

用 CS-3 微机系统实现 多功能实时控制

姚立常 葛文奇 续志军 沈湘衡

摘要: 本文叙述了将CS-3系统机用于电影经纬仪的控制系统,提供了五种实时控制功能和三种非实时控制功能,成功地进行了等效二阶位置伺服系统的控制校正及其他实时控制,减化了电影经纬仪控制系统的硬件设备,增加了使用性能并提高了可靠性。

一、CS-3型微机系统简介

CS-3型微机系统是美国CROMEMCO公司生产的一种机型。它采用了Z80ACPU,字长8位,时钟频率4MHz,内存为64k字节。其外设除CRT,打印机外,提供了两组8"软磁盘驱动器,采用8"双面双密度软盘,每盘容量达1兆字节。

该机与市场上流行的各种8位机比较具有两大特点:其一是软件丰富,它不仅向用户提供了多种高级语言程序,其操作系统可向用户提供50余条系统调用,用户可根据使用情况重新组成操作系统。其二是提供了多种具有专用功能的接口板,其机箱为用户提供了17个100总线扩展插座,硬件系统具有体选功能,可在软、硬件的配合下方便地扩大其内存量。因此,在8位字长的微机中,它是用于实时控制的一种较为理想的机型。

二、微机应用系统的硬件构成及原理

为了实现所要求的特定功能,需要建立必要的硬件结构。图1表示出该应用系统的硬件方框图。从图中可见,其硬件结构由四个基本单元组成,即CS-3系统机的基本硬件配置,信息交换结构,内存扩展结构以及规程转换器结构。分别简述如下:

1. CS-3系统机的基本硬件配置

CS-3系统机基本的硬件配置有四块功能板。即ZPU板,它由Z80ACPU及其支持电路组成,是该系统机的核心;16FDC板,由大规模集成电路FD-1771及其支持电路组成,用于支持CRT及软磁盘驱动器,其上的1k只读存储器存放着操作系统的引导固化程序(RDOS);64k板,由32片16k位的TMS-4116动态随机存储器及其支持电路组成,用于对程序及数据的动态存储;TU-ART板,由两片大规模集成电路TMS-5501及其支持电路组成,它提供出两组双向并行接口电路及必要的联络信号,用于驱动打印机。上述四块功能板均与S-100总线兼容,通过系统软件及应用软件建立各板间的联系,以实现系统机本身及应用开发的各项功能。

2. 信息交换结构

该结构完成以下六种功能:

(1) 采集由靶场中心计算机通过 SCA-4B 数传机及信号处理装置 (图中未标出), 向电影经纬仪发送的引导信息 (收端信息)。

为了对收端信息定时, 数传机向电影经纬仪提供了一组收端句、字、位定时脉冲序列, 其频率分别为20周/秒, 240周/秒和4.8千周/秒。即采样频率为20次/秒, 每采样一次的数据分12个字段送出, 每个字段为20位, 收端信息以自然二进制串行码的格式传输。

采集接口电路用串行移位寄存器接收收端信息, 用收端位同步信号做为移位脉冲, 经移

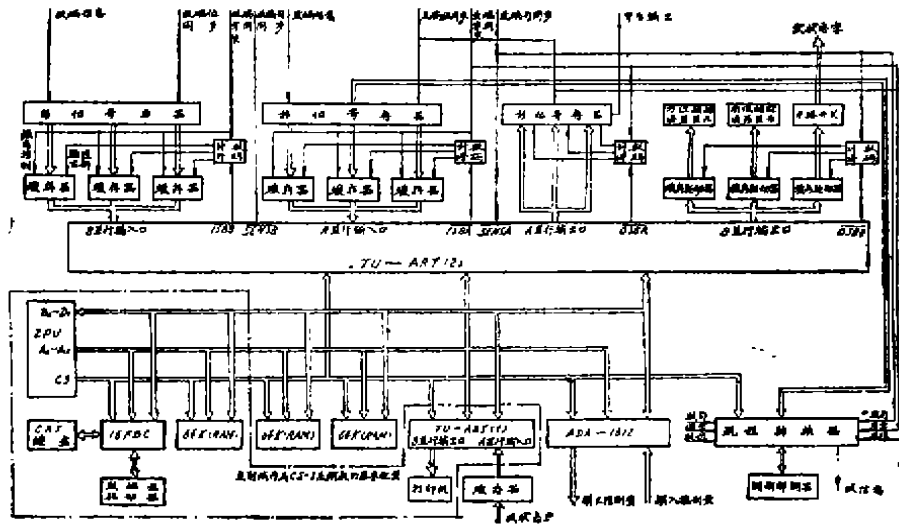


图1 微机应用系统原理框图

位寄存器进行串、并转换后, 将数据线分别连接到输入缓存器上, 通过与S-100总线兼容的通用接口板TU-ART板的B并行输入口将数据读入内存。

将经过处理的收端句同步信号做为TU-ART板的中断申请信号 \overline{SENSB} , 当收端句同步的下降沿到达之后使计算机中断, 通过TU-ART板上的定时器单元, 在软件的配合下建立一个收端字分配系统, 与外部的收端字同步脉冲在时间上相对应, 以区别所读入的收端信息的字段。

从图上可见, 各字段 (20位) 的信息系通过8位数据线分三个字节读入内存, 其读入顺序通过由TU-ART板发出的输入选通信号 \overline{ISBB} 经计数和译码后控制缓存器的输出端来实现。每读入一个字段后 (用数据块传送指令连续读3个字节), 由外部输入的字同步信号向缓存器锁存下一个字段的信息, 同时, 将计数器复位以再次输入下一个字段的三个字节的信息。这种数据采集结构, 软硬件结合, 充分发挥了通用接口板的效能, 减少了硬件设计工作量, 增加了可靠性使研制开发周期大大缩短。

(2) 采集由电影经纬仪通过信号处理装置及SCA-4B数传机向靶场中心计算机发送的反馈信息 (发端信息)。其采集原理同 (1), 所不同的是这里将经过处理的发端句同步信号做为TU-ART板的中断申请信号 \overline{SENSA} (\overline{SENSA} 的中断优先级最高), 并用 \overline{ISBA} 来控制发端信息的各字段中每个字节的读入顺序。

(3) 将记录存盘的收发端信息通过信号处理装置及SCA-4B数传机向靶场中心计算机

进行事后发送。以发端同步信号做为中断源，由TU-ART板的并行输出口向并串移位寄存器发出记录信息，TU-ART板上的输出选通控制信号OSBA通过计数器、译码器建立锁存控制，用发端同步信号移位，用发端字同步信号使计数器复位，其工作原理与（1）基本相同。

（4）采集电影经纬仪的实时操作状态，用驱动打印机的TU-ART板的A并行输入口通过缓存器接收来自电影经纬仪控制台的九种有关的操作状态字。它们是：记录、存盘、数控、机上单杆、机下单杆、单杆积分、数引、测量电视跟踪、扑获电视跟踪状态字。

（5）与电影经纬仪交换模拟量控制数据。模拟量控制数据的交换，通过通用的16通道的模数/数模转换板ADA-1612板来实现。一方面通过它采集电影经纬仪伺服系统的方位、高低测速机信号，方位、高低单杆控制信号；另一方面，将方位、高低的结果模拟控制量发送到电影经纬仪。

（6）向电影经纬仪发送数字量的结果数据，及结果状态字。这些数据及状态字系通过TU-ART板的B并行输出口按照已阐述的工作原理发送。

3. 内存扩展结构

考虑到8位机的内存容量小（64k字节），外存速度慢的情况，为了实时记录数据量比较大的收、发端信息，必须扩展该系统机的内存。为此，我们利用该系统机所特有的体选功能来达到这一目的，并采取了以下两方面的措施：

（1）重新配置内存

在系统机原有的一块64k存储器板的基础上，我们又增加了两块64k板，将这三块板分别定义为1*、2*、3*板。通过置定每块板上的SW₁、SW₂、SW₃三个多路开关中的各项功能开关，来重新改变内存的配置，其开关设定表如表1所示。

表1 64k板开关配置表

64k板号		1*	2*	3*
开关配置	RESETA	IN	OUT	OUT
	RESETB	OUT	OUT	OUT
	A15A	0	1	1
	A15B	1	1	1
SW ₁	BANK0	IN	OUT	OUT
	1	IN	IN	OUT
	2	IN	OUT	OUT
	3	IN	OUT	IN
	4	IN	OUT	OUT
	5	OUT	OUT	OUT
	6	OUT	OUT	OUT
(A块)	7	OUT	OUT	OUT
	BANK0	IN	OUT	OUT
	1	OUT	OUT	OUT
	2	OUT	IN	OUT
	3	OUT	OUT	OUT
	4	OUT	OUT	IN
	5	OUT	OUT	OUT
6	OUT	OUT	OUT	
(B块)	7	OUT	OUT	OUT

从表1可见，1*64k板的A块同时设定在“0~4”体中的前半体其地址为 $\phi\phi\phi\phi H\sim$

7FFFH, 以保证在体选指令配合下进行转体时, 保持应用主程序及系统机的操作系统程序执行的连续性。1*64k板的B块只设定在“0”体中的后半体, 其地址为8φφφH~FFFFH, 2*64k板的A块, B块则分别设定在“1”体, “2”体的后半体, 其地址为8φφφH~FFFFH。3*64k板的A块、B块分别设定在“3”体, “4”体的后半体, 其地址也为8φφφH~FFFFH; 经如此改选的内空间配置图如图2所示。

(2) 修改系统机的操作系统, 确定应用程序的存放空间

从重新配置的内空间结构可见, 为了在执行数据记录程序时所需要的转体过程中, 保持应用程序的连续性, 应用程序必须放置在1*64k板的A块中, 考虑到应用程序中使用了系统调用并在记录后的建立文件、存盘中都需要在操作系统支持下进行的这些情况, 因此, 在1*

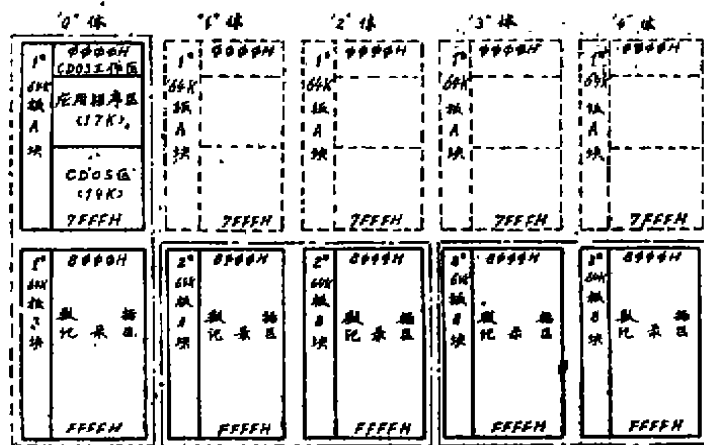


图2 内存配置图

64k板的A块内存中也应同时存放该系统机的操作系统, 但是, 1*64k板A块所能提供的存储空间只有32k字节, 而CS-3原配置的操作系统放置在从地址FFFFFH向上的地址空间, 其所占内存多达24k字节, 这样, 为用户所提供的应用程序的存放空间少于8k字节, 为此, 我们修改了CS-3的原操作系统(CDOS), 将其从24k压缩到14k, 并将其存放地址修改为从7FFFH向上存放, 从而既保证了程序执行的连续性也为应用程序提供了足够的存储空间(18k字节), 其数据记录空间为 $32k \times 5 = 160k$ 字节(该空间最大可扩展到 $32k \times 8 = 256k$ 字节)。

4. 规程转换器结构

近年来随着计算机在靶场测控设备上的普遍应用, 在靶场中心计算机与测控设备之间信息传输所用的SCA-4B数传机也正在为小型化、高可靠性的调制解调器所取代。考虑到这一发展趋势, 在我们应用系统的硬件结构中增加了一个规程转换器板。

该规程转换器由自行开发的Z80A单板机为核心与所需要的支持电路构成, 它的作用是将电影经纬仪按照SCA-4B数传机的格式所发出的反馈信息(发端信息)转换成调制解调器的信息传输格式后, 经调制解调器向靶场中心计算机发送; 同时把按调制解调器的信息传

输格式接收到的靶场中心计算机的引导信息（收端信息）变换成 SCA-4B 数传机的格式后提供给电影经纬仪和本应用系统。

三、控制功能

对于一个计算机实时控制系统来说，在应用软件编制过程中，必须对每个特定功能模块

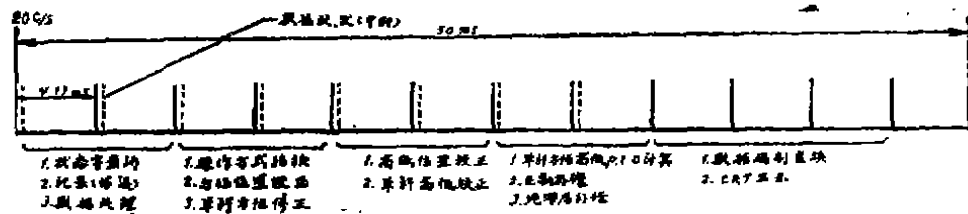


图3 程序定时图

的调用顺序及执行时间做出恰当的安排。实践证明，如果应用程序的定时安排不合理，将导致某些功能无法实现或达不到预定的技术要求。图3表示了本应用系统的程序定时图。

该微机应用系统实时采样频率为20次/秒在每个采样周期内（50ms），所实现的实时控制功能有以下五种：

1. 按照规定的优先级实现电影经纬仪五种操作方式的自动转换。

电影经纬仪的操作方式按优先级排列计有：机上单杆半自动跟踪、机下单杆半自动跟踪、测量电视自动跟踪、扑获电视自动跟踪、数引跟踪。计算机接收上述各种方式的状态字，这些状态字或人工强制给出或按照某种判据自动给出。根据优先级及状态字情况逻辑判断出电影经纬仪当前的操作方式，并向外部有关的硬件发出结果状态字，当从数引方式或电视自动跟踪方式向机上单杆、机下单杆方式转换时，计算机还加入了记忆跟踪操作。由程序定时图可见，判断周期为1/20秒。

2. 在CRT屏幕上列表定点显示出：绝对时间，电影经纬仪的方位、高低角度值，电视测量的脱靶量值，激光测距值以及靶场中心计算机引导的方位、高低角度值，目标距离的计算值，和电影经纬仪的状态信息等共九项数据。其显示格式为十进制，列表程序放在主循环程序之外一次执行，数据更新周期为2秒（数据停留1.55秒，以便于观察，更新时间为0.45秒）。

3. 在数学引导跟踪方式下，计算机对方位、高低位置控制回路的误差量进行数字校正处理，其结构方框图如图4所示。

通过计算机实现了线性校正，大偏差处理，前馈量给定处理，半自动修正的迭加等工作。

4. 在半自动（人工操作）跟踪方式下，计算机读取单杆控制器的方位，高低模拟控制量，经A/D变换后按P、D或P、I、D算法进行位置校正，用二次曲线逼近的方法计算正割补偿，并对人的纯滞后进行适当的外推修正。

5. 分别记录电影经纬仪向靶场中心计算机发送的发端信息或靶场中心计算机向电影经

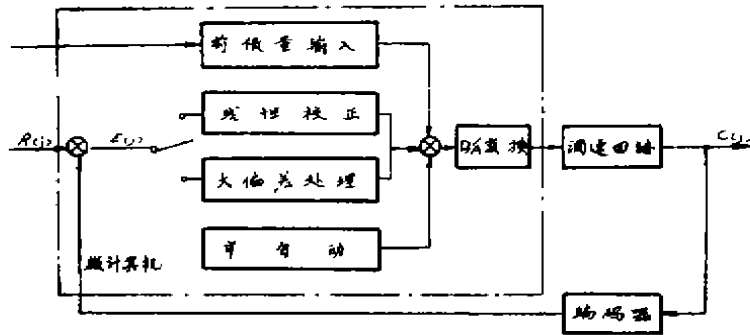


图4 控制结构方框图

经纬仪发送的收端信息,记录数据量达160k字节(记录发端信息最长可达6分24秒与在20帧/秒摄影频率下拍照180m底片的记录时间相对应)。

此外还设置了跟踪误差实时显示,数据错误判断及告警等附加的实时功能。

除上述各项实时功能外,该应用系统还提供了以下三种非实时性的功能。

1. 在电影经纬仪操作人员的干预下(按下控制台上的存盘键),控制程序进入存盘模块。这时,在操作系统的支持下,可根据调试需要通过人机对话单次或连续在CRT上显示出所记录的任意一个采样点的数据并打印。可以在显示的任意段落,人工干预返回实时控制状态(主应用程序)或返回CDOS状态。

2. 通过人机对话,可将所记录的数据以文件的形式存入软盘,形成系统文件,或从软盘调入内存,并通过所设置的硬件接口将此数据向靶场中心计算机事后发送。

3. 向电影经纬仪提供出正弦引导信息,并可通过人机对话改变其正弦引导的某些基本参数。

四、应用软件的构成

该微机系统的实时应用软件由四个中断子程序,一个主程序构成。非实时应用软件包括一个事后输出程序和一个正弦引导程序。

以下仅就实时应用软件的某些程序做出说明。实时应用软件中的中断子程序包括:发端句中中断子程序,TU-ART板器件AT₁定时器中断子程序,收端句中中断子程序,TU-ART板器件BT₁定时器中断子程序。

由于与外部交换的信息具有很强的实时性,我们采用中断方式交换这些信息,上述四个子程序一方面用于完成这些操作,另一方面建立了必要的顺序状态字,以保证主程序按预定的顺序执行。下面仅以发端句中中断子程序,TU-ART板器件AT₁定时器中断子程序为例说明其所实现的基本功能。

1. 发端句中中断子程序

该程序的简化框图如图5所示

由于外部的发端信息是在发端句、字、位定时下送出的,我们采用句中中断读取其I字段的信息,其他名字段信息的读取,通过在发句中中断程序中向TU-ART板上的器件A的T₁定时

器装定一个恰当的数值，并命令它进行减计数，当计数值减为零值时，定时器发出中断申请，这时，外部的 II 字段的信息也刚好准备就绪，利用该定时器的中断程序分别读入其他名字段的发端信息，这就是在前面提到的软件配合下所建立的字段分配系统。为了满足显示数据的要求，在此还设置了一个句中中断计数器，以保证 2 秒更新一次数据（40 句），字段计数器用于判定字段顺序，以保证主程序的操作时序。

2. TU-ART 板上器件 A 的 T_1 定时器中断子程序该子程序的简化框图如图 6 所示。该子程序的前半部与发句中中断子程序相似，所不同的是每中断一次将字段计数值减 1 并判断是否已将 12 个字段的信息全部读入内存，如已全部读入则重新装入 T_1 定时值，该定时值应比正常的定时值大，当下一个发句中中断到达后，此值又被正常的定时值所更新，从而避免了可能产生的中断嵌套。

收句中中断及 TU-ART 板器件 B 的 T_1 定时器中断子程序的构成及工作原理与上述基本相同，不再重述。

3. 实时应用主程序

实时应用主程序框图如图 7 所示。

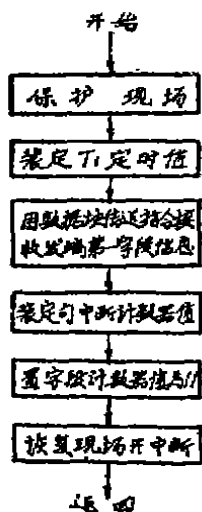


图 5 发句中中断子程序框图

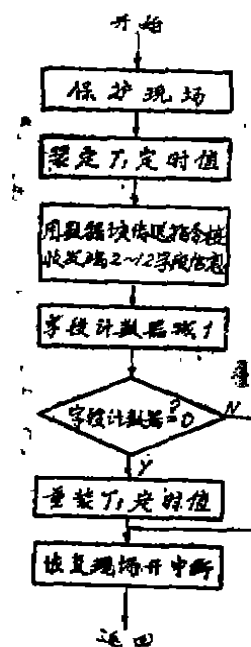


图 6 器件 A T_1 定时器中断子程序框图

它包含了定义程序，TU-ART板初始化程序，列表程序和一个循环程序。列表程序是在操作系统支持下进行的，它利用了CDOS的一些系统调用，在CRT终端列出一个供显示数据的特定表格。然后，封锁键盘进入循环程序。

循环程序由记录模块，存盘模块，方式转换及控制模块，显示模块等组成。

记录模块的调入，由外部输入的记录状态字来确定。该状态字开关与电影经纬仪主摄影控制开关联动，在进行主摄影的同时开始记录数据。如果数据区已记满，将在CRT上的特定位置出现提示符并伴以音响指示。

存盘模块的调入，由外部的存盘状态字确定。考虑到存盘是任务后的非实时性操作，为了保证在执行存盘的前后检查所记录的信息情况，这里提供了一个从实时控制程序返回

时, 超调量 $\sigma\% \leq 35\%$, 调节时间 $t_s < 0.6$ 秒, 振荡次数 ≤ 1 次, 在大偏差归零时, 振荡次数为1次, 过渡时间为4秒; 而在同样条件下, 采用模拟校正的振荡次数为两次, 过渡时间为10秒。此外又进行了等效正弦输入的跟踪误差测试, 在跟踪角速度为 $20^\circ/\text{秒}$, 角加速度 $7^\circ/\text{秒}^2$ 的条件下, 跟踪误差 $\leq \pm 1.5$ 角分。这些数据表明了其应用价值并展示出计算机在控制领域中进一步应用的前景。

2. 应用系统所具有的实时记录, 存盘, 实时显示等一系列功能, 改善了电影经纬仪的实用性, 为其在靶场的现场调试及与其他设备的联调提供了方便可靠的自检手段。

3. 采用体选功能扩展后的内存和机时都得到了充分的利用, 内存的实时利用率达95%以上, 机时利用率达80%, 这些指标意味着在尽量少的硬件下, 实现更多的控制功能, 发挥了CS-3系统机软硬件的效率, 一个8位机能够得到如此的应用, 应该说在国内并不多见。

本微机应用系统曾参加1986年全国微机应用成果展览, 并获国务院电子振兴领导小组颁发的三等奖。

谭素琴同志参加了此项工作, 在完成该项工作中得到了刘栖山同志的大力支持和帮助, 特表谢意。

参 考 文 献

- [1] 微型计算机系统(软硬件)“电子计算机动态”中科院计算机所 1981.8.
- [2] 周明德, 微型计算机硬件软件及其应用, 清华大学出版社 1982年10月
- [3] CROMEMCO微机软硬件资料汇编, 清华大学出版社 1983.10.
- [4] Donald W.Doherty, Elbert J.Wells, Jr, "A UNIVERSAL DIGITAL CONTROLLER" Microcomputer 77.10—14461
- [5] 刘植楨等著, 计算机控制, 清华大学出版社 1981.11

Implement of Multi-function Real-time Control with CS-3 Microcomputer System

Yao Lichang Ge Wenqi Xu Zhijun Shen Xiangheng

Abstract

In this paper a control system of the cinetheodolite with CS-3 microcomputer is described and five real-time control and three non real-time control functions are provided. The control correction for the equivalent two order servo system and another real-time control system for the cinetheodolite are reduced and reliability of the instrument is improved.