

·测试、试验与仿真·

## 红外图像处理算法的FPGA实现

高学潮

(长春理工大学 光电工程学院, 长春 130022)

**摘要:**针对红外图像在传输过程中易受到噪声干扰以及对实时性要求较高,通过与其他两种红外图像增强算法作比较,提出了一种经过修正的红外图像直方图投影增强算法,该算法不仅满足了实时性要求,而且易于硬件实现。采用了内部逻辑资源丰富的现场可编程门阵列(FPGA<sup>[1-2]</sup>)作为核心处理器,来完成红外图像增强算法的硬件实现,实验结果证明了文中的设计方法是可行的。

**关键词:**直方图;图像增强;FPGA

中图分类号:TN710.6

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2015)-06-0080-03

## FPGA Implementation of Infrared Image Processing Algorithm

GAO Xue-chao

(Department of Optics and Electric Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

**Abstract:** For being susceptible to noise and high real-time requirements during infrared image transmission and comparing with the other two infrared image enhancement algorithms, a revised infrared image histogram projection enhancement algorithm is proposed. The algorithm not only meets real-time requirement but also implements easily in hardware. Field-programmable gate array (FPGA) with plenty of internal logic resources is taken as the core processor to complete infrared image enhancement algorithm implementation in hardware. Experimental results show that the design is feasible.

**Key words:** histogram; image enhancement; field-programmable gate array (FPGA)

随着国民经济和科技水平的发展,红外热成像技术<sup>[3-5]</sup>已经应用到许多领域,诸如军工、工业、农业、航空航天、交通、医疗等领域都可以见到红外成像技术的身影。但由于红外图像在传输过程中容易受到噪声源的干扰而有可能引入噪声,以及在实时性方面要处理数量巨大的数据,软件处理的方法已经不能满足高要求的红外图像处理,因此文中提出了一种基于FPGA的红外图像处理算法即直方图投影增强算法。通过对直方图投影算法的硬件结构进行模块化设计、仿真以及实验调试验证了所设计方法是正确的。

### 1 红外图像增强算法

#### 1.1 红外图像增强算法的选取

在日常生产工业、农业中通常用红外热成像仪来获取图像,但采集到的图像时常伴有噪声,对于图像的增强算法常用的主要用直方图均衡化<sup>[6]</sup>、直方图投影<sup>[7]</sup>和平台直方图的均衡化<sup>[8-9]</sup>。对于直方图均衡化的算法通常是将其分为三个步骤来实现,第一步是观察直方图的每个灰度级并对相应的灰度级出现的次数进行准确的统计;第二步是对直方图进行累计归一化并为下一步打下基础;第三步是根

据前两步的操作对新的像素值进行计算。在MATLAB下对三种增强算法进行分析得出,在对红外图像进行增强处理时平台直方图均衡化的效果是三种算法中最好的一个,但若对其进行硬件实现需要占用大量的实时处理时间。因此文中选取了修正的直方图投影增强算法作为FPGA实现的算法。

直方图投影增强算法对于修正的直方图投影算法可以简述为:若将4 096灰度级(12位)作为系统的输入,则系统的输出为1 024灰度级(10位),输出图像的直方图投影算式如式(1)、式(2)所示。式中的 $k$ 所表示的范围就是输入灰度级的范围,即0~4 096。

$$d_k = \left\lfloor \frac{4\ 095 \cdot S_k(P)}{S(P)} \right\rfloor \quad (1)$$

$$S_k = \begin{cases} 0, & k = 0 \\ 0, & \text{当图像中无灰度值为}i\text{的像素时 } S(P) = S_{2^N}(P) \\ \sum_{i=0}^k C_i, & \text{当图像中有灰度值为}i\text{的像素时} \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $S(P)$  是图像累积修正直方图;  $S_k(P)$  是灰度为  $k$  的图像的像素累积值;  $d_k$  是灰度为  $k$  的像素经过直方图投影后的灰度值,  $0 < d_k < 4\ 096$ 。

通过观察式(1)、式(2)可以发现,文中所使用的算法不是统计每个灰度级的出现次数而只是统计有(1)或无(0)通过这种方式的统计方法来检验相应的应设标准。所以文中的红外图像增强算法相比于平台直方图均衡化在FPGA实现和实时性上都有着巨大的优势,实时性上处理时间大约相差5倍。

### 1.2 红外图像增强算法的硬件模块化设计

对文中修正的直方图投影增强算法分析可知,该算法通过统计分析每一帧的图像像素点的灰度值来建立的算式,统计是顺序进行的无复杂的数据重拍操作,这也就更便于FPGA实现。硬件结构模块主要分为五个模块,如图1所示。

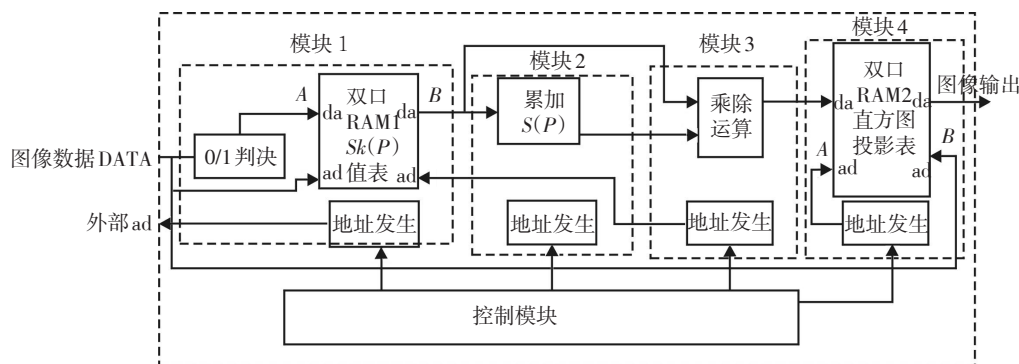


图1 直方图投影增强算法硬件结构图

图1中,模块1主要由0/1判决器(比较器和判决模块组合实现)、双口RAM1  $S_k(P)$  值表、地址发生模块构成。通过模块1完成了  $S_k(P)$  值的统计表,同时RAM1的B口的功能是实时的将统计好的数据发送到下一步进行计算。从外部流入512×512图像灰度值后本模块消耗的时钟周期是512×512。

模块2主要由累加器和地址发生模块构成。它的功能是将模块1的  $S(P)$  值进行统计,即通过地址发生模块从RAM1 B口顺序的读出  $S_k(P)$  表值再送入累加器。根据模块1数据从B读出4 096个  $S_k(P)$  值,故本模块需要消耗4 096个时钟周期。

模块3主要由乘除运算模块和地址发生模块构

成,通过4096X1bit双口RAM2建立了直方图投影映射表。式(1)是  $S_k(P)$ 、 $S(P)$ 、常数4 095通过一次乘法和除法完成的,计算结果在地址发生模块的控制下顺序的写入RAM2的A端即将直方图投影映射表保存在RAM2中。在本模块中乘法和加法共用了4个时钟周期,所以本模块主要消耗了4 096+4个时钟周期。

模块4主要是完成直方图的投影实时增强。模块5的主要功能是将小时间单位像素时钟作为输入,再利用大的计数器在不同时间输出不同控制信号来控制上述四个模块的顺序完成。

上述算法在PAL制信号的实时显示的周期为40 ms,文中设计的系统显示的图像为512×512图

像,回扫时间是3.656 ms,算法在回扫周期内进行。最终在FPGA内部消耗了8762个门资源,占用了8192bitM4K内存。

## 2 仿真及实验调试

文中所设计的系统的仿真结果,如图2所示。clk是时钟,datatin是输入的测试数据,last是输出结果。

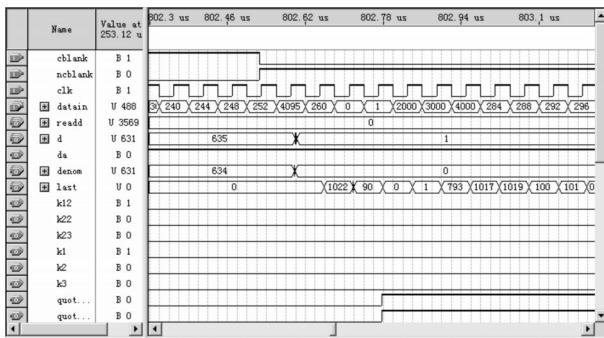


图2 仿真结果

通过观察仿真图不难发现,对于一幅图像,4095是相对于1022、260相对于90,0对应于0、1...与用MATLAB编程实现的仿真结果<sup>[10]</sup>相比较完全一致。

在实验调试后将一幅红外图像输入本系统得到经过直方图投影增强算法处理的效果图和未处理的原图,如图3所示。

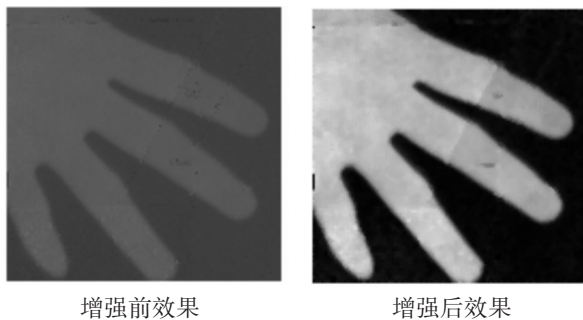


图3 直方图投影增强前后效果图

## 3 结论

通过仿真和实验可知,文中的红外图像处理算法在FPGA上易于实现,硬件结构设计合理,消耗资源少同时并行的同步计算满足了实时性要求,所以文中的设计是合理的、正确的。

## 参考文献

- [1] 王诚,蔡海宁,吴继华. Altera FPGA/CPLD设计(基础篇)[M]. 2版. 北京:人民邮电出版社,2011.
- [2] 陈衡. 红外物理学[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
- [3] 红外系统原理翻译组. 红外系统原理[M]. 北京:国防工业出版社,1975.
- [4] 杨宜合,岳敏. 红外系统[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [5] 王诚,蔡海宁,吴继华. Altera FPGA/CPLD设计(基础篇)[M]. 2版. 北京:人民邮电出版社,2011.
- [6] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [7] Virgil E Vichers. Plateau equalization algorithm for real-time display of high-quality infrared imagery [J]. Opt. Eng, 1996, 35(7): 1921-1926.
- [8] Silverman J. Signal processing algorithms for display and enhancement of IR images [J]. Opt. Eng, 1993:440-450.
- [9] Silverman J. Display and enhancement of infrared images [J]. Chap 15 in Electro-Optical Displays, M.A. Karim:1992:585-651.
- [10] 楼顺天. MATLAB 5.X 程序设计语言[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2000.
- [11] 白玉栋,张守才. 电子倍增CCD驱动电路设计[J]. 光电技术应用,2013,28(3):51-54.
- [12] 杨亭,粘伟. 一种高速光栅图像采集系统的设计[J]. 光电技术应用,2014,29(2):66-69.
- [13] 王培利. 双口RAM在图像处理系统中的应用研究[J]. 光电技术应用,2014,29(4):45-50.
- [14] 张晟翀. 一种红外图像伪彩色显示算法及其硬件设计[J]. 光电技术应用,2014,29(4):50-54.