

基于 STM32F103 的 ADIS16405 数据采集系统设计

李 洋, 闫学昆, 谷铁男

(北京市海军核化安全研究所, 北京, 100077)

摘要: 本文设计了一种基于 STM32F103 处理器的 ADIS16405 数据采集系统。STM32F103 通过 SPI 的 DMA 通道将 ADIS16405 的三轴角速度、三轴比力、三轴磁数据读取进入处理器, 通过一定的野值剔除算法对数据进行一定处理, 设计了专用的上位机软件可以解析处理器发送的 ADIS16405 原始数据, 并采用友好、简介的界面显示出来。试验表明, 本系统设计具有数据实时性好、稳定性高、成本低、便携性高、界面友好等特点。

关键词: STM32; ADIS16405; 数据采集系统; SPI 接口

DOI:10.16520/j.cnki.1000-8519.2017.17.001

A data acquisition system based on STM32F103 processor for ADIS16405

Li Yang, Yan Xuekun, Gu Tienan

(Institute of Navy Nuclear and Chemical Defence, Beijing, 100077)

Abstract: This paper presents a data acquisition system based on STM32F103 processor for ADIS16405. STM32F103 get the ADIS16405's triaxial angular velocity, triaxial accelerated speed, three-axis magnetic data through SPI DMA channel, excluding certain algorithms for data processing through certain outliers, and a dedicated PC software can be resolved ADIS16405 processor sends raw data, and using friendly interface profile is displayed. Test surface, the system design with real-time data, high data stability, low cost, high portability, user-friendly features.

Key words: STM32; ADIS16405; Data acquisition system; SPI interface

0 引言

随着各种无人飞行器、无人车甚至于高端航模产品的出现, 姿态测量技术越来越受到重视, 基于惯性测量单元 (Inertial measurement unit, IMU) 的姿态测量系统由于其成本低廉、体积小、数据处理简单、精度始终等优点, 得到了广泛应用^[1, 2, 3]。

现今, 大部分产品中使用的 IMU 产品存在器件没有经过校正比例系数、零位、安装误差、温度系数等参数, 造成误差较大; 或者, 设计的数据采集系统数据实时性比较差、容易出现野值、显示界面不友好等问题。

本文设计的基于 STM32F103 的 ADIS16405 的数据采集系统, 采用经过工厂标定补偿的 9 轴 IMU 产品 ADIS16405, 能够消除大部分误差; 处理器采用 SPI 的 DMA 通道读取 IMU 的数据, 使得实时性得到一定程度的提高, 并且发送数据也采用串口的 DMA 通道, 减少了发送延时; 设计的野值剔除算法, 使得数据正确率有所提高; 设计了专用的数据显示界面, 使得数据更加直观, 显示更加友好^[4]。

1 数据采集系统的硬件设计

1.1 采集系统方案设计

本数据采集系统采用 STM32F103+ADIS16405 的硬件构架, 通过 SPI 口的 DMA 通道将 ADIS16405 的三轴角速度、三轴比力、三轴磁数据读取到处理器中, 进行处理, 处理完成后, 通过串口的 DMA 通道发送到上位机。

方案框图如图 1 所示。

1.2 STM32F103 性能参数

STM32F103 是意法公司生产的一款 32 位 Cortex-M3 内核

的处理器, 最高主频 72MHz, 在存储器的 0 等待周期访问时可达 1.25Mips/MHz, 并且具有单周期乘法和硬件除法器。STM32F03 具有丰富的外设, 2 个 12 位 AD 通道; 7 路 DMA 控制器; 具有定时器、CAN、USB、SPI、I2C、USART 等总线; 多达 80 个快速 I/O 端口^[4]。

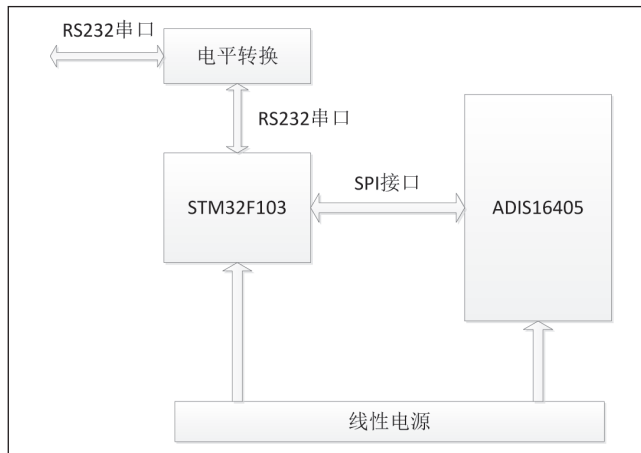


图 1 系统硬件设计框图

STM32F103 具有主频高、功耗低、集成度高、开发工具低廉等一系列优点, 很适合低成本的嵌入式产品开发。

1.3 ADIS16405 性能参数

ADIS16405 是 ADI 公司生产的一款集成 3 轴陀螺仪传感器、三轴加速度传感器、三轴磁传感器的惯性测量单元, 并且在产品出厂时已经对标度因数、零位、安装误差、温度误差系数进行了尽可能的校正, 具有很好的稳定性和精度^[5]。ADIS16405 具体参数如表 1 所示。

表 1 ADIS16405 重要参数表

参数名称	陀螺仪	加速度	磁
量程	$350^{\circ}/s$	$\pm 18g$	± 3.5 高斯
比例系数	$0.05^{\circ}/s / LSB$	$3.33mg / LSB$	$0.5mgauss / LSB$
灵敏度	$0.05^{\circ}/s$	$3.33mg$	$0.5mgauss$
零偏误差	$\pm 3^{\circ}/s$	$\pm 50mg$	$\pm 4mgauss$
零偏稳定性	$0.007^{\circ}/s$	$0.2mg$	
随机游走	$2^{\circ}/\sqrt{hr}$	$2m/\sqrt{hr}$	
噪声密度	$0.05^{\circ}/s/\sqrt{HZ}$	$0.05mg/\sqrt{HZ}$	$0.066mgauss/\sqrt{HZ}$
带宽	330HZ	330HZ	1540HZ

从上图的参数指标可以看出, ADIS16405 具有很好的陀螺零偏稳定性、加速度零偏稳定性, 随机游走指标也算不错, 唯一欠缺的是分辨率比较低, 但仍然是一款比较好的惯性测量组合产品。

1.4 详细硬件原理图

在硬件设计方面, 首先考虑了输入电源的宽范围要求, 选取了 LM117 线性稳压芯片, 可以将较大的输入电压变换为 5V, 然后通过 TPS79933 变换为 3.3V 电压供传感器和处理器使用; 处理器 STM32F103 采用了 48 脚封装, 能够最大限度的减小系统体积, 并且同时拓展了 GPS 所使用的串口, SWD 在线调试接口, 具有比较好的灵活性和可拓展性; 使用 SP3232 将 TTL 电平转换为

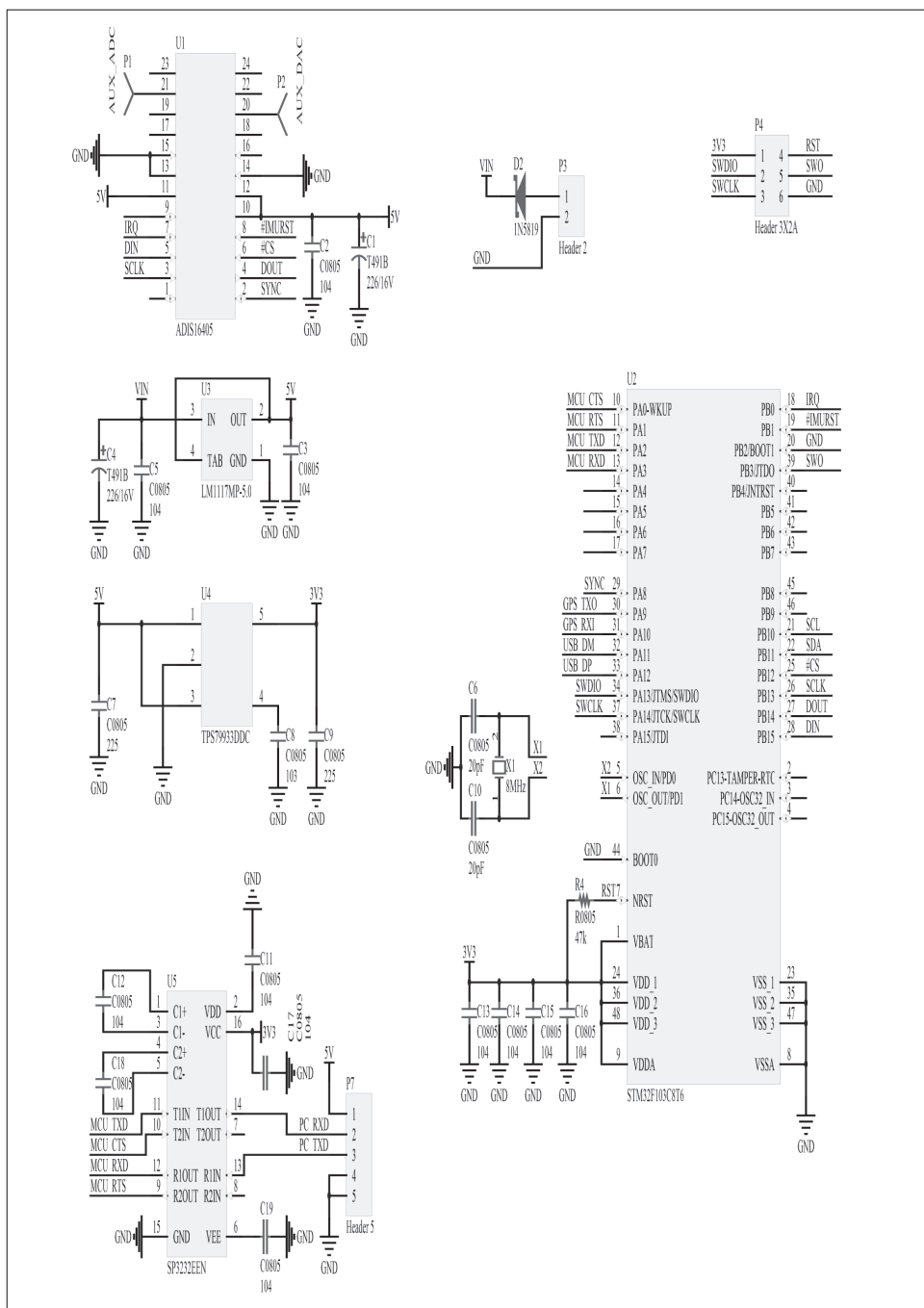


图 2 硬件电路详细设计图

RS232 电平,方便了台式电脑的使用。

整个硬件设计十分注意体积、功效、拓展性,并且对这些做了很好的平衡,实物图如图。

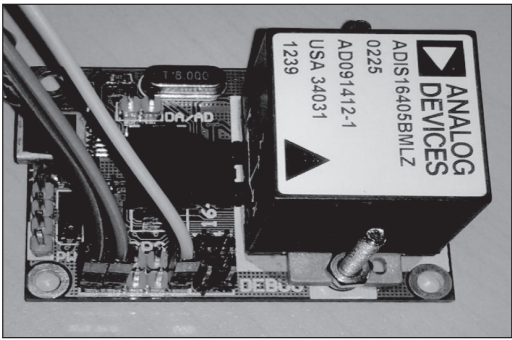


图3 数据采集设备实物图

2 嵌入式程序设计

嵌入式程序主要包括系统硬件初始化、数据采集以及数据处理等三个部分。系统开始运行后首先会对处理器的寄存器进行处理;处理器参数配置好后,将对 ADIS16405 的寄存器进行配置,主要配置输出速率、量程等指标;各种参数配置好后,进行系统定时器中断,读取 ADIS16405 数据,并且将数字量还原为标准量,陀螺仪为°/s,比力为 g,磁为高斯;最后,将数据通过串口发送到上位机进行显示。

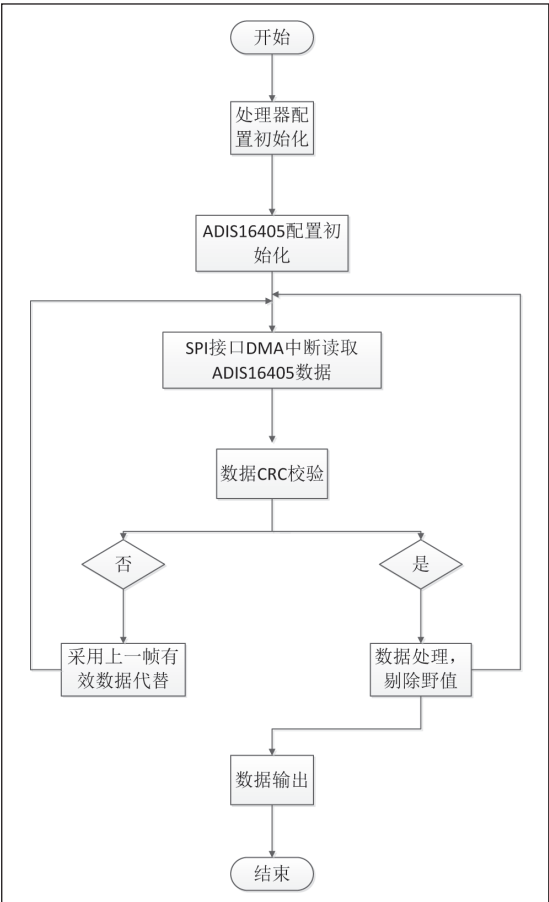


图4 程序流程图

所设计的 ADIS16405 采集设备对 ADIS16405 的读取速度为

1000HZ,但是所使用的环境最大带宽不足 20HZ,因此很有必要对数据进行处理以便剔除数据点中的“毛刺”。显然由于载体的带宽的原因,可以采用均值滤波的手段进行数据处理,但是很明显如果出现大的“毛刺”会让整个均值出现错误,因此在这里设计了一种新的均值滤波方法。

$$y_n = \text{mean}(x(1:N))$$

$$y_n$$
——均值输出;
$$\text{mean}$$
——求平均;
$$x$$
——ADIS16405 原始数据;
$$N$$
——求平均的数据点的个数,第一次取平均可取 10。

完成第一次求均值后得到数据 y_1 ,剔除原始数据中的最大值最小值再按照 (1) 进行取均值,得到 y_2 ,如果 $|y_2 - y_1| \leq 0.1$,则说明 ADIS 数据中没有野值存在,如果不满足条件则继续进行上面的处理,直至 $|y_k - y_{k-1}| \leq 0.1$,若都不满足则输出数据异常警报,需要进行排查。

3 上位机设计

友好的界面是一个成功设计的重要部分。本系统采用 VC++ 平台,使用网上开源的 metergroup 控件设计了数据显示界面,并且预留了飞行姿态表显示功能,只要按照所定义的协议添加姿态解算后的姿态数据就可以显示。

4 验证

为了验证所设计的系统是否满足数据正确性,将整个系统放置在位置速率转台上进行了数据正确性验证。

通过设置转台运行角速率为 $[-200 \ -100 \ 0 \ 100 \ 200]$,单位°/s,对比 ADIS16405 的输出,如表 2。

表 2 ADIS16405 与标准转台对比表

标准角速度	ADIS16405 输出	误差
-200°/s	-203.6°/s	-3.6°/s
-100°/s	-103.1°/s	-3.1°/s
0°/s	-3.4°/s	-3.4°/s
100°/s	97.8°/s	-2.2°/s
200°/s	197.2°/s	-2.8°/s

经过试验表明,所设计的基于 STM32F103 处理器的 ADIS1605 数据采集设备最大误差为 3.6°/s,考虑到本身零位为 -3.4°/s 与线性误差,采集到的数据是完全正确的;由于 ADIS16405 发送的陀螺、加速度、磁数据都在一个数据包内,只要陀螺通过正确性验证即可以认定其他两个传感器采集到的数据都正常。

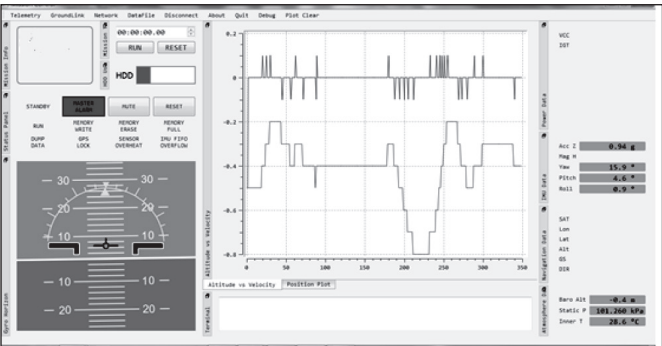


图5 设计界面图

(下转第 38 页)

磁场,需要设计各类电极结构产生特定的磁场,包括横磁(TMF)或纵磁(AMF),其工作方式分别是:横磁场使电弧移动,纵磁场使电弧在它的自然聚焦点上保持扩散。

电极结构有螺旋槽电极结构、单极多极线圈式电极结构、杯状电极结构、折叠花瓣电极结构,万字型电极结构等。

螺旋槽电极在电弧径向产生磁场力,使电弧在电极表面上沿圆周方向运动,可防止了电极表面的局部加热。线圈式纵向磁场电极是在内部触头背面设置一个能产生纵向磁场的线圈来提高真空灭弧室的开断能力。杯状电极结构的杯壁上有许多倾斜的槽,形成多个触指,动触头和静触头的斜槽倾斜的方向彼此相反,电流流过杯壁上的触指时,有很大的切向分量电流,产生横向磁场。折叠花瓣电极结构在原有杯状电极结构基础上进行改进设计,将斜槽数减少到3、4个,使斜槽与轴线的夹角作显著扩大,并伸长了斜槽长度,大大增加了横向磁吹电弧的作用。万字型电极结构触头片上开有万字型槽隙,电流从上导电杆流入,经过触臂和电弧柱,从下导电杆流出,对电弧柱产生垂直于电弧的横向磁吹力。

如何巧妙地应用磁控方式和电极结构相配合,是提升真空开断容量的不变话题。

3.2 触头材料的影响

真空电弧实际上是真空环境中的金属蒸气电弧,电极材料充当了电弧的导电介质。改变电极的材料是改变基本的电弧特性、耐压能力和截流情况。

目前,真空断路器的电极材料广泛采用CuCr材料,Cu具有低的热电子发射能力、良好的导热和导电性保证了良好的开断性能,而Cr的硬脆特性保证电极有较好的耐压和抗熔焊性能,而且Cr与氧的高度亲和性保证了真空断路器在开断大电流时,尤其是接近电流过零前,具有大量的吸气作用,有利于提升电弧开断能力。对于更高电压等级的触头还可通过添加第3种元素来改进CuCr触头材料的绝缘性能,例如锆Zr元素、钨W元素,以提高电极的耐压能力。

3.3 屏蔽罩的影响

屏蔽罩一般采用Cu、Ni、Fe、不锈钢等金属制造,其作用如下。

(1)从弧区飞溅出的金属蒸气与粉末直接凝结在绝缘容器的内壁,防止绝缘容器内的绝缘强度降低。

(2)进入电弧屏蔽罩的金属蒸气和粉末有效地凝结,使开断

成功。

(3)与辅助屏蔽罩一起使灭弧室内电场分布改善。

屏蔽罩对金属凝结系数评价对开断容量的影响,如凝结系数为1时,进入屏蔽罩的粒子无返回地全部被屏蔽罩内壁所捕获。对于铜而言,在室温下其凝系数为0.899,157℃时降为0.797。因此凝结面须保持在较低的温度下,同时屏蔽罩的厚度对开断容量也有影响。在设计灭弧系统过程中,应重视屏蔽罩对其性能的影响。

3.4 真空度的影响

真空断路器的长寿命和灭弧的可靠性主要是由真空外壳的可靠性和寿命决定的。真空断路器要长期维持高度真空必须解决以下三个问题。

(1) 真空外壳容器漏气问题。

(2) 从真空外壳内的零件中放气的问题。

(3) 真空外壳容器的透气问题。

真空设备、真空检测、真空工艺等技术迅速发展,使得真空断路器内维持高真空度的问题基本得以解决。

4 结语

随着电力系统输电电压等级的提升,智能电网的应用,真空断路器灭弧系统和整体结构上都有了进一步的发展。2016年,ISDEIV国际会议英国VIL公司推出12kV/25kA/1250A自开断真空断路器SAVI样机^[2],其中主回路均在真空灭弧室内,结构简单,零件数目非常少,其中灭弧系统、主回路与运动系统共处一室,且要求高真空度密封,有着各种如开断、绝缘和温升等技术问题尚未清晰,仍需进一步研究。但这种自开断的真空断路器外型结构完整一体化,无任何外接运动部件,适合各类户内、户外与各种特殊场合。这种结构改变的不单单是真空断路器的结构,同时将带动电力系统其他电器的结构与连接方式的改变,这将是真空断路器的一场革新,也将是日后真空灭弧系统和真空开关的研究方向。

参考文献

- [1] 鞠佳,特瑞德.单稳态永磁操动机构真空断路器服务中压配电网[J].电气应用.2009年第28卷第6期,10-13.
- [2] L.T.Falkingham and W.J.Molan. The Self Actuating Vacuum Interrupter(SAVI): A New Concept in Vacuum Interrupter Technology. 2016,27rd ISDEIV,525-528.

(上接第7页)

5 结论

经过试验验证表明,所设计的基于STM32F103处理器的ADIS6405数据采集系统能够实现数据读取,数据滤波的功能,并且具有数据实时性好、数据稳定性高、成本低、便携性高、界面友好等特点,能够满足无人飞行器、无人车甚至于高端航模产品的使用要求。

参考文献

- [1] 刘军.基于IMEMS传感器的汽车运动姿态测量系统研究[J].

传感器与微系统,2009(28):12-15.

- [2] 蒋海涛.基于MEMS器件的倾角指示系统研究[J].测控技术,2010,29(6):5-11.

- [3] 夏琳琳.低成本AHRS/GPS紧耦合融合滤波技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学自动化学院,2008:40-50.

- [4] ARM Limited.CortexTM-M3 technical reference manual. <http://www.arm.com>, 2006-01-05/2008-02-10.

- [5] Analog Devices, Inc.ADIS16405 datasheet.<http://www.analog.com/static/imported-files/data-sheets/ADIS163405.pdf>, 2009-04/2010.01-28.