

Research on Data Acquisition Method of Sensor Array Based on Multiple DS18B20 *

DU Guangyue^{1*}, LIU Meili¹, ZHOU Meng², WANG Xiaohong¹,
WANG Yue¹, TIAN Fengshuo¹

(1.School of Rail Transportation, Shandong Jiaotong University, Jinan Shandong 250357, China;

2.State Grid Shandong Yuncheng Electric Power Supply Company, Yuncheng Shandong 274700, China)

Abstract: A distributed parallel data acquisition method based on multiple DS18B20 temperature sensor arrays is proposed, which solves poor synchronization problem of sensor array data acquisition for multi-point detection used in temperature gradients space on thermal physics, meanwhile improves the real-time detection and detection efficiency. The structure and working sequence of DS18B20 temperature sensor are analyzed in depth. Firstly, all temperature sensors in the array are ID matched, and then the temperature conversion is started, so that the longest process of the sensor can be synchronized as much as possible, shortening the time to get temperature data of the entire array. At the same time, the lengths of time taken for temperature acquisition of two methods through an array of 180 DS18B20 sensors are compared. The distributed parallel data acquisition method takes 3.6s, which is 82.2 s shorter than that of the traditional one-by-one temperature acquisition. The method proposed improves the synchronization of data acquisition of multiple DS18B20 temperature sensor arrays, which is of great significance to the study of temperature field and temperature gradient model in space.

Key words: DS18B20 temperature sensor; sensor array; temperature gradient; data acquisition

EEACC: 7210G

doi: 10.3969/j.issn.1005-9490.2023.01.003

基于多 DS18B20 传感器阵列的数据采集方法研究 *

杜光月^{1*}, 刘美丽¹, 周 蒙², 王晓红¹, 王 越¹, 田丰硕¹

(1.山东交通学院轨道交通学院, 山东 济南 250357; 2.国网山东郓城县供电公司, 山东 郓城 274700)

摘要:提出了一种基于多 DS18B20 温度传感器阵列的分布式并行数据采集方法,解决了热物理学中对空间内温度梯度多点检测用传感器阵列数据采集同步性较差的问题,提高了检测实时性与同步性。对 DS18B20 温度传感器的结构与工作时序进行了深入解析,首先将阵列内所有温度传感器进行 ID 匹配,然后启动温度转换,使传感器耗时最长的一段过程尽量保持同步进行,缩短了数据采集所耗时长。同时对 180 个传感器两种温度采集方式所耗时长进行了对比:采用分布式并行数据采集方法耗时 3.6 s,比传统逐个式温度采集缩短了 82.2 s。所提出的方法提高了多 DS18B20 温度传感器阵列数据采集的同步性,对空间内温度场、温度梯度模型的研究具有重要意义。

关键词: DS18B20 温度传感器; 传感器阵列; 温度梯度; 数据采集

中图分类号: TN43; TP212.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2023)01-0016-06

在现代生产生活中,温度是各类信号采集中应用最多、最广泛的一种物理参数,温度的高低体现了物体的冷热程度^[1]。日常生活中,对于温度的采集往往是只针对某个点进行的,如家用空调等。但在工业及科学研究中,有时会用到对空间内温度梯度的数据采集,这就需要采用多温度传感器阵列的形式,对整个空间内多点的温度进行同时采集^[2-3]。传统的多温度传感器阵列使用多个 PT100 安装到空间内对应坐标点上作为前端的温度采集器,通过比较长的电缆连接到变送器或者控制器上,在数据

传输过程中经常会受到复杂电磁环境的干扰,造成数据的错误或者误差较大^[4-6]。因此,在空间内检测点处将采集到的温度数据转换成数字形式,再进行远距离传输,对于提高采集数据的准确性与稳定性具有重要意义^[7]。

DS18B20 是一种单总线数字式传感器,具有高精度、小体积、低功耗等优点,被广泛地应用到需要温度采集的各个场合。在温度检测点,能将采集到的温度值直接转换成数字形式,以单总线的形式进行数据传输,提高了温度数据传输的稳定性。但应

项目来源: 山东交通学院博士基金项目 (BS201902063); 山东交通学院教学改革研究项目 (2019ZD05); 教育部产学研合作协同育人项目 (202002018029); 山东省本科教学改革研究项目面上项目 (M2021030)

收稿日期: 2022-04-20

修改日期: 2022-07-23

用到多温度传感器阵列中,想要同时采集多点的温度时,却往往会造成温度数据采集同步性较差的问题。即传感器的数量越多,控制器实现对多个 DS18B20 数据遍历造成的时差越大^[8-10]。针对温度采集的同步性较差问题,本文提出了一种基于多 DS18B20 传感器阵列分布式并行温度采集方法,将控制器对传感器阵列数据遍历方式进行了改进。实验数据表明,对 180 个 DS18B20 传感器逐个数据采集时间由原来的 85.8s 缩短到 4s 以内,大大提高了传感器阵列内各个温度传感器数据采集的同步性。

1 DS18B20 结构及数据采集

1.1 传感器结构

DS18B20 传感器温度测量范围为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$,可通过编程实现 9~12 位 A/D 转换,最小测温分辨率可达到 $0.0625\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[11]。该传感器有 3 个有效管脚,即电源引脚 VDD(5 V),接地引脚 GND 及数据输入/输出引脚 DQ。其内部结构主要由 64 位光刻 ROM、温度传感器、配置寄存器、寄生电源、高速暂存器等组成,如图 1 所示。各部分协调工作,完成对于温度数据的采集、转换、存储及传输等功能。

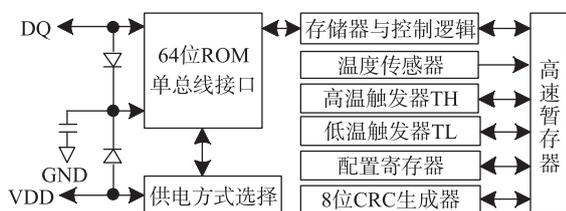


图 1 DS18B20 内部结构

光刻 ROM 中存有全球唯一 64 位的 ID 号,即使在多点测温传感器阵列中,也能区分出不同点的温度值。内部的温度传感器实现对于检测点温度测量,根据设定将温度值进行对应位(9 位~12 位)的 A/D 转换,将温度值转换成数字的形式,如表 1 所示。

表 1 DS18B20 温度传感器数值对应表^[12]

温度/ $^{\circ}\text{C}$	二进制表示		十六进制
	符号位	数据位(11 位)	
+125	0 0 0 0	11111010000	07D0H
+25.062 5	0 0 0 0	00110010001	0191H
+10.125	0 0 0 0	00010100010	00A2H
+0.5	0 0 0 0	0000001000	0008H
0	0 0 0 0	0	0000H
-0.5	1 1 1 1	11111111000	FFF8H
-10.125	1 1 1 1	11101011110	FF5EH
-25.625	1 1 1 1	11001101111	FE6FH
-55	1 1 1 1	10010010000	FC90H

配置寄存器(内部有 R0, R1 位)可编程实现分辨率的设定,如表 2 所示。

表 2 R1, R2 位设定分辨率和最大转换时间^[12]

R1	R2	分辨率位数/bit	最大转换时间/ms
0	0	9	93.75
0	1	10	187.5
1	0	11	375
1	1	12	750

在 DS18B20 温度传感器的实际应用中,首先要设定传感器温度转换的位数,从而确定温度转换的分辨率。分辨率越小,相对数据就越精准,但转换过程需要的时间就越长。表 1 所示为 12 位转换时的实际温度值与转换数据的对应关系。首先观察采集的二进制数据的高 5 位,如果为 0,则对读取的后 11 位数进行十进制转换,然后与分辨率 0.062 5 相乘,即得到实际的温度值;如果为 1,则将数据取反后加 1,再进行十进制转换,然后与分辨率 0.062 5 相乘,即可获得温度值,此时为负值,即零下温度^[13]。两种计算所得实际温度值的单位均为 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 工作时序

DS18B20 温度传感器采用的是单总线数据传输方式,由总线控制器发出时序信号承载数据传输,实现控制器对传感器的指令输入及传感器对控制器温度数据的输出。DS18B20 传感器在进行温度采集时,通常要经过复位、工作模式设定、接收控制器温度转换指令、开始转换并等待转换完成、发送温度数据等几个环节^[14]。由于在这些环节中需要不断进行指令与温度数据传输,因此总线上时序问题是数据交换的关键。传感器初始化操作、指令写入及数据读出时序如图 2 所示。

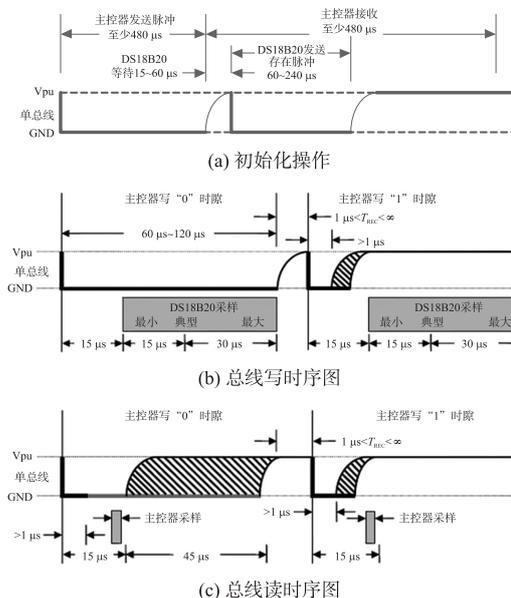


图 2 DS18B20 传感器时序图^[15]

由图 2 的三个时序图可知,在指令与温度数据传输过程中,总线电平变化是微秒级的,速度相对较快。在启动温度转换后,等待温度传感器采集过程相对比较漫长,可见 DS18B20 温度传感器在进行温度采集及 A/D 转换中所耗时间在整个过程中占据较大比例。

1.3 单总线多并连接线方式

DS18B20 温度传感器在指令及温度数据传输过程中,采用的是单总线形式,因此在其接线方式中,通常是将控制的 IO 口(5V)与传感器的 DQ 端口直接相连,并且上拉阻值 4.7K 的电阻,以增强其驱动能力,如图 3 所示。每个传感器具有全球唯一的 ID 号,可以在控制器的每个 IO 口上同时挂载多个传感器,根据不同的 ID 号区分传感器。本文曾以 STC15F2K60S2 芯片做过实验研究,线长 20 cm 内每个 IO 挂载 6 个 DS18B20 温度传感器仍然可以正常的进行指令与数据的传输,再增加数量后,则会导致数据传输效率降低及稳定性变差。2021 年,赵卫东^[16]对多 DS18B20 测温电路的单总线延长技术进行了研究,取得了一定成果,解决了单总线多并联温度传感器进行指令与温度数据远距离传输问题。

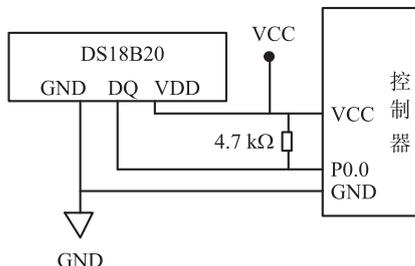


图 3 DS18B20 温度传感器与控制器连接图

2 多传感器阵列数据采集

在热物理学中,热的扩散通常是通过空间内坐标点的温度趋势来衡量的,因此空间内温度传感器分布的密度越大,对于热流的流向检测越精准。在实际应用中,通常应用多传感器阵列的形式测量建筑物室内或者某些空间中多个相对坐标点的温度,用以研究温度场的分布或者热扩散规律。

2.1 传感器的布置

热物理学中对于空间内温度场、温度梯度的研究,通常需要检测空间坐标点的温度值。空间内按照一定规律布置温度传感器,形成多温度传感器阵列。

DS18B20 温度传感器体积较小,能够尽可能地精确到空间内的某个点,便于传感器阵列的布置。控制器的 IO 口可以挂载多个该类型传感器,在阵列布置时其行、列、纵方向应当按照一定的规律与控制

器 IO 口进行对接,以便控制器对温度数据读取时进行编组存储。

2.2 单总线多并联数据交换

对于 DS18B20 温度传感器单总线多并联的这种特点,控制器的每个 IO 口可以挂载多个检测传感器,在进行温度采集的过程中,控制器首先需要对总线上的某个传感器进行匹配,然后再发送各种指令。控制器对某个 IO 口挂载多 DS18B20 温度传感器,采集操作流程如图 4 所示。

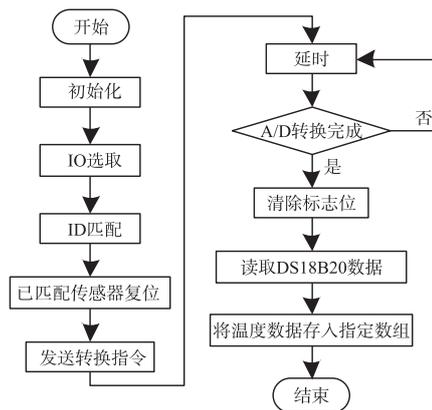


图 4 控制器操作 DS18B20 温度传感器流程

由图 4 可以看出,控制器在对其某个 IO 口连接多传感器单个进行温度采集时,首先要发送初始化操作指令;然后发送传感器工作模式设定指令,将传感器的工作模式予以设定;发送温度转换指令、延时;等待传感器温度采集、转换完成后再发送读取指令,这样就可以将转换完的温度数据通过单总线的形式读取到控制器了。

2.3 温度采集的实时性研究

通过对 DS18B20 温度传感器结构分析及温度采集过程可知,从控制器对其发送指令到数据读出,单个传感器所耗时长最大约为 750 ms。若要同步测量空间内的 180 个点,在进行温度转换与数据读取时,从 1#传感器开始执行程序,直至 180#传感器,所耗时间较多,无法满足对于温度场内温度梯度研究的要求。

针对上述温度采集的同步性较差的问题,本文提出了一种基于多 DS18B20 传感器阵列的数据采集方法,采用分布式并行温度采集方式,大大缩短了整个传感器阵列温度采集的时间,数据采集流程如图 5 所示。

在某一时刻,控制器对多 DS18B20 温度传感器阵列进行温度数据采集,首先对连接传感器的所有 IO 口进行数据操作,对每个 IO 口上的传感器进行 ID 匹配,每匹配成功一个便发送开始温度转换指

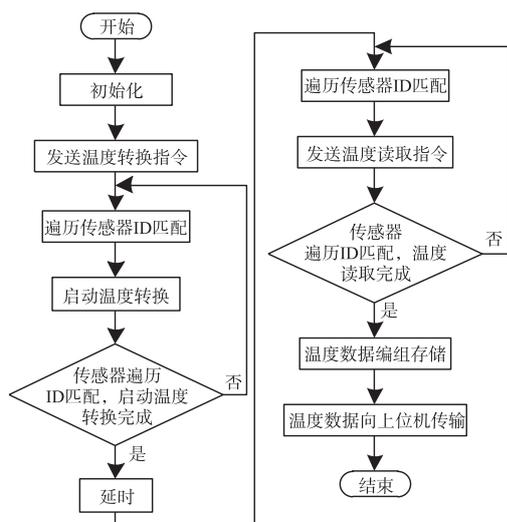


图 5 分布式并行温度采集程序流程图

令,待该 IO 口的所有传感器匹配完成后,再进行下一个 IO 口连接的所有传感器的 ID 匹配、启动温度转换。直到所有 IO 口及传感器遍历完成,此时相当于将传感器阵列内所有 DS18B20 几乎同时启动了温度采集及数据转换,在最大程度上保证了所有传感器温度转换的同步性。

在启动温度转换后,控制器程序上稍加延时,等待所有传感器温度采集完成。控制器再对每个 IO 口及其所连接的 DS18B20 温度传感器进行遍历,发送数据读取指令,直到将所有的传感器数据读取完成。同时控制器将所读取的数据按一定规则进行编组与存储,并根据需求将数据打包发送给上位机。

基于 DS18B20 多传感器阵列的并行式温度采集方式,减小了多温度传感器阵列数据采集的时间,极大地提高了数据采集的同步性。

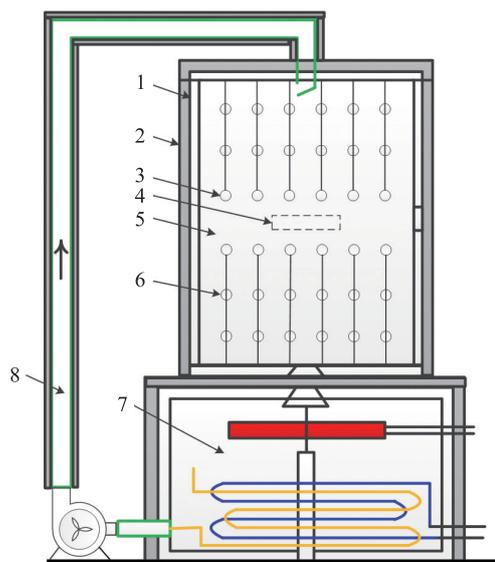
3 实验测试及数据分析

本文以木质地采暖地板蓄热效能检测仪的核心检测腔装置为例,进行了多 DS18B20 温度传感器阵列数据采集测试。检测腔为圆柱体结构,主要功能是检测腔体内木质地采暖地板试件的放热情况^[13],如图 6 所示。

由图 6 可见,检测腔体内设置有多 DS18B20 温度传感器阵列,用于检测木质地采暖地板放热过程中腔体内的温度梯度。在传感器阵列中,总共布置有 180 个 DS18B20 温度传感器,这些传感器由一个 STC15F2K60S2 芯片进行数据的采集、汇总及向上位机传输。

3.1 温度传感器的校正

实验测试所选 DS18B20 温度传感器测温范围为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$,传感器精度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对精度较



1.检测腔侧壁;2.保温层;3.传感器阵列 A;4.试件预置位;5.检测腔;6.传感器阵列 B;7.冷热源腔;8.循环风道。

图 6 蓄热效能检测仪检测机构结构图

差,因此在进行实验测试时选用 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度段内线性度较好的。对市购传感器进行筛选,对所选出的线性度较好的传感器进行标定,并确定补偿数值,与传感器 ID 号进行对应,一同写入控制器程序中。

3.2 传感器阵列同步性测试

在测试传感器阵列同步性过程中,分两种方式进行,传统逐个数据采集方式和本文提出的分布式并行方式。

①传统逐个采集方式

首先进行逐个传感器数据的采集,即控制器对每个 IO 所挂接的 DS18B20 温度传感器进行 ID 匹配,匹配成功的传感器先后进行复位、模式设置、接收温度转换指令、启动温度转换、温度采集、A/D 转换、延时、数据存储、数据发送等过程,完成一个 DS18B20 温度传感器的数据采集;然后进行本 IO 口的第二个传感器的 ID 匹配,继续重复上述过程;再进行第三个传感器的 ID 匹配,这样就完成一个 IO 口连接的 3 个 DS18B20 温度传感器数据采集。完成该口以后,再进行其他 IO 口的数据采集。

综合分析数据采集过程及表 2 中 12 位分辨率条件可知,常规的采集方法是遍历所有传感器进行采集,即主要耗时为发送复位指令(1 ms),发送 ID 匹配(3 ms),模式设置(5 ms),温度转换指令(1 ms),传感器温度转换(750 ms),温度数据读取(5 ms),因此每个传感器温度采集所耗最大总时长为 765 ms,相对时间较长。

②分布式并行采集方式

本文提出的分布式并行采集方式,即采用的是

图 5 的工作流程,控制器首先对 DS18B20 温度传感器进行 ID 匹配,然后发送启动温度转换指令,暂时先不进行数据的读取,直至完成所有传感器的遍历。将 DS18B20 温度传感器整个工作过程中耗时最长的那一段过程保持同步进行,目的是最大程度地保持所有传感器温度采集的同步性。根据传感器数量的多少,稍作延时,待所有传感器温度采集及 A/D 数据转换的完成。然后,控制器再对所有的温度传感器进行遍历,分别发送数据读取指令,将读到的数据按照一定的规则进行编组存储。

根据整个系统的结构设计,按照一定的通信规约进行编组数据的上传,由上位机复原空间内各个点的温度数据,进而完成系统的温度场建模、温度梯度的研究等工作。

论文所述木质地采暖地板蓄热效能检测仪科研仪器检测腔体内共有 180 个 DS18B20 温度传感器按阵列形式布置,按两种方式进行传感器阵列内温度采集,实验结果数据如表 3 所示。

表 3 两种数据采集方式的耗时比较

数据采集方式	传感器数量	理论最大耗时/s	实际耗时(10次平均)/s
传统逐个采集	180	137.7	85.8
分布式并行采集	180	—	3.6

表 3 展示了两种方式下对 180 个多 DS18B20 温度传感器阵列数据采集所耗时长。对于传统逐个采集方式而言,其理论最大耗时较长,而实际耗时较短,其原因是中间某些环节(如模式设定)在传感器第一次使用时已经设定过了,不需要每次重新设置。再者是表 2 中给出的是最大时长,每次转换不一定会消耗最长时间。在采用分布式并行采集方式下,多次实验平均时间为 3.6 s,与传统逐个采集方式相比,缩短了 82.2 s,极大地提高了多传感器阵列温度采集的同步性,使温度场内温度梯度模型更加精准。

4 温度数据采集及温度场的建立

在进行实验时,上位机向控制器发送指令,控制器启动传感器阵列进行数据采集,并将采集的数据打包后上传给上位机。上位机接收到控制器发送的数据后进行判别、解包、分析与处理。

在检测腔内,温度的变化相对较慢。在采用分布式并行采集方式下,控制器在对传感器阵列中同一位置点采集的温度值,一般会采用多次采集后取平均值的方式对采集的数据进行修正。即将先后采集的 5 次数据进行差值比较,若其中某位数据的差值超过 σ (σ 为人为设定的数值,根据温度变化的快慢而定,一

般设定为 0.6 °C),认为该数据存在误码,则剔除该组数据后的其余 4 组数据求均值。这样既能保障采集到的温度值的稳定性,又能实现数据的准确性。

实验时,对国内地板市场常见的水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)材质的地板进行检测,同时设定初始条件(检测腔初始温度为 20 °C,试件初始检测温度为 65 °C)和边界条件(60 s 内单点温度变化小于 0.3 °C)。在进行温度场的建立时,上位机将采集到的数据利用 MATLAB 进行处理,呈现出热流走向,如图 7 所示。

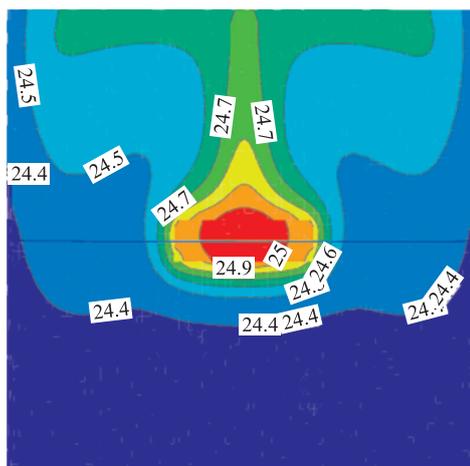


图 7 检测腔内水曲柳材质地板热流走向剖面图

经多次测试,分布式传感器阵列在并行采集方式下,时间较短,每次整体数据采集耗时 3.6 s,精度可达到 0.2 °C。测试结果表明,设备的可重复性较好,不同外部工况条件下仍保持检测精度,且同样适用均质材料的检测,检测时间小于 60 min。

5 结论

本文提出了一种基于 DS18B20 多传感器阵列的分布式并行温度数据采集方法,相对于传统逐个采集方法而言,将 180 个温度传感器数据采集时长由原来的 85.8 s 缩短到现在的 3.6 s,极大地提高了多传感器阵列温度数据采集的同步性。对于热物理学中空间内温度点的检测,及温度场、温度梯度的研究具有重要的意义。

同时,该温度传感器具有体积小、低功耗、单总线,可远距离进行数据传输等优点,可适用于大空间内的多点测温。但该温度传感器相对精度较差,对于温度精度要求较高的场合需要进行温度数据矫正,相对耗时耗力。

参考文献:

- [1] 仲文洲. 形式与能量环境调控的建筑学模型研究[D]. 南京:东南大学,2021.

- [2] 朱科,杜光月,郑焕琪,等. 实木复合地采暖地板运行工况下的甲醛和 VOC 释放浓度[J]. 林业科学,2018,54(11):73-78.
- [3] 刘存根,周世玉,葛浙东,等. 地采暖地板蓄热性能模型构建与验证[J]. 林业科学,2018,54(10):125-131.
- [4] 陈路,蒋书波,刘方远. 可编程两线制阻容式露点变送器的设计[J]. 电子器件,2019,42(3):756-760.
- [5] 甄国涌,王晓丽,李辉景. 提高多通道数据采集系统采集精度的新方法[J]. 电子器件,2017,40(6):1478-1482.
- [6] 施鸿强,崔建,马鸿宇,等. Pt100 热电阻的测温实验改进[J]. 宁波工程学院学报,2021,33(3):33-37.
- [7] 王显峰,倪健. 综合舒适性测试室温度检测系统[J]. 自动化技术与应用,2015,34(2):105-108.
- [8] 李想. 温度传感器 DS18B20 在温室大棚中的实现[J]. 南方农机,2020,51(16):182-183.
- [9] 王涛,吴素浓. 基于 DS18B20 的电缆设备电气接点温度预警系统设计[J]. 西安工程大学学报,2021,35(6):69-75.
- [10] 张秋艳,高平安. 基于 MSP430 的太阳能电池数据采集器设计[J]. 国外电子测量技术,2019,38(8):145-149.
- [11] Zhao X F, Li W J, Zhou L, et al. Active Thermometry Based DS18B20 Temperature Sensor Network for Offshore Pipeline Scour Monitoring Using K-Means Clustering Algorithm[J]. International Journal of Distributed Sensor Networks,2013,9(6):852090.
- [12] Deltas Semiconductor. DS18B20 Datasheet [EB/OL]. Deltas, TX, USA: Deltas Semiconductor. (2019-02-15).
- [13] 杜光月. 木质地采暖地板蓄热效能检测方法研究[D]. 济南:山东建筑大学,2019.
- [14] 张仲明,郭东伟. 基于 DS18B20 温度传感器的温度测量系统设计[J]. 实验技术与管理,2018,35(5):76-79,88.
- [15] 廖琪梅,韩彬. 基于单总线器件 DS18B20 的温度测量仪[J]. 国外电子元器件,2008,(2):24-26.
- [16] 赵卫东,王继红. 多 DS18B20 测温电路中的单总线延长技术研究[J]. 衡水学院学报,2022,24(1):14-17,55.



杜光月(1984—),男,讲师,博士,主要研究方向为检测技术与自动化装置、智能技术,215050@sdjtu.edu.cn;



刘美丽(1979—),女,副教授,硕士,主要研究方向为电子信息技术,459012331@qq.com。