

# 车载姿态测量系统的开发\*

张学荣<sup>1</sup>, 岳兴莲<sup>1,2</sup>, 何国国<sup>1</sup>, 刘军<sup>1,2</sup>

(1.江苏大学, 江苏 镇江 212013;

2.汽车动态模拟国家重点实验室, 吉林 长春 130012)

**摘要:** 开发了一种基于 FPGA 的捷联式车载姿态测量系统。自主设计了微惯性测量单元 (MIMU) 和基于 USB2.0 接口的数据采集卡, 并应用 Visual Basic 2005 开发了数据采集与处理软件, 最后通过实车道路试验对本测量系统的可行性进行了验证。

**关键词:** FPGA; MIMU; 姿态测量; 数据采集

中图分类号: TP274

文献标识码: A

## Develop of on-board attitude measurement system

ZHANG Xue Rong, YUE Xing Lian, HE Guo Guo, LIU Jun

(1.Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2.State Key Laboratory of Automobile Dynamic Simulation, Changchun 130012, China)

**Abstract:** Strap-down on-board attitude measurement system is developed based on FPGA. The micro-inertial measurement unit and data acquisition card which uses USB2.0 interface are designed independently. Then data acquisition and procession software is accomplished with Visual Basic 2005. Finally, the feasibility of the attitude measurement system is validated by vehicle motion tests.

**Key words:** FPGA; micro inertial measurement unit; attitude measurement; data acquisition

汽车运动状态信息的测量和采集是汽车操纵稳定性研究和设计的基本问题,也是实现汽车电子控制及辅助驾驶系统的必要条件。这就需要一种具有足够精度和置信度的、快速的、操作简便的和适用范围广的测量汽车运动状态的方法<sup>[1]</sup>。本文研究设计了一种基于可编程逻辑阵列 (FPGA) 的捷联式车载汽车姿态实时测量系统。此系统具有体积小、使用方便、成本低廉等优点。

### 1 系统组成

本系统主要由传感器组模块、数据采集卡、便携式计算机、电源等组成,系统硬件如图 1 所示。

#### 1.1 微惯性测量单元 (MIMU)

自主设计的微惯性测量单元。由 2 个 ADXL203 型双向加速度计和 3 个 ADXR5150 型角速度陀螺组成,要求 3 个角速度陀螺安装在 3 个正交平面上,其敏感轴相互垂直,组成测量体的三维坐标系,2 个双向加速度计安装在另外 2 个面上(剩下的 1 个面作为 MIMU 与汽车的

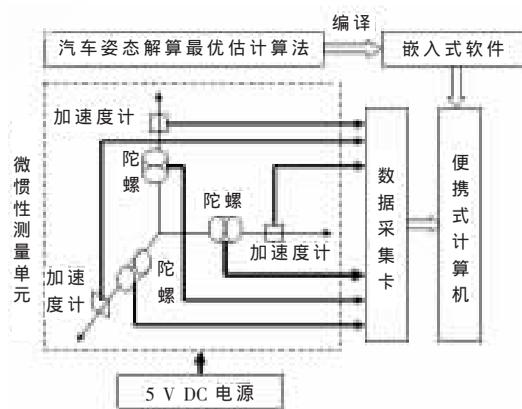


图 1 车载姿态测量系统的硬件组成

安装固定平面)。为了保证加速度计的敏感轴也组成三维坐标系,要求测量垂向加速度的 2 个敏感轴相互平行(由于本 MIMU 在垂向测量了 2 次,因此在数据采集阶段垂向加速度取两者的均值)。

\* 基金项目: 汽车动态模拟国家重点实验室开放基金资助项目(20071104)

1.2 数据采集卡

数据采集卡是基于 FPGA 控制和 USB2.0 接口的采集卡,它可实时对 6 路模拟信号进行不间断的采集,输入信号幅度范围是 0~5 V,AD 转换位数为 16 位,单通道采样率为 250 kS/s,所使用的 USB 传输方式为高速块传输,应用 FPGA 作为采集的控制单元,并采用 USB 总线供电,移动性好,内置信号连接,可以满足车载测量实时性和精准性的需求<sup>[2]</sup>。图 2 为该数据采集卡的组成框图。

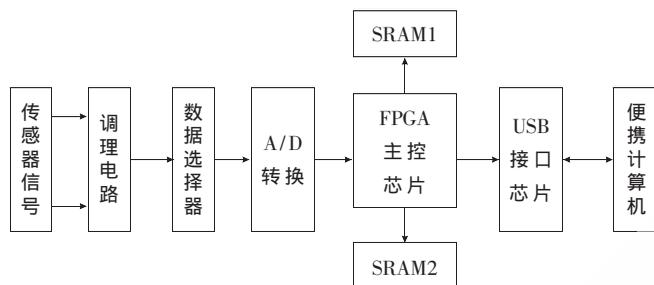


图 2 数据采集卡的内部组成框图

2 系统软件

系统软件分为数据采集软件和数据处理软件两部分,其流程如图 3 所示。本系统采用 Visual Basic 2005 语言编程实现,依次实现信号采集、初始信号滤波、姿态角解算、Kalman 滤波融合、结果的显示和存储等功能。



图 3 数据采集和处理流程

3 实车试验

为了检验该汽车运动姿态测量系统的效果,进行了实车试验。试验时将 MIMU 固定于汽车质心位置处,并且保证传感器所组成的测量坐标系平行于车体坐标系,加速度计正向指向相应的坐标轴的正向,陀螺仪的分布和坐标轴一致,测量给定轴的旋转角速度,旋转的正方向由右手定则确定<sup>[3]</sup>。在完成 MIMU 的安装、系统接线、传感器的标定和软件的初始化设置等工作后即可开展实车道路试验。图 4 是试验采集得到并经初始滤波后的汽车 6 自由度运动信号。图 5 是试验得到的汽车姿态角变化曲线。图 6 为进一步试验得到的汽车姿态角估计误差曲线,从图中可以看出,由于引入 Kalman 滤波融合算法<sup>[4]</sup>,使得姿态角估计误差小于 0.5°,满足了汽车运动姿态测量的精度要求,说明本测量系统的可行性。

本文研究了捷联式车载姿态测量系统。自主设计了

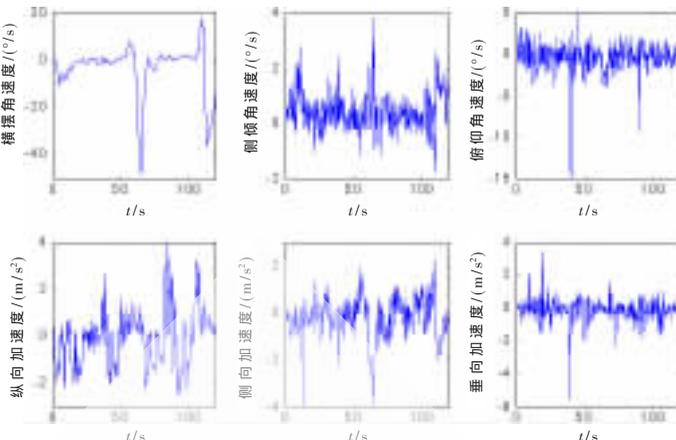


图 4 试验采集到并经初始滤波后的汽车 6 自由度运动信号

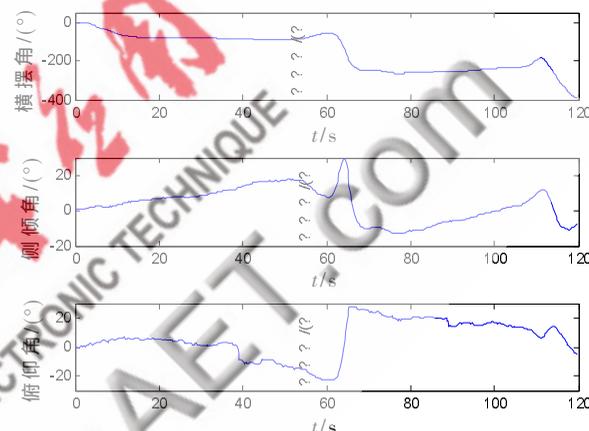


图 5 汽车姿态角变化曲线

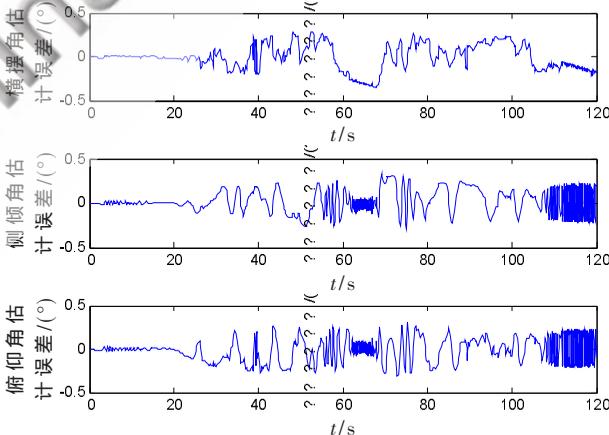


图 6 汽车姿态角估计误差曲线

微惯性测量单元(MIMU)和基于 USB2.0 接口的数据采集卡,并应用 Visual Basic 2005 开发了数据采集软件和数据处理软件,最后通过实车道路试验验证了本实时测量系统的可行性。另外,此系统具有体积小、使用方便、成本低廉等优点。如果通过选取精度更高的 MEMS 传感器和采用更为高效的实时预测方法,可以进一步地提高系统的预测精度。

参考文献

- [1] 王雷杰. 陀螺仪-全球定位的汽车组合导航算法的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [2] 华清远见嵌入式培训中心. FPGA 应用开发入门与典型实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [3] BROERSEN P M T, WAELS S. Costs of selection in

time series analysis [C]. Instrumentation and measurement Technology Conference. Proceedings of the 19th IEEE, Volume:1, 21~23 May 2002; 303-308.

- [4] 付梦印, 邓志红, 张继伟, 等. Kalman 滤波理论及其在导航系统中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

(收稿日期: 2009-10-28)

