

基于 Esp32 物联网芯片远程控制继电器的研究

赖宇昕¹, 李梦芸², 张惠莲¹, 郑礼灿¹, 杨强华¹

¹永定区气象局 福建永定

²长汀县气象局 福建龙岩

【摘要】研发一套基于 Esp32 物联网芯片控制串联在观测场设备供电线路上的电磁继电器的自动气象站远程控制开关简易系统。该简易系统基于嵌入式 MicroPython 技术和 WiFi 无线联网技术, 当强雷暴天气过境台站时, 值班员在室内即可远程控制物理断接关闭备站, 实现最大程度保护备站, 以保证主站被雷电感应损坏后能及时启动备站, 继续开展地面气象观测, 保证数据三率及值班人员人身安全。该系统已经应用于永定国家基本气象站, 为用户提供了稳定安全的服务。

【关键词】Esp32 物联网芯片; 电磁继电器; 雷暴过境; 远程关闭

【收稿日期】2025 年 11 月 9 日 **【出刊日期】**2025 年 12 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.aes.20250024

Research on remote control of relays based on Esp32 IoT chip

Yuxin Lai¹, Mengyun Li², Huilian Zhang¹, Lican Zheng¹, Qianghua Yang¹

¹Yongding District Meteorological Bureau, Yongding, Fujian

²Changting County Meteorological Bureau, Longyan, Fujian

【Abstract】 Develop a simple remote control switch system for automatic weather stations based on Esp32 Internet of Things chips to control electromagnetic relays connected in series on the power supply lines of observation field equipment. This simple system is based on embedded MicroPython technology and WiFi wireless networking technology. When a strong thunderstorm passes through the station, the duty officer can remotely control the physical disconnection to shut down the backup station from indoors, achieving the maximum protection of the backup station. This ensures that if the main station is damaged by lightning induction, the backup station can be promptly activated to continue ground meteorological observations. Ensure the three rates of data and the personal safety of on-duty personnel. This system has been applied to the Yongding National Basic Meteorological Station, providing users with stable and secure services.

【Keywords】 Esp32 Internet of Things chip; Electromagnetic relay; A thunderstorm passed through; Remote shutdown

引言

永定地处福建省西南部闽粤交界带, 属亚热带海洋性季风气候, 年平均雷暴日数数 70.3d/a。辖区内核心气象观测节点为永定国家基本气象站, 该站是区域气象数据采集与传输的关键支撑。2014 年地面气象观测自动化改革推进后, 永定国家基本气象站依业务部署完成新型观测设备列装, 严格参照《地面气象观测场规范化图册》及设备安装标准搭建观测场。但受当时技术衔接细节影响, 传感器、设备箱体与地沟间的线路屏蔽措施未有效落实, 电源与信

号线缆多呈外露状态。由于气象观测设备核心微电子器件耐受过电压、过电流的能力较弱, 此类线路暴露问题使设备易因雷电瞬间过电压冲击受损, 直接威胁观测业务连续性。为应对强雷暴过境时的灾害风险, 自双套新型自动气象站建成投用以来, 业务管理部门制定专项应对策略: 要求台站根据实时天气监测情况, 在预判强雷暴来临前提前关闭备站(第二套新型自动气象站)。此举旨在规避备站与主站(第一套新型自动气象站)同时遭受雷击损坏的风险, 确保主站若因雷击失效, 备站可快速启动

接替, 保障地面气象观测业务不中断, 维持气象数据采集与传输的连续性。

永定国家基本气象站地面观测场位于空旷地且又是山头, 当强雷暴天气过境时, 易遭受雷击(雷电感应)造成设备损坏, 因此在对流多发季节, 经值班员分析研判, 考虑雷暴天气会过顶观测场, 就需要值班员前往观测场人工操作断开观测设备与供电线路之间的连接, 据统计, 2023 年永定站共人工操作关闭备站 37 次, 人工操作包括拔出接线端子和关闭空气开关等, 但也存在诸多隐患, 一是频繁拔插接线端子和开闭空气开关操作, 容易造成接线端松垮, 线路接触不良; 二是强雷暴天气期间, 人员在观测场活动, 存在雷击安全风险等。

基于此本文以 Micropython 编程语言进行 Esp32 开发板开发, 实现强雷暴天气过境时, 值班员在值班室通过网络调试助手与 Esp32 开发板建立 socket 通讯, 输入命令远程控制串联在观测设备供电线路的继电器的常开常闭触点, 达到开启或关闭连接, 从而实现达到主动防护作用。同时, 值班员在室内控制即可实现过去前往观测场断接操作, 从而保证了强雷暴天气下值班员人身安全。

1 现状

雷电凭借极强破坏力, 被“联合国国际减灾十年委员会”列为十大严重自然灾害之一。近年电子技术与信息技术普及, 使雷电灾害影响范围持续扩大、危害程度不断加剧, 常导致显著经济损失与社会影响。其危害主要分两类: 一是直击雷, 即带电云层与陆地或建筑物某点间的剧烈放电; 二是感应雷与雷电波侵入过电压, 前者因直击雷后局部区域散流电阻过高形成瞬时高压, 或强脉冲电流对周边导线、金属物产生电磁感应引发高压放电, 后者通过电源、信号等金属线缆传导高压, 造成设备大面积损毁, 甚至诱发火灾与人员伤亡。

近年来, 永定国家基本气象站遭遇数次不同程度雷击, 造成部分观测设备损坏, 甚至业务中断, 严重影响台站业务质量, 其中 2020 年 7 月 29 日 19 时 27 分永定站遭受雷击, 造成主备站主采集器、温湿分采、地温分采、风向风速、能见度及主站日照传感器损坏, 经龙岩市气象局信保中心鼎力驰援下, 市县人员彻夜抢修, 连续奋战近 12 小时, 最终将两套自动气象站维修完毕。后续多次现场勘察发现, 受损设备集中在主采集器、分采集器、通讯模块等核

心部件, 且无烧焦、炸裂等明显物理损伤, 综合判断为雷电感应导致的设备功能性失效。基于此, 通过主动远程控制实现线路物理断接, 不仅能降低甚至避免强雷暴过境时雷电感应对观测设备的破坏, 更是保障值班人员人身安全的首要防护手段。

2 远程控制设备

2.1 继电器

本文采用直流电压电磁继电器组, 电磁继电器是一种具有控制工作电路通断功能的自动开关元件, 将其串联在观测场备站设备供电线路上。这类继电器作为一种自动开关元件, 核心功能是控制工作电路的通断, 其工作原理基于电磁感应: 输入电路的电流会在电磁铁铁芯与衔铁间产生吸力, 使接触片动作。具体而言, 线圈两端加设定电压后, 电流通过线圈产生电磁效应, 衔铁在电磁力作用下克服弹簧拉力吸向铁芯, 带动动触点与常开静触点闭合; 线圈断电后, 电磁吸力消失, 衔铁在弹簧反作用力下复位, 动触点与常闭静触点分离。通过这种吸合与释放的循环, 实现线路的导通与切断控制。区分触点状态的标准为: 线圈未通电时, 处于断开状态的静触点为常开触点, 处于接通状态的则为常闭触点。

2.2 Esp32 开发板

Esp32 开发板是有 34 个 GPIO 管脚及内置 WIFI 功能的物联网芯片, 工作温度范围达 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$, 因此可适用于大部分场景, 其广泛应用于智能家居、智慧农业等领域, 具有功能强大、性能稳定、开发简单、体积小等特点。

3 实现远程控制与实际使用

3.1 Esp32 开发板开发

为实现主动远程控制线路物理断接观测设备供电线路, 我们利用基于 Python3 实现的精简子集 MicroPython 可以较轻易快速开发 Esp32 开发板物联网芯片^[4], 经过优化后, 在硬件平台库 Thonny 软件支持下将 MicroPython 解释器固件刷入 Esp32 开发板, 通过编写运行代码写入 Esp32 开发板, 实现对底层硬件 GPIO 引脚的控制, 将 GPIO 引脚与加装串联在观测场备站设备供电线路的电磁继电器的常开常闭触点连接, 值班员在值班室内通过处于同个 Wi-Fi 网段内的外网计算机启用网络调试助手与 Esp32 开发板建立 socket 长连接通讯, 输入编写设定的命令代码“turn on”、“turn off”远程控制串联在观测场设备供电线路的继电器的常开常闭触点,

从而控制各采集器直流供电和传感器信号线路通断, 达到开启或关闭备站的目的, 实现主动防护作用^[5]。

3.2 实际使用

Esp32 开发板与电磁继电器组成的远程控制设备采用串联的方式接入备站综合集成机柜供电线路上, 强雷暴过境时段因继电器上电, 线圈处于工作状态, 为保证线圈长时间工作不影响业务运行, 经 2024 年主汛期四个月实际使用过程来看, 每次雷暴天气过顶前后输入命令代码远程控制电磁继电器常开常闭状态切换均能正常关闭开启备站, 稳定运行时间足以满足强雷暴天气过境关闭设备或对设备进行重启等远程操作, 数据采集传输成功率为 100%, 数据序列完整, 使用效果良好, 满足地面气象观测要求^[6]。综上, 基于 Esp32 物联网芯片远程控制继电器实现观测设备线路物理断接是可实现的, 同样也符合业务要求。

4 讨论

本研究开发的 Esp32 远程控制继电器系统, 在气象观测场景中技术与应用价值显著。技术上, 基于 MicroPython 开发, 兼顾开发便捷性与硬件控制精度; Esp32 芯片 -40℃~85℃的宽温特性, 适配观测场露天、温差大的恶劣环境, 规避常规电子设备因温湿度波动的故障风险; WiFi 无线联网与 socket 长连接技术, 保障室内外通讯稳定, 解决传统人工操作受天气限制的问题^[7]。

应用层面, 系统破解了永定站“雷暴天气下人员安全与设备保护两难”痛点: 2023 年人工操作 37 次的接线端松垮、雷击风险隐患被消除, 2024 年主汛期零人员现场操作, 且数据采集传输成功率 100%, 有力保障观测业务连续性与人员安全。同时, 系统成本低、易复制, 仅需常规元器件, 无需复杂硬件改造, 适合全国山区、雷暴高发区气象站推广^[8]。

但系统仍有优化空间: 当前为临时性组装, 缺乏标准化生产工艺与封装, 长期露天使用易受雨水、灰尘侵蚀影响寿命; 控制功能单一, 仅支持备站开关, 未联动气象预警数据实现“自动触发关闭”, 若接入当地雷暴预警系统实现自动断接, 可进一步减少人工干预, 提升智能化水平^[9]。

5 改进措施及展望

地面气象观测设备需全年 24 小时运行, 电磁继电器有常开、常闭两类接线端。永定国家基本气象站观测场备站, 采用常闭接线端作为继电器工作通

路, 日常使线圈处于非工作状态, 避免长时间通电烧毁。遇强雷暴等极端天气需关备站时, 远程操控继电器切换至常开, 实现供电线路物理切断, 保障设备与供电系统安全隔离。未来可优化继电器智能控制逻辑, 结合气象预警实现提前自动断电, 探索低功耗型号适配, 提升运行稳定性与经济性^[10]。

6 小结

(1) 本文通过利用 Micropython 编程语言进行 Esp32 开发板开发, 在强雷暴天气过境时, 值班员在值班室输入命令远程控制串联在观测设备供电线路的电磁继电器, 就可以实现观测设备与供电线路的物理断接, 达到主动防护作用。各地气象观测站大都地处较高地势, 实现远程控制, 改变以往强对流天气时需要值班员前往观测场关闭设备供电操作, 既保护人身安全, 又能降低观测设备遭雷电感应风险, 减少强对流天气过顶时的损失, 为台站提供了良好的借鉴, 可推广使用。

(2) 本文的编写、使用存在 Esp32 开发板、电磁继电器、线路临时性组装, 存在缺少生产工艺、封装等技术, 如能解决则可进行模块封装, 在厂家生产时能以组件方式直接嵌入综合集成机柜内, 以便在全国更多台站进行推广。

(3) 可基于 Esp32 开发板开展研发控制电池阀实现蒸发水位过低时自动加水, Esp32 开发板控制雨量传感器翻斗实现检查传感器是否故障(有雨无量), 实现主机柜温度过高时自动开启风扇通风, Esp32 开发板控制 can 传感器实现图片识别主机柜内各设备状态灯状态等一系列研究, 有助于台站提高业务智能化管理。

参考文献

- [1] 彭发强, 赖洞森, 黄爱玉. 强雷暴天气情况下自动气象站的主动防雷研究[J]. 海峡科学, 2022(11): 7-11.
- [2] 刘晓鹏. 关于湖北省农村防雷减灾工作的思考[A]. 第 32 届中国气象学会年会 S20 第十三届防雷减灾论坛——雷电物理和防雷新技术文集[C]. 2015
- [3] 吕冰, 魏一鸣, 肖卫镇. 浅析电磁继电器的选型及可靠使用[J]. 电子世界, 2021(5): 176-177.
- [4] 王雪. 基于嵌入式平台 Esp32 的 MicroPython 程序的开发与应用[J]. 网络信息工程, 2020, 15(2): 89-90.
- [5] 龚再兰. 基于物联网芯片 ESP32 的智能心率检测与灯光

- 色温控制系统[J]. 电子制作,2024,32(14):45-48.
- [6] 曹显奇.基于 ESP32 的物联网家居安防系统[J].物联网技术,2025,15(16):139-141.
- [7] 胡超,鲁邦彦,杨彦兵,等. 基于低成本物联网芯片 ESP32 的人体行为识别系统[J]. 物联网学报,2023,7(2):133-142.
- [8] 刘昶江,林媛媛,刘梦杰. 基于 ESP32 芯片的智能物联电源设计[J]. 电子设计工程,2024,32(11):141-145,150.
- [9] 宗恒卿,朱颖宏. 基于 ESP32 芯片的天线性能研究[J]. 现代信息科技,2023,7(18):73-77,82.
- [10] 刘俊峰,乔有田. 基于 ESP32 与微信小程序的智能家居控制系统[J]. 科技创新与应用,2024,14(25):41-44.
- 版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**OPEN ACCESS**