

# ARM + Linux 动态数据采集系统 在接触网检测中的应用

解立强<sup>1</sup>, 盖林<sup>2</sup>

(1. 中铁电气化局集团有限公司 电气化公司, 北京 100036; 2. 河北省南皮县供电有限公司, 河北 沧州 061500)

**摘要:**为满足高速铁路接触网检测系统动态数据实时性的要求, 开发了基于嵌入式技术的动态数据采集系统。提出的方法是在原有的非接触式 CCD 摄像头接触网检测系统中应用嵌入式系统采集动态图像, 在 ARM 最小系统板的基础上加外围芯片和接口, 再移植嵌入式 Linux 操作系统完成图像采集, 进而为下一步的图像处理和传输打下基础, 最终完成接触网各几何参数的检测。试验室的系统测试表明, 系统可以很好的完成动态图像的采集, 满足实时性要求。

**关键词:**接触网检测; CCD; ARM; Linux

**中图分类号:** U226.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2011)01-0096-04

接触网是电力机车获得电能的通道, 它是整个电气化铁道供电系统的动脉, 所以, 有效的接触网检测系统在保证铁路安全运行方面显得尤为重要。与传统的接触式接触网检测技术相比, 非接触式检测可以在不影响受电弓与接触线之间受流特性的基础上, 有效提高检测数据的实时性和精确性, 乃至整个系统的安全性。将线阵列 CCD 技术应用于接触网检测系统在很大程度上解决了获取动态图像的问题<sup>[1-2]</sup>, 而如何很好的采集态图像就变得至关重要。

以 ARM 最小系统板为开发平台, 再移植嵌入式 Linux 操作系统在很大程度上可以解决动态数据采集的实时性问题。从硬件和软件两个方面, 讨论了将嵌入式 ARM + Linux 技术应用于线阵列 CCD 接触网检测系统中采集动态图像的问题。

## 1 基于 ARM 的嵌入式动态图像采集硬件系统

ARM 处理器以其先进的体系结构和对操作系统的支持等优点在嵌入式技术中得到了很多应用, 本文所讨论的嵌入式系统也是迎合了其体积小、能耗低、实时性好等特点而设计完成的。整个检测系统硬件主要有三个功能模块组成: 高速 CCD 实现动态图像数字化<sup>[3-4]</sup>; 嵌入式 ARM 处理器实现图像数据的采集; 串口实现系统测试和数据传输。系统硬件布局框图如图 1 所示。

### 1.1 ARM 模块的设计

嵌入式处理器是嵌入式系统的核心, 是控制、辅助系统运行的硬件单元。设计选用 Samsung S3C2440 核心板, 因为要运行嵌入式操作系统, 所以该板选用了大容量的 FLASH 和 SDRAM 作为数据采集系统的存储系统。CPLD 芯片主要用做 FLASH 和 SRAM 的逻辑控制。

S3C2440 采用外部存储器和 I/O 统一编址的方式<sup>[5]</sup>, 将 1 G byte 的地址空间分为 8 个大小为

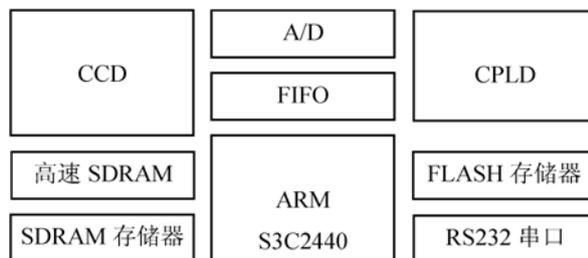


图 1 系统硬件布局

收稿日期: 2010-12-06

作者简介: 解立强 男 1973 年出生 工程师

128 MB 的 BANK。采集系统存储器空间分配如表 1 所示。

### 1.2 CCD 摄像机接口

采用 TOSHIBA 的 TCD1209 芯片,其驱动频率最高可达 20 MHz。ARM 微处理器和 CCD 摄像机接口电路的设计必须要保证芯片之间在数据采集过程中速度匹配,系统采用 S3C2440 的外部 DMA 方式对相机输出数据进行采集,同时采用异步 FIFO 为核心的逻辑电路模块解决 CCD 摄像机输出和采集速度不匹配的问题。相机的输出信号经模数转换后输入到 FPGA 中,图像数据在帧同步、行同步和像元时钟的控制下有序的输入到 FPGA 内部的异步模块中,S3C2440 通过 DMA 通道将图像从 FPGA 中采出。接口原理图如图 2 所示。

表 1 存储器空间分配

存储空间	功能
BANK0	ROM
BANK1	NAND FLASH(64M)
BANK2-BANK3	ROM ,RAM
BANK4	CCD 相机接口
BANK5	ROM
BANK6	SDRAM (64M)
BANK7	RAM

## 2 基于嵌入式 Linux 的动态图像采集软件系统

嵌入式 Linux 系统由于源代码开放,使得各地的软件爱好者为其提供了丰富的实用软件支持,用 Linux 开发产品,会使产品成本大大下降。嵌入式 Linux 系统需要 3 个基本元素构成最小系统:系统引导程序,用于完成机器加电后的系统定位引导;Linux 系统内核,为嵌入式系统提供一个软件环境,为应用程序完成基本的底层的资源管理工作;初始化程序,完成基本的初始化。为使这个最小嵌入式系统具有一定的实用性,还需加上硬件的驱动程序以及一个或几个应用进程以提供必要的功能支持。

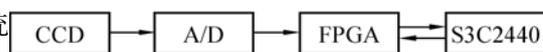


图 2 CCD 摄像机接口原理

### 2.1 Linux 操作系统的移植

采用运行 Redhat Linux9.0 的 PC 机,并通过串口与采集系统相连,开发工具链为 GNU 的跨平台开发工具链,交叉编译器是 arm - linux - gcc - 3.4.1。正如 PC 机上的硬盘分区一样,要使嵌入式 Linux 正常启动和运行,必须对 flash 空间进行细致的规划,并且必须具备三部分:Bootloader、kernel 和文件系统。Flash 具体空间分配如表 2 所示。

设计选用的系统引导程序是韩国 mizi 公司开发的 Bootloader (vivi),它适合于 ARM9 处理器。通过这段程序,可以初始化硬件设备、建立系统的内存空间映射图,从而将系统的软硬件环境带到一个合适的状态,为最终调用操作系统内核准备好正确的环境。系统选用的内核版本为 linux - 2.6.14.1,拷贝至目录 home/arm/dev\_home/kernel,解压内核并进入内核目录,修改内核目录树根下的 Makefile,并用“make menuconfig”命令对系统内核进行配置。系统采用 Cramfs 文件系统和 Yaffs 文件系统相结合的方法构建一个稳定、可靠、可读写的文件系统。Yaffs 文件系统本身性能优越且易于移植,已经成功应用于多种操作系统中,并且还是一个开放源码项目,采用该文件系统作为用户数据区,用于存储采集到的图像。

表 2 Flash 空间分配表

存储空间	功能
0 ~ 1 MB	VIVI 驻留区域
1 MB ~ 4 MB	内核驻留区域
4 MB ~ 44 MB	根文件系统区域
4 MB ~ 64 MB	用户文件系统

设计选用的系统引导程序是韩国 mizi 公司开发的 Bootloader (vivi),它适合于 ARM9 处理器。通过这段程序,可以初始化硬件设备、建立系统的内存空间映射图,从而将系统的软硬件环境带到一个合适的状态,为最终调用操作系统内核准备好正确的环境。系统选用的内核版本为 linux - 2.6.14.1,拷贝至目录 home/arm/dev\_home/kernel,解压内核并进入内核目录,修改内核目录树根下的 Makefile,并用“make menuconfig”命令对系统内核进行配置。系统采用 Cramfs 文件系统和 Yaffs 文件系统相结合的方法构建一个稳定、可靠、可读写的文件系统。Yaffs 文件系统本身性能优越且易于移植,已经成功应用于多种操作系统中,并且还是一个开放源码项目,采用该文件系统作为用户数据区,用于存储采集到的图像。

### 2.2 CCD 接口驱动程序设计

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<sup>[6]</sup>。在 Linux 中所有对硬件设备的操作和通常的文件一样,利用标准的系统调用可在设备上打开、关闭、读取或写入操作。系统中的每个设备由“设备特殊文件”来代表。在设计中,驱动程序初始化显得尤为关键,在本系统中按照以下步骤进行:①设置 s3c2440 输入输出口的工作方式。②设置 CCD 摄像机接口所映射的 BANK4 的数据宽度为 8 位。③注册驱动程序。

### 2.3 图像采集程序

在 Linux 下可通过调用 read 函数实现数据的采集,其程序流程图如图 3 所示。

### 3 系统测试与分析

嵌入式系统的设计必须对其关键部分和系统整体进行测试,才能确定系统性能,进而确定系统设计是否达到预期要求<sup>[7]</sup>。在系统设计过程中和完成后进行了硬件和软件的测试,其中关键的相机接口功能测试如下。

(1)相机接口测试。系统测试软件主要是 FPGA 的开发环境 QuatrusII 和 ARM 的集成开发环境 ADS1.2。相机接口的测试程序设计由 FPGA 和 ARM 程序配合完成。FPGA 内部通过分频器和计数器模块模拟一个的256 × 256 的 CCD 相机的输出信号,然后将模拟的数字图像信号和同步信号、像元时钟送到相机接口的 FPGA 部分进行采集。

(2)测试结果。通过上述测试方法对相机接口性能进行了测试,通过逻辑分析仪采集了接口工作时序,如图 4 所示。测试结果表明相机接口符合设计要求,可以实现对 CCD 相机的数据采集。同时经过测量,采集一次数据的时间约为 220 ns。

### 4 结论

由于采用嵌入式 ARM + Linux 技术,对 CCD 相机图像可以进行实时采集,不仅为下一步的图像信号处理奠定了很好的基础,而且提高了系统的测量速度和精度。将该嵌入式系统应用到接触网检测系统中,由于采集的图像

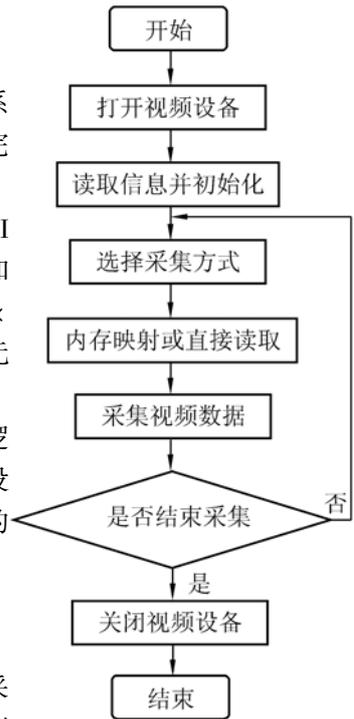
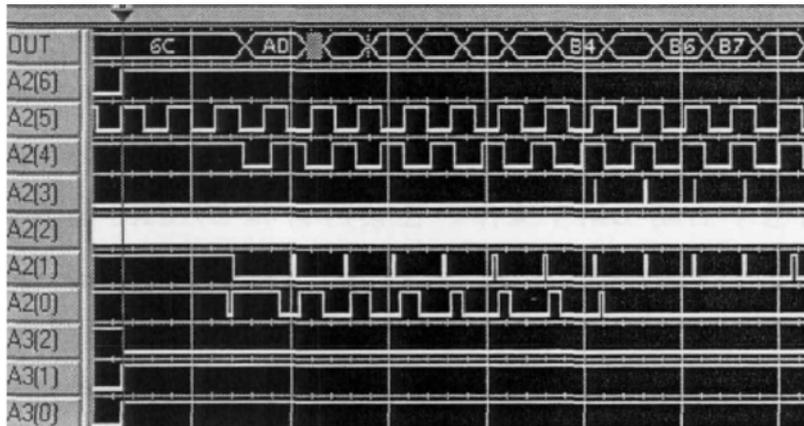
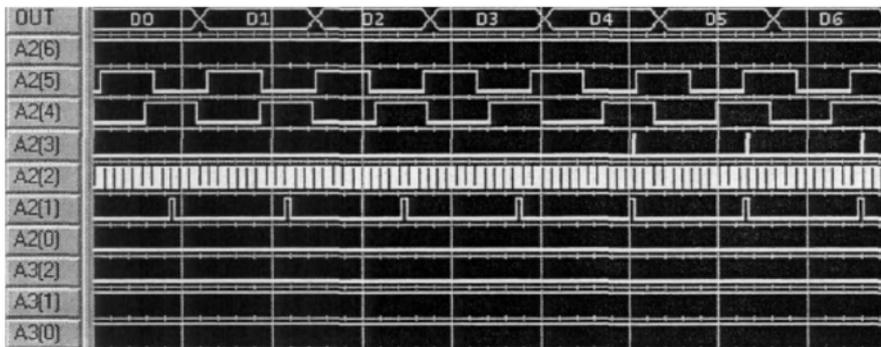


图 3 图像采集程序流程



(a) DMA 启动时序



(b) 数据传输时序

图 4 相机接口测试结果

实时性好,使得检测系统能够快速的检测出接触网的瞬时拉出值,使得非接触式高速检测检测接触网成为可能。在试验室条件下,如果不考虑光线干扰和接触网振动等因素,测量分辨率可达 0.2 mm。

本嵌入式系统具有良好的移植性,且造价低、使用简单,所以在功能上可以做进一步的扩展。例如应用在本文所讨论的线阵列 CCD 非接触式接触网检测系统中,在嵌入式系统中加上 GPRS 模块,可以实现数据无线传输;也可以配合 DSP 芯片,在嵌入式系统内实现图像识别和处理,检测出接触线高度以及瞬间动态拉出值等参数,使得产品性能大大加强。

## 参 考 文 献

- [1] 蔡学敬. 基于 Onuris 线阵列 CCD 摄像技术的高速电气化铁路接触网动态检测系统[J]. 轨道交通, 2007(5):54-55.
- [2] 董建军, 莫易敏. 基于 DSP 和线阵 CCD 的接触网检测系统[J]. 机车电传动, 2006(3):62-63.
- [3] 鄂永. 基于图像处理的铁路接触网检测系统的研究[D]. 大连:大连理工大学电子与信息工程学院, 2009.
- [4] 张韬. 基于图像处理的接触网检测系统研究与改进[J]. 铁道机车车辆, 2009, 29(1):68-71.
- [5] 廖日坤. ARM 嵌入式应用技术开发手册[M]. 北京:中国电力出版社, 2006.
- [6] 马忠梅, 李善平. ARM & Linux 嵌入式系统教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005.
- [7] 徐海东, 陈唐龙, 隆超. 客运专线接触网检测项目及技术标准研究[J]. 电气技术, 2009(1):38-40.

## The Application of Dynamic Data Collection System Based on ARM + Linux in Contact System Detection

Xie Liqiang<sup>1</sup>, Gai Lin<sup>2</sup>

- (1. Electrification Company, China CREC Railway Electrification Bureau Group, Beijing 100036, China;
- 2. Cangzhou Power Supply Company of Hebei, Cangzhou 061500)

**Abstract:** In order to meet the real-time of dynamic data in the High-speed Railway contact system detection, the dynamic data collection system is developed based on the embedded technology. The embedded system is used in the existing noncontact CCD cameras to collect dynamic images, adding peripheral chips and external interface in the smallest ARM board, porting Linux operating system to finish the collection, which is the basis of images processing and transmission, and eventually completes the detection of the contact system. Lab test indicates that the system could complete the collection of dynamic images, meeting the real-time requirement.

**Key words:** Railway contact system Detection; CCD; ARM; Linux

(上接第 95 页)

## Information Technology Program for High Speed Railway Infrastructure Maintenance Management System

Gu Jianhua, Zhang Fangfang, Liu Peng

(Guangzhou High Speed Railway Infrastructure Maintenance Base, Guangzhou 510100, China)

**Abstract:** High speed railway infrastructure maintenance is a guarantee for high-speed, high-density, safe and smooth operation of the train. To set up an efficient, high-quality, and low cost integrated maintenance system, and to maintain the infrastructure in accordance with the unified command, coordination, collaboration, integrated approach, the currently advanced and mature information technology must be used in building high speed railway infrastructure maintenance management information system, thus achieving fast transmission of information, timely communication, accurate statistical analysis and efficient sharing of information, providing adequate technical support for comprehensive maintenance purpose of "high-quality, high-efficiency, low employment and low-cost", and rapid response to emergency and safe running.

**Key words:** high speed railway; infrastructure; maintenance; information