

基于 USB的高精度红外视频采集系统

曲 锋^{1,2}, 刘建卓^{1,2}, 郭帮辉¹, 王 健¹, 刘 英¹, 李 淳¹, 孙 强¹

(1 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林长春 130033 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 为实现红外视频的高精度采集, 并保证系统轻小、便携, 采用 USB 传输技术, 设计了以 FX2 系列芯片为 USB 接口芯片, 通过 FPGA 芯片进行视频数据的采集、解码及编码的视频采集系统。系统将从红外探测器的 LVDS 接口采集的视频数据通过 USB 传输至 PC 机, 并由 PC 机上的应用程序进行视频的处理、保存等操作。详细研究了电路的软硬件部分的设计。最终实验结果表明: 系统能够实时采集和显示红外视频, 同时保证了采集到的视频数据 14bit 精度的要求。

关键词: 视频采集; 红外探测器; USB 高精度

中图分类号: TP911

文献标识码: A

文章编号: 1002-1841(2011)03-0055-03

Highly Precise Infrared Image Acquisition System Based on USB

QU Feng^{1,2}, LIU Jian-zhuo^{1,2}, GUO Bang-hui¹, WANG Jian¹, LIU Ying¹, LI Chun¹, SUN Qiang¹

(1 Changchun Institute of Optics Fine Mechanics and Physics Chinese Academy of Sciences Changchun 130033, China

2 Graduate School Chinese Academy of Sciences Beijing 100049, China)

Abstract To acquire the infrared image high precisely using a portable system, an image acquisition system was designed based on USB technology. This system applied a FPGA to acquire image data, decode and encode it and then used a FX2 IC as the USB interface IC. The image data can be acquired from infrared detectors LVDS interface, and then transferred to PC via USB, where the data can be processed or save by software. This paper introduced the hardware and software design in detail. The experiment results show that this system can grab or display infrared image in real time. It satisfies with the requirement of the image data's precision is 14bit.

Key words infrared detector; image data acquisition; USB; high precision

0 引言

传统的图像采集卡主要是用于 S-V ideo 和复合视频信号, 一般只能支持 PAL、NTSC 彩色或黑白视频输入, 图像采集分辨率为 768×576, 精度通常为 8bit。这种常规的图像采集卡通常不适用于高分辨率、高精度的红外目标图像处理的工程项目中, 而且其 PCI 的结构也不利于实现系统的便携性^[1-3]。

为保证系统视频数据分辨率和 14bit 的高精度要求, 同时满足系统便携性^[4], 文中利用通用串行总线 (USB) 具有即插即用、可热插拔、接口体积小、高带宽、扩展方便、高传输速率、采用总线供电、低成本等优点, 设计了以 USB2.0 为传输接口, 利用 FPGA 作为处理芯片, 对具有 LVDS 视频接口红外探测器进行视频数据采集的接口板。

1 系统结构设计

系统主要由 LVDS 接口、基于 FPGA 的协议数据转换以及 LVDS 接口等部分组成, 如图 1 所示。首先由 FPGA 芯片将 LVDS 差分信号读入, 然后通过相应的协议进行数据解码, 再将数据进行编码, 由 CY7C68013 将编码后的数据传输到上位机。FPGA 还必须能解析按键输入的命令以控制红外探测器, 以及上位机通过 USB 口传输的控制命令。

2 系统采集电路设计

基金项目: 国家 863 项目 (2007AA12Z110); 国家自然科学基金资助项目 (60977001); 吉林省科技发展计划杰出青年项目

收稿日期: 2010-05-31; 收修改稿日期: 2010-11-30

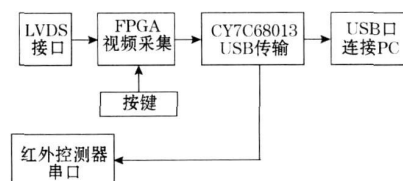


图 1 USB 红外探测器视频采集系统结构图

将系统分成 2 部分进行讨论: 一部分是红外探测器数据的采集部分, 主要介绍了 LVDS 信号的相关采集方式; 另一部分是视频数据传输部分, 主要讨论了视频数据的编码和传输。

2.1 红外探测器数据采集电路设计

系统中使用的红外探测器是一款长波非制冷型探测器^[5], 分辨率为 320×256, 同时具有视频伪彩输出、增益设置、图像缩放、图像滤波等功能, 其最小输入电压为 5V, 最小为 1.65W, 峰值功率不超过 4W, 因此, 这款红外探测器非常适合直接用 USB 口进行供电, 方便系统的集成, 便于携带和使用。同时这款探测器还提供了丰富的视频输出接口, 包括 NTSC/PAL 复合视频信号输出, 8bit/14bit 可选的 LVDS 视频信号输出。还可以通过串口对该红外探测器的进行相关的功能控制等。图 2 为红外探测器 LVDS 视频信号接口时序图。

其中 Data_Clk 的时钟频率为 73.636 MHz, Data_Out 是串行时钟信号, 数据输出的格式如图 3 所示。

由图 3 可以看出, 每帧有 256 组数据, 每组数据包括 324 个像素点的值, 其中第 0 组数据代表第 1 行的像素值, 以此类推。

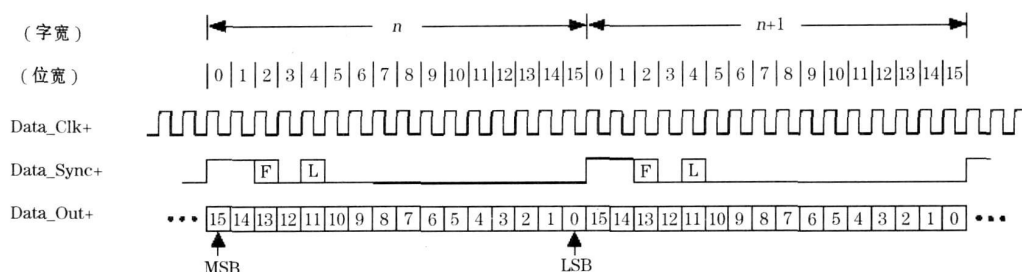


图 2 红外探测器 LVDS 视频信号时序图

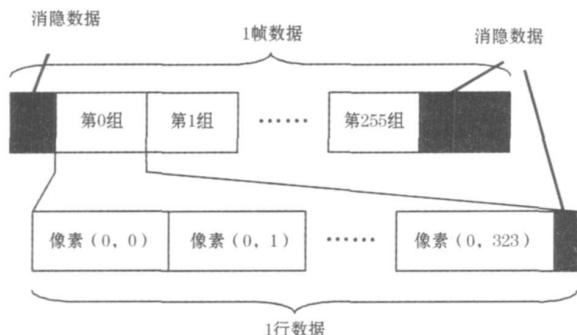


图 3 数据输出格式示意图

由于 LVDS 接口输出的视频信号是串行数据, 因此在 FPGA 接收后, 需要将其转换成并行数据以供后续处理, 在 FPGA 中, 由 Data_Clk 信号进行接收同步控制, 每 16 个时钟完成一个控制, 并 1/16 的 Data_Clk 时钟频率 (即 4.6 MHz) 进行并行数据的输出给后续处理模块。

2.2 视频数据传输电路的设计

在视频数据传输电路的设计中, 采用 EZ-USB FX2 器件 CY7C68013 作为 USB 传输接口芯片, 该器件内部集成 USB 2.0 收发器智能串行引擎 SIE, 增强型 8051 控制器, 通用可编程接口 (GPIO), 8.5KB 的 RAM 和 4KB 的 FIFO 存储器, FX2 系列的独创性设计可以满足 USB 2.0 的总线带宽^[6]。

在系统中, 该接口芯片主要以传输上位机的控制信息和视频数据为主, 因此可将其设置为 Slave FIFO 模式, USB 串行接口引擎 (SIE) 直接与 Slave FIFO 传输数据, Slave FIFO 再与外部设备 FPGA 通信, 从而实现 PC 机与 FPGA 的通信, 并显示视频数据。图 4 为 FX2 的数据传输原理示意图。

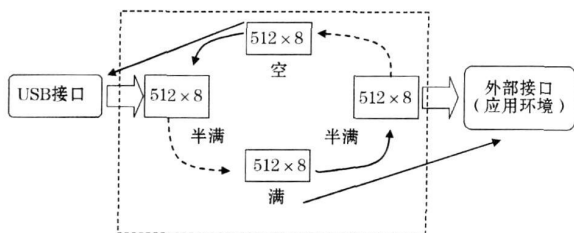


图 4 FX2 的数据传输原理

图 4 中, USB 执行 OUT 传输, 将 EP2 端点设成 512 字节四重 FIFO。在 USB 端和外部接口端并不知道有四重 FIFO。USB 端只要有 1 个 FIFO 为半满, 就可以继续发送数据。当被操作

的 FIFO 写满时, FX2 自动将其转换到外部接口端排队等候读取, 并将 USB 接口队列中下一个空的 FIFO 转移到 USB 接口上, 供其继续写数据。外部接口端与此类似, 只要有 1 个 FIFO 为半满, 就可以继续读取数据。当前操作的 FIFO 读空时, FX2 自动将其转换到 USB 接口端, 排队等候写入, 并将外部接口队列中下一个为满的 FIFO 转移到外部接口上, 供其继续读取数据。

在同步 Slave FIFO 模式下, FX2 芯片最大的写入速度为 48 Mbit/s 而图像传输数据量为 $324 \times 256 \times 25 \times 3 = 6 \text{ Mbit}$ 因此作为编码的 FPGA 芯片有足够的时间将所有图像数据输出。而且 FX2 芯片的同步 FIFO 接口也非常简单, 有利于 FPGA 的程序开发。

图 5 为 FX2 同步 FIFO 时序示意图。图中, IFCLK 的时钟为写速度时钟, SLWR 为写信号, 低有效, 因此, 在 FPGA 中只要满足该时序即可将数据通过 USB 输出。

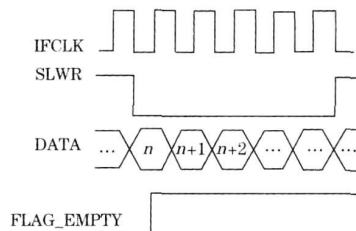


图 5 FX2 同步 FIFO 时序示意图

3 系统软件设计

系统软件包括 USB 固件程序、USB 设备驱动程序和应用程序 3 部分。EZ-USB FX2LP 软件开发包为用户开发该系列的 USB 芯片提供了很大的方便。无论是开发基于外设的 8051 固件程序, 还是开发基于 USB 主机的设备驱动程序和应用程序, 该软件包都提供了较完备的程序框架和例程。

3.1 固件程序的设计

在使用固件框架进行特定的固件开发时, 固件框架已经实现了初始化、重列举、电源管理等功能。对用户而言, 只需要在固件架构的预留位置处添加代码, 就可以完成特定的功能。在 TD_Init() 函数中添加功能代码, 完成初始化以及端点配置等工作, 在 TD_Poll() 函数中添加其他代码可完成各种辅助功能。这样大大简化了用户对程序的编写, 在不十分了解 USB 2.0 协议的情况下, 也能通过代码的编写, 实现 USB 的传输功能。

3.2 设备驱动程序的设计

驱动程序主要功能包括: 从控制端点 0 读取规定个数的数据、向端点 0 发出控制命令、从端点 2 批量读数据等。驱动程序的开发采用 DriveStudio3.2 驱动程序开发包及 VC++ 6.0 使用开发包中的向导程序 Driver Wizard 就可以方便地生成驱动程序框架、模块及部分程序源代码, 开发者只需要在功能模块中加入自己的实现程序就能完成复杂 USB 设备的驱动程序设计。图 6 为该 USB 设备驱动模型。

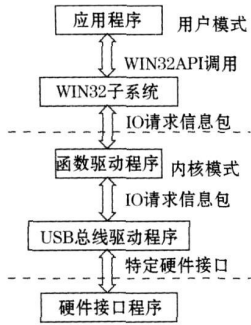


图 6 USB 设备驱动模型

3.3 上位机应用程序的设计

应用软件主要由动态链接库和操作界面程序 2 部分组成。动态链接库使用 VC++ 6.0 编程实现, 负责与 USB 设备驱动程序通信, 响应应用程序的各种请求; 操作界面程序同样使用 VC++ 6.0 实现, 负责开启或关闭 USB 设备、检测 USB 设备、设定采集参数、连接设备、启动和停止采集、保存视频图像、设

置探测器参数等操作。当点击控制面板相应的功能按键时, 通过动态链接库, 在 CY7C68013 的相应的 PD 口产生串口数据, 对红外探测器进行参数设置, 并控制 FPGA 进行相应操作, 从而获得用户要求的视频数据。

4 结束语

通过对该视频采集系统的实验表明: 该系统能够实时采集和显示红外视频, 并保证了视频数据的高精度特点。整个系统包括红外探测器在内可直接用 PC 机的 USB 口供电, 而且采集电路与红外探测器安装在一起, 省去了图像采集卡, 使得系统方便携带, 尤其适合野外环境下应用。

参考文献:

[1] 张起贵, 张磊, 倪嘉. 基于 USB 的高分辨率图形采集分析系统的设计. 电脑开发与应用, 2009, 22(5): 38-40

[2] 王海淀, 杨晓非. 基于 FPGA 的高速图像采集系统设计. 单片机与嵌入式系统应用, 2009(3): 28-30.

[3] 安荣, 任勇峰, 李圣昆. 基于 FPGA 和 USB2.0 的数据采集系统. 仪表技术与传感器, 2009(3): 49-51.

[4] 邹小芳, 许剑. 便携式高速数据采集处理系统. 仪表技术与传感器, 2008(3): 23-24.

[5] FLIR Systems. Photon Block 2 User Guide[EB/OL]. 2008 <http://www.corebyindia.com/PDF/oaen/41200350010Rev100.pdf>

[6] 黄玲. 基于 AD9883A 与 USB 的 VGA 图像采集与显示系统. 电子设计工程, 2009, 17(5): 66-68

作者简介: 曲锋 (1984-), 博士研究生, 研究方向为红外方向的图像处理, 硬件设计. E-mail: cimpq@sohu.com

(上接第 51 页)

```
if ( fcksample_event and fcksample = 0 ) then
    if zscont= "10010" then
        zscont<= "00000";
    else
        zscont<= zscont+ 1;
```

并串转换模块使得采集后的 12 位数据转换成 1 位的串行数据输出, 其部分程序如下:

```
if rising_edge( shiftclk) then
    if badtemp2= 0 then
        serialdata <= serialdata( 10 downto 0) & serialdata( 11);
```

4 结束语

该设计实现了多路数据不同频率的高速采集及传输, 采用的反熔丝 FPGA 简化了系统设计, 减小了系统质量和板卡面积。在后期试验及应用过程中, 证明了该采集单元具有高精度、高可靠性、耐辐射等优点。

参考文献:

[1] 李宁, 李刚. 12 位并行输出 AD 转换器 AD7492 国外电子元器件, 2001(4): 38-39.

[2] 任勇峰, 胡振英, 李圣昆. 基于 FPGA 的多路数字量采集模块设计. 电子设计工程, 2008(5): 47

作者简介: 董建勋 (1985-), 硕士研究生, 研究方向为电路与系统。

E-mail: dongjianxun1985@163.com

(上接第 54 页)

5 结束语

综上所述, 采用基于红外传感技术的位移网络测量系统, 安装方便, 易于维护, 成本较低; 利用 CAN 总线的多主方式、高可靠性和灵活性, 系统能够实时精确地监测无缝铁轨线路偏移值。当偏移值超出警戒值时, 系统报警, 符合预防维修理念, 保证了行车安全和有效预防事故发生, 具有很高的可靠性和安全性。采用基于红外传感技术的位移网络测量系统, 具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 陈俊. 客运专线无缝线路参数监测系统的研究: [学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2006

[2] 何红, 赵佐. 基于 CAN 总线的网络化智能传感器研究. 中国科技信息, 2008(23): 92-93.

[3] 于海生. CAN 总线工业测控网络系统的设计与实现. 仪器仪表学报, 2001, 22(1): 17-20

[4] 蒋大明, 戴胜华. 单片机原理与应用. 北京: 北京交通大学出版社, 2005

作者简介: 杨菲 (1985-), 硕士生, 研究方向为交通信息工程及控制, 现场总线. E-mail: fayyang00@126.com