

DOI:10.11937/bfyy.201502011

# 基于 Arduino 的温室二氧化碳气肥增施控制系统设计

单慧勇, 崔靖林, 赵辉, 杨延荣, 郭俊旺, 卫勇

(天津农学院 工程技术学院, 天津 300384)

**摘 要:**二氧化碳气肥增施控制系统采用 Arduino Mega 2560 作为主控制器, 采用 AM2301、CM1101、BH1750 实现温室内温湿度、二氧化碳浓度、光照强度等环境参数的采集, 采用 2 GB 的 SD 卡实现测试数据的海量存储, LCD12864 作为系统显示屏, 显示界面包括系统状态主界面、参数状态设置、报警信息、24 h 内极值数据查询等, 系统键盘采用按键、旋钮和电位器组合实现, 设计完成的气肥反应器控制模式具有手动、自动、智能 3 种控制模式。

**关键词:**温室; 二氧化碳气肥; Arduino Mega 2560

**中图分类号:**S 625.5<sup>+</sup>3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)02-0040-03

各类温室由于处于相对密闭的栽培场所, 光照、温度、湿度和二氧化碳浓度等条件与露地栽培有明显的差异, 据试验监测, 早晨日出后, 作物光合作用增强, 吸收的二氧化碳迅速增多, 经 2.5~3.0 h 后, 浓度由日出前的 1 000~1 200 mg/L 降低到 200~100 mg/L, 仅为大气中二氧化碳浓度的 60%~30%, 并逐渐降低到作物所需二氧化碳浓度的补偿点左右, 一直持续到 14:00 左右才开始回升。春、秋季, 由于温室、大棚升高到一定温度, 需要放风, 在此期间二氧化碳可以得到一些补充, 略有回升, 但仅回升到 180~200 mg/L, 而冬季二氧化碳浓度

更低。可见, 温室生产中二氧化碳亏缺相当严重, 需要合理增施二氧化碳气肥, 提高作物产量与品质<sup>[1]</sup>。

目前商品化的气肥发生器有化学反应法、燃烧法、生物醇解法等多种形式<sup>[2-3]</sup>, 虽然能够实现温室内二氧化碳的补施, 但各种气肥发生器均存在产气速率难以精确控制, 无法实现设施内二氧化碳浓度精确调控的缺点, 而采用二氧化碳气瓶施肥虽然控制方便, 但使用成本高, 推广不便。鉴于此, 采用加热碳酸氢铵的方法制取二氧化碳, 设计了电加热二氧化碳气肥发生器, 开发了配套二氧化碳气肥补施控制系统, 控制气肥发生器反应时间调控产气量, 实现温室内二氧化碳施肥的精确调控。

## 1 控制器系统整体设计

整个系统以单片机为控制中心, 由环境因子采集模块、时钟模块、数据存储模块、声光报警模块、人机交互、输出控制模块组成(图 1)。

**第一作者简介:**单慧勇(1977-), 男, 山西临汾人, 硕士, 副教授, 现主要从事机电一体化技术等研究工作。E-mail: tjshyyr@sina.com.

**基金项目:**国家星火计划资助项目(2012GA610028); 国家大学生创新创业训练计划资助项目(201310061014); 天津市农业科技成果转化与推广资助项目(201203060)。

**收稿日期:**2014-11-06

**Abstract:** Low seed germination rate limited the hybridization breeding research progress of potato onion. The germination tests were conducted to examine the seed vigor traits in 10 inbred lines and 8 F<sub>1</sub> hybrids of potato onion. The results showed that the germination rate and germination vigor were obviously different among inbred lines, varying from 33.18% to 87.05% and 13.58% to 51.87%, respectively. The germination rate and germination vigor of 'Maba No. 1' were 87.05% and 51.87%, higher than the control. There were no notable difference between 'MB01-79A' line and the control. Others were lower than the control. For the seeds of F<sub>1</sub> hybrids, the germination rate and germination vigor also were great different, varying from 41.70% to 88.61% and 25.48% to 60.25%, respectively. The germination rate and germination vigor of 'Zhucong No. 1' was 88.61% and 57.60%, the combination of 'Holland red' × 'Maba No. 1' was 87.41% and 60.25%, both higher than the control. The combination of 'KA2065' × 'WMF01-06C' was almost the same as the control. Others were lower than the control. Our results might be useful to breed hybrid of stronger germination ability in potato onion.

**Keywords:** potato onion; inbred line; hybrid; germination rate

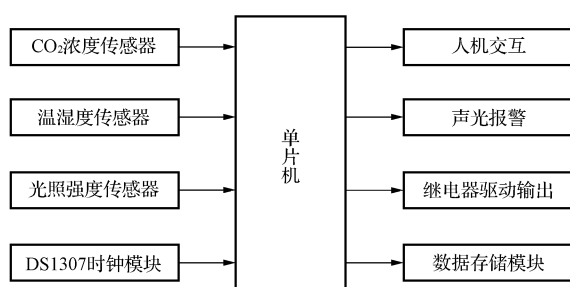


图1 系统总体结构图

环境因子模块包括温湿度传感器、光照强度传感器、CO<sub>2</sub>浓度传感器,实时温室内温度、湿度、光强、CO<sub>2</sub>浓度等环境信息进行采集;数据存储模块采用SD卡模块,存储温度、湿度、光强、CO<sub>2</sub>浓度等环境因子历史数据并按日期进行分类管理;采用DS1307时钟芯片获得系统时间、日期;人机交互模块包括显示屏和键盘,实现人机交互;声光报警模块采用蜂鸣器和Led闪烁报警;继电器输出模块控制电加热反应器和风机状态进行气肥补施。

系统设置手动、自动、智能3种控制模式,手动模式下直接设定反应时间对反应器进行控制;自动模式下依据设定的目标浓度结合控制算法控制反应器的工作状态;智能模式下设置作物和作物生长阶段,系统依据内置数据库,结合当前温室环境参数的分析与计算,优化确定当前作物生长的二氧化碳目标浓度,结合控制算法控制反应器状态。

## 2 硬件系统设计

### 2.1 主控芯片

采用Arduino Mega 2560 开源系统作为主控制器,Arduino Mega 2560 具有54路数字输入/输出;工作电压5 V,输入电压范围7~12 V;具有16路模拟输入、Flash-Memory 256 kB、SRAM 8 kB、EEPROM 4 kB、4路UART接口、支持I<sup>2</sup>C接口、SPI接口,满足系统的设计要求。

### 2.2 传感器的选择

温湿度传感器采用AM2301<sup>[4]</sup>,它是一款含有已校准数字信号输出的传感器,采用单总线数据格式,系统中的数据交换、控制均由一根数据线完成,一次通讯时间5 ms左右,可以进行远距离信号传输。

光照度测量采用数字型光强度传感器BH1750<sup>[5]</sup>,测量范围1~65 535 lx,传感器内置高精度的16位A/D转换器,它能够直接输出一个数字信号,不需要再做复杂的计算,接口形式采用I<sup>2</sup>C总线连接。

CO<sub>2</sub>浓度测量采用CM1101二氧化碳浓度采集模块,采用NDIR红外测量原理,测量范围0~5 000 mg/L,数据传输采用RS232串口通信方式。

### 2.3 数据存储

系统采用2 GB的SD卡存储采集到的温湿度、光照强度、CO<sub>2</sub>浓度信息,该模块接口采用SPI接口,ATmega 2560通过SPI接口与SD卡模块通讯。

### 2.4 时钟接口

系统采用DS1307时钟芯片,DS1307是一款低功耗、I<sup>2</sup>C接口、具有56字节非失性RAM的全BCD码时钟日历实时时钟芯片,地址和数据通过两线双向的串行总线传输。芯片可提供秒、分、小时、天数、日期、月份、年份等信息;每月的天数能自动调整,并具有闰年补偿功能;AM/PM标志位决定时钟工作于24 h或12 h模式。芯片有一个内置的电源感应电路,具有掉电检测和电池切换功能。

### 2.5 驱动控制模块设计

二氧化碳气肥发生器采用电加热碳酸氢铵的原理工作,驱动控制模块的主要功能是采用光耦驱动大功率继电器控制电加热系统的启停和风机输送系统,其电路原理如图2所示。为了减少电源种类,电路硬件设计中使用5 V继电器,当数据采集模块监测到二氧化碳浓度过低时,控制模块通过数据处理、分析后做出判断,输出高低电平控制信号,该信号经光耦驱动继电器,通过控制反应器电加热系统,起到调节二氧化碳浓度的作用。

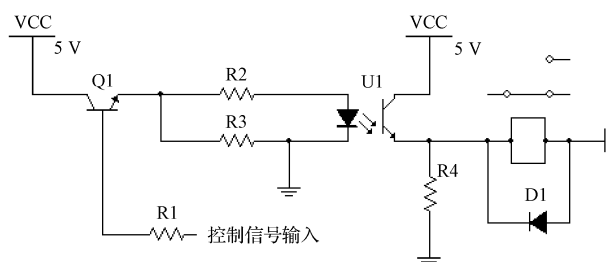


图2 继电器驱动输出图

## 3 系统人机界面设计

### 3.1 显示界面功能设计

由于需要实时显示温度、湿度、光强、二氧化碳浓度和时间日期信息,还要显示报警信息、参数设定等页面,显示的信息量较大,因此采用LCD12864作为显示器件,采用SPI方式和控制器通讯。主界面显示环境参数值和时间日期,以及当前系统的状态信息,如反应时间等;同时设置了温度、湿度、光强、二氧化碳浓度超限报警设定子界面,手动、自动、智能模式设定子界面,时间日期设定子界面。系统各功能界面调用由系统面板按键组合确定。

### 3.2 键盘接口设计

考虑到操作的方便性,系统键盘采用旋钮开关、按钮开关和电位器构成,键盘整体布局选用1个旋钮开关、3个电位器、4个按钮开关,系统面板如图3所示。旋

钮开关用于选定光照、温度、湿度、二氧化碳浓度、手动模式、自动模式、智能模式、时间、日期等设定子界面,占用空间小,利于面板整体布局。按钮开关分别为电源按钮、报警信息查询按钮、设定参数查看按钮、启动停止按钮。电位器接到控制板模拟量输入端口,采集模拟量经过系统内部处理用于设定光照、温度、湿度、二氧化碳浓度报警上下限范围,反应器总时间、自动模式下的目标二氧化碳浓度,智能模式下的作物种类和生长周期选择等。旋钮开关和按钮组合决定系统状态,在程序设计中设置不同程序处理模块。

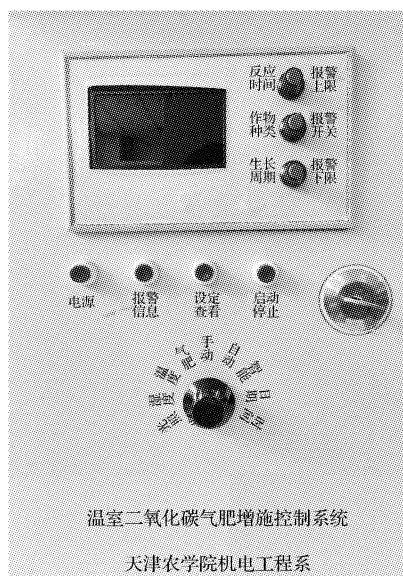


图3 系统操作面板

#### 4 系统软件设计

系统软件采用模块化设计,包括主程序模块、初始化、按键扫描处理、串口通讯、环境参数采集处理、继电器输出控制等模块,系统流程图如图4所示。主程序模块完成各程序模块的调度;初始化模块在系统上电时判断系统各模块状态是否正常;在按键扫描处理中采用扫描的方式读取系统键盘输入,调用不同处理模块,实现

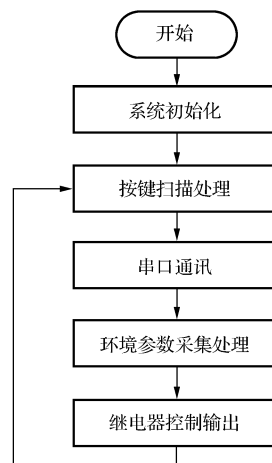


图4 系统主程序流程

系统参数设置、查询等功能;串口通讯模块实现与上位机的交互;环境参数采集处理模块实现环境参数的采集与存贮;在继电器输出控制模块中依据参数设置和采集到的环境信息,结合模糊控制算法确定继电器输出,控制电加热气肥发生器的工作时间。

#### 5 结语

针对温室大棚二氧化碳施肥自动化、智能化控制的需求,设计了一种基于 Arduino 的温室二氧化碳气肥增施控制系统,实现了温湿度、光照强度、二氧化碳浓度采集和数据存储,系统设置手动、自动、智能3种控制模式,适应不同控制需求,目前该系统已经投入应用,并取得良好效果。

#### 参考文献

- [1] 魏珉. 日光温室蔬菜 CO<sub>2</sub> 施肥效应与机理及 CO<sub>2</sub> 环境调控技术[D]. 南京:南京农业大学,2000.
- [2] 谢臣,满红,王学斌. 日光温室 CO<sub>2</sub> 施肥效应及施用技术研究现状[J]. 宁夏农林科技,2009(4):70-71.
- [3] 董正武,薛志霞,王峰杰. 北方设施蔬菜生产中 CO<sub>2</sub> 施肥效应及研究进展[J]. 内蒙古农业科技,2014(3):74.
- [4] 周文军. 基于 AM2301 的暖风干衣机智能化改进研究[J]. 轻工科技,2013(12):79-80.
- [5] 云中华,白天蕊. 基于 BH1750FVI 的室内光照强度测量仪[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2012(6):27-29.

### Design of Greenhouse CO<sub>2</sub> Regulation System Based on Arduino

SHAN Hui-yong, CUI Jing-lin, ZHAO Hui, YANG Yan-rong, GUO Jun-wang, WEI Yong  
(College of Engineering and Technology, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

**Abstract:** A carbon dioxide control system takes Arduino Mega 2560 as the main controlling kit, and the sensors of AM2301, CM1101 and BH1750 were respectively used to detect temperature and humidity, carbon dioxide gas concentration and light intensity in the greenhouse. The 2 GB SD card was used for mass storage of test data. The LCD 12864 was used as display kit for the control system. The system interface includes the main interface, parameter settings interface, alarms interface, extremes data queries within 24 hours etc. The system keyboard uses buttons, knobs and potentiometers. The gas fertilizer reactor control mode includes manual control, automatic control and intelligent control.

**Keywords:** greenhouse; carbon dioxide; Arduino Mega 2560