

北京正负电子对撞机 运输线磁铁电源样机控制系统

黄松, 赵籍九

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100049)

摘要:在北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPC II)中,为能有效地利用现有的CAMAC设备,研究提出采用VME模块作为CAMAC串行驱动器(Serial Driver),与CAMAC机箱连成串行通道系统,通过CAMAC机箱控制器对CAMAC I/O功能插件进行控制操作,实现对运输线磁铁电源的远程控制。文章描述与实现这一方案相关的CAMAC I/O驱动程序和应用软件的开发与调试。该样机系统的研制成功解决了BEPC II控制系统研发中的关键技术。

关键词:实验物理与工业控制系统;CAMAC系统;I/O驱动;VxWorks系统

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1000-6931(2006)04-0499-04

Prototype of Power Supply Control of Transport Lines in BEPC II

HUANG Song, ZHAO Ji-jiu

(*Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences,
P. O. Box 918-10, Beijing 100049, China*)

Abstract: In order to effectively utilize the existing CAMAC devices in BEPC II and realize the remote control of the magnet power supplies in the transport lines, VME modules are used as CAMAC serial driver, which can be connected with CAMAC crates to compose serial highway, and control CAMAC I/O modules via a CAMAC crate controller. The paper describes the procedure including development of CAMAC I/O modules and the application software. This prototype system solves some important problems on the construction of PEPC II.

Key words: experimental physics and industrial control system; CAMAC system; I/O driver; VxWorks system

北京正负电子对撞机(Beijing Electron
Positron Collider, BEPC)控制系统目前使用

VAX 4500计算机和CAMAC I/O设备对磁铁
电源、高频、真空设备进行控制。在北京正负电

子对撞机重大改造工程(BEPC II)中,将采用系统集成工具包 EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)来改造现有控制系统^[1]。为节省资源,希望利用现有设备,故用 VME 处理器转接 CAMAC 架构实现对输运线磁铁电源的控制。即选用适当的 VME 模块作为 CAMAC 串行驱动器(Serial Driver)来和 CAMAC 机箱一起连成串行通道系统^[2]。串行通道使用位串行方式或字节串行方式传送数据和控制信息,每个通道最多接 62 个 CAMAC 机箱。每个机箱有 25 个站,第 24、25 号站用来插串行机箱控制器(SCC),其余站点可插任意 CAMAC 功能模块。

EPICS 软件包是基于客户机/服务器模式的分布式结构的标准模型,包括 3 个主要部分,即运行在客户端的操作员接口模块(OPI)、运行在服务器上的输入输出控制模块(IOC)和通道访问模块(CA)。客户端一般运行在 Unix/Linux 操作系统平台上,服务器一般运行在 VxWorks 操作系统平台上。EPICS/IOC 安装在作为服务器一端的前端计算机上。IOC 软件的核心是一个常驻内存的分布式数据库系统,存放往来于设备的实时数据,每个数据库对应于 1 个 I/O 通道。EPICS 提供该分布式数据库系统管理与访问的工具,并提供上百种 VME、PLC、GPIB、现场总线设备的 I/O 驱动程序。EPICS/CA 是网络通讯管理软件,它支持 TCP/IP 协议,分别安装在客户机和作为服务器的前端机上。使用 CA 工具,用户可从客户机上以透明通讯方式直接读取驻留在网络不同节点上 IOC 数据库中的实时数据,实现网上的数据共享。驻留在客户端的 EPICS/OPI 提供了 IOC 数据库生成工具和人机图形界面的开发工具及设备监控所需的软件包。

1 系统结构

选用 EPICS 集成工具包来开发 BEPC II 控制系统,且望保留原有输运线 CAMAC 系统,故需将 CAMAC 系统纳入到 EPICS 系统中。该系统的 EPICS/IOC 运行在 VME 处理器上,采用 VME 模块 HYTEC VSD2992^[3]作为 CAMAC 串行驱动器,并将原 CAMAC 机箱控制器 SCC 替换为 HYTEC SCC2401^[4],硬件

不需再做其它改动,原 CAMAC 插件与底层硬件系统可完全保留。该系统改造的主要工作量是软件开发与调试,原有控制系统的软件必须全部重新研发,包括 EPICS 环境下 CAMAC I/O 插件驱动程序的开发、数据库的建立、人机界面和应用程序的开发等。BEPC II 输运线磁铁电源控制系统的结构框图示于图 1。

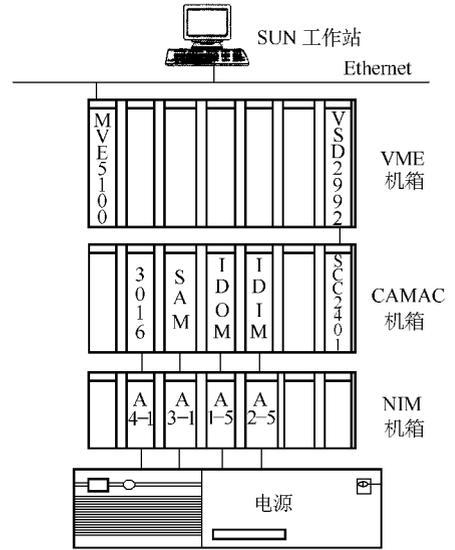


图 1 BEPC II 输运线磁铁电源控制系统

Fig. 1 Control system of magnet power supplies in BEPC II transport line

上层 SUN Solaris 8 工作站用于开发应用程序和运行操作员图形界面。VxWorks 集成开发工具 Tornado 安装于 SUN 工作站上,用于配置 VxWorks 内核,并生成可下载到 VME IOC 上运行的 VxWorks 映像以及应用程序等^[5,6]。前端 IOC 软件运行在基于 VME 总线的 Motorola 公司生产的 PowerPC 750 系列处理器 MVME 5100 上^[7]。用作 CAMAC 串行驱动器的 VME 插件 VSD 2992 有一 64 字节的内部寄存器,占用 VME 总线 A16 地址空间,其基地址可通过跳线进行设置。与之相匹配的 CAMAC 机箱控制器 SCC 2401 安装在 CAMAC 机箱内。系统使用的 CAMAC I/O 插件包括 3016(模拟输出插件)、SAM(模拟输入插件)、IDOM(数字输出插件)、IDIM(数字输入插件)。

CAMAC I/O 插件通过 NIM 转接插件连

接磁铁电源对其进行控制。NIM 转接插件是 BEPC 自行研制的,其功能主要是实现电平信号的转换、电平信号和继电器触电的转换、信号光电隔离等。

样机控制使用的校正磁铁电源是为 BEPC II 储存环而设计制造的开关型稳流电源,其输出电流为 ± 25 A,具有本地和远程控制功能。在远控模式下,控制信号包括 1 路电流给定、1 路电流回采、4 路数字控制信号给定、3 路数字信号回采。

2 软件设计与系统测试

2.1 设备驱动开发

EPICS 实时数据库支持和设备驱动软件从上到下分为 3 层,即记录支持(record support)、设备支持(device support)和设备驱动(driver support)。记录支持模块用于处理记录,每种数据库记录均有 1 组记录支持模块,包含 1 组标准的记录处理函数,对记录中的各种域进行处理。设备支持模块对应于硬件设备,软件记录没有设备支持模块。数据库中 with 硬件相关的记录类型可有 1 个或多个设备支持模块。例如,ai 记录类型可有 VME、CAMAC、PLC 的设备支持模块。设备支持模块从数据库中取出设备的 I/O 地址,然后调用相应的设备驱动程序完成对设备的 I/O 操作。第 3 层是设备驱动,为用户开发的设备驱动程序一般放置在该层中,设备驱动程序执行 I/O 操作。有些设备驱动程序由设备商家提供。设备驱动程序也可放在设备支持模块中,这种情况下,第 3 层驱动模块则不再需要。

因 CAMAC 设备在 高能物理和加速器界内的广泛使用,EPICS 软件包中已包含通用的 CAMAC driver 源程序,它提供实现 CAMAC 底层功能的函数,这些函数置于设备驱动模块中,可被设备驱动程序调用。它主要包括以下 3 个文件:

1) camacLib.c 文件,该函数库实现与硬件无关的 EPICS VxWorks ESONE-Compliant CAMAC drivers,包括 ESONE CAMAC 函数库中定义的各个函数和标准的 EPICS 设备驱动结构;

2) camacLib.h 头文件,被 camacLib.c 文

件和设备支持模块所引用,其中包括 EPICS CAMAC drivers 的函数原型、返回代码信息和宏定义;

3) ht2992.h-HYTEC VSD2992 串行驱动器的硬件定义模块,包含实现 VSD2992 硬件所有功能的函数,被 camacLib.c 所引用,这样,编译 camacLib.c 后即组成了具有完整功能的驱动模块。

在编译 camacLib.c 时,给编译器一参数,指定所用串行机箱控制器的头文件名,在 camacLib.c 中有下面一行:

```
#include HW_HEADER
```

这里,HW_HEADER 即是机箱控制器头文件名的宏定义。因此,在 Makefile.Vx 中添加下面行:

```
USR_CFLAGS+=-DHW_HEADER=  
" <ht2992.h >"
```

在 ht2992.h 中定义了串行机箱控制器的寄存器基地址如下:

```
#define HT2992_ADDRESS 0xDE00
```

在通用 EPICS CAMAC driver 的基础上,分别开发了各种 CAMAC I/O 插件的设备支持和设备驱动模块。设备驱动程序根据各种插件的操作指令,调用 CAMAC 读写命令向 CAMAC 串行驱动器发送相应指令码。例如,在 16 通道模拟输出模块 3016 设备支持的 write_ao 函数中有以下指令:

```
cfsa(F16,pcio->ext,&(data),&q)
```

其中:F16 是功能码,表示写操作;pcio->ext 是一个包括 CAMAC 分支号 branch、机箱号 crate、站号 n、子地址 a 的结构体,这些信息从数据库相应 ao 记录的 OUT 域值中获取,OUT 域中的信息由程序员在建立 IOC 数据库时预先置入,如 field(OUT,"#B0 C1 N12 A0 F16 @0xffff");data 是欲输出的模拟电压值(进行标度变换前的值);q 是指令操作的返回值,即 Q 响应值,操作结束后检查此值,以判定指令是否被正确执行。

2.2 EPICS 数据库文件和人机界面的开发

在设备驱动开发的基础上,需要在 SUN 工作站上将所有设备驱动相关的源文件进行交叉编译和链接,从而得到可下载到 IOC 上执行的驱动模块 camacLib。另外,利用 EPICS 数据

库开发工具 VDCT (Visual Database Configuration Tool) 开发了相应的数据库记录文件, 馈入数据。对应 4 种 CAMAC I/O 模块分别使用了 4 种 EPICS 记录类型: ao、ai、bo、bi 记录。然后, 使用 EPICS 图形界面开发工具 EDM 开发出图形用户界面(图 2)。

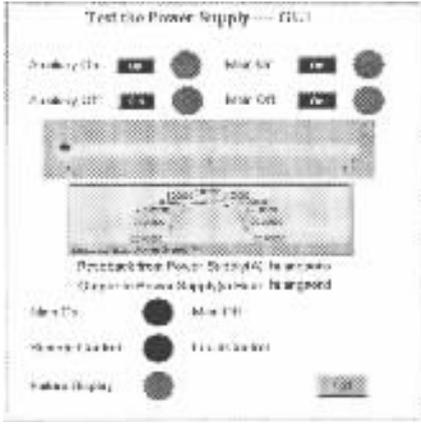


图 2 图形用户界面

Fig. 2 Graphical user interface

人机界面的上部是校正子电源辅开、辅关、主开、主关的控制按钮和相应状态值的显示。中部的滚动条和指示仪表分别用于电流值的设定和回采显示, 人机操作界面的下部是校正子电源状态显示区域。EDM 的各种控件通过 EPICS/CA 来实现对相应数据库记录通道的连接、访问和控制。

2.3 系统安装和测试

在对所有硬件接口(包括 CAMAC I/O 模块、NIM 转接插件和校正子电源控制接口)做了详细调研后, 进行硬件的连接设计, 并作出系统硬件连接示意图。最后, 进行硬件接口的设计、制作、连接和安装等。

上述所有软硬件的准备工作完成后, 启动前端控制计算机 IOC 进行系统测试。IOC 启动后, 首先从 SUN 工作站下载 VxWorks 可执行映像, 接着执行 VxWorks 启动脚本, 下载 EPICS 内核 iocCore、驱动模块 camacLib 等, 然后, 对各个 I/O 模块进行初始化, 最后, 下载 EPICS 数据库. dbd 和. db 文件进行数据库初始化工作。数据库记录开始以周期或被动方式

执行扫描, 并随时准备接受来自上层人机操作界面 OPI 的命令, 激活设备驱动, 执行相应的操作, 并将操作结果显示在人机界面上。

系统测试的内容包括: 使用 OPI 上的 ON 和 OFF 按钮对校正磁铁电源进行开关机操作; 使用 OPI 上的滚动条对电源进行升降电流操作; 在 OPI 界面上得到电源电流的当前回采值; 经检查和测试, 电源给定值、回采值和表头值正确, 电源控制精度和稳定度均达到设计指标(1×10^{-3}); 对电源的运行状态进行监视, 包括本远控状态、开关机状态和故障报警状态, 经检测, 人机界面上状态显示的结果与电源实际工作状态相符。

3 结束语

目前, 样机系统已经完成, 应用软件和各 I/O 模块工作正常, 设备驱动运行可靠。样机测试显示, 该系统对校正子电源控制的精度和稳定度均达到了设计指标。BEPC II 输运线磁铁电源控制系统样机的研制成功为北京正负电子对撞机控制系统的同类设备改进打下了基础。其中, 各 CAMAC I/O 插件 EPICS 驱动程序的研发为采用 EPICS 的控制系统提供了新的可供选择的硬件接口设备。

参考文献:

- [1] 赵籍九. BEPC II 设计报告——控制系统[R]. 北京: 中国科学院高能物理研究所, 2002.
- [2] 王锋, 刘世耀. CAMAC 电子数字计算机的标准接口系统[M]. 北京: 原子能出版社, 1982.
- [3] HYTEC Electronics Ltd. VME/CAMAC serial highway driver type VSD 2992 user manual[R]. England: HYTEC Electronics Ltd., 1995.
- [4] HYTEC Electronics Ltd. Serial crate controller SCC2401 user manual [R]. England: HYTEC Electronics Ltd, 1996.
- [5] Wind River Inc. Tornado user's guide (Unix Version 2.0)[R]. USA: Wind River Inc., 1999.
- [6] Wind River Inc. VxWorks programmer's guide (Version 5.4)[R]. USA: Wind River Inc., 1999.
- [7] Motorola Inc. MVME5100 single board computer programmer's reference guide[R]. USA: Motorola Inc., 2001.