

基于工控微机现场总线网络的设计与实现

杨 威 (山西师大计算中心)

摘要: 本文论述了基于微机现场总线网络主机系统的功能结构与分布实时管理软件的任务调度算法。重点讨论了集散式系统的拓扑结构、通信方式、通信协议、通信程序的实现方法,以及基于多参数交换的 FoxBASE 与汇编语言通用接口技术。文章最后说明了系统可靠性设计的方法。

一、概述

在测控系统和工程应用中,常遇到若干工作同时进行的情况。因而分布式多微机控制成了一种常见的控制方式。

将微机应用于工业现场物料实时管理中,能大大提高物料计量的精度与称量的速度,同时还可完成各种信息报表的打印输出。为了能迅速准确地实现异地定点回皮,及时地对各种数据进行汇集、加工、处理,要求微机系统具有较强的实时通信能力与可靠性能。经多方比较和验证,我们选择了研华工控 IPC-286 机作为分布式系统中的主、从控制单元,选择 PCL-745 通信卡作为网络中物理层,构成一个物料实时管理信息系统。该系统各控制单元配有 SVGA 彩色图形显示器,打印机等。具有实时显示系统状态参数,数据处理,定点回皮,响应各种随机事件的中断服务请求,打印各种报表及物料供应,库存分析等功能。

二、网络主机系统功能结构与任务管理

我们使用 Turbo C V2.0 语言进行程序设计。该语言既有高级语言的功能,又有低级语言的成分。程序由若干函数组成,适用于结构化程序设计。程序可以编辑成一个或几个源文件,源文件可以单独进行编译,也可包含主源文件中进行编译,文件编译完后,即可将它们连接在一起(包括对系统文件、目标文件的连接),从而形成一个可以运行的目标代码文件。这种结构可以将大的算法任务划分成一个个较小的任务来解决,实现模块化结构,使整个程序比较清晰。在软件开发过程中,我们遵循了软件工程学的设计原理及规范,采用了模块化设计方法,

使软件的总体设计结构合理和逻辑层次清楚。系统逻辑结构如图 1 所示:

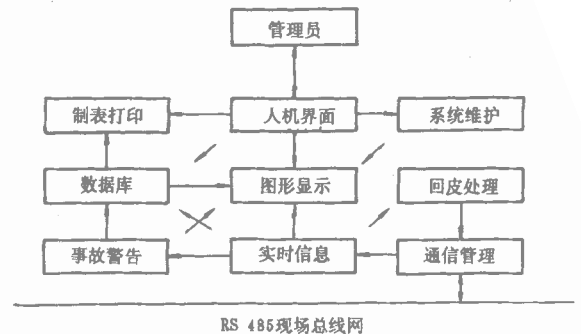


图 1 系统逻辑结构图

物料网的实时信息,包括站号、票号、车号、毛重、皮重、杂质量、料种、供方、需方、进出厂标志、汽车/四轮标志、回皮站号等信息,通过现场采集、传输、汇入管理主站计算机。其任务划分如下:

- 通信管理:采用中断方式接收分布式从站采集的实时信息,按任务分配调度管理算法,送数据给图形/状态显示模块、回皮处理模块、事故告警处理模块、数据库管理模块。并进行定点回皮操作数据的发送。传输速度:4800 波特;传输介质:双绞线;通信接口:RS-485;通信距离 10 公里;通信规程为 SDLC。

- 图形显示:满足管理人员直观地对现场运行设备(汽车/四轮进出厂状况)进行监视、监测的要求,能生成多幅工况模拟图画画面显示。其画面刷新时间 3 秒钟。

- 事故警告:当任意时刻有任一计量从站发生故障(如通信故障),即启动报警声响。

- 回皮处理:当任意时刻有任一计量从站请求定点回皮,即形成定点回皮报文信息,由通信接口,发送至所

指定回皮站号。

- 数据库管理: 定时存放接收的各从站的信息, 以满足物料管理各种报表输出的要求, 并提供与 FoxBASE 数据库系统的接口。

- 制表打印: 对物料管理系统所要求的各种报表进行定时打印和选择打印输出。

- 人机界面: 采用热键驱动, 能在线进行召唤显示, 选择打印、系统维护、数据库维护等操作。

- 系统维护: 主要进行文件操作管理, 系统运行参数设置、口令字设置等操作。

- 实时钟: 为工况图表显示、报表打印、巡回召唤各从站等任务提供系统时间依据, 并监视各任务的运行状况。

以上任务总是处于就绪、运行、挂起、睡眠等状态, 这四种状态的转换关系如图 2 所示:

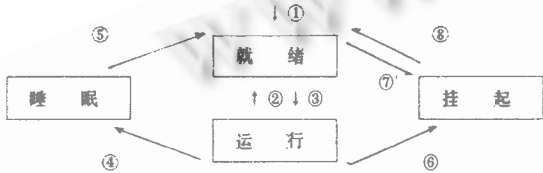


图 2 任务状态转换图

在系统的任一时刻, 某一任务处于其中的一种状态, 图 2 中的编号表示引起状态变化的事件。任务的状态由外部事件和系统调度来控制, 每个任务设置优先级别, 用来表示任务的重要程度。系统调度策略保证处于就绪状态的各任务中优先级最高的任务首先获得 CPU 资源, 进入运行状态。

任务从一种状态转变为另一处状态是由事件驱动, 而事件通常是主要由系统响应外部事件中断后, 中断服务程序与任务相通信而产生的。例如, 一任务在系统主程序中设置后, 就等待外部任务与它通信。若无通信则该任务处于睡眠状态, 若外部事件与它通信, 该任务即从睡眠中激活, 转换为就绪状态等待运行。任务调度策略根据优先级的高低将优先级最高的任务转换为运行状态, 运行结束后, 或进入睡眠态、或被挂起。

实时系统软件中的各任务, 是在同步 / 互斥机制下设置任务的优先级, 当任务的优先级一样时, 任务间设置信号量控制。本系统规定与输入输出有关的中断任务具有最高的优先级, 其次是事故警告任务, 回皮报文发送任

务, 数据库更新任务, 图形状态显示任务。

实践表明, 依据上述任务调度策略设计的程序系统, 能够准确地进行任务的调度管理, 为系统的可靠性运行提供了保证。

三、通信方式、网络拓扑及网卡性能

1. 通信方式

通信方式有并行和串行通信两种。并行通信比串行通信速度快, 但使用的通信电缆多, 接口电路复杂通信造价高, 不适宜长距离通信。考虑到本系统传送的数据量较少, 速度要求不很高, 为了降低费用和保障在工程上容易实现, 我们选用了串行通信方式。

串行通信又分为异步通信方式和同步通信方式。同步通信用一个或两个同步字符表示数据块的开始, 传送速度快, 可达 56000 波特, 但要求有时钟实现发送与接收之间的同步, 硬件复杂。异步通信用一个起始位表示字符的开始, 用停止位表示字符的结束, 传送速度较慢, 在 50-9600 波特之间, 但硬件简单, 易于工程上实现, 并且能满足本系统的性能要求。所以, 我们选用异步串行中断通信方式。

2. 网络拓扑

本系统采用现场总线网。现场总线网络结构由物理层、数据链路层和应用层组成。其流量控制和差错控制在数据链路层执行, 报文的可靠传输在数据链路层或应用层执行。这种网络结构具有结构简单、执行协议直观、价格低廉等优点。其结构如图 3 所示:

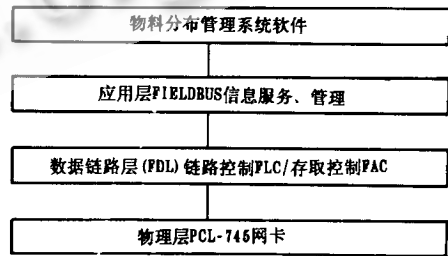


图 3 现场总线结构图

3. PCI-745 通信卡特性

PCL-745 卡具有以下功能:

- 包含两个 RS-422 / 485 接口。
- 通讯距离达 1.5 公里。
- 传输速度高达 56000 波特。

- 开关选择串行口地址包含 COM1、COM2, 其它地址从 200H 到 3F8H。
- 支持 TX、RX、RTS 和 CTS 信号。
- 支持 2-线或 4-线传输。
- 4 LEDS 指标 TX、RX 状态。

物理层拓扑结构如图 4 所示:

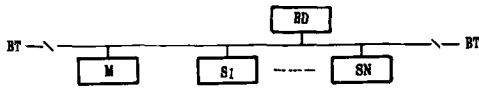


图 4 厂区物理层拓扑结构图

图中 BT—总线终结器 BD—通信中断器(总线驱动器)

M—网络主机 S1~SN—网络从机#1~#N

- RS-485 接口由跳线选择, 且为可编程接口, 用控制发送、或接收、或发送和接收双向等三种传输方式。
 - 支持中断方式(由跳线选择)。
- 可用于:
- 在恶劣的环境下串行通信。
 - 多点通信网络(RS-485)。
 - 长距离的 PC(点-点)间的串行通信(RS-422)。

四、通信协议

1. 通讯控制方式

本系统中, 主机处于主动地位, 从机处于被动地位, 因此通信方式采用逻辑环选取控制方式, 即主机按某一既定顺序依次向从机发出控制命令, 各从机只有在接收到发给自己的控制命令时, 才能占有传输介质和主机进行通信。

2. 报文格式和命令字

主机与从机之间的信息是通过报文控制块来实现的。报文分为命令报文和响应报文两种。

(1)命令报文由主机发送, 诸从机同时接收。因此, 命令报文必须包含有从机地址码和相应的命令码, 命令码反映了主机要求从机的操作。命令报文格式如图 5 所示:

前导	目的地址	源地址	命令码	信息域	结束	校验码
----	------	-----	-----	-----	----	-----

图 5 命令报文格式

图中前导码为 AAH 共 5 个字节。结束码为 55H 共 5 个字节。目的地址、源地址及命令码均为 1 字节。

命令字为: C1H: 要求从机向主机传送数据。

C2H: 要求从机接收主机发送的数据。

C3H: 要求从机向主机传送报表数据。

C4H: 要求从机自检。

(2)响应报文。由从机发送。反映了从机对主机命令报文的操作是否成功, 并包含主机需要的信息。响应报文格式如图 6 所示:

前导	目的地址	源地址	响应控制字符	信息域	结束	校验码
----	------	-----	--------	-----	----	-----

图 6 响应报文格式

图中前导码规定为: 本机地址码共 5 个字节, 结束码同上。响应控制字符反映了从机的响应情况, 为一字节码。信息域为可变字节, 反映了物料实时计量数据。当主机要求从机向主机传送数据时, 命令报文信息域为空的; 当主机要从机接收主机发来数据时, 从机响应报文中的信息域为空的。

信息域格式如图 7 所示:

票号	车号	毛重	皮重	杂质重	供方	需方	料种	进/出	汽车/四轮
----	----	----	----	-----	----	----	----	-----	-------

图 7 信息域格式

(3)差错检验。数据在通信线路上传输时, 由于通信介质, 通信卡的质量问题或通信线路上的电磁耦合噪声干扰等, 难免出现差错。目前广泛采用的差错检验码有奇偶校验、方块码和循环码等。本系统采用循环冗余检验差错。校验码为两个字节, 根据 CRC-16 校验得到。校验码的初始值为 0, 在计算校验码时, 包括起始符和结束符的计算, 在接收端连同发送到的校验码一起得到的校验码为零时, 则接收数据正确。否则接收数据出错, 要求重新发送。

五、通信程序设计

1. 设计思想

为了保障网络系统正常运行, 主从机通信程序采用中断控制方式。由于从机物料管理系统采用 FoxBASE V2.1 编程, 因而从机通信程序必须驻留内存, 同时还要开辟一块内存区, 以便通信程序与 FoxBASE 程序进行数据交换。这样就还要考虑为 FoxBASE 程序设置内存数据读取和写入函数, 即要进行汇编程序与 FoxBASE 程序的接口设计。

2. 主机通信程序

主机通信采用 C 语言编程, 是主机系统软件中一个重要的组成部分。主机接收从机信息, 采用中断控制方

式。程序流程图如图 8 所示:

主、从机通信完成两大功能,其一是从机传递物料信息,主机接收后,将其发送到指定的从机,实现定点回皮;其二是汇集从机物料计量即时数据,实现物料管理整体自动化。

3.从机通信程序

从机通信采用 C 语言编程。从机启动后,将通信程序驻留内存。整个系统共有八台从机,各从机接收主机信息,采用中断控制方式,程序流程框图如图 9 所示:

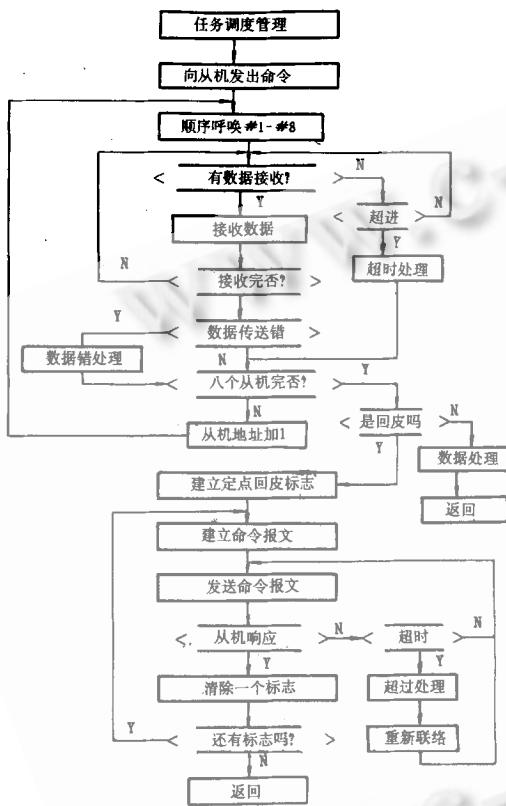


图 8 主机通信程序流程图

4.设置内存数据交换区

网络通信在从机系统中为前台任务,该前台任务中还包括在从称量仪表读取物料称重数据的子任务。由于从机后台任务采用 FoxBASE 编程,这就涉及到前后台任务间数据传递的问题。FoxBASE 语言可以和汇编语言接口,数据交换的关键是设置数据交换公用内存区,使该内存区既可被驻留内存通信程序和读取称量仪表数据程序方便地访问,又可被用汇编语言设计内存读、写函数方便地访问,并且该内存不影响从机系统正常运行。

DOS 和 BIOS 的内存分配表,从 00000H-003FF 的 RAM 中断向量表内尚有可给用户利用的空间,如:

200-217H 为 BASIC 保留。

218 3FFH BASIC 程序运行时,提供给 BASIC 解释程序使用。

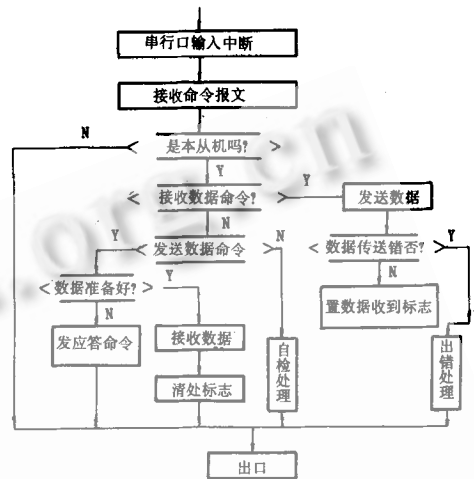


图 9 从机通信程序流程图

由于从机系统程序运行于 FoxBASE 环境下,所以通信数据的环形缓冲区,和称重数据以及标志字均可使用从 200H-3CFH 内存单元。使用此部分内存单元有以下优点:

- (1)不占用从机系统前、后台程序的可用空间;
- (2)适合各种版本的 DOS 各种 PC 兼容机;
- (3)方便了 C 语言、汇编语言及 FoxBASE 等二种语言于一体混合编程,使各语言体系的功能发挥出最佳的效果;
- (4)避免了以磁盘文件形式交换数据的作法,延长了硬盘的寿命。

5.基于多参数交换的 FoxBASE 与汇编语言通用接口技术

FoxBASE 程序调用汇编语言程序的命令是 CALL [WITH /],两种语言程序之间的参数交换是通过该命令 WITH 子句中的内存变量或字符表达式进行的。FoxBASE 规定,内存变量或字符表达式只能有一个,即两种语言程序之间只能传递一个参数,这显然不能满足实际需要。因此,必须对 FoxBASE 调用的汇编接口技术扩充,使 FoxBASE 语言与汇编语言之间具备多个参

数交换的能力。WITH 子句中的内存变量可以是数值、日期、逻辑、字符四种数据类型之一。前三种内存变量显然难以实现多参数交换,唯一可行的办法是利用字符型内存变量实现多参数交换。通用接口技术需要完成双向功能。

其一,实现 FoxBASE 向汇编语言多个参数的传递。WITH 子句中的字符中含有若干组数据,将组成字符串的这些数据分离出来,并将分离后的数据完成由十进制 ASCII 码到二进制数的转换,将转换后的数据保存在指定的缓冲区;

其二,实现汇编语言向 FoxBASE 程序多个参数的返回。将汇编程序返回的二进制数据转换成十进制 ASCII 码,把转换后的数据送给内存变量,并移动内存数据地址指针。

为了实现上述功能,数据双向传递及汇编语言编程应满足以下约定:

(1)FoxBASE 向汇编语言传递数据。含有若干参数的字符串内存变量总长度 < 256 个字符,各参数之间用非数值字符(0-9)间隔,一般用空格符间隔。各参数值 < 65535,在汇编语言中以双字节存储。若某一参数值 > 65535,可用相邻二参数表示之,其参数的高位值 = (原数值 / 65535)取整,参数低位值 = 原数据 - (高位值) × 原数据。相应该参数在内存中以四字节存储。其汇编语言转换子程序一调用规则为:

入口参数 DS:BX 存放字符串首地址

CX 存放参数个数

出口参数 DS:BX 存放已转换参数表首地址

执行 CALL WITH 命令后,DS:BX 指向字符串首址。在转换汇编主程序中,将参数个数置 CX 寄存器,将转换参数表首址 0:200H 置于 DS:BX 中,每次调用子程序进行转换时,要进行字符串地址压栈保护。

(2)汇编语言通过字符内存变量,把参数返回给 FoxBASE 内存变量,必须在使用 CALL WITH 命令之前定义所容纳字符的个数。为了便于 FoxBASE 返回的参数进行分离,约定返回的每个参数长度 6 位含 1 位空格符。设返回 N 个参数,则内存变量应定义为 SPACE (6 × N)。返回的内存变量使用子串函数 SUBSTR(,,)按 6 位分别截取,然后用字符数值转换函数 VAL()转换得到参数值。其汇编语言转换子程序二调用规则为:

入口参数:DX 存放转换参数

DS:BX 存放转换后参数欲存放地址(0:300H)

出口参数:DS:BX 存放已转换参数末位地址+2(下一个参数的存放地址)

该子程序调用一次,转换一个参数,在出口处将 DS:BX 地址指针后移 6 字节,自动指向下一参数存放地址。要返回几个参数赋给 FoxBASE 程序的内存变量,则需调用该转换子程序几次,这样可在汇编接口主程序中设置 CX = 待转换参数,采用循环结构实现。

六、系统可靠性设计

实时系统的基本要求之一是可靠性。因此,可靠性设计成了本系统设计中的重要问题,它不但要求系统有各种检验与控制手段,以减少系统出错的可能性,同时还要系统具有容错能力。

1.与操作系统接口

信息实时处理必然依赖于实时操作系统。在 MS-DOS 环境下实时多任务执行程序与操作系统接口尤为重要。为了避免 DOS 重入性,我们在程序设计中,尽量采用 C 语言的 BIOS 接口函数,并考虑 DOS 参数栈的保护,使程序运行出错的故障率为 0。

在进行磁盘操作时不可中断。为了保护磁盘操作,磁盘 I/O 操作函数在执行时,设置读写操作标志。各中断服务程序检查该标志确保磁盘操作正确进行。

2.通信网络的故障检测

在正常情况下,主机与从机通过网络总线交换信息,若网络出故障,则主机发出命令后,从机不会响应。本系统中,我们采用正时方法来确定通信网络是否发生故障,即主机发出命令,直到发出了三次命令后,从机仍然不响应,则通信网络故障。主机显示网络故障从机号,并进行报警。

3.分布式主、从机程序系统任务监视

实时程序系统中,每个任务都有其产生时刻和一个最大可能生存期。在正常情况下,任务的执行时间不会超过该生存期。但是由于种种原因,程序“死掉”的现象也是有的,一旦某个程序“死掉”整个系统将随之“死掉”。为了防止系统死锁,需要对任务的执行监视。在本系统中,如果一个任务生成后,其生存期超过了最大可能生存期,则认为该任务状态异常,系统将强迫其停止运行,恢复系统正常运行。任务监视的具体方地为:设某任务 A 的最大生存期为 Max△Ta,当生成任务 A 时,记下生

成时刻 T_b , 时钟程序每次执行, 检查任务 A, 若对当前时刻 T 存在 $T - T_b > \text{Max} \Delta T_a$ 时则认为任务 A 超时, 将其强行退出。由于时钟中断具有很高的可靠性, 且执行频率为每秒 18.2 次, 因此, 它能有效地对任务进行监视, 保证系统正常运行。

七、结束语

分布式处理是当代计算机技术前沿课题之一, 分布式实时管理信息系统的建造研究是集成生产管理信息系统的一个基础性研究。如何充分利用微机的资源开发高性能的现场总线网, 满足企业生产过程分布式实时管理的需要, 正是我们的目标。基于工控微机现场总线网络系统的研制, 是我们在分布式实时处理方面所作的实践尝试。本系统有以下特点:

1. 系统结构采用基于微机现场总线结构。具有可靠性高, 通信线路少、反应快, 易扩展等特点;
2. 提出了一种适合于任务调度管理的系统逻辑结构模型;
3. 系统具有多种画面显示及控制方式。画面刷新 < 3 秒;
4. 采用 C 语言编程, 实用了一种前台、后台及定时任务并发的方法;
5. 从机通信管理采用公用内存数据交换区, 实现了

三种语言(C 语言、汇编语言、FoxBASE 语言)混合编程技术, 使各种语言体系发挥出最佳效果;

6. 系统组态采用参数设置方式, 使系统具有灵活、方便的动态管理性能。

本系统在某钢铁公司投入运行已一年多。取得了很好的经济效益和社会效益, 可减少物料流失 1% ~ 2.14%, 节约原料资金 300 ~ 800 万元。从系统运行效果来看, 本系统基本上达到了设计要求, 但它仍然是一个尚未完善的系统。若在此基础上进一步扩充基于软件的令牌总线(Token Bus)存取控制机制以及高层管理辅助决策功能。进一步拓宽系统的应用面, 扩大系统的应用成果, 一定会使企业获得更大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] H.Lorin, *Aspects of Distributed Computing System (2nd edn)*, John Wiley & Sons, UK, 1988
- [2] I.lee and Gehlot, *Language constructs for Distributed Real-Time programming, Proc of IEEE Real Time systems symposium, Dec, 1985*
- [3] 魏庆福等, *STD 总线工业控制机的设计与应用*, 科学出版社, 1991.06
- [4] 杨威, *企业电力实时管理信息系统的研究与实现*, 陕西机械学院硕士学位论文, 1991.03