

## 基于 WiFi 的耳标式生猪体温监测系统设计

许宏为, 秦会斌, 周继军

(杭州电子科技大学 新型电子器件与应用研究所, 浙江 杭州 310000)

**摘要:** 传统生猪体温测量一般使用水银温度计测量生猪直肠温度来确定体温, 该方式不能做到对生猪体温的实时监测。系统设计了一种基于物联网技术的生猪体温监测系统。采用 ESP8266 作为主控制器和无线通信模块, 温度传感器使用 MF54 系列的 NTC 热敏电阻, 软硬件上采用非平衡桥电路和平均值滤波法, 使得测量数据的精度达到  $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因生猪具有活动性, 监测节点集成在猪耳标上, 通过采集耳腔温度来实现体温的实时监测。平台层使用移动 OneNET 物联网平台, 开发了移动端应用作为监测系统的显示终端。系统实现了对生猪体温的实时监测, 对生猪疾病预防和智能化养殖有一定的应用价值。

**关键词:** 生猪体温监测; NTC 热敏电阻; OneNET 平台; ESP8266; WiFi

中图分类号: TN371; TP29

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.191295

中文引用格式: 许宏为, 秦会斌, 周继军. 基于 WiFi 的耳标式生猪体温监测系统设计[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9): 64-68.

英文引用格式: Xu Hongwei, Qin Huibin, Zhou Jijun. Design of ear tag type pig temperature monitoring system based on WiFi[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 64-68.

### Design of ear tag type pig temperature monitoring system based on WiFi

Xu Hongwei, Qin Huibin, Zhou Jijun

(Institute of New Electron Device & Application, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310000, China)

**Abstract:** Traditional pig temperature measurement generally uses a mercury thermometer to measure the rectal temperature of the pig to determine the body temperature. This method cannot achieve real-time monitoring of the pig temperature. The system designed a pig temperature monitoring system based on the Internet of Things technology. The ESP8266 is used as the main controller and wireless communication module. The temperature sensor uses MF54 series NTC thermistor. The software and hardware adopt unbalanced bridge circuit and average filtering method, so that the accuracy of the measured data reaches  $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Due to the activity of live pigs, the monitoring node is integrated on the ear tag of the pig, and the real-time monitoring of the body temperature is achieved by collecting the ear cavity temperature. The platform layer uses the mobile OneNET IoT platform, and develops a mobile application as the display terminal of the monitoring system. This system realizes real-time monitoring of pig body temperature, which has certain application value for pig disease prevention and intelligent breeding.

**Key words:** pig temperature monitoring; NTC thermistor; OneNET platform; ESP8266; WiFi

#### 0 引言

近年来, 在大规模养殖过程中, 随着养殖规模与生猪品种的增多, 猪的发病率也逐渐增多。体温是判断生猪疾病的主要生理指标, 一般猪感染传染病时, 体温会发生明显变化。体温是诊断生猪疾病重要依据之一, 也是给病猪用药的重要依据。观察生猪的体温变化, 有助于对猪病做出判断<sup>[1]</sup>。

传统的生猪体温测量方式一般使用直肠测温法, 此操作方法操作难度大, 而且只能单次测量, 不能做到对体温数据的实时监测, 使得养殖人员无法第一时间对生猪的健康问题做出有效的措施与预防。随着无线通信技术与物联网技术的发展, 在大型养殖场实现智能体温监

测是必然的趋势。因此设计出能实时监测生猪体温的系统, 能够尽快发现病畜的早期症状, 在疾病大面积爆发之前, 实现有效的隔离和控制疾病的传播<sup>[2]</sup>。

#### 1 系统设计思路

物联网大致分为应用层、平台层、网络层和感知层四个层面。平台层使用的是移动 OneNET 物联网平台; 网络层和感知层使用 ESP8266 作为主控制器和无线通信模块, 直连 MF54 负温度系数(Negative Temperature Coefficient, NTC)热敏电阻集成在猪耳标上; 应用层使用基于 OneNET 云平台技术开发的手机应用。系统总体设计框架如图 1 所示。

为避免测量过程中繁杂的布线问题, 本设计采用

## 测控技术与仪器仪表

Measurement Control Technology and Instruments

每一个监测节点就是一个STA

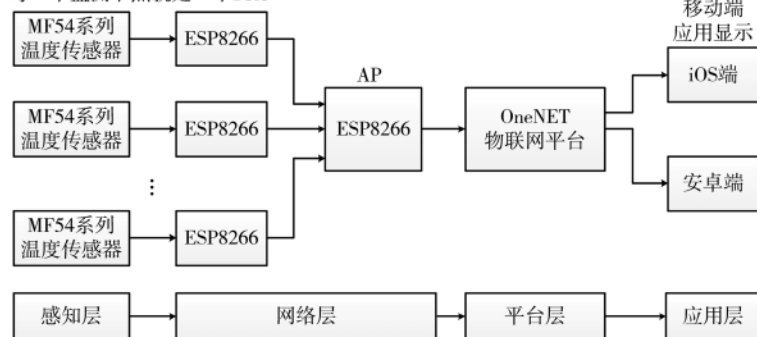


图1 系统总体设计框架

WiFi 无线通信方式进行组网,猪栏大小一般长宽在 20~30 m 之间, WiFi 的传输距离在 10~300 m, 其在传输距离和速率上均满足设计要求。本设计采用基于无线访问节点(Access Point, AP)组建的基础网拓扑形式,基础网拓扑形式就是由 AP 创建,众多站点(Station, STA)接入组成的无线网络,AP 是网络的中心,网络中的所有通信都通过 AP 来转发,STA 就是连接到无线网络的每一个终端<sup>[3]</sup>。

生猪体温测量部位的选择对于体温有效监测至关重要。由于动物具有时刻活动的特性,其位置不固定,为了达到稳定的监测效果,本文采用通过温度传感器采集耳腔内的温度。直肠测温常常是临床体温的标准,而耳朵内测得的温度与直肠内测温度较为接近,这种测温方式也被广泛用于各大医院对人体体温的测量,测量数据较为准确。因此本系统选

取耳温测量方式。在养殖场猪耳标用来区分不同个体,固定在猪耳上十分稳固,所以耳温数据的监测可以通过将温度传感器节点封装在耳标上,使感温探头深入耳道内来实时采集生猪的体温数据<sup>[4]</sup>。

## 2 系统硬件设计

系统的硬件部分分为无线通信模块兼主控制器 ESP8266、MF54 系列 NTC 热敏电阻和电源模块三部分组成。这些都集成在猪耳标上,耳标式体温监测节点硬件结构如图 2 所示。

## 2.1 无线通信模块 ESP8266

本设计选用 ESP8266 作为主控芯片使用,另外作为通信模块应用时通过串口转 WiFi 将终端设备接入互联网进行数据传输,通信方式采用基础网拓扑结构,每个猪栏上空装置一个 ESP8266 模块作为 AP 与云端进行通信,猪栏内的每一头猪安装一个监测设备作为 STA,各 STA 进行各自的采集工作,AP 负责收集各 STA 模块的数据上装到 OneNET 平台。ESP8266 模块结构如图 3 所示。

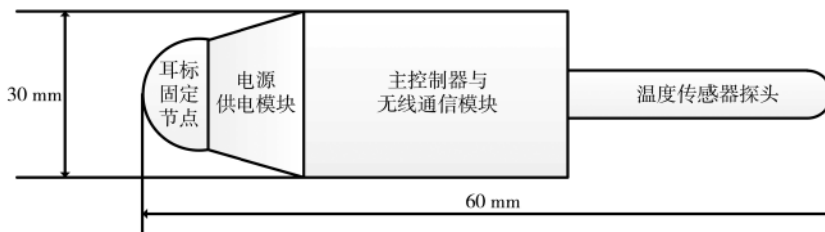


图2 耳标式体温监测节点硬件结构

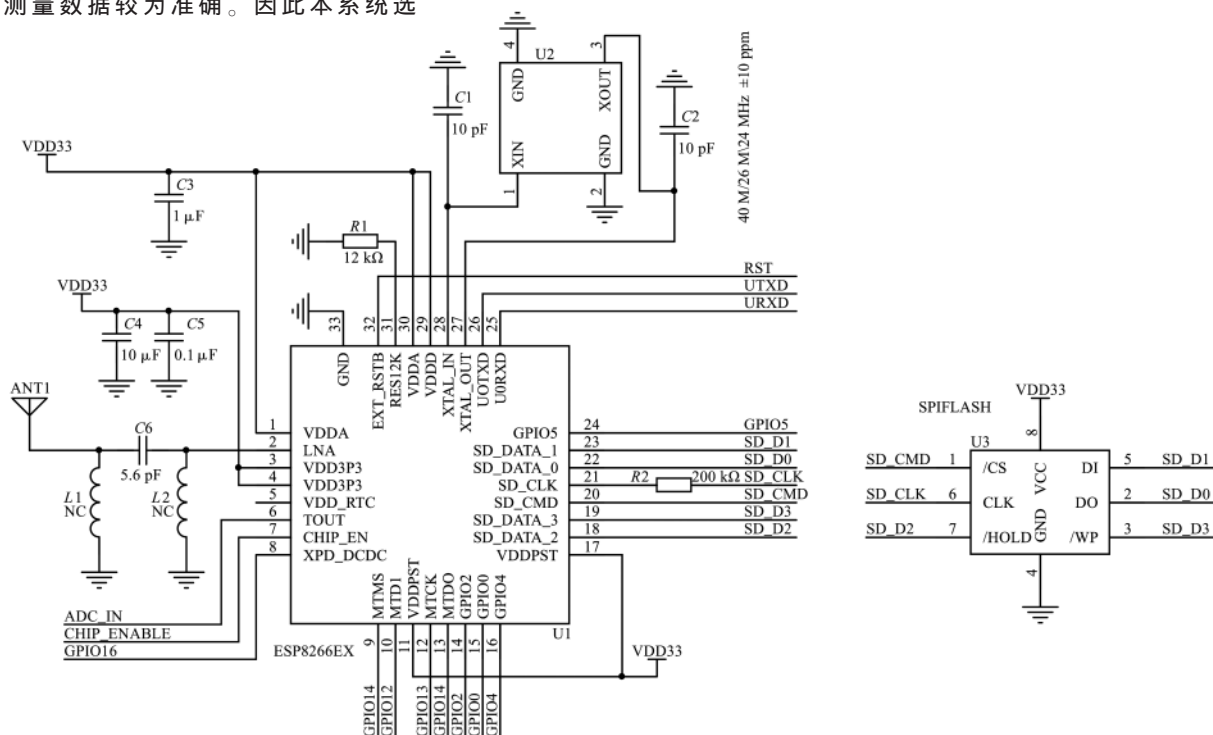


图3 ESP8266 模块结构

# 测控技术与仪器仪表

Measurement Control Technology and Instruments

## 2.2 温度采集模块

温度采集模块是整个监测节点的核心,体温测量需要满足 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 精度要求。同时考虑到监测节点的高度集成性,本设计选取了体积小、测温电路简单、易于集成的MF54系列的MF54-103E3950FA-30NTC热敏电阻。测量精度误差为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,具有体积小、能够长时间稳定工作的特点。

硬件系统设计中温度采集的准确性,提高精度是本设计的重点。通过电桥电路输出电压值计算相应的温度,普通电阻存在一定的偏移率,这个偏移率会对电路的输出产生影响。同时使用惠斯通电桥电路完成线性处理。惠斯通电路与改进后的非平衡桥电路如图4所示。

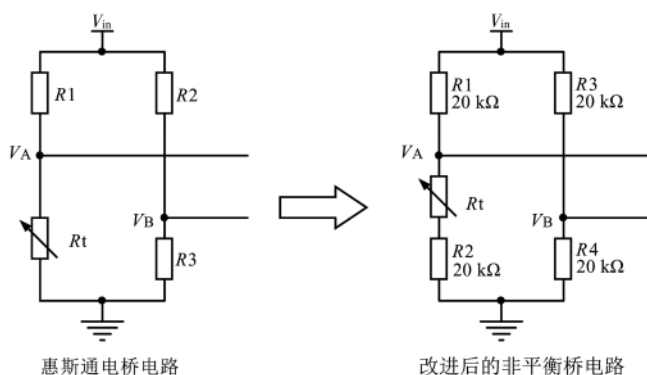


图4 惠斯通电路与改进后的非平衡桥电路

正常情况输出端电压:

$$V_A = R_t V_{in} / (R_t + R_1) \quad (1)$$

设阻值的变化为 $\Delta R$ ,偏移后输出电压值:

$$V_B = R_t V_{in} / (R_t + R_1 + \Delta R) \quad (2)$$

误差值:

$$\Delta V = V_A - V_B = (\Delta R / R) V_{in} / (4 + 2\Delta R / R) \quad (3)$$

假设偏移率 $\Delta R / R = 3\%$ ,经计算误差: $\Delta V = 0.739\% V_{in}$ 。可以看到有较大的误差。解决方案是采取非平衡桥电路连接方式,给NTC热敏电阻串联一个电阻,减小电阻漂移影响。

解决方案后的误差值:

$$\Delta V = R_t \Delta R V_{in} / [(R_t + 2R + 2\Delta R)(R_t + 2R)] \quad (4)$$

热敏电阻的阻值 $R_t = 10\text{ k}\Omega$ , $R = 20\text{ k}\Omega$ 时,再令 $\Delta R / R = 3\%$ ,计算得到 $\Delta V = 0.234\% V_{in}$ ,因此本设计选用的非平衡电桥测温电路大大提高了系统测温的精度。

## 2.3 电源供电模块

监控装置使用独立电源供电,无线通信模块ESP8266、热敏电阻都采用+3.3V电压供电,本设计由6V纽扣电池供电,经过6V转3.3V的开关电源给系统供电。因此,需要一个降压模块来给系统各部分提供有效的电压。本设计采用LM1117降压芯片,通过2个外加电阻实现有效的电压输出<sup>[5]</sup>。

## 3 系统软件设计

本系统软件设计首先进行ESP8266与OneNET云平台数据发送的软件设计,然后设计体温监测节点的程序设计,最后开发了基于OneNET平台的移动端应用程序,实现了体温实时监测数据的管理与查看<sup>[6]</sup>。

### 3.1 云平台与通信模块程序设计

无线通信模块ESP8266程序设计中,需要保证WiFi模块与OneNET云平台保持连续通信,采用WiFi模块断开连接重新连接的方式,同时使用WiFi模块的smartconfig功能,实现ESP8266自动接入相应的无线网络<sup>[7]</sup>。

为建立可靠的传输机制,无线通信模块ESP8266与OneNET云平台之间通信采用TCP网络通信协议。数据的传输采用HTTP协议将采集到的温度数据通过ESP8266打包发送至云平台,数据以JSON格式进行编辑处理,通过POST方法将数据包上传到云端,通信端数据处理与上传流程如图5所示。

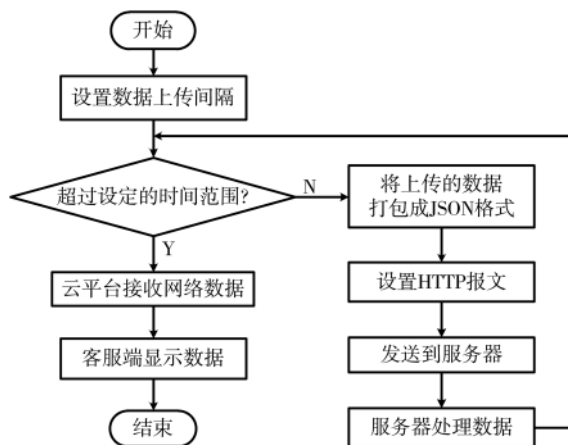


图5 通信端数据处理与上传流程

### 3.2 体温监测节点程序设计

数据采集单元需要执行数据采集、处理以及发送工作。为减少测量误差,硬件部分采用非平衡桥电路降低误差;本设计软件部分采用平均值滤波法计算温度,以达到进一步降低误差的效果<sup>[7]</sup>,公式如下:

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (5)$$

式中, $t_i$ 为第*i*次测量的温度值, $n$ 为测量次数。采用平均值滤波法计算取平均值数据,然后采集单元将*T*(平均值)作为当前的温度测量值发送给服务器。监测节点每2小时上传一次数据到云平台<sup>[8]</sup>。采集温度的流程如图6所示。

### 3.3 移动端监测界面设计

为了便于工作人员随时随地都可以进行数据的监测与查看,设计了基于OneNET云平台的手机应用。因为OneNET平台的特性,开发变得很容易,直接在平台网站上即可开始进行手机应用监测系统的显示界面的设计。

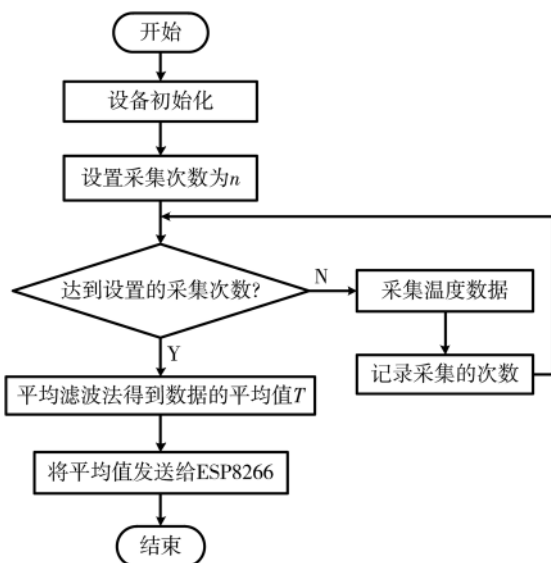


图6 采集温度的流程

在开发过程中,用户可以根据显示数据的特点实现不同的显示方式,如折线图、柱状图、仪表盘等各种显示方式,对于大量数据的显示和观察十分方便。在OneNET官网下载“设备云”手机应用(iOS和安卓都支持),登录注册的用户密码即可进入设备中心进行数据的查看<sup>[9]</sup>。本设计生猪体温监测系统的移动端登录界面和应用界面如图7所示。

#### 4 系统测试与应用

为验证设计的监测装置的数据准确性,测试采用恒温水箱与监测节点上传数据比较,进而判断数据的准确性与误差精度<sup>[10]</sup>。系统的测试精度采用 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,符合体温医用标准。首先监测装置封装好放入恒温水箱中测量温度值,另外使用温度计进行温度采集。测试系统数据采集间隔缩短,每隔10 min调节一次温度,对比不同温度下上传的数据和温度计的测量值,分析上传数据的误差。注意这里的上传数据是经过平均值滤波法计算后的平均值。本次试验测试温度范围为36~43 $^{\circ}\text{C}$ ,完全覆盖生猪体温范围。记录数据如表1所示。

表1 温度计测量数据与监测节点采集温度( $^{\circ}\text{C}$ )

温度计	采集温度	温度计	采集温度	温度计	采集温度
36.0	35.9	38.4	38.4	40.8	40.9
36.3	36.3	38.7	38.7	41.1	41.0
36.6	36.5	39.0	39.1	41.4	41.4
36.9	36.9	39.3	39.3	41.7	41.5
37.2	37.1	39.6	39.7	42.0	42.0
37.5	37.5	39.9	39.9	42.3	42.3
37.8	38.0	40.2	40.1	42.6	42.6
38.1	38.1	40.5	40.5	43.0	43.1

实验结果显示,监测数据存在一定误差,但是除少数误差较大外,其他误差在0.1 $^{\circ}\text{C}$ 内,完全符合医疗标



图7 移动端APP登录界面和应用界面



# 测控技术与仪器仪表 Measurement Control Technology and Instruments

准最大允许误差为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的要求。因此该设计满足要求。

## 5 结论

本文讨论了基于 OneNET 物联网平台的生猪体温监测系统, MF54 系列 NTC 热敏电阻和非平衡桥电路的使用使得测量数据的误差降低, 同时采用平均值滤波法计算温度后上传数据, 进一步减小测量数据的误差, 满足医疗标准。另外, 通过集成在猪耳标上采集猪耳腔温度的方式来测量体温, 有效提高了生猪体温测量的便捷性。该系统适用于大型养猪场的体温监测领域。

## 参考文献

- [1] 张巧平. 基于体温检测的猪疾病判断方法[J]. 现代农业科技, 2011(20): 352, 354.
- [2] 陈俊敏, 黄伟明. 养猪户如何从猪的体温变化了解猪病[J]. 畜牧兽医科技信息, 2008(1): 54.
- [3] 何明泰, 李可, 刘恒. 密集 WiFi 网络环境网络分配矢量优化与性能分析[J]. 电子技术应用, 2017, 43(9): 106-110.
- [4] 宫占江, 孙立凯, 史鑫. 一种非接触式耳温传感器研制[J]. 科技创新与应用, 2017(32): 20-21.
- [5] 陈霖凯, 秦会斌, 胡炜薇. 基于云服务器的车位锁管理系统设计[J]. 传感器与微系统, 2019, 38(8): 73-75.
- [6] 姬鹏飞. 基于 OneNET 的智能门锁系统平台软件设计与

实现[J]. 现代计算机(专业版), 2018(27): 79-83.

- [7] 张会猛, 高锐锋, 包志华. 基于 WiFi 技术的临床体温监测系统设计与实现[J]. 现代电子技术, 2018, 41(8): 26-29, 33.
- [8] 邓迟, 胡巍, 刁盛锡, 等. 一种基于 NTC 的体温传感器测量误差分析及校准技术[J]. 中国医疗器械杂志, 2015, 39(6): 395-399.
- [9] 方天恩, 漆晶, 马金辉, 等. 基于 Android 的智能蓝牙温度计的研究与设计[J]. 电子技术应用, 2017, 43(3): 73-76.
- [10] 林超伦, 徐婧, 陈威, 等. 基于 OneNet 云平台的远程医疗监护系统的研究与设计[J]. 电子世界, 2019(19): 168-169.

(收稿日期: 2019-11-28)

## 作者简介:

许宏为(1997-), 男, 硕士, 主要研究方向: 抗电磁干扰、嵌入式、物联网。

秦会斌((1961-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 新型电子器件及 ASIC 设计、现代传感器设计及应用。

周继军(1962-), 男, 本科, 教授级高工, 主要研究方向: 抗电磁干扰技术、电子器件生产用装备、新型抗电磁干扰器件。

(上接第 59 页)

- [3] 叶长龙, 张思阳, 于苏洋, 等. 基于神经网络的全方位移动机器人运动稳定性研究[J]. 机器人, 2019, 41(4): 443-451.
- [4] 陶俊杰, 臧红彬, 蔡勇. 新型多功能越障机器人设计与功能仿真[J]. 机械设计与制造, 2016(1): 228-231.
- [5] PENG T, QIAN J, ZI B, et al. Mechanical design and control system of an omni-directional mobile robot for material conveying[J]. Procedia CIRP, 2016, 56(Complete): 412-415.

- [6] 孙强, 王文涛. 基于体感遥控的全向移动机器人的系统设计[J]. 电子技术应用, 2015, 41(6): 157-160.

(收稿日期: 2019-12-16)

## 作者简介:

范晶(1987-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 机器人运动控制技术、通信加密技术。

吴晖(1991-), 通信作者, 男, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 机器人运动控制与仿真、机械优化设计, E-mail: buaa\_wuhui@sina.com。

(上接第 63 页)

- 表设计[J]. 电气技术, 2012(2): 42-44, 48.
- [6] 陈晓龙, 裘友凤. 基于 MSP430F149 单片机的智能远传三相电表设计[J]. 制造业自动化, 2011, 33(2): 166-168.
- [7] 孙鸿昌, 张绿原. 基于 ARM 的三相电表设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2014(7): 83-85.
- [8] 施长浩. 基于 Kinetis 微控制器的三相电表设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2014, 14(11): 80-81.
- [9] Yan Xin, Chen Mingshuai, Li Xinyang, et al. Research of three-phase high-voltage energy metering device[C]. 2017 Chinese Automation Congress(CAC). IEEE, 2017: 5845-5848.
- [10] TONG G H, LIU X H, LI X Q, et al. Research on three-phase electronic multifunctional energy meter[C]. IOP

Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018, 394(4): 042098.

- [11] 陈乐珠, 卓朝松, 王艳. 基于 S3C2440 的液晶显示器件光电参数检测接口电路[J]. 电子技术应用, 2018, 44(12): 47-50.
- [12] 银春梅, 朱向东, 朱海鹏. 一种无损电流检测电路设计[J]. 电子技术应用, 2019, 45(3): 18-21, 31.

(收稿日期: 2019-11-06)

## 作者简介:

杨帆(1966-), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向: 智能仪器及测控系统。

胡光昊(1995-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能仪器及测控系统。

## 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