

通用线阵 CCD 采集系统设计

李正刚^{1,2}, 袁红艳³, 吴一辉¹

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 应用光学国家重点实验室,吉林 长春 130033;
2.中国科学院研究生院 北京 100039; 3.长春奥普光电技术有限公司 吉林 长春 130033)

摘要:针对设计微型光谱仪时常会根据需要更换 CCD,PDA 的现状,采用 Cypress 公司的 AD2131Q 和 Cyclone 系列 FPGA 设计适用于多种线阵 CCD 和小型面阵 CCD 的通用采集系统,设计 16 口入 8 口出异步 FIFO,提供 192 Kb 高速缓存空间。USB 器件采用快速读入方式,极大提高了数据传输速度。系统实现了多种线阵 CCD 采集,同时也实现了相关双采样技术,具有快速、便捷、模块化的特点。

关键词: 数据采集; CCD; FIFO; USB

中图分类号: TP216;TP274

文献标识码: A

文章编号:1674-6236(2009)12-0018-03

Design of universal linear array CCD acquisition system

LI Zheng-gang^{1,2}, YUAN Hong-yan³, WU Yi-hui¹

(1.State Key Laboratory of Applied Optics, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China; 2.Postgraduate Institute of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3.Changchun UP Optotech Co., Ltd, Changchun 130033, China)

Abstract:According to the fact that the current design of micro-spectrometer needs to replace CCD,PDA device frequently,using Cypress's AD2131Q and Cyclone series FPGA design a universal acquisition system which can be applied to a variety of linear array CCD and small area array CCD,the design of 16In8Out asynchronous FIFO provides 192Kb cache.EZ-USB adopts special fast bulk transfer mode,which greatly improves the speed of data transmission.The system achieves a variety of linear array CCD collection and correlated double sampling (CDS)technique,it features speediness,convenience and modularization.

Key words: data collection; CCD; FIFO; USB

1 引言

随着微型光谱仪快速发展,CCD 和 PDA 广泛使用,CCD 和 PDA 的种类型号越来越多,每种型号都需要专门的驱动采集板,使得开发产品周期长、费用大。这里提出一种基于 FPGA 和 USB 的通用 CCD 采集系统设计方案。该系统在不改变硬件的情况下可以采集多种 CCD,并上传至 PC 机,使用软件处理采集到的数据。

2 通用 CCD 采集系统设计

系统部署图^[1]如图 1 所示。系统硬件分为接口板、通用驱动采集板、计算机。接口板匹配驱动信号,将 CCD 输出视频信号通过前置处理后链接到 CCD 通用采集板。在 CCD 通用采集板中,A/D 转换器对视频信号进行模数转换后,按帧暂存在 FPGA 内的 FIFO 中,通过 USB 快速块传输模式上传到计算机中,最后计算机软件 MEMSpector 处理并显示采集到的谱线。

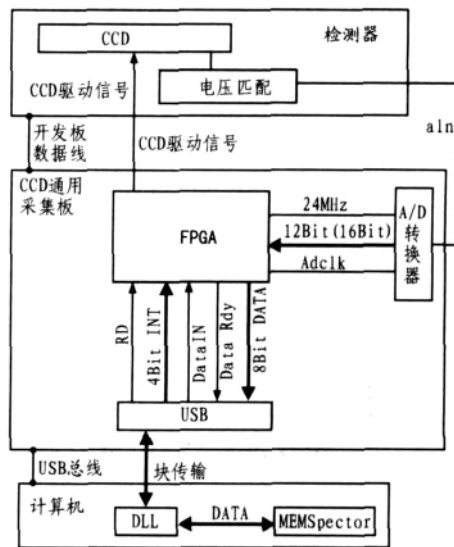


图 1 通用 CCD 采集系统框图

通用性是由通用 CCD 驱动模块和 16In8Out 异步 FIFO 实现的。根据不同类型的 CCD 编制不同的 CCD 驱动模块,采用 16In8Out 异步 FIFO,FIFO 根据 CCD 驱动模块提供的 FS

收稿日期:2009-07-20

稿件编号:200907069

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2006AA04Z367,2007AA042102)

作者简介:李正刚(1977-),男,吉林安图人,博士研究生。研究方向:计算机控制、数据采集、软件工程。

帧同步来确定暂存 A/D 转换一帧像元数,实现了采集 A/D 转换数据与 USB 传输的分离,在修改或升级 CCD 驱动时,无需修改采集和数据输出代码,实现了通用性。

2.1 CCD 接口板

由于大多数 CCD 管脚不兼容，视频输出电压也不同，CCD 接口板提供 CCD 插座和转接 CCD 驱动信号以及输出信号电压匹配。CCD 接口板是各种类型 CCD 链接到通用 CCD 采集板的纽带。

2.2 通用驱动采集板

通用驱动采集板由 A/D 转换、FPGA (通用 CCD 驱动器模块和 16In8Out 异步 FIFO 模块)、USB 3 部分组成。A/D 转换部分完成系统的 A/D 转换;FPGA 部分完成系统的 CCD 驱动、数据采集、CDS 实现;USB 部分完成数据的传输。

2.2.1 A/D 转换部分

系统需采集多种 CCD 并实现 CDS, 而且系统主要由 USB 供电, 这就要求 A/D 转换速度快, 供电电压低, 最好参考电压内置。AD9235-40 属于 12 位、40 MS/s 模数转换器系列, 采用 3 V 单电源供电, 该系列均内置一个高性能采样保持放大器(SHA)和基准电压源。AD9235-40 采用多级差分流水线架构, 内置输出纠错逻辑, 在 40 MSP/S 数据速率时可提供 12 位精度, 并保证在整个工作温度范围内无失码^[2]。

FPGA 中采集信号发生器提供 A/D 采集时钟,同时也控制 FIFO 和 CCD 驱动器。A/D 采样速率不再受数据传输和采集制约,采样速率完全和 CCD 速度匹配。并可实现 1 帧内 1 个像元的双采样,从而实现 CDS。

2.2.2 FPGA 部分的通用 CCD 驱动器模块

由于不同生产商的 CCD 器件的驱动时序往往差别很大, 因此需针对每种 CCD 器件编制其 CCD 驱动器模块。驱动时钟和采集脉冲由分频器和采集信号发生器提供, 如图 2 所示。

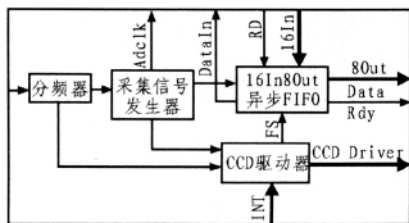


图 2 FPGA 内部结构图

CCD 驱动器输入信号由两路驱动时钟和积分时间控制信号 INT 组成;输出信号由帧同步信号 FS 和 CCD Driver 信号组成。不同的 CCD 驱动器模块仅 CCD Driver 信号有所不同,其他接口一样。在改变 CCD 时只需替换 CCD 驱动器模块即可。

2.2.3 FPGA 部分的 16In 8Out 异步 FIFO

FIFO 用于暂存 A/D 转换的信号。待存满 1 帧并且 USB 块传输空闲后, 将 FIFO 中的 1 帧数据通过快速块传输上传至计算机。1 帧的像元个数由 CCD 驱动模块提供的 FS 信号决定。FIFO 内的存储空间为 192 Kb, 满足线阵 CCD 和小型面阵 CCD 的数据存储需求。图 3 为 16In 80Out 异步 FIFO 的内部原理图。

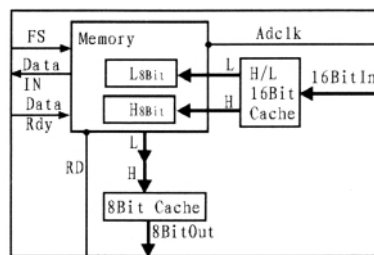


图3 16In 8Out 异步 FIFO 的内部原理

图 3 中,FS 是帧同步,在 FIFO 中重置暂存指针,DataIN 是暂存数据采集完毕信号,DataRdy 是判断 USB 是否空闲信号,ADclk 是 FIFO 的写信号,16BitIN 是 FIFO 的读 16 位入口,读取 A/D 信号,这里兼容 16 位,本设计只用 12 位,其他 4 位空闲。8BitOUT 是 FIFO 的 8 位输出口,RD 是 FIFO 的读出时钟信号。在 FIFO 中读入的 16 位信号分高低位分别存储在 2 个 8 bit 存储器中,在输出时,按先后高低的顺序输出,从而完成 16In8Out 的转换,部分实现代码如下:

(1) 写入 FIFO 代码

```

sel:process
begin
    wait until rising_edge(Dclk);
    if FS='1' and DaDaIN='0' then
        stack_H(i)<=To_Bitvector(DATAIN_H);
        stack_L (i) <=To_Bitvector (DATAIN_L)&To_Bitvector
(INT);
        i<=i+1;
    else
        i<=0;
    end if;
end process sel;

```

(2) 读出 FIFO 代码

```

rdp: process
variable b: BOOLEAN;:=TRUE;
begin
    wait until rising_edge(CLOCK);
    if DaDaIN='0' then
        b:=TRUE;
        n<=0;
    elsif Rdpulse='1' then
        if b then
            Databuffer<=stack_H(n);
            b:=not b;
        else
            Databuffer<=stack_L(n);
            n<=n+1;
            b:=not b;
        end if;
    end if;
end if;

```

end process rdp;

在信号 FS 的控制下, FIFO 不断地对整帧信号进行刷新, 当 USB 传输信号到来时, 刷新当前帧完毕后, 开始 USB 快速读入操作。

2.2.4 USB 部分

USB 采用 Cypress 公司的 AD2131Q, 其核提供一种快速传输模式, 改进 8051 的外部逻辑与同步/块端点缓冲器之间的传输速度。将 FASTXFR 寄存器设置为 01010000B, 读写选通时序模式为 10, 提供更宽的脉冲宽度, 便于读取 FPGA 的异步 FIFO 信号。FIFO 存储满 1 帧数据, 由 USB 器件使用快速块传输上传到计算机, 约 6 ms 完成。表 1 为块传输传一个像元数据所用汇编程序对比。

表 1 块传输传一个像元数据所用汇编程序对比

	固件程序	耗时
普通块传输	MOVX A, @DPTR	8个周期
	INC DPTR	
	INC DPS	
	MOVX @DPTR, A	
	INC DPTR	
快速块传输	INC DPS	4个周期
	MOVX @DPTR, A	
	MOVX @DPTR, A	
	MOVX @DPTR, A	

2.3 软件设计

软件设计主要包括 3 方面工作: USB 驱动程序设计、动态链接库设计以及应用处理软件设计。

2.3.1 USB 驱动程序设计

EZ-USB 提供的 FPD(通用设备驱动程序)是一个通用的设备驱动程序。利用 Microsoft WDM DDK 和 Visual C++ 5.0 以上版本就可以修改和编译驱动程序, 生成文件 ezusb.sys^[3]。具体操作如下: ①修改驱动程序的 PID。在工程里 EzUsbDevice.cpp 文件中修改 PID, VID 延用 0x0547 不变, PID 自行设定。②利用 hex2c.exe 将 USB 固件 Intel HEX 记录格式的代码文件转换为 C 文件, 打开该 C 文件, 用其中的 firmware[] 数组代替在工程里 EzUsbFirmware.cpp 文件中提供的数组。③编译生成 ezusb.sys 文件并编写相应的 INF 文件。

2.3.2 动态链接库设计

动态链接库主要是通过 I/O 控制调用来访问 EZ-USB GPD。通过调用 CreateFile() 来取得访问设备驱动程序的句柄, 然后使用 DeviceIoControl() 提交不同 I/O 控制码, 从而完成 USB 的控制和输入/输出操作。

2.3.3 应用处理软件设计

应用软件通过访问动态链接库 (DLL) 获取采集谱线数据, 其主要功能有显示、设置积分时间、定格谱线、保存、捕捉、局部放大、添加谱线。

3 测试结果

采用通用 CCD 采集系统分别对 3 款 CCD 进行驱动和采

集。这 3 种 CCD 的参数如表 2 所示^[4-6]。使用应用软件 MEMSpectro 采集上述 CCD 谱线, 采集效果如图 4 所示。

表 2 三种 CCD 主要参数

CCD型号	像元数	驱动信号数	信号输出/V	动态范围/dB	灵敏度
ILX526A	3 000	3	0.8	320	300 V/lx.s
TCD1304	3 648	3	0.6	300	160 V/lx.s
SLIS-2048	2 048	2	2.4	63	5 μ V/electron

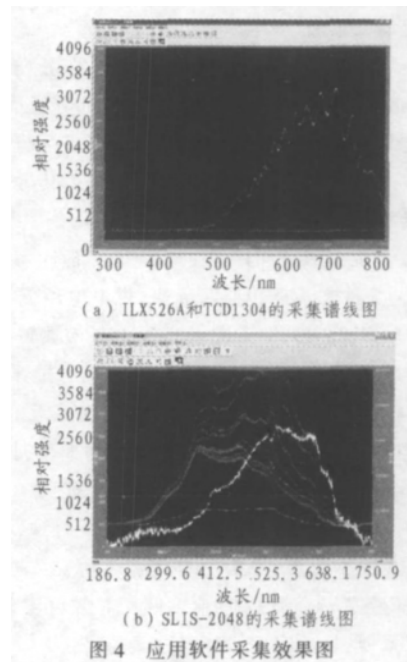


图 4 应用软件采集效果图

4 结束语

采用该系统对 3 种不同型号 CCD 成功驱动并采集, 测试结果达到了预期的效果。系统体积小、功耗低、兼容性好、可扩展性高。该系统已成功应用于实验室开发 CCD 相关项目中。

参考文献:

- [1] Martin Fowler, Kendall Scott. UML 精粹[M]. 徐家福, 译. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [2] ANALOG DEVICES. 12-bit, 20/40/65 MSPS 3V A/D converter AD9235 [EB/OL]. 2004. http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD9235.pdf.
- [3] 颜荣江. EZ-USB2100 系列单片机原理、编程及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [4] SONY. 3000-pixel CCD linear image sensor (B/W) ILX526A [EB/OL]. 2009. http://www.sony.net/Products/SC-HP/cx_news/vol07/pdf/ilx526.pdf
- [5] TOSHIBA. CCD LINEAR IMAGE SENSOR CCD (Charge Coupled Device) TCD1304AP [EB/OL]. 2001. <http://www.zygo.bti-internet.co.uk/tcd1304ap.pdf>.
- [6] Panavision SVI, LLC. SLIS-2048 high speed 2048 x 1line Scanning image sensor [EB/OL]. 2004. <http://www.panavisionimaging.com/PDF/PDS0005RevI.pdf>.