

温室光照度控制系统^①

王艳辉, 姬晓飞, 钱绕金

(沈阳航空航天大学 自动化学院, 沈阳 110136)

摘要: 阐述了一个基于单片机的温室光照度控制系统, 利用数字式光照度传感器(BH1750FVI)检测温室内外光照度, 根据不同作物生长所需的适宜光照范围, 选择挡上遮光膜或开启一定数量的补光灯. 此系统有自动控制和手动控制两种工作模式. 在自动控制模式下, 根据选定的作物的种类自动使温室光照度保持在作物所需的范围, 在手动控制模式下, 遮光膜的打开和遮盖以及补光系统的开启都需要人为来完成. 试验表明: 该系统可以弥补人工控制误差大、效率低等缺陷, 具有操作简单、使用方便的优点, 具有较强的实用性.

关键词: 温室; 光照度; 控制; 补光; 遮光膜

Greenhouse Illumination Control System

WANG Yan-Hui, JI Xiao-Fei, QIAN Rao-Jin

(School of Automation, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

Abstract: A microcontroller-based greenhouse illumination control system is designed in this paper. The system utilizes the digital light sensor (BH1750FVI) to detect the illumination inside and outside. According to appropriate light range of the different crops, the system can select to block the shading film or open a certain number of complementary lights. This system has automatic control and manual control modes. The automatic control mode can automatically maintain illumination in the desired range according to the selected type of crops in greenhouse. In manual control mode, shading film and light needs to adjust manually. Tests showed that the system can compensate for manual control error and low efficiency defects and has strong practicality.

Key words: greenhouse; illumination; control; complementary light; shading film

现代化温室能自动控制温湿度和光照等条件, 克服环境温湿度的变化、恶劣天气的影响等不利于植物生长的因素, 为植物的生长创造最佳的条件. 植物的生长是通过光合作用储存有机物来实现的, 如果没有光照, 再适宜的温度, 再充足的养分和水分, 都是无用的. 光照强度达到一定值时, 随光照强度增加光合作用也不会增强, 甚至会停止或减弱. 而光照不足时, 光合作用较弱, 无法储存有机物质. 只有当光照强度在一定的范围内, 能够满足光合作用的要求时, 植物才能正常生长发育^[1-5].

我国是温室栽培起源最早的国家, 但是现代温室

起步较晚^[6], 在传统的温室大棚控制系统中, 人们常常关注温度和湿度的自动控制^[7-9], 忽略光照度对植物生长的重要性. 文献[13]采用了虚拟仪器技术对温室的光照度进行控制, 但是采用虚拟仪器成本较高. 因此结合农村经济水平和科技水平的实际, 设计出一个经济实用、操作简单的光照度控制系统是非常必要的. 本文综合考虑了温室的室内外光照环境和温室中不同作物生长对于光照度的不同需求, 设计出了基于单片机的温室光照度控制系统. 系统有两种工作模式: 一是自动模式, 根据所选择的作物的种类、结合温室内外光照度的情况确定遮光膜和补光灯的状态; 二是手

① 基金项目: 国家自然科学基金青年基金(61103123)

收稿时间: 2014-03-12; 收到修改稿时间: 2014-05-12

动模式, 由人手动控制遮光膜和补光灯.

1 系统的硬件设计

1.1 系统硬件组成框图

本系统由传感器电路、遮光膜控制电路、补光灯控制电路、键盘电路和显示电路组成, 系统硬件组成框图如图 1 所示.

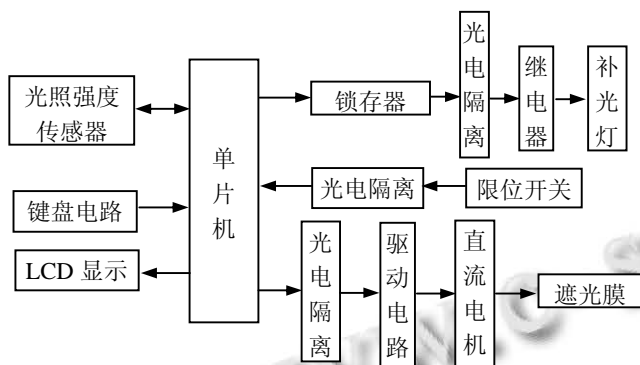


图 1 系统硬件组成框图

STC89C52RC 单片机为系统控制核心, STC89C52RC 是由宏晶公司推出的一种小型单片机, 电可擦写程序, 有很宽的工作电源电压(2.7~6V), 功耗小, 适合于本系统. 键盘用于切换工作模式、选择农作物种类、手动模式下控制遮光膜状态和选择查看农作物的信息等. 光照度传感器用于检测温室内外光照度, 当温室内光照度不足并且室外光照度较弱时, 开启补光灯进行补光. 遮光膜的遮挡由直流电机通过正反转来控制, 而遮光膜的位置信息由限位开关获取. 显示器采用液晶显示器 LCD1602, 最多能显示 16 列 2 行共 32 个字符, 显示的信息有室内外光照度、作物的信息及进行作物选择时键盘操作的相应信息.

1.2 光照度检测电路

光照度检测采用集成数字式光照度检测传感器 BH1750FVI. BH1750FVI 由半导体制造商 BOHM 为适应移动电话、数码相机、游戏机等便携式设备和液晶电视的要求而开发出来的集成传感器, 它具有优良的光谱特性, 采用两线式串行总线接口, 内置 16bit A/D 转换器, 工作电压 2.4V~3.6V, 光照强度探测范围为 1lx~65535lx, 光源依赖性弱, 受红外线影响很小, 输出数字量即是光照强度的值, 无需进行转换.

BH1750FVI 与单片机连接电路如图 2 所示, 工作电压为 3.3V, 由集成稳压芯片 AMS1117-3.3 提供. SCL

端为时钟总线, 接于单片机的 P1.2 口. SDA 端为数据总线, 接于单片机的 P1.1 口. BH1750FVI 作为从机时的操作地址可以通过置 ADDR 端的电平来设置, 按照图示的连接方法, 传感器 1(检测室内光照强度)和传感器 2(检测室外光照强度)就具有了不同的读写操作地址, 这样就节省了对单片机 I/O 端口的占用, 同时也会简化软件编写的难度. DVI 引脚为同步复位信号输入引脚, 负责 I²C 接口的复位操作, 上电后输入的低电平持续时间要大于 1 μ s, 否则 BH1750FVI 不会正常工作, 系统中通过 RC 串联电路的电容充电过程实现同步复位功能

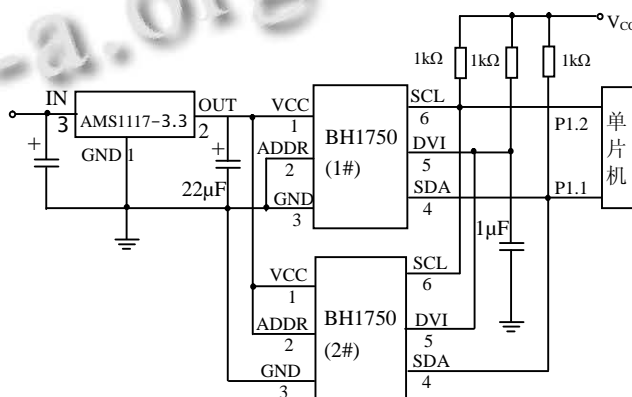


图 2 光照度传感器与单片机接线图

1.3 键盘电路

键盘用于选择作物种类(每种作物对应一个数字编号)、切换工作模式、控制遮光膜的状态、查看作物信息等. 键盘设计成 4x4 矩阵式, 由上至下、由左至右按键的编号依次为 1~16, 各按键功能如图 3 所示. 在自动模式下: 按键 1~9 对应数字“1~9”的输入; 按键 10 对应数字“0”的输入; 按键 11 对应清除键; 按键 12 用于自动和手动工作模式转换; 按键 13 用于查看所选择的作物的信息; 按键 14 用于退出查看; 按键 15 用于作物选择使能, 按后输入作物的编号即可; 按键 16 用于作物编号输入结束的确认. 在手动模式下: 按键 1~8 控制光源的个数分别为 1~8; 按键 10 用于控制光源的个数为 0; 按键 9 用于控制打开遮光膜; 按键 11 在处于作物编号输入状态时为清除按键, 否则为挡上遮光膜控制键; 按键 12 用于自动和手动工作模式转换; 按键 13 用于选择查看作物的信息; 按键 14 用于退出查看; 按键 15 为作物选择使能, 输入作物的编号即可; 按键 16 用于作物编号输入结束的确认键. 键盘的 4 条

行线分别接于单片机的 P3 口的 P3.0~P3.3, 4 条列线分别接于 P3.4~P3.7, 键盘的识别方法为“行扫描法”。

1	2	3	4
5	6	7	8
9/打开	0	清除/挡上	模式切换
查看	设置	退出	确认

图 3 按键功能示意图

2 系统的软件设计

2.1 主程序的设计

系统的主程序流程图如图 4 所示, 采用模块化设计思想, 光照度控制子程序完成遮光膜状态的控制和补光灯的开关控制. 在自动控制模式下, 根据作物种类、室内外的光照情况控制温室内的光照度保持在植物生长所需的适宜数值. 显示子程序显示的作物信息包括作物的种类、光饱和点和光补偿点. 手动控制模式下, 由操作人员根据经验来控制遮光膜和补光灯, 遮光膜状态和补光灯开关数量由键盘输入完成.

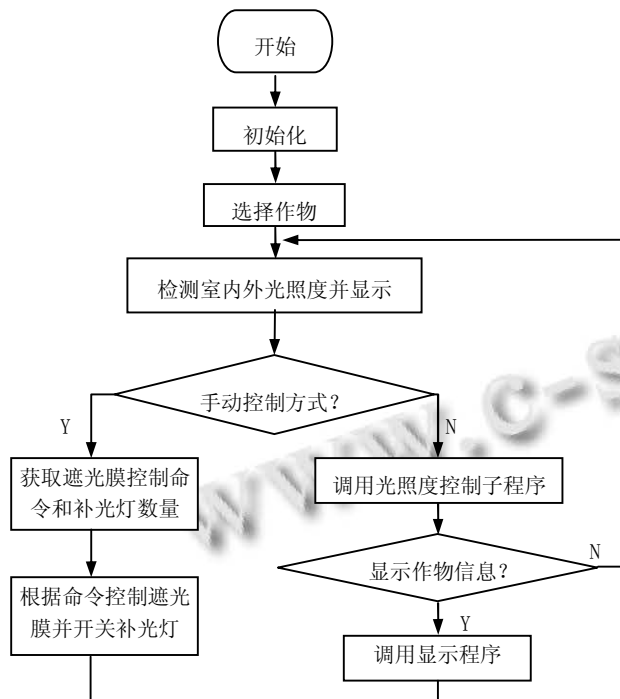


图 4 主程序流程图

2.2 异常数据的处理

在室内外光照度检测时, 为了防止偶然光源(如闪电)而造成的系统误动作, 需要进行异常数据的判断和

处理. 检测时每间隔 0.05s 测量一次, 共测量 40 个数据. 以 40 个数据进行粗大误差剔除后的标准差作为测量结果, 如公式 1 所示. 其中, E 为光照强度的测量结果, e_i 为测量值, n 为剔除粗大误差后测量值的个数, \bar{e} 为 n 个测量值的算术平均值, σ_e 为测量值的标准差.

$$E = \sigma_e = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2} \quad (1)$$

粗大误差的剔除采用肖维勒准则, 如果残差 v_i (测量值和算术平均值之差) 满足公式 2 时, 测量值 e_i 为粗大误差, 应剔除, 再继续判断直到所有异常数据均剔除为止. 肖维勒准则中所使用的参数 $Z_c=2.49$ [12], σ_e 由公式 1 求得, 首次计算时 $n=40$, 后随剔除的异常数据个数发生变化.

$$|v_i| = |e_i - \bar{e}| > Z_c \sigma_e \quad (2)$$

2.3 光照度控制程序的设计

植物光合作用的强弱与光照强度有关, 在一定的光照强度范围内, 随着光强的降低, 光合速率相应降低, 当光照强度降低到光补偿点时, 叶片的光合速率等于呼吸速率, 净光合速率为零, 植物不能储存有机物质. 在光补偿点以上, 随光照强度的增强, 光合速率相应增大, 当达到光饱和点时, 光合速率就不再随光强的增强而增加. 不同植物的光补偿点和光饱和点是不同的, 表 1 中给出几种蔬菜的相应的参数数值.

表 1 几种蔬菜光照参数

蔬菜种类	代码	光饱和点(klx)	光补偿点(klx)
甜瓜	1	60	1.5
茄子	2	40	2
芹菜	4	45	2
韭菜	6	40	12
大葱	7	25	1.2

光照度控制程序流程图如图 5 所示. E_o 代表室外光照度, E_i 代表室内光照度, E_{max} 代表饱和点光照度, E_{min} 代表补偿点的光照度. 室外光照度超过光饱和点时, 先将所有的补光灯关闭, 然后判断室内的光照度超过光饱和点时则挡上遮光膜, 室内的光照度没有超过光饱和点则打开遮光膜, 遮光膜的状态是通过限位开关来检测, 由电机的正反转控制其挡上或打开. 室外光照度低于光饱和点时, 根据室内的光照度与作物的光饱和点和光补偿点的关系逐一增加或减少 8 盏补

光灯开启的数量,直至光照度在合适的范围。

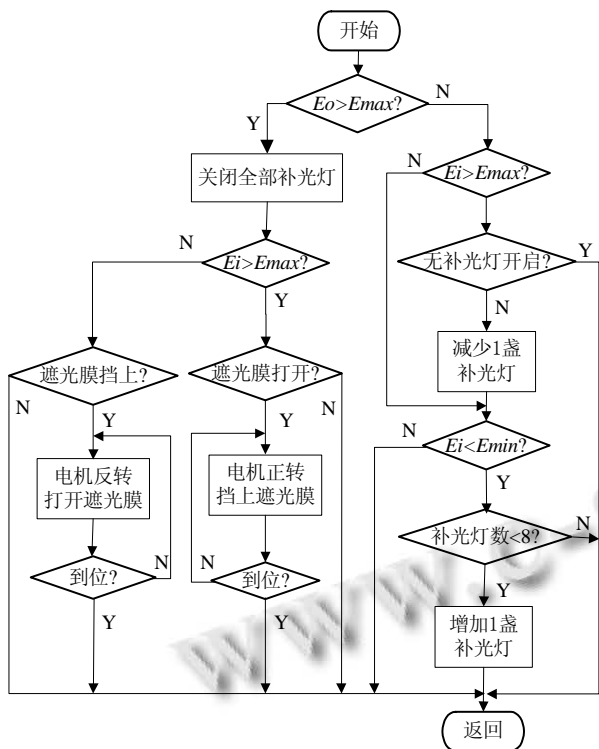


图 5 光照度控制程序流程图

3 结语

系统选用具有一定透光率的黑色遮光网作为遮阳膜,安装 8 盏补光灯。根据表 1 提供的甜瓜的光饱和点和光补偿点的数值对该系统进行了测试试验。由 12 号键切换为手动工作模式状态下,9 号键控制遮光膜打开,11 号键控制遮光膜挡上,1~8 号键控制开启相应数量的补光灯。由 12 号键切换为自动工作模式,通过键盘输入作物编号为 01,在光饱和点为 60klx、光补偿点为 1.5klx 时测试的结果如表 2 所示,表中的光照强度单位均为 klx。实验表明:在自动模式下,当室内外光照度高于光饱和点时遮光膜是打开的;室内光照度不足时,自动开启一定数量的补光灯;当室内光照度适宜时补光灯的开启数量不变。

随着温室产业的发展和生产水平的提高,带有补光功能的温室光照控制系统的开发和应用显得越来越重要。该系统有自动和手动两种灵活的工作模式,在自动模式时只需要输入作物编号就自动控制遮光膜和补光灯使温室内的光照度保持在作物生长的适宜范围,具有经济实用、使用方便的优点,弥补了人工控制时要求工作人员有丰富的经验的缺陷,结合温湿度控制

系统,可为温室中作物提供更好的生长条件,具有很好的应用价值。

表 2 系统测试结果

室外光照度	室内光照度初值	室内光照度终值	补光灯开启数量	遮光膜状态
72.1	63.4	56.2	0	挡上
72.1	43.8	51.4	0	打开
7.8	75.2	54.7	6	打开
7.8	1.1	9.7	1	打开
7.8	37.4	37.4	4	打开
7.8	46.5	46.5	5	打开

参考文献

- 田世华,王跃琴,冉运琴.改善大棚光照条件提高果蔬产量品质.新疆农垦科技,2011,(6):19-20.
- 朱静娴.人工补光对植物生长发育的影响.作物研究,2012,26(1):74-78.
- 王艺,韦小丽.不同光照对植物生长、生理生化和形态结构影响的研究进展.山地农业生物学报,2010,29(4):353-359.
- 曹洪霞.浅谈光照对植物生态作用的影响.安徽农学通报,2010,16(3):56-57.
- 华劲松,戴红燕,夏明忠.不同光照强度对芸豆光合特性及产量性状的影响.西北农业学报,2009,18(2):136-140.
- 李静,贾春霞.浅析我国温室工程的发展历程.中国新技术新产品,2009,(2):165-165.
- 李丽丽,施伟.温室大棚智能温湿度控制系统的设计与实现.湖南农业科学,2011,21:135-138.
- 王文成,常发亮.温室大棚温湿度无线测控系统.仪表技术与传感器,2011,(3):98-100.
- 李静红.基于单片机的温室恒温控制系统设计.农机化研究,2013,35(10):174-176.
- 刘燮,吴苏晨,王瑞林.基于 BH1750 的 LCD 屏幕亮度自动调节设计与实现.硅谷,2013,(13):24-26.
- 高英明,张环月,邹念育,康哲.一种多功能照度计的设计.计算机系统应用,2012,21(3):252-255.
- 方彦军,程继红.检测技术与系统设计.北京:中国水利水电出版社,2007.
- 彭代慧,祝诗平,陈燕宾.基于虚拟仪器的温室光控系统的设计.农机化研究,2012,34(7):1-6.