

# MSP430 单片机

## 自学笔记

主 编 张福才  
副主编 张 锐 汝洪芳



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



# MSP430 单片机自学笔记

主 编 张福才

副主编 张 锐 汝洪芳

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书以 TI 公司的 MSP430 系列 16 位超低功耗单片机为核心,介绍了 MSP430 系列单片机的特点和选型,详细讲述了 MSP430 系列单片机的结构和指令系统,对 MSP430 全系列单片机(包括最新的 F15x、F16x)所涉及的片内外围模块的功能、原理、应用作了详尽的描述,并配有完整的经过测试的实用子程序;还包括 MSP430 单片机的开发环境安装方法、汇编语言、C 语言程序设计方法,以及单片机常用外设的接口电路,如显示(数码管、1602、12864)、键盘、DS18B20 温度传感器、24C02、DDS 芯片 AD9850/AD9851 等外设和软件编程的方法。

本书着重讲述 MSP430 单片机的基本原理,更侧重于应用,配有完整的例子和详细的源程序,非常适合个人自学使用;亦可作为高等院校计算机、电子、自动化类专业 MSP430 单片机课程的教材,也适合广大从事单片机应用系统开发的工程技术人员作为学习、参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

MSP430 单片机自学笔记 / 张福才主编. -- 北京 : 北京航空航天大学出版社, 2011. 2  
ISBN 978 - 7 - 5124 - 0303 - 1

I. ①M… II. ①张… 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 261426 号

版权所有,侵权必究。

### MSP430 单片机自学笔记

主 编 张福才

副主编 张 锐 汝洪芳

责任编辑 张冀青

\*

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(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpres@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京市媛明印刷厂印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:18 字数:403 千字

2011 年 2 月第 1 版 2011 年 2 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0303 - 1 定价:35.00 元(含光盘 1 张)



# 前 言

MSP430 系列单片机是 TI 公司推出的一种 16 位的单片机。由于它具有较高的集成度、丰富的片内外设、超低功耗等优点,因此在许多领域都得到了广泛的应用。与其他单片机相比,MSP430 系列单片机具有以下几个方面的特点。

① 在超低功耗方面,其处理器功耗(1.8~3.6 V,0.1  $\mu$ A/Powerdown,0.8  $\mu$ A/Standby,250  $\mu$ A/MIPS)和口线输入漏电流(最大 50 nA)在业界都是最低的,远低于其他系列产品。

② 在运算性能上,其 16 位 RISC 结构,使 MSP430 系列单片机工作在 16 MHz 晶振时,指令速度可达 16 MIPS(注意:同样 16 MIPS 的指令速度,16 位处理器比 8 位处理器在运算性能上高远不止 2 倍);不久还将推出 25~30 MIPS 的产品。同时,MSP430 系列单片机中采用了一般只有 DSP 中才有的 16 位多功能硬件乘法器、硬件乘加(积之和)功能、DMA 等一系列先进的体系结构,大大增强了它的数据处理和运算能力,可以有效地实现一些数字信号处理的算法(如 FFT、DTMF 等)。

③ 在开发工具上,MSP430 系列单片机支持先进的 JTAG 调试,简单的硬件仿真工具(仿真器)只是一个并口转接器,一般人都可以自己制作,而且适用于所有 MSP430 系列单片机,既便于推广,又大大降低了用户的开发投入。其软件集成开发环境 EW430 由著名的 IAR 公司提供,其最新版本已比较完善。

④ 在系统整合方面,MSP430 系列单片机结合 TI 公司独特的高性能模拟技术,根据其不同产品,集成了多种功能模块,包括定时器、模拟比较器、多功能串行接口(SPI/IIC/UART)、LCD 驱动器、硬件乘法器、10/12/14/16 位模/数转换器(ADC)、12 位数/模转换器(DAC)、看门狗定时器(WDT)、I/O 端口(P0~P6)、DMA 控制器、多达 120 KB 的 Flash、10 KB 的 RAM 和 SVS,以及丰富的中断功能。用户可以根据应用需求,选择最合适的 MSP430 系列产品。另外,大部分 MSP430 系列单片机采用 Flash 技术,支持在线编程,并有保密熔丝。其 BOOT-STRAP 技术为系统软件的升级提供了又一种方便的手段,BOOTSTRAP 有 32 字节的口令字,具有很高的保密性。MSP430 系列单片机均为工业级产品,性能稳定,可靠性高,可用于各种民用、工业产品。

MSP430 系列单片机可采用汇编语言和 C 语言进行开发。由于采用 C 语言开发可以大大提高开发效率,缩短开发周期,并且采用 C 语言开发的程序具有非常好的可读性和移植性,



因此,C语言成为开发MSP430系列单片机的主流语言。由于适用于MSP430系列单片机的C语言与标准C语言兼容度高,并且IAR公司提供的Embedded Workbench集成开发环境人机界面友好,能很好地支持C语言开发、在线下载与仿真,因此本书的程序都是采用C语言进行编写的。

本书融合了作者最近几年对MSP430系列单片机学习与开发应用的经验和体会,内容以硬件为基础,配有完整的应用源程序,源程序在光盘中。书中的所有源程序代码都经过实际验证和测试,应用举例和综合设计多取材于实际应用项目。本书附带的光盘上有实验板原理图、源程序、430 JTAG原理图及PCB图等。最新的资料、代码等可以发E-mail至msp430mcu@163.com,免费索取。

本书中所讲述的例子是在F169单片机基础上编写的程序。如果需要MSP430F169中文资料,可以发E-mail至qingtengzfc@yeah.net索取。

在本书的编写过程中,张锐、汝洪芳、赵晓彦等同志做了很多代码验证、资料整理工作。在此向他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促和水平所限,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。读者在学习过程中,若发现什么疏漏之处,可以发邮件给我,我的邮箱是qingtengzfc@yeah.net。

作者

2011年1月

于黑龙江科技学院

# 目 录

<b>第 1 章 概 述</b> .....	1
1.1 MSP430 系列单片机概述 .....	1
1.1.1 单片机的特点 .....	1
1.1.2 单片机的应用及产品概况 .....	3
1.2 MSP430 系列单片机的发展和应用 .....	4
1.3 MSP430 系列单片机的选型 .....	5
1.4 MSP430F1xx 系列单片机时钟模块 .....	7
1.4.1 时钟模块结构 .....	7
1.4.2 低速晶体振荡器 .....	8
1.4.3 高速晶体振荡器 .....	9
1.4.4 DCO 振荡器 .....	9
1.5 MSP430 - DEMO16x 开发实验板 .....	14
1.5.1 开发实验板主要实验内容概要 .....	14
1.5.2 MSP430F169 特点与结构 .....	15
1.6 自学思考题 .....	18
<b>第 2 章 MSP430 系列单片机 C 语言基础知识</b> .....	19
2.1 标志符与关键字 .....	19
2.2 数据基本类型 .....	20
2.3 C 语言的运算符 .....	23
2.4 函 数 .....	26
2.5 数 组 .....	31
2.6 自学思考题 .....	33
<b>第 3 章 MSP430 系列单片机并口 JTAG 仿真器及其使用</b> .....	34
3.1 并口 JTAG 仿真器功能简介 .....	34





3.2	JTAG 仿真器原理图与自制过程	35
3.2.1	JTAG 仿真器原理图	35
3.2.2	JTAG 仿真器的自制过程	37
3.3	自学思考题	38
<b>第 4 章</b>	<b>MSP430 系列单片机集成开发调试环境</b>	<b>39</b>
4.1	IAR Embedded Workbench V3.42A 概述	39
4.2	Electronic Workbench for MSP430 V3.42A 安装过程简介	39
4.3	Electronic Workbench for MSP430 V3.42A 应用方法简介	42
4.3.1	Electronic Workbench 仿真设置	42
4.3.2	Electronic Workbench 仿真过程举例	48
4.4	自学思考题	50
<b>第 5 章</b>	<b>A/D 模块与 D/A 模块设计实例</b>	<b>51</b>
5.1	A/D 模块简介	51
5.2	A/D 模块硬件电路	52
5.3	软件设计	59
5.3.1	单通道 A/D 转换	59
5.3.2	序列通道 A/D 转换	61
5.3.3	单通道 A/D 转换与 MAX7219 显示	62
5.3.4	A/D 转换与 MAX7219 显示	65
5.3.5	A/D 转换与 1602 显示	68
5.3.6	A/D 转换与 12864 显示	75
5.4	D/A 模块硬件电路	83
5.4.1	DAC12 的结构	83
5.4.2	DAC12 寄存器	85
5.4.3	DAC12 操作过程	87
5.5	DAC12 应用举例	88
5.6	自学思考题	112
<b>第 6 章</b>	<b>LED 指示灯设计实例</b>	<b>113</b>
6.1	LED 指示灯电路及原理	113
6.2	看门狗定时器	114
6.2.1	看门狗定时器及相关寄存器	115

6.2.2	基本定时器 .....	118
6.2.3	16 位定时器 A .....	120
6.3	自学思考题 .....	125
<b>第 7 章</b>	<b>数码管显示电路的设计</b> .....	<b>126</b>
7.1	MAX7219 显示控制专用芯片 .....	126
7.2	MAX7219 显示控制介绍 .....	128
7.3	显示电路与单片机的接口 .....	133
7.4	数码管显示电路程序设计 .....	134
7.5	自学思考题 .....	136
<b>第 8 章</b>	<b>液晶显示电路的设计</b> .....	<b>137</b>
8.1	1602 液晶模块简介 .....	137
8.2	1602 液晶模块的程序设计 .....	142
8.2.1	显示数字 .....	142
8.2.2	显示字符 .....	144
8.3	OCMJ4X8C 12864 液晶模块简介 .....	150
8.3.1	液晶模块与单片机的接口 .....	152
8.3.2	用户指令集 .....	152
8.3.3	液晶模块与单片机的接口 .....	158
8.4	液晶模块显示数字的程序设计 .....	159
8.5	自学思考题 .....	174
<b>第 9 章</b>	<b>4×4 矩阵键盘的设计</b> .....	<b>175</b>
9.1	键盘电路设计及原理 .....	175
9.1.1	键盘电路 .....	175
9.1.2	单片机电路 .....	176
9.1.3	一般 I/O 方式的程序设计 .....	177
9.2	键盘应用举例 .....	177
9.2.1	键盘与 LED 指示灯 .....	177
9.2.2	键盘与数码管显示键值 .....	183
9.2.3	键盘与 1602 显示键值 .....	191
9.2.4	键盘与 12864 显示键值 .....	200
9.3	自学思考题 .....	210





<b>第 10 章 日历实时时钟芯片 DS1302 的设计</b> .....	211
10.1 DS1302 实时时钟芯片 .....	211
10.2 DS1302 与 MSP430 系列单片机的接口电路 .....	212
10.3 实时时钟显示的实现 .....	212
10.3.1 DS1302 的操作 .....	213
10.3.2 DS1302 寄存器简介 .....	213
10.3.3 程序设计 .....	214
10.4 DS1302 功能举例 .....	220
10.5 自学思考题 .....	225
<b>第 11 章 单总线温度传感器 DS18B20 的设计</b> .....	226
11.1 硬件设计 .....	226
11.1.1 DS18B20 温度传感器 .....	226
11.1.2 接口电路设计 .....	229
11.2 软件设计 .....	229
11.2.1 单总线协议简介 .....	229
11.2.2 DS18B20 的程序设计 .....	232
11.2.3 DS18B20 操作和程序实现 .....	232
11.3 实例总结 .....	237
11.4 自学思考题 .....	238
<b>第 12 章 EEPROM 程序存储器 24C02 的设计</b> .....	239
12.1 硬件设计 .....	239
12.1.1 24C02 芯片介绍 .....	239
12.1.2 接口电路 .....	240
12.2 软件设计 .....	241
12.2.1 IIC 协议 .....	241
12.2.2 IIC 协议程序 .....	242
12.2.3 24C02 读/写程序 .....	247
12.3 实例总结 .....	251
12.4 自学思考题 .....	251

第 13 章 DDS 芯片 AD9850/AD9851 的设计 .....	252
13.1 硬件设计 .....	252
13.1.1 AD9850 DDS 芯片简介 .....	252
13.1.2 AD9851 DDS 芯片简介 .....	254
13.1.3 AD9850 的控制字与控制时序 .....	254
13.2 接口电路 .....	255
13.2.1 放大电路设计 .....	256
13.2.2 AD603 简介 .....	256
13.3 软件设计 .....	258
13.3.1 频率控制字的计算方法 .....	258
13.3.2 AD9850 控制字发送控制子程序设计 .....	260
13.3.3 应用举例 .....	262
13.4 自学思考题 .....	266
第 14 章 基于 AD9833 的多波形信号发生器设计 .....	267
14.1 芯片简介 .....	267
14.1.1 芯片内部结构 .....	267
14.1.2 功能描述 .....	269
14.1.3 AD9833 引脚及其与 MSP430F169 的接口电路 .....	269
14.2 软件设计 .....	271
14.2.1 频率控制字的计算方法 .....	271
14.2.2 AD9833 测试波形 .....	271
14.3 自学思考题 .....	273
附 录 .....	274
参考文献 .....	275

# 第 1 章

## 概 述

### 1.1 MSP430 系列单片机概述

单片机的应用范围日益广泛,生产批量大,成本低廉(目前最低的单片机价格为 3~5 元);系统结构简单而可靠性高,采用 CMOS 工艺大大降低了功耗。因此,单片机已成为微型计算机的一个重要的分支,发展速度极快;从 4 位、8 位、16 位再到 32 位,单片机的种类有几百种,世界年销售量几亿片。

#### 1.1.1 单片机的特点

单片机具有以下几个方面的特点:

- ① 封装形式上外形较小,成本低,易于产品化,能够方便地组装成各种智能的控制设备以及各类的智能仪器仪表。
- ② 面向控制,能够完成相对比较复杂的控制任务,具有较好的性价比。
- ③ 具有较广的温度适应范围,在各种恶劣的环境下仍可以正常工作,这是其他机型无法比拟的。
- ④ 可以很方便地实现多机和分布式控制。
- ⑤ 下载与仿真接口比较简单,便于程序的开发。

本书所介绍的 MSP430 系列单片机属于通用型的单片机,除了具有上述几个方面的特点外,还具有以下几方面的特点:

##### 1. 超低功耗

MSP430 系列单片机的电源电压采用 1.8~3.6 V,待机电流小于  $1\ \mu\text{A}$ ,在 RAM 数据保持方式时耗电电流小于  $0.1\ \mu\text{A}$ ,在活动模式时耗电  $250\ \mu\text{A}/\text{MIPS}$ (MIPS 表示每秒百万条指令),I/O 端口的漏电流最大为  $50\ \text{nA}$ 。

MSP430 系列单片机有独特的时钟系统设计,包含两套不同的时钟系统:基本时钟系统和锁频环(FLL 和 FLL+)时钟系统或 DCO 数字振荡器时钟系统。由时钟系统产生 CPU 和



各功能模块所需的时钟,这些时钟可以在指令的控制下打开或者关闭,从而实现对总体功耗的控制。由于系统运行时使用的功能模块不同,即采用的工作方式不同,芯片的功耗就明显不一样了。在系统中,有 1 种活动模式(AM)和 5 种低功耗模式(LPM0~LPM4)。

## 2. 强大的处理能力

MSP430 系列单片机是 16 位单片机,采用了目前流行的、颇受业界好评的精简指令集(RISC)结构,一个指令周期可以执行一条指令(在 51 单片机里需要 12 个指令周期才能执行一条指令),MSP430 系列单片机使用 8 MHz 工作时,指令速度可达 8 MIPS(因为 MSP430 系列单片机是 16 位单片机,所以相对于同样工作在 8 MHz 的 51 单片机来说,MSP430 系列单片机的速度比 51 单片机的速度快得多)。TI 公司还在致力于推出 25~30 MIPS 的产品。同时,MSP430 系列单片机的某些型号,采用了一般只有 DSP 中才有的 16 位多功能硬件乘法器、硬件乘加(积之和)功能、DMA 等一系列先进的体系结构,大大增强了其数据处理和传输的能力,可以有效地实现一些数字信号处理的算法(如 FFT、DTMF 等)。这种结构在其他系列单片机中比较少见。

## 3. 高性能的模拟技术及丰富的片上模块

MSP430 系列单片机结合了 TI 公司的高性能模拟技术,各成员都集成了较为丰富的片内外设。根据型号分别组合了以下功能模块:10/12/16 位 ADC、12 位 DAC、比较器、LCD 驱动器、电源电压(SVS)、串行通信(UART、IIC、SPI)、红外线遥控器(IrDA)、硬件乘法器(MPY)、DMA 控制器(DMAC)、温度传感器、看门狗定时器(WDT)、定时器 A(Timer\_A)、定时器 B(Timer\_B)、端口 1~8(P1~P8,有些没有那么多端口,具体有多少根据型号而定)、基本定时器(Basic Timer)、实时时钟模块(RTC)、运算放大器(OA)以及扫描接口(Scan IF)等。其中,看门狗可以使程序在失控或跑飞(执行乱套)时迅速复位,模拟比较器进行模拟电压的比较,配合定时器可以设计出高精度(10~12 位)的 ADC;16 位定时器(Timer\_A 和 Timer\_B)具有捕获/比较功能,大量的捕获/比较寄存器,可用于事件的计数、时序发生、PWM 等;多功能串口(USART)可以实现异步、同步(SPI)、IIC 串行通信,可以方便地实现多机通信等应用;USCI 模块还包含红外控制部分,具有较多的 I/O 端口,最长达 10×8 条 I/O 线,每个 I/O 线不管是灌电流还是拉电流,每个晶体管都能限制输出电流(最大输入/输出电流 25 mA),保证芯片安全;P1、P2 端口接收外部上升沿或下降沿的中断输入;12 位 ADC 有较高的转换速率,最高可达 200 KSPS,能够满足大多数数据采集的场合。MSP430F4xx 单片机还带液晶驱动功能,最多可以驱动液晶的段数可达 160 段。F15x 和 F16x 系列有两路 12 位高速 DAC,可以实现直接数字波形合成等功能;硬件 IIC 串行总线接口可以扩展 IIC 接口器件;DMA 功能可以提高数据传输速度,减轻单片机的负荷;运算放大器(OA)可在模拟信号转换成数字信号前,支持前端模拟信号状态;扫描接口(Scan IF)能检测传感器,测量直线运动或者转动。

MSP430 系列单片机丰富的片内外设,在目前所有的单片机系列产品中是非常突出的,为

系统的单片解决方案提供了极大的可能性与方便性。

#### 4. 系统工作稳定

上电复位后,首先由 DCO\_CLK 启动单片机(数字控制振荡器 DCO 是 MSP430 系列单片机内置的),以保证程序从正确的位置开始执行,保证外接的晶体振荡器有足够的起振和稳定时间。然后通过软件设置适当的寄存器和控制位来确定最后的系统时钟频率。如果晶体振荡器在用做 CPU 时钟 MCLK 时发生故障,则 DCO 会自动启动,以保证系统正常工作。这种结构和运行机制,在目前各系列单片机中是绝无仅有的。另外,MSP430 系列单片机均为工业级器件,运行环境温度为 $-40\sim+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,运行稳定,可靠性高,所设计的产品适用于各类民用和工业环境。

#### 5. 方便高效的开发环境

目前的 MSP430 系列单片机有 OPT 型、Flash 型、ROM 型和 EPROM 型 4 种,国内大量使用的是 Flash 型的器件。这些器件开发手段不同,对于 OPT 和 ROM 型的器件,使用专门的仿真器开发成功后再烧写到芯片中去,适于大批量的成型生产。

对于 Flash 型器件有十分方便的开发环境,因为这类器件带有 JTAG 调试接口,还有可电擦写的 Flash 存储器,因此采用先通过 JTAG 接口下载程序到 Flash 存储器内,再由 JTAG 接口控制程序的运行,可以读取单片机内部状态和相关存储器的内容回传到 PC 机上,整个开发(编译、调试)都可在同一个软件集成环境中运行。这种方式只需要一台 PC 机和一个 JTAG 调试器(完全可以自制),不需要专门仿真器和编程器。开发语言有汇编语言和 C 语言。目前较好的开发环境是 IAR 的 IAR Embedded Workbench,本书介绍的程序就是在此软件的基础上编写的,具体版本是 Electronic Workbench for MSP 430 V3.42A。

这种以 Flash 技术、JTAG 调试、集成开发环境相结合的开发方法,具有方便、廉价、实用等优点,在单片机开发中还较为少见。其他系列单片机的开发一般均需要专门的仿真器或编程器。

2001 年 TI 公司又公布了 BSL(Boot Strap Loader)技术,利用它可在保密熔丝烧断以后,只要几根硬件连线,通过软件口令字(密码),就可更改并运行内部程序,为系统固件的升级提供了又一方便的手段。BSL 具有很高的保密性,口令字长度可达 256 位。

### 1.1.2 单片机的应用及产品概况

MSP430 系列单片机种类繁多,在介绍产品之前,需要了解 MSP430 系列单片机命名规则。命名中包括片内存储器的类型、系列号、子系列号、温度范围、封装类型等信息。其中,片内存储器类型有 ROM(C)、EPROM(E)、Flash(F)、OTP(P)、USER(U)等,各类型存储器特性如表 1-1 所列。



表 1-1 各类型存储器特性

类型	名称	特性
C	ROM	只读存储器,适合大批量生产
P	OTP	单次可编程存储器,适合小批量生产
E	EPROM	可擦除只读存储器,适合开发样机
F	Flash	闪存,具有 ROM 型的非易失性和 EPROM 的可擦除性

- 系列号码为存储器类型后面的一位数字,如 1、2、4 分别代表 MSP430 的 1、2、4 系列单片机。
- 子序列号码为包括系列号码在内的若干位数字,用来表示更加具体的芯片内部外围模块的配置和存储容量等信息。
- 封装类型表示方面有 DW (SOIC20, 1.27 mm 脚距)、RGE (QFN24)、DGV (TVSOP20)、PW (TSSOP20, 0.65 mm 脚距)、PM (QFP80, 0.5 mm 脚距)、PN (QFP80, 0.5 mm 脚距)、PZ (QFP100, 0.5 mm 脚距)。
- 温度范围包括 I (工业级) 和 A (汽车级)。

以 MSP430F449 为例,F 表示 Flash 型;44 表示 MSP430 单片机 4 系列中的 44 子系列,片内具有 ADC12、LCD 和硬件乘法器等外围器件;9 表示存储容量为 60 KB。

TI 公司的 MSP430 系列的单片机种类齐全,用户可以根据应用需求选择合适的芯片。关于命名规则这部分可以参考附图 1。

## 1.2 MSP430 系列单片机的发展和应用

TI 公司从 1996 年推出 MSP430 系列单片机开始到 2000 年初,相继推出了 MSP33x、MSP32x、MSP31x 等几个系列,目前还有 16x 系列 MSP4xx 等,总之,型号比较多。MSP4xx 带有液晶驱动接口,有利于提高系统的集成度。每一系列有 ROM 型、OTP 型和 EPROM 型等芯片。EPROM 型的价格昂贵,运行环境温度范围窄,主要用于样机的开发。这也表明了这几个系列的开发模式。用户可以用 EPROM 型开发样机,用 OTP 型进行小批量生产,而 ROM 型适合大批量生产。

另外,随着 Flash 技术的迅猛发展,TI 公司也将这一技术引入到了 MSP430 系列单片机中。2000 年推出了 F11x/F11x1 系列,这个系列采用的是 20 引脚的封装形式,其内存容量、片上功能和 I/O 引脚都比较少,但是价格相对较低,适合于简单的产品开发。在 2000 年 7 月推出了带 ADC 或硬件乘法器的 F13x/F14x 系列。2001 年以后又推出了带 LCD 控制器的 F41x、F43x、F44x。

TI公司在2003—2004年期间推出了F15x和F16x系列产品。在这一系列的产品中,有了两个方面的发展,一是增加了RAM的容量,如F1611的RAM容量增加到了10KB,这样就可以引入实时操作系统(RTOS)或简单文件系统等;二是从外围模块来说,增加了IIC、DMA、DAC12和SVS等模块。

MSP430F169单片机引脚定义如图1-1所示。

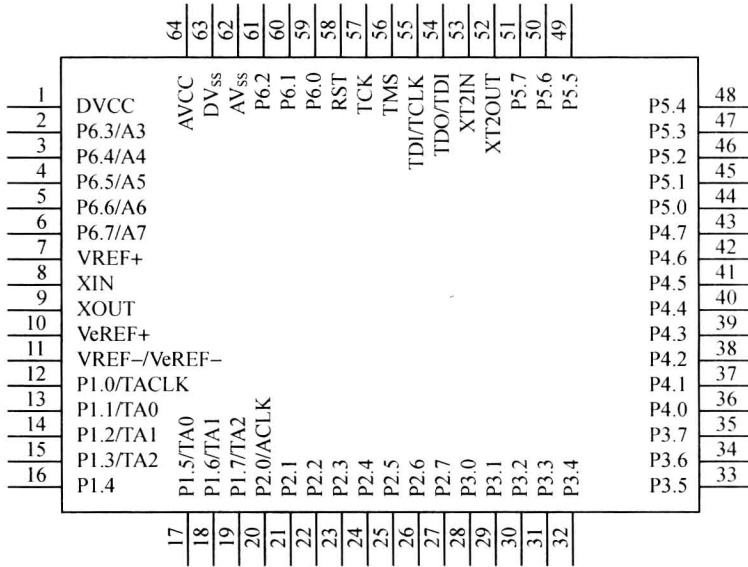


图 1-1 MSP430F169 单片机引脚定义

### 1.3 MSP430 系列单片机的选型

目前,MSP430 系列单片机的主流 Flash 产品如表 1-2 所列。

表 1-2 MSP430 系列产品选型表

型 号	Flash/ KB	RAM/ 字节	A/D	D/A	DMA	LCD	USART	比较器	乘法器	定时器 数量	封 装	端口 数量
MSP430F1101A	1	128	Slope				软件	√		2	20SOIC TSSOP	14
MSP430F1111A	2	128	Slope				软件	√		2	20SOIC TSSOP	14





续表 1-2

型 号	Flash/ KB	RAM/ 字节	A/D	D/A	DMA	LCD	USART	比较器	乘法器	定时器 数量	封 装	端口 数量
MSP430F1121A	4	256	Slope				软件	√		2	20SOIC TSSOP	14
MSP430F1122	4	256	10 位				软件			2	20SOIC TSSOP	14
MSP430F1132	8	256	10 位				软件			2	20SOIC TSSOP	14
MSP430F1222	4	256	10 位				硬件			2	20SOIC TSSOP	22
MSP430F123	8		Slope				硬件	√		2	20SOIC TSSOP	22
MSP430F1232	8		10 位				硬件 1			2	20SOIC TSSOP	22
MSP430F133	8		12				硬件 1	√		3	64LQFP	48
MSP430F135	16		12 位				硬件 1	√		3	64LQFP	48
MSP430F147	32		Slope				硬件 1	√	√	3	64LQFP	48
MSP430F1471	32		12 位				硬件 2	√	√	3	64LQFP	48
MSP430F148	48		Slope				硬件 2	√	√	3	64LQFP	48
MSP430F1481	48		12 位				硬件 2	√	√	3	64LQFP	48
MSP430F149	60		Slope				硬件 2	√	√	3	64LQFP	48
MSP430F1491	60		12 位	12 位	√		硬件 2	√	√	3	64LQFP	48
MSP430F155	16		12 位	12 位	√		硬件 1	√		3	64LQFP	48
MSP430F156	16		12 位	12 位	√		硬件 1	√		3	64LQFP	48
MSP430F157	32		12 位	12 位	√		硬件 1	√		3	64LQFP	48
MSP430F167	32		12 位	12 位	√		硬件 2	√	√	3	64LQFP	48
MSP430F169	60		12 位	12 位	√		硬件 2	√	√	3	64LQFP	48

说明：√表示该型号的芯片存在对应的功能。

根据 TI 公司 430 单片机的发展规划,今后将陆续推出性能更高、功能更强的 F5xx 系列单片机,这一系列的单片机运行速度可达 25~30 MIPS 以上,并具有更大的 Flash(128 KB),以及更丰富的外设接口(CAN、USB 等)。

MSP430 系列单片机不仅可以应用于许多传统的单片机应用领域(如仪器仪表、自动控

制、消费领域),更适用于一些电池供电的低功耗的产品,如能量表(水表、电表、气表等)、手持式设备、智能传感器等,以及需要较高运算性能的智能仪器设备。

## 1.4 MSP430F1xx 系列单片机时钟模块

### 1.4.1 时钟模块结构

MSP430F1xx 系列单片机时钟模块相对于其他单片机来说比较复杂,而且在以后的编程中也有用到,所以这里要介绍一下。图 1-2 所示为 MSP430F1xx 系列单片机的时钟模块结构图。这里要说明一点,其中,MSP430F11x 和 MSP430F12x 内部没有 XT2 高频振荡器。

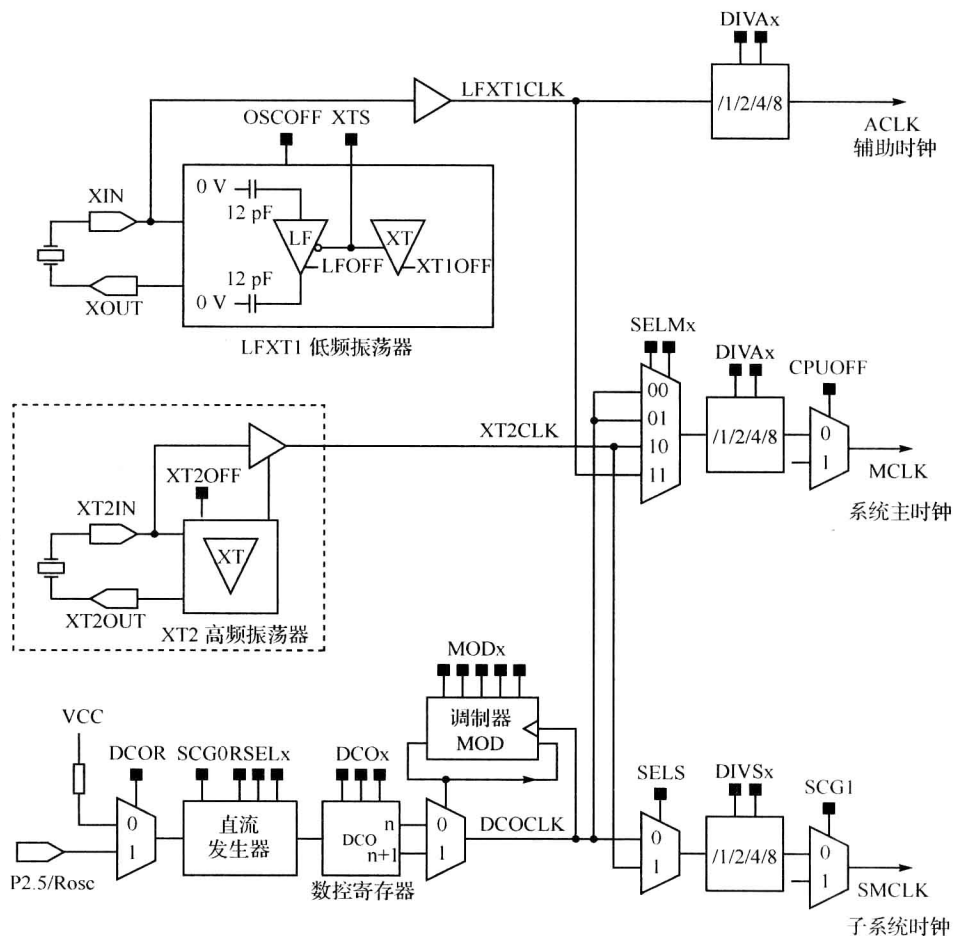


图 1-2 MSP430F1xx 系列单片机的时钟模块结构