



面向
全国大学生
电子设计竞赛
系列教材

21世纪高等学校
电子信息类
专业核心课程
工程型规划教材

微处理器技术

——MSP430单片机应用技术

郑焯 主 编
刘萌 张鹏 副主编

清华大学出版社



面向
全国大学生
电子设计竞赛
系列教材

21世纪高等学校
电子信息类
专业核心课程
工程型规划教材

微处理器技术

——MSP430单片机应用技术

郑焯 主 编
刘萌 张鸥 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是兼顾课堂教学和全国大学生电子设计竞赛的特点和需要而编写的。书中以 TI 公司的 MSP430 系列 16 位超低功耗单片机为核心,用 C 语言作为编程语言,通过任务驱动介绍单片机的应用与调试技术。

全书共分 12 个项目。其中项目 1~3 为基础内容,分别介绍 MSP430 单片机的基础知识、C430 基础以及 MSP430 常用开发环境;项目 4~11 为项目实训部分,依据 CDIO 理念,把 MSP430 相关知识融入任务中,提供了大量应用实例;项目 12 为一个综合性项目,介绍 MSP430 单片机在 GPSOne 个人定位终端中的应用。

本书内容精练,实践性和针对性强,实例丰富,既可作为电子信息类专业学生参加电子设计竞赛、技能大赛前的培训教材,也可作为高等专科和职业院校电子类专业学生的教材与参考书。

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

微处理器技术: MSP430 单片机应用技术/郑焯主编.--北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等学校电子信息类专业核心课程工程型规划教材

ISBN 978-7-302-37244-8

I. ①微… II. ①郑… III. ①微处理器—高等学校—教材 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 154101 号

责任编辑:梁颖 薛阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:沈露

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:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15.75

字 数:378 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版

印 次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:34.50 元

产品编号:056320-01

编 委 会

- 主 任：张有志，山东大学信息科学与工程学院教授
山东凯文科技职业学院信息学院院长
全国大学生电子设计竞赛山东赛区专家组成员
曾独立获得国家级二等优秀教学成果奖，享受国务院政府特殊津贴
- 副主任：张平慧，原山东大学本科教学评估中心副主任，研究员
全国大学生电子设计竞赛山东赛区组委会秘书长
- 姜 威，山东大学信息科学与工程学院教授
全国大学生电子设计竞赛专家组成员，山东赛区专家组组长
- 黄 争，美国德州仪器(TI)公司中国大学计划部工程师
全国大学生电子设计竞赛山东赛区专家组成员
- 委 员(按姓氏字母顺序排序)：陈春艳、韩晓敏、黄淑珍、黄争、姜威、李凤鸣、王晓红、
张平慧、张有志、郑煊

序 言



全国大学生电子设计竞赛是由教育部发起,教育部高等教育司和信息产业部人事教育司组织的,面向全国各类、多层次大学生的学科竞赛,是在大学生中开展最广泛的赛事之一。竞赛的组织运行模式遵循“政府主办、专家主导、学生主体、社会参与”16字方针。截至目前,全国大学生电子设计竞赛已经有20年的历史。20年来,全国大学生电子设计竞赛在促进我国高等学校电子信息、自动化和计算机等类专业和相关课程内容的改革,加强大学生创新能力、动手能力和协作精神的培养,提高学生的业务素质,以及针对实际问题进行分析解决的综合能力等方面发挥了重要作用,也为优秀人才的脱颖而出创造了良好条件,因而全国大学生电子设计竞赛备受社会关注。各高校也都非常重视,除了在相关课程的日常教学中加大训练力度外,还在选拔参赛队员前后组织相关辅导和强化训练。近年来,参加全国大学生电子设计竞赛的高职高专院校学生逐年增多,急需适合这类学生的竞赛培训教材。

另外,目前全国每年都有大批大学毕业生毕业后找不到工作,而大批用人单位却苦于招不到理想的人才。其中原因是多方面的,但大学教育与社会需求严重脱节是非常重要的原因之一。为此,各高校都在积极进行教学内容和教学方法等方面的改革,以尽快适应行业发展和社会对人才的需求,因此,迫切需要一批适用于应用型工程技术人才培养的教材。

为满足高等职业院校和高等专科学校学生电子设计竞赛培训和应用型电子工程技术人才培养的需要,2012年,全国大学生电子设计竞赛山东赛区组委会组织了一批有多年指导电子设计竞赛经验的老师,编写了适合高职高专类学生的《全国大学生电子设计竞赛培训教程》。2013年,在总结前期教材编写出版经验的基础上,组委会又组织编写了这套既可用于全国大学生电子设计竞赛,也可用于电子信息类专业电子产品设计与制作核心能力培养的工程型系列教材,以期推动大学生电子设计竞赛和高等学校电子信息类专业的教学改革和教材建设。

该系列教材由清华大学出版社出版,被列为“21世纪高等学校电子信息类专业核心课程工程型规划教材”和“面向全国大学生电子设计竞赛系列教材”,具体包括《模拟电子技术》、《数字电子技术》、《微控制器技术——MSP430单片机应用技术》、《传感器应用技术》、《电子产品制作技术》和《FPGA/CPLD应用技术》。

鉴于目前各高校对参加电子设计竞赛学生的培训多半是在完成计划内课程教学的基础上再补充一些与竞赛有关的内容,并进行适当的强化训练,该系列教材的定位是首先满足课堂教学,同时兼顾电子设计竞赛培训的需求。如果学生学完这套丛书的内容,参加电子设计竞赛前只需要再强化实践技能的训练即可;如果学校教学计划中没有安排这套教材中的全部课程(如“传感器应用技术”、“电子产品制作技术”和“FPGA/CPLD应用技术”等并不是所有学校都开设),竞赛培训时就要补充有关内容。

该系列教材的适用对象是高职高专和应用型本科电子信息类专业的学生,因此,没有列选“嵌入式系统”和“DSP 技术”。虽说这两门课程也是电子设计竞赛和电子产品设计与制作所必需的课程,但由于其难度较大,高职高专学生学习起来比较困难,所以这套丛书中没有包括这两门课程的教材。

该系列教材体现了基于 CDIO 的项目化教学的工程教育理念。目前,为了使高等教育特别是高等工程教育很好地适应社会需求,各高校都在积极进行人才培养模式方面的探索。但由于各学校学生的基础、教师水平、教学经费投入和教学条件都有很大差异,其他学校成功的做法,拿到自己学校就不一定的行得通。纵观国内外高等学校成功的教学改革经验,我们认为基于 CDIO(构思、设计、实现、运行)的项目化教学模式对二、三类本科和高职高专的工程类专业具有一定借鉴价值。因为它提倡基于 CDIO 的理念,以项目为主线组织教学内容和教学活动,把“学科导向”变为“项目导向”,把“学以致用考”变为“学以致用”,把强调学科知识的完备性与系统性变为注重项目训练的系统性与完整性;让学生在项目的过程中学习必要的专业基础知识,基础知识以“必需、够用”为度;加强学生学习能力的培养,注重培养学生应用所学知识解决实际问题的能力,指导学生循序渐进地完成好一个个精选的、适合于多数学生的工程项目,使学生在项目的过程中提高项目构思、设计、实现、运行的能力,然后再运用这种能力去解决新的工程实际问题,从而提高适应工作环境和技术的发展变化的能力。这种教学模式体现在本科与高职、学校与学校之间的差异关键在于如何选好符合学生实际的项目。基于这种考虑,我们在这套教材的编写过程中尽量体现这种理念。

该系列教材打破了传统的理论体系,采用基于 CDIO 工程教育理念的项目化教学模式,将每门课程的核心内容融入到一个个项目中,根据项目的需要,按照项目内容、必备知识、项目实施和扩充知识的架构对传统教材内容进行了重组,把每个项目的实施过程归纳为“构思、设计、实现、运行”4 个步骤,以加强对学生进行工程项目实施能力的培养。所选项目的难度科学合理,一般难度、中等难度、较高难度的项目各占一定比例。每部教材都编入了一两个有代表性的综合项目,所选综合项目覆盖了本课程的主要内容,而教材中的其他项目基本上就是这些综合项目的子模块(子项目)。

该系列教材兼顾了高职高专学生电子设计竞赛和电子设计与制作核心能力培养的需要,以工程应用为重点,尽量淡化基础理论的难度,基础知识以“必需、够用”为原则;结合电子产品设计与制作的工程实际,突出重点与主流技术,如《数字电子技术》、《模拟电子技术》和《电子产品制作技术》突出历年电子设计竞赛中常用的电路模块和技术,《微处理器技术》以竞赛赞助商 TI 公司的 430 系列单片机为主,《FPGA/CPLD 应用技术》选用业内著名商家 Altera 公司提供的主流芯片和开发系统等。

在该系列教材编写过程中聘请了行业企业的工程技术人员参与,每部教材的编者中至少有一位是来自行业企业的一线工程技术人员。行业企业一线工程技术人员有着丰富的工程实践经验,他们最清楚相关专业中哪些课程是最有用的,传统教材中哪些内容是工作中必需的,哪些是可有可无的,哪些是很少用到甚至是没用的。聘请行业企业工程技术人员参与教材编写,使教材的编写得到了更多先进技术的支持,获得了更多来源于工程实际的案例资源。他们把自己丰富的工程实践经验引入教材,使教材内容更具有新意,更贴近行业企业的应用实际。

该系列教材的主编、副主编和其他作者均有丰富的教学和工程实践经验,多数作者还具

有指导大学生电子设计竞赛的经历,有的作者指导的学生代表队还获得过全国奖。他们有着强烈的责任意识、质量意识和创新意识,对教材编写过程中每个细节的工作都精益求精,使教材的质量达到了较高水平。

该系列教材编写过程中得到了德州仪器(TI)公司和 Altera 公司的大力支持,公司提供了许多宝贵的资料供在教材编写时选用。教材的编写中还参考了部分兄弟院校教师和学生作品,由于这些作品有的还没有正式发表,因而无法在参考文献中一一列出,在此一并表示感谢。

张有志

2014 年 4 月于济南

前言



MSP430 系列单片机是 TI 公司推出的一款高效的 16 位微处理器系统,由于具有超低功耗、丰富的模拟和数字接口等优势,近年来在各种电子类竞赛中被广泛应用。

MSP430 单片机以其高性能、低功耗的特点,越来越受到关注,但适用于高职高专学生的教程却很少,本书基于高职高专类学生参加电子设计竞赛的需要,针对高职高专电子信息类学生的知识结构,本着“必需、够用”和精讲多练的原则,介绍 MSP430 单片机的技术知识。首先介绍 MSP430 单片机的入门知识,然后以 CDIO 模式分模块对内部资源进行讲解,知识点围绕某一项目展开,使学生在做中学,做到“理论与实践”一体化。

本书特色主要有以下几个方面:

(1) 兼顾高职高专学生电子设计竞赛和电子设计与制作专业方向人才培养的需要,突出应用,基础知识以“必需、够用”为原则。所选项目难度合理,实用性强。

(2) 体现基于 CDIO 的项目化教学的工程教育理念。以项目为主线,把每个项目的实施过程分为“构思、设计、实现、运行”4 个步骤。使学生在做项目的过程中提高项目构思、设计、实现和运行的能力,然后再运用这种能力去解决新的工程实际问题,从而提高适应工作环境和技术的发展变化的能力。

(3) 结合实际,突出重点与主流技术。选用目前大赛使用较多的 MSP430 系列单片机为核心,C 语言作为编程语言。

(4) 行业企业工程技术人员参与教材编写。聘请行业企业工程技术人员参与教材编写,可得到更多的先进技术的支持,获得更多的来源于工程实际的案例资源。把他们的丰富工程实践经验引入教材,使教材内容更具有新意,更贴近行业企业的应用实际。

本书紧密结合高职高专学生的实际,选材精练,突出实践,讲究实用,不仅可以作为高职高专类学生的教材,还可作为高职高专学生全国电子设计竞赛的培训教材,对电子信息类专业的工程技术人员也有较高的参考价值。

本书项目 1、3、5~9 及附录部分由郑焯编写,项目 2、4、10、11 由刘萌编写,项目 12 由张鹏编写,郑广欣、宋换荣在模块的程序调试和硬件制作方面做了大量工作,郑焯负责全书的统稿和校稿。

山东大学张有志教授、张平慧教授以及 TI 公司的王沁、钟舒阳两位工程师为本书的完成提供了很大支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,且时间仓促,教材中难免有不妥或错误之处,敬请大家予以批评指正。

编者

2014.4

项目 1 了解 MSP430 单片机	1
1.1 MSP430 单片机的特点	1
1.1.1 MSP430 的主要特点	1
1.1.2 LaunchPad 实验板	2
1.1.3 MSP430G2XX 的特性	3
1.2 MSP430 单片机的应用前景	3
1.3 MSP430 单片机的选型	4
1.3.1 MSP430 命名规则	4
1.3.2 MSP430 系列产品	5
1.4 MSP430 单片机的最小系统	7
1.4.1 时钟系统	7
1.4.2 系统复位	11
1.4.3 调试接口	14
本章小结	15
思考题	15
项目 2 领会 C430 对标准 C 语言的扩展	16
2.1 概述	16
2.2 变量	17
2.3 函数	19
2.3.1 库函数	20
2.3.2 内部函数	20
2.3.3 中断函数	20
2.4 C430 的程序结构	22
2.4.1 C430 的基本结构	22
2.4.2 C430 的表达式语句	23
2.5 C430 单片机的编程方法	26
本章小结	29
思考题	29
项目 3 熟悉 MSP430 的开发环境	31
3.1 常用开发软件	31

3.2	CCS 软件学习	32
3.2.1	CCS 开发环境简介	32
3.2.2	利用 CCS v5.1 调试 C430 程序的方法	32
3.2.3	Grace 软件技术	45
3.2.4	MSP430ware 介绍	48
	本章小结	50
	思考题	50
项目 4	发光二极管的控制	51
4.1	项目内容	51
4.2	必备知识	51
4.2.1	I/O 口	51
4.2.2	发光二极管简介	55
4.3	项目实施	57
4.3.1	构思——方案选择	57
4.3.2	设计——硬件电路设计、软件编程	57
4.3.3	实现——硬件组装、软件调试	59
4.3.4	运行——运行测试、结果分析	60
	本章小结	61
	思考题	61
项目 5	数码管显示器及其接口电路	62
5.1	项目内容	62
5.2	必备知识	62
5.2.1	LED 数码管显示原理	62
5.2.2	LED 数码管显示与驱动方式	63
5.3	项目实施	68
5.3.1	构思——方案选择	68
5.3.2	设计——硬件电路设计、软件编程	68
5.3.3	实现——硬件组装、软件调试	71
5.3.4	运行——运行测试、结果分析	72
	本章小结	73
	思考题	73
项目 6	按键及键盘控制	74
6.1	项目内容	74
6.2	必备知识	74
6.2.1	中断系统	74
6.2.2	低功耗模式	77
6.2.3	按键	78

6.2.4 键盘	81
6.3 项目实施	85
6.3.1 构思——方案选择	85
6.3.2 设计——硬件电路设计、软件编程	85
6.3.3 实现——硬件组装、软件调试	88
6.3.4 运行——运行测试、结果分析	88
本章小结	89
思考题	89
项目 7 液晶显示	90
7.1 项目内容	90
7.2 必备知识	90
7.2.1 LCD 显示器	90
7.2.2 12864 显示屏的操作	94
7.3 项目实施	96
7.3.1 构思——方案选择	96
7.3.2 设计——硬件电路设计、软件编程	96
7.3.3 实现——硬件组装、软件调试	101
7.3.4 运行——运行测试、结果分析	102
本章小结	102
思考题	102
项目 8 倒计时器	103
8.1 项目内容	103
8.2 必备知识	103
8.2.1 Timer_A 定时器的结构和原理	103
8.2.2 Timer_A 的中断	107
8.2.3 Timer_A 定时器的定时功能	108
8.3 项目实施	111
8.3.1 构思——方案选择	111
8.3.2 设计——硬件电路设计、软件编程	111
8.3.3 实现——硬件组装、软件调试	114
8.3.4 运行——运行测试、结果分析	114
本章小结	115
思考题	115
项目 9 电机控制	116
9.1 项目内容	116
9.2 必备知识	116
9.2.1 Timer_A 的捕获/比较模块	116

9.2.2	Timer_A 的输出单元	118
9.2.3	PWM 控制直流电动机	120
9.3	项目实施	126
9.3.1	构思——方案选择	126
9.3.2	设计——硬件电路设计、软件编程	127
9.3.3	实现——硬件组装、软件调试	130
9.3.4	运行——运行测试、结果分析	131
9.4	扩充知识——步进电动机原理及应用	131
9.4.1	反应式步进电机原理	131
9.4.2	步进电动机的单片机控制	132
	本章小结	134
	思考题	135
项目 10	模数转换器 ADC	136
10.1	项目内容	136
10.2	必备知识	136
10.2.1	MSP430 内部 ADC	136
10.2.2	ADC10 模块的中断	144
10.2.3	ADC 内部温度传感器	145
10.3	项目实施	146
10.3.1	构思——方案选择	146
10.3.2	设计——硬件电路设计、软件编程	146
10.3.3	实现——硬件组装、软件调试	150
10.3.4	运行——运行测试、结果分析	151
10.4	扩充知识	151
10.4.1	数模转换器 DAC	151
10.4.2	Flash 存储器	153
	本章小结	162
	思考题	162
项目 11	串行通信	163
11.1	项目内容	163
11.2	必备知识	163
11.2.1	UART 模式	163
11.2.2	SPI 模式	176
11.3	项目实施	185
11.3.1	构思——方案选择	185
11.3.2	设计——硬件电路设计、软件编程	185
11.3.3	实现——硬件组装、软件调试	187

11.3.4 运行——运行测试、结果分析	188
11.4 扩充知识——nRF24L01 射频芯片简介	188
11.4.1 引脚功能及概述	188
11.4.2 工作模式	189
11.4.3 工作原理	190
11.4.4 配置字	190
本章小结	191
思考题	191
项目 12 基于 GPSTOne 的个人定位终端	192
12.1 项目内容	192
12.1.1 主要功能	192
12.1.2 主要技术指标	193
12.2 必备知识	193
12.2.1 无线定位技术	193
12.2.2 GPSTOne 定位系统组成	194
12.2.3 GPSTOne 定位的优势	195
12.3 项目实施	196
12.3.1 构思——方案选择	196
12.3.2 设计——硬件电路设计、软件编程	199
12.3.3 实现——硬件组装、软件调试	223
12.3.4 运行——运行测试、结果分析	223
本章小结	226
附录 A MSP430G2553 I/O 口引脚功能	227
附录 B MSP430G2553 的 I/O 口功能选择	230
参考文献	234

项目 1 了解 MSP430 单片机

1.1 MSP430 单片机的特点

MSP430 单片机是 16 位的微处理器系统,不但可以超低功耗运行,而且还具有强大的数字/模拟信号处理能力,被广泛应用于要求低功耗、高性能、便携式的设备上。

1.1.1 MSP430 的主要特点

MSP430 的主要特点如下。

1. 超低功耗

MSP430 系列单片机的电源通常采用 1.8~3.6V 电压,在 1.8V 以上的电压下 CPU 都可以正常工作。最新系列的 MSP430 单片机甚至可以把这个数值再降低至 1.1V,在 1MHz 的时钟条件下运行时,芯片的电流最低会在 $165\mu\text{A}$ 左右,RAM 保持模式下只有 $0.1\mu\text{A}$ 。

另外,系统有 7 种可配置的低功耗模式,待机电流最低可达 360nA。由于 MSP430 单片机引入了“时钟系统”的概念,系统运行时开启的功能模块不同,选择的工作模式也可不同,可以最大限度地降低功耗。

2. MSP430 单片机建立的时钟系统概念

由于不同模块的运行速度各不相同,如果采用高速时钟频率会导致功率浪费,而采用低速时钟频率又会无法满足需求。

MSP430 单片机时钟系统提供了 3 种时钟:主时钟、子系统时钟、活动时钟。通过时钟系统不但可以切换时钟源,还可以通过软件设置倍频、分频系数,随时更改 CPU 运行速度,为各种模块和 CPU 提供多样的选择,不同速度的设备可以采用不同速度的时钟,还可以关闭某些暂时不工作的模块的时钟以降低功耗。

基于这样的时钟系统,MSP430 单片机将 CPU、外围功能模块、休眠唤醒三者时钟彼此独立,可以实现不同深度的系统休眠,让整个系统以间歇工作的方式,最大限度地节约能量。

3. MSP430 单片机强大的 16 位 CPU

MSP430 单片机具有丰富的寄存器资源、强大的处理控制能力和灵活的操作方式。内核采用 16 位 RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机)处理器,单指令周期,使用的指令有硬件执行的内核指令和基于现有硬件结构的仿真指令,具有很强的运算

能力、运行速度和实时处理能力。某些型号的 MSP430 单片机内部带有硬件乘法器和 DMA(Direct Memory Access)控制器,能实现更强的运算功能。

4. 片上丰富的接口电路和高性能模拟电路资源

MSP430 集成的数字接口有通用的 SPI、UART 和 I²C 接口,模拟接口主要有 ADC (Analog-to-Digital Converter,模数转换器)、比较器和温度传感器,还有部分 MSP430 集成了运放和 DAC(Digital-to-Analog Converter,数模转换器)等功能。采用 MSP430 可以实现模拟和数字信号的混合处理,以“单芯片”完成模拟信号的产生、变换、放大、采样和处理等任务,大幅提高集成度和生产效率的同时有效地控制了成本。

5. 采用模块化结构

MSP430 采用模块化结构,每一种模块都具有独立完整的结构,在不同型号单片机中,同款模块的功能结构使用方法都是完全一样的。使用时每个模块都可以由软件单独开关,用到某一模块时打开,任务完毕之后关闭,这样也能节省不少的电能。这样的设计还有诸多其他好处,同一家族不同型号的 MSP430 单片机,实际上就是不同功能模块的组合。这样,在学习和研发中便于知识迁移,对于学习者而言,使得 MSP430 单片机学习一通百通,对研发者而言,更换更高级的 MSP430 单片机芯片时,程序移植得心应手。

6. 采用冯·诺依曼结构

MSP430 单片机的存储空间采用冯·诺依曼结构,代码存储器和数据存储器由同一组地址及数据总线放在一个地址空间中,统一编址。代码在 RAM 里同样可以运行,每款 MSP430 单片机都有 Flash(或 FRAM)控制器,通过它可以对 Flash 和 ROM 区的代码进行擦写。这种机制可以很方便地实现设备在线升级功能,无须重新烧写程序。

7. 方便高效的开发环境

MSP430 系列有 OPT 型、Flash 型和 ROM 型三种类型的器件,这些器件的开发手段不同。对于 OPT 型和 ROM 型的器件是使用仿真器开发成功之后烧写或掩膜芯片,对于 Flash 型则有十分方便的开发调试环境。因为器件片内有 JTAG 调试接口,还有可电擦写的 Flash 存储器,因此采用“先下载程序到 Flash 内,再在器件内通过软件控制程序的运行,由 JTAG 接口读取片内信息供设计者调试使用”的方法进行开发。这种方式只需要一台计算机和一个 JTAG 调试器,整个开发在一个软件集成环境进行,而不需要仿真器和编程器。

TI 在程序库 MSP430Ware 中给出了每一种芯片的参考示例代码,囊括了几乎所有模块的功能函数和例程,利用这些例程,只需自行编写很少量的代码,就能让自己的 MSP430 跑起来,把工程师从底层烦琐的代码编写工作中解放了出来,同时还保证了底层函数的效率和稳定。

1.1.2 LaunchPad 实验板

本书选用 LaunchPad 实验板,适用于 MSP430G2XX 系列产品。该实验板主要特点有以下几点。

(1) 板上集成仿真器,可提供为全系列 MSP430G2XX 器件开发应用所必需的所有软、硬件,无须外接仿真工具。

- (2) 集成 USB 仿真器,通过 Mini USB 接口连接。
- (3) 支持所有采用 DIP 14 和 DIP 20 封装的 MSP430G2XX 和 MSP430F20 器件。
- (4) 通过 Spy Bi-Wire(2-Wire JTAG)协议可以对所有 MSP430 Value Line MCU 进行烧写和调试,可以用 LaunchPad 作为烧写器,支持所有 Spy Bi-Wire 兼容的 MSP430 型号。
- (5) 板上集成 TI eZ430-F2013 和 eZ430-RF2500 目标板接口。

1.1.3 MSP430G2XX 的特性

本书将以 MSP430G2553 作为学习 MSP430 单片机的载体。G2XX 是 TI 的超值系列,价格较低,且提供丰富的模拟和数字接口,功能较全。现以 G2XX 的特性为例,来了解一下 MSP430 单片机的丰富资源和强大功能。

- (1) 电源电压: 1.8~3.6V。
- (2) 超低功耗: 运行模式电流 $230\mu\text{A}$ (在 1MHz 频率和 2.2V 电压条件下); 待机模式电流 $0.5\mu\text{A}$; 关闭模式(RAM 保持)电流 $0.1\mu\text{A}$ 。
- (3) DCO 可在不到 $1\mu\text{s}$ 时间里,从待机模式唤醒时间。
- (4) 16 位 RISC 处理器,指令周期 62.5ns。
- (5) 片上程序存储器 Flash(16KB)及 Flash 控制器。
- (6) 片上随机存储器 SRAM(512B)。
- (7) 通用并行输入输出端口 GPIO(16 位/24 位)。
- (8) 两个 16 位 TA 定时器,分别具有 3 个捕获/比较寄存器。
- (9) 通用串行通信接口 USCI 支持 UART、SPI、I²C。
- (10) 8 通道/10 位 ADC。
- (11) 8 通道比较器模块 Comparator A+。
- (12) 支持电容触模式 I/O 引脚。
- (13) 自带 BOR 检测电路。

不同型号的 MSP430 单片机实际上就是不同的功能模块组合。选型时可根据实际功能需要,选择合适的型号,学习时可以选择功能模块较全的型号,一通百通,便于后期应用。

1.2 MSP430 单片机的应用前景

MSP430 系列单片机特别强调的是其低功耗的特性,特别适用于电池供电的长时间工作场合,除此之外还具备其他特点: 16 位指令精简指令系统、内置 A/D 转换器、串行通信接口、硬件乘法器、LCD 驱动器及高抗干扰能力等。因此,MSP430 单片机特别适合应用在智能仪表、防盗系统、智能家电、电池供电便携式设备等产品之中。

1. 便携式设备

MSP430 单片机功耗低,适合应用于使用电池供电的仪器、仪表类产品中。而且有丰富的内部资源和各种模拟电路接口,利用 MSP430 可以单芯片完成设计方案,这对提高产品的集成度、降低生产成本有很大的帮助。MSP430 单片机适用于各种便携式设备,如无线鼠标和键盘、触摸按键、手机、数码相机、MP3/MP4、电动牙刷、运动手表等。

2. 工业测量

MSP430 系列单片机内部集成的各种模拟设备性能优异,在各种高精度测量、控制领域都可以发挥作用,是工业仪表、计数装置和手持式仪表等产品设计的理想选择。MSP430 系列器件均为工业级的,运行环境温度为 $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$,所设计的产品适合运行于工业环境下,并且带有 PWM(Pulse-Width Modulation)波发生器等控制输出,适合用于各类工业控制、工业测量、电机驱动、变频器、逆变器等设备。

3. 传感设备

MSP430 系列单片机中 CPU 与模拟设备的结合,使得校准、调试都变得非常方便。例如,MSP430 单片机的 A/D 模块可以捕获传感器的模拟信号转换为数据加以处理后发送到主机。适用于报警系统、烟雾探测器、智能家居、无线资产管理、无线传感器等领域。

4. 微弱能源供电

MSP430 单片机需要的供电电源电压很小,1.8V 以上电压都可使单片机正常工作,一些新型单片机的供电电压甚至可以更低。这就使利用微弱能源为单片机系统供电成为可能。

例如,利用酸性水果供电,在 MSP430 单片机上运行一个电子表程序,在保证水果没有腐烂变质或者风干的情况下,该系统可以运行一个月以上。除此之外,信号线窃电、电缆附近磁场能、射频辐射、温差能量等微弱能量都可能成为 MSP430 单片机的供电能源,这样即可设计出基于这些微弱电能供电的无源设备产品。

5. 通信领域

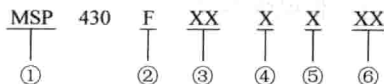
MSP430 单片机具有多种通信接口,涵盖 UART、I²C、SPI、USI 等,51 系列单片机还带有 USB 控制器、射频控制器、ZigBee 控制器。适用于各种协议下的数据中继器、转发器、转换器的应用中。

另外,还有在通用单片机上增加专用模块而构成的,针对热门应用而设计的一系列专用单片机,如国内数字电表大量采用的电量计算专用单片机 MSP430FE42X,用于水表、气表、热表等具有无磁传感模块的 MSP430FW42X,以及用于人体医学监护(监护血糖、血压、脉搏)的 MSP430FG42X 单片机。用这些具有专用用途的单片机来设计专用产品,不仅具有 MSP430 的超低功耗特性,还能大幅度简化系统设计。

1.3 MSP430 单片机的选型

1.3.1 MSP430 命名规则

MSP430 系列单片机的各型号的命名规则如下:



① MSP——标准型; MSX——实验型; PMS——原始型。

② 存储器类型: C——CMOS、ROM; P——OTP、单次编程; F——Flash; E——EPROM、封装带窗口; U——USER。