

基于 STM32 的温室 CO₂ 浓度自动调控系统设计

纪建伟, 赵海龙, 李征明*, 张大鹏, 邹秋滢

(沈阳农业大学 信息与电气工程学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要: 为使作物始终处于最佳的生长状态, 针对作物生长各个阶段对 CO₂ 浓度的不同需求, 结合温室大棚自身的特点, 设计了一套以 Cortex-M3 内核的 STM32 芯片为核心, 采用 GPRS 无线通信技术的日光温室 CO₂ 浓度自动控制系统, 实现了温室内 CO₂ 浓度的自动监测与调控。试验结果表明, 该系统运行可靠、使用方便, 具有较强的可扩展性, 应用前景良好。

关键词: 温室; STM32; CO₂ 浓度; GPRS

中图分类号: S 24

文献标志码: A

文章编号: 1004-1524(2015)05-0860-05

Design on automatic control system of CO₂ concentration in greenhouse based on STM32

Ji Jian-wei, ZHAO Hai-long, Li Zheng-ming*, ZHANG Da-peng, ZOU Qiu-ying

(College of Information and Electrical Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Aimed at the different demand for CO₂ concentration of plants during the growth, a set of automatic CO₂ control system was designed to offer the sustainable favorite growth conditions for crops cultivated in greenhouse. Based on the characteristics of greenhouses, the designed system adopted STM32 of Cortex-M3 kernel as the core, and applied GPRS wireless communication technology to realize the automatic monitoring and controlling of CO₂ concentration in greenhouses. The test results showed that the system was reliable and easy to use. Besides, this system possessed good scalability, and thus had good application prospects.

Key words: greenhouse; STM32; CO₂ concentration; GPRS

CO₂ 是影响绿色植物光合作用的主要环境因子之一, 植物进行光合作用时会消耗大量的 CO₂, 而温室大棚是一个相对密闭的空间, 因此温室内 CO₂ 浓度在日出后会发生较大幅度的下降。其日出前的最大值可达到 0.10%~0.12%, 日出后则会降至 0.01% 左右, 到 16 时左右才会恢复到正常大气水平, 但植物进行光合作用时所需要的最佳 CO₂ 浓度一般为 0.10%~0.15%^[1]。CO₂

浓度太低会大幅抑制植物的光合作用, 影响作物生长, 因此在温室生产中应适时补充 CO₂^[2]。但 CO₂ 浓度过高又会导致植物的呼吸作用减缓, 使温室内迅速升温, 引起大棚作物的高温危害^[3]。因此, 必须对温室内的 CO₂ 浓度进行合理有效的调控, 使其含量维持在最合理的范围内。

目前, 从 CO₂ 浓度调控设施的发展来看, 国外的调控技术和设备都十分先进, 但是其价格通

收稿日期: 2014-07-16

基金项目: 辽宁省教育厅优秀人才培养计划(LR2013033); 辽宁省教育厅科学研究一般项目(L2012253)

作者简介: 纪建伟(1963—), 男, 辽宁锦州人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为智能检测与控制工程。E-mail: jianweiji7879@hotmail.com

* 通讯作者, 李征明, E-mail: hwclzm@163.com

常非常昂贵^[4],而且国外的具体环境特点与我国不尽相同,直接引入可能出现水土不服的问题。现在我国对温室 CO₂ 浓度的调控大都还处在人工调控阶段,存在着种种弊端。而少数采用自动调控的 CO₂ 浓度监控设备则是采用有线的方式传输数据,大大限制了设备的灵活性和可靠性^[5]。

本研究所设计的调控系统以 STM32 为控制核心,采用 CO₂ 变送器对温室内的 CO₂ 浓度进行自动监测,并根据控制参数及算法产生相应的控制信号,来控制相关设备自动调节温室内的 CO₂ 浓度,并将采集的 CO₂ 浓度实时数据通过 GPRS 通信模块发送到上位机进行实时监测,以确保作物始终处于最佳的生长状态。

1 系统总体设计

本系统以 STM32 为控制核心,包括核心控制模块、数据采集模块、执行机构模块、人机交互模

块和数据传输模块等 5 大模块。系统总体的结构原理图如图 1 所示。

首先,数据采集模块对温室内 CO₂ 浓度进行实时监测,把采集的数据通过 GPIO 口传送到核心控制模块,并在 LCD 液晶上进行实时显示。核心控制模块对采集到的数据进行分析后,根据所设定的阈值的不同对执行机构模块发出不同的控制命令,从而实现对温室内 CO₂ 浓度的自动控制。又因为对于不同作物或同一作物不同的生长阶段而言,CO₂ 的需求量是不同的,这时可以通过键盘设定不同的 CO₂ 浓度阈值范围,从而更好地满足作物的生长需求。另外,核心控制模块可以通过 GPRS 通信模块把数据无线传输到上位机,这样上位机就可以实时监控 CO₂ 浓度的变化,并能发出相应的控制命令,实现对温室大棚内 CO₂ 浓度的远程智能控制。当控制系统出现故障时,系统会发出报警信号,通过 GPRS 网络发送到用户手机和上位机,使用户可以迅速发现故障并予以解决。

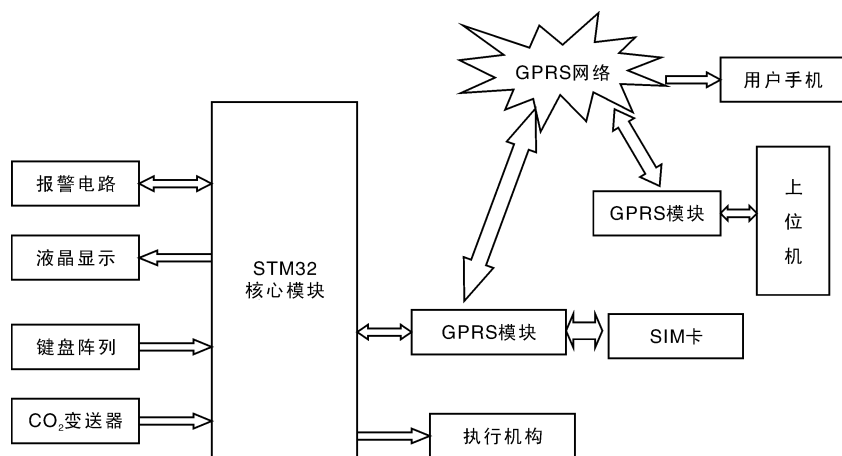


图 1 系统总体结构图

Fig. 1 Diagram of the whole system

2 系统硬件设计

2.1 STM32 核心控制模块

STM32 模块主要包括 ARM 处理器及其扩展接口,它是这部分电路的核心。该控制模块以 STM32 F103VET6 为核心,通过多路 GPIO 接口电路实现控制功能。STM32 模块中的并行 I/O 控制器作为通用数据的 I/O 复用外设输入/输出口

线,对 I/O 线电平置位和清零来控制电路的通断,根据某一 GPIO 口输出电平的不同控制继电器打开或关闭相关的电磁阀,从而实现对整个大棚内 CO₂ 浓度的调控。

2.2 数据采集模块

传感器是温室自动控制系统的主要组成部分,系统主要依据传感器反馈信息来实施相应的控制动作,因此传感器的稳定性、精确度、性价比会直接影响整个系统的功能和成本。为了增强

距离通信协议,本研究选用 GPRS 协议。GPRS 网络在全国大部分范围内均有良好的覆盖,可以满足本设计的需求。本设计选用 SIMCOM 公司生产的 SIM300 无线通信模块来进行 GPRS 传输。SIM300 是一款三频段 GSM/GPRS 模块,可在全球范围内的 EGSM900MHz、DCS1800MHz 频率下工作,能够提供的 GPRS 多信道类型多达 10 个。GPRS 模块通信系统使用简单、操作方便、运行可靠,为与上位机进行远距离通信提供了良好的支持平台。

3 系统软件设计

本系统的软件设计主要包括下位机控制终端的软件设计与上位机软件的设计。

3.1 控制终端的软件设计

下位机软件是在 IAR Em-bedded Workbench 开发环境中采用 C 语言开发的,其主程序流程图如图 4 所示。

3.2 上位机软件设计

上位机软件设计采用 Visual C++ 6.0 开发,具有非常友好的人机交互界面。由于 GPRS 通信模块 SIM300 与计算机之间实时进行信息交换,所以随时可以通过上位机软件查看大棚内 CO₂ 浓度的历史数据。上位机软件主界面如图 5 所示。

上位机监控软件设有系统配置菜单、查询菜单、帮助菜单等 3 个主菜单,另外还有实时浓度显示、浓度升降提示、故障提示、气罐状态显示、监控大棚号选择等主要功能,软件还可以把历史信息加以存储,方便以后查询和分析。在系统配置菜单中可以设置端口号、波特率等参数;在选择大棚号功能中可以切换主界面所监视的大棚号,实现多个大棚的同时监视;在设定浓度上、下限功能中可以远程对大棚内的 CO₂ 浓度上、下限进行设置;此外,在主界面中还会显示所监控大棚的实时浓度。软件还设有 4 个状态提示功能:浓度上升提示黄色,浓度下降提示蓝色,发生故障时提示红色,气罐打开提示红色。在查询菜单中可以对各个大棚的历史浓度信息以及故障信息进行查询。

4 系统测试结果

基于 STM32 控制的 CO₂ 浓度调控系统,通过

核心控制模块、数据采集模块、执行机构模块、人机交互模块、数据传输模块等,完成了对温室大棚内 CO₂ 浓度的智能调控和远距离监测。在番茄大棚内进行实际测试,当 CO₂ 浓度低于 1 000 mg·kg⁻¹ 时,打开电磁阀,开始补充 CO₂;当 CO₂ 浓度高于 1 500 mg·kg⁻¹ 时,关闭电磁阀。在 7 d 时间内的白天,每隔 15 min 记录一次,统计出最高浓度、最低浓度和昼平均浓度,统计图如图 6 所示。

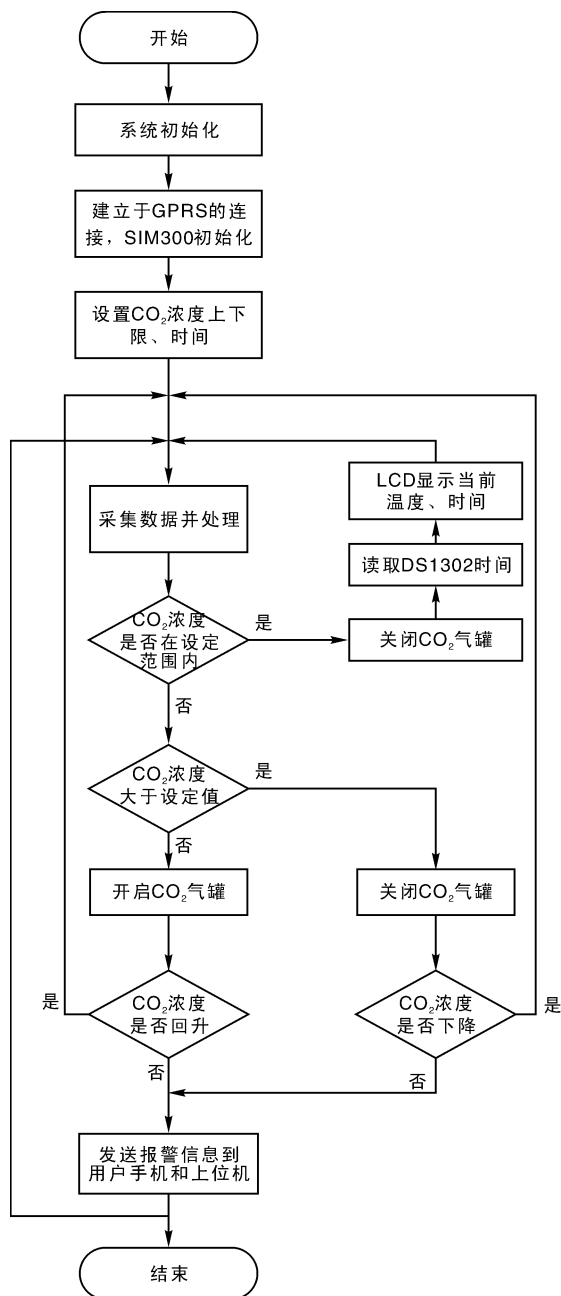


图 4 主程序流程图

Fig. 4 Main program flow chart

测试结果表明该系统达到了最初的设计目的,实现了对 CO_2 的智能调控,系统运行稳定可靠,调控精准迅速。通过系统的调节,温室内 CO_2

浓度基本上保持在 $1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,有力地促进了番茄的光合作用,显著提高了番茄的质量和产量。

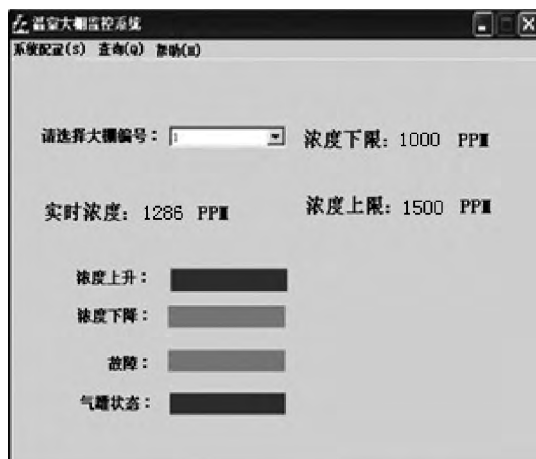


图5 上位机监控界面

Fig.5 PC monitoring interface

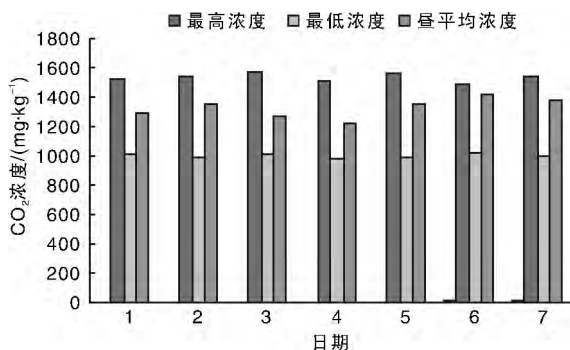


图6 CO_2 浓度统计图表

Fig.6 Statistical chart of CO_2 concentration

5 结论

以 STM32 F103VET6 芯片为控制核心,设计研发了一套 CO_2 浓度自动调控系统,该系统能够实现对 CO_2 的实时监测和自动补充,并通过 GPRS 技术实现了与上位机的通讯,从而实现对温室大棚 CO_2 浓度的远程控制。试验结果表明,该系统稳定性好、效率高,可以将 CO_2 浓度维持在最佳水平,满足大棚内作物光合作用对 CO_2 的需求,有利于作物产量、品质的提高。同时,该系统具有误差低、操作简单、使用方便、维护简单、便于推广等特点,具有很好的市场前景。

参考文献:

- [1] 赵凯,杨淑连. 温室大棚环境参数无线监控系统[J]. 山东理工大学学报:自然科学版,2010,24(2):93-96.
- [2] 施智雄,胡玉红. 基于 ARM9 控制的二氧化碳生物反应器系统[J]. 农机化研究,2009,(7):89-92.
- [3] 王东,张海辉,代建国,等. 温室大棚二氧化碳浓度检测精准调控系统的设计和实现[J]. 农机化研究,2012,34(3):114-118.
- [4] 路康,马斌强,刘美琪,等. 温室大棚动态参数测试系统的设计[J]. 河南农业大学学报,2008,42(3):330-333.
- [5] 张保华,李士宁,滕文星,等. 基于无线传感器网络的温室测控系统研究设计[J]. 微电子学与计算机,2008,25(5):154-157.

(责任编辑 高峻)