

文章编号: 1672-8785(2015)05-0012-04

基于 Camera Link 的红外图像显示研究

张 驰 葛 军 李范鸣

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘 要: 为红外相机设计了一套基于 Camera Link 的红外图像实时显示系统。红外探测器产生的模拟信号经模数转换后, 由作为控制核心的 FPGA 进行处理, 然后通过光纤实现远距离传输。接收端的 FPGA 将信号转换成 Camera Link 协议数据, 再将它们传送给上位机的图像采集板卡进行采集和转换, 最终通过上位机软件将其实时显示出来。

关键词: 红外; Camera link; 现场可编程门阵列; 光纤

中图分类号: TN215 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.05.003

Research on Real-time Infrared Imaging System Based on Cameralink

ZHANG Chi, GE Jun, LI Fan-ming

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: A real-time infrared image displaying system based on Camera Link is designed for an infrared camera. The analog signal from an infrared detector is converted to the digital one in an analog to digital converter. As a control core, the FPGA is used to process the signal and transmit it remotely via optical fibers. Then, the FPGA at the receiving terminal is used to convert the signal to the Camera Link protocol data and transmit it to the image collection card of the computer for data collection and conversion. Finally, the image data is displayed via the software in the computer.

Key words: infrared; Camera Link; FPGA; optical fiber

0 引言

近年来, 随着红外焦平面阵列技术的不断发展, 红外相机在航天遥感和空间目标跟踪与观测方面扮演着越来越重要的角色, 高分辨率、高帧频红外相机也对后续的图像处理与显示提出了更高的要求^[1-3]。而 Camera Link 标准接口则很好地解决了高数据率、高可靠性等问题, 可以灵活地为红外相机和采集卡提供方便、高效的传输。针对 Camera Link 线缆传输距离短的问题, 通常可通过光纤传输来增加数据传输距离并满足实时性要求。

本文提出一种基于 Camera Link 的红外图像采集与显示系统。该系统利用 FPGA 强大的实时处理能力、模块化设计以及灵活的编程能力, 对帧率为 100 fps、分辨率为 640×512×14 bit 的图像进行采集和处理, 并将其交由上位机进行图像显示。

1 Camera Link 协议标准简介

Camera Link 是在美国国家半导体公司研发的 Channel Link 的基础上发展而来的。它增加了一些传输控制信号, 比如相机控制信号和异步

收稿日期: 2015-04-06

作者简介: 张驰(1989-), 男, 福建人, 博士研究生, 主要从事激光与红外复合成像研究。E-mail: fjpnman@163.com

串行通信信号等, 并将此应用于高速图像数据采集。

Channel Link 利用一个并转串驱动器和一个串转并接收器来传输数据 (见图 1)。该驱动器有 28 bit 的单端数据信号和 1 路单端时钟信号。这些信号在驱动器端被串行化成 4 对 LVDS 信号和 1 对 LVDS 时钟信号, 然后在接收器端被转换成 28 bit 数据信号和 1 对时钟信号。Camera Link 可以分为 Base、Medium、Full 三种传输模式。其中, Base 模式仅使用单驱动/接收器, Medium 模式使用双驱动/接收器, 而 Full 模式则使用三驱动/接收器, 可根据实际的工作频率和传输速率来加以选择 [5]。

本文选用 Base 模式。在该模式下, Camera Link 将其中的 24 bit 用于传输图像数据, 且 4 bit 分别为数据有效 (DVAL)、行有效 (LVAL)、帧有效 (FVAL) 和保留信号 (SPARE)。此外, Camera Link 协议还可提供相机控制信号 (CC1-CC4) 和串口通信信号 (SerTC、SerTFG)。

2 系统设计

图 2 为图像采集与显示系统的结构图。该系统的 FPGA 均使用美国 Altera 公司生产的 Cyclone III 系列中的低成本、高性能 EP3C120 芯片。利用 FPGA 的可反复、可编程特点可实现驱动脉冲工作参数的调节。将焦平面阵列探测器输出并经 A/D 转换芯片 AD9244 转换的图像数据兵兵缓存入两片内 SRAM 中, 然后通过 2 对高速串行/解串行器 TLK2711 和光电转换模块的配合使用, 完成光纤传输。之后接收端的 FPGA 读出一帧图像并将其合成为符合 Camera Link 传输标准的数据流, 然后通过 DS90CR287 芯片将其发出。

2.1 图像采集及 A/D 转换

焦平面探测器的模拟信号通过 4 个输出端口 (OUT1、OUT2、OUT3、OUT4) 并行输出。探测器驱动脉冲包括探测器积分脉冲 INT、像元读出脉冲 MC 以及探测器模拟输出有效脉冲 D-

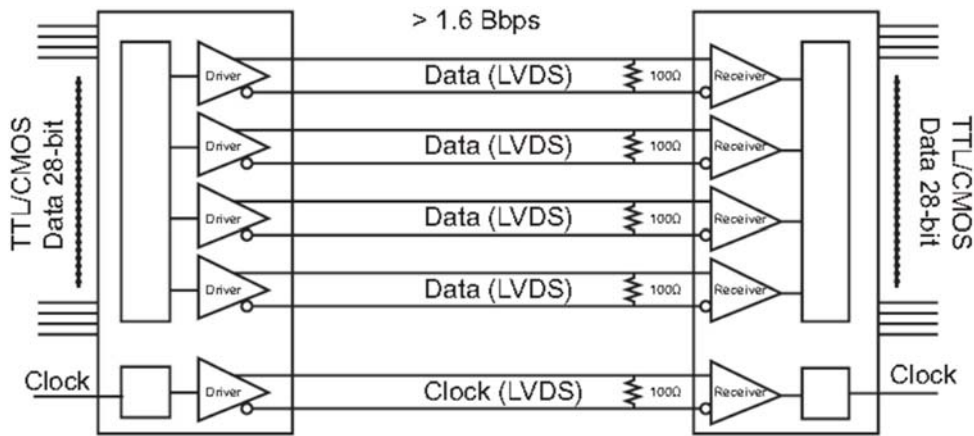


图 1 Channel Link 的示意图

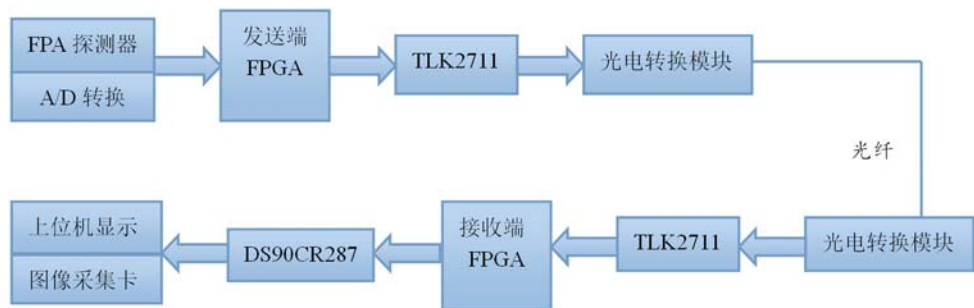


图 2 图像采集与显示系统的结构图

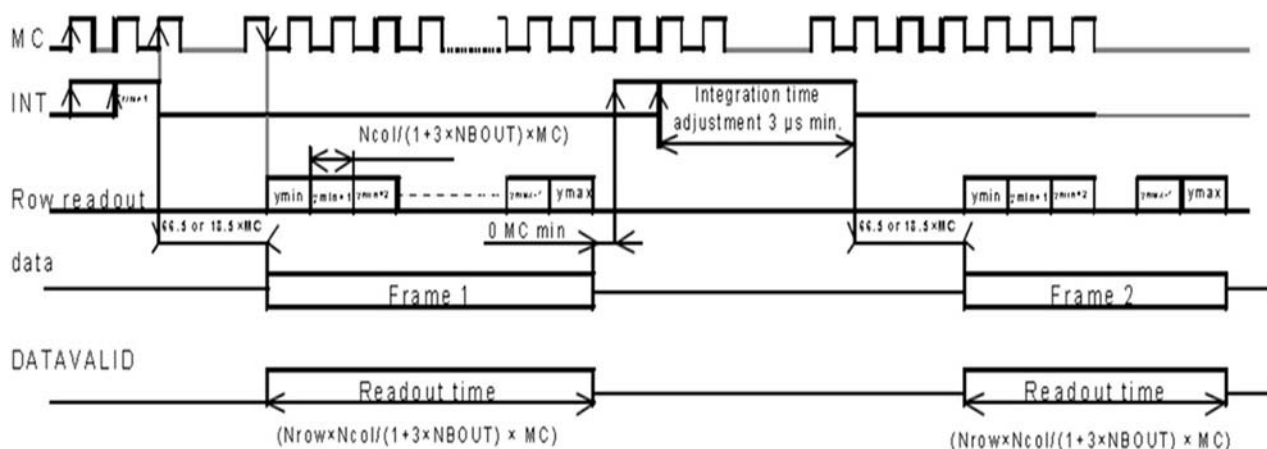


图3 探测器的驱动时序图

ATAVALID。探测器输出的4路数据被差分放大器分别转换为4路LVDS信号,然后再由高精度AD9244芯片进行模数转换。图3为探测器的驱动时序图。

AD9244是美国AD公司生产的一款14位高精度高速模数转换器。它提供了片内的参考电压,集成了高性能的抽样和保持放大器,并具有高达65 MSPS的最高抽样速率和750 MSPS的模拟输入信号带宽。其模拟输入范围设置为2V;经14 bit量化,量化精度为 $2000/214=122 \mu\text{V}$,量化噪声为 $\text{LSB}/121/2=35 \mu\text{V}$,探测器的输出噪声为 $320 \mu\text{V}$ 。由此可见,AD9244对于探测器输出的模拟信号可以提供足够高的量化精度。发送端的FPGA芯片将接收到的A/D转换数据乒乓缓存入两片内的SRAM中,待缓冲完一帧图像后,由TLK2711将图像数据发送出去,同时缓冲另一SRAM。

2.2 串/并转换及光纤传输

TLK2711是美国TI公司生产的一款高速串行/解串器。它具有16位的并行接口,可通过8B/10B编码成为20位并行数据,编码后的20位数据以20倍于参考时钟的速率发送出去。在解串器端,接收器使收到的串行数据与参考时钟保持同步,并将这些数据再以8B/10B编码方式恢复为16位并行数据。上述16位数据的编码和解码需要有2个8位模块才能独立实现,这可

通过FPGA提供的额外输入信号控制功能来完成。在本系统中,TLK2711可以实现传输14位的图像数据、1位的数据有效信号DVAL和1位的像素时钟信号。TLK2711发出的数据通过光电转换模块实现光纤传输。

2.3 图像数据处理及上位机显示

当接收端的FPGA接收到图像数据时,将DVAL信号置为有效,并分别将帧有效信号FVAL和行有效信号LVAL置高。发送完一行数据后,将行有效信号置低;经过行消隐时间后,传输下一行数据,同时把行有效信号置高;发送完一帧数据后,将帧有效信号置低。然后再将Camera Link数据交由上位机的图像采集卡进行处理和显示(效果图见图4)。

传统的上位机图像处理方式是将图像读出后以文件形式保存在硬盘上,然后再将其从硬盘调入内存进行处理。这样的处理方法存在占用大量存储容量和无法满足图像处理实时性要求的问题。为了解决上述问题,本文采取了直接在内存中处理图像灰度值的方法。其要点是首先必须找到内存中数据区域的起始地址,其次指针所指向的内存区域必须具有足以存放一幅图像的所有灰度值。利用VS2010软件对原始图像数据进行了一点校正运算,其处理结果见图5。结果表明,图像显示满足实时性要求。

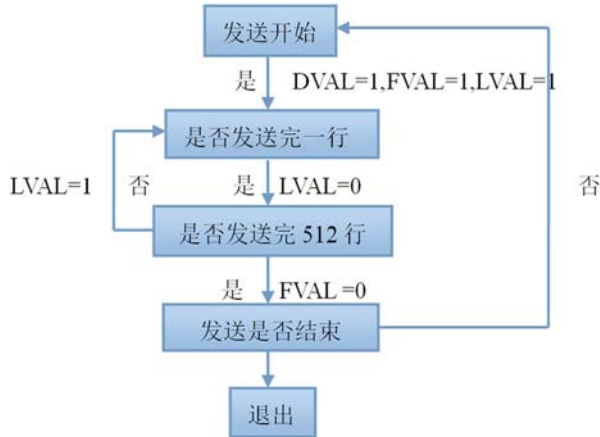


图 4 图像输出控制信号的流程图



图 5 上位机显示的红外图像

3 结束语

本文实现了通过 Camera Link 协议的红外焦平面实时显示, 在 100 fps 下显示了 640×512 大小的清晰红外图像, 且所示图像稳定。该系统满足商业和工业应用的要求, 可以应用于将来的项目设计。

参考文献

- [1] 冯伟昌, 林玉池, 何冬. 基于 FPGA 的双通道实时图像处理系统 [J]. 传感技术学报, 2010, 23(8): 1118-1122.
- [2] 罗辉舞, 洪海丽, 任宇飞. 基于 Cameraa link 接口的图像采集控制器的设计与实现 [J]. 电子测量技术, 2010, 33(7): 23-25.
- [3] 李宁, 汪骏发. 基于 Cameraa Link 的高速数据采集系统 [J]. 红外, 2005, 26(7): 31-37.
- [4] 郑耀锋, 郭炳. 基于 Cameraa link 和 VGA 的高速图像采集处理系统 [J]. 光电系统, 2008, 28(4): 511-513.
- [5] Basler, Dalsa, NI, et al. Cameraalink Specifications of the Cameraalink Interface Standard for Digital Cameraas and Framegrabbers [S].
- [6] 千应庆, 裴宇. 基于时分复用的 Cameraalink 高清视频光纤传输技术 [J]. 光通信技术, 2010, 22(10): 54-56.
- [7] 曾晔, 项安. 一个基于 CameraLink 的图像采集系统的研究 [J]. 计算机应用与软件, 2010, 24(11): 245-249.

(上接第 7 页)

初步的探测距离。根据计算结果, 在 $4.3 \mu\text{m}$ 波段进行探测时, 探测距离均小于目标与卫星之间的距离, 因此无法探测到目标。在 $2.7 \mu\text{m}$ 波段进行探测时, 如果目标高度处于 $30 \sim 50 \text{ km}$, 则临界探测俯仰角为 36° , 对应的探测距离在 2150 km 左右, 说明卫星的探测俯仰角在 36° 以外将无法探测到目标。这与信杂比的计算结果相吻合。通过上述分析可知, 低轨红外探测卫星对高

动态目标的探测能力有限。

参考文献

- [1] 戴聪明, 魏合理, 陈秀红. 通用大气辐射传输软件 (CART) 分子吸收和热辐射计算精度验证 [J]. 红外与激光工程, 2013, 35(1): 174-180.
- [2] 徐根兴. 目标和环境的光学效应 [M]. 北京: 中国宇航出版社, 2009.
- [3] 林妍. 大气层内高超声速飞行器光辐射特性建模 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.