



MSP430 系列

单片机接口技术及系统设计实例



魏小龙 编著



北京航空航天大学出版社
<http://www.buaapress.com.cn>





责任编辑：王 实
封面设计：艺铭设计

TI 公司 MSP430 系列单片机丛书

- MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用 胡大可 主编
- MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机 胡大可 编著
- MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例 魏小龙 编著
- MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发 胡大可 编著

ISBN 7-81077-231-7



9 787810 772310 >

ISBN 7-81077-231-7

定价：45.00 元

MSP430 系列 单片机接口技术及系统设计实例

魏小龙 编著

北京航空航天大学出版社

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

内容简介

本书较为详细地介绍了 TI 公司的 MSP430 系列单片机。全书共分 5 章。首先讲述 MSP430 全系列所涉及的片内外围模块的功能、原理、应用及各个系列的模块构成情况;其次讲述 MSP430 的开发环境及如何使用汇编语言、C 语言进行程序设计;最后例举大量的以 MSP430 为核心的系统设计应用实例,大部分实例同时给出汇编语言和 C 语言的源程序,且全部在作者设计的实验工具上测试通过,并实现了预期的功能。

本书配光盘一张,包含书中所用到的源程序及 TI 公司的网址与作者的网址连接,还有 MSP430 软件的下载地址。

本书可作为高等院校计算机、自动化及电子技术类专业的教学参考书,也可作为大学生电子设计以及毕业设计的参考书,更适用于从事单片机开发的科技人员。

图书在版编目(CIP)数据

MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例/魏小龙编著.

—北京:北京航空航天大学出版社,2002.11

ISBN 7-81077-231-7

I. M… II. 魏… III. ① 单片微型计算机, MSP430—接口

② 单片微型计算机, MSP430—系统设计 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 082109 号

MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例

魏小龙 编著

责任编辑 王 实

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

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

E-mail:pressell@publica.bj.cninfo.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:27 字数:691 千字

2002 年 11 月第 1 版 2002 年 11 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-231-7

定价:45.00 元

序

1999年夏天, TI(香港)有限公司的 HPA 的市场部经理陈维哲先生找到利尔达单片机技术有限公司, 向我们介绍了 MSP430 单片机的情况。当时的 MSP430 还没有 FLASH, 只有 C11, X31, X32, X33 系列。陈先生还向我们介绍了 X31, X32 系列 1996 年在欧美市场的销售情况和应用领域。虽然当时 MSP430 的主要特点是低功耗, 但我们认为它是一个很不错的产品, 因此我们还是愿意与 TI 公司合作, 成为其在中国第一个专门针对 MSP430 这一产品的增值经销商。在 1999 年秋季单片机与嵌入式系统研讨会上, TI 公司和我们一起在杭州主办了学术研讨会。很多的客户对 X32 系列非常感兴趣。清华同方、深开发及青岛海信等公司开始选择使用 MSP430X32 设计产品。

TI 公司分别于 2000 年初推出了 MSP430F11X, 13X, 14X; 2001 年推出了 F41X; 2002 年推出了 MSP430F43X, F44X; 计划在 2003 年推出 F45X, F46X, F5XX 系列。2001 年 MSP430 在中国的销售额从 1999 年的 50 万美元增加到 150 万美元, 预计 2002 年将会达到 300 万美元。应该说, MSP430 在中国市场的销路基本打开了。

众所周知, MSP430 系列包容了 MCU 在国际上的先进技术 JIAG 和 FLASH 在线编程技术。2001 年 TI 公布了 BOOTSTRAP 技术, 利用它可在烧断熔丝以后只要几根线就可更改并运行内部的程序。这为系统软件的升级提供了又一种方便的手段。BOOTSTRAP 具有很高的保密性, 口令可达到 32 个字节的长度。2002 年初推出的 MSP430F43X, F44X 在 13X, 14X 的基础上可驱动 160 段 LCD, 电压范围为 1.8~3.6 V。

任何一个外资公司, 当它的产品进入中国市场时, 要使所有中国的电子工程师更深入地了解其产品, 首先要有中文资料。利尔达的应用工程师和浙江大学等高校的教授合作, 翻译和编写了部分中文资料和数据手册等。其中有广大读者熟悉的《MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理和应用》和《MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机》, 还有一些中文资料已放到网上。利尔达还找了南京航空航天大学魏小龙老师, 请他编写了这本《MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例》。魏老师可以说是 MSP430 的一个资深发烧友, 自己建立了网站, 自己掏钱购买工具研制了国内最早的 JIAG 仿真器, 组织了 MSP430 单片机爱好者沙龙, 并举办了讲座和培训班。该书稿写完以后, 魏老师将初稿发给我, 我和我的同事季燕飞、平红光、梁源等认真地阅读了此书稿。这本书详细讲解了 MSP430 全系列的接口原理、设计开发方法以及大量的系统设计实例。这些设计案例都在作者设计的实验板或面包板调试通过, 并实现了预期的功能。

杭州利尔达单片机技术有限公司愿意为广大的读者提供 MSP430 方面的技术帮助和支持。如果读者对 MSP430 感兴趣请与我们联系。

杭州利尔达单片机技术有限公司副总经理

段焕春

2002 年 9 月 12 日

利尔达单片机技术有限公司联系方式

杭州公司

地址: 杭州市教工路 18 号电子市场 291 室

电话: 0571-88800000 88886195

传真: 0571-88805970 88053601

邮编: 310012

E-mail: lierda@mail.hz.zj.cn

北京办事处

地址: 北京市海淀区知春路 132 号中发电子大厦 808 室

电话: 010-82622345 62576660

传真: 010-82622627

邮编: 100086

E-mail: beijing@lierda.com

上海办事处

地址: 上海市漕溪路 165 号华谊大楼 1503 室

电话: 021-54591878

传真: 021-54240654

邮编: 200233

E-mail: shanghai@lierda.com

深圳办事处

地址: 深圳上步南路国企大厦永辉楼 10F 室

电话: 0755-25880248

传真: 0755-82129206

邮编: 518031

E-mail: shenzhen@lierda.com

青岛办事处

地址: 青岛市南区燕儿岛路 18 号鹏程花园 C 座 1807 室

电话: 0532-5785216

传真: 0532-5785216

邮编: 266071

E-mail: qingdao@lierda.com

前 言

单片机(或微控制器)技术已经渗透到人类生活的方方面面,在家用电器、通信产品等日用电子设备中都可见到单片机,估计全世界人均有几片单片机(或微控制器),此技术正在积极地影响着人类的生活。

TI 公司 MSP430 系列是一个超低功耗类型的单片机,特别适合于电池应用的场合或手持设备。同时,该系列将大量的外围模块整合到片内,也特别适合于设计片上系统;有丰富的不同型号的器件可供选择,给设计者带来很大的灵活性。它是一个 16 位的精简指令构架,有大量的工作寄存器和数据存储器(目前最大的 RAM 为 2 KB),其 RAM 单元也可以实现运算。MSP430 系列是众多单片机系列中的一颗耀眼的新星。

在超低功耗方面,MSP430 系列单片机能够实现在 1.8~3.6 V 电压、1 MHz 的时钟条件下运行,耗电电流(在 0.1~400 μA 之间)因不同的工作模式而不同;同时能够在实现液晶显示的情况下,只耗电 0.8 μA 。典型情况:在 4 kHz, 2.2 V 条件下工作消耗电流 2.5 μA ;在 1 MHz, 2.2 V 条件下工作消耗电流 280 μA ;在只有 RAM 数据保持的低功耗模式下耗电 0.1 μA (见 MSP430X13X、14X 数据手册)。

在运算速度方面,MSP430 系列单片机能在 8 MHz 晶体的驱动下,实现 125 ns 的指令周期。16 位的数据宽度、125 ns 的指令周期以及多功能的硬件乘法器(能实现乘加)相配合,能实现数字信号处理的某些算法(如 FFT 等)。

在整合方面,MSP430 系列单片机将大量的 CPU 外围模块集成在了片内,有如下一些模块:

看门狗(WDT)	定时器 A (Timer_A)	定时器 B (Timer_B)
模拟比较器	串口 0、1(USART0、1)	硬件乘法器
液晶驱动器	10 位/12 位 ADC	14 位 ADC(ADC14)
端口 0(P0)	端口 1~6(P1~P6)	基本定时器(Basic Timer)

其中:定时器 A、B 均带有多个捕获/比较寄存器,同时可实现多路 PWM 输出;模拟比较器与定时器配合,可方便地实现 ADC;液晶驱动多达 160 笔段;硬件 ADC 模块能在小于 10 μs 的速率下实现 10~14 位的高速、高精度转换,同时提供采样/保持与参考电压;端口 0、1、2(P0、P1、P2)能够接收外部上升沿或下降沿的中断输入。

我在 1998 年底开始接触 MSP430 单片机,那时只有网络上的大量英文资料,通过阅读发现其优点,便开始细读。1999 年,我申请到 MSP430F1121 样片,进行了一些实验,更加证实了 MSP430 的诸多优点。最初我使用 MSP430 实现了热敏电阻测量温度,这是 TI 网站提供的典型案例,但是 TI 文档中的程序格式在 TI 网站提供的 IAR 软件中却不能编译,我非常熟悉 51 却也对其中许多硬件的操作不是很理解。然而 MSP430 的确有很多优点:可以方便地调整器件的运行耗电量;硬件功能齐备,如定时器 A(当时的 F1121 就有)带有 3 个捕获/比较器,可以实现 3 路时序,也可实现 PWM 输出等。鉴于此,为了让更多想使用 MSP430 的朋友少走弯路,我便使用网络(笔者的个人主页 <http://ppowxl.top263.net>,现改为 <http://www.mcu-china.com>)发布了本人的使用心得和自己写的一些源程序。我的个人主页在 263 网站停止其

使用之前的访问量达 60 000 多 IP 地址,这个统计数据是 263 提供的,非常可靠。通过网络我认识了很多使用 MSP430 的朋友,相互切磋,受益颇多,我的很多心得体会在书中都有体现。后来笔者陆续使用 MSP430 做了一些开发,比如电子水表、热表、黑匣子记录仪、智能传感器、电站使用的操作票掌上机、一些电池供电的医用仪表等。这些开发工作的进行使得我对 MSP430 更加熟悉。由于很多网友对 MSP430 一些问题的询问,以及我对 MSP430 的使用已经积累了不少心得体会,在 2001 年我萌生了编写 MSP430 接口与应用方面的书的念头,后与北京航空航天大学出版社联系,得到很大支持。近一年半的时间,我在大量的实验基础上,总结了与 MSP430 有关的多次开发经历,于 2002 年暑假完成了书稿。近来 TI 发布的所有 FLASH 型芯片,我都使用其做过实验,并体现于本书中。

本书讲解了 MSP430 全系列的接口原理、设计开发方法以及大量的系统设计实例。本书共分为 5 章:第 1 章讲述了 MSP430 的大致情况,对各个系列(11X,12X,13X,14X,31X,32X,33X,41X,43X,44X)分门别类地进行了介绍,可为设计者选型提供参考;第 2 章详细地讲述了指令系统及汇编语言和 C 语言的设计方法;第 3 章讲述了 MSP430 全系列所涉及到的所有片内外围模块(目前器件)的接口原理和使用方法,从最早的 3XX 系列到最新的 4XX 系列所涉及到的 MSP430 单元模块,其中大部分都结合接口原理的讲解给出了实际的应用;第 4 章介绍了开发环境,详细地讲述了开发软件的使用方法;第 5 章给出了大量的应用实例,由简单程序设计和硬件应用到较为完整的系统设计,每个例子都有详细的设计原理、汇编和(或)C 语言源程序,读者可直接借鉴;最后为附录,由于 MSP430 单片机的片内外围设备都拥有大量的寄存器,因此在附录中将这些寄存器集中起来以方便读者查阅。

在这里,要着重强调的是:本书中的源程序以及第 5 章的设计实例都是笔者亲自编写并调试通过的,尤其是第 5 章的实例都在笔者设计的实验板或面包板上调试通过,并实现了预期的功能,读者可放心借鉴。相信对有无单片机设计经历的读者都会有帮助。

本书配光盘一张,包含书中所用到的源程序及 TI 公司的网址与笔者的网址连接,还有 MSP430 软件的下载地址。

本书在成书过程中得到了 TI 公司 MSP430 中国代理利尔达单片机技术有限公司的段焕春副总经理和平红光经理的大力支持,在此表示衷心的感谢。

限于笔者水平,书中错误与不妥在所难免,恳请读者批评指正。同时欢迎访问我的个人主页(www.mcu-china.com),以相互交流。

作 者

2002 年 6 月于南京航空航天大学

目 录

第 1 章 MSP430 系列单片机简介

1.1 概 述	1
1.2 MSP430X1XX 系列	4
1.2.1 MSP430X11X 系列	5
1.2.2 MSP430X12X 系列	7
1.2.3 MSP430X13X 系列	10
1.2.4 MSP430X14X 系列	13
1.3 MSP430X3XX 系列	17
1.3.1 MSP430X31X 系列	18
1.3.2 MSP430X32X 系列	21
1.3.3 MSP430X33X 系列	24
1.4 MSP430X4XX 系列	27
1.4.1 MSP430X41X 系列	27
1.4.2 MSP430F43X 系列	31
1.4.3 MSP430F44X 系列	36

第 2 章 MSP430 指令系统与程序设计

2.1 MSP430 的 16 位 CPU	40
2.2 MSP430 的存储器组织	42
2.2.1 数据存储器 RAM	44
2.2.2 程序存储器 ROM	45
2.2.3 外围模块寄存器地址	48
2.3 寻址模式	49
2.3.1 寄存器寻址模式	49
2.3.2 变址寻址模式	50
2.3.3 符号模式	51
2.3.4 绝对寻址模式	52
2.3.5 间接寻址模式	54
2.3.6 间接增量寻址模式	55
2.3.7 立即寻址模式	57
2.4 指令格式	57
2.4.1 指令书写格式	57
2.4.2 双操作数指令(内核指令)	58
2.4.3 单操作数指令(内核指令)	59
2.4.4 条件和无条件转移指令(内核指令)	60
2.4.5 无需 ROM 补偿的仿真指令	60
2.4.6 指令集表	62

2.4.7	MSP430 指令的时钟周期与指令长度	63
2.5	指令集说明	64
2.5.1	数据传送指令	64
2.5.2	数据运算类指令	68
2.5.3	逻辑运算与位操作类指令	76
2.5.4	跳转与程序流程的控制类指令	85
2.5.5	用多个指令仿真的宏指令	100
2.5.6	堆栈指针寻址	101
2.6	汇编语言程序设计	102
2.6.1	汇编伪指令	102
2.6.2	常用汇编程序设计方法	106
2.7	C 语言程序设计基础	109
2.7.1	MSP430 C 语言的数据类型	110
2.7.2	表达式语句(结构)	111
2.7.3	函数的定义与调用	113
2.7.4	MSP430 C 语言标准库函数	115
2.7.5	C 语言编程实例	118
第 3 章 MSP430 单片机片内外设原理与使用方法		
3.1	基础时钟模块与低功耗	119
3.1.1	低速晶体振荡器	120
3.1.2	高速晶体振荡器	121
3.1.3	DCO 振荡器	122
3.1.4	锁频环 FLL/FLL+	125
3.1.5	基础时钟模块与低功耗	131
3.1.6	时钟系统的应用举例	134
3.2	MSP430 各种端口	134
3.2.1	端口 P0,P1 和 P2	135
3.2.2	端口 P3,P4,P5 和 P6	139
3.2.3	端口 TP0	140
3.2.4	COM 和 S 端口	140
3.2.5	端口应用举例	140
3.3	定时器	141
3.3.1	看门狗定时器	141
3.3.2	基本定时器	144
3.3.3	8 位定时器/计数器	147
3.3.4	通用定时器/端口	149
3.3.5	16 位定时器 A	153
3.3.6	16 位定时器 B	169
3.4	硬件乘法器	186

3.5	比较器 A	190
3.6	FLASH 存储器模块	197
3.7	MSP430 系列的通用串行通信模块	210
3.7.1	USART 模块的结构	210
3.7.2	USART 模块的寄存器	214
3.7.3	异步模式	220
3.7.4	同步模式	223
3.7.5	应用举例	226
3.8	MSP430 模数转换模块	227
3.8.1	ADC10 模数转换模块	227
3.8.2	ADC12 模数转换模块	246
3.8.3	ADC14 模数转换模块	265
3.9	MSP430 液晶驱动模块	273
第 4 章 MSP430 开发环境简介		
4.1	Embedded Workbench(嵌入式工作台)	283
4.1.1	Embedded Workbench 安装	283
4.1.2	Embedded Workbench 概述	284
4.1.3	Embedded Workbench 使用指南	285
4.1.4	Embedded Workbench 综述	293
4.2	CSPY 使用指南	294
4.3	汇编程序调试举例	298
4.4	C 程序调试举例	303
第 5 章 MSP430 单片机的应用		
5.1	基础应用部分	307
5.1.1	MSP430 头文件	307
5.1.2	延时程序的设计	311
5.1.3	常用数学程序的设计	312
5.1.4	码制转换程序设计	316
5.1.5	发光二极管类显示器件接口设计	319
5.1.6	键盘接口设计	332
5.1.7	与存储器的接口设计	344
5.1.8	MSP430 与模数转换器的接口	349
5.1.9	MSP430 乐音的输出	351
5.2	MSP430 综合应用设计	354
5.2.1	MSP430 与 I ² C 总线方式的 E ² PROM 接口	355
5.2.2	将键盘输入的按键值送到显示器显示	362
5.2.3	键盘、显示与低功耗应用	363
5.2.4	简易电子琴的设计	365
5.2.5	以 MSP430 为核心的温度测量与报警系统设计	366

5.2.6	固体数码录音机的设计	371
5.3	MSP430 系统设计	378
5.3.1	时间控制器的设计	378
5.3.2	用 MSP430 设计的复杂多相位交通灯	383
5.3.3	以 MSP430 为核心的手持设备设计	396
附录 MSP430 模块空间分配		
附录 1	特殊功能寄存器 SFR	401
附录 2	I/O 端口	403
附录 3	MSP430F4XX 系列基本定时器(Basic Timer1)	404
附录 4	MSP430X3XX 系列定时器/端口(Timer/Port)	405
附录 5	MSP430F1XX 系列基本时钟	405
附录 6	MSP430F4XX 系列 FLL+模块	406
附录 7	MSP430X3XX 系列 FLL 模块	406
附录 8	模拟比较器	406
附录 9	看门狗定时器	407
附录 10	FLASH 系列 FLASH 模块	407
附录 11	MSP430F4XX 系列 SVS 模块	408
附录 12	UART 模式下的两个串口	408
附录 13	SPI 模式下的两个串口	409
附录 14	FLASH 系列 ADC12 模块(1XX、4XX)	410
附录 15	MSP430F1XX 系列 ADC10 模块	412
附录 16	MSP430X3XX 系列 ADC14 模块	414
附录 17	硬件乘法器模块	414
附录 18	定时器 A 模块	415
附录 19	定时器 B 模块	417
附录 20	MSP430X3XX 系列液晶驱动模块	420
附录 21	MSP430F4XX 系列液晶驱动模块	421

第 1 章 MSP430 系列单片机简介

1.1 概 述

TI 公司的 MSP430 系列单片机是一种超低功耗的混合信号控制器,其中包括一系列器件,它们针对不同的应用而由各种不同的模块组成。这些微控制器被设计为可用电池工作,而且可以有很长使用时间的应用。它们具有 16 位 RISC 结构,CPU 中的 16 个寄存器和常数发生器使 MSP430 微控制器能达到最高的代码效率;灵活的时钟源可以使器件达到最低的功率消耗;数字控制的振荡器(DCO)可使器件从低功耗模式迅速唤醒,在少于 $6\ \mu\text{s}$ 的时间内激活到活跃的工作方式。

MSP430 系列单片机具有丰富的片内外设,有极其广阔的应用范围。

MSP430 系列单片机具有以下一些共同的特点。

● 低电压、超低功耗

MSP430 系列单片机,在 $1.8\sim 3.6\ \text{V}$ 电压、 $1\ \text{MHz}$ 的时钟条件下运行,耗电电流(在 $0.1\sim 400\ \mu\text{A}$ 之间)因不同的工作模式而不同;具有 16 个中断源,并且可以任意嵌套,使用灵活方便;用中断请求将 CPU 唤醒只要 $6\ \mu\text{s}$,可编制出实时性特别高的源代码;可将 CPU 置于省电模式,以用中断方式唤醒程序。

● 强大的处理能力

MSP430 系列单片机,为 16 位 RISC 结构,具有丰富的寻址方式(7 种源操作数寻址、4 种目的操作数寻址)、简洁的 27 条内核指令以及大量的模拟指令;大量的寄存器以及片内数据存储单元都可参加多种运算;还有高效的查表处理方法;有较高的处理速度,在 $8\ \text{MHz}$ 晶体驱动下,指令周期为 $125\ \mu\text{s}$ 。这些特点保证了可编制出高效率的源程序。

● 系统工作稳定

上电复位后,首先由 DCOCLK 启动 CPU,以保证程序从正确的位置开始执行,保证晶体振荡器有足够的起振及稳定时间。然后软件可设置适当的寄存器的控制位来确定最后的系统时钟频率。如果晶体振荡器在用作 CPU 时钟 MCLK 时发生故障,DCO 会自动启动,以保证系统正常工作;如果程序跑飞,可用看门狗将其复位。

● 丰富的片内外设

MSP430 系列单片机的各成员都集成了较丰富的片内外设。它们分别是以下一些外围模块的不同组合:

看门狗(WDT)	定时器 A(Timer_A)	定时器 B(Timer_B)
比较器	串口 0、1(USART0、1)	硬件乘法器
液晶驱动器	10 位/12 位 ADC	14 位 ADC(ADC14)
端口 0(P0)	端口 1~6(P1~P6)	基本定时器(Basic Timer)

以上外围模块再加上多种存储器方式就构成了表 1.1 所列的不同型号的器件。其中,看

门狗可以使程序失控时迅速复位;比较器进行模拟电压的比较,配合定时器可以设计为 A/D 转换器;定时器具有捕获/比较功能,可用于事件计数、时序发生、PWM 等;有的器件更具有两个串口,可方便地实现多机通信等应用;具有较多的并行端口,最多达 6×8 条 I/O 口线,而且 I/O 口线具有中断能力;12/14 位硬件 A/D 转换器有较高的转换速率,最高可达 200 kbps,能满足大多数数据采集应用;能直接驱动液晶多达 120 段。MSP430 系列单片机的这些片内外设为系统的单片解决方案提供了极大的方便。

● 方便高效的开发环境

目前 MSP430 系列有 4 种类型器件:OTP 型、FLASH 型、EPROM 型和 ROM 型。这些器件的开发手段不同。对于 OTP 型和 ROM 型的器件是用相对应的 EPROM 型器件作为开发片,或使用仿真器开发成功之后再烧写或掩膜芯片;而对于 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 PC 机和一个 JTAG 调试器,而不需要仿真器和编程器。开发语言有汇编语言和 C 语言。

● 工业级的产品

MSP430 系列器件均为工业级的,运行环境温度为 $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。

下面简要介绍 MSP430 家族不同系列的情况,而目前的所有器件都列举在表 1.1 中。

表 1.1 MSP430 器件性能表

器件名称	程序存储 器容量/ KB	数据存储 器容量/ B	A/D 转换 器类型	液晶驱动 能力/段	捕获/比 较功能 的有无	串口类型	硬件乘法 器的有无	定时 器的 数量	I/O 端口 的数量
MSP430C1111	2	128	slope		Yes	软件方式	No	2	8+6 I/O
MSP430C1121	4	256	slope		Yes	软件方式	No	2	8+6 I/O
MSP430C1331	8	256	slope		Yes	硬件方式	No	3	6×8 I/O
MSP430C1351	16	512	slope		Yes	硬件方式	No	3	6×8 I/O
MSP430C311	2	128	slope	64	No	软件方式	No	6	1×8 I/O+30 O
MSP430C312	4	256	slope	92	No	软件方式	No	6	1×8 I/O+30 O
MSP430C313	8	256	slope	92	No	软件方式	No	6	1×8 I/O+30 O
MSP430C314	12	512	slope	92	No	软件方式	No	6	1×8 I/O+30 O
MSP430C315	16	512	slope	92	No	软件方式	No	6	1×8 I/O+30 O
MSP430C323	8	256	14bit	84	No	软件方式	No	6	6 三态+8 I/O+24 O
MSP430C325	16	512	14bit	84	No	软件方式	No	6	6 三态+8 I/O+24 O
MSP430C336	24	1 024	slope	120	Yes	硬件方式	Yes	7	6 三态+5×8 I/O+34 O
MSP430C337	32	1 024	slope	120	Yes	硬件方式	Yes	7	6 三态+5×8 I/O+34 O
MSP430C412	4	256	slope	96	Yes	软件方式	No	3	6×8 I/O
MSP430C413	8	256	slope	96	Yes	软件方式	No	3	6×8 I/O
MSP430F110	1	128	slope		Yes	软件方式	No	1	8+6 I/O
MSP430F1101	1	128	slope		Yes	软件方式	No	1	8+6 I/O

续表 1.1

器件名称	程序存储器容量/ KB	数据存储器容量/ B	A/D 转换器类型	液晶驱动能力/段	捕获/比较功能的有无	串口类型	硬件乘法器的有无	定时器的数量	I/O 端口的数量
MSP430F1101A	1	128	slope		Yes	软件方式	No	2	8+6 I/O
MSP430F1111A	2	128	slope		Yes	软件方式	No	2	8+6 I/O
MSP430F112	4	256	slope		Yes	软件方式	No	1	8+6 I/O
MSP430F1121	4	256	slope		Yes	软件方式	No	1	8+6 I/O
MSP430F1121A	4	256	slope		Yes	软件方式	No	2	8+6 I/O
MSP430F122	4	256	ADC10		Yes	硬件方式	No	2	6+8+8 I/O
MSP430F123	8	256	ADC10		Yes	硬件方式	No	2	6+8+8 I/O
MSP430F133	8	256	12 bit		Yes	硬件方式	No	3	6×8 I/O
MSP430F135	16	512	12 bit		Yes	硬件方式	No	3	6×8 I/O
MSP430F147	32	1 024	12 bit		Yes	硬件方式	Yes	3	6×8 I/O
MSP430F148	48	2 048	12 bit		Yes	硬件方式	Yes	3	6×8 I/O
MSP430F149	60	2 048	12 bit		Yes	硬件方式	Yes	3	6×8 I/O
MSP430F412	4	256	slope	96	Yes	软件方式	No	3	6× I/O
MSP430F413	8	256	slope	96	Yes	软件方式	No	3	6×8 I/O
MSP430F435	16	512	ADC12	160	Yes	硬件方式	No	5	6×8 I/O + 44 O
MSP430F436	24	1 024	ADC12	160	Yes	硬件方式	No	5	6×8 I/O + 44 O
MSP430F437	32	1 024	ADC12	160	Yes	硬件方式	No	5	6×8 I/O + 44 O
MSP430F447	32	1 024	ADC12	160	Yes	硬件方式	Yes	5	6×8 I/O + 44 O
MSP430F448	48	2 048	ADC12	160	Yes	硬件方式	Yes	5	6×8 I/O + 44 O
MSP430F449	60	2 048	ADC12	160	Yes	硬件方式	Yes	5	6×8 I/O + 44 O
MSP430P112	4	256	slope		Yes	软件方式	No	2	6+8 I/O
MSP430P315	16	512	slope	92	No	软件方式	No	6	1×8 I/O+30 O
MSP430P325	16	512	14bit	84	No	软件方式	No	6	6 三态+8 I/O+24 O
MSP430P325A	16	512	14bit	84	No	软件方式	No	6	6 三态+8 I/O+24 O
MSP430P337	32	1 024	slope	120	Yes	硬件方式	Yes	7	6 三态+5×8 I/O+34 O
MSP430P337A	32	1 024	slope	120	Yes	硬件方式	Yes	7	6 三态+5×8 I/O+34 O

注:

1. slope——斜边 ADC。
2. 软件方式——用软件的方法实现串口通信。
3. 硬件方式——用硬件的方法实现串口通信。

以上这些器件可以大致分为这样一些系列(后面还要细化):

MSP430X1XX 系列;

MSP430X3XX 系列;

MSP430X4XX 系列。

这些系列有相同的命名规则,以 MSP430P325IPM 为例,其命名规则如图 1.1 所示。

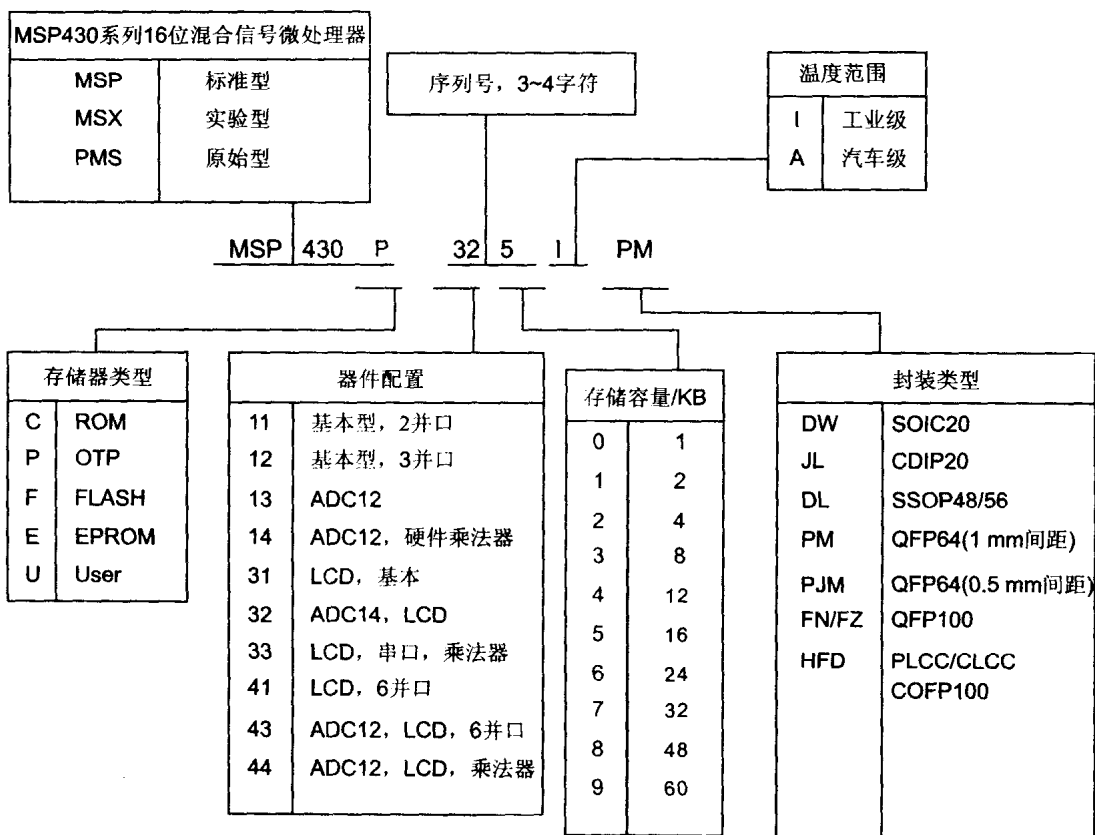


图 1.1 MSP430 的命名规则

1.2 MSP430X1XX 系列

MSP430X1XX 系列为目前品种最多的一个系列,有以下是一些器件:

MSP430C1111 MSP430C1121

MSP430P112

MSP430F110 MSP430F1101 MSP430F1101A MSP430F1111A

MSP430F112 MSP430F1121 MSP430F1121A

MSP430F122 MSP430F123

MSP430F133 MSP430F135

MSP430F147 MSP430F148 MSP430F149

这些器件又可以细分为:MSP430X11X 系列;MSP430X12X 系列;MSP430X13X 系列;MSP430X14X 系列。其中,MSP430CXXXX 表示该器件为 ROM 型;MSP430PXXXX 表示该器件为 OTP 型(一次性可编程器件);MSP430FXXXX 表示该器件为 FLASH 型(可以反复电擦除/编程的 FLASH 型);MSP430FXXXX2 表示该器件为 MTP 型(可以多次编程)。而 MSP430X11X 系列、MSP430X12X 系列、MSP430X13X 系列、MSP430X14X 系列内部构件各不一样,从它们的内部结构框图可以看出这一点。

1.2.1 MSP430X11X 系列

1. 特点

- 低电源电压范围:1.8~3.6 V。
- 超低功耗:
 - 6 μA @ 4 kHz, 2.2 V;
 - 250 μA @ 1 MHz, 2.2 V。
- 5 种节电模式:
 - 等待方式 0.8 μA ;
 - RAM 保持的节电方式 0.1 μA 。
- 从等待方式唤醒时间:6 μs 。
- 16 位 RISC 结构,150 ns 指令周期。
- 基本时钟模块配置:
 - 多个内部电阻,一个外部电阻;
 - 32 kHz 晶体;
 - 高频率晶体;
 - 谐振器;
 - 外部时钟源。
- 配合外部器件可构成单斜边 A/D 转换器。
- MSP430F1132 内有 10 位 200 kbps 的 A/D 转换器,自带采样保持。
- 具有 3 个捕获/比较寄存器的 16 位定时器。
- 安全熔丝的程序代码保护。
- 该家族品种繁多:
 - ROM 型的 MSP430C1111,MSP430C1121;
 - 可一次编程的 MSP430P112;
 - FLASH 型的 MSP430F110, MSP430F1101, MSP430F1101A, MSP430F1111A, MSP430F112,MSP430F1121,MSP430F1121A,MSP430F1132;
 - EPROM 型的 MSP430E1121。

2. 结构框图

本章的结构框图摘自 TI 的数据手册

该系列结构框图如图 1.2 所示,其中 MSP430F1132 的结构框图如图 1.3 所示。

3. 引脚图及说明

MSP430X11X 系列引脚图如图 1.4 所示。

MSP430X11X 系列单片机引脚说明如表 1.2 所列。