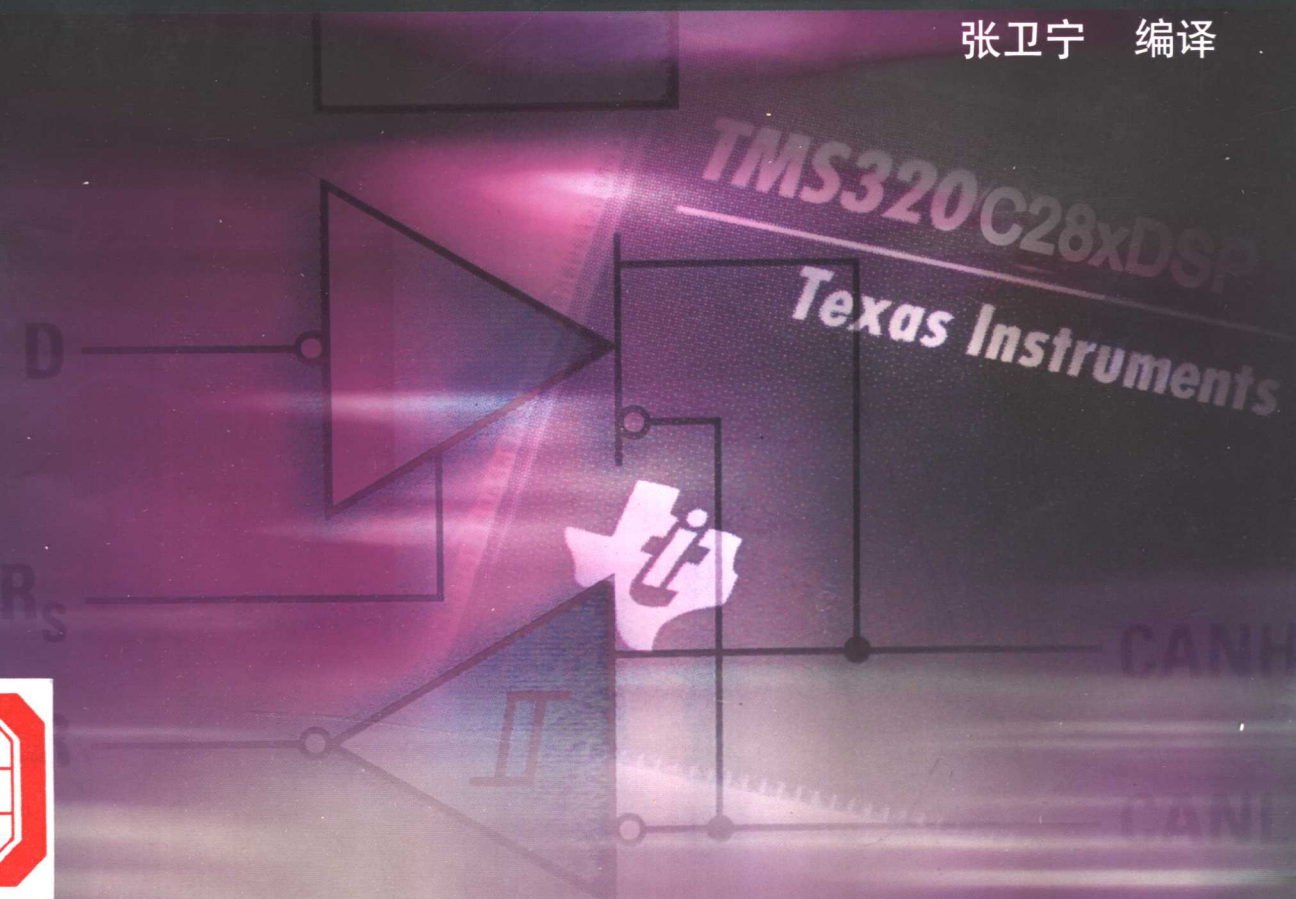


TI DSP 系列中文手册

TMS320C28x 系列 **DSP 的 CPU 与外设 (上)**

[美] Texas Instruments Incorporated 著

张卫宁 编译



清华大学出版社

TI DSP 系列中文手册

TMS320C28x 系列 DSP 的 CPU 与外设（上）

[美] Texas Instruments Incorporated 著

张卫宁 编译

内 容 简 介

本书详细介绍了 TMS320C28x 系列数字信号处理器 (DSP) 的总体结构、CPU 内核和存储器映像, 并介绍了 C28x 的寻址方式及汇编语言、时钟和系统控制、片内外设的中断扩展和引导 ROM、仿真特性等。

本书可供高等学校电子、通信、计算机、自动控制和电力电子技术等专业的高年级本科生及研究生作为教科书或参考书, 也可作为各领域中从事信号处理、控制和电力电子技术的科研及工程技术人员的参考书籍。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

TMS320C28x 系列 DSP 的 CPU 与外设 (上) /张卫宁编译. —北京: 清华大学出版社, 2004.9
(TI DSP 系列中文手册)

ISBN 7-302-08592-7

I. T… II. 张… III. ①数字信号—信号处理—数字通信系统, TMS320C28x—微处理器 ② 数字信号—信号处理—数字通信系统, TMS320C28x—外部设备 IV. TN911.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 041067 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

组稿编辑: 曾 刚

文稿编辑: 陈仕云

封面设计: 秦 铭

版式设计: 郑轶文

印 装 者: 北京国马印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印 张: 18.25 字 数: 391 千字

版 次: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08592-7/TP·6162

印 数: 1~5000

定 价: 32.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

Copyright Grant Letter

2003-4-28

Texas Instruments (Shanghai) Co., Ltd
11F, Novel Plaza, 128 Nanjing Road West,
Huangpu District, Shanghai 200003, P.R.C.

Mr. Hu Guangshu,

We are in possession of a copy of your book draft titled as appendix provided and [printed] by Tsinghua University Press, a book printer and publisher with a principal office located at Xue Yan Mansion, Tsinghua University, Beijing, 100084, P.R.C. (the "Book"), which contains certain copyrighted information (the "Information") from the Texas Instruments TMS320 DSP series product databook.

As rightful owner of the information, we hereby give you permission to use the Information in the book on a non-exclusive basis provided that you place the following statement on the title page of the book.

"This book contains copyrighted material of Texas Instruments Incorporated, used herein with permission of the copyright owner. Errors introduced in the use or translations of the copyrighted material herein are solely the responsibility of the author or translator and are not the responsibility of Texas Instruments Incorporated. Any further use, modification, redistribution without the express approval of the copyright owner is strictly prohibited. This copyright authorization allows for reproduction only in printed and computer materials of the above-cited standards, on a regional scale and for an unlimited period of time. Should any of the copyrighted information fall under patent protection, this copyright authorization is not to be construed as an authorization to use and/or implement patent information without fulfilling attached obligations."

Please also find enclosed some information regarding TI's copyright and trademark policies, which we would request you to follow during the use of the Information.

Thank you for including TI technology in your teaching and scholarship. I welcome your call or E-mail if I can provide additional assistance.

Best Regards,

Eldon Teng
Director of Market Development
Texas Instruments Asia

TI DSP 系列中文手册编译委员会

(按汉语拼音排序)

主任委员:

胡广书	教授	清华大学
彭启琮	教授	电子科技大学
沈洁	经理	TI 中国大学计划

委员:

陈健	教授	上海交通大学
戴逸民	教授	中国科学技术大学
何佩琨	教授	北京理工大学
刘和平	教授	重庆大学
潘亚涛	工程师	TI 中国大学计划
桑恩方	教授	哈尔滨工程大学
王军宁	副教授	西安电子科技大学
张旭东	副教授	清华大学
曾刚	编辑	清华大学出版社

序

经过全体编译老师和编译委员会近一年的努力,“TI DSP 系列中文手册”终于陆续和广大读者见面了。

数字信号处理器(Digital Signal Processors, DSP)是对信号和图像实现实时处理的一类高性能的 CPU。所谓“实时(Real-Time)实现”,是指一个实际的系统能在人们听觉、视觉或按任务要求所允许的时间范围内实现对输入信号的处理并将其输出。目前, DSP 已广泛应用于通信、家电、航空航天、工业测量、控制、生物医学工程及军事等许许多多需要实时实现的领域。

美国德州仪器(Texas Instruments, TI)公司是全球 DSP 研发和生产的领先者。自 1982 年推出第一块 DSP 芯片以来,到 20 世纪 90 年代中期, TI 先后推出了 C10、C20、C30、C40、C50 及 C80 等 6 代 TMS320 系列的 DSP 产品。紧接着又推出了 C2000 系列、C5000 系列和 C6000 系列三大主流产品,并推出了将 DSP 和 ARM 合为一体的 OMAP 系列。这些产品无论是在国外还是在国内都获得了广泛的应用。例如,“TI 中国大学计划”在 2003 年举办的“TI DSP 设计比赛”中,国内高校就有约 90 个队参加,足见 DSP 在我国已经得到普遍的重视。

凡是从事过含有 CPU 的系统设计(单片机或 DSP)的同志都知道,为了顺利地实现设计任务,一本或几本好的手册是必不可少的,其中包括该 CPU 的结构手册、指令和汇编语言手册以及开发手册等。

由于 TI 的 DSP 发展迅速,产品更新快,因此其手册自然也非常多。由于手册需要更新和补充,因此,彼此之间难免会出现重复和种类繁多的现象。使用过 TI DSP 文档的同志都感觉到,其手册在使用上是有相当难度的。另外, TI DSP 文档都是用英文写成,这也给部分工程技术人员带来一定的困难。

鉴于此, TI 中国主管提出委托国内的高校老师对其文档进行编译,并授权清华大学出版社正式出版。在“TI 中国大学计划”的建议下,2003 年 6 月通过推荐和报名方式成立了编译委员会。

通过认真讨论,编译委员会首先确定了文档编译的原则,然后确定了编译的书目,最后确定了每一本书的编译者。

关于编译的原则,我们提出了如下两点:

(1) 本文档的定位为“手册”。也就是说,每一位文档的编译者应全面了解和掌握所编译书目的所有英文文档,并了解各个文档之间的关系,在保证文档完整的基础上,选择最新的文档,并去除其中的重复内容和已经淘汰的内容。

(2) 要尽可能地按照 TI 英文文档的“本意”来形成中文,以保证手册的准确性。允许作者按自己的经验有所发挥,以便于难点的理解。

这次编译的书目包含三大部分,一是各个系列的共用部分,如 CCS、DSP/BIOS、算法

标准、C语言编译器及开发工具等各个手册；二是按C2000、C5000和C6000三大系列分别编译它们的CPU结构及指令手册；三是分别编译它们的应用。

编译计划在“TI中国大学计划”的相关会议上提出后，得到了国内高校许多老师的热情支持，很快便将要编译的书目一一落实。这些老师都有着从事DSP教学和科研的丰富经验，正是由于他们的大力支持，才使这一庞大的工作计划能够付诸实施。在此，谨向参加本系列手册编译工作的全体老师表示衷心的感谢！

“TI中国大学计划”在本系列手册的编译过程中给予了多方面的大力支持，在此向他们表示衷心的感谢！

由于本系列手册的编译工作量大、时间紧，因此，尽管编译的老师 and 编译委员会都尽了最大的努力，但也难免有不妥，甚至错误之处，编译委员会全体老师恳切地希望广大读者给以批判指正。

清华大学生物医学工程系

胡广书 教授

2004年3月

前 言

当今时代是计算机技术和数字信息处理技术高速发展的时代。数字信号处理器 DSP (Digital Signal Processors) 自 20 世纪 80 年代诞生以来,在短短二十几年内得以飞速发展。其应用已经深入到通信、航空航天、雷达、工业控制、网络及家电等各个领域,成为目前最有发展潜力的技术、产业和市场之一。美国 Texas Instruments Incorporated (TI 公司) 是当今世界上最大的 DSP 供应商,其产品占世界市场的 44% 以上。TI 公司推出的 TMS320 系列是目前世界上最有影响的主流 DSP 产品。

目前,国内对 DSP 的研究和应用正在从科研转入产品 and 市场运作。由于 DSP 优异的特性和极高的性能价格比,使它的应用价值日益显现出来,越来越引起国内电子信息界和企业的高度重视。近年来,国内许多大学已经对硕士生及本科生开设了 DSP 课程,并建立了 DSP 重点实验室;许多科研和企业正在对 DSP 进行开发和应用研究,因此迫切需要这方面的教材、自学课本和参考书籍,在此背景下开展 TI DSP 文档编译工作意义非常重大。该系列文档的出版将大大推动 TI DSP 在我国的应用,并促进这一领域的教学和研究生培养。

TMS320C28x 系列是当今世界上最先进的 32 位定点 DSP 芯片。它不但运行速度高,处理功能强大,并且具有丰富的片内外围设备,便于接口和模块化设计,其性价比极高,尤其适用于大批量和多品种的家产品、数码相机、电话、测试仪器仪表等,还可广泛应用于数字马达控制、工业自动化、电力转换系统及通信设备等。本书翻译了美国 TI 公司的 12 篇最新有关资料,并在此基础上进行了整理和编写,详细介绍了 TMS320C28x 系列 DSP 的总体结构、CPU 内核、存储器映像、寻址方式和片内外围设备等;同时还介绍了硬件设计和软件编程的有关内容。

本书的翻译编写是在 TI DSP 系列中文手册编译委员会的直接领导下进行的,遵循两次 TI DSP 文档编译工作会议的精神,在美国 TI 公司的大力支持和 TI 中国大学计划的具体指导下,本书的编译工作得以顺利完成,在此对编委会的专家们以及 TI 公司、TI 中国大学计划的沈洁经理和潘亚涛工程师表示衷心的感谢。

感谢清华大学的胡广书教授在本书的编译过程中所给予的热情关怀和指导,他在百忙之中对本书进行了仔细的审阅和校对。感谢青岛艾诺仪器公司对我们编译工作的大力支持和帮助,感谢山东大学信息科学与工程学院的领导及老师们对本书编辑工作的大力支持,感谢清华大学出版社对本书出版所做的大量工作。

感谢博士生许宏吉、赵文仓、刘月阳、李念强和硕士生冯岩、王茂庆、赵国辉、胡国英、池连刚、袁华同学,他们分别承担了初译和输入部分文档的工作。本书的出版和他们的辛勤劳动是分不开的。

由于作者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

张卫宁
山东大学

目 录

第 1 章 芯片结构及性能概述.....	1
1.1 TMS320C28x 系列芯片的结构及性能	1
1.2 引脚分布及引脚功能.....	5
第 2 章 中央处理单元 CPU	17
2.1 CPU 概述	17
2.1.1 同其他 TMS320C2000 CPUs 的兼容性.....	17
2.1.2 CPU 的组成.....	18
2.1.3 CPU 的主要特性.....	19
2.1.4 仿真逻辑	19
2.1.5 CPU 的信号	19
2.2 CPU 的结构及总线	20
2.2.1 CPU 结构.....	20
2.2.2 地址和数据总线.....	21
2.3 CPU 的寄存器阵列	22
2.3.1 累加器 (ACC、AH、AL)	24
2.3.2 被乘数寄存器 (XT)	25
2.3.3 结果寄存器 (P、PH、PL)	25
2.3.4 数据页指针 (DP)	26
2.3.5 堆栈指针 (SP)	26
2.3.6 辅助寄存器 (XAR0~XAR7、AR0~AR7)	27
2.3.7 程序计数器 (PC)	28
2.3.8 返回程序寄存器 (RPC)	28
2.3.9 中断控制寄存器 (IFR、IER、DBGIER)	28
2.3.10 状态寄存器 (ST0)	29
2.3.11 状态寄存器 (ST1)	41
2.4 程序流.....	45
2.4.1 中断	45
2.4.2 分支、调用及返回.....	45
2.4.3 单个指令的重复执行.....	46
2.4.4 指令流水线	46
2.5 乘法操作	46

2.5.1	16 位×16 位的乘法	46
2.5.2	32 位×32 位的乘法	47
2.6	移位操作	48
第 3 章	CPU 的中断系统和复位	53
3.1	CPU 中断概述	53
3.2	CPU 中断向量和优先级	54
3.3	可屏蔽中断	55
3.3.1	中断标志寄存器 (IFR)	56
3.3.2	中断使能寄存器 (IER) 和调试中断使能寄存器 (DBGIER)	57
3.3.3	可屏蔽中断的标准操作	58
3.4	非屏蔽中断	62
3.4.1	INTR 指令	62
3.4.2	TRAP 指令	62
3.4.3	非屏蔽硬件中断	64
3.5	非法指令陷阱	65
3.6	硬件复位	65
第 4 章	流水线	67
4.1	指令流水线	67
4.1.1	减弱流水线段	68
4.1.2	取指令机制	68
4.1.3	地址计数器 FC、IC 和 PC	69
4.2	可视流水线操作	70
4.3	流水线活动的冻结	72
4.3.1	等待状态	72
4.3.2	指令无用状态	72
4.4	流水线的保护	73
4.4.1	对同一数据空间进行读写时的保护	73
4.4.2	保护寄存器冲突	74
4.5	非保护流水线冲突的避免	76
4.5.1	非保护的程序空间读和写	76
4.5.2	对影响另一存储单元的单元进行读写	76
4.5.3	写操作后的读保护模式	77
第 5 章	存储器映像	79
5.1	片内程序/数据存储器 ^{[1][2]}	79
5.2	片内 Flash 和 OTP 存储器	85

5.2.1	Flash 存储器和 OTP 存储器	85
5.2.2	Flash 和 OTP 存储器的电源模式	86
5.2.3	Flash 流水线模式	88
5.2.4	Flash 和 OTP 的寄存器	88
5.3	代码安全模块 (CSM)	92
5.3.1	功能说明	92
5.3.2	CSM 对其他片内资源的影响	93
5.3.3	用户应用程序中的合并代码安全性	94
5.3.4	保护安全逻辑要做的和不要做的 (Dos and Don'ts)	97
5.3.5	CSM 特点总结	97
5.4	片外存储器及外部接口 XINTF	97
5.4.1	功能说明	98
5.4.2	XINTF 配置综述	99
5.4.3	建立、激活及跟踪状态的配置	102
5.4.4	XINTF 寄存器	105
5.4.5	信号说明	114
5.4.6	波形	115
5.4.7	外部 DMA 支持 ($\overline{\text{XHOLD}}$ 、 $\overline{\text{XHOLDA}}$)	118
5.5	各存储器映像区域的等待状态 ^[1]	119
第 6 章	C28x 的寻址方式及汇编语言简介	121
6.1	寻址方式	121
6.2	寻址方式选择位 (AMODE)	122
6.3	汇编器/编译器对 AMODE 位的跟踪	124
6.4	直接寻址方式 (DP)	125
6.5	堆栈寻址方式 (SP)	126
6.6	间接寻址方式	127
6.6.1	C28x 的间接寻址方式 (XAR0~XAR7)	127
6.6.2	C2xLP 的间接寻址方式 (ARP、XAR0~XAR7)	129
6.6.3	循环间接寻址方式 (XAR6、XAR1)	139
6.7	寄存器寻址方式	141
6.7.1	32 位寄存器寻址方式	141
6.7.2	16 位寄存器寻址方式	142
6.8	数据/程序/IO 空间立即寻址方式	144
6.9	程序空间间接寻址方式	145
6.10	字节寻址方式	147
6.11	32 位操作的定位	148

6.12 C28x 汇编语言简介	148
第7章 时钟和系统控制	159
7.1 时钟和系统控制	159
7.2 振荡器 OSC 和锁相环 PLL 时钟模块	163
7.2.1 基于 PLL 的时钟模块	163
7.2.2 外部参考振荡器时钟选择	165
7.3 低功耗方式模块	165
7.4 看门狗模块	167
7.4.1 有关寄存器	168
7.4.2 仿真需要考虑的事项	170
第8章 片内外设的中断扩展 (PIE)	171
8.1 PIE 控制器概述	171
8.2 向量表映像	173
8.3 中断源	175
8.3.1 多通道中断处理过程	176
8.3.2 使能和禁止多通道外设中断	177
8.3.3 从外设到 CPU 的多通道中断请求流程	178
8.3.4 PIE 向量表	179
8.4 PIE 配置寄存器	184
8.5 PIE 中断寄存器	185
8.6 外部中断控制寄存器	193
第9章 引导 ROM 及引导装载器功能	197
9.1 引导 ROM 概述	197
9.1.1 在引导 ROM 中 XMPNMC 的作用	197
9.1.2 片内 ROM 介绍	198
9.2 引导 ROM 版本和求和校验信息	199
9.3 CPU 向量表	200
9.4 引导装载器 (Bootloader) 特性	201
9.4.1 Bootloader 操作过程	201
9.4.2 Bootloader 设置	203
9.4.3 Bootloader 模式	204
9.4.4 Bootloader 数据流结构	206
9.4.5 8 位模式源程序数据流的通用结构	208
9.4.6 基本的数据传输过程	211
9.4.7 初始化引导汇编程序 (InitBoot)	212

9.4.8 引导模式选择函数 (SelectBootMode)	213
9.4.9 SCI 引导函数 (SCI_Boot)	214
9.4.10 并行引导函数 (Parallel_Boot)	216
9.4.11 SPI 引导函数 (SPI_Boot)	219
9.4.12 退出引导汇编程序 (ExitBoot)	222
9.5 建立引导表	223
9.6 Bootloader 代码列表	224
第 10 章 仿真特性	252
10.1 仿真特性概括	252
10.2 调试接口	252
10.3 调试术语	254
10.4 控制方式	255
10.4.1 停止方式	255
10.4.2 实时方式	256
10.4.3 停止方式和实时方式总结	258
10.5 异常中断和 ABORTI 指令	259
10.6 DT-DMA 机制	259
10.7 分析断点、观察点和计数器	261
10.7.1 分析断点	261
10.7.2 观察点	262
10.7.3 基准计数器/事件计数器	263
10.7.4 典型的分析单元结构	263
10.8 数据记录 (Data Logging)	264
10.8.1 产生数据记录传送缓冲器	264
10.8.2 正确访问仿真寄存器	267
10.8.3 数据记录中断 (DLOGINT)	268
10.8.4 数据记录举例	268
10.9 共享分析资源	270
10.10 诊断和恢复	271

第 1 章 芯片结构及性能概述

TMS320C2000 系列是美国 TI 公司推出的最佳测控应用的定点 DSP 芯片，其主流产品分为四个系列：C20x、C24x、C27x 和 C28x。C20x 可用于通信设备、数字相机、嵌入式家电设备等；C24x 主要用于数字马达控制、电机控制、工业自动化、电力转换系统等。近年来，TI 公司又推出了具有更高性能的改进型 C27x 和 C28x 系列芯片，进一步增强了芯片的接口能力和嵌入功能，从而拓宽了数字信号处理器的应用领域。

TMS320C28x 系列是 TI 公司最新推出的 DSP 芯片，是目前国际市场上最先进、功能最强大的 32 位定点 DSP 芯片。它既具有数字信号处理能力，又具有强大的事件管理能力和嵌入式控制功能，特别适用于有大量数据处理的测控场合，如工业自动化控制、电力电子技术应用、智能化仪器仪表及电机、马达伺服控制系统等。本章将介绍 TMS320C28x 系列芯片的结构、性能及特点，并给出该系列芯片的引脚分布及引脚功能。

1.1 TMS320C28x 系列芯片的结构及性能

C28x 系列的主要片种为 TMS320F2810 和 TMS320F2812。两种芯片的差别是：F2812 内含 128K×16 位的片内 Flash 存储器，有外部存储器接口，而 F2810 仅有 64K×16 位的片内 Flash 存储器，且无外部存储器接口。其硬件特征如表 1-1 所示。

表 1-1 硬件特征

特 征	F2810	F2812
指令周期 (150MHz)	6.67ns	6.67ns
SRAM (16 位/字)	18K	18K
3.3V 片内 Flash (16 位/字)	64K	128K
片内 Flash/SRAM 的密钥	有	有
Boot ROM	有	有
掩膜 ROM	有	有
外部存储器接口	无	有
事件管理器 A 和 B (EVA 和 EVB)	EVA、EVB	EVA、EVB
*通用定时器	4	4
*比较寄存器/脉宽调制	16	16
*捕获/正交解码脉冲电路	6/2	6/2
看门狗定时器	有	有
12 位的 ADC	有	有
*通道数	16	16

续表

特 征	F2810	F2812
32 位的 CPU 定时器	3	3
串行外围接口	有	有
串行通信接口 (SCI) A 和 B	SCIA、SCIB	SCIA、SCIB
控制器局域网络	有	有
多通道缓冲串行接口	有	有
数字输入/输出引脚 (共享)	有	有
外部中断源	3	3
供电电压	核心电压 1.8V I/O 电压 3.3V	核心电压 1.8V I/O 电压 3.3V
封装	128 针 PBK	179 针 GHH, 176 针 PGF
温度选择‡ A: -40°C ~ +85°C S: -40°C ~ +125°C	PBK 仅适用于 TMS	PGF 和 GHH 仅适用于 TMS
产品状况‡‡ 产品预览 (PP) 高级信息 (AI) 产品数据 (PD)	AI (TMP) ‡‡‡	AI (TMP) ‡‡‡

注: ‡ “S” 是温度选择 (-40°C ~ +125°C) 的特征化数据, 仅对 TMS 是适用的。

‡‡ 产品预览 (PP): 在开发阶段的形成和设计中与产品有关的信息, 特征数据和其他规格是设计的目标。TI 保留了正确的东西, 更换或者终止了一些没有注意到的产品。

高级信息 (AI): 在开发阶段的取样和试制中与新产品有关的信息, 特征数据和其他规格用以改变那些没有注意到的东西。

产品数据 (PD): 是当前公布的数据信息, 产品遵守 TI 的每项标准保修规格, 但产品加工不包括对所有参数的测试。

‡‡‡ TMP: 最终的硅电路小片, 它与器件的电气特性相一致, 但是没有进行全部的品质和可靠性检测。

C28x 系列芯片的主要性能如下。

1. 高性能静态 CMOS (Static CMOS) 技术

- 150MHz (时钟周期 6.67ns)
- 低功耗 (核心电压 1.8V, I/O 口电压 3.3V)
- Flash 编程电压 3.3V

2. JTAG 边界扫描 (Boundary Scan) 支持

3. 高性能的 32 位中央处理器 (TMS320C28x)

- 16 位×16 位和 32 位×32 位乘且累加操作
- 16 位×16 位的两个乘且累加
- 哈佛总线结构 (Harvard Bus Architecture)

- 强大的操作能力
 - 迅速的中断响应和处理
 - 统一的寄存器编程模式
 - 可达 4 兆字的线性程序地址
 - 可达 4 兆字的数据地址
 - 代码高效（用 C/C++ 或汇编语言）
 - 与 TMS320F24x/LF240x 处理器的源代码兼容
4. 片内存储器
 - 8K×16 位的 Flash 存储器
 - 1K×16 位的 OTP 型只读存储器
 - L0 和 L1: 两块 4K×16 位的单口随机存储器 (SARAM)
 - H0: 一块 8K×16 位的单口随机存储器
 - M0 和 M1: 两块 1K×16 位的单口随机存储器
 5. 根只读存储器 (Boot ROM) 4K×16 位
 - 带有软件的 Boot 模式
 - 标准的数学表
 6. 外部存储器接口 (仅 F2812 有)
 - 有多达 1MB 的存储器
 - 可编程等待状态数
 - 可编程读/写选通计数器 (Strobe Timing)
 - 三个独立的片选端
 7. 时钟与系统控制
 - 支持动态的改变锁相环的频率
 - 片内振荡器
 - 看门狗定时器模块
 8. 三个外部中断
 9. 外部中断扩展 (PIE) 模块
 - 可支持 96 个外部中断, 当前仅使用了 45 个外部中断
 10. 128 位的密钥 (Security Key/Lock)
 - 保护 Flash/OTP 和 L0/L1 SARAM
 - 防止 ROM 中的程序被盗
 11. 3 个 32 位的 CPU 定时器
 12. 马达控制外围设备
 - 两个事件管理器 (EVA、EVB)

- 与 C240 兼容的器件
- 13. 串口外围设备
 - 串行外围接口（SPI）
 - 两个串行通信接口（SCIs），标准的 UART
 - 改进的局域网络（eCAN）
 - 多通道缓冲串行接口（McBSP）和串行外围接口模式
- 14. 12 位的 ADC，16 通道
 - 2×8 通道的输入多路选择器
 - 两个采样保持器
 - 单个的转换时间：200ns
 - 单路转换时间：60ns
- 15. 最多有 56 个独立的可编程、多用途通用输入/输出（GPIO）引脚
- 16. 高级的仿真特性
 - 分析和设置断点的功能
 - 实时的硬件调试
- 17. 开发工具
 - ANSI C/C++编译器/汇编程序/连接器
 - 支持 TMS320C24x/240x 的指令
 - 代码编辑集成环境
 - DSP/BIOS
 - JTAG 扫描控制器（TI 或第三方的）
 - 硬件评估板
- 18. 低功耗模式和节能模式
 - 支持空闲模式、等待模式、挂起模式
 - 停止单个外围的时钟
- 19. 封装方式
 - 带外部存储器接口的 179 球形触点 BGA 封装
 - 带外部存储器接口的 176 引脚低剖面四芯线扁平 LQFP 封装
 - 没有外部存储器接口的 128 引脚贴片正方扁平 PBK 封装
- 20. 温度选择
 - A: -40℃ ~ +85℃
 - S: -40℃ ~ +125℃

C28x 系列芯片的功能框图如图 1-1 所示。