

舒蜜,龙荣平.基于模块化的山洪灾害预警音频数字功放系统设计[J].气象研究与应用,2024,45(2):83-87.

Shu Mi, Long Rongping. Design of audio digital power amplifier system for mountain flood disaster warning based on modular design [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(2): 83-87.

基于模块化的山洪灾害预警音频数字功放系统设计

舒蜜, 龙荣平

(广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院有限责任公司, 南宁 530023)

摘要:山洪灾害预警是水利信息化中的重要部分,而预警播报功能是山洪灾害预警中重要的一环。为解决现有山洪灾害预警系统预警播报效率不高、设备体积大、安装不便、故障处理成本高、电源利用效率低、控制复杂等问题,本文采用Mini-PCle模块设计水利山洪灾害预警音频数字功放系统,结合可定制化的语音芯片和15W D类双声道音频功率放大器,将功放音频的电源输入、音频信号输出、数字功放与音频芯片、控制输入等模组集成于遥测智能终端内,形成一个紧凑、高效的预警系统核心,使其具备可拔插、简便安装、便捷维护等功能,以实现高效稳定的语音播报功能。

关键词:山洪灾害预警;音频数字功放;模块化设计;Mini-PCle模块

中图分类号: X43

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.2.14

随着极端异常气候逐渐增多,山洪灾害频发,给人民生命财产安全和社会经济稳定带来了严重威胁。山洪灾害预警作为水利信息化^[1-6]的重要组成部分,对于减少灾害损失、保障人民安全具有重要意义。

目前在山洪灾害预警系统^[7-8]研究方面已取得一定的成果。一些研究聚焦于预警模型的构建和优化,通过引入先进的算法和技术手段提高预警的准确性和时效性;另一些研究则关注于预警系统^[7-13]的设计和实现,通过采用新的通信技术和设备提高预警信息的传播效率和覆盖范围。然而,这些研究大多未能有效解决现有预警系统存在的问题,如设备体积大、安装不便、故障处理成本高等。

本研究以模块化设计^[1]为切入点,结合Mini-PCle模块^[2]技术,将山洪灾害预警音频数字功放系统划分为多个功能模块,包括数据自动接收处理程序、定制化语音芯片^[3-6]模块、音频数字功放模块、电源管理模块、控制输入模块等部分,并将这些模块集成于遥测智能终端内。通过模块化设计有效解决现有预警系统存在的问题,提高预警信息的传播

效率和覆盖范围。

1 系统设计

1.1 技术路线

模块化设计作为本系统的核心理念,从系统整体出发,将复杂系统分解为多个功能明确、相互独立且可互换的模块,简化系统结构,降低安装与维护难度,提升系统的可扩展性和适应性,使得预警系统能在不同场景下能灵活部署,满足多样化的应用需求。在该系统设计中,遵循以下技术路线:

(1)功能解耦标准化与扩展性:将功放喇叭控制、电源管理、音频处理^[6]与功率放大等功能模块化,每个模块专注于单一任务,通过统一的电气接口和通信协议实现模块间高效、无误的交互。Mini-PCle模块设计提供大量I/O接口,确保强大的拓展能力,为未来功能升级预留空间。大量的接口便于与其他监测设备、数据采集系统、通信网络(如GPRS、4G/5G、北斗导航等)、云平台^[12]等进行无缝对接,实现预警信息的多渠道发布、多级联动、实时共享,提高预警系统的整体协调性和响应速度。

收稿日期: 2024-03-02

基金项目: 广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院有限责任公司科研项目(GXS-KY-Y-2023-01)

第一作者: 舒蜜(1983-),工程师,主要从事水利信息化研究。E-mail:shumi@126.com

(2)即插即用易与维护便捷性:模块化、可拔插设计。每个模块设计有明确的标识与接口定义,模块间接口标准化,确保安装的一致性和准确性,降低因人为误操作导致的故障风险。当某一模块出现故障时,只需更换相应模块,无需整体拆装,只需更换故障模块,大大减少维修时间和成本。现场安装时,非专业人员仅需参照接口说明即可快速完成组装,可降低安装难度和时间成本。

(4)集成化与广泛适用性:模块集成音频芯片^[4]、数字功放^[9-10]及控制功能于一体,同时可以根据实际需求灵活增减模块,实现功能的动态调整和扩展,以应对不断变化的预警需求和技术发展。模块采用贴片式芯片,实现紧凑尺寸,体积小巧,系统的轻量化和小型化设计,使得预警设备可以安装在空间有限或难以到达的区域,适应各类应用环境,具备高移植性,可轻松集成于各类设备中。

1.2 系统架构

山洪灾害预警音频数字功放系统通过整合模块化设计、Mini-PCIe 接口技术、定制化语音芯片等现代技术手段,将传统预警系统中相对独立的功能单元进行解耦,将各功能模块集成于智能终端内,形成一个紧凑、高效的预警系统核心;各模块之间通过统一的接口进行通信,实现各功能模块的标准化、集成化,整体结构设计,实现高效稳定的预警播报功能。系统主要包括水文数据自动接收处理程序、气象数据自动接收处理程序、定制化语音、预警语音功放系统三大部分。系统结构如图1所示。

2 功能设计

如图2所示,模块化数字功放系统将电源输入模组、音频信号输出模组、数字功放与音频芯片模组、控制输入模组集成于一体,实现模块化。具体导线连接为:电源输入模组分别与控制输入模组、音频信号输出模组和数字功放与音频芯片模组通过导线连接,控制输入模组包括使能控制接口和数据通讯接口,使能控制接口的一端与音频信号输出模组的使能输出端通过导线连接,数据通讯接口的一端连接外部数据源,数据通讯接口的另一端与音频信号输出模组的通讯端通过导线连接,音频信号输出模组的输出端与功放输出的音频输入端通过导线连接,功放输出的音频输出端连接外置喇叭。

2.1 电源输入模组功能

电源输入模组采用多电压输入设计,接受

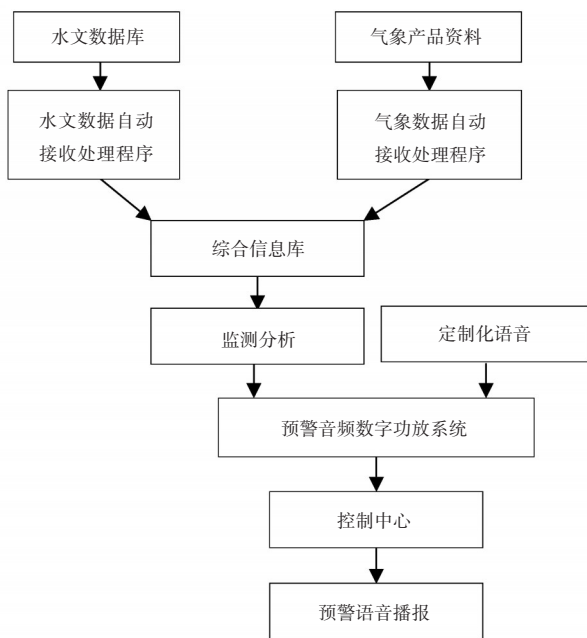


图1 预警音频数字功放系统架构图

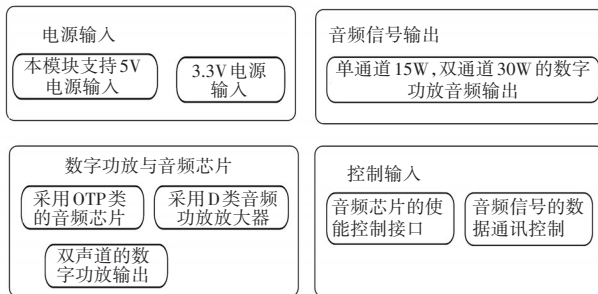


图2 预警音频数字功放系统功能图

DC12 V、DC 5 V、DC3.3 V 三种电源输入,能够在不同电源环境下稳定工作,如市电、太阳能、发电机、电池等,确保模块稳定运行,增强了系统的电源适应性;同时电源输入部分还配备了过压、欠压、反接保护等电路,有效防止电源异常对系统造成的损害。

2.2 音频信号输出模组功能

音频信号输出模组采用15 W D类双声道音频功率放大器,提供一路双通道30 W的数字功放语音信号输出,同时充当电源输出,直接驱动外置喇叭,省去外置喇叭额外电源配置,节省空间,减轻系统重量,降低了能耗,提高系统的整体效能;再者音频输出端口还设有短路、过载保护电路,防止喇叭损坏影响预警效果。

2.3 数字功放与音频芯片模组

数字功放与音频芯片模组采用OTP类语音芯

片,支持定制化语音,输出最多支持220段使得预警信息可以根据不同地区、不同灾害等级灵活调整,实现从数据接收、处理到音频播放的无缝链接,可以优化系统响应速度,提高预警的针对性和有效性,确保紧急情况下的即时响应。

2.4 控制输入模组

控制输入模组设置音频芯片智能控制接口(一路IO口)和音频数据通讯控制接口(一路串口),以便外部设备对模块进行精准控制与数据通信;控制接口可以让预警系统实时接收并解析来自上级监控中心或其他监测设备的指令和数据(如预警等级、播报时间、语音文件等),及时触发相应的预警语音播报;控制接口同时支持故障上报、状态查询等功能,以便远程监控系统的运行状态和故障情况。

2.5 Mini-PCIe 接口架构应用

Mini-PCIe 接口具有体积小、性能强、接口丰富、成本与性能平衡的特点,对提升水利信息化产品系统性能和功能扩展具有重要作用。Mini-PCIe 标准的52针接口集成数据传输、电源供给、控制信号等,减少外部连线,提高系统的紧凑性和可靠性;丰富的I/O资源支持多种传感器、通信模块的接入,为系统功能的扩展和定制化服务提供可能;Mini-PCIe 模块在市场上具有广泛的兼容性和较低的成本,有助于降低系统总体成本,同时保持高性能。

3 系统应用效果

3.1 功能效果

该系统主要从音质、功耗、稳定性、响应时间、兼容性等几个维度进行测试评估。

(1)音质评估:评估方法是采用音频信号质量评估标准,如信噪比(SNR)、总谐波失真加噪声(THD+N)等指标,评估音频播放的清晰度和纯净度。音质评估结果:系统在播放定制化预警语音时,平均信噪比达到90 dB以上,THD+N低于0.1%,表明系统能提供高保真的音频播放效果,确保预警信息清晰可辨。

(2)功耗评估:评估方法是记录系统在待机模式和工作模式下的功耗,分析其能源效率。功耗评估结果:系统待机状态下功耗不超过1 W,在满负荷工作状态下平均功耗约为15 W,显著低于传统预警系统的能耗,显示良好的节能特性。

(3)稳定性测试:测试方法是在模拟的不同环境条件(如温度、湿度变化)下连续运行系统,检查

是否存在异常中断或性能下降。稳定性测试结果显示,在 -20°C 至 60°C 的温度范围及10%至90%RH的湿度范围内连续运行30 d,系统未出现任何故障,证明其在恶劣环境下的高稳定性。

(4)响应时间测试:测试方法是测量从接收到预警信号到开始播放语音的时间,评估系统响应速度。响应时间测试结果显示,从接收到预警信号到开始播放,平均响应时间少于3 s,满足紧急情况下快速响应的需求。

(5)兼容性测试:测试方法是与多种监测设备、通信网络进行对接,验证系统的兼容性和互操作性。兼容性测试结果显示,系统成功与GPRS、4G/5G通信模块、北斗导航系统以及多种遥测设备实现数据传输和指令控制,展示良好的兼容性和扩展性。

3.2 应用效益

系统模块化设计和标准化接口大幅降低安装与维护成本,据统计,相较于传统系统,本系统在初次部署节约约30%的成本,后续维护费用也减少25%。其次,高效的功放设计与低功耗^[11]特性使得系统运行能耗降低,长期使用下来,能耗成本节省显著。再次,预警效率的提升和精准度的增强,有效减少灾害损失。

系统在紧急情况下的快速响应,多次成功预警并及时疏散群众,保护人民群众的生命安全;定制化语音信息的多样化和针对性,使得预警信息更加贴近当地居民的实际需求,有效提升居民的自我防护意识和行动能力,该系统的推广使用极大地提高山洪灾害预警的公众认知度和信任度。此外,该系统的应用促进水利信息化与防灾减灾工作的深度融合,为构建智慧水利体系提供了参考。

3.3 改进建议

通过对数字功放系统模块化的设计研究应用,探索出一套本地化、操作性强的技术方案,开发完成该基于模块化设计的山洪灾害预警音频数字功放系统。该系统正处于试用阶段,在实际应用中实现了安装方便、控制简单、降低故障处理成本、提高电源利用率和语音播报效率。试用期间,发现系统在智能化^[13]升级、环境自适应、无线充电^[14-15]与能量回收、用户交互优化等方面仍存在一些潜在的改进方向。

(1)智能化升级方面:可以引入人工智能算法,实现预警信息的智能生成与播报,根据实时气象数据和历史灾害数据自动调整预警级别和内容。

(2)环境自适应方面:可以增强系统对极端气候条件的适应性,比如设计更为先进的温湿度控制系统,保证电子元件在极端环境下的稳定运行。

(3)无线充电与能量回收方面:可以探索太阳能、风能等可再生能源与系统集成,实现无线充电和能量回收功能,进一步提升系统的绿色节能水平。

(4)用户交互优化方面:可以开发用户友好的操作界面和远程管理系统,使非技术人员也能轻松管理和操作预警系统,提升用户体验。

4 结论

采用 Mini-PCIe 模块设计的山洪灾害预警音频数字功放系统,具有体积小、重量轻、功耗低的特点,使得整个山洪灾害预警音频数字功放系统更加紧凑,便于在山区等复杂地形环境中安装和部署;系统支持多种功能扩展,可以根据实际需求定制系统功能,可以快速增加无线传输模块以实现远程监控和控制。

下一步将通过优化设计和生产流程,降低 Mini-PCIe 模块和相关设备的采购和维护成本,提高系统的性价比;通过改进材料和工艺,提高系统的环境适应性,确保在极端恶劣环境下仍能稳定运行。

参考文献:

- [1] 王璘.模块化设计方案在电子专用设备控制系统设计中的应用[J].通讯世界,2016(17):286-287.
- [2] 王法臻,崔少辉,王成.PCIe设备驱动程序开发的关键

技术[J].现代电子技术,2021,44(16):65-69.

- [3] 谭昭禹.低功耗D类音频功放子系统设计[D].湖南大学,2008.
- [4] 胡振宇,杨红姣,谢亮.D类音频功放的双声道转单声道电路设计[J].中国集成电路,2024,33(4):16-20,69.
- [5] 王玉娇.广播电视监播系统中音频及语音数据处理技术研究[J].电子技术与软件工程,2021(18):143-145.
- [6] 徐浩城.多通道广播源音频处理技术研究[J].西部广播电视,2021,42(20):199-201.
- [7] 梁国涛,吴洪丽,李富芸,等.物联网技术在山洪灾害监测预警系统中的应用[J].电脑知识与技术,2018,14(35):236-237.
- [8] 杨小剑,苏东良.物联网应急终端的应用研究[J].网络安全技术与应用,2022(7):113-115.
- [9] 张瑜洪.国家山洪灾害监测预报预警平台提升“四预”能力防范化解山洪灾害风险[J].中国水利,2023(23):6-7.
- [10] 陈明恩,汤杭森,林利通.山洪监测声光电一体化预警系统设计及应用[J].水利信息化,2022(5):57-61.
- [11] 管海建.智能语音技术在广播领域的应用探索[J].电视技术,2022,46(6):139-141.
- [12] 马霜霜,刘宣,毕敬.气象服务与气象灾害预警系统的集成与优化[J].农业灾害研究,2023,13(10):208-210.
- [13] 张欢欢.人工智能在洪水防治各阶段中的应用[J].湖北应急管理,2022(8):58-59.
- [14] 施志群,梁立峰,毕青云,等.福建省山洪灾害预警预报系统及其试点建设[J].中国防汛抗旱,2017,27(6):39-46.
- [15] 王翠英.基于深度学习的合成语音转换问题研究[J].自动化与仪器仪表,2023,(7):196-200.

Design of audio digital power amplifier system for mountain flood disaster warning based on modular design

Shu Mi, Long Rongping

(Guangxi Water & Power Design Institute Co., Ltd., Nanning 530023, China)

Abstract: The early warning of mountain torrent disaster is an important part of water conservancy informationization, and the early warning broadcast function is an important link in the early warning of mountain torrent disaster. In order to solve the problems of the existing mountain torrent early warning system, such as low efficiency of broadcast, bulky equipment, inconvenient installation, high cost of fault treatment, low efficiency of power supply and complex control, a digital audio power amplifier system based on modular design for water conservancy mountain torrent early warning is proposed. The power supply input, audio signal output, digital power amplifier and audio chip, control input and other modules are integrated in the telemetry intelligent terminal. Form a compact, efficient early warning system core, the use of Mini-PCIE module design, combined with customizable voice chip and 15 W class D dual-channel audio power amplifier, so that it has pluggable, easy installation, convenient maintenance and other functions, in order to achieve efficient and stable voice broadcast function.

Key words: mountain flood warning; audio digital amplifier; modular design; Mini-PCIE module