

基于 SoPC 的实时视频处理与显示设计

王水鱼, 景聪莉

(西安理工大学 自动化与信息工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 介绍了一种采用 SoPC 技术, 适用于光照度不够均匀造成图像灰度过于集中环境下的视频处理与显示设计。该系统基于 FPGA 技术, 通过将 Nios II 软核处理器、用户自定义逻辑模块、存储器、I/O 等集成到单块低成本的 FPGA 上, 实现对解码芯片 SAA7113H 的初始化及配置、视频图像灰度信号直方图统计以及灰度均衡化的实时处理与显示。其设计灵活、可靠性高, 并且降低了成本和功耗。

关键词: SoPC; PC; 灰度直方图统计; 灰度均衡化

中图分类号: TP274+.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)07-0029-03

Design of real-time video processing and display based on SoPC

Wang Shuiyu, Jing Congli

(College of Automatic and Information, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: This paper introduced the design of video processing and display that is suitable for the centralization of image gray-scale caused by uneren illuminance by using SoPC technology. The system is based on FPGA technology, through integrating Nios II soft processors, user-defined logic module, memory and I/O into a single block of low cost FPGA, to achieve the initialization and configuration of the chip SAA7113H, video signal image histogram statistics and the gray balance of the real-time processing and the real-time display. This design has flexibility and high reliability, and reduces the cost and power consumption.

Key words: SoPC; PC; gray histogram statistics; gray equalization

当前基于软核处理器的图像系统已成为研究的热点, 使用 FPGA 来构建基于片上可编程系统(SoPC)的图像处理系统, 已成为一种趋势^[1]。因此, 本文采用 SoPC 技术, 在 Altera 公司单片 Cyclone 系列 FPGA 上使用 IP 资源复用技术集成了 NiosII 软核处理器及各种输入输出接口, 完成了对视频图像的采集、预处理、存储和显示几大功能。本系统对图像进行了灰度均衡化处理, 使系统应用更广。由于直方图均衡能直接从已知的图像中提取信息, 不需要额外的参数说明, 所以在军用、航空、商业等领域, 特别是红外图像增强领域^[2]有实际的意义。SoPC 是 Altera 公司提出的一种灵活、高效的柔性设计, 不需要修改硬件^[3], 就可方便地扩展和修改嵌入式视频采集功能。同时, 由于融入众多的 IP 核, 保证了设计的高效、快速。

1 系统总体结构及工作原理

系统框图如图 1 所示。系统上电后, Nios II 软核中

的 PC 控制总线对视频采集模块 SAA7113H 进行配置, FPGA 依靠像素时钟和行、场信号同步采集 SAA7113H 芯片输出的视频信号中的灰度视频数据, 把采集到的灰度数据进行灰度直方图统计和灰度分布均衡化处理。Nios II 软核外部加一个延迟模块, 与灰度转换模块输出的信号同步之后, 视频输入模块开始工作, 通过存储控制、DMA 控制器传输视频信号, LCD 显示控制等模块显示所采集的信号。所有处理都采用流水线操作, 大大节

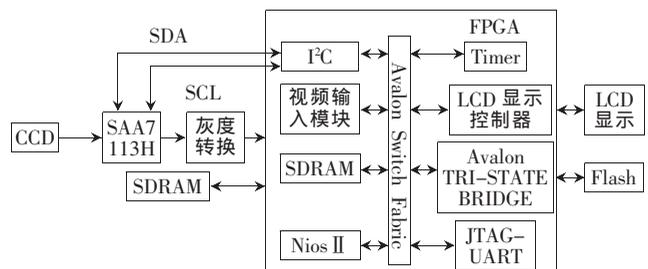


图 1 系统总体结构框图

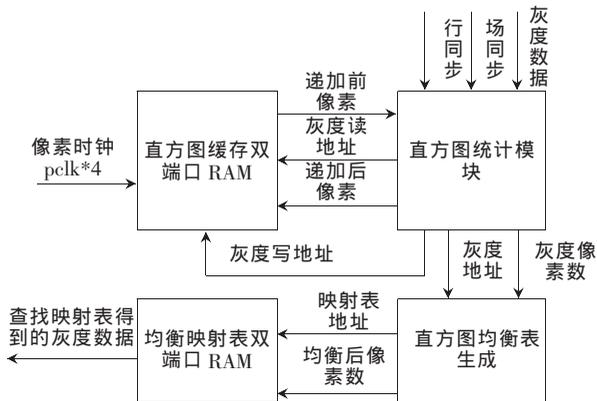


图3 灰度直方图统计及均衡化

考虑到 FPGA 的硬件特点, 在接收图像数据、计算此场的直方图时, 在 FPGA 内实现浮点型数据运算相对复杂且消耗较多逻辑资源, 因此在对图像进行直方图统计时将各灰度级像素点的个数作为直方图数据: $p_u(u_k) = n_k$, 以避免使用浮点型数据运算。对直方图进行均衡化处理, 得到原灰度到均衡化后灰度映射关系表。本设计中的直方图均衡化的算法具体的状态转移图如图 4 所示。其具体的转移条件: 启动信号有效时, 由 st1 转向 st2; 当计数器 1 计数到 255 时, 跳转到 st3; 当计数器 1 没有计数到图像高度减 1 或者计数器 2 没有计数到图像宽度减 1 时, 跳转到 st3; 当计数器 1 计数到图像高度减 1 且计数器 2 计数到图像宽度减 1 时, 跳转到 st5; 当计数器 1 没有计数到 255 时, 跳转到 st6; 当计数器计数到 255 时, 跳转到 st7; 当计数器 1 计数到图像高度减 1 且计数器 2 计数到图像宽度减 1 时, 跳转到 st1 状态; 当计数器 1 没有计数到图像高度减 1 或者计数器 2 没有计数到图像宽度减 1 时, 跳转到 st6。在进行计数统计时, 计数器在检测得到一个像素点的灰度之后, 不仅要相应地将计数器加 1, 而且对应灰度值大于当前灰度值的所有计数器都加 1, 这样就能同时完成原始图像各像素灰度值的统计和累积, 减少了统计时间。

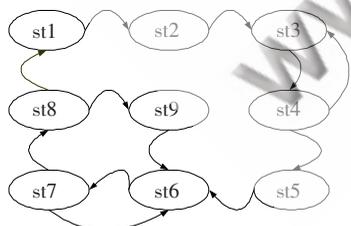


图4 直方图均衡硬件实现的状态转移图

因为在灰度均衡处理过程中是以场为单位进行的, 在灰度均衡化处理完之后, 要将场合并为帧。其操作是由 Nios II 软核中的 SDRAM 控制器来完成奇偶场的合并。灰度均衡化的仿真结果图如图 5 所示。

3 视频输入模块

视频输入模块的结构示意图如图 6 所示。经过灰度



图5 灰度均衡仿真结果图

变换 YCrCb4:2:2 格式视频信号在像素时钟控制下输入 FIFO 缓冲器。彩条测试信号模块在系统测试时, 给出一个非常简单的测试信号, 可以模拟为信号源, 以方便系统的调试。色度转换模块将 YCrCb 格式转换为 RGB 格式, 并把其值写到 FIFO 缓冲器中。Avalon DMA 把图像数据写到系统存储器 (SDRAM) 中, 当完成一帧图像需写操作时, 给 Nios II 处理器一个中断信号。

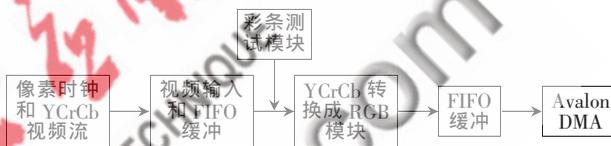


图6 视频输入模块结构示意图

在色度空间的转换模块中, 采用 FPGA 片内的资源, 利用 MegaCore 构造一个乘加器件完成运算。根据转换矩阵中 YUV 的比例关系, 将信号放大一定的倍数, 使其接近一个整数值。YUV 信号的最大值为 255, 但是 10 bit DATA 可以接收 1 023 亮度等级的调节, 所以这个比例可以放大 4 倍左右 (如果超出 1 023 就按 1 023 的等级计算)。根据反复实验最后得出, 按照如下的运算规则最接近转换矩阵:

$$\begin{aligned}
 R &= (551 \times Y - 0 \times Cb + 756 \times Cr - 105\ 555) / 128 + 1 \\
 G &= (551 \times Y - 186 \times Cb - 385 \times Cr + 64\ 218) / 128 + 1 \\
 B &= (551 \times Y + 955 \times Cb + 0 \times Cr - 131\ 072) / 128 + 1
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

4 Nios II 系统的生成

用 SoPC Builder 可以进行系统模块硬件设计和底层软件生成。进行硬件模块设计时, SoPC Builder 提供了图形化配置界面, 备有一些常用外设的 IP 模块, 如 SDRAM, Flash RAM, UART, Interval timer, Parallel I/O 等。Nios II 软核所含的组件如图 7 所示。

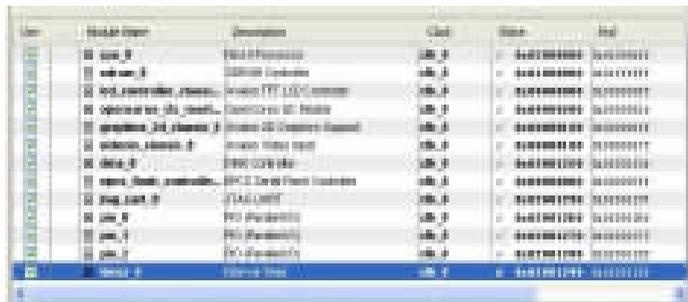


图7 SoPC 中自定义组件

在 SoPC Builder 自带的 IP 核库中并没有 I²C 配置模块、视频输入模块和 LCD controller 模块的 IP 核,这些模块是根据寄存器特点以及功能要求自行设计的,并以 IP 核的形式通过 Avalon 总线连接到 SoPC 系统上。在建立了基于 Nios II 处理器的 SoPC 系统后,需要进行一些系统设置才能生成最终的 Nios II 系统。因此,系统配置除了对外设置外,还包括启动程序、中断向量表、系统启动地址等的设置。

本文介绍了基于 SoPC 技术的视频采集方案以及对视频信号进行灰度直方图统计及灰度均衡化的实现。该方案结合 SoPC 技术在软硬件可裁剪、可升级、可扩充等优点,大大缩短了系统整体设计周期,有很好的应用前景和科研价值。

参考文献

[1] 王刚,张激.基于 FPGA 的 SoPC 嵌入式系统设计与典型

实例[M].北京:电子工业出版社,2009.

- [2] 刘延,任永杰,李群伟,等.基于 FPGA 的直方图均衡实时并行算法及新架构实现[J].红外技术,2010(3).
- [3] 李兰英.NiosII 嵌入式软核 SOPC 设计原理及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [4] 唐崇武,李会方,何俊婷,等.改进的直方图均衡图像增强算法及实现[J].信息安全与通信保密,2009(12).
- [5] 鲁恒.基于 FPGA 的实时图像直方图均衡增强设计[J].电子应用技术,2006,32(11).

(收稿日期:2010-10-14)

作者简介:

王水鱼,男,1958 年生,副教授,主要研究方向:信号系统与数据采集。

景聪莉,女,1984 年生,硕士研究生,主要研究方向:视频数据采集。

电子技术应用网
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.chinaAET.com