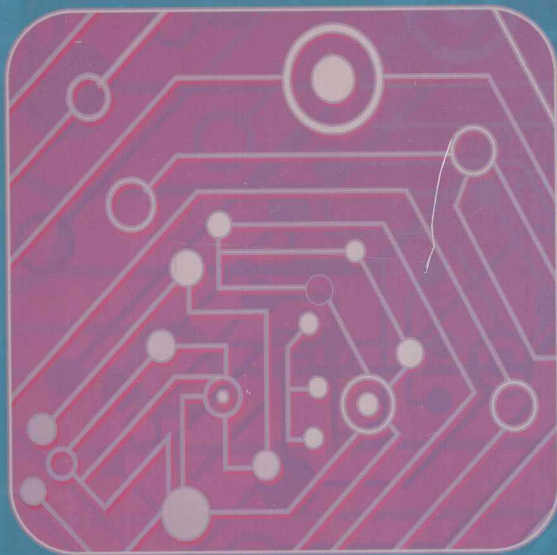


TMS320LF240x芯片 原理、设计及应用

——基于C语言的方法

刘京中 唐俊英 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

TMS320LF240x 芯片原理、设计及应用

——基于 C 语言的方法

刘京中 唐俊英 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

DSP 芯片是一种特别适合进行数字信号处理的微处理器，它的应用已越来越广泛。本书系统地介绍了 TMS320LF240x 系列 DSP 芯片的基本原理、软/硬件的设计方法和 DSP 的基本应用。首先介绍 DSP 芯片的基础知识、TMS320LF240x 芯片的基本原理；接着详细介绍 TMS320LF240x 芯片的指令系统、文件结构、片内外设模块及硬件设计方法，最后以 TMS320LF2407 为例介绍 DSP 系统的一些基本应用。

本书的目的是使读者了解 DSP 芯片的基本原理，初步掌握 DSP 系统的软、硬件设计和应用系统的开发方法，具备从事 DSP 应用开发的初步能力。

本书可作为高职院校自动控制、电子技术应用、通信工程、计算机应用等专业的教材，也可作为 DSP 芯片应用开发人员的初级培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

TMS320LF240x 芯片原理、设计及应用：基于 C 语言的方法 / 刘京中，唐俊英编著. —北京：电子工业出版社，2012.7

ISBN 978-7-121-17202-1

I. ①T… II. ①刘… ②唐… III. ①数字信号处理②C 语言—程序设计 IV. ①TN911.72②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 111375 号

责任编辑：王春宁

印 刷：北京市李史山胶印厂

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：13 字数：329 千字

印 次：2012 年 7 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

随着控制理论不断发展，人们对控制系统的要求也越来越高，主要表现在三个方面：一是对控制系统的性能指标要求提高了；二是对控制系统的体积和功耗限制越来越严；三是对控制系统的成本要求越来越严。传统的、以 MCS-51 为代表的单片机越来越不能满足上述要求。

近些年来，随着微电子技术的不断发展，DSP 的价格越来越接近普通单片机，而其性能却远远超过单片机。在这类芯片的内部采用哈佛结构，广泛采用流水线操作，具有专门的硬件乘法器，提供特殊的 DSP 指令，可以用来快速地实现各种数字信号处理算法。

DSP 在其诞生后的 20 多年时间里得到了飞速的发展。随着 DSP 芯片的性价比和开发手段的不断提高，DSP 已广泛应用于航空航天、军事、通信、工业、医疗、家用电器等领域，成为一种十分重要的电子产品的核心部件。DSP 芯片的原理和开发已成为从事自动控制、通信与电子产品设计开发的工程技术人员必须掌握的重要技术，也是自动控制、电子工程、通信工程、信息工程等专业学生的必修内容。

本书重点介绍 TI 公司的、具有代表性的 TMS320LF240x 系列 DSP 芯片。该芯片是定点 DSP 芯片，外设集成度高，价格低廉，适合于各种控制系统，尤其是小体积、低功耗、低价格、高可靠性能的电气伺服系统的设计。可以预见，在不久的将来，该系列 DSP 芯片在高性能伺服系统、智能化仪表、过程控制系统等领域将得到非常广泛的应用。

为满足高职院校 DSP 芯片原理与应用教学的需要，我们在参考现有相关著作的基础上，根据高职院校的特点编写了本书。全书内容共 6 章：第 1 章概述 DSP 系统和 DSP 芯片；第 2 章介绍 TMS320LF240x 系列 DSP 的基本原理，包括系统配置和中断的实现方法；第 3 章重点介绍 TMS320LF240x 系列 DSP 芯片的软件结构，包括寻址方式、指令系统、文件结构、C 语言编程基础，并对定点 DSP 的数据定标、定点运算进行了详细的讨论；第 4 章介绍 TMS320LF240x 系列 DSP 芯片的片内外设的功能设置，包括 I/O、事件管理器、ADC、SPI、SCI 及 WD 模块；第 5 章介绍 TMS320LF240x 系列 DSP 芯片的外设接口电路设计方法，包括电源、晶振、复位、JTAG 接口、电平转换、串/并行的 DAC、SRAM 接口；第 6 章通过几个完整的例子，介绍 DSP 系统的设计方法。

本书在编写过程中参考了大量有关的文献资料，在此对书后所列参考文献的作者深表谢意。

由于作者水平有限，书中难免存在错误与不足之处，恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 DSP 系统与 DSP 芯片	1
1.1 DSP 系统.....	1
1.1.1 DSP 概述.....	1
1.1.2 DSP 系统的特点.....	1
1.1.3 DSP 系统的设计过程.....	2
1.1.4 DSP 的应用.....	3
1.2 DSP 芯片.....	3
1.2.1 DSP 芯片的特点.....	3
1.2.2 DSP 芯片的基本结构.....	4
1.2.3 DSP 芯片的分类.....	4
1.2.4 DSP 芯片的选择.....	5
小结.....	6
习题.....	6
第 2 章 TMS320LF240x 的基本原理	7
2.1 TMS320LF240x 的硬件结构.....	7
2.1.1 TMS320LF240x 的硬件结构特点.....	7
2.1.2 TMS320LF240x 的引脚说明.....	8
2.2 TMS320LF240x 的片内主要功能模块.....	12
2.2.1 中央处理单元 (CPU).....	12
2.2.2 辅助寄存器算术单元 (ARAU).....	13
2.2.3 状态寄存器.....	13
2.3 存储器和 I/O 空间.....	15
2.3.1 程序存储器.....	15
2.3.2 数据存储器.....	16
2.3.3 I/O 空间.....	18
2.4 系统配置寄存器.....	18
2.4.1 系统配置寄存器 SCSR1.....	18
2.4.2 系统配置寄存器 SCSR2.....	19
2.5 系统的中断管理.....	20
2.5.1 中断简介.....	20
2.5.2 中断的过程.....	21
2.5.3 中断向量表和优先级分配.....	21
2.5.4 中断管理寄存器.....	23
2.5.5 中断的实现方法.....	25
小结.....	26

习题	26
第 3 章 TMS320LF240x 的软件结构	27
3.1 TMS320LF240x 的寻址方式	27
3.1.1 立即寻址方式	27
3.1.2 直接寻址方式	27
3.1.3 间接寻址方式	28
3.2 TMS320LF240x 的汇编指令	29
3.3 DSP 软件的文件结构	53
3.4 DSP 的 C 语言编程基础	57
3.4.1 C 语言程序的结构特点	57
3.4.2 C 语言的数据类型与运算符	58
3.4.3 C 语言的语句	63
3.4.4 C 语言的数组	65
3.4.5 C 语言的指针	67
3.4.6 C 语言的函数	68
3.4.7 常用的预处理命令	71
3.4.8 C 语言和汇编语言的混合编程	72
3.5 定点 DSP 芯片的数据定标及运算	74
3.5.1 数据的定标方法	74
3.5.2 定点算法	75
小结	77
习题	77
第 4 章 TMS320LF240x 的片内外设	79
4.1 数字 I/O 端口及其应用	79
4.1.1 数字 I/O 端口概述	79
4.1.2 I/O 端口的复用控制寄存器	79
4.1.3 I/O 端口的数据和方向控制寄存器	81
4.1.4 I/O 端口应用	83
4.2 事件管理模块 (EV) 及其应用	87
4.2.1 事件管理模块概述	87
4.2.2 事件管理器的中断管理	90
4.2.3 通用定时器	94
4.2.4 比较单元	103
4.2.5 脉宽调制电路 PWM	106
4.2.6 捕获单元	112
4.2.7 正交编码脉冲 (QEP) 电路	117
4.3 模/数转换模块 (ADC) 及其应用	120
4.3.1 模/数转换模块的特性	120

4.3.2	自动排序器的工作原理	120
4.3.3	模/数转换模块的寄存器	123
4.3.4	模/数转换模块校准与自测	126
4.4	串行外设接口模块 (SPI) 及其应用	130
4.4.1	串行通信概述	130
4.4.2	串行外设接口的基本结构	130
4.4.3	串行外设接口的操作	131
4.4.4	串行外设接口的中断控制	132
4.4.5	串行外设接口的数据格式、波特率设置和时钟模式	133
4.4.6	串行外设接口的初始化	134
4.4.7	串行外设接口的寄存器	134
4.5	串行通信接口模块 (SCI)	139
4.5.1	串行通信接口特性	139
4.5.2	串行通信接口的基本工作原理	140
4.5.3	串行通信接口的数据格式	141
4.5.4	串行通信接口的异步通信	141
4.5.5	串行通信接口的中断控制	142
4.5.6	串行通信接口的波特率	143
4.5.7	串行通信接口的寄存器	143
4.6	看门狗定时模块 (WD)	149
4.6.1	WD 的工作原理	150
4.6.2	WD 寄存器的配置	150
	小结	153
	习题	153
第 5 章	TMS320LF240x 的接口电路设计	155
5.1	DSP 电源电路	155
5.2	晶振、锁相环及复位电路	157
5.2.1	晶振电路	157
5.2.2	锁相环电路	157
5.2.3	复位电路	158
5.3	电平转换接口电路	158
5.4	JTAG 接口电路设计	160
5.5	DAC 接口电路	161
5.5.1	串行 D/A 接口	161
5.5.2	并行 D/A 接口	161
5.6	SRAM 接口电路	161
	小结	163
	习题	163

第 6 章 TMS320LF240x 应用实例	164
6.1 走马灯控制电路.....	164
6.1.1 硬件电路.....	164
6.1.2 程序设计.....	164
6.2 简易电子琴控制电路.....	169
6.2.1 硬件电路.....	169
6.2.2 程序设计.....	169
6.3 自循迹小车控制电路.....	173
6.3.1 硬件电路.....	173
6.3.2 程序设计.....	174
6.4 简易秒表电路.....	177
6.4.1 硬件电路.....	177
6.4.2 程序设计.....	177
6.5 直流电机的闭环调速.....	181
6.5.1 硬件电路.....	181
6.5.2 程序设计.....	181
小结.....	185
习题.....	185
附录 A TMS320LF240x 汇编指令速查表	186
附录 B TMS320LF2407A 的头文件 register.h	191
附录 C TMS320LF240x 的中断向量表	198
参考文献	199

第 1 章 DSP 系统与 DSP 芯片

1.1 DSP 系统

1.1.1 DSP 概述

数字信号处理 (Digital Signal Processing, DSP) 是一门涉及多学科而又广泛应用于许多领域的新兴学科。20 世纪 60 年代以来, 随着计算机和信息技术的飞速发展, 数字信号处理技术应运而生并得到迅速发展。近几十年来, 数字信号处理技术已经在通信、自动控制、航空航天、仪器仪表、家用电器等众多领域得到越来越广泛的应用。

数字信号处理是利用计算机或专用处理设备, 以数字的形式对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩、识别等处理, 以得到符合所需的信号形式。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其应用的发展, 反过来, 数字信号处理的应用又促进了其理论的提高。数字信号处理的实现搭建了理论和应用之间的桥梁。

数字信号处理是以众多学科为理论基础的, 它所涉及的范围极其广泛。例如, 在数学领域有微积分、概率统计、随机过程、数值分析等都是数字信号处理的基本工具, 它与网络理论、信号与系统、控制论、通信理论、故障诊断等也密切相关。近年来新兴的一些学科, 如人工智能、模式识别、神经网络等, 都与数字信号处理密不可分。可以说, 数字信号处理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。

过去, 数字信号处理通常采用通用计算机、单片机或专用计算机, 通用计算机的缺点是速度较慢, 单片机 (MCS-51、96 系列) 由于其自身资源的限制无法应用于复杂的数字信号处理, 专用计算机通用性很差且造价很高。随着专用和通用 DSP 技术的不断推广, 它极大地推动了数字信号处理技术的发展与成熟。其中, 专用 DSP 芯片一般是将一些特殊的数字算法在芯片内用硬件加以实现, 用户无须进行编程, 这样的芯片只应用于一些对信号处理速度要求极高的特殊场合, 且芯片价格昂贵; 而通用 DSP 芯片的通用性很强, 非常适合于构成运算速度较高、结构又比较复杂的系统, 因此它具有很好的应用前景。

虽然数字信号处理的理论已经有了长足的发展, 但由于硬件技术发展水平的限制, 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单片可编程的 DSP 芯片诞生, 才将理论研究成果广泛应用于实际系统中。因此, 可以认为 DSP 芯片的诞生以及发展对近 30 年以来的通信、计算机、控制等领域起到了十分重要的作用。

1.1.2 DSP 系统的特点

DSP 系统是以数字信号处理为基础的, 因此具有数字处理的全部优点:

① 接口方便。DSP 系统与其他以数字技术为基础的系统都是相互兼容的, 因此, 从接口的实现上要比模拟系统容易得多。

② 编程方便。可编程的 DSP 芯片可使设计者在开发过程中灵活方便地对软件进行修改和升级。

③ 性能稳定。DSP 应用系统以数字信号处理为基础，因而受环境温度以及噪声的影响较小，工作可靠性较高。

④ 精度高。如 16 位 DSP 芯片构成的数字系统，其精度可达 10^{-5} 。

⑤ 可重复性好。模拟系统的性能受元器件参数变化的影响较大，而数字系统基本不受影响，因此数字系统便于测试、调试和大规模生产。

⑥ 集成方便。DSP 系统中的数字部件有高度的规范性，便于大规模集成。

当然，数字信号处理也存在一定的缺点。例如，对于简单的信号处理，如与模拟交换线的控制接口，若采用 DSP 则可能会增加成本。另外，DSP 系统中的高速时钟可能会带来高频干扰和电磁辐射等问题，而且，DSP 系统消耗的功率也较大。此外，DSP 技术需要有丰富的数学知识，开发和调试工具还不尽完善。

虽然 DSP 系统存在着一些缺点，但其突出的优点已经使其在通信、雷达、生物医学、工业控制、仪器仪表等许多领域得到越来越广泛的应用。

1.1.3 DSP 系统的设计过程

DSP 系统设计的一般过程如图 1-1 所示。

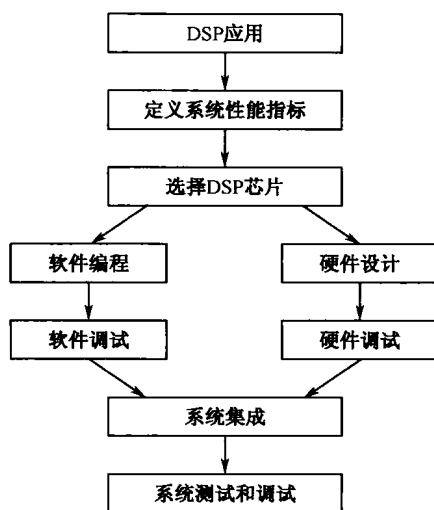


图 1-1 DSP 系统的设计过程

在设计之前，首先应根据系统的应用目标确定系统的性能指标、信号处理的要求，通常可用数据流程图、数学运算序列、正式的符号或自然语言来描述。

然后进行实时 DSP 系统的设计。设计包括硬件设计和软件设计两个方面。硬件设计首先要根据系统运算量的大小、对运算精度的要求、系统成本限制以及体积、功耗等要求选择合适的 DSP 芯片。然后设计 DSP 芯片的外围电路及其他电路。软件设计主要是根据系统的要求和所选的 DSP 芯片编写相应的 DSP 汇编程序，若系统运算量不大且有高级语言编译器支持，也可用高级语言（如 C 语言）编程。由于现有的高级语言编译器的效率还比不上手工编写汇编语言的效率，因此在实际应用系统中常常采用高级语言和汇编语言的混合编程方法，即在算法运算量大的地方，用手工编写的方法编写汇编语言，而运算量不大的地方则采用高

级语言。采用这种方法，既可以缩短软件开发的周期，提高程序的可读性和可移植性，又能满足系统实时运算的要求。

当硬件和软件设计完成后，下一步就是进行硬件和软件的调试。软件的调试一般借助于 DSP 开发工具，如软件模拟器、DSP 开发系统或仿真器等。调试 DSP 算法时一般采用比较实时结果与模拟结果的方法，若实时程序和模拟程序的输入相同，则两者的输出应该一致。应用系统的其他软件可以根据实际情况进行调试。硬件调试一般采用硬件仿真器进行调试，如果没有相应的硬件仿真器，且硬件系统不是十分复杂，也可以借助于一般的工具进行调试。

当系统的软硬件分别调试完成后，就可以将软件脱离开发系统而直接应用系统上运行了。值得注意的是，DSP 系统的开发，特别是软件开发是一个需要反复验证反复修改的过程。

1.1.4 DSP 的应用

现在 DSP 技术已广泛应用于日常生活和生产的各个领域，而且应用领域仍在不断地扩大，其应用范围主要有以下几方面：

- ① 信号处理，如数字滤波、快速傅里叶变换、谱分析、卷积、模式匹配、加窗、波形产生等；
 - ② 自动控制，如工业控制、引擎控制、声控、自动驾驶、机器人控制、磁盘控制等；
 - ③ 通信，如数字移动电话、调制解调器、自适应均衡、数据加密、数据压缩、回波抵消、多路复用、传真、扩频通信、纠错编码、可视电话等；
 - ④ 语音，如语音编码、语音合成、语音识别、语音增强、语音辨认、语音邮件、语音存储等；
 - ⑤ 图形图像，如二维和三维图形处理、图像压缩与传输、图像增强、动画、机器人视觉等；
 - ⑥ 军事，如保密通信、雷达处理、声纳处理、导航、导弹制导等；
 - ⑦ 仪器仪表，如频谱分析、函数产生、锁相环等；
 - ⑧ 医疗，如助听、超声设备、诊断工具、病人监护等；
 - ⑨ 家用电器，如高保真音响、音乐合成、音调控制、玩具与游戏等。
- 随着 DSP 芯片性价比的不断提高，DSP 系统将会在更多的领域内得到更广泛的应用。

1.2 DSP 芯片

1.2.1 DSP 芯片的特点

DSP 芯片（也称为数字信号处理器芯片）是一种具有特殊结构的微处理器，它可以快速实现各种数字信号处理算法。根据数字信号处理的要求，DSP 芯片一般具有如下主要特点：

- ① 在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法；
- ② 程序和数据空间分开，可以同时访问指令和数据；
- ③ 片内具有快速 RAM，通常可通过独立的数据总线同时访问两块芯片；
- ④ 具有低开销或无开销循环及跳转的硬件支持；
- ⑤ 快速的中断处理和硬件 I/O 支持；
- ⑥ 具有在单周期内操作的多个硬件地址产生器；

- ⑦ 可以并行执行多个操作；
- ⑧ 支持流水线操作，使取指、译码和执行等操作可以并行执行；
- ⑨ 为适应一般系统的开发，片内具有一定容量的闪存（Flash Memory, FLASH），使得系统的体积更小。

1.2.2 DSP 芯片的基本结构

DSP 芯片一般包括以下基本结构：

① 哈佛结构。哈佛结构的主要特点是将程序和数据分别存储在不同的存储空间中，即程序存储器和数据存储器是两个相互独立的存储器，每个存储器独立编程，独立访问。与两个存储器相对应的是系统中设置了程序总线 and 数据总线，从而使数据的吞吐率提高了一倍。由于程序和数据存储在两个分开的空间中，因此取指和执行能完全重叠进行。

② 流水线操作。流水线与哈佛结构相关。DSP 芯片广泛采用流水线，以减少指令执行的时间，从而增强了处理器的处理能力。处理器可以并行处理 2~4 条指令，每条指令处于流水线的不同阶段。图 1-2 所示为一个三级流水线操作的例子。

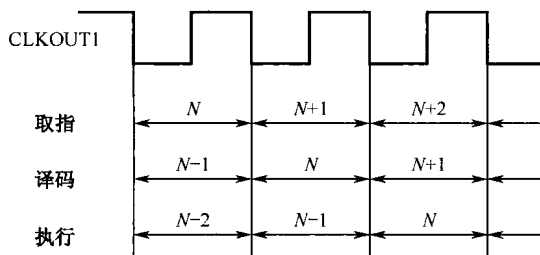


图 1-2 三级流水线操作示意图

③ 专用的硬件乘法器。通用微处理器中的乘法指令往往需要多个指令周期，如 MCS-51 的乘法指令需要 4 个周期。相比而言，由于 DSP 芯片具有专用的硬件乘法器，使得乘法可在一个指令周期内完成，还可以与加法并行进行，即完成一个乘法和加法只需一个指令周期。可见，高速的乘法指令和并行操作大大提高了 DSP 处理器的性能。

④ 特殊的 DSP 指令。DSP 芯片采用了一些特殊指令，这些特殊指令进一步提高了 DSP 芯片的处理能力。如 DMOV、LTD 指令等，均可完成一些特殊功能。

1.2.3 DSP 芯片的分类

DSP 芯片可以按照下列 3 种方式进行分类：

① 按基础特性分类。这是根据 DSP 芯片的工作时钟和指令类型来分类的。如果在某时钟频率范围内的任何时钟频率上，DSP 芯片都能正常工作，除计算速度有变化外，没有性能的下降，这类 DSP 芯片一般称为静态 DSP 芯片。例如，日本 OKI 电气公司的 DSP 芯片、TI 公司的 TMS320C2xx 系列芯片属于这一类。如果有两种或两种以上的 DSP 芯片，它们的指令集和相应的机器代码及管脚结构相互兼容，则这类 DSP 芯片称为一致性 DSP 芯片。例如，美国 TI 公司的 TMS320C54x 就属于这一类。

② 按数据格式分类。这是根据 DSP 芯片工作的数据格式来分类的。数据以定点格式工作的 DSP 芯片称为定点 DSP 芯片，如 TI 公司的 TMS320C1x/C2x、TMS320C2xx/C5x、TMS320C54x/C62xx 系列，AD 公司的 ADSP21xx 系列，AT&T 公司的 DSP16/16A，Motorola

公司的MC56000等。以浮点格式工作的称为浮点DSP芯片,如TI公司的TMS320C3x/C4x/C8x,AD公司的ADSP21xxx系列,AT&T公司的DSP32/32C, Motorola公司的MC96002等。不同浮点DSP芯片所采用的浮点格式不完全一样,有的DSP芯片采用自定义的浮点格式,如TMS320C3x,而有的DSP芯片则采用IEEE的标准浮点格式,如Motorola公司的MC96002、Fujitsu公司的MB86232和Zoran公司的ZR35325等。

③ 按用途分类。按照DSP的用途来分,可分为通用型DSP芯片和专用型DSP芯片。通用型DSP芯片适合普通的DSP应用,如TI公司的一系列DSP芯片属于通用型DSP芯片。专用DSP芯片是为特定的DSP运算而设计的,更适合特殊的运算,如数字滤波、卷积和FFT。如Motorola公司的DSP56200、Zoran公司的ZR34881、Inmos公司的IMSA100等就属于专用型的DSP芯片。

1.2.4 DSP芯片的选择

设计DSP应用系统时,选择DSP芯片是非常重要的一个环节,DSP芯片的选择应根据实际的应用系统需要而确定,应用场合和应用目的不同,对DSP芯片的选择也是不同的。一般来说,选择DSP芯片时应考虑如下因素。

1. 运算量

运算量是确定DSP处理能力的基础。若运算量小则可选用处理能力不是很强的DSP芯片,这样可以降低系统的成本。若运算量大则必须选用处理能力很强的DSP芯片,否则可能达不到处理要求,若使用一片芯片的处理能力还达不到要求,则可选用多片芯片并行处理。

2. 运算速度

运算速度是DSP芯片的一个最重要的性能指标,也是选择DSP芯片时所需要考虑的一个主要因素。DSP芯片的运算速度可以用以下几种性能指标来衡量:

① 指令周期,即执行一条指令所需的时间,通常以ns(纳秒)为单位,如TMS320LF2407A在主频为40MHz时的指令周期为25ns。

② MAC时间,即一次乘法加上一次加法的时间,如TMS320LF2407A的MAC时间就是12.5ns。

③ FFT执行时间,即运行一个 N 点FFT程序所需的时间。由于FFT运算在数字信号处理中很有代表性,因此FFT运算时间常作为衡量DSP芯片运算能力的一个指标。

④ MIPS,即每秒执行的百万条指令操作,如TMS320LF2407A的处理能力为40MIPS。

⑤ MOPS,即每秒执行的百万次操作,如TMS320C40的运算能力为275MOPS。

⑥ MFLOPS,即每秒执行的百万次浮点操作,如TMS320C31在主频为40MHz时的处理能力为40MFLOPS。

⑦ BOPS,即每秒执行的十亿次操作,如TMS320C80的处理能力为2BOPS。

3. 价格

价格也是选择DSP芯片所需考虑的一个重要因素。如果选用的芯片价格昂贵,即使性能再高,其应用范围肯定会受到一定的限制,尤其是民用产品。因此应根据实际系统的应用情况,确定一个价格适中的DSP芯片。

4. 硬件资源

不同的DSP芯片所提供的硬件资源是不相同的,如片内RAM/ROM的数量、外部可扩展

的程序和数据空间、总线接口、I/O 接口等。即使是同一系列的 DSP 芯片(如 TI 的 TMS320C24x 系列), 系列中不同 DSP 芯片也具有不同的内部硬件资源, 可以适应不同的需要。

5. 运算精度

一般的定点 DSP 芯片的字长为 16 位, 如 TMS320 系列。但有的公司的定点芯片为 24 位, 如 Motorola 公司的 MC56001 等。浮点芯片的字长一般为 32 位。

6. 开发工具

在 DSP 系统的开发过程中, 开发工具是必不可少的。如果没有开发工具的支持, 要想开发一个复杂的 DSP 系统几乎是不可能的。如果有功能强大的开发工具的支持, 则开发的时间就会大大缩短。

7. 功耗

在 DSP 的某些应用场合, 功耗也是一个需要特别注意的问题。如便携式电子设备、野外应用的电子设备等对功耗有特殊的要求。目前, 3.3 V 供电的低功耗高速 DSP 芯片已大量使用。

8. 其他

选择 DSP 芯片还应考虑到封装的形式、质量标准、供货情况、生命周期等。例如有的 DSP 芯片采用 DIP、PGA、PLCC、PQFP、BGA 等多种封装形式, 有些 DSP 系统的要求是工业级或军用级标准。如果所设计的 DSP 系统是需要批量生产并可能有几年甚至十几年的生命周期, 那么需要考虑所选 DSP 芯片的供货是否也有同样甚至更长的生命周期等。

小 结

本章在介绍 DSP 概念基础上, 重点介绍了 DSP 系统的特点、设计方法、芯片的选择等。通过学习和掌握这些基础知识, 为后续内容的学习奠定了基础。

由于 DSP 芯片种类较多, 在一本书中不可能也无必要都介绍到。实际上, 各种 DSP 芯片的结构和开发方法基本类似, 因此在开始学习 DSP 芯片时, 可将某类 DSP 芯片作为重点。本书主要以 TMS320LF240x 作为重点进行介绍。

习 题

1. 什么是 DSP? DSP 系统有何特点?
2. 简述 DSP 系统的一般设计过程。
3. 在开发 DSP 系统时如何选择 DSP 芯片?
4. 指出 DSP 系统的几种应用场合。

第 2 章 TMS320LF240x 的基本原理

TMS320LF240x 芯片是 TI 公司的 TMS320C2000 系列下的一种定点 DSP 芯片，它集成了高性能的 DSP 内核和片内外设于一体，是传统的微控单元与昂贵的多片设计的一种廉价替代产品，特别适合对电动机、逆变器、机器人、数控机床等设备的控制。本章主要介绍该芯片的基本结构，重点讨论芯片的 CPU、内部寄存器、I/O 空间和中断管理。

2.1 TMS320LF240x 的硬件结构

2.1.1 TMS320LF240x 的硬件结构特点

从硬件结构而言，TMS320LF240x 芯片具有以下特点：

- ① 含有两个事件管理器 EVA 和 EVB。每个事件管理器又包含有两个 16 位的通用定时器、8 个 PWM 通道、可编程的 PWM 死区控制、3 个捕获单元、正交编码脉冲电路。
- ② 采用静态 CMOS 技术，使得供电电压降为 3.3 V，30 MIPS 的执行速度使得频率在 30 MHz 时指令周期缩短 33 ns。
- ③ 含有可扩展的 192 KB 外部存储器空间，其中包括 64 KB 程序存储器空间，64 KB 数据存储存储器空间，64 KB I/O 寻址空间。
- ④ 基于 TMS320C2xx DSP 芯片的内核，保证了 TMS320LF240x 的代码与 TMS320 系列的其他 DSP 芯片代码兼容。
- ⑤ 含有高达 32 KB 的 FLASH 程序存储器，1.5 KB 的数据/程序 RAM，544 B 的双口 RAM 和 2 KB 的单口 RAM。
- ⑥ 含有可实现半双工或全双工通信的串行通信接口（SCI）模块。
- ⑦ 含有可单独编程或复用的通用输入/输出引脚共 40 个。
- ⑧ 含有两个电动机驱动保护中断、复位中断和两个可屏蔽外部中断。
- ⑨ 含有 16 位的串行外设（SPI）接口模块，提供了一个高速同步串行总线，可与带有 SPI 接口的芯片连接。
- ⑩ 含有 3 种低功耗模式的电源管理。
- ⑪ 含有一个看门狗定时器模块。
- ⑫ 含有基于锁相环的时钟发生器。
- ⑬ 含有 16 通道的 ADC 电路，每通道的 10 位 ADC 最小转换时间为 500 ns，可选择由两个事件管理器来触发两个 8 通道输入的 ADC 或一个 16 通道输入的 ADC。
- ⑭ 含有控制器局域网络（CAN）2.0 B 模块。

2.1.2 TMS320LF240x 的引脚说明

在 TMS320LF240x 系列的 DSP 中，不同型号芯片的引脚数是不同的。例如，TMS320LF2407A 有 144 个引脚；TMS320LF2406A 有 100 个引脚；TMS320LF2403A 有 64 个引脚等。其中，TMS320LF2407A 的引脚是该系列芯片的一个超集，即 TMS320LF2407A 涵盖了其他芯片的所有引脚，因此，在这里主要介绍 TMS320LF2407A。

TMS320LF2407A 的 PGE 封装如图 2-1 所示。各引脚的功能见表 2-1~表 2-9。

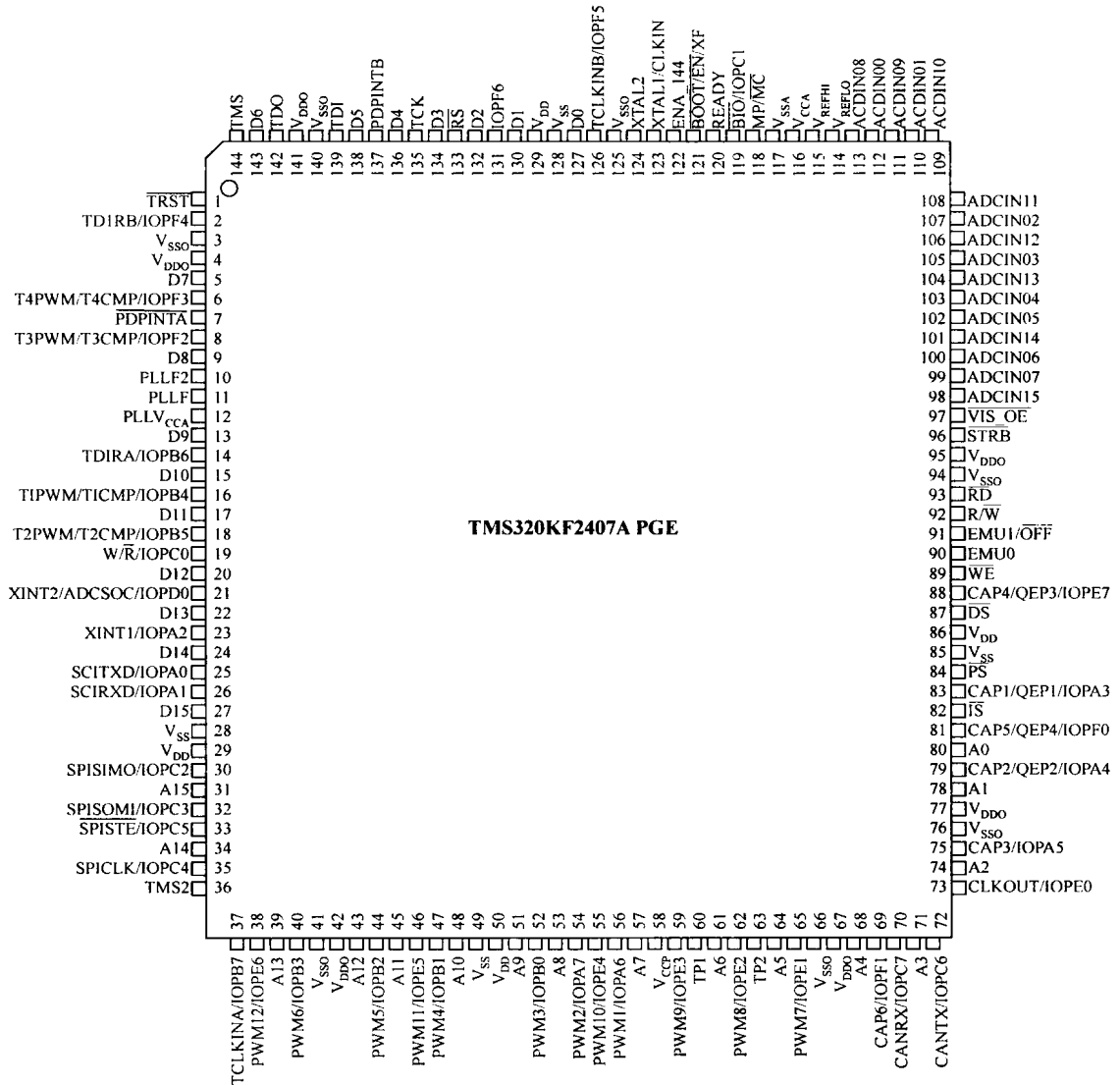


图 2-1 TMS320LF2407A 的 PGE 封装图

表 2-1 事件管理器 A (EVA) 引脚

引脚名称	功能描述
CAP1/QEP1/IOPA3	捕获输入#1/正交编码脉冲输入#1 (EVA) 或通用 I/O
CAP2/QEP2/IOPA4	捕获输入#2/正交编码脉冲输入#2 (EVA) 或通用 I/O

续表

引脚名称	功能描述
CAP3/IOPA5	捕获输入#3 (EVA) 或通用 I/O
PWM1/IOPA6	PWM 输出引脚#1 (EVA) 或通用 I/O
PWM2/IOPA7	PWM 输出引脚#2 (EVA) 或通用 I/O
PWM3/IOPB0	PWM 输出引脚#3 (EVA) 或通用 I/O
PWM4/IOPB1	PWM 输出引脚#4 (EVA) 或通用 I/O
PWM5/IOPB2	PWM 输出引脚#5 (EVA) 或通用 I/O
PWM6/IOPB3	PWM 输出引脚#6 (EVA) 或通用 I/O
T1PWM/T1CMP/IOPB4	定时器 1 比较输出 (EVA) 或通用 I/O
T2PWM/T2CMP/IOPB5	定时器 2 比较输出 (EVA) 或通用 I/O
TDIRA/IOPB6	通用定时器计数方向选择 (EVA) 或通用 I/O
TCLKINA/IOPB7	通用定时器 (EVA) 的外部时钟输入或通用 I/O

表 2-2 事件管理器 B (EVB) 引脚

引脚名称	功能描述
CAP4/QEP3/IOPE7	捕获输入#4/正交编码脉冲输入#3 (EVB) 或通用 I/O
CAP5/QEP4/IOPF0	捕获输入#5/正交编码脉冲输入#4 (EVB) 或通用 I/O
CAP6/IOPF1	捕获输入#6 (EVA) 或通用 I/O
PWM7/IOPE1	PWM 输出引脚#7 (EVB) 或通用 I/O
PWM8/IOPE2	PWM 输出引脚#8 (EVB) 或通用 I/O
PWM9/IOPE3	PWM 输出引脚#9 (EVB) 或通用 I/O
PWM10/IOPE4	PWM 输出引脚#10 (EVB) 或通用 I/O
PWM11/IOPE5	PWM 输出引脚#11 (EVB) 或通用 I/O
PWM12/IOPE6	PWM 输出引脚#12 (EVB) 或通用 I/O
T3PWM/T3CMP/IOPF2	定时器 3 比较输出 (EVB) 或通用 I/O
T4PWM/T4CMP/IOPF3	定时器 4 比较输出 (EVB) 或通用 I/O
TDIRB/IOPF4	通用定时器计数方向选择 (EVB) 或通用 I/O
TCLKINB/IOPF5	通用定时器 (EVB) 的外部时钟输入或通用 I/O

表 2-3 模/数转换器 (ADC) 引脚

引脚名称	功能描述
ADCIN0~ADCIN15	16 通道 ADC 模拟输入引脚#0~#15
VREFHI	ADC 模拟输入高电平参考电压输入
VREFLO	ADC 模拟输入低电平参考电压输入
VCCA	ADC 模拟供电电压 (3.3 V)
VSSA	ADC 模拟地

表 2-4 通信模块 (CAN/SPI/SCI) 引脚

引脚名称	功能描述
CANRX/IOPC7	CAN 数据接收引脚或通用 I/O
CANTX/IOPC6	CAN 数据发送引脚或通用 I/O
SCITXD/IOPA0	SCI 异步串行口发送数据引脚或通用 I/O