

Design of Full-Size Temperature Monitoring Device of Cable Joint Based on Low-Power Bluetooth Technology

Heng Liu¹, Fan Yang¹, Yalin Fang¹, Peng Yu², Xu Lu², Jinxian Li¹, Zhankai Fang¹

¹State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, School of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing

²Shenzhen Power Supply Bureau Co., Ltd., Shenzhen Gaungdong

Email: 634891930@qq.com

Received: May 21st, 2019; accepted: Jun. 6th, 2019; published: Jun. 13rd, 2019

Abstract

Three-core distribution cable joint is one of the unsubstantial parts in power supply system of the distribution network, and temperature is an important index to show the operational condition of it. Based on low-power Bluetooth technology, taking advantage of single chip, which is high integration density and high reliability, this paper designs a sort of full-size temperature monitoring device of cable joint. Firstly, the hardware diagram design of the device has been introduced, and then the selection and properties of the hardware parts have been analyzed. Finally, experiments and practical application have been performed to demonstrate the validity of this device. Monitoring the temperature of the three-core distribution cable joint by this device three-dimensionally, it provides an approach to controlling the overall temperature in real time and accurately analyzing operational condition of cable joint.

Keywords

Cable Joint, Low-Power Bluetooth, Full Size, Three-Dimensional Monitoring

基于低功耗蓝牙技术的电缆接头全尺度温度监测装置的设计

刘 恒¹, 杨 帆¹, 方亚林¹, 余 鹏², 卢 旭², 李晋贤¹, 房占凯¹

¹重庆大学电气工程学院, 输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆

²深圳供电局有限公司, 广东 深圳

文章引用: 刘恒, 杨帆, 方亚林, 余鹏, 卢旭, 李晋贤, 房占凯. 基于低功耗蓝牙技术的电缆接头全尺度温度监测装置的设计[J]. 仪器与设备, 2019, 7(2): 86-97. DOI: 10.12677/iae.2019.72013

Email: 634891930@qq.com

收稿日期: 2019年5月21日; 录用日期: 2019年6月6日; 发布日期: 2019年6月13日

摘要

三芯配电电缆接头是配网供电系统中的薄弱环节, 温度是反应电缆接头运行状态的重要指标。本文基于低功耗蓝牙技术, 利用单片机集成度高、运行可靠的优势, 设计了一种电缆接头全尺度温度测量装置。本文首先介绍了监测装置的硬件框架设计, 其次分析了各硬件的特点及选型, 最后将该装置进行了实验及现场验证分析。通过该装置对三芯配电电缆接头的温度进行立体测量, 为实时掌握电缆接头的整体温度, 电缆接头运行状况的准确分析提供了途径。

关键词

电缆接头, 低功耗蓝牙, 全尺度, 立体测量

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 随着国家工业化和城镇化的发展, 国民生产与生活对电力电能的需求量越来越大, 投运的电力电缆也越来越多。电缆线路主要由电缆本体及电缆附件组成, 它们共同承担着为社会输送电能的艰巨任务。据不完全统计, 在实际运行过程中, 因电缆附件故障造成的停电事故高达 90%, 其中以电缆中间接头故障居多。相关研究表明, 电缆接头在现场安装过程中, 不可避免地会由于操作人员的工作疏忽造成电缆接头的制作缺陷, 如压接缺陷, 绝缘层划痕等。这些缺陷在电缆的长期运行中, 会产生局部过热, 进而导致局部放电, 加速电缆接头的绝缘老化, 给电力线路安全运行带来隐患[1] [2] [3]。

目前, 针对已入网的三芯配电电缆, 通常采用集散式温度监控系统, 虽然系统具有一定的效果, 但成本较高, 特别针对直埋电缆。与此同时, 三芯电缆的三相温度由于各相负载并不完全相同, 它们之间存在着部分差异。基于以上因素, 本文设计一款基于低功耗蓝牙技术的电缆接头全尺度温度监测装置, 利用低功耗蓝牙技术, 结合立体全尺度温度测量, 相对于传统的单点或单线外表皮测温, 能更加精确的反应电缆接头的运行温度情况, 为电力电缆的运维提供技术支持[4]-[9]。

2. 监测装置硬件框架设计

电缆接头温度监测装置整体采用温度采集模块与数据接收终端相分离的结构, 无线传输模块接收来自传感器阵列的温度数据, 通过天线发送给数据接收终端。系统结构简单、便于模块化集成设计、方便控制。测量装置整体结构如图 1 所示, 温度测量装置系统框图左侧为温度采集模块, 右侧为数据接收终端。温度采集模块包括温度传感器阵列, 信号调理模块, 供电模块以及无线发射模块。数据接收终端包括显示器, 数据存储系统以及无线接收模块, 负责接收来自采集结点的温度数据, 并对温度数据进行实时显示和存储。

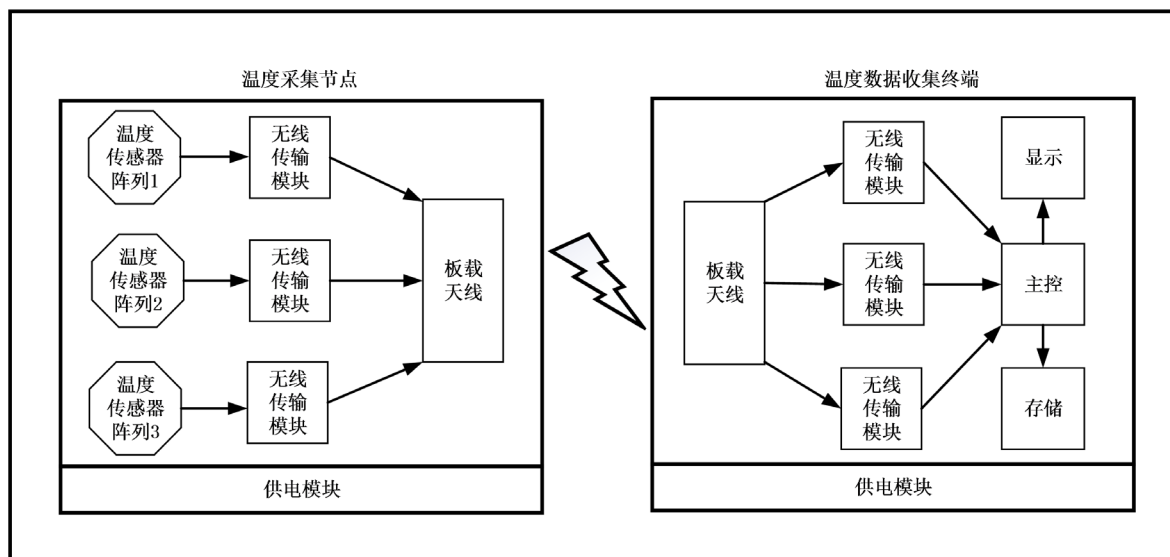


Figure 1. Temperature monitoring device system diagram of cable joint

图 1. 电缆接头温度监测装置系统框图

电缆接头温度监测装置包括 3 个传感器阵列，每个传感器阵列包含 8 个温度传感器。3 个测温阵列分别针对电缆接头和接头附近本体进行温度监测。若温度采集节点与温度接收终端采用有线连接，24 个温度传感器的接线较为复杂。为了实现采集与接收模块的分离，采用无线传输模块进行数据的传输。无线传输框图如图 2 所示，每个阵列获取 8 个传感器的数据，通过无线传输给接收装置。

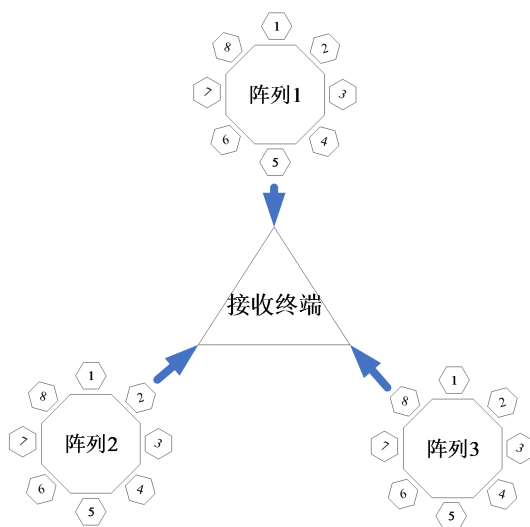


Figure 2. Wireless transmission block diagram

图 2. 无线传输框图

3. 监测装置硬件结构设计

3.1. 温度传感器的选择

目前，随着材料科学的快速发展，用于温度测量的传感器越来越多，市面上常见的温度传感器主要分为热电偶，热电阻，热敏电阻以及半导体集成电路温度传感器。

1) 热电偶

热电偶的结构简单,体积小,方便安装,可靠测温区间为 $-200^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$,但是需要附加的补偿回路来保持参考端温度恒定。在复杂的电磁环境下测温精度会受到影响。

2) 热电阻

热电阻的测温精度高,灵敏度优于热电偶,可以测量 $-200^{\circ}\text{C}\sim 850^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度,并且不需要参考点。但是热敏电阻的尺寸较大,热响应时间较长,不适合测量小体积的区域。

3) 热敏电阻

热敏电阻的体积小,结构简单,可以测量 $-40^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度,但是热敏电阻的阻值与温度为非线性关系,元件的稳定性较差。目前,常见的热敏电阻一般为铂电阻,该电阻采用三线式平衡电桥输出,信号易受到干扰。

4) 半导体集成电路温度传感器

半导体集成电路传感器也叫数字温度传感器,传感器内部晶体管基极-发射极的正向压降随温度升高而降低。数字温度传感器的成本较低,可靠性高,而且数字信号的抗干扰能力强,特别适合局部测温。

考虑到现场环境电磁环境复杂,为了避免电磁干扰对测温精度产生影响,本装置并未采用传统的热电偶以及热敏电阻传感器,而是选择了高精度数字温度传感器。目前市面上常见的数字式温度传感器有美国 Dallas 半导体公司的 DS18B20, MLX90620, ADT7420 等。不同数字温度传感器的相关参数对比如表 1 所示。

Table 1. Comparison of key parameters of temperature sensor

表 1. 温度传感器关键参数对比

温度传感器	温度精度	分辨率	测温范围
DS18B20	0.5	0.01 $^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C}\sim 145^{\circ}\text{C}$
ADT7420	0.2	0.0078 $^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$
MLX90620	1 $^{\circ}\text{C}$	0.01 $^{\circ}\text{C}$	$-50^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$

通过对 DS18B20, MLX90620, ADT7420 传感器参数进行对比,最终确定使用 ADT7420 温度传感器。

温度采集模块采用温度传感器 ADT7420, ADT7420 是一款 LFCSP 封装高精度数字温度传感器,可在较宽的工业温度范围内提供突破性的性能。它内置一个带隙温度基准源、一个温度传感器和一个 16 位 ADC,用来监控温度并进行数字变换,分辨率为 0.0078 $^{\circ}\text{C}$,额定工作温度范围为 -40°C 至 $+150^{\circ}\text{C}$ 。易于使用,不需要进行校准,低功耗,可长期稳定工作,可靠性高,适用于高精度测温场合[10]。

3.2. 温度采集模块的设计

为便于现场安装和测量,将温度采集模块制成小型 PCB 板,通过排线进行连接。ADT7420 连接电路如图 3 所示。由于需要在现场布置大量温度传感器,为了节省 I/O 口资源,同时保证通信速率在一个较高的水平,采用数字 I²C 接口通讯。只需要两条总线线路,一条串行数据线 SDA 和一条串行时钟线 SCL,串行的 8 位双向数据传输位在高速模式下传输速率可达 3.4 Mb/s。

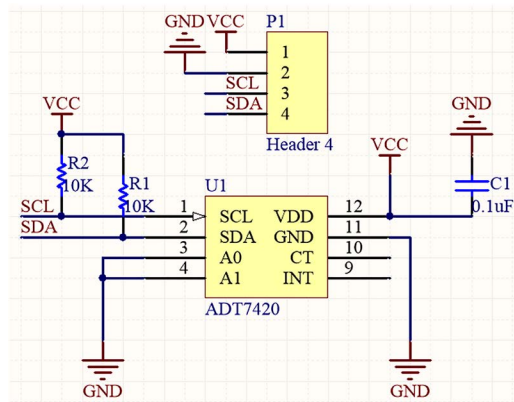


Figure 3. Connection circuit of ADT7420
图 3. ADT7420 连接电路

3.3. 温度采集模块的布置

电缆接头温度监测装置对电缆接头及其附近本体的温度进行实时监测，传感器阵列的全尺度布置示意图如图 4 所示。考虑到电缆接头为圆柱状结构，为实现温度采集模块的现场安装，温度传感器阵列的固定装置设计如图 5 所示。采用如下方式进行安装：① 将温度采集模块的 PCB 板紧扣于卡槽中，卡槽中间开圆弧形通孔，使用扎带将卡槽紧贴于电缆接头表面。② 卡槽后方开螺纹孔，使用螺母将刚扎带旋紧，起到固定作用。③ 通过扎带的伸缩，可实现对不同直径的电缆接头表皮温度数据测量。

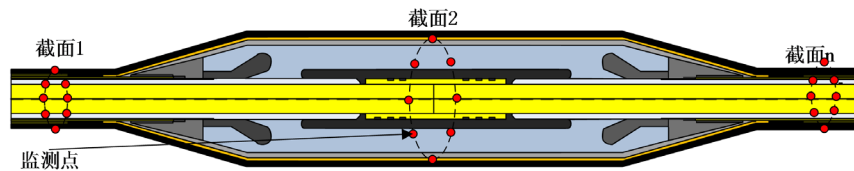


Figure 4. Surficial sensor array layout of power cable joint
图 4. 电力电缆接头表面传感器阵列布置示意图

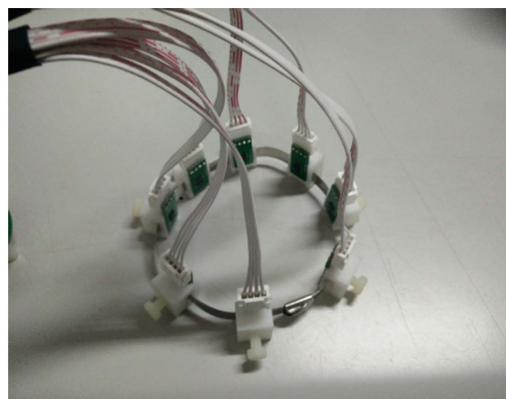


Figure 5. Temperature sensor array
图 5. 温度传感器阵列图

3.4. 数据传输模块的设计

温度数据的无线传输采用低功耗蓝牙技术，选择 TI 公司推出的兼容 BLE 协议的 SOC 芯片 CC2541。

该芯片具有适用范围广，快速启动并迅速连接，功耗低，体积小的优势。其有四种工作模式，包括主机模式，从机模式，观察模式以及广播模式。由于温度监测装置包含三个温度传感器阵列，采用 3 个蓝牙从机分别对每个传感器阵列你的温度数据进行无线传输。为避免不同蓝牙从机相互干扰，将主机和从机一一配对使用形成透传。主机和从机进行数据交换时，首先要保证主机和从机的蓝牙建立连接。主机和从机在上电以后，从机开启广播，主机对从机广播进行扫描，当从机接收到主机的扫描请求后，会向主机发送扫描回应数据，之后主机发起链接，连接建立以后主从机可进行数据交换。

数据传输模块控制芯片采用 STM32L052C8T6 超低功耗芯片，负责接收来自温度采集模块的信号，进行处理后传送给 CC2541 芯片[11]。微控制器 STM32L052C8T6 的外围电路如图 6 所示，包含复位电路和调试接口电路以及外围接口。针对调试接口电路，一般常用的是 Jlink 下载器，但是这种下载器使用的是 JTAG 20PIN 接口，太多的 PIN 会导致数据传输模块的 PCB 板拥挤。故采用选择 SWD 接口下载调试的方案，只需要使用 4 个 PIN：GND、RST、SWDIO 和 SWDCLK，而且下载速度可以达到 10 M/s，优势相较于 JTAG 接口显而易见。无线传输模块通过两个排插 P1 和 P2 与外部的温度采集模块进行连接，每个排插最多可以连接 4 个 ADT7420 温度传感器。

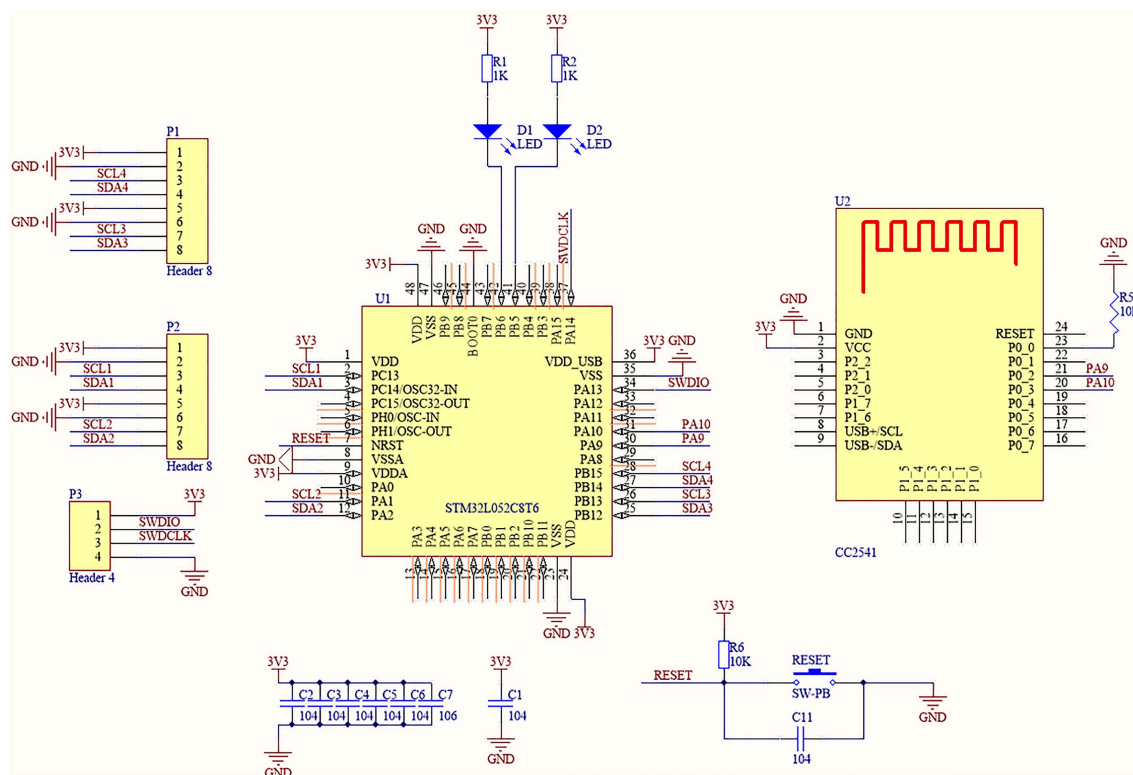


Figure 6. Circuit of data transmission module

图 6. 数据传输模块电路

3.5. 单片机核心处理模块的设计

主控芯片 STM32F103ZET6 与 CC2541 电路连接电路如图 7 所示。3 个 CC2541 模块工作于主机模式，而另外三个传感器阵列的收据传输模块的 CC2541 模块工作于从机模式。控芯片 STM32F103 的外围电路包括时钟电路以及调试接口电路。时钟模块分别采用 8 MHz 和 32.768 KHz 的晶振，调试接口电路，采用 20 针的 JTAG 接口，通过 Keil 软件将程序下载到 STM32 芯片中。

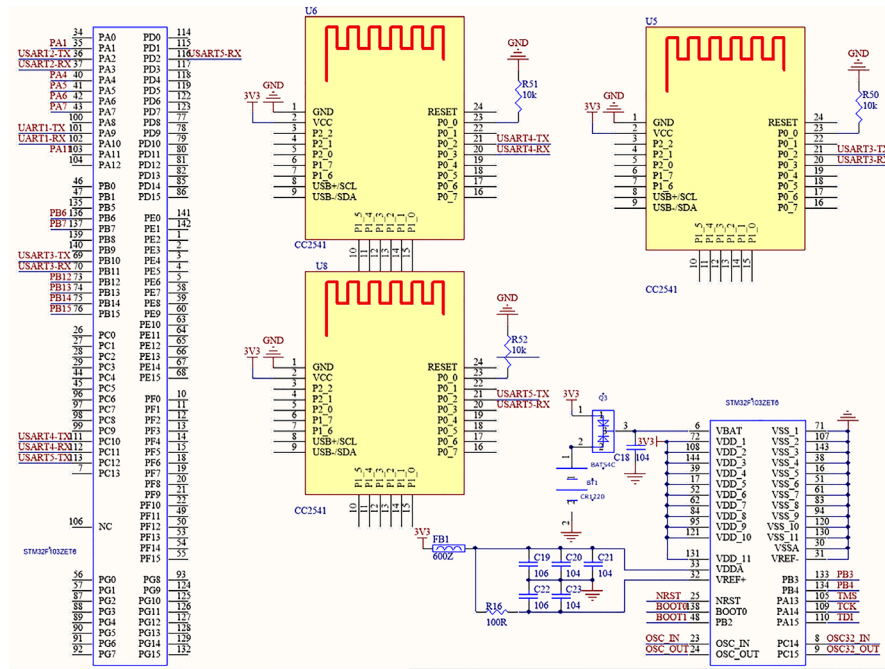


Figure 7. Connection circuit between main control chip and CC2541
图 7. 主控芯片与 CC2541 连接电路

3.6. 供电电源的设计

电缆接头温度监测装置采用锂电池对其进行供电, 可实现 7.6 V 直流电源输出, 电量达 10,000 mAh, 对于监测系统主控模块来说, 串口电阻触摸屏 DC80480B07 的输入电压为 5 V, 微处理器 STM32F103ZET6 的输入电压均为 3.3 V, 为满足其电路模块对电压的要求, 采用电源转换芯片 TPS54331 和 LM1117 实现 7.6 V 到 5 V 电压变换和 5 V 到 3.3 V 电压变换。电压变换电路如图 8 和图 9 所示。

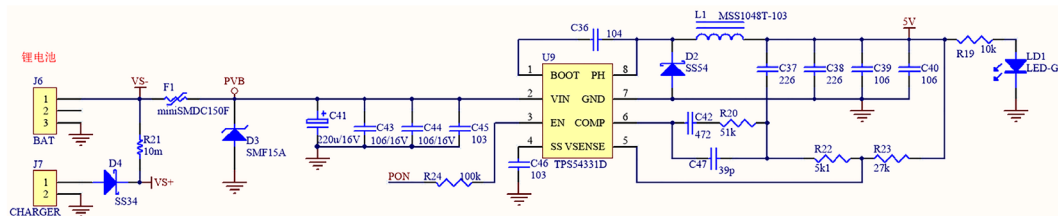


Figure 8. Voltage conversion circuit of 5 V
图 8. 5 V 电压变换电路

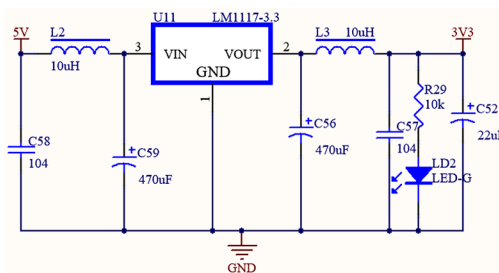


Figure 9. Voltage conversion circuit of 3.3 V
图 9. 3.3 V 电压变换电路

采用单稳态施密特触发器 SN74LVC1G14DBV 和单上升沿触发器 SN74LVC2G74DCT 设计按键开关电路, 通过按键驱动 SN74LVC1G14DBV 提供触发信号, SN74LVC2G74DCT 输入 D 与输出 Q 的非门相接, 形成反相器。可实现由按键控制电源转换芯片 TPS54331 的控制端 PCON。按键开关电路连接图如图 10 所示。

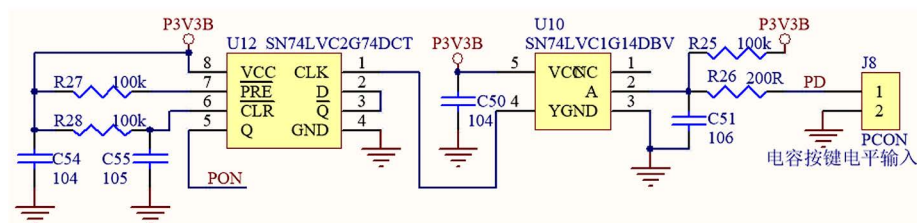


Figure 10. Key switch circuit
图 10. 按键开关电路

3.7. 串口通信电路的设计

为实现测温装置与上位机进行通信, 系统预留了串口通信模块。本装置采用 RS232 串口作为数据收集终端与上位机的通信手段, 该种通信方式简单, 便于开发。由于一般上位机不自带 RS232 接口, 考虑到现场实际情况, 采用桥接芯片 CH340G 实现 USB 与 UART 之间的转换。通过在计算机安装 CH340G 驱动程序, 计算机的 USB 接口将可作为虚拟串口, 实现 USB 与 UART 的转换, 实现 RS232 串口通信。串口通信电路如图 11 所示。

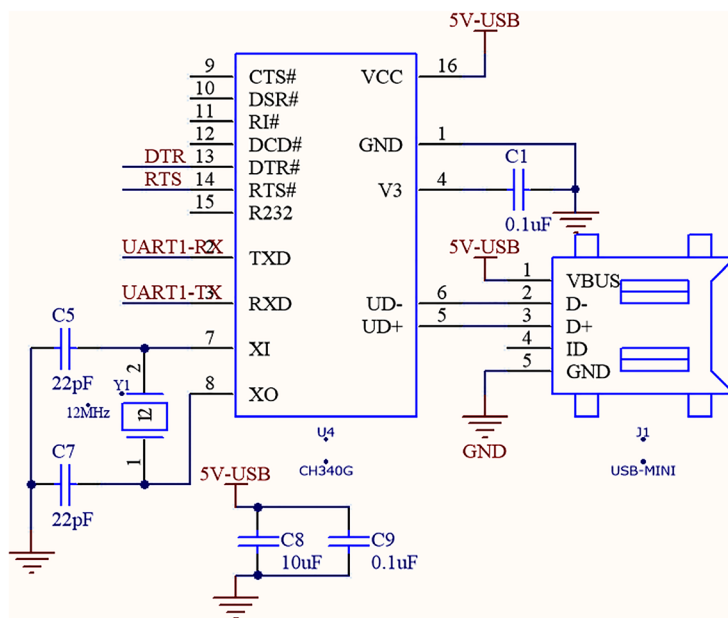


Figure 11. Serial communication circuit
图 11. 串口通信电路

3.8. SD 卡存储系统的设计

在整个测温系统中, 采集的温度信号会先存储在微控制器 ARM 芯片内部闪存存储器内, 并实时的将采集数据存入其内部缓存区, 然后备份到外部的大容量 SD 卡中。STM32 微控制器对 SD 卡进行读写

操作时，可以选择 SPI 和 SDIO 两种通信接口，本装置由于 SDIO 接口已被占用，故采用 SPI 通信接口，该通信模式可保证数据传输过程安全、可靠、正确。SD 卡存储模块电路如图 12 所示。

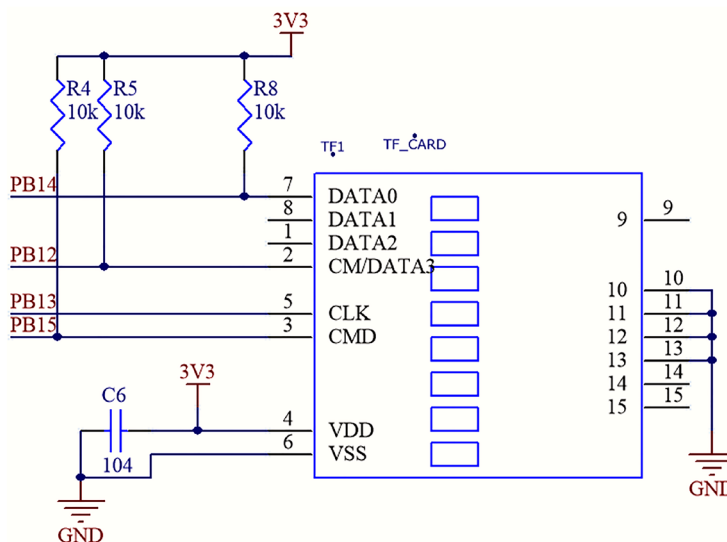


Figure 12. Storage circuit of SD card
图 12. SD 卡存储电路

为了将采集到的温度数据保存到 SD 卡中，本系统中使用了 FatFs 文件系统。FatFs 是一个专门为小型嵌入式设备设计的 FAT 文件系统。其具有较高的灵活性、可配置性，最小配置仅使用 1K 的 RAM 空间。FatFS 不依赖硬件架构，完全与储存 IO 层解耦，可以备嵌入到低成本的为微控制器，如 AVR、8051、ARM 等类型设备，而不需要做任何修改。通过 FatFs 文件系统来管理 SD 卡文档，可以方便的在电脑上打开数据，数据保存格式采用 CSV 文件格式。

4. 装置测试与应用

4.1. 测温装置的测试

通过在实验室搭建模拟电缆平台，利用石墨棒模拟电缆导体，填充硅胶作为绝缘材料，使用恒流源为模拟电缆接头提供负荷。分别采用 FLIR SC7000 红外热像仪和电缆接头温度监测装置对于电缆表皮温度数据进行采集[12]。为了保证红外热像仪的测温精度，在电缆接头表面缠绕黑色胶布，保证接头表面的辐射系数为 0.98。两种不同测温方式的示意图如图 13 所示。

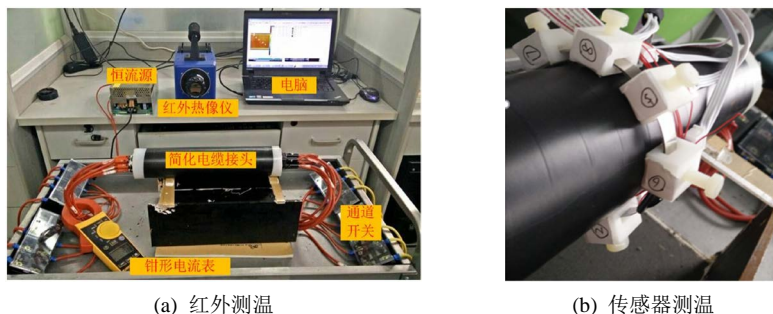


Figure 13. Diagram of different temperature measurement methods
图 13. 不同测温方式示意图

在模拟电缆试验平台进行两组工况试验,分别设置恒流源的电流为 10 A 和 15 A,同时展开温度监测。电缆表面温度达到稳定以后,记录下两组测温方式的数据如表 2 所示。当负荷电流为 10 A 时,红外测温值为 33.38℃,传感器测温平均值为 33.57℃,绝对误差为 0.19℃;负荷电流为 15 A 时,红外测温值为 51.99℃,传感器测温平均值为 52.35℃,绝对误差为 0.36℃。

Table 2. Temperature measurement comparison from the surface of cable

表 2. 模拟电缆表面温度测量值对比

负荷电流	红外测温	传感器测温	误差
10 A	33.38 °C	33.67 °C	0.19 °C
15 A	51.99 °C	52.35 °C	0.36 °C

4.2. 测温装置的应用

为了保证装置能够在现场可靠工作,在某线三根 35 kV 三芯配电电缆入地端展开温度监测。在完成不同三根电缆进行清洁后,对三组传感器阵列中的传感器进行标记,传感器布置示意图如图 14 所示。



Figure 14. Sensors layout diagram

图 14. 传感器布置图

监测期间,三根电缆表面温度数据如表 3~表 5 所示。三根电缆表面温度分布均匀,均未发生过热现象。1 号电缆表面温度稳定在 12.1℃,2 号电缆表面温度稳定在 12.2℃,3 号电缆表面温度稳定在 12.3℃。

Table 3. Temperature data of No. 1 cable (sensor array 1)

表 3. 一号电缆表面(传感器阵列 1)温度数据

时间点	布点 1	布点 2	布点 3	布点 4	布点 5	布点 6	布点 7	布点 8
14:47	12.01	12.13	12.12	12.06	12.07	12.10	12.08	12.04
14:48	12.07	12.13	12.14	12.06	12.11	12.10	12.08	12.01
14:49	12.01	12.13	12.13	12.06	12.05	12.11	12.08	12.02
14:50	12.07	12.19	12.15	12.06	12.07	12.1	12.08	12.02
14:51	12.01	12.13	12.14	12.06	12.09	12.12	12.08	12.01
14:52	12.07	12.13	12.13	12.06	12.05	12.13	12.08	12.01

Table 4. Temperature data of No.2 cable (sensor array 2)**表 4.** 二号电缆表面(传感器阵列 2)温度数据

时间点	布点 1	布点 2	布点 3	布点 4	布点 5	布点 6	布点 7	布点 8
14:47	12.13	12.25	12.3	12.16	12.15	12.28	12.28	12.21
14:48	12.11	12.25	12.31	12.09	12.15	12.28	12.28	12.21
14:49	12.09	12.25	12.3	12.09	12.09	12.28	12.28	12.15
14:50	12.09	12.25	12.3	12.16	12.15	12.28	12.28	12.21
14:51	12.09	12.25	12.31	12.16	12.09	12.21	12.28	12.21
14:52	12.13	12.31	12.34	12.16	12.15	12.28	12.34	12.21

Table 5. Temperature data of No. 3 cable (sensor array 3)**表 5.** 三号电缆表面(传感器阵列 3)温度数据

时间点	布点 1	布点 2	布点 3	布点 4	布点 5	布点 6	布点 7	布点 8
14:47	12.25	12.31	12.28	12.38	12.25	12.31	12.4	12.48
14:48	12.19	12.31	12.22	12.38	12.25	12.31	12.4	12.48
14:49	12.19	12.31	12.28	12.44	12.25	12.25	12.4	12.48
14:50	12.19	12.25	12.28	12.44	12.25	12.25	12.4	12.48
14:51	12.19	12.25	12.22	12.38	12.25	12.31	12.4	12.54
14:52	12.19	12.31	12.28	12.38	12.25	12.31	12.4	12.41

5. 结论

论文对电缆接头温度监测装置进行了设计, 基于模块化设计方案, 分别对温度采集模块, 数据传输模块和数据收集终端进行设计。选用 ADT7420 高精度温度传感器, 测温精度可达到 0.2℃。24 个温度传感器构成三个测温阵列, 通过基于 BLE 协议的 CC2541 对温度数据进行无线传输, 无线传输距离达到 50 m。以 STM32F103 微控制器为核心的温度数据收集终端对电缆接头及两段本体的温度数据进行接收、显示以及实施存储, 能为电缆接头内部故障检测提供大量数据。

测温装置分别在实验室模拟电缆平台进行了测试, 利用红外成像仪对装置的有效性及准确性进行了验证。最后, 装置在电缆线路现场展开了应用, 测温效果良好, 结果表明, 该装置可对电力电缆温度数据进行实时准确监测, 为电缆线路运行和维护提供了新的方法。

基金项目

本论文工作得到中国南方电网有限责任公司科技项目(10~20 kV 交联聚乙烯电缆附件内部缺陷诊断新技术研究及应用, 090000KK52170137)的支持。

参考文献

- [1] 杨帆, 杨旗, 程鹏, 等. 电缆接头内部气隙放电缺陷下的绝缘劣化程度表征方法[J]. 电工技术学报, 2017, 32(2): 24-32.
- [2] Gao, Y., Tan, T., Liu, K., *et al.* (2016) Research on Temperature Retrieval and Fault Diagnosis of Cable Joint. *High Voltage Engineering*, **20**, 7388-7393.
- [3] Lin, S. and Hu, W. (2012) Theoretical Research on Temperature Field of Power Cable Joint with FEM. *International Conference on System Science & Engineering*, Dalian, 30 June-2 July 2012, 564-567.
<https://doi.org/10.1109/ICSSE.2012.6257250>
- [4] 方亚林. 基于温度测量的电缆接头压接缺陷检测方法及应用[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2018.
- [5] 张颖超, 吴嘉伦, 李俊. 基于 zigbee 电力电缆接头远程温度监测系统研究[J]. 电测与仪表, 2014, 51(16): 103-107, 116.
- [6] Olsen, R., Anders, G.J., Holboell, J., *et al.* (2013) Modelling of Dynamic Transmission Cable Temperature Considering Soil-Specific Heat, Thermal Resistivity, and Precipitation. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **28**, 1909-1917.
<https://doi.org/10.1109/TPWRD.2013.2263300>
- [7] Zhou, Y. and Yang, J.L. (2009) Online Temperature Monitoring System for High Voltage Power Cable Based on Distributed Optical Fiber Temperature Sensors. *High Voltage Apparatus*.
- [8] Miswan, N., Halim, H.S.A. and Hizam, H. (2009) Thermal Performance of Ferrule Designs for Medium Voltage Cable Jointing. *IEEE International Conference on Properties & Applications of Dielectric Materials*, Harbin, 19-23 July 2009, 122-125. <https://doi.org/10.1109/ICPADM.2009.5252492>
- [9] Nasrollahpour, M., Sreekumar, R., Hajilou, F., *et al.* (2018) Low-Power Bluetooth Receiver Front End Design with Oscillator Leakage Reduction Technique. *Journal of Low Power Electronics*, **14**, 179-184.
<https://doi.org/10.1166/jolpe.2018.1539>
- [10] 张晓飞, 吕中虎, 韩永温, 等. 基于 ADT7420 的多点温度采集系统设计[J]. 电子世界, 2015(19): 173-175.
- [11] 冯仰刚, 谢乾坤, 强立宏, 等. TM32F103ZET6 最小系统设计[J]. 电子世界, 2013(5): 141-142.
- [12] 程鹏. 电缆接头内部缺陷下的电磁-热-力特性及表征方法研究[D]: [博士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2016.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-6980, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: iae@hanspub.org