**技术报告**

作品类别：应用

**一、设计方案**

**1.系统架构简介**

本设计是一种基于RT-Thread国产OS的智能仓储温湿度检测系统。本系统是采用WiFi无线通信技术结合ad采样设备，并通过运用TCP协议构架组建无线传感网络，基于RT-Thread操作系统的多线程管理，来实现主从节点的数据采集和传输。

基于RT-Thread国产OS的智能仓储温湿度检测系统使用多线程技术，实现了采集数据、网络通信、数据监测与告警、数据可视化、页面交互等功能。系统分主机与从机，从机主要负责通过IIC总线进行温湿度数据采集工作，主机主要完成对从机的管理，时刻监测仓库温湿度数据，发生异常时可以及时、精准地发出告警，以便仓库管理人员及时排查异常原因，力求人性化、智能化。

本系统基本构架如下图：

|  |
| --- |
| systemframework |
| 系统基本构架 |

**2.系统需求分析**

防潮、防霉、防腐、防爆是仓库日常工作的重要内容，是衡量仓库管理质量的重要指标。它直接影响到储备物资的存储安全、使用寿命和工作可靠性，为保证日常工作的顺利进行，首要问题是加强仓库内温度与湿度的监测工作，但采用测试器材进行人工检测的传统方法费时费力、效率低，且测试的温度及湿度误差大、随机性大。因此,仓库的测控无线化、智能化己成为仓库储备技术的发展趋势。

**3.系统功能**

3.1数据采集模块

（1）设计意义

数据采集模块为本系统的重大前提，本系统其他功能均围绕着数据采集模块获取得的温度湿度数据；只有实现对温度、湿度等数据的采集，才能完成仓储温湿度监测。

（2）基本原理

本系统采用aht10模块作为温湿度传感器，该芯片采用 IIC 接口，IIC\_SD 和 IIC\_SCL2 分别连接在PC1和PD6引脚上。IIC(Inter－Integrated Circuit)总线是一种由 PHILIPS 公司开发的两线式串行总线，用于连接微控制器及其外围设备。它是由数据线 SDA 和时钟 SCL 构成的串行总线，可发送和接收数据。

在 CPU 与被控 IC 之间、IC 与 IC 之间进行双向传送，高速 IIC 总线一般可达 400kbps 以上。I2C 总线在传送数据过程中共有三种类型信号， 它们分别是：开始信号、结束信号和应答信号。

⚫开始信号：SCL 为高电平时，SDA 由高电平向低电平跳变，开始传送数据。

⚫结束信号：SCL 为高电平时，SDA 由低电平向高电平跳变，结束传送数据。

⚫应答信号：接收数据的 IC 在接收到 8bit 数据后，向发送数据的 IC 发出特定的低电平脉冲，表示已收到数据。CPU 向受控单元发出一个信号后，等待受控单元发出一个应答信号，CPU 接收到应答信号后，根据实际情况作出是否继续传递信号的判断。若未收到应答信号，由判断为受控单元出现故障。

I2C总线时序图如下：

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| IIC总线时序图 |

本系统启动aht10\_thread线程用作数据采集，同时，使用RT-ThreadOS邮箱机制完成线程间的通信，以便网络通信模块等其他模块对采集的温湿度数据进行进一步处理。

3.2用户交互模块

（1）设计意义

本系统是基于RT-Thread OS的物联网智能应用系统，为实现数据可视化与操作人性化，该系统设计了用户交互模块，以便用户实时查看仓库温湿度、自定义相关库存参数，以为用户提供更人性化、更智能的物联网库存管理方案。

（2）基本原理

用户交互模块硬件主要由TFT-LCD 与若干按键组成，本系统使用 STM32L475 的 SPI 接口来驱动 TFTLCD，以用来显示 ASCII 字符、图像和彩色显示等功能。

SPI 是英语 Serial Peripheral Interface 的缩写，顾名思义就是串行外围设备接口。是 Motorola 首先在其 MC68HCXX 系列处理器上定义的。SPI 接口主要应用在 EEPROM，FLASH，实时时钟，AD 转换器，还有数字信号处理器和数字信号解码器之间。SPI是一种高速的、全双工、同步的通信总线，并且在芯片的管脚上只占用四根线，节约了芯片的管脚，同时为 PCB 的布局上节省空间，提供方便。SPI 接口一般使用 4 条线通信：MISO 主设备数据输入，从设备数据输出。

MOSI 主设备数据输出，从设备数据输入。SCLK 时钟信号，由主设备产生。CS 从设备片选信号，由主设备控制，SPI内部结构图如下：

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| SPI内部结构简明图 |

本系统用户交互模块通过TFT-LCD实现数据可视化，同时用户可以通过按键对本系统进行操作。其中，为了用户在系统从机上电后先操作按键进行主机IP地址设置，本系统使用key\_thread对各个按键连接引脚进行检测，以判断按键是否被按下，各个按键的功能主要有页面切换、修改参数以及开启/关闭告警蜂鸣器等；在key\_thread 线程中，使用了RT-Thread OS信号量机制，以实现线程同步。

3.3网络通信模块

（1）设计意义

单个节点的数据采集与监测能力是有限的，而一般容量较大的仓库各处的温湿度数值各不相同又或仓库不同角落存储物不尽相同，因而对温度湿度的要求也各不相同，因此，仓储管理有多节点的物联网智能监测的需求，而本系统设计对应的网络通信模块，以实现对多个角落多个节点的大范围温湿度监测。

（2）基本原理

网络通信模块硬件由esp8266串口WiFi模块实现，而为了深入对RT-ThreadOS的了解，本系统该模块软件实现有两种方式：主机基于RT-Thread OS调用串口设备，以实现对esp8266模块的操作，创建TCP服务器，而从机则使用RT-Thread OS官方软件包AT device，创建套接字以实现TCP客户端。

所谓套接字(Socket)，就是对网络中不同主机上的应用进程之间进行双向通信的端点的抽象。一个套接字就是网络上进程通信的一端，提供了应用层进程利用网络协议交换数据的机制。从所处的地位来讲，套接字上联应用进程，下联网络协议栈，是应用程序通过网络协议进行通信的接口，是应用程序与网络协议根进行交互的接口。

下图为socket通信模型：

|  |
| --- |
| socketmodule |
| 套接字通信模型 |

本系统中，主机充当TCP服务端，从机作为TCP客户端，进行网络通信。TCP（传输控制协议）是一种面向连接的、可靠的、基于字节流的传输层通信协议，可为两个通信端点之间提供一条具有下列特点的通信方式：

⚫基于流的方式；

⚫面向连接；

⚫可靠通信方式；

⚫在网络状况不佳的时候尽量降低系统由于重传带来的带宽开销；

⚫通信连接维护是面向通信的两个端点的，而不考虑中间网段和节点。

此外，主机中通过RT-Thread操作系统调用串口设备（UART2），目的在于对esp8266模块进行AT指令开发。AT指令是应用于[终端设备](https://baike.baidu.com/item/%E7%BB%88%E7%AB%AF%E8%AE%BE%E5%A4%87/643738" \t "https://baike.baidu.com/item/AT%E6%8C%87%E4%BB%A4/_blank)与应用之间的连接与通信的指令，通过串口发送AT指令，本系统主机实现对esp8266的应用。

本系统从机与主机通信，会告知从机的ID、当前状态（如是否正常，超温与否等）和温湿度数值。从机中数据采集模块获得实时数据后，会将数据用本系统自定义邮件结构体封装好，投入邮箱，以实现与网络通信模块模块的线程通信。下图为本系统从机发送主机的数据帧结构：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 帧序号 | 从机ID | 从机  状态 | 温度  高位 | 温度  低位 | 湿度  低位 | 湿度  高位 | 0x0D | 0x0A |

本系统主机与从机进行通信，一般有两种目的：①从机方才连接上主机，主机为从机分配ID以便后期数据接收与从机管理；②当某台从机温湿度异常告警，主机会向连接的所有其他从机广播异常从机信息，以实现系统告警。下图为本系统主机发送从机的数据帧结构：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 |
| 从机状态 | 从机ID | 0x0D | 0x0A |

3.4数据监测与告警模块

（1）设计意义

使用智能物联网温湿度监测系统代替传统人工监测数据，一方面使得测得数据更为精确，另一方面解放了一定人力，可一定程度提高生产效率。解放人手后，当测得数据出现异常时，系统理应做出告警反应。

（2）基本原理

系统程序基于RT-Thread操作系统，开出一条emergency\_Thread用于时刻监测数据是否正常并决定告警与否。该模块尚有另一线程beat\_thread 用于监测某些长时间未能更新测量数据的从机（连接失败或意外断开），以将其清除。

**二、实现方案**

本方案是一种基于RT-Thread国产OS的智能仓储温湿度检测系统。本系统是采用WiFi无线通信技术结合ad采样设备，并通过运用TCP协议构架组建无线传感网络，基于RT-Thread操作系统的多线程管理，来实现主从节点的数据采集和传输。

本方案的实现通过编写代码对ALIENTEK Pandora STM32 开发板进行开发设计。以下分别介绍本方案的硬件搭建和软件环境。

**1硬件搭建**

* 1. **硬件介绍**

**1.1.1 STM32L475VET**

ALIENTEK Pandora STM32 开发板采用 STM32L475VET6 作为 MCU，该芯片属于 ST 官方推出的超低功耗 L4 系列产品。它拥有的资源包括：集成 FPU 和 DSP 指令，并具有 128KB SRAM 、512KB FLASH、9 个 16 位定时器、2 个 32 定时器、2 个 DMA 控制器（共14个通道）、3个SPI、2个SAI、3 个IIC、5个串口、一个低功耗串口、一个全速USB OTG、一个CAN接口、3 个 12 位ADC、2 个 12 位DAC、一个SDIO 接口、一个FSMC 接口、一个硬件随机数生成器、以及 82 个通用IO口、芯片主频为80MHz，非常适合物联网低功耗场景的应用。

|  |
| --- |
| IMG_20200930_205652 |
| ALIENTEK Pandora STM32 开发板 |

**1.1.2 aht10模块**

AHT10 是一款高精度，完全校准，贴片封装的温湿度传感器， MEMS 的制作工艺，确保产品具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性。传感器包括一个电容式感湿元件和一个高性能CMOS 微处理器相连接。该产品具有品质卓越、超快响应、抗干扰能力强、性价比极高等优点。

AHT10 通信方式采用标准 IIC 通信方式，体积小、功耗低，适用于各类应用场合。AHT10支持较宽的工作电源电压范围，该器件可为各类常见应用场景提供低成本和低功耗优势，温湿度传感器均在高精度的恒温恒湿腔室中进行出厂校准，直接输出经温度补偿后的湿度、温度等信息，用户无需要对湿度进行温度补偿，便可得到准确的温湿度信息。

AHT10 主要有以下特性：

* 工作电压范围：1.8V-3.3V
* 工作电流 ：休眠时 1uA，测量时 0.8mA
* 具有 I2C 接口与报警等功能
* 测量范围：湿度 0~100％RH，温度-40~85℃
* 精度 ：湿度±3%RH（典型值），温度 0.5℃（典型值）
* 分辨率 ：湿度 0.1%RH，温度 0.015℃

**1.1.3 ESP8266模块**

ATK-ESP8266 是正点原子团队推出的一款高性能的 UART-WiFi（串口-无线） 模块。 ATK-ESP8266 模块采用串口（LVTTL）与 MCU（或其他串口设备）通信，内置TCP/IP 协议栈，能够实现串口与 WIFI 之间的转换。通过 ATK-ESP8266 模块，传统的串口设备只是需要简单的串口配置，即可通过网络（WIFI）传输自己的数据。ATK-ESP8266 模块支持 LVTTL 串口，兼容 3.3V 和 5V 单片机系统，连接方便。模块支持串口转WIFI STA、串口转AP和WIFI STA+WIFI AP 的模式，从而快速构建串口-WIFI 数据传输方案，便于设备使用互联网传输数据。

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| ESP8266模块外观 |

**1.1.4 TFT-LCD**

TFT-LCD 即薄膜晶体管液晶显示器。其英文全称为：Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display。TFT-LCD 与无源 TN-LCD、STN-LCD 的简单矩阵不同，它在液晶显示屏的每一个象素上都设置有一个薄膜晶体管（TFT），可有效地克服非选通时的串扰，使显示液晶屏的静态特性与扫描线数无关，因此大大提高了图像质量。TFT-LCD 也被叫做真彩液晶显示器。

潘多拉 STM32L4 开发板上板载的 TFTLCD 主要有以下特点：

* 屏幕尺寸为 1.3 寸
* 分辨率为：240\*240
* 支持 16 位真彩色显示
  1. **硬件连接**

**1.2.1 aht10模块连接**

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| AHT10接线图 |

上图 U7 即AHT10温湿度传感器，该芯片采用 IIC 接口，IIC\_SD和IIC\_SCL2 分别连接在 MCU的PC1 和 PD6 引脚上。

**1.2.2 TFT-LCD连接**

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| TFT-LCD接线图 |

TFTLCD显示屏与MCU是通过SPI3 接口连接,其LCD\_PWR/LCD\_RESET/LCD\_WR/LCD\_SPI\_SDA/LCD\_SPI\_SCK/LCD\_CS分别连接 MCU 的PB7/PB6/PB4/PB5/PB3/PD7引脚。开发板通过 LCD\_PWR(PB7)引脚来控制 TFTLCD 的电源，以降低开发板的整体功耗。

**1.2.3 esp8266模块连接**

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| ESP8266接线图 |

上图ATK\_MODULE即指esp8266模块，其TX、RX引脚分别与MCU的uart2的RX/TX引脚相连（PA2与PA3）。

**2 软件环境**

**2.1软件开发环境**

## 本系统基于RT-Thread操作系统，因此选用一站式RT-Thread开发工具：RT-Thread Studio 作为软件开发环境，以进行便捷RT-Thread项目开发。RT-Thread Studio 是一款一站式的 RT-Thread开发工具，该IDE通过简单易用的图形化配置系统以及丰富的软件包和组件资源，力求让物联网开发变得简单和高效。RT-Thread Studio 主要包括工程创建和管理，代码编辑，SDK管理，RT-Thread配置，构建配置，调试配置，程序下载和调试等功能，结合图形化配置系统以及软件包和组件资源，减少重复工作，提高开发效率。

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| RT-Thread Studio图标 |

**2.2 RT-Thread内核介绍**

**2.2.1 RT-Thead简介**

RT-Thread，全称是 Real Time-Thread，顾名思义，它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通过线程调度器，基于优先级调度与时间片轮转调度结合的调度算法，快速完成线程与线程之间的短时间执行与切换，实现多线程支持。

RT-Thread 主要采用 C 语言编写，浅显易懂，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。对于资源丰富的物联网设备，RT-Thread提供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，实现类似 Android 的图形界面及触摸滑动效果、智能语音交互效果等复杂功能。

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。

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| RT-Thead软件框架图 |

**2.2.2 RT-Thead内核介绍**

RT-Thread内核是RT-T操作系统最基础也是最重要的部分，其处于硬件层之上，包括内核库、实时内核实现。下图为RT-Thread内核构架图：

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| RT-Thread内核及底层结构 |

内核库是为了保证内核能够独立运行的一套小型的类似 C 库的函数实现子集。而实时内核的实现包括：对象管理、线程管理及调度器、线程间通信管理、时钟管理及内存管理等。

**2.2.3内核启动流程**

|  |
| --- |
| IMG_256 |
| RT-Thread内核启动流程 |

**2.2.4 内核对象模型**

RT-Thread 内核采用面向对象的设计思想进行设计，系统级的基础设施都是一种内核对象，例如线程，信号量，互斥量，定时器等。内核对象分为两类：静态内核对象和动态内核对象，静态内核对象通常放在RW 段和 ZI 段中，在系统启动后在程序中初始化；动态内核对象则是从内存堆中创建的，而后手工做初始化。

RT-Thread 采用内核对象管理系统来访问 / 管理所有内核对象，内核对象包含了内核中绝大部分设施，这些内核对象可以是静态分配的静态对象，也可以是从系统内存堆中分配的动态对象。通过这种内核对象的设计方式，RT-Thread 做到了不依赖于具体的内存分配方式，系统的灵活性得到极大的提高。RT-Thread 内核对象包括：线程，信号量，互斥量，事件，邮箱，消息队列和定时器，内存池，设备驱动等。对象容器中包含了每类内核对象的信息，包括对象类型，大小等。对象容器给每类内核对象分配了一个链表，所有的内核对象都被链接到该链表上。而内核对象的管理方式一般是初始化对象、脱离对象、删除对象、分配对象、辨别对象等五种。

**2.3 RT-Thread线程管理**

**2.3.1 线程工作机制**

线程是 RT-Thread 操作系统中最小的调度单位，通过RT-Thread中线程控制块（TCB）对象进行管理。线程调度算法是基于优先级的全抢占式多线程调度算法，即在系统中除了中断处理函数、调度器上锁部分的代码和禁止中断的代码是不可抢占的之外，系统的其他部分都是可以抢占的，包括线程调度器自身。0优先级代表最高优先级，最低优先级留给空闲线程使用；同时它也支持创建多个具有相同优先级的线程，相同优先级的线程间采用时间片的轮转调度算法进行调度，使每个线程运行相同时间；另外调度器在寻找那些处于就绪状态的具有最高优先级的线程时，所经历的时间是恒定的，系统也不限制线程数量的多少，线程数目只和硬件平台的具体内存相关。

**2.3.2线程同步**

RT-Thread 采用信号量、互斥量与事件集实现线程间同步。线程通过对信号量、互斥量的获取与释放进行同步；互斥量采用优先级继承的方式解决了实时系统常见的优先级翻转问题。线程同步机制支持线程按优先级等待或按先进先出方式获取信号量或互斥量。线程通过对事件的发送与接收进行同步；事件集支持多事件的“或触发”和“与触发”,适合于线程等待多个事件的情况。

**2.3.3线程通信**

RT-Thread 支持邮箱和消息队列等通信机制。邮箱中一封邮件的长度固定为 4 字节大小；消息队列能够接收不固定长度的消息，并把消息缓存在自己的内存空间中。邮箱效率较消息队列更为高效。邮箱和消息队列的发送动作可安全用于中断服务例程中。通信机制支持线程按优先级等待或按先进先出方式获取。

**2.4 RT-Thread内核其他管理**

**2.4.1时钟管理**

RT-Thread 的时钟管理以时钟节拍为基础，时钟节拍是 RT-Thread 操作系统中最小的时钟单位。RT-Thread 的定时器提供两类定时器机制：第一类是单次触发定时器，这类定时器在启动后只会触发一次定时器事件，然后定时器自动停止。第二类是周期触发定时器，这类定时器会周期性的触发定时器事件，直到用户手动的停止定时器否则将永远持续执行下去。通常使用定时器定时回调函数（即超时函数），完成定时服务。用户根据自己对定时处理的实时性要求选择合适类型的定时器。

**2.4.2 内存管理**

RT-Thread 支持静态内存池管理及动态内存堆管理。当静态内存池具有可用内存时，系统对内存块分配的时间将是恒定的；当静态内存池为空时，系统将申请内存块的线程挂起或阻塞掉 (即线程等待一段时间后仍未获得内存块就放弃申请并返回，或者立刻返回。等待的时间取决于申请内存块时设置的等待时间参数)，当其他线程释放内存块到内存池时，如果有挂起的待分配内存块的线程存在的话，则系统会将这个线程唤醒。动态内存堆管理模块在系统资源不同的情况下，分别提供了面向小内存系统的内存管理算法及面向大内存系统的 SLAB 内存管理算法。

**2.4.3 I/O设备管理**

RT-Thread 将 PIN、I2C、SPI、USB、UART 等作为外设设备，统一通过设备注册完成。实现了按名称访问的设备管理子系统，可按照统一的 API 界面访问硬件设备。在设备驱动接口上，根据嵌入式系统的特点，对不同的设备可以挂接相应的事件。当设备事件触发时，由驱动程序通知给上层的应用程序。

**2.5 RT-Thread内核移植**

RT-Thread内核移植即指将 RT-Thread 内核在不同的芯片架构、不同的板卡上运行起来，能够具备线程管理和调度，内存管理，线程间同步和通信、定时器管理等功能，分为CPU架构移植和BSP（Board Support Package）移植两种。其中CPU架构移植有四大关键内容:实现全局中断开关，实现线程栈初始化，实现上下文切换，实现时钟节拍。而本系统开发使用BSP移植。

在实际项目中，不同的板卡上可能使用相同的 CPU 架构，搭载不同的外设资源，完成不同的产品，所以我们也需要针对板卡做适配工作。RT-Thread 提供了 BSP 抽象层来适配常见的板卡。如果希望在一个板卡上使用 RT-Thread 内核，除了需要有相应的芯片架构的移植，还需要有针对板卡的移 植，也就是实现一个基本的 BSP。主要任务是建立让操作系统运行的基本环境，需要完成的主要工作是：

* 初始化 CPU 内部寄存器，设定 RAM 工作时序。
* 实现时钟驱动及中断控制器驱动，完善中断管理。
* 实现串口和 GPIO 驱动。
* 初始化动态内存堆，实现动态堆内存管理。

**三、运行结果**

**1.系统操作流程**

**1.1主机操作流程**

接上电源后，打开开发板上的电源开关，LCD屏幕会陆续显示如下界面：

|  |
| --- |
| IMG_20200930_143109 |
| 系统上电 |
| 正在连接WiFi |

|  |
| --- |
| IMG_20200930_142710 |
| 已连接路由器WiFi |

|  |
| --- |
| IMG_20200930_142713 |
| 正在获取IP及页面加载 |

加载完成后，开发板下方红色LED闪烁，系统主机的LCD显示首页内容，主要包括：本系统名（T-H M，温湿度监控仪），主机在局域网内的IP地址，以及连接从机的列表与从机采集的数据项（温度、湿度等）：

|  |
| --- |
| IMG_20200930_142722 |
| 首页显示（无主机连接） |

|  |
| --- |
| IMG_20200930_150818 |
| 首页显示（1台从机已连接） |

当某台从机数据监测异常（超温或超湿）时，主机在默认状态下启动蜂鸣器告警，同时将告警内容（数据异常的从机ID、异常状态）发送给当前连接的其他从机，其他从机也会进入告警状态。

仅一台从机连接主机时，蜂鸣器响，将异常从机ID与异常状态信息以大红字体闪动出现，画面下方提示按下WK\_UP键可关闭蜂鸣器：

|  |
| --- |
| IMG_20200930_151538 IMG_20200930_151420 |
| 主机告警（左图为蜂鸣器启动告警，右图无蜂鸣器告警） |

当多台从机连接主机时，主机告警的同时，会向其他从机广播告警信息，以启动当前连接的所有从机进入告警状态，显示异常从机ID及异常信息，以便仓库管理人员及早发现异常、处理异常：

|  |
| --- |
| IMG_20200930_172452 IMG_20200930_172422 |
| 告警页面（左图为主机告警，右图为其他从机告警） |

此时，由于主机会向其他从机广播告警信息，则该网络下所有的智能仓储温湿度监测仪均会响蜂鸣器；可以通过按主机的WK\_UP按键终止广播信息，同时关闭主机蜂鸣器，其他从机未收到告警信息也会停止告警，但主机与异常从机仍会显示告警信息，提示库存管理人员调节存储环境。

**1.2 从机操作流程**

接上电源后，打开开发板上的电源开关，LCD屏幕会显示如下界面：

|  |
| --- |
| **IMG_20200930_174235** |
| 从机上电 |
| **IMG_20200930_180113** |
| 主机IP地址设置页面 |

在该页面中，显示待设置的主机IP地址与相关按键的操作提示：

KEY0按键：页面跳转，可显示如下页面：

|  |
| --- |
| IMG_20200930_182242 |
| 从机首页（未连接主机） |

KEY1按键：移动光标，选择需修改的数位。

KEY2按键：修改光标所在数位的数值。

WK\_UP按键：确定按键，保存当前IP地址修改，并连接该IP地址所在主机。

用户需查看待连接的主机的IP地址（主机首页显示），根据IP地址进行修改并连接。与主机建立连接后，从机、主机分别显示如下页面：

|  |
| --- |
| **IMG_20200930_180151** |
| 从机首页 |
|  |
| **IMG_20200930_180338** |
| 主机首页 |

由从机首页显示可知，从机首页有该节点监测到的温度、湿度信息，以及主机分配的从机ID。电子屏下方有操作提示：按下KEY0按键可切换至设置参数页面，如下：

|  |
| --- |
| **IMG_20200930_180447** |
| 从机设置页面 |

在该页面中，除了相关的几则操作提示外，会显示当前连接主机的IP地址，以及可设置的告警阈值。如上图中，当温度大于40摄氏度时或湿度大于87%时，系统会启动告警。告警时，从机蜂鸣器响，只能通过按键关闭蜂鸣器；同时，主机会接收到该从机的异常信息，并进行告警广播。

**2.2、系统运行测试**

**2.2.1 主从机信息显示**

如图所示，本系统主从机首页会显示从机ID、温度、湿度等信息。

|  |
| --- |
| IMG_20200930_185207 IMG_20200930_185203 |
| 从机首页（左），主机首页（右） |

**2.2.2 系统数据异常告警与关闭**

告警类型分超温告警、超湿告警与超温超湿告警。告警可通过按系统WK\_UP按键关闭。

下图为超温告警。

|  |
| --- |
| IMG_20200930_172452 IMG_20200930_172422 |
| 主机告警页面（左），从机告警页面（右） |

**四、特色创新**

防潮、防霉、防腐、防爆是仓库日常工作的重要内容，是衡量仓库管理质量的重要指标。它直接影响到储备物资的存储安全、使用寿命和工作可靠性，为保证日常工作的顺利进行，首要问题是加强仓库内温度与湿度的监测工作，但采用测试器材进行人工检测的传统方法费时费力、效率低，且测试的温度及湿度误差大、随机性大。同时，

为了解决上述问题，本项目设计了基于RT-Thread国产OS的智能仓储温湿度检测系统，主要创新有：

1. 设备自动监测代替人工监测，解放了人力资源提高了生产效率，且监测效果更加可靠：该系统使用AHT10进行温度与湿度的测量，将温度与湿度的误差分别限制在±3%RH、±0.5℃以内，实现了对温度与湿度较高精度的测量。
2. 采用了无线一对多通信，易部署、占地小、摆脱了有线通信的距离限制，实现了远程监测：使用了ATK-ESP8266进行通信，模块支持串口转WIFI STA、串口转AP和WIFI STA+WIFI AP的模式，从而可以快速构建串口-WIFI 数据传输方案，便于设备使用互联网传输数据。

考虑到仓库存储的多样性，温湿度条件也不尽相同，我们还基于TCP传输协议组建了无线传感器网络，对仓库进行多节点的数据采集与监测，使用RT—Thread多线程管理，实现了对仓库的全方位的温湿度智能监测。

1. 操作进一步人性化：为了使得操作更加的人性化，我们在TFTLCD上设计了交互式的操作界面，使得用户可以更加方便的实时查看仓库温湿度数据、自定义相关库存参数。