

一、ESP32 固件

（一）温控基础功能

1.1 NTC

NTC 是随温度上升电阻呈指数关系减小、具有负温度系数的热敏电阻。一个温控盒会引出 2 路 NTC，延长至大棚风口下方处，用来采集大棚环境的温度。NTC 厂家会提供一个不同阻值对应不同温度的映射表，通过 AD 转化，查表即可获取 NTC 所在的环境温度。NTC 延长线过长，会导致得到的温度在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内跳变，所以需进行简单的滤波。

- ① 2路NTC
- ② 进行简单的滤波（能够剔除异常点、去除波动）
- ③ 滤波后有效温度输出频率最小达到1HZ

1.2 继电器

220v 交流单相电机，一般有 3 根出线，公共端、正转端(运行端)、反转端（启动端）。当正转端的继电器吸合，反转端的继电器断开时，电机正转。当正转端继电器断开，反转端继电器吸合时，电机反转。当正转端和反转端的继电器都断开时电机停止。一个温控盒接入 2 路电机，每路电机控制一个大棚风口。

- ① 实现电机的正转、反转、停止
- ② 能同时控制2路电机，也能单独控制任一电机

1.3 按键

一个温控设备上有 4 个按键，由于需实现的按键功能数量比按键个数多，所以按键要进行功能复用。

1.3.1 普通模式

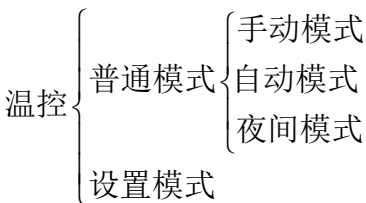
普通模式是用户正常使用时的模式，该模式下用户可通过按键选择需要控制的风口号，并通过按键对被选择的风口的电机进行开、关、停操作，通过按键对被选择的风口进行开度清零，通过按键进行手动模式和自动模式的切换。

最好不对实现风口开和风口关的按键进行功能复用，因为若误触发了电机的开和关，可能会在放风机安装过程损坏大棚。按键的复用可以有多种方式，按键的短按、按键的长按、按键的双键长按。建议按键一、二、三、四的功能如下：

- ① 短按按键一电机开、短按按键二电机关、短按按键三电机停

- ② 短按按键四进行风口的选择切换（风口1、风口2、全选）
- ③ 长按按键四进行手自动的切换
- ④ 长按按键三进入设置模式
- ⑤ 长按按键三、按键四进行风口清零

注：温控功能的模式关系如下



手动模式：该模式下停止自动控制模块，由用户手动进行电机操作
 自动模式：该模式下电机由自动控制模块操作，不理睬用户的放、关、停手动操作
 夜间模式：该模式不能通过按键进入，只能通过指令进入，但能通过按键退出。

每次开机，默认进入普通模式，普通模式的手、自、夜模式在切换后需保存。

- ⑥ 上电重启后，自动恢复上次掉电的模式

1.3.2 设置模式

设置模式是用户通过按键对控制大棚有关的参数进行设置时的模式,该模式下用户可以对参数的值进行更改和保存。

- ① 功能未确定

1.4 风口开度

风口的开度是指大棚的风口打开的长度，通过电机运行的时间进行估计，电机每分钟转的圈数可近似认为是固定的。用户会通过手机下发电机每分钟运行的厘米数，该参数应该掉电不丢失，可创建一个参数结构体用来存储这些需要掉电保存的数据，存储进 flash。

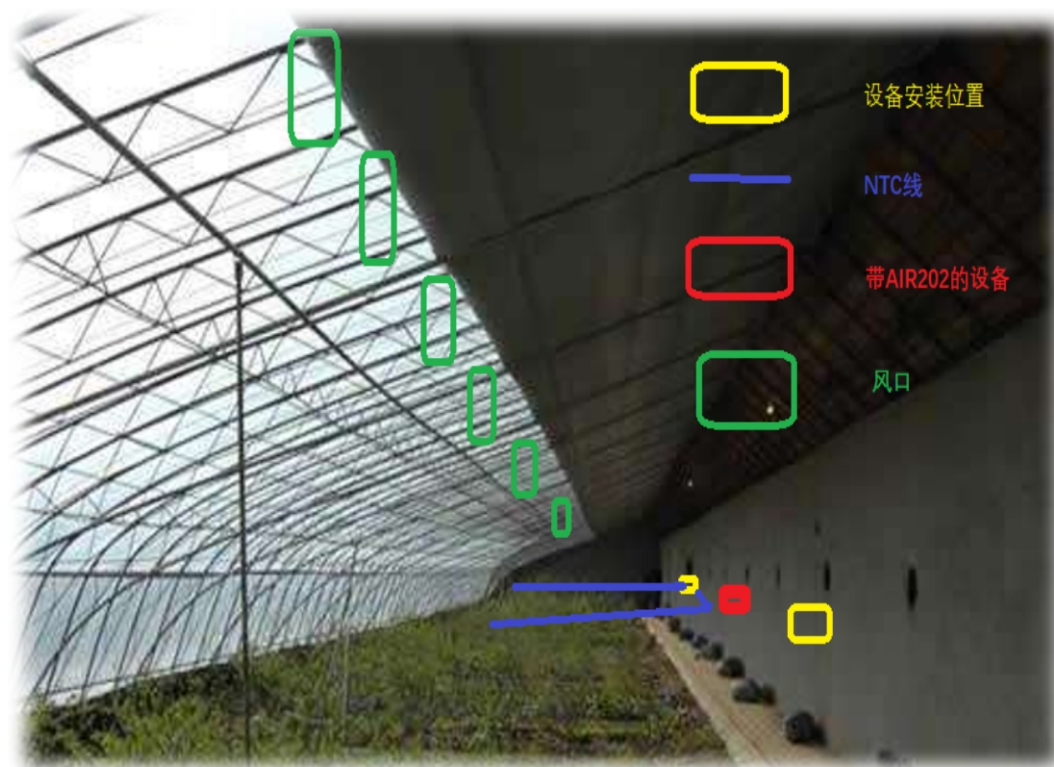
- ① 通过电机的运行状态计算风口的开度，2路风口各自独立
- ② 风口的开度掉电保存
- ③ 当开度为 0 时，风口的正常途径的关操作都失效
 当开度达到最大值（该参数由用户下方，需掉电保存），风口正常途径的开操作都失效
- ④ 数据的存储因考虑 flash 的最大写入次数，因设计一个存储规则，例如风口的变化超过一定距离、模式进行切换等情况，才进行存储操作。后期可考虑高级的存储算法，例如选择一块区域作为数据存储区，每次存储数据时，存储在之前存储位置后面的空白区域，等这片存储区都满了，进行一次擦除操作，从头开始存储。

- ④ 通过一个标记来区分当前风口的变化的操作来源（按键、指令、自动控制）

（二） 大棚控温算法

2.1 控制环境简介

大棚控温算法的目的是将大棚温度稳定在, 用户设置的控制温度上限和控制温度下限之间。NTC 探头的位置并不在大棚风口的正下方, 如下图所示, NTC 探头在风口左边 5 米左右, 高度在植物生长的高度, 冷空气从风口下沉扩散到 NTC 探头的位置, 一般需要 30~60 秒。由于外界阳光的强弱、云层的遮挡、风的方向和强度、大棚的结构等因素的共同作用, 大棚内的温度变化是非线性的, 没有太过固定的规律可循, 是非线性迟滞系统。



2.2 温控算法基础版

当前阶段, 温控算法只需实现简单的模糊控制, 能够实现大棚温度控制即可。

2.2.1 开风和关风

开风是指打开大棚压模的过程, 关风是指关闭大棚压模的过程, 开风温度和关风温度由用户设置。压模的概念如下图所示, 蓝色方块表示大棚的固定部分, 绿色部分表示大棚的活动部分。

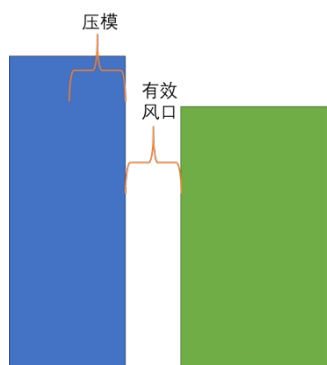


图 2-1-1

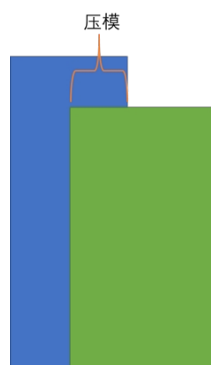


图 2-1-2

如上图 2-1-1 所示，蓝色方块和绿色方块之间的空隙为有效风口长度。如上图 2-1-2 所示，蓝色方块和绿色方块的重合部分称为压模。因为未打开压模时，有效风口为 0，所以进行自动控制，首先要打开压模。压模的长度由用户设置，电机正转压模的长度，即可打开压模。

① 大棚温度高于开风温度时，控制电机打开压模

② 大棚温度低于关风温度时，控制电机关闭压模

2.2.2 大棚控温

温控算法的开风和关风可以理解为锁，当风口温度高于开风温度，打开这把锁，开始大棚控温。当风口温度低于关风温度，关闭这把锁，停止大棚控温。通过控制电机来打开或关闭风口，对电机的控制频率不因过于频繁，在正常情况下，最多一分钟操作一次电机。主要原因是大棚系统是个非线性迟滞系统，迟滞的时间大概在 30~60s，当前的控制输入在很久之后才会产生效果。次要原因是电机的起停不因过于频繁，还有农户的使用感受。

我们将农户设置的控制温度上限和控制温度的下限的中值称为最适温度。正常情况下，农户设置的开风温度、关风温度、控制温度下限、控制温度上限、报警高温的关系如下：

关风温度 < 控制温度下限 < 开风温度 < 控制温度的上限 < 报警高温

建议控温逻辑如下：

Step1：当温度低于温度下限和高于温度上限时，才进行 Step2,开始操作电机，目的是留一个温度缓冲，减少对电机的操作频率

Step2：计算当前风口温度与最适温度的差值

Step3: 根据温度差值的大小，打开不同的风口距离，当前阶段固定温度差值，打开或关闭固定风口距离，例如差 1℃，打开 5 厘米，差 2 摄氏度打开 7 厘米，后期打开距离需要自适应。（若在风口打开或关闭过程中，风口温度达到了最适温度，则立即停止电机，进入 Step4）

Step4：根据不同的温度差值，等待不同的时间,当前的阶段等待时间固定，后期等待的时间需要自适应。

Step5: 继续 Step1

在 Step1~Step5 的过程中，若发现温度低于关风温度，则停止所有操作，关闭大棚压模。

(三) 串口段码屏

3.1 串口段码屏简介

Esp32 通过串口发送 Modbus 指令控制串口段码屏，波特率 9600，串口段码屏的地址固定为 0xFE。串口屏作为 Modbus 从设备，只会根据 Esp32 的指令被动显示。
Modbus 通讯协议格式如下：

主设备查询消息（功能码：01H）

字节号	1	2	3	4	5	6	7	8
意义	ID	功能码	数据地址		数据长度		CRC16	

从设备回应消息

字节号	1	2	3	3+N (N=数据长度)	3+N+1	3+N+2
意义	ID	功能码	数据长度	数据	CRC16	

主设备单数据写入消息（功能码：02H）

字节号	1	2	3	4	5	6	7	8
意义	ID	功能码	数据地址		数据		CRC16	

从设备回应消息

字节号	1	2	3	4	5	6	7	8
意义	ID	功能码	数据地址		数据		CRC16	

主设备连续写入消息（功能码：03H）

字节号	1	2	3	4	5	6	6+N (N=数据长度)	6+N+1	6+N+2
意义	ID	功能码	数据地址		数据长度		数据	CRC16	

从设备回应消息

字节号	1	2	3	4	5	6	7	8
意义	ID	功能码	数据地址		数据长度		CRC16	

对于主设备的消息，若从设备判断为异常时，会回复如下消息：

1	2	3	4	5
ID	异常码	01H 非法功能 02H 非法数据地址 03H 非法数据值	CRC16	

注：异常码是正常功能码的最高位加 1，如读操作 01H 的异常功能码为 81H，写单个数据 02H 的异常功能码为 82H，写多个数据的 03H 的异常功能码为 83H。

3.2 设备地址寄存器

设备地址，固定设备地址 0xFE，查询设备地址时，设备地址的信息填写为 0x00。虽然

名称	寄存器地址	字节数	操作	数据类型
设备地址	0100H	1	读	无符号整形

注：所有数据的存储是大端字节序

3.3 显示寄存器

名称	寄存器地址	字节数	操作	数据类型
显示使能	0102H	1	读/写	无符号整形
风口号	0104H	2	读/写	无符号整形
风口长度	0106H	2	读/写	无符号整形
当前温度	0108H	2	读/写	有符号整形
温度趋势	010AH	1	读/写	无符号整形
温度上限	010CH	2	读/写	有符号整形
温度下限	010EH	2	读/写	有符号整形
电机状态	0110H	1	读/写	无符号整形
控制模式	0112H	1	读/写	无符号整形

- ① 显示使能写入 0X01 后，段码屏才会使能显示，写入 0xff 会失能显示
- ② 段码屏支持的显示范围：风口号 0~99，风口长度 0~999，当前温度-99~99，温度上限-99~99,温度下限-99~99（温控的实际温度范围以 NTC 的检测范围为准）
- ③ 温度趋势：0x01 表示温度是下降趋势，0x02 表示温度是上升趋势
- ④ 电机状态：0x01 表示放，0x02 表示关，0x03 表示开
- ⑤ 控制模式：0x01 表示自动，0x02 表示手动
- ⑥ 与界面显示有关的寄存器的所有 bit 位都写入 1 时，表示不显示
- 注：一个温控盒上可能会有 2 个风口的存在，当设备不处于设置模式时，需要控制设备通过串口发送指令，控制段码屏轮询显示不同风口的数据。

（四）主从通讯

4.1 主从通讯简介

大棚安装的设备有 2 类，带 Air202 的主温控盒和不带 Air202 的从温控器，主控通过发送消息，协调并维护网络中设备的运行。主控和温控之间，与大棚控制有关的消息的格式遵循 Modbus 协议标准，具体的 Modbus 通讯协议格式与段码屏一样。

与大棚控制有关的消息只能被主温控盒发送，从温控盒只能被动回复，消息会通过组建的 wifimesh 网络发送。在极端情况下大棚现场 wifimesh 网络无法正常通讯时，会采用备用方案，将消息发送给 stm32，再由 stm32 通过 485 进行发送和接收。在备用方案的情况下，控制段码屏和大棚控制消息都是通过同一串口发送，但控制段码屏的消息会被截留，并不会

转发到 485 总线上。

4.2 大棚控制消息

4.2.1 设备地址寄存器

温控盒的段码屏正常情况，会轮询显示风口号 ID,若设备段码屏失效，可通过指令查询设备地址。此时，设备地址的信息填写为 0x00，就算网络内只存在一个温控，也会因为一个温控盒存在 2 个风口 ID，查询 ID 时发生回复冲突，为了避免冲突我们做如下规定：

功能码 04H 专门用于温控盒地址的读取：

温控盒地址的查询消息（功能码：04H）

字节号	1	2	3	4	5~16	17	18
意义	ID	功能码	数据长度		MAC	CRC16	
数据	00	04H	0CH		xxxxxxxxxxxxH	xxxxH	

注：若不知道设备的 MAC 地址，可以将 MAC 填写为 000000000000H，用这种方式进行查询时，网络内有且仅有一个设备。

若网络中存在对应 MAC 地址的设备,则回复如下格式的消息：

功能码 05H 专门用于温控盒地址查询的回复消息：

字节号	1	2	3	4	5	6	7	8
意义	ID	功能码	数据长度		风口 ID1	风口 ID2	CRC16	
数据	00	05H	02H		xxH	xxH	xxxxH	

功能码 06H 专门用于温控盒地址的写入：

温控盒地址的写入消息（功能码：40H）

字节号	1	2	3	4	5~16	17	18	19	20
意义	ID	功能码	数据长度		MAC	风口 ID1	风口 ID2	CRC16	
数据	00	06H	0EH		xxxxxxxxxxxxH	xxH	xxH	xxxxH	

注：发送功能码为 40H 的 Modbus 消息时，必须知道待更改 ID 设备的 MAC 地址

若网络中存在对应 MAC 地址的设备,更改 ID 后回复如下格式的消息：

功能码 07H 专门用于温控盒地址查询的回复消息：

字节号	1	2	3	4	5	6	7	8
意义	ID	功能码	数据长度		风口 ID1	风口 ID2	CRC16	
数据	00	07H	02H		xxH	xxH	xxxxH	

4.2.2 数据寄存器

每个风口单独虚拟一张如下的寄存器表：

名称	寄存器地址	字节数	操作	数据类型
当前温度	0100H	2	读	有符号整形
风口长度	0200H	2	读/写	无符号整形
电机状态	0202H	1	读/写	无符号整形
控制模式	0204H	1	读/写	无符号整形
温度上限	0206H	2	读/写	有符号整形
温度下限	0208H	2	读/写	有符号整形
开风温度	020AH	2	读/写	有符号整形
关风温度	020CH	2	读/写	有符号整形
报警高温	020EH	2	读/写	有符号整形
报警低温	0210H	2	读/写	有符号整形
压模长度	0212H	2	读/写	无符号整形
最大风口长度	0214H	2	读/写	无符号整形
电机转速	0216H	2	读/写	无符号整形
切自动时间	0218H	2	读/写	无符号整形
限位开关状态	021AH	1	读/写	无符号整形
温度校准一	021CH	2	读/写	有符号整形
温度校准二	021EH	2	读/写	有符号整形
电机运行时间	0220H	2	读/写	无符号整形
定时电机状态	0222H	2	读/写	无符号整形

- ①当风口长度寄存器被写入其他值时，要同步更新 flash 中存储的风口长度
- ②当尝试往电机状态写入值时，要查询一下当前的控制模式，只有处于手动模式才允许写入，写入时同步控制电机变更运动状态,若为其他模式时返回 Modbus 的异常码。
- ③当控制模式被写入其他值时，要及时更改风口的控制状态，在切换之前应先停止电机的运动。
- ④0206H~021EH 的寄存器存储的是与自动控制有关的参数，若发生更改，需要同步更新自动控制的参数和 flash 中保存的参数。
- ⑤电机运行时间和定时电机状态，只在该风口为手动模式时，才能被写入。

（五）主从业务

5.1 主从业务简介

一个大棚一般会有 3~6 个风口，会安装 1 台主机和 1~2 台从机。主机可以通过 air202 与外界通信，从机控制的风口状态只能由主机收集代发。主机采用轮询的方式收集从机风口的状态，然后将状态发送给 Air202，Air202 将消息推送到服务器。用户会设置一个推送时间，一般会设置成 5~30 分钟推送一次，推送时间作为一个参数保存在主机。

扮演主控角色的 ESP32 上，不仅运行着主从业务，还运行着风口控制业务（温控基础功能），主从业务在进行风口轮询时，不仅要轮询从机上的风口，还要轮询自身的风口，只要代码的模块化做的足够，这不难解决。自身风口的消息发送给自身，其他风口的消息通过 wifimesh 网络发送。主从业务还需处理来自 Air202 的风口控制消息，将消息发送给对应的风口。

5.2 风口状态的存储

主从业务模块应保存有所有风口的状态（掉电不保存），因为每个大棚的风口数量不确定，所以需要动态创建存储空间（若时间来不及的话，可以暂时先写死）。

建议用链表的方式动态创建存储空间，每个节点代表一个风口，存储风口的状态信息和其他与控制有关的信息。

- ① 风口链表的节点的增删改查
- ② 节点内存储风口的状态信息
- ③ 节点内存储风口的控制信息

5.3 轮询风口

目前先采用主机轮询的方式获得每个风口的信息，轮询风口的目的是为了获得风口的温度、电机状态、当前风口长度、当前的控制模式。因为不能保证主机的消息一定能收到回复，所以要消息重发机制，一定时间内未收到回复消息就重发，直至达到一定次数，标记该风口异常。虽然用户设置的消息推送时间可能很长，但我们的轮询时间应该尽量快，这样可以在第一时间发现风口异常。

- ① 定时轮询所有风口
- ② 询问失败需重发，直至达到一定次数
- ③ 轮询结果发送给 Air202

5.4 风口控制消息

主从业务需要将来自 Air202 的风口控制消息解析并执行，来自 Air202 的风口消息有的是操作某一风口，有的是操作全部风口。

- ① 状态询问消息:当 Esp32 从 air202 处收到这条消息时，从存储的风口状态里读取所有风口的温度、当前风口长度、电机状态、控制模式，回复给 Air202

- ② 控制模式切换消息:收到该消息时，需要通过轮询的方式将所有的风口切换到对应的模式。（目前 Air202 下发的该消息,只有 2 种情况,将所有风口切换为自动和将所有风口切换为手动）
- ③ 风口电机控制消息：该消息可为单独控制，也可为全部控制。需要将对应风口的电机状态切换为目标状态。（目前不要求设置电机的运行时间，可一直运行）
- ④ 风口长度清零消息：收到该消息，将全部风口的当前风口长度清零
- ⑤ 参数下发指令：参数信息十分重要，一定要保证到达所有风口

5.4 风口监督

主从业务需要扮演大棚监察员的角色，快速的上报大棚的异常并尝试处理异常。

- ① 高低温报警:用户设置的消息推送时间有长有短，不能等到推送消息的时候才将异常上报，一旦发现有风口的温度超过用户设置的高温报警值或低于用户的低温报警值，就主动推送一次异常消息（注意不要重复推送）
- ② 高低温异常处理：若发现风口处于高温低温状态，且风口处于手动模式，需要将该风口的模式更改为自动。
- ③ 风口失联报警：若超过一定时间，联系不到某一风口，则需要向 Air202 上报异常消息。