

基于无线传感器网络节点采集存储系统设计

魏汉明^{1,2}, 刘文怡^{1,2}, 张彦军^{1,2}

(1. 中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051;
2. 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: 无线传感器网络是当前前沿热点研究领域; 随着无线传感器网络的发展, 每一个节点采集信号的精度和速率成为关键因素; 本设计以 FPGA、DSP 作为控制核心, 实现了一种可对多路信号同时高速采集的系统, 采样率为 72 kHz, 利用流水线技术对混合编帧后的数据进行存储, 存储速率为 6.282 MB/s, 以解决数据量传递速率的问题, 并利用无线传输将传感器节点信息传入汇聚节点输出; 测试结果表明: 该设计可以完成对多路信号的同时采集和存储且整个系统稳定可靠。

关键词: 无线传感器网络; 多路采集; 高精度; 混合编帧; 流水线设计;

Design of Acquisition System Based on Wireless Sensor Network Node

Wei Hanming^{1,2}, Liu Wenyi^{1,2}, Zhang Yanjun^{1,2}

(1. State Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China Taiyuan 030051, China; 2. Ministerial Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, North University of China Taiyuan 030051, China)

Abstract: Wireless sensor networks (WSN) is a hot spot in current frontier research field. With the development of wireless sensor networks, precision and speed of each node become a key factor in signal acquisition. This design take FPGA and DSP as the control core, realizes a system of multiple signals at the same time of high speed acquisition, the sampling rate of 72 kHz. After using the pipeline technology for mix framing of data for storage, storage rate of 6.282MB / s, solve the problem of data transfer rate. And the use of wireless sensor nodes transmit information into the sink output. Test results showed that: the design of the multi-channel signal can be completed simultaneously with the acquisition and storage, system is reliable.

Keywords: wireless sensor network; multichannel acquisition; high-precision; mix framing; pipelining technique;

0 引言

无线传感器网络 (wireless sensor networks, WSN) 是物联网底层网络的重要技术形式, 其由部署在监控区域内大量传感器节点间相互通信形成多跳的自组织网络系统。而随着通信技术与传感器技术的日趋成熟, WSN 可以在任何时间、地点和环境条件下获取所需信息, 所以采集数据的精度、速率以及对采回数据存储方法就显得越来越重要^[1-2]。本文对声音目标进行探测, 完成了无线传感器网络节点数据高精度采集, 并利用流水线方式进行了存储。

1 无线传感器网络结构

无线传感器网络结构如图 1, 其是由分布在监控区域内大量微型廉价的传感器节点、汇聚节点、通信网络和管理节点组成。传感器节点是一个微型的嵌入式系统, 主要对外部目标信号进行采集与短暂存储, 然后将处理后的数据转发给其他传感器节点, 最终跳跃至汇聚节点。汇聚节点是无线传感器网络中心环节, 对数据进行存储和计算后通过通信网络将数据传至管理节点, 从而实现了管理节点与传感器网络之间的通信, 进而在远方得知监测区域内的情况。



图 1 无线传感器网络系统结构图

2 无线传感器网络节点结构

无线传感器网络节点由供电模块、采集模块、数据存储与处理定位模块、通信模块组成。图 2 为无线传感器网络节点结构图。监测区域中发出声音信号后, 由声传感器对其接收, 经模数转换电路调理后的数字信号后传入 FPGA, 并可控制数据存入 Flash 中存储, 在 DSP 中通过定位同步算法对声信号进行定位同步, 然后将数据由无线射频模块发出传入汇聚节点。汇聚节点接收到数据后由 USB 接口传入计算机, 从而在远处监测到此声音信号^[3-4]。

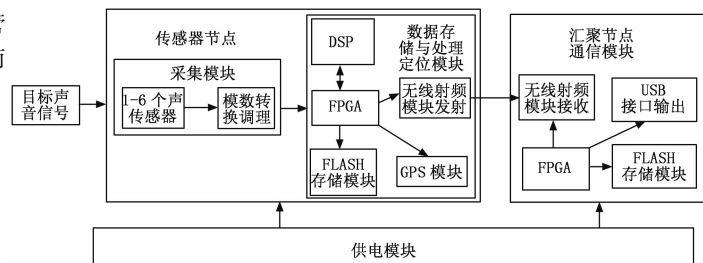


图 2 无线传感器网络节点结构图

收稿日期:2014-04-09; 修回日期:2014-05-11。

基金项目:国家 863 计划项目(2011AA040404)。

作者简介:魏汉明(1988-),男,在读研究生,主要从事测试计量技术及仪器方向的研究。

3 采集存储结构设计

3.1 采集模块硬件电路设计

在目标声音信号进入采集模块后首先通过压控二阶高通滤波电路, 对 1 路目标信号进行滤波、放大、偏置, 然后通过电压跟随电路使信号增强。图 3 为二阶压控高通滤波电路图。目标信号频率为 1 kHz, 声压为 114 dB, 选用的声音传感器灵敏度为 50 mV/Pa, 根据声压级计算公式:

$$Y_{dB} = 20 \lg \left(\frac{X_{Pa}}{2 \times 10^{-5}} \right)$$

可知进入调理电路前电压大约为 0.502 V, 通过调理电路 2.6 倍放大与 2.5 V 偏置后, 输出电压大约为 1.1~3.8 V。放大倍数 $A_{dp}(S)$ 必须小于 3 已保证电路不产生自激振荡现象从而稳定工作。

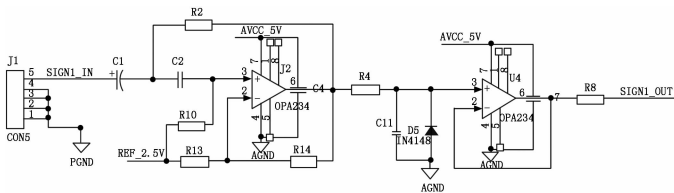


图 3 二阶压控低通滤波电路图

3.2 A/D 转换模块

经过上述处理后的信号进入 A/D 芯片, 本设计的 A/D 芯片选用的是 ADS8365, 其是一款 6 通道的高速模数转换器, 16 位采样精度, 并带有 80 dB 的共模抑制全差分信号。当输入时钟为 3 MHz 时, 单路通道数据传输率可以达到 100 kSPS。为使 ADS8365 的管脚 CH+ 和 CH- 之间阻抗匹配, 可分别在两端之间加入一个 20 pF 的电容。时钟输入为 5 MHz 时, 其有 16.5 个时钟的转化时间和 3.5 个时钟的获得时间 (如图 4 为 ADS8365 转换时序图)。通过设置 A2、A1、A0 来设置其为循环模式。HOLDX 控制 A、B、C 组的采样, 当保持 20 ns 低电平后转换完成, 引脚 EOC 保持半个时钟的低电平后在至高, 然后通过对 CS 与 RD 的控制可对 6 路数据进行循环读取。即这 6 路数据可同时输入同时输出 (如图 5 为 ADS8365 循环模式读取数据时序图)。

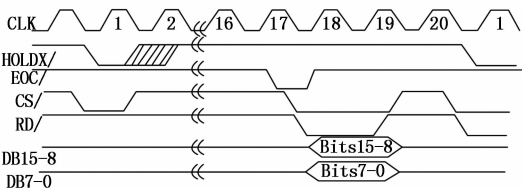


图 4 ADS8365 转换时序图

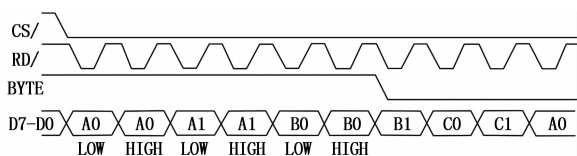


图 5 循环模式读取数据时序图

本设计采用 18.432M 晶振, 输入时钟为 $18.432/4 = 4.608\text{M}$, 参考时钟为 $18.432/8 = 2.304\text{M}$, 转换时间设为 160 个时钟, 获得时间 18 个时钟, 数据存入输出时间为 172 个时钟, 增加额外 34 个时钟, 所以一共 384 个时钟, 可得采样率为

$$\frac{1}{\frac{1}{18.432/4} \times 384} = 12 \text{ kHz}$$

3.3 流水线存储设计

为了提高数据的存储速度, 采用流水线的设计方法, 可以提高系统频率, 因此此方法常用于高速通信、高速信号采集系统甚至很多处理器和控制器等。其处理数据的过程是单向的, 仅是在开始阶段处理数据时需要一定的处理时间, 以后就会不间断的输出数据, 从而大大的提高处理速度。在本设计中, 依靠 FLASH 来存储采集回的数据, 将 Flash 内部划分为 2 片, 每片有 8 192 块分为 4 个存储面 (Plane), 每块 64 页, 每个存储面都可以单独的进行页存储、页编程和块擦出 [5]。图 6 为双平面流水线操作示意图。

对于 6 路模拟量, 每一路的采样率均为 12 kHz, 每一次循环采集的数据按照要求数据编码处理后, 模拟量的数据传输速率为: $(6+2) \times 2 \text{ 字节} \times 12 \text{ kHz} \approx 0.1875 \text{ MB/s}$

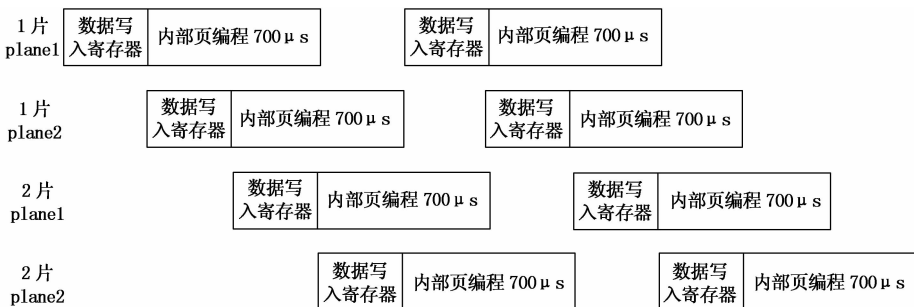


图 6 双平面流水线操作示意图

数字量 1 串并转换后传送速率为: $(18.432 \text{ MHz} / 6/8) \times 2 = 0.768 \text{ MB/s}$

数字量 2 的数据传送速率为: $(18.432 \text{ MHz} / 8) \times 2 = 4.608 \text{ MB/s}$

将模拟量数据与数字量数据混合编帧后系统把数据写入 Flash 的平均传送速率为: $0.1875 \text{ MB/s} + 0.768 \text{ MB/s} + 4.608 \text{ MB/s} = 5.5635 \text{ MB/s}$

Flash 的时间控制、需要先判断坏块标志, 用双平面流水线设计的方法对其擦除、页编程。Flash 每块大小 256 K, 读一块无效块标志要 25 μs, 块擦除时间为 2 ms, 页编程的时间为 700 μs, 为了保证数据传送的可靠性, 向 Flash 中写入一个字节大约需要 66 ns, 所以用以上方法从判断两块无效块标志到读完两块的时间和为:

$$2 \times 25 \mu\text{s} + 2 \text{ ms} + 64 \times (4096 \times 2 \times 66 \text{ ns} + 700 \mu\text{s}) \approx 81.5 \text{ ms}$$

向 Flash 中写入数据的速率为: $512 \text{ kB} / 81.5 \text{ ms} = 6.282 \text{ MB/s}$ 。而 6.282 MB/s 大于 5.5635 MB/s, 满足速率传输的要求。

4 实验结果

将数据通过 FPGA 控制由传感器节点中的射频模块发出进入汇聚节点, 并由 USB 接口芯片 (CY7C68013) 读取到上

4.2 转向盘力矩输入仿真

仿真条件为车速 70 km/h，方向盘力矩信号从 1 s 时开始施加，再经过 3 s 后达到稳态值 6.5 Nm。仿真结果如图 5~7 所示。可见，当 4.7 秒时 LTR 值超过 0.8，此时侧翻预警系统被触发，使进一步转向所需转向力矩变大，即转向变得困难，此时转向盘转角较未加入控制时减小，从而使车辆侧倾角和 LTR 值均随之减小，即车辆侧倾趋势减弱。

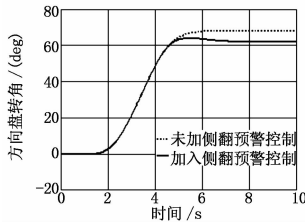
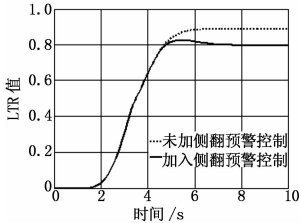


图 5 力矩输入时 LTR 值对比

图 6 力矩输入时方向盘转角对比

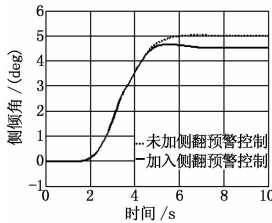


图 7 力矩输入时车辆侧倾角对比

5 结论

(1) 建立了车辆侧倾动力学方程和电动助力转向动力学

方程，并在 MATLAB/Simulink 中建立模型。

(2) 提出了防侧翻预警触发条件，设计了防侧翻预警控制器。

(3) 仿真结果表明当车辆有侧翻危险时，防侧翻预警系统能使驾驶员操纵转向盘力矩显著增大，从而有效得使驾驶员主动感知车辆的侧倾状况，并防止车辆侧翻。

参考文献:

[1] 余志生. 汽车理论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
 [2] Rakheja S. Development of directional stability criteria for an early warning safety device [J]. SAE Technical Paper, 902265, 1990.
 [3] Odenthal D., Bunte T., Ackermann J., Nonlinear steering and braking control for vehicle rollover avoidance [A]. Proceedings of European Control Conference [C]. Karlsruhe, Germany, 1999.
 [4] Solmaz, S., Corless, M., Shorten, R. A methodology for the design of robust rollover prevention controllers for automotive vehicles with active steering [J], International Journal of Control, 2007, 80 (11): 1763 - 1779.
 [5] 徐延海. 基于主动转向技术的汽车防侧翻控制的研究 [J]. 汽车工程, 2005, 27 (5): 518 - 521.
 [6] 夏晶晶, 胡晓明, 陈杰. 自卸汽车侧翻预警装置设计 [J]. 机械设计与制造, 2011, 7: 25 - 27.
 [7] 陈启鹏, 熊巧巧, 周成. 汽车侧翻预警报警装置的研究 [J]. 机械与电子, 2012, 11: 64 - 66.
 [8] Bakker E., Nyborg L., Pacejka H. B., Tyre Modelling for Use in Vehicle Dynamics Studies [J]. SAE Technical Paper, 870421, 1987.

(上接第 2927 页)

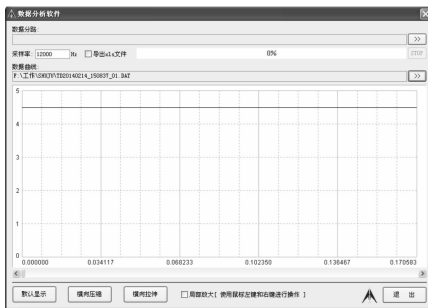


图 7 数据处理后还原回的直流信号

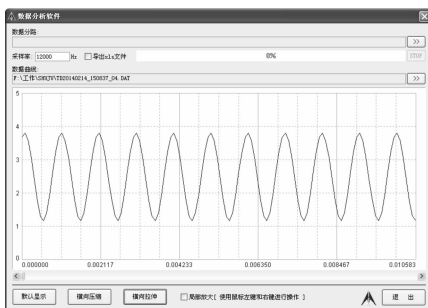


图 8 数据处理后还原回的正弦信号

信号一路正弦信号)，采样率为 12 kHz，采集的声音信号频率为 1 kHz，12 个点为一个周期。13、14 列为帧计数，15、16 列为帧尾。图 7 图 8 分别为上位机软件对得到数据还原回的图形（直流量与正弦波）。纵坐标表示电压值，单位为伏（V），横坐标为时间，单位为秒（s）。

5 结束语

该系统对无线传感器网络节点数据采集与存储进行设计，在高速采集数据的同时保证了数据的高精度，利用双平面流水存储的方法对混合编帧后的数据进行了存储，以保证数据进入时系统可以正常工作。测试结果表明，该采集存储方式精度高、稳定性强，为系统正常工作与后续分析提供了有力保障。

参考文献:

[1] 赵海, 赵杰, 刘铮, 等. 一种无线传感器网络节点的设计与实现 [J]. 东北大学学报 (自然科学版), 2009, 30 (6): 809 - 812.
 [2] 马明建. 数据采集与分析技术 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2005.
 [3] 佟吉钢, 张振新, 陈增强, 等. 基于 FPGA 的无线传感器网络节点设计 [J]. 传感技术学报, 2009, 22 (3): 417 - 421.
 [4] 刘志平. 基于 FPGA 的高速数据采集存储系统设计 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009.
 [5] 李超, 王虹现, 邢孟道, 等. 高速大容量 FLASH 存储系统设计 [J]. 火控雷达技术, 2007, 36 (1): 83 - 88.

位机显示，1~12 列为 6 路通道采集的数据（其中五路直流