

# 高级传感器技术课程答辩

题    目    \_\_\_\_\_温室环境参数实时检测系统\_\_\_\_\_

班    级    \_\_\_\_\_电子信息\_\_\_\_\_

姓    名    \_\_\_\_\_

学    号    \_\_\_\_\_

指导教师    \_\_\_\_\_古丽米拉、王磊、张婧婧\_\_\_\_\_

答辩时间    \_\_\_\_\_2021    年    6    月    25    日\_\_\_\_\_

## 1. 项目研究背景

### 1.1 研究意义

近年来,随着农业生产技术水平的不断提高,温室大棚得到了广泛的推广应用<sup>[1]</sup>,农业逐渐步入现代化<sup>[2]</sup>。物联网互联网技术的发展使得农业大棚也朝智能化不断改进,物联网在农业生产环节适用较广,依据物联网的农业提升方案,通过实时采集并分析处理现场数据,实现提高农业生产效率、增加收益、减少损耗的目的。以 STM32 作为主控单位<sup>[3]</sup>,将传感器、物联网技术以及移动通信与农业种植相结合,实现对农业大棚环境数据采集以及上传显示,大大降低工作负担,实现种植逐渐向工业化、模块化和多样化方向发展。

### 1.2 国内外研究现状

20 世纪 70 年代末,国外计算机温室环境模糊控制系统有较早的研究,首先东京大学采用单因子模糊控制的方式,成功研制出微型的计算机专用温室环境模糊控制系统,但其系统控制效果不佳<sup>[4-6]</sup>。

随着人工智能计算机科学信息技术的进步和发展,以色列也推出了通过人工智能计算机自动调控温室内部环境参数的一种现代化微型温室;80 年代初,微型温室计算机智能控制技术也逐渐发展起来,欧美也推出了以微型温室计算为技术核心的微型温室内部环境智能计算机控制环境管理系统<sup>[7]</sup>。

目前,国外对温室内部环境智能控制系统技术趋于智能化和成熟化。我国温室的发展与国外发达国家相比,仍有一些差距,温室环境调控依赖经验、监测环境参数较少和通讯方式落后等一系列问题亟需解决。

江苏理工大学在工业控制计算机的技术的基础上,搭建了一套可综合调控的温室内四种主要智能环境参数的智能控制环境管理系统<sup>[8]</sup>。2017 年,张瑞雪<sup>[9]</sup>对温室智能控制技术进行归纳,提出了将常规 PID 控制和模糊控制复合起来的模糊 PID 控制技术,并设计了不同的改进型模糊 PID 控制器进行了分析对比,结果证明模糊 PID 控制较传统控制方法具有明显的优势。2018 年,邢希君<sup>[10]</sup>基于多变量控制方法设计了一套结合 ZigBee 无线通信技术、计算机智能控制技术和物联网技术的温室智能控制系统。就目前我国温室的发展现状来看,温室的发展已经到了一个智能先进和自动化控制的关键时期,但是国内的温室多变量控制系统还

有一些性能和技术上的不足与缺陷，而且成本较高，很难被广泛应用到实际温室中。因此，国内还需要加大在温室多变量控制方面的研究力度。

## 2、项目方案论证

温室大棚存在很多的环境因子，环境因子之间相互影响，具有较大的耦合性，对于温室大棚来说，空气湿度、CO<sub>2</sub>、光照等环境因子都比较重要，温室大棚的智能控制就是对环境因子的调控，以达到最适宜作物的生长。

### 2.1 温度因子实时数据采集

温度是决定作物生长质量的关键因素。温度对作物的生长、发育的各个时期影响都特别大，在适宜温度范围内，当温度升高时，作物的光合作用和蒸腾作用会加强，相关的生理活动增大，有利于作物的新陈代谢，促进作物的生长发育。在极限温度范围之外，过高的温度会促进作物的蒸腾作用，作物体内的水分快速流失，最终造成作物枯萎直至死亡，过低的温度会降低作物的光合作用，影响作物的生长活性，最终会造成作物冻伤死亡。因此为了促进作物正常生长，应该将温度控制在其生长的适宜温度范围内，但不能超出极限温度范围。项目采用 DS18B20 对温度因子进行实时数据采集。

DS18B20 传感器的温度测试范围为-55℃-125℃，满足了项目需求，它的适应电压范围是 3.0V~5.5V。DS18B20 是美信公司的一款温度传感器，单片机可以通过 1-Wire 协议与 DS18B20 进行通信，最终将温度读出。1-Wire 总线的硬件接口很简单，只需要把 DS18B20 的数据引脚和单片机的一个 IO 口接上就可以了。硬件的简单，随之而来的，就是软件时序的复杂，所以需要添加 DS18B20 温度传感器软件包以便开发。

### 2.2 光照因子实时数据采集

光照在影响作物的生长当中，主要包括光照强度和光照时间。充足的光照可以为作物的光合作用提供足够的能量，促进作物的生长。当光照时间较短或者光照强度较小，会影响到作物的光合作用，造成不能有效的累计能量，作物生长缓慢。当光照的强度大或者光照时间长，则容易对作物造成灼伤甚至死亡。项目利用光敏电阻器来实时采集光照数据。

光敏电阻器一般用于光的测量、光的控制和光电转换（将光的变化转换为电的变化）。常用的光敏电阻器硫化镉光敏电阻器，它是由半导体材料制成的。光敏电阻器对光的敏感性（即光谱特性）与人眼对可见光（0.4~0.76） $\mu\text{m}$  的响应很接近，只要人眼可感受的光，都会引起它的阻值变化，满足了项目需求。

## 2.3 Co2 因子实时数据采集

Co2 是作物光合作用的重要物质，合适的 Co2 浓度是光合作用的所需要的重要能量来源，直接影响作物中有机物的合成。合适的 Co2 浓度促进作物更好的生长，当 Co2 浓度过高时，作物在发育的过程会出现对有机物的渗漏，影响作物的发育生长；当 Co2 浓度过低时，作物的光合作用不充分，影响了碳水化合物的产生，进而影响到作物的生长发育。项目通过二氧化碳变送器实现对 Co2 浓度数据的实时采集。

二氧化碳变送器（RW-CO2-No1-2）是一款高精度温湿度变送器，外形美观小巧，标准导轨结构设计，接线简单，便易安装。使用进口高精度探头，保证了产品的优异测量性能。超强稳定性和抗干扰能力，产品防护性能强，一级防雷保护，RS485 接口，可以多个模块共同接入总线组网，实时监控多个现场的环境。

## 3.软硬件设计实现

### 3.1 开发环境

#### (1) STM32CubeMX

STM32Cube 是一个全面的软件平台，包括了 ST 产品的每个系列。平台包括了 STM32Cube 硬件抽象层(STM32 抽象层嵌入式软件，确保在 STM32 系列上最大化的便携性)和一套的中间件组件(RTOS, USB, FatFs, CP/IP, Graphics 等等)。STM32Cube 主要具备以特性：

- 直观的 STM32 微控制器的选择和时钟树配置
- 微控制器图形化配置外围设备和中间件的功能模式和初始化参数
- C 代码生成项目覆盖 STM32 微控制器的初始化符合 IAR™, Keil 的™ 和 GCC 编译器

#### (2) RT Thread

RT-Thread 是一个嵌入式实时多线程操作系统，基本属性之一是支持多任务。RT-Thread 主要采用 C 语言编写，方便移植。它把面向对象的设计方法应用到实时系统设计中，使得代码风格优雅、架构清晰、系统模块化并且可裁剪性非常好；而对于资源丰富的物联网设备，RT-Thread 又能使用在

线的软件包管理工具，配合系统配置工具实现直观快速的模块化裁剪，无缝地导入丰富的软件功能包。相较于 Linux 操作系统，RT-Thread 体积小，成本低，功耗低、启动快速，除此以外 RT-Thread 还具有实时性高、占用资源小等特点，非常适用于各种资源受限（如成本、功耗限制等）的场合。

3.2 功能模块设计与实现

3.2.1 总体设计

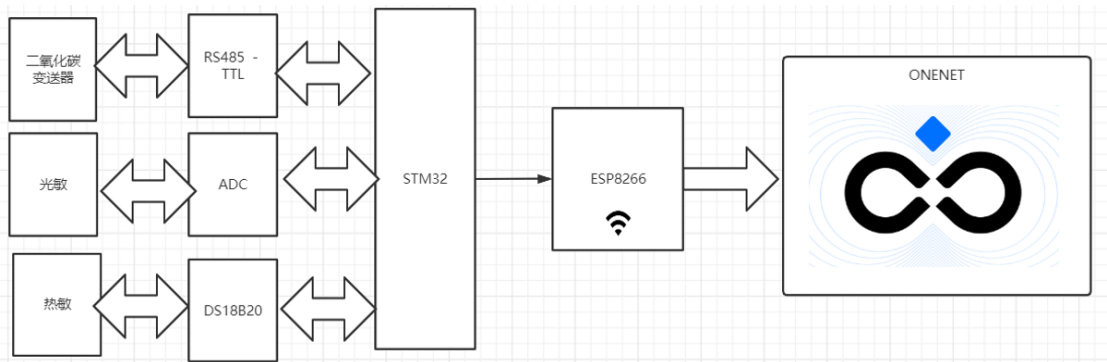


图 3-1 总体设计图

以 STM32 作为主控单位，在将传感器与物联网技术相结合，实现对农业大棚环境数据的实时采集以及上传显示。

3.2.2 信息采集子系统

(1) 光照强度实时采集模块

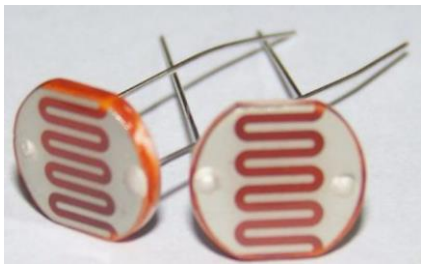


图 3-2 光敏电阻

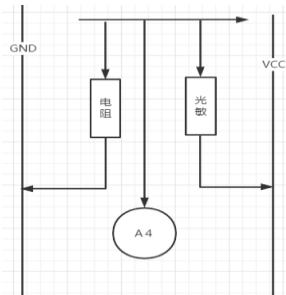


图 3-3 光敏电阻接线图

如图 3-3，光敏电阻直接串在电路里显然很不科学，因为这个电路实际应用的话必须考虑光敏电阻的功耗和发热。简单的做法是用光敏电阻和一个定值电阻构成分压电路，而且在有了这个分压电阻后光敏电阻两端的电压变化才能被检测到。

利用 ADC 采集光照传感器的数据，现场信号在进行 A/D 转换之前首先要经过传感器转换为电信号，即将现场的非电信号转换为电模拟信号，经传感器转换后的信息多数为电阻、电容、电感、电压、电流及频率与相位的变化等电学量。

ADC 的信号输入就是通过通道来实现的，信号通过通道输入到单片机中，单片机经过转换后，将模拟信号输出为数字信号。如图 3-4 在 Cube 中完成外设配置。

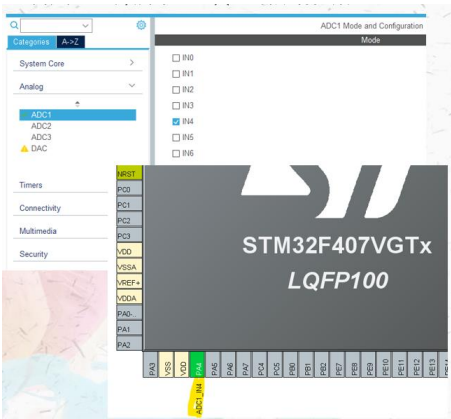


图 3 -4 ADC 配置

如图 3-5，创建一个线程，获取数值，上传到云端。

线程

```
adc_conv_tid = rt_thread_create("adc_conv",
                                adc1_poolForConv_entry,
                                RT_NULL,
                                2 * 1024,
                                RT_THREAD_PRIORITY_MAX / 2+1,
                                20);
```

获取数值

```
HAL_ADC_Start(&hadc1);
HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1,100);
adc_conv_result[0] = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);
```

上传到onenet

```
onenet_mqtt_upload_digit("lightStr", adc_conv_result[0])
```

//轮询模式，需放在循环中不断开启

//等待转换完成，第二个参数表示超时时间，单位ms

//获取转换结果

图 3-5 上传数据

（ 2 ）室内温度实时采集模块

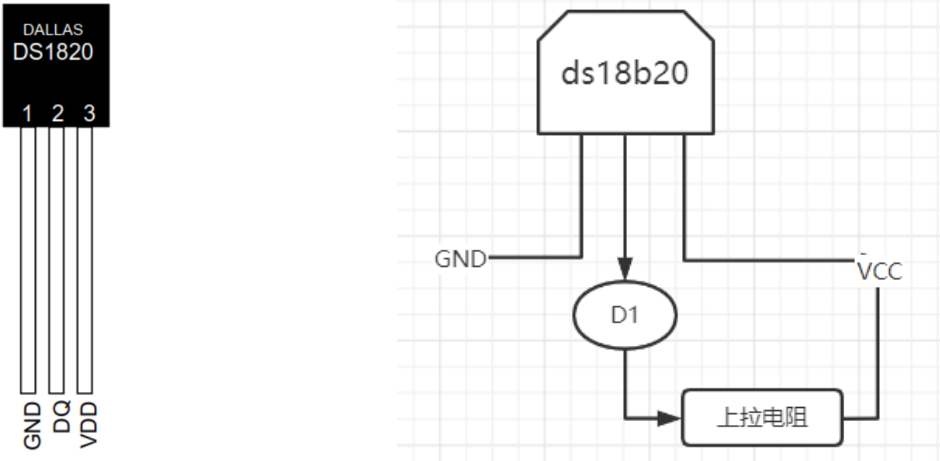


图 3-6 DS18B20

图 3-7 DS8B20 接线图

如图 3-7，产家在设计时，可能会省略掉电阻，使得 IO 端口处于开漏或开集电极状态，这种情况下如果要正常使用这个 IO 端口，就需要补全电路，否则不能输出高低电平。DS18B20 是单线通信，即接收和发送都是这个通信脚进行的。其接收时为高电阻输入，其发送时是开漏输出，即输出 0 时通过三极管下拉为低电平，而输出 1 时，则为高阻，需要外接上拉电阻将其拉为高电平。因此，需要外接上拉电阻，否则无法输出 1。

如图 3-8，创建一个线程，获取数值，上传到云端。

线程

```
cloud_tid = rt_thread_create("onenet_senddata",
                              onenet_sensordata_upload_entry,
                              RT_NULL,
                              2 * 1024,
                              RT_THREAD_PRIORITY_MAX / 3 - 1,
                              &static void read_ds18b20_entry(void *parameter)
                              {
                                  rt_device_t dev = RT_NULL;
                                  rt_size_t res;

                                  dev = rt_device_find(parameter);
                                  //....待填充....
                                  rt_device_control(dev, RT_SENSOR_CTRL_SET_ODR, (void *)100);
                                  //....待填充....
                                  res = rt_device_read(dev, 0, &sensor_data, 1);
                                  value = sensor_data.data.temp / 10;
                                  onenet_mqtt_upload_digit("temperature", value)
                              }
```

获取数值

上传到onenet

图 3-8 上传数据

(3) CO2 浓度实时采集模块



图 3-9 二氧化碳变送器

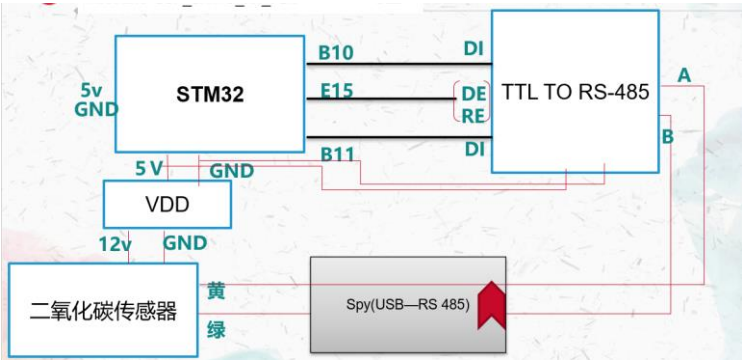


图 3-10 接线图

该变送器进行 CO2 浓度测量，反应迅速灵敏，避免了传统电化学传感器的寿命及长时间漂移问题，广泛适用于农业大棚，花卉培养、食用菌种植等需要 CO2 及温湿度监测的场合。模拟量信号输出，4-20mA、0-10V、0-5V 可选。设备 10-

30V 宽压供电，外壳防护等级高，能适应现场各种恶劣条件。该变送器采用 RS-485 接口。长距离布线会有信号衰减，而且引入噪声和干扰的可能性更大，在线缆 A 和 B 上的表现就是电压幅度的变化，但是 RS-485 采用差分线的好处就是，差值相减就会忽略掉干扰依旧能输出正常的信号，把这种差分接收器忽略两条信号线上相同电压的能力称为共模抑制。

嵌入式开发中，UART 串口通信协议是我们常用的通信协议（UART、I2C、SPI 等）之一，全称叫做通用异步收发传输器（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter，RX：接收数据输入引脚。TX：发送数据输出引脚）。



图 3-11 控制引脚序号图

```
#define BSP_USING_UART3
#define BSP_UART3_TX_PIN    "PB10"
#define BSP_UART3_RX_PIN    "PB11"
```

图 3-12 定义 UART 引脚

如图 3-10、3-11，短接 TTL 转 RS-485 模块的 DE、RE 引脚并且外接到 STM32 的 E15 引脚（根据 pin index 查询相关驱动文件可知，79 对应 E15），将 DI、RO 分别接到 B10、B11 引脚（图 3-12），TTL 转 RS-485 模块基于 UART 协议与 STM32 进行通信。

如图 3-13，创建一个线程，获取数值，上传到云端。

```
static int mb_master_start(void)
{
    static rt_uint8_t is_init = 0;
    rt_thread_t tid1 = RT_NULL, tid2 = RT_NULL;
    //.....
    tid1 = rt_thread_create("rs485Poll", rs485_master_poll, RT_NULL, 1024, MB_POLL_THREAD_PRIORITY, 10);
    rt_thread_startup(tid1);
    //.....
    tid2 = rt_thread_create("rs485Send", rs485_send_thread_entry, RT_NULL, 512, MB_POLL_THREAD_PRIORITY+1, 10);
    rt_thread_startup(tid2);
}

线程

获取数值    error_code = eMBMasterReqReadHoldingRegister( SLAVE_ADDR, 0, 2, 200);

            value = usMRegHoldBuf[0][1]*0.1;
            value = usMRegHoldBuf[0][0]*0.1;

上传到onenet    cloud_tid = rt_thread_create("onenet_senddata",
                                                onenet_sensordata_upload_entry,
                                                RT_NULL,
                                                2 * 1024,
                                                RT_THREAD_PRIORITY_MAX / 3 - 1,
                                                5);

                onenet_mqtt_upload_digit("air_temp", (int)value)
                onenet_mqtt_upload_digit("air_humi", (int)value)
```



图 3-13 上传数据

3.3 云端数据展示子系统

3.3.1 WIFI 模块

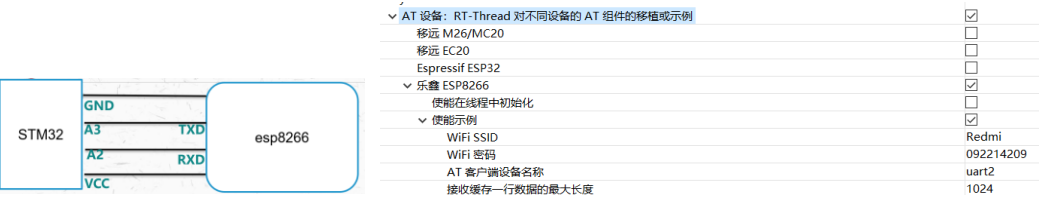


图 3-14 esp8266 接线图

图 3-15 组件配置图

ESP8266 是一款超低功耗的 UART-WiFi 透传模块，可将用户的物理设备连接到 Wi-Fi 无线网络上，进行互联网或局域网通信，实现联网功能。

3.3.2 ONENET

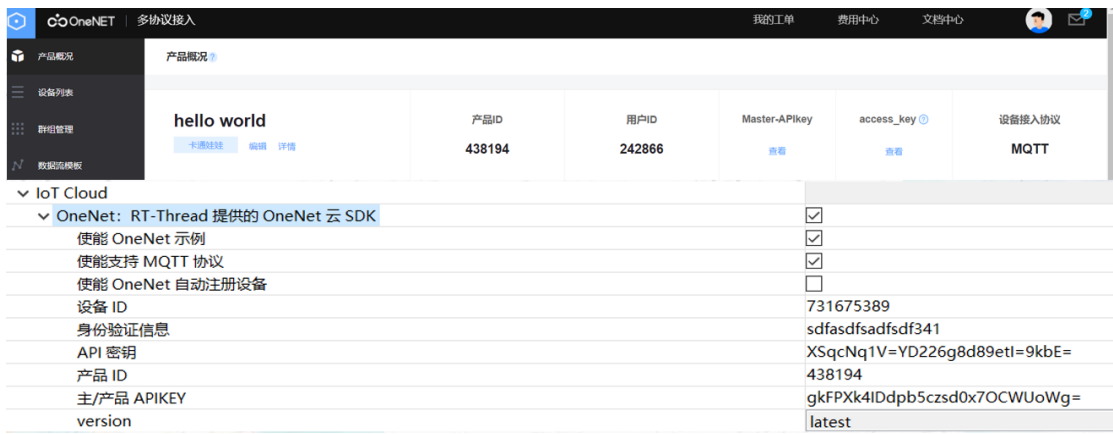


图 3-16 ONENET 配置

3.4 程序烧录

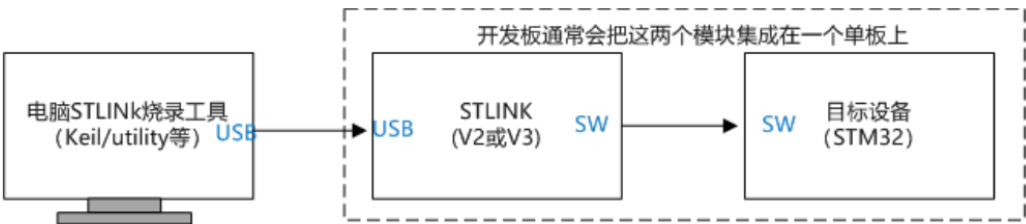


图 3-17 ST-Link 烧工具

ST-LINK 的 VCC, GND, SWDIO, SWCLK 与 STM32 的四个引脚对应连接。安装了 ST-LINK 驱动后，如图 3-18 所示。表示驱动已经安装完成。（要将 stlink 连接到电脑才会出现）。 点击 download，将程序从 PC 烧录入 STM32。



图 3-18 ST-Link

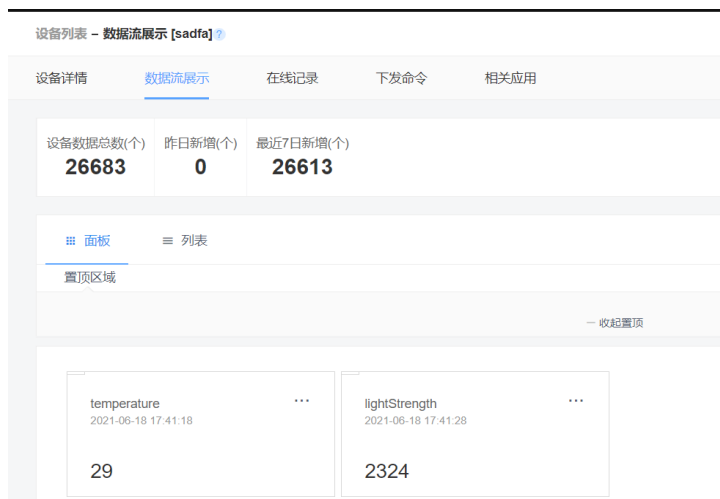
#### 4.实现结果描述

(1) 连接并选择了串口端口 (com4)后, 就能在 RtThread 的终端输出 STM32 传来的信息。

```
[I/main] adc1 result=1878
[I/main] adc1 result=1884
[I/main] adc1 result=1880
[I/main] adc1 result=1884
[I/main] adc1 result=1880
temp: 30.1C, timestamp:43407
[I/main] adc1 result=1884
[I/main] adc1 result=1884
[I/main] adc1 result=1884
[I/main] adc1 result=1882
[I/main] adc1 result=1916
[I/main] adc1 result=1908
[I/main] adc1 result=1932
[D/main] buffer : {"temperature":30}
[D/main] buffer : {"temperature":30}
[I/main] adc1 result=2104
[I/main] adc1 result=2488
[I/main] adc1 result=2934
temp: 30.1C, timestamp:44415
[I/main] adc1 result=3124
[I/main] adc1 result=3228
[I/main] adc1 result=3324
[I/main] adc1 result=3370
[I/main] adc1 result=3400
[I/main] adc1 result=3404
```

图 4-1 端口传回的信息

(2) 登录 ONENET, 查看云端实时数据:





## 5.对比分析

农业生产环境的实时监测是智慧农业推广应用的保障，现有数据传输模块和环境监测装置可以很容易实现农业生产过程数据的实时采集和远程传输，然而为了有效实现农业生产过程数据的存储和监测，需要搭建专用服务器的同时进行复杂的服务器编程工作。针对上述问题，设计一种基于 OneNET 物联网开放平台的智慧农业监测系统，该系统在使用 OneNET 物联网开放平台进行农业生产过程数据存储和监测的基础上，配合 WIFI 传输模块和农业环境数据监测装置实现面向智慧农业的监测系统开发。经验证，该智慧农业监测系统具有开发成本低、生产周期短、部署便利以及可视化展示方便等优点。

本系统的不足之处在于缺少控制系统不能对异常情况及时做出反应，一个完善的温室系统应具备执行机构。执行机构能依据控制信号做出相关的状态转换，

实现对温室环境变量的调整。温室大棚的智慧农业大棚测控系统，实时显示温室环境信息，方便现场人员操作和人工远程操作。同时，测控系统还应该能根据温室大棚的具体信息，依据智能控制策略实现自动控制。

## 6.结论

针对远程环境监测需求的问题，设计一种基于 STM32 的远程环境实时监测系统。该系统由信息采集、云端数据展示 2 个子系统组成，系统以 STM32F407VG 单片机为主控芯片，通过 WIFI 模块联网，完成环境信息传输。信息采集子系统通过传感器网络对环境温度、二氧化碳、光照强度信息进行实时采集。测试结果表明，该系统可稳定完成实时采集和远程监控功能。

- [1]杨卫社, 孙启昌. 基于 ARM 与 Android 农业大棚监控系统的设计与实现 [J] . 自动化与仪器仪表, 2017 (6): 141-143, 146.
- [2]苑光明, 王曼娜, 丁承君, 等. 基于物联网和雾计算的温室智能感控系统设计 [J] . 传感器与微系统, 2020, 39 (8): 110-113.
- [3]王鹏辉 . 基于 STM32 的物联网温室控制管理系统设计 [D] . 合肥: 合肥工业大学, 2019
- [4] Hanna N.K..The information technology revolution and economic development[J]. World Bank Discussion Papers, 1991, 256(1):203-203.
- [5]郭世荣, 孙锦, 束胜, 等.国外设施园艺发展概况、特点及趋势分析[[J].南京农业大学学报, 2012,35(5):43-52.
- [6]吉红.自动控制在国外设施农业中的应用 f J].农业资源与环境学报, 2007, 24(5):52-54.
- [7]刘俊, 宋宝林.国际温室蔬菜、花卉种植状况与应用中的先进技术[f].当代畜禽养殖业, 2013,(12):45-46.
- [8] Xu D., Du S., Willigenburg L.G.V. Optimal control of Chinese solar greenhouse cultivation[J].Biosystems Engineering, 2018, 171:205-219.
- [9]汪军.基于模糊控制技术多变量温湿度控制系统的研究和设计 fD].山东大学, 2015.
- [10]王立舒, 侯涛, 姜森.基于改进多目标进化算法的温室环境优化控制[J].农业工程学报, 2014,30(5):131-137.