



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111090603 B

(45) 授权公告日 2023.03.14

(21) 申请号 201911406316.X

(22) 申请日 2019.12.31

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111090603 A

(43) 申请公布日 2020.05.01

(73) 专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院  
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号

(72) 发明人 邱晓晗 王煜 司福棋

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责  
任公司 11251

专利代理师 邓治平

(51) Int. Cl.

G06F 13/38 (2006.01)

G06F 13/42 (2006.01)

(56) 对比文件

CN109669902A A, 2019.04.23

CN109405969A A, 2019.03.01

US2007005831A1 A, 2007.01.04

US2002011998A1 A, 2002.01.31

US5404452A A, 1995.04.04

CN101794152A A, 2010.08.04

徐凌云; 胡俊; 江晓山; . 光纤转USB3.0高速  
数据转换模块设计. 2016, (04), 全文.

常振; 王煜; 田禹泽; 张云毅; 林方; 鲁月林;  
王文誉; . 便携式星载光谱仪地面检测台设计与  
实现. 2018, (03), 全文.

审查员 吴海旋

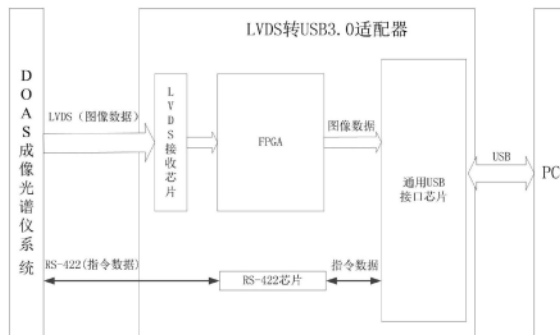
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

一种LVDS转USB3.0适配器

(57) 摘要

本发明公开了一种LVDS转USB3.0适配器,包括FPGA芯片XC3S400、USB接口芯片CYUSB3014、LVDS接收器DS90LV031和RS-422驱动器DS26LV31,还包括LVDS数传接口、RS422数管接口以及USB3.0接口;所述LVDS转USB3.0适配器用于星载或机载光谱仪连接地面检测平台时,可直接接收光谱仪发送的LVDS串行图像数据,将其转换成地面检测平台可以识别的USB接口数据。并且,地面检测平台同时可以利用同一个USB接口,通过该适配器向光谱仪发送RS-422数管控制指令,如图像启停、曝光时间、增益等控制命令,以及时间码信息、卫星或飞机模拟姿态等信息。解决了具有标准航空接口的光谱仪在研制过程中,在地面无法直接连接地检平台的笔记本电脑的问题。



1. 一种LVDS转USB3.0适配器,其特征在于:

包括FPGA芯片、USB接口芯片、LVDS接收器和RS-422驱动器,还包括LVDS数传接口、RS422数管接口以及USB3.0接口;

LVDS接收器用于将光谱仪系统发送的LVDS低压差分信号转换为FPGA能够识别的TTL信号后发送给FPGA;

RS-422驱动器用于将上位机发送的数管控制命令的TTL信号转换为差分信号发送给光谱仪用于对光谱仪的工作模式进行控制;

FPGA芯片用于将接收到的TTL信号进行串并转换,经过FPGA内部RAM进行乒乓缓存后通过与USB接口芯片连接的16位数据线发送给USB接口芯片;并且与USB接口芯片进行通讯,用于控制USB的读写状态、读写地址以及对USB接口芯片端点缓存的满空状态进行监测判断;

FPGA将串并转换完成的LVDS数据转为16bit并行数据,通过USB接口芯片内部的DMA通道,由USB3.0 Micro B型接口发送至上位机;同时上位机通过该B型接口向USB接口芯片发送数管控制指令,经由RS-422驱动器,将TTL信号转换为差分信号发送至光谱仪,对其工作模式进行控制;

首先DOAS成像光谱仪系统将LVDS图像数据发送给USB3.0通讯适配器的LVDS接收芯片,再发送给FPGA进行串并转换,通过FPGA发送给USB芯片,最后通过USB接口发送给上位机;指令数据则直接通过RS-422芯片和USB芯片与上位机直接进行通讯;

LVDS转USB3.0适配器通过USB3.0的Micro B型接口连接上位机,其中SSRX-和SSRS+为超高速数据差分输入引脚,SSTX-和SSTX+为超高速数据差分输出引脚,这两对引脚用于传输USB3.0超高速数据时使用;D-和D+数据差分输入或输出引脚,用于全速、高速和低速时使用;VBUS为5V电源输入引脚,GND为接地引脚,Shell为屏蔽引脚;

LVDS转USB3.0适配器中USB接口芯片CYUSB3014芯片通过GPIF-II与FPGA相连;LVDS转USB3.0适配器采用同步从设备模式,16-bit数据总线;LVDS转USB3.0适配器作为地检连接时,光谱仪系统将一帧图像数据通过LVDS接口发送给FPGA,缓存后,向USB发送高速图像数据,此时USB接口芯片CYUSB3014作为从设备,通过其内部DMA通道将数据传输到USB端点;

USB3.0通讯适配器首先要完成接收光谱仪发送的LVDS图像信号;接收的LVDS图像信号为:1033(行)×1072(列)×16(位),其中一帧图像包含1024行,每行包含1024个像素点,传输速率为43MHz;采用同步时钟信号对LVDS差分信号发送器与LVDS差分信号接收器之间进行时钟信号匹配,当帧同步信号有效时,图像数据信号有效;LVDS信号传输器包括三部分:差分信号发送器,差分信号互联器,差分信号接收器;USB3.0通讯适配器采用差分信号接收器,将平衡传输的LVDS信号转换为非平衡传输的TTL信号;差分信号接收器接收3对差分信号,分别为CLK\_TO\_SWT±、FRAME\_TO\_SWT±、DATA\_TO\_SWT±,即同步时钟信号,帧同步信号以及图像数据信号,通过DS901V032A芯片将其转换为3路非平衡的TTL电平输出。

2. 根据权利要求1所述的一种LVDS转USB3.0适配器,其特征在于:

FPGA芯片XC3S400完成LVDS数据的串并转换、缓冲以及USB接口单元功能的时序与逻辑控制;所述串并转换包括:FPGA利用移位寄存器将LVDS串行数据转换为16位并行数据,发送到FPGA内部两片16×2K大小的SRAM作为乒乓缓存单元进行缓存后,等待发送给GPIF-II接口;当GPIF-II接口的SLOE#信号使能且CYUSB3014的FIFO地址稳定后,SLCS#信号被激活,此时要根据FLAG标志判断FIFO的满空状态,若为空,则激活SLWR#并且将信号数据输出到16位

数据总线上。

3. 根据权利要求1所述的一种LVDS转USB3.0适配器,其特征在于:

CYUSB3014建立了两个线程,一个用于传输高速图像数据,一个用于收发低速指令数据;每个线程包含一个端点、一个插座和一个DMA通道;其中端点则是用于连接CYUSB3014与USB接口之间的连接点;而插座是用于连接外部硬件模块和CYUSB3014 RAM之间的连接点,是一组用于指向DMA描述符的寄存器,该寄存器存储了DMA缓存区的大小和地址;将CYUSB3014高速数据的DMA缓存区设置为128K,低速数据的DMA缓冲区设置为8K;对于高速数据传输的线程,光谱仪系统将一帧图像数据通过LVDS接口发送给FPGA完成串并转换,转换后的16位并行数据通过数据乒乓缓存单元后,发送给CYUSB3014高速数据传输的消耗插座,消耗插座将数据写入DMA缓冲区,DMA缓冲区中的数据经过相对应的端点通过USB接口发送给上位机;图像数据是连续发送的,设置一个标志指示缓存区的满空状态,即FLAG。

4. 根据权利要求1所述的一种LVDS转USB3.0适配器,其特征在于:

CYUSB3014设置步骤如下:

(1) CYUSB3014固件建立两个线程和三个DMA通道;USBGPIFAppThread为高速图像数据传输线程,包含一个glChHandleGpiftoUsb DMA通道;USBUARTAppThread为低速指令数据线程,包含两个DMA通道用于低速指令数据的发送与接收,分别为glChHandleUsbtoUart和glChHandleUarttoUsb;

(2) 为三个DMA通道设置端点,glChHandleGpiftoUsb设置为GPIF\_IN端点,glChHandleUsbtoUart设置为数据生成端点,glChHandleUarttoUsb设置为数据消费端点;USBUARTAppThread为低速指令数据线程,采用中断传输方式,为此还提供一个中断端点;

(3) 根据USB3.0接口协议,将全速、高速和超速传输速率的最大包长度分别为64字节、512字节和1024字节;

(4) 为三个DMA通道设置工作模式;将glChHandleGpiftoUsb DMA通道设置为自动DMA通道,为其提供消费插座和生产插座,并提供大小设为 $4 \times 32\text{KB}$ 的DMA通道缓冲区;当设为自动DMA通道时,且当DMA通道缓冲区为空时,GPIF插座会自动通知USB插座向DAM通道缓冲区自动填充数据,并通知USB插座传输数据;根据CYUSB3014片内RAM大小的限制,一个DMA通道缓冲区设为128K;同时也需要为glChHandleUsbtoUart和glChHandleUarttoUsb DMA通道提供消费插座和生产插座,以及大小为32K的DMA通道缓冲区;

(5) CYUSB3014中的UART I/O接口与SPI I/O接口复用,将I/O接口设置为UART I/O接口;

(6) 完成Vendor ID和Product ID以及USB驱动设置;

(7) 对USB2.0模式进行设置,以满足当USB3.0通讯适配器连接USB2.0接口时,作为USB2.0通讯适配器使用。

## 一种LVDS转USB3.0适配器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电路接口领域,尤其是一种LVDS转USB3.0适配器。

### 背景技术

[0002] DOAS成像光谱仪常用于大气污染监测,可以应用在多种平台上,如地基遥感平台、机载遥感平台以及星载遥感平台等。其中,机载和星载遥感平台通常采用标准航空接口,而机载或星载光谱仪在研制的过程中,需要先在地面进行调试和测试,包括功能测试、性能测试和技术指标测试等,所以需要在光谱仪研制完成之前完成地面检测平台的设计。该平台用于提供光谱仪的模拟接口,对光谱仪设备即进行调试和测试。以往,此类的检测平台采用工控机安装PCI接口的采集卡采集数据并存储到工控机中,再作显示和处理。但是光谱仪设备通常需要在不同的工作环境下进行调试和检测,此时工控机安装采集卡的方案则变得极为不便利。对于笔记本电脑,USB接口则是最为方便的外设接口,该接口解决了其他接口体积庞大、功能单一、连接数量少且不支持热插拔的问题。于是产生了LVDS转USB3.0通讯适配器作为地面检测平台的研制需求。

[0003] 已有的与本发明最相似的实施方案:

[0004] 目前已有LVDS转USB2.0适配器产品,该适配器主要由LVDS接收器、RS-422发送器、FPGA(XC3S400)、SRAM、USB控制器(CY7C68013)组成,主要实现光谱仪数传功能和数管功能。其中,数传功能是光谱仪通过LVDS接口向LVDS转USB2.0适配器的LVDS接收器发送LVDS串行图像数据,经由FPGA对串行图像数据进行串并转换,将并行图像数据通过两片SRAM进行乒乓缓存后,通过USB控制器直接发送到笔记本电脑或工控机,再做后续实时处理。笔记本电脑或工控机通过USB接口,通过适配器的USB控制器,经由RS-422发送器发送给光谱仪用于对光谱仪进行实时控制。

[0005] 目前DOAS成像光谱仪所使用的探测器为面阵科学级CCD,其数据量大,且同一台光谱仪CCD数量多且需要进行同时传输并实时处理。例如目前所在实验室设计的某型号星载DOAS成像光谱仪采用四个通道,每个通道包含一枚CCD探测器,并通过同一个LVDS接口同时向外发送图像数据。

[0006] 由于Windows操作系统不是一个严格的实时操作系统,所以在进行USB数据传输的过程中,操作系统的分时调度策略会对USB数据传输产生影响。Windows的每个时间片长度约为20ms,如果要经过操作系统的调度,USB数据收发进程将会在占用CPU一个时间片之后就交出控制权,等待下次获得CPU控制权,此时USB会暂停数据收发,如果在较短的时间内将数据传输到上位机或缓存不足,将导致光谱仪图像数据丢行丢帧,以至于影响后续的调试测试。而现有技术方案是LVDS转USB2.0适配器,其缺点主要是数据传输速度和缓存不足以满足目前光谱仪传输的数据量。

[0007] 经测试LVDS转USB2.0通讯适配器传输43MHz码速率的某星载DOAS成像光谱仪,为了满足光谱仪图像数据不出现丢行丢帧的情况下,需要额外增加两片容量大小为512×16的SRAM,或者需要使用多路LVDS转USB2.0适配器,从而增加了适配器体积和成本。

## 发明内容

[0008] 本发明公开了一种LVDS转USB3.0适配器,其特征是:所述LVDS转USB3.0适配器用于星载或机载光谱仪连接地面检测平台时,可直接接收光谱仪发送的LVDS串行图像数据,将其转换成地面检测平台可以识别的USB接口数据。并且,地面检测平台同时可以利用同一个USB接口,通过该适配器向光谱仪发送RS-422数管控制指令,如图像启停、曝光时间、增益等控制命令,以及时间码信息、卫星或飞机模拟姿态等信息。解决了具有标准航空接口的光谱仪在研制过程中,在地面无法直接连接地检平台的笔记本电脑的问题。

[0009] 本发明提出一种LVDS转USB3.0适配器:

[0010] 包括FPGA芯片、USB接口芯片、LVDS接收器和RS-422驱动器,还包括LVDS数传接口、RS422数管接口以及USB3.0接口;

[0011] LVDS接收器用于将光谱仪系统发送的LVDS低压差分信号转换为FPGA能够识别的TTL信号后发送给FPGA;

[0012] RS-422驱动器用于将上位机发送的数管控制命令的TTL信号转换为差分信号发送给光谱仪用于对光谱仪的工作模式进行控制;

[0013] FPGA芯片用于将接收到的TTL信号进行串并转换,经过FPGA内部RAM进行乒乓缓存后通过与USB接口芯片连接的16位数据线发送给USB接口芯片;并且与USB接口芯片进行通讯,用于控制USB的读写状态、读写地址以及对USB接口芯片端点缓存的满空状态进行监测判断。

[0014] 进一步的,FPGA将串并转换完成的LVDS数据转为16bit并行数据,通过USB接口芯片内部的DMA通道,由USB3.0 Micro B型接口发送至上位机;同时上位机通过该B型接口向USB接口芯片发送数管控制指令,经由RS-422驱动器,将TTL信号转换为差分信号发送至光谱仪,对其工作模式进行控制。

[0015] 进一步的,首先DOAS成像光谱仪系统将LVDS图像数据发送给USB3.0通讯适配器的LVDS接收芯片,再发送给FPGA进行串并转换,通过FPGA发送给USB芯片,最后通过USB接口发送给上位机;指令数据则直接通过RS-422芯片和USB芯片与上位机直接进行通讯。

[0016] 进一步的,LVDS转USB3.0适配器通过USB3.0的Micro B型接口连接上位机,其中SSRX-和SSRS+为超高速数据差分输入引脚,SSTX-和SSTX+为超高速数据差分输出引脚,这两对引脚用于传输USB3.0超高速数据时使用;D-和D+数据差分输入或输出引脚,用于全速、高速和低速时使用;VBUS为5V电源输入引脚,GND为接地引脚,Shell为屏蔽引脚。

[0017] 进一步的,LVDS转USB3.0适配器中USB接口芯片CYUSB3014芯片通过GPIF-II与FPGA相连;LVDS转USB3.0适配器采用同步从设备模式,16-bit数据总线;LVDS转USB3.0适配器作为地检连接时,光谱仪系统将一帧图像数据通过LVDS接口发送给FPGA,缓存后,向USB发送高速图像数据,此时USB接口芯片CYUSB3014作为从设备,通过其内部DMA通道将数据传输到USB端点。

[0018] 进一步的,FPGA芯片XC3S400完成LVDS数据的串并转换、缓冲以及USB接口单元功能的时序与逻辑控制;所述串并转换包括:FPGA利用移位寄存器将LVDS串行数据转换为16位并行数据,发送到FPGA内部两片 $16 \times 2K$ 大小的SRAM作为乒乓缓存单元进行缓存后,等待发送给GPIF-II接口;当GPIF-II接口的SLOE#信号使能且CYUSB3014的FIFO地址稳定后,SLCS#信号被激活,此时要根据FLAG标志判断FIFO的满空状态,若为空,则激活SLWR#并且将

信号数据输出到16位数据总线上。

[0019] 进一步的,USB3.0通讯适配器首先要完成接收光谱仪发送的LVDS图像信号;接收的LVDS图像信号为:1033(行)×1072(列)×16(位),其中一帧图像包含1024行,每行包含1024个像素点,传输速率为43MHz;采用同步时钟信号对LVDS差分信号发送器与LVDS差分信号接收器之间进行时钟信号匹配,当帧同步信号有效时,图像数据信号有效;LVDS信号传输器包括三部分:差分信号发送器,差分信号互联器,差分信号接收器;USB3.0通讯适配器采用差分信号接收器,将平衡传输的LVDS信号转换为非平衡传输的TTL信号;差分信号接收器接收3对差分信号,分别为CLK\_TO\_SWT±、FRAME\_TO\_SWT±、DATA\_TO\_SWT±,即同步时钟信号,帧同步信号以及图像数据信号,通过DS901V032A芯片将其转换为3路非平衡的TTL电平输出。

[0020] 进一步的,CYUSB3014建立了两个线程,一个用于传输高速图像数据,一个用于收发低速指令数据;每个线程包含一个端点、一个插座和一个DMA通道;其中端点则是用于连接CYUSB3014与USB接口之间的连接点;而插座是用于连接外部硬件模块和CYUSB3014 RAM之间的连接点,是一组用于指向DMA描述符的寄存器,该寄存器存储了DMA缓存区的大小和地址;将CYUSB3014高速数据的DMA缓存区设置为128K,低速数据的DMA缓冲区设置为8K;对于高速数据传输的线程,光谱仪系统将一帧图像数据通过LVDS接口发送给FPGA完成串并转换,转换后的16位并行数据通过数据乒乓缓存单元后,发送给CYUSB3014高速数据传输的消耗插座,消耗插座将数据写入DMA缓冲区,DMA缓冲区中的数据经过相对应的端点通过USB接口发送给上位机;图像数据是连续发送的,设置一个标志指示缓存区的满空状态,即FLAG。

[0021] 进一步的,CYUSB3014设置步骤如下:

[0022] (1) CYUSB3014固件建立两个线程和三个DMA通道。USBGPIFAppThread为高速图像数据传输线程,包含一个glChHandleGpiftoUsb DMA通道;USBUARTAppThread为低速指令数据线程,包含两个DMA通道用于低速指令数据的发送与接收,分别为glChHandleUsbtoUart和glChHandleUarttoUsb;

[0023] (2) 为三个DMA通道设置端点,glChHandleGpiftoUsb设置为GPIF\_IN端点,glChHandleUsbtoUart设置为数据生成端点,glChHandleUarttoUsb设置为数据消费端点。USBUARTAppThread为低速指令数据线程,采用中断传输方式,为此还提供一个中断端点;

[0024] (3) 根据USB3.0接口协议,将全速、高速和超速传输速率的最大包长度分别为64字节、512字节和1024字节;

[0025] (4) 为三个DMA通道设置工作模式;将glChHandleGpiftoUsb DMA通道设置为自动DMA通道,为其提供消费插座和生产插座,并提供大小设为4×32KB的DMA通道缓冲区。当设为自动DMA通道时,且当DMA通道缓冲区为空时,GPIF插座会自动通知USB插座向DAM通道缓冲区自动填充数据,并通知USB插座传输数据;根据CYUSB3014片内RAM大小的限制,一个DMA通道缓冲区设为128K;同时也需要为glChHandleUsbtoUart和glChHandleUarttoUsb DMA通道提供消费插座和生产插座,以及大小为32K的DMA通道缓冲区;

[0026] (5) CYUSB3014中的UART I/O接口与SPI I/O接口复用,将I/O接口设置为UART I/O接口;

[0027] (6) 完成Vendor ID和Product ID以及USB驱动设置;

[0028] (7) 对USB2.0模式进行设置,以满足当USB3.0通讯适配器连接USB2.0接口时,作为

USB2.0通讯适配器使用。

[0029] 本发明的LVDS转USB3.0适配器具有如下优点：

[0030] 1、解决了采用航空标准接口的机载或星载光谱仪，研发阶段在地面无法直接连接地检工控机或笔记本电脑的问题。

[0031] 2、采用通用的USB接口，方便光谱仪在各种环境下可以使用笔记本电脑进行调试测试，解决了安装采集卡的工控机笨重、不便携的问题。

[0032] 3、使用最新的USB3.0通讯接口，提高了传输速率，减少了使用USB2.0时需要额外增加的SRAM或LVDS转USB2.0通道数，因此减少了电路板体积，降低了成本。

[0033] 4、可以同时利用同一根USB线缆与工控机或笔记本电脑进行数传通讯和数管通讯，减少了地检连接的复杂性。

[0034] 由于现有技术的LVDS转USB2.0适配器，其传输速率和USB2.0芯片本身最高只能采用高速(High-Speed USB)传输模式，另外端点缓存不足，以及上位机采用Windows操作系统本身的操作机制，导致本身无法满足现有光谱仪传输的数据量。另外，在光谱仪进行调试测试时，需要对图像数据进行实时处理，不允许出现光谱仪数据丢行丢帧的情况。为此，LVDS转USB2.0适配器需要额外增加SRAM或者增加LVDS转USB的通道数，导致增加了电路的体积和成本。本发明LVDS转USB3.0适配器，由于该适配器采用最新的USB3.0通讯协议，在USB2.0的基础上，增加了超速(Super-Speed USB)传输模式，端点缓存由USB2.0的4KB增加到128KB，经过测试传输速率相对USB2.0增加了10倍，足以满足在不增加额外的SRAM进行缓存数据或增加LVDS转USB通道数的情况下，实现不丢行丢帧完成光谱仪数据传输。

## 附图说明

[0035] 图1本发明光谱仪与总控平台连接图；

[0036] 图2本发明光谱仪与地面检测台连接图；

[0037] 图3本发明LVDS转USB3.0通讯适配器的系统简图；

[0038] 图4本发明USB3.0与上位机连接方式；

[0039] 图5本发明USB与FPGA硬件连接图；

[0040] 图6本发明LVDS转USB3.0适配器系统结构；

[0041] 图7本发明LVDS接口硬件电路图；

[0042] 图8本发明FPAG逻辑控制流程图；

[0043] 图9CYUSB3014内部DMA通道结构图。

## 具体实施方式

[0044] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例仅为本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例，基于本发明中的实施例，本领域的普通技术人员在不付出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的保护范围。

[0045] 目前，现有的星载或机载DOAS成像光谱仪设备均采用标准航空接口，实验室研制的机载和星载光谱仪，数传均采用LVDS接口，数管均采用RS-422接口，连接方式如图1所示。

[0046] 从该结构图中可以看出，DOAS成像光谱仪系统的接口由一个RS-422通讯接口和一

个LVDS通讯接口组成。总控平台的控制指令(图像启停、曝光时间、增益等控制命令,以及时间码信息等信息)由RS-422通讯线传达到光谱仪,而DOAS成像光谱仪的图像数据通过LVDS接口发送到总控平台并将LVDS的数据存储或通过总控平台的天线向地面基站进行发送。

[0047] DOAS成像光谱仪系统与地面检测台的连接如图2所示,其主要完成两方面功能:

[0048] (1) DOAS成像光谱仪系统输出的串行LVDS接口格式图像信号转换为USB接口格式图像信号发送给上位机进行实时成像并储存,以方便实时调试测试并用于后续数据处理。

[0049] (2) 将上位机通过USB接口发送的指令数据,如:图像启停、曝光时间、增益等控制命令,以及时间码信息等,通过USB3.0适配器转换为RS-422同步串行通讯格式发送给光谱仪系统,对光谱仪的工作模式进行控制和查询。

[0050] 其中,光谱仪的LVDS接口码速率为43Mbps的高速数传通讯接口,该接口作为数传通讯接口;光谱仪的RS-422接口为低速接口,码速率为100Kbps,该接口作为数管通讯接口。

[0051] 本发明提出一种LVDS转USB3.0适配器,用于满足以上需求,系统简图如图3所示。

[0052] 包括FPGA芯片XC3S400、USB接口芯片CYUSB3014、LVDS接收器DS90LV031和RS-422驱动器DS26LV31,还包括LVDS数传接口、RS422数管接口以及USB3.0接口;

[0053] LVDS接收器DS90LV031用于将光谱仪系统发送的LVDS低压差分信号转换为FPGA能够识别的TTL信号后发送给FPGA;

[0054] RS-422驱动器DS26LV31用于将上位机发送的数管控制命令的TTL信号转换为差分信号发送给光谱仪用于对光谱仪的工作模式进行控制;

[0055] FPGA芯片XC3S400用于将接收到的TTL信号进行串并转换,经过FPGA内部RAM进行乒乓缓存后通过与USB接口芯片CYUSB3014连接的16位数据线发送给USB接口芯片;并且与USB接口芯片进行通讯,用于控制USB的读写状态、读写地址以及对USB接口芯片端点缓存的满空状态进行监测判断。

[0056] 具体的,从图3中可以看出,首先DOAS成像光谱仪系统将LVDS图像数据发送给USB3.0通讯适配器的LVDS接收芯片,再发送给FPGA进行串并转换,通过FPGA发送给USB芯片,最后通过USB接口发送给上位机。指令数据则直接通过RS-422芯片和USB芯片与上位机直接进行通讯。

[0057] USB3.0总线协议早在2008年提出,但是直到2011年Cypress公司才正式发布通用USB3.0接口芯片CYUSB3014。USB3.0通讯适配器采用的USB3.0接口芯片就是Cypress公司生产的CYUSB3014,该芯片是一款超高速的新一代USB总线接口芯片,符合USB3.0的通讯协议,且向下兼容USB2.0通讯协议。CYUSB3014芯片集成了USB3.0、USB2.0物理层以及32位的ARM926EJ-S微处理器,该芯片具有强大的数据处理能力,支持最多16个输出接口和16个输入接口,片上具有512KB的RAM用于储存固件和数据。在超速模式下传输速度可以达到5Gbps,由于上位机操作系统效率以及通讯冗余等原因,实际测得的超速传输速率为2Gbps。此外,CYUSB3014还具有一个可编程配置的并行接口GPIF-II(GPIF,general programmable interface,通用可编程接口)用于无缝对接多种常用接口。CYUSB3014可以连接UART、I2C、SPI和I2S等多个串行外设接口。

[0058] LVDS转USB3.0适配器通过USB3.0的Micro型接口连接上位机,其连接图如图4所示。

[0059] 其中SSRX-和SSRS+为超高速数据差分输入引脚,SSTX-和SSTX+为超高速数据差分



输出引脚,这两对引脚用于传输USB3.0超高速数据时使用。D-和D+数据差分输入或输出引脚,用于全速、高速和低速时使用。VBUS为5V电源输入引脚,GND为接地引脚,Shield为屏蔽引脚。OTG\_ID仅在OTG功能下才使用,LVDS转USB3.0适配器不使用该功能。

[0060] LVDS转USB3.0适配器中CYUSB3014芯片通过GPIF-II与FPGA相连。GPIF-II是CYUSB3014提供的可编程通用并行接口,具有多达32根双向数据传输并行接口,最高接口频率可达100MHz,与USB接口的数据传输速率最高可达375MB/S,可连接一个外部处理器,支持主设备模式和从设备模式,LVDS转USB3.0适配器采用同步从设备模式,16-bit数据总线。其硬件连接如图4所示。

[0061] USB与FPGA连接信号说明如表1所示。

[0062] 表1信号功能说明

[0063]

名称	信号说明
SCLS#	片选信号,低电平有效。激活后才能读取从设备FIFO。
PKTEND#	数据包发送信号,低电平有效。激活后可将数据包写入从设备FIFO。
FLAG	USB设备发送的状态标志信号。反应从设备FIFO的满空状态。
ADDR[1:0]	从设备FIFO接口的2位地址总线
DATA[15:0]	从设备FIFO的16位数据总线
SLRD#	从设备FIFO接口的读取选通信号,低电平有效。激活后才能对从设备FIFO执行读取操作。
SLWR#	从设备FIFO接口的写入选通信号,低电平有效。激活后才能对从设备FIFO执行写入操作。
SLOE#	从设备输出使能信号,高电平有效。激活后才能对从设备FIFO执行读取操作。
PCLK	从设备FIFO接口时钟,由FPGA提供。

[0064] LVDS转USB3.0适配器作为地检连接时,光谱仪系统将一帧图像数据通过LVDS接口发送给FPGA,缓存后,向USB发送高速图像数据,此时CYUSB3014作为从设备,通过其内部DMA通道将数据传输到USB端点。

[0065] PC通过USB向光谱仪系统的RS-422接口发送的指令数据属于低速数据,此时属于主设备模式,利用USB接口支持UART模式,实现非USB串行数据传输,在该模式下,UART的TXD(输出)将映射到D-行,UART的RXD(输入)将映射到D+行。具体的系统结构如图6所示。

[0066] LVDS转USB3.0适配器系统中,FPGA芯片采用Xilinx公司生产的XC3S400。主要完成LVDS数据的串并转换、缓冲以及USB接口单元等功能的时序与逻辑控制。

[0067] USB3.0通讯适配器首先要完成接收光谱仪发送的LVDS图像信号。接收的LVDS图像信号为:1033(行)×1072(列)×16(位),其中一帧图像包含1024行,每行包含1024个像素点,传输速率为43MHz。为了保证图像数据的完成传输,采用同步时钟信号对LVDS差分信号发送器与LVDS差分信号接收器之间进行时钟信号匹配,当帧同步信号有效时,图像数据信号有效。LVDS信号传输器一般由三部分组成:差分信号发送器,差分信号互联器,差分信号接收器。USB3.0通讯适配器采用差分信号接收器,将平衡传输的LVDS信号转换为非平衡传输的TTL信号,通常由一个IC来完成,本设计采用DS90LV032A芯片作为LVDS差分信号接收器,LVDS接口硬件电路如图7所示。

[0068] 本发明中,接收器接收3对差分信号,分别为CLK\_TO\_SWT±、FRAME\_TO\_SWT±、DATA\_TO\_SWT±,即同步时钟信号,帧同步信号以及图像数据信号,通过DS90LV032A芯片将其转换为3路非平衡的TTL电平输出。

[0069] 由于LVDS图像信号为串行信号,而GPIF-II的数据接口为16-bit并行接口,所以当

LVDS串行数据传输到FPGA后,需要进行串并转化。FPGA利用移位寄存器将LVDS串行数据转换为16位并行数据,发送到FPGA内部两片 $16 \times 2K$ 大小的SRAM作为乒乓缓存单元进行缓存后,等待发送给GPIF-II接口。当GPIF-II接口的SLOE#信号使能且CYUSB3014的FIFO地址稳定后,SLCS#信号被激活,此时要根据FLAG标志判断FIFO的满空状态,若为空,则激活SLWR#并且将信号数据输出到16位数据总线上。流程如图8所示。

[0070] USB的数据传输是通过线程来完成的,CYUSB3014最多提供4个线程,根据系统设计需求,CYUSB3014建立了两个线程,一个用于传输高速图像数据,一个用于收发低速指令数据。每个线程包含一个端点、一个插座和一个DMA通道。其中端点则是用于连接CYUSB3014与USB接口之间的连接点。而插座是用于连接外部硬件模块和CYUSB3014 RAM之间的连接点,是一组用于指向DMA描述符的寄存器,该寄存器存储了DMA缓存区的大小和地址。DMA通道是RAM的一部分,由于高速线程只有外部设备向PC机发送数据,所以只需要建立一个DMA通道。而低速线程需要和PC机之间收发指令数据,所以需要两个DMA通道。本系统中将高速数据的DMA缓存区设置为128K,低速数据的DMA缓冲区设置为8K。以高速数据传输的线程为例,光谱仪系统将一帧图像数据通过LVDS接口发送给FPGA完成串并转换,转换后的16位并行数据通过数据乒乓缓存单元后,发送给CYUSB3014高速数据传输的消耗插座,消耗插座将数据写入DMA缓冲区,DMA缓冲区中的数据经过相对应的端点通过USB接口发送给上位机。由于图像数据是连续发送的,而缓存区的大小是固定的,所以需要有一个标志指示缓存区的满空状态,即FLAG。结构如图9所示。

[0071] 为了实现上述功能,需要完成CYUSB3014的固件编写,其过程如下:

[0072] (1) CYUSB3014最多提供四个线程,固件建立两个线程和三个DMA通道。USBGPIFAppThread为高速图像数据传输线程,包含一个glChHandleGpiftoUsb DMA通道;USBUARTAppThread为低速指令数据线程,包含两个DMA通道用于低速指令数据的发送与接收,分别为glChHandleUsbtoUart和glChHandleUarttoUsb。

[0073] (2) 为三个DMA通道设置端点,glChHandleGpiftoUsb设置为GPIF\_IN端点,glChHandleUsbtoUart设置为数据生成端点,glChHandleUarttoUsb设置为数据消费端点。此外,由于USBUARTAppThread为低速指令数据线程,所以采用中断传输方式,为此还需要提供一个中断端点。

[0074] (3) 根据USB3.0接口协议,将全速、高速和超速传输速率的最大包长度分别为64字节、512字节和1024字节。

[0075] (4) 为三个DMA通道设置工作模式。将glChHandleGpiftoUsb DMA通道设置为自动DMA通道,为其提供消费插座和生产插座,并提供大小设为 $4 \times 32KB$ 的DMA通道缓冲区。当设为自动DMA通道时,且当DMA通道缓冲区为空时,GPIF插座会自动通知USB插座向DAM通道缓冲区自动填充数据,并通知USB插座传输数据。由于CYUSB3014片内RAM大小的限制,一个DMA通道缓冲区最大只能设为128K。同时也需要为glChHandleUsbtoUart和glChHandleUarttoUsb DMA通道提供消费插座和生产插座,以及大小为32K的DMA通道缓冲区。

[0076] (5) 由于CYUSB3014中的UART I/O接口与SPI I/O接口复用,需要将I/O接口设置为UART I/O接口。

[0077] (6) 完成Vendor ID和Product ID以及USB驱动设置。

[0078] (7)此外还需要对USB2.0模式进行设置,以满足当USB3.0通讯适配器连接USB2.0接口时,作为USB2.0通讯适配器使用。

[0079] 尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,且应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

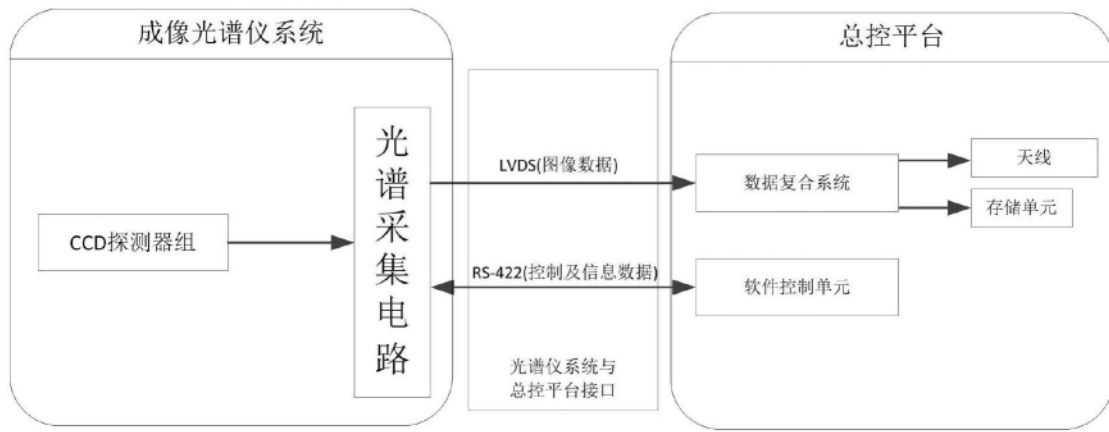


图1

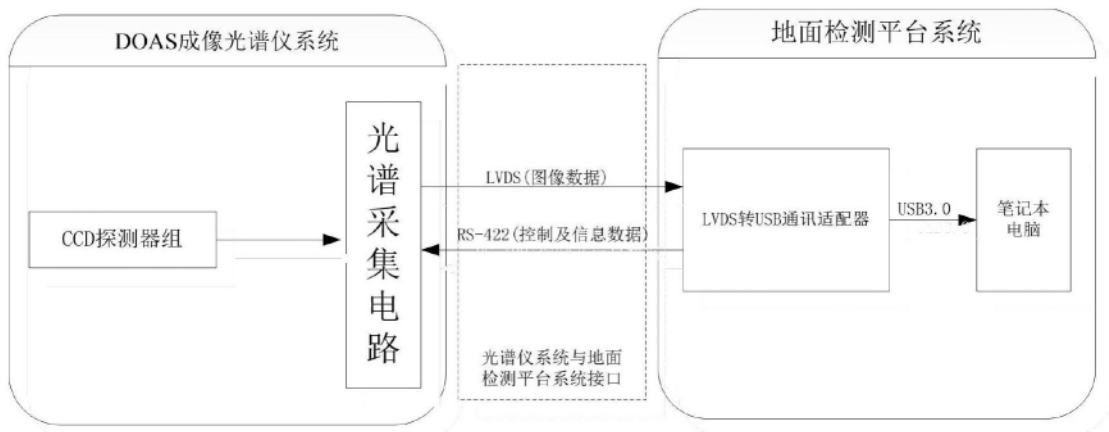


图2

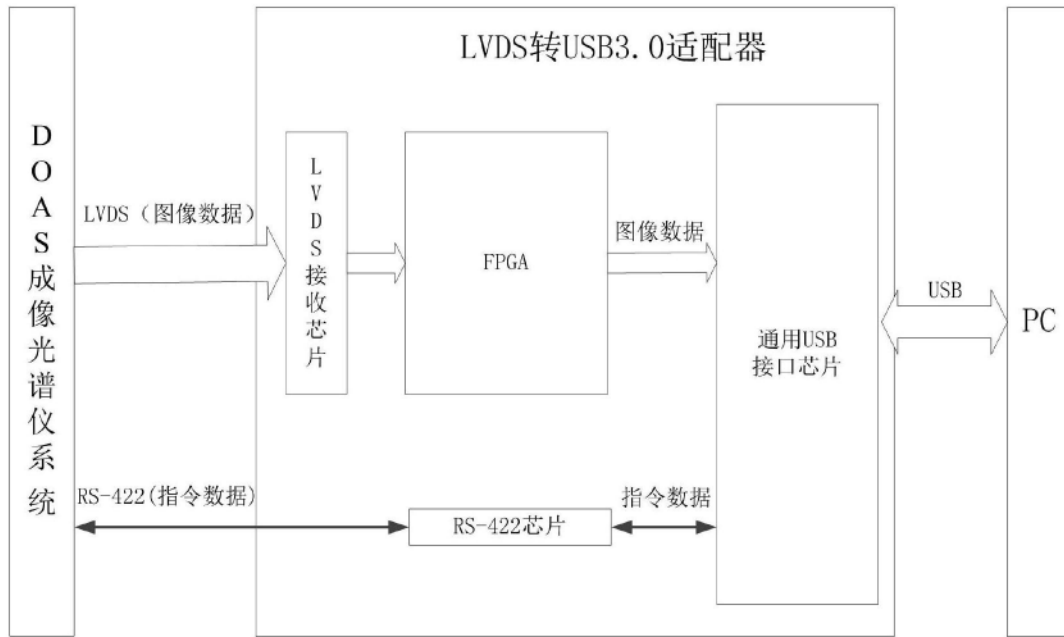


图3

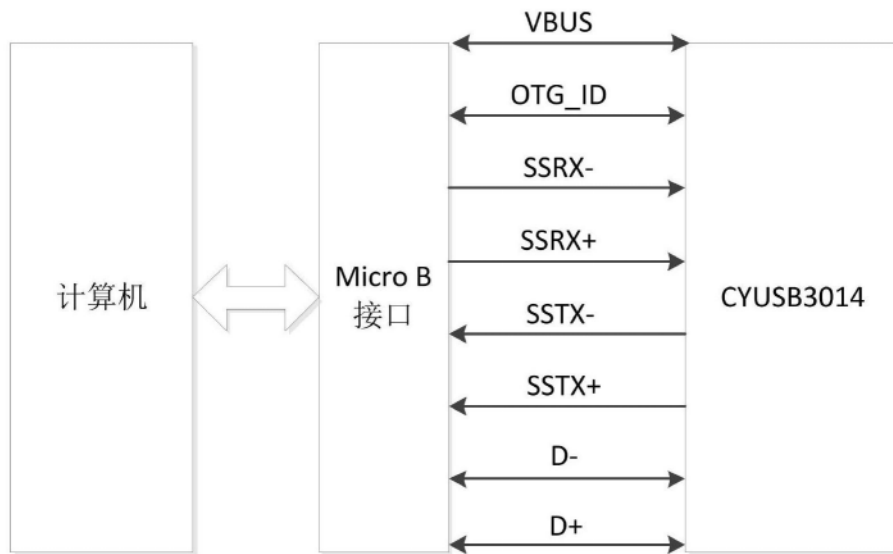


图4

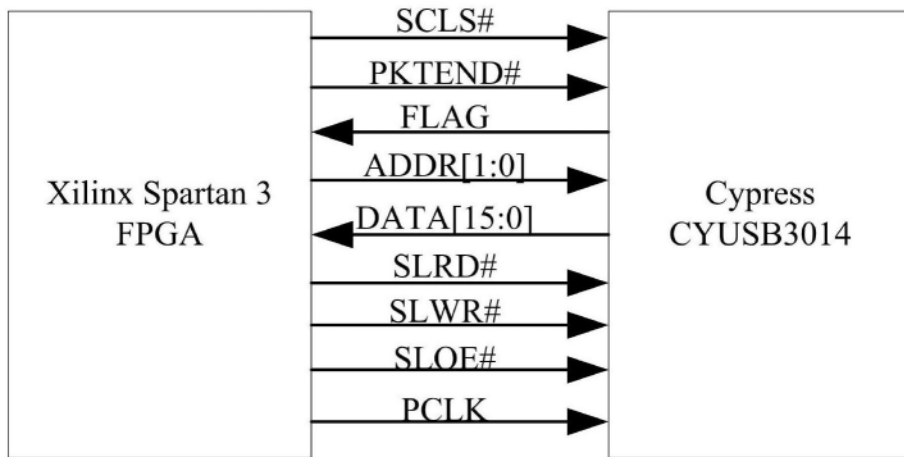


图5

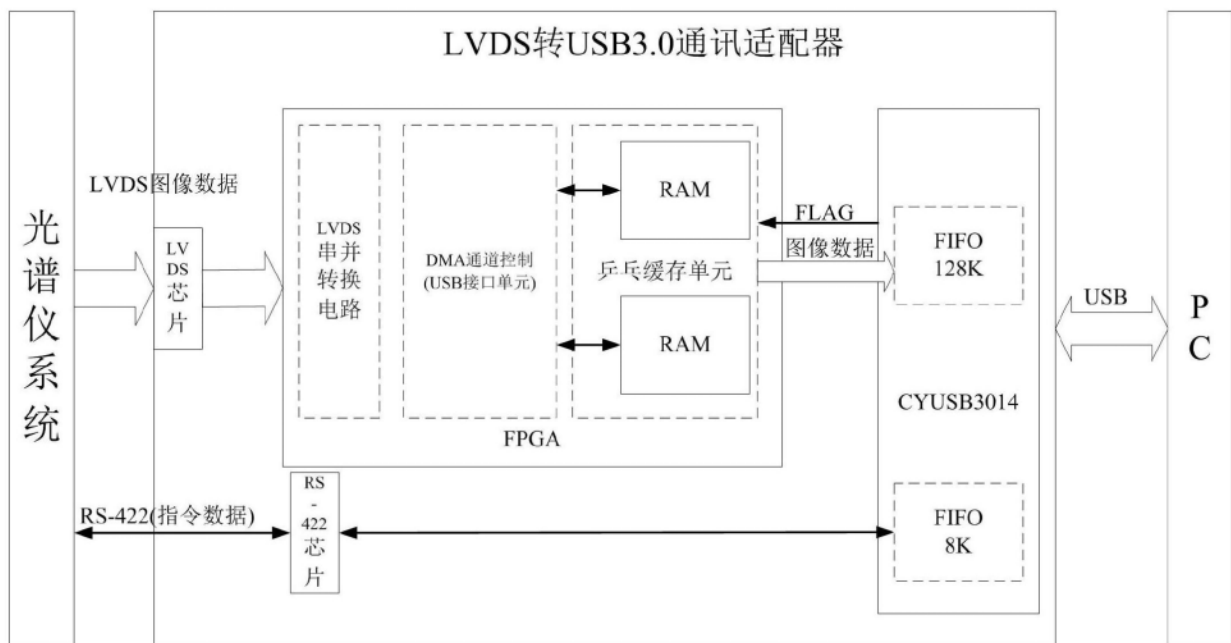


图6

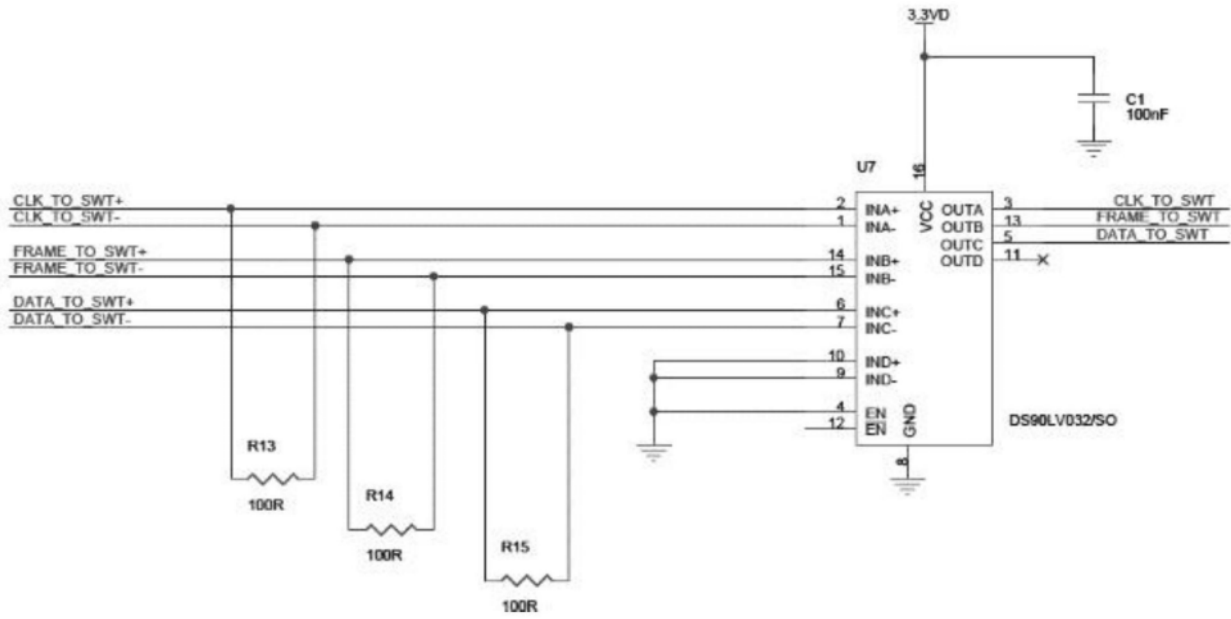


图7

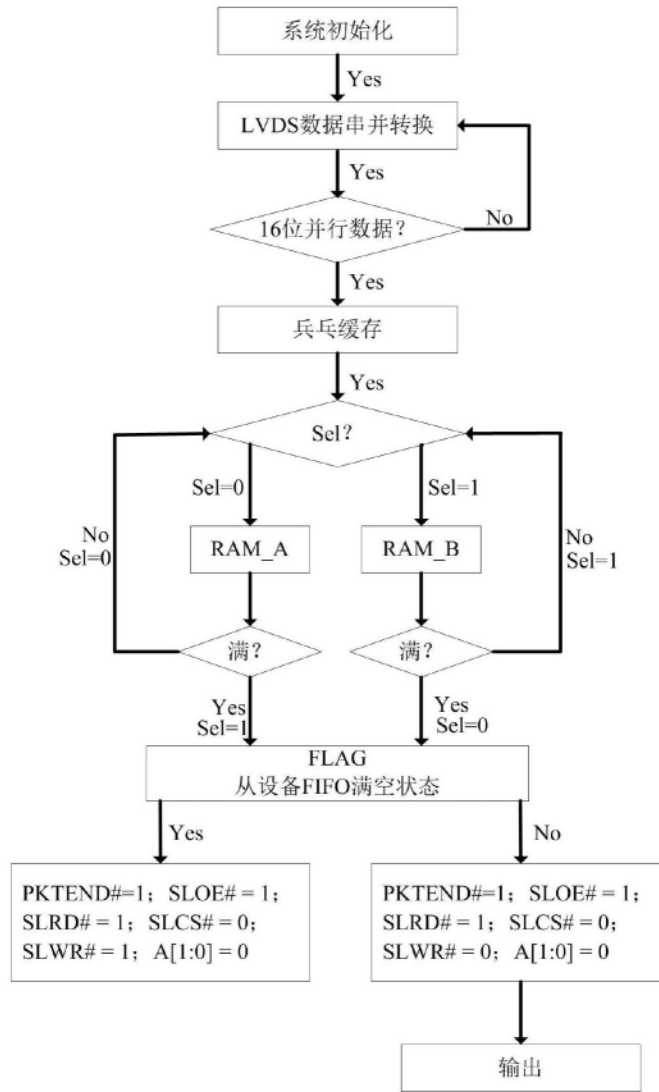


图8



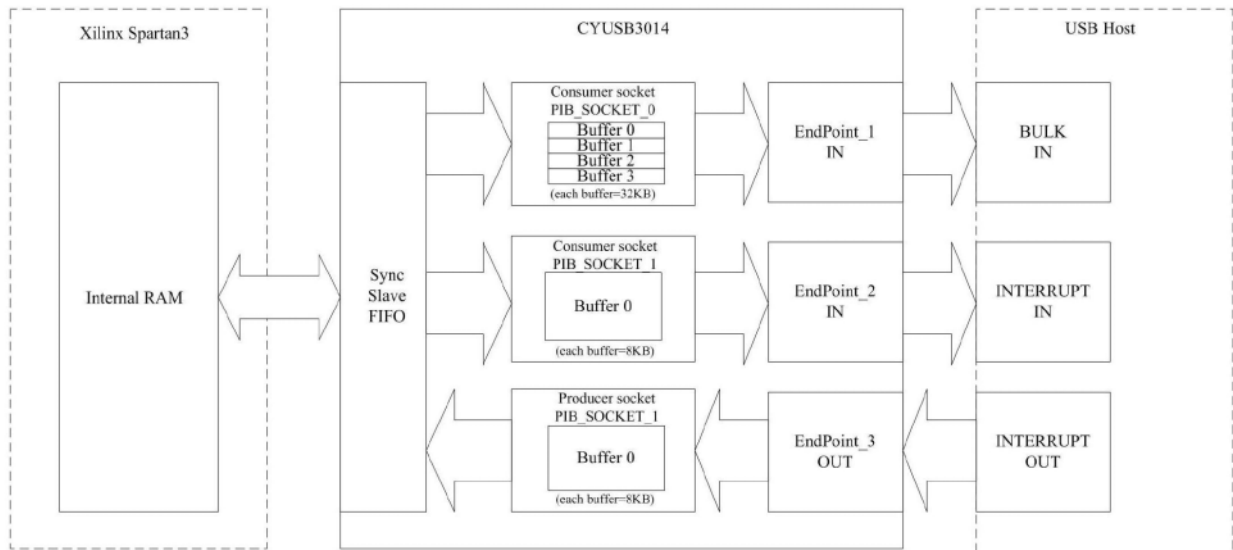


图9