

嵌入式视频服务器的设计与实现^①

Implementation of Embedded Video Server

胡成伟 (广州民航职业技术学院 通讯工程系 广东 广州 510403)

摘 要: 本文介绍了在 ARM 实验箱平台上自行开发的一种基于 AT91RM9200 的嵌入式视频服务器的设计方案。该系统以嵌入式 Linux 作为操作系统,采用 MPEG-4 的专用编码芯片对采集到的数字视频进行压缩编码,生成 MPEG-4 码流。MPEG-4 码流经过 AT91RM9200 控制器外接的网络芯片被输送到 PC 机。PC 机端通过内嵌 MPEG-4 解压插件的 IE 浏览器来播放视频和控制视频服务器的状态变化。

关键词: 嵌入式系统 视频服务器 AT91RM9200 MPG440 公网关接口

1 引言

随着通信技术和网络技术的迅猛发展,通过网络远程实时监控重要场所已倍受人们关注,视频服务器在此背景下产生,并成为人们关注的焦点。视频服务器要将高清晰度的实时视频信息通过互联网传送到监控终端,因其信息量巨大,所以必须压缩。通常人们采用 DSP 与 MPEG-4 算法相结合的方案来实现,不仅编程工作量大,而且产品的成本高。本文所介绍的视频服务器是作者在 ARM 实验平台上采用专用的 MPEG-4 压缩芯片、以嵌入式 Linux 作为操作系统扩展开发建立起来的系统,该系统不仅开发便捷、成本低廉,而且实时性好,适用范围广。

2 系统总体设计

系统总体设计包括硬件设计和软件设计两部分。硬件设计模块主要包括微控制器模块、压缩编码模块、网络接口模块和相机控制模块四部分。微控制器模块主要由主控芯片、DataFlash 和 SDRAM(1)组成。其中,主控芯片是整个控制系统的核心,它负责整个系统的调度工作。DataFlash 里固化了嵌入式 Linux 内核、及其文件系统、应用软件和系统配置文件。SDRAM(1)作为内存供系统运行使用。压缩编码模块由视频数据采集芯片、MPEG-4 压缩编码芯片、SDRAM(2)组成,负责将视频流转化为 MPEG-4 码流。网络接口模块主要是配合主控芯片传送 MPEG-4 码

流。相机的控制模块主要由串口芯片组成,其完成转发控制相机命令的功能。当系统启动时,微控制器通过 SPI(Serial Peripheral Interface, 串口外设接口)将 Linux 内核转入 SDRAM(1)中,系统从 SDRAM(1)中启动。系统启动后,微控制器通过 HPI(Host Peripheral Interface, 主机接口)控制 MPEG-4 编码模块。系统结构如图 1 所示。

软件设计部分主要包括嵌入式 Linux 移植、MPEG-4 压缩编码模块、CGI 控制程序和 MPEG-4 解码程序四部分。嵌入式 Linux 系统存放由 AT91RM9200 控制的 Dataflash 里,它负责整个系统软件的调度工作。MPEG-4 压缩编码模块主要负责模拟视频流的采集,并将数字视频流压缩为 MPEG-4 数据流。CGI 控制程序主要负责对摄像机的控制和对 MPEG-4 视频流的相关设置。MPEG-4 解码程序主要负责对通过网络得到的 MPEG-4 数据流的解码工作。

3 硬件设计

3.1 微控制器模块

微控制器模块是本系统的核心部件,选用的是 ATMEL 公司的 AT91RM9200。它是一款基于 ARM920T 核的 32 位微控制器。其主频为 180MHz,处理速度快,功能强,性价比高,能很好满足嵌入式 Linux 系统的需求。它在系统中的主要作用是在系统上电时配置其他芯片的功能寄存器,在正常工作状态

^① 收稿时间:2008-09-04

下调度控制整个系统工作，通过片内以太网控制器控制物理层芯片发送码流。

AT91RM9200 通过片内的 SPI 总线和 SDRAM 控制器实现对外围 Dataflash 和 SDRAM 的控制，利用片内的 USART 实现对串口芯片的控制，通过片内的以太网控制器对片外网络芯片进行控制。其控制原理图如图 2 所示。

3.2 压缩编码模块

压缩编码模块包括模拟视频采集模块和 MPEG-4 压缩模块。视频采集芯片采用 TI 公司的 TVP5150，数据压缩芯片采用映佳公司的 MPG440。TVP5150 输入端可是两种混合视频信号也可是 S-Video 端子的视频信号，支持 NTSC、PAL、SECAM 等 3 种制式，其输出的数据色彩格式可以为 8bit 4:2:2 数字信号或者 8bit 同步 ITU-R BT.656 数字信号。

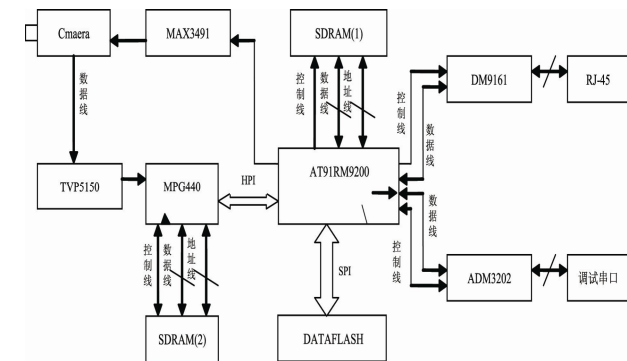


图 1 系统结构框图

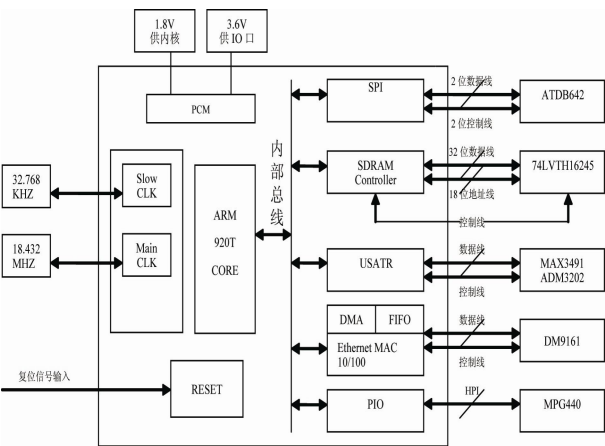


图 2 控制原理图

MPG440 芯片具有符合工业标准的 16b/32b 的双向主机接口，分别用来与视频采集芯片和微控制器芯片通信。同时，具有移动侦测、防伪水印、动态调

整 IP 画格比率、动态调整图像质量等特性，支持 D1、VGA、CIF、QVGA、QCI 等五种分辨率模式。微控制器通过主机接口实现 MPG440 的初始配置，也由此接收 MPEG-4 码流。压缩编码模块的硬件设计原理如图 3 所示。

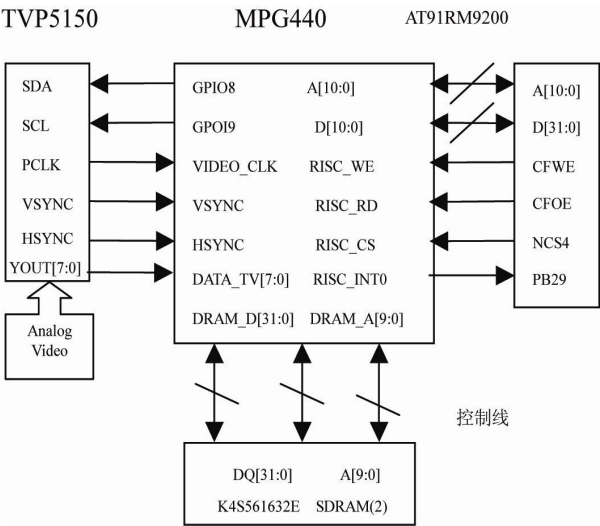


图 3 压缩编码电路

TVP5150 的 AV 模拟输入与模拟摄像头输出端连接，向视频处理芯片传送模拟视频信号。模拟信号经过采样处理之后通过 YOUT0 ~ YOUT7 引脚送到 MPG440，采样数据在 PCLK 的上升沿有效，MPG440 的 VIDEO_CLK 在收到 PCLK 的上升沿时获得 YOUT 的信号。TVP5150 场同步脉冲和行同步脉冲。分别对应其输出端 VSYNC、HSYNC。MPG440 正是根据与之相连的 VSYNC 和 HSYNC 信号线来实现图像的场同步和行同步操作。MPG440 的视频输入数据线 DATA_TV0 ~ DATA_TV7 与 TVP5150 的 YOUT0~YOUT7 相连。MPG440 在接收数据的同时，将其得到的数据流传送给 MPEG-4 压缩编码单元，编码后的 MPEG-4 数据流暂存到 SDRAM(2)中。MPG440 片内 PDMA 控制器根据配置寄存器的设置准确发起对 SDRAM(2)访问，同时将得到的数据流输送往 HPI(主机总线接口，Host Peripheral Interface)，以等待 AT91RM9200 通过 DMA 通道将数据发送到网络。

MPG440 通过 HPI 与 AT91RM9200 通信，AT91RM9200 将 MPG440 的寄存器、存储空间等资源作为其本身内存寻址访问。MPG440 由

AT91RM9200 选通线 NCS4 来选通，其在 AT91RM9200 寻址空间中的地址段为 0X50000000 到 0X5FFFFFFF。通过对 MPG440 一系列寄存器的设置，可以访问 MPG440 系统存储空间。MPG440 中断信号 RSC_INT0 从通用 I/O 引脚的 PB29 输入，当缓冲器填满时，RSC_INT0 引脚置低提示 AT91RM9200 通过 DMA 通道提取 MPEG-4 数据流。编码后视频数据读取过程和 MPG440 与主机通信过程由 AT91RM9200 读信号 CFRD 和写信号 CFWE 控制。

3.3 网络模块

网络模块硬件设计原理如图 4 所示。AT91RM9200 的片内以太网卡端口和网络物理层芯片 DM9161E 的 MII 接口通信。发送数据时，首先置发送使能信号 ETXEN 有效。数据发送端 ETX0~ETX1 与 DM9161 的 ETX0~ETX1 引脚对应连接，作为数据发送通道，以 DM9161E 的时钟信号 REF_CLK 发送数据。数据接收端 ERX0~ERX1 与 DM9161E 的 RXD0~RXD1 引脚对应连接，作为数据接收通道。管理时钟信号 EMDC 和管理数据输入输出信号 EMDIO 用来芯片控制参数的写入和读取。DM9161E 的 MDINTR 端用来产生中断信号。

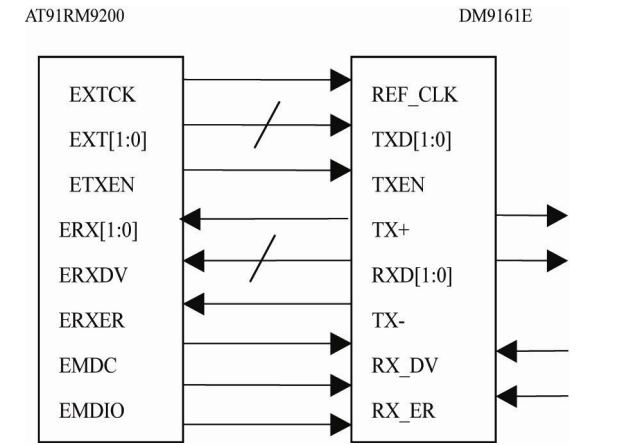


图 4 网络模块电路

片内以太网卡通过 DMA 通道进行数据的发送，不影响 AT91RM9200 的正常运行。首先正确设置传送控制寄存器和传送地址寄存器的传送数据块字节数、数据块存储首地址等参数，随后依次从指定数据存储区地址取 1024b 数据，送入内部发送缓冲器中，由 MAC 对数据进行封装发送，同时记录已传送字节

数，直到数据块发送完毕。当发送完一组数据后，发送 DMA 中断请求，由 AT91RM9200 进行相应的处理。整个网络子系统电路由 AT91RM9200 控制和调度。

4 软件设计

嵌入式 Linux 系统主要由四个部分组成：引导内核启动的文件 (bootloader)、Linux 内核文件 (kernel)、虚拟磁盘文件 (ramdisk)、用户空间文件 (user)。它们分别被放在 Dataflash 内的四个分区模块中。根据不同模块的具体功能采用不同的文件系统：bootloader、kernal、ramdisk，移植完成后不需要动态改变，使用较节省空间的 ROMFS 只读文件系统；user 模块内放置一些可以动态更新的配置文件等，需要进行较多的读写操作，所以使用支持动态擦写保存的 JFFS2 文件系统。

Linux 移植技术已经成熟，本文不作详细的阐述。下文主要介绍 MPEG-4 压缩编码模块和 CGI 模块的程序设计。

4.1 MPEG-4 压缩编码模块程序设计

该模块主要完成 MPG440 和 TI5150 相关寄存器的配置，并保证 MPEG-4 码流的正常输出。当嵌入式 Linux 系统启动后，首先配置 MPG440 的相关寄存器，其初始化完成后，通过 I2C 总线对 TVP5150 进行初始化配置。当系统开始压缩编码时，MPEG-4 码流接收存储程序由 MPEG-440 的数据流缓冲器标志信号控制。当 1024b 缓冲器满时，RISC_INT0 置于低电平，微控制器通过 DMA 通道从 MPG440 的 HPI 口将码流送到 PC 机端。MPEG-4 压缩编码模块程序流程如图 5 所示。

4.2 CGI 程序模块设计

CGI(Common Gateway Interface)是外部扩展应用程序与 WWW 服务器交互的一个标准接口。本系统 CGI 的工作过程：在 PC 机端的 IE 浏览器中输入视频服务器 IP 地址，嵌入式网络服务器根据请求，将相应的控制页面反馈给 IE 浏览器，用户填写表单，然后提交，CGI 程序提取表单的信息，根据不同信息来分别处理相应的事件，如调节 MPEG-4 相关属性、相机的相关操作等。CGI 模块的设计主要包括三部分：嵌入式 web 服务器的配置、html 页面的编写、CGI 程序的设计。

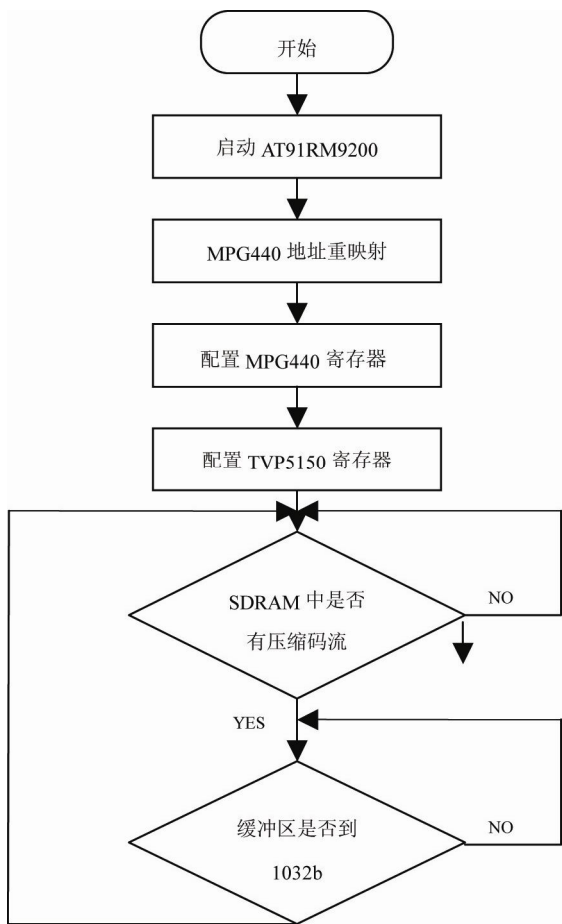


图 5 MPEG-4 压缩编码模块程序流程图

嵌入式 web 服务器采用的是 Apache，其配置是以配置文件的形式提供，放在 Ramdisk 中 /etc/httpd/conf/ 目录下。其配置主要涉及以下三个方面：

- ① 配置文件跟文件的路径：“DocumentRoot /home/httpd/html”，html 页面必须放到此目录下。
 - ② 配置 CGI 外部外部程序所放的路径：“ScriptAlias /cgi-bin/ home/httpd/cgi-bin/”。
 - ③ 配置环境变量：“SetEenv D_LIBRARY_PATH=/lib:/usr/local/lib:/usr/lib”，该变量将会被送到 CGI 脚本和 SSI 页面，以保证 CGI 程序能正确找到所依赖的库。
- 网页编写采用 html 与.shtml 相结合的方式.html

的解析速度较快，.shtml 可以在普通网页中嵌入外部 CGI 程序，通过这种方式将系统的默认配置反馈给客户端。

CGI 程序采用的是 C 语言和 shell 脚本的相结合的方式，具体编写过程，与通常的 Linux 下编程相同。限于篇幅，不再赘述。

4.3 MPEG-4 解码程序

映佳科技已提供供二次开发的 MPEG-4 解码插件 OCX，OCX 在 PC 机端注册后，OCX 函数可方便地被网页调用，从而实现在 PC 机端观看实时图像。

5 系统应用领域

视频监控系统应用领域和前景十分广阔，以其灵活的配置和简单实用以及高清的图像效果实现在各个领域的应用。包括：教育领域中的电子考场监控、网络教学、远程教育、校园远程监控。电力系统中的机房无人值守、变电站无人值守。工业生产领域中的安全生产管理监控、生产线，后勤部门，库房存储系统进行监控。交通领域中的高速公路监控、机场安全监控；交通要道，路口 24 小时监控等众多领域中。

6 总结

本文介绍了一种利用 AT91RM9200、TVP5150，MPG440 和 DM9161E 等芯片设计的嵌入式视频服务器。经测设，该系统稳定、可靠、实时性好、图像质量出色。该产品的开发流程即可作为嵌入式系统教学的经典案例，又可以在以上相关的领域中发挥其实际应用的价值。

参考文献

- 1 Arnold K. Embedded Controller Hardware Design, USA, LLH Technology Publishing.
- 2 Bovet DP, Cesati M. Understanding the Linux Kernal. Sebastopol: O'Reilly, 2002.
- 3 魏永明等译. LINUX 设备驱动程序(第二版).北京:中国电力出版社,2002.
- 4 毛德操,胡希明.Linux 内核源代码分析.杭州:浙江大学出版社, 2001.