

· 研究简报 ·

# GRAL——一种计算机实时控制系统

郭 明  
(海渔系)

## GRAL—a kind of computer real-time control system

Guo Ming

**摘 要** 本文介绍了一种二级计算机实时控制系统(GRAL), 主控机由PDP-11/23构成, 下级机由多台6503微处理器组成, 该实时控制系统主要用于工业机器人控制, 文中主要论述了主控计算机软件系统的设计思想。整体结构及实现方法。

**关键词** 实时控制系统, 计算机控制, 机器人语言

**Key Words** Real-Time Control System, Computer Control, Robot Language

**中图分类号** TP 242.2

## 引 言

机器人实时控制系统不仅要具备一般实时控制系统的实时性, 而且还要具备良好的瞬时响应特性和故障处理功能, 因为机器人通常工作在生产线上, 实时系统与伺服级的数据交换是在几毫秒内完成的, 因此要求具有更好的故障诊断功能。本文介绍的 GRAL 机器人实时操作系统是在SZJ-12通用控制器硬件支持下的一种实时操作系统, 该系统是在剖析VAL-1系统的基础上研制出来的一种通用性实时控制系统, 不仅保留了VAL语言系统的所有自诊断功能, 而且增加了根据用户提出的操作指令, 适用于3~7个自由度的各种机器人本体, 可完成弧焊, 装配, 视觉跟踪等实际操作。

## 1 系统构成

GRAL 实时控制系统的硬件系统是由一台十六位 PDP-11/23 微处理机和多台八位微处理器构成的多级控制系统, 硬件系统构成见图 1。

PDP-11/23 主要用作监控机, 进行轨迹规划, 发生各种 PTP、CP 命令, 协调各关节动作, 承担与外围设备(弧焊机软盘)的通信和控制, 各关节控制器由 6503 构成, 主要完成主

收文日期 1991-07-15

机指令,按照主机的给定值进行偏差调节,输出直接送到电机的伺服单元,并接收光电码盘的位置信号,构成位置环调节系统。

该实时控制系统软件只有64 KB 整个系统构造包括实时操作系统,自诊断模块,语言指令与机器人有关的算法模块,系统框图如图2。

## 2 实时操作系统

实时操作系统的框图如图2,该系统具有前、后台操作功能,即在执行机器人语言程序控制运动的同时,可进行机器人工作状态监控,异常情况处理,程序编辑修改,包括修改正在执行的程序,当开机后,由硬件直接置到引导程序入口(或由软件启动引导程序入口地址),其后检查内存错误,内存的检查是将64 KB 分成八段,然后逐段检查后将信息报到终端;所谓检查伺服级是将控制字(与下级通信约定的数字)送到下一级,针对不同的控制字检查下一级6503单板机中不同单元的内存信息,取回该信息,判断是否有错,查外部通道,实际上是查预先设定好的串行通道的位的状态,如果判断无错则进行初始化工作,初始化的目的是将RAM单元中进行一些必要的赋值,例如一些本体参数,算法中所用的一些常数等,当上述工作完成后,进行前、后台操作,前后操作即进入监控状态,此时可用监控命令查看机器人所处的一些状态,也可进入EDIT 状态对操作程序进行编辑或修改正在执行的操作程序,在进入监控状态的同时,后台实时操作系统进入32 ms 中断控制状态,即每32 ms 中断一次,在此期间主要完成下列工作:

- 1) 检查本体是否操作超出工作范围。
- 2) 速度是否异常。
- 3) 查询控制面板状态(机器人本体电源状态)
- 4) 执行各种动作指令。
- 5) 如果无动作指令,则空转往下执行。
- 6) 在向下级传送当前给定数据前在进行一次出错处理。

至此完成一个32 ms 中断过程,如此反复与前后操作一起,完成前、后台操作任务,对于动作指令主要完成下列几种:

1) 调正零点程序 CAL,校正零点是为了对正机器人运动初始位置,在每次上电之后都要将机器人本体调到一个固定位置,以此位置作为机器人运动的初始点位置,控制器主要是通过1/0 通道检测装在本体固定位置上的触点开关的开关信号,并进行相应的逻辑判断以决定机器人本体的运动停止位置,并在系统内赋初值。

2) MOV P, MOVP, GIRCLE 等动作指令是为完成相应的直线插补运动,点到点运动或圆弧运动而要执行的一些相应的算法程序,将计算结果作为输出数据(给定值)送给下一级以决定机器人本体的运动姿态。

3) 示教盒示教动作,通过示教盒可使机器人本体进行关节运动,空间直线运动和工具坐标系运动,关节运动是指机器人本体的各个关节的独立运动;空间直线运动是以机器人本体底盘中心为原点的三维坐标空间的点到点之间直线运动;而工具(TOOL)坐标系运动是指以机器人本体上的操作工具的端点为原点的三维空间内的直线运动。

对于非运动指令,包括通过 I/O 通道设置的一些开关量,为弧焊机、点焊机输送及接收的信号。

### 3 任务管理

#### 3.1 定时中断和随机中断

任务管理是靠外部信息来驱动的,这种信息有两类,一类是定时时钟中断和查询相结合的工作方式,定时中断(32 ms)是一种外部的按时钟频率固定不变的中断方式,在此驱动下系统向下一级发送给定值,而查询方式使用户在执行动作程序的同时可在键盘进行另外一些操作。例如:修改程序,改变动作方式等;另一类是随机中断,进行其他处理,如示教盒、软盘,系统硬件出错等。

#### 3.2 程序的产生,修改和编辑

使用EDIT命令可生成新程序或修改程序,编辑器是简单的行编辑,可进行插入,删除,或修改程序中任一行,该程序是一种自行解释程序,编辑程序首先对用户程序按系统链表所指定的文本规定进行语法分析,检查错误语句,将正确地译成机器码存入内存,并提示错误。

#### 3.3 文件数据的链表结构

作为一个实时操作系统必然要为用户提供简便的存储和管理文件的方法,GRAL系统采用了数据链表结构来管理数据和文件,这个链表中含有两套链表区域,一套是系统内部链表,另外为用户链表,系统内部链表是按照一定字母顺序建立在ROM区,主要是语言中的一些程序命令名,动作指令名,监控命令名,系统开关等一些信息名;用户链表是用于操作者的输入命令,运动程序的编辑及示教位置的记录等,按一定顺序排列建立在RAM区,令外在用户编辑文件时,又建立了一个动态链表,这个链表就是将编辑文件内的程序命令按顺序组成一个序列,使系统在执行程序时根据链表的指针完成动作程序。

#### 3.4 位置定义

操作者可通过编辑将机器人移动到由位置变量定义的位置。当程序执行前,这些变量必须用适当的数据初始定义,本系统可通过示教盒利用TEACH命令进行位置数据获取,或从终端用监控命令HERE记录数据,并可通过终端进行位置数据的离线修改等,可以记录位向矩阵变量或关节变量,并可列表,删除,进行几种不同坐标系间的转换即:1)关节变量与位向矩阵间的变换;2)位向矩阵与XYZOAT间的变换;3)工具坐标系的转换。

#### 3.5 存、取程序和数据

某些应用程序和有关的数据可存在软盘内,可用监控命令来生成,读及删除磁盘文件。

### 3.6 程序执行

利用 EXECUTE 命令开始用户程序的执行,在程序执行过程中,若出现错误或用户输入监控命令 ABORT 则中止执行程序,另外可输入固定参数来决定程序执行的次数。

若由于出错而使程序执行中止,用户可编辑程序,修改错误,然后用 RETRY 或 PROC- EED 命令继续执行程序

### 3.7 状态检查

对于一个执行中的程序可用 SW 显示一组状态,包括当前步数,以及列出嵌套子程序的层数,用户还可以显示各种开关的当前状态,及各种变量的值,机器人当前位置等。

### 3.8 输入、输出操作

输入、输出操作是指 GRAL 系统通过 I/O 板与外部设备,弧焊设备,点焊设备,以及现场信号和各种传感器,例如视觉传感器,力觉传感器的通信和操作,通过 #176740, #176742, #176744, #176746 四个 PDP—11/2 专用 I/O 口地址共有 32 路输入、32 路输出操作。

## 4 语言指令

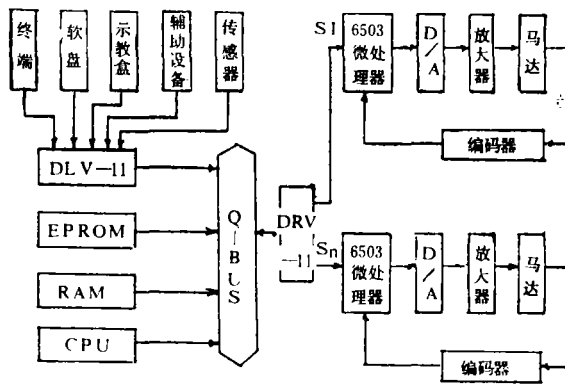
GRAL 实时控制系统中的语言指令由监控命令和程序指令构成,在编程方法上与 BASIC 语言相似,是解释性语言,语言中的每个语句中仅有一条指令,监控命令共有 48 条,程序指令 80 条,另外还可根据本体及操作的不同增删指令(例如:割锯、点焊等),系统中还有 40 个系统开关指令,系统开关的提供方便了用户的操作和检查,例如 ENCHCK 即进入动作程序检查状态,此时可按步执行单步程序,ENCP 可使轨迹间平滑相接,另外 GRAL 系统中还有 70 多个错误代码显示,这些错误代码是机器人运动过程中或程序编辑,监控操作等过程中,系统内自诊断子系统给出的系统出错信息,这样便保证了系统运行的安全可靠。

## 5 自诊断系统

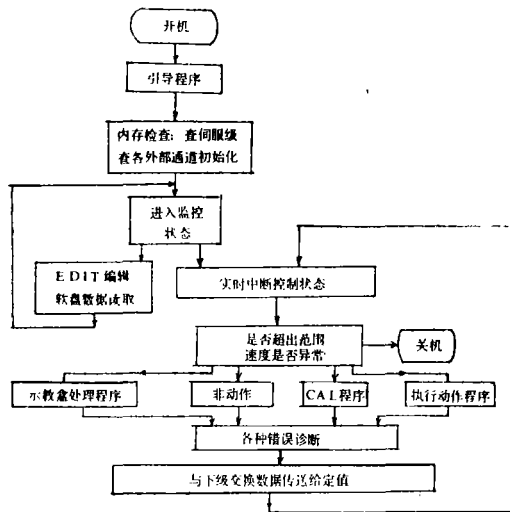
GRAL 系统设计了很强的诊查错误的的能力,其中包括:1)检查内存出错,2)控制台面板状态,3)检查关节给定值是否超出范围,4)速度查错程序,5)检查与下级系统的通信是否良好,6)诊查下级系统的速度是否过大,即检查给定值与反馈值的差值大小。7)诊断机器人本体上的触点开关的状态,一共有七十余种错误显示,这些系统内自诊断程序显示出信息,并从软件上采取相应的断电保护,停机等措施,保证了实时系统的可靠性。

## 6 结束语

GRAL 实时操作系统编程简单,操作方便,且有与生产线控制系统相接的 I/O 接口,该控制系统已同大连组合机床研究所五自由度弧焊机器人等五种不同类型的机器人本体进行了联机调试,完成了各种直线,圆弧焊接等操作功能,验证了该控制器的实用性,为国内的通用型机器人控制器产品定型开创了先例。



图一 硬件系统框图



图二 软件系统框图

### 参 考 文 献

1. 郭明, 周国斌. 多关节机器人工作空间的分析与评价方法. 机器人, 1988(4)
2. 郭明, 多关节机器人误差分析与精度的评价方法. 兵工自动化, 1988(1)
3. 郭明, 吴庆雄. SZJ-12一种机器人通用控制器. 机器人, 1990(2)
4. Bruce. E. shimsano etc. VAL-2A New Robot Control System For Automatic Manufacturing. IEEE Confe. On Robot, 1984