

TMS320LF240X DSP

原理及应用

秦永左 杨光 冯涛 王英志 编著

TMS320LF240X DSP

原理及应用

秦永左 杨光 冯涛 王英志 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书阐述 TMS320LF240X 系列的相关原理和应用。全书共分为 13 章,内容包括:绪论,TMS320LF240X DSP 结构及内部资源,TMS320LF240X 寻址方式和指令系统,汇编语言和伪指令,外部总线扩展,看门狗定时器模块,数字输入/输出模块,事件管理器模块,模数转换模块,串行通信接口模块,串行外设接口模块,CAN 控制器模块,TMS320LF240X 芯片开发环境。

本书可作为普通高校通信、信息、电子、自动化、电气、计算机等有关专业高年级本科生和研究生的教材,还可作为有关教师和科研人员参考用书。

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

TMS320LF240X DSP 原理及应用/秦永左等编著. —北京:清华大学出版社,2009.12
ISBN 978-7-302-21187-7

I. T… II. 秦… 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(2009)第 178112 号

责任编辑:张占奎

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:22

字 数:529 千字

版 次:2009 年 12 月第 1 版

印 次:2009 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:37.00 元

本书如存在文字不清、漏印、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:010-62770177 转 3103 产品编号:034902-01

前言

在 DSP 领域,美国德州仪器(Texas Instruments)公司的产品具有较强的竞争力,而且在我国有较多的熟悉该芯片的用户群,相应的软件和技术的支持者也较多,因此我们选定 TMS320LF240X DSP 这个代表系列,同时考虑到 TMS320LF240X 芯片所具有的低成本、低功耗、高性能和高外设集成度、高 A/D 转换速度的特点,在工业控制系统中有很好的应用前景。该类芯片所提供的 CAN 总线通信外设模块为工业控制系统中高可靠性的数据传输提供了一种新的解决方案。因此本书选用了 TMS320LF240X 系列,阐述其相关原理和应用。

本书共分为 13 章。第 1 章介绍数字信号处理器 DSP 的特点、分类及应用;第 2 章描述 TMS320LF240X DSP 结构及内部资源;第 3 章主要讨论 TMS320LF240X 寻址方式和指令系统,并对每条指令给出详细的解释,给出了几个实例;第 4 章介绍汇编语言和伪指令,对汇编语言源语句格式、伪指令、宏指令,通用目标文件格式、汇编语言程序设计进行详细讨论;第 5 章介绍外部总线扩展以及应用;第 6 章介绍看门狗定时器模块;第 7 章则对数字输入/输出模块工作原理及使用方法进行详细的描述;第 8 章介绍事件管理器模块的原理及应用,对通用定时器,脉宽调制电路,比较单元以及正交编码电路进行详细的描述;第 9 章介绍模数转换模块并给出实例;第 10 章介绍串行通信接口模块(SCI)的原理以及应用;第 11 章介绍串行外设接口模块(SPI);第 12 章介绍 CAN 控制器模块;第 13 章介绍 DSP 芯片的开发环境,着重描述 DSP 芯片的开发平台 CCS 2 软件的应用。

本书由长春理工大学电子信息工程学院秦永左教授担任主编。第 1 章由王英志编写,第 2、3、4、5、6、13 章由杨光编写,第 7、8、9、10、11 章由秦永左编写,第 12 章由冯涛编写。全书最终定稿由秦永左和杨光完成。

在本书的编写过程中,研究生张艳伟和谭志超对书中的程序进行了验证调试,承担了书稿的录入和整理工作,并绘制了部分原始插图。在此向他们表示衷心的感谢。

本书在编写的过程中参考了许多优秀的相关书籍,在此向这些书籍的作者表示真诚的谢意。

由于 DSP 芯片发展迅速及编者水平和掌握的资料有限,书中不当和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者
2009 年 9 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 数字信号处理器	2
1.2 数字信号处理器的分类及应用	2
1.2.1 DSP 的分类	2
1.2.2 DSP 的应用	3
第 2 章 TMS320LF240X DSP 结构及内部资源介绍	5
2.1 TMS320LF240X 系列 DSP 概述	5
2.2 TMS320LF240X DSP 控制器的功能结构及引脚功能介绍	6
2.3 TMS320LF240X DSP 存储器映射图	15
2.3.1 TMS320LF2407 的存储器配置	15
2.3.2 TMS320LF2406 的存储器配置	15
2.3.3 TMS320LF2402 的存储器配置	16
2.4 TMS320LF240X DSP 片内外设存储器映射	18
2.5 中央处理单元	19
2.5.1 输入定标部分	19
2.5.2 乘法部分	20
2.5.3 中央算术逻辑部分	21
2.5.4 辅助寄存器算术单元	23
2.5.5 状态寄存器	24
2.6 存储器和 I/O 空间	26
2.6.1 程序存储器	26
2.6.2 数据存储器	27
2.6.3 I/O 空间	28
2.7 系统配置和中断	29
2.7.1 系统配置寄存器	29
2.7.2 中断优先级和中断向量表	31
2.7.3 TMS320LF240X 系列器件的可屏蔽中断	34
2.7.4 TMS320LF240X 系列器件的可屏蔽中断响应流程	39
2.7.5 TMS320LF240X 系列器件的非屏蔽中断	40
2.7.6 中断服务程序	42
2.7.7 中断等待时间	42

2.7.8	复位操作	43
2.7.9	低功耗模式	43
2.8	程序控制	44
2.8.1	程序地址的产生	44
2.8.2	流水线操作	47
2.8.3	分支、调用和返回	48
2.9	重复指令	50
第 3 章	TMS320LF240X 寻址方式和指令系统	52
3.1	TMS320LF240X 的寻址方式	52
3.1.1	立即寻址方式	52
3.1.2	直接寻址方式	53
3.1.3	间接寻址方式	55
3.2	TMS320LF240X 的指令系统	58
3.2.1	累加器、算术和逻辑指令	59
3.2.2	辅助寄存器指令	82
3.2.3	T 寄存器、P 寄存器和乘法指令	88
3.2.4	转移指令	104
3.2.5	控制指令	113
3.2.6	输入/输出和存储器指令	126
第 4 章	汇编语言和伪指令	136
4.1	汇编语言格式	136
4.1.1	常数、字符串和符号	137
4.1.2	表达式与运算符	138
4.2	伪指令	139
4.3	宏指令	151
4.4	通用目标文件格式	152
4.4.1	段	152
4.4.2	段程序计数器	152
4.4.3	连接器命令文件和连接器伪指令	152
4.5	TMS320LF240X 通用目标文件及头文件	159
4.5.1	头文件 F2407REGS. H	159
4.5.2	命令文件 CMD	166
4.5.3	中断向量表文件	167
第 5 章	外部总线扩展	170
5.1	存储器类型	170
5.2	程序存储器	171

5.3	数据存储器	171
5.4	I/O 空间	173
第 6 章	看门狗定时器模块	175
6.1	看门狗定时器模块的结构	175
6.2	看门狗定时器的操作	177
第 7 章	数字输入/输出模块	178
7.1	数字(I/O)端口概述	178
7.2	I/O 复用控制寄存器	178
7.2.1	I/O 端口复用输出控制寄存器	179
7.2.2	数据和方向控制寄存器	181
7.3	I/O 端口的应用	182
第 8 章	事件管理器模块	186
8.1	事件管理器模块概述	186
8.1.1	事件管理器的结构框图	186
8.1.2	事件管理器寄存器列表	187
8.1.3	事件管理器中断	190
8.2	通用定时器	197
8.2.1	计数器/定时器的基本工作原理	197
8.2.2	TMS320LF240X 通用定时器概述	198
8.2.3	通用定时器功能模块	199
8.2.4	通用定时器的计数操作	204
8.2.5	通用定时器比较操作	208
8.2.6	通用定时器的 PWM 输出	211
8.2.7	通用定时器复位	211
8.2.8	通用定时器的中断实现	212
8.3	比较单元	216
8.3.1	输出比较的基本含义	216
8.3.2	输出比较的结构	217
8.3.3	比较单元操作的寄存器	218
8.4	脉宽调制电路 PWM	220
8.4.1	与比较单元相关的 PWM 电路	221
8.4.2	比较单元和 PWM 电路中的 PWM 波形产生	223
8.4.3	空间矢量 PWM 波形的产生	226
8.4.4	PWM 波形产生举例	227
8.5	捕获单元	231
8.5.1	输入捕获的基本含义	231

8.5.2	捕获单元的结构特征	232
8.5.3	捕获单元的操作	233
8.5.4	捕获单元应用举例	235
8.6	正交编码脉冲电路	240
8.6.1	正交编码脉冲电路概述	241
8.6.2	正交编码脉冲电路的编码操作	241
第 9 章	模数转换模块	245
9.1	模数转换器的概述	245
9.2	ADC 模块的结构特征	245
9.3	ADC 模块中的寄存器	247
9.4	自动排序器的工作原理	254
9.4.1	自动排序器的工作原理	254
9.4.2	ADC 模块举例	256
9.4.3	排序器的有效输入触发源	256
9.4.4	在排序转换时的中断操作	257
9.4.5	ADC 时钟预定标	258
9.4.6	校准模式	259
9.4.7	自测试模式	259
9.5	ADC 转换程序举例	259
第 10 章	串行通信接口模块	261
10.1	TMS320LF240X 串行通信接口概述	261
10.2	串行通信接口可编程的数据格式	263
10.3	串行接口的多处理器通信	263
10.3.1	空闲线多处理器模式	263
10.3.2	地址位多处理器模式	265
10.4	串行通信接口通信格式	265
10.5	串行通信接口中断	266
10.6	串行通信接口波特率计算	266
10.7	串行通信接口控制寄存器	267
10.8	串行编程的基本行口初始化与收发方法	272
10.8.1	SCI 模块初始化	272
10.8.2	SCI 初始化串行通信的软件设计	272
10.9	SCI 程序举例	273
第 11 章	串行外设接口模块	277
11.1	串行外设接口概述	277
11.2	串行外设接口操作	278

11.2.1	操作介绍	278
11.2.2	串行外设接口 SPI 的中断	279
11.2.3	SPI 模块的控制寄存器	280
11.2.4	SPI 的设置	285
11.2.5	串行外设接口的初始化	286
11.3	串行外设接口应用举例	286
第 12 章	CAN 控制器模块	293
12.1	CAN 工作的特点及原理	293
12.2	CAN 控制器的结构	294
12.3	CAN 的邮箱	295
12.4	CAN 邮箱寄存器	296
12.5	CAN 控制寄存器	298
12.6	CAN 的中断	305
12.7	CAN 控制器的操作	308
12.7.1	CAN 模块的初始化	308
12.7.2	信息的发送	310
12.7.3	信息的接收	310
12.7.4	远程帧	311
12.8	CAN 控制器的应用举例	312
12.8.1	硬件电路设计	312
12.8.2	软件设计	312
第 13 章	TMS320LF240X 芯片开发环境	318
13.1	开发流程和开发工具	318
13.2	代码生成工具	319
13.3	CCS 2.2 集成调试环境安装	321
13.4	CCS 2.2 集成调试环境简介	323
13.4.1	文件管理功能	323
13.4.2	编辑功能(Edit)	325
13.4.3	视图功能(View)	327
13.4.4	项目管理(Project)	333
13.4.5	调试功能(Debug)	334
13.4.6	选项(Option)	337
13.4.7	工具(Tools)	337
13.4.8	窗口(Windows)	338
13.5	CCS 2.2 的应用	338
参考文献		340

第 1 章 绪论

数字信号处理是一门涉及许多学科且广泛应用于许多领域的新兴学科。20 世纪 60 年代以来,随着计算机和信息学科的飞速发展,数字信号处理技术应运而生并得到迅速发展。在过去的十几年里,数字信号处理已经成为通信等领域中一项极为重要的技术。

数字信号处理是利用计算机或专用处理设备,以数字形式对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩、识别处理,以得到符合人们需要的信号形式。

数字信号处理是围绕着数字信号处理的理论、实现和应用等几个方面发展起来的。数字信号处理在理论上的发展推动了数字信号处理应用的发展;反过来,数字信号处理的应用又促进了数字信号处理理论的提高,而数字信号处理的实现则是理论和应用之间的桥梁。

数字信号处理是以众多的学科为理论基础的,它所涉及的范围极其广泛。例如,在数学领域中,微积分、概率统计、随机过程、高等代数、数值分析、近世代数、复变函数等都是它的基本工具。网络理论、信号与系统等也是它的理论基础。在学科发展上,数字信号处理又和最优控制、通信理论、故障诊断等紧密相连,近年来又成为人工智能、模式识别、神经网络等新兴学科的理论基础之一,其算法的实现(无论是硬件和软件)又和计算机学科及微电子技术密不可分。可以说,数字信号处理是把许多经典的理论体系作为自己的理论基础,同时又使自己成为一系列新兴学科的理论基础。

数字信号处理的实现方法一般有以下几种。

(1) 在通用计算机(如 PC)上用软件(如 C 语言)实现。这种方法速度较慢,不能用于实时系统,一般用于数字信号处理器算法的模拟。

(2) 在通用计算机系统中加上专用的加速处理器。这种方法专用性较强,应用受到很大的限制。

(3) 用通用的单片机(如 MCS-51 系列等)实现,这种方法可用于一些不太复杂、运算量不大的数字信号处理,如数字控制等。

(4) 用通用的可编程数字信号处理器实现。与单片机相比,数字信号处理器具有更加适合于数字信号处理的软件和硬件资源,可用于复杂的数字信号处理算法。

(5) 用专用的数字信号处理器实现。在一些特殊的场合,要求的信号处理速度极高,用通用的数字信号处理器很难实现,例如专用于 FFT、数字滤波、卷积、相关等算法的数字信号处理器,它将相应的信号处理算法在芯片内部用硬件实现,无须进行编程。

虽然数字信号处理的理论发展迅速,但在 20 世纪 80 年代以前,由于实现方法的限制,数字信号处理的理论还得不到广泛的应用。直到 20 世纪 70 年代末 80 年代初世界上第一个可编程 DSP 芯片的诞生,才将理论研究结果应用到低成本的实际系统中,并推动了新的理论和应用领域的发展。所以说,DSP 芯片的诞生及发展对近年来通信、计算机、控制等领域的发展起到了十分重要的作用。

1.1 数字信号处理器

实时数字信号处理技术的核心和标识是数字信号处理器(digital signal processor, DSP)。它是一种集成有高速乘法器硬件,能够快速进行乘法和加法运算,适用于高速数字信号处理的单片大规模集成电路。它伴随着数字信号处理技术、微电子技术、计算技术等学科的发展而产生,是体现这三个学科综合科研成果的新器件。由于它特殊的结构设计,可以把数字信号处理中的一些理论和算法实时实现,并逐步进入控制器市场,因而在计算机应用领域中得到了广泛的使用。

数字信号处理有别于普通的科学计算和分析。它强调运算处理的实时性,因此数字信号处理器(DSP)除了具有普通微处理器所强调的高速运算和控制功能外,针对实时数字信号处理,在处理器结构、指令系统、指令流程上做了很大的改动,其主要特点如下。

(1) DSP 普遍采用数据总线和程序总线分离的哈佛结构及改进的哈佛结构,比传统处理器的冯·诺依曼结构有更高的指令执行速度。

(2) DSP 大多采用流水线技术,即取指令和执行指令操作重叠进行,从而在不提高时钟频率的条件下减少了每条指令的执行时间。

(3) DSP 的每一条指令都是自动安排空间、编址和取数,每个时钟周期可以同时执行多个操作,独立的乘法器和加法器使得乘法能在单周期内完成,有利于提高运算速度。

(4) 许多 DSP 带有 DMA 通道控制器、串行通信口等,配合片内多总线结构,数据块传送速度大大提高。

(5) DSP 配有中断处理器和定时控制器等硬件,易于小型化系统设计。

(6) DSP 采用低功耗技术,可用电池供电,对嵌入式系统很适合。

正是基于 DSP 的这些优势,在新推出的高性能通用微处理器(如 Pentium MMX、Power PC 等)片内已经融入了 DSP 的功能,而以这种通用微处理器构成的计算机在网络通信、语音图像处理、实时数据分析等方面的效率大大提高。

1.2 数字信号处理器的分类及应用

1.2.1 DSP 的分类

为了达到实时信号高速处理的要求,以适应各种各样的实际应用,出现了多种类型和档次的 DSP。

从使用的广泛性来看,可以把 DSP 分为通用 DSP 和专用 DSP。通用 DSP 一般指可以用指令/软件编程的 DSP,它的运算和处理是用“软件”实现的,其特点是精度高,灵活性大,应用范围广。而专用 DSP 是针对某种具体应用而设计的,只能通过加载数据、控制参数或在管脚上加控制信号来使其具有有限的可编程能力。常见的专用 DSP 有横向滤波器、FFT 专用 DSP、复乘加器、求模/相等。专用 DSP 的结构规则,可以达到很高的数据吞吐率,因而在专向应用中,运算速度远快于通用 DSP;其缺点是灵活性差,几乎都是定点型的,精度和动态范围有限,需要较多外围控制器件和严格的时钟同步信号,并且几乎不具备自适应处

理能力。

从性能上来看,按精度/动态范围和处理速度通用 DSP 可进一步划分为定点 DSP、浮点 DSP、并行 DSP 和超高性能 DSP。数据以定点格式工作的为定点 DSP 芯片,如 TI 公司的 TMS320C1X/2X/C2XX/C5X/C54X/C62X。数据以浮点格式工作的为浮点 DSP 芯片,如 TI 公司的 TMS320C3X/4X/C67X/C8X。不同的浮点 DSP 芯片所采用的浮点格式不完全一样,有的采用自定义浮点格式,有的采用 IEEE 的标准浮点格式。并行 DSP 在传统的 DSP 基础上提供了如下两大功能。

(1) 提供了多达 6 个通信口/链路口,每个通信口/链路口受独立的 DMA 控制器、片内令牌仲裁逻辑、发送/接受数据 FIFO 缓冲的支持,可以进行 20~40MB/s 的高速数据传输,可以构成松耦合的分布式并行系统。

(2) 各 DSP 的外部总线可以连到一起,依靠片内总线仲裁逻辑和 DMA 控制器的支持,能够方便地构成紧耦合的共享总线/共享存储器并行系统,如 TI 公司的 TMS320C4X。为满足大运算量数字信号处理应用的需求,不断提高 DSP 的主频,又推出了一些超高性能的 DSP 芯片,如 TI 公司的 TMS320C62X/C67X/C8X。

1.2.2 DSP 的应用

DSP 的应用范围十分广阔,不同的应用领域和不同的性能需要不同类型的 DSP。在军事和尖端科技领域,对性能因素的考虑远远高于成本等因素的考虑,因而这一应用领域总是集中体现了当今最先进的 DSP 发展水平。在民用产品设计中,成本和性能同样重要,例如定点 DSP 的成本远低于浮点 DSP,通信、语音、图像处理往往采用定点 DSP 就可以满足要求。定点 DSP 功耗较低,一般在 0.5~1.5W,其低功耗(3.3V)型仅 200mW 以下,而浮点 DSP 由于片内集成度、运算复杂性高,功耗是定点 DSP 的 3~5 倍。因此过去和现在定点 DSP 在应用领域占主导地位。随着 VLSI 技术的发展,DSP 成本价格的下降,浮点 DSP 也将得到广泛的应用。另外,多种 DSP 面向不同应用领域,有其各自的结构和功能特点。以 TMS320 系列为例,TMS320C2XX 多用于工业控制、消费产品等领域,TMS320C54X 适用于实时嵌入式系统,TMS320C8X 面向多媒体应用,雷达、声纳信号处理所需要的大动态范围和高速实时处理需要 TMS320C4X/C62X/C67X 这样的高性能或并行 DSP。

综合起来,DSP 的应用主要包括以下几个方面。

(1) 通用数字信号处理,如自适应滤波、卷积、相关、数字滤波、希尔伯特变换、快速傅里叶变换、窗函数、波形产生等。

(2) 通信,如高速调制解调器、编/译码、自适应均衡器、传真、程控交换机、蜂窝电话、数字基站、数字留言机、回音消除、噪声抑制、视频会议、保密通信、卫星通信、线路中继、TDMA/FDMA/CDMA 等各种通信制式。随着互联网络的迅猛发展,DSP 又在网络管理/服务、信息转发、IP 电话等新领域扮演着重要的角色,而软件无线电的提出和发展进一步增强了 DSP 在无线通信领域的作用。

(3) 语音处理,如语音识别/合成/编码/增强、文本语音转换、语音信箱。

(4) 图形/图像处理,如三维图像变换、动画、电子地图、模式识别、机器人视觉、图像压缩/传输/增强等。

(5) 自动控制,如磁盘、光盘、打印机伺服控制、电机控制等。

(6) 仪器仪表,如测量数据谱分析、自动监测及分析、暂态分析、勘探、模拟实验。

(7) 医学电子,如助听器、CT 扫描、超声设备、心电图、核磁共振、医疗监护等。

(8) 军事与尖端科技,如雷达和声纳信号处理、雷达成像、自适应波束合成、阵列天线信号处理、导弹制导、火控系统、导航、全球定位 GPS、目标搜索跟踪、尖端武器试验、航空航天试验、宇宙卫星等。

(9) 计算机与工作站,如阵列处理机、计算加速卡、图形加速卡、多媒体计算机。

(10) 消费电子,如数字电视、高清晰度电视、图像/声音压缩解压器、VCD/DVD/CD 播放机、电子玩具、游戏机、应答机、音响合成、住宅电子安全系统、家电电脑控制装置。

总之,由于 DSP 器件在结构设计上的优越性,已经引起人们的普遍重视。近年来,DSP 已经开始支持高级语言,并出现了支持 DSP 的实时操作系统。特别是由于 C 编译器的改进,以及优化了联机应用数据库的出现,使得 DSP 的应用前景就更为广阔。

第2章 TMS320LF240X DSP 结构及内部资源介绍

TMS320 系列包括：定点、浮点、多处理器 DSP 和定点 DSP 控制器。TMS320 系列 DSP 的体系结构专为实时信号处理而设计，该系列 DSP 控制器将实时处理能力和控制器外设功能集于一身，为控制系统应用提供了一个理想的解决方案。下列特性使得 TMS320 系列成为很多信号处理及控制应用的理想选择。

- ① 灵活的指令集；
- ② 灵活的内部操作；
- ③ 高速的运算能力；
- ④ 改进的并行结构；
- ⑤ 有效的成本。

TMS320 同一产品系列中的器件具有相同的 CPU 结构，但片内存储器和外设的配置不同。派生的器件集成了新的片内存储器和外设，以满足世界范围内电子市场的不同需求。通过将存储器和外设集成到控制器内部，使 TMS320 器件的系统成本降低，节省了电路板空间，并提高了系统的可靠性。

2.1 TMS320LF240X 系列 DSP 概述

在 TMS320 系列 DSP 的基础上，TMS320LF240X 系列 DSP 有以下特点。

(1) 运算速度。采用高性能静态 CMOS 技术，使得供电电压降为 3.3V，使控制器的功耗大大减小，从而提高了控制器的实时控制能力。单周期指令执行时间为 50ns、33ns 或 25ns，即运算能力为 20MIPS、30MIPS 或 40MIPS。

(2) 兼容性。基于 TMS320LF240X DSP 的 CPU 核，保证了 F240X 系列 DSP 芯片的源代码与 TMS320 系列 DSP 完全兼容。

(3) 片内存储器。LF240X 片内有高达 32K 字的 Flash 程序存储器，高达 1536 字的数据/程序 RAM，544 字双口 RAM(DARAM)和 2048 字的单口 RAM(SARAM)。

(4) 两个事件管理器模块 EVA 和 EVB，每个包括两个 16 位通用定时器，8 个 16 位的脉宽调制(PWM)通道，3 个捕获单元，片内编码器接口电路。

(5) 可扩展的外部存储器(LF2407)总共 192K 字空间，64K 字的程序存储器空间，64K 字数据存储器空间，64K 字的 I/O 寻址空间。

(6) 看门狗定时器模块(WDT)。

(7) 10 位 A/D 转换器，最小转换时间为 500ns。

- (8) 控制器局域网(CAN)2.0B 模块。
- (9) 串行通信接口(SCI)模块。
- (10) 16 位的串行外设(SPI)接口模块。
- (11) 高达 40 个可单独编程或复用的通用输入/输出引脚(GPIO)。
- (12) 5 个外部中断(两个电机驱动保护、复位和两个可屏蔽中断)。
- (13) 电源管理包括 3 种低功耗模式。

2.2 TMS320LF240X DSP 控制器的功能结构及引脚功能介绍

图 2.1~图 2.4 列出 TMS320LF2407/6/2 的 PGE 封装图及 TMS320LF2407 DSP 的控制器的功能结构图,引脚功能如表 2.1 所示。

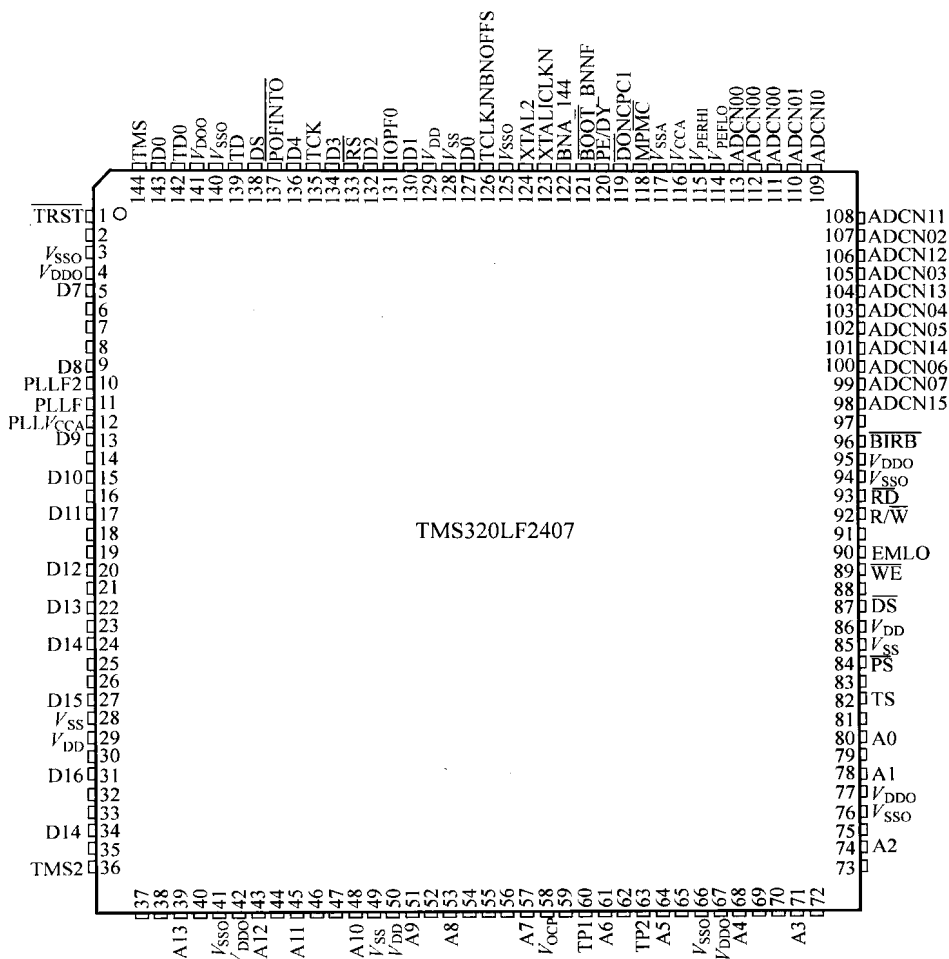


图 2.1 TMS320LF2407 的 PGE 封装(俯视)

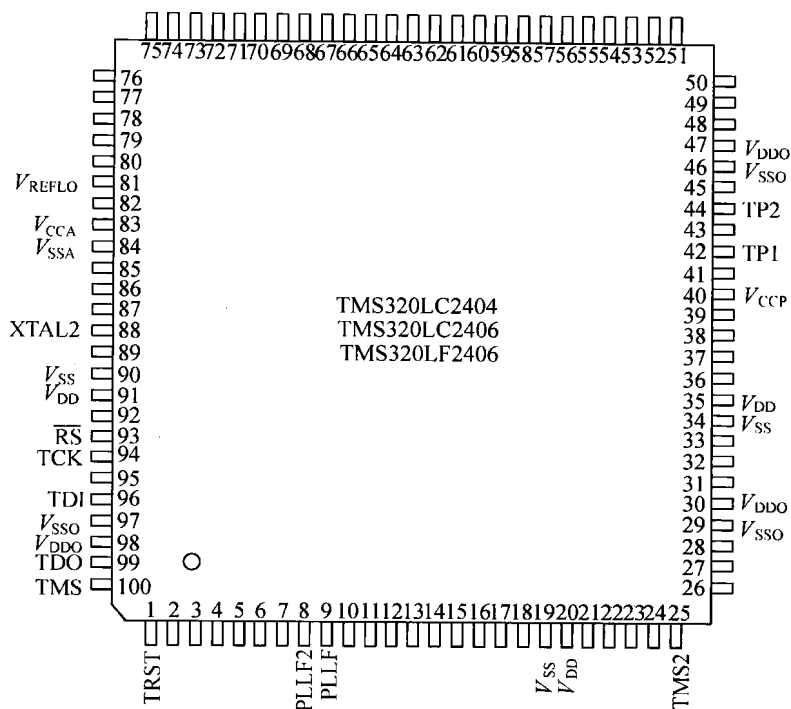


图 2.2 TMS320LF2406 的 PGE 封装(俯视)

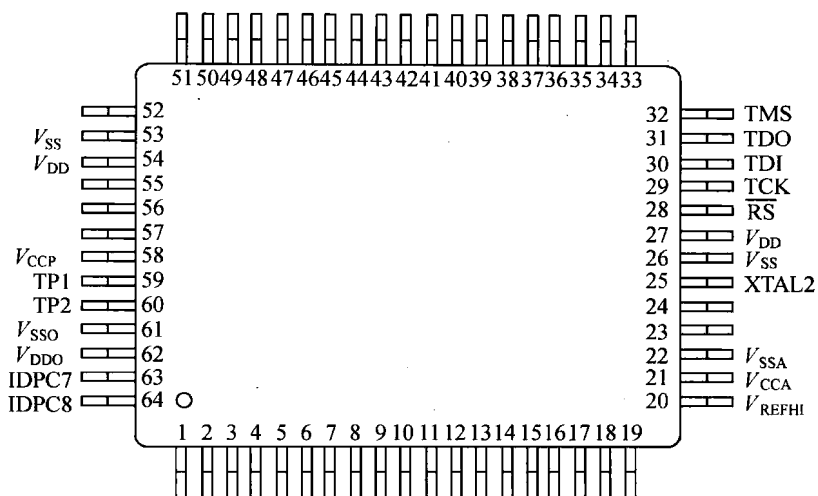


图 2.3 TMS320LF2402 的 PGE 封装(俯视)

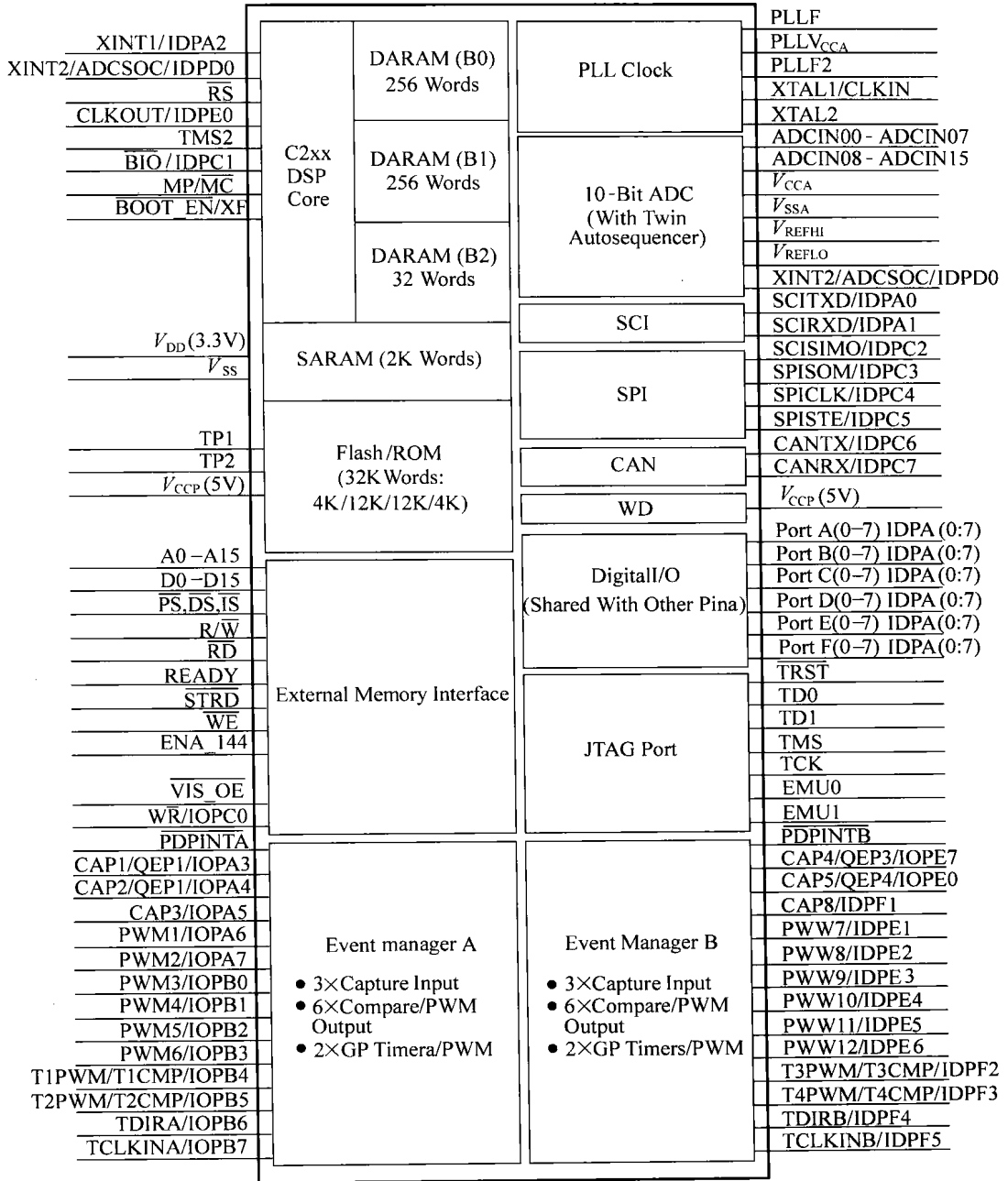


图 2.4 TMS320LF2407 DSP 控制器功能结构