

·光电系统与amp;设计·

CCD 相机偏置实时修正

江宝坦^{1,2}, 邱跃洪¹, 汶德胜¹, 文 延¹, 姚大雷¹

(1. 中国科学院西安光学精密机械研究所, 陕西 西安 710119; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:为了抑制 CCD 相机视频处理链路中由于工作温度、器件老化等因素引起偏置变化对图像质量的影响, 对整个视频处理电路采取实时偏置修正的方法。首先, 为了获取每一帧图像经过链路时偏置的变化, 分析并修改了 CCD 相机驱动电路和图像处理电路等模块的工作时序。然后在图像处理模块中计算每帧图像的像元偏置修正值, 并对整幅图像的每个像元进行偏置实时修正。最后输出经过修正的图像。实验结果表明: 图像经过实时偏置修正后, 每帧图像的偏置值基本都在同一水平。在测试模式下, 获得图像偏置的均值都在 107 DN 左右。在 CCD 两路输出时, 左右两路图像偏置的均值的差值由 170.9 DN 减小到 4.8 DN。所以此方法不仅抑制了整个视频处理链路偏置的不稳定性, 而且也消除了 CCD 双路输出时两路数据偏置的不同。

关键词: CCD 相机; 视频处理; 偏置修正

中图分类号: TN386.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)01-0001-03

Real-Time Modifying Bias of CCD Camera

JIANG Bao-tan^{1,2}, QIU Yue-hong¹, WEN De-sheng¹, WEN Yan¹, YAO Da-lei¹

(1. Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Science, Xi'an 710119, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In order to restrain the effect on the images from the variation of the bias caused by factors such as the working temperature and the aging of electronic devices in video processing circuit of CCD camera, the bias of the circuit are modified in real time. Firstly, the time sequence of the modules in the drive circuit of CCD camera and the image processing circuit was analyzed and modified to acquire the bias variation of the every frame image as passing the circuit. Then the modified values of the pixel of every image were calculated by the image processing block. Finally, the modified image was output. Experimental results indicate that the bias of each image is on the same level after being modified. The mean of modified frame is some 107 DN under test mode. The difference of mean between two output port images is reduced from 170.9DN to 4.8DN. The method not only eliminates the changes of video processing circuit's bias, but also removes the difference of bias between the two output port of CCD.

Key words: CCD camera; video processing; bias modifying

电荷耦合器件 (CCD) 的突出优点是以电荷为信号的载体, 不同于大多数以电流或电压为信号载体的器件。CCD 器件的基本功能是电荷的存储和电荷的转移^[1]。自从第一次应用于哈勃太空望远镜以来, CCD 器件以其输出噪声低、动态范围广、量子效

率高、电荷转移效率高、光谱范围宽、几何稳定性好等突出优点, 越来越广泛地应用于工业、军事、遥感、科学研究等领域, 尤其在空间观测领域越来越受到各国重视。为了提高图像的质量, 已有大量关于 CCD 器件噪声的研究^[2-3], 此处不再赘述。

收稿日期: 2009-12-09

基金项目: 国家 863 计划 (2006AA12Z133)

作者简介: 江宝坦 (1983-), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 研究方向为信号与信息处理。

目前 CCD 相机图像后期处理时,都会采取各种方法对图像进行偏置修正,通常采用的方法是设置相机的一种工作模式,即:测试模式.在此模式下,仅读取 CCD 的水平移位寄存器^[4],得到没有图像数据和暗电流信号的暗帧.在图像的后期处理时利用暗帧对每幅图像偏置修正,虽然也起到了偏置修正的作用,但没有实时性,尤其当 CCD 具有双路输出功能时,由于两路器件不可能完全一致,导致一幅图像左右两路的偏置不同.

针对传统偏置修正方法的不足,提出一种在视频处理链路中对每个像元进行实时偏置修正的方法.这样,在 CCD 相机输出图像时,所有的像元的偏置都已经过实时地修正,不仅抑制了偏置的浮动,而且对于双路输出时,两路图像的偏置也被修正到同一水平.

1 CCD 相机视频处理链路及时序

1.1 链路框图及偏置来源

CCD 相机视频处理链路典型结构如图 1 所示,主要由前置放大电路、可编程增益放大电路、相关双采样电路、A/D 转换电路和图像处理电路组成.其中图像处理电路模块利用硬件描述语言 VHDL 在

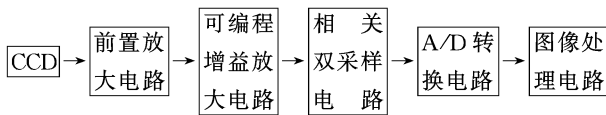


图 1 CCD 相机视频处理链路框图

FPGA 中实现.由于整个链路的电子元器件的工作特性不可避免地受到相机所处的工作温度、器件老化等因素的影响,表现为整个链路在未加载视频信号输出时,输出信号也会有微小的变化^[4].而 CCD 相机图像的后期处理中所用到的暗帧是在某一时刻得到图像,并不能对链路的实时变化进行修正,这对

于高灵敏度相机观测,尤其是低照度观测时对图像质量影响不容忽视.为了抑制链路中偏置的不稳定性,首先分析链路两端工作模块的时序即:CCD 器件以及图像处理模块的工作时序,以便在图像处理模块进行偏置修正.

1.2 时序分析

首先分析 CCD 器件驱动时序,以 E2V 公司的产品 CCD47-20^[5]为例,CCD47-20 为帧转移型面阵 CCD^[6],而且具有双路输出功能,它的像敏单元总数为 1 024 × 1 024 像敏单元,像敏单元尺寸为 13 μm × 13 μm,其驱动脉冲波形如图 2 所示,其中 $I\phi 1$ 、

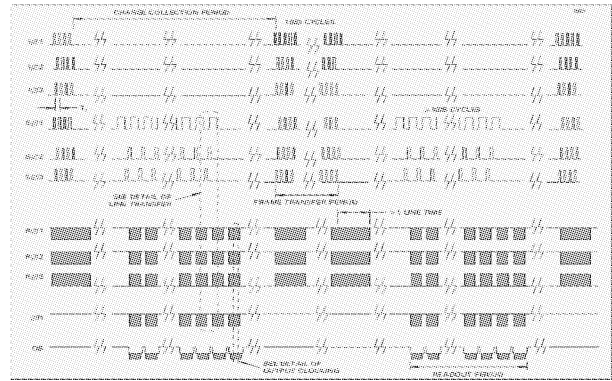


图 2 CCD 47-20 驱动时序脉冲

$I\phi 2$ 、 $I\phi 3$ 为像敏区驱动脉冲; $S\phi 1$ 、 $S\phi 2$ 、 $S\phi 3$ 为存储区驱动脉冲; $R\phi 1$ 、 $R\phi 2$ 、 $R\phi 3$ 为读出移位寄存器驱动脉冲. ϕR 为复位脉冲.为了实时获取工作温度、器件老化等不稳定因素引起的偏置浮动,须在输出每一帧图像时,将当前链路的偏置变化一起输出到图像处理模块.所以在设计 CCD 驱动时序时,与正常驱动时序相比做如下修改:在读取存储区数据之前,使读出移位寄存器的驱动脉冲有效,此时读取一行没有像元信号的偏置数据行,以正常像元数据的格式输出到图像

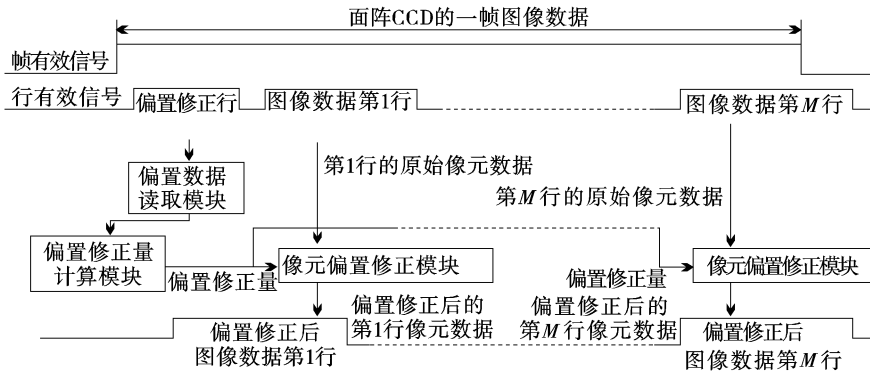


图 3 偏置实时修正示意图

数据处理模块中,图像处理 FPGA 模块中的时序如图 3 所示,其中第一行为帧头信息,第二行就是偏置数据行,后面为像元数据行。

2 偏置实时修正方案及实验结果分析

2.1 偏置实时修正方案

每帧图像的偏置实时修正方案如下:

(1) 在每帧图像的偏置行到达图像处理模块后,首先对偏置行采样若干点,由于在 FPGA 中实现,所以一般采样点数都是 2 的幂(如:256),以便累加后求均值.此均值用于对每个像元偏置修正。

(2) 得到偏置修正值后,从图像数据开始,即图 3 中所示的第 3 行到最后一行,对其中每个像元都减去偏置修正值,即可实时修正整个视频处理链路偏置变化对图像质量的影响。

2.2 实验结果分析

为了得到 CCD 相机视频处理链路中由于偏置变化以及 CCD 在两路输出时,数据经过不同链路以及工作温度、器件老化等因素对图像质量的影响,设置相机为测试模式,即只读取 CCD 的水平移位寄存器,得到的没有像元数据和暗电流信号的图像,就是整个视频处理链路的偏置.图 4 和图 5 是 CCD47-20 工作在测试模式、两路输出时得到的图像.其中图 4 是未经过偏置实时修正的图像,图 5 是经过偏置实时修正得到的图像.利用图像分析软件 MaxIm plus 对其进行分析,分析结果如表 1 所示.数据的单位是 digital number(DN)^[7,8],图 4 是相机两路输出时未经过偏置修正的图像,左右两路图像的均值是 9 051.5 DN 和 9 222.4 DN.图 5 是经过实时偏置修正后,整幅图像偏置的均值都被修正到 107 DN 左右.可以得出经过偏置实时修正后的图像,不但消除

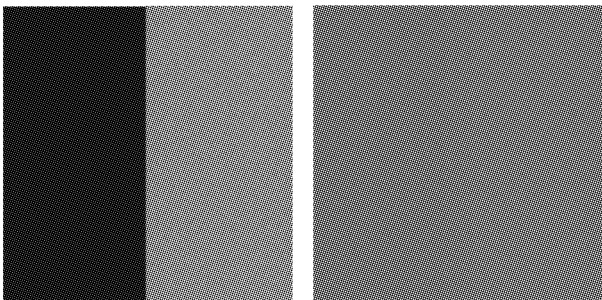


图 4 未经过偏置修正的图像

图 5 经过实时偏置修正的图像

了整个链路偏置的变化,而且也消除了 CCD 两路输出时,左右两路图像的偏置差别。

表 1 两路输出所得图像分析结果

	图 4(偏置未修正)			图 5(偏置实时修正后)		
	左路 图像	右路 图像	整幅 图像	左路 图像	右路 图像	整幅 图像
最大值	9 082	9 251	9 251	134	136	136
最小值	9 020	9 191	9 020	77	82	77
均值	9 051.59	9 222.4	9 136	104.8	109.6	107.195
标准差	6.485	5.948	85.666	6.205	6.014	6.516

3 结 束 语

虽然 CCD 相机图像后期处理时都会进行偏置修正,但没有实时性.首先介绍了 CCD 相机的结构框图,分析了 CCD 器件的驱动时序和视频处理链路的时序,在此基础上针对传统相机在偏置修正方面的不足,改进了 CCD 相机的驱动时序和视频处理链路的工作时序,提出在视频处理链路中针对每个像元实时地偏置修正的方法,以便有效地抑制由于工作温度、器件老化等因素对整个视频处理链路的影响,而且也消除了 CCD 在两路输出时左右两路偏置的不同.实验结果表明:经过实时偏置修正的图像,不仅有效地抑制了图像的偏置变化,而且两路输出时图像的偏置都被修正到同一水平.此方法不仅适用于象 CCD47-20 这种面阵 CCD,对于线阵 CCD^[1],由于其也有水平移位寄存器,所以此方法也同样适用。

参考文献

- [1] 王庆有.图像传感器应用技术[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [2] 李云飞,李敏杰,司国良,等.TDI-CCD 图像传感器的噪声分析与处理[J].光学精密工程,2007,15(8):1196-1202.
- [3] 佟首峰,阮锦,郝志航.CCD 图像传感器降噪技术的研究[J].光学精密工程,2000,8(2):140-145.
- [4] 薛旭成,李云飞,郭永飞.CCD 成像系统中模拟前端设计[J].光学精密工程,2007,15(8):1191-1195.
- [5] E2v technologies datasheet, CCD47-20 High performance CCD Sensor.
- [6] 金龙旭,李国宁,刘妍妍.帧转移型面阵 CCD 驱动电路的设计[J].光学精密工程,2008,16(6):1140-1145.
- [7] James R Janesick, Scientific Charge-Coupled Devices.
- [8] 李彬华,叶彬浔.CCD 相机读出噪声、电荷转移效率的测试和归算的改进方法[J].天文研究与技术(国家天文台台刊),2005,2(3):177-185.