

常国权,冯 贺,李亚兵. 棉花叶面温度采集系统的设计与测试[J]. 江苏农业科学,2018,46(2):162-166.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.043

# 棉花叶面温度采集系统的设计与测试

常国权<sup>1</sup>, 冯 贺<sup>1</sup>, 李亚兵<sup>2</sup>

(1. 安阳工学院计算机科学与信息工程学院,河南安阳 455000; 2. 中国农业科学院棉花研究所,河南安阳 455000)

**摘要:**为分析棉花叶面温度对棉花生长的影响,提高棉花产量,采用 STC15F2K32S2 单片机设计一种能通过串行数字接口(serial digital interface at 1200 baud,简称 SDI-12)总线采集棉花叶面温度的数据采集系统,详细论述硬件和软件的研制过程,并使用 Apogee 公司生产的红外线温度传感器 SI-411 进行数据的采集和测试。经过在中国农业科学院棉花研究所的实际使用表明,该系统采集准确度可达 99.8%,同时可以在其他农作物、水文和气象环境温度监测等领域中应用。

**关键词:**DI-12 协议;STC15F2K32S2 单片机;CH340G;W25Q64

**中图分类号:**TP274+.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)02-0162-04

棉花是我国重要的经济作物之一,在纺织、国防、医药、汽车工业等领域具有重要的作用,对棉花进行科学、智能化生长环境监测是提高棉花产量最重要的环节之一。为研究棉花叶面温度对棉花生长及其产量的影响,进而采取有效的控制措施,需要实时对棉花叶面温度进行采集,并将温度和采集时间进行存储,农业参数采集所用的传感器大多采用串行数字接口(serial digital interface at 1200 baud,简称 SDI-12)总线接口,SDI-12 是一种基于微处理器的传感器接口标准,是由美国水文组织提出的一种串行数据通信接口协议<sup>[1]</sup>,为单线总线技术,由于 SDI-12 具有接口简单、功耗低、可组网、传输距离远、各节点独立性强等特点,该技术在农业多参数测控、水文和气象环境监测等领域中的应用越来越广泛。本研究设计一种能通过 SDI-12 总线进行棉花叶面温度的数据采集、存储系统,并采用 Apogee 公司生产的符合 SDI-12 协议的高精度、非接触红外线温度传感器 SI-411 进行数据试验和测试,该系统可以连接符合 SDI-12 协议的传感器,对参数进行采集、存储,并可以存储采集的时间、地点编号等信息,同时开发上位机软件以方便进行数据的处理和对系统的管理。

## 1 系统总体设计

本系统主要由下位机采集系统、上位机管理软件等 2 部分组成,核心是下位机采集系统的设计与实现。下位机采集系统由 STC15F2K32S2 单片机、Flash 存储器 W25Q64、128 × 64 点阵液晶模块、SDI-12 接口、USB 转串口接口、4 × 5 键盘、DS1302 时钟及备用电池等模块组成。下位机采集系统使用 USB 线供电或者和 PC 通信,系统采用脱机工作方式,通过 USB 接口和 PC 进行数据传输;Flash 存储器 W25Q64 用来存储采集的温度数据和采集时间、地点编号等信息;128 × 64 液

晶模块用来显示温度、时间及其他提示信息;4 × 5 键盘主要用来对系统进行设置和控制,如设置时间、启动采集等;DS1302 时钟模块主要为系统提供一个时间基准,并在采集温度的同时存储采集时间,系统断电时由备用电池给时钟模块供电以维持系统时间;SDI-12 接口的数据线使用的是单片机的 P3.2 引脚,该引脚具有中断功能<sup>[2]</sup>,当 P3.2 引脚产生中断时,在中断服务子程序中检测 SDI-12 起始信号并进行数据的接收和处理;蜂鸣器在用户操作时可以发出声音提示,也可以通过软件设置关闭声音提示。系统的总体结构如图 1 所示。

## 2 系统硬件设计

### 2.1 SDI-12 接口电路设计

SDI-12 传感器和单片机的接口电路是系统的核心。如前文所述,SDI-12 为单线总线接口,SDI-12 传感器只需要连接电源、地和数据线(data line)即可。本研究所采用的 SDI-12 协议传感器是美国 Apogee 公司生产的高精度、非接触红外线温度传感器 SI-411,它具有功耗低、精度高、非接触、工作电压范围(4.5 ~ 24 V)宽等优点,在植物、土壤、水流表面温度测量方面的应用较多<sup>[3]</sup>。由于 SI-411 传感器的工作电压范围较宽,因此可直接用 5 V 电压给其供电,STC15F2K32S2 单片机的 P3.2 引脚通过 R5、C5、DZ1、R9 等组成的保护电路与 SDI-12 传感器接口相连,STC15F2K32S2 单片机的 P3.2 引脚支持上升沿和下降沿中断<sup>[4]</sup>,这给程序检测 SDI-12 总线上的数据带来了较大方便,当发送 SDI-12 协议命令时,P3.2 引脚模拟 SDI-12 协议命令时序,对 SDI-12 传感器返回的数据在单片机外部中断服务子程序中进行处理;RESET 按键可以使单片机复位,这给程序的调试和下载带来方便。SDI-12 和单片机接口电路设计如图 2 所示。

### 2.2 系统其他接口电路设计

为辅助采集系统更好地工作,增加 W25Q64 存储器、USB 转串口 CH340G、128 × 64 液晶模块、4 × 5 键盘、蜂鸣器、DS1302 时钟及备用电池等模块。其中,W25Q64 存储器是 WINBOND 公司生产的 64 Mb 串行存储器<sup>[5]</sup>,该存储器工作电压为 3.3 V,需要用 REG-1117 稳压芯片提供 3.3 V 电压,

收稿日期:2017-04-25

基金项目:国家自然科学基金(编号:31371561);河南省高等学校重点科研资助项目(编号:16A520034)。

作者简介:常国权(1973—),男,河南濮阳人,硕士,副教授,主要从事嵌入式技术应用与开发方面的研究。E-mail:changguoquan@126.com。

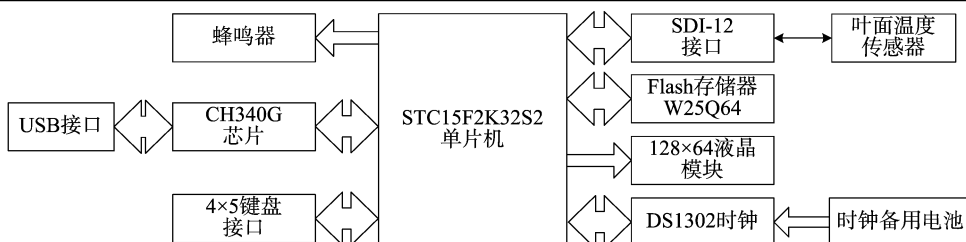


图1 系统的总体结构示意图

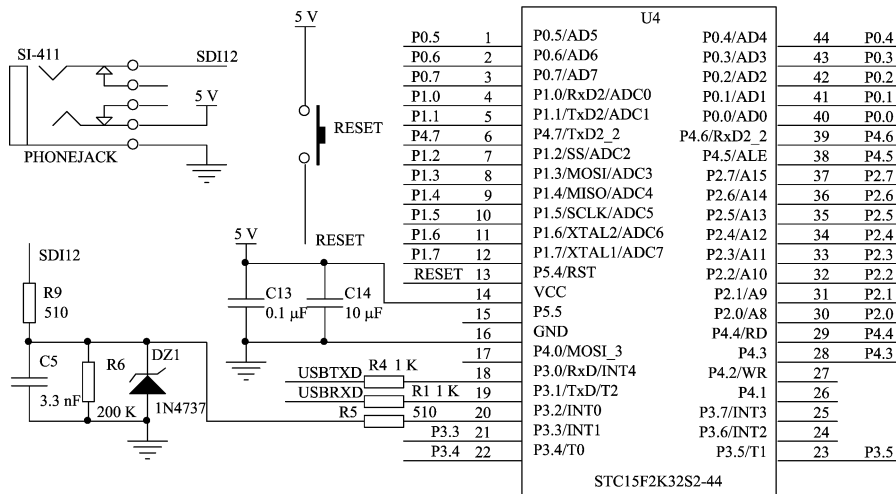


图2 SDI-12 和单片机接口电路设计

该芯片和 STC 单片机采用模拟串行外设接口 (serial peripheral interface, 简称 SPI) 时序通信方式进行通信, 因此, 将 STC 单片机的普通 IO 口 P2.3 ~ P2.6 直接和该芯片连接即可, 但 STC 单片机的 P2.3 ~ P2.6 接口需要配置为准双向口模式。

CH340G 是沁恒股份有限公司生产的 USB 转串口芯片, 该芯片可以把 STC 单片机的晶体管-晶体管逻辑 (transistor -

transistor logic, 简称 TTL) 串口信号转换为 USB 信号, 并在 PC 上虚拟出 1 个串口, 通过该 USB 转接芯片可以实现系统供电、程序下载、串口通信等功能<sup>[6]</sup>。128 × 64 液晶模块采用 SPI 接口, 因此 STC 单片机只需要 5 个普通 IO 口和该模块连接即可<sup>[7]</sup>。限于篇幅, 其他模块的接口设计不再一一叙述。系统其他接口电路设计原理如图 3 所示<sup>[8]</sup>。

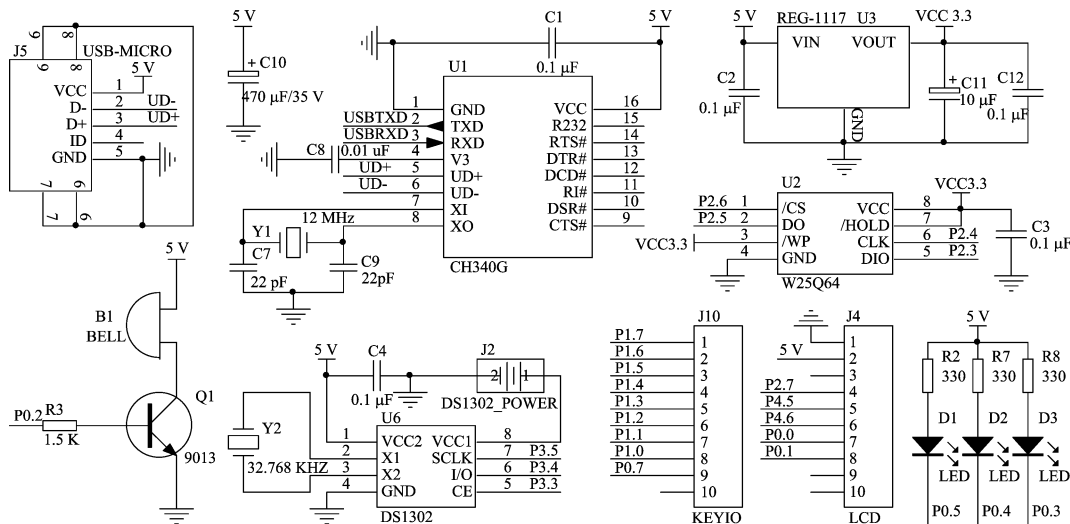


图3 系统其他接口电路设计原理

### 3 系统软件设计

系统软件设计主要包括下位机软件设计、上位机管理软件设计, 其中下位机软件设计是系统设计的核心。下位机软件程序在 Keil 开发环境下采用 C 语言编写, 上位机管理软件程序采用 VC++6.0 编写。

SDI-12 总线技术属于单线总线技术, 即在 1 根数据线上进行双向半双工数据交换, 数据线是三态的, 使用负逻辑<sup>[9]</sup>。协议规定总线通信的波特率为 1 200 bps, SDI-12 帧格式为 1 位起始位, 7 位数据位, 1 位奇偶校验位 (偶校验) 和 1 位停止位, 数据最低位先发送, 其中起始位为高电平, 停止位为低电平<sup>[10]</sup>。与其他通信协议标准不同, SDI-12 既约定

接口的电气规范,又约定通信的内容。所有在 SDI-12 总线上发送的字符必须是可打印的 ASC II 字符,SDI-12 数据记录器和传感器在数据线上通过 ASC II 码进行通信。

SDI-12 传感器不工作时即进入低功耗模式,数据记录器需要通过数据线发送 break 信号唤醒传感器,1 个 break 信号时间至少为 12 ms 的连续高电平,传感器从低功耗模式中

被唤醒后,数据记录器需要再发送 1 个至少为 8.33 ms 的连续低电平 marking 信号,然后才能发送包含地址码的命令。传感器匹配地址正确并接收到正确的命令后,拉低信号线 8.33 ms 并返回数据。如果地址无效或空闲时间超过 100 ms,传感器将返回到低功耗待机状态<sup>[11]</sup>。SDI-12 命令和响应时序如图 4 所示。

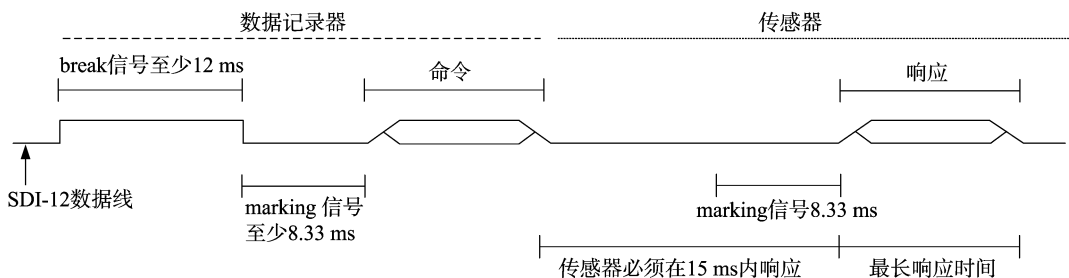


图4 SDI-12 命令和响应时序

如前文所述,SDI-12 总线上发送的命令字符均为 ASC II 字符,命令由若干个字符组成,第 1 个字符通常为传感器的地址,最后 1 个字符均为“!”,表示命令结束。而传感器返回的数据最后 2 个字节总为 0x0D、0x0A,即回车和换行。在数据记录器发送命令之前,首先将 STC 单片机的 P3.2 引脚配置为准双向口模式,此时单片机控制 SDI-12 总线,由图 4 可知,单片机先拉高总线至少 12 ms,再拉低总线至少 8.33 ms,

之后就发送 SDI-12 命令字符。由于 SDI-12 协议规定的波特率为 1 200 bps,故发送每 1 位占用的时间为  $(1 \div 1200) \text{ s}$ ,约为 833  $\mu\text{s}$ ,若单片机给传感器发送字符“1”,即二进制数 00110001,则单片机控制 P3.2 引脚产生的时序如图 5 所示。注意,SDI-12 的时序为负逻辑,最低有效位先发送,EP(even parity)为偶校验位。STC 单片机控制 P3.2 引脚发送 1 个命令字符的流程如图 6 所示。

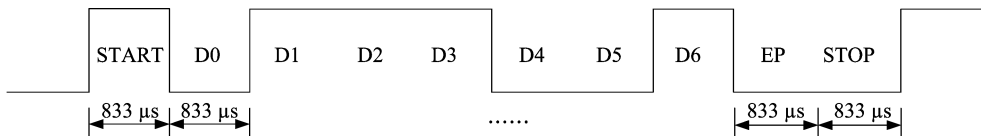


图5 单片机发送字符“1”时产生的时序

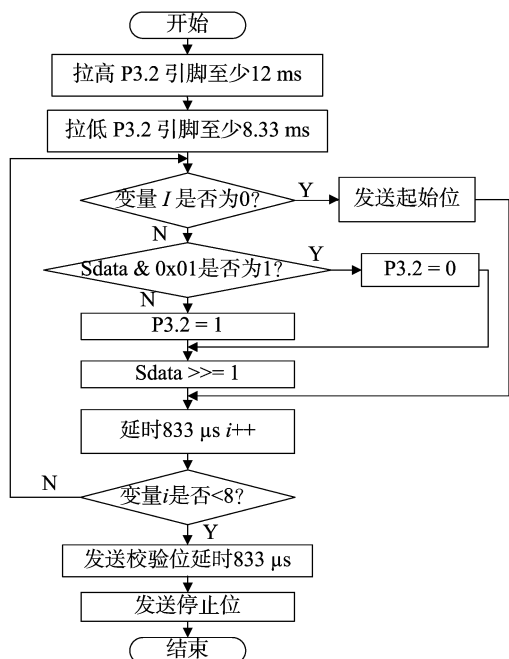


图6 发送 1 个命令字符流程

当单片机接收传感器返回的数据时,采用的是中断方式。首先配置 P3.2 引脚为上升沿和下降沿均可触发中断,若在中断服务子程序中检测到的 P3.2 为高电平时,说明接收到了起始位(START),为保证单片机在总线上采样时总线处于稳定

状态,在中断检测到的每个起始位后,在 833  $\mu\text{s}$  延时的基础上再增加一定的延时时间(200 ~ 350  $\mu\text{s}$ ),这样就能保证在检测后面的数据位时,833  $\mu\text{s}$  的延时一定能处在数据稳定的状态。1 个循环接收 8 个数据位(包括校验位),1 个字节接收完成之后需要对该位取反并去掉校验位,当接收到 0x0D、0x0A 等 2 个字节后,表明传感器返回的数据结束,置接收完成标志为 1,并在主程序中对数据进行存储、显示等处理。STC 单片机控制 P3.2 引脚接收 1 个数据字符的流程如图 7 所示。

PC 管理软件是使用 VC++6.0 开发的,使用了串口类编程技术<sup>[12]</sup>。PC 管理软件的主要作用是把采集器存储的数据转换成一定格式并导出到 Excel 中,以方便对数据进行分析 and 处理。PC 管理软件主要通过串口和采集器进行通信,采用 API 编程,上位机首先发送提取记录命令,下位机收到命令后,1 次读取 16 条记录(每条记录包括采集时间、测试目标温度、表体温度和采集位置编号),再按照一定的协议进行封装后发给上位机,然后等待上位机返回的握手命令,上位机对接收到的数据校验无误后进行转换处理并显示在列表框中,再次发送握手命令给下位机,下位机接收到命令后重复以上步骤,直到存储的数据提取完毕。上位机管理软件的界面如图 8 所示。

#### 4 系统测试

为验证采集系统的稳定性和可靠性,使用 SI-411 温度传感器、逻辑分析仪配合上位机管理软件对系统进行测试和

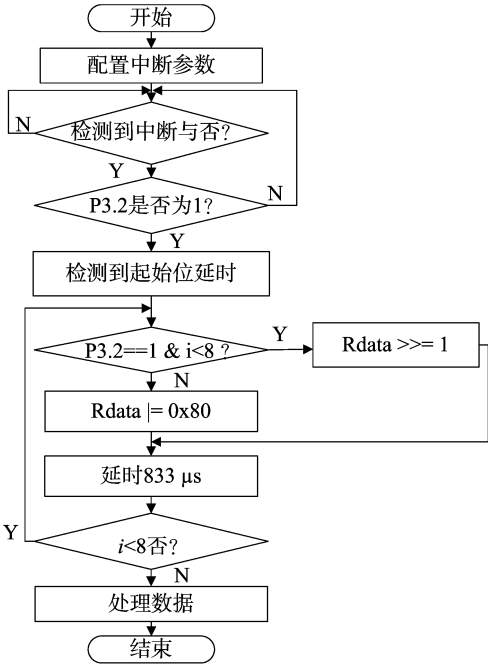


图7 接收 1 个数据字符流程

验证。采集系统发送“? R3!”指令给 SI - 411 时,逻辑分析仪捕捉到的波形如图 9 所示,可以看出,break 信号约为

12.494 ms,marking 信号约为 9.162 ms,起始位及数据位宽度约为 0.835 ms,符合协议要求。SI - 411 传感器返回的部分数据波形如图 10 所示,起始位及数据位宽度约为 0.849 ms,图中标注①的宽度约为 4.28 ms,共包含 5 个 1,其中第 1 个为起始位;标注②的宽度约为 1.7 ms,包含 2 个 0;标注③的宽度约为 1.7 ms,包含 2 个 1;标注④的宽度约为 0.849 ms,包含 1 个 0,该位为停止位,去掉起始位和停止位,剩余的数据位为 11110011,去掉最后 1 个校验位 1,并取反后得到 00001110,根据低位在前原则,该数的十进制为 48,即为字符“0”的 ASC II 码,按照同样的分析方法,可以得到 SI - 411 传感器返回的数据为 0 + 29.88385 + 27.56718,其中“0”为传感器地址,“+”后面依次为采集的目标温度和外壳温度。液晶显示采集到的温度如图 11 所示。

5 结论

以 STC15F2K32S2 单片机为核心,并扩展 SDI - 12 传感器接口、W25Q64 存储器模块、128 × 64 液晶模块、USB 转串口接口、4 × 5 键盘、DS1302 时钟等外围模块设计的棉花叶面温度采集系统可以对棉花叶面温度和时间进行采集并存储,支持手动采集、定时自动采集、数据导出等功能,同时该系统又具有一定的通用性,可以用在其他农作物、水文和气象环境温度监测等领域中。经过多次测试、改进后,已在中国农业科学



图8 上位机管理软件界面

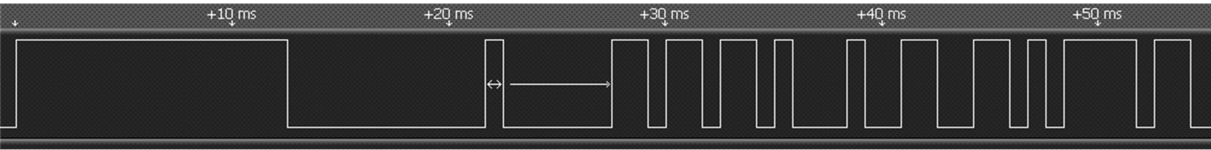


图9 发送“?R3!”时总线上的波形



图10 传感器返回的部分数据波形

张启宇, 李兴佐, 刘 峰, 等. 海参育苗水质预测预警系统的研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(2): 166–169.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.044

# 海参育苗水质预测预警系统的研究

张启宇<sup>1</sup>, 李兴佐<sup>1</sup>, 刘 峰<sup>1</sup>, 陈英义<sup>2</sup>, 吕冬伟<sup>1</sup>, 李永芹<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学烟台研究院, 山东烟台 2647670; 2. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 海参作为滋补保健品深受人们喜爱, 其养殖业成为我国水产养殖的重要产业之一。养殖业的发展离不开健康的苗种, 而海参苗种的生长发育受到水质环境的影响。为了海参育苗的健康养殖, 拟采用支持向量机的方法建立溶解氧含量等关键水质因子的预测模型。该模型具有较好的预测性能, 能够满足海参育苗养殖水质在线预测的实际需求, 为水质预警控制提供数据支持, 在此基础上, 建立了水质预警模型。该系统取得了较好效果, 可以满足海参育苗水质监控预测和水质预警的需求, 从而促进海参育苗的生态养殖和健康养殖。

**关键词:** 海参; 刺参; 水质预测; 支持向量机; 水质预警; 健康养殖

**中图分类号:** TP277 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0166-04

海参肉质酥脆、滑润, 高蛋白质, 低脂肪, 营养丰富, 味道鲜美, 是“海味八珍”之一的佳肴和滋补保健品, 素有“滋补靠海参、抢救靠人参”的说法<sup>[1]</sup>。海参种类较多, 其中刺参的营养价值和经济价值最高<sup>[2]</sup>。山东和辽宁两省大力发展刺参养殖业, 短短几年内已成为我国北方沿海水产养殖的重要新

兴产业之一, 取得了巨大的经济效益和社会效益<sup>[3]</sup>。2014 年, 我国养殖海参产量 200 969 t, 比 2013 年增长 3.75%, 海参养殖面积 214 180 hm<sup>2</sup>, 比 2013 年降低 0.36%, 培育海参苗种 745.55 亿头, 比 2013 年增长 1.05%<sup>[4]</sup>。海参苗种质量的优劣, 决定海参的生长速度和产量的高低, 影响海参的经济效益。因此, 要提高海参的产量和质量, 参苗的培育显得非常重要<sup>[5]</sup>。海参育苗需要一个特定适宜的环境, 以刺参为例, 一般来说溶解氧含量  $\geq 6$  mg/L、温度 22 ~ 24 ℃、pH 值 8.1 ~ 8.3、盐度 3.0‰ ~ 3.3‰ 为最适宜, 但不同地区也存在一定差异。海参育苗期间, 溶解氧、温度、pH 值、盐度最理想状态是在适宜范围内, 若超出范围过大, 会影响其生长发育, 甚至造成死亡。因此, 准确预测预警溶解氧含量、温度、pH 值、盐度

收稿日期: 2016-07-22

基金项目: 山东省科技发展计划(编号: 2013GNC11312)。

作者简介: 张启宇(1978—), 男, 山东荣成人, 硕士, 讲师, 主要从事农业信息化技术、休闲渔业、数字图书馆的研究。E-mail: rcraingo@163.com。

通信作者: 刘 峰, 博士, 副教授, 主要从事水产养殖可持续研究。

Tel: (0535) 6923183; E-mail: liufeng511@126.com。



图11 液晶显示采集温度

院棉花研究所小批量投入使用, 经使用证明, 该采集系统稳定可靠、操作简单、管理方便, 取得了较好的使用效果。

## 参考文献:

- [1] 胡铁群, 邱文博, 李冠宇, 等. 基于 SDI-12 总线的海洋环境监测数据采集技术的初探[J]. 海洋信息, 2016(4): 19–23.
- [2] 徐先峰, 魏 文, 李常磊, 等. 基于 STC 系列单片机的智能工业现场显示仪设计[J]. 电子器件, 2013, 36(5): 728–730.
- [3] Apogee Instruments Inc. Infrared radiometers SI-400 series manual

- [DB/OL]. (2016-05-20) [2017-03-18]. <http://www.apogeeinstruments.com>.
- [4] 宏晶科技有限公司. STC15 全系列中文资料[DB/OL]. (2015-06-29) [2017-03-18]. <http://www.stcmcu.com/>.
- [5] Winbond Electronics Corporation. W25Q64 64M-bit serial flash memory with dual and quad SPI[DB/OL]. (2015-07-18) [2017-03-18]. <http://www.winbond.com>.
- [6] 江苏沁恒股份有限公司. CH340 手册[DB/OL]. (2016-09-12) [2017-03-18]. <http://www.wch.cn>.
- [7] 朱嵘涛, 徐爱钧, 叶传涛. STC15 单片机和 nRF2401 的无线门禁系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2014(6): 57–60.
- [8] 顾 滨. Prote99SE 实用教程[M]. 4 版. 北京: 人民邮电出版社, 2015: 55–60.
- [9] 董存辉. 基于 SDI-12 总线的生态水文数据采集系统的设计与实现[D]. 兰州: 西北师范大学, 2013.
- [10] 刘 图, 冯能操, 朱儒石. 基于 SDI-12 接口水位计的短消息水位查询系统[J]. 黑龙江水专学报, 2010, 37(1): 84–86.
- [11] SDI-12 Support Group. SDI-12 a serial-digital interface standard for microprocessor-based sensors (Version 1.3) [DB/OL]. (2016-01-28) [2017-03-18]. <http://www.sdi-12.org/>.
- [12] 孙 鑫, 余安萍. VC++ 深入详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012: 219–225.