

文章编号: 1005-8451 (2009) 06-0031-04

嵌入式系统在车载自动过分相装置中的应用

吴学明, 黄先进, 张立伟, 郑琼林

(北京交通大学 电气工程学院, 北京 100044)

摘要: 介绍一种基于嵌入式平台的自动过分相装置监控系统, 该系统可以在行车过程中反映机车的运行参数和故障信息, 并且在机车入库整备时通过机车的中央控制单元发送控制指令, 检查设备可靠性。本装置采用 ARM7 处理器芯片和 uClinux 操作系统作为嵌入式平台, 并实现相应功能。测试结果表明该设备能够正确显示列车的行车信息和故障状态, 并且能够发送控制指令。该装置的研制成功充分说明了嵌入式设备在机车控制方面有着广阔的应用前景。

关键词: 自动过分相装置; 嵌入式系统; Linux 操作系统; 多功能车辆总线

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Embedded System applied on auto-passing neutral section device for locomotive

WU Xue-ming, HUANG Xian-jin, ZHANG Li-wei, ZHENG Qiong-lin

(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: It was illustrated the Monitoring System of auto-passing neutral section device based on embedded platform, which could reveal the locomotive's status and send instructions when the locomotive was in servicing work. The System was implemented based on a core of ARM7 and an operating system of uClinux, relevant functionalities were developed. The experiment results verified the system's validity. This project was shown a promising future for Embedded Systems on locomotives.

Key words: auto-passing through neutral section device; Embedded-System; Linux Operating System; multifunction vehicle bus

90年代以后, 自动过分相装置开始在机车上普及。该装置通过在地面安置电磁感应装置, 机车安装车载检测装置。通过检测分相区的信号, 控制机车主断路器在过分相区主绝缘器之前自动或者人工断开。驶过分相区以后, 自动过分相系统自动控制电力机车的主断路器合闸。

作为我国生产的大功率重载交流机车, 和谐型机车以交流电机为牵引动力, 利用微机数字控制、电力电子技术和网络通信技术对整车各部分进行控制。新型机车的大量投入, 对增加运量起到了很好的推动作用, 但是又给现场运用和维护带来了许多不便。另一方面, 自动过分相系统存在着误动现象, 一旦出现自动过分相装置误动, 机车主断路器断开, 机车失去动力, 影响行车。因此为了保障行车安全高效, 减轻驾乘和维护人员的劳动强度, 有必要开发一套自动过分相装置的监控和测试设备。

本文提出了基于 ARM7+uClinux 的嵌入式系

统设计, 能够在机车运行时实时显示机车自动过分相装置的状态参数, 并且在机车入库整备时, 对机车自动过分相系统的各种功能进行静态测试, 保证其可靠性。

1 系统整体设计

1.1 系统基本框架

如图1, 自动过分相装置的实时状态参数可以由机车上的 MVB 总线获得, 在机车行驶过程中, 预警系统实时显示从 MVB 总线获得的参数, 并且在过分相区时发出预警信息。在机车入库整备时, 预警系统通过串口发送指令到专家系统, 进而控制 CCU 动作, 完成设备监测操作。

本嵌入式系统中央处理器采用了高性能的 ARM7 微处理器的 S3C44BOX 芯片作为系统的核心, 该处理器内部集成了 LCD 控制器、UART 数据通信控制器以及 IIC 总线控制器等, 同时在该处理器外部配备了存储芯片, MVB 总线控制器, 以太网控制器等。

收稿日期: 2008-12-10

作者简介: 吴学明, 在读硕士研究生; 黄先进, 讲师。

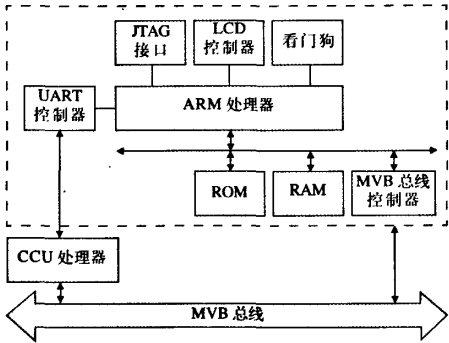


图 1 系统硬件架构

系统采用 uClinux 作为操作系统平台, uClinux 操作系统是专门针对没有内存管理单元的处理器的 Linux 的变体, 主要特点是体积小, 运行效率高, 同时保持了 Linux 平台的兼容性, 有良好的可靠性和移植性。用户图形界面采用了 MICROWINDOWS 图形引擎, 并在该平台上实现了用户图形界面。

如图 2, 系统软件共分为 3 层, 对底层的是 uClinux 操作系统和相应的硬件驱动程序, 用到的驱动程序主要包括小键盘驱动、串口驱动、LCD 驱动以及 MVB 网卡驱动程序。各种驱动程序通过 uClinux 提供的 devfs, 即设备文件系统, 为上层的应用程序提供操作接口。

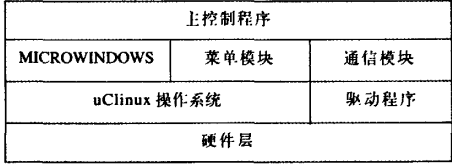


图 2 软件层次结构

在系统层之上实现的是 3 个功能模块, 分别负责向中央控制程序提供不同功能的调用接口, 以实现具体的功能。显示模块负责基于 Microwindows 的图形用户界面显示。通信控制模块负责向 CCU 发送各种控制和实时接收数据。菜单模块负责提供菜单层级数据和功能。

1.2 系统控制流程

在 BOOTLOADER 的启动程序段加入系统自启动功能, 使得系统上电以后可以自动加载并运行 uClinux, 并向内核传递指定的配置参数。

按照默认设置, uClinux 启动以后会启动 init

进程, init 进程再执行 getty 程序或者是功能类似的登陆程序, 以及一些其他默认程序, 按照固定格式执行 inittab 文件内指定的程序。本系统中, 对 init 程序进行了修改, 使其在系统启动以后直接执行主控制程序, 这样, 系统加电启动以后就可以自动运行主控制程序了。系统的程序流程如图 3。

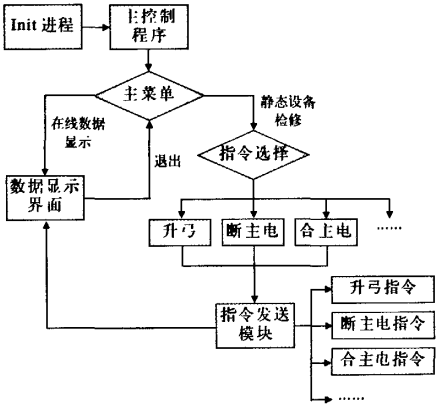


图 3 程序流程

系统启动以后, 主控制程序从指定的菜单文件初始化菜单数据结构, 并且调用显示模块中的相应接口函数显示顶层菜单项。之后, 主控制程序执行一个对键盘设备文件的读操作, 由此使得主控制程序进入一个等待队列, 直到有一个键盘输入才返回相应的键位信息到主控制程序, 主控制程序进一步根据相应的键位信息来执行相应的操作, 如进入下级菜单, 返回菜单项, 切换菜单项或者执行菜单的功能项。例如, 实时数据显示菜单被选择, 便会直接启动通信模块和实时数据显示界面, 并且周期循环从 MVB 控制器读取数据并实时更新显示界面。如果选择“设备功能检测”菜单项, 则进入功能检测菜单, 用户选择相应的功能检测项, 则系统会通过通信模块向 CCU 发送相应的指令, 并且启动实时数据显示界面, 此后, 系统开始论询输入设备 (MVB 控制器) 并更新显示界面, 直到收到停止指令为止。

当小键盘有按键操作产生时, 会产生相应的中断信号到 CPU, 相应的中断处理程序会被调用, 中断处理程序读取相应的键位数据并根据情况向主控制程序发送相应的软中断信号, 主控程序收到相应信号以后, 会调用相应的信号处理函数, 重

新进入菜单选择界面,从而用户可以选择其他的功能测试项,至此一个操作循环完成,直到用户选择退出选项。

2 系统开发与实现

2.1 开发平台建立

系统采用主机到目标机的交叉开发环境,uClinux 源码包版本为 20040808,主机采用 Linux redhat9 操作系统,交叉编译器版本 arm-elf-gcc,版本 20031214,libc 采用 uClibc。在 Linux 主机平台下,运行 make xconfig 对 uClinux 操作系统进行相应的配置,并先后运行 make dep 和 make zImage 等指令,就可以得到 uClinux 的镜像文件。运行 make romfs 就可以得到基于 NorFlash 设备的嵌入式只读文件系统。将生成的操作系统镜像和文件系统镜像分别烧入指定地址后,启动控制板,bootloader 即可将 uClinux 自动载入内存启动运行。

在 uClinux 平台下的程序开发主要包括操作系统和应用程序两个层次。操作系统层的开发主要是设备驱动程序的开发,即本系统中的 8 键小键盘的驱动程序。应用程序层的开发主要包括主控制程序和其它功能模块的开发。

2.2 菜单系统实现

由于系统要实现的功能项目比较多,人机操作界面采用基于层级的菜单选择界面,并且在设计过程中把图形显示模块(GUI)和菜单管理模块分为两个模块进行设计。菜单模块的设计主要包括菜单的数据结构和相应的菜单操作。每个菜单项都有一个结构体(struct)定义,该结构体主要包括菜单项的标题,上一级菜单项指针,下一菜单项指针,下级菜单项链表头指针,对于叶节点菜单项,还包括调用的函数指针。这样,一系列的菜单项构成了系统的菜单树。

菜单上的操作主要包括移动光标,进入下一级菜单,返回上一级菜单,运行叶子菜单项对应的函数。在程序初始化阶段,会初始化一棵菜单树,其叶子菜单项对应于系统中的每一个功能选项。

2.3 显示模块实现

Microwindows 是一款专门针对嵌入式系统得开源图形用户界面库,支持帧缓存设备,支持各种基于窗口显示的图形原语,例如几何图形绘制,输

出文字,窗口管理,消息机制等。

作为一个图形界面库,Microwindows 在编译前首先要安装相应的支持库,这些库分别是 zlib 库, jpeg 库, png 库,以及 freetype 字体库,而这些库的安装又需要 uClibc 的支持,所以在配置 uClinux 时,要选择 uClibc 库作为系统的 libc 库而不是 uC-libc 库。按照系统要求配置并安装完支持库以后,就可以配置安装 Microwindows 了,在配置过程中首先要在配置文件 config 中指定已经安装的各种库的路径。同时选择基于 framebuffer 的驱动程序,选择正确的像素格式,对于本系统用到的 16 级灰度屏,像素格式为每像素 4 bit。同时在配置编译 uClinux 过程中选择控制台驱动支持选项,即可成功编译 Microwindows。

Microwindow 提供与 Win32 API 兼容的接口函数,因此在 Windows 平台上开发的 GUI 程序可以很方便地移植到 Microwindow 平台,同时也可以参考有关的 Win32 API 的函数原形进行编程。显示模块基于 Microwindow 对函数接口进行进一步封装,该模块定义了界面程序中要用到的几种窗口类型,每种窗口类型都有固定的格式和功能,在主控程序中可以直接创建制定类型的函数并通过发送不同控制消息来控制窗口的显示行为。例如,文字菜单项窗口可以显示指定标题内容的菜单项,图形菜单项窗口可以显示指定的图片为菜单标题,表盘类窗口可以根据消息数据设置指针位置等。

2.4 指令发送和数据接收模块实现

在开始在串口设备发送和接收数据时,首先要将串口设备设置为 NonCanonical 模式,这样,高层的串口设备驱动程序才不会对接收到的数据进行加工和处理,而直接将原始数据发送给应用程序。设置好串口通信模式以后就可以发送指令数据了。

当用户在初始界面选择了相应的菜单项以后,终端机就会通过串口发送指令数据到专家系统,例如用户选择了生弓指令,相应的功能函数就会被调用,该函数通过打开串口设备文件 /dev/ttyS0,并且发送一组升弓控制指令到 CCU,之后主控制程序启动实时数据显示界面和 mvb 数据通信模块,开始实时接收并显示数据。

在通信过程中,当用户端选择了弹出菜单的

停止项或者直接按下小键盘的退出键时,功能函数中的循环体会检测到这一操作,并且调用相应的处理函数来处理键盘输入序列,最终发送停止指令(如果需要停止),并且停止数据显示。

2.5 小键盘驱动的设计

Linux下的设备驱动程序主要分为设备控制数据结构和设备操作两个部分,设备操作又分为文件操作接口和中断处理程序两部分。

对于小键盘而言,相应的文件操作接口完成打开并占有设备、读设备输入、查询设备输入以及关闭释放设备这4个操作。其中打开操作主要负责初始化设备状态相关的数据结构,并且确保同时打开该设备的进程不超过一个。关闭操作主要负责释放设备状态结构的内存空间。读操作主要负责检查缓冲区中的数据,如果没有数据,则将该访问进程悬挂到指定队列中。查询操作检查缓冲区中的数据,没有数据,则返回失败。

中断驱动程序包括 top half 和 Bottom half 两个部分,其中, top half 负责临界区内数据操作,主要实现键盘扫描,并且把扫描码写入驱动程序控制模块的缓冲区中。Bottom half 负责剩余的数据处理,主要包括唤醒等待的进程和任务队列来取走缓冲区中的数据。

3 测试结果

以下为监测系统的实物图,以及系统运行过程中的显示界面。

由图5可以看到系统在行车过程中可以正确显示自动过分相系统的实时状态信息。

4 结束语

本文讨论了一种基于 arm7 和 uClinux 平台的车载设备,介绍了一种机车自动过分相预警系统的开发过程。由于在设计过程中采用了接口丰富的 S3C44B0X 处理器,开放性好,运行稳定的 uClinux 操作系统以及功能丰富的 microwindows 图形系统,极大地简化了软件开发的难度,提高了系统的可靠性,扩充性和维护性。相信 arm+uClinux 这一组合会成为更多车载设备的理想选择。

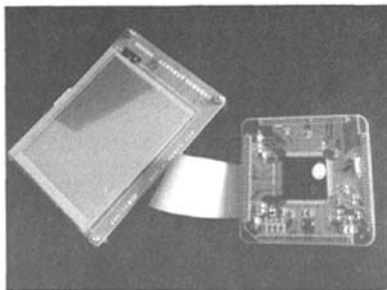


图4 系统实物

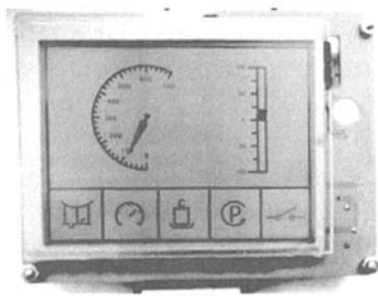


图5 系统运行时界面

参考文献:

- [1] 孙万启, 单圣熊, 郑国藩. 国内外自动过分相装置的比较[J]. 电气化铁道, 2002 (2): 12.
- [2] 马水平, 路延安, 钮承新, 孔中秋. 电力机车自动过分相装置的研究与应用[J]. 电气化铁道, 2004 (3): 15.
- [3] 李兵建, 李正明, 周俊华. 基于 ARM9 的电网参数实时检测系统的实现[J]. 中国农村水利水电, 2008 (1): 110.
- [4] 姚孝刚. 大秦线自动过分相装置误动的处理[J]. 机车电传动, 2006 (4): 70.
- [5] 魏宜军, 刘建峰, 周 胜. 基于 ARM 处理器的 MVB2 类设备研究[J]. 现代电子技术, 2007 (15): 93.
- [6] 孙 苑, 李 熙. 基于 MVB 总线的机车安全监测系统[J]. 铁路计算机应用, 2007 (16): 20.
- [7] 张 程, 张 峰. 基于 uClinux 的列车卧铺管理系统[J]. 微计算机信息, 2006 (23): 9.
- [8] 万小辉, 王申康. 为嵌入式系统定制 Microwindows[J]. 江南大学学报, 2007 (5): 42.
- [9] 李 凯, 宋 鹏. Microwindows 在基于 S3C44BOX 的嵌入式系统中的移植[J]. 电子设计应用, 2006 (2): 100.
- [10] 魏凯斌, 汪志农, 张少刚. 基于 uClinux 系统的图形界面研究与实现[J]. 微计算机信息, 2007 (23): 83.