

文章编号: 1007- 2985(2007) 05- 0065- 05

基于 TMS320VC5402 和 S3C4510B 的视频监控系统*

陈炳权^{1,2}, 曾庆立²

(1. 湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082; 2. 吉首大学物理科学与信息工程学院 湖南 吉首 416000)

摘要: 视频监控系统以其直观、方便和信息内容丰富的特点而被广泛应用, 笔者利用 ARM+ DSP 双核结构, 采用 TI 公司的高速数字信号处理器 TMS320VC5402 完成图像采集处理功能, Samsung 公司的 ARM 芯片 S3C4510B 实现对 DSP 图像采集处理部分的实时控制, 从而实现了支持 Linux 平台的硬件架构, 完成了网口、串口和 USB 等接口的数据传输及图像的显示。

关键词: TMS320VC5402; S3C4510B; 视频监控

中图分类号: TP391. 72; TN919. 8

文献标识码: A

视频监控产品正从模拟化向数字化、网络化的方向发展, 并在科学研究、医疗卫生、航天探测等各个领域应用越来越广泛。由于监控系统是不停机工作的, 因此系统除了对算法本身有很高要求以外, 视频信号处理的速度和可靠性是至关重要的。大规模集成电路和嵌入式软硬件技术的迅猛发展, 为解决这一问题提供了思路 and 基础。模拟监控系统以模拟设备为主, 数字化视频监控系统利用计算机的高速数据处理能力进行视频的采集和处理, 借助显示器实现图像的多画面显示, 除了能够实现多媒体信息处理功能外, 还能够实现自动异常报警、智能存储和快速检索等高级功能, 实现模拟监控无法实现的监控功能。随着网络带宽、计算机处理能力和存储容量的快速提高以及各种实用视频处理技术的出现, 视频监控步入了远程视频监控系统。由于数字式网络监控系统功能强大、成本低、使用灵活而且应用广泛, 目前常见的基于 PC 机的图像监控系统由 PC 机加上视频采集卡构成, 基于 PC 的视频监控系统终端功能较强, 便于现场操作, 但稳定性不好, 视频前端较为复杂, 可靠性不高。目前, 虽然嵌入式系统的图像处理功能还不能完全取代传统的计算机, 但是随着嵌入式微处理器的迅速发展, 其图像处理能力正在不断地提高, 由于具有体积小、低功耗、低成本等特点, 从而有效地克服传统计算机的缺点。^[1-4]

1 视频处理技术及视频运动检测算法

1.1 视频处理技术

视频信号包括模拟视频信号和数字视频信号, 模拟视频信号有 3 种信号类型: 复合视频信号, 分量视频信号和分离视频信号 S-VIDEO。对这些模拟视频信号进行信号处理时, 一般需要将其转换为数字视频信号, 其数字化一般采用分量数字化方式, 先把复合视频信号中的亮度和色度分离, 得到 YUV 或 YIQ 分量, 然后用 3 个模数转换器对 3 个分量分别进行数字化得到数字的 YUV 信号, 根据模拟视频信号的特征, 亮度信号的带宽是色度信号带宽的 2 倍, 因此其数字化时可采用幅色采样法, 即对信号的色差分量的采样率低于对亮度分量的采样率。用 $Y: U: V$ 来表示 YUV 这 3 分量的采样比例, 则数字视频的采样格式分别为 4: 1: 1, 4: 2: 2 和 4: 4: 4。模拟视频信号既是空间的函数, 也是时间的函数, 而且又是隔行扫描式, 所以其采样方式比扫描仪扫描图像的方式要复杂得多。分量采样时采集到的是隔行样本点, 要把隔行样本组合成逐行

* 收稿日期: 2007- 07- 11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10647132)

作者简介: 陈炳权(1972-), 男, 湖南桃源人, 吉首大学物理科学与信息工程学院讲师, 湖南大学电气与信息工程学院硕士生, 主要从事电路与系统教学研究。

样本, 然后进行样本点的量化, YUV 到 RGB 色彩空间的转换等, 最后才能得到数字视频数据.^[5-6]

1.2 视频运动检测算法

数字监控系统存储监控图像的目的几乎都是记录监控场景中的动作, 如果长时间记录无运动图像, 就失去了存储的意义. 这需要一个运动检测算法判断监控图像的全部或部分有无运动的发生、控制存储模块的动作, 有效地节省存储数据, 减少不必要的回放. 由此可见, 图像序列的运动检测在数字视频监控系统中有较强的实用价值. 视频的运动检测算法通常有图像序列差分法, 背景差分法, 光流法等方法.^[7] 在本视频监控系统中, 运动检测算法的选取须充分考虑实时性的要求, 不能选取过于复杂的算法, 只要算法能够有效地检测出运动目标, 降低漏报率和误报率就可以满足系统要求. 鉴于此, 笔者设计了适于 DSP 的图像序列差分法. 基本思想: 如果在一幅图像的某一位置物体发生变化, 那么对应于该位置的灰度值也将发生变化, 而物体没有发生变化的部分, 则灰度不发生变化或发生很小变化. 最简单的算法采用计算帧差绝对值的方法, 对于检测图像区域 S , 运动报警的判定条件为

$$\max_{(i,j) \in S} [S_c(i,j,t) - S_c(i,j,t - \Delta t)] > Th, \quad (1)$$

式中: $S_c(i,j,t)$ 为亮度图像序列在 t 时刻点 (i,j) 处的灰度值; Th 为某个灰度阈值. 这种算法实现简单, 程序设计复杂度低, 易于实现实时监视. 由于相邻帧的时间间隔较短, 受目标阴影的影响也不大, 对动态环境有较好的适应性. 但是对光照、雨雪变化敏感, 若光照变化剧烈或者场景有雨雪, 就会效果欠佳. 考虑到图像的光照条件的变化, 笔者对判定条件进行了改进, 加入了对整体光照敏感的添加项, 即改进的判定条件为

$$\max_{(i,j) \in S} [S_c(i,j,t) - S_c(i,j,t - \Delta t)] > Th + \lambda N_s \sum_{(i,j) \in S} [S_c(i,j,t) - S_c(i,j,t - \Delta t)]. \quad (2)$$

其中: λ 为抑制系数; N_s 为检测区域 S 内的像素数目. 在假定检测区域的像素足够多的前提下, 如果图像光照变化较小, 添加项的值趋近于零. 如果图像光照变化明显, 则添加项有明显增大, 在取值适当的情况下, 添加项大于判别条件式(2) 左边, 导致(2) 式判定条件不成立, 判断为没有运动, 这样就有效的抑制了光照变化带来的影响. 此方法的缺点是对图像中运动目标的大小无选择性. 为了克服以上缺点, 对目标大小提供选择性, 笔者又采用以下的方法. 对于不同的监控目标和场景, 图像中的目标大小有所不同, 由于运动物体边缘点最可能满足(2) 式, 所以可以知道运动的目标越大, 下式集合 Z 中的元素个数越多, 由此将判定条件变为

$$Z = \{ Y [S_c(i,j,t) - S_c(i,j,t - \Delta t)] > Th + \lambda N_s \sum_{(i,j) \in S} [S_c(i,j,t) - S_c(i,j,t - \Delta t)], Y \in B \}, \quad (3)$$

其中: B 表示 t 时刻的图像区域的边缘点集合, 且 $N_z > N_c$; N_z 表示集合 Z 中的元素数量; N_c 表示集合 Z 满足报警的最少元素数量. 此判别条件一定程度上限定了监控报警的目标大小, 有助于提高报警的准确性, 避免了由于较小的运动目标的干扰而导致的误报警. 在这里, 阈值 Th 选择的准确性直接影响到图像二值化的质量, 如果阈值 Th 选的太高, 二值图像中判定为运动变化的区域会严重碎化; 相反, 如果选的太低, 又会引入大量的噪声. 应用自适应阈值技术能够克服这一问题, 这种基于直方图的阈值选择技术的基本思想是假设 2 帧图像亮度差分的直方图分成伴有加性高斯噪声的 3 个差分级, 然后用 3 个差分级的概率密度函数分段的去近似差分图像的概率分布. 实验比较结果如图 1, 2 所示.



图 1 采用偏小阈值的实验结果



图 2 采用改进后阈值的实验结果

2 系统硬件设计

2.1 系统结构

视频监控对实时性要求很强, 只有实现高实时性才能完成监控系统所承担的任务, 所以该系统属于实时系统, 多数实时系统又是嵌入式的, 这是由嵌入式系统自身特点决定的. 系统从功能上大致分成 2 部分: DSP 图像采集处理部分和 ARM 实时控制应用部分. 由于 ARM 与 DSP 的时序不同, 所以这 2 部分之间通过一片双端口 RAM 进行数据传递. 这样不仅满足了系统的时序要求, 而且提高了系统的工作效率, 使系统更加稳定可靠, 图 3 是本系统的结构框图.

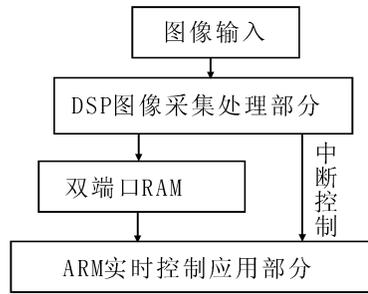


图 3 系统结构框图

该系统之所以设计成这种结构, 是由于这 2 部分的核心芯片——ARM 和 DSP 有着不同的特点和各自的优势. DSP 的优势: 速度比 ARM 快, 主频较高; 适合于数据处理, 数据处理的指令效率较高; 可以同时处理的事件较多, 系统级成本较低; 灵活性较好, 大多数算法都可以软件实现. ARM 的优势: 支持 RISC 双指令集, 支持操作系统能力强; 大量使用寄存器, 指令执行速度快; 通用 I/O 口、标准口较多, 适合控制. 通过比较能够看出, 系统的 2 部分结构能够很好的发挥 ARM 与 DSP 的特长. 从 DSP 角度看, ARM 相当于它的外围控制功能处理器, 外围电路辅助 DSP 核心算法进行工作; 从 ARM 角度看, DSP 相当于它的协处理器, 主要用于复杂的图像处理算法等.

2.2 基于 DSP 的图像采集实现

该部分主要用于算法的实现, 尤其是对于视频监控系统来说数据采集量大, 数据处理速度要求高, 所以该部分的主控芯片是采用 TI 公司的高速数字信号处理器 TMS320C5402 作为主控芯片. 该芯片能很好的完成系统对于数据采集和算法的要求.

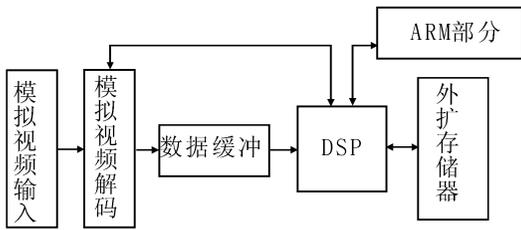


图 4 DSP 图像采集处理部分的基本框图

通过模拟摄像头对特定的区域采集视频图像, 并由视频解码芯片进行视频解码处理, 处理后的数字视频信号放入 DSP 内通过视频运动检测算法进行图像识别处理, 以掌握是否异物侵入或其他用户需要掌握的情况发生. 如果有异常情况发生, 则由 DSP 向 ARM 实时控制应用部分施加中断触发信号, 并将识别处理的结果发送过去. DSP 图像采集处理部分的基本框图如图 4 所示.

视频信号的采集包括视频输入部分和视频处理部分, 将物体的光信号利用传感器转换成模拟的视频电信号, 并且利用视频解码芯片再将模拟的视频电信号转化成数字的图像信号. (1) 视频输入部分. 图像传感器主要有 2 种: 一种是电荷耦合器件(CCD), 另一种是互补金属氧化物半导体器件(CMOS). CCD 图像传感器结构相对比较简单, 工艺容易实现, 但这种器件耗能较大, 不易高度集成, 且用模拟方式进行信息交换. CMOS 图像传感器的集成度较高, 但信号处理线路复杂, 对工艺的要求比较苛刻, 与 CCD 器件相比还不够成熟. 由于 CCD 图像传感器的成像技术要优于 CMOS 图像传感器, 而且 CMOS 图像传感器一直受图像噪声大的弊端困扰, 发展比较缓慢. (2) 视频解码电路. 对于基于 DSP 的视频监控系统来说, 将 CCD 输入的模拟视频信号转换为 DSP 可处理的数字图像信号的一个很关键的部分, 转换的质量会对整个系统的性能、图像的质量产生至关重要的影响. 在本系统中选用了荷兰 PHILIPS 公司的 SAA7111 低压低功耗视频解码芯片, 该芯片是一款功能强大的视频信号预处理芯片, 实现模数转换, 输出的数字视频信号符合 ITU601 标准.

2.3 基于 ARM 实时控制实现

基于 ARM 的实时控制应用部分的主要功能: 实现对 DSP 图像采集处理部分的实时控制; 实现支持 Linux 平台的硬件架构; 实现网络和 USB 等接口, 用于数据传输; 实现图像的显示和友好的人机界面. ARM 实时控制应用部分实际上是建立在操作系统上的一个人机交互界面和外围控制器, 它本身不参与图像识

别和处理相关的算法实现,而只是配合 DSP 将图像处理的结果显示出来,从而完成人机交互,并在恰当的时机触发外部控制器,从而实现一定的对外控制功能.它可以通过网络和 USB 等接口将重要数据传输出去.除此之外,还必须有一些接口用于程序调试和程序下载使用.ARM 实时控制应用部分的基本框图如图 5 所示.

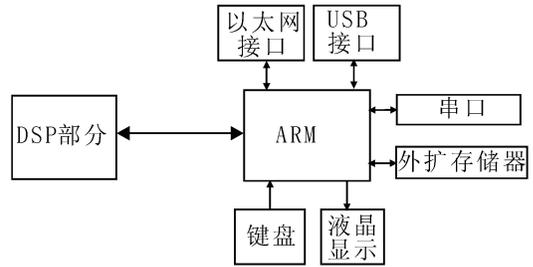


图 5 ARM 实时控制应用部分的基本框图

笔者采用 Samsung 公司生产的 ARM 微处理器 S3C4510B 作为主控芯片,该芯片强大的接口控制功能能够很好的完成该部分的需求.该系统时钟电路 C4510 为 ARM 提供时钟信号,使其工作在指定的频率下,是系统必不可少的部分.在该系统中,C4510 使用有源振晶,根据 C4510 的最高工作频率以及 PLL 电路的工作方式,选择 10 MHz 的有源振晶,10 MHz 的振晶经过 C4510 片内的 PLL 电路倍频后,最高可达到 50 MHz.片内的 PLL 电路兼有频率放大和信号提纯的功能,因此,系统可以以较低的外部时钟信号获得较高的工作频率,从而降低因高速开关时钟造成的高频噪音.系统的复位电路提供给 C4510 启动信号,是整个系统运行的开端.ARM 与 DSP 之间有大量的图像数据要进行传输,单靠 DSP 的 HPI 接口不能满足需要.如果各个模块之间用的都是同样一个时钟,接口的配置就相对容易些,但是,如果各个模块中用的时钟不是同一个时钟,则模块之间的接口配置就比较麻烦,笔者采用握手信号,这种方法实现起来比较麻烦,还需要考虑通讯双方时钟的快慢.DSP 图像采集处理部分和 ARM 实时控制应用部分分别采用了不同的处理器,2 种处理器的时钟频率不是完全匹配的.为此,采用一片容量较大的双端口 RAM 来完成图像数据的传输.双端口 RAM 具有 2 套独立的数据、地址、控制总线,可以分别与 ARM 和 DSP 2 个处理器接口,通过这一片外公共存取空间,ARM 和 DSP 就可以方便的进行图像数据的交换了.

3 系统软件设计

3.1 ARM 的嵌入式操作系统

Linux 作为一个典型的现代网络型操作系统,其中所涉及到的技术涵盖了操作系统技术的最新成果,它是一个多用户多任务操作系统,支持分时处理和软实时处理,具有很好的定制特性.Linux 在嵌入式系统应用显示出其优越性:系统稳定;功能强大;支持多种硬件平台;简单易用;开发资源丰富;使用成本低;文档完善;强大的网络资源;模块化结构.

嵌入式应用开发环境一般是由目标系统和 PC 机构成.目标系统用于操作系统和应用软件的运行;而运行于目标系统的操作系统内核的编译、应用软件的开发和调试则必须借助 PC 机来完成.双方一般通过串口和以太网连接.(1) 嵌入式 Linux 系统的开发一般来说是没有现成的集成环境的,需要自己来搭建一个合适的开发工具链.首先要在 PC 机上安装标准 Linux 操作系统,接着建立交叉开发环境.(2) 内核移植和配置.将 Linux 移植到特定的硬件平台上,大致需要分成 4 个步骤:准备工作;配置和编译内核;制作文件系统,编写相应的设备驱动;下载、调试和执行内核,并在文件系统中添加自己的应用程序.(3) 配置根文件系统.如果系统使用了操作系统并且选择了使用嵌入式 Linux 操作系统,则 Linux 内核在系统启动时的最后操作之一是加载根文件系统.(4) 设置.引导装入程序 bootloader.一般而言,计算机系统都需要有 bootloader.这是因为现代计算机系统都采用“挥发”性的半导体存储器作为内存,一旦断电,内存中的操作系统映像就消失了,因此只能把操作系统映像到不挥发的存储介质上,到系统加电时才把这个映像装入内存中.

3.2 DSP 部分的软件设计

3.2.1 软件开发工具 可编程的 DSP 开发需要一整套的软件开发工具,通常又可以分为代码生成工具和代码调试工具 2 类.代码生成工具将用汇编语言或用 C 语言编写的 DSP 程序编译并链接成可执行的 DSP 程序;代码调试工具对 DSP 程序及系统进行调试.TI 公司开发的 TMS320 系列 DSP 芯片的 C 编译提供了 ANSI 标准的运行支持库,可以进一步将程序从 C 语言编译成目标代码文件,目标代码可以进行重定位,经连接之后就可以形成最终的目标代码.

3.2.2 算法的设计实现 运动目标检测的算法在 DSP 中实现的. C4502 完成上电启动或复位以后, DSP 程序加载并启动, 进行系统的初始化以及各个参数的设置, 即系统自举. 一切准备工作完成以后, 等待接收 SAA7111 通过 FIFO 传来的图像数据. 当 DSP 接收到 FIFO 的半满中断信号时, 转入中断服务程序, 进行现场保护后将在 FIFO 中读取图像数据并存放到指定的 RAM 地址. 当一帧图像数据采集完毕后, 判断此帧图像是否为首帧图像. 若为首帧图像, 将该图像数据存放起来; 若不是首帧图像, 则读取上一帧图像数据完成图像的检测判断. 进行检测判断, 先得出 Y 分量, 求出 2 帧图像像素灰度的差值. 通过已求出的灰度差值, 利用自适应阈值技术求出最佳阈值, 将求出的最佳阈值应用到运动报警的判定条件中, 实现运动的检测判断.

4 结论

基于 ARM+ DSP 嵌入式视频监控系统充分利用 TMS320VC5402 DSP 强大的并行运算能力以及 S3C4510BARM 强大的实时控制和传输特性, 通过系统的 DSP 的图像采集处理部分和 ARM 的实时控制应用部分的协调工作来完成整个视频监控系统的运作, 这种的结构不仅运算和处理速度快, 能够满足视频监控系统高实时性的要求, 而且由于 2 种芯片的共同合作, 使系统更加稳定可靠. 同时, 该系统采用了改进的图像序列差分法进行图像处理, 并在实际系统中作了初步的检验, 能够较好的完成视频监控的任务.

参考文献:

- [1] 苏 琪, 王金刚. 新型网络数字摄像系统的设计 [J]. 电子应用技术, 2003, (6): 53- 55.
- [2] 邵小良, 钟先信, 李晓毅, 等. 远程无线监控系统及其图像文件传输的实现 [J]. 微型机与应用, 2004, (7): 52- 54.
- [3] 清源科技. TMS320VC54X DSP 硬件开发教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [4] 李驹光, 聂雪媛, 江泽明, 等. ARM 应用系统开发详解——基于 S3C4510B 的系统设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] 张广军. 机器视觉 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [6] 朱 颖, 江泽涛. 基于累积绝对差的图象与交叉熵分割的运动目标检测与定位 [J]. 计算机与现代化, 2005, 8(8): 75- 77.
- [7] 刘征宇, 周孝宽. 统计运动检测中的自动差值图象分析 [J]. 激光与红外, 2005, 35(12): 983- 986.

Video Monitoring and Controlling Embedded System Based on TMS320VC5402 and S3C4510B

CHEN Bing-quan^{1,2}, ZENG Qing-li²

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;
2. College of Physics Science and Information Engineering, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China)

Abstract: The video monitoring and controlling systems are widely applied owing to the intuitionistic, convenient characteristic and the ample information. Using the double kernel structure of ARM+ DSP, this system includes two parts approximately: DSP image collecting and processing part and ARM real time controlling and application part. The system chooses S3C4510B and TMS320VC5402 as the primary controlling CMOS chip for these two parts respectively. ARM real time controlling and application part real time controls the DSP image collecting and processing part, constructs hardware structure to support the Linux system and provides some interfaces (such as NIC port, COM and USB, etc) for data transmission and image display.

Key words: TMS320VC5402; S3C4510B; video monitoring and controlling

(责任编辑 陈炳权)