

城市轨道交通车辆

基于嵌入式Linux的地铁列车 状态显示装置的研究

陈 刚

(广州市地下铁道总公司, 广东 广州 510300)

摘 要: 设计了一种基于嵌入式Linux系统的地铁列车状态显示装置。首先进行了列车状态显示装置的功能需求分析, 然后采用ARM平台进行了硬件系统设计, 并进一步采用嵌入式Linux和Qt进行了软件系统设计与开发, 最后对所研制的列车状态显示装置进行了试验测试, 测试结果表明显示装置能够实现司机与列车人机信息交互的需求。

关键词: 状态显示装置; 地铁列车; ARM; Linux; Qt
中图分类号: U260.5; TN873 **文献标识码:** B
文章编号: 1000-128X(2014)06-0085-04
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.06.024

0 引言

在地铁列车运行时, 列车状态显示装置(IDU, Information Display Unit)将列车的行车信息、故障报警和设备监测数据等实时展示给司机, 以便有效地指导司机进行操作, 因此IDU作为列车与司机交互的平台, 对确保行车安全、减少或降低列车故障影响等具有重要作用。

我国早期地铁的发展以进口为主, 引进了国外先进设备及关键技术, 如北京地铁1号线部分列车安装了英国Westinghouse公司的ATO设备, 上海地铁1号线的监控系统源自美国GRS公司, 广州地铁1号线引进了德国Siemens公司的全套监控系统。目前这些系统运行已经超过十年, 其配套的列车状态显示装置故障频发, 备件价格昂贵且采购周期长, 难以满足列车运营及现场维修的需要。另一方面随着轨道交通的发展以及相关自主知识产权技术的进步, 地铁列车越来越多地采用国产化设备。采用先进技术研制具有自主知识产权的国产化列车状态显示装置, 既能够满足已有列车的技术改造需求, 又能取代昂贵的进口设备, 具有重要的经济效益与社会价值。

本文以广州地铁2号线列车状态显示装置国产化为背景, 对列车状态显示装置国产化进行了研究, 在对IDU功能需求分析的基础上进行了硬件方案设计与选型, 并选用嵌入式Linux系统和Qt工具进行软件开发。实验室分析测试验证了本文设计的IDU的有效性。

1 功能需求分析

列车状态显示装置是人机对话和机车信息显示的重要设备, 为司乘人员的操作及机车安全运行提供信息保证, 其设计应满足列车的监控需求, 并符合相关产品标准。经过对广州地铁2号线现有IDU功能的分析以及在考虑系统功能的升级和扩展, 本文设计的列车状态显示装置除具有已有功能外, 尚需具有以下功能:

①列车系统各装置运行参数以及根据参数所诊断出的故障应实时地传输到显示装置进行显示, 如有故障发生及时切换到故障报警页面, 确定发生故障的部件和位置, 且根据故障类型提供可选的处理方案。

②列车状态显示装置应具有良好的人机交互能力, 实时显示地铁运行过程中的各种状态信息, 支持数据形式和图标形式显示功能, 通过触摸屏操作实现多种功能访问和互动。

③列车司机显示单元应配置高可靠性、具有实时传输性能的通信总线和协议, 以实现与中央控制单元VTCU的实时、高速、可靠性高的数据传输。

④列车状态显示装置应具备联网通信能力, 通过网络可以方便导出地铁运营过程中的历史故障记录以备分析利用, 且能对系统进行在线升级, 如操作系统升级, 数据库的更新等。

2 系统硬件设计

在对列车状态显示装置需求分析的基础上, 遵循降低功耗、安全可靠、经济高效的原则, 依据相关设计标准进行列车状态显示装置的硬件设计, 其硬件结构如图1所示。IDU主要由主机、触摸屏、显示屏、存储介质、环境控制面板、前面板、电源、插接件、箱体等组成, 其中前面板为司机主要操作媒介, 安装有光传感器、系统状态指示灯。

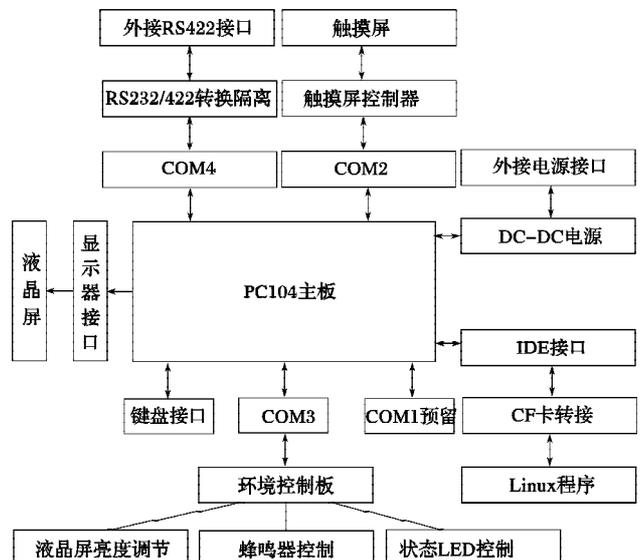


图1 列车状态显示装置硬件结构图

主机是状态显示装置的核心部件,负责数据处理和逻辑控制以及数据发送和接收,其性能必须能够满足显示软件对资源的需求,且其功耗较低能够适应在高温环境下连续无故障工作,因此本文选用了基于ARM硬件平台PC104板卡SAM-3721。它具有体积小、功耗低、性能优的特点和良好的抗电磁干扰和抗振能力,特别适合低功耗的车载应用。SAM-3721的CPU为Intel基于XScale构架处理器,工作频率为416 MHz/208 MHz,包含32K指令和32K数据独立CACHE,其外部接口包含CF卡、UART、USB等,通过这些接口可与CF卡、触摸液晶屏、键盘等外设连接,也可通过RS422总线与VTCU进行通信。

触摸屏和显示屏紧密贴合在一起构成触摸显示屏,主要用于司机对列车发出操作命令和列车状态信息的显示。工业现场常用的触摸屏为电阻式或红外式2种,由于电阻式触摸屏抗刮擦能力差及低温反应迟钝,而红外式触摸屏具有较好的强度和防爆性能,稳定可靠,寿命长,因此本文选用国产红外式触摸屏。显示屏选用大小尺寸为264 mm(10.4英寸)的SHARPLQ104V1DG61彩色液晶屏,分辨率为640×480,该彩色液晶屏具有优异的显示效果,能够满足车载信息显示的需求。触摸显示屏可以通过TFT-LCD插头与主机SAM-3721板卡直接进行连接。

存储介质主要用于嵌入式Linux系统磁盘启动的引导、数据库SQLite数据存储和应用软件安装、软件升级等。考虑到列车振动、电磁干扰及温度变化等恶劣环境影响,本文选用工业级高速CF卡作为存贮介质。CF卡具有非易失性和固态的特点,其安全性和保护性比传统的磁盘驱动器更高,且可在Linux、Windows等多个平台下进行数据交换,能够满足地铁列车司机室恶劣的工作环境。

环境控制板主要用于显示屏亮度自动调节、监测IDU运行时的温度,超温或低温时驱动蜂鸣器报警、驱动LED显示当前IDU的状态,当IDU接收到VTCU传来的故障时蜂鸣器鸣叫报警。主机通过RS232接口与环境控制板交互,控制环境控制板的工作。

3 系统软件设计

3.1 嵌入式Linux系统

列车状态显示装置的软件开发应能够满足图形用户界面的要求,实现丰富多彩的图形界面交互;能够根据显示内容需要进行实时刷新图像或文字符号等;能够根据现场需要及时进行软件升级或软件移植。针对本文采用的嵌入式硬件系统,能够满足开发需求的操作系统有嵌入式Linux、Windows CE、μC/OS和VxWorks等。嵌入式Linux^[1]是一种开源的操作系统,其体系灵活、源代码公开、易于裁剪定制,运行速度快且技术稳定成熟,具有海量的免费代码软件及开发工具

集,能够满足列车状态显示装置软件开发需求,因此本文选用了嵌入式Linux系统。嵌入式系统的定制主要包括Linux内核移植和编译。

3.1.1 嵌入式Linux内核裁剪

1) 嵌入式Linux内核的裁剪策略

嵌入式Linux内核的裁剪及移植,主要是针对具体系统硬件加入或除去某些功能模块。本设计采用的CPU处理能力较强,磁盘以及内存的资源也较为充分,所以对系统内核以及系统体积的要求并不苛刻。本文针对Linux内核的裁剪及移植策略为:根据IDU实际设备的具体型号选择相关内核配置,去除对多媒体硬件、路由器、电源管理等的支持,对可能用到的功能,如额外network模块、USB设备、鼠标和键盘支持等设置成可加载模块,内核需要时才进行加载。

2) 建立交叉编译环境

裁剪和定制嵌入式Linux通常需要在PC机建立一个用于目标机的交叉编译环境,本设计采用开源工具Buildroot来制作交叉编译工具链。Buildroot可以自动生成Linux操作系统下的交叉编译工具链、内核映像以及嵌入式Linux系统的根文件系统映像,它默认提供一个可配置的框架和构建一个基本系统所需的配置文件,在配置过程中应注意硬件平台选项、CPU类型、工具链选项以及各种库文件等。

在配置完成后,运行命令make进行编译链接,生成交叉编译工具,按照裁剪策略完成Linux内核的裁剪,然后通过make busybox-menuconfig和make uclibc-menuconfig命令分别对Busybox和uClibc编译,最后通过makefile命令生成内核映像和基本文件系统。

3.1.2 引导程序Bootloader的制作

引导程序Bootloader^[2]是系统内核运行之前运行的一段程序,负责初始化硬件、建立内存空间映射图,为最终调用操作系统内核做准备,其制作过程分为如下2个步骤。

第1步为在CF卡上安装sysLinux: ①运行fdisk /dev/sdb,删除CF卡上已有的分区,以fat32格式创建新的分区并格式化; ②运行mkfs-v-t vfat-c/dev/sdb1,在/dev/sdb1上建立一个vfat的文件系统; ③运行sysLinux /dev/sdb1/boot,在CF卡的根目录下创建boot文件夹,改变CF卡上的引导扇区,并在/boot目录下生成启动系统文件ldLinux.sys。

第2步为配置启动菜单sysLinux.cfg: 在sysLinux.cfg文件中,根据定制的内核镜像和启动参数指定硬件内存配置: Linux根分区为系统内存,启动显示使用vga=785(640×480×16bpp)激活FrameBuffer设备。

将生成的操作系统内核映像以及根文件系统映像拷贝到CF卡内,插入本文选择的SAM-3721目标板并上电启动,且运行效果如图2所示。