

基于嵌入式系统的智慧管廊防灾预警系统设计*

罗家木¹ 陈雍君² 邱实³

(1. 中铁(贵州)市政工程有限公司 贵阳 550003; 2. 北京建筑大学经济与管理工程学院 北京 100044;

3. 北京工业大学 北京市城市交通运行保障工程技术研究中心 北京 100124)

摘要: 智慧管廊是智慧城市的“神经网络”,智慧管廊的安全稳定运营对城市发展、工业生产和居民日常生活有重要的意义。基于嵌入式系统设计了智慧管廊防灾预警系统,选用 STM32F107 互联型微处理器,实时在线监测管廊内部温度、天然气浓度等环境参数,对电力和燃气管道等重点区域进行全方位的监控,在环境参数超限时进行报警,并启动防灾装置,实现自动防灾预警功能。该系统的运用对保障综合管廊正常运营和居民正常生活具有重要的意义,并且可以与视频监控等系统进行联动,把管廊内部产生的大数据与智慧城市的管理相结合,助力智慧城市的发展。

关键词: 智慧管廊;STM32 微处理器;防灾预警;温度传感器

中图分类号: TN806 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.40

Design of disaster early warning system for intelligent pipe gallery based on embedded system

Luo Jiamu¹ Chen Yongjun² Qiu Shi³

(1. China Railway (Guizhou) Municipal Engineering Co., Ltd, Guiyang 550003, China; 2. School of

Economics and Management Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture,

Beijing 100044, China; 3. Beijing Engineering Research Center of Urban Transport

Operation Guarantee, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Intelligent pipe gallery is the “neural network” of smart cities, The safe and stable operation of the intelligent pipe gallery have important significance to the development of the city, the industrial production and our daily life. Based on embedded system technology, the disaster early warning system for intelligent pipe gallery is designed. We select the STM32F107 Interconnected microprocessor, this System can monitor the environmental information such as gas concentration, temperature and so on. It will monitor power pipeline and gas pipeline and other key regions completely, and also has the functions to alarm when parameter values exceeds the threshold and to start the emergency devices. It has important significance to stable operation of the intelligent pipe gallery and our daily life. Additionally, the system can be linked with video monitoring system, it can combine the big data generated by the Intelligent pipe gallery with the urban management, to promote development of smart city.

Keywords: intelligent pipe gallery; STM32 microprocessor; disaster early warning; temperature sensor

1 引言

智慧管廊是依托先进的信息技术、网络技术、传感器技术、人工智能等技术手段,整合管廊各个系统建立的高度灵活、信息化、网络化、集约化的管廊智慧运营管理系统。智慧管廊对节省城市用地,改善城市环境,增强城市抗灾能力等方面有重要的作用^[1]。

综合管廊位于地下,里面包含通信、燃气、供水和电力电缆等多种管道,供电电缆在工作过程中如果产生短路,过载等情况都有可能造成火灾,燃气管道如果泄露将可能产生爆炸事故。管廊中一旦发生此类灾害,如不能及时控制,会对当地的生产和生活造成非常不利的影 响,甚至会危及工作人员的人身安全。建立管廊防灾预警系统,能够实时准确地监测管廊内的温度以及天然气浓度,并将监测信息

收稿日期:2017-02

* 基金项目:地下综合管廊施工技术与管理智慧化管理系统研究(00362016168)、国家自然科学基金(51608019)、北京市优秀人才培养项目(2015000020124G035)、北京工业大学“日新人才”培养计划(2017-RX(1)-16)资助项目

传输给工作人员,在温度过高或天然气浓度超限时进行报警。通过智慧管廊防灾预警系统可以获取、监测管廊内环境参数信息,进行智能化分析预控,实现综合管廊的高效精确的信息化管理、监测、应急处置和防灾减灾功能,从而实现管廊系统的高效管理、运营安全管理^[2]。智慧管廊防灾预警系统的建立将对提高城市综合管廊的管理水平和工作效率,促进城市综合管廊的持续健康发展起到积极的作用。

2 系统总体结构设计

智慧管廊防灾预警系统由两部分构成:火灾预警系统和天然气探测预警系统。灾害预警系统主要由智能烟感传感器、温度传感器、天然气探测器、多功能通信基站、声光报警器装置等设备组成,系统结构如图 1 所示。

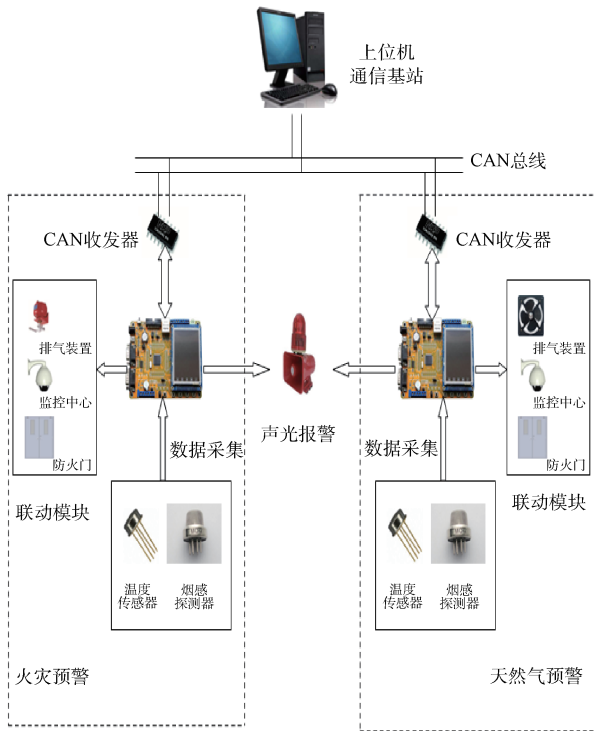


图 1 系统结构

传感器采集到的环境数据进入 STM32,下位机的 MCU 通过 CAN 总线与通信基站通信,当传感器获取的环境参数高于系统设定的阈值,下位机控制器触发声光报警装置,应急处理装置开始工作。

当火灾报警系统检测到火灾发生时,启动声光报警装置和自动灭火装置,灭火完成后,风机自动启动将有害气体排出。监控中心设置气体浓度报警限值,当天然气在管廊内的浓度超过报警浓度设定限值时,事故段和其相邻的区域开启通风设备,并且紧急关闭天然气管道,确保天然气管廊设施正常、稳定运行。报警屏幕设置在监控中心,报警时可以通过视频监控系统检查报警位置的情况,上位机通过总线回路检查、接收和显示各报警点,自动记录报警时间和

地点^[3-6]。

3 系统硬件设计

3.1 中央处理单元

中央处理单元是整个防灾预警系统的核心部件,它对保障整个系统高效稳定的运行起着最关键的作用。

系统的中央处理单元使用的是 STM32F107 互联型微控制器,此系列的微控制器运行速度快,功率损耗低,具有很高的性价比。并且增加了全速 USB 接口和以太网接口,能够减少 CPU 功耗,使联网设备同步通信的响应速度有了进一步的提高。内部集成高性能的 32 位 ARM Cortex-M3 CPU,10 个定时器,2 个 12 位 1-Msample/s 模数转换器、2 个 12 位数模转换器、2 个 I²C 接口、5 个 USART 接口和 3 个 SPI 端口等功能^[7],系统结构如图 2 所示。因此选用此处理器可以满足本系统的使用要求。

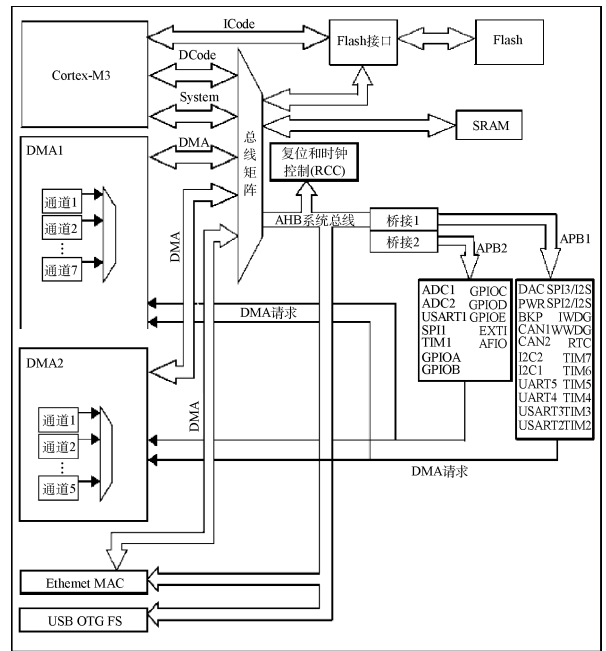


图 2 STM32F107 系统结构

3.2 数据采集模块

智慧管廊防灾预警系统包括火灾预警和天然气监测预警,数据采集模块有温度信号采集、烟雾信号采集和气体信号采集 3 个部分。

使用 MLX90620 阵列红外温度传感器采集温度数据,将 64 个红外热电堆以及信号处理电路集成在一个传感器中,测温范围为-50~300℃。可同时感测 64 个像素点的环境温度,实现对监测环境内不同点的温度读数,并且体积小,易集成^[8]。

MLX90620 温度传感器支持 I²C 通信,只需要简单的电路连接就可以实现温度检测功能,MLX90620 和外部连接 MCU 的 I²C 通信 I/O 口的连接电路如图 3 所示。

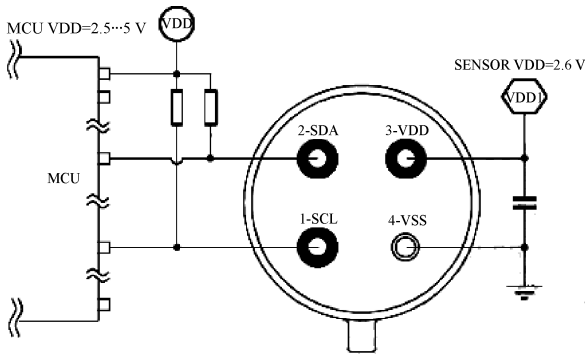


图3 MLX90620和MCU连接图

火灾预警系统中选用MQ-2烟雾传感器采集烟雾浓度信号,天然气预警系统中使用MQ-4天然气传感器采集气体浓度信号,MQ系列传感器使用简单,寿命长,成本低,对较宽的检测浓度范围都有良好的灵敏度。MQ-2烟雾传感器和MQ-4天然气传感器工作原理相同,这两种传感器使用的气敏材料都是二氧化锡,在干净空气中二氧化锡电导率较低。当传感器所处环境中发生火灾产生烟雾或可燃气体发生泄露时,空气中待测物质浓度的增加时二氧化锡的电导率随之增大,待测物的浓度能够通过二氧化锡的电导率的变化反应出来并转换成相对应的输出信号,传感器采集到的模拟量先进入处理器,经过A/D转换后进行数据传递^[9]。

3.3 CAN总线通信

CAN总线是现场总线的一种,它的开发周期短,各个网络节点之间有较强的实时通信能力,性能可靠,可以通过多种通信介质进行通信,已经普遍应用于多个行业,是最有应用前景的现场总线之一^[10]。CAN总线结构简单,能够通过CAN控制器连接多个控制模块,构成多主机局域网,理论上,网络内可以有无限多个CAN节点,CAN节点可以在CAN总线的任意时刻传输数据,各个节点之间可以进行自由通信,在通信速率较低时通信距离最远可以达到10 km,通信距离较短时通信速率最高能够达到1 Mbps^[11],非常适用于管廊系统的分布式监测。CAN总线协议由芯片实现,减少了编程的代码量。STM32F107 互联型微控制器内部集成了CAN控制器,只需要连接收发器即可实现通信功能,STM32F107与CAN总线通信连接如图4所示。

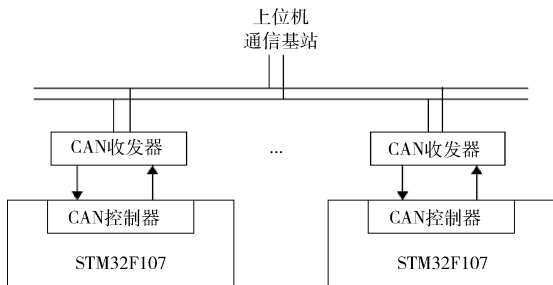


图4 STM32F107与CAN总线通信示意图

智慧管廊防灾系统采集到的温度,天然气浓度等环境参数信息通过CAN总线传递到系统上位机通信基站,上位机对各个监控区域的环境信息进行存储和实时显示。

4 系统软件设计

4.1 系统主程序设计

智慧管廊防灾系统的软件部分使用C语言编写,根据各部分的功能的划分,采用了模块化的编写方式。主要包括系统初始化,系统自检,数据采集、处理、存储,环境参数信息超限判断及数据传输等模块,整个系统的工作流程如图5所示。防灾预警装置上电后,首先进行系统的初始化,然后进行自检,检测系统本身是否存在故障以及传感器是否正常在线。自检通过后进入主程序,主程序循环执行,传感器采集管廊内温度、天然气和烟雾浓度信号,并进行A/D转换和数据处理,将环境参数信息显示在LCD屏上并进行存储。当采集到的环境数据超过设定值上限时,系统进行声光报警,紧急处理装置开始工作,监控中心可以通过视频监控查看报警位置情况。

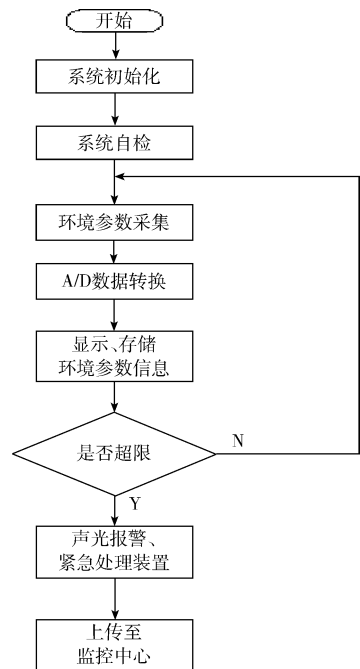


图5 主程序流程

4.2 温度传感器通讯程序设计

MLX90620温度传感器工作流程如图6所示,首先要对红外传感器进行EEPROM以及RAM的配置对其进行初始化,然后通过I²C发送一定的命令读取IR以及PTAT (proportional to absolute temperature)数据。读取数据以后就要进行64个温度点的计算,包括了一系列的偏差补偿以及标准化以及修正,最后得到计算的结果。

MLX90620温度传感器与STM32F107进行I²C通信,流程如图7所示。首先对程序需要用到的子函数进行初始

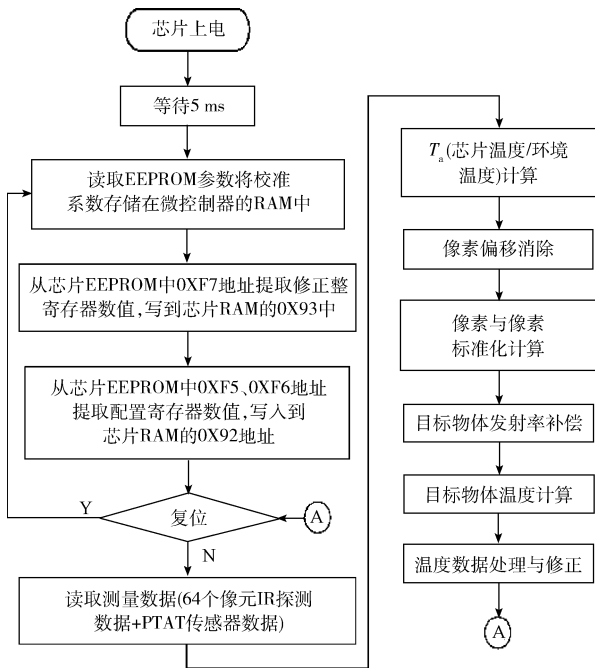


图 6 MLX90620 温度传感器工作流程

化操作,包括振荡器初始化、接口初始化、串口初始化、I²C 初始化以及计时器初始化。随后使能所有中断,根据上述所说的操作与温度传感器进行 I²C 通信,完成红外芯片的初始化操作。初始化结束以后,执行 While(1) 循环,开始串口命令的检测。根据接收到的命令,通过 I²C 通信对 MLX90620 进行相应的操作,如数据的写入与读取等。串口每发送一个命令,MCU 便进行一次相应的处理,直至断电,程序结束。

4.3 CAN 通信程序设计

CAN 通信首先要进行 CAN 初始化,然后进行报文的发送和接收,完成数据传输。CAN 节点主程序流程如图 8 所示。

在 STM32F107 微处理器内部集成了两个 CAN 控制器,系统上电复位后,CPU 对每个控制器寄存器写入相应的指令,实现 CAN 控制器的初始化。CAN 初始化的内容主要包括波特率初始化、过滤器初始化、通讯模式初始化等^[12]。

为了实现数据的实时和快速处理,CAN 总线以报文为单位进行数据的传递,进行报文发送的单元是报文发送器,

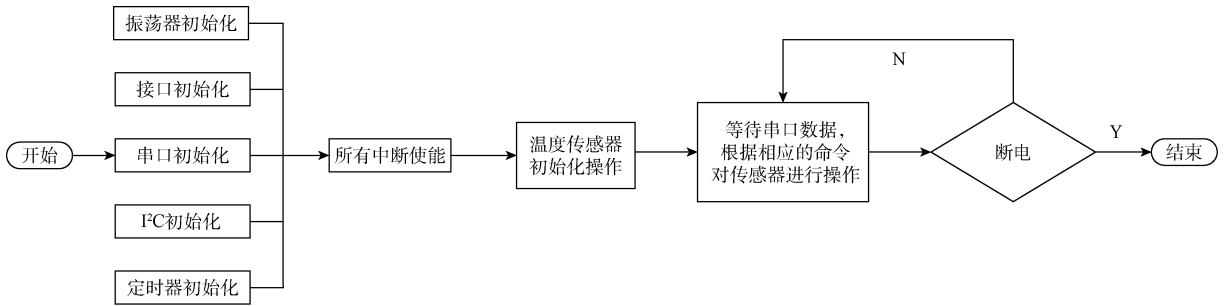


图 7 STM32 与温度传感器 I²C 通信程序流程

当总线正在进行通信或者该单元不发送报文,则该单元为报文接收器。

CAN 发送报文数据的过程为选择一个空发送站,设置报文发送参数,写入要发送的报文,请求报文发送。当写入请求发送命令后,发送站进入等待状态,并且成为优先级最高的发送站,这种优先级确定后就不能更改,软件不能对等待状态的发送站写入指令,其状态变为预发送状态。当总线进入空闲状态,没有站进行存取时,预发送状态站开始发送报文,报文发送完成后,该发送站进入休眠状态,等待下一次报文的写入^[13]。

在 STM32F107 中,有两个报文接收的缓冲区,每一个都是具有多个验收过滤器,当接收站进行报文接收时,CAN 控制器首先将已设置好的验收过滤标识符与收到的报文标识符进行匹配,匹配成功后,接收缓冲区开始接受符合滤波条件的报文,否则认为此报文无效。报文接收完成,接收站转入休眠等待状态^[14-15]。

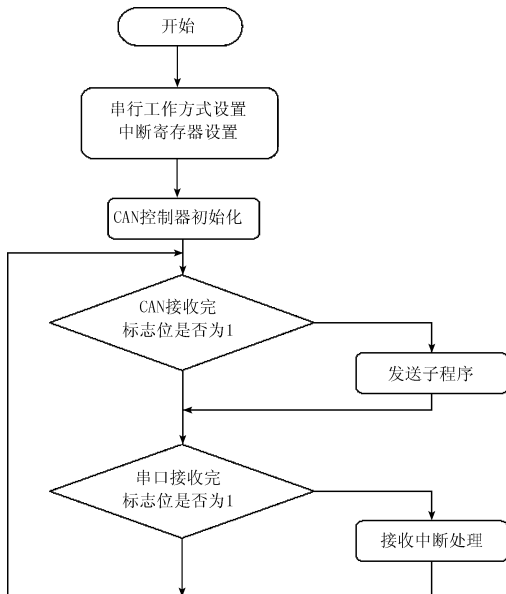


图 8 CAN 节点主程序流程

5 实验分析

智慧管廊防灾预警系统是在综合管廊内工作,因此在室内环境分别对火灾预警系统和天然气探测预警系统两部分进行实验测试。首先对温度传感器的性能进行了测试,将一个加温到 100℃ 的电烙铁放置在传感器附近,检测其测温性能,图 9 所示为温度传感器官方软件进行检测得到的 64 个红外测温像元实验效果图,当环境温度超过设定温度时对应的色块变成彩色。

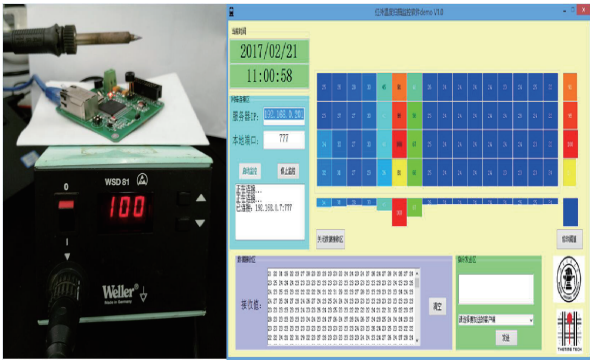


图 9 MLX90620 实验效果

为了保证温度测试结果的可靠性和准确性,使用精度较高的测温仪和本系统同时监测环境参数,选择了 4 个时间点,每个时间点测试 3 次,求取 3 次测试的平均结果作为该时刻温度,实验结果如表 1 所示。

表 1 温度监测实验 (°C)

时间	8:00	11:00	14:00	17:00
测温仪数据	12.2	15.1	20.8	13.9
系统数据	12	15	21	14

对天然气探测报警系统部分进行测试时,在 3 个不同温度条件下进行了天然气浓度测试,每个温度条件下进行两种气体浓度的实验,实验所用气体为配置好浓度的标准气体,气体浓度实验结果如表 2 所示。

表 2 气体浓度试验

温度/°C	标准浓度/%	系统数据/%	误差/%
12.2	1.00	1.00	0
	3.00	3.02	0.67%
17.8	1.00	1.01	1%
	3.00	3.00	0
20.5	1.00	0.98	2%
	3.00	2.96	1.3%

息,采集到的数据能够在上位机进行显示,并且自动保存,误差均在合理范围内,当采集到的环境参数超过设定值时系统都能进行报警。

6 结 论

本文主要从硬件和软件两个方面,介绍了基于嵌入式系统的智慧管廊防灾预警系统。采用全新互联型 STM32F107 控制器,片上资源丰富,工作速度快,提高了整个系统的工作效率,选用红外阵列热电堆传感器,可以同时检测目标区域内 64 个温度点的温度变化,工作可靠,能够实现重点区域的全方位监控。通过实验结果证明,智慧管廊防灾预警系统不仅可以进行关键区域重点防控,也可以联网监控,进行整个城市管廊的大数据监控,实现自动预警和自动防灾预警功能。满足综合管廊内的使用要求,能够有效提高管廊的安全监测质量,减少管理成本,有很好的实际应用价值。

参考文献

- [1] 史寅玉. 智慧管廊应用前景浅析[J]. 建设与发展, 2016(9):2405-2409.
- [2] 李蕊,付浩程. 综合管廊监控与报警系统设计浅析[J]. 智能建筑电气技术,2016(10):67-70.
- [3] 李长才,肖金球,张少华. 基于 nRF24L01 的无线多点温度监测报警系统设计[J]. 电子测量技术,2016,39(6):94-97.
- [4] 周克良,郭金妹. 基于 STM32 的电气火灾无线红外测温系统的设计与实现[J]. 自动化技术,2014,22(10):3108-3110.
- [5] 王欢,黄晨. 高精度无线环境温湿度测量系统设计研究[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(3):211-216.
- [6] 程志华,安琦. 基于嵌入式系统的乙炔气体监测系统的设计[J]. 仪表技术与传感器,2009(8):46-49.
- [7] 刘林,杨晨. 基于嵌入式的智能火灾检测报警系统的设计[J]. 电子设计工程,2014,8(22):184-186.
- [8] 杨风健,刘军. 基于 MLX90620 的多点动态温度监控系统设计[J]. 仪表技术与传感器,2015(12):75-78.
- [9] 唐海洋,刘梦珂. 便携式油井环境监测及气体检测系统设计[J]. 电子测量技术,2016,39(7):128-131.
- [10] 刘喜勋. 基于 CAN 总线和 STM32 甲烷浓度监测系统的设计[J]. 自动化与仪器仪表,2015(7):21-22.
- [11] 韩成浩,高晓红. CAN 总线技术及应用[J]. 制造业自动化,2010,32(2):146-149.
- [12] 单冰华,张凤登. 基于 CAN 总线的温湿度检测系统设计[J]. 电子测量技术,2016,39(5):123-126.
- [13] 王旭东,朱蕴璞. 基于 ARM 多处理器的 CAN 总线分布式控制系统设计[J]. 国外电子测量技术,2015,34(5):52-55.
- [14] 张河新,王晓辉,黄晓东. 基于 STM32 和 CAN 总线

智慧管廊防灾预警系统能够准确的监测环境参数信

的智能数据采集节点设计[J]. 化工自动化及仪表, 2012(1):78-80.

- [15] 郝勃,刘衍珩,曲良东. CAN 的网络分组合并策略及研究发现[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(9):2137-2143.

(上接第 122 页)

参考文献

- [1] 雷卫延,李源鸿,杨志健. 船舶自动气象站的关键技术解析[J]. 广东气象, 2013, 35(4):67-70.
- [2] 黄宏智,雷卫延,蔡耿华. 生物舒适度采集系统的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2016, 39(11):105-108.
- [3] 陈平平,杨雷,张志坚. 基于铂电阻的温度测量仪的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(3):1041-1044.
- [4] 尹泉,康慨,王庆义,等. 基于 AD7612 的高精度电压检测技术及实现[J]. 电子测量技术, 2010, 33(12):43-47.
- [5] 李树彪,韩敬伟. 基于多任务的智能测量仪器嵌入式软件设计[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(12):1-7.
- [6] 王春芳,陈永涛,李春来,等. 基于北斗卫星的预警信息发布技术研究及实现[J]. 应用气象学报, 2014,

作者简介

罗家木, 2005 年于西南科技大学获得学士学位, 现为中铁十七局贵安新区中心大道 1 标项目经理。

25(3):375-384.

- [7] 谷军霞,王春芳,宋之光. 北斗短报文通信信道性能测试与统计分析[J]. 气象科技, 2015, 43(3):458-463.
- [8] 周钦强,李源鸿,李建勇,等. 自动气象站探测网实时监控关键技术[J]. 气象科技, 2011, 39(4):477-482.
- [9] 倪健华,谈恩民,姚普粮. 基于 ATT7022E 与 STM32 多功能电力监测仪设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(5):48-51.
- [10] 王曙,向歆夷,林培群,等. 基于 FT2232H 的高速数据采集系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2013, 13(10):50-53.

作者简介

黄宏智, 1982 年出生, 工程师, 硕士研究生, 主要研究方向为气象装备研发及保障。
E-mail:645763188@qq.com