

基于 FPGA 的 Bayer 到 RGB 图像格式转换设计

杨 华, 佟首峰

(长春理工大学 光电工程学院 吉林 长春 130022)

摘 要:利用 FPGA 处理数据量大、处理速度快,结合 CMOS 图像传感器 MT9M001 和 BayerCFA 格式图像的特点,设计一种基于 FPGA 的图像数据转换处理系统,提出用硬件实现 Bayer 格式到 RGB 格式转换的设计方案,研究 CFA 图像插值算法,实现基于 FPGA 的实时线性插值算法,对 Bayer 图像格式进行插值恢复全彩色图像,实现从黑白图像还原高清彩色图像。整个设计模块能够满足高帧率和高清晰的实时图像处理,占用系统资源很少,用较少的时间完成了图像数据的转换,提高了效率。

关键词:MT9M001 图像传感器;Bayer 格式;红绿蓝三原色;FPGA

中图分类号:TP391.41

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2010)02-122-03

Conversion from Bayer to RGB Based on FPGA

YANG Hua, TONG Shoufeng

(Opto-electronics Engineering College, Changchun University of Science and Technology, Changchun, 130022, China)

Abstract: Because of the high speed and large amount of processing consume, an image data transform system based on FPGA is presented by CMOS digital image sensor MT9M001 and Bayer CFA, a design scheme to realize conversion from Bayer to RGB by hardware is proposed, CFA algorithm and real-time linear interpolation algorithm are realized. The structure of the system is facile by using FPGA of altera, the module can work correctly using least time. The efficiency is improved.

Keywords: MT9M001 sensor; Bayer format; RGB; FPGA

0 引 言

随着 CMOS 工艺的不断发展和 CMOS 图像传感器的系统集成度、动态范围、感光度、功耗等性能大幅提高,使得 CMOS 传感器越来越多的进入不同的领域。利用 FPGA 处理数据量大、处理速度快,结合 CMOS 图像传感器 MT9M001 和 BayerCFA 格式图像的特点,设计一种基于 FPGA 的图像数据转换处理系统,提出用硬件实现 Bayer 格式到 RGB 格式转换的设计方案,研究 CFA 图像插值算法,实现基于 FPGA 的实时线性插值算法,对 Bayer 图像格式进行插值恢复全彩色图像,实现从黑白图像还原高清彩色图像。

1 CMOS 图像传感器

由色度学理论得知,任何颜色都可由红(R),绿(G),蓝(B)三种基本颜色按不同的比例混合得到。因此 RGB 被称为三原色。自然界的图像可用基于位坐标的三维函数来表示,即:

$$f(x, y, z) = \{f(x, y, z), f(x, y, z), f(x, y, z)\}$$

大多数彩色 CMOS 图像传感器,是在黑白图像传感器的基础上增加色彩滤波阵列(CFA),从而实现彩色成像。其中应用最为广泛的是 BayerCFA。由于人的视觉对绿色信息最为敏感,所以在 BayerCFA 中 G 分量是 R 和 B 分量的 2 倍,每个像素点上只能获取一种色彩分量的信息;然后通过内插算法得到全彩色图像。MT9M001 图像传感器具有 130 万像素分辨率,输出高保真的数字图像,提供 SXGA, VGA, QVGA, CIF 等多种工作模式,且输出为 Bayer 颜色格式,如图 1 所示。

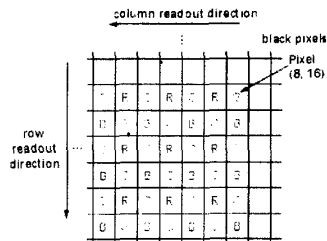


图 1 Bayer 色彩滤波阵列及数据读出格式

2 系统硬件结构单元

由于要实时采集处理图像数据,要求速度快,设计中尽量减少延时,为满足要求,系统采用 FPGA 作为主控制器。结构如图 2 所示,系统上电后, FPGA 首先从

收稿日期:2009-04-11

基金项目:国家“863”计划:自由空间激光通信系统 APT 分系统资助项目

epcs 芯片里面读取数据配置 CMOS 传感器的相关寄存器,按要求驱动传感器,然后根据输出时序采集图像数据,直接采集到的图像是 RAW 图,即 Bayer 格式,接着进行 RGB 彩色图像的转换。

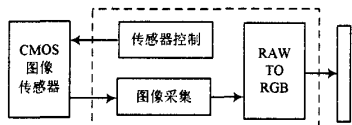


图2 系统结构框图

2.1 CMOS 图像传感器单元

MT9M001 具有大量可编程寄存器,配置方式灵活,可以进行实时在线控制。根据课题需要,CMOS 传感器工作窗配置为最大的 1280×1024 ,输出配置为连续模式,选择工作时钟为 40 MHz。工作时候根据实际对比,可对两线串行接口进行配置,调节 RGB 平衡。

2.2 FPGA 单元

FPGA(Field Programmable Gate Array)作为系统的控制器,负责传感器的控制,数据缓存以及图像处理的算法实现。考虑到实际需要,选用 Altera 公司 Cyclone 2 型 FPGA,整个系统使用 Verilog HDL 语言编写,在 Quartus 6.0 环境下实现编译综合。外部时钟选择 50 MHz,利用 FPGA 锁相环产生 40 MHz 时钟驱动 CMOS 图像传感器。

3 数据格式的转换

由于 MT9M001 采用的是色彩滤波阵列,数据逐行读出。读出数据除了有效的图像数据外,还包括水平消影信号和垂直消影信号,利用 CMOS 传感器输出的行有效和场有效可以确定行场的开始位置,如图 3 所示。

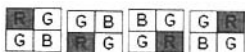


图3 四种可能的插值情况分布

可以看出,Bayer 模式每一个像素只取 RGB 颜色空间中一种颜色分量,奇数行包含 G,B 分量,偶数行包含 R,G 分量,奇数列包含 G,R 分量,偶数列包含 B,G 分量。实现 Bayer 格式到 RGB 格式的转换,在每一个像素点需要插入另外两种丢失的颜色分量,才能还原为彩色 RGB 格式,对几种插值法(临近、线性、样条)进行评估,基于硬件的可行性及速度的考虑,这里采取线性插值。对于每一个像素,都有以下四种可能的情况,如图 4 所示。

设置行列计数器 Y_Count, X_Count,列计数器从场有效到达后第一个有效像素开始计数,计数到一行结束即 1280 个像素后,重新计数,同时行计数器加 1。由行

列计数器二进制值的最后一位确定奇偶行奇偶列,即 iY_Count[0],iX_Count[0] 有 00,01,10,11 四种可能;与上述四种情况相对应,在目标插值点取相邻点的另外两种不同颜色分量进行插值,使得目标点产生 RGB 三原色。

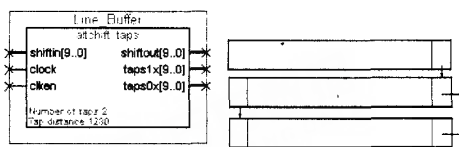


图4 altshift_taps 的 IP 核

以图 4 的四种分布情况,分别对右下角第一个元素进行插值,对应如下:

$$(1) B = B_{21}, R = R_{12}, G = G_{11} + G_{22};$$

$$(2) G = G_{12} + G_{21}, B = B_{11}, R = R_{22};$$

$$(3) R = R_{21}, G = G_{12} + G_{21}, B = B_{12};$$

$$(4) G = G_{12} + G_{21}, R = R_{11}, B = B_{22};$$

对于算法的实现,可以采用两 FIFO 缓存来并行缓存数据,这里,巧妙利用 Quartus 6.0 提供的 IP 核 altshift_taps,如图 4 所示。

CMOS 图像传感器输出信号为数字信号,即数字图像数据所以图像的采集要通过 FPGA 将图像数据缓存,采用双 taps,taps 之间的宽度为 1280,即 CMOS 传感器的行数。由于 MT9M001 传感器输出的数据为 10 b,所以这里位宽也用 10 b。时钟与 CMOS 传感器输出时钟一致,时钟使能与场有效一致。图像像元首先进入第一行,按照图中箭头的指向,像元经过第二行的时候会被读取保存;然后再进入第三行,再次被读出且保存,按照两次保存的像元,根据比邻的像元规律,即可得出每一像元的 RGB 三色值。

具体固件程序如下:

```
mDATAAd_0 <= mDATA_0;
mDATAAd_1 <= mDATA_1;
mDVAL <= ({iY_Count[0]|iX_Count[0]}? 1'b0;
iDVAL;
if(({iY_Count[0],iX_Count[0]}==2'b01)
begin
mCCD_R <= mDATA_0;
mCCD_G <= mDATAAd_0+mDATAAd_1;
mCCD_B <= mDATAAd_1;
end
else if(({iY_Count[0],iX_Count[0]}==2'b00)
begin
mCCD_R <= mDATAAd_0;
mCCD_G <= mDATA_0+mDATAAd_1;
mCCD_B <= mDATAAd_1;
end
else if(({iY_Count[0],iX_Count[0]}==2'b11)
begin
mCCD_R <= mDATA_1;
```

```

mCCD_G <= mDATA_0+mDATAAd_1;
mCCD_B <= mDATAAd_0;
end
else if((iY_Cont[0],iX_Cont[0]) == 2'b10)
begin
mCCD_R <= mDATAAd_1;
mCCD_G <= mDATAAd_0+mDATA_1;
mCCD_B <= mDATA_0;
end
end

```

4 测试结果及分析

系统使用 Verilog 语言编写,在 Quartus 6.0 环境下进行综合,SignalTap II 嵌入逻辑分析仪集成到 Quartus 设计软件中,能够捕获和显示可编程单芯片系统 (SoPC) 设计中实时信号的状态,如图 5 所示为连续采样的波形图。

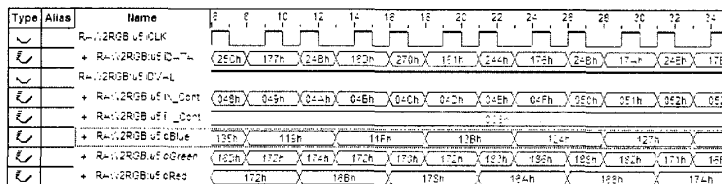


图 5 连续采用波形图

图像最重要特性之一就是能够准确显示图像的色彩,并能调整亮度和对比度。因为周围的环境不同,需要进行图像色彩调整。对于现有的在 RGB 空间进行色彩调整方法,因为 RGB 不能与亮度、色调及饱和度直接建立的联系,导致亮度和色彩同时变化,图像容易出现偏色,现有的对比度调整方法不能适应更宽的调整范围,调整参数的时候必须小心仔细,让色彩达到最好的效果。

5 结 语

在此基于 Altera 公司 FPGA 提出一种 Bayer 图像

作者简介 杨 华 男,1983 年出生。研究方向为无损检测与在线检测技术。

转换为彩色图像的方法, FPGA 芯片不仅可实现图像的采集,还能对图像做算法处理,很好地控制 CMOS 图像传感器。这种从图像 Bayer 格式到 RGB 彩色格式算法灵活高效,具有很好的实时性及可移植性,产生高清彩色图像。

参考文献

- [1] 李晓雯, 李国林. Bayer 图像的准无损压缩方法[J]. 数字电视与数字视频, 2005(8): 14-27.
- [2] Zhang N, Wu X L. Lossless Compression of Color Mosaic Images[A]. ICIP[C]. 2004.
- [3] 崔巍, 汶德胜, 马涛. Bayer 图像无损压缩算法及其 FPGA 实现[J]. 科学技术与工程, 2006(9): 9-11.
- [4] Sezgin M. Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation [J]. Electronic Imaging, 2004, 13(1): 146-168.
- [5] Koh C C, Mitra S K. New Efficient Method of Image Compression in Digital Cameras with Color Filter Array[J]. IEEE Trans. on Consumer Electronics, 2003, 49(4): 1 448-1 456.
- [6] 黄素贞, 尹立新. 黑白 CMOS 图像传感器 OV9121 的原理与应用[J]. 国外电子元器件, 2004(12): 59-63.
- [7] 赵龙宝, 范天翔. 基于 OV5017 和 CPLD 的图像采集显示系统[J]. 微计算机信息, 2005(7): 104-105.
- [8] 邓华, 方滨. 基于 CPLD 技术的 CMOS 图像传感器高速采集系统[J]. 现代电子技术, 2004, 27(7): 104-105.
- [9] 王阿川. 基于 FPGA 的高速图像采集卡的研制[J]. 自动化仪表, 2005(6): 21-23.
- [10] Blagomir Donehev, Georgi Kuzmanov. External Memory Controller for Virtex11 Pro. , 2006.
- [11] 王庆有. 图像传感器应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.


我国 IC 卡发卡总量已近 70 亿张

2009年,金卡工程在行业卡应用、城市一卡通应用、RFID试点工程推进等诸多方面都取得了新的进展。在银行卡方面,金卡工程首先以电子货币应用起步,促进了我国银行卡业务联营与创新发展。在智能IC卡应用方面,国家金卡工程建设使我国IC卡应用得到迅速普及,使百姓生活变得更加便捷。目前各类IC卡发卡总量已近70亿张。随着行业性大卡及首批12个试点省市开展的“市民一卡通”工程建设的逐步深入,我国IC卡应用在

电子政务、电子商务实践中不断取得新成果,各类 IC 卡的功能拓展与相互融合发展推动“一卡多用”取得新进展。在电信智能卡方面,由于电信智能卡不断拓展新的应用,目前电信智能卡发卡总量超过 35 亿张。随着电信重组及 3G 网络全面商用,智能卡支持的卡端应用快速发展,金卡工程力推基于手机的移动支付应用取得了明显进展,推动了“一卡多用”。

(摘自中国电子报)

基于FPGA的Bayer到RGB图像格式转换设计

作者: [杨华](#), [佟首峰](#), [YANG Hua](#), [TONG Shoufeng](#)
作者单位: [长春理工大学, 光电工程学院, 吉林, 长春, 130022](#)
刊名: [现代电子技术](#) 
英文刊名: [MODERN ELECTRONICS TECHNIQUE](#)
年, 卷(期): 2010, 33(2)
被引用次数: 0次

参考文献(11条)

1. 李晓雯. [李国林](#) [Bayer图像的准无损压缩方法](#) 2005(8)
2. Zhang N. [Wu X L](#) [Lossless Compression of Color Mosaic Images](#) 2004
3. 崔巍. 汶德胜. 马涛 [Bayer图像无损压缩算法及其FPGA实现](#) [期刊论文]-[科学技术与工程](#) 2006(9)
4. Sezgin M [Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation](#) 2004(1)
5. Koh C C. [Mitra S K](#) [New Efficient Method of Image Compression in Digital Cameras with Color Filter Array](#) 2003(4)
6. 黄素贞. [尹立新](#). [苗洪庆](#) [黑白CMOS图像传感器OV9120的原理及应用](#) [期刊论文]-[国外电子元器件](#) 2004(7)
7. [赵龙宝](#). [范天翔](#). [陆亨立](#) [基于OV5017和CPLD的图像采集显示系统](#) [期刊论文]-[微计算机信息](#) 2005(7)
8. [邓华](#). [方滨](#) [基于CPLD技术的CMOS图像传感器高速采集系统](#) [期刊论文]-[现代电子技术](#) 2004(7)
9. [王阿川](#) [基于FPGA高速图像采集卡的研制](#) [期刊论文]-[自动化仪表](#) 2005(6)
10. [Blagomir Donehev](#). [Georgi Kuzmanov](#) [Extrenal Memory Controller for Virtex11 Pro](#) 2006
11. [王庆有](#) [图像传感器应用技术](#) 2003

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xddzjs201002039.aspx

授权使用: 陕西理工学院(sxlgxy), 授权号: f5973676-1e52-4aca-a88c-9df2010bac54

下载时间: 2010年9月15日