

分布式组培室环境监控系统的设计与实现

钮旭东, 谢永权, 商 龙, 张侃谕

(上海大学 机电工程与自动化学院, 上海 200072)

摘要:该文设计和实现了一种基于CAN和RS485总线的分布式组培室环境监控系统,给出了CAN和RS485总线的电路原理图和通信协议设计方案。在STM32F103RBT6微处理器上移植了 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$,并规划了相关任务和中断服务。该系统具有高可靠性和易于扩展的特点,能够满足组培室的日常实验和生产需求。

关键词:组培室监控系统;分布式;CAN总线;STM32F103RBT6

中图分类号:TP273 **文献标志码:**B

Design of Distribute Environment Monitoring System for Plant Tissue Culture Rooms

NIU Xu-dong, XIE Yong-quan, SHANG Long, ZHANG Kan-yu

(Department of Mechanical and Electronic Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: A distributed monitoring system for tissue culture room was realized based on CAN and RS485 field bus in this paper. Both circuit schematic and communication protocol of CAN and RS485 field bus were designed. $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ was transplanted on MCU STM32F103RBT6, while related tasks and interrupt services were planned. This system can satisfy daily experimental and production needs of the tissue culture room with high reliability and easy Expansibility.

Key words: monitoring system of tissue culture room; distributed; CAN Bus; STM32F103RBT6

植物组织培养是基于细胞全能性理论^[1],使植物的工厂化生产变为可能。通过对组培室温度、湿度、CO₂浓度、光照度等环境因子的精准控制,才能真正实现植株的批量快速繁殖^[2]。

相比于国外的大范围植物组织培养和工厂化生产,目前国内的组培室环境控制系统实例极少,而人工管理组培室需要耗费大量的人力财力^[3]。鉴于此,本文提出了基于CAN和RS485总线的组培

室环境监控系统,实现对组培室主要环境因子的自动监测和控制,并且于2012年5月在上海市奉贤农业科学院投入运行。

1 系统架构设计

本文设计了三层结构的分布式系统,即中央控制PC机、环境控制器、传感器和驱动器模块,如图1所示。

收稿日期:2012-08-14;修订日期:2012-10-08

基金项目:国家支撑计划项目(2011BAD05B01);国家863高技术研究发展计划资助项目(2006AA10A311);上海市科委重点攻关项目(09QT1402500)

作者简介:钮旭东(1987—),男,硕士研究生,研究方向为计算机控制系统;张侃谕(1952—),男,教授,博士生导师,研究方向为计算机控制系统、数字化农业。

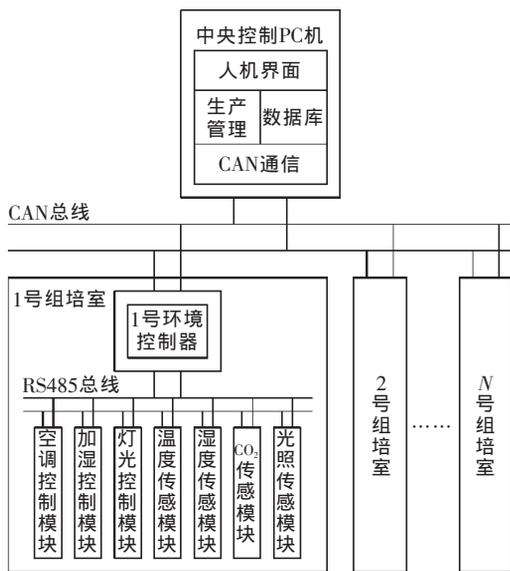


图1 系统架构框图

Fig.1 Architecture diagram of monitoring system

上层的中央控制 PC 机用于所有组培室环境状况的显示、环境控制参数设置、数据存储以及生产管理。

中间层的环境控制器采用 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F103RBT6 作为微处理器,通过 CAN 总线接收中央控制 PC 机下传的控制参数并实时上传环境参数,通过 RS485 总线访问下层传感器模块采集的环境参数以及向驱动器模块发送控制命令。环境控制器移植了 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$,能够稳定地管理调度各个任务从而有效监控单个组培室。

下层的传感器、驱动器模块采用 STM32F103C6T6 作为微处理器,传感器模块负责采集组培室的温湿度、光照度、 CO_2 浓度,驱动器模块负责控制空调、加湿器、灯光控制器等。

2 CAN和RS485总线的电路原理和通信协议设计

2.1 组培室数据传输分析

实际应用中各个组培室的环境控制器要实时上传大量的环境参数和报警信息,并接收中央控制 PC 机根据用户需求下发的设置参数。由于 CAN 总线具有强实时性、长传输距离、

强检错能力和仲裁功能等特点,能够完全满足上述需求^[4]。

环境控制器作为主机定时轮询访问各类传感器和驱动器模块,各个子模块收到访问命令则立即上传相关的环境参数或执行命令。而 RS485 具有长传输距离、强抗干扰、低成本特点,能够满足上述需求。

2.2 总线电路原理设计

总线电路原理如图 2 所示。采用 ADuM1201 芯片作为光耦隔离器,实现了微控制器引脚与外部 CAN 通信接口的电气隔离,减少了外部干扰对微控制器的影响。SN65HVD230 作为 CAN 的收发器,该芯片的 RS 引脚下拉一个 10 k 电阻,用于控制 CAN 总线输出脉冲的上升、下降沿斜率,以降低总线的射频干扰。2 个 30 pF 小电容可以起到滤除总线上的高频干扰,当 CAN 外部接口输入端与地之间出现瞬变干扰时,通过并联的 TVS 防雷击管的放电可起到一定的保护作用。120 Ω 的终端电阻用以总线的阻抗匹配,可以避免信号反射。当 CANH 和 CANL 短路时,由于 2 个 5.1 Ω 电阻存在,也不会影响整个 CAN 总线的性能。

RS485 电路原理与 CAN 类似,所以在此不再赘述。

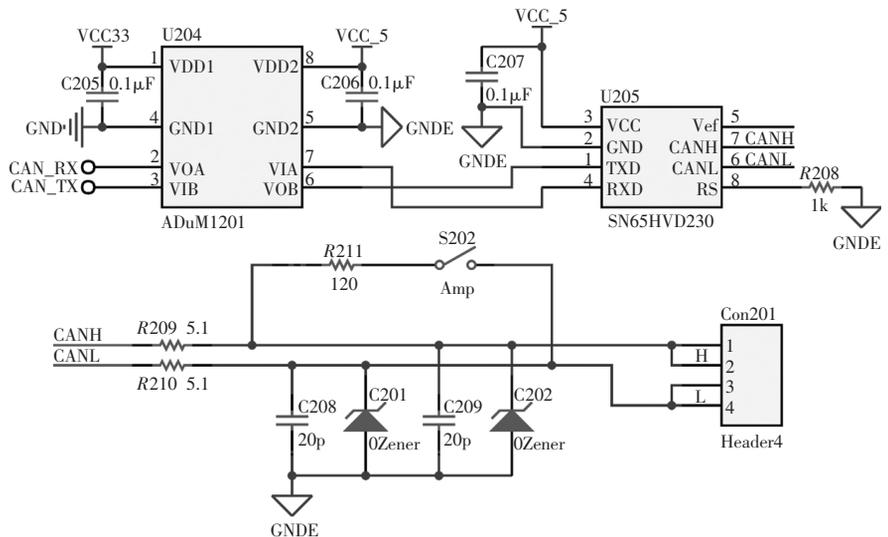


图2 CAN总线电路原理图

Fig.2 Circuit schematic of CAN field bus

2.3 通信协议设计

2.3.1 CAN通信协议设计

本文设计的 CAN 应用层通信协议主要包括 ID 帧格式、数据帧格式和应答方式^[5]。设计的主要

内容如表 1 所示。

表 1 CAN 应用层协议

Tab.1 Application layer protocol of CAN

优先级	帧类型	帧内容	发送者	应答机制	通信频率
最高	报警帧	组培室内传感器和驱动器模块的工作状态	环境控制器	不需应答	1 Hz
高	参数设置帧	用户设置的环境控制参数	中央控制 PC 机	需应答	用户需要设置时
低	参数显示帧	当前组培室的环境参数	环境控制器	不需应答	1 Hz
最低	时间同步帧	中央控制 PC 机本地时间	中央控制 PC 机	不需应答	每日零点或环境控制器请求时

CAN 通信协议采用标准帧格式, 即 11 位的 ID 帧。ID 帧内容如下: ID10 代表中央控制 PC 机或环境控制器发送; ID9~DI6 代表功能码, 分别为报警、参数设置、参数显示、时间同步; ID5~ID1 代表环境控制器的地址; ID0 保留。考虑到通信频率、数据长度和现场总线物理长度, 将 CAN 的传输速率定为 125 kb/s。

2.3.2 RS485 通信协议设计

本文设计的 RS485 应用层帧格式为起始符+地址位+数据位+结束符, 传感器和驱动器模块有各自不同的地址, 不同传感器模块的数据位代表不同环境因子的数值, 不同驱动器模块的数据位代表各自执行设备的工作状态。RS485 的传输速率定为 9600 b/s。

3 环境控制器任务调度设计

微控制器 STM32F103RBT6 拥有 128K 程序存储器, 20K 的数据存储器, 支持带优先级的中断, C 编译器能产生重入代码, 满足 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的运行环境需求。

根据组培室环境的监测和控制需求, 本文设计了如下任务和中断服务, 中断服务主要为: 系统时钟中断, 实现任务的调度管理; RS485 接收中断, 接收传感器和驱动器模块发送的环境参数或应答命令; CAN 接收中断, 接收中央控制 PC 机下发的环境设置参数或本机时间。主要任务如表 2 所示。

4 中央控制 PC 机软件设计

本系统运用下拉式菜单、快捷按钮、对话框和错误屏蔽等技术, 为用户提供友好、易操作的界面^[6]。采用 Access2003 作为后台数据库, 通过 ADO 技术访问和管理数据库。软件主界面如图 3 所示。

表 2 环境控制器任务表

Tab.2 Tasks list of environment controller

优先级	任务类型	任务说明	最长执行时间
1	看门狗喂狗	防止环境控制器因为外界干扰而跑飞程序	1 μs
2	键盘输入	用户可以切换液晶屏的显示状态	10 ms
3	液晶显示	显示当前组培室的各类环境参数	20 ms
4	LED 显示	显示环境控制器运行、通信、故障状态	1 μs
5	温度控制	判断当前的温度设置阶段, 计算空调驱动器模块所需的控制值	10 μs
6	湿度控制	判断当前的湿度设置阶段, 计算加湿驱动器模块所需的控制值	10 μs
7	光照控制	判断当前的光照设置阶段, 计算光照驱动器模块所需的控制值	10 μs
8	RS485 通信	定时轮询访问各个传感器和驱动器模块	20 ms
9	CAN 通信	定时上传环境参数、报警信息	1 ms



图 3 软件主界面图

Fig.3 Main interface diagram

5 结语

本文采用了总线技术, 具有数据通信可靠和现场布线简易的特点, 而且可以根据实际需求增减传感器、驱动器模块种类和数量。该系统能够实时监控组培室的实验和生产过程, 对环境因子有良好的控制效果, 并且已在上海奉贤农业科学院正常稳定运行。

参考文献:

- [1] 马明建, 宋越冬. 基于环境控制的组培苗无糖培养系统[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 192-197.
- [2] 刘文科, 杨其长. 环境控制技术在植物无糖组织培养中的应用[J]. 农业工程学报, 2005, 12(21): 45-49.
- [3] 张东旭, 周增产, 卜云龙, 等. 植物组织培养技术应用研究进展[J]. 北方园艺, 2011, (6): 209-213.
- [4] 郭佳, 任博, 张侃谕. 基于 CAN 的 FCS 型智能温室系统的设计与实现[J]. 自动化与仪表, 2010, 25(9): 33-35.
- [5] 李晓静, 张侃谕. 基于 CAN 总线的分布式温室控制系统的设计与实现[J]. 机电一体化, 2008, 14(11): 33-36.
- [6] 余玲文, 张侃谕, 戴春翟. 基于 CAN 总线的食用菌控制系统的开发与研究[J]. 仪表技术, 2009(2): 63-64, 66.