

基于 CMOS 图像传感器的视频采集系统

Design Of Video Accessing System Based On CMOS Image Sensor

(中科院西安光学精密机械研究所; 中国科学院研究生院)李巍 邱跃洪 董佳

LI Wei QIU Yue-hong DONG Jia

摘要: 设计了一个基于 CMOS 图像传感器的视频采集系统, 详细介绍了该系统的硬件电路和时序设计, 系统采用 FillFactort 公司的 IBIS5-A-1300 芯片作为图像采集芯片, 通过 USB2.0 控制器 EZ-USB FX2 芯片作为数据采集芯片, 实现了图像数据的实时采集。试验结果表明, 该系统视频采集系统成像清晰, 可靠, 能够很好的完成视频采集的要求。

关键词: CMOS 图像传感器; 时序; 块传输; 卷帘快门; 同步快门

中图分类号: TN409

文献标识码: B

Abstract: A kind of CMOS video collecting system which collects image based on CMOS image sensor, is put forward the design of circuit hardware and timing. This system selects IBIS5-A-1300 as its image collecting chip and EZ-USB FX2 as its data transfer chip. Finally the result given by experiment shows that the system make the collecting image credible and in focus, shooting the goal of the image collecting has reached the satisfactory result.

Key words: CMOS image sensor; Timing; Bulk transfer; Rolling shutter; Synchronous shutter

引言

CCD 和 CMOS 图像传感器作为固体图像传感器领域的竞争对手, 两者在性能表现上各有优劣。

相较于 CCD 图像传感器, CMOS 图像传感器功耗低, 结构简单, 集成度高, 体积小, 成本低, 这就使产品的便携性和可靠性得以极大的提高。由于 CMOS 图像传感器的内部结构, 使其具有高抗辐照, 抗干扰能力强, 因此在图像传感, 天文观测、小卫星、星敏感器等应用领域表现出极大的应用潜力。另外基于 CMOS 图像传感器的加工工艺, 可以较容易的制造出大面阵的 CMOS 体传感器器件, 更加扩展了 CMOS 图像传感器的应用范围。

基于 CMOS 图像传感器的视频采集系统充分的利用了 CMOS 图像传感器的优点, 采用 USB 总线供电, 即插即用, 电路简单, 功耗低, 成品体积小, 成像清晰, 稳定, 很好的满足了 CMOS 图像采集系统的图像采集要求。

1 CMOS 图像传感器的内部结构

目前 CMOS 图像传感器主要分为无源像素传感器 (PPS) 和有源像素传感器 (APS)。PPS 结构简单, 量子效率高, 但是缺点是噪声大, 并且不利于向大型阵列发展; APS 在像素中加入了至少一个晶体管来实现对信号的放大和缓冲, 改善了 PPS 的噪声问题, 但恶化了阈值和增益的一致性, 也减小了填充系数。

CMOS 图像传感器像元结构主要有光敏二极管型无源像素结构、光敏二极管型有源像素结构 (见图 1) 和光栅型有源像素结构, 其它特殊结构还有对数传输型、钉扎光敏二极管型、浮栅放大器型等。

一个典型的 CMOS 图像传感器通常包含: 一个图像传感器核心, 相应的时序逻辑和控制电路、AD 转换器、存储器、定时脉冲发生器和译码器等。

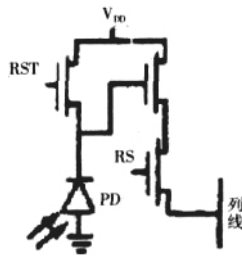


图 1 光敏二极管型有源像素结构图

定时控制电路用来设置传感器的工作模式, 产生工作时序, 控制数据的输出等。像素采集到的信号在芯片内部就经过了放大、AD 转换、存储等处理, 最后可输出需要的数字信号, 也可以输出模拟信号, 这给用户在设计时提供了较大的灵活性。

2 CMOS 图像视频采集系统工作原理

本视频采集系统整体上按照功能可以分为三个部分: CMOS 成像部分、CPLD 时序控制部分、USB 传输部分。

整个图像采集系统的工作原理如下: 通过 CPLD 发送正确时序信号给 CMOS 图像传感器, 驱动其正常工作, 采取合适的快门方式, 并将采集到的图像数据进行打包处理, 输出给 USB 传输芯片, USB 传输芯片再将图像数据传入主机, 并通过上层应用程序得到采集到的图像。

3 系统采用的主要芯片。

3.1 CMOS 图像传感器芯片 IBIS5-A-1300。

本系统 CMOS 图像采集芯片选用了 Fillfactory 公司的 IBIS5-A-1300 CMOS 图像传感器芯片, 分辨率为 1280×1024, 全帧采集速率最高可达 27fps, 动态范围最大达到 100db, 6.7 m×6.7 m 高填充系数像元, 填充系数可达 66%, 支持卷帘快门和同步快门两种快门方式。内部集成可调整增益和偏置的输出放大

器, 以及 40Msamples/s 高速 A/D 转换模块, A/D 量化等级为 10bit, 可直接输出模拟信号或数字信号, 内部有大量的寄存器和控制器, 可以对传感器的工作状态进行实时调整。芯片支持开窗技术亚采样技术, 根据实际需要实时提高帧速率。

3.2 数据采集芯片 EZ-USB FX2

USB 传输部分选用了 CYPRESS 公司的 EZ-USB FX2 芯片, 它是一个 USB2.0 集成外围控制器, 该芯片支持 12M/S 的全速传输和 480M/S 的高速传输, 可以使用(具有)4 种 USB 传输方式: 控制传输、中断传输、块传输和同步传输; 该器件集成有一个增强型的 8051、8.5kB 的 RAM、4kB 的 FIFO 存储器、串行接口引擎(SE)、通用可编程接口(GPIF)、I/O 口、数据总线、地址总线。

3.3 Altra 公司的 CPLD 控制芯片 EPM570。

系统的时序控制芯片采用 Atral 公司的 CPLD 控制芯片 EPM570。该芯片可以很好的完成系统的时序控制要求。

4 CMOS 视频成像系统设计。

4.1 系统的硬件实现。

本采集系统为两块四层 PCB 板组合而成, 其中一块为视频采集板, 一块为 USB 数据传输板。其核心 CMOS 视频图像采集板如图 3 所示。

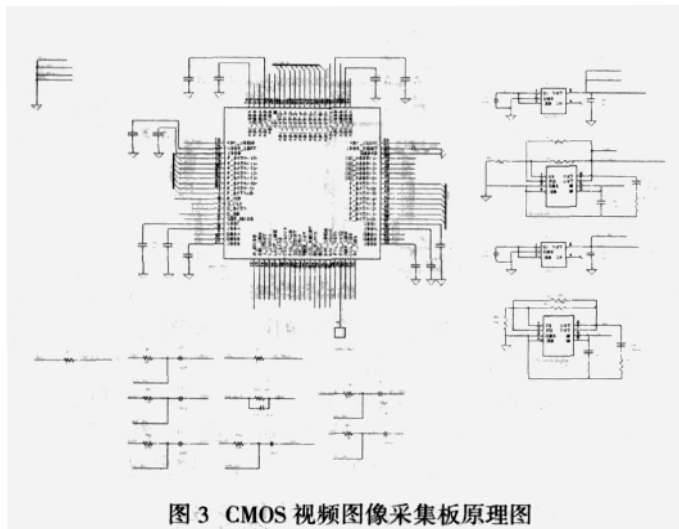
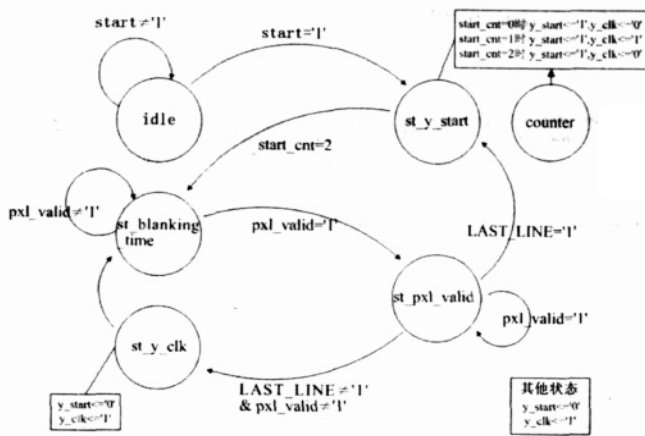


图 3 CMOS 视频图像采集板原理图

从硬件设计的原理图可以看出, CMOS 图像传感器只需提供少量的电源转换器件即可正常工作, 这是因为 CMOS 图像传感器功耗很小, 只需采用 USB 总线提供的 5v 电压就可以驱动其正常工作。另外 CMOS 图像传感器芯片仅需要少数的几个外部控制信号即可完成图像的采集(本系统的控制信号由 USB 数据传输板上的 CPLD 芯片提供), 且芯片内部集成了输出放大器, 数模转换模块, 只需修改芯片中的特殊寄存器值即可改变输出放大器的偏置电压, 增益等参数, 这样就大大降低了硬件设计的复杂度和成品的体积, 具有很高的应用价值。

4.2 系统的时序设计。

CMOS 图像传感器结构简单, 内部集成度高, 因此仅需很少的外部控制信号即可完成视频图像的采集输出。本系统时序采用 VHDL 硬件描述语言设计, 其核心部分为一个有限状态机, 具体状态关系如下



系统工作过程如下: 当系统上电后, CPLD 产生复位信号复位整个芯片到初始状态, 然后对芯片进行并行数据注入, 向 CMOS 图像传感器的特殊寄存器写入预定值, 设置诸如像元积分时间, 像素读出行数, 输出放大器增益等参数。随后 CPLD 给 CMOS 芯片提供 ss_start 信号, 标志开始像素积分, ss_stop 信号结束像素积分, 随后图像传感器即处于可读状态。向 CMOS 发出 y_start 信号开始一帧图像的读出, 发出 y_clock 信号, 开始一行图像的读出, 当 CMOS 图像传感器有像素信号输出时, pxl_valid 引脚信号为高, 此时 CMOS 图像传感器正在进行一行图像的输出, 当 pxl_valid 变低时, 一行图像输出结束, CPLD 再提供下一个 y_clock 信号, 启动 CMOS 进行下一行图像的读出。当一帧图像的最后一行开始读出时, CMOS 芯片的 LAST_LINE 引脚变高, 标志一帧图像读出的结束, CPLD 再产生下一个 ss_start 信号, 开始下一帧图像的读出。这样, CMOS 就在 CPLD 的时序控制下, 正常工作, 循环读出图像。系统图像采集模块时序仿真波形如图 4

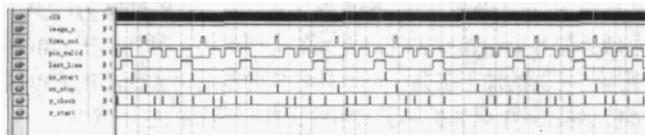
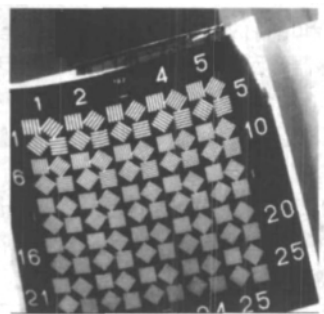


图 4 系统图像采集模块时序仿真波形

4.3 USB 图像采集模块设计。

本系统的数据采集模块采用 cypress 公司的 EZ-USB FX2, USB 传输芯片, 通过编写固件程序, 使该芯片工作在高速批量传输方式。本系统采用芯片中的 SLAVE FIFO 传输模式, 即不通过 USB 芯片中增强型 8051 核控制和干预, 将数据直接通过 USB 总线, 高速的传输到 pc 机中。最后利用 visual c++6.0 编写上层用户端程序, 采用多线程技术, 创建两个线程: USB 传输线程和图像实时显示线程, 实现了在 pc 机中的实时图像显示。



(下转第 159 页)

序、各功能模块初始化程序及 PC 机设计程序等。其中图 2 给出的是 SF₆ 气体密度、微水含量的计算和修正程序框图。

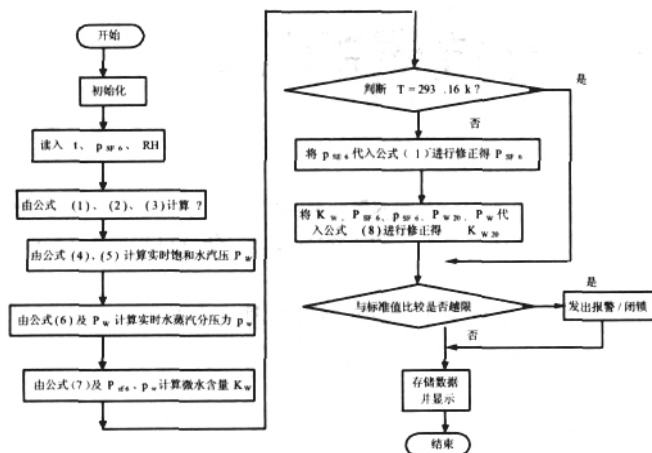


图 2 程序框图

Figure.2 Flow chart of program

7 结论

本文提出基于 DSP 芯片 TMS320VC5410A 的 SF₆ 断路器气体密度及微水含量在线监测方法。该方法依靠 VC5410A 强大的数字信号处理能力, 有效的保证了监测的实时性和准确性。而芯片内丰富的资源则简化了系统软、硬件设计, 增强了系统可靠性, 降低了成本。因而本方法具有较好的应用前景。

创新点:传统的 SF₆ 断路器中的 SF₆ 气体密度及微水含量检测以离线检测居多, 无法随时掌握气体密度、含水量的变化并适时报警。基于 DSP 的 SF₆ 气体密度及微水含量在线监测方法, 很好的实现了在线监测要求。而且较之一般监测系统, 基于 DSP 的监测系统具有运算速度快、精度高的优点, 可以更好的满足实时性要求。

参考文献

- [1]刘亚芳.国内外高压 SF₆ 断路器运行状况及维修策略综述.电力设备, 2002.
- [2]王春宁, 王家政. SF₆ 气体密度在线监测装置. 高压电器, 2003, 39(6).
- [3]陈家斌. SF₆ 断路器实用技术. 北京:中国水利水电出版社, 2004.
- [4]方可行. 断路器故障与监测. 北京:中国电力出版社, 2002.
- [5]李艳秋, 江秀臣, 曾奕. SF₆ 气体微水含量在线监测方法及其软件实现. 华东电力, 2006, 34(3).
- [6]汪春梅等. TMS320C5000 系列 DSP 系统设计与开发实例. 北京:电子工业出版社, 2004.
- [7]腾岩峰, 周雪峰. 带 USB 接口的 100MHZ 高速数据采集系统的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2006, 7-2: 227-229.

作者简介: 马宏忠(1962-) 男, 汉族, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向: 电气设备状态监测与故障诊断; 宋锦刚, 男, 讲师, 硕士研究生, 研究方向: 电气设备状态监测与故障诊断。

Biography: Ma Hongzhong was born in Jiansu Province, China, on July 5, 1962. He received the B.S.(1989), M.S.(1994) and Ph.D.(2002) from Southeast University of China; Currently, he is a professor in the Hohai University of China. He is also Direc-

tor of the Electric Power Department of Hohai University. His primary research interests are condition monitoring and fault diagnosis of electric apparatus, intelligent instrument design, and power system research.

(210098 南京 河海大学 电气工程学院) 马宏忠 宋锦刚 宋锦明 朱统亮

(Hohai University, Nanjing 210098, China) Ma Hongzhong Song Jingang Song Jinming Zhu Tongliang

通讯地址: (210098 南京 河海大学 电气工程学院) 马宏忠

(收稿日期: 2008.2.05)(修稿日期: 2008.3.25)

(上接第 278 页)

5 试验结果

从试验拍摄的鉴别率靶图像可以看到, CMOS 图像传感器成像清晰, 稳定, 分辨率高。整个 CMOS 视频采集系统结构简单, 时序设计容易, 开发周期短, 其成品体积小, 外围器件少, 成本低, 采用 USB 总线供电, 即插即用, 具有很高的实用价值。

本文作者创新点: 提出了一种不同于传统的基于 CCD 图像传感器而是基于 CMOS 图像传感器的视频采集系统。系统采用 USB2.0 数据总线传输数据, 并且为系统供电, 大大减小了系统的体积和功耗。由于 CMOS 图像传感器的结构特点, 其非常适合与大面阵图像采集以及航天工程的应用。

参考文献:

- [1]尤政, 李涛. CMOS 图像传感器在空间技术中的应用 光学技术 2002 年 01 期
- [2]Jan Bogaerts, Bart Dierickx, Guy Meynants, and Dirk Uwaerts, Total Dose and Displacement Damage Effects in a Radiation-Hardened CMOS APS, IEEE Transactions on electron devices. VOL.50, NO.1, Jan, 2003
- [3]赵龙宝, 范天翔, 陆亨立. 基于 OV5017 和 CPLD 的图像采集显示系统[J]. 微计算机信息, 2005, 07
- [4]陈榕庭, 彭美桂. CCD/CMOS 图像传感器基础与应用 北京: 科学出版社 2006
- [5]BIS5-A-1300 1.3M Pixel Dual Shuter Mode CMOS Image Sensor www.Fillfactory.com
- [6]EZ-USB Manual Technical Reference www.cypress.com
- [7]钱峰 《EZ-USB FX2 单片机原理、编程及应用》北京: 北京航空航天大学出版社 2006

作者简介: 李巍, 中国科学院 西安光学精密机械研究所, 信号与信息处理专业在读硕士研究生, 研究方向: CMOS 图像传感器, 数字信号处理; 邱跃洪, 中国科学院 西安光学精密机械研究所 研究员, 博士学历, 研究方向: 空间光学相机。

Biography: Li Wei, Gender master graduate student of CAS Province JiLin Research area: CMOS image sensor, treatment of digital signal; of author's mentor.

(710068 西安 中科院西安光学精密机械研究所 100039 北京 中国科学院研究生院) 李巍 邱跃洪 董佳

通讯地址: (710119 西安市 高新区新型工业园 信息大道 17 号 中科院西安光机所) 李巍

(收稿日期: 2008.02.05)(修稿日期: 2008.03.25)