

基于 USB 的眼科 B 超图像实时采集与处理系统

王剑^{1,2} 计建军² 王延群² 王晓玲² 王晓春² 周盛² 李川²

摘 要 提出一种眼科 B 超图像实时采集的新方法。应用 FPGA 从眼科 B 超诊断仪的 SVGA 信号连接器 (VGA connector) 前端直接采集数字信号,通过对静态 RAM 和 USB 接口芯片的时序控制,实现 B 超图像的实时高速传输。图像传输经编码处理,以最大限度减少传输的误差。PC 对上传的图像进行解码后,实现实时显示,并对采集后的图像进行必要的后处理。本文充分证实了应用 USB 接口实现图像实时传输显示的可行性,并进一步验证了数字视频采集的优势,即图像的高保真性、实时性和存储处理的便捷性。

关键词 眼科 B 超;SVGA;FPGA;USB

DOI:10.3969/j.issn.1002-3208.2009.06.13

中图分类号 R318.6

文献标志码 A

文章编号 1002-3208(2009)06-0614-04

Real-time Acquisiting and Processing System for B-scan Ophthalmic Ultrasound Images Based on USB

WANG Jian^{1,2} JI Jianjun² WANG Yanqun² WANG Xiaoling² WANG Xiaochun² ZHOU Sheng² LI Chuan²

1 Peking Union Medical College, Beijing 100730;

2 Institute of Biomedical Engineering, Chinese Academy of Medical Sciences, Tianjin 300192

[Abstract] A new method of real-time image-acquisition from B-scan ophthalmic ultrasound apparatus is presented. This method can make the B-scan ultrasound images transferred in real-time with high-speed. First, the SVGA digital signals were acquired from the front end of VGA connector and then transferred to SRAM and USB-chip which were all controlled by FPGA. Second, the image data was encoded in order to reduce errors during transfer. At last, the image data was decoded by PC software to display and process. This subject explores the feasibility of real-time transfer and display of B-scan ultrasound images by using of USB, and furthermore, indicates that digital video acquisition makes the images transferred with high-fidelity and high-speed, and make the images easy to store and process which are all its advantages.

[Key words] B-scan ophthalmic ultrasound; SVGA; FPGA; USB

0 引言

传统的眼科 B 超诊断仪一般图像存储空间较小,图像只能显示于现有诊断仪上,在图像处理与再利用上有很大局限性:

① 由于存储空间较小,难以实现图像存储,多通过视频拷贝保存图像;

② 限于硬件条件,无法对图像进行更复杂地处理。

针对这种问题,传统的解决办法是通过视频采集卡采集信号到 PC 来实现图像的处理与存储,这种方法主要基于诊断仪的视频输出接口。由于眼科 B 超诊断仪一般都提供有视频输出接口,比如天津迈达医学科技有限公司的 ODM-2100S A/B 超就提供有 PAL 和 Super Video Graphics Array (Super

基金项目:天津市科技支撑计划项目(207CKFSF01400)、中央级公益性科研院所基本科研业务专项资助

作者单位:1 北京协和医学院(北京 100730)

2 中国医学科学院生物医学工程研究所(天津 300192)

作者简介:王剑(1984—),男,硕士研究生

通信作者:王延群。E-mail:wyq@meda.com.cn

VGA,SVGA)视频输出,所以,可通过视频采集卡从这些接口采集信号,然后利用 PC 的强大功能实现超声图像的处理与存储。目前,国内外很多厂商都开发有这种采集卡,比如国内陕西维视开发的 MV-350 医疗专用高清图像采集卡(MV-350),荷兰 ARVOO 公司开发的 Orlando AN 采集卡。其中,MV-350 支持 PAL、NTSC 彩色或黑白视频输入;Orlando AN 支持 PAL(50Hz)和 NTSC(60Hz)输入。然而,这些视频输入信号都是模拟信号,是 B 超诊断仪内部的数字信号经 DA 变换后得到的。采集过程中,视频采集卡再将这些模拟信号 AD 变换,帧合成,最后重新获得图像。显然,在这种采集方式中,信号经过了两次数字与模拟变换(DA-AD),数据损失将不可避免,这使得经视频采集卡获得的图像相对于原图像出现失真,最终影响了图像质量。

本课题采用的眼科 B 超诊断仪提供 SVGA 视频信号输出。系统开发中,从 SVGA 信号连接器(VGA connector)前端直接采集数字信号,经由 USB 接口传输于 PC 上进行实时显示,这种方法避免了 DA-AD 变换,整个过程是完全的数字信号,不存在数据损失,不仅图像清晰度高,而且可以在 PC 上进行复杂图像处理,实现了数据存储与再利用,方便了临床诊断并提高了诊断可靠性。

1 系统整体结构

本系统分为硬件、软件两部分。硬件负责数据采集,软件负责图像显示与处理。首先 FPGA 从眼科 B 超诊断仪的 SVGA 信号连接器前端直接采集数字信号,并控制写入 RAM,然后再将 RAM 中的数据读入 USB FIFO 中,通过 USB 接口传输到 PC 上。PC 上以 Microsoft Visual C++ 6.0 为开发环境编写相关应用程序,进行图像的实时显示与处理。系统逻辑框图如图 1 所示。

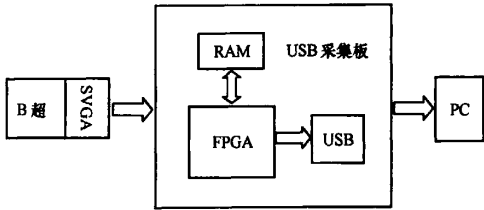


图 1 系统逻辑框图

Figure 1 System logic block diagram

2 硬件设计

2.1 SVGA 信号连接

SVGA 是一个涵盖大范围的电脑显示标准。最初 SVGA 是为了扩充 IBM 于 1987 年推出的旧 VGA 标准而提出的,由 VESA(Video Electronics Standards Association)制定,可以提供比 VGA 更丰富的色彩与更高的分辨率。SVGA 用来表示解析度时,通常就是 800×600 的解析度^[1]。

传统的眼科 B 超诊断仪提供有 PAL 或 SVGA 等视频输出。限于这种硬件条件,图像信号从诊断仪到视频接口经过了 DA 变换,而从视频接口采集信号到 PC 又必须经过 AD 变换。假设信号是 8 位的灰度信号 DATA1[8..0],其信号变换过程如图 2 所示。显然,经过 DA-AD 两次数字与模拟变换,将不可避免地损失部分数据,导致图像失真。

本系统所用的眼科 B 超诊断仪提供 SVGA 信号输出,相对于传统采集方法,采集的信号直接来自 SVGA 信号 DA 转换之前,是完全的数字信号,不存在数据损失,所以数据更可靠,图像更清晰。

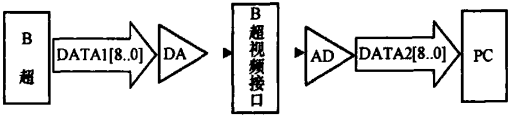


图 2 信号从 B 超到 PC 的变换过程

Figure 2 Signal conversion during transfer from B-scan ultrasound device to PC

SVGA 主要的信号包括 DCLK、DATA(R、G、B)、HD、VD、DENA(Data enable)。其中 DCLK 为数据时钟,频率为 40MHz,DATA(R、G、B)每组信号都是 8 位,HD 为行同步时钟,VD 为场同步时钟,DENA 用来截取 SVGA 中的有效数据送 PC 显示^[2]。将这些信号与 FPGA 相应管脚连接,作为采集通路。

2.2 FPGA 程序设计

FPGA 采用 Altera 公司的 Cyclone 芯片^[3],开发环境为 QuartusII 6.0^[4]。FPGA 是整个系统的控制中心。SVGA 在 1s 内发送 60 帧图像,每帧为 800×600 字节,如果直接采集传输,FPGA、USB 与 RAM 的速度都可以满足,但 PC 软件处理数据的速度较慢,会导致数据丢失。所以 FPGA 必须对采集、RAM 读写、USB 传输,以及相应的时间分配作合理的控制,使 FPGA、

RAM、USB 与 PC 软件四者速度匹配,既保证数据的完整性,又保证实时显示,使视频清晰流畅。

图像数据的传输显示需要一个编码、解码过程。为保证图像能够正确可靠地显示,FPGA 在每行数据的开头加入一个标识符,表示每行的起始点,然后将其与采集到的数据一起传输到 PC,以便应用程序根据该标识符正确解析数据,最后显示。

2.3 USB 程序设计

USB 芯片选用 Cypress 公司的 CY7C68013A^[5]。Cypress 公司的 EZ-USB FX2 系列芯片是世界上第一款集成了 USB2.0 协议的微处理器,最典型的就是 Cy7c68013,其提供了强大的功能,包括 USB 接口以及和 8051 兼容的指令系统,但是它的功耗比较大,其绝对值高达 936mW。因此,Cypress 公司随后又推出了低功耗版本的 EZ-USB FX2LP 系列芯片,CY7C68013A 就是其中一款。该芯片内部结构包括 USB 2.0 收发器、SIE(串行接口引擎,Serial Interface Engine)、增强的 8051 内核、16KB 的 RAM、4KB 的 FIFO 存储器、I/O 接口、数据总线、地址总线以及通用可编程接口 GPIF^[6]。

CY7C68013A 有三种工作模式,Ports 模式、Slave FIFOs 模式与 GPIF 模式。本系统采用 Slave FIFOs 模式^[7]。由 FPGA 作为 CY7C68013A 的外部 Master,控制往 FIFO 写入数据。

CY7C68013A 还有 7 个端点 EP,是用来接收或保存传输字节的缓冲区。各个端点类型可以通过相应寄存器来进行配置。EP0 不需要配置寄存器,是默认的控制端点 0,被固定配置为有效、IN/OUT、控制、64 字节和单缓冲。EP1IN 和 EP1OUT 可配置作为 Bulk(块传输),Interrupt(中断传输)或 Isochronous(同步传输)。EP2、EP4、EP6 和 EP8 是大端点,适用于高宽带片上或片外块传输。EP2 和 EP6 是最灵活的端点,这是因为它们的大小(512 字节或 1024 字节)和缓冲的深度(2 倍、3 倍、4 倍)都是可变换的。

CY7C68013A 56 引脚封装有 A、B、D 三个 8 引脚的 I/O 端口,通过相应寄存器对其进行配置。

以上相关配置,都需要在 USB 固件程序中编程实现。本系统的固件程序开发环境为 Keil uVision3,并配置 EP2 为 Bulk(块传输),缓冲大小为 512 字节,缓冲深度为 4 倍,作为数据 FIFO,使用端口 B 作为 8 位的 I/O 输出。

3 软件设计

Cypress 为 CY7C68013A 提供了通用的驱动程序和相应的 CyAPI 控制函数类,大大减少了开发周期。在使用该通用驱动程序的基础上,只需在应用程序中加入头文件 CyAPI.H 和库文件 CyAPI.lib 即可调用相应控制函数,对 CY7C68013A 进行控制。所以,本系统没有也无需重新开发 CY7C68013A 的驱动,而是直接进行应用程序的开发。开发环境为 Microsoft Visual C++ 6.0。

图像数据的传输显示要有一个编码、解码过程。如前所述,FPGA 在将数据写入 RAM 时,会在每一行数据的开头加入标识符作为每行数据开始的标志,即编码。PC 端应用程序在接收到这些数据时,立即检查标识符,以确定每行的开始位置,并将其按标识符信息放在缓冲区相应位置,即解码。当一幅图像的数据全部放入缓冲区后,调用函数 BitBlt 进行显示。本系统在数据的每行都加入标识符,使数据传输更稳定可靠。在这种编码方式中,各行数据相互独立,当一行由于某种原因而丢失数据,该行将不能正确显示,但不会影响下一行,应用程序会根据下一行的标识符将其放入缓冲区正确位置并显示。所以即使其中几行存在数据丢失现象,也不会影响整体显示效果。本系统的编码解码方式有效保证了图像传输的可靠性,提高了采集质量。

另外,应用程序的图像处理功能有中值滤波、梯度锐化、灰度变换和伪彩变换等。

4 设计过程

4.1 USB 递增数列输出测试

测试中使用了 Cypress 公司的 EZ-USB Advanced Development Kit(DVK)。该开发包可以方便的完成 USB 系统的固件程序开发、驱动程序开发和主机程序开发等。其中的 Cypress USB Console(CyConsole)是基于 Windows 的应用程序,当 USB 驱动使用的是 Cypress 公司的通用驱动(Cypress Generic USB Driver)时,该程序可以使用户在不编写应用程序的情况下直接对 USB 进行调试。

本系统在采集实际信号之前,作为对 USB 的测试,先通过 FPGA 写 0~9 的递增数列到 CY7C68013A FIFO 中,然后输出到 PC,通过 CyConsole 查看数据是否正确并进行进一步调试。

USB 测试程序时序如图 3 所示。

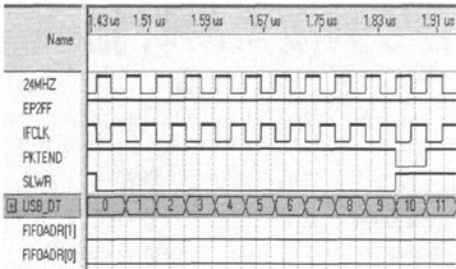


图 3 USB 测试程序时序

Figure 3 Timing chart of USB for testing

4.2 SVGA 仿真信号

SVGA 仿真信号由 FPGA 内部产生,主要有 DCLK、DATA、HD、VD、DENA。实际 SVGA 信号中,HD 和 VD 同步信号(低电平)要经过上百个 DCLK 才会出现,为便于仿真,每三个 DCLK 产生一个 HD 低电平,每三个 HD 产生一个 VD 低电平。SVGA 仿真信号时序如图 4 所示。

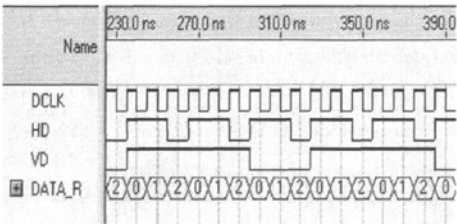


图 4 SVGA 仿真信号时序

Figure 4 Timing chart of SVGA simulation-signal

4.3 SVGA 仿真信号显示

SVGA 仿真信号由 FPGA 内部产生后,要通过 PC 应用程序显示,需要较多的数据才便于观察。为此,每 1000 个 DCLK 产生一个 HD 低电平,每 800 个 HD 产生一个 VD 低电平,产生 DATA 为 0~255 的递增数列,同时用 DENA 截取 800×600 的有效数据,并在每行开始加入标识符,即编码,最后将这些数据由 USB 传输到 PC 显示。PC 上需要编写专门的应用程序用于图像解码显示。本系统应用程序显示解析度为 800×600。

SVGA 仿真信号显示效果如图 5 所示。

4.4 实际 SVGA 信号采集

在 4.3 节的基础上,去掉 SVGA 仿真信号输入,从眼科 B 超诊断仪采集实际 SVGA 信号并显示。

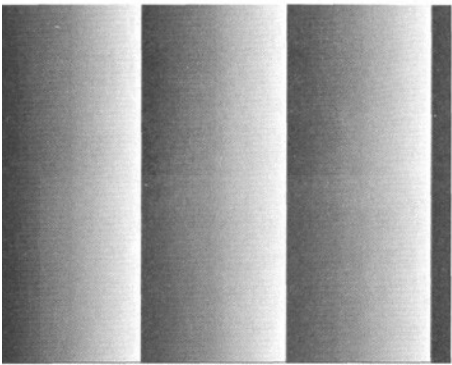


图 5 SVGA 仿真信号显示

Figure 5 Display of SVGA simulation-signal

眼科 B 超 SVGA 信号采集显示效果如图 6 所示。

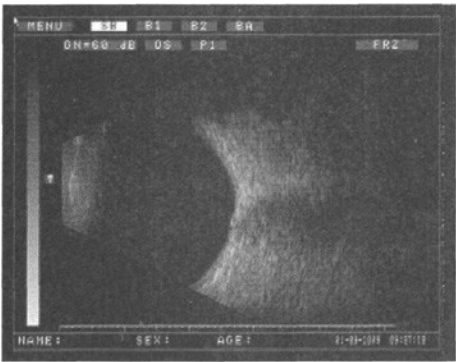


图 6 眼科 B 超 SVGA 信号采集显示

Figure 6 Display of SVGA signal required from B-scan ophthalmic ultrasound device

系统整机如图 7 所示。

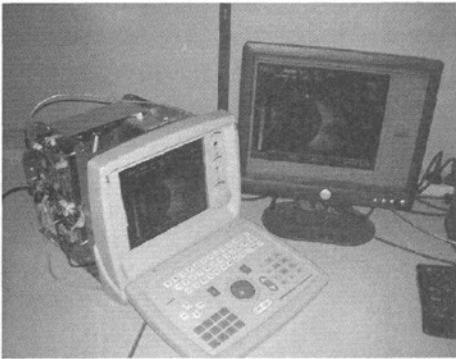


图 7 系统整机

Figure 7 The whole device

(下转第 621 页)

对比。由图 5 可见,A 图为电刺激装置生成的信号,幅值为 40mV,频率为 1Hz, B 图为 DE-3 神经元的膜电位变化,在频率、幅值、波形上都较好地再现了该生物信号。

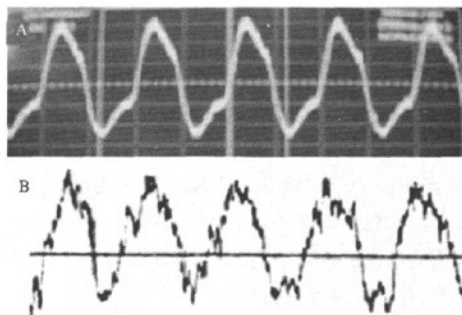


图 5 电刺激信号与生物信号的对比
Figure 5 The comparison of the signal between the stimulator and biology

通过一定的实验验证,电刺激装置可以模拟幅值在 0 ~ 200mV、单动作电位时程在 10 ~ 10000ms 的神经信号和频率在 0.1 ~ 100Hz 的周期神经信号,并且模拟信号的分辨率可以达到每毫秒 5 个数据点,较好地满足了神经电生理实验等的要求。

5 结论

通过系统在线仿真测算及实际输出波形与生物信号对比实验,表明本装置具有较高的生物信号再现能力,能够完成较复杂模型的运算,并实时性地输出刺激波形。可以有效地应用于对生物体神经系统的研究中,为后期进行相关生物机器人技术的研究提供了实验平台。

参考文献

- [1] Holzer R, Shimoyama I, et al. Locomotion control of a bio-robot system via electric stimulation [A]. Proceedings of the IEEE International Conference. France; 1997:1514 - 1519.
- [2] Talwar,SK et al. Rat navigation guided by remote control [J]. Nature, 2002, 417(6884): 37 - 38.
- [3] 李海鹏,戴振东,谭华,等. 壁虎动物机器人遥控系统 [J]. 计算机技术与发展,2008, 18(8): 16 - 19.
- [4] 王勇,苏学成,槐瑞托等. 动物机器人遥控导航系统 [J]. 机器人,2006,28(2): 183 - 186.
- [5] Kristan WB, Calabrese RL, et al. Neuronal control of leech behavior [J]. Progress in Neurobiology, 2005, 76(5): 279 - 327.
- [6] 孙伯原,王广志. 用于大鼠实验的脉冲电刺激器的研制 [J]. 北京生物医学工程,2005, 24(5): 360 - 362.

(2009-03-31 收稿,2009-05-20 修回)

(上接第 617 页)

5 结论

本系统采用 USB 接口成功实现了眼科 B 超图像的实时采集与处理。经测试,速度达到了 71Mbit/s,满足实时传输要求。同时具有如下优势:① 数据采集自 SVGA 信号 DA 转换之前,是完全的数字信号,图像保真性高;② 利用现有 PC 强大的处理能力与大容量存储器,可对图像进行复杂处理;③ 将这种采集方法直接整合到眼科 B 超诊断仪上,不仅极大的方便了诊断过程,而且有利于数据长期的存储与诊断可靠性的提高。

参考文献

- [1] 维基百科. 高级视频图形阵列. <http://zh.wikipedia.org/>.

2006.

- [2] Mitsubishi Companies. 12.1" SVGA TECHNICAL SPECIFICATION. www.mitsubishi.com. 2003.
- [3] Altera corporation. Cyclone Device Handbook. www.altera.com. 2008.
- [4] Altera corporation. Quartus II Help Version 6.0. www.altera.com. 2006.
- [5] Cypress Semiconductor Corporation. CY7C68013A Datasheet. <http://www.cypress.com>. 2008.
- [6] 薛园园. USB 应用开发技术大全. 北京:人民邮电出版社, 2008:185 - 186.
- [7] Cypress Semiconductor Corporation. EZ-USB Technical Reference Manual Document JHJ 001 - 13670 Rev. * A. <http://www.cypress.com>. 2008.

(2009-04-03 收稿,2009-06-15 修回)

基于USB的眼科B超图像实时采集与处理系统

作者：[王剑](#)，[计建军](#)，[王延群](#)，[王晓玲](#)，[王晓春](#)，[周盛](#)，[李川](#)，[WANG Jian](#)，[JI Jianjun](#)，[WANG Yanqun](#)，[WANG Xiaoling](#)，[WANG Xiaochun](#)，[ZHOU Sheng](#)，[LI Chuan](#)

作者单位：[王剑, WANG Jian\(北京协和医学院, 北京, 100730; 中国医学科学院生物医学工程研究所, 天津, 300192\)](#)，[计建军, 王延群, 王晓玲, 王晓春, 周盛, 李川, JI Jianjun, WANG Yanqun, WANG Xiaoling, WANG Xiaochun, ZHOU Sheng, LI Chuan\(中国医学科学院生物医学工程研究所, 天津, 300192\)](#)

刊名：[北京生物医学工程](#) 

英文刊名：[BEIJING BIOMEDICAL ENGINEERING](#)

年，卷(期)：2009，28(6)

被引用次数：0次

参考文献(7条)

1. [维基百科. 高级视频图形阵列](#) 2006
2. [Mitsubishi Companies 12.1" SVGA TECHNICAL SPECIFICATION](#) 2003
3. [Altera corporation Cyclone Device Handbook](#) 2008
4. [Altera corporation Quartus II Help Version 6.0](#) 2006
5. [Cypress Semiconductor Corporation CY7C68013A Datasheet](#) 2008
6. [薛园园 USB应用开发技术大全](#) 2008
7. [Cypress Semiconductor Corporation EZ-USB Technical Reference Manual Document JHJ 001-13670 Rev.*A](#) 2008

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_bjswyxgc200906013.aspx

授权使用：陕西理工学院(sxlgxy)，授权号：2c6353ab-7fa6-4c51-b22a-9df20115b09f

下载时间：2010年9月15日