

文章编号:1001-5078(2007)05-0440-02

基于 DSP + FPGA 的红外视频实时处理系统

邱祖全

(无锡市中兴光电子技术有限公司, 江苏 无锡 214028)

摘要:介绍了一种高速实时红外视频信号处理系统的原理、结构。系统采用 FPGA + DSP 的结构, FPGA 完成系统的时序控制和低层算法, 而由 DSP 实现高层算法。给出了实验结果, 验证了本系统能够满足实时红外视频成像系统的要求。

关键词:红外成像; 数字信号处理; 现场可编程门阵列

中图分类号: TN941.1

文献标识码: A

Real-time Processing System for Infrared Video Signal Based on DSP + FPGA

QIU Zu-quan

(Wuxi Zhongxing Optoelectronics Technology Co., Ltd., Wuxi 214028, China)

Abstract: In this paper, the principle and the composing of real-time signal processing system for infrared video are introduced in detail. The configuration with DSP + FPGA is adopted in the system. FPGA implements the system timing control and the low level algorithms, and DSP performs the high level algorithms which are more complicated. The experiments on real infrared imaging sequences demonstrate that the system is suitable for real-time infrared imaging system with high quality and high speed.

Key words: infrared imaging; DSP; FPGA

1 引言

跨入二十一世纪, 由前视红外热成像技术发展起来的红外热摄像技术已经历了三十多年, 现在不仅广泛应用于军事领域, 例如夜视、精确制导、搜索跟踪、星载或机载侦察及预警等多个方面, 而且还扩展到医疗、遥感、工业监测、天文探测及驾驶夜视仪等广阔的民用领域。尤其是非制冷红外焦平面阵列技术的快速发展, 使红外成像系统实现高密度、高性能、高可靠性及微型化, 并向更加广泛的应用领域扩展。

实时信号处理系统要求必须具有处理大数据量的能力, 以保证系统的实时性; 而且对系统的体积、功耗、稳定性等也有比较严格的要求。实时信号处理算法中经常用到对图像的求和、求差及求积运算, 二维梯度运算, 图像分割及区域特征提取、图像去噪

和增强等不同层次、不同种类的处理, 因此实时红外视频处理系统是对运算速度要求高、运算种类多的综合性信息处理系统。

随着大规模可编程器件的发展, 采用 DSP + FPGA 结构的信号处理系统显示出了其优越性, 正被逐步得到重视。现场可编程门阵列 (FPGA) 是在专用的集成电路芯片的基础上发展起来的, 它克服了专用集成电路不够灵活的缺点。其优点在于它有很强的灵活性, 即其内部的具体逻辑功能可以根据需要进行配置, 对电路的修改和维护都很方便, 目前 FPGA 的容量已经达到了几百万门级, 使得 FPGA 成

作者简介: 邱祖全 (1973 -), 男, 工程师, 硕士生, 副总经理, 主要从事通信与信息系统研究和公司管理建设工作。E-mail: qiuzquan@wxzte.com, qiuzquan@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-03-14

为解决系统级设计的重要选择方案之一。

本文提出了一种基于 DSP + FPGA 的红外视频实时信号处理系统,由 FPGA 实现系统的时序控制和低层的信号预处理算法;而控制结构复杂的高层算法处理由运算功能强大的 DSP 实现。给出了实验结果,验证了本系统的信号处理能力和特点。

2 红外视频信号实时处理系统

基于 DSP + FPGA 的红外成像信号实时处理系统硬件框图如图 1 所示,其主要功能模块由红外成像器件驱动单元、视频预处理和模/数转换单元、高速数字图像信号处理单元、数/模转换及视频合成单元等组成。

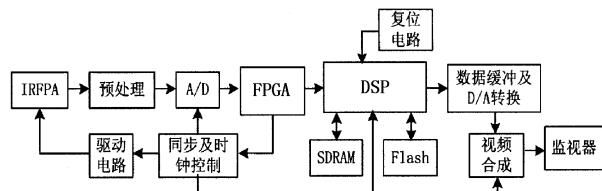


图 1 系统原理框图

Fig.1 schematic diagram of infrared video signal processing system

驱动单元电路为红外成像器件(例如红外焦平面阵列)提供其工作所需的时序逻辑驱动和相关的偏置电压信号。它对红外成像器件的工作状态至关重要。只有设计出相应的驱动电路,才能使红外成像器件工作在最佳工作状态。产生时序脉冲驱动的传统方法是采用数字逻辑电路实现的,其有很大不足之处,如体积大、功耗高、可靠性差,尤其是没有灵活性。本系统中采用 FPGA 来设计红外成像器件的驱动脉冲信号,很好地克服了传统方法的缺点,具有灵活、可靠性高等特点。

预处理及模/数转换电路对 IRFPA 输出的成像模拟信号进行去噪、放大等处理,以使信号幅度达到模/数转换(ADC)所需要的电平要求。而后经 ADC 转换为数字图像信号。为了适用于高速的视频图像处理,选用最高采样频率为 20MHz、采样精度为 14bit 的 ADC 器件,以提高数字化后图像灰度的分辨率。

DSP + FPGA 数字图像信号处理单元是整个处理系统的核心。由于视频信号数据量大,系统中必须扩充数据存储器,我们采用 SDRAM,主要由于 SDRAM 具有以下优点:存取速度快(存取时间可达 6~7ns),单片容量大(有利于系统小型化)。此外作为独立的 DSP 应用系统还必须扩充片外程序存

储器。本系统中采用 FLASH 存储器作为片外程序存储器,由于其是电可擦除式的,所以非常适合于试制开发,也提高了系统的灵活性和可移植性。在对红外视频信号进行处理中,对处理速度要求高,但运算结构相对简单的处理运算可以由 FPGA 来完成,而对控制结构复杂的处理运算则可以由 DSP 来实现。此外系统的同步及时钟控制是由 FPGA 来实现,以协调整个系统的同步有序工作。

经数字图像信号处理模块处理后的视频数据,经过数据缓冲后由数/模转换器(DAC)转换为模拟信号,而后在 FPGA 产生的视频同步信号的作用下,由视频合成器合成标准的模拟视频信号,可输出至视频监视器上显示。

3 实验结果

采用 DSP + FPGA 技术,在系统的实时性得到保证的前提下,可以根据需要对不同的红外视频图像使用不同信号处理算法进行相应的视频处理,例如非均匀性校正、视频图像增强、区域特征提取等。DSP 与 FPGA 分工完成相应的信号处理。信号预处理算法处理的数据量大,对处理速度要求高,但运算结构相对简单,适于用 FPGA 进行硬件处理实现,这样能同时兼顾速度及灵活性。而高层处理算法,例如非均匀性校正、图像分割及区域特征提取等,所处理的数据量较低层算法少,但算法的控制结构复杂,适于用运算速度快、寻址方式灵活、通信机制强的 DSP 芯片实现。

将本系统接上非制冷型 320 × 240 红外成像组件进行实时成像实验。图 2 和图 3 中给出了系统对均匀背景的成像处理效果图。图 2 为未经处理的原始图像,其中图 2(a)是成像图,图 2(b)是图 2(a)所对应的三维图。理论上,对均匀背景成像的结果应该是一幅均匀的图像,但由于红外成像器件(红外焦平面阵列)的非均匀性在图像中产生强烈的干扰,使得图像中产生了固定的图案噪声,在实际应用中必须对其进行校正处理。图 3 是经过本系统校正处理后的图像,其中图 3(a)是图 2(a)校正处理后的图像,图 3(b)是图 3(a)对应的三维图。由图 3 可以很明显地看出,处理后固定图案噪声被较好地抑制了,呈现出一幅相对均匀的图像,系统的成像质量得到了大大的提高。这一结论在它们对应的三维图中可以看得更加清晰。

实验结果验证了系统具有灵活的处理结构,对不同结构的算法都有较强的适应能力,具有实时大

(下转第 448 页)

6 结 论

无刷直流电机具有调速性能好、易于控制等优点,有利于获得稳定的调制光频率,得到高信噪比的检测信号,提高仪器的重复性与稳定性。同时,使用无刷直流电机完全克服了由电机温度变化带来的不利影响,消除了电机问题造成的仪器负担。无刷直流电机是伴随着数控技术产生和发展起来的,此类技术的应用为近红外光谱仪的优化改进提供了更大的发展空间。

参考文献:

- [1] Wang Zhi-hong, Lin Jun, Wang Yi-ding, et al. The Error analysis on modulator of NIR spectrophotometer[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2004, 25(4): 516-519. (in Chinese)
- [2] Zhang Jun, Chen Hua-cai, Chen Xing-dan. Study on temperature correctional models of quantitative analysis with near infrared spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2005, 25(6): 890-893. (in Chinese)
- [3] Yan Yanlu, Zhao Longlian, Han Donghai, et al. The foundation and application of NIR analysis[M]. Beijing: China light industry press, 2005: 89. (in Chinese)
- [4] Li Yong, Wei Yimin, Wang Feng. Affecting factors on the accuracy of near-infrared spectroscopy analysis[J]. Acta Agriculture Nucleatae Sinica, 2005, 19(3): 236-240. (in Chinese)
- [5] Florian Wulfert, Win Th Kok, Age K Smile. Influence of temperature on vibrational and consequences for the predictive ability of multivariate models[J]. Anal. Chem., 1998, 70: 1761-1767.
- [6] Hu Song, Chen Weimin, et al. Influence of photo detector array on resolution and wavelength accuracy of spectrometer[J]. Acta Optica Sinica, 2002, 22(2): 190-195. (in Chinese)
- [7] 张琛. 直流无刷电机原理及应用[J]. 光学精密工程, 2005, 13(1): 53-58.
- [8] Li Fengman. The research of controlling arithmetic for figure PID[J]. Journal of LiaoNing University, 2005, 32(4): 367-370. (in Chinese)

(上接第 441 页)

容量处理信号的功能,能满足较复杂的红外成像信号实时处理的要求,具有高速、高精度、大容量及灵活性强等特点。

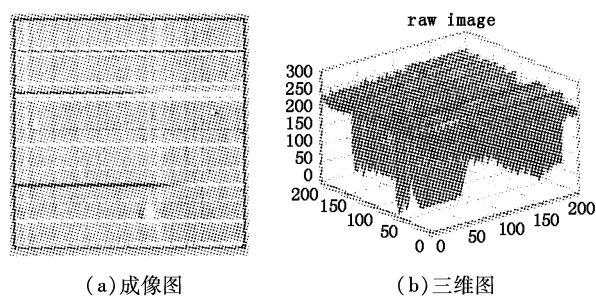


图2 处理前的均匀背景成像图

Fig. 2 infrared image of uniformity background before processing

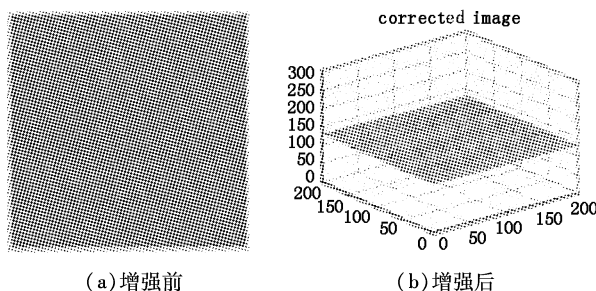


图3 处理后的均匀背景成像图

Fig. 3 infrared image of uniformity background after processing

4 结 语

红外成像技术的应用将越来越广,相应地对红

外视频处理技术实时性的要求将越来越高。本文提出的基于 DSP + PPGA 的信号处理系统,具有实时大容量的处理能力,结构灵活而易于扩展,适于模块化设计,对不同结构算法都有较强的适应能力。它为视频处理系统设计中如何处理软硬件的关系提供了一个较好的解决方案。今后,这种基于 DSP + FPGA 结构的信号处理系统将成为红外视频处理系统发展的一个重要方向。

参考文献:

- [1] Cao Zhiguo, Sang Nong. Digital implementation of nonuniformity correction for IRFPAs[C]//SPIE. 1999, 3698: 807-814.
- [2] Scribner D A, Kruer M R, Gridley C J. Measurement, characterization, and modeling of noise in staring infrared focal plan array[C]//SPIE. 1987, 782: 147-160.
- [3] 周慧鑫,王炳健,刘上乾,等. 红外焦平面器件非均匀性校正数字实现[J]. 系统工程与电子技术. 2004, 26(1): 130-132.
- [4] 周慧鑫,赖睿,刘上乾,等. 高精度红外焦平面成像实时处理系统[J]. 半导体光电. 2005, 26(1): 69-71.
- [5] 来晓岚,赵佳明,卢焕章. DSP + FPGA 实时信号处理系统[J]. 电子技术应用. 2000, 26(9): 14-16.
- [6] 吕宇,吴嗣亮. DSP + FPGA 实时信号处理系统中 FPGA 设计的关键问题[J]. 微计算机信息, 2005(5): 80-81.