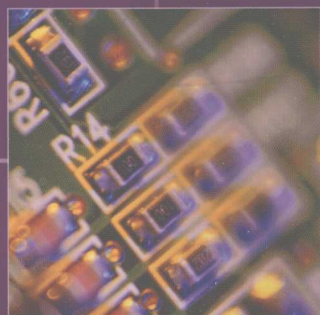
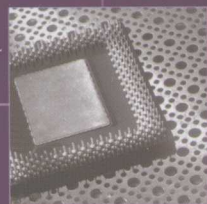


TI-DSP系列开发应用技巧丛书

TMS320C6000系列DSP 开发应用技巧

——重点与难点剖析

韩 非 胡春海 李 伟 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

TI-DSP系列开发应用技巧丛书

TN911.72/220

2008

要 录 容 内

TMS320C6000系列DSP 开发应用技巧

——重点与难点剖析

韩 非 胡春海 李 伟 编著

图书在版编目(CIP)数据

TMS320C6000系列DSP开发应用技巧——重点与难点剖析 / 韩非, 胡春海, 李伟编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

(TI-DSP系列开发应用技巧丛书)

ISBN 978-7-308-07329-6

I. T... II. ①韩... ②胡... ③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(2008)第07329号

责任编辑: 黄晓华
技术编辑: 黄晓华
封面设计: 黄晓华
版式设计: 黄晓华
责任印制: 黄晓华

书 名: TMS320C6000系列DSP开发应用技巧——重点与难点剖析

编 著: 韩非, 胡春海, 李伟

出版发行: 中国电力出版社

地址: 北京市三里河路6号 邮政编码: 100044

电话: (010) 68393605

印 刷: 北京中泰印刷有限公司

开本尺寸: 185mm × 260mm

书 号: ISBN 978-7-308-07329-6

版 次: 2008年8月

印 次: 2008年8月

印 数: 0001—2000

定 价: 48.00元



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《TI-DSP 系列开发应用技巧丛书》之一。

本书重点介绍了德州仪器 (TI) 公司的高端产品 TMS320C6000 系列 DSP, 全书共七章, 内容包括 TMS320C6000 系列 DSP 的概述、IDE 环境、硬件结构和指令系统、软件开发过程、片内外设、TMS320C64x DSP 视频接口 /VCXO 以及 DM642 视频处理开发实例。本书本着易于领会、由浅入深的原则, 根据作者多年一线研发经验, 重点解析了开发 TMS320C6000 系列芯片过程中遇到的难点和分析问题的方法, 并采用了 C62x、C64x 和 C67x 对比描述的方式, 加深读者对 DSP 的深入了解。

本书实例典型、内容丰富新颖, 具有很强的实用性和指导性, 特别适合于 DSP 工程开发人员作为工作参考书, 也适合作为高等院校教材, 满足本科生、研究生对 DSP 系统学习和提高的需求。

图书在版编目 (CIP) 数据

TMS320C6000 系列 DSP 开发应用技巧: 重点与难点剖析 / 韩非, 胡春海, 李伟编著. —北京: 中国电力出版社, 2008
(TI-DSP 系列开发应用技巧丛书)
ISBN 978-7-5083-7440-6

I. T… II. ①韩…②胡…③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 (2008) 第 077259 号

责任编辑: 黄晓华 崔素媛

责任校对: 崔燕菊

责任印制: 郭华清

书 名: TMS320C6000 系列 DSP 开发应用技巧——重点与难点剖析

编 著: 韩非 胡春海 李伟

出版发行: 中国电力出版社

地址: 北京市三里河路 6 号 邮政编码: 100044

电话: (010) 68362602

传真: (010) 68316497

印 刷: 汇鑫印务有限公司

开本尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 28.5

字 数: 721 千字

书 号: ISBN 978-7-5083-7440-6

版 次: 2008 年 8 月北京第 1 版

印 次: 2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 0001—3000 册

定 价: 48.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

目前 DSP (Digital Signal Processor, 数字信号处理器) 已经广泛地应用于高速自动化控制、图像处理、通信技术、无线电、语音处理、网络设备、医疗设备、仪器仪表和家电领域, 为数字信号处理提供了高效可靠的硬件基础。目前, 应用最为广泛的 DSP 是 TI (德州仪器) 公司的产品, 占全球市场的 50% 左右。TI 公司 DSP 的主流产品包括 TMS320C2000 系列 (包括 TMS320C24x/C28x)、TMS320C5000 系列 (包括 TMS320C54x/C55x)、TMS320C6000 系列 (包括 TMS320C62x/C64x/C67x 和 TMS320DM64x/643x/644x), 目前, TI 为了开拓视频市场, 还推出很多 SOC 芯片, 如达芬奇系列芯片, 本书主要介绍 DM64x 系列 DSP。

TMS320C6000 系列的 DSP 是 TI 公司的高端产品, 也是 DSP 家族的重要系列, 该系列的 DSP 芯片有定点和浮点两种, 其中 TMS320C62x、TMS320C64x、TMS320DM64x 为定点系列, 64x、64x+ 系列是新发展的产品, 性能是 C62x 的 10 倍。其中 TMS320DM64x、达芬奇系列的芯片是专门为视频应用而设计的芯片; C67x 系列是浮点的 DSP, 用于需要高速浮点处理的领域。随着技术的进步和产品的发展, DSP 芯片的应用也越来越广泛, 小型、高速、大容量、低功耗成了 DSP 芯片的发展方向。这使得 TMS320C6000 系列的芯片逐渐成了主流芯片。现在, 在 3C (Communication、Computer、Consumer, 通信、计算机、消费类) 领域大量地使用了 TMS320C6000 芯片来设计产品, 在军事领域 (信息技术、电子对抗、雷达系统、精确制导) 这些芯片也具有重要的应用价值。

基于 DSP 的实时信号处理技术方兴未艾, 其应用领域也已超过 IT 领域向各工程领域拓展。DSP 技术人员是国际上急缺的人才, 而要熟练掌握 DSP 技术具有一定难度, 本书详细讲述了 TMS320C6000 系列的开发工具、芯片结构、片内外设和编程语言。在此基础上介绍如何使用 TMS320DM64x 系列的芯片外设、如何进行系统硬件和外围接口设计, 最后简单介绍了基于 TMS320DM64x 系列的视频处理系统的软硬件设计方法。全书共分为七章, 内容包括 TMS320C6000 DSP 的概述、IDE 环境、硬件结构和指令系统、软件开发过程、片内外设、TMS320C64x DSP 视频接口/VCXO 和 DM642 视频处理开发实例。

本书适合于使用 TMS320C6000 系列 DSP 的技术人员参考, 也适用于高等学校师生学习时参考, 是一本全面而实用的 TMS320C6000 系列 DSP 的学习教程。

本书由韩非、胡春海、李伟编著, 韩非负责全书统稿, 张京也参与了编写工作, 在本书的编写过程中, 马三元、高洁、尚亮、徐克强、李玲、褚伟、陈颖等也参与了软件调试和翻译工作, 对此表示感谢。我们结合自己经验的同时, 也参考了 TI 公司大量的资料, 在此向 TI 公司表示感谢。限于作者水平, 写作时间仓促, 书中缺点和不足之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

作 者

2008 年 4 月

目 录

前 言

第 1 章 TMS320C6000 概述	1
1.1 DSP 的发展历程及应用领域	1
1.2 DSP 芯片特点及发展趋势	3
1.3 DSP 系统的构成	4
1.4 DSP 系统的设计过程	5
1.5 DSP 芯片的选择	6
1.6 TMS320 系列 DSP 芯片简介	8
第 2 章 IDE 环境	9
2.1 CCS 概述	9
2.2 代码生成工具	9
2.3 CCS 集成开发环境	11
2.4 DSP/BIOS 插件	12
2.5 CCS 文件	16
2.6 开发一个简单的应用程序	17
2.7 算法和数据测试	21
第 3 章 硬件结构和指令系统	29
3.1 硬件结构	29
3.2 流水线	42
3.3 公共指令集	52
3.4 中断	65
第 4 章 TMS320C6000 软件开发过程	78
4.1 C 代码编译和基本数据类型	79
4.2 C 代码的优化方法	79
4.3 利用线性汇编优化代码	91
第 5 章 片内外设	95
5.1 概述	95
5.2 TMS320DM642 的 EMIF	95

5.3	增强的直接存储器访问 (EDMA)	135
5.4	主机并行接口 (HPI)	157
5.5	通用目的输入输出 (GPIO)	177
5.6	32 位定时器	188
5.7	多通道缓冲串口	194
5.8	外围设备互联 (PCI) 口	222
5.9	时钟设计	237
5.10	电源系统设计	244
5.11	Power Down 逻辑	246
5.12	TMS320DM64x 功耗	247
第 6 章	TMS320C64x DSP 视频接口/VCXO	250
6.1	概述	250
6.2	视频捕获端口	269
6.3	视频显示端口	317
6.4	GPIO 寄存器	371
6.5	VCXO 嵌入控制端口	382
6.6	525/60 不连续帧捕获	386
第 7 章	TMS320DM642 视频处理开发实例	394
7.1	概述	394
7.2	软件设计	395
7.3	DM642 网络通信开发实例	406
附录 A	TMS320C6000 指令集	410
附录 B	TMS320DM642 存储器映像	423
附录 C	TMS320DM642 寄存器映像	425
附录 D	TMS320DM642 视频采集板的原理图	443
参考文献		450

第 1 章 TMS320C6000 概述

1.1 DSP 的发展历程及应用领域

1.1.1 DSP 的发展历程

DSP (Digital Signal Processor, 数字信号处理器) 芯片是在模拟信号变换成数字信号以后进行高速实时处理的专用处理器, 其处理速度比最快的 CPU 还快 10~50 倍。在当今的数字化时代背景下, DSP 已成为通信、计算机、消费类电子产品等领域的基础器件, 被誉为信息社会革命的旗手。业内人士预言, DSP 将是未来集成电路中发展最快的电子产品, 并成为电子产品更新换代的决定因素, 它将彻底变革人们的工作、学习和生活方式。

DSP 发展历程大致分为三个阶段: 20 世纪 70 年代理论先行, 80 年代产品普及, 90 年代突飞猛进。在 DSP 出现之前数字信号处理只能依靠 MPU 来完成。直到 70 年代, 有人才提出了 DSP 的理论和算法基础。随着大规模集成电路技术的发展, 1982 年世界上诞生了首枚 DSP 芯片。这种 DSP 器件采用微米工艺 NMOS 技术制作, 虽功耗和尺寸稍大, 但运算速度却比 MPU 快了几十倍, 尤其在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用。DSP 芯片的问世是个里程碑, 它标志着 DSP 应用系统由大型系统向小型化迈进了一大步。至 80 年代中期, 随着 CMOS 技术的进步与发展, 第二代基于 CMOS 工艺的 DSP 芯片应运而生, 其存储容量和运算速度都成倍提高, 成为语音处理、图像硬件处理技术的基础。80 年代后期, 第三代 DSP 芯片问世, 运算速度进一步提高, 其应用范围逐步扩大到通信、计算机领域。

90 年代 DSP 发展最快, 相继出现了第四代和第五代 DSP 器件。现在的 DSP 属于第五代产品, 它与第四代产品相比, 系统集成度更高, 将 DSP 内核和外围元件综合集成在单一芯片上。这种集成度极高的 DSP 芯片不仅在通信、计算机领域大显身手, 而且逐渐渗透到人们日常消费领域。

经过 20 多年的发展, DSP 产品的应用已扩大到人们的学习、工作和生活的各个方面, 并将逐渐成为电子产品更新换代的决定因素。目前, 对 DSP 爆炸性需求的时代已经来临, DSP 前景十分可观。

1.1.2 DSP 的应用领域

DSP 应用广泛, 其主要应用市场为 3C (Communication、Computer、Consumer, 通信、计算机、消费) 领域, 约占整个市场需求的 90%。

1. 数字化移动电话

数字化移动电话尽管花样繁杂, 但基本上可划为两大类: 高速移动电话和低速移动电话。其中, 高速移动电话顾名思义是在高速移动体里使用的电话, 诸如可在飞机、轮船和汽车等内部自由通话的电话。数字化高速移动标准很多, 但当今普遍应用的是欧洲 GSM (Global System

for Mobile Communication) 标准。自从推出数字化蜂窝式电话机以来,这种电话现已遍布全球 70 多个国家得到了广泛应用。俗称 GSM 标准的数字化蜂窝电话,叫数字化手机,它具备国际漫游(Roaming)功能, SIMC (Subscriber Identification Module Card) 给用户使用手机带来方便。现在 GSM、CDMA、802.11b、WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 等电话系统都在应用中,而且数据通信服务能力逐步扩大,这使得视频通信、数据通信移动化、小型化成为可能。在这个领域音频、视频、数据处理等环节大量的需要 DSP 处理器来完成。

低速移动电话在高速移动体里完全不能应用,然而在步行速度下却很好用,价格远比数字化移动电话便宜。低速移动电话就其实质而言,它是数字化无绳电话,仍然保持模拟式无绳电话的子母式结构:子机亦称为手机,可以在距母机为百米左右半径内的空间里自由步行移动情况下实现通话;母机也称为基站,可作为家庭里的留守电话,也可悬挂在商店的墙壁上和街道的电线柱上,分布较广。由统一的交换设施进行管理,实现无缝传递(Seamless Hand On)功能。这类低速移动电话式标准很多,例如,欧洲国家较为普遍应用的 DECT (Digital European Cordless Telecommunication),日本、韩国、东南亚国家应用的 PHS (Personal Handy-phone System) 以及 Philips 公司和我国联合开发的 DCCT (Digital China Cordless Telephone)。其中,尤以 PHS 和 DECT 制式低速移动电话发展较快,我国的 DCCT 由于缺乏关键性的 DSP 技术仍处于设计阶段。

数字化移动电话(包括高速和低速)的每个手机,都要用至少 1 个 DSP 器,因此,高速发展的数字化移动电话急需大量的 DSP 器件。

2. 数据调制解调器

众所周知,数字信号处理器的传统应用领域之一,就是调制解调器。如今,调制解调器作为联系通信与多媒体信息处理系统的纽带,日益受到重视。特别是近年来 Internet 已经大量普及,普通百姓在 Internet 上冲浪蔚然成风。利用 PC 机通过调制解调器经由电话线路,实现拨号连接 Internet 已是最简便的访问形式。由于 Internet 用户急剧增加,一度致使 ADSL 等的调制解调器成为市场上的热销产品。它既可传送数据又可传送声音。无疑,这样一来将需要更高功能要求的 DSP 器件。随着高性能调制解调器的不断出现,于是,各种调制解调器里要求的 DSP 也是多种多样的。

3. 磁盘/光盘控制器

随着多媒体信息化的发展,各种信息存储媒体产品都应运而生,诸如磁盘存储器、CD-ROM 和 DVD (Digital Versatile Disk) 新产品纷纷上市。今日的存储器和硬盘存储容量已相当可观,大型硬盘姑且不谈,就连普通 PC 机的硬盘的存储容量已高达 100~300GB 以上。小型硬盘也在向高密度、高存储容量和高速存取方向发展,其控制器必须具备高精度和高速响应特性,它所用的 DSP 性能也是今非昔比,高速 DSP 是必不可少的关键性器件。

日本的 HDD 技术不能超过美国,于是把主攻方向集中到光盘技术上,1996 年日本终于把 DVD-ROM 产品公布于众。而且,日本并不以此为满足,志在开发可擦写的 DVD-RAM。仅就 DVD-ROM 而论,单面 1 片 12cm 盘片记录 4.7GB 信息量,相当于直径 12cm 的软盘 3200 张之多,比 CD-ROM 存储容量高出 6 倍。如此高密度的 DVD-ROM,读出控制的精细程度可想而知。

硬盘和光盘机的控制器里之所以必须利用高速 DSP,主要是利用其高速“积和”处理能力。因为,盘片旋转控制、磁头定位控制和光盘中的激光束聚焦控制,都采用了数字伺服与系统控制技术。这是现代控制技术,它建立在数学模型基础之上,通过复杂的矩阵运算实现控制。没

有高速运算的 DSP, 是绝对不行的。

4. 图形图像处理需求

DVD 里应用的活动图像压缩/解压缩用 MPEG2 编码/译码器, 同时也广泛地应用于视频点播 VOD、高质量有线电视和卫星广播等诸多领域。在这些领域里应用的 DSP 应该具备更高的处理速度和功能。而且, 活动图像压缩/解压技术也日新月异, 例如, DCT 变换域编码很难提高压缩比与重构图像质量, 于是出现了以对视觉感知特性为指导的小波分析图像压缩方法。新的算法出现, 要求相应的高性能的 DSP。最近, 日本各大学和高技术企业对于开发虚拟现实 VR 系统, 投入了相当力量, 利用现代计算机图形学生成三维图形, 迫切需要多个 DSP 并行处理系统。其中, 系统里的结点 DSP 单元, 要求采用与并行处理相适应的体系结构。

彩色静止图像压缩/解压缩, 现在普遍应用 JPEG 标准, 其核心算法也是离散余弦变换。JPEG 编码/译码器的应用, 除了数字化照相机之外, 估计彩色打印机和彩色扫描仪也将要应用。因此, 对于普通 DSP 的用量, 必将日益增长。

5. 汽车电子系统及其他应用领域

汽车电子系统日益兴旺发达起来, 诸如装设红外线和毫米波雷达, 将需用 DSP 进行分析。如今, 汽车愈来愈多, 防冲撞系统已成为研究热点。而且, 利用摄像机拍摄的图像数据需要经过 DSP 处理, 才能在驾驶系统里显示出来, 供驾驶人员参考。

应用 DSP 的领域可以说是不胜枚举, 电视会议系统里, 也大量应用 DSP 器件。视听机器里也都应用 DSP。随着科学技术的发展, 将会出现许许多多新的 DSP 应用领域。

1.2 DSP 芯片特点及发展趋势

DSP 作为一种微处理器, 其设计的出发点和通用 CPU 以及 MCU 等处理器是不同的。DSP 是为完成实时数字信号处理任务而设计的, 算法的高效实现是 DSP 器件的设计核心。

DSP 器件的发展, 兼顾 3P 的因素, 即性能 (performance)、功耗 (power consumption) 和价格 (price)。总的来说, 随着 VLSI 技术的高速发展, 现代 DSP 器件在价格显著下降的同时, 仍然保持着性能的不断提升和单位运算量的功耗不断降低。下面我们主要以 TI 公司的 DSP 为例来说明现代 DSP 芯片的一些特点和发展趋势。

传统的 DSP 芯片通过采用乘加单元和改进的“哈佛”结构, 使其运算能力大大超越了传统的微处理器。一个合理的推论是: 通过增加片上运算单元的个数以及相应的连接这些运算单元的总线数目, 就可以成倍地提升芯片的总体运算能力。当然, 这个推论有两个前提条件必须满足: 首先是存储器的带宽必须能够满足由于总线数目增加所带来的数据吞吐量的提高; 另外, 多个功能单元并行工作所涉及的调度算法的复杂度必须是可实现的。

1997 年, TI 公司发布了基于 VLIW (超长指令字) 体系结构的 C62x DSP 内核。它在片内集成了两组完全相同的功能单元, 各包括一个 ALU (算术及逻辑单元)、一个乘法单元、一个移位单元和一个地址产生单元。这 8 个功能单元通过各自的总线与两组寄存器组连接。理想情况下, 这 8 个功能单元可以完全并行, 从而在单周期内执行 8 条指令操作。VLIW 体系结构使得 DSP 芯片的性能得到了大幅提升。在此基础上, TI 公司又发布了 C64x DSP 内核, 其主要改进之处在于进一步加宽了寄存器组与内存之间的总线宽度, 以及改善了单个功能单元对于 SIMD (单指令多数据) 操作的支持等。

VLIW 结构对功能单元采用静态调度的策略, DSP 内部只完成简单的指令分发, 调度算法的实现可以由编译器完成, 用户也可以通过手工编写汇编代码的形式实现自主调度。其好处是 DSP 芯片的使用难度大大降低。通过使用高效的 C 语言编译器, 普通用户也可以开发出具有较高效率的 DSP 运行程序。

随着芯片主频的不断提高, 存储器的访问速度日益成为系统性能提升的瓶颈。在现有的制造工艺下, 片上存储单元的增加将导致数据线负载电容的增加, 影响到数据线上信号的开关时间, 这意味着片上高速存储单元的增加将是十分有限的。为了解决存储器速度与 CPU 内核速度不匹配的问题, 高性能的 CPU 普遍采用 Cache (高速缓存) 机制, 新的 DSP 芯片也开始采用这种结构。以 TI 的 C64x DSP 为例, 它采用两级 Cache 的结构, L1 Cache 分为独立的程序缓存 (L1P) 和数据缓存 (L1D), 其大小各为 16KB, 访问速度与 DSP 内核的运行时钟频率相匹配, L2 Cache 则采用统一的形式管理, 其大小从 256KB 到 1MB 不等, 访问速度比 L1 Cache 慢得多。L2 Cache 通过 DMA 与外部低速的存储器件进行数据交换, 为增加 Cache 的命中率, C64x 的 Cache 还采用了多路径的结构形式。研究表明, 在很多情况下, 采用这种多级缓存的架构可以达到采用完全片上存储器结构的系统约 80% 的执行效率。但是, 采用 Cache 机制也在一定程度上增加了系统执行时间的不确定性, 其对于实时系统的影响需要用户认真地加以分析和评估。Cache 对于 DSP 芯片还是一个比较新的概念。DSP 开发人员需要更深入地了解 Cache 的机制, 相应地对算法的数据结构、处理流程以及程序结构等做出调整, 以提高 Cache 的命中率, 从而更有效地发挥 Cache 的作用。

对于特定的终端应用, SoC (系统芯片) 可以兼顾体积、功耗和成本等诸多因素, 因而逐渐成为芯片设计的主流。DSP 器件也逐渐从传统的通用型处理器中分离出更多的直接面向特定应用的 SoC 器件。这些 SoC 器件多采用 DSP+ARM 的双核结构, 既可以满足核心算法实现的需求, 又能够满足网络传输和用户界面等的需求。同时, 越来越多的专用接口以及协处理器被集成到芯片中, 用户只需添加极少的外部芯片, 即可构成一个完整的应用系统。以 TI 公司为例, 其推出的面向第 3 代无线通信终端的 OMAP1510 芯片等, 面向数码相机的 DM270 芯片等, 面向专业音频设备的 DA610 芯片等, 面向媒体处理的 DM642 芯片等, 都是 SoC 应用的典型例子。

1.3 DSP 系统的构成

通常, 一个典型的 DSP 系统应包括抗混叠滤波器、数据采集 A/D 转换器、数字信号处理器 DSP、D/A 转换器和低通滤波器等, 其组成框图如图 1-1 所示。

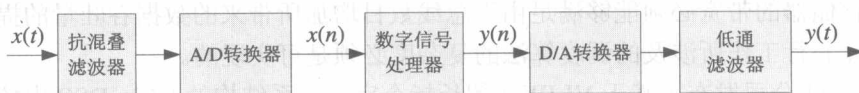


图 1-1 典型的 DSP 系统框图

系统输入信号 $x(t)$ 有各种各样的形式, 可以是语音信号、视频信号、传真信号, 还可以是来自电话线上的已调制的数据信号。

DSP 系统的处理过程如下:

(1) 将输入信号 $x(t)$ 进行抗混叠滤波, 滤掉高于折叠频率的分量, 以防止信号频谱的混叠。

(2) 经采样电路和 A/D 转换器, 将滤波后的信号转换为数字信号 $x(n)$ 。

(3) 数字信号处理器对 $x(n)$ 进行处理, 得到数字信号 $y(n)$ 。

(4) 经 D/A 转换器, 将 $y(n)$ 转换成模拟信号 $y(t)$ 。

(5) 经低通滤波器, 滤出高频分量, 得到平滑的模拟信号 $y(t)$ 。

需要指出的是 DSP 系统可以由一个 DSP 芯片和外围电路组成, 也可以由多个 DSP 芯片及外围电路组成, 这完全取决于对信号处理的要求。另外, 并不是所有的 DSP 系统都必须包含框图中所有的部分。例如, 网络视频系统的输出信号并不是一个连续变化的模拟信号, 而是一个包含图像数据的网络数据信号。

1.4 DSP 系统的设计过程

对于一个 DSP 应用系统, 其设计的过程如图 1-2 所示。

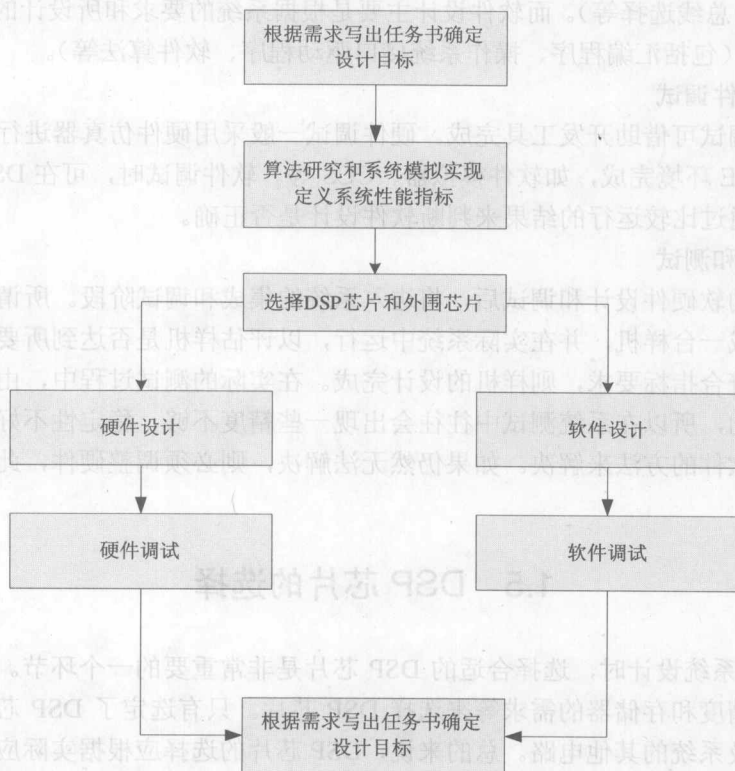


图 1-2 DSP 应用系统设计流程图

1. 明确设计任务, 确定设计目标

在进行 DSP 应用系统设计之前首先要明确设计任务, 写出任务设计书。在设计任务书中, 应根据设计题目和要求, 准确、清楚地描述系统的功能和完成的任务, 描述的方式可以用人工语言描述, 也可以是流程图或算法描述。然后根据任务书来选择设计方案, 确定设计目标。

2. 算法模拟, 确定性能指标

此阶段主要是根据设计任务和设计目标, 确定系统的性能指标。首先应根据系统的要求进

行算法仿真和高级语言（如 MATLAB）模拟实现，以确定最佳算法。然后根据算法初步确定相应的参数。

3. 选择 DSP 芯片和外围器件

根据算法要求（如运算速度、运算精度和存储器的需求等）和外围功能要求（如前端模拟信号处理、中间信号控制、电路监测、后段信号处理等需求）来选择 DSP 芯片和外围芯片。算法要求决定了处理器和存储器的选择，输入输出信号的接口决定了外围接口芯片和控制电路芯片、电源芯片的选择。

4. 设计实时的 DSP 应用系统

这个阶段主要完成系统的硬件设计和软件设计。首先，应根据选定的算法和 DSP 芯片，对系统的各项功能使用软件实现还是硬件实现进行初步的分工；然后根据系统的要求进行硬件和软件设计。硬件设计主要是根据设计要求，进行框图（要清晰的描绘信号流和功能模块）、外围接口电路和其他电路（如转换、控制、存储、输入、输出等电路）的设计、接口方式描述（包括接口协议、接口总线选择等）。而软件设计主要是根据系统的要求和所设计的硬件电路，编写相应的 DSP 程序（包括汇编程序、操作系统接口驱动程序、软件算法等）。

5. 硬件和软件调试

硬件和软件调试可借助开发工具完成。硬件调试一般采用硬件仿真器进行，而软件调试一般借助 DSP 的 IDE 环境完成，如软件模拟器、CCS 等。软件调试时，可在 DSP 上执行实时程序和模拟程序，通过比较运行的结果来判断软件设计是否正确。

6. 系统集成和测试

当完成系统的软硬件设计和调试后，将进入系统的集成和调试阶段。所谓系统的集成是将软硬件结合组装成一台样机，并在实际系统中运行，以评估样机是否达到所要求的性能指标。若系统测试结果符合指标要求，则样机的设计完成。在实际的测试过程中，由于软硬件调试阶段的环境是模拟的，所以在系统测试中往往会出现一些精度不够、稳定性不好等问题。这种情况一般通过修改软件的方法来解决。如果仍然无法解决，则必须调整硬件，此时的问题就比较严重了。

1.5 DSP 芯片的选择

在 DSP 芯片系统设计时，选择合适的 DSP 芯片是非常重要的一个环节。通常依据系统的运算速度、运算精度和存储器的需求等来选择 DSP 芯片。只有选定了 DSP 芯片，才能进一步设计其外围电路及系统的其他电路。总的来说，DSP 芯片的选择应根据实际应用系统的需要而定。不同的 DSP 应用系统由于场合、应用目的不尽相同，对 DSP 芯片的选择也不同。DSP 器件的特点使得它特别适合嵌入式的实时数字信号处理任务。一般来说，选择 DSP 芯片时应考虑如下一些因素。

1. 实时 DSP 芯片的运算速度

要给系统选择一个合适的 DSP 芯片需要了解系统实时的意义。

实时的定义因具体应用不同而不同。一般而言，对于逐样本（sample-by-sample）处理的系统，如果对单次样本的处理可以在相邻两次采样的时间间隔之内完成，我们就称这个系统满足实时性的要求，即 $t_{\text{process}} > t_{\text{sample}}$ ，其中， t_{process} 代表系统对单次采样样本的处理时间， t_{sample} 代表两

次采样之间的时间间隔。举例来说,某个系统要对输入信号进行滤波,采用的是一个 100 阶的 FIR 滤波器。假设系统的采样率为 1kHz,如果系统在 1ms 之内可以完成一次 100 阶的 FIR 滤波运算,我们就认为这个系统满足实时性的要求;如果采样率提高到 10kHz,那么实时性条件也相应提高,系统必须在 0.1ms 内完成所有的运算。需要注意, t_{process} 还应当考虑各种系统开销,包括中断的响应时间、数据的吞吐时间等。

正确理解实时的概念是很重要的。工程实现的原则是“量体裁衣”,即从工程的实际需要出发设计系统,选择最合适方案。对于 DSP 的工程实现而言,脱离系统的实时性要求,盲目选择高性能的 DSP 器件是不科学的,因为这意味着系统复杂度、可靠性设计、生产工艺、开发时间、开发成本以及生产成本等方面产生了不必要的开销。从这个角度而言,即使系统开发成功,整个工程项目也可能仍然是失败的。

确定应用系统的运算速度后者要使用恰当的 DSP 芯片就要选择相应的 DSP 芯片, DSP 芯片的运算速度是一个最重要的性能指标, 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要的时间,通常以 ns 为单位。如果 DSP 芯片平均在一个周期内可以完成一条指令,则该周期等于 DSP 主频的倒数,如 TMS320DM642-500 芯片当主频是 500MHz 时的指令周期是 2ns。

(2) MAC 时间。即完成一次乘法—累加运算所需要的时间。

(3) MIPS。即每秒执行百万条指令,如 TMS320DM642-500 的处理能力是 4000MIPS。

2. DSP 芯片的价格

DSP 芯片的价格也是选择 DSP 芯片所需考虑的一个重要因素。如果采用价格昂贵的 DSP 芯片,即使性能再高,其应用范围肯定也会受到一定的限制。因此,芯片的价格是 DSP 应用产品能否规模化、民用化的重要决定因素。在 DSP 系统设计过程中,应根据实际系统的应用情况来选择一个价格适中的 DSP 芯片。当然,由于 DSP 芯片发展迅速, DSP 芯片的价格往往下降较快,因此,在系统开发阶段,可选用某种稍贵的 DSP 芯片,等到系统开发完毕后,其价格可能已经下降一半甚至更多。

3. DSP 芯片的硬件资源

不同的 DSP 芯片所提供的硬件资源是不同的,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 C6000 系列),不同型号的芯片,其内部硬件资源也有所不同。

4. DSP 芯片的开发工具

快捷、方便的开发工具和完善的软件支持是开发大型、复杂 DSP 系统的必备条件。如果没有开发工具的支持,想要开发一个复杂的 DSP 系统几乎是不可能的。所以,在选择 DSP 芯片的同时必须注意其开发工具的支持情况,包括软件和硬件的开发工具等。近几年来,各大 DSP 供应商已经重视并努力解决这一问题。如 TI 公司推出的 Code Composer Studio 集成开发环境已经推出 CCS3.1 再加上 BIOS 操作系统、eXpressDSP 实时软件技术,算法库的不断推出为用户快速开发实时、高效的应用系统提供了帮助。

5. DSP 芯片的功耗

在某些 DSP 应用场合,功耗也是一个需要特别注意的问题。如果便携式 DSP 设备、手持设备、野外应用的 DSP 设备等都对功耗有特殊要求。目前, 3.3V 供电的低功耗高速 DSP 芯片已经大量使用。

6. 其他因素

近几年流行的嵌入式应用对系统成本、体积和功耗等因素敏感。DSP 器件在这些方面都具有明显的优势，因此 DSP 器件特别适合于嵌入式的实时数字信号处理应用。反过来，对于某一个具体的嵌入式的实时数字信号处理任务，DSP 却往往不是唯一的，或者是最佳的解决方案。我们看到：越来越多的嵌入式 RISC 处理器开始增强数字信号处理的功能；FPGA 厂商为 DSP 应用所做的努力一直没有停止过；针对某项特定应用的 ASIC/ASSP 器件的推出时间也越来越快。开发人员面临的问题是如何根据实际的应用需求客观地评价和选择处理器件。DSP 实际上是一种比较折中的解决方案。以媒体处理应用为例，现行的国际标准较多，包括 MPEG1/2/4、H261/263/264 等，各种标准在一段时间内共存，新的标准还在不断涌现。如果系统设计需要兼顾实现性能和多标准的适应性，DSP 可能是一个较好的选择。但是，如果应用比较固定，对价格又特别敏感，采用专用的 ASIC 芯片可能就会更加合适。

1.6 TMS320 系列 DSP 芯片简介

TI 公司自 1982 年推出第一款定点 DSP 芯片以来，相继推出了定点、浮点和多处理器三类运算性能不同的 DSP 芯片，共发展了七代产品。其中定点运算单处理器有七个系列，浮点单处理器有三个系列，多处理器的 DSP 有一个系列。主要按照 DSP 的处理速度、运算精度和并行处理能力分类，每一类产品结构相同，只是片内存储器和片内外设配置不同。图 1-3 是 TI 公司的产品线图表。

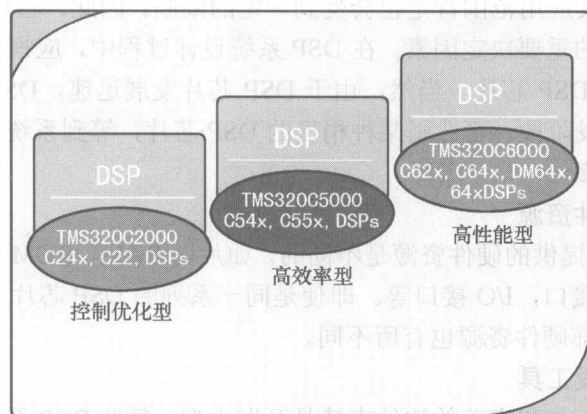


图 1-3 TI 公司的产品线图表

第 2 章 IDE 环境

本章介绍 TMS320C6000 的 IDE 环境 CCS (Code Composer Studio) 软件开发过程、CCS 组件及 CCS 使用的文件和变量。CCS 提供了配置、建立、调试、跟踪和分析程序的工具,它便于实时嵌入式信号处理程序的编制和测试,能够加速开发进程,提高工作效率。

2.1 CCS 概述

CCS 提供了基本的代码生成工具,它们具有一系列的调试、分析能力。CCS 支持如图 2-1 所示的开发周期的所有阶段。

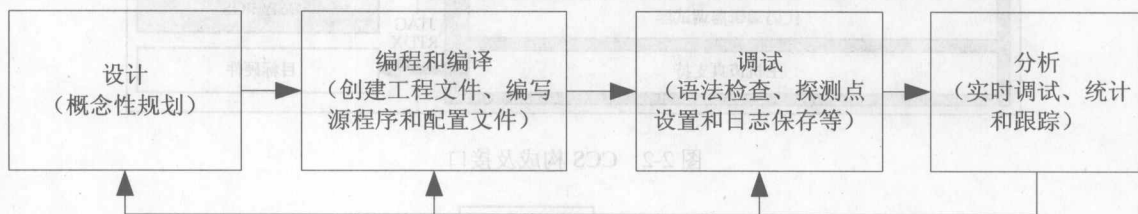


图 2-1 CCS 开发周期示意图

在使用 CCS 之前,必须完成下述工作:

(1) 安装目标板和驱动软件。按照目标板所提供的说明书安装。如果你正在用仿真器或目标板,其驱动软件已随目标板提供,你可以按产品的安装指南逐步安装。如果不使用硬件板,就可以使用 CCS 的仿真功能。

(2) 安装 CCS。遵循安装说明书安装。本章主要介绍 CCS3.1 的使用过程。

(3) 运行 CCS 安装程序 SETUP。SETUP 程序允许 CCS 使用为目标板所安装的驱动程序。

CCS 构成及接口如图 2-2 所示。

CCS 包括如下部分:

(1) CCS 代码生成工具。

(2) CCS 集成开发环境 (IDE)。

(3) DSP/BIOS 插件程序和 API。

(4) RTDX 插件、主机接口和 API。

2.2 代码生成工具

代码生成工具奠定了 CCS 所提供的开发环境的基础。图 2-3 是一个典型的软件开发流程图,图中阴影部分表示通常的 C 语言开发途径,其他部分是为了强化开发过程而设置的附加功能。

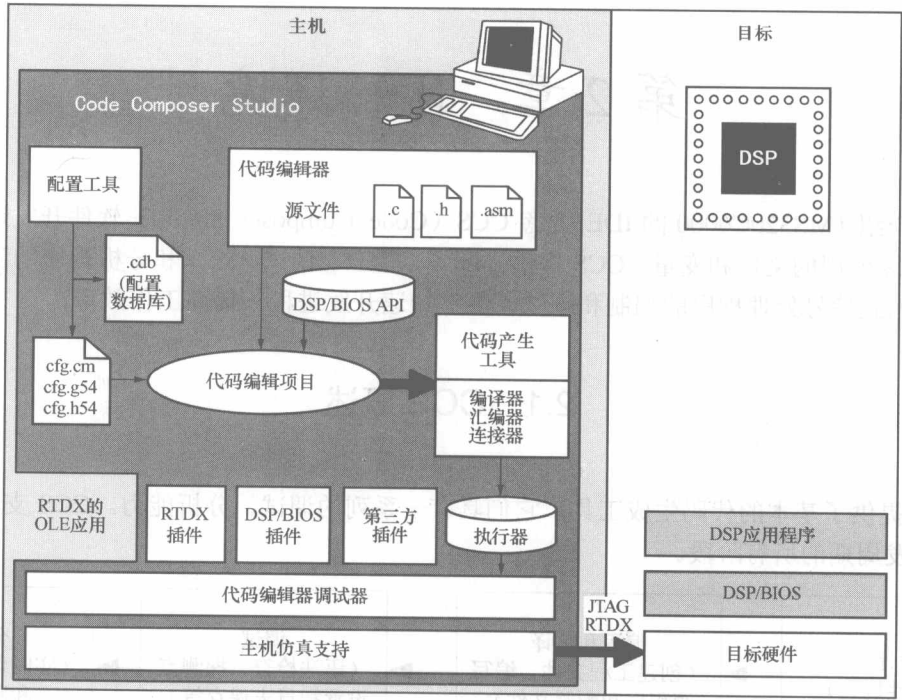


图 2-2 CCS 构成及接口

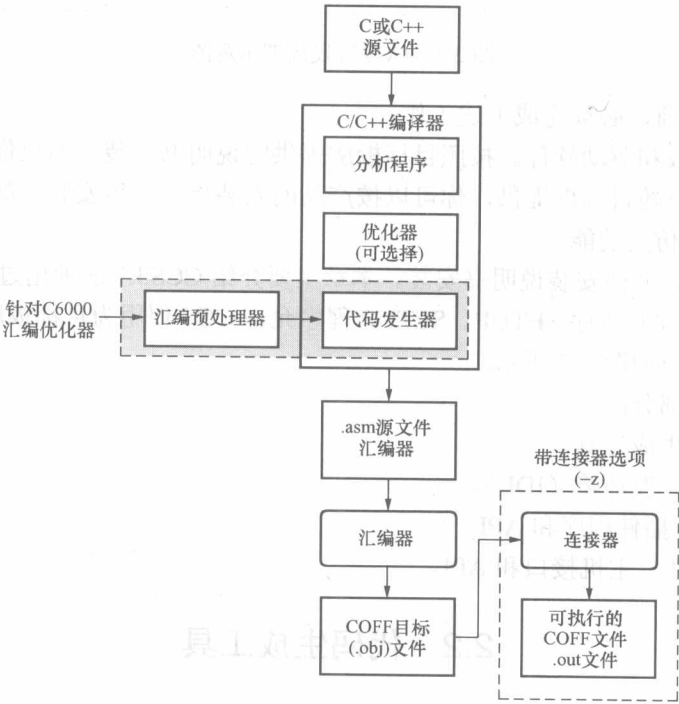


图 2-3 软件开发流程图

图 2-3 描述的工具介绍如下：

(1) C 编译器 (C compiler)。产生汇编语言源代码, 其细节参见 TMS320C6000 最优化 C 编译器用户指南。

(2) 汇编器 (assembler)。把汇编语言源文件翻译成机器语言目标文件, 机器语言格式为公用目标格式 (COFF), 其细节参见 TMS320C6000 汇编语言工具用户指南。

(3) 连接器 (linker)。把多个目标文件组合成单个可执行的目标模块。它一边创建可执行模块, 一边完成重定位以及决定外部参考。连接器的输入是可重定位的目标文件和目标库文件, 有关连接器的细节参见 TMS320C6000 最优化 C 编译器用户指南和汇编语言工具用户指南。

(4) 归档器 (archiver)。允许你把一组文件收集到一个归档文件中。归档器也允许你通过删除、替换、提取或添加文件来调整库, 其细节参见 TMS320C6000 汇编语言工具用户指南。

(5) 助记符到代数汇编语言转换公用程序 (mnemonic_to_algebraic assembly translator utility)。把含有助记符指令的汇编语言源文件转换成含有代数指令的汇编语言源文件, 其细节参见 TMS320C6000 汇编语言工具用户指南。

(6) 建库程序 (library_build utility)。你可以利用它建立满足你自己要求的“运行支持库”, 其细节参见 TMS320C6000 最优化 C 编译器用户指南。

(7) 运行支持库 (run_time_support libraries)。它包括 C 编译器所支持的 ANSI 标准运行支持函数、编译器公用程序函数、浮点运算函数和 C 编译器支持的 I/O 函数, 其细节参见 TMS320C6000 最优化 C 编译器用户指南。

(8) 十六进制转换公用程序 (hex conversion utility)。它把 COFF 目标文件转换成 TI-Tagged、ASCII-hex、Intel、Motorola-S 或 Tektronix 等目标格式, 可以把转换好的文件下载到 EPROM 编程器中, 其细节参见 TMS320C6000 汇编语言工具用户指南。

(9) 交叉引用列表器 (cross_reference lister)。它用目标文件产生参照列表文件, 可显示符号及其定义, 以及符号所在的源文件, 其细节参见 TMS320C6000 汇编语言工具用户指南。

(10) 绝对列表器 (absolute lister)。它输入目标文件, 输出 .abs 文件, 通过汇编 .abs 文件可产生含有绝对地址的列表文件。如果没有绝对列表器, 这些操作将需要冗长乏味的手工操作才能完成。

2.3 CCS 集成开发环境

CCS 集成开发环境 (IDE) 允许编辑、编译和调试 DSP 目标程序。

2.3.1 编辑源程序

CCS 允许编辑 C 源程序和汇编语言源程序, 你还可以在 C 语句后面显示汇编指令的方式来查看 C 源程序, 如图 2-4 所示。

集成编辑环境支持下述功能:

- (1) 用彩色加亮关键字、注释和字符串。
- (2) 以圆括弧或大括弧标记 C 程序块, 查找匹配块或下一个圆括弧或大括弧。
- (3) 在一个或多个文件中查找和替代字符串, 能够实现快速搜索。
- (4) 取消和重复多个动作。
- (5) 获得“上下文相关”的帮助。