

文章编号: 1007-4627(2013)01-0038-04

MSC1210电源控制器的程序优化

姜子运¹, 张玮¹, 顾可伟¹, 武俊奇¹, 陈云¹, 杨锋^{1,2}, 安石¹, 刘小军¹

(1. 中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 为了解决兰州重离子研究装置(HIRFL)电源控制系统中的MSC1210控制模块在调束过程中出现的各种故障, 对其主芯片程序进行了优化设计。首先介绍了控制器的各种故障现象, 分析了形成原因, 然后制定了详细的设计方案, 最后采用了以状态机为基础的指令接收过程、带校验机制的通信方式及远程指令复位等方法进行程序优化。实验室测试和现场使用结果表明, 优化后的控制器运行稳定可靠, 满足加速器的需求。

关键词: 兰州重离子研究装置; 电源控制器; MSC1210; 程序优化

中图分类号: TP 29 **文献标志码:** A **DOI:** 10.11804/NuclPhysRev.30.01.038

1 引言

电源系统是兰州重离子加速器冷却存储环(HIRFL-CSR)的重要子系统之一, 其控制效果将直接影响到束流的质量^[1-2]。为满足HIRFL-CSR对控制系统的发展需求, 中国科学院近代物理研究所的研究人员分别基于MSC1210^[3], Atmega128^[4], DSP^[5]和FPGA^[6]等核心处理芯片设计了多种电源控制模块, 实现了加速器系统内电源的精确控制。

自基于MSC1210的电源控制模块在HIRFL束运线及CSRm注入线等电源控制中投入使用以来, 取得了较好的控制效果^[7], 但是相关的物理实验人员在调束过程中也陆续发现了一些问题, 这些问题影响了对加速器的正常运行。本文针对出现的各种故障现象进行了深入分析, 明确了采用控制器程序优化方法解决问题的方向, 并对原有的程序进行了优化设计, 重点进行了程序的可靠性设计, 提高程序的容错性能, 保证控制器的可靠运行。

2 背景分析

MSC1210电源控制模块是针对直流电源设计的, 与网关模块组合成电源控制系统, 主要用于束运线、

HIRFL终端以及CSR注入线的电源控制。这种控制系统在HIRFL调束过程中出现的故障现象主要有以下几点: (1)控制器DAC的输出值会出现“归零”现象, 即输出值突然变化到一个较小的非调束值, 这不仅会导致束流丢失, 影响调束进程, 而且过大的输入值变化还会造成电源保护等反应, 会损害电源; (2)主控界面读出的控制器返回数据不完整, 出现前几个字符丢失的问题, 这使得界面上显示的回读电流值与实际运行电流值不相符, 造成调束人员对真实电流值的误读; (3)频繁的操作会导致控制器出现“死机”现象, 控制器“死机”后, 需要维护人员到现场复位才能解决问题, 这不仅增加了维护人员的劳动强度, 也影响了调束的进度。虽然这些故障现象出现的频率不是很高, 但是对加速器的正常运行造成了较大的影响, 特别是“归零”现象的出现严重地影响了调束的进程, 因此为了进一步提高HIRFL运行效率和降低故障时间, 迫切需要解决上述各种问题。

出现的这些故障现象与现场较恶劣的环境及噪声干扰等因素有一定的关系, 但是在实验室测试过程中也会出现类似的故障现象。经过分析认为, 原控制器的软件可靠性设计方面存在一定缺陷, 因此确定了从通信过程、指令解析和错误处理等多个方面提高控制

收稿日期: 2012-07-18 修改日期: 2012-09-04

基金项目: 中国科学院大科学装置维修改造项目-HIRFL束流输运及分时供束系统改造(0913110YWG)

作者简介: 姜子运(1981-), 男, 安徽六安人, 硕士, 从事加速器控制研究; E-mail: jiangzy@impcas.ac.cn.

<http://www.npr.ac.cn>

器程序容错性能及可靠性的优化方案。

3 控制器硬件结构

MSC1210 电源控制器是以TI公司的MSC1210 单片机为核心控制芯片, 结合了EPM7128 的CPLD 构成完整的控制器硬件系统。控制器有 16 路开关量输入通道, 8 路开关量输出通道, 8 路模拟量输入通道和 4 路模拟量输出通道, 其中模拟量输入通道使用了 MSC1210 片内集成的 24 位低功耗可编程 Σ - Δ 型模数转换器, 4 个模拟量输出通道中的 3 个串行 DAC 芯片是由 MSC1210 的 SPI 总线和 CPLD 实现控制, 并行 DAC 芯片 7741 通过 CPLD 完成控制^[8]。其硬件系统结构如图 1 所示。

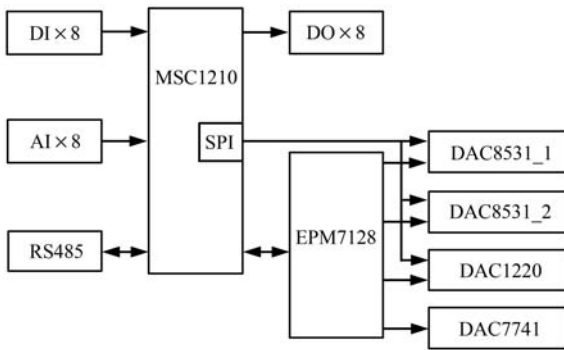


图 1 MSC1210控制器硬件结构图

MSC1210 控制器是一种指令驱动的结构, 即通过 RS485 通信接口接收到上层发布的指令数据, 经程序解析后得到相应的控制指令, 并完成各种功能。

4 程序优化

4.1 程序架构

MSC1210 控制器软件要实现的主要功能有 RS485 通信、SPI 通信、ADC 模拟量电压采集、DAC 电压输出控制以及开关量控制等。原程序基于嵌入式实时操作系统 RTX51Tiny 编写控制器的程序^[9]。原程序主要由 INIT, DACINIT, COMMAND, SENDBUF, ADC_CONVERT, PS_SWITCH_ON, PS_SWITCH_OFF, ADJCURENT 和 PS_RESET 共 9 个任务, 串行通信 (serial) 和 ADC 采集 (AUX_proc) 两个中断, 以及若干个函数组成, 实现了控制器的各种功能。其软件结构如图 2 所示。

RTX51 是 Keil 公司开发的一种应用于 Intel8051 及

其派生内核的小型多任务实时操作系统, 由于其具有占用资源少, 可以很容易地在没有任何外部存储器的

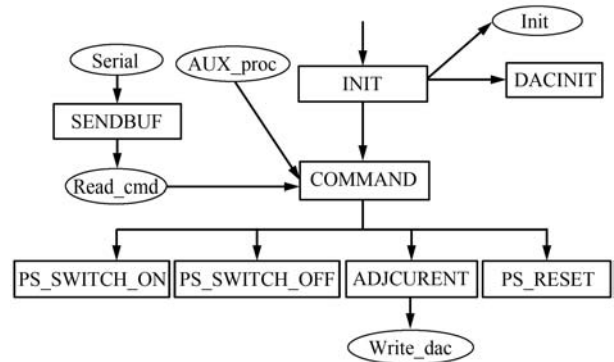


图 2 优化前控制器软件结构图

系统上运行, 可以“准并行”地同时执行多个任务, 还可以并行地利用中断功能。因此基于系统性能及程序继承性方面考虑, 优化的程序沿袭了原程序的主要结构, 依然采用植入 RTX51Tiny 操作系统的方法, 其软件整体架构如图 3 所示。

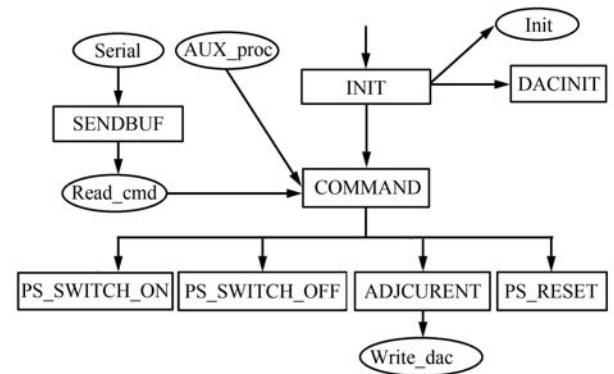


图 3 优化后控制器软件结构图

本文主要从以下几个方面对原程序进行了优化: (1) 重写了 COMMAND 和 SENDBUF 两个任务和相关的函数; (2) 重写了 serial 串行中断函数, 同时由于采用了有校验的方式进行通信, 为满足对接收数据的校验以及发送数据时生成校验码的需求, 增加了 ADC_CONVERT 任务, 将 ADC 采集后转换得到的浮点电压数据结果转换为固定长度的字符串; (3) 在 serial 函数中新增了指令复位的功能。

4.2 指令解析

指令解析是 serial 中断函数完成的, 程序中采用了状态机的指令解析结构。控制器的指令格式为“指令头+控制器名+指令关键词+指令尾”, 因此将

指令解析分为 IDLE, READY1, READY2, NAME_OK, STORE, ENCODER及SENDBUF 共 7 个状态。其中 READY2 状态表示指令头已验证, 符合约定的指令格式; STORE 状态表示当前接收的指令格式已验证, 进入存储状态; ENCODER 状态为指令译码状态; SENDBUF 状态将当前译码生成的指令送入指令队列缓冲区, 等待 CPU 执行, 指令队列的深度为 16。保存当前接收到的所有状态, 并按照当前接收到的字符变量 c 进行转换, 相应的状态转移图如图 4 所示。

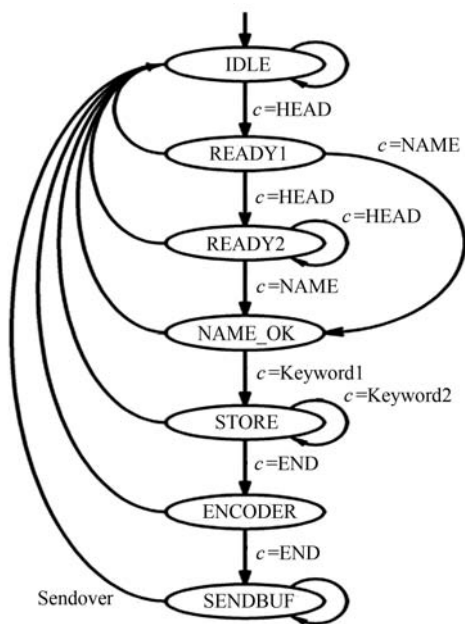


图 4 指令接收状态转换图

由于采用定长的指令结构, 指令中所采用的关键字比较统一, 通过在程序中初步检查接收到的指令字符, 可以有效地过滤掉无效指令, 避免程序进入无效状态, 从而导致失控。

4.3 通信方式

控制器的 RS485 串行通信是通过 MSC1210 芯片的 UART0 接口实现的, UART0 是异步全双工通信接口, 其发送数据缓冲器和接收缓冲器在物理上对应着两个寄存器。原程序中设置的通信波特率为 57 600 bit/s, 采用工作方式 1 进行通信, 即数据帧包括 1 位启动位, 8 位数据位和 1 位停止位。为了提高通信过程的可靠性, 将原程序改为带奇校验的通信方式, 即把 UART0 设置成工作方式 3 进行通信。

测试程序每分钟分别读取一次 AD1~AD4 的电压值, 连续运行 1 500 min, 在全部的 6 000 次读取电压

数据中, 采用无校验通信方式与带校验通信方式的测试结果如表 1 所列。

表 1 测试结果对比表

通信模式	接收数据不完整	未接收数据	错误率
无校验	330 次	93 次	7.05%
奇校验	0 次	26 次	0.43%

由表 1 可知, 采用奇校验的通信方式不仅消除了返回数据不完整的问题, 而且也显著地减少了没有接收到返回数据的次数。

4.4 复位机制

MSC1210 是一款高性能的 SoC 芯片, 支持芯片级硬件复位, 可以通过配置 HWR 配置芯片设置选择看门狗复位或看门狗中断的方式处理。这种复位方式可以监控程序的总体运行情况, 即当系统用于“喂狗”而监测的某个程序段点无法发出信号时, 系统会进行看门狗复位或中断, 从而使得系统恢复正常运行状态。但是 RTX51 是一种时间片轮转的操作系统, 在应用了 RTX51 的 MSC1210 芯片上可能会因为局部程序跑飞, 导致某个任务不能正常完成的情况, 从而使得整个控制器功能失常, 因此本文采用看门狗定时复位与远程指令复位相结合的机制, 即设计了专门的复位指令用于控制器远程复位。

实际测试结果表明, 这种指令复位方式可以保证芯片工作正常、而使操作系统正常调度时发生的某个 task 执行过程中的局部死循环状态退出, 与前述的看门狗复位或看门狗中断方式实现的控制器相结合可以保证系统的正常运行。

4.5 编译结果

在 Keil uVision2 集成开发环境下对原程序及优化程序进行了编译, 相应的内存占用情况如表 2 所列。

由表 2 可知, 优化程序尽可能地使用 data 型数据作为程序变量的类型, 在程序运行时可以减少对主存

表 2 占用内存对照表

程序	Data 区	Xdata 区	Code 区	合计
原程序	85.7 B	627 B	9867 B	10579.7 B
优化程序	129.1 B	365 B	8856 B	9350.1 B

储器不必要的操作, 有利于程序运行效率的提高。程序代码空间方面, 一方面由于增加了 ADC_CONVERT 任务, 把浮点型的数据转换为字符形式以满足通信过

程中对校验的需求会增加程序代码; 另一方面由于避免使用 `printf` 等库函数, 也会使得程序代码缩短; 同时为了保证程序所执行指令的可靠性, 程序中对指令的格式以及接收到的字符都进行了严格的检查。

5 结论

经过程序优化后的控制器在运行可靠性及稳定性方面的性能得到了提高, 特别是采用定长指令的方法解决了 DAC 输出突然“归零”的现象, 为加速器调束的正常进行扫除了潜在的障碍, 此外增加的远程复位指令可以有效地实现控制器远程复位的功能, 大大降低了控制器维护工作量。经过长时间严格的实验室测试和现场使用, 结果表明, 优化后的控制器运行稳定、工作可靠, 有效地解决了调束中出现的主要问题, 完全满足加速器的需求。

参考文献 (References):

- [1] XIA Jiawen, ZHAN Wenlong, WEI Baowen, *et al.* Chinese Physics C, 2009, **33**(9): 804.
- [2] LIU Wufeng, QIAO Weimin, JING Lan, *et al.* Nuclear Electronics and Detection Technology, 2008, **28**(3): 230 (in Chinese).
(刘伍丰, 乔卫民, 敬岚, 等. 核电子学与探测技术, 2008, **28**(2): 230.)
- [3] JI Peng, QIAO Weimin, JING Lan. Computer Engineering, 2005, **31**(19): 206 (in Chinese).
(季鹏, 乔卫民, 敬岚. 计算机工程, 2005, **31**(19): 206.)
- [4] JIAO Xixiang, JING Lan, GU Kewei, *et al.* High Power Laser and Particle Beams, 2010, **22**(9): 2155 (in Chinese).
(焦喜香, 敬岚, 顾可伟, 等. 强激光与粒子束, 2010, **22**(9): 2155.)
- [5] GUO Yuhui, QIAO Weimin, WANG Yanyu, *et al.* High Power Laser and Particle Beams, 2008, **20**(10): 1711 (in Chinese).
(郭玉辉, 乔卫民, 王彦瑜, 等. 强激光与粒子束, 2008, **20**(10): 1711.)
- [6] LIU Caihong, QIAO Weimin, JING Lan. Nuclear Electronics and Detection Technology, 2009, **29**(5): 1129 (in Chinese).
(刘彩虹, 乔卫明, 敬岚. 核电子学与探测技术, 2009, **29**(5): 1129.)
- [7] ZHANG Wei, QIAO Weimin, JING Lan, *et al.* Nuclear Electronics and Detection Technology, 2005, **25**(4): 429 (in Chinese).
(张玮, 乔卫民, 敬岚, 等. 核电子学与探测技术, 2005, **25**(4): 429.)
- [8] JING Lan, QIAO Weimin, ZHANG Wei, *et al.* Atomic Energy Science and Technology, 2004, **38**(Suppl): 62 (in Chinese).
(敬岚, 乔卫民, 张玮, 等. 原子能科学技术, 2004, **38**(增刊): 62.)
- [9] LI Guihua, QIAO Weimin, JING Lan, *et al.* Nuclear Electronics and Detection Technology, 2009, **29**(1): 10 (in Chinese).
(李桂花, 乔卫民, 敬岚, 等. 核电子学与探测技术, 2009, **29**(1): 10.)

Optimized Program of MSC1210 Power Supply Controller

JIANG Zi-yun^{1, 1)}, ZHANG Wei¹, GU Ke-wei¹, WU Jun-qi¹, CHEN Yun¹, YANG Feng^{1, 2}, AN Shi¹, LIU Xiao-jun¹

(1. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The MSC1210 control module is one of the most important power supply controllers of Heavy Ion Research Facility in Lanzhou (HIRFL), but there are several problems during beam tuning. In order to deal with the problems, the main chip's program was redesigned. In this paper we introduced the controller's fault phenomena, and analyzed the reasons; then scheduled the optimized program in detail. Several methods were employed to improve the system performance, including instruction receiving process which is based on state machine, the communication mode with parity mechanism, and the remote instruction reset method. Both laboratory and commissioning tests indicate that the optimized controller is stable and reliable, and meet the operation requirement of HIRFL.

Key words: Heavy Ion Research Facility in Lanzhou; power supply controller; MSC1210; program optimization

Received date: 18 Jul. 2012; Revised date: 4 Sep. 2012

Foundation item: Maintenance and Reconstruction Project for Large-scale Scientific Facilities of Chinese Academy of Sciences-Upgrade of Beam Transportation and Time-sharing System at HIRFL (0913110YWG)

1) Email: jiangzy@impcas.ac.cn

<http://www.npr.ac.cn>