**设计报告**

**项目名称：公共浴室智能管理系统**

**小组成员：马博阳、綦浩楠、沙禹吉**

**日期：2022年4月17日**

目录

[1. 系统规范 4](#_Toc101096294)

[1.1 应用场景 4](#_Toc101096295)

[项目应用场景 4](#_Toc101096296)

[项目解决痛点 4](#_Toc101096297)

[1.2 系统功能 4](#_Toc101096298)

[淋浴器终端 4](#_Toc101096299)

[淋浴间主机 5](#_Toc101096300)

[云服务平台 5](#_Toc101096301)

[1.3 系统指标 5](#_Toc101096302)

[功能指标 5](#_Toc101096303)

[精确度指标 5](#_Toc101096304)

[安全指标 6](#_Toc101096305)

[2. 智能设备 6](#_Toc101096306)

[2.1 总体方案 6](#_Toc101096307)

[总体架构图 6](#_Toc101096308)

[淋浴器终端硬件框图 6](#_Toc101096309)

[淋浴间主机硬件框图 7](#_Toc101096310)

[2.2 硬件设计 8](#_Toc101096311)

[信号输入 8](#_Toc101096312)

[信号输出 13](#_Toc101096313)

[人机接口 14](#_Toc101096314)

[通信模块 14](#_Toc101096315)

[电源模块 16](#_Toc101096316)

[处理器 17](#_Toc101096317)

[2.3 软件设计 18](#_Toc101096318)

[淋浴器终端流程图 18](#_Toc101096319)

[淋浴器终端流程图 18](#_Toc101096320)

[2.4 外壳设计 19](#_Toc101096321)

[制作方案 19](#_Toc101096322)

[示意图（正面） 19](#_Toc101096323)

[3. 智能服务 19](#_Toc101096324)

[3.1 接口设计 19](#_Toc101096325)

[3.2 数据库设计 20](#_Toc101096326)

[3.3 人机界面设计 20](#_Toc101096327)

[用户界面 20](#_Toc101096328)

[管理员界面 21](#_Toc101096329)

[3.4 服务平台流程图 21](#_Toc101096330)

[用户 21](#_Toc101096331)

[管理员 22](#_Toc101096332)

[4. 系统调试 22](#_Toc101096333)

[4.1 测试场景 22](#_Toc101096334)

[4.2 测试方法 22](#_Toc101096335)

[5. 本阶段分工 22](#_Toc101096336)

# 1. 系统规范

## 1.1 应用场景

### 项目应用场景

本项目的应用场景主要为校园宿舍、公寓等场所内的公共浴室。



### 项目解决痛点

许多学校仍然只提供公共浴室，由于无法做到提前知晓浴室人数以及提前预约使用浴室，浴室的拥堵现象每天都在发生。

很多人在洗完澡后遗落随身物品，往往很难立刻意识到物品遗落，返回寻找时经常无法找到，造成不必要的损失。

由于无法将电子设备带入浴室环境中，忘带毛巾或在洗澡途中澡卡没钱很难求助。

## 1.2 系统功能

### 淋浴器终端

基本功能：用户刷卡出水，计时/计量收费；

显示屏提示：当前时间、卡内余额、水流温度、学号/用户号、本次消费信息和淋浴器状态信息（是否被预约、是否故障）；

语音提示：物品遗落、接近预约时间结束、接近供水时间结束等场景提示音；

用户可通过手机预约洗澡时段，查看浴室当前使用情况和人流量分析，查看预估等待时间，淋浴器终端可检测用户是否按时到达并使用；

遗落物品检测及报警提示；

主动求助、报修功能。

### 淋浴间主机

数据汇集和转发；

检测浴室内温度、湿度及亮度，智能控制灯光与换气扇。

### 云服务平台

显示浴室当前使用情况，帮助用户合理安排洗澡时间；

统计用户历史数据，进行分析，为用户提供洗澡时间、水温等建议；

统计浴室历史使用情况，提供使用高峰和空闲时段分析，用户可据此安排洗澡时间，管理者可据此合理安排整体供水时间。

统计水温、用水量，为管理者提供设置总供水量、供水温度的建议。

## 1.3 系统指标

本项目的系统指标主要在三个方面：功能指标、测试指标和安全指标。其中，功能指标主要测试目标功能是否能够实现；精确度指标主要测试各传感器采集数据的精度是否符合要求，因为本项目的功能实现均依赖于传感器采集的数据；安全指标主要测试在浴室高温高湿环境下的电气安全。

### 功能指标

测试方法：模拟公共浴室的使用环境进行功能测试，如果条件允许可以搭建模拟环境或实地测试，由测试人员评价是否完成。

* 能否实现用户预约和后台智能管理功能；
* 能否做到遗落物品报警提示和推送通知，使用者主动求助和报修；
* 能否做到水温、时长、用水量的数据采集、传输和后台智能分析；
* 能否做到对灯光和换气扇的智能控制。

### 精确度指标

测试方法：针对所要测试的传感器设置变化的环境，将采集结果与专用测量设备的结果比较，计算误差。

* 温度传感器误差控制在；
* 湿度传感器误差控制在；
* 流量计误差控制在；
* 红外传感器检测成功率在以上。

### 安全指标

测试方法：在温度为、湿度为 的模拟环境中，测试设备能否正常工作，有无漏电现象。

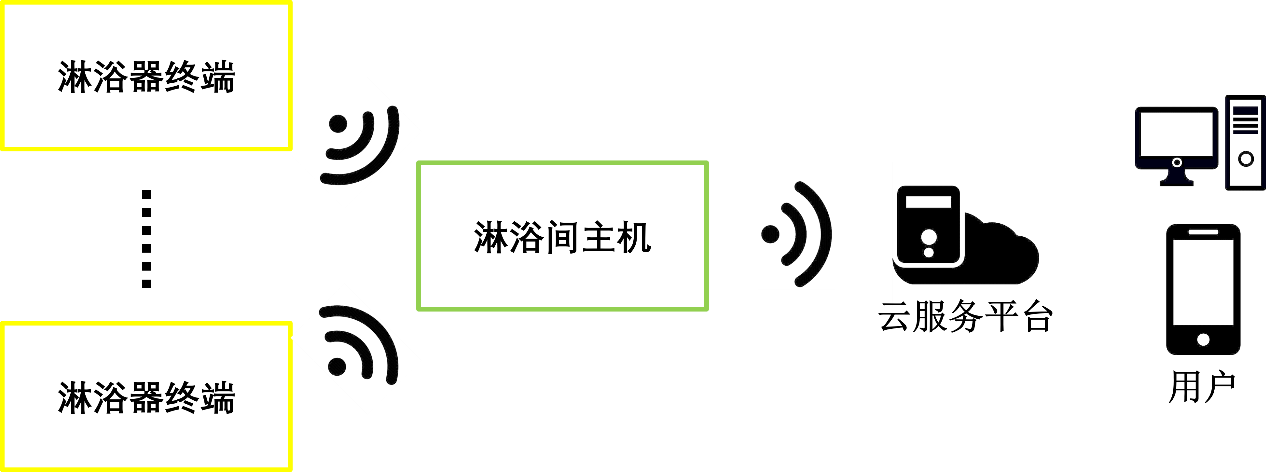
* 可以长时间连续正常工作；
* 无漏电现象；
* 正常工作湿度范围在；
* 正常工作温度范围在；
* 强电和弱电隔离；
* 红外发射功率满足人体安全标准。

# 2. 智能设备

## 2.1 总体方案

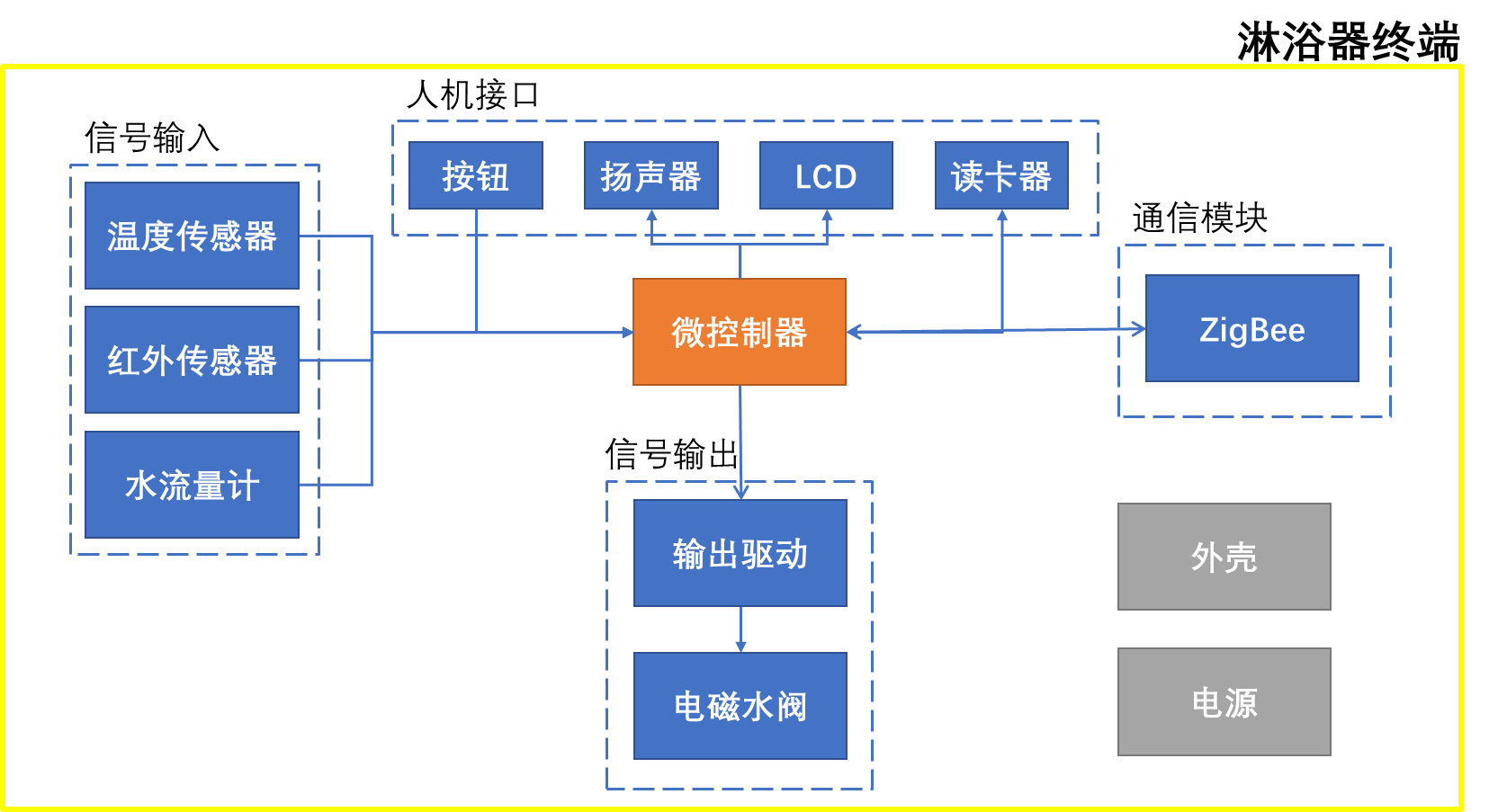
### 总体架构图

公共浴室的结构通常为：每层楼有一个或多个淋浴间，淋浴间由外部的更衣室和内部的多个隔间组成，每个隔间配备有一个淋浴器。本项目的淋浴器终端安装在每个隔间内，替代原有淋浴器，并通过无线传输与淋浴间主机通信；淋浴间主机安装在每个淋浴间，与淋浴器终端通信，并接入互联网与云服务平台通信;云服务平台借助手机、网站等方式为用户提供服务。整体架构图如下图所示。



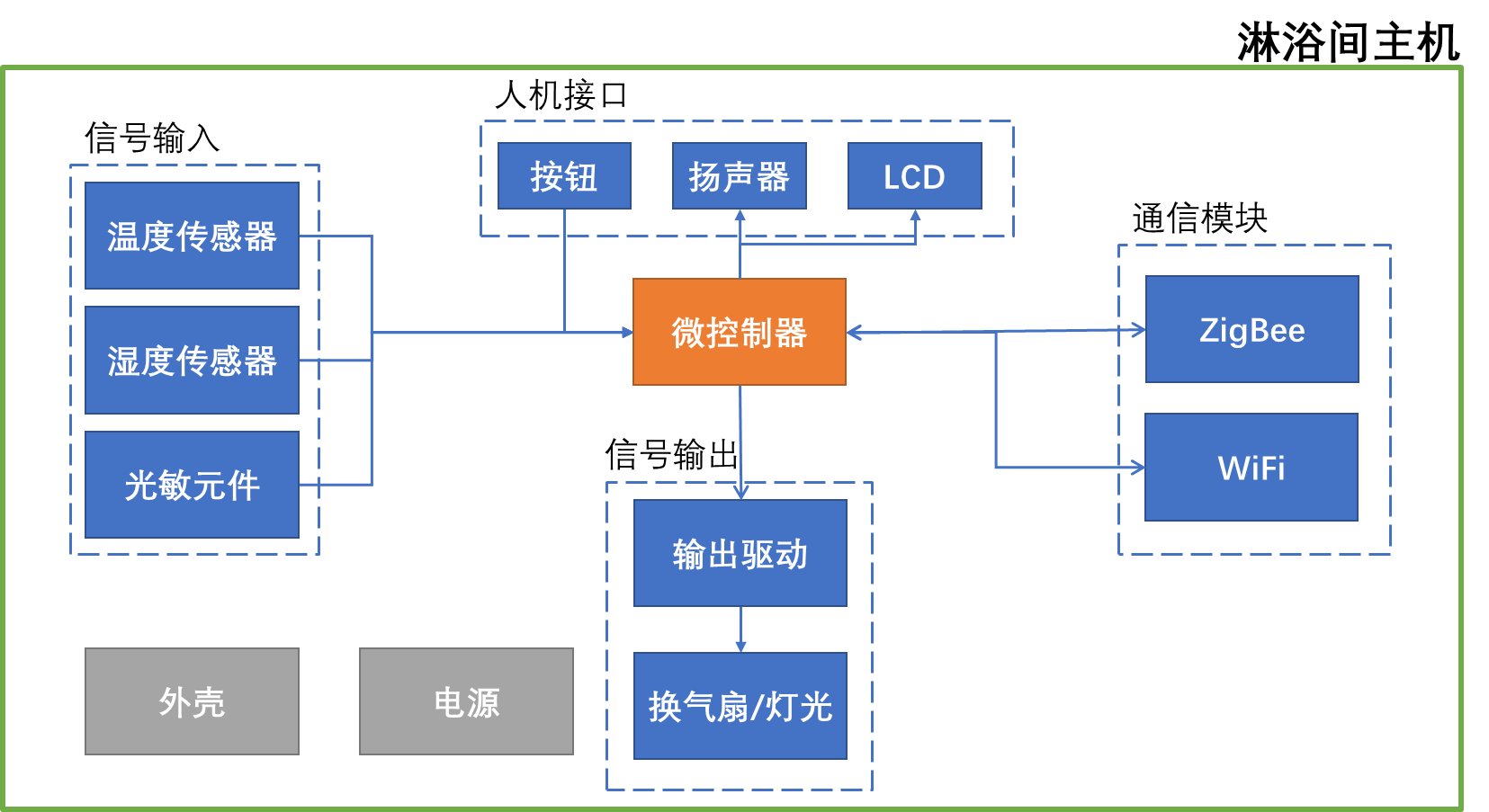
### 淋浴器终端硬件框图

淋浴器终端主要分为七部分：微控制器为核心，控制各外设实现目标功能；信号输入部分由温度传感器、红外传感器和水流量计组成，采集到信号并进行调理后送往微控制器；信号输出部分由驱动电路和继电器组成，微控制器通过此部分电路控制电磁水阀的开闭；人机接口部分由按钮、扬声器、LCD显示屏和读卡器组成，实现主动求助、保修、声音提示、信息展示和刷卡功能；通信模块使用ZigBee完成无线传输；电源模块为整个终端供电；外壳实现保护和防水。



### 淋浴间主机硬件框图

淋浴间主机主要分为七部分：微控制器为核心，控制各外设实现目标功能；信号输入部分由温度传感器、湿度传感器和光敏元件组成，采集到信号并进行调理后送往微控制器；信号输出部分由驱动电路和继电器组成，微控制器通过此部分电路控制灯光和换气扇的开闭；人机接口部分由按钮、扬声器和LCD显示屏组成，实现主动求助、保修、声音提示和信息展示功能；通信模块使用ZigBee与淋浴器终端通信，使用WiFi接入互联网与云服务平台通信；电源模块为整个主机供电；外壳实现保护和防水。



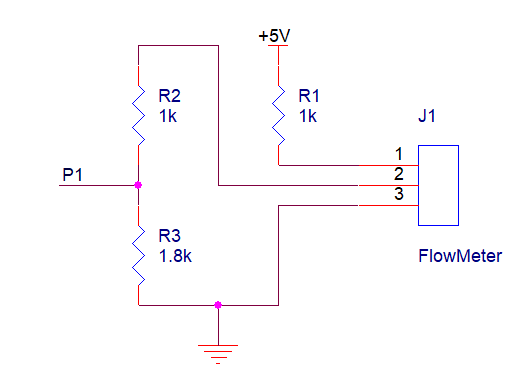
## 2.2 硬件设计

### 信号输入

#### 流量计

设计需求：供电电压为3.3V或5V直流供电；误差小于±2%；可以在浴室环境下正常工作。

采用现有的流量计，该流量计使用霍尔元件进行测量，工作时水流带动磁性转子转动，霍尔元件输出相应的脉冲。流量计可用5V供电，输出为5V的脉冲信号，可以通过电阻分压转换为CMOS电平，输入单片机对脉冲计数就可以换算出水流量。该流量计最大可承受1.75Mpa的水压和80℃水温，可计量的流量范围为1-30L/min，误差为±2%。

中华人民共和国国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003规定，淋浴器额定流量是9L/min，压力不低于0.05 - 0.5Mpa。同时，浴室热水的最高温度低于80℃，该流量计满足使用需求。

按流量计公式，以最高流量计算，大致需要每秒计数70个脉冲，考虑到极限情况，每秒计数100个脉冲，按使用时间2小时计算，最大计数720000，需要至少20位计数器，如果另设置变量，可减少到16位，单片机定时器可以实现。

流量计只需要设计电路提供合适的电压和电流，对输出电平进行转换即可。工作电流要求小于15mA，输出电流要求小于10mA。

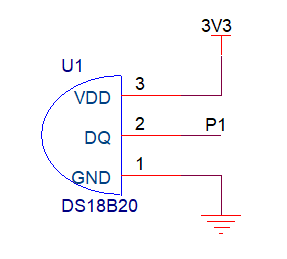
设计需求：供电电压为3.3V或5V直流供电；测温范围为0 - 60℃；误差不大于±0.5℃；可以在浴室环境下正常工作。

#### 水温传感器

DS18B20数字温度计提供9位至12位摄氏温度测量，并具有报警功能，具有非易失性用户可编程的上下触发点。DS18B20通过1-Wire总线进行通信。根据定义，该总线只需要一根数据线（和地线）即可与中央微处理器通信。它的工作温度范围为 -55 - 125℃，在-10 - 70℃的范围内精确到±0.4℃。价格6元。优点：使用简单，精确度高。缺点：防水探头15元以上，价格较高；温度响应速度慢。

本项目对于温度响应速度要求不高，考虑到电路实现的简便，防水探头的价格也在可以接受的范围内。

使用DS18B20，电路设计只需要提供电源，并将数据线与单片机连接即可。

#### 红外传感器

设计需求：供电电压为3.3V或5V直流供电；检测正确率大于99%；可以在浴室环境下正常工作。

接近传感器方案选择：考虑到超声波传感器与热释电传感器在浴室环境很难保证正常工作，选择采用主动式红外传感器。对于红外传感器的缺点，可以在设计电路时采取一定的手段解决。

**超声波传感器**

使用超声波测距，也可也用作物体接近传感器。超声波模块可以提供2 - 450cm的感测功能，测距精度在3mm。为保证测量精度，要求被测物体的面积不小于0.5平方米，且表面平整。该模块在收到有效的触发后进行一次测量，发射超声波，在接收到反射的超声波后，输出与这一过程时间相等的高电平。可以通过高电平计算出被测物体距离。模块价格为10元。

优点：在浴室环境中，温度与体温接近的水汽不会影响测量结果，光照也不会影响测量结果；可以检测到静止在传感器前的人或物品；与单片机交互简单，不需要做复杂的信号处理。

缺点：由于采用超声波测距，发射和接收探头前不可以有物体阻挡，透明外壳也会阻挡，导致无法正常工作，在浴室环境无法做到绝对防水；体积较大，价格较高。

**红外热释电传感器**

热释电传感器通过敏感元件感应外界人体移动产生的红外信号，以差分输入的方式传送到高精度的数字智能处理芯片进行处理，信号处理完成，传感器直接输出数字信号，方便使用。配合菲涅尔透镜，可以调整检测距离和检测范围。该模块价格为5元。

优点：体积小，价格低，可以做到有效防水。

缺点：该模块通过感应人体发射的红外线实现检测，无法检测物体的存在；该模块通过对比信号的变化检测是否接近，静止状态无法检测；由于采用被动接收环境中红外线的方式，环境温度接近体温以及强光照射会失灵。

**雷达**

雷达利用多普勒效应进行检测，需要发生相对移动，对于静止状态人体，需要通过捕捉细微动作进行检测。

优点：集成度高，精确度高，响应快；

缺点：只能检测运动状态，无法检测静止的物体，静止的人体需要及其灵敏检测细微动作，价格十分昂贵。

**主动式红外传感器**

主动式红外传感器由红外发射二极管和红外接收二极管组成，红外发射二极管发射波长为940nm的红外线，红外接收二极管在波长940nm处最敏感。主要有两种工作方式：一种是发射红外线，经物体表面反射后被接收二极管检测到，电压发生变化；另一种是发射二极管和接收二极管对射，当有物体阻挡时，无法检测到红外线，电压发生变化。该模块价格为5元以内。

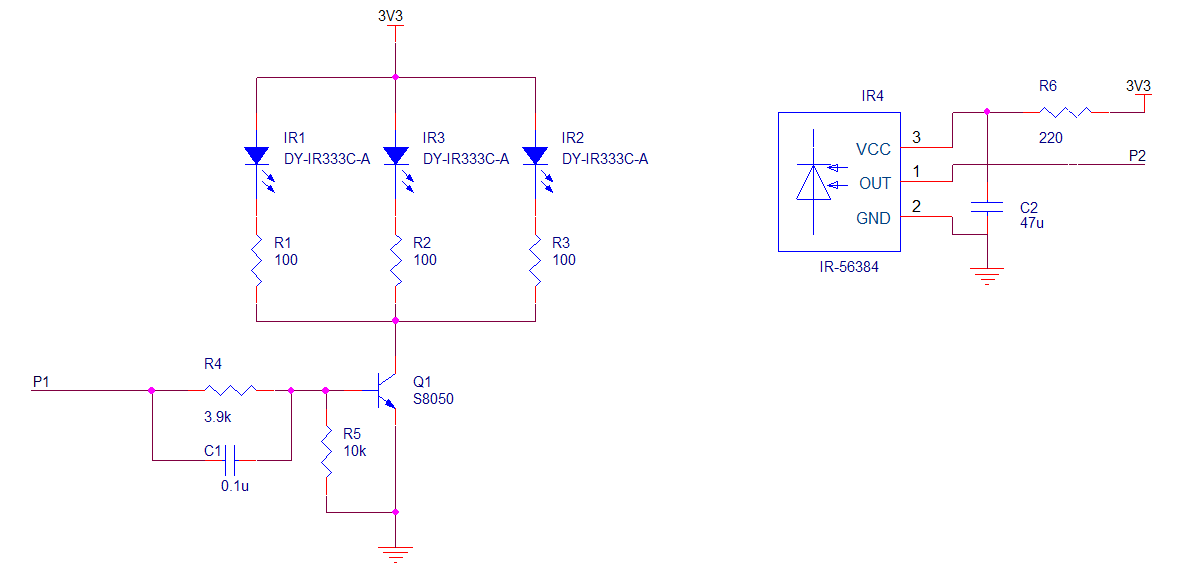
优点：发射管发射940nm红外线，人体及浴室内环境红外辐射的波长约为9000nm - 10000nm，接收管接收400nm - 11000nm，940nm处最敏感，环境影响较小；通过调节发射功率，可以增大检测距离；静止和运动状态都可以检测；可以检测人体和物体；体积小，价格低。

缺点：需要设计驱动电路和信号处理电路，对接收到的信号变化需要处理和判断；检测距离较大时，需要比较高的功率。

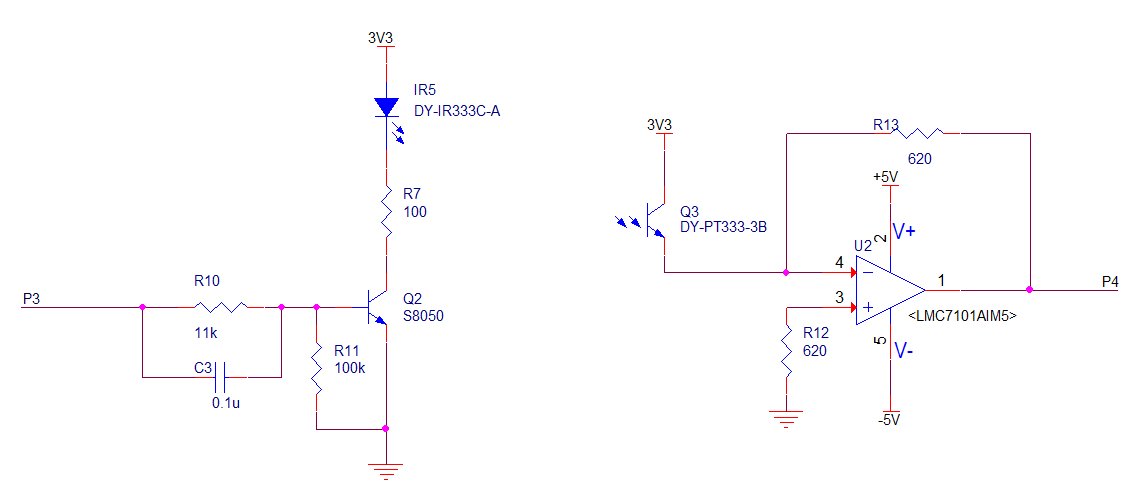
检测人体采用反射式方案，检测物品篮采用对射式方案，两种方案的电路基本相同，只是布置方式以及输出信号不同。检测人体需要有至少50cm的检测距离，所以需要较大的发射功率和较为集中的发射角度，保证经过人体反射后的红外线还可以被接收管检测到。检测物品采用对射式，只需要20cm的检测距离，满足检测人体需求的电路可以覆盖检测物品的需求。

检测人体：为避免环境中红外辐射的干扰，同时降低功耗。采用类似红外遥控的模式，使用频率为38kHz的方波作为载波信号，每次检测时发送一段010101……的调制信号。选择DY-IR333C-A作为红外发射管，辐射功率可以达到26mW/Sr，视角20°，峰值波长940nm，光谱半值宽40nm，正向电压降1.2V，推荐的正向电流20mA，适合这里的需求。对于红外接收管，有两种选择：一种是单纯的光敏二极管，自己设计信号处理电路；另一种是适用于红外遥控的红外接收管，可以将接收到的信号解调为相应的高低电平。考虑到稳定性和实现的简便性，直接选择适用于红外遥控的红外接收管IRM-56384。该接收管输出信号为CMOS电平，便于和单片机交互。

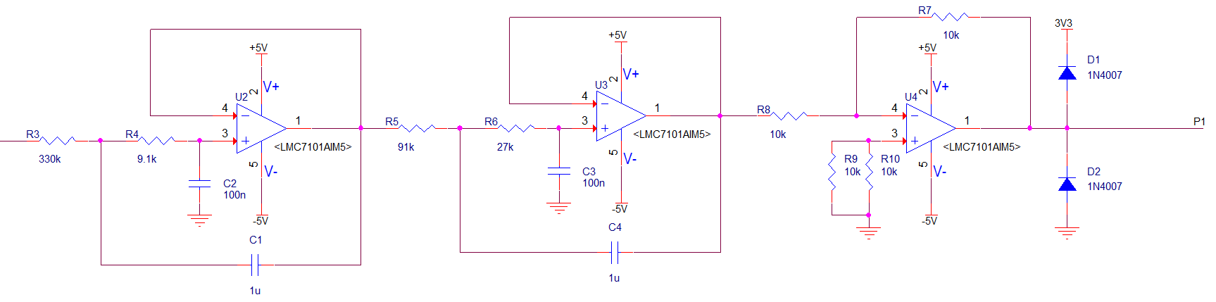
红外传感器电路设计如图。发射二极管使用单片机的定时器输出管脚控制，电流较大需要通过三极管驱动。为了增大检测距离，使用3个红外发射管，供电电压为3.3V，红外发射管正向电压降1.2V，推荐的正向电流20mA，计算出限流电阻、和为。三极管集电极电流为60mA，基极电流为0.6mA，计算出限流电阻为。可以提高开关速度，可以保证在控制信号处于导通的临界值时，不发生误操作。红外接收管输出信号为CMOS电平，可以直接输入单片机。电源使用电容进行低通滤波和去耦。



检测物品：由于检测物品采用对射方式，且只需要20cm的检测距离，采用在检测期间红外发射管一直发射红外线，红外接收管在接收到红外线后产生较大的光电流，被物品挡住无法接收到时，电流很小。将该电流转换为电压，输入ADC进行采样量化，与设定的门限判断，低于门限有物品，高于门限无物品。发射管依然选用DY-IR333C-A，接收管选用DY-PT333-3B。发射管驱动电路与检测人体电路相同，根据集电极电流不同，重新设置了相应的电阻。接收管电路先将电流信号转换为合适的电压信号，输出电压为负，需要后级处理以便于ADC采样和量化。运算放大器选择了5V电压下可用的轨到轨运放。



对于检测物体的红外接收电路自身的信号频率并不高，但会受到电路中50Hz工频干扰，以及人体检测红外传感器发出的38kHz信号干扰。同时，电流电压转换后为负电压，不便于ADC转换，需要反相处理。我们选择使用通带内平坦的巴特沃斯滤波器，截止频率10Hz，阻带50Hz处衰减50dB，阶数为4阶，使用2级VCVS电路实现，元件参数通过将滤波器传递函数与电路传递函数联立解方程组得到。其后为放大倍数为1的反相放大电路，将电平转换为ADC采样范围内正电压。二极管将电压钳制在-0.7 - 4V，符合单片机GPIO输入要求，避免电压过大损坏。

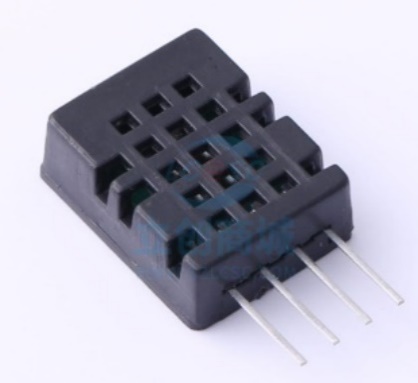
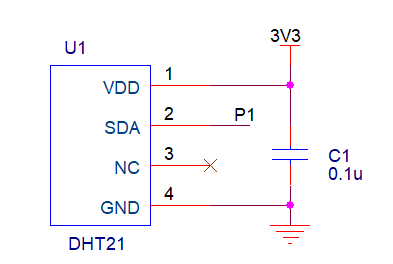


#### 温湿度传感器

设计需求：供电电压为3.3V或5V直流供电；湿度误差不大于±5%rH；湿度测量范围为10% - 90%rH；温度误差不大于±0.5℃；温度测量范围为0 - 60℃；可以在浴室环境下正常工作。

数字温湿度传感模块DHT21是采用高稳定性电容式感湿元件作为传感元件，经过微处理器采集处理转化成数字信号输出。每一个传感器都经过标定校准和测试。具有长期稳定、可靠性高、精度高、低功耗等特点。使用3.3V供电，单总线输出，可直接连接单片机。相对湿度在10% - 90%rH的误差不大于±4%rH，温度在10 - 50℃范围内不大于±0.4℃，满足需求。

使用DHT21，电路设计只需要提供电源，并将数据线与单片机连接即可。

#### 光照传感器

设计需求：供电电压为3.3V或5V直流供电；可以在浴室环境下正常工作。

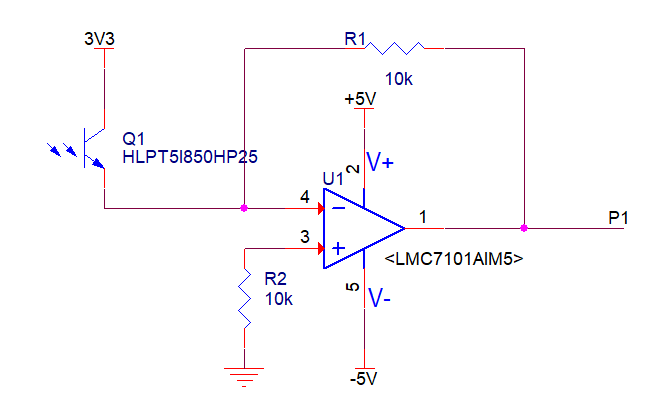
光照传感器方案选择：现有光照传感器模块体积过大不便于集成和防水；光照传感器芯片为贴片式，需要在防水的前提下对外壳做特殊设计，保证环境光线可以照射到芯片表面。光敏电阻对于光强的变化不敏感，判断精度差；光电二极管电流较小不方便处理，采用光电三极管。

光敏电阻：在没有光照时，电阻很大；在一定波长范围的光照下，电阻值明显变小。

光电二极管：光电二极管结构和普通二极管类似，只是结面积比普通二极管大，便于接收光线。光电二极管在反向电压下工作的。它的暗电流很小，在光线照射下产生载流子，它们参加导电会增大反向饱和电流。载流子的数量与光强度有关，因此，反向饱和电流会随着光强的变化而变化，从而可以把光信号的变化转为电流及电压的变化。

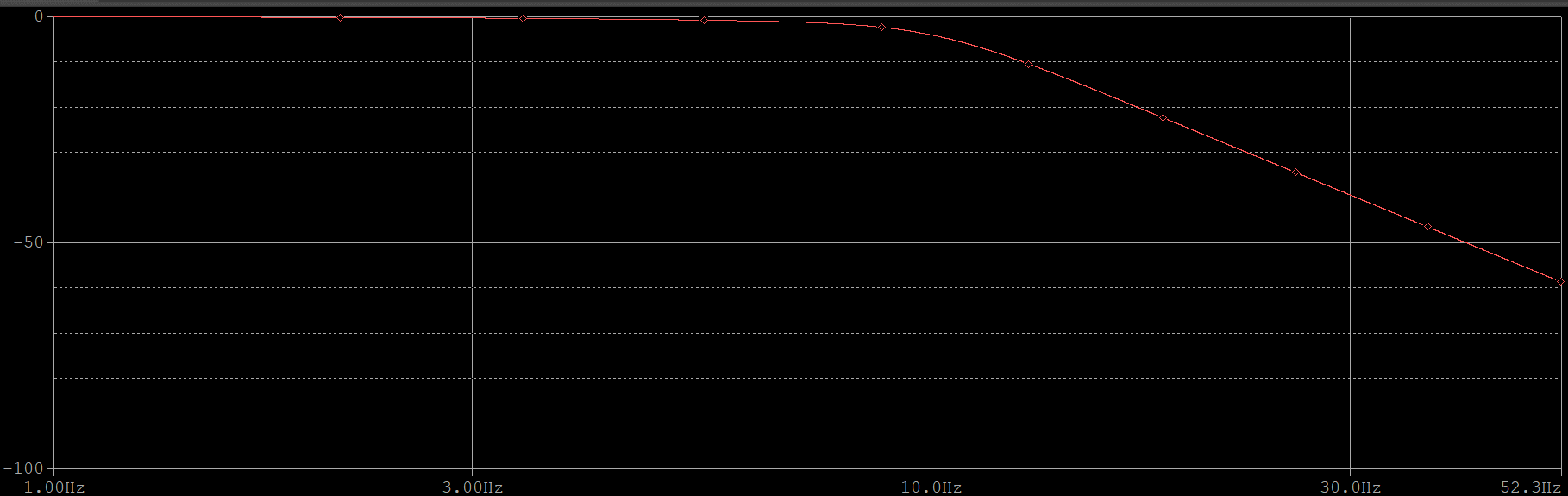
光电三极管：光电三极管结构和普通三极管类似，但基极未引出，且面积较大，可以接收光线。光照时可产生基极电流，集电极产生放大后的基极电流。光电三极管与光电二极管类似，只是经过放大电流更大，更为敏感。

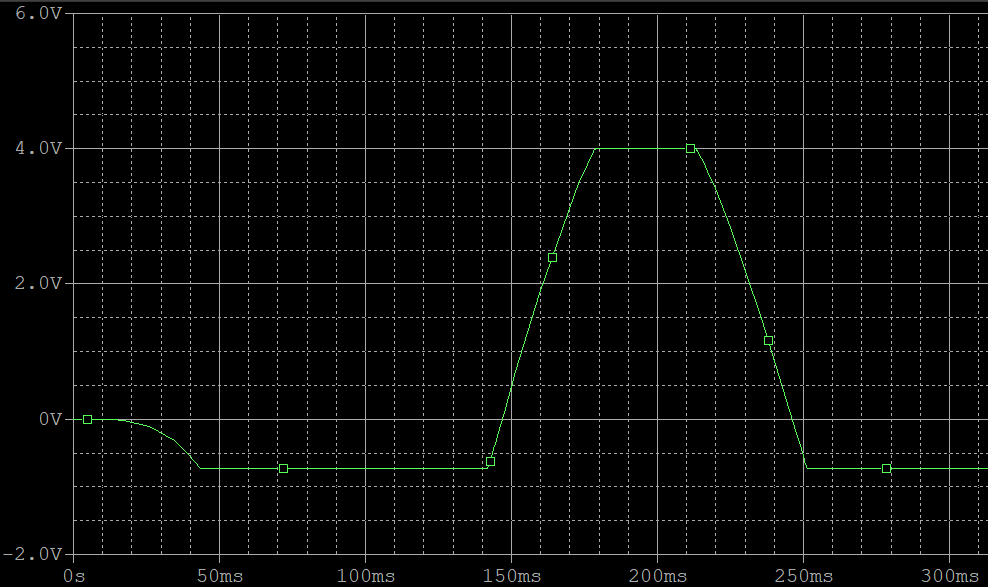
先将三极管的电流信号转换为合适的电压信号，此时为负电压，需要后级处理便于ADC采样和量化。运算放大器选择了5V电压下可用的轨到轨运放。滤波和反相处理电路同红外接收电路。



#### 电路仿真

对滤波电路和钳位电路进行仿真，结果符合设计需求。



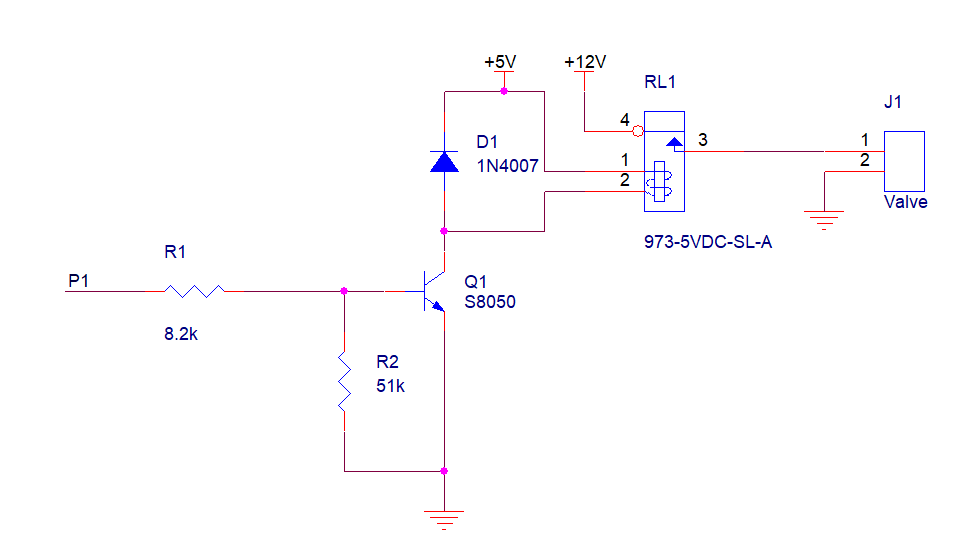


### 信号输出

设计需求：继电器线圈电压5V；使用单片机GPIO控制继电器；可以在浴室环境下正常工作。

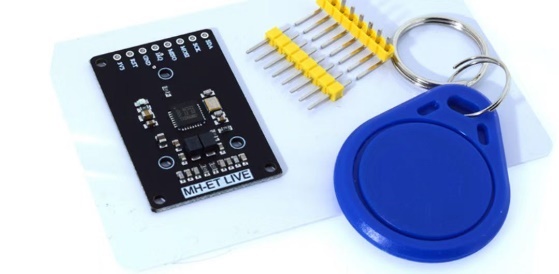
由于需要控制照明、通风和电磁阀，继电器需要能够切换220V交流电或12V直流电，能够承受1A电流，线圈供电电压5V，选择973-5VDC-SL-A。

继电器自身所需的电流和电压大于单片机GPIO所能提供的电流和电压，使用三极管S8050驱动继电器。为了避免三极管关闭时，继电器线圈内的电流造成损坏，将二极管1N4007与继电器并联。

### 人机接口

* 显示屏：0.91寸LCD显示屏模块，3.3V供电，𝐼^2 𝐶接口；
* 读卡器：RC522 MINI模块， 3.3V供电， SPI接口；
* 扬声器：内置Flash的语音芯片，通过串口控制和写入数据，可直接驱动扬声器；
* 按钮：微动开关+按键帽+防水套。

### 通信模块

为保证数据安全，避免断网时无法使用，以及终端数量的扩展性，通信分为两层：终端使用ZigBee将数据传输至主机，主机使用WiFi与云服务平台通信。

#### 终端与主机通信

淋浴器终端使用ZigBee终端设备，淋浴间主机使用ZigBee协调器。由淋浴间主机的ZigBee模块启动整个网络，建立起星型拓扑结构。

传输流程：发送方发送数据；接收方接收成功发送成功响应，接收方接收错误发送失败响应；发送方接收到成功响应发送成功响应，结束传输，发送方接收到错误响应重发数据，第二次传输仍失败停止传输并报故障。

**响应帧格式**

**成功响应：**

`A`

1字节设备编号：终端发送时为终端的编号；主机发送时为目标终端号（全0为广播）

1字节结束标志符：$

**失败响应：**

`N`

1字节设备编号：终端发送时为终端的编号；主机发送时为目标终端号（全0为广播）

1字节结束标志符：$

**数据帧格式**

1字节消息类型：S，终端发送的消息；H，主机发送的消息；E，紧急消息

1字节设备编号：终端发送时为终端的编号；主机发送时为目标终端号（全0为广播）

4字节用户编号：终端发送时为NFC卡号；主机发送时为用户号/学号（全0表示无信息/此卡已挂失）

4字节当前时间

4字节当前水温，紧急消息不包含

4字节当前流量，紧急消息不包含

4字节当前余额，紧急消息不包含

2字节状态信息：具体表示见下节

2字节是否设置：某一位为0表示不设置对应状态位，某一位为1表示设置对应状态位

1字节结束标志符：$



**状态信息**



#### 主机与云平台通信

淋浴间主机连接WiFi接入互联网。

传输流程：发送方发送数据；接收方接收成功发送成功响应，接收方接收错误发送失败响应；发送方接收到成功响应发送成功响应，结束传输，发送方接收到错误响应重发数据，第二次传输仍失败停止传输并报故障。

**响应帧格式**

**成功响应：**

`A`

1字节设备编号：终端发送时为终端的编号；主机发送时为目标终端号（全0为广播）

1字节结束标志符：@

**失败响应：**

`N`

1字节设备编号：终端发送时为终端的编号；主机发送时为目标终端号（全0为广播）

1字节结束标志符：@

**数据帧格式**

1字节消息类型：H，主机发送的消息；C，云平台发送的消息；E，紧急消息

1字节设备编号：主机发送时为主机的编号；云平台发送时为目标主机号（全0为广播）

4字节当前时间

4字节浴室温度，紧急消息不包含

4字节浴室湿度，紧急消息不包含

4字节浴室光照，紧急消息不包含

1字节浴室状态信息：具体表示见下节

1字节是否设置：某一位为0表示不设置对应状态位，某一位为1表示设置对应状态位

1字节需要发送的终端数据个数N，但最多支持16个设备

N\*27字节终端数据：ZigBee接收数据的合并

1字节结束标志符：@



**状态信息**



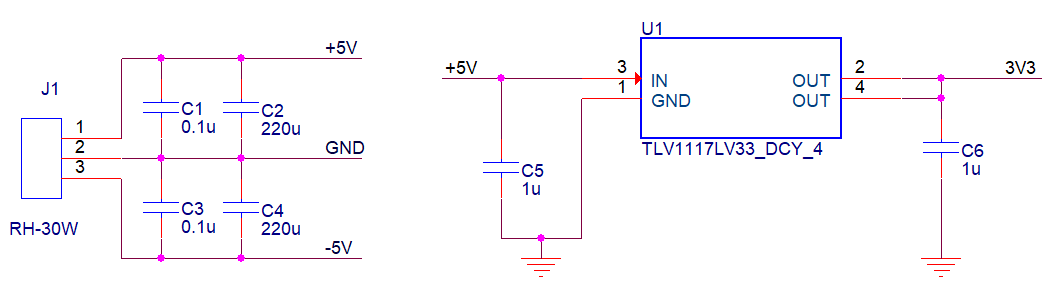
### 电源模块

设计需求：输入为市电：220VAC；输出为3路电源：±5VDC和3.3VDC；强电和弱电隔离；可以在浴室环境下正常工作，保证设备安全。

为保证浴室环境内的用电安全，电路设计分为两部分：第一部分为AC-DC模块，将220V交流电转换为±5V直流电，低于潮湿环境人体安全电压12V，这一部分设置在模块外，可单独布置在浴室外；第二部分为直流稳压，在淋浴器终端和淋浴间主机内，对±5V直流输入滤波，并将+5V直流转换为3.3V直流并稳压。

考虑到AC-DC模块有一定的安全问题，直接采用LM旗舰店提供的现有模块RH-30W+5V/-5V，该模块电气参数符合需求，并且为隔离变压器，实现了强弱电隔离。

淋浴器终端和淋浴间主机电源部分设计如下， 和电容并联，实现对±5V电源的滤波和去耦；TLV1117将+5V输出稳压至3.3V。

### 处理器

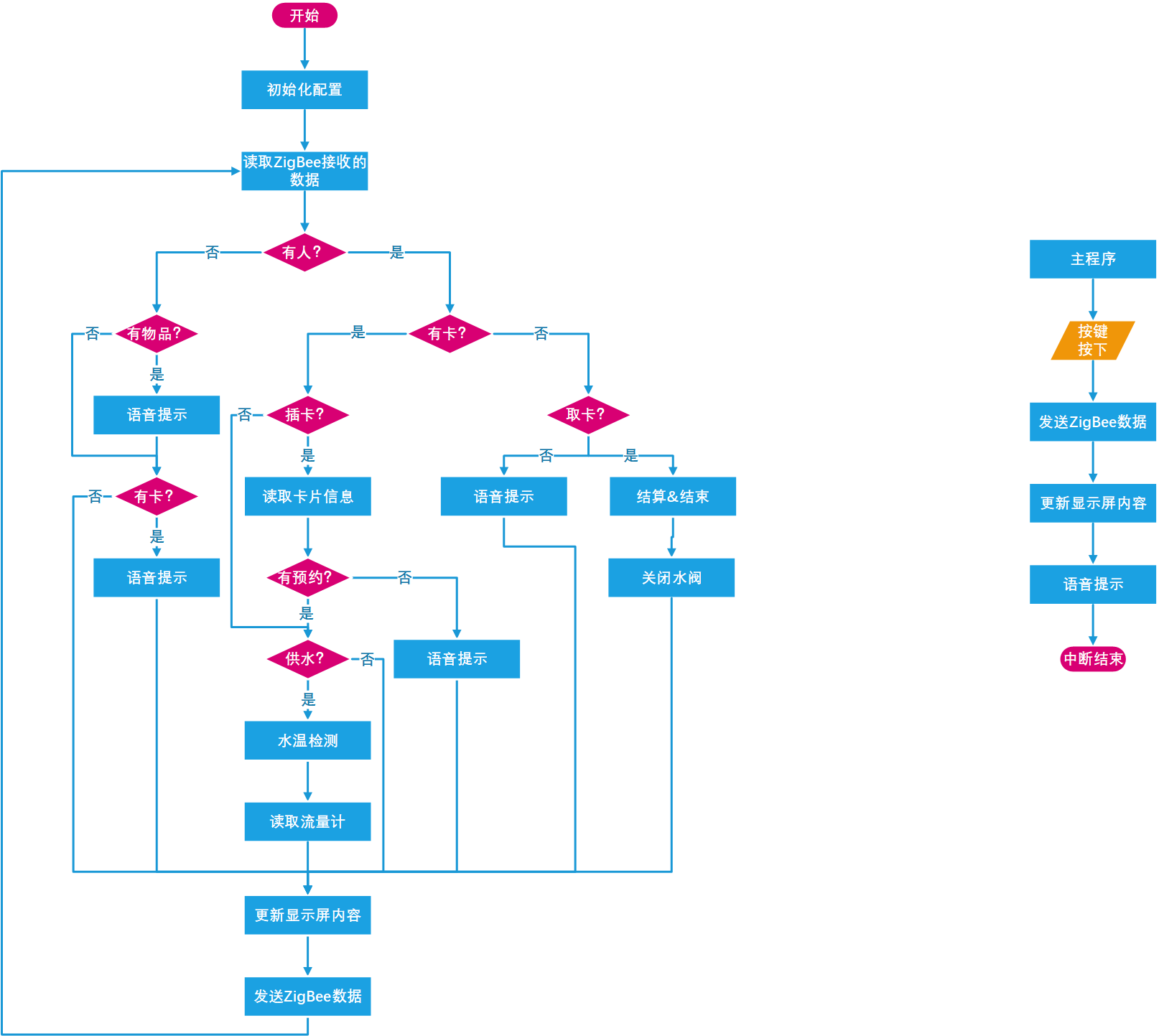
处理器需求：包含至少1个多通道ADC、1个DAC，支持数据采集和音频输出；至少4个16位定时器、支持PWM波形输出，包含RTC支持实时日期时间

SPI、𝐼^2 𝐶通信接口、DMA。

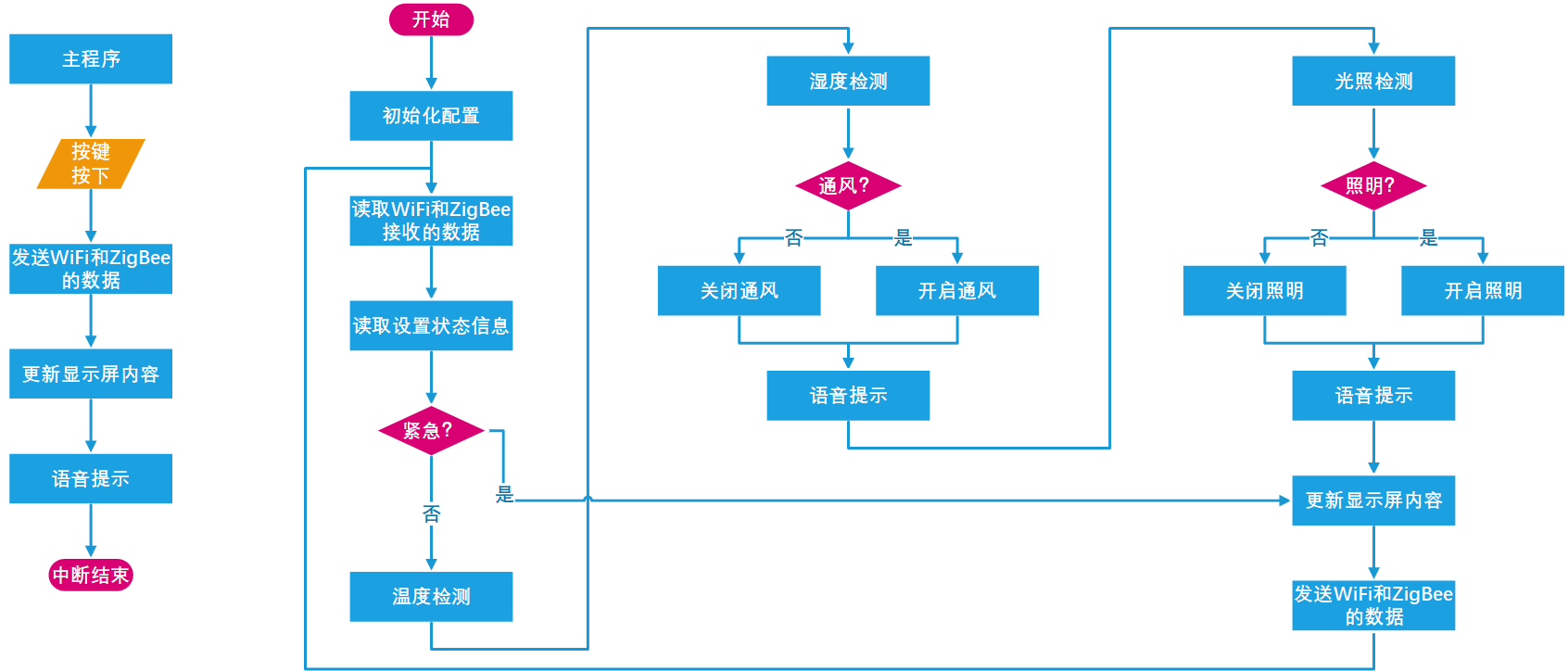
选择STM32F303RB，价格30元，资料较丰富。外设包括：128kB Flash，4个12位ADC，2个12位DAC，1个32位定时器，共13个定时器，支持PWM，包含RTC，多个通信接口，12通道DMA。

## 2.3 软件设计

### 淋浴器终端流程图



### 淋浴间主机流程图



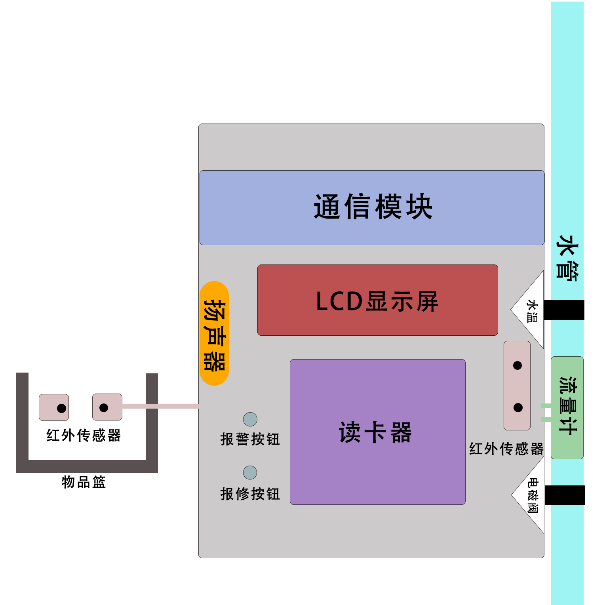
## 2.4 外壳设计

### 制作方案

设计需求：保证在浴室环境的防水和用电安全。

设计方案：双层防水设计，外部用透明外壳包裹，内部使用塑料外壳；内部塑料外壳使用3D打印的塑料外壳，避免潮湿环境生锈；接口和接线处使用防水胶密封；按键使用防水键帽，将键帽和外壳用防水胶粘接。

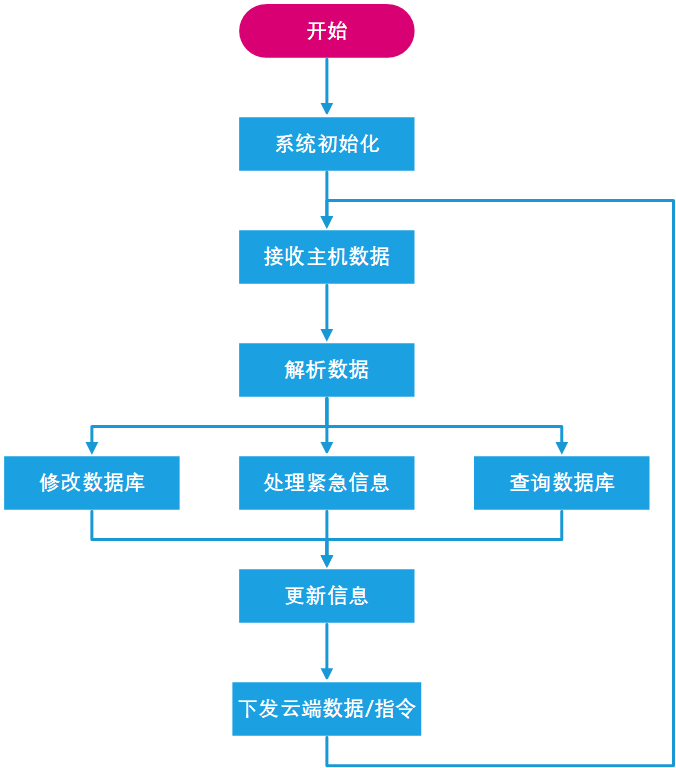
### 示意图（正面）

# 3. 智能服务

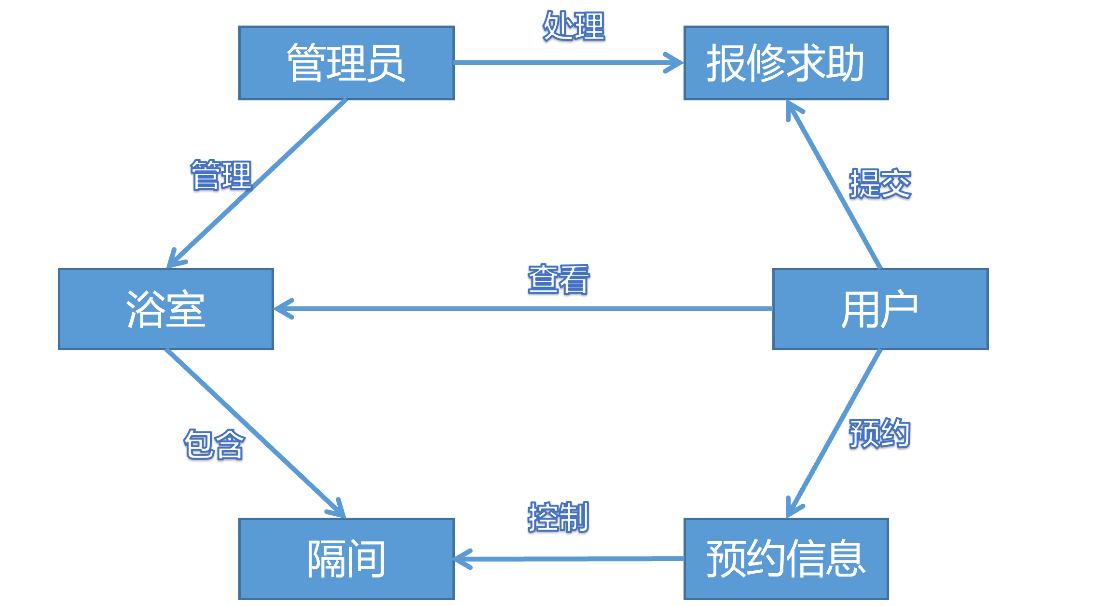
## 3.1 接口设计

平台选择阿里云物联网平台和微信小程序。主机按照先前设计的基于字符串的自定义格式，将数据上传至服务器，服务器对数据解析后存入数据库；服务器根据解析后的主机数据，请求查询数据，并按照同样的格式将数据下发至主机设备，控制信息也按照同样的流程发送。



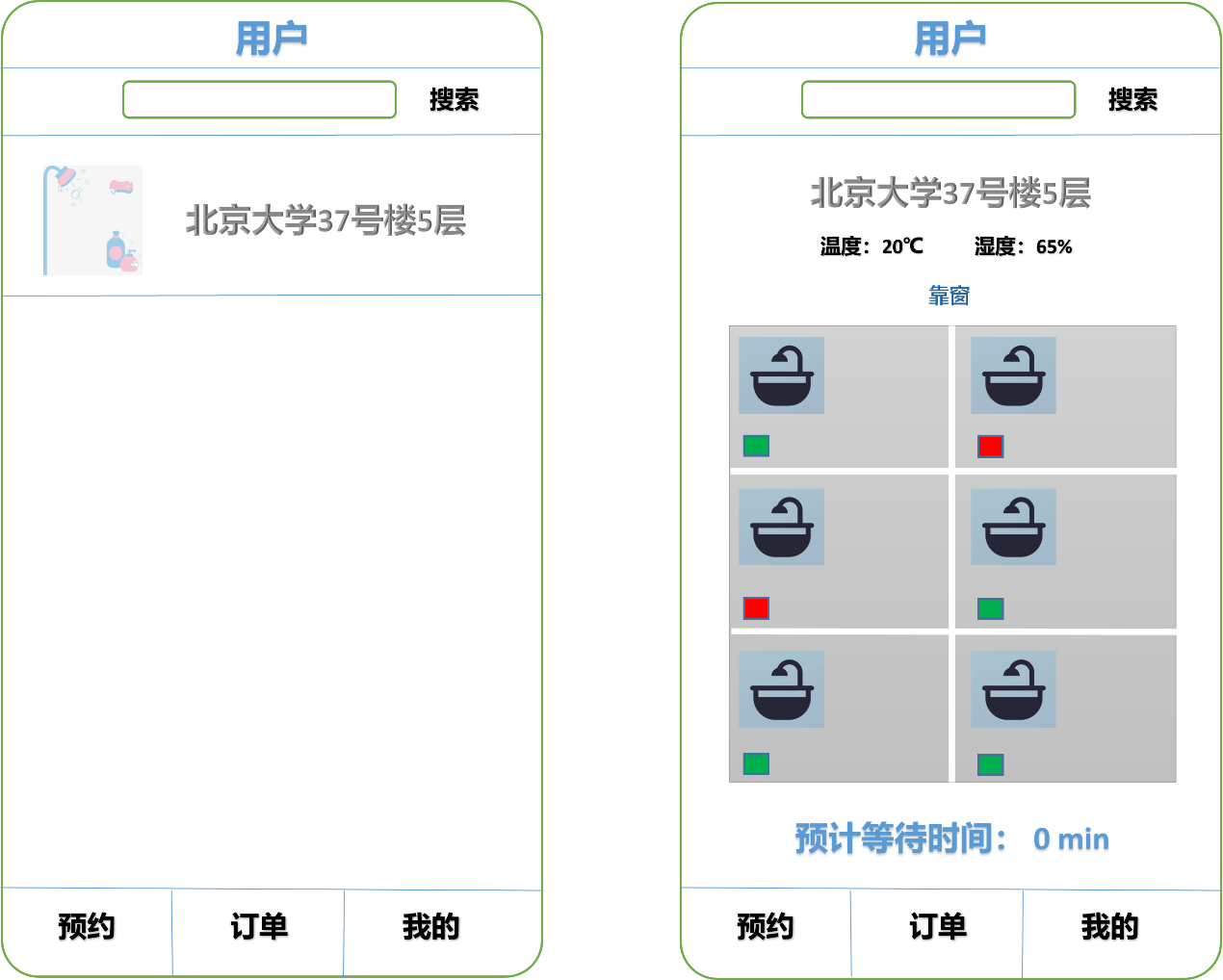
## 3.2 数据库设计

数据库包含6个表：用户信息表，管理员信息表，报修求助信息表，预约信息表，隔间状态信息表，浴室状态信息表。

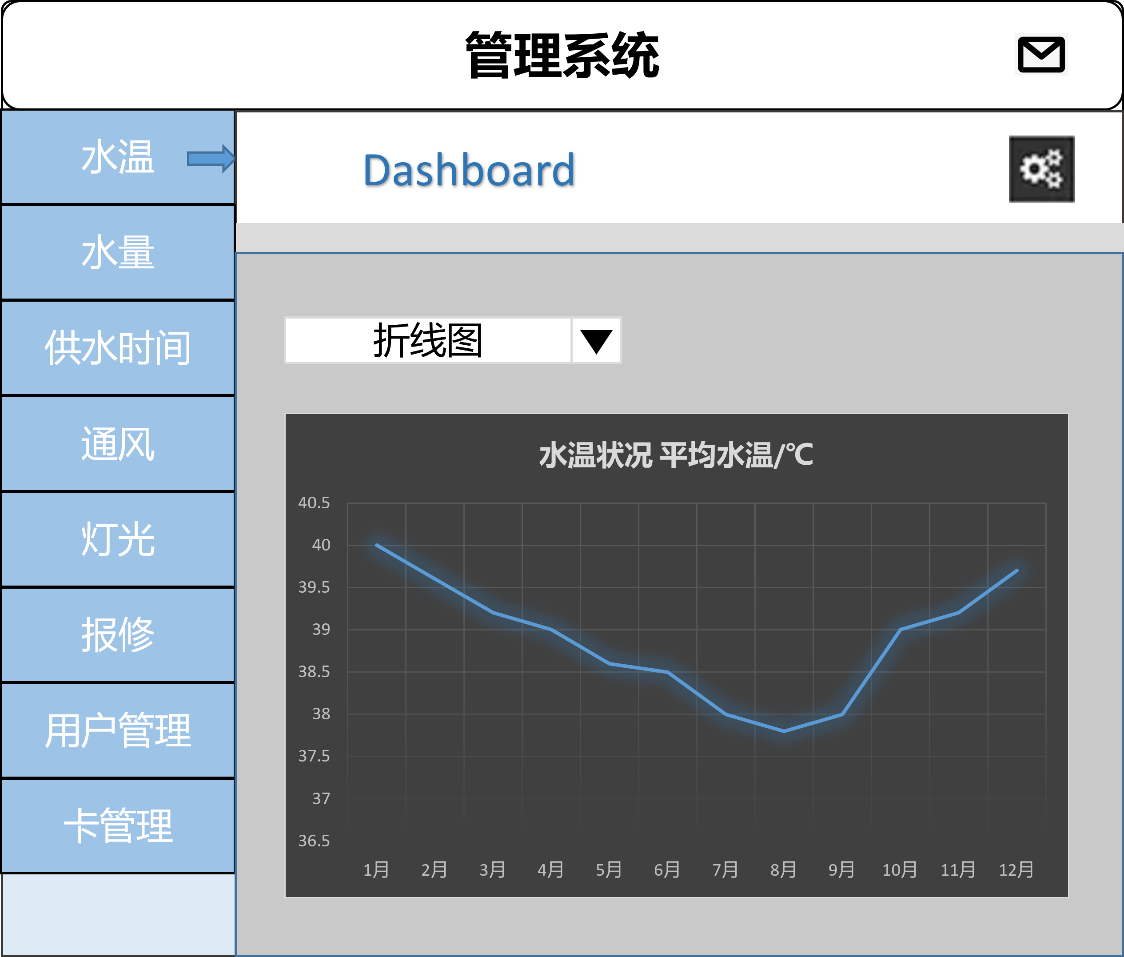


## 3.3 人机界面设计

### 用户界面

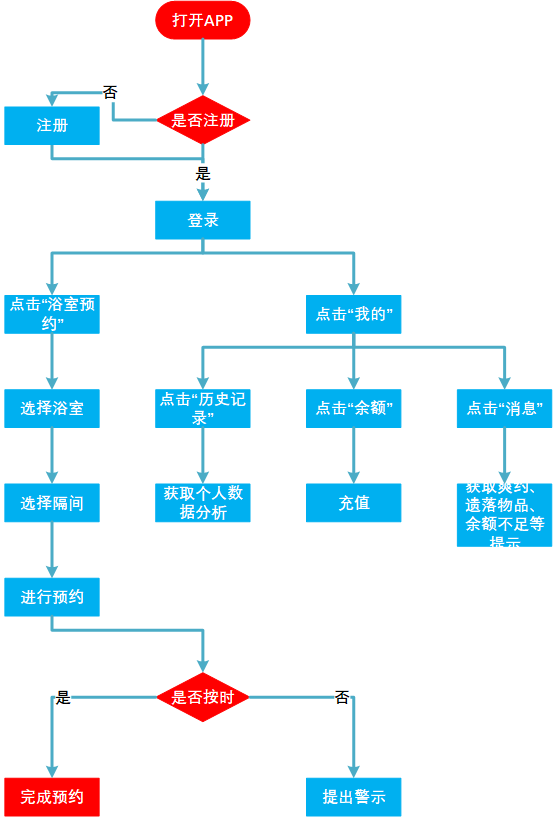


### 管理员界面

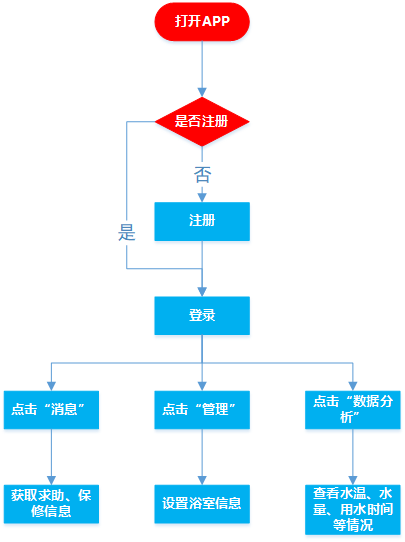


## 3.4 服务平台流程图

### 用户



### 管理员



# 4. 系统调试

## 4.1 测试场景

功能测试：可以将设备按照设计，放置在现有浴室的对应位置，或按照相应的距离和环境，在实验室模拟浴室，进行功能测试，功能测试不关注浴室的高温高湿环境，只测试功能是否能够实现。

指标测试：可以单独测试对应模块的指标，或者将设备放置在模拟环境中进行测试。

安全性测试：可以将设备与加湿器、加热器同时放置在较为密闭的盒中，并淋水模拟浴室，观察能否正常工作，是否有漏电现象。

## 4.2 测试方法

功能测试方法：通过模拟使用环境进行功能测试，同时单独测试高温高湿环境下稳定性。

指标测试方法：将采集结果与专用测量设备的结果比较，计算误差。

安全测试方法：在温度为60℃、湿度为80 −90% 的环境中，测试能否正常工作，有无漏电现象。

# 5. 本阶段分工

马博阳：总体方案设计、设备硬件设计、设备软件设计、文档撰写、PPT制作。

綦浩楠：总体方案修改、云服务平台设计、服务软件设计、文档修改。

沙禹吉：外壳设计软件学习、设备外壳设计。