

基于达芬奇的 HDMI 高清视频采编器的设计与实现

张 硕, 李 博, 杨 婷

(中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051)

摘 要: 针对远程视频监控中视频清晰度不高、实时性不佳的问题, 结合高度集成的数字媒体处理器达芬奇的应用, 设计了以 TMS320DM6467T 处理器为硬件核心, Windows 系统为软件核心的 HDMI 高清视频的采编器。采用 1080p 高清数字摄像头以及 SII9125 解码驱动芯片完成高清视频的采集; 运用 H. 264 视频编码技术实现了视频的高度压缩; 并将压缩后的视频实时传输到监控中心, 同时存入硬盘文件系统。系统测试结果表明, 视频实时性高, 存储后的数据可以获得大于 100 倍的压缩比。

关键词: 视频采集; 达芬奇; 存储; H. 264

中图分类号: TN949. 197

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2017)06—0054—04

Design and Implementation of HDMI High-Definition Video Editing Based on Leonardo DaVinci

ZHANG Shuo, LI Bo, YANG Ting

(Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: For remote video surveillance video is not high definition, real-time problem of poor. Combined with highly integrated applications DaVinci digital media processors designed to TMS320DM6467T processor core hardware, Windows system software, the core of the HDMI high-definition video editing device. Using a digital camera and 1080p HD decoding SII9125 driver chip to complete high-definition video capture; using H. 264 video encoding technology enables highly compressed video; real-time transmission of video and compressed to the monitoring center, while stored in the hard disk file system. System test results show that: high real-time video, data storage can be obtained after more than 100 times the compression ratio.

Key words: video capture; DaVinci; storage; H. 264

1 引言

随着远程视频监控在安防中的应用越来越广泛, 高清日益成为监控业内最主流的话题^[1]。但视频清晰度的提高, 使得视频文件的信息量急剧增加, 因此, 在保证视频清晰度的前提下, 通过视频压缩编码来减少视频的数据量是十分必要的。时下的视频处理系统多是单核的^[2], 因此, 系统以 ARM+DSP 双核芯片 DM6467T 为核心进行了视频的采集与编码设计。

DM6467T 是 TI 公司达芬奇系列的一款专用的 高 清 双 核 数 字 媒 体 处 理 器, 包 含 TMS320C64x DSP 核和 ARM926EJ 核, 在视频处理方面具有极大优势。ARM9 负责视频的采集、传输、存储等事务的控制, DSP 核实现视频的 H. 264 压缩算法^[3-4], 整个压缩编码过程不占用 ARM 的资源, 保证了视频处理的实时性, 提高了视频处理的速度。系统的软件开发在 Windows 系统下进行, 使得软件平台的搭建变得更加简洁。与传统的 Linux 构架相比, Windows 系统下软件的兼容性更好, 用户操作

起来更加熟悉. 所有的驱动程序、调用程序的源码都清晰可见,提高了软件设计、移植的效率. 同时,运用当下流行的视频编码标准 H. 264 对实时视频进行压缩,可以获得更高的压缩比^[5]. 系统完成了 HDMI 高清视频的采集,并对采集到的视频进行实时压缩编码处理,最后将压缩后的视频数据存储在硬盘文件系统^[6].

2 系统设计与实现

2.1 硬件系统设计

硬件系统的设计以 TMS320DM6467T (DM6467T)为核心,主要包括视频采集模块、视频处理模块以及视频显示模块. 视频数据的采集由 HDMI 高清摄像头和 SII9125 解码驱动芯片共同完成, SII9125 是矽映电子科技有限公司设计的一种第二代 HDMI 高清视频解码驱动芯片,通过数字接口可以提供高保真的视频信号,支持 10 位或 12 位色深,且支持双通道独立的 HDMI 解码, DM6467T 通过 I²C 接口对 SII9125 进行参数配置,同时通过 VPIF 视频接口接收 SII9125 输出的数字视频信号.

视频处理包含视频的压缩编码及存储,其主要是由 DM6467T 芯片完成,该处理器解决了以往 ARM 单元对大量视频数据处理能力不足以及 DSP 单元无法处理多事务等问题. 该系统中,外围电路、外部设备的配置由 ARM9 完成,编码程序则是运行在 DSP 核中. 外围设备有作为系统运行内存的 DDR2 存储器,用于系统启动的 NAND Flash 高速数据传输存储器,负责存储视频数据的 SATA 硬盘文件系统以及以太网传输用到的 VSC8641PHY 芯片和 RJ-45 网口.

视频显示指的是压缩完成的视频数据通过 VPIF 视频接口输出,经 HDMI 发送驱动器 SII9134 与 HDMI 接口的高清显示屏连接,继而完成视频的显示. 压缩完成的视频数据也可以通过 RTP 协议发送到监控中心,再由 VLC 视频播放器实时显示. 硬件系统设计的结构图如图 1 所示.

2.2 软件系统设计

系统软件的设计是以 Windows 操作系统为核心,在 CCS3.3 软件开发环境下完成. 软件部分由主线程和多个子线程构成,主线程对整个系统起到主导的作用,其他所有的线程均由主线程产生. 子线程包括视频采集线程、视频压缩编码线程、视频显示与存储线程. 如图 2 所示为软件系统设计的结构图.

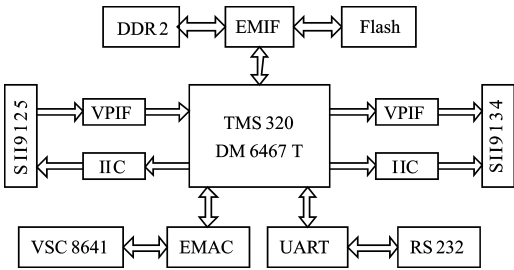


图 1 硬件系统设计结构图

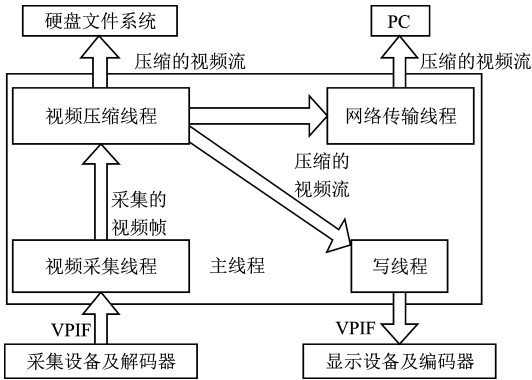


图 2 软件系统设计结构图

2.2.1 主线程

主线程主要负责卡板的初始化(包括管脚的设置、串口和 EMIF 的初始化),创建各个子线程,分配子线程执行期间的缓存空间.

主线程中,由 board_perInit()函数完成对卡板的初始化,以便整个系统能够良好地运转. 系统运行时,主线程中首先用 #pragma DATA_SECTION(, ". ddr2_video")函数分配两个存储空间,作为采集到的视频亮度及色度数据缓存区. 并创建视频采集函数 creat_capture()函数,在函数中设定了图像的尺寸. 当采集完一帧图像后,系统会触发 ARM9 的快速中断请求,待 ARM9 响应中断后,通过 COP_creatH264Enc()函数给 DSP 核发出创建 H264 编码的命令. DSP 核程序中 switch(pcArmCtl->m_uCmd)语句会实时检查 ARM9 中发出的命令指令,当检测到 ARM_CMD_H264_CREATE 指令时,就会执行 H264_create()编码创建函数. 编码完成后, DSP 通过命令 DSP_CMD_H264_STREAM 通知 ARM9 已经完成 H264 视频压缩编码. ARM9 在检测到指令后,由 send_H264()函数负责将视频数据传输到显示端并通过 write_file()函数将视频数据写入硬盘系统. 具体流程图如图 3 所示.

2.2.2 视频采集线程

视频的采集由 HDMI 高清摄像头以及 SII9125

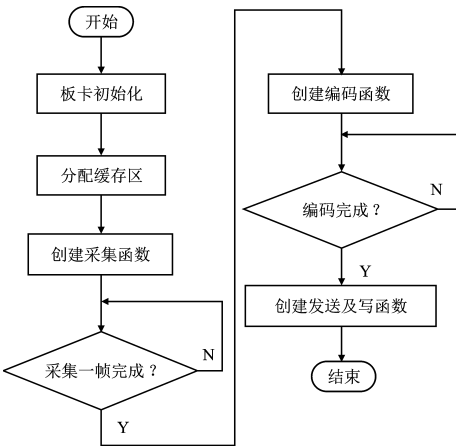


图 3 主线程流程图

解码驱动芯片共同完成,采集到的数据格式为 BT. 1120. 视频采集的整个过程中,SII9125 将数字制式的视频数据传输到 DM6467T 的 VPIF 视频接口,由其接收视频数据并保存到缓存区,为下一步视频的压缩、存储等工作提供重要的保障. 视频采集线程设计的具体流程图如图 4 所示.

采集开始之前,先利用 `hd_capture_init()` 函数对视频采集设备进行初始化. 在此函数下, `SII9125_enable()` 完成了对视频解码驱动芯片的使能,同时 `SII9125_setup(mode)` 函数实现了对解码驱动芯片的设置, ARM9 通过 I²C 总线对 I²C 内部寄存器的编程设置来完成对 SII9125 的控制. `vpif_1080p_capture(void * pvY, void * pvCrCb)` 函数实现了对视频采集的设置,包括视频采集格式的选择 `select_1080p_video_input()`、视频接口 VPIF 的初始化设置 `vpif_preinit()` 及视频输入时钟设置 `vpif_clock_setup(VCH0CLK, VCH1CLK_VP_CLKIN0)`. 最后,由 `vpif_enable()` 函数开始视频数据的采集. 为保证采集到的视频数据的准确性,在采集的过程中,利用 ARM9 的快速中断函数 `c_FIQ()` 判断图像的格式是否正确、一帧图像是否采集完成,以及是否存在丢帧、跳帧现象的功能,初始化设置之后中断就可进行工作.

2.2.3 视频压缩编码线程

该系统的视频压缩编码标准选择的是新一代视频压缩编码标准——H. 264/AVC,是一种高性能的视频压缩编码技术. 与其他现有的视频编码标准相比,在相同的带宽下可获得更好的图像质量,可以获得更高的压缩比.

编码方式选择帧内预测编码,选择 4X4 像素宏块预测模式,I 帧和 P 帧分开编码. 函数 `H264_en-`

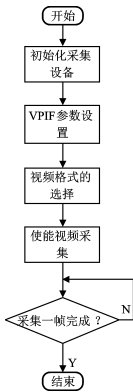


图 4 视频采集线程流程图

`codeFrame()` 完成视频的编码,该函数主要包含 `H264_encodeHeader()` 函数以及 `H264_encode()` 函数. 编码时首先由函数 `H264_encodeHeader()` 对动态的参数进行设置,包括对亮度、色度及输出缓存的设置. 然后通过 `H264_encode()` 函数完成编码工作,并设置变量 `iErrorFlag` 追踪帧编码的错误,函数中首先通过指针变量 `pcH264Obj` 获取图像的地址 (`XDAS_Int8 *`) `pvLum/pvCrCb`, 然后由 `H264FHDVENC_encode()` 函数实现 P 帧到 I 帧的转换:编码完最后一个 P 帧后紧接着把 I 帧标志位置 0(标志下帧开始编码 I 帧). 每编码一个参数集(I 帧),计数器加 1,编码完 32000 个 I 帧后,调用 `H264_reast(pcH264Obj)` 函数复位一下,解决长时间编码到 65536 个 I 帧后出现错误的问题. 具体流程图如图 5 所示.

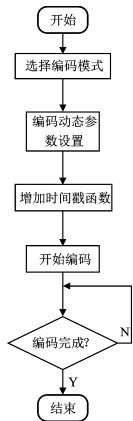


图 5 视频压缩线程流程图

2.2.4 视频显示与存储线程

视频的存储是指将压缩编码完成的视频数据写入到硬盘文件系统中,当检测到 DSP 命令 `DSP_CMD_H264_STREAM` 后,首先利用 `open_file()` 函数打开等待写入的文件,然后由 `#pragma DATA`

_SECTION(". ddr2_video")创建一个写线程缓冲区以供存储待写入的视频数据. 利用 write_file() 函数将视频数据写入之前打开的文件, 最后返还缓冲区.

视频的显示在系统中由两种方式实现. 一种是压缩完成的视频数据通过 VPIF 视频接口输出, 经 HDMI 发送驱动器 SII9134 与 HDMI 接口的高清显示屏连接, 完成显示. 该方式中首先要利用 vpif_enable() 函数使能 VPIF, 然后由 SII9134_enable() 和 SII9134_setup(mode) 函数完成对视频发送器的使能及配置, 最后调用 hd_playback_1080p() 函数完成视频的显示. 具体流程图如图 6 所示.

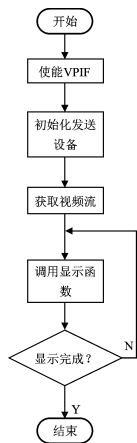


图6 视频显示线程流程图

另一种方式是通过以太网, 利用实时网络 RTP 协议将视频数据发送到监控中心, 再由 VLC 视频播放器实时显示. 网络传输之前, 先通过 emac_mii_init() 函数对以太网协议进行初始化, 同时采用 mii_phy_setReg() 函数负责 PHY 的设置, 然后利用 UDPCtrl_init()、bind() 和 socket() 函数完成数据的打包处理. 最后由 send_H264(uint8_t * pu8Buf, int32_t iLen, int32_t uTime90K, struct udp_pcb * sock, struct ip_addr * pcPeerAddr, uint16_t u16PeerPort) 函数负责将编码完成的视频数据传送到目的 IP. 具体流程图如图 7 所示.

3 结果与分析

3.1 图像质量

首先连接系统硬件, 完成后, 启动板卡. 然后在 Windows 操作系统 CCS3.3 环境软件下经仿真器先将系统的控制程序加载到 ARM9 中, 再把视频编码程序下载到 DSP 中. 程序运行后, 可在 CCS3.3 中查看未编码的图像, 图像实时性很高. 传输到监控

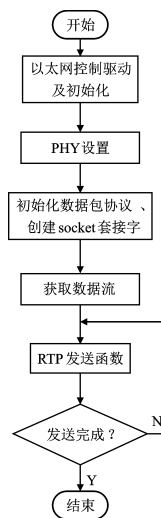


图7 网络传输线程流程图

中心的图像可 VLC 视频播放器查看, 与采集到的原始图像相比, 发现图片质量良好, 虽存在一点延时, 但仍能达到实时性的要求, 满足视频监控的需要. 存储后的图像文件可以在硬盘文件系统中的 h.264 文件中查看, 可通过视频播放器播放, 图像截图仍能满足要求.

3.2 压缩比

本次实验视频采集的时间为 3 分钟, 视频的输入格式为 PAL, 帧率为 25 帧/s, 分辨率为 1920×1080 , 没有经过压缩的视频数据率为 625 Mbit/s, 计算后可知: 未压缩的数据量为 14 062.5 MB. 硬盘中压缩后的文件的大小为 135 MB, 可以计算得出压缩比为 104.17. 另外, 在编码完成的数据通过网络传输时, 设置的码率为 6 000 kb/s. 由码率的计算公式 $[\text{码率}](\text{kb/s}) = [\text{文件大小}](\text{字节}) \times 8 / [\text{时间}](\text{s}) / 1\,000$, 可以得到压缩后的视频数据量仅为 135 MB, 因此压缩比为 104.17.

4 结束语

本方案基于达芬奇技术的应用、DM6467T 芯片以及 Windows 设计了一种 HDMI 高清视频采编器. 系统测试的结果表明: 视频显示清晰度高、实时性好、压缩比达到了 100 以上, 缩小硬盘存储空间的同时也减小了远程视频监控中网络传输的压力. 编码后的视频数据流可直接存入 SATA 硬盘, 方便对视频数据的进一步分析. 远程网络数据传输时实时性高, 画面质量好, 满足视实时视频监控要求. 在 Windows 软件平台下, 系统的搭建、开发更加灵活

(下转第 61 页)

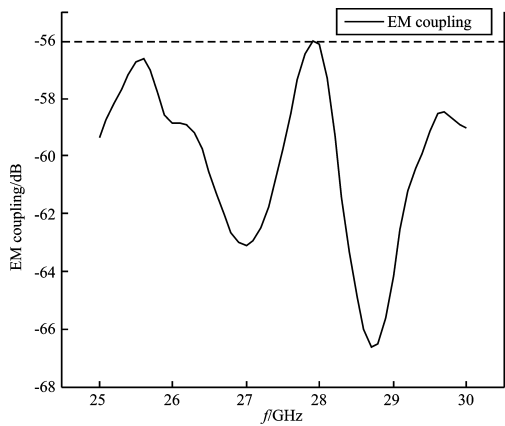


图 6 混频器 RF 端口与 VCO 输出端口的隔离度

波抑制大于 15 dBm. 另外,我们还对射频电路板的电磁兼容进行了设计,通过对本振源的近场扫描得到,空间最大辐射功率为-57.4 dBm,表明具有很好的抑制,满足系统要求.

参考文献:

[1] 牟志新,丁高,张望. 射频电路 PCB 板的电磁兼容性设计[J]. 电子质量,2006,27(1):62-65.

[2] Johnson H W, Graham M. High-speed digital design: a handbook of black magic[J]. Workshop Emv'01 Augsburg, 1993, 12(5):42 - 50.

[3] 杨进候,王志杰,许军. 导体传输线间的高频耦合干扰模型[J]. 鱼雷技术,2005,23(3):18-20.

(上接第 57 页)

便捷,根据个人的需要更改码率可获得不同大小的文件. 该系统在视频存储及视频远程监控等领域有着广阔的应用前景.

参考文献:

[1] 邓娜,田增山,袁正午. 基于达芬奇技术的视频监控系统设计[J]. 电子技术应用,2015,41(1): 25-31.

[2] 朱衍明. 基于 TMS320DM6467 的多格式视频处理技术研究[D]. 南京:南京理工大学,2013:39 -50.

[3] 张银钱,基于 H_264 的实时全景视频压缩传输统的设计与实现[D]. 北京:北京工业大学, 2015:29-47.

[4] 林海东,余强. 基于 H264 的网络视频监控系统设计与实现[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2014,33(2):

[4] 赵翔,晏奇林,闫丽萍. 多导体传输线高频场线耦合模型的研究综述[J]. 强激光与粒子束,2015,27(12): 12-18.

[5] 彭强,周东方,侯德亭,等. 基于 BLT 方程的微带线电磁耦合终端响应[J]. 强激光与粒子束,2013,25(5): 1241-1246.

[6] Sitaraman S, Suzuki Y, White C, et al. Modeling, design and demonstration of multi-die embedded WLAN-RF front-end module with ultra-miniaturized and high-performance passives.[C]//2014 IEEE 64th Electronic Components and Technology Conference (ECTC). Orlando, FL: IEEE,2014: 1264-1271.

作者简介:

陈守维 男,(1988-),硕士. 研究方向为射频前端与天线集成.

王启东 男,(1983-), 博士,副研究员. 研究方向为系统级封装技术.

陈 诚 男,(1993-),博士. 研究方向为三维封装关键技术.

李 君 女,(1981-),博士,副研究员. 研究方向为三维封装中的电磁兼容.

曹立强 男,(1974-),博士,研究员. 研究方向为先进系统级封装.

陆 原(通讯作者) 男,(1957-),博士,研究员. 研究方向为先进电子封装、光电封装. E-mail:luyuan@ime. ac. cn.

22-26.

[5] 毕厚杰. 新一代视频压缩编码标准—H. 264/AVC[M]. 北京:人民邮电出版社,2005:84-147.

[6] 张晶,戴明,孙丽娜,等. 基于 DM6467T 视频压缩存储和网络传输系统设计[J]. 液晶与显示, 2013,12(6): 912-916.

作者简介:

张 硕 男,(1989-),硕士研究生. 研究方向为 DSP 视频处理. E-mail:hanshuo1029@aliyun. com.

李 博 男,(1972-),副教授,硕士生导师. 研究方向为精密检测设备、嵌入式电子电路系统.

杨 婷 女,(1990-),硕士研究生. 研究方向为 DSP 视频处理.