.1.5	上拉电阻的重要作用	268
19.2	低功耗设计的软件基础	268
19.2.1	能用整数运算时不要使用浮点数运算	268
19.2.2	减少不必要的空循环	269
19.2.3	减少软件循环延时程序,使用硬件定时器	269
19.2.4	减少复杂运算公式,表格与计算相结合	269
19.2.5	避免不必要的状态灯持续显示	269
19.3	低功耗设计的算法基础	269
19.3.1	低功耗设计须注意算法选择	269
19.3.2	低功耗设计应该注意算法中的离线计算	270
19.3.3	低功耗设计应该注意算法中的特殊性	270
第 20 章	基于模型设计方法——代码自动生成	271
20.1	嵌入式系统传统设计手段的缺陷	271
20.2	嵌入式系统开发新方法和意义和目的	271
20.3	基于模型的设计新方法及相关工具	272