

基于嵌入式 Linux 的电梯轿厢控制器设计与实现

宗 群, 孙连坤, 薄云览, 刘文静

(天津大学电气与自动化工程学院, 天津 300072)

摘要: 简述 AT91RM9200 处理器和嵌入式 Linux 操作系统, 设计一种具有多媒体和网络通信功能的控制器, 论述其实现方法及在电梯轿厢控制系统的应用。讨论了如何根据系统要求进行硬件设计, 特别是操作系统移植、硬件驱动程序等关键技术, 并给出解决方法, 提出控制器的应用前景。

关键词: AT91RM9200 处理器; 嵌入式 Linux; 电梯

Design and Implementation of Elevator Car Controller Based on Embedded Linux

ZONG Qun, SUN Lian-kun, BO Yun-lan, LIU Wen-jing

(School of Electrical and Automation Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

【Abstract】 After introducing processor AT91RM9200 and embedded Linux operating system, this paper designs a multimedia network controller. The design and implementation of the controller is expatiated in elevator car control system. Hardware design according to the requirements of the system is given. Then some critical and difficult technologies like operating system transportation, hardware driver are particularly discussed, and reasonable methods to resolve the difficulties are presented. The future applications of this controller are given.

【Key words】 AT91RM9200; embedded Linux; elevator

1 概述

根据国际电气和电子工程师协会(IEEE)的定义, 嵌入式系统是“用来控制、监视或辅助设备、机器和对象的装置”。但上述定义并不能体现嵌入式系统的精髓, 国内一个普遍被认同的定义是: 以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统由嵌入式硬件和嵌入式软件组成, 硬件由芯片、模板、组件、控制器等设备组成; 软件是嵌入式多任务操作系统和各种专用软件, 一般固化在 ROM 或闪存中。

嵌入式系统主要用于各种信号处理与控制。本文以 AT91RM9200 处理器为硬件平台, 内嵌多任务 Linux 操作系统, 设计一款具有多种网络接口(CAN、以太网、串口)、多媒体人机交互接口(LCD、语音)功能的嵌入式控制器。

2 硬件平台选型

本文选择 AT91RM9200 作为核心处理器, 是从下述几个方面来考虑的: (1) AT91RM9200 基于 ARM920T 体系结构, 时钟频率可达 180 MHz, 工作性能可达 200 MHz, 采用 RISC 精简指令集, 使处理器流水线能高效地执行^[1]。(2) AT91RM9200 集成了多种外围部件, 用户可以根据自己的需求自由扩展。(3) AT91RM9200 是一款适用于工业控制和通信领域的高性能处理器, 具有先进的电源管理功能和较低的功耗, 本文所设计控制器的应用场合主要是在电梯轿厢控制系统, 也可移植到其他工控领域。(4) AT91RM9200 具有丰富的软件资源, 包括 ATMEL 公司提供的 BSP, 基于嵌入式 Linux, uC/OSII 的开源软件资源, 还有大量使用者的前期经验, 都为该控制器的开发提供了有利条件。

3 AT91RM9200 微控制器硬件组成和工作原理

本系统的硬件部分由主控制板和人机接口扩展板两部分组成。(1) 主控制板包括核心板和外围板, 核心板如图 1 所示, 是由 AT91RM9200 构成的最小系统, 包含 SDRAM、FLASH、串行接口; 而外围板如图 2 所示, 提供 LCD 屏接口、CAN 接口、音频(AUDIO)接口、RS-232 接口、JTAG 接口和网络(Ethernet)接口等扩展电路。(2) 人机接口扩展板用于实现电梯轿厢内部楼层信息的显示, 电梯按钮信号的采集, 电梯指示灯的点亮以及与主控制器之间的通信等功能。

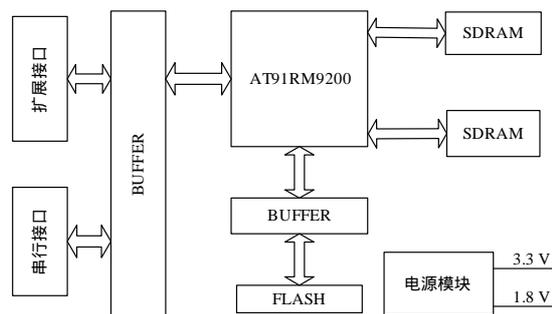


图 1 核心板的硬件结构

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60574055); 天津市重点科技攻关基金资助项目(06YFGZGX01700); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20050056037)

作者简介: 宗 群(1961 -), 男, 教授、博士生导师, 主研方向: 复杂系统建模与控制, 网络控制系统; 孙连坤, 博士; 薄云览, 硕士; 刘文静, 博士

收稿日期: 2007-05-28 **E-mail:** slk300@126.com

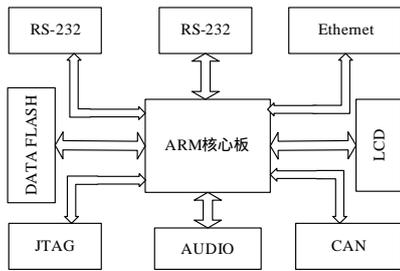


图2 外围板的硬件结构

在核心板中,CPU核心模块AT91RM9200是系统软件运行基础,系统扩展了64MB的SDRAM,作为程序的运行空间、数据及堆栈区,SDRAM读写要求速度快,直接与CPU总线相连。FLASH存储器用于存储可执行程序的二进制文件,供系统启动后加载到SDRAM中运行。CPU总线在连接FLASH及外围板的扩展I/O口时,均通过总线驱动芯片增大驱动能力,并起到保护主电路的作用。串口用于向计算机传递信息,这些信息可以在计算机上通过超级终端或其他串口程序显示,便于在调试程序时监视系统内部的变量值。

外围板包括液晶显示、语音、串口、以太网、串口等功能模块。系统扩展了一块8.4英寸的真彩液晶屏,对液晶屏的读写通过外接LCD控制器来完成,由LCD控制器产生液晶屏控制信号,并提供出并行总线的接口与ARM连接。语音模块选用Micronas Intermetall公司专为个人音频播放器以及MP3因特网音频播放器设计的芯片DAC3550A,它内部集成了立体声耳机放大器 and 单声道扬声器放大器,信噪比达103dB,具有I²S总线音频输入和I²C控制总线,并采用宽电压设计,电源电压范围为2.7V~5.5V,具备低功耗模式。为满足控制器大容量的存储需求,系统扩展了一块ATMEL公司出品的DATA FLASH。它的工作电压为2.7V~3.6V,最大时钟频率为20MHz,可擦写1万次,数据可保存10年,AT91RM9200由片上集成的SPI串行总线接口与DATA FLASH相连接。AT91RM9200内置以太网介质访问控制器EMAC,在外部扩展一片通用的以太网物理层收发芯片,选用的是Davicom公司的DM9161以太网物理层接口收发芯片,DM9161是一款单芯片、低功耗收发器,在介质层,它为10BASE-TX所需的5类双绞线(UTP5)和10BASE-T的UTP5/UTP3都提供了直接接口。通过MII或RMII连接到MAC层,保证了不同的介质连接都有很好的性能。CAN总线模块采用的是Microchip的MCP2515,这是一款独立CAN协议控制器,完全支持CAN V2.0B技术规范。另外,系统还扩展了2个串口,用于连接外围设备。

人机接口扩展板如图3所示。

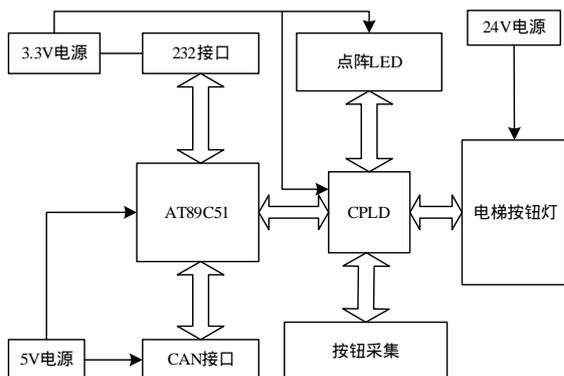


图3 人机接口板的硬件结构

该扩展板可划分为以下几个模块:51单片机控制模块(AT89C51),CPLD控制模块,点阵LED显示模块,按键采集模块,CAN接口模块,232接口模块。CPLD用于IO扩展,采用ALTERA公司的MAX3000A系列EPM3256,这是一款高性能、低功耗基于EEPROM的CPLD,具有5000个逻辑门,256个宏单元,16个逻辑阵列模块,最大可用管脚161个,3.3V供电。作为此控制器的核心模块,它负责32个按钮的采集、32个指示灯的点亮、3块5×7点阵LED的动态扫描显示和CAN芯片SJA1000的片选。

4 AT91RM9200微控制器操作系统移植

4.1 软件平台的选择

在软件设计上选用了嵌入式操作系统,嵌入式操作系统可以由用户进行配置,定制出符合用户需求的特定系统,系统写入FLASH存储器芯片中,在设计时使用监视定时器及容错设计,大大提高了嵌入式系统的可靠性。在众多嵌入式操作系统(WindowsCE, VxWorks, Linux, uC/OSII)中,选用嵌入式Linux,因为它有以下优点^[2]:

- (1)开发源代码,具有丰富的软件资源;
- (2)功能强大的内核,高效、稳定、多任务;
- (3)支持多种体系结构,包括本系统所使用的ARM体系;
- (4)完善的网络通信、图形和文件管理机制;
- (5)支持大量的周边硬件设备,驱动丰富;
- (6)系统大小、功能都可定制。

Linux内核版本更新速度非常快,现在已经推出了2.6版本,但是Linux的标准内核版本发行同Linux对嵌入式微处理器的支持的发展是不同步的,即某内核版本未必支持特定的处理器体系结构,如果要完全自己开发用特定微处理器体系结构和硬件驱动的代码将会大大增加开发工作的难度和工作量,这对于产品开发是不合适的。本设计选择功能和可靠性都很成熟的Linux-2.4.19内核版本以及针对AT91RM9200体系结构的补丁patch-2.4.19.rm7。给标准内核源代码打上补丁后,该内核就可应用于AT91RM9200。

4.2 文件系统的选择

在嵌入式Linux系统中,2种文件系统使用最为广泛:JFFS2和RAMDISK。JFFS2^[3]是JFFS文件系统的改进版,Journaling Flash File System(JFFS)是瑞典的Axis Communications公司专门针对嵌入式系统中的Flash存储器的特性而设计的一种日志文件系统。Redhat公司的David Woodhouse在JFFS的基础上进行了改进,从而发布了Journaling Flash File System Version 2(JFFS2)。和JFFS相比,JFFS2支持更多节点类型,提高了磨损均衡和碎片收集的能力,增加了对硬链接的支持。JFFS2还增加了数据压缩功能,这更利于在容量较小的Flash中使用。和传统的Linux文件系统如ext2相比,JFFS2处理擦除和读写操作的效率更高,并且具有完善的掉电保护功能,使存储数据更加安全。

RAMDISK是用内存(RAM)空间来模拟块设备,RAMDISK通常使用磁盘文件系统(ext2fs)的压缩镜像存放在FLASH中,在系统初始化时,解压到RAM并挂载为根文件系统,RAMDISK的特点是速度快(在RAM中运行),不过系统重新启动后,所有的配置都无法保存。RAMDISK特别适合在嵌入式Linux系统初始化期间作为根文件系统挂载。

本文实现的嵌入式系统应具有读写速度快,断电可靠的特性,所以选用RAMDISK和JFFS2 2种文件系统,RAMDISK作为根文件系统在系统启动时挂载,而用户需要修改的程序

或配置文件则放在 JFFS2 文件系统中。

4.3 硬件驱动程序的设计

Linux 系统内,对硬件设备的管理是通过使用设备驱动方式实现的^[4]。操作系统必须向设备提供操作指令,还需要处理来自设备的中断请求。为此, Linux 通过设备驱动程序为应用程序提供了统一抽象的接口,从而隐藏了大量不同设备之间的区别和细节。

本文编写的驱动程序全部为字符型设备,图 4 概括了 Linux 下字符型设备的编程模型,包括以下几个方面:

- (1)调用入口函数 `init_module()`。主要用于完成设备的初始化、申请内存资源和卸载时资源的释放。
- (2)通过系统调用部分完成对设备的操作过程。例如通过 `open`, `release`, `read`, `write`, `ioctl` 及 `release` 等函数就可以完成应用系统需要的功能,驱动程序的大部分代码在这里实现。
- (3)如果设备与系统之间以中断方式进行数据交换的话,设备驱动程序通过调用 `request_irq` 函数来申请中断,通过 `free_irq` 来释放中断,并实现中断服务函数。
- (4)其他基本内核函数,如内存读写函数、物理与虚拟内存映射函数,等待队列函数等也是经常使用的。

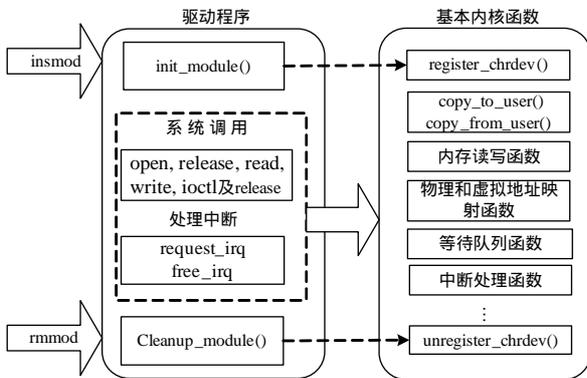


图 4 Linux 设备驱动编程模型

本文设计的驱动包括音频驱动、串口驱动、CAN 驱动、LCD 驱动。这些驱动程序负责接收硬件的中断,并向上层应用程序提供 API 接口。驱动程序模块可以在系统上电后加载,也可以经编译后作为系统内核的一部分存在。

5 AT91RM9200 微控制器在电梯控制中的应用

智能电梯控制系统包括电梯轿厢控制器、内选操纵盘、指纹识别模块 3 部分,轿厢控制器的作用是语音报站、液晶显示、对指纹识别模块传来的验证信息进行控制、并接入电梯内部 CAN 网络;内选操纵盘用于按键扫描、楼层信息显示、点亮指示灯,直接受主控制器的支配;指纹识别模块用于验证乘客的指纹信息,并把验证信息传给轿厢控制器。3 个模块之间通过串口连接,系统的总体结构如图 5 所示。

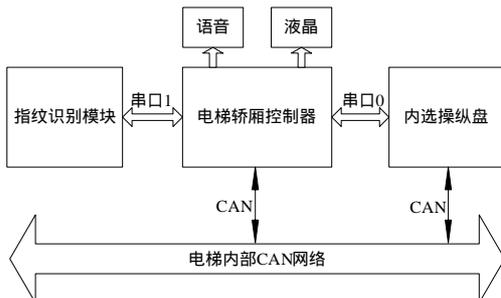


图 5 轿厢控制系统

电梯轿厢控制器软件设计应满足以下几点设计目标:

- (1)根据串口 0 传输的电梯楼层信号,进行语音报站;
- (2)液晶屏显示人机交互信息,还可以显示小区信息、广告信息等,提供人性化的服务;
- (3)保存有指纹认证人员的资料库,以便根据人员权限选择相对应的楼层;
- (4)串口 1 与指纹识别模块进行通信完成指纹验证;
- (5)制定合理、完善、意义明确的串口通信协议,包括站号、消息帧标志位、头尾校验、和校验;
- (6)通过 CAN 总线将电梯状态数据发到现场总线上;
- (7)程序采用模块化设计,使其便于维护和升级。

根据实现的功能进行任务划分,整个控制器的应用程序包括 5 个线程,这 5 个线程分别通过系统调用来读写底层硬件,并结合在一起实现整套业务功能,软件整体框图如图 6。

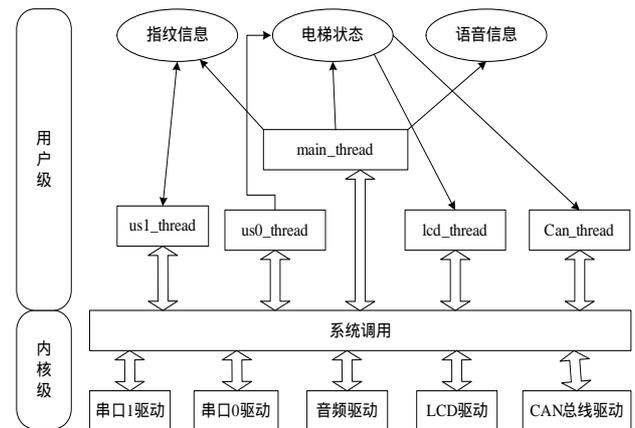


图 6 应用软件的整体框图

应用程序的 5 个线程如下:

- (1)`main_thread` 是整个程序的核心线程,其他线程的状态变化都由它来控制。它的功能包括:根据语音数据存储区保存的电梯数据进行语音报站;根据指纹数据存储区的验证信息确定被验证乘客前往的楼层;实时更新电梯状态存储区的数据。
- (2)`us0_thread` 完成与内选操纵盘控制器的通信。串口 0 接收到数据后,先进行头尾校验、和校验,然后根据帧头定义,将不同的信息存储在不同的共享数据缓冲区中。
- (3)`us1_thread` 完成与指纹模块控制器的通信,包括向指纹模块发送验证信息,返回指纹验证信息,将信息存储在人员 ID 库。
- (4)`lcd_thread` 动态显示图片、文字、信息,可以根据用户的需求定制信息。
- (5)`can_thread` 将电梯状态存储区的数据以 CAN 帧的方式发送到现场总线上。

基于 Linux 多线程技术编写的 ARM 轿厢控制器的应用程序,实现基于现场总线 CAN 网络的电梯轿厢控制系统,它除了具备呼梯采集、楼层显示等基本功能外,还提供了智能化服务,如语音报站、液晶显示、指纹识别等功能。

6 结束语

采用 ARM+Linux 方案具有如下优点:成熟的 ARM 技术具有高性能、高集成度、低功耗、低成本、低开发难度等优点,此外,选用的 AT91RM9200 芯片提供了丰富的接口,非常适合系统的需求。选用的 Linux 操作系统,是开放源代码

(下转第 246 页)