

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.01.021

一种弹载陀螺信号采集系统

陈武¹, 王佳伟², 王超², 庞彦波²

(1. 西安工业大学光电工程学院, 西安 710032; 2. 西安机电信息技术研究所, 西安 710065)

摘要: 为了利用陀螺仪更为准确地测定弹体姿态信息, 基于模拟/数字转换理论设计一种基于 STM32 的高速度、高精度、大量程的信号采集系统。分析弹载信号采集系统的设计要求及现有采集系统的优缺点, 介绍系统信号采集的原理和硬件设计, 并对可能存在的误差进行分析, 利用滤波算法消除误差。验证结果表明: 该设计方法为弹载计算机提供实时稳定的陀螺数据信息, 能够满足弹载环境信号采集的要求。

关键词: 弹载陀螺; 信号采集; STM32; 滤波

中图分类号: TJ760.5 **文献标志码:** A

A Missile-Borne Gyro Signal Acquisition System

Chen Wu¹, Wang Jiawei², Wang Chao², Pang Yanbo²

(1. College of Optoelectronics Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China;
2. Xi'an Institute of Electromechanical Information Technology, Xi'an 710065, China)

Abstract: To obtain higher resolution gyro signal, the requirement of the missile-borne gyro signal acquisition system and the advantages and disadvantages of existing collection system are analyzed, and the missile-borne gyro signal acquisition system based on the STM32 is designed. The principle and hardware design of the system are introduced, and the filter algorithm is designed to eliminate the possible existence of error. Finally, testing and verification for the designed system is carried out, the results show that the system can meet the requirements of the missile-borne signal acquisition.

Key words: missile-borne gyro; signal acquisition; STM32; filter

0 引言

陀螺仪在捷联惯导系统中对于测定弹体姿态信息有着至关重要的作用。为了得到更为准确的弹体信息并建立准确的数学平台, 国内外研究人员已经研制出大量程、高速度的陀螺仪器件。为了能够使用此类陀螺来获得高分辨率的陀螺仪数据, 与之相对应的信号采集系统的分辨率和动态范围就必须大于陀螺仪本身的分辨率和动态范围。传统的电荷平衡式电压-频率转换电路虽然具有抗干扰能力强和接口简单等优点, 但其分辨率和动态范围不能满足捷联惯导系统陀螺仪的要求^[1]。

针对此问题, 笔者基于常用的模拟/数字转换理论, 采用意法半导体推出的 STM32 系列 32 位微控制器, 设计一种高速度、高精度、大量程的信号采集系统, 为弹载计算机提供实时稳定的陀螺数据信息。

1 信号采集系统总体设计

1.1 采集系统的设计条件及要求

由于整个信号采集系统工作于弹载环境中, 且从弹体发射伊始, 便开始全程数据的实时采集。因此, 整个信号采集系统便要满足如下特殊要求:

1) 高过载。系统器件的选择, 应满足弹体发射过程的高过载要求;

2) 稳定性。尽可能减少信号采集系统的组成单元数量, 从而确保在弹载的强干扰环境中, 信号采集系统得到稳定输出;

3) 实时性。弹体从发射至击中目标的整个过程耗时较短, 为了达到较高的命中精度, 要求信号采集系统和弹载计算机保持高波特率的通信速率, 完成实时的信号输出。

4) 低功耗。弹载设备要求尽可能低的功耗。

1.2 信号采集系统主控芯片的选择

主控芯片是整个测量系统的核心部分, 它构建了从传感器、信号调理电路到协议转换芯片、弹载计算机之间的桥梁, 从而和传感器、信号调理电路、协议转换芯片一起构成了完整的信号链路。

传统的信号测量系统采用的主控芯片大多为 8 位、16 位单片机, 在大数据量的运算处理方面的能力较差, 且模块功能较弱, 功耗较大, 难于实现弹载环境的要求。DSP 虽然能够处理高速实时数据, 但其本身成本较高, 不易推广, 且开发难度大于单片机。

收稿日期: 2011-08-09; 修回日期: 2011-09-02

作者简介: 陈武(1983—), 男, 山西人, 硕士研究生, 从事捷联惯性导航技术研究。

由于系统是针对弹载陀螺信号采集的，同一时刻要求处理的数据量大，这就要求主控芯片具有高速处理大量数据的能力，同时，弹载系统要求设备有尽量低的功耗，故采用的主控芯片为意法半导体推出的 STM32 系列 32 位微控制器，使用了来自 ARM 公司具有突破性的 Cortex-M3 内核。

Cortex-M3 内核采用了 ARMV7 哈弗架构，具有带分支预测的三级流水线、1.25DMIPS/MHz 的性能和 0.19mW/MHz 的功耗，为用户提供了出色的计算性能和对事件的卓越系统响应^[2]。在所有计算任务量和外设电路相同的情况下，分别以 STM32、新华龙 C8051F121 和 TI 的 DSP2811 为微处理器设计硬件电路并比较其功耗，STM32 的功耗约为 C8051F121 和 DSP2811 功耗的一半，在完成高速计算功能的同时，展现了出色的低功耗性能，能够满

足弹载环境的需求。

1.3 信号调理电路设计

信号调理电路是整个信号采集系统的关键模块。调理电路的设计直接影响了主控芯片所采集到信号的噪声大小及失真程度。

由于系统所使用的陀螺仪的输出信号为模拟信号，因此需要经过 AD 器件将模拟信号转换为数字信号以后才能被主控芯片处理。系统首先对陀螺仪的信号输出进行衰减，使其幅值小于于 AD 采集器的最大电压值，然后再送入 AD。由于陀螺仪输出的是两轴的信号，因此需要两路的信号调理。其组成结构如图 1，信号通过 R_{18} 和 R_{19} 完成信号的幅值匹配，接着通过运算放大器，完成阻抗匹配；在输出端，将调理后的信号送入 AD 采集电路。

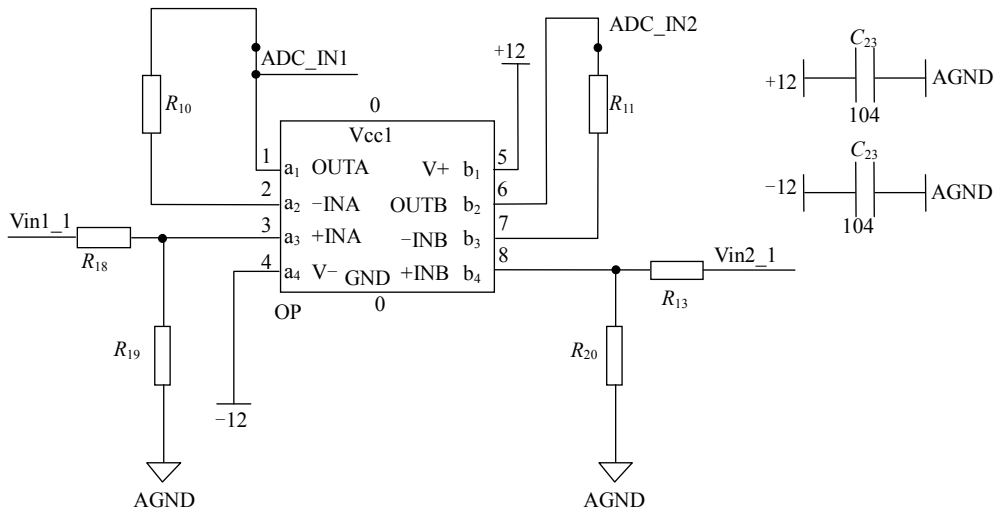


图 1 信号调理电路

1.4 AD 转换电路

STM32 带有 2 个独立的 12 位 ADC 控制器，它是一种逐次逼近型 (SAR) 模拟数字转换器，有 18 个通道，可测量 16 个外部和 2 个内部信号源。STM32 可进行自校准，带内嵌数据一致的数据对齐，有非连续模式和双重模式供用户选择。ADC 的转换速率可达 1 MHz，最快 1 μ s 的转换速度，通道之间采样间隔可编程，规则通道转换期间有 DMA 请求产生。考虑到降低系统的复杂程度以及 STM32 内部 ADC 强大的性能，系统并没有外扩 ADC，而是采用系统本身自带的片上 ADC，来实现信号采集的功能。基于 STM32 的最小系统结构图如图 2。

1.5 弹载计算机通信链路

通用的串行通信接口标准主要有 RS232, RS422 和 RS485，其中 RS232 属于单端不平衡传输协议，传输距离短，抗干扰性差，不符合弹载环境的要求；相比于 RS232、RS485 与 RS422 均为差分信号传输，通过两路信号的压差来表征数据，但 RS485 工作于半双工模式，不能同时双向传输数据，RS422 采用全双工通信模式，传输速率高达 10 Mb/s，因此弹载计算机常采用 RS422 接口标准。系统采用 MAXIM 公司的 MAX3491 芯片，该芯片兼容 RS485 和 RS422 2 种通信接口标准，可以通过配置收发缓冲器的使能端，将 MAX3491 配置在全双工模式或

者半双工模式下通信。系统将 MAX3491 配置在全双工模式下。典型串口通信网络结构图如图 3。

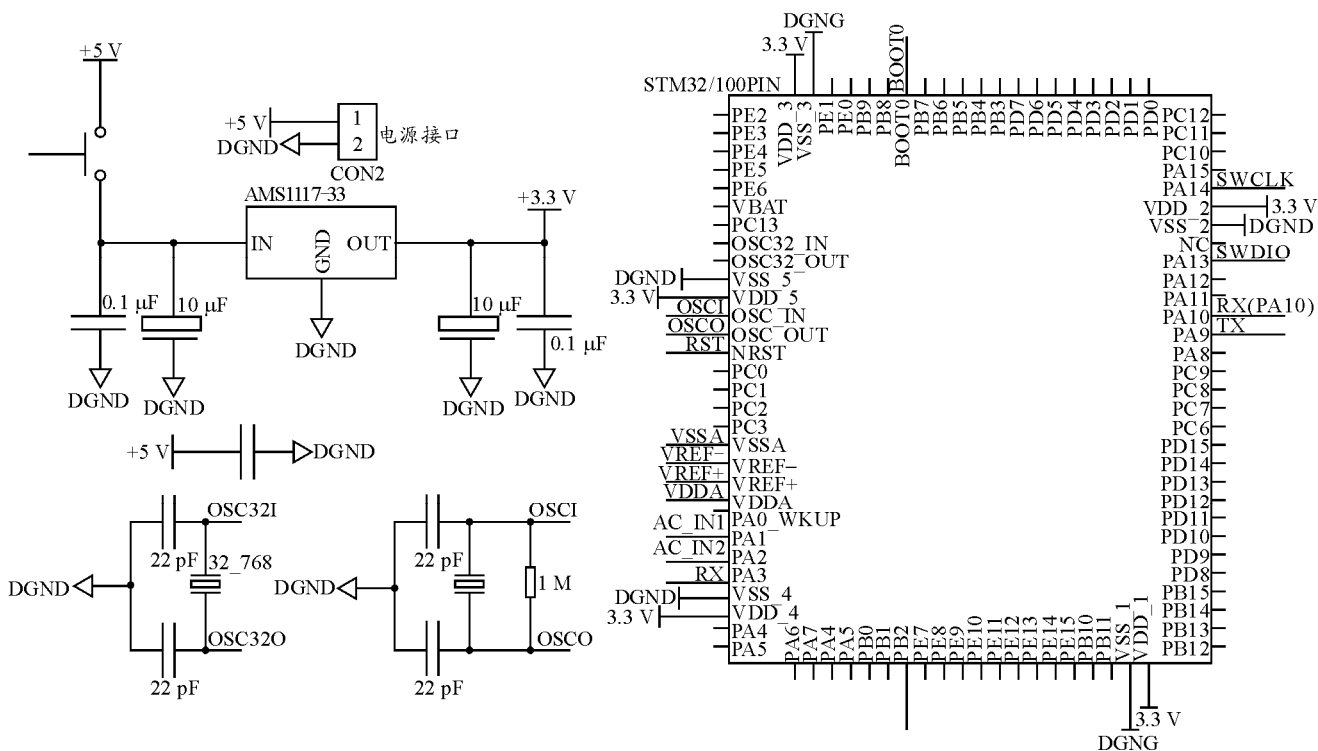


图 2 基于 STM32 最小系统图

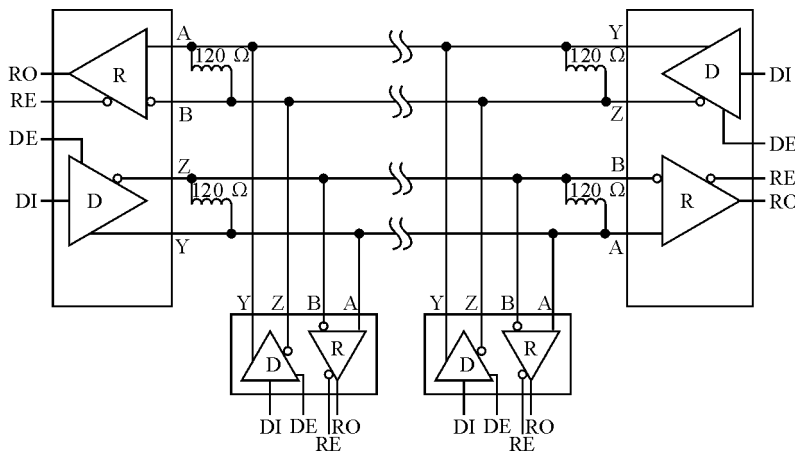


图 3 典型串口通信网络结构图

1.6 数据存储

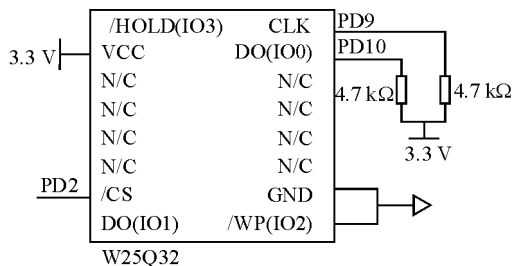


图 4 数据存储电路

试验阶段, 为了能在实验结束后回收数据, 需要为信号采集电路作额外的数据存储^[3]。系统主要

针对近程弹的信号采集, 从发射到命中目标时间为几 s 到几十 s, 而系统数据转换速率最大为 1 MHz, 则整个过程最多可产生几十兆的数据量, 故本系统采用 Flash 存储器 W25Q32^[4], 它内存达到 32 M, 且体积小, 功耗低, 能够满足系统要求。其电路连接如图 4。

2 信号采集系统的算法

为提高磁探测系统的抗干扰能力, 不仅在采集信号之前需进行适当的滤波处理, 在采样后也要进行适当的软件滤波, 才能进行后续的处理与解算^[5]。

信号调理电路的噪声及 A/D 转换的误差,都属于恒定误差,通过大量数据的采样,可通过标定的方法将其滤除,然而在实测过程中,还存在着另一类误差,该误差具有随机性,其表象为“毛刺现象”^[6],即该数据相对于前一个采样值和后一个采样值,都会显著增大或减小,因此滤波的对象主要是此类噪声。

由于信号采集系统应用领域为低转速环境,陀螺仪的输出信号在相邻 2 次之间(采样间隔)不可能发生剧烈变化。因此,可通过软件设定一个阈值,来表征采样数据的可信度。如果相邻 2 次采样值之间的变化未超过预定的阈值,则说明该采样值未受到明显干扰,可以采信。如果相邻 2 次采样值之间的变化超过了预定的范围,说明该采样值受到了明显的干扰(毛刺出现),不能采信。

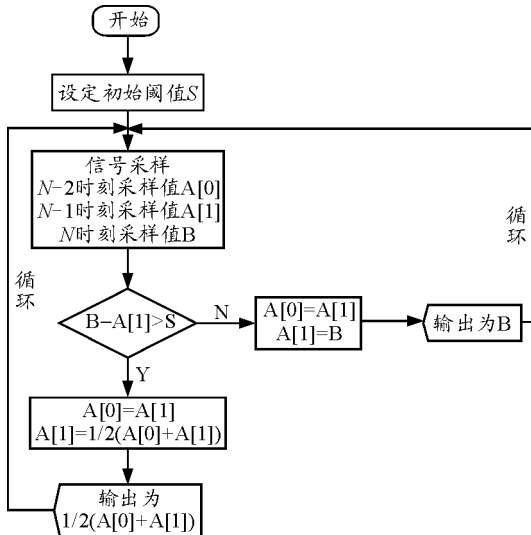


图 5 滤波算法流程图

对于毛刺出现的时刻,由于此时刻采样数据不可信,因此不能将其传输给弹载计算机,但考虑到采样的连续性,必须输出一个合理的数值来代替此刻的采样值。可采用如下方法:

- 1) 前一时刻的采样值作为本次的采样值输出;
- 2) 取前两个时刻的采样值的平均值来作为本次的采样值输出;
- 3) 采用线性预测的方法来计算本次的采样值输出。

综合多种因素,本系统采用方式 2 的滤波方

法。其算法流程图如图 5。

3 结果分析

为了验证系统的实用性和正确性,在软件和硬件调试成功的基础上,对整个信号采集系统进行了测试。实验结果如图 6,系统能够很好地抵抗干扰,通过滤波处理后,信号中的毛刺被滤除,满足了弹载数据采集系统实时性、稳定性和高速度等要求。

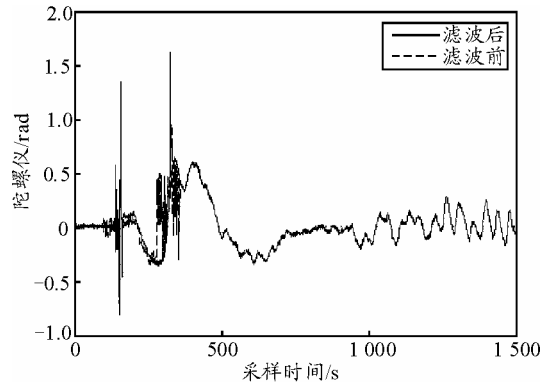


图 6 滤波器滤波效果图

4 结论

基于 STM32 的弹载陀螺信号采集系统结构紧凑,数据处理能力强,能够适应弹载环境的复杂情况,采用 RS485 和 RS422 2 种通信方式,能够实时地为弹载计算机提供准确的陀螺数据,具有较强的实用性。

参考文献:

- [1] 贾萍, 吕志宏. 一种新型的光纤陀螺仪信号采集系统[J]. 中国惯性技术学报, 2003, 11(2): 67-60.
- [2] 季力. 基于 STM32 的电参数测量与数据传输[J]. 自动化与仪器仪表, 2010(3): 137-139.
- [3] 高杰, 张斌珍, 王杰. 遥测信号及实时信噪比高速同步数据采集系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2010(10): 42-44.
- [4] Winbond. 8M-BIT, 16M-BIT and 32M-BIT Serial Flash Memory with Dual and Quad SPI. <http://cn.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/231256/WINBOND/W25Q80.html>.
- [5] 钱卫忠, 万德钧. 捷联系统中陀螺仪数据采集系统的设计[J]. 东南大学学报, 1999, 29(4): 22-25.
- [6] 唐洪亮, 赵毅, 刘锡敬. 静电陀螺仪四环空间稳定平台的运动学分析[J]. 四川兵工学报, 2011, 31(1): 30.