

CAN 总线技术在光电编码器中的应用

孙莹^{1,2}, 王树洁¹, 万秋华¹, 李清安³, 范蕾³

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 中北光电科技股份有限公司, 北京 100176)

摘要:介绍了光电编码器 CAN 总线接口的设计与应用。设计了由单片机、独立 CAN 总线控制器 SJA1000、CAN 总线收发器 TJA1050 及高速光耦 TLP113 等构成的光电编码器 CAN 总线接口硬件电路;给出了光电编码器 CAN 总线接口的软件设计,包括初始化设计、CAN 总线报文接收及发送设计;最后,通过周立功公司的“USBCAN1”型号 CAN 总线接口卡验证了该光电编码器 CAN 总线接口设计的可行性。实验中采用 1 m 长的屏蔽双绞线作为传输介质,通信速率达 800 kb/s, 误码率 $< 10^{-11}$ 。实验结果表明:带有 CAN 接口的光电编码器克服了传统的通信线路的缺点,具有更高的实时性、可靠性,且通信速率高、传输距离长、抗干扰能力强。

关键词:光电编码器;CAN 总线;SJA1000

中图分类号:TP212.12 **文献标识码:**A

Application of CAN bus technique to photoelectric encoders

SUN Ying^{1,2}, WANG Shu-jie¹, WAN Qiu-hua¹, LI Qing-an³, FAN Lei³

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*

2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;*

3. *Chinanorth Optical-electrical Technology Co. Ltd., Beijing, 100176, China)*

Abstract: A photoelectric encoder CAN bus interface is designed for use in a transmission system based a CAN bus. The hardware circuit of the photoelectric encoder CAN bus interface is presented, which is composed of a singlechip, a CAN bus controller SJA1000, a CAN bus transceiver TJA1050 and a high-speed optical coupling TLP113. Then, the CAN bus interface software is designed, including the design of initialization and the design of receiving messages and sending messages. Finally, the feasibility of photoelectric encoder CAN bus interface is proved by a “USBCAN1” CAN interface card produced by ZLG Company. Experimental results indicate that communication rate has been up to 800 kb/s and the error code rate is less than 10^{-11} when the one-meter shield twisted pair line is used as the transmission medium, which shows that the photoelectric encoder with CAN bus interface overcomes shortcomings of communication lines in classical photoelectric encoder systems, and has the advantages of more real-time and reliability, high transfer rates, long trans-

fer distances and high resistances.

Key words: photoelectric encoder; CAN bus; SJA1000

1 引言

光电编码器是以高精度计量圆光栅为位移基准、以光栅莫尔条纹技术为基础,将空间角位移转换为数字信息的角度传感器。由于具有高分辨力、高精度、高智能化、无接触测量和动态测量等优点,被广泛应用于国防、工业、生物工程和科技领域的精密测量和实时控制系统中^[1~3]。

针对不同的控制系统,光电编码器通常会采用不同的通信方式与其进行数据的传输,主要包括:并行总线、RS-232 串行总线、RS-485 串行总线、现场总线等。现场总线是一种开放式、数字化、多点通信的控制系统局域网络,是当今自动化领域中最具有应用前景的技术之一。CAN 总线^[4~6]是现场总线中的应用热点,具有通信速率高、报文短、开放性好、扩展能力强、纠错能力强以及系统成本低、控制简单等特点,已越来越多地应用在控制系统中。

为了使光电编码器能够应用在采用 CAN 总线作为通信方式的控制系统中,本文设计了光电编码器 CAN 总线接口,提高了编码器串行通信的可靠性、实时性、传输速度及传输距离。实验表明,提出的光电编码器 CAN 总线接口的设计切实可行。

2 CAN 总线系统的构成

由 CAN 总线构成的控制系统网络一般由控制器节点、传感器节点、执行器节点以及其它的监控节点如人机界面等组成,这些节点和将它们连接成一体的通信介质可以构成一个 CAN 总线系统,节点之间通过通信介质交换信息,CAN 总线控制网络结构如图 1 所示。

该 CAN 网络系统中,数据链路层的介质存取控制可以采用基于优先级的位仲裁调度方式。该方式将网上每个站点按通信实时性要求的高低赋予一定的优先级,并将优先级号码嵌入所发送信

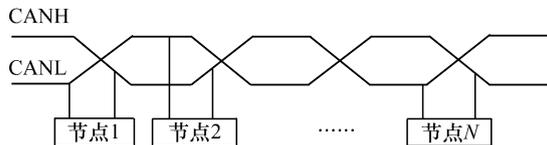


图1 CAN总线控制网络结构图

Fig. 1 Structure diagram of CAN bus controlling network

息的帧结构中,这样,若某一时刻有两个或两个以上站点同时发送信息(指令、状态、数据等),需通过优先级仲裁;优先级低的站点将主动避让,优先级高的站点将获得发送权,先完成信息的传递,然后优先级低的站点再进行信息传递。由于 CAN 总线是一个多主站总线,各节点都有权利向其它节点发送信息,因此可方便地组成多主站结构。当信息从 CAN 网上某个站点发出时,将以广播方式传播到所有其它站点。被指定接收信息的站点将接收该信息,而其它站点则可不理睬,从而可灵活地实现点对点或一点对多点等多种形式的信息传递。

光电编码器作为其中的一个或几个角度传感器节点,通过 CAN 总线与控制器节点进行通信,接收控制器节点的命令,根据命令要求反馈当前的绝对位置信息给控制器节点,完成相应的测角功能。

3 基于 CAN 总线的光电编码器串行通信系统设计

基于 CAN 总线的光电编码器串行通信系统主要由光电编码器、放大电路、整形电路、A/D 转换电路、I/O 接口电路、单片机、CAN 总线控制器和 CAN 总线收发器等组成。系统框图如图 2 所示,光电编码器信号经过放大、整形、A/D 转换后送到单片机中,经过数据处理后形成数字角度代码。单片机控制 CAN 总线控制器通过 CAN 总线

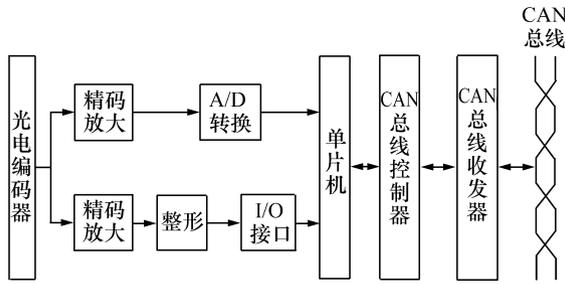


图2 基于 CAN 总线的光电编码器串行通信系统框图
 Fig.2 Block diagram of photoelectric encoder's serial communication system based on CAN bus

收发

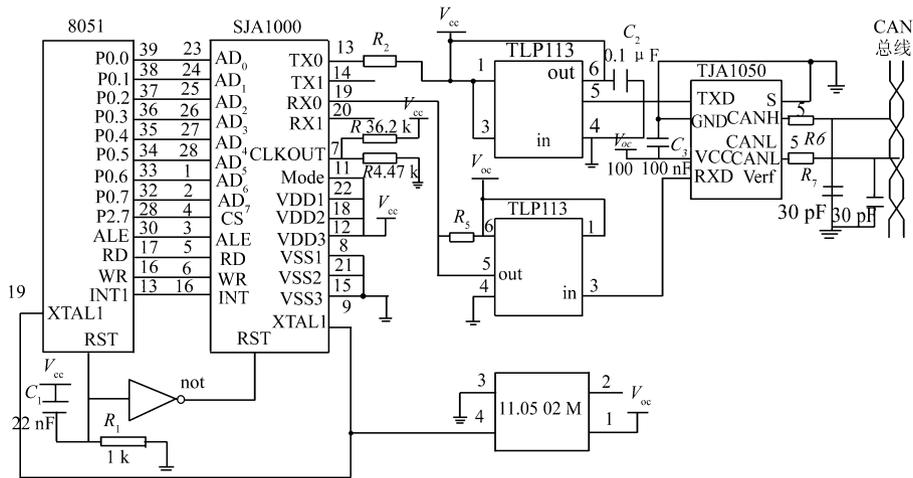


图3 光电编码器 CAN 总线节点的硬件电路原理图
 Fig.3 Principle diagram of hardware circuit for photoelectric encoder's CAN bus node

单片机 8051 负责对 SJA1000 进行初始化,通过控制 SJA1000 实现数据的发送与接收以及光电编码器数据的采集、处理等任务。SJA1000 的 AD₀ ~ AD₇ 连接到 CPU 的 P₀ 口;片选端 CS 连接到 CPU 的 P_{2.7},当 P_{2.7} 为低电平时,CPU 可选中片外存储器 SJA1000,对 SJA1000 执行相应的读写操作;SJA1000 的 ALE、RD、WR 分别连接 CPU 的对应引脚;SJA1000 的 INT 连接到 CPU 的 P_{3.3} (INT1),CPU 可以通过中断方式访问 SJA1000;本设计中 SJA1000 的模式选择引脚 MODE 接高电平,选择 Intel 模式;CPU 与 SJA1000 共用一个晶振;系统共用一个复位电路,由于 8051 是高电平复位,而 SJA1000 是低电平复位,8051 的复位信

号经反相器连至 SJA1000 的 RST。为了增强光电编码器 CAN 总线节点的抗干扰能力,采取了以下措施:

3.1 光电编码器 CAN 总线节点的硬件电路设计

光电编码器 CAN 总线节点的硬件电路原理如图 3 所示。硬件电路由单片机 8051、CAN 总线控制器 SJA1000^[7]、CAN 总线收发器 TJA1050^[8] 和高速光电耦合器 TLP113 等组成。SJA1000 是 Philips 生产的独立 CAN 总线控制器,能自动完成 CAN 总线物理层和数据链路层的所有功能。TJA1050 为 CAN 总线收发器,是 CAN 控制器和物理总线的接口,完成总线的差动发送和 CAN 控制器的差动接收,它具有很强的抗瞬间干扰和保护总线的能力。

号经反相器连至 SJA1000 的 RST。为了增强光电编码器 CAN 总线节点的抗干扰能力,采取了以下措施:

- 1) SJA1000 的 TX0、RX0 通过高速光耦 TLP113 后与 TJA1050 相连,实现了总线上各 CAN 节点间的电气隔离。
- 2) 在总线收发器 TJA1050 与 CAN 总线的连接处串入两个 5 Ω 的小电阻 R₆、R₇ 用于限流,使 TJA1050 免受过流冲击的影响。
- 3) 为了滤除总线上的高频干扰,使光电编码器 CAN 总线节点具备一定的防电磁辐射能力,在 CANH 和 CANL 与地之间并联了两个 30 pF 的小电容。

4)为了增强本节点的抗干扰能力,使用屏蔽双绞线作为传输介质。

3.2 光电编码器 CAN 总线节点的软件设计

光电编码器 CAN 总线节点的软件设计主要包括 3 部分:CAN 控制器的初始化、CAN 总线报文的发送和 CAN 总线报文的接收。

3.2.1 CAN 控制器的初始化

SJA1000 上电后,必须首先进行初始化操作后才能用于 CAN 总线报文的收发。CAN 的初始化对实现节点数据信息的可靠通信非常关键。SJA1000 的初始化只有在复位模式下才可以进行,主要包括时钟分频寄存器的设置、验收屏蔽寄存器和验收代码寄存器的设置、总线定时寄存器的设置、输出控制寄存器和中断寄存器的设置等。

时钟分频寄存器用来选择 SJA1000 工作在 BasicCAN 模式或是 Pelican 模式;总线定时寄存器用来设置通信的波特率,需要注意的是设置通信波特率时必须从系统时钟、有效传输长度、振荡器偏差、环境干扰等方面综合考虑;验收屏蔽寄存器和验收代码寄存器用来定义接收报文的验收码和验收屏蔽码,在验收滤波器(包括验收屏蔽寄存器和验收代码寄存器)的作用下,只有当接收报文中的标识位和验收滤波器预定义的位值相等,即满足公式(1)时,CAN 控制器才允许将已接

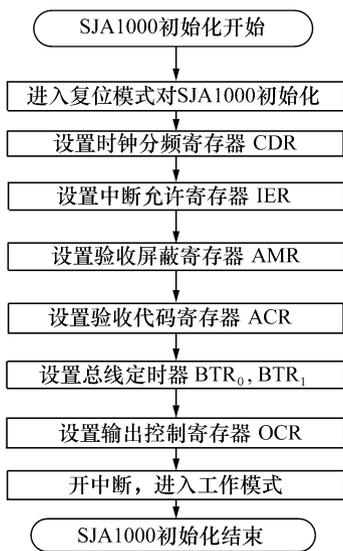


图4 SJA1000 的初始化流程图

Fig.4 Flowchart of SJA1000 initialization

收到的报文存入接收缓冲器中。SJA1000 的初始化流程如图 4 所示。

$$[\text{报文} \odot \text{ACRn}] \vee \text{AMRn} = [111 \cdots 111]_{1 \times n}, \quad (1)$$

3.2.2 CAN 总线报文的接收

本系统采用中断方式接收 CAN 总线上的报文以适应高实时性的通信要求。中断方式下,如果 SJA1000 接收到一条信息,这条信息已通过验收滤波器且已放在接收缓冲器中,那么状态寄存器(SR)的接收缓冲器状态位(RBS)被置“1”,同时若中断使能寄存器(IER)的接收中断使能位(RIE)被设为“1”,则中断寄存器的 RI 位也被置“1”,SJA1000 向 CPU 提出中断请求,产生一个接收中断;之后,CPU 进入 CAN 总线接收中断服务程序,对接收到的报文进行解析处理后,通过对命令寄存器(CMR)的释放接收缓冲器位(RRB)置高,释放接收缓冲器。CAN 总线报文接收流程图如图 5 所示。

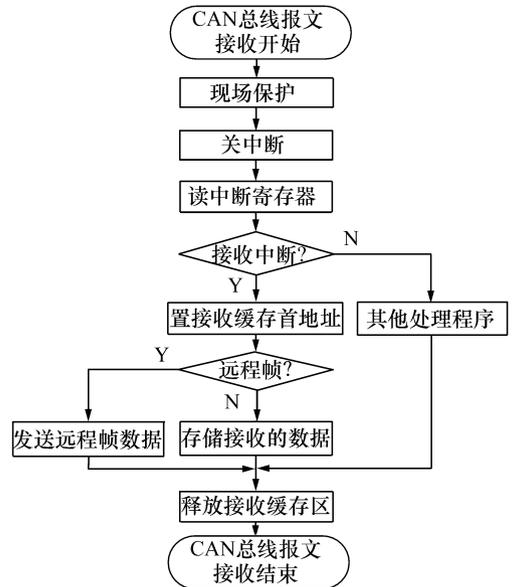


图5 CAN 总线报文接收流程图

Fig.5 Flowchart of receiving CAN bus's message

3.2.3 CAN 总线报文的发送

发送报文时只需将待发送的数据按特定格式组合成一帧报文,送入 SJA1000 发送缓存区中,并将 SJA1000 的命令寄存器发送请求标志位(TR)置位,SJA1000 会自动启动发送过程,但是,在往

SJA1000 发送缓存区发送报文之前必须先对发送缓冲器是否释放进行判断,只有当发送缓冲器标志 (TBS) 为“1”时,发送缓冲器才被释放,可将新报文写入发送缓存;否则,在发送缓冲器被锁定时,新报文是不能被写入发送缓冲器的。本系统采用查询发送的方式进行报文的发送。CAN 总线报文发送流程如图 6 所示。

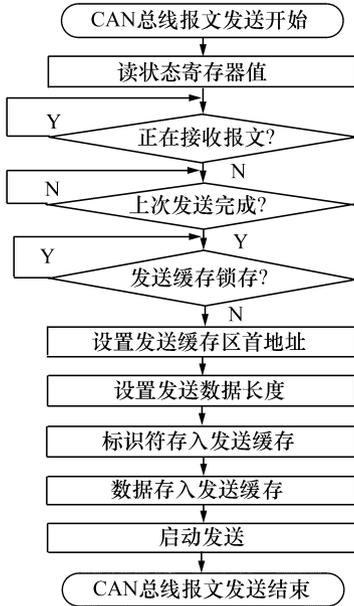


图 6 CAN 总线报文发送流程图

Fig. 6 Flowchart of sending CAN bus's message

4 实验与分析

本系统采用周立功公司生产的“USBCAN1”型号 CAN 接口卡与光电编码器进行通信,来验证 CAN 总线接口设计的可行性。采用屏蔽双绞线作为传输介质,连线长为 1 m,通信速率为 800 kb/s。光电编码器的数据帧格式如图 7 所示。图 8 为 CAN-bus 测试软件界面。



图 7 光电编码数据帧格式

Fig. 7 Data frame format of photoelectric encoder

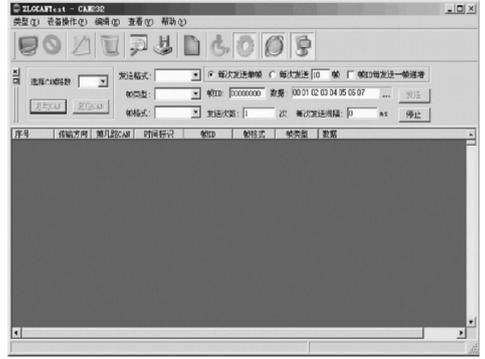


图 8 CAN bus 测试软件界面

Fig. 8 Interface of CAN bus test software

为了使 CAN 接口卡能够与光电编码器正常通信,需要对测试软件进行以下操作:

- 1) 在进行操作之前,首先从“类型”菜单中选择设备类型,这里选择“USBCAN1”;
- 2) 从“设备操作”菜单中选择“打开设备”,在弹出的对话框中设置波特率,验收码和屏蔽码;
- 3) 打开设备后,点击“启动 CAN”按钮。在“发送格式”中选择“正常发送”就可以发送数据来测试光电编码器 CAN 总线接口的正确性。

大量的实验证明,此光电编码器 CAN 总线接口的设计是可行的。而且,带有 CAN 总线接口的光电编码器具有以下优点:

- 1) 数据传输速率可达 1 Mkb/s,数据传输速度快。
- 2) CAN 的每帧信息都有 CRC 校验及其它检错措施,系统出错率低,误码率 $< 10^{-11}$ 。
- 3) 验收滤波器的存在提高了设备的通信处理效率,数据传输实时性高。
- 4) 由于 CAN 总线的开放性,可随意增设 CAN 节点,使整个系统具有良好的扩展性。

5 结论

本文介绍了光电编码器的 CAN 总线接口,给出了基于 CAN 总线的光电编码器串行通信系统和 CAN 总线节点模块的硬件电路及软件设计。实验表明:该 CAN 总线接口的设计可行,带有 CAN 总线接口的光电编码器数据传输实时性高、可靠性强、并且有较高的抗干扰能力及通信速率,

很好地满足了大量的 CAN 节点之间数据无错传输的要求,特别适合于自动化测量和控制系统的

设备互连。此 CAN 总线接口的设计方法也可应用于其它系统的 CAN 接口设计中。

参考文献:

- [1] 叶盛祥. 光电位移精密测量技术[M]. 成都:四川科学技术出版社,2003.
YE SH X. *Accurate Measurement about Photoelectric Shift* [M]. Chengdu: Science and Technology Press, 2003. (in Chinese)
- [2] MATSUZOE Y, KOIZUMI K, SAITOH T. Optimizing design of high-resolution optical encoder using a point-source light-emitting diode with slits[J]. *Opt. Eng.*, 2005, 44(1): 013609-1-013609-6,
- [3] 董莉莉,熊经武. 光电轴角编码器的发展动态[J]. 光学精密工程, 2000, 8(2): 198-202.
DONG L L, XIONG J W. Development of photoelectric rotary encoder[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2000, 8(2): 198-202. (in Chinese)
- [4] 饶运涛,邹继军,郑勇芸. 现场总线 CAN 原理与应用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
RAO Y T, ZOU J J, ZHENG Y Y. *Scene Bus CAN Principle and Apply Technique*[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2004. (in Chinese)
- [5] 周强,李志宏. 基于 CAN 总线及无线射频技术的井下车辆监控系统的融合研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版, 2006, 30(5): 908-911.
ZHOU Q, LI ZH H. Integration research of vehicle monitoring system of mine based on CAN-bus and radio frequency technology[J]. *J. Wuhan Univ. Technol., Transportation Sci. Eng.*, 2006, 30(5): 908-911. (in Chinese)
- [6] 高强,任恩恩,张涛. CAN 总线的 PCI 接口通信卡设计[J]. 电子技术应用, 2007, (7): 122-124.
GAO Q, REN E E, ZHANG T. PCI Interface communication card design of CAN bus[J]. *Electric. Technique Apply*, 2007, (7): 122-124. (in Chinese)
- [7] SJA1000, *Stand-alone CAN Controller Data Sheet*[M]. Philips Semiconductor Company, 2000.
- [8] TJA1050, *High Speed CAN Transceiver Data Sheet*[M]. Philips Semiconductor Company, 2000.

作者简介:孙莹(1982—),女,博士研究生,主要从事光电位移精密测量及高精度光电编码器等方面的研究。

E-mail: sun96ying@163.com

王树洁(1963—),女,高级工程师,主要从事光电编码器设计及光电位移精密测量等方面的研究。

E-mail: wangsj_0710@sina.com