

IRFPA 图像采集系统的设计与实现*

潘 鸣^{1,2} 裴云天² 吴贵臣¹ 赖雪峰²

(1 中国科学院国家授时中心, 西安 710600)

(2 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘 要 介绍了基于 USB2.0 的高速红外图像采集系统的总体设计思想. 用 CPLD 实现 IRFPA 探测器和 FIFO 的时序控制驱动电路、奇偶数据整合, 采用 FIFO 作为数据缓存, 达到了系统结构简化和性能优化的目的. 研制出一套完整的红外焦平面高速图像采集系统. 结果表明: 该系统能够满足使用要求.

关键词 红外凝视成像; USB2.0; IRFPA; FIFO; CPLD; 数据采集

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

0 引言

为了对 IRFPA 探测器凝视成像及其处理进行深入研究, 需要构建一个试验平台, 即“IRFPA 图像采集系统”. 随着红外焦平面阵列 (IRFPA) 技术的发展, 探测元的规模有了很大的提高, 可达 2048×2048 元^[1,2], 多光谱 (多色) 探测器技术也日臻成熟^[3]. 对相应的图像采集系统的数据传输和处理能力也有了较高的要求. 通常的 IRFPA 图像采集卡采用的是 ISA 总线或 PCI 总线插卡^[4], 这种插卡方式由于其装拆不方便 (尤其是对于试验平台, 经常需要拆装), 甚至会造成硬件的损坏. 这就促使我们考虑使用插拔灵活接口方式来实现采集系统与处理终端计算机的实时通信.

通用串行总线 (USB) 是近年来发展起来的一种新型的计算机与外设的接口形式, 已经在鼠标、打印机、扫描仪等设备广泛应用. 尤其是最近推出的 USB2.0 较原来的 USB1.1 版本, 数据传输速度方面有了 20 倍的提高, 从 12 Mb/s 到 480 Mb/s, 把应用范围推广到了实时图像传输设备. 对于 IRFPA 探测器, 以 256×256 元为例, 如果采集为 12 位数字信号, 每秒 30 帧, 仅原始数据就达 23 Mbits/s. 因而 USB1.0 版本不能满足使用要求, 故可选择 USB2.0 作为数据传输接口.

对 IRFPA 探测器的数据整合, 也是实时处理的

一个关键点. 为了将像元信号快速读出, IRFPA 探测器的读出电路多采用多路输出方式, 中科院上海技术物理所选用的探测器是两路输出, 而法国 SOFRADIR 公司的 320×256 IRFPA 探测器提供四路输出方式. 为了实现图像的实时地快速处理, 必须将数据整合为整帧数据格式. 本文介绍了一个完整的系统设计和实现, 为深入研究凝视红外成像及其处理方法构建了一个试验平台, 设计采用 CPLD 实现了快速数据整合, 为系统的实时高速奠定了基础, 其设计思想对高速数据采集系统有一定的借鉴意义.

1 系统方案原理

IRFPA 探测器由 $M \times N$ 元阵列与读出电路互连混成. 探测器信号通过读出电路, 分奇、偶读出 (即按 $M \times (N/2)$ 分两路输出).

系统原理见图 1. 由光学系统所成的像通过 FPA 探测器转换成电信号, 由于 FPA 探测器各阵元的信号分别通过偶列输出端和奇列输出端移位输出, 所以分别由两路放大滤波、直流抑制、A/D 转换, 然后两路数字信号同时进入数据整合单元, 该单元将两路奇偶列信号整合为完整的行信号, 并产生帧同步头数据, 然后将数据送入缓存 FIFO. FIFO 中的数据由 USB 接口单元读出, 通过该单元的处理, 所采集到的数据被发送到计算机进一步处理、显示、存储等.

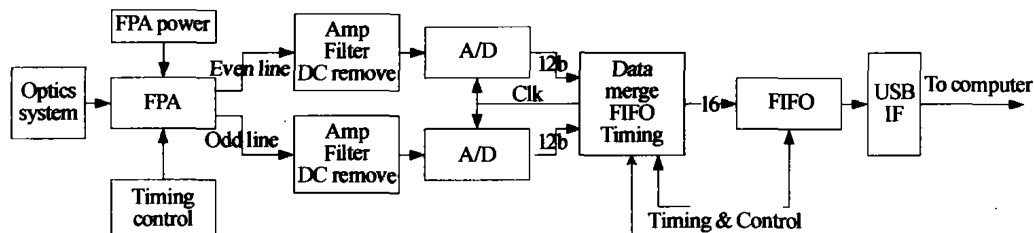


图 1 系统原理

Fig. 1 Principle of the system

2 硬件设计

2.1 FPA 外围电路

FPA 探测器的驱动包括偏置、参考电源和时序控制等。电源采用低噪声电源调理模块分压后提供,时序控制由一片 CPLD (XC95108-10PQ100) 完成,实现时序的程序由 VHDL 编写。该单元的时钟由数据整合单元提供,同时该单元产生的帧同步脉冲要送给数据整合单元,以保证系统数据的同步。

2.2 直流抑制、放大滤波电路

为了得到最佳的动态范围和中心探测温度,需要对信号中的直流成分实行平移和抑制,为了避免不必要的噪声,采用低噪声的基准电源和运算放大器来实现。

电信号的放大、滤波采用低噪声宽带运算放大器实现,综合考虑信号带宽和信噪比,滤波带宽设计为 4 MHz。耦合方式为直接耦合方式。

2.3 A/D 转换电路

A/D 转换器采 AD9220,该芯片具有灵活的输入电压范围,三级流水线结构,12 位、10 MHz 采样率。根据信号幅度,在设计中采用 0~5 V 的输入电压,采样时钟为 1 MHz。

2.4 数据整合电路

数据整合由一片 CPLD(XC95144XL10TQ144C) 完成,程序用 VHDL 编写。当 AD 采集的输入数据有效时,将两路输入数据并成 16 位输出,同时对 FIFO 发出写使能信号;当帧同步信号有效而 AD 采集数据无效时,输出帧同步头数据,同时对 FIFO 发出写使能信号。即在完成数据整合的同时实现 FIFO 的时序控制和数据同步。

2.5 数据缓存(FIFO)电路

FIFO 采用 CY7C4285,存储量为 64K×18,并具有高速、低功耗,可同步、异步读写操作等性能,满足本系统对存储量、读写方式和速度的需求。写时钟为 8 MHz,与写操作相关的时序由整合单元的 CPLD 提供;读时钟为 48 MHz,与读操作相关的时序由 USB 接口单元提供。

2.6 USB 接口电路

USB 接口单元采用 128 脚封装的 CY7C68013-128TQPF,EZ-USB FX2 USB 外设微控制器芯片。该芯片兼容 USB2.0 和 USB1.1 规范,并对高速(High-speed)、全速(Full-speed)、低速(Low-speed)三种工作模式兼容。FX2 128 脚封装简要框图如图 2。

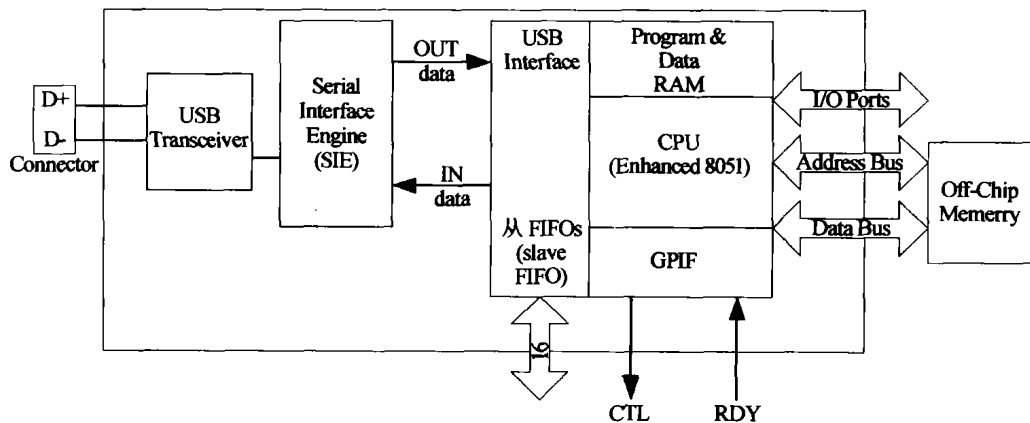


图 2 FX2 128 脚封装简化框图

Fig. 2 FX2 128-pin package simplified block diagram

USB 协议的实现基于网络的思想,是一种共享式的总线,在总线上数据以包(Packet)的形式发送。USB 有四种的传输方式控制(Control)、同步(isochronous)、中断(interrupt)、大量(bulk)。各种传输方式的最大传输速率如表 1 所示。

表 1 USB 数据的最大传输速率

传输类型	每一个端点的最大数据传输速率(kB/s)		
	低速	全速	高速
控制	24	823	15872
中断	0.8	64	24576
批量	不允许	1216	53248
实时		1023	24576

当需要快速传输大批量的准确数据时,一般采用批量传输模式;当传输实时性较强的数据时,采用中断传输模式。

从表 1 中可以看出批量传输具有最大的传输速率。对于批量传输,主机控制器保证批量传输的完成,但没有保留给批量传输任何的带宽。控制传输保证在低/全速时会有 10% 的带宽,高速时会有 20% 的带宽,当总线忙时,批量传输可能会需要很长的时间;总线闲置时,批量传输可以使用任何形式的大部分带宽,且批量传输的表头很小,所以是最快的传输。

在闲置的高速总线上,13 个 512 字节的批量传输可以传输到每个微帧 6656 个数据字节,数据速率是 53.248 MB/s。(每帧 1 ms,每帧等于 8 个微帧)

对于本文的情况,计算机作为显示处理终端使用时,USB 总线专门供图像信号的数据传输所用。所以,我们选用批量传输方式,以获得最大的传输速

率,对于 256X256 探测器,传输能力可达每秒 400 帧以上.

在 FX2-USB 模块中,有一个通用可编程接口 (General Programmable Interface 即 GPIF),配合 Cypress 公司提供的工具软件 GPIF Tool,可以方便地实现对外部接口实行控制、对端点 FIFO 的读/写操作,从而实现与外设进行快速数据交换.

在设计中我们使用 GPIF Tool,生成了固件的初步设计,根据实际情况稍加修改后与驱动程序一起编译,实现了从 USB 总线加载固件的目的.

3 软件设计和实现

3.1 固件 (Firmware) 程序的设计

固件设计是利用 8051 程序代码来实现 FX2-USB 芯片的初始设置、USB 标准设备请求处理以及 USB 闲置模式的电源管理服务等等.

Cypress 公司所提供的范例已经提供了固件的基本架构,我们只是根据本设计的具体需求进行一些修改即可.

本设计使用端点 2(输出)和端点 6(输入)进行数据交换,批量 (bulk) 传输模式,数据包大小为 512bytes.

3.2 驱动程序的设计

开发 USB 设备驱动程序,通常采用驱动程序开发包 Driver Works 和 2000DDK. Driver Works 提供的驱动向导,可根据用户的需要,自动生成代码框架.减少了开发的难度,缩短了开发的周期,对其进行适当修改后,用 DDK 编译成所需的驱动程序即可.

3.3 应用程序的设计

A Design and Implementation of the IRFPA Image Sampling System

Pan Ming^{1,2}, Pei Yuntian², Wu Guichen¹, Lai Xuefeng²

¹ National Time Service Center, Chinese Academy of Sciences, Xian 710600

² Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083

Received date:2004-05-19

Abstract A system architecture design and implement methodology about the high-speed infrared image sampling system based on USB 2.0 is presented. Through using CPLD to implement the timing control and drive circuits of the IRFPA sonde and the FIFO and to merge odd and even data sampled from the sonde and using FIFO to be data cache, a point to simplify the system architecture and optimize the system performance is carried and a set of IRFPA high-speed image sampling system is build up. The result of experiments indicates that the system can satisfy the request to use, and the design idea is useful for reference to other similar system.

Keywords Infrared staring imaging; USB2.0; IRFPA; CPLD; Data sampling

Pan Ming was born in 1958. He is working towards the Ph. D. degree in National Time Service Center and on photoelectric imaging and image processing technology in Shanghai Institute of Technical Physics. His interested field is signal detect and processing.



本设计的应用程序主要是通过 USB 从外设 (FPA 图像采集系统) 读入数据,并进行进一步的处理、显示、存储等,采用的开发平台是 VC++6.0.

4 结论

本设计采用 USB2.0 作为 FPA 图像数据采集系统的数据通信总线,同时采用了先进的 CPLD 实现 FPA 的驱动时序和快速数据整合,采用大容量的 FIFO 作为图像数据缓存,简化了设计,提高了系统设计的灵活性和可扩展性,保证了高数据流的快速通信,实现了一个完整的红外焦平面试验平台,该平台的数据传输能力可达每秒 400 帧. 其设计思想和实现方法可以推广应用于其他类似系统.

参考文献

- 1 孙志君. 红外焦平面阵列技术的发展现状与趋势. 今日电子, 网络互动栏目, <http://www.epc.com.cn/wangkanhudong/index.html>
- 2 Sun Z J. The Actuality and Progress Trends of IRFPA Technology, Electronic Products China, <http://www.epc.com.cn/wangkanhudong/index.html>
- 3 Love P J, Hoffman A W, Gulbransen D J, et al. Large-format 0.85- and 2.5- μm HgCdTe detector arrays for low-background applications. *Proc SPIE*, 2004, 5167:134 ~ 143
- 4 Smith E P, Pham L T, Venzor G M, et al. Tow-color HgCdTe infrared staring focal plane arrays. *Proc SPIE*, 2003, 5209:1 ~ 13
- 4 胡旭,潘银松,张文普,等. 基于 PCI 的 ROIC 测试用数据采集系统. 红外技术, 2002, 24(5):30 ~ 33
Hu X, Pan Y S, Zhang W P, et al. *Infrared Technology*, 2002, 24(5):30 ~ 33