

DSP在惯性技术中的设计与应用

李 嵘 张海燕

摘 要 DSP具有速度快、精度高、价格低等特点,而惯性技术要求信号处理具有响应时间快、运算精度高、可靠性好,DSP非常适合于在惯性技术中应用,作者介绍了DSP的特点、设计方法、DSP在捷联系统中的应用,以及世界DSP厂商和产品等内容。

关键词 DSP、信号处理、捷联惯导、光纤陀螺

1 概述

DSP芯片自20世纪80年代初诞生,在短短的二十多年内得到了飞速的发展,今天数字信号处理已广泛的应用在多媒体、网络、通讯、雷达、控制等各个领域,在信息社会的运作之中,DSP起到十分重要的作用。DSP在推动信息社会发展的同时,也使得航空、宇航、海洋、军事等领域等到了迅猛的发展。惯性技术是利用惯性器件和高科技手段实现海、陆、空全方位的导航、制导与控制,惯性技术代表一个国家国防军事力量的水平。美国的惯性技术引领世界先进水平,美国“阿波罗”成功登陆月球、火星探测器、“和平”号航天飞机、国家导弹防御系统等都依赖其先进的惯性技术,在美国DSP在军事技术特别惯性技术中得到广泛的应用。1983年中国开始利用DSP进行设计,1985年研制出语音编码器,目前国内有一些工程师在积极的利用DSP进行设计开发,但由于诸多原因,DSP在国内应用范围还很小,主要集中在无线通讯等少数几个领域。根据DSP的性能、特点非常适合应用于惯性技术中,正确合理的应用DSP一定会加快和提高惯性技术研制速度和性能水平。

2. DSP芯片简介与举例

目前世界上生产DSP芯片的厂家有很多,其中美国德州仪器公司(简称TI公司)1999年市场占有率为全球47%,引领世界DSP产业,TI公司从1982年开始一直从事DSP芯片开发,现有产品近几十种,DSP主要分为两类:浮点处理器(Floating-Point DSP)和定点处理器(Fixed-Point DSP)。浮点处理器主要应用于军事、工业、机器人、图形图像等领域主要产品有TMS320C3X、C4X等系列产品;定点处理器主要应用于控制、语音、计算机、通讯、天线等领域,主要产品有TMS320C2X、C2XX、C5X、C54X等系列产品。2000年TI又推出一些DSP新品,如TMS320C55X、C62X、C64X、C67X,前两种为定点处理器,后两种为浮点处理器,它们主要特点是体积小、功能多、功耗低、速度快(最高达1G),是DSP家族的新品。DSP 精度高、速度快、开发周期短等特点非常适合在惯性技术方面的应用,本文以TMS320C32 DSP芯片(内部结构见图1)为例介绍DSP的内部组成和特点。

TMS320C32DSP特点:

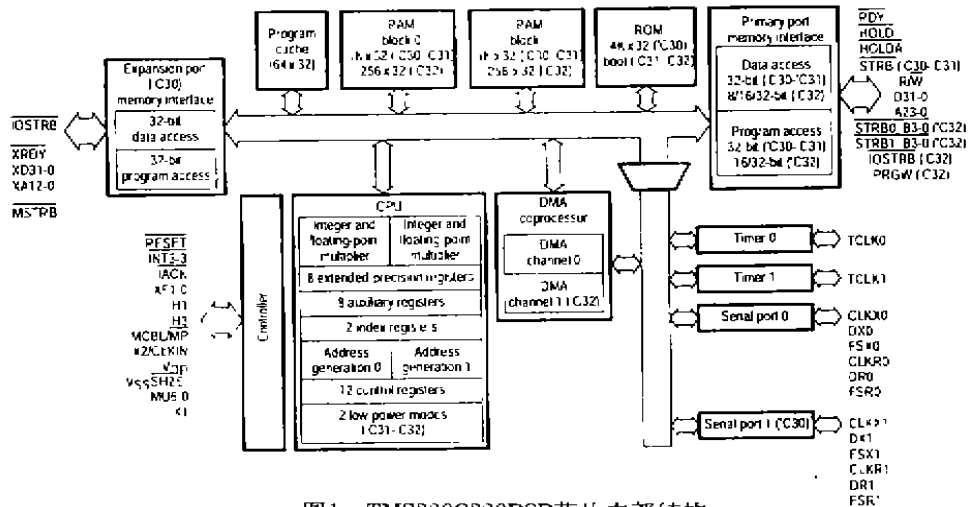


图1 TMS320C32DSP芯片内部结构

- 32位CPU 16M字寻址能力
- 40/50/60MFLOPS(每秒百万次浮点运算)、20/25/30MIPS(每秒执行百万条指令)
- 24/32bit整数、32/40bit浮点数乘法器和并行ALU
- 32位桶形移位器
- 8个辅助寄存器及2个运算单元
- 8个扩展精度运算寄存器
- 64\32bit Cache
- 2个片上DMA
- 支持多重处理的互锁指令
- 双/三操作指令
- 流水线操作
- 8/16/32bit 外部存储器扩展(见图2)

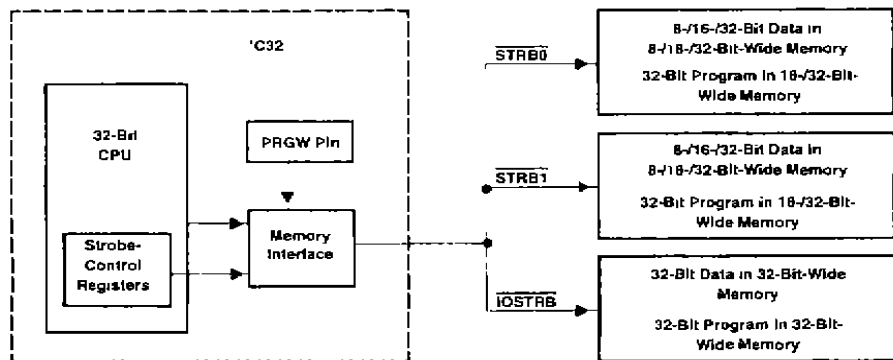


图2 TMS320C32外部存储器扩展

TMS320C32开发与支持:

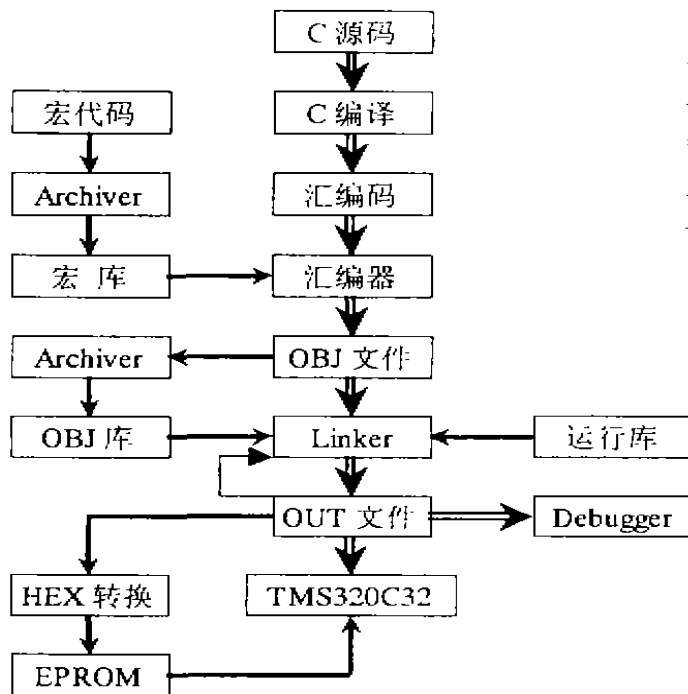


图3 TMS320C32开发设计流程

以上简单介绍TMS320C32的结构、特点、应用及开发,反映出TMS320C32DSP精度高、速度快、系统构成容易、开发应用简单,是目前比较理想的浮点DSP芯片,非常适合于在惯性技术中的应用。

3. 应用举例

我们将TMS320C32 DSP在光纤陀螺及光纤陀螺捷联系统中的应用作为例子,作为DSP在惯性技术中的应用举例,完整的介绍一个DSP应用实例。

捷联惯导系统是将惯性敏感元件(陀螺、加速度计)直接安装在运载体上,陀螺和加速度计直接敏感运载体的姿态和加速度变化,利用计算机实时解算出姿态、位置、速度信息,供导航和控制使用,是一种新型的惯性导航系统。光纤陀螺捷联惯导系统采用光纤陀螺为主要惯性元件,光纤陀螺捷联惯导系统可以提供三维角度、角速度、速度、位置以及攻角 α 、侧滑角 β 、速度头输出,供驾驶仪解耦控制、变参数以及红外侧窗控制用,捷联系统原理框图见下图。

光纤陀螺信号处理和捷联用计算机选用TI公司的TMS320C32 DSP为CPU,配以适当的A/D、D/A、I/O接口和快速存储器,完成光纤陀螺的信号处理和捷联惯导所需的高速采样、解算、控制和数据传输功能,系统结构见下图。

光纤陀螺捷联惯导系统的软件采用模块化设计,汇编语言和高级语言(C语言)混合编程,陀螺信号处理、捷联解算部分采用ANSI C编制,系统初始化、数据传输、自检、控制等由汇编语言编写,这样不仅提高编程和运行效率,而且增强程序的可读性。捷联解算方法拟采用定时增量法,实时更新四元数求解姿态矩阵,弹体的速度和位置分别采用一阶和二阶数值积分求解。光纤陀螺捷联惯导系统采用了DSP芯片,具有速度快、精度高等特点。

从图3可见DSP的开发的程序设计可以采用汇编语言和高级语言(C语言)进行编程,既可以采用独立编程也可以进行混合编程,以提高效率。TI和第三方公司已经开发了设计许多的开发软件和调试工具。

开发软件:

DSP Assembly Language Tools

DSP Optimizing C Compiler

DSP C Source Debugger

CCS(Code Composer Studio)

eXpressDSP™

调试工具:

XDS-510 for C3x/C4x

Simulator for C3x/C4x

DSK(DSP Start Key)

EVM(Evaluation Module)

Emulator

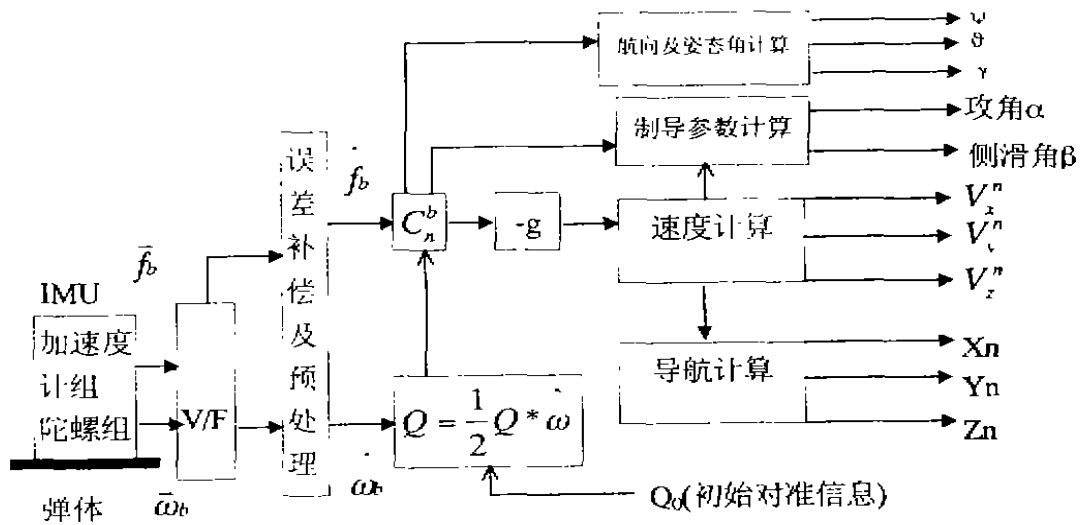


图4 光纤陀螺捷联惯导系统原理框图

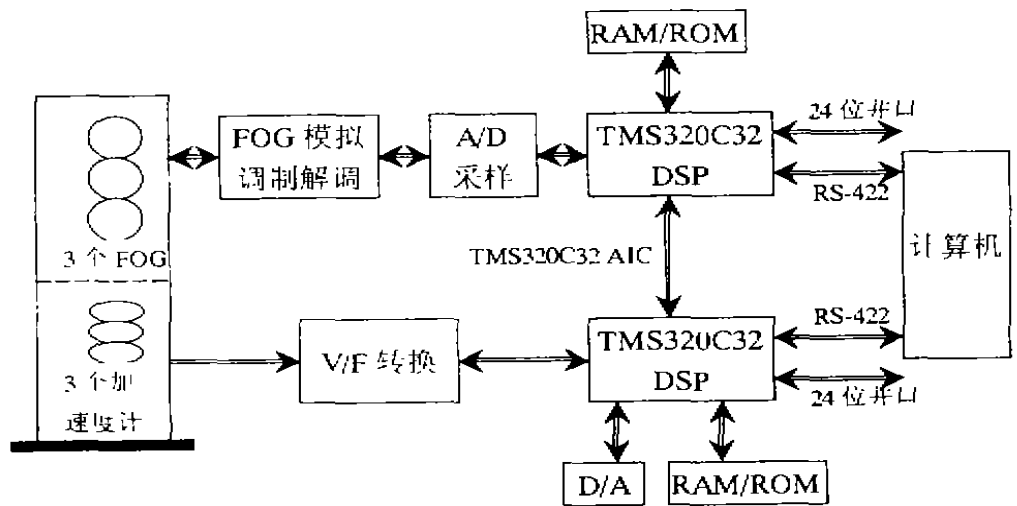


图5 光纤陀螺捷联惯导系统基本工作构成

在应用中合理使用DSP资源和指令系统,掌握软件编制技巧会使DSP能更好的发挥效能。下面结合我们在DSP应用中的体会,作些经验性的介绍:

① 正确进行DSP初始化

DSP初始化主要有总线、定时器、DMA、中断及外部设备等,使整个系统初始状态正确、工作协调,初始化是DSP工作的第一步。

② 片内RAM应用

TMS320C32 DSP 有512 * 32bit片内RAM,将常用的变量、堆栈定义到片内RAM,减少与片外的数据交换,提高运行速度。

③ 正确使用DMA

DMA利用中断,不占用CPU时间,直接完成数据转移,特别是与外设进行数据交换而不降低CPU的计算能力和速度。

④ 中断处理

TMS320C32 DSP支持10个片内外中断,中断使用可以节约充分利用指令时间,避免不必要的查询等待,当使用多个中断源时合理安排中断优先级。

⑤ 避免流水线冲突

TMS320C3X DSP操作是流水线结构,是DSP区别于MCU的主要特点,但在跳转、转移、循环指令往往会引起流水线冲突,一种简单的方法在存在冲突的指令后面加3条NOP指令,可以有效的避免流水线冲突。

⑥ 汇编语言和C语言

汇编语言在底层的初始化、I/O控制方面编程效率高,C语言在编写复杂的运算过程时特别有用,但二者各有缺点,汇编语言可读性差,C语言运行效率不及汇编语言。所以在编程根据系统任务需要合理选用汇编语言或C语言,或者混合编程。

以上介绍了DSP在光纤陀螺捷联惯导系统中的应用,通过实践证明DSP在捷联惯导中应用是成功的,为将DSP推广到惯性技术中去,提供很好的例子。

4. 结束语

二十一世纪,惯性技术将得到巨大的发展和提高,随着世界DSP厂商和DSP芯片品种的不断增多,为我们选择和使用DSP提供了良好的市场后盾,增强了DSP在惯性技术中应用的信心,DSP的广泛使用必将推动惯性技术向更快速、更精确、更可靠的方向发展。

参 考 文 献

- 《TMS320C3x User's Guider》
- 《TMS320C32 Addendum to the TMS320C3x User's Guider》
- 《TMS320C3x/C4x Assembly Language Tools User's Guider》
- 《捷联式惯性导航系统》张树侠 国防工业出版社