

重 庆 大 学

微 电 子 与 通 信 工 程 学 院

课 设 报 告

课程名称：通信系统综合设计与实践

年 级：2019 级

专业班级：通信工程 04 班

学 号：

学生姓名：

完成日期：2022.07.09

成 绩：

教师签名：

微电子与通信工程学院 制

二〇二一年一月



重庆大学本科学生课程设计指导教师评定成绩表

课程名称	通信系统综合设计与实践
指导教师评语	
课程设计成绩	<div>指导教师（签名）： 年 月 日</div>

说明：1、学院、专业、年级均填全称；  
2、本表除评语、成绩外均要填写。



## 重庆大学本科学生课程设计任务书

课程名称		通信系统综合设计与实践			
学院	微电子与通信工程	年级	2019	专业、班	通信工程 4 班
课题题目		低速星型无线通信系统设计			
<p>设计要求：</p> <p>（1）深入学习 Arduino 开发技能，独立完成以 Arduino 为控制平台的无线传输设备设计，实现无线方式下的信息传输；</p> <p>（2）深入理解无线网络知识，理解可靠通信原理，完成低速星型无线通信系统设计，实现网络控制与信息传递。</p> <p>基本要求：</p> <p>（1）设计包含 1 个主节点，2 个终端节点的星型无线通信系统；</p> <p>（2）PC 端基于 LabVIEW 设计可视化界面，实现数据采集、存储，曲线拟合，实现对无线通信系统的控制功能；</p> <p>（3）整个系统之间的数据传输均采用统一的通信协议（可自定义）进行。</p> <p>提高要求：</p> <p>（1）实现 3 个终端节点的无线组网通信；</p> <p>（2）实现节点灵活入网以及网络拓扑维护，实现 PC 端对任意无线设备的信道参数的设置与读取，实时显示无线节点的在网状态；</p> <p>（3）确保整个系统的可靠性和稳定性的前提下提高网络效率；</p> <p>（4）扩展发挥，设计实用环境完成无线信息传输。</p>					
<p>参考资料：</p> <p>[1] 陈吕州.Arduino 程序设计基础（第 2 版）。北京：北京航空航天大学出版社，2015.</p> <p>[2] 沈金鑫.Arduino 与 LabVIEW 开发实战. 北京：机械工业出版社，2014.</p> <p>[3] 李培毅.Arduino 实验案例指导手册（简版 0917）.</p>					
<p>课程工作计划：</p> <p>1. 2022 年 6 月 20 日 到 2022 年 6 月 24 日，深入理解掌握 Arduino 开发原理，学习完成无线设备基本设计，完成网络系统的设计方案。</p> <p>2. 2022 年 6 月 27 日 到 2022 年 7 月 1 日，完成各通信模块设计测试，完成基本组网设计。</p> <p>3. 2022 年 7 月 4 日 到 2022 年 7 月 8 日，完成整体系统程序编写与测试，完成报告编写。</p>					
<p>任务下达日期 <u>2022</u> 年 <u>6</u> 月 <u>20</u> 日      完成日期 <u>2022</u> 年 <u>7</u> 月 <u>8</u> 日</p> <p>指导教师_____（签名）</p> <p>学生_____（签名）</p>					

说明：1、本表内容由指导老师填写，签名必须手写体；

2、可根据需要自行调整课题数量。



## 目录

低速星型无线通信系统设计 .....	- 1 -
1.需求分析 .....	- 1 -
1.1 设计目的 .....	- 1 -
1.2 设计环境 .....	- 1 -
1.3 设计要求 .....	- 1 -
1.4 设计内容 .....	- 1 -
2.总体方案设计 .....	- 2 -
2.1 整体构架 .....	- 2 -
2.2 设备入网 .....	- 4 -
2.3 信息采集 .....	- 5 -
3.控制模块设计与验证 .....	- 7 -
3.1LabView 的串口工具 .....	- 7 -
3.2 串口配置模块 .....	- 7 -
3.3 串口写模块 .....	- 8 -
3.4 串口读模块 .....	- 11 -
4.通信模块设计与验证 .....	- 14 -
4.1 报文格式 .....	- 14 -
4.2 时隙划分以及中心节点对应的操作 .....	- 14 -
4.3 终端相应的操作 .....	- 16 -
5.联合调试 .....	- 17 -
5.1 入网调试 .....	- 17 -
5.2 出网调试 .....	- 19 -
5.3 采集温度湿度亮度配置 .....	- 20 -
5.4 更改信道频率 .....	- 22 -
5.5 硬件搭建 .....	- 22 -
5.6 实用环境下无线信息的传输 .....	- 23 -
心得体会 .....	- 24 -
参考文献 .....	- 28 -





## 低速星型无线通信系统设计

### 1.需求分析

#### 1.1 设计目的

(1) 深入学习 Arduino 开发技能，独立完成以 Arduino 为控制平台的无线传输设备设计，实现无线方式下的信息传输；

(2) 深入理解无线网络知识，理解可靠通信原理，完成低速星型无线通信系统设计，实现网络控制与信息传递。

#### 1.2 设计环境

(1) 硬件：Arduino Mega2560 原型板及其扩展板 1 套，Lora 无线通信模块一套，跳线多条

(2) 软件：Arduino IDE 开发软件，Labview 开发软件

#### 1.3 设计要求

基本要求：

(1) 设计包含 1 个主节点，2 个终端节点的星型无线通信系统；

(2) PC 端基于 LabVIEW 设计可视化界面，实现数据采集、存储，曲线拟合，实现对无线通信系统的控制功能；

(3) 整个系统之间的数据传输均采用统一的通信协议（可自定义）进行。

提高要求：

(1) 实现 3 个终端节点的无线组网通信；

(2) 实现节点灵活入网以及网络拓扑维护，实现 PC 端对任意无线设备的信道参数的设置与读取，实时显示无线节点的在网状态；

(3) 确保整个系统的可靠性和稳定性的前提下提高网络效率；

(4) 扩展发挥，设计实用环境完成无线信息传输。

#### 1.4 设计内容

(1) 可视化界面，PC 端基于 LabVIEW 设计一个可视化界面，实现数据采集、存储，曲线拟合。

(2) 通信协议，自定义一个通信协议，实现整个系统之间的数据传输。

(3) 无线通信组网，实现 3 个终端节点灵活入网以及网络拓扑维护，实现 PC 端对任意无线设备的信道参数的设置与读取，实时显示无线节点的在网状态，并在确保整个系统的可靠性和稳定性的前提下提高网络效率。

## 2. 总体方案设计

### 2.1 整体构架

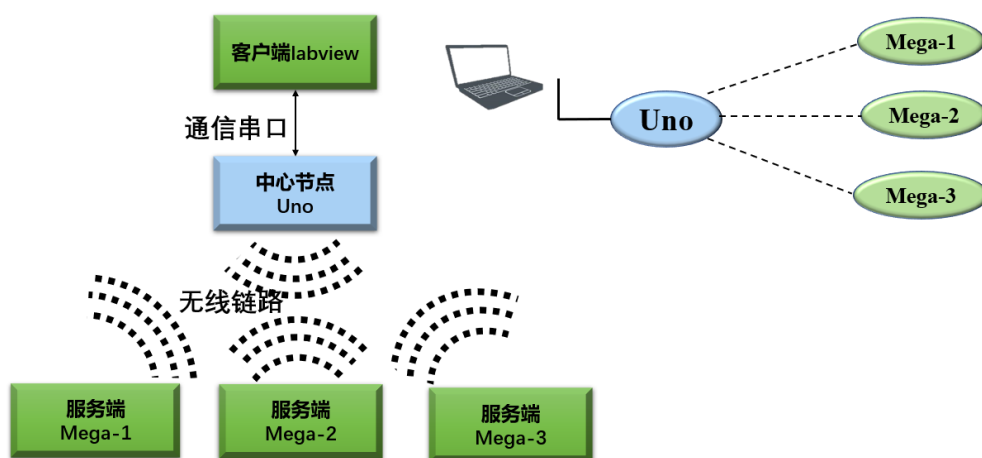


图 1 低速星型无线通信系统整体构架图

如图 1 为低速星型无线通信系统整体架构图，通过 LabVIEW 程序使用自定的通信协议，实现主机（客户端）与中心节点进行通信，实现对整个通信系统（尤其指对服务端）的控制，其中，控制指的是允许服务端入网、命令出网、显示各终端的在网状态、命令终端发送测量数据、并将测得的数据做可视化显示等。通过以主机为控制平台，实现 3 个 Mega 服务端的入网、报文发送、结束发送等过程，并在确保整个系统的可靠性和稳定性的前提下提高网络效率。

使用 LORA 模块进行无线通信，其中 LORA 模块通信的传输方式主要有以下三种：透明传输、定向传输、广播与数据监听，当需要多个 LORA 通信时，选用第三种传输方式。当只需要点对点通信（即两个 LORA 相互通信）时，可使用前两种方式。其中，透明传输可以以字符或 16 进制数据形式发送，需要两个 LORA 模块的地址、信道相同，而定向传输只能以 16 进制的特定格式发送，无需二者地址或信道相同。由于 LORA 模块的地址和信道有十分多的选择，一般不会出现冲突的可能。本设计采用 LORA 模块进行无线广播通信。设计的星型网属于局域网，具有以下优点：①具有广播功能，从主机可以方便地访问全网，并共享连接在星型网上的各种硬件和软件资源。②便于系统扩展和逐渐演变，客户端从两个扩展为了

三个,各设备的位置可灵活调整和改变。③提高了系统地可用性,可靠性和生存性。

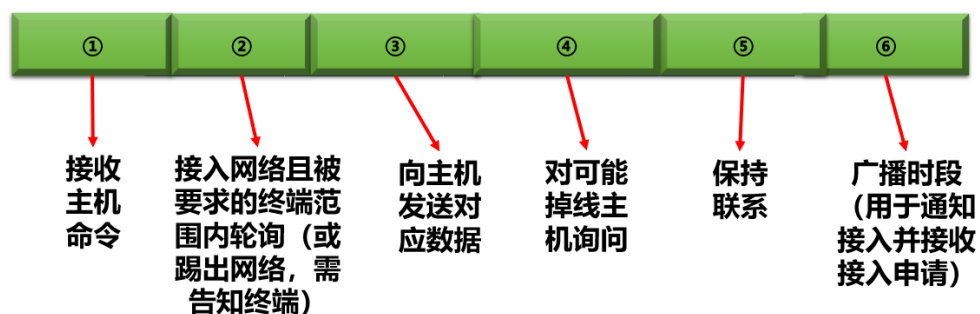


图 2 时隙划分图

如图 2 为时隙划分图,将时隙划分为六个部分,分别为①:接收主机命令并执行(将设备踢出网络、更新获取数据表、允许终端接入、更改信道频率)。②:接入网络且被要求的终端范围内轮询。③:向主机发送对应数据。④:对可能掉线主机询问。⑤:保持联系。⑥:广播时段(用于通知接收并接收接入申请)。



图 3 报文格式



图 4 报文功能位的解释

如图 3 为报文格式的设计图,报文由目的地址、源地址、功能位、数据长度和数据五个部分组成。目的地址是发送端对应的地址,将它写入报文的第一个字节,源地址是接收端对于的地址,将它写入报文的第二个字节。功能位用特定的字符表示,将它写入报文的第三个字节,图 4 是对功能位的解释。字符‘0’为退网功能,字符‘1’为建立连接功能,字符‘2’为数据功能,字符‘3’为询问存在功能,字符‘4’为保持联系功能,字符‘5’为中心节点广播功能,字符‘6’为申请接入功能,需要接入密码“password”,字符‘7’为主机允许终端入网(终端可以申请入网)功能,字符‘8’为更改信道参数(频率)功能。由于 LoRa 无线通信串口的最大缓存为 256 字节,所以报文设计的最大长度为 231,对数据长度位做了特殊处理,使其最大只能表示 226。

## 2.2 设备入网

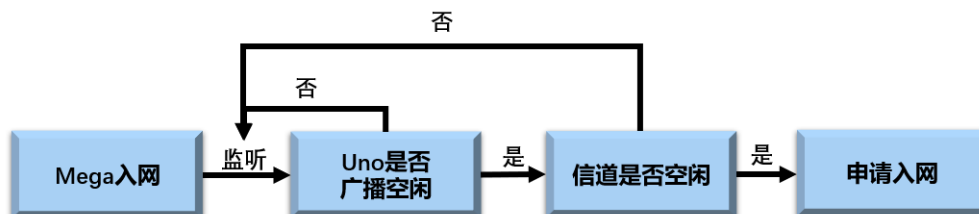


图 5 终端入网流程

图 5 为终端发送入网申请判断流程图，Mega 入网前首先需要监听 Uno 是否广播空闲，如果监听到不空闲，则一直监听，直到广播空闲。然后再监听信道是否空闲，如果监听到信道不空闲，则返回第一步，重新监听 Uno 是否广播空闲，如果监听到信道空闲，则申请入网。

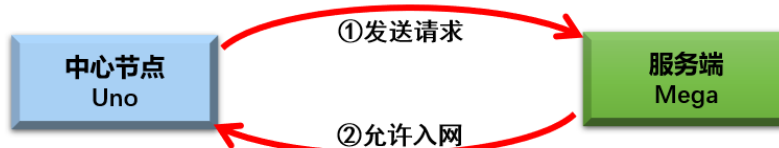


图 6 终端申请入网过程

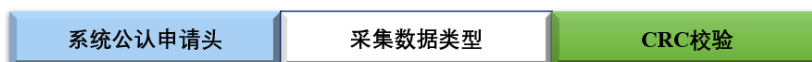


图 7 申请入网的报文格式

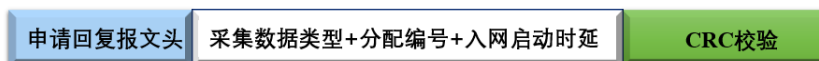


图 8 允许入网的回复报文

如图 6 所示服务端监听到广播空闲和信道空闲，则申请入网，向中心节点 Uno 发送一个申请入网的报文，如图 7 所示，申请入网的报文由系统公认申请头、采集数据类型和 CRC 校验三部分组成。中心节点 Uno 收到申请入网的报文后，给服务端回复一个允许入网并分配编号的报文，该报文由申请回复报头、采集数据类型、分配编号、入网启动时延和 CRC 几部分组成。

如图 9 所示为多服务端入网时隙安排方案（接到通知后随机等待入网），服务端启动入网的启动时延为 $\tau_i$ ，其值为某一范围内的随机数。服务端依次入网，服务端一结束入网后，服务端二需要间隔一段最小等待时延才能入网，避免发生碰撞。图 10 发生碰撞后处理示意图，碰撞后随机退避下次再来。

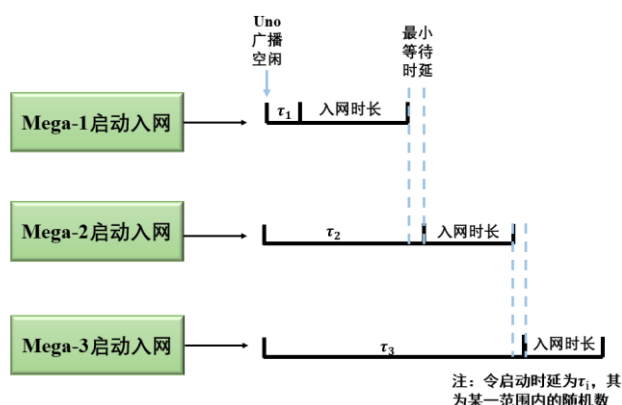


图 9 多端入网时隙安排方案

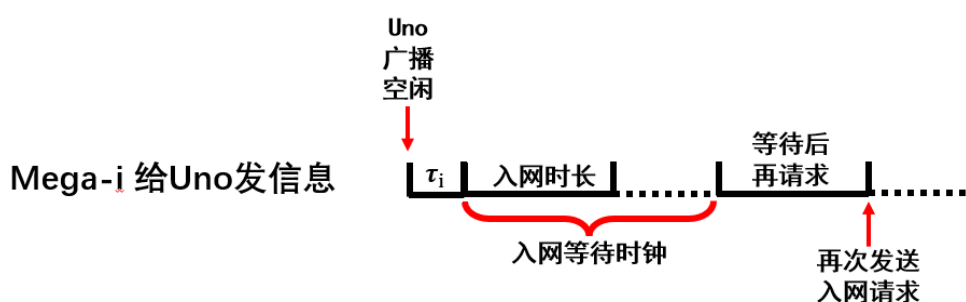


图 10 发生碰撞示意图

## 2.3 信息采集

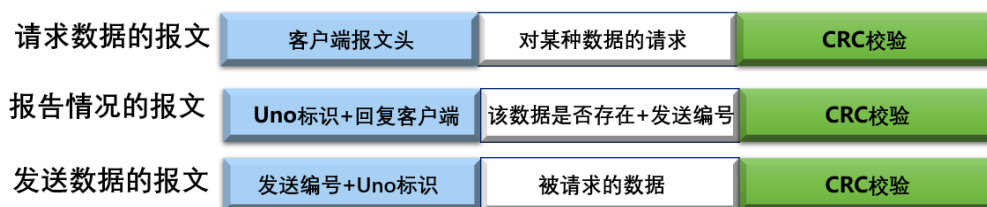


图 11 三报文握手

如图 11 所示为中心节点与客户端请求发送数据握手与报文格式。请求数据的报文由客户端报文头、对某种数据的请求和 CRC 校验三部分组成。报告情况的报文由 Uno 标识+回复客户端、该数据是否存在+发送编号和 CRC 校验三部分组成。发送数据的报文由发送编号+Uno 标识、被请求的数据和 CRC 校验三部分组成。

如图 12 所示为中心节点对从服务端采集得到数据的存储，将其存入 Excel 表格，并以此绘图。

如图 2.3.2 为 LabVIEW 前面板图，LabVIEW 程序的核心作用是使用自定的通信协议，实现主机（客户端）与中心节点进行通信，实现对整个通信系统（尤其指对服务端）的控制，其中，控制指的是允许服务端入网、命令出网、显示各终端的在网状态、命令终端发送测量数据、并将测得的数据做可视化显示等。

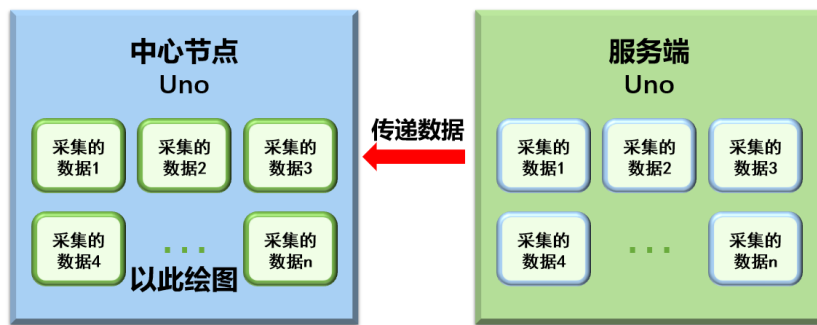


图 12 数据交互过程

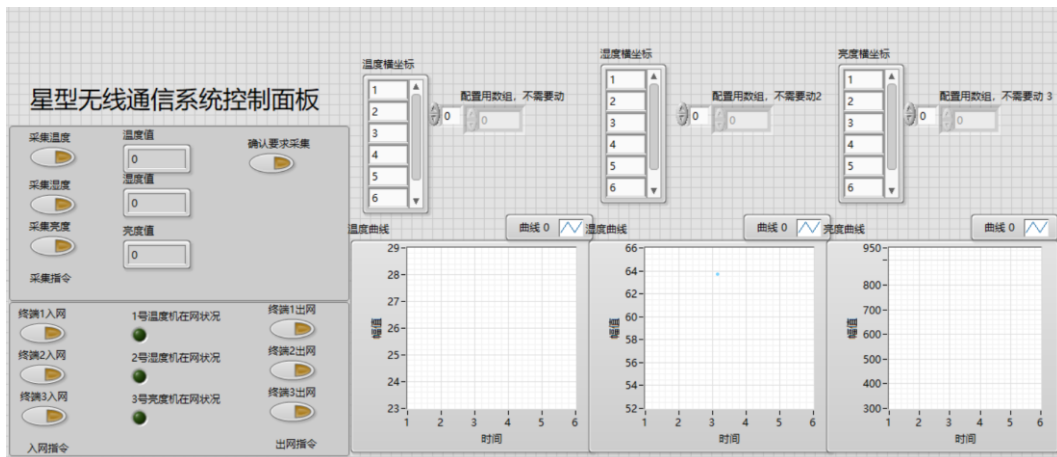


图 13 LabVIEW 前面板

LabVIEW 与中心节点之间通信协议的规则：①写入命令：如图 14(a)所示为写入命令的格式，其中同步位：字符串“#”；功能位：字符串“0”代表出网控制；字符串“1”代表数据采集指令；字符串“2”代表入网控制；终端号码：字符串“1”代表测量温度的终端；字符串“2”代表测量湿度的终端；字符串“3”代表测量亮度的终端；结束位：字符串“\*”。②读取命令分为两种：如图 14(b)所示为功能位是字符串“3”的读取命令的格式，用于向客户端汇报在网状态。其中同步位：字符串“#”；功能位：字符串“3”；3 比特信息：如“001”表示终端 3 在网而终端 1 和终端 2 不在网；结束位：字符串“\*”。如图 14(c)所示为功能为字符串“4”、“5”或“6”的读取命令的格式，用于向客户端汇报测量信息。其中同步位：字符串“#”；功能位：字符串“4”代表采集的数据是温度；字符串“5”代表采集的数据是湿度；字符串“6”代表采集的数据是亮度；1 位数据长度：提示该条信息中，包含的有效测量数据值的位数；数据字符串：长度不定，格式是字符串；结束位：字符串“\*”。



(a)

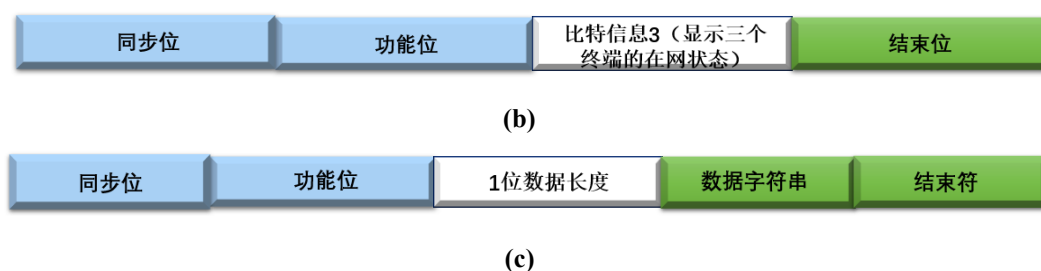


图 14 LabView 与中心节点间的通信报文格式

### 3.控制模块设计与验证

#### 3.1LabView 的串口工具

- (1)VISA 配置串口函数：可以生成串口资源的名称和错误来源，如图 15(a)所示；
- (2)VISA 写入函数：将指定字符串写入指定串口，如图 15(b)所示；
- (3)VISA 读取函数：将指定串口的字符串读出，如图 15(c)所示。

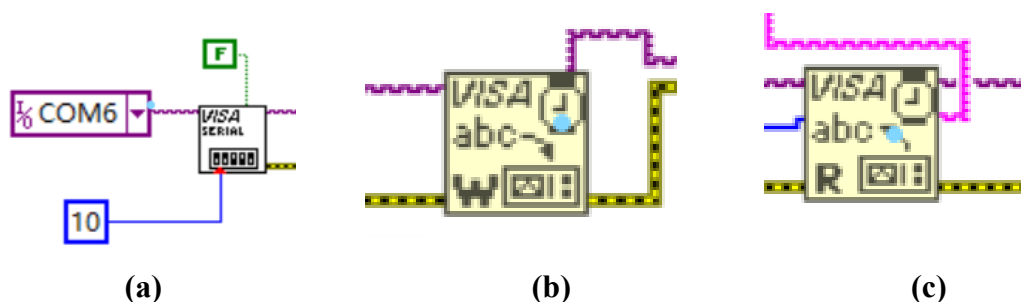


图 15 LabView 的串口工具

#### (4)LabVIEW 的功能实现思路

为了实现读和写的即时性，我们将串口写入功能放在事件结构内，并设置超时时间为 1ms。这样，半双工系统中虽然读和写不能同时发生，但是不影响系统工作的时效性和可靠性。逻辑如下：如果“串口写”逻辑下有按键按下，那么程序执行串口写入；如果在 1mm 内没有按键按下，程序直接认为“串口写”发生了超时，跳转到“串口读”的程序内。串口读写都放在同一个大的 while 循环下。

#### 3.2 串口配置模块

将模块的输入设置为与 labVIEW 相连的串口号，以保证通信的正常运行。如图 16。

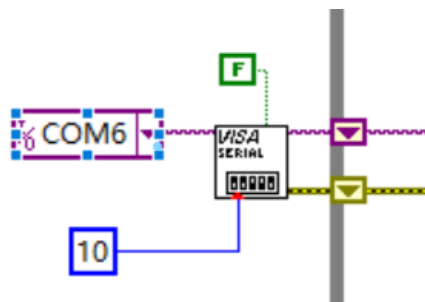


图 16 串口配置模块

### 3.3 串口写模块

#### (1) “串口写模块”中的出网控制

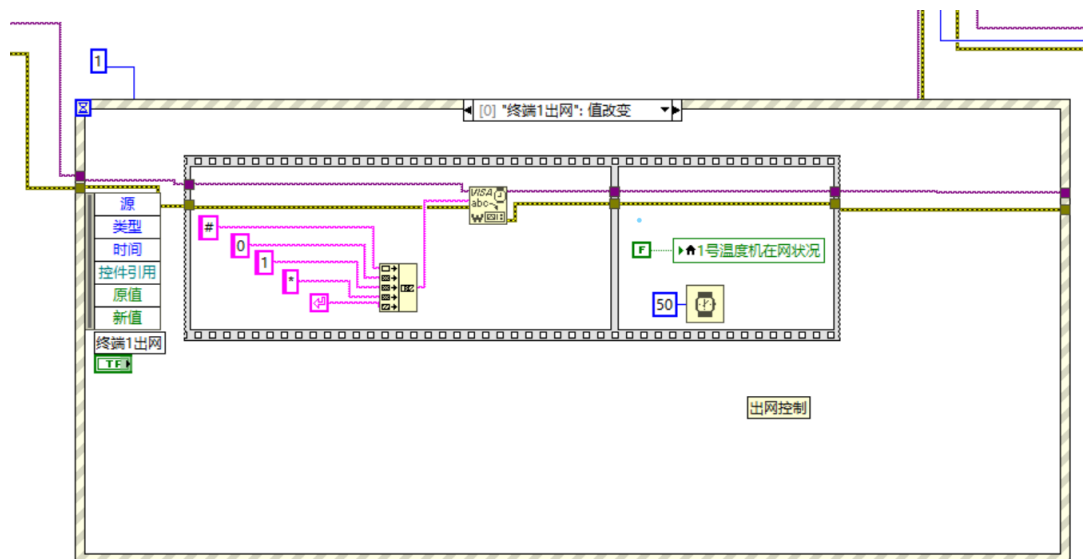


图 17 出网控制-终端 1

上图 17 表示命令终端 1 出网，是触发式的，在“终端 1 出网”按钮按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms，同时更新终端 1 的在网状态。

图 18 表示命令终端 2 出网，是触发式的，在“终端 2 出网”按钮按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms，同时更新终端 2 的在网状态。

图 19 表示命令终端 3 出网，是触发式的，在“终端 3 出网”按钮按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms，同时更新终端 3 的在网状态。



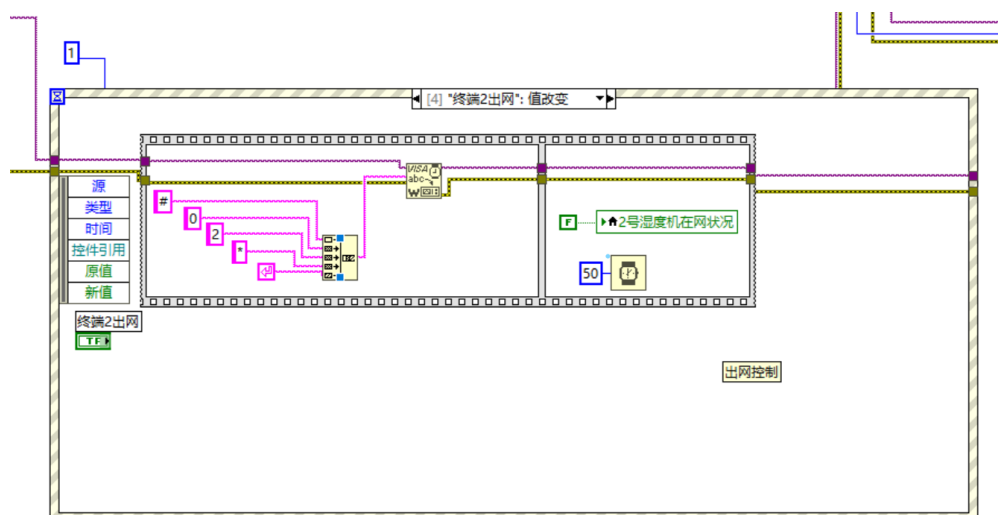


图 18 出网控制-终端 2

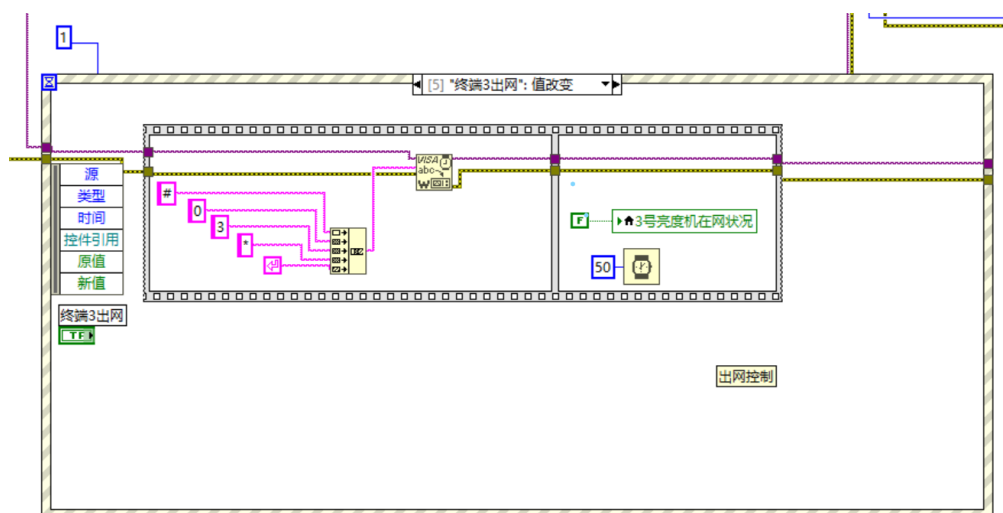


图 19 出网控制-终端 3

## (2) “串口写模块”中的入网控制

图 20 表示命令终端 1 入网，是触发式的，在“终端 1 入网”按键按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms。

图 21 表示命令终端 2 入网，是触发式的，在“终端 2 入网”按键按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms。

表示命令终端 3 入网，是触发式的，在“终端 3 入网”按键按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms。

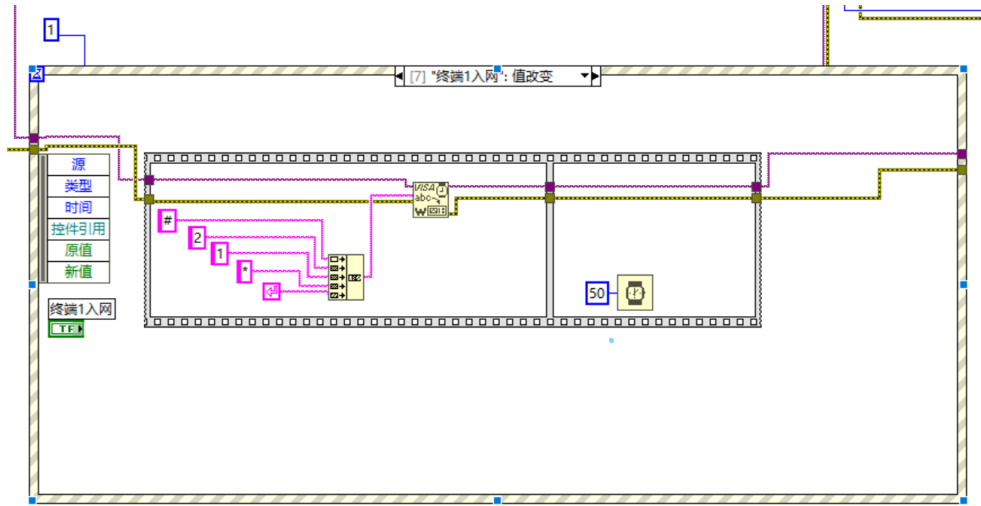


图 20 入网控制-终端 1

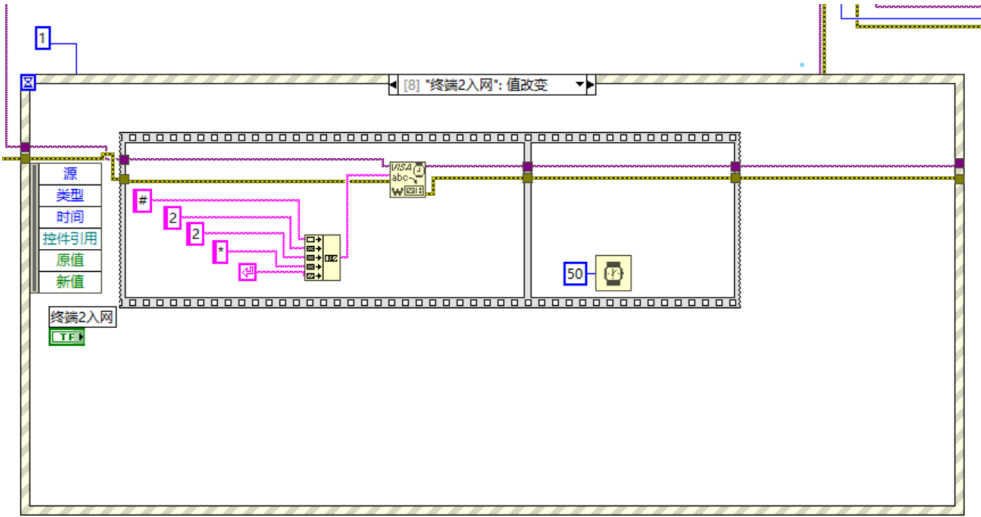


图 21 入网控制-终端 2

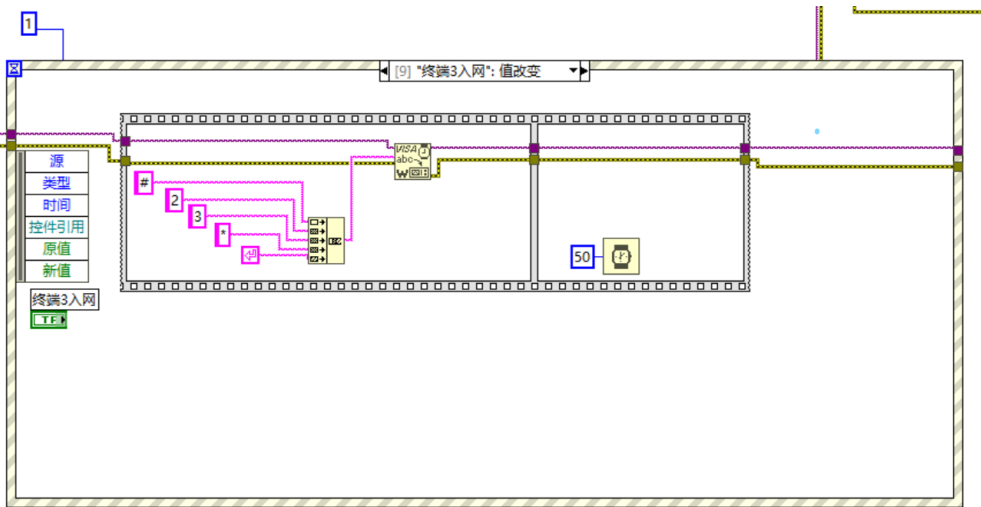


图 22 入网控制-终端 3

## (3) “串口写模块”中的采集数据命令

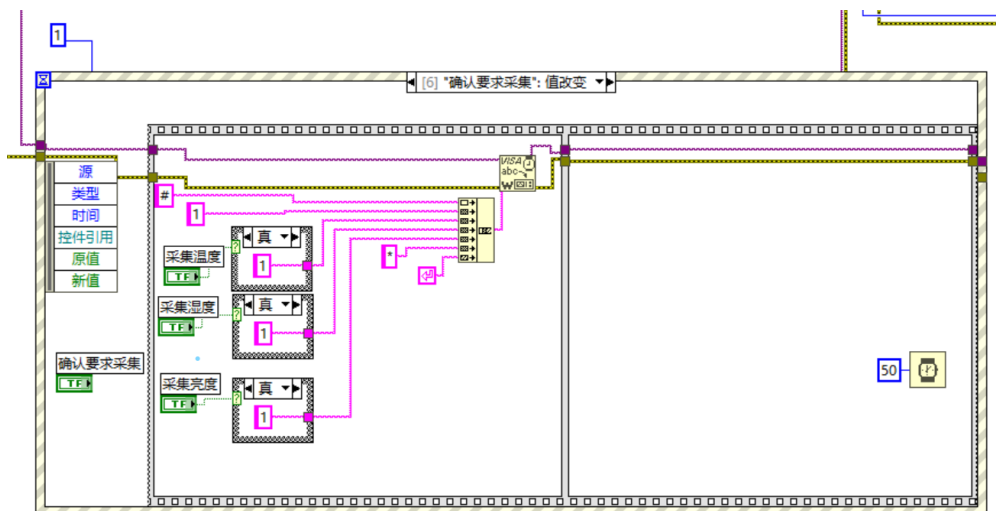


图 23 采集数据命令

在客户端想要采集相应的数据时，按照下述步骤执行：先点亮在网且希望采集数据的数据类别按键，再点击“确认要求采集按键”。在逻辑上，当“采集温度”、“采集湿度”和“采集亮度”三个按键被按下或未被按下时，通过判断条件就可以向要发送的字符串相应位置内分别写入字符串“1”或“0”，因此这3位字符串表示了主机是否要求发送该类别的数据。这一模块也是触发式的，在“确认要求采集”按键按下时，组合好的字符串写入相应串口，并接着延时 50ms。

## 3.4 串口读模块

“串口读模块”中的读终端在网状态命令

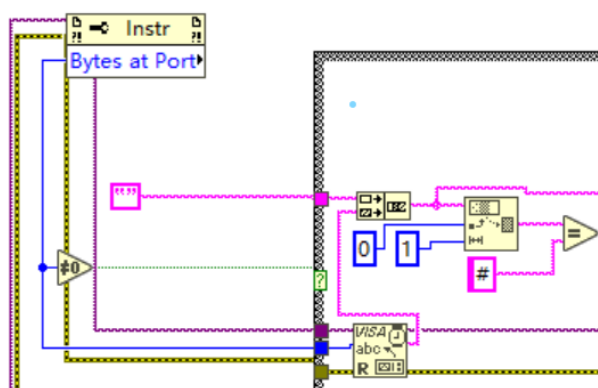


图 24

这样就可以保证将串口处的数据读入，右下角是串口读取函数，输出从串口读出的字符串。如上图 24，首先图中左上角属性节点模块选用端口的字节数命令。

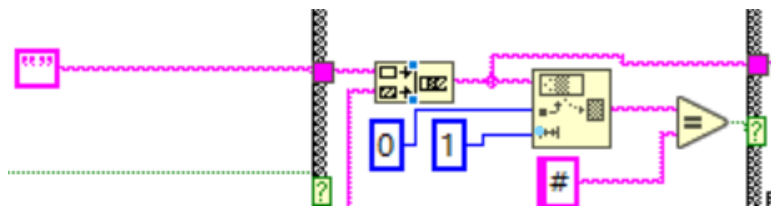


图 25

如图 25，按照格式，先判断读到的信息头部是否以“#”开头，如果判断结果为“是”，才可以认为下面读到的是一条完整的信息，才可以进行下一步。

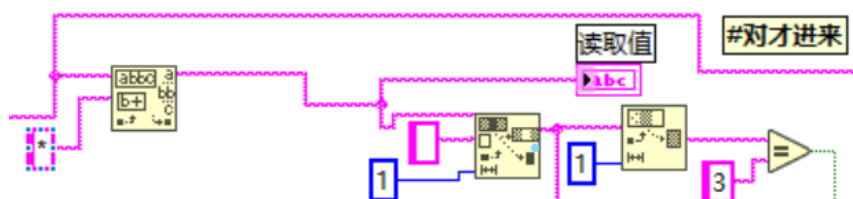


图 26

接着，如果信息头部正确，进入下面的条件结构内部，搜索一条消息的结束符“\*”所在位置，并获取结果字符串作为该条消息头部“#”和尾部“\*”之间的内容。然后去掉头部，取下一位判断功能位是否是“3”——如果是“3”，那么这条消息就是用来向主机汇报各终端在网状态的；如果不是“3”，那么这条消息就是用来向主机汇报温度、湿度或亮度测量值的。

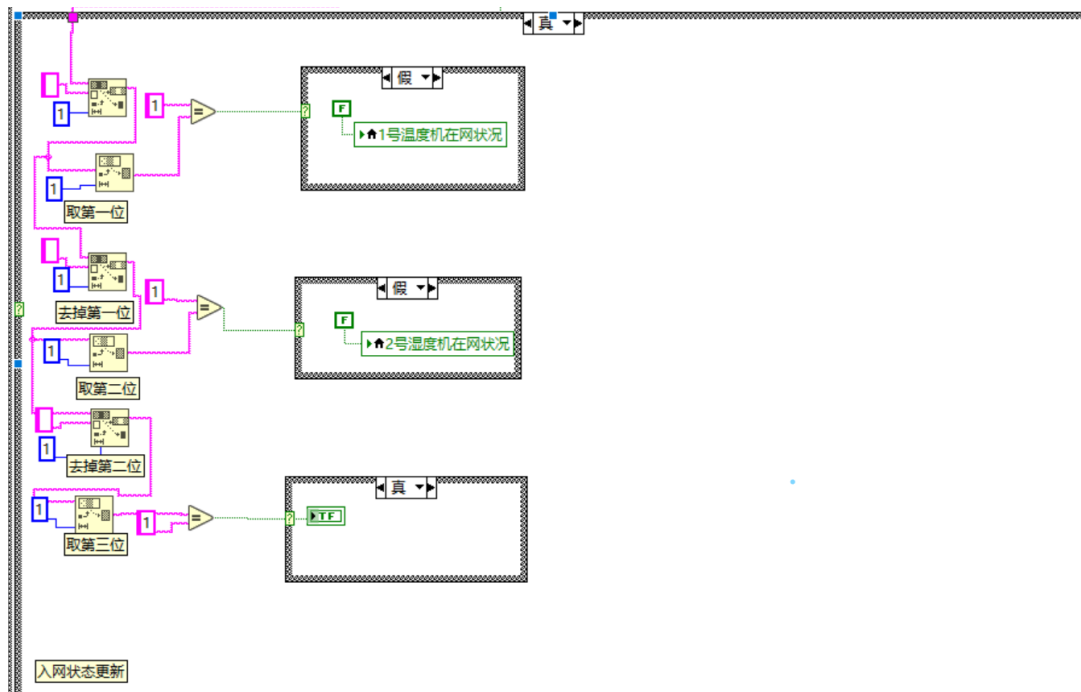


图 27

如上图 27，判断了功能位为“3”，就进入“真”的情况，依次取一位，判断这一位所对应的终端在网情况，并点亮或熄灭对应的指示灯。

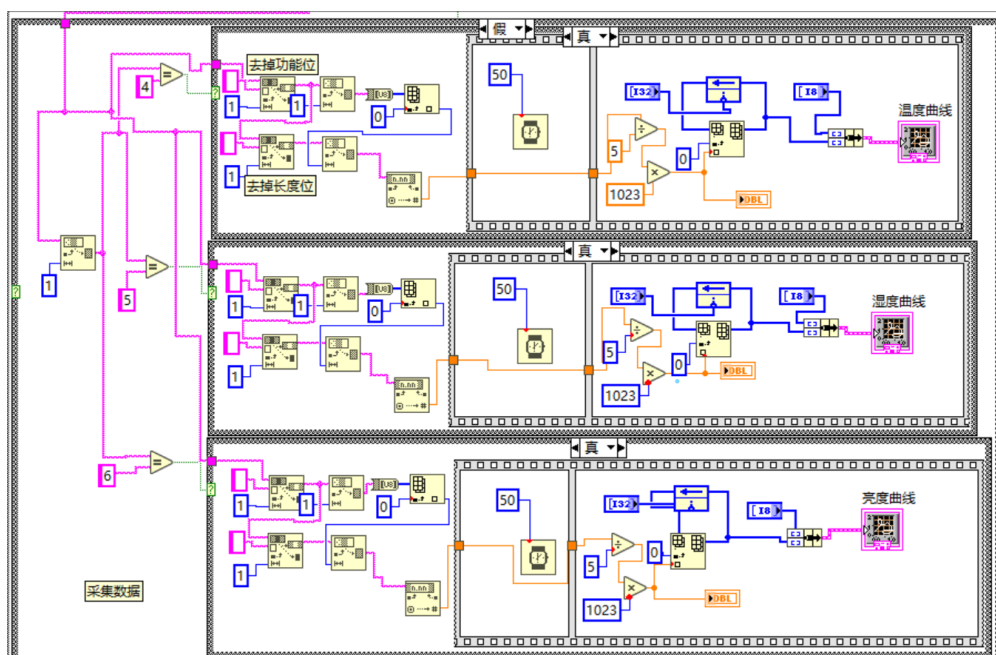


图 28

如上图 28，判断了功能位不是“3”，就进入了“假”的情况，将该段字符串引入该条件下的框中，继续判断功能位为“4”、“5”或“6”（此时功能位一定会是这三个数字中的一个），判断符合后，进入对应的条件框内。接着，先去掉功能位，再读取下一位作为数据长度，将数据长度变化为合适的数据类型，作为截取下一段字符串的依据，接着截取数据字符串。

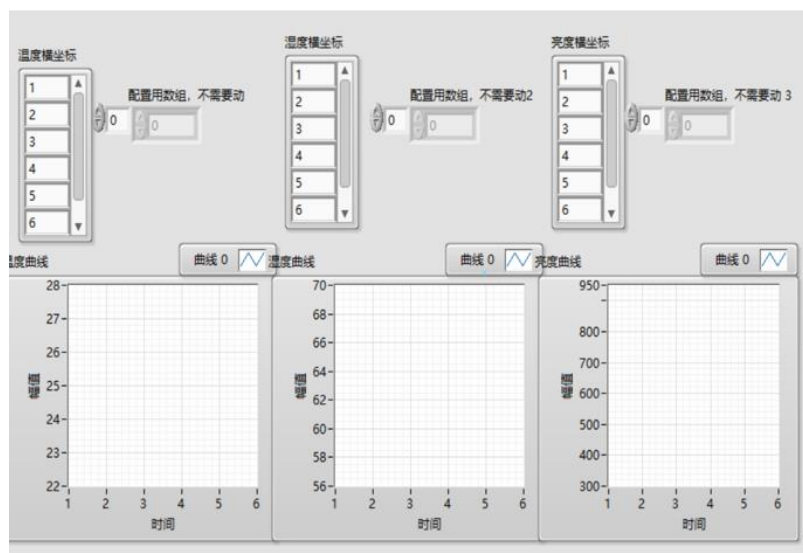


图 29

因为在终端发送数据时，对实际数值进行了除以 1023 再乘以 5 的数据处理，所以在最终显示之前要做相应的数据反变换。将获得的数值转化为数组，与横坐标数组合并后进行 XY 图显示，完成数据图标的绘制，如图 3.4.6 所示为温度曲线、

湿度曲线和亮度的 XY 图模块。

## 4.通信模块设计与验证

### 4.1 报文格式



图 30 报文格式

目的地址和源地址分别是设备对应的地址。功能位用特定的字符表示，字符‘0’为退网功能，字符‘1’为建立连接功能，字符‘2’为数据功能，字符‘3’为询问存在功能，字符‘4’为保持联系功能，字符‘5’为广播功能（一般对应数据为 ACS 是便为通知终端可以开始申请入网），字符‘6’为申请接入功能，字符‘7’为主机允许终端入网（终端可以申请入网）功能，字符‘8’为更改信道参数（频率）功能。考虑到 LoRa 无线通信串口的最大缓存为 256 字节，所以报文设计的最大长度为 231，对数据长度位做了特殊处理，使其最大只能表示 226。

关于报文的实现，为了便于在编程中将报文定义为结构体，其中包含其各个参数，并为其定义新名字，其相应实现代码如下：

```
typedef struct MESSAGE
{
    byte DAddr;      //目的地址
    byte SAddr;      //源地址
    byte Function;    //功能位
    byte DataLen;     //数据长度（二进制）：显示 (int)msg->DataLen - (int)'0'
    byte MCS;         //报文校验和（使用首地址，源地址，功能位，数据长度位）
    String MsgData;   //数据首地址
} Message;
```

### 4.2 时隙划分以及中心节点对应的操作

中心节点的循环的每个时隙划分如下：

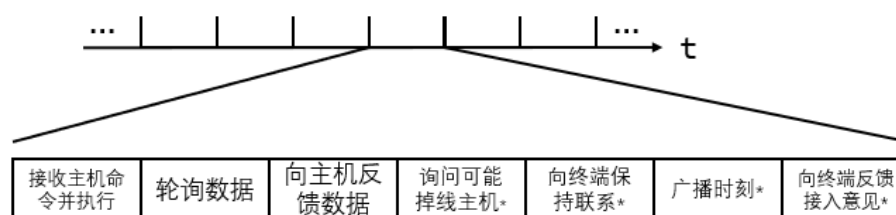


图 31 中心节点的时隙具体划分

### (1)中心节点读取串口数据

中心节点读取串口数据，若数据符合与主机间的报文格式约定则接收该报文，并执行报文对应的功能：

①主机要求终端  $i$  退出网络。中心节点在执行功能时将终端  $i$  的地址填入报文中的目的地址并同时开启一个定时器，若主机在规定时间内收到了来自终端  $i$  的确认报文，则将终端  $i$  退出接入网络列表，其它不做任何处理；若在规定时间内没有收到终端  $i$  的确认报文，将终端  $i$  退出接入网络列表并加入退出失败列表。

为了避免通知终端  $i$  退网的报文丢失而终端  $i$  一直等待中心节点的命令，为每个终端设定一个计时器，若计时器到还没有收到任何来自中心节点的报文则终端会自动退网。中心节点会在每个时隙与自己的接入网络表中的终端发送保持联系报文。

②主机请求新的中心节点反馈数据组合。中心节点更新轮询表。

③主机允许终端  $i$  入网（终端  $i$  可以在收到广播通知后申请入网）。由于终端  $i$  不在网，它可以有两种状态：通电等待报文、断电。可想而知，终端在断电情况下不会对主机做出任何回应。所以，在执行该命令时，主机只向终端  $i$  发送 1 次相应的报文并等待一段时间的确认报文。若未收到相应报文，则向主机报告，主机可以选择再次发送命令，或认为终端断电。

④主机要求更改信道频率。主机发送响应报文给接入网络的终端，终端收到命令立刻回复确认报文并更改频率，主机在遍历所有的接入终端后，更改频率。该功能使用后，新通电的终端无法接入网络。

### (2)轮询数据

中心节点依据轮询表依次与轮询表中的终端（若终端在网）建立连接，并请求数据，更新自己的数据缓存。

①建立连接。本协议选择使用三报文握手建立连接。若在建立连接过程中未收到终端  $i$  的回复，则将终端  $i$  暂时脱离轮询表并加入可能断线终端列表，交给后续步骤处理。

②请求数据。中心节点向建立连接的终端发送请求数据并开启计时器。若在规

定时间内没有收到回复，则将终端  $i$  暂时脱离轮询表并加入可能断线终端列表，交给后续步骤处理。

(3)向主机反馈数据

向主机反馈的数据报文有三类。

①终端接入情况报文。该反馈只在终端接入情况发生变化时生效。

②信道频率参数报文。该反馈只在终端接入情况发生变化时生效。

③主机要求的数据报文。该反馈在每个时隙都会生效，当然，若主句没有要求数据或者要求的数据都不在网也不会生效。

(4)询问可能掉线主机

若可能断线终端列表为空则不执行。

中心节点遍历可能断线终端列表，向终端  $i$  发送询问报文并开启计时器。若在计时器计时到之前收到了来自终端  $i$  的确认报文，则将终端  $i$  移出可能断线终端列表并加入接入网路列表；若在计时器计时到之前未收到确认报文，认为终端  $i$  已经断线，将终端  $i$  移出可能断线终端列表。

(5)向终端保持联系

若接入网络的终端都在轮询表里则不执行。

对接入网络但未在轮询表中的终端发送保持联系报文。

(6)广播时刻

中心节点发送广播报文（一般为可以开始申请接入）。并等待一段时间，将该段时间内发送请求报文且接入指令正确的终端加入到请求列表中。

(7)向终端反馈接入意见

对请求列表中的终端发送反馈意见，且等待终端的确认报文。

### 4.3 终端相应的操作

终端的状态转移图如图 4.3 所示，终端的操作较为简单，监听信道并对相应的报文做出响应并转换状态。

终端一共有五种状态，分别为等待状态、休眠状态、转移状态、建立连接状态



和发送数据状态。

终端处于接入状态时,收到中心节点的通知退网报文后,终端给主机回复 ACK,同时退网,进入休眠状态。终端处于休眠状态时候,若收到中心节点允许入网的报文,则进入等待状态。终端处于等待状态时,若收到接入广播,且申请入网并得到同意回复后,进入接入状态,若在规定时间内未收到主机联系通知,则又进入等待状态。

终端处于接入状态时,使用三报文握手建立连接。三报文握手规则为:第一次握手(连接请求报文段):A 主动发送连接请求,为自己随机选择一个初始序号  $seq = x$ 。A 消耗一个序号。第二次握手(应答报文段):B 同意建立连接,回复确认号  $ack = x + 1$ ,以便核对,同时也为自己随机选择一个初始序号  $seq = y$ 。B 消耗一个序号。第三次握手(确认报文段):A 收到确认,进入已建立连接状态,并发送确认号  $ack = y + 1$ 。如果不携带数据则 A 不消耗序号。B 收到确认后也进入已建立连接状态,TCP 连接成功建立,双方可进行数据交换。

成功建立连接后,终端处于建立连接状态,中心节点请终端请求数据,则终端可以向中心节点发送相应的信息,主机将收到的信息存储起来。实现信息的存储。终端处于发送数据状态时候,可以向中心节点发送相应的数据,终端发送完数据后,自动断开连接,再次进入接入状态。等待主机的其他指令,实现了整个系统之间采用统一的通信协议进行数据传输的功能。

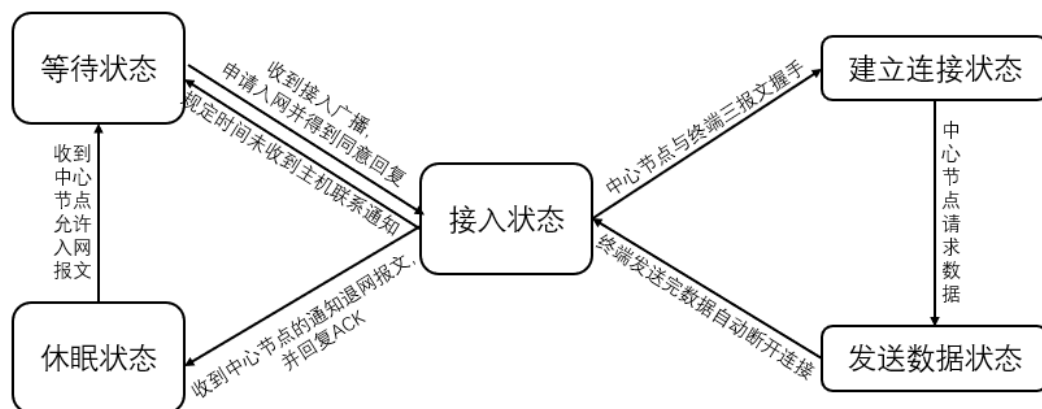


图 32 终端的状态转移图

## 5.联合调试

### 5.1 入网调试

图 33 所示为三个客户端均未入网时的控制面板图,三个客户端均未入网

时，在网状况均未被点亮。一号客户端为温度机，二号客户端为湿度机，三号客户端为亮度机。星型网络无线通信系统控制面板，采集功能模块包含采集温度、采集湿度和采集亮度，以及确认要求采集功能。并对采集得到的温度值、湿度值和亮度值进行显示。入网出网模块包含允许服务端入网、命令出网、显示各终端的在网状态、命令终端发送测量数据、并将测得的数据进行存储，作图显示。

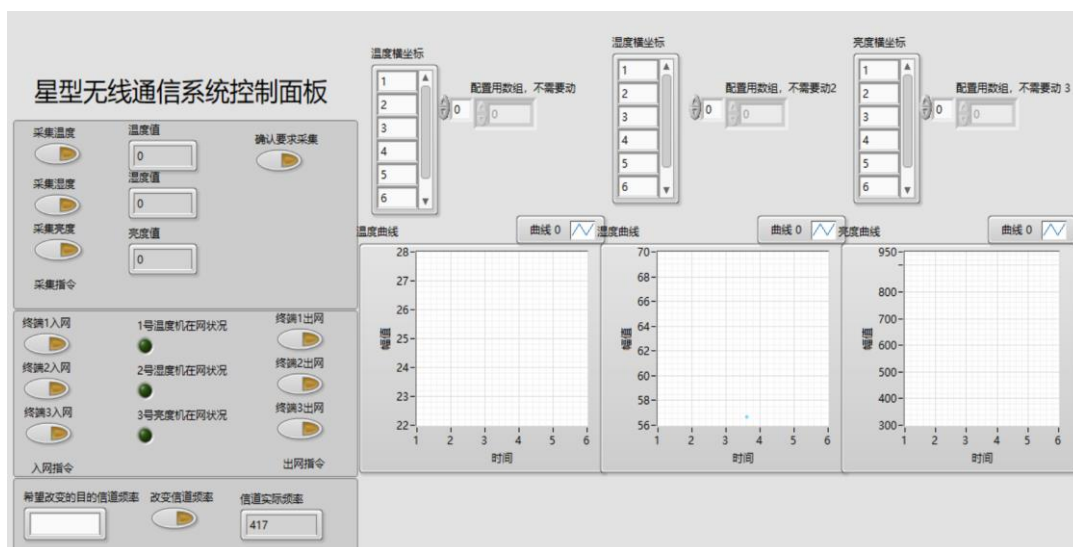


图 33 三个客户端均未入网时的控制面板图

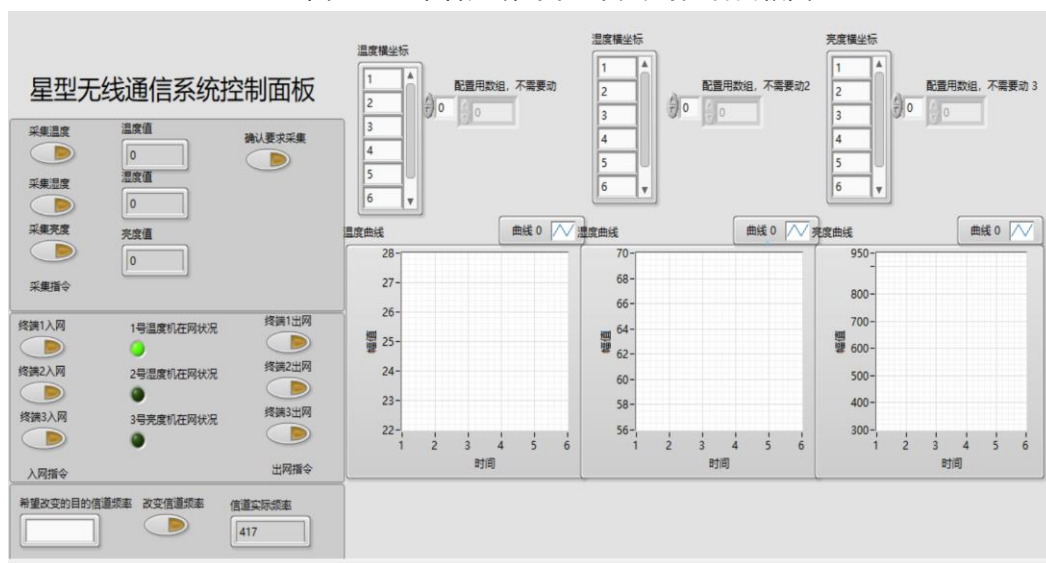


图 34 有一个客户端入网时的控制面板图

所示为有一个客户端入网时的控制面板图，三个客户端均为未入网，在网状况均未被点亮。命令终端 1 出网，是触发式的，在“终端 1 出网”按键按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms，同时更新终端 1 的在网状态。一号温度机入网，在网状况被点亮，显示已入网。二号机和三号机为未入网，在网状况为未被点亮。

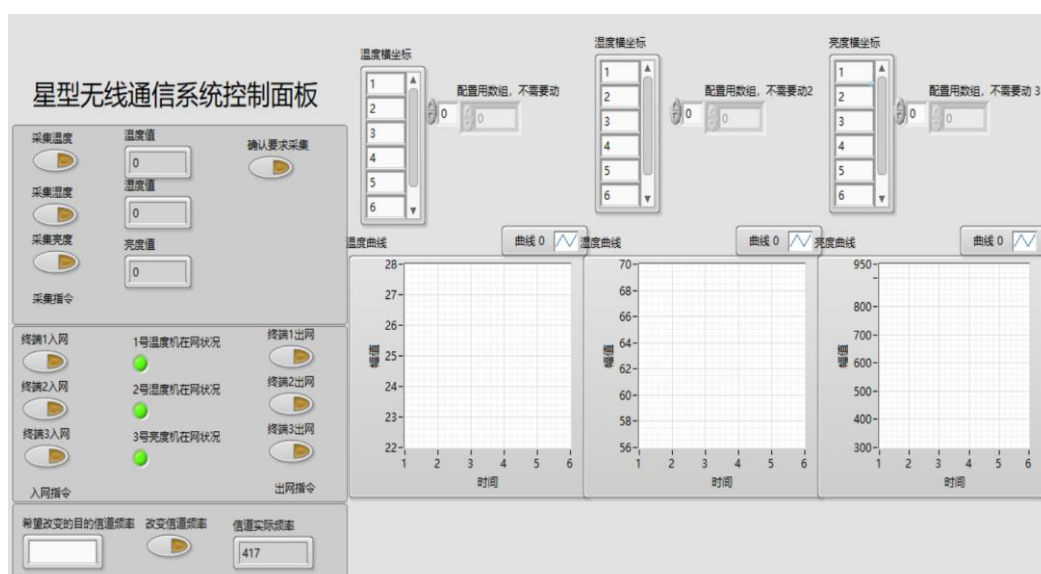


图 35 有三个客户端全部入网时的控制面板图

图 35 所示为有三个客户端全部入网时的控制面板图，在“终端 1 入网”，“终端 2 入网”，“终端 3 入网”按键按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms。三个客户端均入网，在网状况均被点亮，显示已入网。

## 5.2 出网调试

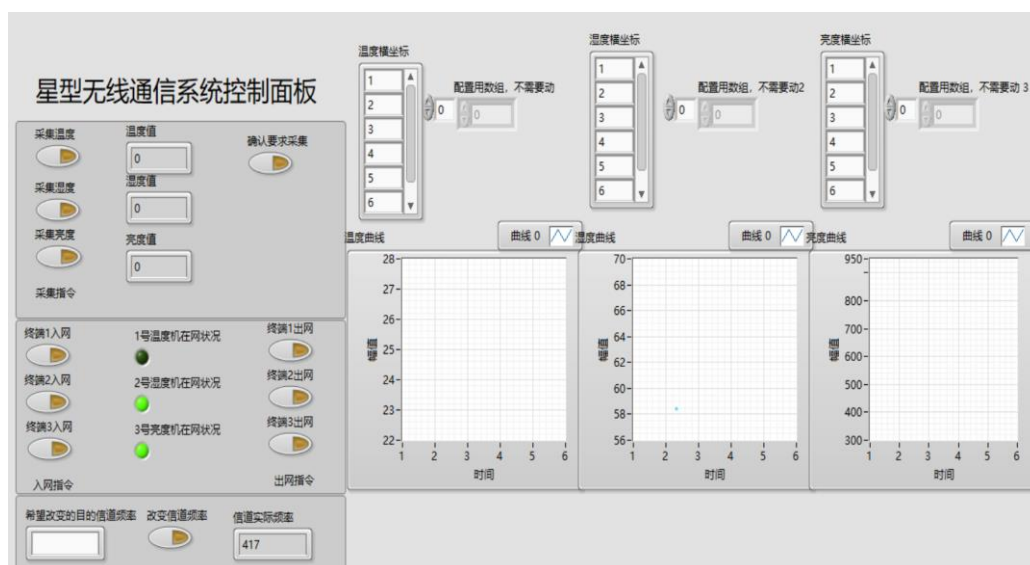


图 36

图 36 所示为一号温度机出网，二号湿度机和三号亮度机入网时的控制面板图，在“终端 1 出网”按键按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms，同时更新终端 1 的在网状态，一号温度机在网状况未点亮，显示出网，二号温度机和三号湿度机在网状况仍被点亮，显示为在网。

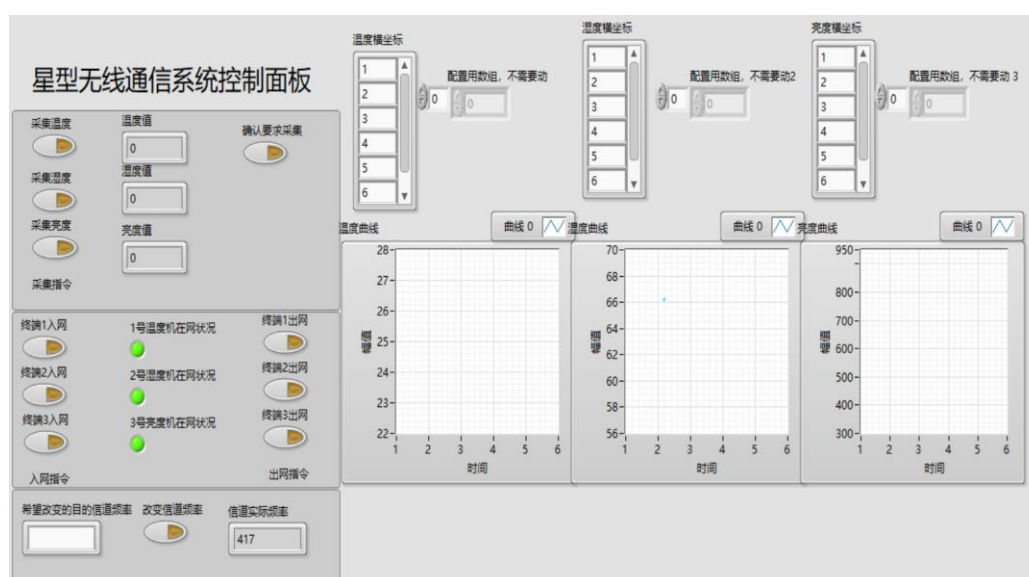


图 37

图 37 所示为三个客户端均出网时的控制面板图，在“终端 1 出网”，“终端 2 出网”，“终端 3 出网”按钮触发时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms，同时更新终端 1，2，3 的在网状态，一号温度机、二号温度机和三号湿度机在网状况均未被点亮，显示为出网。

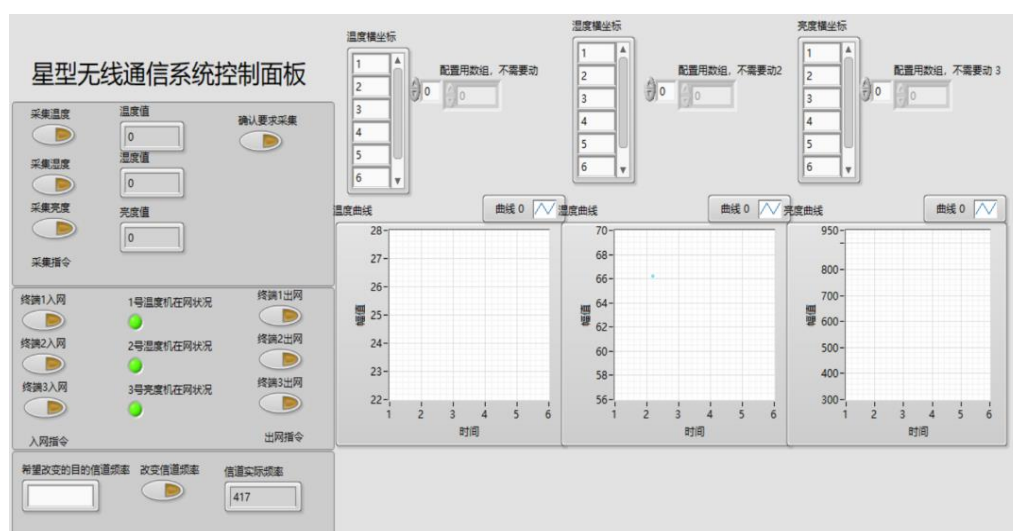


图 37 所示为有三个客户端全部入网时的控制面板图，在“终端 1 入网”按钮按下时自动执行，具体为将符合格式的字符串拼接好后，送入串口，再延时 50ms，同时更新终端 1 的在网状态，一号温度机重新入网，三个客户端均入网，在网状况均被点亮，显示已入网。

### 5.3 采集温度湿度亮度配置

图 38 为采集相应数据时的控制面板图，采集数据时，先点亮在网且希望采集

数据的数据类别按键，再点击“确认要求采集按键”。当“采集温度”、“采集湿度”和“采集亮度”三个按键被按下时，通过判断条件就可以向要发送的字符串相应位置内分别写入字符串“1”或“0”。在“确认要求采集”按键按下时，组合好的字符串写入相应串口，并接着延时 50ms。在上图中希望采集温度、湿度和亮度信息，因此三个采集按键均点亮且三个客户端均显示为在线。

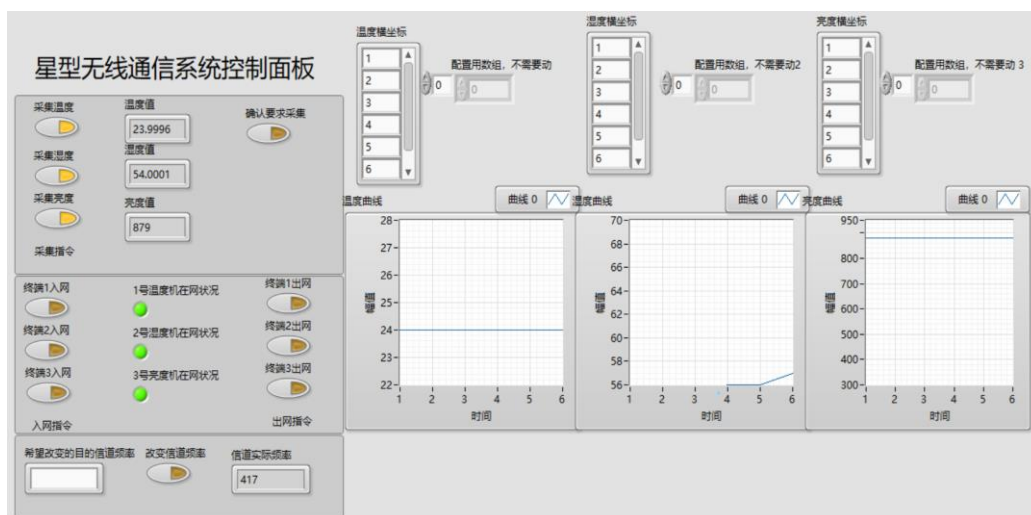


图 38

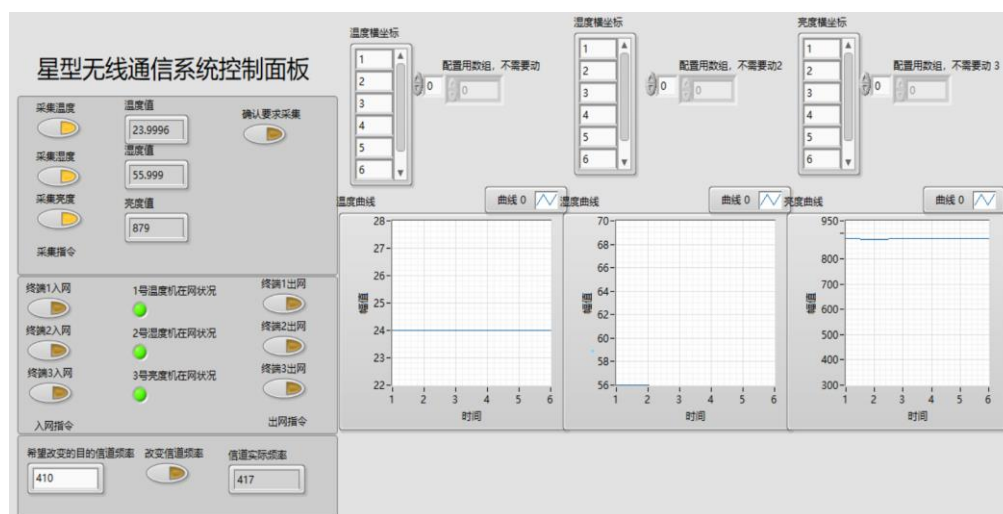


图 39

图 39 所示是在进行数据的采集和存储，显示采集得到的温度值约为 23.9996，采集得到的湿度值约为 55.999，采集得到的亮度值约为 879。并将采集到的数值转化为数组后与横坐标数组合并后进行 XY 图显示。

分别为温度曲线，湿度曲线和亮度曲线。



## 5.4 更改信道频率

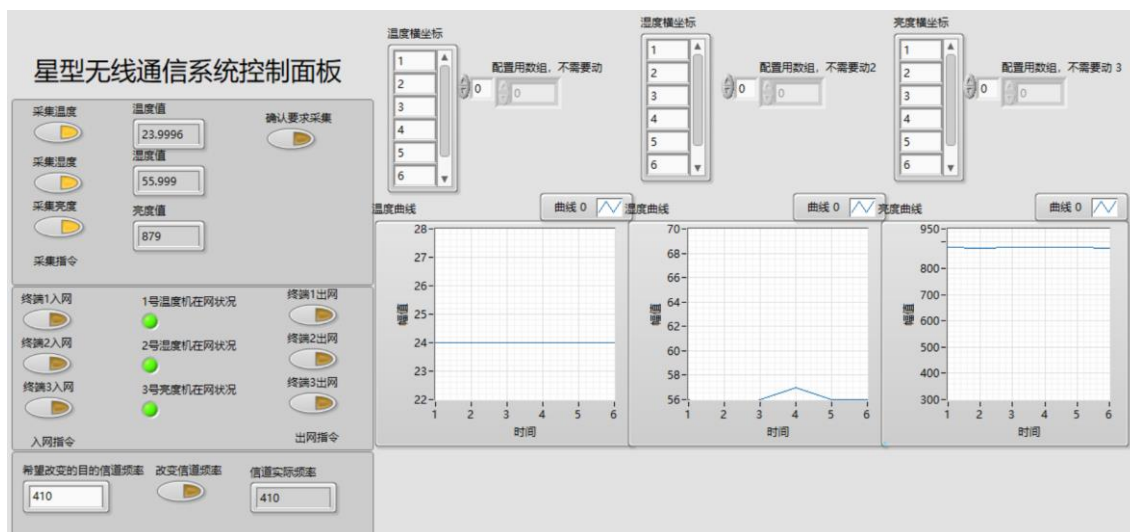


图 40

图 40 所示为改变信道频率后的结果。在更改信道频率时，主机首先以原频率向客户端发送相应的报文，客户端收到报文后，完成频率的更改，并给主机回复确认报文。由图可知，更改信道频率后，系统功能实现良好，更改信道频率成功。

## 5.5 硬件搭建

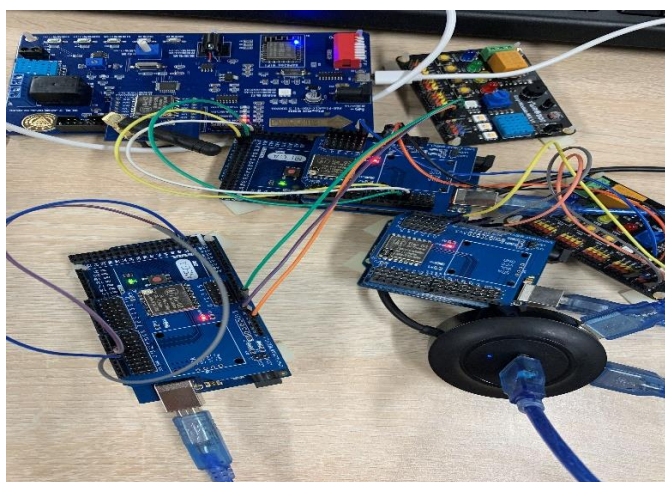


图 41

图 41 所示为硬件的搭建，由一个中心节点 Uno，三个服务端 Mega 组成，其中以主机为控制平台，实现了 3 个 Mega 服务端的灵活入网、报文发送、结束发送、实时显示无线节点的在网状态等过程，并在确保整个系统的可靠性和稳定性的前提下提高网络效率。

## 5.6 实用环境下无线信息的传输

将本次的设计运用于蔬菜种植基地中,设计一个智能蔬菜基地监控系统,运用本次的设计实现对蔬菜种植基地温度、湿度和亮度的监控,以得到维持蔬菜种植环境适宜蔬菜生长,提高产量的目的。

为了实现本设计,需要了解基于蔬菜基地的特点和监控系统的需求,设计出系统方案,包括系统的总体结构方案和网络构建方案,并分析了各个环境因子对蔬菜的影响并制定了针对各个环境因子的调控策略。系统由控制主机、传感器即客户端以及中心节点组成。通过主机的控制实现传感器对温度、湿度和亮度的控制,并定时将测量得到的数据发送给主机。

## 心得体会

### 实践总结一

在本次实践中，我主要负责项目的 labVIEW 客户端的部分。这一部分需要完成的任务是做好用户界面，并完成串口的读和写。在这个过程中，我遇到的问题和解决办法分别如下。

在搭建程序之初，因为工作模式为半双工，串口的读和写不能同时进行，所以在最开始做实验的时候，常常发生读写都不能正常工作的情况。面对这个问题，我最终选用了事件结构，用相应的布尔按键值改变作为触发条件执行串口写，串口写时不能进行读操作；当没有相应的布尔按键按下时，事件结构会在 1ms 内发生超时，转而进行串口读取操作。这样就解决了串口读写的执行优先级问题。

在进行事件结构跳转时，我最初的构想是通过判断按键的“键按下”来控制进入相应事件结构，但仿真效果并不理想，有时不能实现符合既定逻辑的跳转。最终的解决办法是通过判断按键的“值改变”来控制写入串口的跳转，并把每个相关按键的机械动作改为“释放时触发”。这样就解决了串口写过程中事件结构的正确跳转问题。

在进行串口读时，先按照约定的通信协议，将帧头和帧尾之间的部分提取出来，再依照规则提取出数据，但是在绘制图像和导出表格时出现一些困难。最终我的解决办法是为输出创建数组，再与横坐标进行数组捆绑，统一作为 XY 图的输入，这就解决了测量数据的实时显示问题。同时，将创建出的数据数组作为文本写入函数的输入，规定文件的保存路径，就可以将历史中写入的数据存储到 excel 表格中，做到数据的存储了。

最后是校验的问题，最开始因为没有做 labVIEW 端与中心节点之间的报文校验，对可靠性的体现有一定的影响，所以我在报文头之后、功能位之前加入两个校验位，计算方法是所有的功能位和数据位相加和，结果与 128 相除，商和余数分别是校验位的第一位和第二位。在两端的串口收发处都加上校验和的计算和比较，就能实现客户端与中心节点之间的可靠通信。

在整个设计过程中，我的收获有很多。我对 labVIEW 图形化编程中的使用方法和诸多逻辑规则有了更多的了解，掌握了其中结构体、函数、逻辑的关系，同时对通信协议中帧的处理、传输和数据处理存储掌握了更多的技巧；因为 labVIEW 需要连接中心节点硬件，所以这个过程对于我硬件调试能力、发现问题



和解决问题的能力有较大的提升，比如我逐渐习惯了使用探针查看数据的传输情况、使用串口监视器分析每一个节点对于一个指令的动作和行为等，这是工程能力方面的提升；同时，实践过程更是团队合作的过程，通信协议中的每一个帧头、帧尾、功能位、数据长度等都需要有效协调和规定，这样才能做到信息的有效发送、接收和读取。

本次课程设计中，我认识到指导老师不仅重视每个系统的实现原理、完成功能的情况，也看中每个组的分工状况，这启示我们动手干之前，要想清楚其中的细节，做好顶层架构；同时今后在团队合作中，更注意分工合作，让每个人都能在合作中发挥自己的长处、有令自己满意的收获。

## 实践总结二

本次课程设计于我而言是一个有难度的课程设计，在确定自己需要做的课题要求后，首先做的事情就是是网上查找自己作课程设计所需要的资料，并结合老师给出的资料一起学习、了解。本次课程设计，是一个将理论与实践相结合的课程设计，它不仅充分运用了我们所学的理论知识，还考验了我们的实践能力。

初次接触到本次课程设计时，面临的最大挑战就是无从下手，虽然学习过相关的理论知识，但是对我而言都是全新的软件和硬件，需要从头学习。虽然课程设计看似有三周时间，但实际有效时间应该只有一周。对于部分有关相关学习经历的同学而言，本次任务应该能够完成，但是对于相关知识欠缺的同学而言，完成起来确实比较苦难。

要能够完成一个课程设计，不仅仅是需要对它的理论有充分的了解，还需要能够将理论运用于实践中。如果平常学习的理论知识不够扎实，甚至会总觉得某些东西学了没什么用处，但是当我在做课程时，却觉得自己的理论知识太过于欠缺。因此不得不花费大量的时间去查找和阅读相应的资料。课程设计使我明白，要想更充分地理解理论知识，更需要将它运用到实践中去，才能获得更深地体会，有更大的收获。每当我在遇到问题时，我都会表现得耐心不足，无法静下心来努力完成课程设计，只是一心想着完成任务，我知道这是不对的。通过本次课程设计，我明白了，理论与实践相结合得重要性，也明白了做事情要沉心稳气，专注于问题，才能解决问题，获得成功。

## 实践总结三

想要当好一名与时俱进的工科大学生，必须认真对待每一次实验和课程设计，总的来说，这次课程设计让我学到了很多东西。

由于上学期的数字接口课设和通信系统课设已经完成`Arduino`和`Labview`的基本学习，在基础操作方面相当于是有一个基础，只需要复习之前的课设内容。本次课程设计大致可以分为三个部分：通信协议设计和顶层框架设计，各个模块的设计以及模块间的联合调试。和小组一起协议设计、以及完成中心节点和终端算法的编程实现。

在实现过程中遇到的问题都是在中心节点和终端联合调试中暴露出来的。其中也遇到了一些很难解释的问题，这些问题可能需要归结到`Arduino`集成开发环境的不完善中来。连这些软件方面都可能有问题我们有些问题也是很正常的现象，但是明天的太阳晒不干今天的衣服，遇到问题不可怕，及时解决至关重要。剔除过程中遇到的一些反人类的问题，我在是实现过程中遇到过两个影响非常严重的问题。一，在不存在其它板子干扰的情况下，进行中心节点和终端联合调试的过程中总是出现终端板（`Uno`）发送报文消息但是中心节点收不到相应报文。起初以为是板子的问题，更换板子之后问题也间歇性出现。通过查阅相关资料，发现 LoRa 接收和发送存在一定的转换时间，所以这个看似很严重的问题只需要在接收和发送之间加一个很短的延时即可解决。二、在联合调试时总是发现 Labview 端的数据更新很慢，并且各种指令的执行都很慢，最初以为程序写得过于冗余以及向串口打印了过多的提示字符串导致。优化程序结构已经完成相应自认为可以提高执行效率的方法之后也不见好转，问题最终解决是在调整扩展因子时将其调小，发现速度至少提高了 5 倍。

要而论之，一起实现中心节点和终端的编程实现可能需要完成的任务量比较多但是也是有一定好处的。比如在中心节点和终端之间的联合调试就显得更为得心应手，以及中心节点和终端一齐考虑就会暴露出协议的很多漏洞，而这个漏洞是可以反馈到协议，这是一个让协议功能的完善程度和场景兼容度与日俱增的过程。

很多事和课程设计看起来什么联系，但其实很多地方都有很多相似性。万事开头难，无论是课程设计还是其他什么，最初起步的时候大概率是非常难受的，这时候自己就得有强大的心理挺过开头。过程或许艰难或许容易，如果难那就更得坚持住，如果简单那就把每一个细节都处理好，然后把自己毫无牵挂地送到最后地阶段。行百里者半九十，越到快结束的时候越得沉得住气，不然稍微出点岔子就为山九仞，功亏一篑。

其实，实验进行的时候我们每个人的心里都是一样的一希望做好这次实验，但是希望并不代表结果，做好实验并不是毕其功于一役，实验过程以及其

他的一些东西做的行云流水，一次成功。以前做实验的这些经历告诉我，过程不顺利不一定是坏事，在过程中不断找到自己问题，不断解决，自己能看到自己能力的提升，这并不是什么坏事；相反，无往不利不一定收获有不断犯错误纠正错误得多。

## 参考文献

- [1] 陈吕州 《Arduino 程序设计基础（第 2 版）》[M]. 北京：北京航空航天大学出版，2015
- [2] 李培毅 《Arduino 实验案例指导手册（简版 0917）》 自编讲义