

TI DSP 系列中文手册

TMS320C54x 系列 DSP 的 CPU 与外设

[美] Texas Instruments Incorporated 著

梁晓雯 裴小平 李玉虎 编译



TMS320C54xDSP
Texas Instruments



清华大学出版社

TI DSP 系列中文手册

TMS320C54x 系列 DSP 的 CPU 与外设

[美]Texas Instruments Incorporated 著

梁晓雯 裴小平 李玉虎 编译

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以美国 TI 公司的 TMS320C54x 系列 DSP 为描述对象。TMS320C54x 系列是定点的数字信号处理器 (DSP)。本书详细介绍了该系列 DSP 体系结构中的各个部分, 包括总线结构、存储器、中央处理单元 (CPU)、寻址方式、直接存储器访问 (DMA) 控制器、流水线操作、片内外设、主机接口、串行接口、外部总线操作等。C54x DSP 满足了实时嵌入式应用的一些要求, 尤其适用于电信方面的应用。

本书可供电子与电气工程、自动控制、计算机应用和仪器仪表等领域从事 DSP 应用系统开发的科研和工程技术人员参考, 也可供相关专业的教师和研究生、本科生参考。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术, 用户可通过在图案表面涂抹清水, 图案消失, 水干后图案复现; 或将表面膜揭下, 放在白纸上用彩笔涂抹, 图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目 (CIP) 数据

TMS320C54x 系列 DSP 的 CPU 与外设/美国德州仪器公司著; 梁晓雯, 裴小平, 李玉虎编译.

—北京: 清华大学出版社, 2006.9

(TI DSP 系列中文手册)

ISBN 7-302-13221-6

I. T… II. ①美… ②梁… ③裴… ④李… III. 数字信号—信息处理系统

IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 068079 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: 李虎斌

封面设计: 王大龙

版式设计: 王慧娟

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 29 字数: 636 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-13221-6/TP·8358

印 数: 1~4000

定 价: 42.00 元

读者建议反馈表

1. 姓名_____ 2. 性别_____ 3. 年龄_____ 4. 电话_____
5. 单位_____ 6. 职务/职称_____
7. 通信地址_____ 邮编_____
8. 电子信箱_____ 单位网站_____
9. 您的文化程度: ☐ 中专 ☐ 大专 ☐ 本科 ☐ 研究生以上
10. 您所学专业: ☐ 通信工程 ☐ 电子工程 ☐ 计算机 ☐ 自动化 ☐ 制导控制
11. 您所在行业: ☐ 通信网络 ☐ 工控设备 ☐ 视听设备 ☐ 电脑外设 ☐ 数字消费品
☐ 航空航天 ☐ 高等院校 ☐ 通信网络 ☐ 高级智能机械装置
12. 您的工作性质: ☐ 设计开发 ☐ 大学教学 ☐ 普通培训 ☐ 学生
13. 您目前使用哪种 DSP、嵌入式操作系统、哪种 32 位芯片?

14. 您认为 TI 公司应该为用户提供哪些指导和服务?

15. 您对本书有何建议和意见?

16. 您今后需要哪些关于 DSP 的图书?

表格填好后请寄:

有关 TMS320 系列 DSP 产品或技术问题请按照以下方式联系:

上海市黄浦区南京西路 128 号永新广场 11 楼 德州仪器(中国)有限公司 上海办事处
邮编: 200003 TI 公司中国网站: www.ti.com.cn
或按照如下方式联系: 800-820-8682 或 E-mail 到 ti-china@ti.com

有关本丛书的建议和意见或邮购本丛书请按照以下方式联系:

北京清华大学校内金地公司 TI DSP 系列中文手册编辑部 收 邮编: 100084
电话: 010-62788951-215 邮购电话: 010-62770384 传真: 010-62788903

有关 DSP、嵌入式软硬件、EDA、单片机等工控电子类写作意向, 请按照以下方式联系:

曾刚 电子信箱: zengg@tup.tsinghua.edu.cn 电话: 010-62788951-215

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.

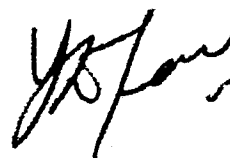
"This book contains copyrighted material of Texas Instruments Incorporated, used herein with permission of the copyright owner. Errors introduced in the use or translations of the copyrighted material herein are solely the responsibility of the author or translator and are not the responsibility of Texas 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 Processing, 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”编译成中文,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评指正。

清华大学生物医学工程系

胡广书 教授

2004 年 3 月

前 言

数字信号处理器 (DSP) 是目前 IT 领域中发展极为迅速的一类微处理器, 其功能强大, 应用范围相当广泛, 能够完成实时的数字信号处理任务, 因此, 越来越多的高性能电子产品依赖于 DSP 的性能。DSP 已经成为通信、计算机和消费类电子产品等领域的基础器件。在生产 DSP 的几个世界著名的公司中, 以美国德州仪器 (TI) 公司的 DSP 最为突出, 其产品遍及全球, 在世界 DSP 市场中占有率最高。目前, TI 公司的 DSP 以 TMS320 系列为主, 分为 C2000、C5000 和 C6000 三大系列。C2000 为控制最佳化平台, C5000 为高效益平台, C6000 为高性能平台。这些产品的推出, 无疑给实际的应用开发工作提供了更多的选择。

随着 DSP 应用范围的不断扩大, IT 行业迫切需要掌握 DSP 研发技术的大量人才。由于 DSP 是一种复杂的专用微处理器, 要进行 DSP 的应用研发必须精通它的硬件结构和软件编程, 因此, 学习 DSP 技术必须要阅读大量资料。虽然目前国内已有一些关于 DSP 的书籍, 但是, 用于实际的研发工作还是远远不够的, 还必须要阅读研究生产厂家的原始手册。一般而言, DSP 的原始手册都是英文的, 阅读起来有一定的困难。因此, 对这些手册的翻译工作是有一定意义的。基于以上原因, TI 公司委托清华大学牵头, 组织国内多家高校进行 TI DSP 原始手册的翻译工作。本次翻译工作选择了 C2000、C5000 和 C6000 三大系列中一批最具代表性的文档进行翻译出版, 本书是其中的一本。

本书以美国 TI 公司 TMS320C54x 系列定点数字信号处理器 (DSP) 为描述对象, 详细介绍了该系列 DSP 体系结构中的各个部分, 包括总线结构、存储器、中央处理单元 (CPU)、寻址方式、直接存储器访问 (DMA) 控制器、流水线操作、片内外设、主机接口、串行接口、外部总线操作等。C54x DSP 满足了实时嵌入式应用的一些要求, 尤其适用于通信方面的应用。

本书由中国科学技术大学电子工程与信息科学系中国科大—TI DSP 联合实验室编译完成, 其中第 3、4、5、6、7、8 和 9 章由梁晓雯编译, 第 10、11 和 12 章由裴小平编译, 第 1、2、13、14 章和附录由李玉虎编译。全书由戴逸民教授审阅, 梁晓雯负责全书的统稿。

由于 DSP 技术发展迅猛, 而编译者水平有限, 不妥之处敬请读者指正。

编译者

于中国科大—TI DSP 联合实验室

2004 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 TMS320 系列 DSP 简介	1
1.1.1 TMS320 系列 DSP 的历史、发展和优势	1
1.1.2 TMS320 系列 DSP 的典型应用	2
1.2 TMS320C54x DSP 简介	3
1.3 TMS320C54x DSP 的主要特征	4
第 2 章 TMS320C54x DSP 体系结构总体介绍	7
2.1 总线结构	8
2.2 内部存储器组织	8
2.2.1 片内 ROM	9
2.2.2 片内双存取 RAM (DARAM)	9
2.2.3 片内单存取 RAM (SARAM)	10
2.2.4 片内双向共享 RAM	10
2.2.5 片内存储器保护	10
2.2.6 存储器映射寄存器	10
2.3 中央处理单元 (CPU)	10
2.3.1 算术逻辑运算单元 (ALU)	11
2.3.2 累加器	11
2.3.3 桶形移位器	11
2.3.4 乘法器/加法器单元	12
2.3.5 比较、选择和存储单元 (CSSU)	12
2.4 数据寻址	12
2.5 程序存储器寻址	13
2.6 流水线操作	13
2.7 片内外设	13
2.7.1 通用的 I/O 引脚	14
2.7.2 软件可编程等待状态产生器	14
2.7.3 可编程的块切换逻辑	15
2.7.4 硬件定时器	15
2.7.5 时钟产生器	15

2.7.6 直接存储器访问 (DMA) 控制器.....	15
2.7.7 主机接口 (HPI)	15
2.8 串行口.....	16
2.8.1 同步串口.....	16
2.8.2 缓冲串口 (BSP)	16
2.8.3 多通道缓冲串口 (McBSP)	17
2.8.4 时分复用 (TDM) 串口.....	17
2.9 外部总线接口.....	17
2.10 IEEE 1149.1 扫描逻辑标准	17
第 3 章 存储器	18
3.1 存储器空间.....	18
3.2 程序存储器.....	25
3.2.1 程序存储器配置.....	25
3.2.2 片内 ROM 组织.....	25
3.2.3 程序存储器地址映射和片内 ROM 内容.....	26
3.2.4 片内 ROM 代码内容和映射.....	26
3.2.5 扩展程序存储器.....	27
3.3 数据存储器.....	29
3.3.1 数据存储器配置.....	29
3.3.2 片内 RAM 组织.....	30
3.3.3 存储器映射寄存器.....	31
3.3.4 CPU 存储器映射寄存器.....	31
3.4 I/O 存储器	34
3.5 程序和数据安全保护.....	34
第 4 章 中央处理器 (CPU)	36
4.1 CPU 状态与控制寄存器.....	36
4.1.1 状态寄存器 (ST0 与 ST1)	36
4.1.2 处理器模式状态寄存器 (PMST)	39
4.2 算术逻辑单元 (ALU)	41
4.2.1 算术逻辑单元 (ALU) 的输入.....	42
4.2.2 溢出处理.....	43
4.2.3 进位位.....	43
4.2.4 双 16 位模式.....	44
4.3 累加器.....	44
4.3.1 存储累加器的内容.....	45
4.3.2 累加器移位和循环移位操作.....	45

4.3.3 累加器存储的饱和处理	46
4.3.4 专用指令	46
4.4 桶形移位器	47
4.5 乘/累加单元	48
4.5.1 乘法器输入来源	49
4.5.2 乘/累加 (MAC) 指令	50
4.5.3 MAC 和 MAS 的乘法饱和处理	51
4.6 比较、选择和存储单元 (CSSU)	51
4.7 指数编码器	53
第 5 章 数据寻址	54
5.1 立即寻址	54
5.2 绝对寻址	55
5.2.1 数据存储器地址 (dmad) 寻址	56
5.2.2 程序存储器地址 (pmad) 寻址	56
5.2.3 口地址 (PA) 寻址	56
5.2.4 *(lk)寻址	56
5.3 累加器寻址	57
5.4 直接寻址	57
5.4.1 以数据页指针 (DP) 为基准的直接寻址	58
5.4.2 以堆栈指针 (SP) 为基准的直接寻址	59
5.5 间接寻址	59
5.5.1 单操作数寻址	60
5.5.2 辅助寄存器算术单元 (ARAU) 和地址产生操作	60
5.5.3 单操作数地址的修改	61
5.5.4 双操作数地址修改	66
5.5.5 兼容 (ARP) 模式	69
5.6 存储器映射寄存器寻址	70
5.7 堆栈寻址	71
5.8 存储器访问的数据类型	72
第 6 章 程序存储器寻址	74
6.1 程序存储器地址产生	74
6.2 程序计数器 (PC)	75
6.3 跳转	76
6.3.1 无条件跳转	76
6.3.2 条件跳转	77
6.3.3 远程跳转	78

6.4	调用.....	78
6.4.1	无条件调用.....	78
6.4.2	条件调用.....	79
6.4.3	远程调用.....	80
6.5	返回.....	80
6.5.1	无条件返回.....	80
6.5.2	条件返回.....	81
6.5.3	远程返回.....	82
6.6	条件操作.....	82
6.6.1	多个条件的使用.....	83
6.6.2	条件执行指令 (XC)	84
6.6.3	条件存储指令.....	84
6.7	单指令重复操作.....	85
6.8	指令块重复操作.....	87
6.9	复位操作.....	88
6.10	中断.....	89
6.10.1	中断标志寄存器 (IFR)	90
6.10.2	中断屏蔽寄存器 (IMR)	92
6.10.3	阶段 1: 接收中断请求.....	93
6.10.4	阶段 2: 确认中断.....	94
6.10.5	阶段 3: 执行中断服务程序 (ISR)	94
6.10.6	中断现场保护.....	95
6.10.7	中断延迟.....	95
6.10.8	中断操作总结.....	96
6.10.9	重新映射中断向量地址.....	96
6.10.10	中断表.....	98
6.11	节电模式 (Power-Down)	106
6.11.1	IDLE1 模式.....	107
6.11.2	IDLE2 模式.....	107
6.11.3	IDLE3 模式.....	108
6.11.4	保持 (HOLD) 模式.....	108
6.11.5	其他降低功耗的性能.....	109
第 7 章	直接存储器访问 (DMA) 控制器.....	110
7.1	DMA 概述.....	110
7.2	DMA 操作和配置.....	111
7.2.1	寄存器寻址方式.....	111
7.2.2	DMA 通道优先级和使能控制寄存器.....	114

7.2.3 通道现场 (channel-context) 寄存器.....	117
7.3 扩展寻址.....	131
7.4 DMA 存储器映射.....	132
7.4.1 C5402 DMA 存储器映射.....	132
7.4.2 C5410 DMA 存储器映射.....	132
7.4.3 C5420 DMA 存储器映射.....	134
7.5 DMA 传送延迟.....	135
7.6 通过 DMA 控制器的增强型主机接口的访问.....	137
7.7 C5420 中处理器之间的 FIFO 通信.....	137
7.8 节电模式下的 DMA 操作.....	138
7.9 编程实例.....	138
第 8 章 流水线.....	149
8.1 流水线操作.....	149
8.1.1 流水线中的跳转指令.....	152
8.1.2 流水线中的调用指令.....	153
8.1.3 流水线中的返回指令.....	156
8.1.4 流水线中的条件执行指令.....	160
8.1.5 流水线中的条件调用指令和条件跳转指令.....	161
8.2 中断和流水线.....	164
8.3 双存取存储器和流水线.....	165
8.3.1 解决取指令和读操作数之间的冲突.....	167
8.3.2 写操作数和读双操作数之间的冲突.....	167
8.3.3 解决写操作数和读双操作数之间的冲突.....	168
8.4 单存取存储器和流水线.....	169
8.5 流水线延迟.....	170
8.5.1 访问存储器映射寄存器的推荐指令.....	170
8.5.2 修改 ARx、BK 或 SP——一个可以自动解决的冲突.....	172
8.5.3 确定 DAGEN 寄存器访问冲突的规则.....	175
8.5.4 ARx 和 BK 的延迟.....	176
8.5.5 堆栈指针的延迟.....	180
8.5.6 暂存器 T 的延迟.....	186
8.5.7 访问状态寄存器的延迟.....	188
8.5.8 块重复循环的延迟.....	196
8.5.9 PMST 的延迟.....	200
8.5.10 对累加器进行存储器映射访问的延迟.....	202

第 9 章 片内外设	205
9.1 有效的片内外设.....	205
9.2 外设中的存储器映射寄存器.....	205
9.3 通用的 I/O 引脚.....	216
9.3.1 跳转控制输入引脚 ($\overline{\text{BIO}}$)	216
9.3.2 外部标志输出引脚 (XF)	216
9.4 定时器.....	217
9.4.1 定时器寄存器.....	217
9.4.2 定时器的操作.....	218
9.5 时钟产生器.....	220
9.5.1 硬件配置的 PLL.....	220
9.5.2 软件可编程 PLL.....	221
第 10 章 主机接口	228
10.1 标准主机接口概述.....	228
10.1.1 标准主机接口基本功能描述.....	229
10.1.2 标准主机接口的操作.....	231
10.1.3 主机对 HPI 的读/写访问	235
10.1.4 DSPINT 和 HINT 功能操作	239
10.1.5 改变 HPI 存储器访问模式 (SAM/HOM) 和使用 IDLE2/3 的考虑.....	240
10.1.6 在复位过程中的 HPI 存储器访问.....	241
10.2 增强型 8 位主机接口 (HPI-8)	242
10.2.1 增强型 8 位主机接口 (HPI-8) 简介	242
10.2.2 HPI-8 的基本功能描述	243
10.2.3 HPI-8 操作的详细描述	244
10.2.4 主机对 HPI-8 的读/写访问	250
10.2.5 DSPINT 和 HINT 操作	255
10.2.6 改变时钟模式时 HPI-8 传送的注意事项	256
10.2.7 使用 IDLE 时的注意事项.....	257
10.2.8 复位对 HPI 操作的影响.....	258
10.2.9 用作通用输入/输出引脚的 HPI-8 数据引脚 (不适用于 C5410)	259
10.3 增强型 16 位主机接口 (HPI-16)	263
10.3.1 HPI-16 操作概述	264
10.3.2 复用模式.....	266
10.3.3 非复用模式.....	272
10.3.4 HPI-16 的存储器映射	272
10.3.5 HPI-16 与 DMA 的相互作用.....	274

10.3.6	复位时 HPI-16 的操作	275
10.3.7	IDLEn 期间的 HPI-16 操作	275
10.3.8	影响 HPI-16 的 DSP 时钟模式变化	276
第 11 章	串行口	277
11.1	串行口简介	277
11.2	串行接口	278
11.2.1	串行口寄存器	278
11.2.2	串行口操作	280
11.2.3	串行口配置	281
11.2.4	突发模式下的发送和接收操作	288
11.2.5	连续模式下的发送和接收操作	293
11.2.6	串行口故障条件	294
11.2.7	串口操作的实例	298
11.3	缓冲串口 (BSP)	299
11.3.1	标准模式下的 BSP 操作	300
11.3.2	自动缓冲单元 (ABU) 操作	304
11.3.3	BSP 操作的系统考虑	310
11.3.4	缓冲区未对准中断 (BMINT) (仅适用于 C549)	313
11.3.5	节电 (power-down) 模式的 BSP 操作	313
11.4	时分复用 (TDM) 串行接口	314
11.4.1	基本的时分复用操作	314
11.4.2	TDM 串行接口寄存器	315
11.4.3	TDM 串行口操作	316
11.4.4	TDM 模式发送和接收操作	319
11.4.5	TDM 串行口的故障条件	320
11.4.6	TDM 串口操作实例	320
第 12 章	多通道缓冲串行口	324
12.1	McBSP 特征	324
12.2	McBSP 概述	325
12.2.1	串行口结构	327
12.2.2	接收和发送控制寄存器: RCR[1,2]和 XCR[1,2]	332
12.3	数据的发送和接收流程	335
12.3.1	串口复位: (R/X) $\overline{\text{RST}}$ 和 $\overline{\text{RESET}}$	336
12.3.2	确定准备就绪状态	338
12.3.3	CPU 中断: (R/X) INT	339
12.3.4	帧和时钟的配置	339

12.3.5	McBSP 标准操作	347
12.3.6	帧同步忽略	349
12.3.7	串口错误条件	351
12.3.8	接收数据调整和符号扩展: RJUST	357
12.4	μ 律/A 律压扩硬件操作: (R/X) COMPAND	358
12.4.1	压扩内部数据	359
12.4.2	位排序	360
12.5	可编程的时钟和帧信号	360
12.5.1	采样率产生器的时钟与帧信号	361
12.5.2	数据时钟的产生	363
12.5.3	帧同步信号的产生	366
12.5.4	定时举例	368
12.6	多通道选择操作	370
12.6.1	多通道操作控制寄存器	371
12.6.2	使能多通道选择	373
12.6.3	通道的使能和屏蔽	373
12.6.4	A-bis 接口功能 (仅适用于 C5410)	378
12.7	SPI 协议: McBSP 时钟停止模式	379
12.7.1	时钟停止模式配置和信号描述	381
12.7.2	作为 SPI 主设备的 McBSP 操作	382
12.7.3	作为 SPI 从设备的 McBSP 操作	383
12.7.4	SPI 模式的 McBSP 初始化	384
12.8	仿真 Free 和 Soft 位	385
12.9	McBSP 引脚用作通用 I/O	385
12.10	节电模式下 McBSP 的操作	386
12.11	McBSP 编程代码实例	387
第 13 章	外部总线操作	388
13.1	外部总线接口	388
13.2	外部总线优先级	389
13.3	外部总线控制	390
13.3.1	等待状态产生器	390
13.3.2	块切换逻辑	392
13.4	外部总线接口时序	395
13.4.1	存储器存取时序	396
13.4.2	I/O 存取时序	398
13.4.3	存储器和 I/O 存取时序	398
13.5	启动存取时序	402