

文章编号:1007-2780(2017)09-0714-07

基于 SOPC 的 PC 视频接口自动化检测系统设计

朱 可¹, 王 磊^{1*}, 王 军^{1,2}, 何 昕²

(1. 苏州科技大学, 江苏 苏州 215009;

2. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要:针对 PC 出厂时检测视频接口的不便性,从应用角度出发,提出一种基于可编程逻辑器件 NIOS II 软核的 PC 端视频接口自动化检测系统设计。PC 上位机播放特制视频,通过视频接口将图像传输至检测设备盒,设备盒通过 NIOS II 软核控制视频芯片将 HDMI、DP 视频格式转换成 VGA RGB 格式,并通过硬核检测行信号(HSYNC)、场信号(VSYNC),将采集到有效显示像素的 RGB 值缓存在 SRAM,并通过高速数据传输接口将数据返回给上位机进行对比。实验证明:该视频接口检测方式节省劳动成本,检测效率高,检测误差率小于 1%,最高支持 4K 30fps 视频检测。

关键词:NIOS II; 视频接口; 效率高; 4K

中图分类号:TP277 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173209.0714

Design of PC video interface automatic detection system based on SOPC

ZHU Ke¹, WANG Lei^{1*}, WANG Jun^{1,2}, HE Xin²

(1. *Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China;*

2. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China*)

Abstract: A system for computer video interface automatic detection was proposed based on FPGA NIOS II soft core, from the application point of view, when computers out of the factory. Computer plays a special video, and transmits the image to the detection equipment by video interface. Detection equipment converts HDMI, DP video signal into VGA RGB signal format through the video conversion chip controlled by NIOS II soft core. Detection equipment detects line signal, field Signal, and then puts the values of pixel RGB in the SRAM. Computer reads data from detection equipment through the high-speed transmission interface. It is proved by experiments that the video interface detection method can save labor cost and has a high detection efficiency. The detection error rate is less than 1% and equipment can detect interface which outputs 4K video 30 frames per second.

Key words: NIOS II; video interface; efficient; 4K

收稿日期:2017-04-01; 修订日期:2017-05-24.

* 通信联系人, E-mail: demowl@163.com

1 引言

信息化时代离不开计算机,从 1946 年占地 170 m² 到现在一本杂志大小,计算机技术高速发展着,同时人们对视频的清晰度越来越高,计算机的视频接口也产生 HDMI、DP 等高清视频接口。PC 设备在出厂前需要检测各项功能,包括视频接口。目前工厂普遍采用连接显示屏方式检测视频接口功能。但这种方法的缺点:员工工作一天对眼睛伤害较大,并且检测效率极低。针对这种缺点,本文提出一种自动化检测视频接口的检测装置设计。

2 视频接口检测装置总体设计

视频接口检测装置设计了 4 个模块:视频信号接收解码、核心控制器、电源模块、显示输出,如图 1。视频接收模块接收 PC 端输出的视频,将不同格式的视频信号转换成 VGA 24 位 RGB 数据信号格式。核心控制器的软核配置视频芯片的参数和接收 PC 端的检测命令解析,硬核做视频信号时序处理^[1-2],采集有效的图像 RGB 像素值并存储在 SRAM 中,等待 PC 端视频播放完毕后将缓存的视频数据传输至 PC 端比较。电源模块给检测盒里面的视频转换芯片和核心控制器供电。显示输出模块用于输出 PC 端播放的视频素材。

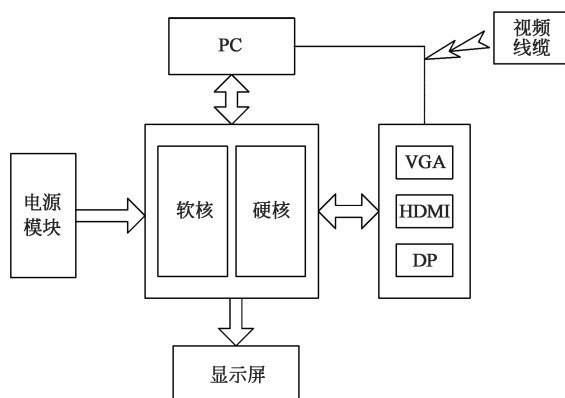


图 1 检测盒系统框图

Fig.1 Block diagram of detection equipment system

3 视频接口检测装置硬件设计

可编程逻辑器件选用 Altera 公司的 Cyclone

IV 系列中的 EP4CE22E22C8N,拥有 2 万多个逻辑单元,594 Kb 嵌入式存储器,高达 66 个嵌入式 18×18 个乘法器,4 个倍频 PLL,8 个 IO 快包含 153 个引脚。具有 AS, JTAG 下载调试接口。EP4CE22E22C8N 丰富的片上资源,使得该芯片作为系统的主控芯片。DP 视频信号接收芯片采用 Parade 公司的 PS176,支持 DP 1.2A 协议,支持 1,2 和 4 对传输通道,支持多种颜色格式,将 DP 视频信号转为 HDMI 视频信号格式。HDMI 视频格式接收选择 ADI 公司的 ADV7619 芯片,支持高清多媒体接口 1.4A 功能,扩展色度包括 sYCC601, RGB 等,兼容 CEC1.4,最大支持 4k×2k 分辨率,拥有两个 HDMI 视频通道,ADV7619 将 HDMI 视频格式信号转换成 GRB 30 位颜色深度视频信号。VGA 视频芯片采用的 TI 公司的 TVP7002 芯片,±6 dB 模拟增益,3 个数字化通道可独立设置参数,最高支持 1 080 P 分辨率,将 VGA 的 RGB 电压信号转化为数字信号。监测视频的输入采用 GM7123 芯片,时钟频率高达 330 MHz 的 3 通道 10 位 DAC 芯片。将接收到的 PC 上位机通过 USB 口传输控制命令,经过 FT232 将 USB 信号转化为 TTL 串行通信信号,波特率 115 200 bps。电源模块采用 MP2315,最高输出 3A 电流,能够驱动整个设备。缓存采用 W972GG6JB SDRAM 2 Gb 的存储容量,写入速率能达到 1 066 Mbps。检测装置硬件设计示意图如图 2。

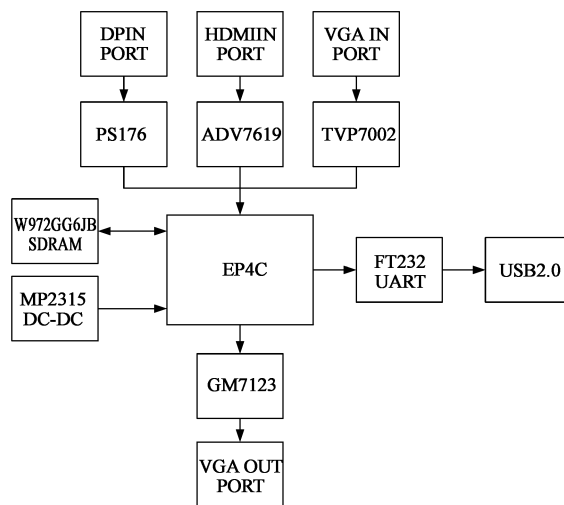


图 2 视频检测装置硬件连接图

Fig. 2 Connection diagram of video detection device hardware

4 视频接口检测装置软件设计

视频接口检测装置软件主要分为两部分：VGA 检测和 HDMI 检测,DP 接口检测则是将 DP

视频信号转化为 HDMI 视频信号。测试项包括是否有视频线缆接入、图像是否稳定、图像分辨率、视频帧频以及视频的像素点 RGB 值比对。HDMI 接口检测则增加了电压和音频的检测。视频接口检测软件设计框图如图 3。

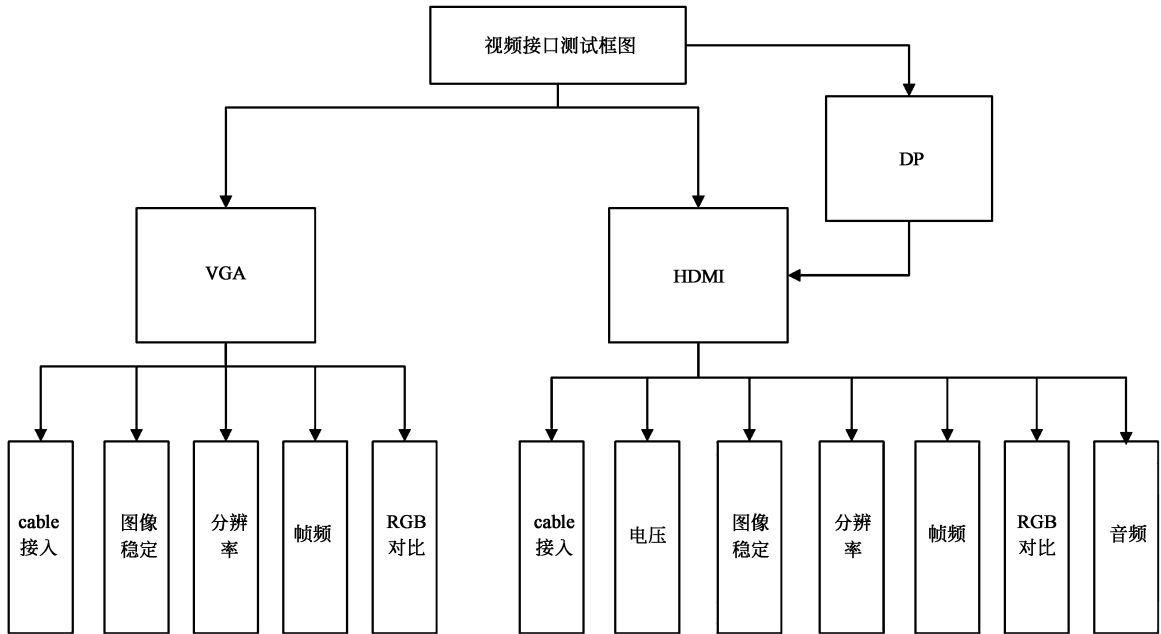


图 3 视频接口检测软件设计框图

Fig.3 Design block diagram video interface detection software

4.1 VGA 视频接口检测软件设计

VGA 视频接口检测主要分为两部分,利用 QSYS 设计的 NIOS 软核部分用于设置 VGA 解码芯片的参数以及与 PC 端的数据通讯;利用 Verilog HDL 设计的硬核部分用于采集 VGA 视频每个像素点的 RGB 值。

打开 QUARTUES ii 13.1 软件的 QSYS 新建一个 NIOS II 软核,添加 CPU、JTAG UART、SYSTEM ID、UART、RAM、PIO、EPCS 等组件。配置好各个组件,点击生成 NIOS 软核^[3-4]。

设备刚上电,软核通过 I²C 总线向 TVP7002 相应寄存器地址发送初始化参数,配置 TVP7002 RGB 8:8:8 输出模式,便于硬核采集。芯片初始化完成,等待 PC 上位机发送检测命令,检测逻辑采用发送命令-等待命令回复模式,只有等到命令回复才发送下一条检测命令。软核主循环等待上位机发送检测命令,解析命令调用相应的检测模块。接收到视频源稳定检测命令,软核通过 I²C 总线读取 TVP7002 芯片的行、场信号锁住状态寄存器判断视

频源是否稳定。接收到视频源分辨率检测命令,软核通过 I²C 总线读取 TVP7002 芯片的行场有效宽度寄存器,将读出的数据返回给上位机。接收到视频源帧频检测命令,软核启动场信号频率检测模块,通过硬核定时 1 秒计数场信号的脉冲数目。接收到视频源像素对比命令,根据 VESA 标准时序图,如图 4,启动硬核对视频的像素点进行采集。

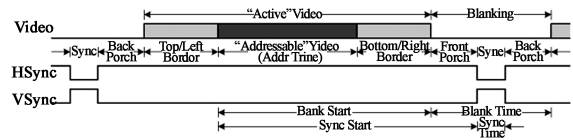


图 4 VESA 标准时序图

Fig.4 VESA standard timing diagram

硬核检测到行场信号的上升沿,X、Y 坐标清零,检测到行信号的下降沿,像素时钟计数器清零。当计满同步脉宽(Sync)+ 留白时间(Back Porch)个像素脉冲时,之后的才是实际的图像显示像素(“Active” Video)。X 坐标开始从 0 增

加,同时将像素点的 RGB 值存至 SRAM 中,直至计到分辨率的行大小停止存储,之后的像素时钟则是去消影的部分(Front Porch),直到下一个行信号的下降沿到来,像素时钟计数器和 X 坐标值清零,Y 坐标值加 1。循环采集,直到 Y 坐标大于分辨率的场大小停止一帧图片的数据采集。行信号存在留白和去消影的无用像素时钟,同时场信号也存在。去除方法和行信号类似,只是将像素时钟计数器变成行信号计数器^[5-10]。VGA 视频接口检测流程图如图 5。

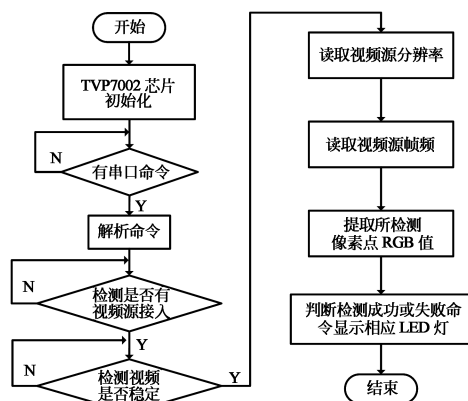


图5 VGA 视频接口检测流程图

Fig.5 Flowchart of VGA video interface detection

4.2 HDMI(DP)接口视频检测软件设计

ADV7619 有两个 HDMI 的输入通道,而本系统将 DP 信号通过 PS176 转换成 HDMI 信号,然后输入到 ADV7619,ADV7619 的另一个通道

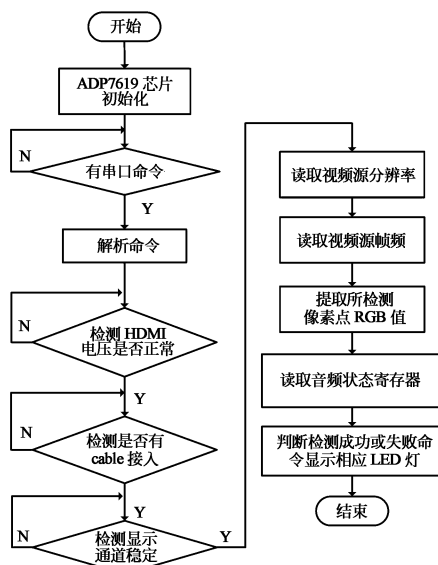


图6 HDMI 视频接口检测流程图

Fig.6 Flowchart of HDMI video interface detection

则输入 HDMI 的视频信号。通过 NIOS 软核可以控制 ADV7619 芯片进行通道选择,并且在 ADV7619 初始化的时候配置芯片输出为 RGB 8:8:8 格式。HDMI 检测基本与 VGA 类似,只是在此基础上增加了 HDMI 的电压以及音频的检测。HDMI 的电压检测采用 AD 采集,将电压转为二进制数值。音频检测通过检测音频寄存器判断是否锁住并且有无信号输出。HDMI 视频接口检测流程图如图 6。

5 测试实验与结果

测试环境采用联想 ThinkPad E450 笔记本,Win10 操作系统,带有 VGA 和 HDMI 接口。DP 端口则是采用 ThinkPad X250,Win7 操作系统,带有 VGA 和 DP 接口。利用示波器可以看出视频芯片解码出来的像素时钟以及行场信号。图 7 中通道 1 显示的是像素时钟,通道 2 显示的是行信号;图 8 中通道 1 显示的是场信号,通道 2 显示的是行信号。

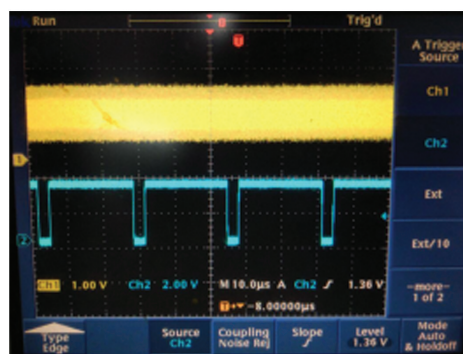


图7 像素时钟和行信号波形图

Fig.7 Waveform of pixel clock and HS

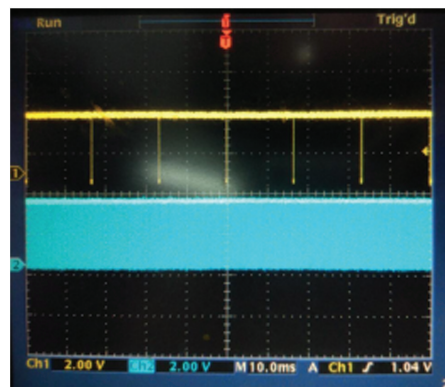


图8 场信号和行信号波形图

Fig.8 Waveform of VS and HS

实验采用上述两台 PC 机检测 1 000 次视频接口,通过点击需要检测的视频接口选项,同时配置检测参数,包括命令等待时长等。检测结束后则会在结果栏显示检测结果,通过显示”PASS”,失败显示”FAIL”,未检测则显示”NULL”。检测软件显示如图 9 ThinkPad E450 VGA、HDMI 接口检测通过,图 10 ThinkPad E450 HDMI 接口检测失败,图 11 ThinkPad X250 VGA、DP 接口检测通过,图 12 ThinkPad X250 VGA、DP 接口检



图 12 DP 接口检测失败

Fig.12 DP interface fail detection

表 1 ThinkPad E450 VGA、HDMI 检测结果表

Tab.1 Result of ThinkPad E450 VGA,HDMI detection

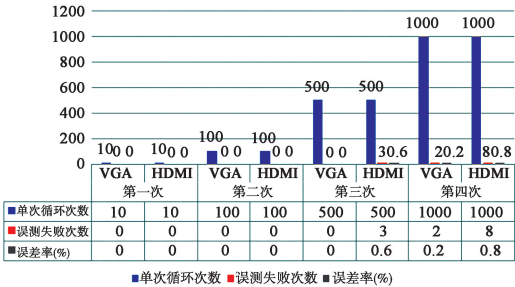


图 9 VGA、HDMI 接口检测通过

Fig.9 VGA,HDMI interface successful detection



图 10 HDMI 接口检测失败

Fig.10 HDMI interface fail detection

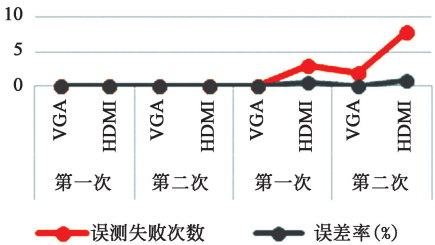


图 13 表 1 中误测以及误差率折线图

Fig.13 Error and the error rate of the line chart in the table 1

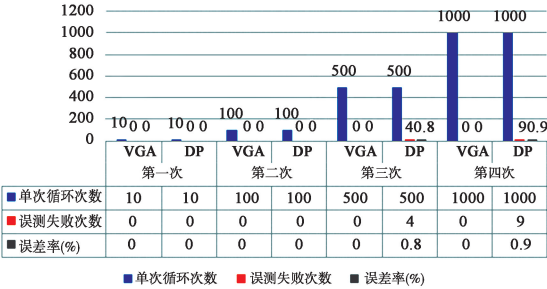


图 11 VGA、DP 接口检测通过

Fig.11 VGA,DP interface successful detection

表 2 ThinkPad X250 VGA、DP 检测结果表

Tab.2 Result of ThinkPad X450 VGA,DP detection



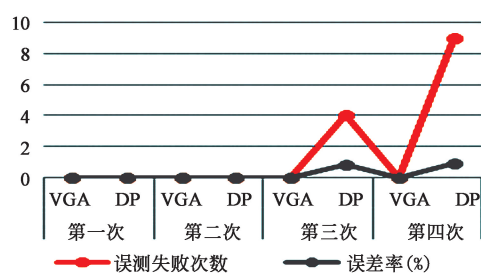
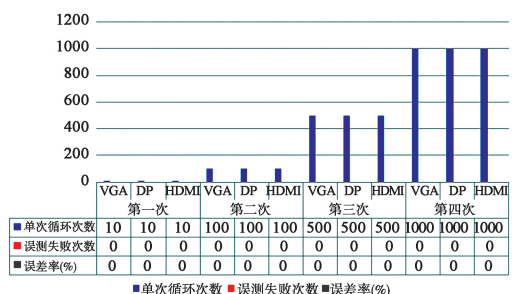


图14 表2中误测以及误差率折线图

Fig.14 Error and the error rate of the line chart in the Table 2

表3 问题接口检测结果表

Tab.3 Result of damaged interface detection



测失败;检测结果如表1 ThinkPad E450 VGA、HDMI 检测结果表,图13是表1的误测以及误差率折线图;表2 ThinkPad X250 HDMI、DP 检测结果表,图14是表2的误测以及误差率折线图。

实验中人为制造视频接口的信号线短路或断路状况,记录实验检测结果,表3显示检测系统完全能够检测到有问题的视频接口。

6 结 论

采用 SOPC NIOS II 软核配置视频芯片以及与 PC 端互相通讯方式,有效节省了系统硬件成本,同时硬核与软核之间共享 RAM 空间,避免了数据的多次搬运,提高了数据传输速率。采用将视频信号采集并传输至 PC 端与源视频进行对比的视频接口检测方式,提高了传统人工检测效率,为实现 PC 视频接口自动化检测提供了一个新的方向。

参 考 文 献:

- [1] 张廷华,樊桂花.基于 DSP 和 FPGA 的视频格式转换[J].国外电子测量技术,2013,32(2):57-59.
ZHANG T H, FAN G H. Video format transform based on DSP and FPGA[J]. *Foreign Electronic Measurement Technology*, 2013, 32(2): 57-59. (in Chinese)
- [2] 马超,章明朝,李佩玥,等.基于 FPGA 的实时视频采集预处理系统设计[J].半导体光电,2015,36(3):518-521.
MA C, ZHANG M C, LI P Y, et al. Design of real-time video capture and pretreatment system based on FPGA [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2015, 36(3): 518-521. (in Chinese)
- [3] 王锐,雷金奎.基于软核 Nios II 的 SOPC 数据采集系统的设计[J].计算机测量与控制,2008,16(8):1199-1202.
WANG R, LEI J K. Design of SOPC data gathering system based on Nios II [J]. *Computer Measurement & Control*, 2008, 16(8): 1199-1202. (in Chinese)
- [4] 黄煜栋.基于 Nios II 高速红外图像采集系统设计[J].电子器件,2013,36(6):842-845.
HUANG Y D. High-speed infrared image acquisition system based on Nios II [J]. *Chinese Journal of Electron Devices*, 2013, 36(6): 842-845. (in Chinese)
- [5] 朱耀东,经亚枝,张焕春.基于 FPGA 的 LCD&VGA 控制器设计[J].电子技术应用,2002,28(11):44-46.
ZHU Y D, JING Y Z, ZHANG H C. A design of AMLCD controller based on FPGA [J]. *Application of Electronic Technique*, 2002, 28(11): 44-46. (in Chinese)
- [6] 朱奕丹,方怡冰.基于 FPGA 的图像采集与 VGA 显示系统[J].计算机应用,2011,31(5):1258-1261,1264.
ZHU Y D, FANG Y B. Image acquisition and VGA display system based on FPGA [J]. *Journal of Computer Applications*, 2011, 31(5): 1258-1261, 1264. (in Chinese)
- [7] 冯伟昌,林玉池,何冬,等.基于 FPGA 的双通道实时图像处理系统[J].传感技术学报,2010,23(8):1118-1122.
FENG W C, LIN Y C, HE D, et al. Dual-channel image real-time processing system based on FPGA [J]. *Chinese Journal of Sensors and Actuators*, 2010, 23(8): 1118-1122. (in Chinese)
- [8] 李成,贺洋.基于 FPGA 的图像采集模块的设计[J].电子设计工程,2009,17(3):34-36.

- LI C, HE Y. Design of image acquisition unit based on FPGA [J]. *Electronic Design Engineering*, 2009, 17(3): 34-36. (in Chinese)
- [9] 苏维嘉, 张澎. 基于 FPGA 的 TFT-LCD 控制器的设计和实现[J]. 液晶与显示, 2010, 25(1): 75-78.
- SU W J, ZHANG P. Design and implementation of TFT-LCD controller based on FPGA [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(1): 75-78. (in Chinese)
- [10] 刁玉, 宋泽琳, 马令坤. 基于 FPGA 的数据采集及显示[J]. 微型机与应用, 2011, 30(13): 92-94, 97.
- DIAO Y, SONG Z L, MA L K. Data acquisition and display controller based on FPGA [J]. *Microcomputer & Its Applications*, 2011, 30(13): 92-94, 97. (in Chinese)

作者简介:朱可(1973—),男,江苏苏州人,本科,中级工程师,1994 年于原铁道师范学院现苏州科技大学获得学士学位,主要从事仪器与仪表自动化方面研究。E-mail:koker@163.com

王磊(1991—),男,江苏东台人,硕士,助理工程师,2016 年于苏州科技大学获得硕士学位,主要从事嵌入式智能化方面研究。E-mail:demowl@163.com