

基于线阵 CCD 和 USB 控制器的光谱采集系统*

严永福¹, 钟舜聪^{1,2,3*}

(1. 福州大学 机械工程及自动化学院, 福建 福州 350108; 2. 华东理工大学 承压系统安全科学教育部重点实验室, 上海 200237; 3. 福建省医疗器械和医药技术重点实验室, 福建 福州 350002)

摘要: 为了降低光谱采集系统中硬件电路的设计的复杂性, 设计了一种基于线阵 CCD 和 USB 控制器的光谱采集系统。该光谱采集系统主要包括超高灵敏度线阵 CCD 传感器、CCD 专用的 A/D 转换器 AD80066 以及 CY7C68013 USB 控制器; USB 控制器兼备对 CCD 和 A/D 转换器的驱动以及数据传输控制的功能。实验结果表明, 该光谱采集系统具有较好的信噪比(SNR), 在微型光谱仪上具有较好的应用前景。

关键词: 光谱采集; CY7C68013 USB 控制器; ILX511 线阵 CCD; AD80066

中图分类号: O433.1; TH74; TH39

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)07-0765-04

Spectral data acquisition system based on linear CCD and USB controller

YAN Yong-fu¹, ZHONG Shun-cong^{1,2,3*}

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China; 2. Key Laboratory of Safety Science of Pressurized System of Ministry of Education, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China; 3. Fujian Key Lab of Medical Instrument and Pharmaceutical Technology, Fuzhou 350002, China)

Abstract: In order to reduce the hardware expenditure, a spectral data acquisition system based on linear CCD and USB controller was designed. The system included an ultra-high sensitivity linear CCD ILX511, a CCD dedicated A/D converter AD80066, and a USB controller CY7C68013. The signals for CCD driving and A/D converting, were generated by the USB controller. In the meanwhile, the spectral data transferred to computer was under the control of the USB controller. The experimental results indicate that, the system has excellent signal to noise ratio(SNR), therefore, it has great potential applications in miniature spectrometer.

Key words: spectral acquisition; CY7C68013 USB controller; ILX511 linear CCD; AD 80066

0 引 言

随着微电子技术和微加工技术的发展, 微型光机电系统的制造技术日趋成熟, 光谱仪器的微型化成为近年来一个研究热点^[1-3]。CCD 是光谱仪中的一个重要部件^[4], CCD 的驱动可以由复杂可编程逻辑器件(CPLD)^[5-6]、ARM 微处理器^[7]、数字信号处理器(DSP)^[8]、NI 数据采集卡^[9]等来实现。CCD 将光信号

转换成电信号经 A/D 转换之后, 一般是在 CPLD、单片机^[10]等的控制下, 由 USB 器件将电信号传送到 PC 机上。

为了降低光谱采集系统电路的复杂性, 本研究设计一种基于 USB 控制器(CY7C68013)的便携式光谱采集系统, 该 USB 控制器同时实现 CCD 和 A/D 转换器的驱动以及数据传输的控制, 可以大大降低系统硬件电路的复杂性。

收稿日期: 2012-02-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51005077); 教育部回国留学人员启动基金资助项目(教外司留[2008]890号); 福建省杰出青年基金资助项目(2011J06020); 福建省质量技术监督局资助项目(FJQI201014); 福州大学人才基金资助项目(XRC-1024); 华东理工大学承压系统安全科学教育部重点实验室开放基金资助项目(未提供)

作者简介: 严永福(1987-), 男, 福建莆田人, 主要从事无损检测技术及系统方面的研究. E-mail: arfu123@sina.com

通信联系人: 钟舜聪, 男, 研究员, 博士生导师. E-mail: zhongshuncong@hotmail.com

1 CCD 光谱采集系统

CCD 光谱测量数据采集系统组成框图如图 1 所示,主要器件包括 CCD 传感器、A/D 转换器、USB 控制器、外部 RAM。上位机程序通过 USB 接口向 USB 控制器发出命令,USB 控制器接收到上位机的命令后会产生特定时序以驱动 CCD 传感器。CCD 传感器就会将光谱信号转换成模拟信号输出。此时 USB 控制器开始驱动 A/D 转换器,把 CCD 产生的模拟信号转换成相应的 16 位数据信号并保存到 SRAM 里。然后,USB 控制器通过 USB 总线将数据传送至 PC 机上,在 PC 机里的上位机程序将对传送过来的数据进行处理、保存,以及光谱显示。

1.1 系统硬件设计

该系统的 CCD 图像传感器、A/D 转换器和 USB 控制芯片分别选用 SONY 公司的高灵敏度 CCD—ILX511、专门针对光谱仪设计的 A/D 转换器 AD80066 和 Cypress 公司的 EZ—USB FX2LP 芯片 CY7C68013。该 USB 控制芯片满足 USB2.0 协议,同时支持 USB1.1 协议。它集成了 USB2.0 收发器、串行接口引擎

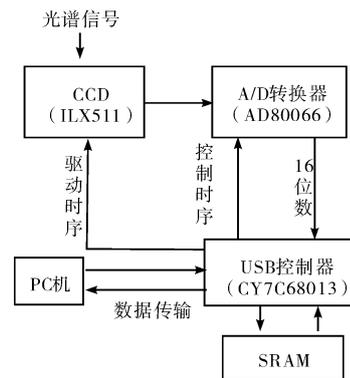


图 1 CCD 光谱测量数据采集系统

(SIE)、带 8.5 KB 片上 RAM 的增强型高速 8051 内核、4 KB FIFO 存储器以及通用可编程接口等模块,提供了全面集成的 USB 解决方案,无需外加芯片即可实现高速 USB 传输。它的每个指令周期只需 4 个时钟周期,可采用软件配置时钟频率为 12/24/48 MHz;支持 480 MB/s 高速数据传输,可采用 4 种 USB 传输方式:控制传输、中断传输、批量传输和同步传输^[11];它的一个最主要的特点是可以通过 USB2.0 的通用可编程接口为特定的应用接口编程。

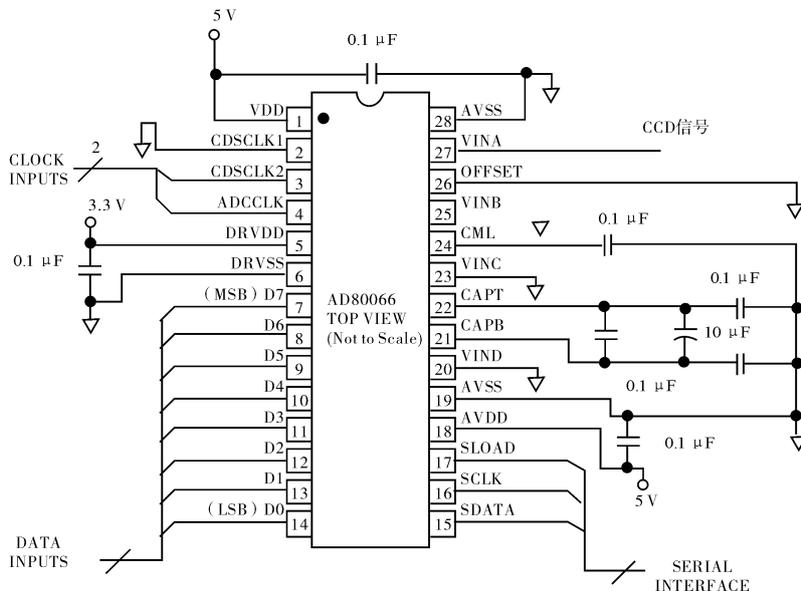


图 2 AD80066 单通道 SHA 工作模式的驱动电路

AD80066 是一款专门针对 CCD 图像处理的新 A/D 转换器,具有 4 个采样通道可供选择,16 位,A/D 转换速率最高可达 24 MSPS。AD80066 有两种工作方式:CDS 模式和 SHA 模式。该系统选用 SHA 模式,其驱动电路如图 2 所示。

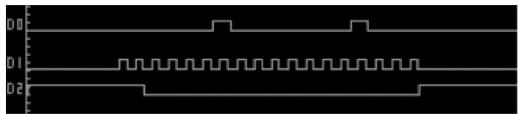
以下是利用 USB 控制器来控制 AD80066 的说明:AD80066 初始化的时候系统需对寄存器 Configuration 的写操作时序,如图 3(a)所示。图 3(a)中,D0 表示

AD80066 的引脚 SDATA,D1 表示 AD80066 的引脚 SCLK,D2 表示 AD80066 引脚 SLOAD。D1 前两个脉冲是在 D2 高电平时产生的,为无效信号。D1 从第 3 个到第 18 个脉冲是在 D2 低电平时产生的。这时开始写入控制字,从 D1 的第 3 个脉冲到第 14 个脉冲 D0 为低电平,而第 15 个脉冲到第 18 个脉冲 D0 为高电平。其次,USB 控制器须对 AD80066 的寄存器 Mux 进行设置。由于系统只使用 A/D 转换器的 1 个通道口

VINA,应把寄存器 Mux 的值置为 0x08。然后在 Mux 的地址,写入的控制字为 0x0808。对其写操作的时序图如图 3(b)所示。图 3(b)中的 D0 表示 AD80066 的引脚 SDATA,D1 表示 AD80066 的引脚 SCLK,D2 表示 AD80066 引脚 SLOAD。



(a) AD80066初始化时写入寄存器Configuration的时序



(b) AD80066初始化时写入寄存器Mux的时序图



(c) AD80066 (1通道SHA模式)时序图

图 3 各时序图

该系统使用 SHA 工作模式,所以其时序图如图 3(c)所示。图 3(c)中 D0 表示 AD80066 的 ADCCLK 引脚,D1 表示 AD80066 的 CDSCLK2 引脚。系统采样是由 CDSCLK2 控制的,在 CDSCLK2 脉冲下降沿时采集 CCD 信号。这里需要注意的是,CDSCLK2 脉冲下降沿

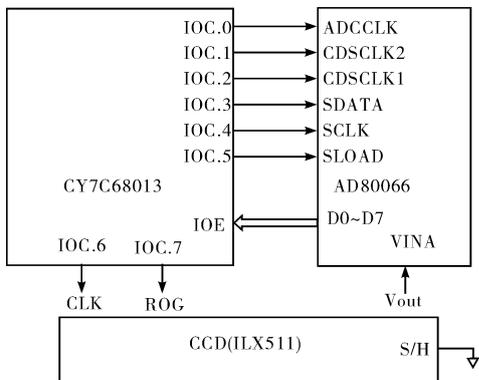


图 4 采集系统控制电路

时必须发生在 ADCCLK 上升沿时或之前。CY7C68013 与 CCD 传感器和 A/D 转换器组成的采集系统控制电路如图 4 所示。CY7C68013 用 IOC. 6 和 IOC. 7 口驱动 CCD 传感器(ILX511),CCD 传感器产生光电信号模拟量传给 AD80066 的 VINA 口。然后由 CY7C68013 控制 AD80066,使模拟量转换成数据量,得到的数字量通过 IOE 口保存到 CY7C68013 的外部 RAM 里。

1.2 系统程序设计

该系统设计的软件设计包括固件程序和上位机程序设计两部分。

1.2.1 固件程序

固件程序(Firmware)是固化在硬件中的软件,它是整个程序设计的核心,存储着计算机系统中硬件设计最基本的参数,为系统提供最底层、最直接的硬件控制,是 USB 设备功能的核心^[12]。在开发 EZ-USB FX2 芯片过程中,通常是利用 Cypress 公司提供的固件框架,从而简化了固件程序设计,这也是 EZ-USB 系列芯片受到青睐的原因。

在该系统中,固件程序就是在这个框架的基础上采用 Keil C51 语言编写而成。它实现对 CCD 传感器和 A/D 转换器进行驱动,以及上位机与 USB 设备间的通讯,其程序流程图如图 5 所示。

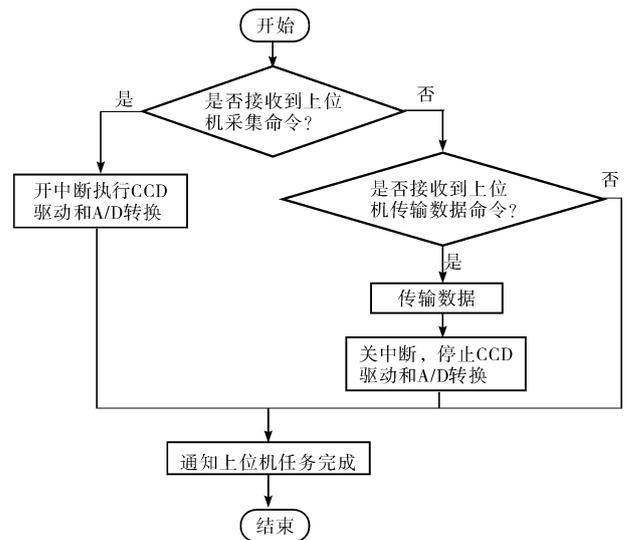


图 5 固件程序流程图

USB 设备每一次接收到上位机发送的命令,就为之加以判断。如果接收到的是采集命令,它就开中断并产生特定的时序以驱动 CCD 将 2 048 个像元的光信号转换为电信号输出,然后进行模数转换将模拟信号转换成数字信号并将之存入 CY7C68013 外部 RAM 里;若是接收到的是传送数据命令,则关闭中断并通过 USB 通信协议将数据传给上位机。

1.2.2 上位机程序

在该系统中,上位机程序是利用 VC++ 编程编写而成,它采用了多线程编程方式。上位机程序的主要作用是通过 USB 接口向 USB 控制器发出各种控制命令。同时,可以对 USB 控制器传送的数据进行处理、保存并显示。其程序流程图如图 6 所示。

2 实验结果及分析

在实验室条件下,笔者利用平行的白光照射在 CCD 传感器上,并且在 CCD 表面上的不同位置放置不同大小不透明物体(如细铜丝等),使 CCD 的一部分

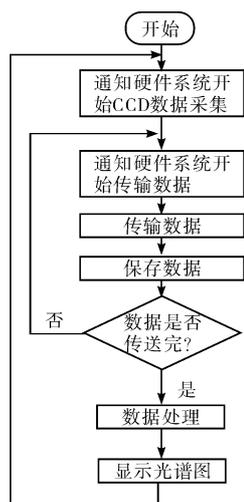


图 6 上位机程序流程图

像元不被光照射到。本研究通过 USB 控制器驱动 ILX511 和 AD80066,并将光谱数据传送到 PC 机中,在 CCD 传感器上放两根宽度不等的细铜丝,采集得到的光谱数据如图 7 所示。图 7 中,曲线凸出部分是表示对应 CCD 像元部分被遮住,没被光线照射到。从实验中采集到光谱数据中可以看出,其采集的数据能够真实的反映 CCD 被光挡住的位置。测试结果表明,该检测器工作稳定可靠,测量噪声低,且多次测量时光谱图重复性好,符合光谱仪的电路设计和软件设计的要求。

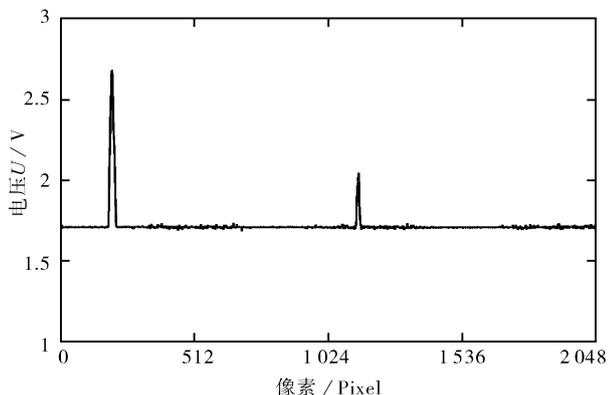


图 7 在 CCD 上放两根细铜丝所得数据

3 结束语

为了降低光谱采集系统电路的复杂性,本研究设计了一种基于 USB 控制器(CY7C68013)的便携式光谱采集系统,该 USB 控制器同时实现了 CCD 和 A/D 转换器的驱动以及数据传输的控制,可以大大降低系统硬件电路的复杂性。该系统采用 SONY 公司的高灵敏度 CCD—ILX511 作为光电转换器。CCD 将光信号转换为电信号之后通过一款专门针对光谱仪设计的 A/D 转换器 AD80066 进行 A/D 转换,转换后的数字

量由 CY7C68013 控制器将数据经 USB 总线传送到 PC 机,然后在 PC 机中进行数据处理和光谱图显示,实现光谱采集的目的。由于 USB 控制器 CY7C68013 兼有 CCD 和 AD 驱动以及数据传输控制的功能,降低了电路系统的复杂性,缩小了体积,也减少了外部走线数量,实现光谱仪的微型化,更容易保证系统工作的可靠性。固件程序在 Cypress 公司提供的固件框架基础上采用 Keil C51 语言编写而成,上位机程序利用 VC++ 采用了多线程编程方式编写而成。

实验结果表明,该系统具有较好的信噪比,在微型光谱仪上具有较好的应用前景。

参考文献(References):

- [1] WAPELHORST E, HAUSCHILD J P, MULLER J. Complex MEMS: a fully integrated TOF micro mass spectrometer [J]. *Sensor and Actuators A: Physical*, 2007, 138(1): 22-27.
- [2] ZHENG Y Q. Design of compact offner spectral imaging system [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2005, 13(6): 650-657.
- [3] 蔡志坚, 韦晓茹, 居戡之, 等. 便携式光谱仪的 CCD 智能检测器设计[J]. *光学仪器*, 2010, 32(2): 60-64.
- [4] ZHONG Shun-cong, SHEN Y, HO L, et al. Nondestructive quantification of pharmaceutical tablet coatings using terahertz pulsed imaging and optical coherence tomography [J]. *Optics and Lasers in Engineering*, 2011, 49(3): 361-365.
- [5] 李宁宁, 李志农, 刘治华, 等. 基于 CPLD 的线阵 CCD 驱动电路的设计[J]. *机械设计与制造*, 2011(6): 30-32.
- [6] 刘震宇, 周艳明, 谢中, 等. 基于 CCD 和小型单色仪的微型光纤光栅光谱仪[J]. *物理实验*, 2008, 28(1): 14-18.
- [7] 张爱雪, 孟樱. 基于 ARM 和 FPGA 的线阵 CCD 测径系统的设计[J]. *测控技术与仪器仪表*, 2011, 37(2): 82-84.
- [8] 牟爱霞, 董建民, 李东晶. 基于 DSP 和线阵 CCD 的带钢边缘检测系统[J]. *计算机测量与控制*, 2009, 17(8): 1492-1494.
- [9] 任重, 刘国栋, 黄振, 等. 基于 LabVIEW 的线阵 CCD 光强探测仪的实现[C]. 五省一市光学联合年会、十三省市光学联合年会. 江西光学学会, 2008: 112-116.
- [10] 张吴, 程永进, 景锐平. 线阵 CCD 图象采集系统[J]. *电子技术(上海)*, 2009(5): 72-74.
- [11] 翟红艺, 邢春香, 孙晓冰. 基于 USB 接口的数据采集系统设计[J]. *科技创新导报*, 2010(36): 33-34.
- [12] 张辉. 虚拟仪器系统的通用接口模块的研究与设计[D]. 西安: 西安电子科技大学电子工程学院, 2010: 43-49.

[编辑:张翔]