第一章 引言

1.1 课题背景

在科学技术产业的蓬勃发展的基础上，智能化发展逐渐成为一种新常态，而人们对于生活质量的重视程度也在不断提高，因此家居的智能化逐渐进入了人们的生活当中，而通用遥控器的出现更方便了人们的日常。当人们在大冬天顶着极大的压力辛辛苦苦完成高强度的工作后，下班路上冒着风雪一路吹着冷风，冻得瑟瑟发抖的时候，肯定会想早早回去就能进入暖和而又舒适的房间，此时只需要拿着手机登录进入万能遥控器的远程遥控系统，然后打开空调、调好温度，即可一回到家就能感受到家的温暖；当人们在晚上看电视时有些犯困就直接去卧室上床睡觉，又想起来电视忘记关机却懒得下床的时候，万能遥控器又能帮助用户解决这普通遥控器根本不可能解决的一大难题；当家里各种电器设备的遥控器太多，有些遥控器在外观上还很相似导致人们总是拿错的时候，还有一些家电的遥控器根本找不到的时候，此时此刻只需要一个万能遥控器即可，根本不需要如此多的遥控器，不但占地方，还容易混淆，一个万能遥控器便能轻松帮人们解决这些烦恼。

我国目前以及未来的研发方向就是远程遥控，这就解决了当用户离家电设备很远，也可以在较远的距离外想要启动和关闭的时候对其进行控制的问题。

虽然市面上设计的万能遥控器和家里的普通遥控器在外形设计上是较为相似的，但它可以进行双向通信，并在设计层次上和常见的嵌入式结构非常类似，主要包含嵌入式芯片、嵌入式操作系统和嵌入式程序等，不过在嵌入式操作系统里面加入了WEB系统，即一个页面支持，主要便于进行远程控制。本文设计的遥控器能够完成两个重要功能，一是具有自学习能力，可适配海量设备，二是能够进行远程控制。

本课题主要运用了Python、SQLite3、Redis、HTML、Django框架以及Raspberry Pi的GPIO编程、Ubuntu系统以及Lirc等技术，设计了可以通过自学习功能来适配不同型号不同品牌的家电设备并且可以实现远程遥控的万能遥控器，解决了家中多个家用电器只能使用配套的遥控器的问题，也满足了高速发展的科技下新时代人们对于更加智能、方便、快捷、舒适的生活需求。

1.2 课题任务

本课题所研究的遥控器主要由红外遥控码接收模块、遥控按键控制模块、用户登录模块以及红外遥控码发射模块这几部分构成。其中红外遥控码接收模块以及红外遥控码发射模块用的是一块红外拓展板，此拓展板上集成了红外接收器和红外发射器，并且还有两个可用的按键，分别对应GPIO27和GPIO18。红外接收器实际上采用一个特殊的三极管，而红外发射器自身也是一个特殊的能够发光的二极管；遥控按键控制模块主要采用了两块4\*4矩阵键盘；用户登录模块是用来让用户能够对家用电器进行远程控制，整个系统主要是利用Raspberry Pi完成的。Raspberry Pi是一款拥有ARM核、计算速度快、轻便小巧的计算机主板，它的主要优势是拥有一颗ARM11系列的、运算频率为700MHz的CPU芯片。Raspberry Pi和普通电脑一样拥有硬盘，它仅需要一张SD卡就能充当硬盘，树莓派板子上包括了四个USB接口，同时还有音频和HDMI输出口，能够处理音频、视频等文件，还有一个RJ-45接口，可以用来连接网线。由于Raspberry Pi不但具有能耗低、便携性强、GPIO口多等特性，并且可以安装各种Linux的发行版本，而要想实现远程控制则需要搭建WEB，所以用树莓派来打造基于嵌入式的智能遥控器也就比较方便。

本设计主要使用了LIRC软件，它的英文意思是基于Linux的红外线遥控，当用户需要遥控家电设备时，只需要按下遥控键盘的按键，后台就会判断出按的是哪个按键，根据不同的按键，LIRC会根据不同的键值查找相应的红外编码，并且将其发出，这样使用者就可以对需要的家用电器进行控制了。

1.3 论文结构

本论文的章节安排如下：

第一章：主要介绍课题提出的背景以及需要完成的任务；

第二章：主要讲本系统中所涉及的主要技术。

第三章：主要介绍万能遥控器的功能与设计方案；

第四章：主要描述在硬件方面的实现；

第五章：主要描述远程遥控功能的实现；

第六章：总结；

第七章：表达作者对基于嵌入式的智能遥控器未来的期待。

第二章 基于嵌入式的智能遥控器相关技术

本章节主要介绍本系统所用到的一些主要技术，如Python、SQLite3、Redis、HTML、Django框架以及Raspberry Pi的GPIO编程、Ubuntu系统以及Lirc。

2.1 Python介绍

2.1.1 Python简介

Python是一种简洁并且能简单上手的非编译语言，大部分人也叫它为脚本语言，它没有编译这个环节，和PHP、Shell以及Perl语言有些许相似之处。

使用Python语言对一个函数的设计，或者是作为面向对象的设计，它都具有非常强的可读性，相比于类似Java、C++等语言中一些英文关键字的设计，Python语言以其独特的标点符号、命名方式、对齐方式都为人所赞美。虽然Python语言的运算速度与一些其他语言相比较慢，但是其依靠各种强大的内置库和丰富的第三方库都让Python变得越来越火热，尤其是现在机器学习库的发布，更是让Python隐隐约约有超过Java使用量的趋势。

2.1.2 Python特点

Python的主要特点是：上手简单、方便维护和阅读、丰富的第三方库以及跨平台兼容、各种数据库支持。

2.2 SQLite3介绍

SQLite3不是一种重量级的数据库，可以支持标准的SQL语句。Sqlite3与其他主流数据库一样，也支持事务操作，但是却没有像其他数据库一样连接繁琐，它是不需要依赖服务器存在的、不需要进行繁琐配置的一种可以实现自给自足的轻量级数据库。

SQLite3不需要配置，也就意味着它根本就不用进行安装，无论是Linux系统还是Windows系统，都自带了SQLite3的环境，并且如果要用Python使用SQLite3，只需要安装SQLite3的Python库，即可简单使用API进行事务的ACID操作。

2.3 Redis介绍

Redis和Mango DB都是非关系型的，但是Redis的主要目的并不是用来作数据库的。Redis是基于内存的，不需要进行磁盘IO的读写，所以查询速度非常快，因此Redis一般用于一些查询密集的设备用作内存缓存，并且Redis是采用一个键对应一个键值来存储的，所以不管是在线程中或者是不同的会话中，都能获取到设置的值，这样就可以用来做在线和离线的一种交互。

Redis支持开发者自定义每一个key的超时时间，当时间到了之后，Redis会自动删除该键以及该键对应的键值，这样可以用来实现做验证码的功能。

同时，Redis在数据的操作中都是原子操作，不会发生线程安全问题。

Redis具有非常多的数据类型操作，如字符串、列表、集合、哈希值、有序集合这五种，其中Sorted Set（有序集合）是一个没有重复并且每个元素带有一个Score的数据类型，可以很方便的做一个热榜排行的功能。

2.4 HTML介绍

开发人员可以在HTML内部使用各种标记标签来描述你的网页设计。但是直接这样设计的网页并不整洁，也不美观，所以开发人员可以在编写了HTML代码后使用CSS来美化用户的页面，使页面主题更加的突出，而在需要进行前后端交互的时候，开发者可以使用JS代码完成，它是由客户端执行的，用来控制前端中的各种逻辑。

2.5 Django框架介绍

Django是一个用来开发网页应用的框架，底层基于Python语言，支持便捷高效的开发和设计。Django是由许多杰出的程序开发者维护的一个开源并且免费的、优秀的框架，由于它可以处理开发人员在WEB建站中遇到的大部分问题，因此开发人员可以更加专注地关注于自身程序代码逻辑，而并不需要闭门造车。

**快速：**Django旨在快速的为开发人员搭建一个WEB应用程序。

**安全：**防止SQL注入，帮助使用Django的程序员避免了很多常见的安全错误。

**实时性：**可以在服务运行时修改代码，并自动热部署。

2.6 Raspberry Pi的GPIO编程

Raspberry Pi是一种非常轻巧的便携式电脑，虽然体积比较小，但是功能十分齐全。Raspberry Pi的引脚包括两个5V引脚、两个3.3V引脚、8个GND引脚以及28个可以控制的GPIO引脚。Raspberry Pi实物图由图2.1所示，引脚对照表如图2.2所示。



图2.1 Raspberry Pi实物图

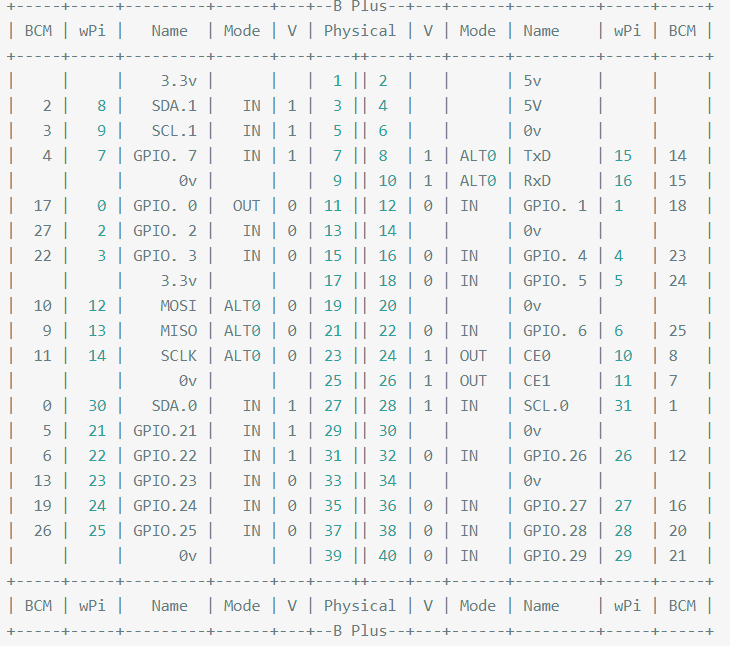


图2.2 Raspberry Pi引脚对照

Raspberry Pi的引脚图及GPIO整体电路图分别如图2.3和图2.4所示。

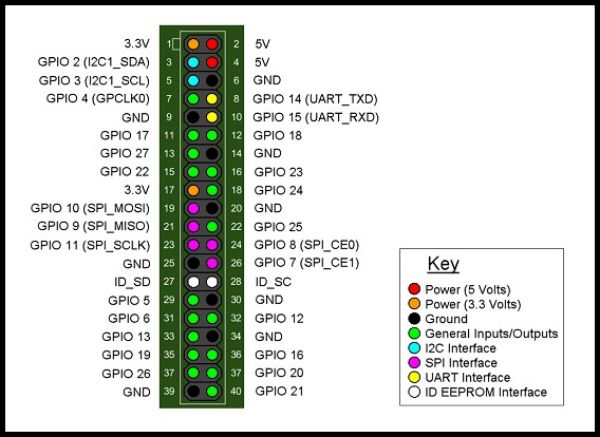


图2.3 Raspberry Pi整体引脚图

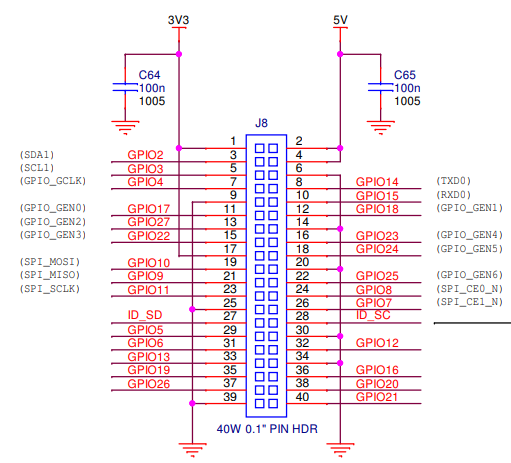
****

图2.4 Raspberry Pi的GPIO引脚电路图

Raspberry Pi的复位硬启动电路如图2.5所示。

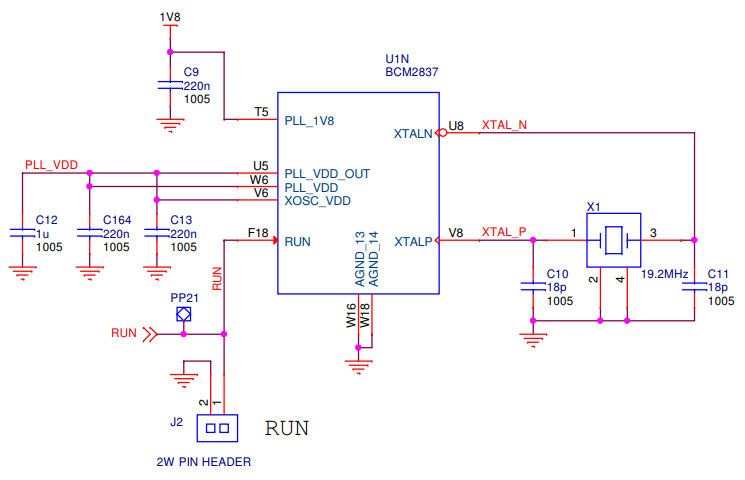


图2.5 Raspberry Pi的复位电路图

Raspberry Pi底层规定其引脚工作方式包括以下两种，一种是Board，这种工作方式将使用Board编号将引脚接入电路，不用考虑不同Raspberry Pi不同版本中每个引脚代表不同功能，只与板子中的引脚编号有关；一种是采用BCM工作方式，当采用BCM方式时，接入的引脚必须是BCM编号对应的Board编号。

Python程序能够方便的设置Raspberry Pi的GPIO口的输入或者输出情况。当Python程序设置Raspberry中某个GPIO为输入状态时，可以自行焊接上拉电阻来解决输入为float类型，也可以通过软件设置上拉状态。当一个GPIO口被定义成输出状态时，可以由Python程序控制输出高低状态，同时也可以通过软件来读取此时输出状态是什么。

Raspberry Pi的GPIO管脚设置为输入时，可以在代码中为该引脚注册一个中断，当电平变化时触发中断，执行相应函数。

2.7 Lirc

LIRC是一个包，允许用户解码和发送许多（但不是所有）常用遥控器的红外信号。

最近的Linux内核可以将一些红外遥控器用作常规输入设备。有时候这会让LIRC变得多余，但是LIRC提供了更多的灵活性和功能，并且在许多场景中仍然是正确的工具。

LIRC的底层实现是lircd守护进程，该守护进程主要实现了对使用者给它发送的红外信号进行解码操作，并在套接字上提供信息。如果硬件支持，它还接受要发送的IR信号的命令。

LIRC允许使用者遥控控制电脑。只需按一下按钮，即可将X11事件发送到应用程序，启动程序等等。可能的应用是显而易见的：红外鼠标，电视调谐卡或CD-ROM遥控器，远程关机，用计算机编程VCR和/或卫星调谐器等，在Raspberry Pi上安装使用lirc已经很平常。

2.7.1 安装Lirc

在Raspberry Pi下很容易就能完成LIRC的安装，只需要在终端执行图2.6的命令。



图2.6 linux安装lirc

安装完之后执行图2.7的命令：



图2.7 leafpad打开lirc配置文件

修改成图2.8的内容：



图2.8 更改lirc的相关信息

2.7.2 配置Lirc引脚

Lirc需要配合红外接收器和红外发射模块使用的，因此用户需要在Raspberry Pi中配置红外拓展板中红外接收和发送引脚。

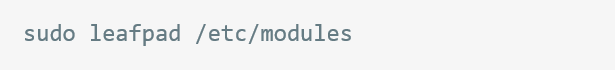
执行如图2.9所示命令，就可以打开Raspberry Pi的模块定义文件：

图2.9 打开Raspberry Pi模块文件

添加如图2.10里面的内容：

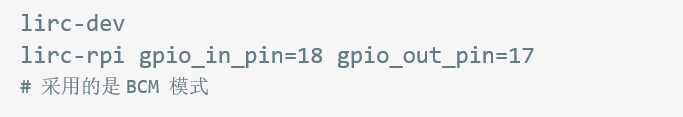


图2.10 为lirc添加相关信息

保存配置后，重启Raspberry Pi才能使得其配置生效。要使用lirc录制红外，则只需在终端输入如图2.11的命令。其中的name参数是为你接下来录制的设备取一个名字，名字可以是任意的，本课题采用的是通过UUID来为每一个设备命名，以防止学习的重复。



图2.11 开始使用lirc录制红外

录制开始时，lirc要求使用者必须拿要学习的遥控器按下该遥控器的每一个按键，每一个至少按一次，一共需要按满80次，lirc通过接收到的信号来计算该遥控器的gap值，计算完毕后，才能正式开始学习功能。学习期间，lirc要求使用者必须键入lirc库里面存在的按键值，输入完之后，才接收对应遥控器的按键的红外信号。当使用者不再进行学习时，按回车即可退出学习。

学习完lirc会将学习到的按键信息以文本文件保存在当前目录，文件名为使用者录制时设定的name参数。但是现在还不能使用刚学习完的成果，使用者还需要将这个文件复制到/etc/lirc/lircd.conf中才能使用。使用lirc发射红外指令的命令如图2.12所示。



图2.12 使用lirc发送红外指令

在该命令中，name代表的是lirc录制时的name参数，key\_name代表的时使用者为每个学习到的按键取的名字。

第三章 基于嵌入式的智能遥控器的设计与功能

本章节主要是较为概略的讲述整个系统的基本情况如系统的模块框架、系统的开发流程图以及系统的设计方案，具体的硬件内容实现和软件内容实现将在后面章节中一一讲述。

3.1 整体架构

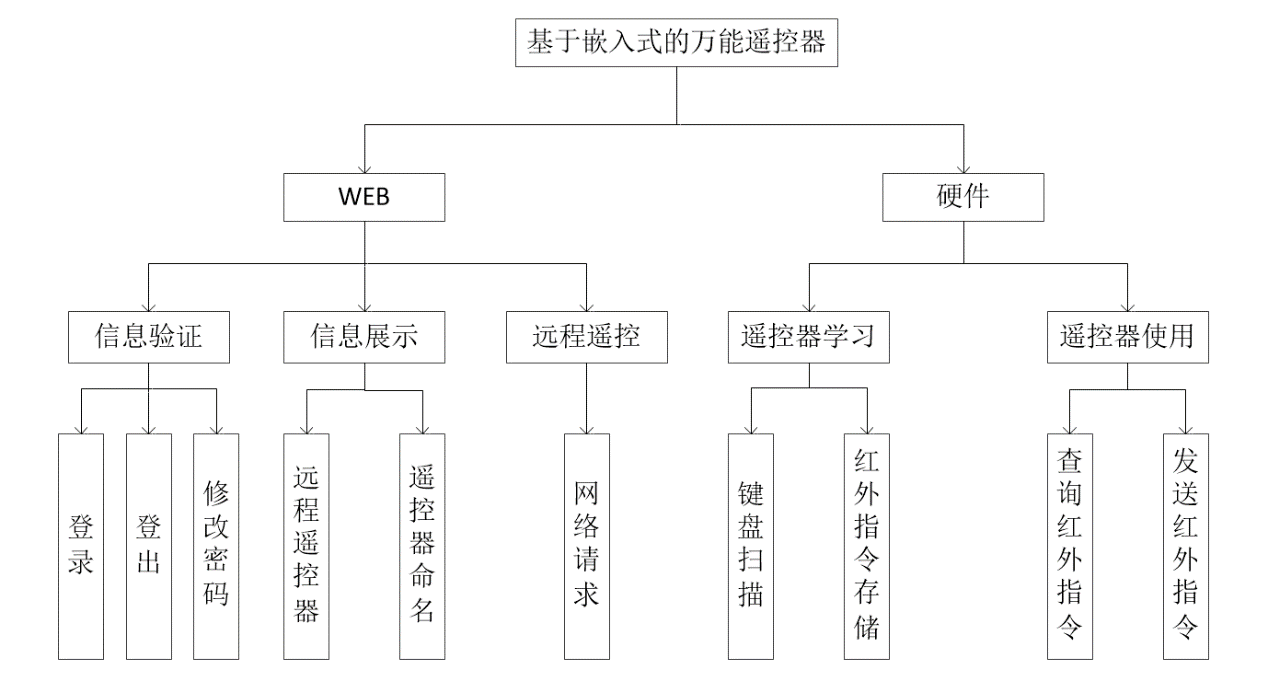
基于嵌入式的智能遥控器由WEB远程端和硬件端两部分构成，其中软件部分有：信息验证模块（登录模块、登出模块、修改密码模块）、信息展示模块（远程遥控器模块、学习完后的遥控器在WEB端命名模块）以及远程遥控模块（通过RESTful API进行网络请求来远程遥控模块），硬件组成为：遥控器学习模块（键盘扫描模块、红外指令存储模块）以及遥控器的使用模块（查询当前遥控器属于哪个设备模块、发送红外指令模块）。其整体架构如图3.1所示：

图3.1 基于嵌入式的智能遥控器整体架构图

远程遥控系统通过登录模块进行用户名密码验证，验证通过后将可进入系统，进入系统后可以控制远程设备，通过设计一个虚拟遥控器，按每一个按键都会触发一个网络请求，后台会将对应的红外编码发送出去。在开发板中，编写了键盘扫描程序，不同的按键代表了不同的信息，用户按下学习键即可开始学习一台新的设备。

3.2 整体功能

基于嵌入式的智能遥控器使用Lirc和红外拓展板发射和接收红外指令，在学习功能中，会在SQLite数据库保存每一次学习一个新的遥控时学习了哪些按键。远程遥控使用Django搭建一个网站，使用者可以通过登录网站进入到远程遥控系统，并选择想要遥控的设备，点击按钮即可远程遥控设备。基于嵌入式的远程遥控器功能示意图如图3.2所示。

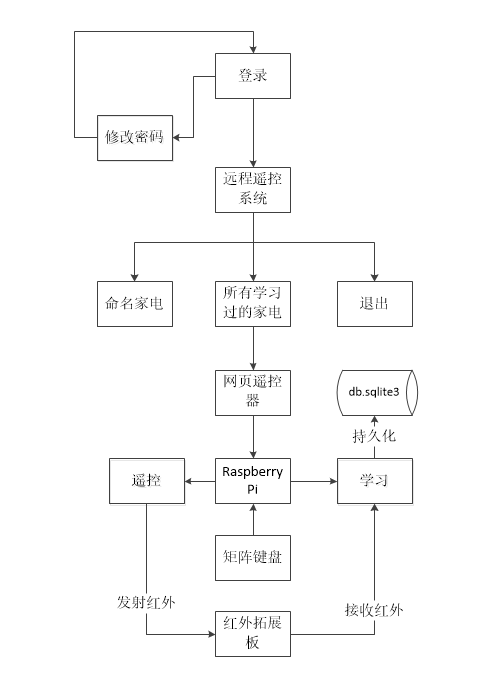


图3.2 万能遥控器系统功能流程图

使用远程遥控设备需要进行登录，避免被人随意使用。在学习完成一个新的设备时需要对学习过的设备产生的文本文件的路径以及学习了的按键进行持久化操作。

本课题采取SQLite3作为数据库，数据库的名字为db.sqlite3，它是WEB部分与硬件交互的桥梁。硬件将学习完成的情况持久化到数据库中，WEB部分从数据库中读取，以实现远程功能。

3.3 设计原则

**低功耗设计：**整个系统以树莓派作为开发板，仅需USB供电，并且其余部分也是选用的功耗低且可控功耗的器件。

**模块化设计：**整个系统以分模块设计原则，每个模块单独实现功能再整合成完整系统。每个模块下面又分了很多小功能，每个小功能也尽量是实现高内聚低耦合方式，所以不会产生重复开发的情况，让系统变得简洁、高效。

**能优化则优化：**整个系统的开发过程中，不管是软件还是硬件，对于能优化的部分都进行了优化，比如说开发中硬件的绝大部分都是采用杜邦线连接，而不是在电路板中焊接，减少了电路与电路之间的干扰，使得系统稳定性以及抗干扰能力都在很大程度上有所增强。

第四章 硬件设计

此章节将详细的描述整个硬件的部分，包括整个硬件电路的设计、红外模块电路的设计、按键模块的设计以及指示灯模块电路设计。

4.1 硬件整体方案

尽管硬件是模块化设计的，但是每个模块之间都互相建立了联系。整个系统以Raspberry Pi作为主控，用2个4\*4的矩阵键盘作为遥控键值的输入，以红外拓展板作为红外信号的接收和发射，Raspberry Pi的GPIO编程作为整个业务的逻辑判断，设计图如图4.1所示。

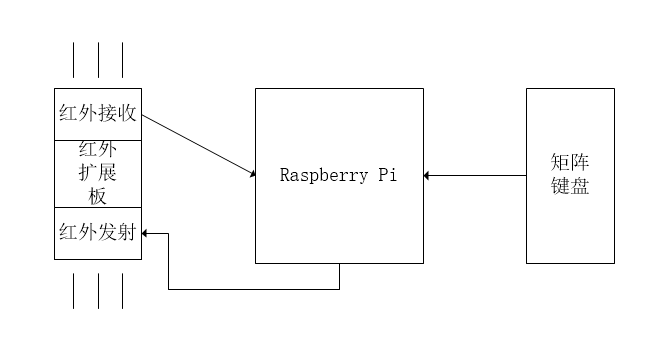
****

图4.1 嵌入式智能遥控器硬件设计

4.2 红外拓展板与Raspberry Pi

4.2.1 红外拓展板

红外拓展实物图如图4.2所示。

图4.2 红外拓展板

这个红外拓展板是针对Raspberry Pi的专用红外控制拓展板，用户可以使用该拓展板配合Raspberry Pi完成各种遥控和被遥控的功能。红外拓展板使用5v及3.3v配合供电，红外接收管脚连Raspberry Pi 的GPIO18（BCM），红外发射管脚接Raspberry Pi的GPIO17（BCM）。这个红外拓展板的工作特点是：

（1）红外线接收特点：工作的频率为38KHZ，接收的距离是18-20m；

（2）红外线发射特点：波长是940nm，发射的距离为7-8m；

（3）可以配合Raspberry Pi进行lirc的使用。

红外拓展板中红外接收器电路如图4.3所示。

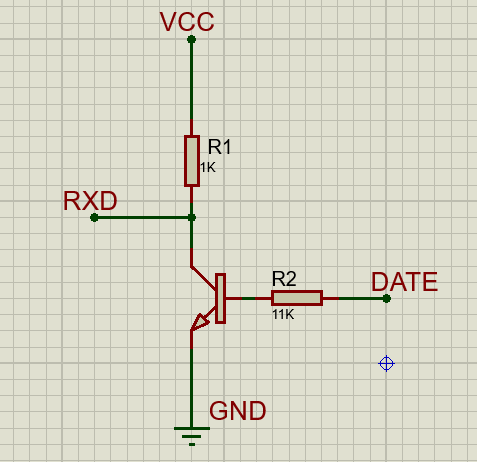


图4.3 红外接收电路

红外拓展板中红外发射器的电路如图4.4所示。

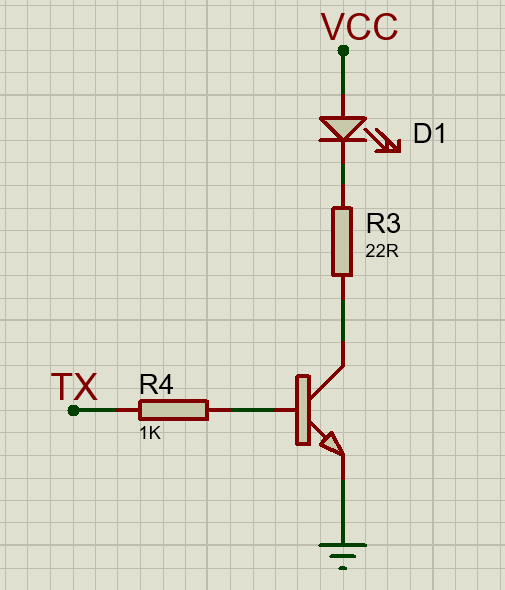


图4.4 红外发射电路

4.2.2 NEC红外协议

现在市面上的红外遥控器基本都是基于NEC协议的。NEC的载波为38Khz，协议规定：Logic”1”时间为 2.25 ms， Logic”0”时间为1.12ms，其中不管是Logic”1”还是Logic”0”脉冲时间都为560us。如图4.5所示。

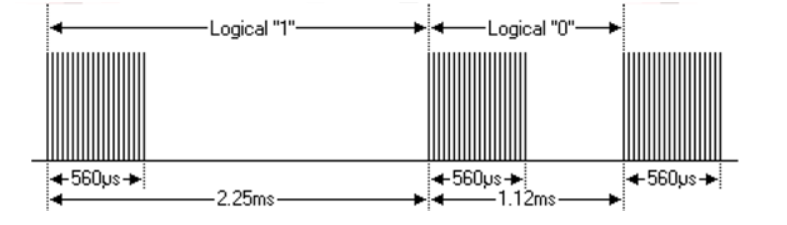


图4.5 NEC协议逻辑01示意图

NEC协议规定了其自身的格式：先发送13.5ms的开始码，它是由9ms的高电平和4.5ms的低电平构成，接下来发送的是地址码，共8bit，然后发送的是8bit的地址反码，第五部分是命令码，这个是用来判断按下的是哪一个按键的，最后一部分是命令反码，整个协议中命令反码的作用是用来做数据校验的。NEC脉冲链如图4.6所示：

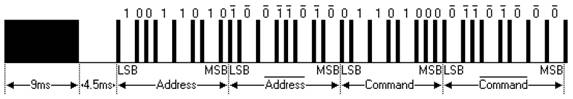


图4.6 NEC脉冲链示意图

当一直按着一个键时，NEC并不是一直按照其脉冲链发送上述的信号，而是第一次的时候严格按照其协议发送，而后面发送的都是重复码。重复码是循环发送的，间隔为110ms，NEC重复发送载波协议如图4.7所示，上重复码如图4.8所示。

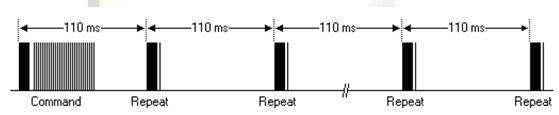


图4.7 NEC重复发送载波协议示意图

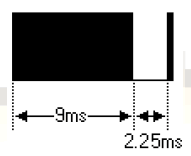


图4.8 NEC重复码

4.2.3 红外编码

所谓的编码其实就是相对于红外发射来讲的，按照NEC规定的协议，在高电平时间内，Raspberry Pi的GPIO17 （BCM）输出固定频率载波；低电平则直接输出低。红外接收头接到载波时输出高电平，没有载波的情况下就会输出低电平，就完成了数据编码。

4.3 Raspberry Pi和2个4\*4键盘

基于嵌入式的智能遥控器一共设计了24个按键，如果直接焊接24个按钮并使用24个引脚作为输入的话，那么不仅代码工作量要增加很多，而且大多数代码都是一些重复性的，还会导致树莓派的GPIO管脚将被占用多达24个，这样既不好管理，也让代码冗余，所以选择了2个4\*4的矩阵键盘。

4\*4矩阵键盘是使用16个按键组合设计的一种特殊的键盘，它只需要接树莓的上8个GPIO口，通过程序设计进行键盘扫描，程序可以很轻易的获取到用户按下的到底是什么键。

**键盘扫描原理：**如图4.9所示，由于该键盘是4\*4的，有四行四列，所以会有八个引脚，假设这八个引脚分别是Raspberry Pi的GPIO10、GPIO4、GPIO3、GPIO2、GPIO24、GPIO23、GPIO15和GPIO14，前四个引脚的初始状态为[1，1，1，1]，后四个引脚的初始状态为[0，0，0，0]，当有按键按下时一定会有后四个引脚中的某个低电平把前四个引脚中的某个高电平拉低，也就是说前四个引脚和后四个引脚中分别会有一个低电平，其余引脚皆为高电平，当两次状态不一致时，程序就判断为有按键按下。具体是哪个按键以及判断过程如下：

首先程序将GPIO14引脚置低电平，其余均为高电平，如果此时引脚状态不是[1，1，1，1，1，1，1，0]，那么按下的按键一定是为第一行中的某个，这是因为按键按下将导致电路导通，高电平被拉低，有以下几种情况：

（1）若为S1按下，GPIO2引脚的电平被拉低，则输出值为1110 1110；

（2）若为S2按下，GPIO3引脚的电平被拉低，则输出值为1101 1110；

（3）若为S3按下，GPIO4引脚的电平被拉低，则输出值为1011 1110；

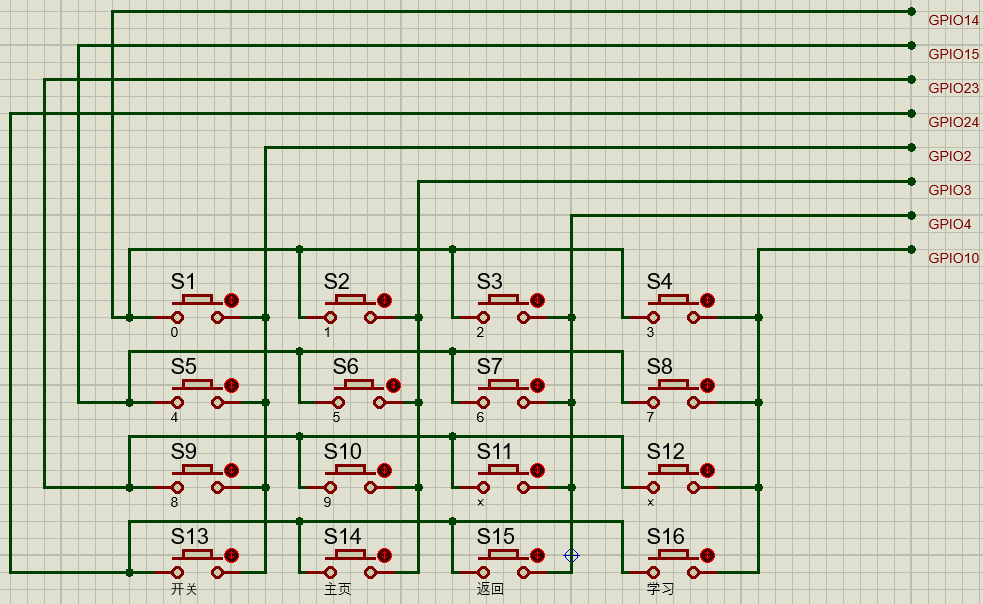


图4.9 设计的矩阵键盘1

（4）若为S4按下，GPIO10引脚的电平被拉低，则输出值为0111 1110；

那如果引脚状态就是设置的[1，1，1，1，1，1，1，0]呢，则代表按键按下的不在第一行，程序将以此对GPIO15、GPIO23、GPIO24置低电平，并进行上述同样原理的判断。

所以，在键盘扫描过程中，会从第一行开始逐行扫描，并且无论哪一行的哪个键被按下引脚状态都会唯一对应一个特定的值，通过一个字典做一个key-value的映射，由此就可以判断出按下的具体是哪个键。

图4.9是本系统设计的第一块4\*4矩阵键盘，其按键与对应的键值都有在图中标出。第二块4\*4矩阵键盘电路如图4.10所示。

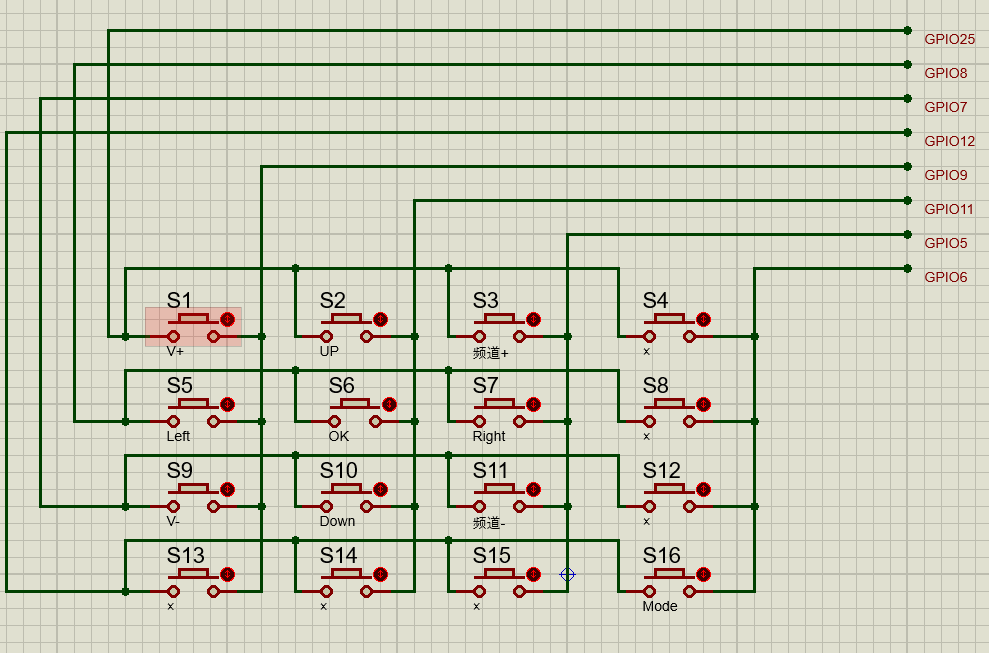


图4.10 设计的矩阵键盘2

本系统的键盘扫描程序是通过Python的第三方库pad4pi实现的，pad4pi是专门为Raspberry Pi实现键盘扫描的一个第三方库，使用者仅需要在创建一个keypad程序时传入选择的4个行GPIO引脚、4个列GPIO引脚和一个4\*4的列表KEYPAD，KEYPAD里面存储的是每个按键对应的键值。pad4pi内部也是根据上述原理做的一个程序，它先将使用者给出的行列引脚进行内部绑定，然后创建一个字典，由于在4\*4键盘中，每个按键按下程序设计使得8个引脚的输出都是固定的值，这个值它在内部先定义了16个字符串，在KEYPAD列表传进去时，pad4pi内部首先创建一个字典，然后会对列表进行循环，然后在字典中追加一一对应的key-value对，当程序读取到8个引脚状态改变时并扫描到哪一行时，直接根据此时的引脚状态获取到按键值，并将此按键值传递到中断函数中，作为中断函数的参数。图4.11是安装pad4pi的指令。



图4.11 安装pad4pi

4.4 Raspberry Pi和提示灯

系统设计了4个提示灯，编号为ABCD，提示灯的亮灭与其功能对应见表4.1所示。

表4.1 提示灯说明

|  |  |
| --- | --- |
| 编号 | 说明 |
| A | 灯亮表示在学习状态 | |
| B | 灯亮表示需要按下矩阵键盘的按键 |
| C | 灯亮代表刚才的按键的学习没有成功 |
| D | 灯闪烁代表发射红外成功 |

当在学习状态是，A灯会亮；当B灯亮时则说明使用者应该要按下矩阵键盘中的某个按键，好让程序能获得一个键值，使lirc能继续学习；当C灯亮时，说明使用者虽然按下了按键，但是10s内没有收到红外信号；而D灯是当使用者把Raspberry Pi作为普通遥控器的时候，如果按下一个有用的按键，则D灯闪烁。相关电路如下图4.12所示。

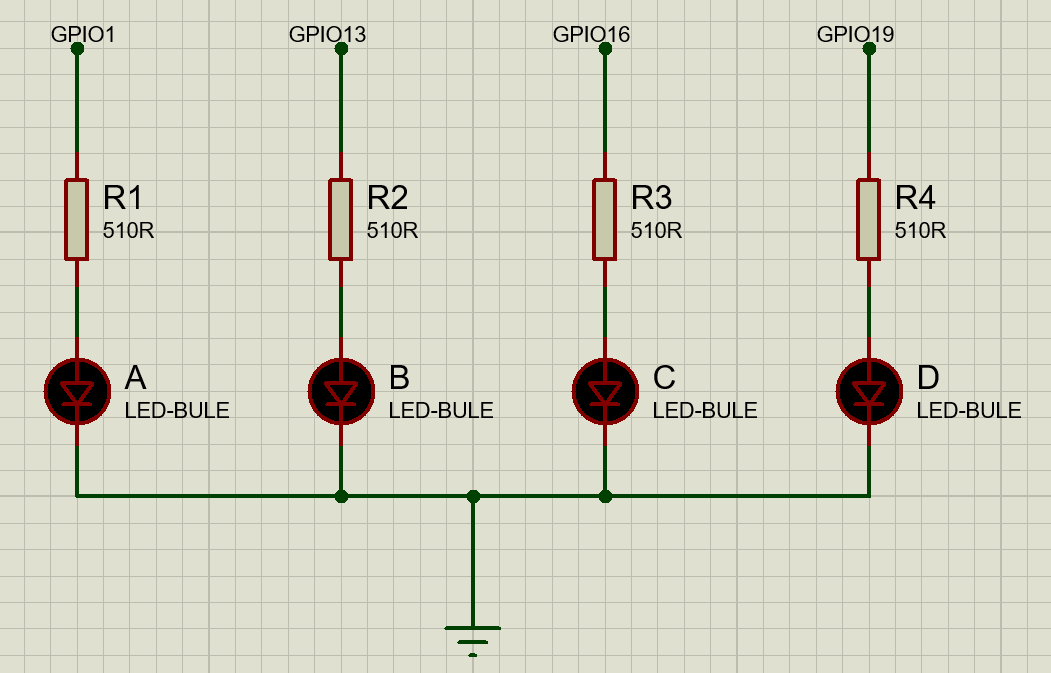


图4.12 提示灯电路图

这四个引脚定义在OUT\_PINS列表中，对应关系见表4.2所示。

表4.2 指示灯管脚编号

|  |  |
| --- | --- |
| 编号 | 引脚 |
| OUT\_PINS[0] | GPIO1 |
| OUT\_PINS[1] | GPIO13 |
| OUT\_PINS[2] | GPIO16 |
| OUT\_PINS[3] | GPIO19 |

4.5 学习功能与遥控功能的实现

学习与遥控整体程序流程图如图4.13所示。

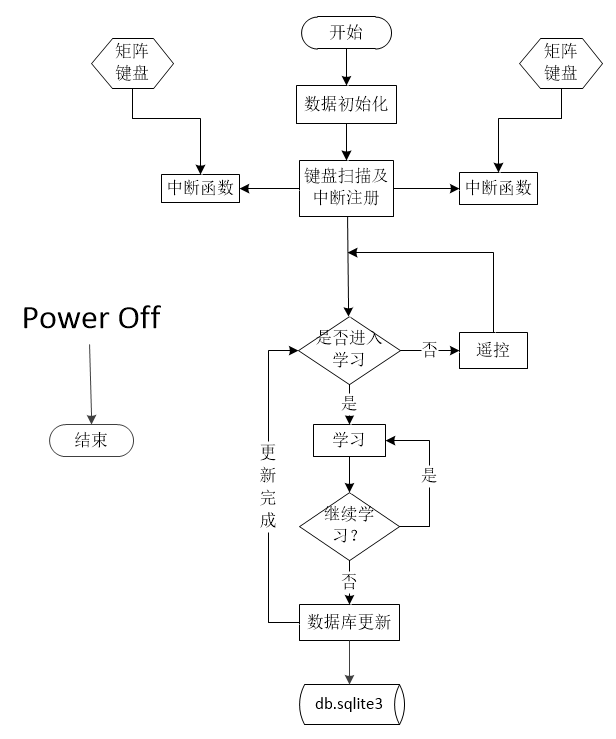


图4.13 学习与遥控流程图

4.5.1 学习功能

系统学习与本地遥控是独立运行的，不依赖于web系统，由Python单独启动一个进程运行。代码里面通过一个死循环来确保程序一直运行而不结束，通过对键盘的扫描并实现中断，在中断函数里面更改当前按键信息，循环判断按键是否是学习键来开始学习、退出学习或者是普通遥控功能。当学习结束之后进入数据库更新操作。

系统学习功能与遥控功能的实现依赖于Lirc软件，但是Lirc是基于Linux系统的，所以用Python操作的话必须要使用Python与Linux交互的工具，这里采用的是Python的第三方库Pexpect和Subprocess。首先安装这两个库，执行如图4.14所示的命令。



图4.14 安装Pexpect和Subprocess

Pexpect能很方便的与Raspberry Pi的Linux系统通信，当使用Pexpect执行一条Linux命令时，它会创建一个阻塞的线程，直到这条Linux命令运行结束或者异常退出，在线程阻塞时，Pexpect可以对Linux命令的返回结果进行匹配，匹配成功返回匹配的索引，开发者可以根据不同的索引做出相应的操作。如果什么也匹配不到，则会一直阻塞，直到用户主动发送退出指令或者超时。Subprocess则是可以运行Linux命令并将结果以字符串形式返回。这两个库是完成学习功能的基石。

**数据初始化：**本课题采用的Raspberry Pi的GPIO工作方式为BCM方式，所以在开始的时候就设置了GPIO的工作方式。在树莓派（Raspberry Pi ）的GPIO工作过程中，如果特定功能的引脚设置为其它用途，将会发出警告，所以代码中将警告设置为不警告。此外还初始化了几个全局变量，如表4.3所示。

表4.3 全局变量及其意义

|  |  |
| --- | --- |
| 全局变量 | 意义 |
| study | Bool类型，用来判断是否按下学习键 |
| study\_list | 列表类型，保存学习中按下的按键值 |
| press\_key | 字符串类型，保存当前按下的按键值 |
| remote\_name | 字符串类型，保存当前遥控器的名字 |

**键盘扫描和中断的注册：**首先定义矩阵键盘对应键值、行引脚和列引脚，由于本课题使用了两个键盘，所以不管是键值、行引脚列引脚都要定义两种，如图4.15所示。接着将定义的值分别传入pad4pi，这样键盘扫描程序就定完成，再使用pad4pi为每个键盘注册中断，中断函数为同一个（printKey）。

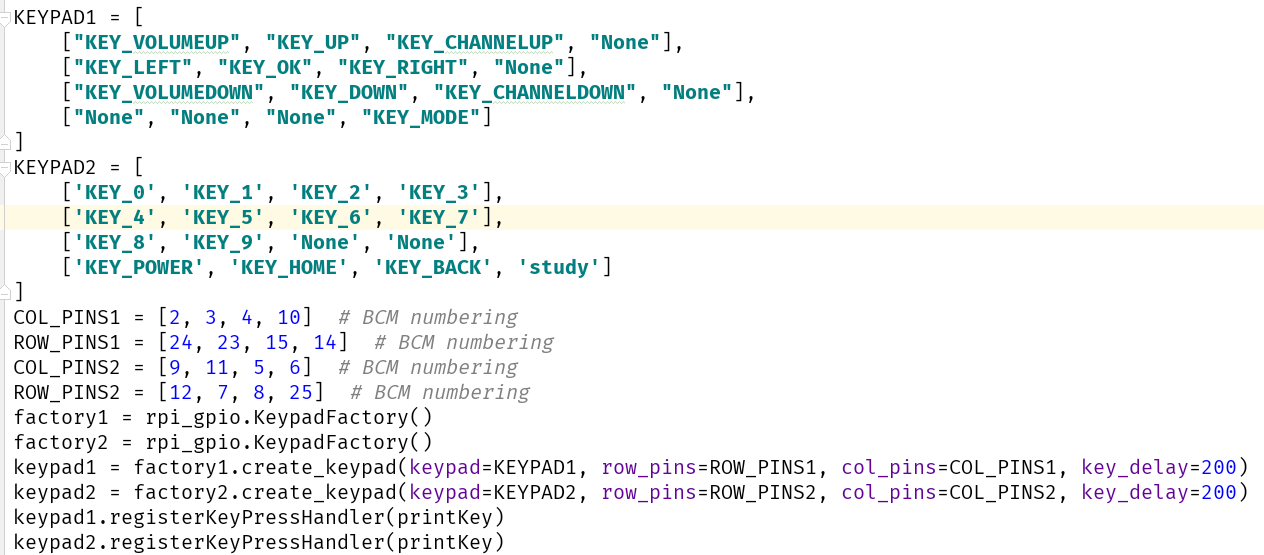


图4.15 键盘扫描及中断函数注册

中断函数里面的内容很简单，它带了一个参数key，进入中断时，这个key值就是当前使用者按下的那个键的键值。中断函数流程如图4.16。

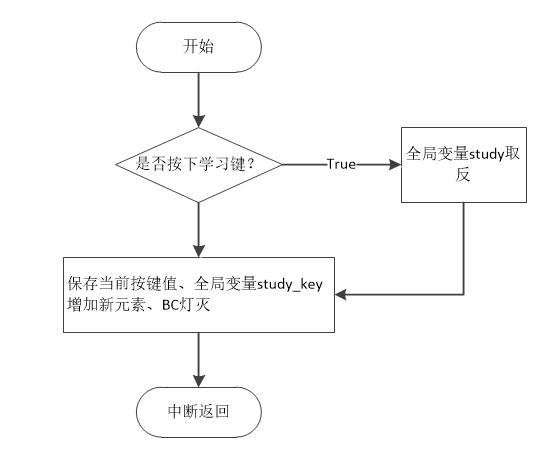


图4.16 触发中断时的逻辑处理

**学习逻辑功能实现：**当使用者第一次按下学习键时，全局变量study将会在中断函数中变成True，程序运行学习功能。学习功能逻辑使用的是利用pexpect执行lirc的录制红外的命令，命令执行后，可能产生的结果一共有7中，如图4.17所示。

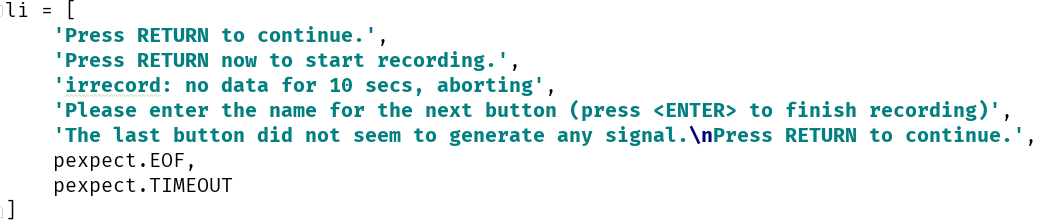


图4.17 录制过程中可能返回的结果

现在说明这7种情况：

1. Lirc录制指令刚运行时，需要按下回车才能继续执行；
2. Lirc需要再接收一个回车，才能开始录制，计算gap值；
3. 在开始录制时，如果10s内没有接收到红外信号，Linux命令退出程序逻辑在匹配退出是处理，此时不处理；
4. 输入一个想要的键值，按回车继续
5. 输入键值后，10s没有接收到红外信号；
6. Linux命令执行完毕
7. 超出一定时间没有匹配到Linux返回的上述任何一个值，超时继续等待，此时不处理。

学习的整个功能流程图如图4.18所示。

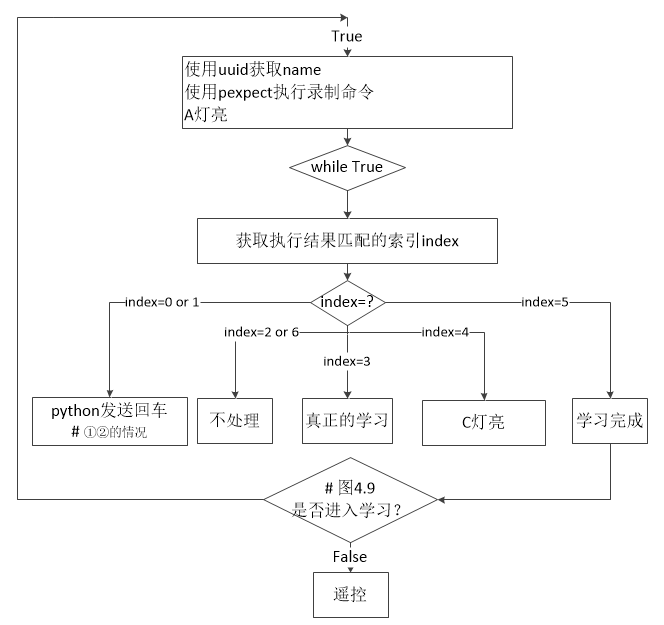


图4.18 学习功能流程示意

当index为3时，对应了情况④，此时需要等待使用按下按键触发中断，将press\_key赋值，程序会将press\_key发送到Linux进程，重复如此，直到用户再次按下学习键，学习结束。这个逻辑流程图如图4.19所示。

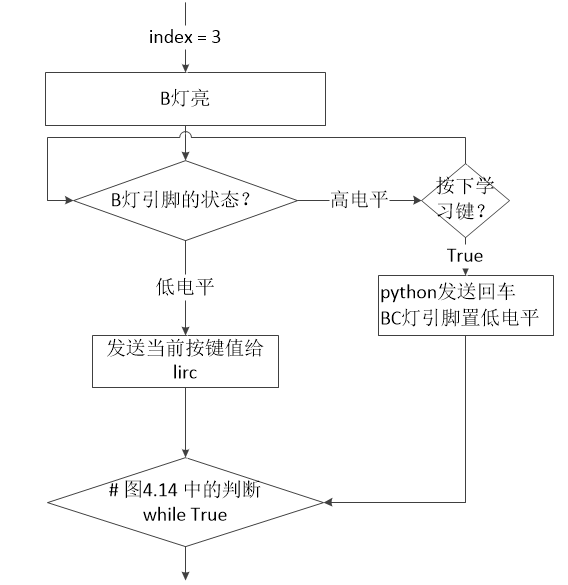


图4.19 按键与学习

当学习完成后，程序会将当前学习好的文本内容复制到Lirc的当前设备信息中，并且调用update函数，将学习完成的按键持久化到数据库中，流程图如图4.20所示。

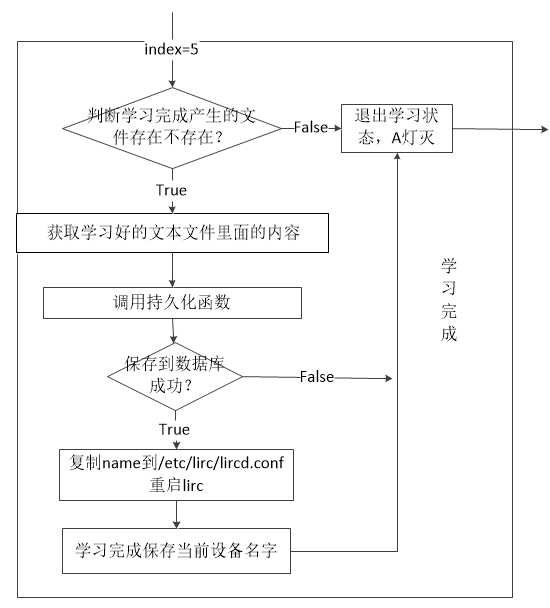


图4.20 学习完成功能示意流程图

Web和硬件能够交互就是依靠这最后一步了，将学习好的遥控信息持久化到数据库中，update函数流程图如图4.21所示。

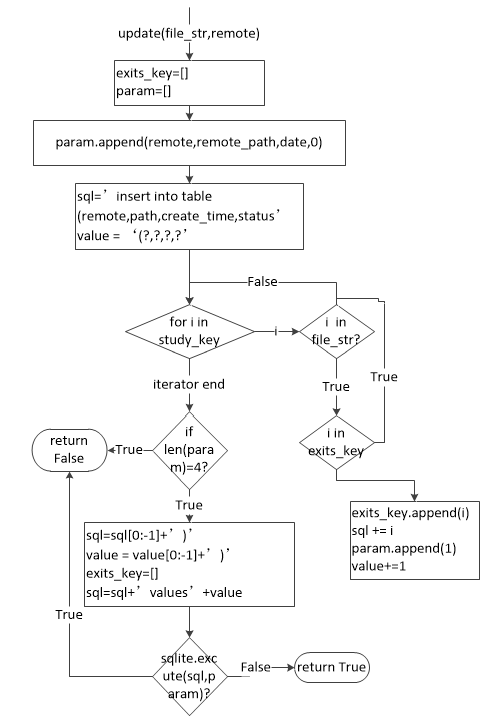


图4.21 数据持久化流程示意图

4.5.2 遥控功能

如果使用者没有按下学习键，那么此时的Raspberry Pi就相当于一个普通的遥控器，使用者可以按下任何一个键（如果该键学习过），Raspberry Pi将通过LIRC发送相应的红外信号。万能遥控器的遥控功能逻辑示意图如图4.22所示：

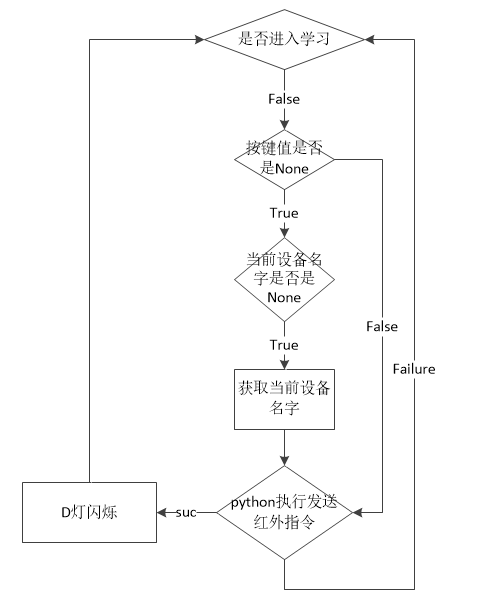


图4.22 万能遥控的遥控功能示意

因为Lirc发送红外是需要两个条件的，第一个是设备的名字，第二个是设备的按键名字，所以只有两个都不为空的时候才能进行发射。但是，有时候会有没有把矩阵键盘上的所有按键都学完，那么就会发送失败，即什么也不操作，发送成功时让D灯闪一下。获取remote\_name时是依赖Lirc的打印当前设备名字的命令：”sudo irsend list ‘’ ‘’ ”，这条命令会返回一条字符串，格式下：”irsend:\*”，”\*”代表的就是当前设备的名字，程序使用了字符串分割来获取remote\_name。

4.6 硬件设计总结

硬件设计就是整个学习功能和遥控功能的实现，依赖于Raspberry Pi、红外拓展板、指示灯和两个矩阵键盘。在整个设计中，利用Visio绘画了多种可能的流程图，设计过程中进行了大量的实验，让学习与遥控部分变得更加的可靠。

第五章 WEB端设计

本章节将详细描述WEB端部分，包括了数据的设计、信息验证模块、远程遥控模块、设备命名模块。

5.1 WEB端功能流程

WEB端使用Django快速开始的一个项目，项目命名为xupt-ghj，一共分为6大模块，每个模块之间都是采用的RESTful设计。其功能流程图如图5.1所示。

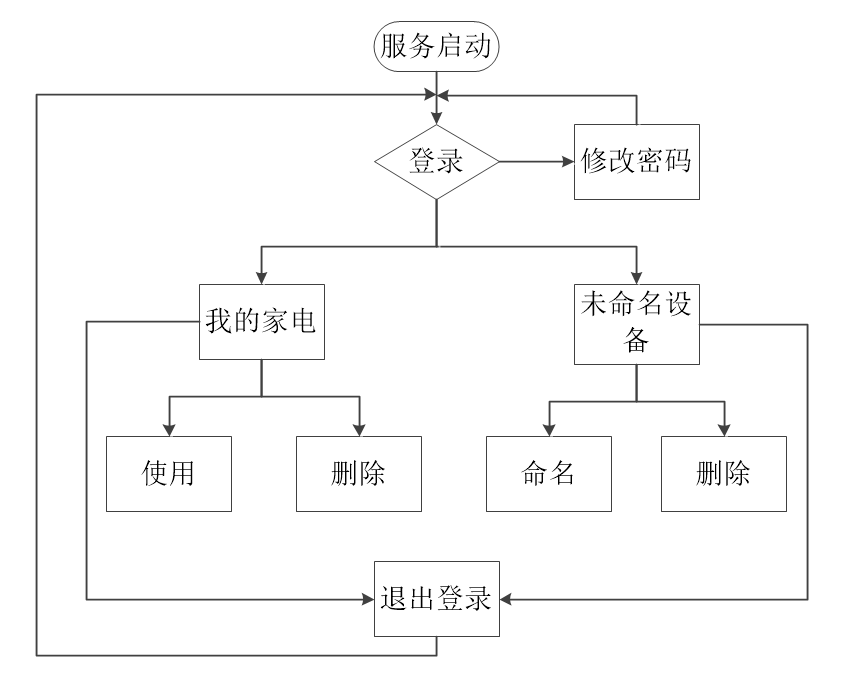


图5.1 WEB端功能流程图

5.2 基于嵌入式的智能遥控器的数据库设计

5.2.1 用户表设计

用户表表的名字是T\_XUPT\_USER，此表里面存储着一些登录验证信息，如账号密码姓名等。表结构设计见表5.1所示。

表5.1 用户表（T\_XUPT\_USER）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 字段名称 | 数据类型 | 是否可空 | 字段描述 |
| id | VARCHAR (255) | N | 主键字段，登录账户 |
| user\_name | VARCHAR (255) | N | 姓名 |
| pass\_word | VARCHAR (255) | N | 密码 |

使用者在Django的model中定义字段类型是通过数据库的建表操作，再经由Django自动的创建表。表T\_XUPT\_USER的定义如图5.2所示：

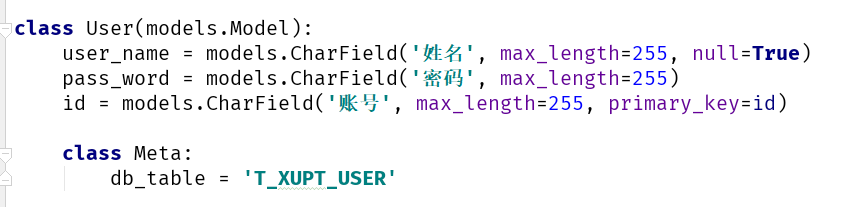


图5.2 表T\_XUPT\_USER的设计

5.2.2 设备表设计

设备表的名字是T\_XUPT\_DEVICE，它里面存储的是设备的真实名字、学习过的按键、绝对路径、使用者起的名字以及一个用来表示是否命名完成的状态。表结构设计如表5.2所示。

表5.2 设备表（T\_XUPT\_DEVICE）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 字段名称 | 数据类型 | 是否可空 | 字段描述 |
| id | INTEGER | N | 主键字段，自增长 |
| name | VARCHAR (255) | Y | 自定义设备的名字，唯一 |
| remote | VARCHAR (255) | N | 设备的真实名字，唯一 |
| path | VARCHAR (255) | N | 设备的绝对路径 |
| status | INTEGER | Y | 0表示没有命名，1表示已完成命名 |
| create\_time | VARCHAR (255) | Y | 该设备的学习时间 |
| key\_power | VARCHAR (255) | Y | 开关按键，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_one | VARCHAR (255) | Y | 按键1，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_two | VARCHAR (255) | Y | 按键2，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_three | VARCHAR (255) | Y | 按键3，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_four | VARCHAR (255) | Y | 按键4，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_five | VARCHAR (255) | Y | 按键5，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_six | VARCHAR (255) | Y | 按键6，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_seven | VARCHAR (255) | Y | 按键7，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_eight | VARCHAR (255) | Y | 按键8，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_nine | VARCHAR (255) | Y | 按键9，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_zero | VARCHAR (255) | Y | 按键0，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_up | VARCHAR (255) | Y | 上按键，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_down | VARCHAR (255) | Y | 下按键，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_left | VARCHAR (255) | Y | 左按键，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_right | VARCHAR (255) | Y | 右按键，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_ok | VARCHAR (255) | Y | ok键，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_back | VARCHAR (255) | Y | 返回键，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_home | VARCHAR (255) | Y | 主页，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_mode | VARCHAR (255) | Y | 空调按键（暂定），1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_volume\_up | VARCHAR (255) | Y | 音量加，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_volume\_down | VARCHAR (255) | Y | 音量减，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_channel\_up | VARCHAR (255) | Y | 频道加，1代表学习了，0代表没有学习 |
| key\_channel\_down | VARCHAR (255) | Y | 频道减，1代表学习了，0代表没有学习 |

表T\_XUPT\_DEVICE的字段有点多，因为它包含了矩阵键盘的每个按键值，而系统设计的时候采用了两个矩阵键盘一共使用了23个学习键值。设备表使用Django的定义如图5.2所示。



图5.3 表T\_XUPT\_DEVICE的设计

5.2.3 生成表

表设计完成后，在命令行先执行如图5.4的命令，这个命令意思是说创建了一些数据库日志，在之后使用者可以通过这些日志进行数据表的字段的恢复；然后再执行如图5.5的命令，这是说读取数据库日志，再进行数据库的更新。



图5.3 创建数据库日志



图5.3 更新数据库

接下来django就在sqlite3数据库中创建了这两个表。

5.3 信息验证模块

信息验证模块包括两个模块，一个是登录模块，这是进入远程遥控系统的唯一路径；一个是密码修改模块，这是考虑到使用者忘记密码无法登录时，用户可以通过修改密码的方式去重置密码，再进行登录。框架图如图5.4所示。

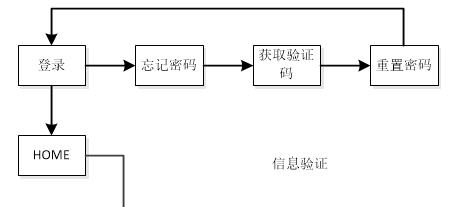


图5.4 信息验证框架

5.3.1 登录模块

登录模块是整个远程遥控系统的起点，页面使用jQuery进行渲染修饰，当用户输入完账号密码点击登录时，首先JS会对使用者的输入进行非空校验，如果账号密码有一个为空都会进行提示不能为空，校验通过后，浏览器会向后台发送一个携带了用户名密码的请求到后台，整个逻辑如图5.5所示。

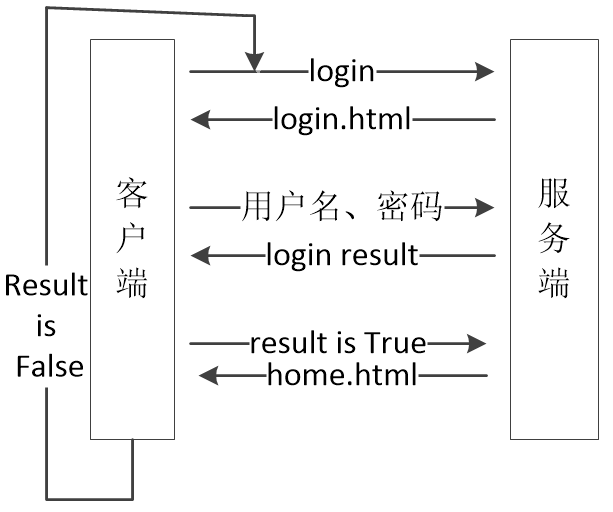


图5.5 登录逻辑

后台接收到用户名密码后，进行登录校验，校验成功，则在当前会话中保存用户的登录信息，本系统保存的是用户的账号，然后返回ok。如果登录校验失败了，就会返回空的字符串。前台收到返回的消息时，则进行判断，是ok则跳home页面，否则停留在login页面。Login页面如图5.6所示：

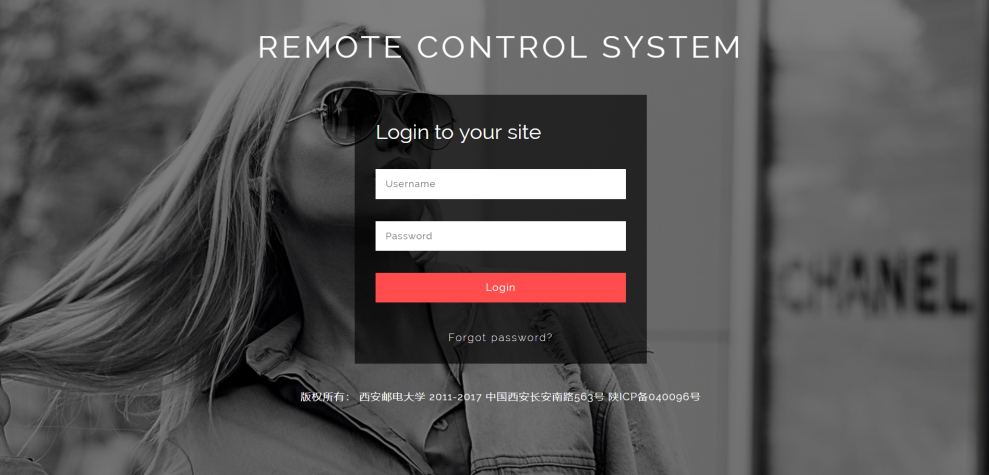


图5.6 登录页面

当用户名或密码为空时，提示如图5.7所示：

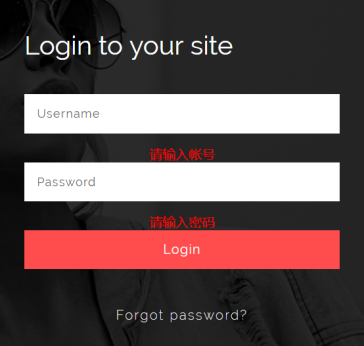


图5.7 账号密码为空时提示

5.3.2 修改密码

使用者可以通过点击登录页面中的”Forgot password?”来进入修改密码页面，忘记密码的页面如图5.8所示：

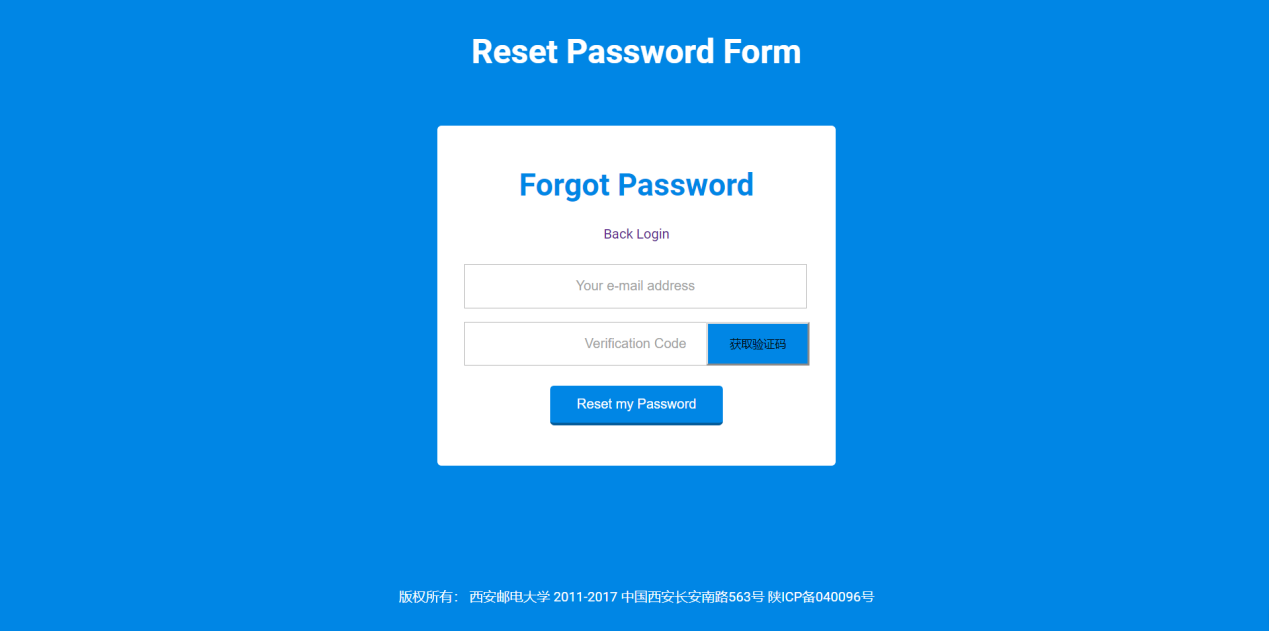


图5.8 忘记密码页面

使用者通过输入自己的邮箱来获取验证码，验证码为4位随机数字，保存在Redis数据库中，并设置了一分钟有效期，使用者必须要验证码失效之前进行验证码的确认。流程图如图5.9所示。

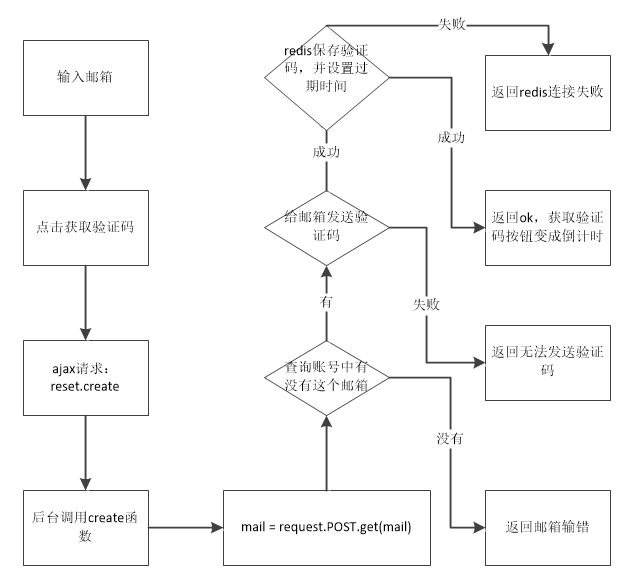


图5.9 获取验证码流程

其中给邮箱发送验证码功能是通过以在163申请的一个邮箱账号配合python内置的smtplib库和MIMEText，验证码通过4次循环生成4个随机数生成。

使用者得到验证码后，可进行验证码校验，校验通过后redis将删除验证码，并将邮箱作为key重新设置value值为True，超时时间为5分钟，使用者需要在5分钟内进行密码修改，否则需要重新获取验证码。密码修改界面如图5.10所示。



图5.10 更改使用者的密码界面

使用者需要输入两次密码，在后台和前端都有进行两次输入的密码是否一致的验证，两次一致时，密码才会修改成功，然后返回到登录页面。

使用者登录成功后将看到home页面，home页面如图5.11所示。

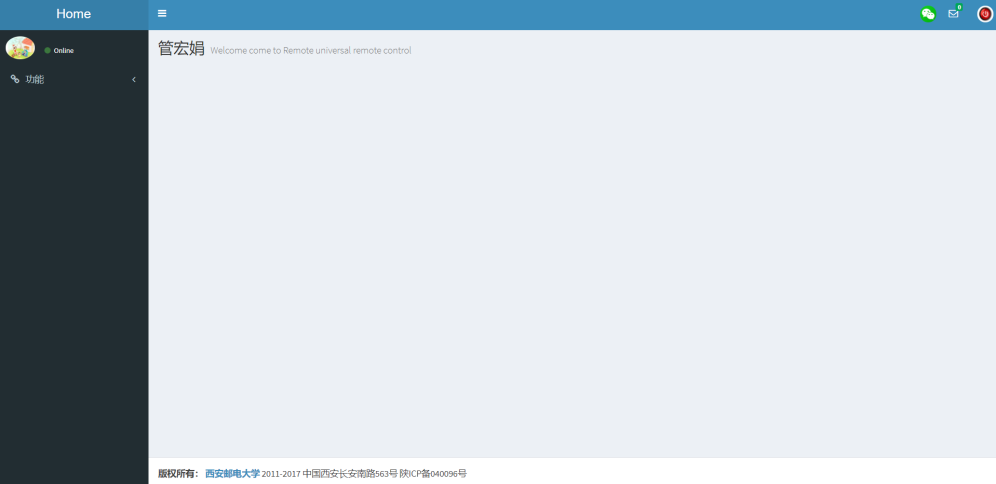


图5.11 主页面显示

Home页面中可以从左侧功能导航栏进入查看未命名设备和我的家电页面。

5.4 信息展示

在硬件设计部分，红外学习功能使用的是lirc，它在录制时需要指定一个name参数，学习代码中使用的是UUID来代替name参数，但是UUID仅仅只是一串在同一时空下不重复的字符串，本身并没有任何意义。所以在学习完成之后，使用者需要登录到系统中，此时系统会提示刚刚学习的设备没有命名，没有命名的设备是不允许被使用的。

使用者可以通过任何页面的右上角的信息进入未命名页面，学习过的所有未命名的设备都会在这个页面显示，如图5.12所示。这些数据由跳转到这个页面时候携带而来的，在跳转到这个页面之前，后台先进行查询操作，由于没有命名的设备，在数据库中的记录中的state字段会是0，所以未命名设备查询所有设备并过滤state字段为0，相关逻辑如图5.13所示。



图5.12 未命名设备的展示

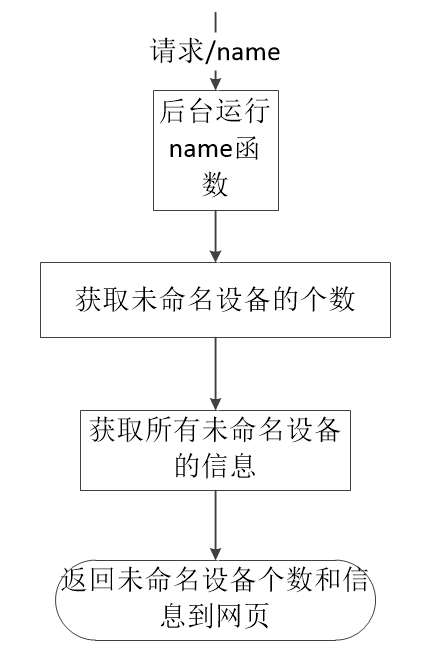


图5.13 获取未命名设备

使用者点击删除时，ajax请求会携带该设备的id，后台收到id之后，执行sql删除语句。删除不能恢复。

点击命名时，弹出输入框，如图5.14所示：

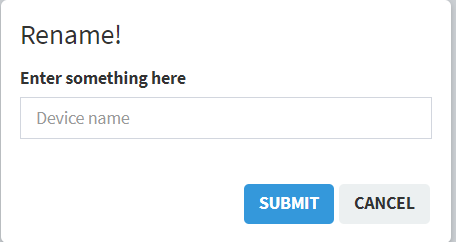


图5.14 输入新的名字

确定后，后台处理逻辑流程图如图5.15所示。

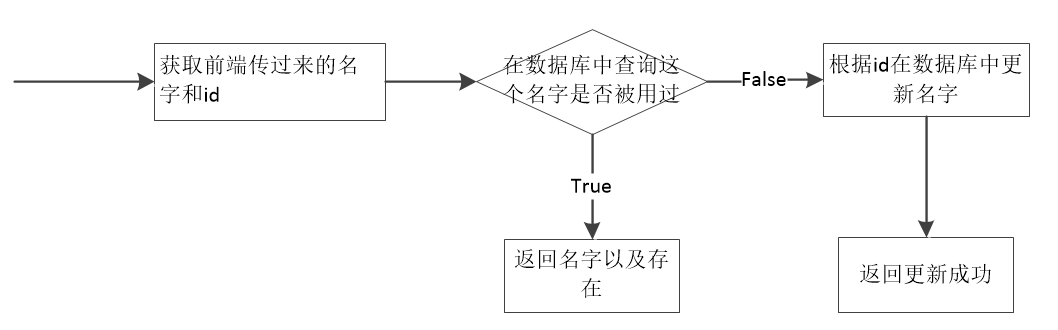


图5.15 重命名的逻辑处理

重命名逻辑判定同名设备是不行的（一个家庭里面可以做到为每一个自己学习的设备起一个不同的名字），命名成功后，将刷新本页面，同时该设备不再在该页面中，会出现在“我的家电”页面中。

5.5 远程遥控

我的家电页面展示了所有学习好并且已命名的家电信息，在前端的设计中只显示了序号、自己命名的名字、创建时间、类型以及操作列。家电信息的获取和上文中未命名设备信息的获取原理是一样的。

操作列同样有两个功能，一个是使用该设备，一个是删除该设备，删除逻辑和未命名设备的删除是同一个，所以系统设计的时候也只是设计了一个API，两个删除都是使用ajax请求同一个动作。

整个远程遥控系统的中心在于点击了使用设备。本课题设计了一个网页版的虚拟遥控器，如图5.16所示，当使用者点击使用按钮时，则会进入虚拟按键界面。这个按键的所有按键都是与硬件中的两个4\*4矩阵键盘的键值是一一对应的。



图5.16 网页虚拟遥控器示意

由于存在学习过程中只学了一部分按键，所以可能不会所有按键都有效，本课题的设计是如果该设备没有学习那个按键，则使这个按键禁用，让使用者不能点击，如图5.17所示：



图5.17 尚未学习的按键示意

没有学习到的按键会变灰且不能点击。这个功能的实现是基于jQuery完成的。逻辑如图5.18所示：

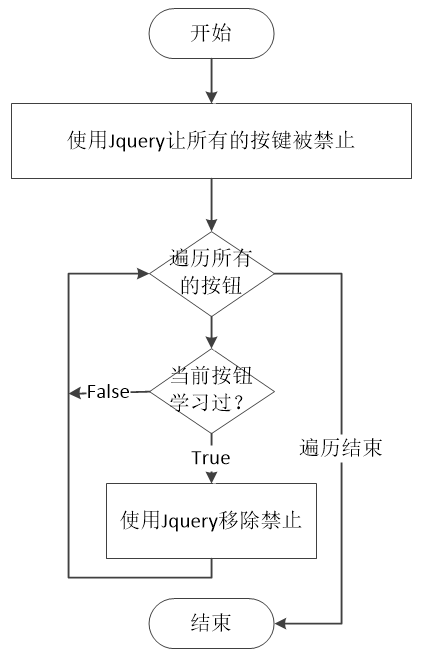


图5.18 按键能否点击逻辑图

部分代码如图5.19所示。

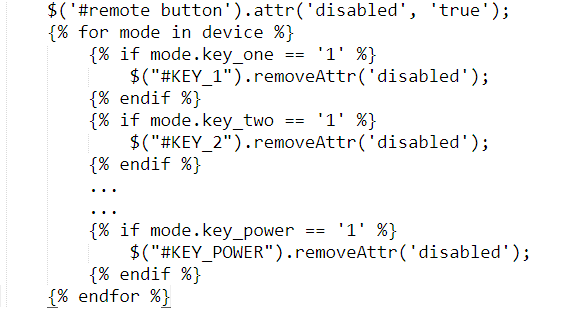


图5.19 按键能否点击代码

系统设计时为每个按钮都增加了一个value属性，值为”name-key”，name是使用者当前使用的设备名字，key为每个按钮对应的键值。同时设计时也为每一个按钮添加了一个点击事情，所有的点击事情指定了同一个函数，这个函数将接受点击的那个按键的value值。远程遥控前端JS逻辑如图5.20所示。

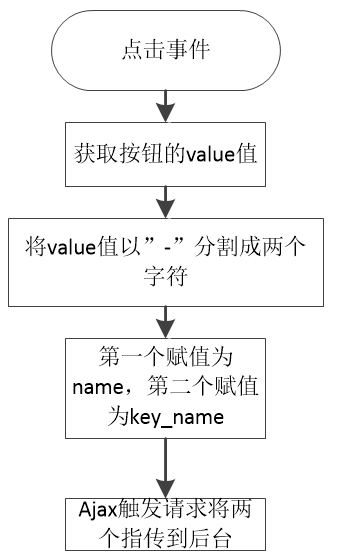


图5.20 远程遥控发出网络请求

经过ajax请求，后台就能拿到对应的设备名字以及键值了，后台相应的发送红外的代码如图5.20所示。

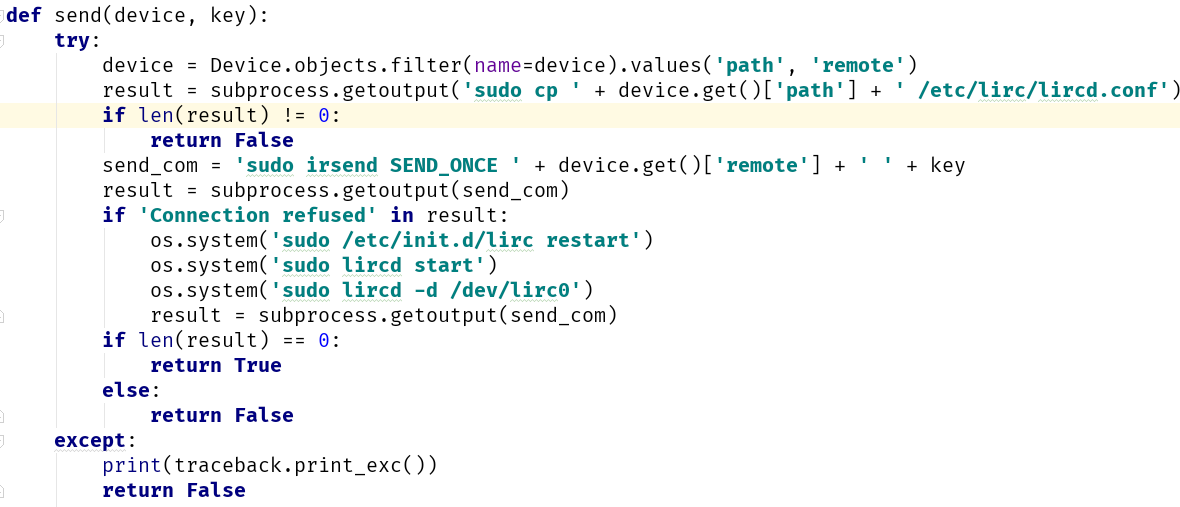


图5.20 远程遥控发射红外代码

首先通过自定义的名字来获取想要使用的设备的绝对路径和当前设备的真实名字（UUID），然后将其复制到lirc的设备默认路径。接着使用subprocess运行lirc红外发送命令，如果返回结果包含拒绝信息，那么、则证明是lirc没有启动，所以启动lirc后需要再发送一次红外指令，若是没有返回字符串则代表发送成功，则直接返回True，前端将提示发送成功；有返回字符串，则表示红外发射失败，前端提示发送失败信息。

5.6 WEB端总结

WEB端设计了远程遥控系统，使用者需要登录才能进行远程遥控。在远程遥控系统中，设计了一个虚拟的遥控器界面，使用者可以通过点击对应的按钮来实现远程遥控。Web端的设计查阅了资料，课题设计里每一种情况都有做考虑，提高了系统的容错率。

第六章 总结

整个系统设计是一个从无到有的过程，从开始拿到毕设课题时的迷茫到现在完成了毕设，整个过程有太多的艰辛，伴随着太多的谷歌查资料、图书馆看书。所有相关技术的一点点积累，才逐渐有了硬件、WEB的联系交互，才逐渐有了硬件分哪些模块、WEB分哪些模块的想法。

系统设计的过程中遇到过许多问题，在这个自我积累的过程中，也收获颇多。尽管想清楚怎么分模块，但是对于各个模块的功能实现还是一筹莫展，经过多次上网搜索和去图书馆参阅资料，最终发现了Lirc这个开源软件包。确定了基石，那么建高楼的材料就更好确定了，因为Lirc是运行在Linux系统上，所以便采用了Raspberry Pi作为整个系统的容器。

选好材料后，对模块的划分又更加明确了，然后是查看文档，将相关的技术熟悉起来。

设计的过程无疑是非常消耗时间且无聊的，但是在这个过程中能学到很多东西却又让人非常开心，尤其是当一步一步设计都有成果时让人非常雀跃。

基于嵌入式的智能遥控器还不是一个非常完善的作品，它目前有的功能：

1. 学习功能
2. 遥控功能
3. 远程遥控功能

接下来作者会不断创新、学习，去完善更多的功能。

第七章 展望

近年来，红外遥控器的发展也越来越好，许多遥控器上都具备了学习功能，然而绝大多数遥控器其实并不具有学习功能，更不要说要实现远程遥控了。人们的需求在增加，一个一个的普通遥控器几乎难以满足人们的对高质量的生活标准的追求，因为一旦当遥控器坏了还需要去买一个专门的新遥控器。基于嵌入式的智能遥控器，及支持学习功能，有支持远程遥控功能，试想，人们远在千里之外都能遥控家里的家电的设备，这又怎能不让人喜欢，怎能不让人满足呢？所以基于嵌入式的智能遥控器不但具有非常深远的意义，也拥有着一个美好上的市场前景。

本系统的设计仅仅采用了网页版的远程遥控，但这仍然是完全不够的，基于嵌入式的智能遥控器还有开发的必要性，可以介入微信的控制、可以适配安卓APP或者是IOS苹果应用的控制，也可以接入一个网络摄像头，这样人们还可以试试查看设备的运行情况，或者增加自定义定时的功能，去创造出一个越来越智能的化遥控器，使人们的生活更加便捷！