

基于 DSP 的激光跟踪仪数据通信及处理模块设计

章文娟¹, 王中宇¹, 周维虎², 王亚伟¹

(1. 北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院, 北京 100191;

2. 中国科学院光电研究院, 北京 100094)

摘要: 以 DSP TMS320F28335 为核心设计了数据通信及处理模块。该模块采用硬件协议栈芯片 W5300 实现与上位机的 TCP/IP 通信, 同时利用双口 RAM 实现与电控系统主控板的数据通信, 与主控板通信的实时性由同步时钟触发外部中断的方式实现。根据误差补偿算法, 该模块可实现对激光跟踪测量系统所测量的大气参数、激光干涉测距、激光绝对测距、方位角和俯仰角信息的误差补偿。

关键词: 激光跟踪仪; TMS320F28335; W5300; 双口 RAM

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)17-0054-03

Design of laser tracker data communication and processing module based on DSP

Zhang Wenjuan¹, Wang Zhongyu¹, Zhou Weihu², Wang Yawei¹

(1. School of Instrumentation Science and Opto-Electronics Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

2. Academy of Opto-Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract: The TMS320F28335 DSP is used as the core of the data communication and processing module. The TCP/IP communication with the host computer is based on hardware protocol stack chip W5300. This module achieves the function of data communication with the main control board of electric control system by using dual-port RAM, and uses external interrupt triggering to real-time communicate with the main control board. The atmosphere parameters, interferometer distance, absolute distance meter distance, azimuth angle and elevation angle are calculated in accordance with the error compensation algorithm. The module uses external interrupt triggering to real-time communicate with the main control board.

Key words: laser tracker; TMS320F28335; W5300; dual-port RAM

便携式、多功能精密激光跟踪测量系统可用于超大尺寸空间几何测量, 它具有测量功能多(三维坐标、尺寸、形状、位置)、测量精度高($\pm 5 \mu\text{m}/\text{m}$)、测量速度快(动态测量、采点速率 > 1000 点/s)、量程大(半径 35 m)、可现场测量(便携)等特点。测量效率比传统的大型 CMM、经纬仪测量系统和摄影测量系统等提高数倍^[1]。

数据通信及处理模块属于激光跟踪仪电控系统, 电控系统的作用是系统数据交换和实时控制。

本文主要介绍激光跟踪仪电控箱中数据通信及处理模块的设计。选用 TI 公司的浮点型 DSP TMS320F28335(以下简称 F28335)做主控芯片, 硬件协议栈芯片 W5300 用于实现 TCP/IP 通信。

1 模块功能及总体设计

数据通信及处理模块是电控系统的重要组成部分, 完成数据通信、误差补偿及断光续接等功能。数据通信包括与上位机的 TCP/IP 通信以及与电控系统主控板的数据通信。图 1 为数据通信及处理模块的功能示意图。

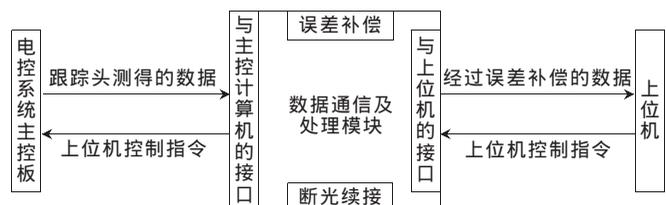


图 1 数据通信及处理模块功能示意图

网络与通信 Network and Communication

激光跟踪仪数据通信及处理模块的组成结构如图 2 所示。模块主要由 F28335 及其附属电路、TCP/IP 通信模块以及与主控计算机接口电路组成。F28335 作为主控芯片控制 W5300 与上位机的 TCP/IP 通信；与主控板的数据交换是利用双口 RAM 实现存储器共享；外扩 SRAM 用于数据缓存；EEPROM 保存误差补偿参数，在程序运行过程中可对其进行读出和修改操作。

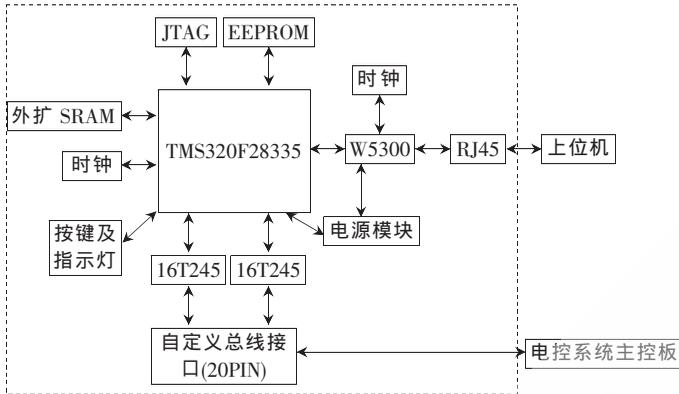


图 2 数据通信及处理模块设计框图

2 模块实现

2.1 TCP/IP 通信的实现

2.1.1 W5300 简介

W5300 是 WIZnet 公司开发的具有内部硬件协议栈的网络接口芯片，利用该芯片可大大减小硬件接口设计和网络编程的工作量，实现可靠稳定运行的远程数据通信系统，可广泛应用于各种安全检测、电力系统的测量监控、音视频传输、远程信息传输等领域^[2]。本项目选用 WIZnet 公司的 TCP/IP 硬件协议栈芯片 W5300 实现 TCP/IP 通信功能。

W5300 的以下特点使其易于实现与 Internet 连接^[3]：

- (1) W5300 内部集成 10/100 M 以太网控制器、MAC 和 TCP/IP 协议栈；
- (2) W5300 使用方便、稳定可靠，广泛应用于高性能、低成本的 Internet 嵌入式领域；
- (3) W5300 与主机(MCU)采用总线接口，通过直接访问方式或间接访问方式，W5300 可以很容易地与主机接口，就像访问 SRAM 存储器；
- (4) W5300 的通信数据可以通过每个端口的 TX/RX FIFO 寄存器访问。

2.1.2 W5300 硬件设计

将 W5300 配置为 16 bit 数据总线宽度，选择内部以太网 PHY，选择以太网自动握手模式。W5300 与主机接口模式采用直接地址模式。F28335 与 W5300 之间连线有 16 bit 的数据线和 10 bit 地址线，以及 /WR、/RD、/CS、/INT、/RST 控制线。初始化硬件时，W5300 的各个寄存器和地址映射到 F28335 的 zone6 区。TMS320F28335 与 W5300 的硬件接口如图 3 所示。

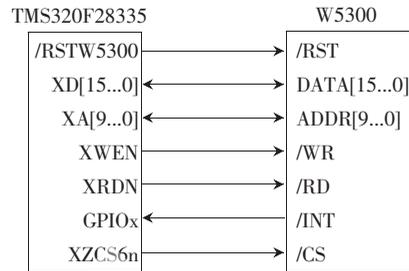


图 3 W5300 与 TMS320F28335 连线图

2.1.3 W5300 软件设计

F28335 控制 W5300 与上位机的 TCP/IP 通信。此模块设置为服务器模式，等待上位机发送的连接请求。

主机获取 W5300 的状态有两种方式，分别为中断方式和查询端口状态寄存器的方式。中断方式可以节省系统资源，在大多数情况下选用这种方式。使用中断方式时，需要注意 GPIO 口鉴定选择寄存器(GPxQSEL)和鉴定控制寄存器(GPxCTRL)中的 QUARPRD 位的配置，这两个寄存器分别配置鉴定需要的采样次数和采样间隔。若采样次数或间隔被配置得过大，可能导致主机无法采集到 W5300 发送的中断信号。

2.2 与电控系统主控板的通信

数据通信及处理模块与电控系统主控板的通信利用双口 RAM，使它们共享这一段存储空间。双口 RAM 可以用于多处理器接口技术的实现^[4]。主控板将采集的数据存入这段 RAM 中，数据通信及处理模块从中读回数据进行处理，并根据处理结果执行相应的操作。

与主控电路板的接口采用自定义总线接口：8 bit 数据线，8 bit 地址线，1 kHz 同步时钟，读使能，写使能，片选信号，地线。

将双口 RAM 通过两片双电压转换芯片(16t245)接到 F28335 的外部扩展接口(XINTF)zone0。需要注意的是，16t245 上控制同步时钟的输出使能引脚(/OE)要一直接地，使能同步时钟信号输出，若与其他接口信号一样将输出使能引脚接在片选信号上，会导致 F28335 无法识别同步时钟信号。

2.3 误差补偿及误差补偿参数的载入

2.3.1 误差补偿

电控系统主控板采集的数据主要包括大气参数、激光干涉测距(IFM)、激光绝对测距(ADM)、方位角和俯仰角。结合激光跟踪测量系统的内部设备选型和几何结构，整个激光跟踪系统的误差可分为测距误差和测角误差两大类。在影响激光跟踪仪测量精度的因素中，测角误差最为显著，而跟踪仪部件之间几何位置不正确则是测角误差的重要来源^[5]。

对采集的数据进行误差补偿需要依照一定的流程进行。首先补偿大气参数，然后补偿 IFM 测量距离和 ADM 测量距离，最后补偿方位角和俯仰角。影响测量数据的误差来源如表 1 所示。

表 1 误差来源类别

采集数据	误差来源
大气参数	温度误差
	气压误差
IFM 测量距离	大气参数误差
ADM 测量距离	大气参数误差
	ADM 测距误差(与 IFM 测距比对)
方位角	激光偏移误差
	轴系误差
	水平码盘偏心误差
俯仰角	激光偏移误差
	轴系误差
	垂直码盘偏心误差

2.3.2 误差补偿参数的载入

误差补偿参数是误差补偿算法表达式中引入的一系列参数,将其载入外扩 EEPROM 中。EEPROM 中的内容掉电不丢失,且在程序运行过程中可以对其进行读写操作,满足此模块对误差补偿参数载入的要求。F28335 通过 I²C 总线与 EEPROM 连接。

2.4 断光续接

在激光跟踪仪操作过程中,由于采用跟踪球实现测量,丢光和挡光会造成断光现象,断光时,ADM 和 IFM 均没有输出,从而造成测量中断。当系统恢复跟踪后,ADM 可以很快恢复距离输出,IFM 也可以恢复工作,但后者输出的距离值实际上不正确,需要对激光干涉设置初始距离。跟踪头控制单元需要根据一定的判据输出清零脉冲,将 IFM 当前距离值清零,同时将 ADM 输出值赋予 IFM,作为干涉测距的起始距离,使 IFM 恢复正常的距离输出。

数据通信及处理模块的断光续接功能就是要在确定恢复跟踪后,对 ADM 测得的距离进行误差补偿,用 ADM 测距值代替 IFM 测距的基准距离以进行后续测量。

3 模块控制程序流程

模块的嵌入式程序存储在主控制芯片 F28335 中。为了能够与主控板实时交换数据,通过 1 kHz 同步时钟的上升沿和下降沿触发外部中断 4、5。为了避免 W5300 产生的外部中断与外部中断 4、5 冲突,将 F28335 获取 W5300 状态的方式设为查询端口状态寄存器的方式,运行外部中断 4 中断服务程序时进行查询。外部中断 4 的服务程序包含与主控板的数据通信以及与上位机的 TCP/IP 网络通信;外部中断 5 的中断服务程序包含对跟踪头测得数据的误差补偿和协助跟踪头实现断光续接功能。在程序初始化部分载入 EEPROM 中的误差补偿参数。在程序运行中,若检测到上位机载入现场校准参数的命令,则禁止外部中断 4、5,将从上位机读入的参数写入 EEPROM 中。嵌入式软件的流程图如图 4 所示。

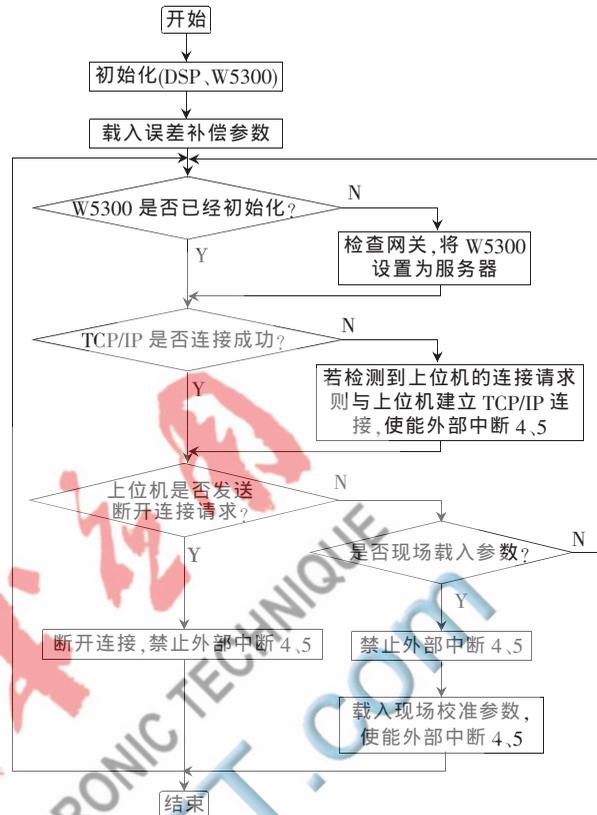


图 4 模块嵌入式软件流程图

本文介绍了激光跟踪仪数据通信及处理模块的软硬件设计,其中,与上位机的 TCP/IP 通信以及利用双口 RAM 实现与电控系统主控板的数据通信,已经通过实验证明了其正确性,以期对研究与开发精密测量仪器系统提供参考。

参考文献

- [1] 张春富,张军,唐文彦,等.激光跟踪仪在大尺寸工件几何参数测量中的应用[J].工具技术,2002(5):26-27.
- [2] 邹依依,郭灿新,黄成军,等.W5100 在 DSP 远程以太网数据通信系统中的应用 [J]. 工业控制计算机,2008,21(8):20.
- [3] WIZnet Co., High-performance internet connectivity solution W5300 version 1.1.1[R]. 2008.
- [4] MORRISON S B, GIBSON J R. High speed data acquisition system with a dual port RAM microprocessor interface [J]. Microprocessors and Microsystems, 1991: 155-159.
- [5] 周维虎,费业泰,李百源,等.激光跟踪仪几何误差修正[J].仪器仪表学报,2002,23(1):56.

(收稿日期:2011-04-07)

作者简介:

章文娟,女,1981年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式开发及测控系统设计。