

SSI同步串行技术在时栅传感器中的应用研究

冯济琴,彭东林,王先全,郑方燕,杨继森

(重庆理工大学汽车零部件制造与检测技术教育部重点实验室,重庆 400050)

摘要:智能时栅位移传感器是一种全新的位移传感器。文中提出将 SSI同步串行技术应用在智能时栅传感器上,使智能时栅传感器的输出协议能兼容多种国外高精度光电编码器。详细介绍了 SSI同步串行技术在智能时栅传感器接口上的实现与应用。

关键词: SSI时栅传感器;光电编码器

中图分类号: TP23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002 - 1841 (2010) 04 - 0105 - 03

Application Research of SSI Serial Synchronous Technology in Time Grating Sensor

Feng Ji-qin, PENG Dong-lin, Wang Xian-quan, ZHENG Fang-yan, YANG Ji-sen

(The Key LAB of Automobile Parts & Test Technique, Chongqing University of Technology, Chongqing 400050, china)

Abstract: Smart time grating displacement sensor is a new displacement sensor. This paper presents the SSI synchronous serial technology applies on the smart time grating sensor, so that output protocols of the smart time grating sensor compatible with a variety of foreign high-precision optical encoders. It introduces in detail of the SSI synchronous serial technology implements and applies on interface of smart time grating sensor.

Key words: SSI time grating sensor; photoelectric encoder

0 引言

在测控领域中,常常需要传感器来测量转动物体的位移量、速度、加速度等物理量,然后转换成电信号输出给控制系统或仪表来控制驱动装置。在国内自动控制领域,一般选用光电编码器来实现这些物理量的测量,从而达到自动控制的目的。这些高精度的光电编码器价格昂贵,可靠性不够好。具有完全自主知识产权的新型智能时栅位移传感器^[1-2]具有成本低、精度高、可靠性好等优点,但是如果兼容这些目前流行的光电编码器,时栅传感器必须要具有 SSI同步串行输出接口。因为在这些流行光电编码器中,具有 SSI同步串行接口输出的市场占有率较高、使用者较多,与之连接配套的转换器、PLC设计、MCU设计方案都已经成熟和完善。因此,设计与之兼容的 SSI同步串行接口,对智能时栅传感器的推广应用显得尤为重要。

1 时栅传感器的原理

时栅是一种利用“时间测空间”测量位移的新型智能位移传感器,它是通过建立 TST时空转换理论和 TST系统,使时钟脉冲具有空间意义,其原理图如图 1 所示。其基本原理是:当以任意速度 v 转动转子到任意位置,转子与参考点(定子导线)的夹角 θ ,可以通过 2 路信号的相位差,再通过时钟插补反映出来,即通过时间差来实现位移的测量^[3]。由于时间易于测量,比空间的测量精度高 3 个数量级,因此时栅传感器能以低成本来实现高精度。

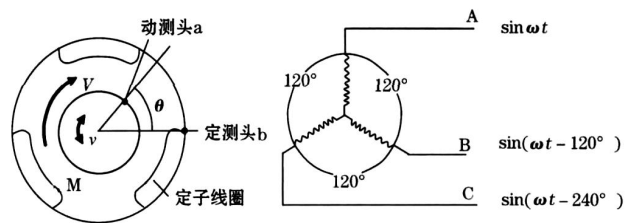


图 1 时栅原理图

2 SSI规范

SSI是一个全双工的同步串行接口,允许芯片与多种串行设备通信,它采用主机主动式读出方式,即在主控者(PLC、CPLD、MCU、FPGA等)发出的时钟脉冲下,从最高有效位(MSB)开始同步传输数据,直到 N 位数据的最低有效位。

当没有数据传输时,时钟线 and 数据线都为高电平。在时钟信号的第一个下降沿,传感器的当前位置值被储存,在随后的时钟上升沿,储存的数据被送出。一个完整的数据字传送完成后,数据线保持一段时间(t_1)的低电平,直到准备好(被查询)下一个值。如果在 t_1 期间接收到时钟的下降沿,相同的值被再次发送。如果时钟线保持高电平的时间长于 t_1 周期,数据输出将会中断。这种情况下,在下一个时钟信号的下降沿,新的位置值被储存,并在随后的时钟上升沿被送出^[4]。具体波形图如图 2 所示。

SSI同步时钟频率决定数据传输速率,其范围较宽,可以根据传输距离远近选择相应的传输速率。图 2 中数据传输时钟周期 T 的范围为 $0.9 \sim 11 \mu s$,获取位置值的时间 t_1 需大于 $0.45 \mu s$,时钟上升沿到来到数据的稳定输出时间 t_2 应小于 $0.4 \mu s$,当一次位置值被传送完成,数据线保持低电平时间 t_3 应在 $12 \sim 35 \mu s$

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50975304)

收稿日期:2010-01-08

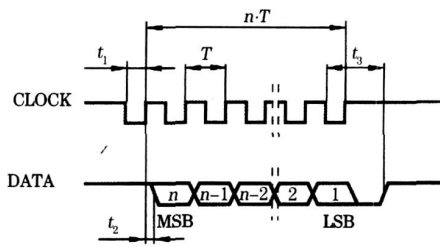


图 2 SS时序图

3 SS协议在时栅传感器中的应用研究

3.1 时栅传感器 SS接口原理方案

时栅传感器输出的原始信号,经过电路放大、滤波、整形等处理后,进入嵌入式处理器 ARM,再通过软件算法处理得到与高精度绝对值编码器相同的绝对位移值,此时位移值可以通过多种通信接口形式传送给其他测控设备,为了兼容和方便,人们长期以来使用 SS I传输协议编码器的习惯,因此将 ARM 处理后的绝对位移量值采用 SS I传输协议与其他测控设备通信。

时栅传感器 SS I接口设计在物理层遵循 SS I协议规范,采用 RS - 422 模式,以 2 根数据线和 2 根时钟线连接实现数据的传输。整个协议接口的数据层实现采用软件方式实现。当接收设备需要采集当前位移量时,发出时钟脉冲,当 ARM 接收到时钟信号,将此时位移值存储,然后转换成二进制格雷码,与时钟同步按 MSB (数据最高位)在前,LSB (数据最低位)在后,传输给接收设备。

3.2 时栅传感器 SS物理层硬件设计

时栅传感器的 MCU 采用 LPC2138,它是带有 512KB 嵌入的高速 FLASH 存储器的微控制器,内置了 32 KB 的片内 SRAM,可提供大规模的缓冲区和强大的处理功能,其内核工作频率可达 60 MHz,非常适合高速采集和处理时栅传感器原始值以得到绝对位移量,然后快速通过 SS I协议传输给接收设备。实现 SS I传输协议采用接口芯片 MAX3488。SS I接口硬件层连接简图如图 3 所示。

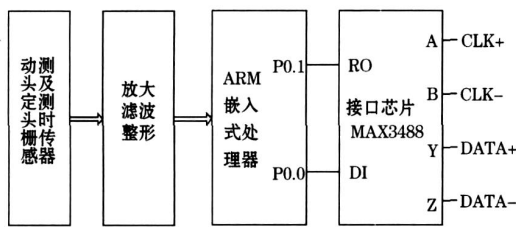


图 3 SS I接口硬件连接简图

MAX3488 芯片将其 D 端输入的时栅角度信息转换为差分 DATA + 和 DATA - 信号输出,同时,能够将差分的 CLK +、CLK - 信号输入转换为单端的脉冲信号从其 RO 端输出。ARM 嵌入式处理器的 P0.0 用作 MAX3488 时栅角度信息的驱动端, P0.1 用作差分时钟信号转换为单端信号的输入端。

3.3 时栅传感器 SS接口数据层设计

时栅传感器 SS I同步串行接口数据层的设计主要实现将时栅传感器采集和处理后的绝对值位移值,转换成与常用绝对值编码器位数(一般单圈绝对值编码器为 13 位和多圈绝对值编码器为 25 位)一致的二进制格雷码,当检测到主控器控制时钟

后,从最高有效位 (MSB) 开始同步向主控器传输数据。

3.3.1 数据格式转换

以输出多圈绝对值编码器格式为例,详细分析完成 SS I协议通信的数据格式转换。假设时栅传感器转过 431 °58'57",相当于多圈绝对值编码器转过 1 圈后,单圈再转动 71 °58'57"。对应于 25 位的多圈绝对值编码器输出值就是圈数为 1;后 13 位的值是把 360 等分成 8 192 个测量步,每一步的度数就为 0.043 945 312 5 °因此 71 °58'57" 就可以分成 1 638 个测量步。由上可以看出 432 对应的 25 位绝对值编码器输出二进制为 000000000010011001100110。

为了保证数据传送高度安全,一般编码器推荐使用二进制格雷码输出方式,因此需将自然二进制码转换成格雷码。

自然二进制码转换成二进制格雷码的法则保留自然二进制码的最高位作为格雷码的最高位,而次高位格雷码为二进制码的高位与次高位相异或,而格雷码其余各位与次高位的求法相类似^[5]。具体算法见下:

$$\text{自然二进制数为 } B_{n-1}B_{n-2} \dots B_2B_1B_0$$

$$\text{对应的格雷码为 } G_{n-1}G_{n-2} \dots G_2G_1G_0$$

其中,保留自然二进制码的最高位作为格雷码的最高位,即

$$G_{n-1} = B_{n-1}, \text{其他各位为 } G_i = B_{i+1} \oplus B_i, i = 0, 1, 2, 3, \dots, n - 2.$$

431 °58'57" 转换成自然二进制码 000000000010011001100110,等同于编码器转过 9 830 步,再按上述法则转换后,431 °58'57" 输出的格雷码就为 000000000011010101010101。

3.3.2 数据发送

当 ARM 完成绝对位移值到格雷码编码的数据格式转换后,检测 P0.1 口由接收设备发来的同步时钟信号第一个上升沿,按最高有效位在前的串行传输协议,通过 P0.0 口串行发送 25 位格雷码数据的最高位,依次在下个上升沿同步时钟移位输出完成 25 位数据的传送,即完成一次位移值的读出与传送。

软件流程图如图 4 所示。

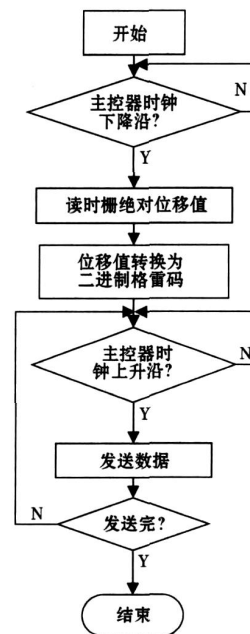


图 4 SS I接口软件流程图

4 实验与应用

按上述方法设计的具有 SSI 同步串行接口的时栅位移传感器用于某研发项目,以完成对某系统中转位机构角度位置的精确测量。该系统原使用德国贝加福 25 位多圈绝对值 AVM58-H 编码器对角度位置进行测量,在不改变原系统接口设计电路及接口协议的情况下,设计的 SSI 同步串行接口的时栅位移传感器替换了原系统中选用的 AVM58-H 编码器,并初步联调成功,意义重大。

5 结束语

在上述设计基础上,只要通过修改部分软件,即可使设计的具有 SSI 同步串行接口的智能时栅位移传感器实现与国外多种单圈或多圈绝对值编码器兼容,并可直接替换如数控机床等系统中采用的进口高精度光电编码器,从而提高系统的国产化率和可靠性,并降低系统成本,使自主创新的智能时栅位移传

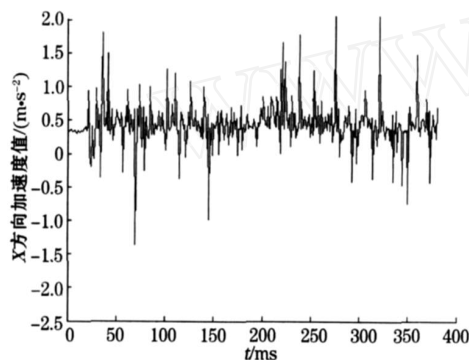
感器达到规模推广应用,经济效益与社会效益显著。

参考文献:

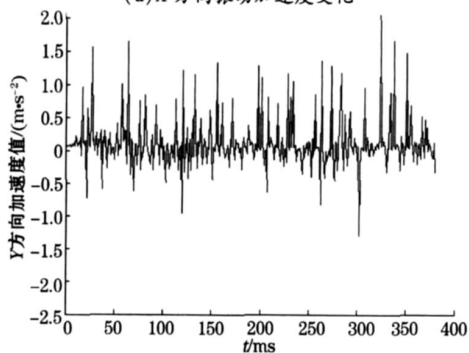
- [1] 彭东林,刘成康,谭为民.时空坐标转换理论与时栅位移传感器.仪器仪表学报,2002,21(4):338-342
- [2] 彭东林,张兴红,刘小康.等场式时栅位移传感器研究.仪器仪表学报,2003,24(3):321-323
- [3] 王安敏,崔伟,牛传猛.基于 AT89C52 和 AD2S83 的圆感应同步器测角系统.仪表技术与传感器,2009(9):55-57
- [4] 张子篷,王淑青,袁晓辉.基于缓冲器的编码器接口扩展方法研究.微计算机信息,2006,22(7-2):194-290
- [5] 丁强,董万钧.一种格雷码与二进制码转换的新方法.水利水文自动化,2001(1):21-22

作者简介:冯济琴(1973—),高级工程师,主要从事嵌入式系统应用研究。E-mail: fjq@cqut.edu.cn

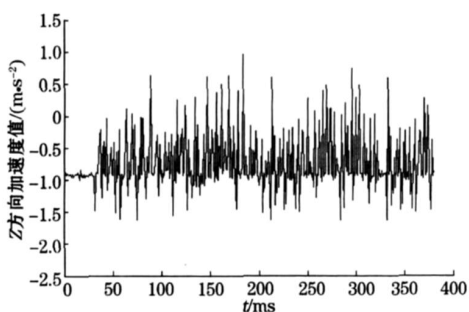
(上接第 88 页)



(a) X 方向振动加速度变化



(b) Y 方向振动加速度变化



(c) Z 方向振动加速度变化

图 4 实测汽车三维振动加速度变化图

路面平整度评估结合起来,可以利用加速度信息对路面状况进行三维建模,从而可以完整的对车身,路面进行综合分析,得到更为完善的汽车行驶状况参数,为汽车减震措施等提供有用的参考。

5 结束语

随着传感技术和嵌入式系统的高速发展,汽车振动检测将成为检测汽车故障和监测汽车运行状态的重要手段。文中在此基础上,通过分析现有的研究状况,设计了能测量三维振动加速度的信号处理电路,选用 32 位高性能 ARM 处理器 LPC2129 作为控制器的核心单元,利用其定时器部件和 ADC 部件实现对三维加速度信号的同时测量和采集。实验结果表明:所设计的电路和测量方法不仅方便,工作可靠,抗干扰能力强而且具有实时性高等优点。该测量方案在其他领域也具有很广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 秦明辉,方敏,陈无畏.基于 ARM 的 ABS 车轮加速度测量方法研究.仪表技术与传感器,2009(3):112-114
- [2] 于洋,杨金英.机械振动检测仪器的研制.仪表技术与传感器,2008(9):35-37
- [3] 汪铸,帅克,钱明军.利用汽车垂直振动加速度判别路面等级的方法.南京师范大学学报(工程技术版),2003(3):63-65
- [4] 严普强.机械工程测试技术基础.北京:机械工业出版社,1993:147-149
- [5] 陆兆峰,秦旻,陈禾,等.压电式加速度传感器在振动测量系统的应用研究.仪表技术与传感器,2007(8):3-4
- [6] 谷毅.振动测量传感器的发展现状.现代计量测试,1997(5):6-9
- [7] 张成,杨树兴.一种滚转导弹飞行姿态的获取方法.北京理工大学学报,2004(6):481-485
- [8] 周立功.ARM 嵌入式系统基础教程.北京:北京航空航天大学出版社,2005:5-18

作者简介:罗健飞(1986—),硕士研究生,研究方向为嵌入式系统构架设计与应用。E-mail: jfluo@mail.ustc.edu.cn