

文章编号: 1007-2780(2013)05-0788-05

红外图像传感器成像仿真系统设计

程 瑶¹, 鲁 进¹, 孟丽娅²

(1. 重庆理工大学 电子信息与自动化学院, 重庆 400050, E-mail: chy_cqit@cqut.edu.cn;

2. 重庆大学 光电技术及系统教育部重点实验室, 重庆 400044)

摘 要: 红外图像传感器成像仿真系统是基于虚拟仪器技术开发的 PC-DAQ 系统。系统硬件平台由驱动电路模块、BNC-2110 接线盒、PCI-6115 采集卡以及 PC 计算机构成。利用驱动电路模块产生的外部时钟信号作为图像采集的控制信号, 控制图像采集的时序。通过软件编程将外部时钟信号作为采集的触发以及采集的采样时钟。红外图像传感器输出的串行电压信号采集到计算机中后, 将其转换成空间分布的二维图像信号, 通过灰度映射后在软件平台上显示出图像。通过联调成像实验验证了系统的可行性, 该系统可以让开发人员直观观察传感器真实的成像效果, 对器件的修改及设计有重要的参考价值。

关 键 词: 红外图像传感器; 成像仿真系统; 虚拟仪器

中图分类号: TN215 文献标识码: A DOI: 10.3788/YJYXS20132805.0788

Design of Imaging Simulation System for Infrared Image Sensor

CHENG Yao¹, LU Jin¹, MENG Li-ya²

(1. School of Electronic Information and Automation, Chongqing University of Technology,
Chongqing 400050, China, E-mail: chy_cqit@cqut.edu.cn;

2. Key Laboratory of Optoelectronic Technology and Systems of Education Ministry of China,
Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: The imaging simulation system of infrared image sensor is the PC-DAQ system based on virtual instrument technology. The hardware of system was constructed with driving circuit, BNC-2110 box, PCI-6115 acquisition card and PC computer. The control signals of image acquisition were made with external timing signals of driving circuit to control its sequence. These signals were used as acquisition's trigger and sample clock by programming the software. The serial voltage signals of infrared sensor output were acquired in computer. Then they were changed to the two-dimension spacial image signals, and the image was displayed on software screen by gray mapping. The feasible of system was validated with the association experiment. Using the system, developers can observe the real image quality of sensor, and it has the important reference value to the device's modification and design.

Key words: infrared image sensor; imaging simulation system; virtual instrument

收稿日期: 2013-06-28; 修订日期: 2013-07-20

基金项目: 重庆市教委科学技术研究项目(No. KJ130805); 国家自然科学基金资助项目(No. 60702007, No. 51205434)

作者简介: 程瑶(1981—), 女, 重庆江津人, 硕士, 讲师, 主要从事红外图像传感器测试、成像等技术研究。

1 引 言

红外成像系统是利用红外图像传感器接收被测对象的红外信号,并将其放大、处理,送至显示器后形成二维温度分布的红外图像。采用红外成像技术可以通过对设备热像图的分析来诊断设备的状态及其隐患缺陷^[1]。广泛应用于红外夜视、红外侦察、军事通信和雷达等方面。

本文设计的成像仿真系统是采用美国 NI 公司的 PCI-6115 数据采集卡以及 PC 计算机来构成基于软件平台的 PC-DAQ 虚拟仪器系统。根据红外图像传感器成像原理,利用外部时序信号控制红外视频输出数据的采集,通过采集卡对视频信号输出进行准确采样,对红外数据进行处理、灰度变换、显示编码后显示出二维图像。

传统的红外成像系统研制方法是通过制作整个系统并且多个版本的硬件电路,需要反复进行调试、改版和验证,因此研制周期长,成本昂贵,而且调试过程中常常不知道是哪一部分出现了问题^[2]。本文采用虚拟仪器技术,构建出成像仿真系统。系统可以同时实现图像的采集与显示,设计、调试方便简单,且系统功能由用户自己定义,用户修改方便、操作简单。

2 成像仿真系统构成

红外成像系统中,探测器阵列感应红外辐射大小,并将其转换为相应电信号。在红外传感器中,当探测器将光信号转换成电信号以后,转换的结果必须注入到读出电路中来输出^[3]。读出电路实质是一种专用的数模混合信号处理集成电路^[4]。它给光敏元件供给合适的偏置,对光电信号实现电压或电流的转换。读出电路对红外光敏元阵列的输出进行依次读出,并进行一系列信号处理,最终得到视频信号^[5]。

红外成像仿真系统利用虚拟仪器技术,依据红外探测器成像原理,准确采集红外传感器输出的视频信号。输入到计算机后,利用软件平台将输出信号映射成图像灰度值,经过变换处理后最终显示红外图像。虚拟仪器技术通过应用程序将计算机与功能化硬件模块结合起来,通过友好的图形界面来操作,以实现仪器的功能^[2]。

2.1 系统硬件平台

成像仿真系统的构成包括硬件和软件两部

分。其中硬件平台包括红外传感器器件、驱动电路模块、接线盒 BNC-2110、数据采集卡 NI PCI-6115 以及 PC 计算机,系统的构成如图 1 所示。

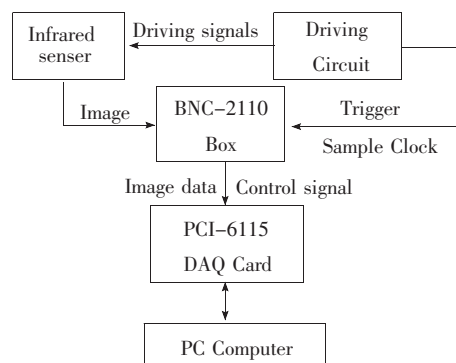


图 1 红外成像仿真系统的构成框图

Fig. 1 Structure diagram of the infrared imaging simulation system

驱动电路模块为红外传感器器件提供一定时序要求的驱动信号。在驱动信号的作用下,传感器才能探测外部红外信号源,并输出红外图像信号。

通过 BNC-2110 接线盒将外部信号与采集卡联系起来,用于外部信号的连线。红外图像信号通过 BNC-2110 接线盒引线接入到 PCI-6115 采集卡中。

PCI-6115 采集卡是 NI 公司的一款基于 PCI 总线的 DAQ 卡,本系统的图像采集就是由 PCI-6115 数据采集卡来实现。成像仿真系统中图像的采集是利用外部时钟信号实现对数据采集卡的采集控制。采用 LABVIEW 平台编制采集软件来控制采集卡 PCI6115 的采集时序。

采集所需要的外部时钟信号由驱动电路模块来产生。利用驱动电路模块中的驱动信号的时序,来产生对采集卡的控制信号。产生的采集控制信号连接到 BNC-2110 接线盒中,连到采集卡中。为了准确采集到每一个像元的输出信号,得到稳定部分的视频信号输出,采集控制信号需要严格遵守传感器工作的时序。因此系统利用传感器驱动电路的行扫描的起始信号 S_y 来作为信号采样的触发控制信号,控制采集卡的采样开始时刻。用探测器的像元个数来作为采样的点数,控制采集卡的采样结束时刻^[6]。

利用列扫描的电路时钟 CP_x 信号来产生采集卡的采样时钟信号 ADST。产生的 ADST 信

号,控制采集卡采样时序,确保在每个像元输出的平顶稳定部分进行采样^[6]。

硬件连线时,将 Sy 信号和 ADST 信号分别接入到采集卡接线盒上的 PFI 口。被采集的视频输出信号 V_{out} 连接到采集卡的模拟输入通道上。通过运行采集程序即可实现图像的采集。

通过示波器观察采集信号的时序如图 2 所示,图中模拟通道 1 是红外探测器读出电路输出的仿真视频信号 V_{out} ,数字通道 D0 是采样起始信号 Sy,数字通道 D1 是采样时钟信号 ADST。由图可见,在 Sy 下降沿时触发采集卡开始采样,在 ADST 下降沿采样即可采集到各个像元的稳定输出^[7]。

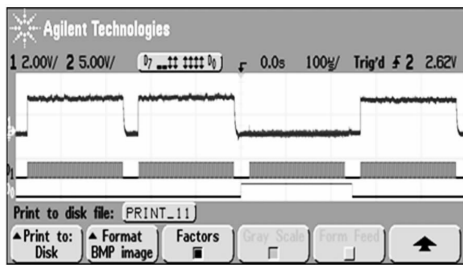


图 2 图像采集时序

Fig. 2 Sequence of image acquisition

采集到计算机中的图像数据经过一系列处理就可以变换成图像显示出来。

2.2 系统程序设计

成像仿真系统的软件是核心,运行软件后就可以操作这个系统。该系统软件是采用 LABVIEW 软件平台编制的成像程序。LABVIEW 图形开发的方式为每一个 VI 提供了可调用的代码模块,并允许用户从其他代码模块中调用^[8]。利用 LABVIEW 开发平台可以大大缩短开发周期,同时可以增强设计者构建自己学科和工程系统的能力^[9]。

成像仿真系统的程序组成框图如图 3 所示,该程序的设计主要包括两部分,一部分是控制 PCI-6115 采集卡的采集时序。另一部分是对视频信号的变换及图像的显示。控制 PCI-6115 采集卡的时序,包括对采集卡的模拟输入通道、采集卡的脉冲触发信号以及采集卡采样时钟的配置。

对模拟输入通道的配置,包括对采集卡的选择、采集的通道号、采集通道的缓冲存储空间大小、采集信号的耦合方式及其连线方式等。对采

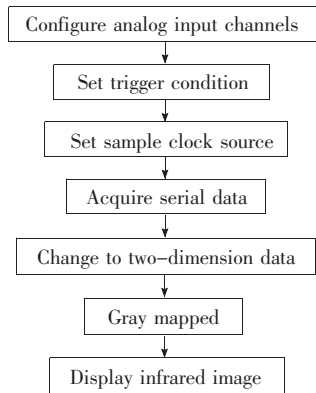


图 3 成像程序的组成框图

Fig. 3 Structure diagram of imaging program

集卡的触发配置,包括对触发方式、触发通道、触发电平、触发边沿以及触发响应时间的选择及配置。对采集卡的采样时钟的配置是对采样时钟信号源的选择^[7]。

由于图像传感器输出信号是电压值,采集卡采集到计算机中的数据为对应像元的输出电压值。因此为了将其还原显示成图像,需要将采集的信号变换成二维空间分布的视频图像信号。

利用软件编程将串行信号通过红外图像传感器的行列参数变换成二维数据。根据用户需要的灰度等级大小,将数据进行灰度映射,依据电压值的大小将其线性映射成不同的灰度值。分别找出数据数组中的最大值 V_{MAX} 、最小值 V_{MIN} 。最小的电压值映射为最低等级的灰度值,而最大值映射为最高等级的灰度值。其他电压值按线性比例对应其中的灰度值。变换公式如式(1)。

$$G(V) = \left\lfloor \frac{V - V_{MIN}}{V_{MAX} - V_{MIN}} \cdot 2^N \right\rfloor$$

其中, $G(V)$ 为输出电压变换对应的灰度值; V 为输出电压值; N 为灰度等级,通常取 8。利用显示程序模块将灰度值进行灰度编码或者伪彩色编码即可在软件平台显示红外图像。在 LABVIEW 程序中,在显示图像时需要产生颜色表格以便进行色彩映射。对于 256 级图像,可以用黑白两种颜色以不同的灰度配合来产生 256 种灰度色,同时也可以以 8 种基本颜色(白、黄、红、品红、青、绿、蓝、黑)配比来产生 256 种伪彩色色彩。

基于系统搭建的硬件平台,配合软件平台上编制的成像程序,即构成了基于虚拟仪器系统的

成像仿真系统,系统操作的前面板如图 4 所示。前面板包括了系统的参数设置、显示设置以及显示平台。参数设置是对硬件连线、探测器参数、采集卡配置参数等的设置。系统硬件连线完成后,根据用户实际的采集卡连线情况以及实际探测器像元的个数来对系统前面板进行参数的设置,运行程序后即可启动成像仿真系统。

显示设置包括对待显示的图片的灰度等级选择。还可以对图像显示的选择,根据用户需要自行选择显示灰度编码的灰度图像或者是伪彩色编码的伪彩色图像。



图 4 红外成像仿真系统前面板

Fig. 4 Front panel of the infrared imaging simulation system

3 实验结果

采用电注入方式,对研制的读出电路输入一直流电平信号,通过对读出电路的输出信号进行成像仿真实验。运行该系统后,图像显示如图 5 所示。

在成像仿真实验中,将重庆大学集成电路实验室研制的 ROIC 与昆明物理研究所研制的探测器进行互联,采用该成像仿真系统对互联的探测器进行成像实验。采用虚拟仪器 PC-DAQ 系统,与前端光学系统以及互联的红外图像传感器相配合来完成成像实验。通过对烧热的烙铁成像,显示出最终热像如图 6 所示,其中图(a)为灰度编码成像,图(b)为伪彩色编码成像。

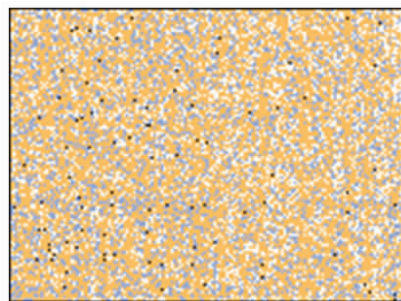


图 5 热释电 ROIC 输出成像结果

Fig. 5 Image of pyroelectric ROIC output

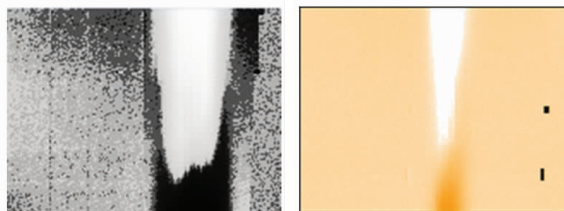


图 6 互联实验成像结果。(a)灰度图;(b)伪彩色图。

Fig. 6 Image of association experiment. (a) Gray image; (b) Pseudo-color image.

红外探测器是红外成像系统的关键部件^[10],从仿真系统显示平台上可以直观观察红外图像传感器的成像效果。由图 6 所示,热像还存在串扰问题,由此可见传感器还存在一些质量问题。通过观察成像仿真系统的直观成像效果,为传感器器件的设计与修改直观地提供了参考。同时也为以后热像系统的设计及系统的调试节省了时间和金钱。

4 结 论

通过运行成像仿真系统,可以对红外图像传感器输出、读出电路输出的视频信号进行采集、变换,并在其软件平台中显示传感器探测的灰度图像及伪彩色图像。通过成像仿真系统中显示的图像,可观察成像器件存在的各种成像质量问题,比如串扰、对比度、死像元输出等问题。利用成像仿真系统的成像仿真显示效果,为传感器器件的质量水平评价提供了参考。成像仿真系统的成像技术也为以后基于图像传感器的成像应用系统提供了指导。

参 考 文 献:

- [1] 孙玉胜,白克. 基于小波变换与加权滤波的电机红外图像增强 [J]. 液晶与显示, 2010,25(3):339-443.
- [2] 屈惠明, 陈钱, 顾国华, 等. 红外焦平面阵列成像动态仿真系统 [J]. 红外与激光工程, 2006, 35(5):608-611.
- [3] Scribner D A, Kruer Mel R, Killiany J M, *et al.* Infrared focal plane array technology [J]. *Proceedings of the IEEE*, 1991,79(1):66-85.
- [4] 刘成康,李兵. 致冷型红外 CMOS 读出集成电路的发展现状 [J]. 红外技术, 2000,22(4):39-46.
- [5] 程瑶,袁祥辉. 混合式 IRFPA 读出电路参数测试系统 [J]. 红外与激光工程, 2006, 35(2):249-252.
- [6] 程瑶,袁祥辉,孟丽娅. 红外视频信号采集系统设计 [J]. 激光与红外, 2008,38(5):468-471.
- [7] 程瑶,王玉菡,王先全,等. 红外图像采集系统设计 [J]. 重庆工学院学报, 2009,23(6):74-77.
- [8] Lemer J M, Drake L A. Hyperspectral imaging in a LabVIEW environment [C]//*Proceedings of SPIE, Three-Dimensional and Multidimensional Microscopy: Image Acquisition and Processing VI*, 1999,3605:264-272.
- [9] 李元,丁万虎,等. 基于 LabVIEW 的钢轨阻抗特性测量系统 [J]. 测控技术, 2012,31(7):110-113.
- [10] 刘火平,孟维平,宋立维,等. 红外图像序列中不均匀背景消除新方法 [J]. 液晶与显示, 2012,27(4):539-544.

—————

《发 光 学 报》

——EI 核心期刊 (物理学类; 无线电电子学、电信技术类)

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于 1980 年创刊, 曾于 1992 年, 1996 年, 2000 年和 2004 年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”, 并于 2000 年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000 年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自 1999 年; 美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自 2000 年; 美国《剑桥科学文摘社网站》自 2002 年; 日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自 2003 年已定期收录检索该刊论文; 2008 年被荷兰“Elsevier Bibliographic Databases”确定为源期刊; 2010 年被美国“EI”确定为源期刊。2001 年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中, 《发光学报》被评为“双效期刊”。2002 年获中国科学院 2001~2002 年度科学出版基金“择重”资助。2004 年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大, 主要反映本学科专业领域的科研和技术成就, 及时报道国内外的学术动态, 开展学术讨论和交流, 为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》自 2011 年改为月刊, A4 开本, 144 页, 国内外公开发行。国内定价: 40 元, 全年 480 元, 全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用, 踊跃投稿。

地 址: 长春市东南湖大路 3888 号

《发光学报》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431)86176862, 84613407

E-mail: fgxbt@126.com

国内统一刊号: CN 22-1116/O4

国际标准刊号: ISSN 1000-7032

国内邮发代号: 12-312

国外发行代号: 4863BM

http://www.fgxb.org