

基于 DSP 的无陀螺捷联惯导系统设计

赵倩, 马铁华, 范锦彪

(中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室 太原 030051)

摘要: 本文主要研究适用于旋转弹的微型惯性测量系统方案。针对旋转弹高速自旋的特点, 即使采用捷联式惯导系统, 对捷联导航算法的实时计算能力和解算精度都提出了严格要求。这里提出了一种仅由 DSP 控制 AD 的弹载解算系统方案, 首先叙述了系统的总体方案设计及相关芯片的选型, 接着重点介绍了系统各模块的软硬件设计。在完成对多传感器信息的采集、处理、导航信息输出及存储等功能的同时, 对整个电路采用微型化、低功耗设计。本设计在硬件上节省了系统的体积和功耗, 软件设计上节省了解算周期。

关键词: 数字信号处理器; 旋转弹; 无陀螺; 捷联

中图分类号: V448 **文献标识码:** A

Design of DSP-based gyroscope free Strap-down inertial navigation System

Zhao Qian, Ma Tiehua, Fan Jinbiao

(Key Laboratory of Instrumentation Science and Dynamic Measurement in Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: This micro Inertial Measurement System (IMS) applied to spinning projectile was studied. It is the high spin of the projectile that the strap-down inertial navigation system cannot be applied easily, At the same time, and an IMCS was finally realized with DSP controlling AD directly. 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. It can collect and process the multi-sensor information and then output the navigation information. The results show that the precision and requirement of real-time are satisfied.

Keywords: DSP; Spinning Projectile; gyroscope-free; Strap-down

0 引言

用加速度计代替陀螺仪, 并且从加速度计量测的比力中解算出载体的角速度, 进而只用加速度计

来组成捷联惯导的测量组合, 称为无陀螺捷联惯导系统(the gyroscope free strap-down inertial navigation system, GFSINS)。目前的研究发现无陀螺捷联惯导系统适用于大动态范围、导航时间较短的载体的惯性制导, 其优点是低成本、低功耗、长寿

命、高可靠性、抗高过载等。特别适用于常规陀螺仪难以应用的特定场合,如自旋导弹、智能炮弹等。目前,该技术已受到国内外的广泛重视,成为一个研究热点。

本文提出由 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 总体方案设计

系统的总体方案首先满足系统的功能要求。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。

系统的总体设计方案框图如图 1 所示。

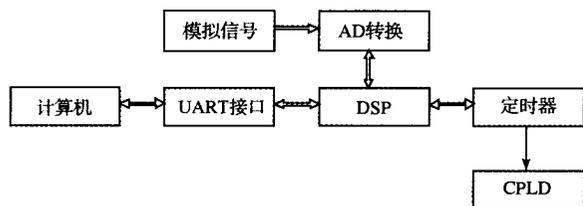


图 1 系统总体框图

1.1 系统工作原理

无陀螺捷联惯导系统,首先是利用加速度计和 AD 芯片进行数据采集,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 上,进行数据分析、显示和打印。系统的工作过程可以分为 3 个步骤,首先 DSP 定时中断触发 AD 进行模拟信号的采样和转换,转换完成后触发 DSP 的 EDMA 进行数字信号的并行传输;第二步是数据解算,在处理器中完成滤波、解算等任务;最后是输出解算后得到的参数,接着回到第一步,如此循环。

1.2 关键芯片选型

(1) DSP 芯片

在 DSP 芯片选型时首先考虑要满足系统对速度、精度、动态范围、实时性的要求,同时减小系统体积、降低功耗和成本。本方案选用 C6000 系列中一款浮点型处理器 TMS320C6713 作为系统的微处理器芯片。

(2) AD 芯片

选择 A/D 转换器的重要指标是转换位数、转换速率、量程、接口方式等。本系统采用 AD 公司生产的 16 位 A/D 转换芯片 AD7656。

(3) CPLD 芯片

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。采集定时器输出的制导信息,存储在静态存储器中。

(4) 电源管理芯片

TMS320C6713 的 I/O 供电电压为 3.3 V, CPU 内核电压为 1.2 V, 电路板上其它元器件大部分都为 3.3 V, AD 需要 5 V, 因此系统要求三种电压。解决的方法是用稳压电源给电路板提供 5 V 电压,然后通过电源芯片将 5 V 转换为 3.3 V 和 1.2 V 供其它芯片使用。DSP 供电模块由 TI 的电源管理芯片 TPS54310 和 TPS75733 组成。

2 硬件设计

系统分为电源管理模块、数据采集模块、定时模块以及主机串行接口模块 5 个部分。

2.1 电源监测及看门狗电路

在硬件电路中,采用两种方式满足系统可靠复位要求:硬件手动复位和软件设置复位。电源电压监视器件采用 TPS3823-33 来监测 3.3 V 电压,它的主要功能是监测电源电压,当不满足要求时,产生复位信号。同时还具有上电复位、手动复位、看门狗电路的作用。其电路配置图如图 2 所示。

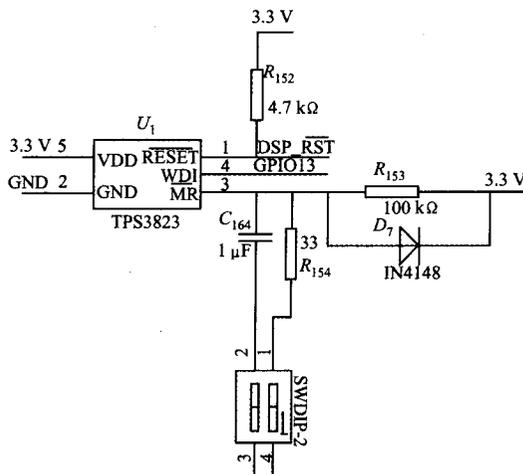


图 2 电源电压监测电路图

2.2 数据采集模块

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。DSP 的通用输入输出 GPIOx 控制 AD7658 的 CONVST 引脚启动模拟信号的采样和转换,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。DSP 和 AD 的硬件接口如图 3 所示。

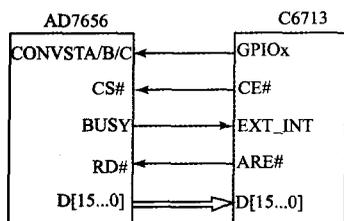


图 3 AD7656 与 C6713 硬件连接图

2.3 定时模块

定时模块完成向制导系统输出惯性信息的功能。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 ATtiny13 完成。

2.4 串行接口模块

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,解算所需的初始对准等参数也可通过计算机传给 DSP,因此在 DSP 和计算机之间串口控制是不可缺少的。这里采用 TL16C752B 通用异步收发器,其上包含二路相互独立的异步收发器,接收和发送各带 64 字节 FIFO,并各自带有 Modem 接口信号,最高传输速率可达 1.5 Mbps 波特率。TL16C752B 采用 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。DSP 对 TL16C752B 的操作如同对外围存储外设备的操作,通过对特定的地址空间读写,即可实现 DSP 与计算机通讯的功能。由于计算机端串口采用 RS232 电平标准,因此系统需要连接 MAX3160 多协议收发器以完成电平转换。

3 软件设计

针对导航计算机的功能要求、接口连接及工作流程,软件上采用模块化编程,其中包含初始化模块、数据采集模块、解算模块等。

在系统启动加载后,首先应进行系统的初始化,初始化完成后,开始加速度计采样,然后开始导航状态的参数计算,并根据解算结果向定时器输出不同的定时信息,最后向制导系统输出导航参数。系统软件总体流程如图 4 所示。

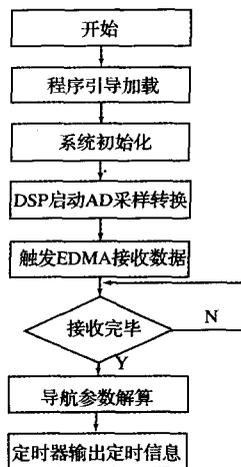


图 4 系统软件流程图

4 系统仿真

TI DSPs 提供在线仿真支持,它使得 CCS 能够控制程序的执行,实时监控程序运行。仿真接口提供主机一侧的 JTAG 连接,如 TI XSD510。TMS320C6713 有符合 IEEE1149.1 标准的 JTAG 标准测试接口及相应的控制器,从而通过仿真器与 PC 相连,结合配套的仿真软件(CCS-Emulator),可以测试每一个芯片,还可以通过测试引脚装载程序,进行在线调试。

这里主要进行了数据采集模块和定时模块的测试。在连接目标板的情况下,在 AD 的输入端输入某一固定电平,观察 CCS 中存储器窗口的数值,与示波器中显示的时序是否一致。若一致则说明采集过程没问题,否则要调整 EDMA 与 EMIF 的匹配。定时模块的测试比较简单,可以编写一段输

出固定电平的程序,看是否正常输出即可。图5即为测试结果。



图5 时序匹配图

5 结 论

无陀螺捷联惯导系统避开了因陀螺动态范围小而引起的一系列难题,其缺点是计算量大,在惯导系统中应用 DSP 可解决这个难题。根据旋转弹测量系统的要求进行总体方案和硬件电路的设计。由于软件主要用于解算算法的实现,整个程序采用 C 语言编程。通过以上对系统硬件电路和软件的分析,可以充分表明以 DSP 芯片为核心,采用 AD 转换对加速度计信号进行采集,并利用 CPLD 实现系统所需要的逻辑电路功能的捷联惯导系统能够满足数据处理能力,并具有结构简单、可靠性高和灵活性强特点。

参考文献

- [1] 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.

(上接第44页)

- [5] 3GPP TR 25. 876 V7. 0. 0(2007-03), Multiple Input Multiple Output in UTRA (R7)[Z].
- [6] 3GPP TSGR1JHJ37(04)0431, Text proposal for Double-ASTTD with Sub-Group Rate Control, Hawaii, Montreal, Canada, 10th-14th May 2004[Z].
- [7] 3GPP TSGR1JHJ37(04)0583, Text proposal for MIMO TR23. 876 (MIMO proposal for UTRA TDD), IPWireless, Montreal, Canada, 10th-14th May 2004[Z].
- [8] FOSCHINI G. J. Layered space-time architecture for wireless communication in a fading en-

- [2] 李岩,基于 DSP 的无陀螺捷联惯导系统的实现研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2006.
- [3] TMS320C6000 Peripherals Reference Guide [Z]. Texas Instruments, Incorporated, February 2001.
- [4] 史震,于秀萍,马澎田. 无陀螺捷联式惯性导航系统[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2005:41-50.
- [5] 江思敏,刘畅. TMS320C6000 DSP 应用开发教程[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [6] 毛刚. 微型惯性测量系统的设计与应用研究[D]. 北京:清华大学,2001.
- [7] 陈哲. 捷联惯导系统原理[M]. 北京:宇航出版社,1986:194-212.
- [8] 陈世友,李春花. 无陀螺捷联惯导系统捷联方案研究[J]. 航空学报,1999,11:566-568.

作者简介



赵倩,在读硕士研究生,主要研究方向为动态测试计量及研究。

地址:山西省太原市中北大学864#, 030051
E-mail:butterflyyy@126.com

马铁华,博士生导师,主要研究方向为动态测试技术与智能仪器,新型传感技术与系统,光通信技术,加速度传感器技术。

environment when using multi-antennas[J]. Bell Labs Tech. J., IEEE. 1996,1(2):41-59.

作者简介



梁小涛,硕士研究生,主要研究方向为第三代移动通信,

地址:重庆市重庆邮电大学 信科 12 楼,算法部,400065

郑建宏,教授、博导,主要研究方向为第三代移动通信。