

文章编号:1002-0640(2010)06-0170-03

基于 DSP 的旋转弹用微小型导航系统设计

崔 敏, 马铁华, 范锦彪, 曹咏宏, 张 萌

(中北大学仪器科学与动态测试重点实验室, 太原 030051)

摘 要:在无陀螺捷联惯导系统中, 针对旋转弹体积小、功耗大、采样频率高、姿态变化快、解算周期短等问题。为满足旋转弹对其导航计算机的严格要求, 提出了一种基于 DSP 的旋转弹用微小型导航系统设计, 首先叙述了系统的总体方案设计, 接着重点介绍了系统各模块的软硬件设计。本设计在硬件上节省了系统的体积和功耗, 软件设计上节省了求解周期。

关键词:无陀螺捷联惯导系统, 旋转弹, DSP

中图分类号: V448 文献标识码: A

Design of Micro-navigation for Spinning Projectile based on DSP

CUI Min, MA Tie-hua, FAN Jin-biao, CAO Yong-hong, ZHANG Meng

(Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In the gyroscope-free strapdown inertial navigation system, the spinning projectile has little volume, low power, high sampling rate, high roll angular velocity and short resolving time. To meet the strict requirements of the spinning projectile to its navigation computer, a design of micro-navigation for spinning projectile based on DSP is proposed. The article first narrated the processor of system project design and chip selection, summarized structure and character of DSP. Then it focused on introduction of hardware and software design of GFSINS. This design saves the volume and power in the hardware and period of resolving in the software.

Key words: gyroscope-free strapdown inertial navigation system, spinning projectile, DSP

引 言

在传统惯性测量系统中, 常利用线加速度计测量物体的加速度, 利用陀螺测量物体的角速度。但是由于陀螺的制造工艺复杂、难以承受大的加速度和角速度冲击等高动态环境, 使得目前能够用于高速自旋载体的惯性测量系统主要是无陀螺惯性测量系统^[1]。无陀螺捷联惯导系统的运算量要远远大于有陀螺的捷联惯导系统。因此, 要求导航计算机要有很快的运算速度, 以达到所要求的精度和实时性。而使用通用 CPU 作为中央处理器, 需要许多外部设备,

体积和重量都比较大, 同时存在不同程度的资源浪费, 成本很高。本文介绍了一种基于 DSP 的旋转弹用微小型导航系统设计, 这个系统具有体积小、姿态角速率大等特点, 同时由 DSP (TMS320C6713) 作为无陀螺捷联惯导系统的核心数据处理器, 以提高系统的集成度, 减小体积和重量, 提高运算速度和精度, 降低成本。

1 系统的整体硬件电路设计

旋转弹用解算系统是惯性测量系统的电子部分, 负责采集和转换多加速度计的信号, 经过信号调理后, 实时解算旋转弹所需的惯性测量信息(如滚转角), 并将结果转换和向制导系统输出。旋转弹体积小、姿态变化快, 要求弹载解算系统体积小、功耗低、采样率高、解算周期短。本文根据弹旋基准的实际要

收稿日期: 2009-03-15

修回日期: 2009-06-25

作者简介: 崔 敏(1980-), 女, 山东东营人, 硕士, 讲师, 在读博士, 研究方向: 新型传感技术。

求,设计了满足要求的微小型弹箭解算硬件系统。

基于 DSP 的旋转弹用微小型导航系统主要是由传感器模块、信号滤波及调理模块、AD 模块、CPLD 或 FPGA 控制模块、DSP 解算模块、电源管理模块等组成的。系统要实现的功能有:加速度计信号的采集、处理、导航信息输出及存储等功能,同时对整个电路进行微型化、低功耗设计。而且为保证系统精度,要求系统有较高的采样率和计算速度。适用于旋转弹的微小型惯性解算系统总体硬件原理框图如下^[2]:

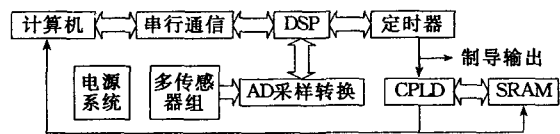


图 1 微小型惯性导航系统基本硬件原理图

由原理图可知,系统运行的具体流程如下:首先,系统上电复位。程序从 FLASH 加载,完成导航解算程序的导入以及一些初始化工作,如初始化 EMIF 接口等,然后程序开始运行。DSP 通过控制外接异步串口模块(UART)与上位主机进行通信,完成主机通信后,AD 芯片进行数据采集和转换,采集到的数据通过 DSP 的 EDMA 通道,存入内部 RAM 或 SRAM,转换完后触发 DSP 的 EDMA 进行数字信号的乘性传输,传输完成后 DSP 进行滚转角解算及误差补偿,然后是利用 DSP 对所采集的数据进行分析处理,最后将处理结果输出到 PC 机上,进行数据分析、显示和打印。

2 基于 DSP 的旋转弹用微小型导航系统的实现

2.1 数据采集模块设计

数据采集模块完成传感器输出量的采样、模拟滤波、放大、模数转换等功能。本系统采用 AD 公司生产的 16 位 A/D 转换芯片 AD7656。在电路中,采用 AD7656 的并行接口方式和工作于正常模式。本电路采用硬件控制来完成对 ADC 的控制。DSP 的 GPIO_x 口控制 AD7656 的 CONVST 引脚启动 ADC 的采样和转换,其中,CONVSTA/B/C 分别为 AD7656 的三组 AD 转换始能信号,每个转换使能控制两路模拟通道,V₁~V₆ 为 6 路模拟通道的模拟信号输入端口。AD 转换开始后自动输出 BUSY 信号,并保持为高。BUSY 信号的下降沿触发 DSP 的 EDMA 进行数据的并行传输,同时转换完成。

AD7656 的应用时序图如图 2 所示。^[4]

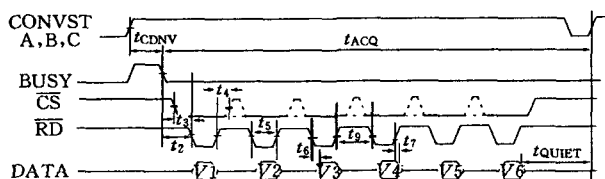


图 2 AD7656 的应用时序图

2.2 定时器模块

数据采集模块完成对 8 路加速度计的信号进行采集转换及传输的功能,DSP 继而完成滚装叫解算等功能,定时模块要根据旋转弹滚转角的特性分别向制导系统输出高电平。首先定时模块中 DSP 对姿态信息进行不同定时时间的判断,根据判断结果向定时器输出不同的定时指令,定时器根据不同的定时指令跳转到不同的定时程序,完成定时功能。本电路模块中,定时器选用 ATMEL 公司的微小型单片机 ATtiny13 完成^[5]。其电路配置图如图 3 所示。

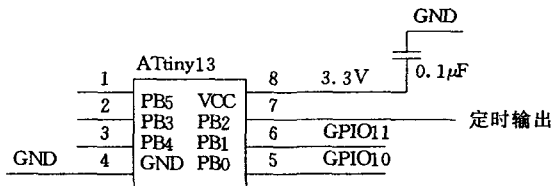


图 3 定时模块 ATtiny13 的配置原理图

2.3 存储模块设计

存储模块的主控制器 CPLD 采用 Xilinx 公司的 CoolRunner XPLA3 系列 3.3 V 供电低功耗芯片 XCR3128。CPLD 负责采集定时模块输出的信号并将其存储在静态存储器中。在考虑了采集存储的信号精度的基础上,采用 1 MHz 的频率来采集定时器模块的输出。系统工作时间为 20 s,如果每次只用存储器的一个单元记录一位采样数据,则需 20 M 的静态存储器单元,若电路采用容量为 2M×16 bit 的 N32T1630C1E 静态存储器,则需要 10 片 SRAM 芯片才能将数据完整的保存下来,这将增大电路的体积同时增加系统功耗。考虑到存储模块与计算机之间采用并口连接读取数据,且并行数据位的宽度受到限制,因此通过 VHDL 语言在 CPLD 内完成将串行数据转换成并行 12 位数据,再存入存储器中。20 s 定时模块输出的数据仅需 1.67 M 字的存储空间,用一片 2 M 字的 N32T1630C1E 即可满足要求^[1]。

2.4 主机串行接口(UART)设计

无陀螺捷联导航系统解算出所需参数以后,通

过串口传给计算机,在计算机中进行数据分析和显示,因此在 DSP 和计算机之间串口控制是不可缺少的,而当前大部分 DSP 芯片提供的是同步串行接口(TI 2000 系列除外),TMS320C6713 也是同样没有 UART,这就要求在 DSP 系统上扩展异步串行接口^[6,7]。这里选择通过 EMIF 外接芯片 TL16C752B 来扩展串口,其上包含两路相互独立的异步收发器,接收和发送各带 64 字节 FIFO,最高传输率达 1.5 Mbps,TL16C752B 包含 8 位异步并行存储器接口,可与 C6713 的外部存储器接口(EMIF)直接接口。TL16C752B 每通道包含 18 个寄存器,通过地址 A2~A0 及寄存器位对它们进行寻址,A、B 两通道分别由片选信号选通,因此在不引起冲突的情况下可把 TL16C752B 配在 DSP 上的 $\overline{CE0}$ 、 $\overline{CE2}$ 、 $\overline{CE3}$ 任何空间。另外,TL16C752B 还提供两个中断请求信号,INTA,INTB 分别用于两通道向 C6713 申请中断。另外,本系统还设计添加了 MAX3160 芯片,该芯片为目前常用的 RS232 串行通信电平转换芯片。

3 结 论

本文设计了适用于旋转弹的惯性测量解算系统软硬件方案,节省了多路模拟开关、多路 AD、FPGA 等,用多通道并行 AD 芯片 AD7656 在 DSP 的控制下完成所有工作,与常规基于 DSP 的惯性测量解算系统相比,节省了 25% 的体积和功耗。在软件设计上,虽然利用了 DSP 控制作用,但利用 AD7656 的

高性能和巧妙配置 DSP 的 EDMA 和 EMIF,使得 AD 转换及数据传输时间仅在几微妙内完成,与常规的 DSP 捷联惯性航姿系统的数据串行传输时间相当,由于省掉了 FPGA,解算模块不需要再用 DSP 的定时器控制,每次解算时间仅由算法长度确定,解算完成后即开启下一次 AD 采样,提高了采样速率和节省了解算周期,由于不需定时器的干预,也节省了电流的消耗,没有频繁的定时中断,提高了系统的稳定性,满足高速旋转弹导航系统的要求。

参考文献:

- [1] 张 萌. 旋转弹用惯性测量系统研究[D]. 太原: 中北大学, 2008.
- [2] 曹咏弘, 祖 静, 林祖森. 无陀螺捷联惯导系统综述[J]. 测试技术学报, 2004, 18(3): 269-273.
- [3] TMS320C6000 CPU and Instruction Set Reference Guide [S]. SPRU189, Texas Instruments Incorporated, 2000.
- [4] 张 萌, 马铁华, 范锦彪, 等. 旋转弹用微小型导航计算机设计[J]. 中北大学学报, 2007, 28(增刊): 77-80.
- [5] 赵 倩, 马铁华, 范锦彪, 等. 基于 DSP 的无陀螺捷联惯导系统设计[J]. 电子测试, 2008, 16(8): 67-70.
- [6] TMS320C6000 Peripherals Reference Guide. Texas Instruments Incorporated[S]. 2001.
- [7] TMS320C6000 Technical Brief. Texas Instruments Incorporated[S]. 1999.

(上接第 155 页)

限,即由其他节点来控制时间的推进。为了增强通用性,并没有将订购关系固定写在程序里,而是通过程序界面来进行选择和配置(图 5)。二维态势显示仿真流程如下:创建或者加入联邦;在仿真开始之前,读取并解析 FOM 文件;选择订购需要显示的仿真实体属性或者交互类并加入到实体列表中;仿真开始后,根据仿真的过程中所收到实体属性或者交互更新来更新二维态势显示;仿真结束后,清除实体列表;退出或销毁联邦。

3 结束语

本文给出了一种采用 GDI+ 开发二维全局态势显示系统的方法,详细讨论了其中所涉及到的主要关键技术。由于本文采用图片作为显示背景,缺少地

形标识,因而在背景显示上略显不足。下一步将重点考虑地标的设置、背景的分层以及特殊效果的显示等。

参考文献:

- [1] 马 璐,周一宇,姜文利. 基于 MapX 的卫星侦察态势显示系统的设计与实现[J]. 计算机工程与科学, 2004, 26(12): 79-81.
- [2] 王 妮,钟志农,李 军. 基于 MapObjects 的军事标图系统[J]. 兵工自动化, 2006, 28(8): 36-38.
- [3] 蔡志浩,彭晓源. 基于地理信息系统的虚拟战场态势显示[J]. 系统仿真学报, 2003, 15(7): 983-985.
- [4] 孙 鑫,余安萍. VC++ 深入详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [5] Alex Fr. Drawing Speed in GDI+ [EB/OL]. <http://www.codeproject.com/KB/GDI-plus/gdiplusspeed.aspx>, 2001.