

实时数据处理及通信系统

朱晓春

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 介绍在 260 经纬仪中采用 INTEL86/310-3A 工业控制计算机构成的实时数据处理与通信系统, 连入靶场计算机网以后, 完成中心计算机对经纬仪的引导以及对经纬仪实时测量数据进行处理和传输。

关键词: 数据处理; 通信系统; 电影经纬仪; 引导; 测量

1 概述

在靶场实验任务中各光学测量设备与指控中心之间都有大量的数据要进行实时处理和交换, 各测量设备本身要采集大量数据并进行记录存储, 以便事后进行分析处理。目前, 随着计算机互连技术和通讯技术的飞速发展, 一种以共享通信介质为中心的局部计算机网已在靶场得到应用, 连网的各计算机有自己的局部存储器和外部设备, 它们可以独立工作, 也可以并行合作, 彼此间的通信是经过通信链路的信息交换来完成的。

在 260 经纬仪中系统微机与数控系统一起构成了专用的计算机实时数据处理和通信系统, 并与靶场中心计算机连网, 系统微机选用 INTEL 公司的 86/310-3A 16 位工业控制计算机, 这种计算机的性能优越, 抗干扰能力强, 可靠性高, 该机所用的 iRMX86 操作系统是一个实时多任务操作系统, 它据有灵活方便的可配置性, 优良的实时性, 面向实时多任务应用环境。

2 INTEL86/310-3A系统机在实时数据处理与通讯系统中的主要功能

(1) 坐标变换

中心计算机向各测量站发出的引导信息一般是以地心为原点的直角坐标系的数据, 各测量站收到引导信息后需要转换成以站址为原点的极坐标数据, 系统机将接收来的引导信息进行坐标变换后提供给经纬仪的数控系统使用。

(2) 系统机与外界的通讯

经纬仪工作在数学引导状态时, 系统机在每个帧采样周期内接收中心计算机发来的引导信息, 经过坐标变换后发送给经纬仪的数控系统去引导经纬仪跟踪目标, 这在目标很远以至操作手还发现不了目标的情况下为确保经纬仪跟踪目标是非常重要的, 一旦目标进入视场, 操

作手很快就可以抓住目标,然后转入自动跟踪,系统机在每个采样周期内接收经纬仪实时测量数据,进行编辑处理及量纲变换后发送给中心计算机。

(3)数据的实时记录存储

系统机要将引导数据及测量数据按帧存储在内存中,然后以文件形式存入磁盘中,以便事后分析处理之用,根据实验的数据量要求,系统机在内存中建立一个能存储 256k 字节的数据存储区。

(4)实时显示

系统机每秒钟将一帧数据以十进制形式显示在 CRT 上,供机下操作人员随时观察经纬仪的跟踪状态。

(5)控制台操作状态的读入及输出。

3 硬件结构及工作原理

本系统的硬件结构是在保留原 86/310-3A 计算机配置的基础上,自行设计了一块通信接口扩展板,其逻辑框图如图 1:

上半部分为系统机的原配置,其主机板为 iS-BC86/35A,加 337 浮点运算协处理器,CPU 为 8086-2,工作频率为 8MHz,下半部分为通讯扩展板,该板主要由总线接口,两个串行通讯口,两个并行通讯口,一个中断管理器及定时单元组成,串行通讯口均采用 8274 多协议串行通信控制器(MPSC)。MPSC 是一种高级的双通道通讯控制器,它用同步或异步协议来连接微处理器系统与高速串行数据链路,符合国际标准化组织的高级数据链路规程(HDLC),用这种串行通信控制器构成两个独立的串行接收/发送通道,以全双工通信方式工作,分别完成系统微机与靶场中心计算机的通信以及系统微机与经纬仪数控系统的通信,与中心计算机通信的接口采用标准的 RS-232 接口,与数控系统通信的接口采用标准的 RS-422 接口,两个并行口采用 8255 可编程并行控制器,完成机下控制台操作状态的输入/输出,86/310-3A 主机板只有一级中断可供用户使用,因而扩展接口板又用一片 8259A 可编程中断管理器,与主机板上的 8259A 构成主从级联方式的中断管理器,其中断过程大致如下:

(1)当中断请求输入端——从片的 IRO~IR7 上产生中断请求,并锁存在 8259A 的中断请求寄存器 IRR 中,由主 8259A 向 CPU 送出 INTR 信号,这时中断请求中优先级最高的 ISR 位(中断服务寄存器的相应位)置“1”。

(2)每条指令结束前的最后一个时钟周期,CPU 检查 INTR 脚是否为高电平。

(3)若有中断请求,就启动两个 INTA/中断响应周期。

(4)第一个 INTA 周期时,主 8259A 将级联地址 CAS0~CAS2 送到总线上,第二个 INTA 周期时,8259A 从片先将级联地址 CAS0~CAS2 与自己的级联地址相比较,若符合,就将自设中断类型码放到数据总线的低八位上。

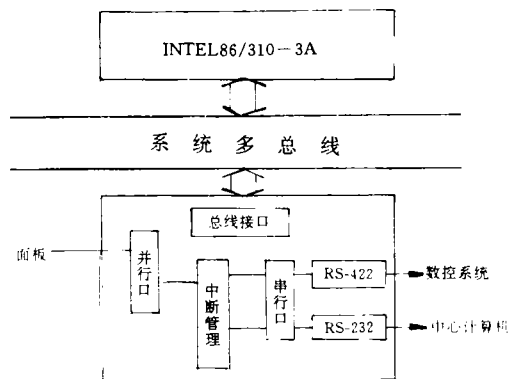


图 1 通信接口扩展板逻辑框图

(5)CPU 读取中断类型码,并将其乘 4 就得到中断向量地址,借助于中断向量地址,通过向量表,可查到中断服务程序的入口地址。

(6)向 8259A 主片和从片发送 EOI 命令结束中断。

定时器产生 8274 的工作时钟脉冲和收发时钟脉冲。

4 系统的软件设计

4.1 通信程序的设计思想

该系统的采样频率为 20Hz,周期为 50ms。50ms 内传送的数据为一帧,因本系统为实时处理系统,各项任务的处理都有一定的时间限制,而且当帧的测量信息必须当帧传送给中心计算机,因此信息的快速传输就成为一个重要的问题。

系统机的工作时序如图 2。

系统机与中心计算机的通信采用串行同步方式,双端使用调制解调器,传输速率为 4.8kbit/s,与数控系统的通信采用串行异步方式快速集中传输,传输速率为 153.6kbit/s,通信程序均要用中断服务程序。

在每个采样周期中,靶场中心计算机向系统机发送一帧引导信息,共 24 个字节,按 4.8kbit/s 的速率,每传送一个字节大约需要的时间为:

$$1/4800 \times 8 = 1.66(\text{ms})$$

传送 24 个字节大约需要 40ms,而且考虑到调制解调器本身的延迟和数据传输过程中的延迟约 8ms,同时,在同步方式传输中为了与同步字符 7EH 相区别,当数据中出现连续 5 个以上的“1”时,MPSC 将自动插入一个“0”,这样也会加长信息的传输时间,因此系统机至少要在 20Hz 帧采样到达后 8—10ms 方可接收到中心计算机来的第一个字节,那么加上传输 24 个字节的时间以及两个 CRC 校验码,必然超过 50ms,系统机就要在下一个 20Hz 帧采样脉冲到达后过一点时间才能接收完该帧信息,系统机接收完引导信息之后,立即将该帧引导信息进行坐标变换,然后必须在下一个采样脉冲到达后立即集中发送给经纬仪的数控系统,以保证经纬仪能按中心计算机给出的飞行目标位置准确地捕获跟踪目标(从收到引导信息到发往数控系统刚好是两个帧采样周期,因此中心计算机发出的引导信息需要外推两帧),另一方面,经纬仪测得的信息又必须在 20Hz 采样脉冲到达后立即向中心计算机发送,而经纬仪的数控系统要在 20Hz 采样脉冲到达 2.3ms 后才能向系统机发出实时测量信息,这是因为编码器,激光测距,电视跟踪等系统在帧采样脉冲后 1ms 方可提供测量数据,数控系统采集到这些数据后要编辑处理后才能发送给系统机,由于数控系统向系统机发送信息采用快速集中传输 18 个字节,然而系统机与中心计算机之间的通信采用每字符中断方式进行接收和发送,这样就可能出现同一时刻有几个中断请求需要处理,于是就产生了两个需要解决的问题,其一是中断响应时间问题,其二是如何在当帧时间将当帧迟到的测量信息在 20Hz 帧采样脉冲到达后立即向

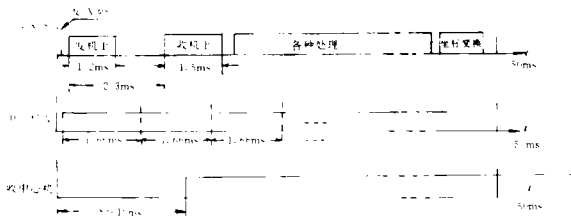


图 2 系统机的工作时序

中心计算机发出的问题。

(1) 中断响应时间问题

中断响应速度是实时处理的重要问题。INTEL86/310-3A 工控机所用的 iRMX86 操作系统,其中断管理是外部事件产生的中断信号触发一个隐含的“调用”,其调用地址是由内存中的中断向量表指定的,从这里控制再转向中断处理程序,如果在原操作系统下使用系统调用来进行中断处理,每响应一次中断需 $200\mu\text{s}$ 左右时间,系统机与数控系统之间传输一个字节需要的时间为: $1/153600 \times (8+2) = 65(\mu\text{s})$ 传输 18 个字节的时间为: $65\mu\text{s} \times 18 = 1.2(\text{ms})$ 。在此期间可能有与中心计算机通信的收/发中断产生,即使 8274 接收通道有三级缓存,接收三个字节需 $195\mu\text{s}$,此时如果响应这个中断,则会造成与数控系统的通信产生接收越限错误,如果不及时响应这个中断,必然造成与中心计算机通信发生错误,另外系统机与中心计算机的通信是全双工的,中断响应时间过长也会造成收中断或者发中断来不及响应而丢失信息,为此对 iRMX86 操作系统进行了重新配置,并且不使用系统调用,从而使得中断响应时间只需几十个微秒。

(2) 当帧测量信息当帧发送给中心计算机的问题

数控系统是在 20Hz 帧采样脉冲到达后 $2.2\text{ms} - 2.4\text{ms}$ 开始向系统机集中发送当帧的测量信息的,当第一个字节使系统机产生中断,系统机响应中断后立即进入查询方式集中接收,所需时间如上述大约 1.2ms ,这是理想情况,实际程序执行时间近似 1.5ms ,因此 20Hz 采样脉冲到达后 $3.7\text{ms} - 3.9\text{ms}$ 才能接收完数控系统发来的实时测量信息。

系统机与中心计算机之间传输一个字节所用时间为 1.66ms ,发送三个字节的时间为 $1.66\text{ms} \times 3 = 4.98\text{ms}$,根据高级数据链路规程的信息传输格式的约定,每帧信息的格式为:

名称	帧标志	地址码	控制码	信息	帧校验	帧标志
符号	F	A	C	I	CRC	F
字节	1	1	1	25	2	1

其中的地址码是固定的,控制码是相对稳定的,信息中的第一个字节为状态码,是标明经纬仪操作状态的信息,在跟踪过程中状态字的更新晚一帧也不致于影响经纬仪的工作状态及数据的使用,因此这三个字节可以在接收到经纬仪的信息之前发出,加之 MPSC 具有不依赖 CPU 的特性,正好利用这两个条件,在 20Hz 采样脉冲一到达就向中心计算机发出第一个地址码,接着发控制码和状态码,当这三个字节发完之后,系统机已经接收完经纬仪发来的实时测量信息,这样就保证了当帧的测量信息在当帧时间内发送给中心计算机。

通信系统的中断优先级设置为 20Hz 中断申请 > 中心计算机的中断申请 > 数控系统的中断申请,并且允许中断嵌套。

综上所述,确保了系统机与经纬仪数控系统之间的高速通信以及当帧测量信息在当帧时间准确无误地传送给中心计算机。

4.2 坐标变换公式

坐标变换的数学公式根据基地给出的坐标系和坐标变换的方法推导出来。

(1) 坐档系的定义

a. 地心坐标系

原点 O_G : 总参考椭球体中心;

$O_G X_G$ 轴: 赤道平面与起始子午面的交线,向外为正;

$O_G Y_G$ 轴:在赤道平面内,与 $O_G X_G, O_G Z_G$ 构成右手直角坐标系;

$O_G Z_G$ 轴:与总参考椭球体旋转轴重合,向上为正;

b. 测量坐标系

原点 O_i :测量设备的方位轴与俯仰轴的交点;

$O_i X_i$ 轴:过原点的切面内,指向大地北;

$O_i Y_i$ 轴:过原点的法线,向上为正;

$O_i Z_i$ 轴:过原点的切平面内,与 $O_i X_i, O_i Y_i$ 构成右手直角坐标系;

(2)坐标变换公式的推导

由于篇幅所限,推导过程略。

推导出的公式如下:

站址直角坐标系的位置数据:

$$X_i = \sin B_i \cos L_i X + \sin B_i \sin L_i Y + \cos B_i Z + N e^2 \sin B_i \cos B_i$$

$$Y_i = \cos B_i \cos L_i X + \cos B_i \sin L_i Y + \sin B_i Z - (N_i + H_i) + N_i e^2 \sin^2 B_i$$

$$Z_i = \cos L_i Y - \sin L_i X$$

站址直角坐标系的速度数据:

$$\dot{X}_i = -\sin B_i \cos L_i \dot{X} - \sin B_i \sin L_i \dot{Y} + \cos B_i \dot{Z}$$

$$\dot{Y}_i = \cos B_i \cos L_i \dot{X} + \cos B_i \sin L_i \dot{Y} + \sin B_i \dot{Z}$$

$$\dot{Z}_i = \cos L_i \dot{Y} - \sin L_i \dot{X}$$

站址极坐标系的数据:

$$A = \text{tg}^{-1}(Z_i/X_i)$$

$$0 \leq A \leq 360^\circ \begin{cases} X_i < 0 & A = \text{tg}^{-1}(Z_i/X_i) + \pi \\ X_i > 0 & \begin{cases} Z_i < 0 & A = \text{tg}^{-1}(Z_i/X_i) + 2\pi \\ Z_i > 0 & A = \text{tg}^{-1}(Z_i/X_i) \end{cases} \end{cases}$$

$$\dot{A} = (\dot{Z}_i X_i - Z_i \dot{X}_i) / (Z_i^2 + X_i^2)$$

$$E = \sin^{-1}(Y_i/R) \begin{cases} Y_i > 0 & E = \sin^{-1}(Y_i/R) \\ Y_i < 0 & E = \sin^{-1}(Y_i/R) + 2\pi \end{cases}$$

$$\dot{E} = [(\dot{Y}_i R - Y_i \dot{R}) / R^2] / [1 - (Y_i^2 / R^2)]$$

$$R = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2}$$

$$\dot{R} = (X_i \dot{X}_i + Y_i \dot{Y}_i + Z_i \dot{Z}_i) / R$$

4.3 程序设计

在程序的设计上,采用汇编语言和 PL/M 语言混合编制,这样可以发挥汇编语言速度快的优点和 PL/M 语言结构性强、功能较齐全的优点。

程序框图如下:

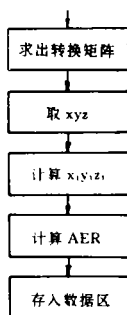


图 3 坐标变换程序框图

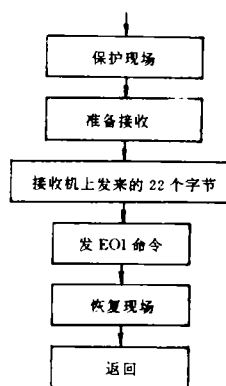


图 4 中断服务程序 1

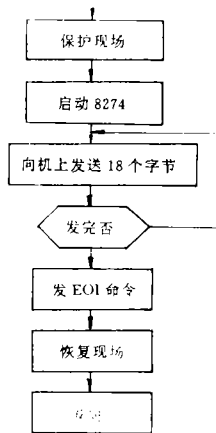


图5 中断服务程序 2

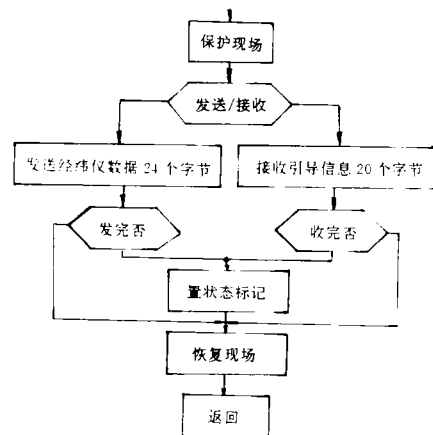


图6 中断服务程序 3

5 结束语

INTEL86/310-3A 工业控制计算机在 260 经纬仪上实现了数据的实时处理和实时传输,在不同的基地都已成功地连入计算机网,在多次执行任务中准确地引导经纬仪捕获到目标,在能够连网的实验基地中系统机显示了重要的作用。

参考文献

- [1]张东煜等,INTEL86/300 系列机应用教材.北京:国营长城科学仪器厂信息部,1986
- [2]李立三等,十六位微处理机 8086.北京:清华大学出版社,1986
- [3]李纪松等,Intel 微型机器件应用集.重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1986

Real-time Data Processing and Communication System

Zhu Xiaochun

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

This paper describes the real-time data processing and communication system consists of a industrial computer Intel 86/310-3A in the cinetheodolite. After connecting with in situ-computer network, it completes the guidance with central computer to the cinetheodolite and the processing and transmitting for real-time measuring data.

Key words: Data processing, Communication system, Cinetheodolite, Guidance, measurement