

## 基于嵌入式系统的温室大棚开发设计与实现

易萍 潘丽峰

湖南涉外经济学院信息与机电工程学院, 湖南 长沙 410205

**[摘要]**随着农业生产智能化的广泛应用;农业设施智能化成为目前温室大棚等场景中的一个重要发展方向;温室大棚环境调控方式实现自动化控制监测的研究具有重要意义。其中;温室大棚中作物生长所需要的环境因素的无线检测与调控作为文章的研究方向;主要研究温室大棚环境监测控制设备的设计与实现。本设计以 MCU 作为控制中心,开发一款具有实时温湿度检测、二氧化碳浓度检测、光强检测等功能,同时该设备以 ZigBee 作为通信网络,实现温室环境智能控制的模型。通过现有的通信网络,建立起一种快捷有效的检测系统,达到实时监测远程控制温室大棚环境的目的。

**[关键词]**智能温室;温室环境调控;无线检测系统;传感器技术

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14713

中图分类号: TP274.4

文献标识码: A

## Design and Implementation of Greenhouse Development Based on Embedded System

YI Ping, PAN Lifeng

School of Information and Mechanical and Electrical Engineering, Hunan International Economics University, Changsha, Hunan, 410205, China

**Abstract:** With the widespread application of intelligent agricultural production; The intelligentization of agricultural facilities has become an important development direction in current scenarios such as greenhouses; The research on achieving automated control and monitoring of greenhouse environment regulation methods is of great significance. The wireless detection and regulation of environmental factors required for crop growth in greenhouses are the research direction of this article; Mainly researching the design and implementation of environmental monitoring and control equipment for greenhouse rooms. This design uses MCU as the control center to develop a model with real-time temperature and humidity detection, carbon dioxide concentration detection, light intensity detection and other functions. At the same time, the device uses ZigBee as the communication network to achieve intelligent control of greenhouse environment. Through the existing communication network, a fast and effective detection system is established to achieve real-time monitoring and remote control of greenhouse environment.

**Keywords:** intelligent greenhouse; greenhouse environmental regulation; wireless detection system; sensor technology

基于嵌入式系统的温室大棚的开发与设计,其研究背景与意义深远。随着现代农业的快速发展,温室大棚作为一种高效的农业生产方式,对于提高作物产量、优化种植环境具有不可替代的作用。然而,传统的温室大棚监控方式存在诸多不足,如人工监测效率低、数据不准确等问题,难以满足现代农业对于精准、高效、智能的需求。嵌入式系统作为一种先进的计算机技术,具有体积小、功耗低、性能强等显著优点,非常适合应用于温室大棚的监控系统中。通过嵌入式系统,可以实现对温室大棚内环境因素的实时监测、精准控制和数据处理,从而提高温室大棚的生产效率和品质。

因此,开展基于嵌入式系统的温室大棚的开发与设计研究,不仅有助于解决传统温室大棚监控方式存在的问题,提升温室大棚的智能化水平,还能推动农业生产的现代化进程,提高农业资源的利用效率。同时,这一研究也为嵌入式系统在农业领域的应用提供了有益的探索和参考,具有重要的理论价值和实践意义。

### 1 温室大棚的发展及尚存在的问题

上世纪 70 年代起,海外国家如美国和荷兰率先将机

械化引入农业生产,推动温室产业向集约化方向发展。这些国家通过计算机精确调控温室内的环境因素和作物养分,形成了完善的温室种植技术体系。美国不仅是最早将计算机技术应用于农业的国家之一,还在温室环境监测与控制方面建立了高精度的系统,显著提升了农业生产效率和经济效益。荷兰的玻璃温室自动化制造技术全球领先,其温室面积占全球四分之一以上,且国内 85% 的温室实现了环境自动化控制。此外,信息化、数字化农业以及遥测、网络和控制局域网等技术在这些国家的温室农业中得到广泛应用。

相比之下,我国温室大棚的研究与发展起步较晚,但近年来取得了显著进展。我国早在两千多年前就有了温室种植的雏形,而在上世纪 80 年代末和 90 年代初,开始引进并消化国外技术,进行蔬菜生长环境自动化控制的实验研究。随着“九五”期间再次引进海外先进技术,国内机构开始自主研发适合我国环境的控制系统。例如,江苏理工大学在 1996 年开发的智能环境控制系统,就为我国温室检测系统研究的发展提供了重要技术支持。

然而,尽管我国在温室大棚环境监测控制方面取得了

很大发展，但与发达国家相比仍存在差距。我国在温室环境检测技术方面需要建立更加成熟和科学的体系，同时发挥自身特色和优势，进行多因子综合因素的大系统控制研究。目前，我国农业生产中应用的主要是符合国情的节能型日光温室，而高度自动化的现代温室发展相对滞后，存在设施简陋、机械化程度低等问题。此外，我国温室农业生产以小型个体种植户为主，温室面积小且标准化程度低。因此，发展适度规模化生产和智能化温室大棚是我国现代温室农业的重要发展方向。

## 2 硬件系统设计说明

本设计拟开发一款用于温室大棚的无线检测设备模型，该模型具备主控模块、温湿度、二氧化碳浓度、光强传感器模块，同时，该模型通过无线通信网络进行通信。通过上述模块的结合，实现温室大棚的无线检测系统。

本系统结构框图如图 1，以 Arduino DUE 为中心控制模块，分别连接二氧化碳传感器、温湿度传感器、光强传感器、显示屏、和 ZigBee 通信模块。传感器采集环境参数传送到 Arduino DUE，由显示屏显示数据信息，再通过 ZigBee 进行通信，将数据传送到远程控制端<sup>[1]</sup>。

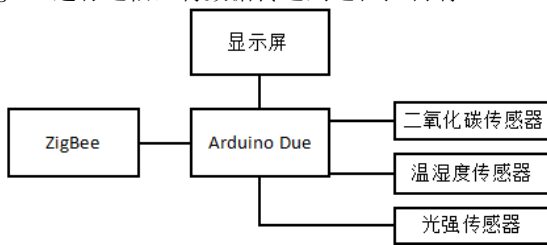


图 1 系统硬件整体结构框图

### 2.1 单片机选型

在我们日常学习中，最常用到的单片机是 51 系列单片机。51 单片机的功能非常完善，从内部硬件到软件，51 单片机系列有一套完整的按位操作系统，并且 51 单片机引脚设置和使用非常简单，因此 51 系列的应用十分广泛。然而 51 系列单片机仍存在运行速度过慢等问题。

本设计要用到的单片机是 Arduino DUE，Arduino 通常被认为更易于使用，因为它已经是一个完整的系统，用户不需要了解硬件原理即可快速上手。

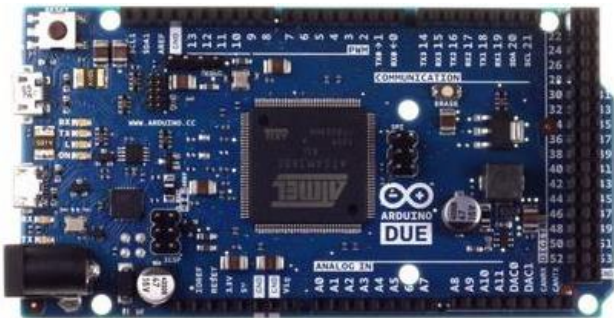


图 2 Arduino DUE 模块实物图

Arduino DUE 模块实体图如图 2，Arduino 能通过各

种各样的传感器来感知环境，通过控制灯光、马达和其他的装置来反馈、影响环境。板子上的微控制器可以通过 Arduino 的编程语言来编写程序，编译成二进制文件，烧录进微控制器<sup>[2]</sup>。对 Arduino 的编程是通过 Arduino 编程语言和 Arduino 开发环境来实现的。基于 Arduino 的项目，可以只包含 Arduino，也可以包含 Arduino 和其他一些在 PC 上运行的软件，它们之间进行通信（比如 Flash, Processing, MaxMSP）来实现。

### 2.2 系统硬件电路设计

#### 2.2.1 温湿度检测电路设计

本系统中使用的温度和湿度传感器型号是 SHT3x-DIS 温湿度传感器。该模块通过 IIC 总线与主机通信，IIC 是一种多向控制总线，可以让多个芯片同时连接到同一总线结构下，并且每个芯片都可以作为实时数据传输的控制源。IIC 设备里有一个固定的地址，只有当两条线上传输的值等于 IIC 设备的地址时，才会让 IIC 设备做出响应。图 3、图 4 为 IIC 数据传输。

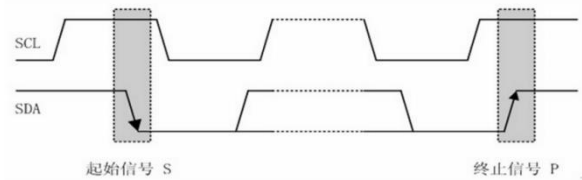


图 3 数据传输起止信号

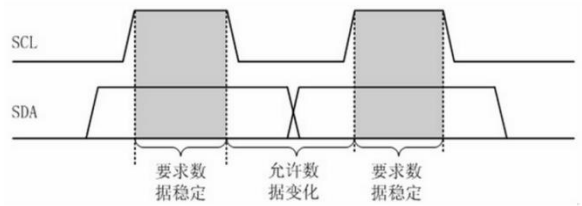


图 4 数据传输示意图

Arduino DUE 有两路 IIC 通信设备，将其按照温湿度模块管脚排布方式引出与温湿度模块进行连接，温湿度模块电路如图 5 所示。

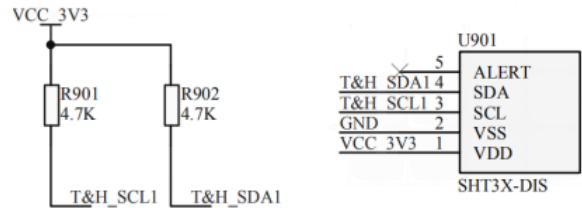


图 5 温湿度模块电路图

#### 2.2.2 二氧化碳检测电路设计

系统中使用的二氧化碳传感器型号为 MH-Z19B 二氧化碳气体传感器，是一个通用智能小型传感器，该模块与主机通过串口输出方式进行通信。将二氧化碳传感器的 Vin-GND-RXD-TXD 分别接至 Arduino DUE 的 5V-GND-TX-RX，模块电路如图 6 所示。

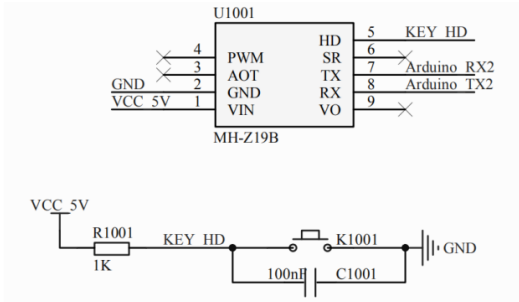


图 6 二氧化碳模块电路图

### 2.2.3 光强检测电路设计

本系统选用的光强传感器模块为 OPT3001 环境光传感器,该模块与主机通过 IIC 以及 SMBus 兼容的两线制串口方式进行通信<sup>[3]</sup>。按照光强传感器模块管脚排布方式引出 Arduino DUE 接口,与光强模块进行连接,图 7 为光强模块电路,图 8 为引出端子电路图。

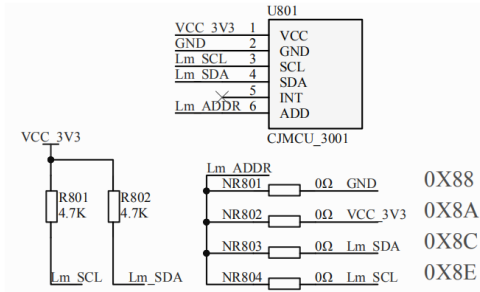


图 7 光强模块电路图

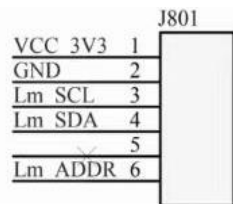


图 8 引出端子电路图

### 2.2.4 ZigBee 通信电路设计

本设计使用 Z-0001 ZigBee 通信模块,该模块通过串口输出方法与主机通信。模块串口接收器 UART0\_RX(相应的引脚 P0.2)连接到 Arduino DUE 控制器串口的 TX 端口,模块串口发送器 UART0\_TX(与引脚 P0.3 相对应)连接到 Arduino DUE 控制器串行端口的 RX 端口。ZigBee 模块电路如图 9 所示。

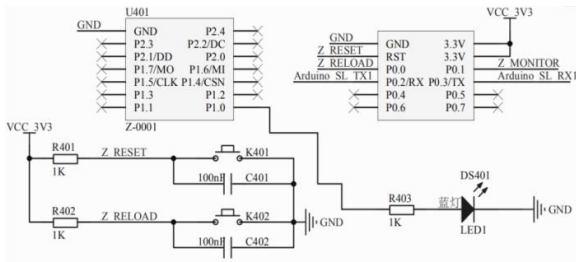


图 9 ZigBee 模块电路

## 3 软件系统设计说明

本设计的硬件以 Arduino DUE 作为控制核心,结合温、湿度传感器,光强传感器,二氧化碳传感器模块,获取到环境参数,在显示屏显示数据,并且通过 ZigBee 模块发送数据到服务器<sup>[4]</sup>。

软件的总体流程图如图 10 所示,首先进行初始化,包括 I/O 初始化,串口的初始化, IIC 通信端口初始化,显示屏的初始化,然后进行数据的采集,将数据显示到屏幕上,接着通过无线模块发送数据,这是一个完整的流程。

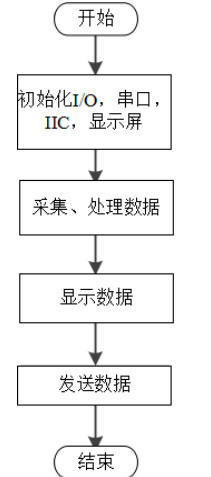


图 10 软件总体流程图

### 3.1 软件开发环境

本系统采纳的核心硬件组件为 Arduino 单片机系列中的 Arduino DUE。而负责软件编程的平台,我们选用了 Arduino IDE,这是一款基于 Java 语言开发的开源软件工具。Arduino IDE 所运用的编程语言,是在布线语言 (Wiring language) 的基础上进一步发展的产物,它实质上是 AVR GCC 库的两个封装包,为开发者提供了极大的便利。这款 IDE 无需开发者具备深厚的微控制器 (MCU) 或编程基础,仅需通过简短的学习,便能迅速上手并开发出实用的项目。

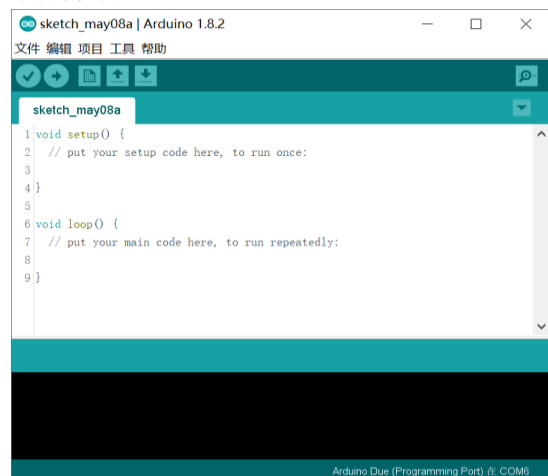


图 11 Arduino IDE 界面

Arduino IDE 作为 Arduino 开源代码的集成开发环境，其用户界面设计得相当友好，编程语法也做到了极致的简化，使得程序的编写、编译以及下载都变得异常便捷。这些特性共同促成了 Arduino IDE 在 Arduino 程序开发中的广泛应用<sup>[6]</sup>。在图 11 中，我们展示了 Arduino IDE 的直观界面，它清晰地呈现了编程环境的主要布局和功能区域。

### 3.2 传感器模块程序设计

#### 3.2.1 温湿度模块程序

该模式采集流程如图 12，首先初始化 IIC 通信端口，主机发送数据读取指令到从机，从机收到指令后返回数据，主机读取数据，然后对数据进行校验，校验成功后对数据进行处理得出结果，校验失败则再次发送读取数据命令，直到完成数据读取。

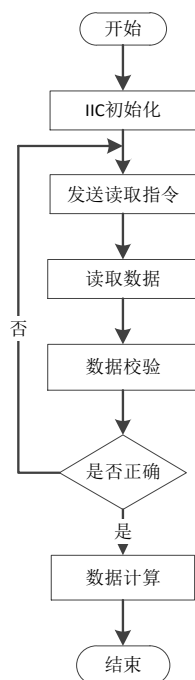


图 12 温湿度模块采集流程

#### 3.2.2 二氧化碳模块、光强模块程序

本系统使用的二氧化碳传感器为 MH-Z19B 二氧化碳传感器，具有很好的选择性和无氧气依赖性，寿命长。内置温度补偿时具有数字输出、模拟输出及 PWM 输出方式可供选择。在本系统中采用数字输出方式，只需要通过串口发送读取数据指令即可获得二氧化碳数据。关键代码如下所示：

```

void CO2_com() {
    int cnt = 0;
    //co2 传感器为串口控制
    //控制指令
    char A[9] = {0xFF, 0x01, 0x86, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x79};
    Serial1.write(&A[0], 9);
}
    
```

```

delay(20);
//检测读取 co2 返回的数据
while (Serial1.available() > 0) {
    int rxBuf = Serial1.read();//读取一个字节
    dataBuf[cnt++] = rxBuf;//把读取到的一个字
节添加到数组里
    if (cnt >= 3) {//连续读取三个字节后
        beginFlag = false;//未知
        cnt = 0;//数组脚标置零
        CO2 = dataBuf[1] * 256 + dataBuf[2];//计算
co2 的值，第二个字节为高位，第三个字节为低位
    }
}
}
}
    
```

本系统使用的光照传感器为 OPT3001，该传感器测量范围可达 0.01lux 至 83k lux，通过 IIC 与主机进行通信。关键代码如下所示：

```

void get_LUX() {
    //i2c 发送
    Wire.beginTransmission(x44); //开始发送数
据到从机设备，地址 0x44
    Wire.write(x89); //发送数据 0x89
    Wire.endTransmission(); // 停止传输
    Wire.requestFrom(x44, 2); // 告诉从机设
备 0x44，主机要读取两个字节的数
据
    while (Wire.available()) //检测从机返回的数据
    {
        msb = Wire.read(); //读取第一个字节
        lsb = Wire.read(); //读取第二个字节
    }
    raw = (msb << 8) | lsb; //高位左移 8 位，相
当于*256；msb 作为高 8 位，lsb 为低 8 位，相当于一个
uint16 类型。等效于 raw = msb*256 + lsb;
    /* Convert to LUX 转换为 lux */
    result = raw & 0x0fff;//获取低 12 位的值
    exponent = (raw & 0xf000) >> 12;//获取高 4
位的值
    L = result * 0.01 * pow(2, exponent);//计算
光照强度低 12 位的数值*0.01*2 的 exponent 次方(获取
高 4 位的值)
    //根据传感器的资料计算
}
}
    
```

## 4 系统实现

### 4.1 系统调试

本系统经过硬件设计，完成电路板的研制，同时也完

成了传感器的选型，温湿度传感器使用工业级传感器 SHT3x-TDS，二氧化碳传感器使用 MH-Z19B，光强传感器使用 OPT3001，无线模块使用德州仪器的 CC2530 无线模块，显示屏选用分辨率为 480x320 的 TFT 彩色液晶显示屏，主控模块使用 32 位单片机 Arduino DUE。

在完成系统设计后进行软件设计，规划了软件流程，并且编写了每个模块的驱动程序。完成系统的硬件设计和软件设计后需要对系统进行测试，将所有模块按照电路原理图进行连接，得到系统实物，温湿度模块，光强传感器模块，二氧化碳模块，背面为无线通信模块 ZigBee 和主控 Arduino DUE。

配置完成后将模块断电重启，通过 USB 连接到电脑，用串口调试助手进行测试。正确选择波特率后打开串口进行数据传输设置，路由器接收到协调器的数据，协调器也接收到来自路由器的数据。

#### 4.2 无线检测模块测试

在整体测试之前需要对单个传感器进行测试。图 4.2 为温湿度传感器测试数据，测试环境为室内，设置的采样间隔为 1 分钟。通过数据可以看出模块可以采集到环境温度、湿度数据，温度数据较为均匀，波动小，而湿度数据存在一定的波动，通过分析发现这是由当前测试环境影响的，在测试的过程中有湿度较大的物体接触了模块造成数据波动<sup>[6]</sup>。

图 13 光强传感器测试数据为光强传感器测试数据，测试环境为室内，采样间隔 1 分钟，测得数据为 570lux 左右，经过查阅资料可知，夏天室内光强为 100-550lux，测量数据较为准确。

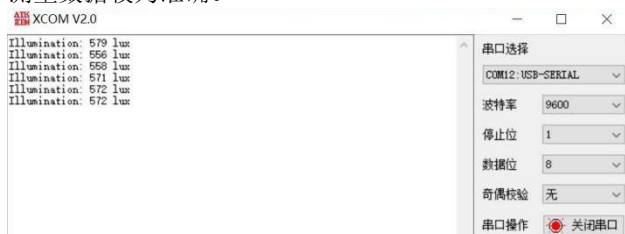


图 13 光强传感器测试数据

图 14 二氧化碳传感器测试数据为二氧化碳传感器测

试数据，测试环境为室内，采样间隔 1 分钟，得到的二氧化碳浓度为 800ppm 左右。



图 14 二氧化碳传感器测试数据

根据监测数据显示，白天各环境指标随着时间变化数值有比较明显改变，当数据超过阈值时，客户端能及时发出警报通知，方便用户查看处理。管理员用户可以根据作物生长习性灵活设置各环境指标阈值。

基金项目：2023 年国家级大学生创新训练计划项目“基于嵌入式的温室大棚的开发与设计”（项目编号：S202312303060）；2024 年省级大学生创新训练计划项目“基于嵌入式的智能门锁设计”（项目编号：S202412303084）。

#### [参考文献]

- [1]孙启昌,王婉星.基于嵌入式的温室大棚远程视频监控系统设计[ J].杨凌职业技术学院学报,2024,23(2):13-16.
  - [2]朱婧玮.基于嵌入式系统的温室大棚管控系统设计[ J].南方农机,2023,54(5):22-25.
  - [3]邹彬.基于物联网的温室大棚监控系统研究与设计[ D].陕西:延安大学,2022.
  - [4]孙启昌.基于嵌入式温室大棚环境监控系统设计与实现[ J].热带农业科学,2022,42(5):94-98.
  - [6]陈元威.基于嵌入式的温室大棚环境监控系统设计[ J].工业控制计算机,2021,34(7):162-163.
  - [6]李刚.基于 STM32 单片机的温室大棚智能监控系统的设计[ D].四川:四川农业大学,2020.
- 作者简介：易萍（2004.10—），女，汉族，湖南怀化人，就读于湖南涉外经济学院信息与机电工程学院。