

基于虚拟仪器的显示器音频自动测试系统设计*

卢毅^{1,2}, 徐胜^{1,2}, 林志贤^{1,2,3}, 林珊玲^{2,3}, 郭太良^{1,2}

(1.福州大学 物理与信息工程学院, 福建 福州 350116; 2.中国福建光电信息科学与技术创新实验室, 福建 福州 350116;
3.福州大学 先进制造学院, 福建 泉州 362200)

摘要: 针对传统显示器音频测试过程中需通过繁琐人工操作导致耗时冗长的问题, 结合显示器音频测试基本原理提出了一种基于虚拟仪器技术的显示器音频自动测试系统方案。该方案设计了计算机与待测显示器的通信电路, 并通过 LabVIEW 与 VC++ 的混合编程实现远程通信; 接着, 通过虚拟仪器的相关工具实现对测量仪器的控制; 最后, 结合音频测试步骤设计系统测试流程, 实现全测试项目自动执行。经过实验验证表明, 相较于人工操作, 相同精度情况下, 该系统自动化程度较高, 测试平均时长缩短了 84.25%, 为显示设备音频自动测试提供了一种切实可行的参考方案。

关键词: 音频测试; 自动测试系统; 虚拟仪器

中图分类号: TN912.21

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.212467

中文引用格式: 卢毅, 徐胜, 林志贤, 等. 基于虚拟仪器的显示器音频自动测试系统设计[J]. 电子技术应用, 2022, 48(8): 81-85.

英文引用格式: Lu Yi, Xu Sheng, Lin Zhixian, et al. Design of an automatic test system for display audio based on virtual instruments[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(8): 81-85.

Design of an automatic test system for display audio based on virtual instruments

Lu Yi^{1,2}, Xu Sheng^{1,2}, Lin Zhixian^{1,2,3}, Lin Shanling^{2,3}, Guo Tailiang^{1,2}

(1.College of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;

2.Fujian Science & Technology Innovation Laboratory for Optoelectronic Information of China, Fuzhou 350116, China;

3.School of Advanced Manufacturing, Fuzhou University, Quanzhou 362200, China)

Abstract: Aiming at the problem of time-consuming and lengthy problems caused by tedious manual operation in the traditional display audio test process, this paper combines the basic principles of display audio test to propose a display audio automatic test system based on virtual instrument technology. The program designs the communication circuit between the PC and the display to be tested, and realizes remote communication through the mixed programming of LabVIEW and VC++. Then, the control of the measuring instrument is realized through the related tools of the virtual instrument. Finally, combined with the audio test steps, the system test process is designed to realize the automatic execution of the full test project. Experimental verification shows that compared with manual operation, the system has a higher degree of automation under the same accuracy, and the average test time is shortened by 84.25%, which provides a practical reference scheme for automatic audio testing of display devices.

Key words: audio testing; automated test systems; virtual instrument

0 引言

在视听设备的快速发展下, 音频测试^[1-2]成为显示器检测的重要一环。传统的显示器音频测试以仪器为主, 需通过不断调整、测量、记录仪器的各项电气指标, 整个过程需要人工值守, 冠捷显示科技集团作为全球最大的显示器生产商, 测试人员根据其标准测试程序(Standard Operating Procedure, SOP)进行测试至少需要 35 min, 耗费大量人力及时间。目前, 许多学者提出了一些自动测试

方案, 文献[3]提出一种利用数据采集卡及人工耳开发的测试系统, 能够实时检测待测设备的音质以及音效; 文献[4]提出并设计了一套基于 LabVIEW 的采集系统, 利用 NI 的采集卡替代仪器测量车载音响的调频及功放, 采集结果接近仪器精度; 文献[5]提出一种音频芯片测试系统, 系统基于 FPGA 和 DDS 实现, 能够输出各种频率分量, 并采集芯片的相关参数。上述研究成果大多通过采集卡、FPGA 的形式设计, 有灵活性高、成本低的优势, 但相对测量仪器测量精度较低, 且未提出一个针对显示器音频测试的系统化方案。

* 基金项目: 国家重点研发计划(2021YFB3600603); 福建省自然科学基金(2020J01468)

虚拟仪器^[6-8]作为新一代测试手段替代了以硬件为主的传统测试方法,主要是将计算机与测试仪器有机结合起来,既能充分发挥计算机的处理功能,又在很大程度上提高了自动测试系统在仪器控制、数据采集方面的能力。为了解决音频测试自动化程度低、耗时长等问题,本文通过分析音频参数的测量基本原理,提出了一种基于虚拟仪器的多仪器集成自动测试系统方案。系统通过混合编程、接口通信和 ActiveX 等自动控制技术将各仪器集成在 LabVIEW 平台内,并实现音频功放参数自动测量及导出等功能,该方案能够全面替代人工自动执行测试流程,大幅减少人工操作时间,为自动测试系统开发提供经验。

1 音频参数测量基本原理

本文所述显示器音频测试主要针对其音频功放,测试基本原理为,在输入电压为 1 V、频率为 1 kHz 的正弦音频信号下,以额定阻抗的纯电阻替代立体声喇叭作为功放负载,测量电阻两端的电气信号。主要测量参数基本原理及方法如下。

(1)信噪比(SNR):定义为有用信号与噪声信号强度的比值,测量时关闭双侧声道并测量,信噪比越高,输出音频信号清晰度越高。

$$\text{SNR} = 20 \log \frac{V_s}{V_n} \text{ dB} \quad (1)$$

式中, V_s 表示有用信号电压, V_n 表示噪声信号电压。

(2)总谐波失真+噪声(THD+N):经信号放大后各次谐波电压和噪声的均方根与基波幅值之比,失真度越小表示输出音频更能反映出输入音频的真实度。

$$\text{THD+N} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2 + V_N^2}}{V_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中, V_1 表示基频电压, V_2, V_3, \dots, V_n 为高次谐波分量电压, V_N 表示噪声信号电压。

(3)串扰(CrossTalk):也可以叫作通道分离度,指的是将单侧声道关闭,测量另一侧输出受干扰的程度。

$$V_{\text{CrsTlk}} = 20 \log \frac{V_d}{V_{\text{ui}}} \text{ dB} \quad (3)$$

式中, V_d 表示已断开声道的电压, V_{ui} 表示未关闭声道电压。

(4)频率响应:指的是功放各个频次下的输出幅值变化情况,通常扫频信号的频段为人耳能够识别的 20~20 kHz。

(5)残留电压:表示为无音频输入或是音量最小的输出电压情况,一般来说电压为趋近于 0 V,否则喇叭会在上述情况下被功放推动产生声响。

(6)音量曲线:即不同音量下的振幅情况,通常来说,音量曲线的总体趋势应当是递增的,音量自增 1% 后的幅值应当大于或者等于原音量下的幅值,人耳可以感受到喇叭音量缓慢的递增过程。

2 系统硬件设计

2.1 系统总体硬件架构

该测试系统主要用于检测显示器音频功放的电气参数,设计的系统框图如图 1 所示。系统以计算机为控制核心,主要用于设备控制、数据收集及报表输出,视频信号源使用的是致茂公司的 Chroma-2235 可编程视频图形信号产生器,为待测显示器提供标准的音视频激励信号,DDC/CI(Display Data Channel Command Interface)控制器远程调节待测显示器的音量参数,音频分析仪使用 Audio Precision 公司的 SYS-2722 音频分析仪,负责采集显示器左右声道功放负载的测试数据。

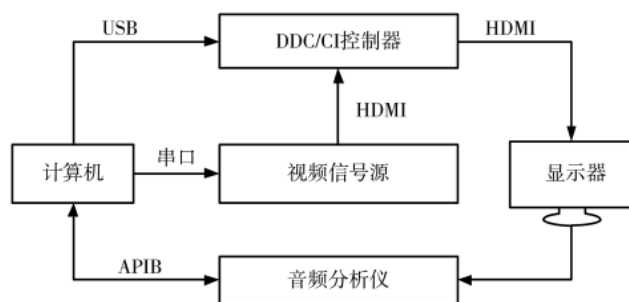


图 1 测试系统原理框图

2.2 基于 DDC/CI 协议的控制器设计

2.2.1 DDC/CI 协议基本原理

视频接口一般留有两根通信线路作为显示数据通道(Display Data Channel, DDC)总线,其通信标准与 I²C 总线相似,用于主机获取或修改显示器的基本参数信息。

DDC/CI 协议^[9]是一种通过 DDC 总线控制显示器的业界标准通信协议,该协议一般认定主机为发起方,显示器为接收方,每次传输一个字节,接收方收到后返回应答信号,以“开始信号-目的地址-源地址-指令长度-指令特性-操作指令-数据位-校验位-停止信号”的格式连续传输指令与显示器进行通信。

2.2.2 DDC/CI 控制器电路设计

DDC/CI 控制器由 USB 转 I²C 芯片 FT2232D、USB 接口、HDMI 接口及 E²PROM 所设计,USB 接口为电路提供 5 V 电压供电及指令传输,E²PROM 用于缓存芯片输出传输数据,转换芯片可以将输入的 USB 协议经内部的多协议同步串行引擎(Multi-Protocol Synchronous Serial Engine, MPSSE) 处理后与 I²C、SPI、JTAG 设备进行通信,将输入和输出 HDMI 接口 HDMI_I、HDMI_O 直连,并将转换芯片处理后的总线信号通过上拉电阻 R1、R2 接入直连接口的 DDC 总线上,控制器的电路硬件框图如图 2 所示。

3 系统软件设计

系统软件开发基于 LabVIEW 平台,平台内置多种开发工具,如 VISA、ActiveX、动态链接库及报表工具包等,以最大程度提高开发效率,满足用户设计需求。

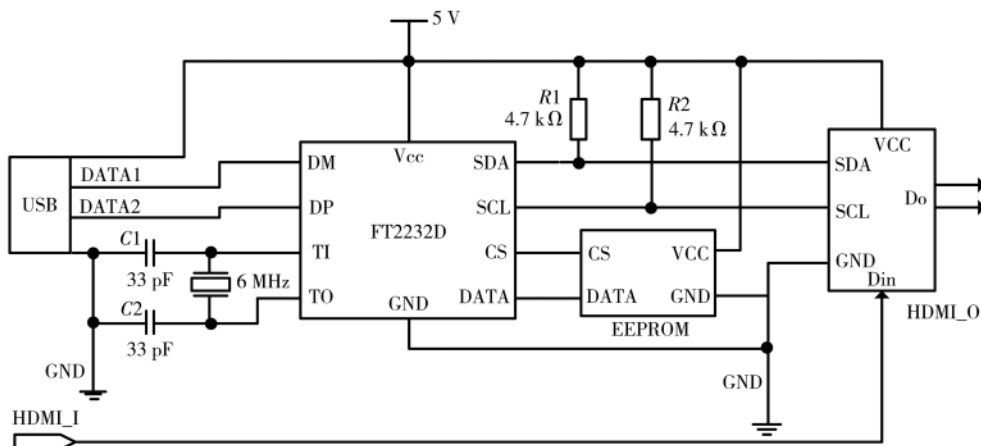


图 2 DDC/CI 控制电路框图

3.1 软件设计思路

首先,通过虚拟仪器及 VC++ 技术,实现对测试模块各仪器的通信及控制;接着,开发初始化、音频测试及报表输出模块所需的各子 Vi 模块;最后,结合音频参数的测试流程调用各个模块,使系统能够完整执行所选测试项目。软件各模块结构图如图 3 所示。

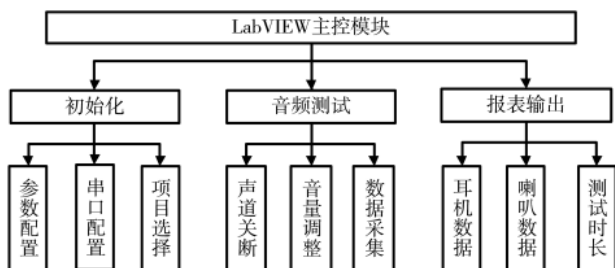


图 3 系统软件结构图

3.2 LabVIEW 与显示器交互实现

LabVIEW 图形化编程环境擅于解决仪器控制、采集测量方面的问题领域,但在底层控制的处理上较为繁琐,而 VC++ 擅于解决底层控制、数据处理方面的问题,但在开发交互界面以及图形化控件上的处理较为繁琐。动态链接库(Dynamic Link Library, DLL)^[10-11]正是解决这一问题的关键技术,通过调用已封装的开发程序,实现 VC++ 与 LabVIEW 混合编程,充分发挥二者的优势。

为通过混合编程实现 USB 与显示器的远程通信,在利用 VC++ 封装好传递函数后,通过 LabVIEW 的调用库函数节点(Call Library Function Node, CLN)将函数导入即可实现。CLN 是一种实现混合编程的重要开发工具,在配置函数接口的变量类型、线程以及调用规范后便可直接使用,该开发方式操作便捷、可复用性强。

3.3 基于 ActiveX 的参数采集程序设计

显示器音频功放数据通过 SYS-2722 音频分析仪所采集,仪器专用测试软件 AP2700 搭载在 Windows 平台内,可以通过 ActiveX 自动化技术^[12-15]收集仪器采集的数据

信息。ActiveX 是一种以 COM 组件为基础的可复用技术,外部容器只需根据其属性、事件与方法三要素即可快速插入相应控件,在 LabVIEW 内通过 ActiveX 技术访问组件接口进行程序开发,该方法操作简单,方便快捷。对于 AP2700,其发布的组件接口都有定义唯一标识符,利用其属性或方法节点能够将分析仪采集数据的数据传递到节点输出端口,使用该技术可以实现对被测显示器的功率/电压、THD+N、串扰、信噪比等参数逐项采集。

3.4 基于 VISA 的声道关断程序设计

针对信噪比、串扰等测试项目需通过关断信号源单侧的音频通道后,再采集相关测试性能参数这一情况,系统利用 VISA 函数控制信号发生器的音频声道关断。VISA 是一种集成多种标准接口驱动程序,具有高效便捷的应用编程接口,计算机通过 VISA 函数传输程控仪器中有关音频参数的控制指令后,通过指定接口将发送缓冲区的指令传输至仪器,该方式便于自动修改音频电压、通道、采样率等参数调整。

3.5 数据报表导出

NI 公司提供了丰富的报表工具包,包括 Excel、Word、Access 等常见的处理软件,可以利用该工具实现报表的创建、存入及导出。系统将所有测试结果通过数组的方式整理,对于冗长的测试数据,利用工具包内的“增加工作簿”的方式分别导出。该方式可以减少研究人员收集测试数据的时间,便于结果的后续处理及分析。

3.6 LabVIEW 测试平台搭建

本文研制出的测试系统人机交互界面如图 4 所示,选项卡控件将分为项目区和数据区,项目区内包含了项目选择、参数配置、系统控制,可供用户自由选择测试项目并配置相应的测试参数,数据区分为喇叭数据和耳机数据,在测试结束后通过数值控件或波形图显示测试结果。

为了实现系统自动执行测试全流程,系统软件平台以“句柄获取-参数预设-信号触发及延时-参数读取-数据导出”的形式设计,子 Vi 的程序原理图如图 5 所示。

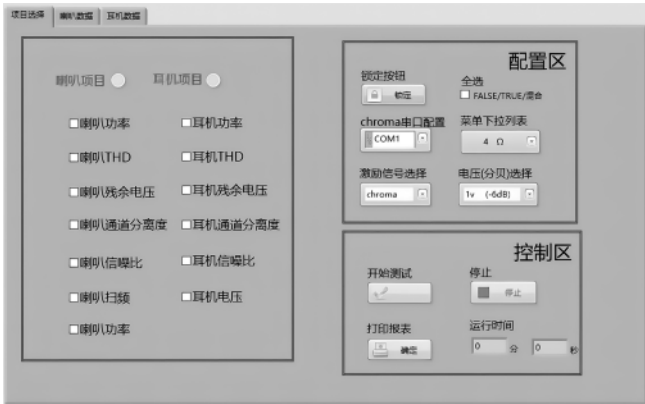


图4 测试系统人机交互界面

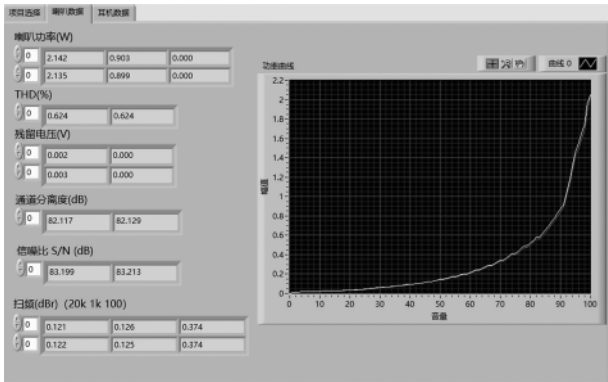


图7 喇叭接口性能测试数据

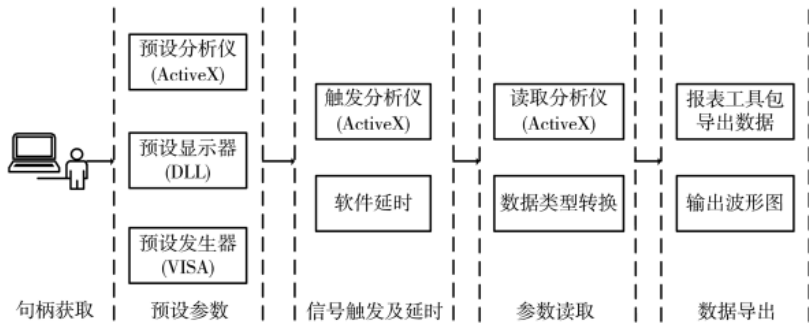


图5 子 Vi 程序原理图

系统测试流程如图 6 所示,以顺序结构+条件结构内调用各项打包好的测试流程子 Vi,顺序结构能够使系统按照预定流程执行,条件结构使得系统按序判别前面板内测试项目的布尔控件,根据控件值决定是否需要执行当前测试项目。

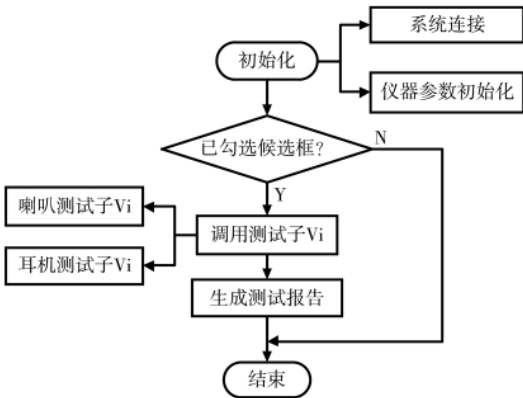


图6 测试系统运行流程图

4 系统功能测试结果与分析

测试结果如图 7 所示,其中,图片右侧为绘制的音量曲线测试结果,横轴表示音量,纵轴表示电功率,曲线呈递增趋势,中途无下降点,表明该功放驱动电压能够随音量正常变化,其余测试结果也均符合《PC 99 System Design Guide》中制定的音频放大器设计标准,表明该设备达到音频电器性能测试的基本标准。

分别记录 10 个不同测试人员在相同环境条件下,通过人工测试和自动测试系统得出的测试时间和测试结果。如表 1 所示,比较 10 次人工与系统的参数测量结果,相对误差的最大值不超过 0.04%,表明测试精度不受系统影响。另外,由表 2 时长对比可以看出,由于熟练度不同使得人工测试时长相差较大,而本系统通过 LabVIEW 实现,操作便捷且测试时长相对稳定,相比人工测试本系统平均测试时间缩短 84.25%,大幅减少测试投入时间,提高测试效率。

表 1 人工测试与本系统结果对比

项目	系统测试	人工测试	两者误差	相对误差/%
电压/mV	135.54	135.50	0.04	0.031
THD-N/dB	-65.27	-65.29	0.02	0.035
信噪比/dB	-90.18	-90.15	-0.03	0.030
串扰/dB	-59.47	-59.49	0.02	0.031

表 2 人工测试与本系统测试时长

测试人员	人工测试时长	自动测试时长
1	51 min 32 s	6 min 56 s
2	43 min 14 s	6 min 53 s
3	42 min 28 s	6 min 52 s
4	42 min 54 s	6 min 55 s
5	35 min 33 s	6 min 54 s
6	37 min 43 s	6 min 55 s
7	46 min 24 s	6 min 53 s
8	38 min 08 s	6 min 58 s
9	41 min 51 s	6 min 56 s
10	39 min 17 s	6 min 53 s
平均值	41 min 54 s	6 min 55 s

5 结论

本文通过分析显示器音频测试基本原理,设计了一套基于 LabVIEW 的自动测试系统,该系统利用虚拟仪器技术能够实现显示器音频功放参数的自动测试。通过

对系统的测量结果分析,该系统充分利用了虚拟仪器的特点,操作便捷,自动化程度高,能够大幅缩短测试时长,在测试系统开发和多测试设备集成控制方面具有较强应用价值。

参考文献

- [1] 邵晖.音频测试,更快更准[J].国外电子测量技术,2016,35(1):17-20.
- [2] KANG J, SHE F, JIE P, et al. Audio testing technology research[C]//IEEE 2011 10th International Conference on Electronic Measurement & Instruments. IEEE, 2011, 3: 24-28.
- [3] LAI H M, TSENG C C, YEH S T, et al. The design of LabVIEW-based audio and speech testing system[C]//2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW). IEEE, 2019: 1-2.
- [4] Yu Yanling, Wei Tianyu, Zhao Zhiwei, et al. DDS-based analog IC test system for audio ICs[C]//2021 4th International Conference on Circuits, Systems and Simulation (ICCS). IEEE, 2021: 118-122.
- [5] 张震邦, 汪小名, 吴伟斌, 等. 应用 LabVIEW 开发的车载音响性能检测系统[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(4): 102-106.
- [6] 俞宙, 李静, 魏亚峰, 等. 基于虚拟仪器的高速混合信号自动测试系统设计[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(S1): 94-101.
- [7] DU P, LI H. Design of an integrated control system for multiple test instruments based on LabVIEW[C]//2020 13th International Congress on Image and Signal Processing, Bio-Medical Engineering and Informatics (CISP-BMEI). IEEE, 2020: 904-908.
- [8] 董琳, 叶建芳, 张志强. 基于虚拟仪器技术的高频功率放

- 大器分析仪[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(3): 72-76.
- [9] 洪胜和, 林志贤, 郭太良. 基于 OSD 交互的液晶显示器光学测试系统设计[J]. 电视技术, 2017, 41(4): 268-273.
- [10] 岳晓庚, 任红伟, 周宾, 等. 基于声学技术的矿井风速测量仪器设计[J]. 仪表技术与传感器, 2020(5): 42-47.
- [11] 毛瑞石, 王相生. 基于 LabVIEW 和 DLL 技术的 USB 测试仪软件在鱼雷上的应用[J]. 鱼雷技术, 2016, 24(2): 141-144.
- [12] CHEN B, JIAO L, GAO D, et al. Runway icing prediction method and system development based on activex controls[J]. IEEE Access, 2019, 7: 153605-153617.
- [13] CUI X, WANG S, MA N, et al. A universal structure model for switches and its application to automatic test system[C]//2016 IEEE Autotestcon. IEEE, 2016: 1-5.
- [14] Chen Bei, Cao Wenlun, He Yuyao, et al. Monitoring system implement of marine electric-powered driven[C]//2019 IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON). IEEE, 2019: 798-801.
- [15] 罗钦文, 刘桂雄. 基于 LabVIEW 的电线电缆检测数据集成系统开发[J]. 中国测试, 2018, 44(5): 93-96.

(收稿日期: 2021-12-12)

作者简介:

卢毅(1997-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统与自动化。

徐胜(1974-), 通信作者, 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向: 嵌入式系统, E-mail: xusheng06090@163.com。

林志贤(1975-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 嵌入式系统。



扫码下载电子文档

(上接第 80 页)

- 钟抖动测试方法[J]. 微电子学与计算机, 2020, 37(3): 71-75, 82.
- [10] 刘琨, 李铁虎, 张俊安. 高速宽带锁相环的相位噪声影响研究[J]. 微电子学, 2019, 49(4): 467-470, 476.
- [11] 王威, 卢翔宇, 张秋云, 等. 基于 FPGA 的便携式多路高精度采集系统设计[J]. 电子技术应用, 2019, 45(9): 53-59.
- [12] 肖猛, 赵浩, 冯浩, 等. 不同分辨率下增量式光栅编码器测量误差研究[J]. 计量学报, 2021, 42(8): 1047-1052.
- [13] 易志强, 韩宾, 江虹, 等. 基于 FPGA 的多通道同步实时高速数据采集系统设计[J]. 电子技术应用, 2019, 45(6): 70-74.

- [14] SOUSA J, THOMAS A, WAGNER C, et al. Signalkonditionierung leicht gemacht[J]. Elektronik Industrie, 2018, 49(1): 56-59.

- [15] 卢翔宇, 尹熹伟, 史喆羽, 等. 旋翼桨叶表面非定常载荷测量风洞试验技术[J]. 兵工自动化, 2022, 41(2): 48-56.

(收稿日期: 2021-12-24)

作者简介:

卢翔宇(1980-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 主要研究方向: 低速风洞测量与控制。

陈正武(1981-), 男, 硕士研究生, 副研究员, 主要研究方向: 气动声学。

刘雄(1994-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式技术、无线电通信。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所