实训课程报告

课程名称： 接口与通信实训

专业： 电子信息工程 班级： 20电信1

姓名： 王恩缘 学号： 2031020090

指导教师： 贾婷、史秀男

成绩：

评语:

完成日期： 2022 年 06 月 09 日

# 摘 要

本实训完成了基于STM32单片机的无线遥控智能时钟设计，电路包括X部分，分别为：STM32单片机主控模块、按键模块、nRF24L01无线通信模块、LCD1602显示模块、DHT11温湿度传感器模块。

STM32为本项目的主控MCU，在MDK5开发环境中利用ST为F1系列的32单片机编写的库函数，对单片机的各个管脚、内部时钟、中断以及各种外设进行配置与设定。按键只是用于向STM32的GPIO输入信号，便于调试以及人工操控。nRF24L01可以发送与接收无线信号，实现与上位机的半双工通信。LCD1602是方便易用，成本低廉的液晶显示模块，通过八个数据端口进行并行通信来接收字符信号，以及3个控制端口实现字符显示的功能。最后，DHT11用DATA管脚向32输出温湿度传感器检测到的数据。

关键词：单片机；无线遥控；智能时钟

目 录

摘 要 II

1 总体方案设计 1

1.1 需求分析 1

1.2 系统的构成 1

2 智能时钟装置电路设计 3

C

2.1.1时钟电路 3

2.1.2供电电路 4

2.1.3复位电路 5

2.2 外设电路设计 6

2.2.1 按键电路 6

2.2.2 蜂鸣器电路 6

2.2.3 液晶屏显示电路 7

2.2.4 通信接口电路 8

2.2.5 温湿度检测电路 9

3 智能时钟程序设计 10

3.1 主程序设计 10

3.2 按键程序设计 11

3.3 液晶屏显示程序设计 12

3.4 通信程序设计 13

4 运行与调试 15

结 论 16

附 录 17

# 总体方案设计

## 需求分析

我们现在处在一个逐步向智能化迈进的时代，人工智能、物联网等概念已深入千家万户的认知之中。疫情影响下，近两年我国社会生产力收到相应程度的影响，22年上半年在辽宁省疫情更是反反复复不得安宁。这对于本就在时代冲洗下日暮西山的传统的钟表制造行业雪上加霜，企业生存问题得到极大程度的挑战。因为智能手机的普及，加之疫情期间对于健康码和行程卡的硬性要求，我国居民智能手机市场进一步向中老年人群普及。因此现在已经很少会有人想用传统意义的“闹钟”这种形态的产品。

这便是我们本项目的研究成果的实际意义，我们将闹钟接入无线模块，配备了STM32F103ZET6这颗具有一定智慧的“大脑”，不但可以迎合现代人对于物联网产品的消费热情，ZET6强大的扩展性也可以完成其中的智能化设计以及温湿度显示等丰富的功能。本项目的集成化程度较高，设备的轻巧、便携也更适合做出各式各样小巧精致的工业外形设计，满足不同消费人群的审美需求。

## 系统的构成

结构框图如图。DHT11采集环境温湿度信息并发送给STM32，32自带的通用定时器满足时钟的计时的精度与条件。整合了时间信息与温湿度信息后，STM32一边将信息传给LCD1602显示，一边将数据传给nRF24L01进行无线信号的发送。

nRF24L01将32发送的信息转换为无线数据信号，以串口通信的方式发送给PC。PC端则使用Python利用pyserial库与tkinter库等编写上位机程序，与nRF24L01进行通信。在上位机界面中可以通过UI交互显示收发信息，并通过上位机发送的信息，可对时钟进行设置及控制。

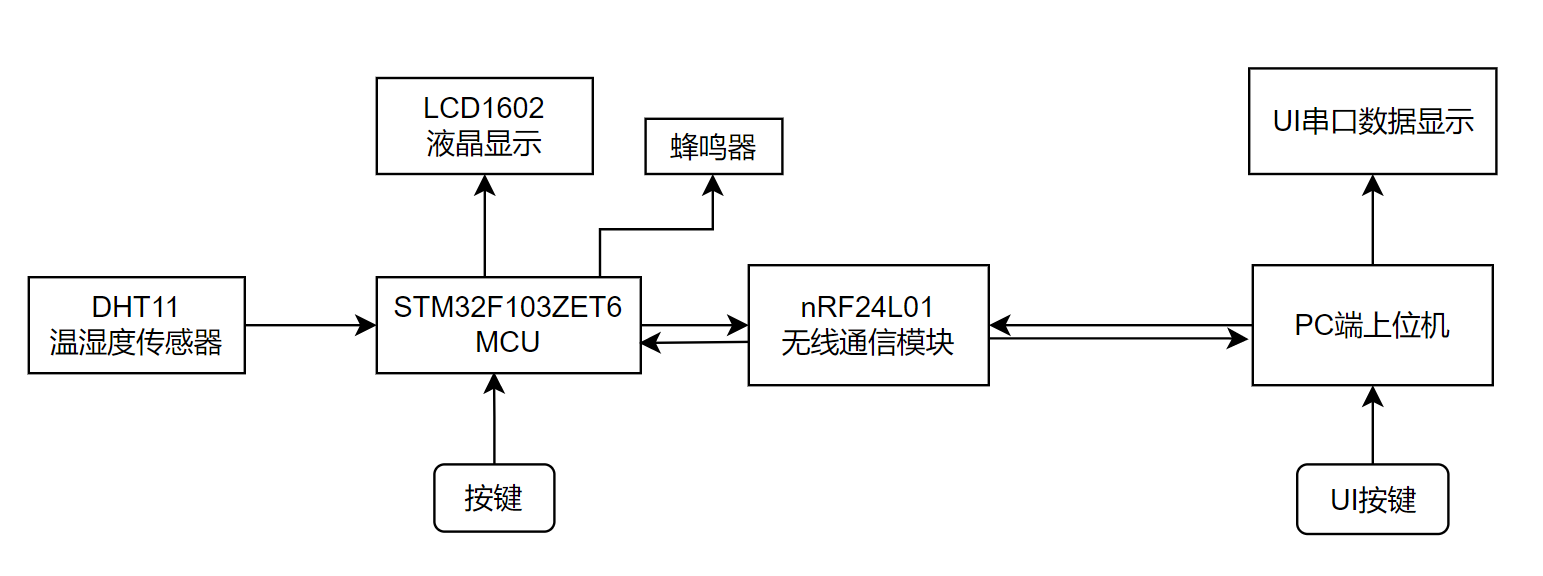


图1.1 整体结构框图

各模块之间的关系，及其与STM32F103ZET6的管脚的具体配置的整体思维导图如图1.2所示：

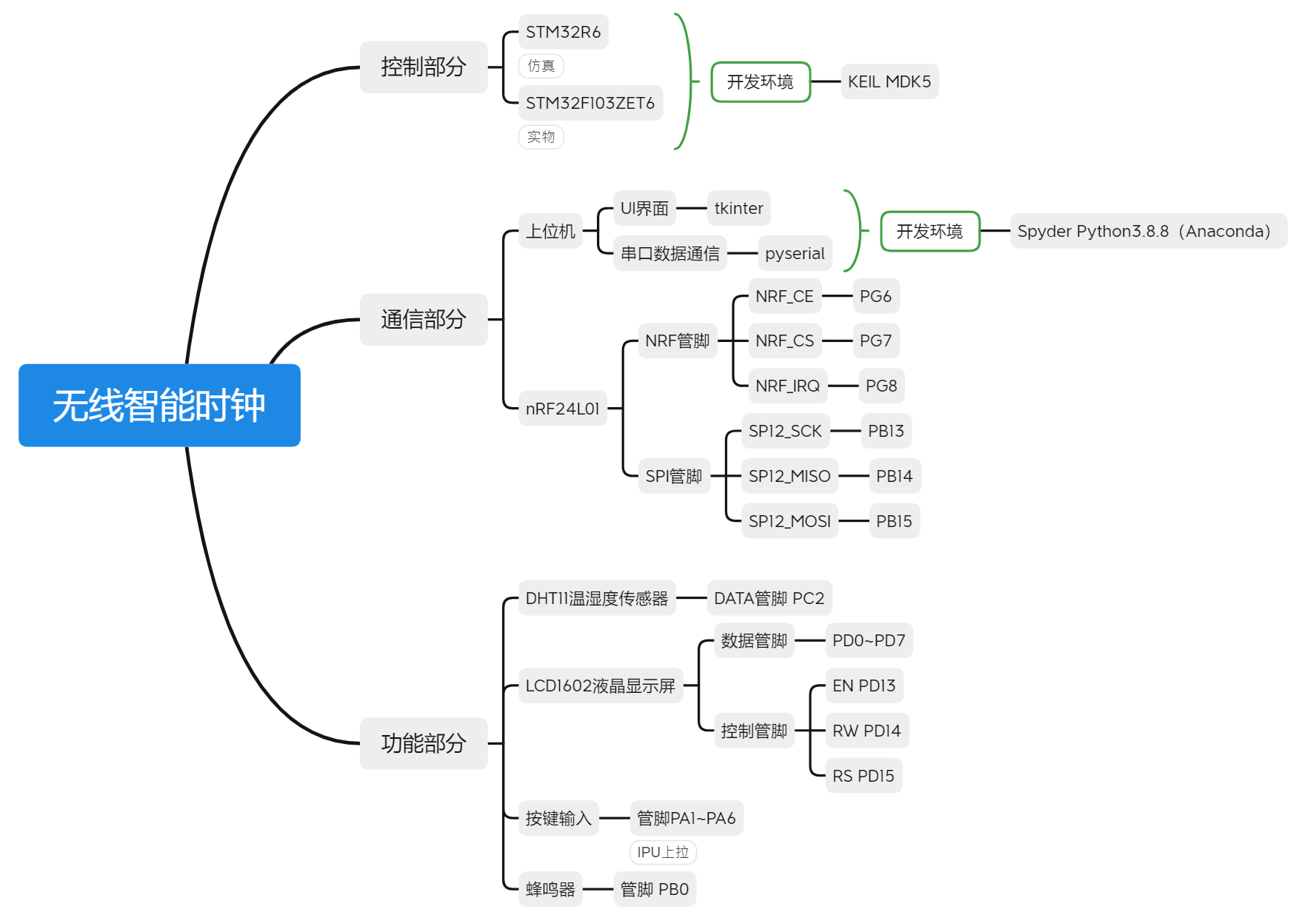
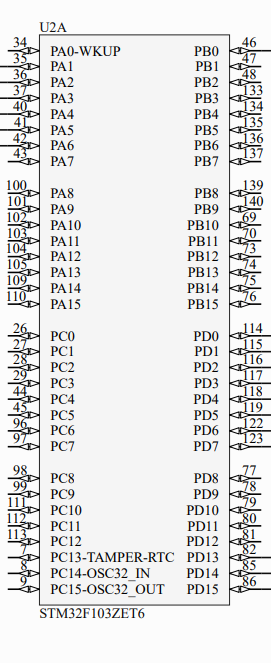


图1.2 全局思维导图

# 智能时钟装置电路设计

## 智能时钟装置主控电路设计

本项目采用了ST官方给出的Altium Designer原理图及其封装方案，ZET6被分隔成为三个部分，我在这里将其命名，分别为GPIO部分（UA），GPIO及其晶振部分（UB），以及供电及其复位部分（UC）。三个部分如图2.1所示。

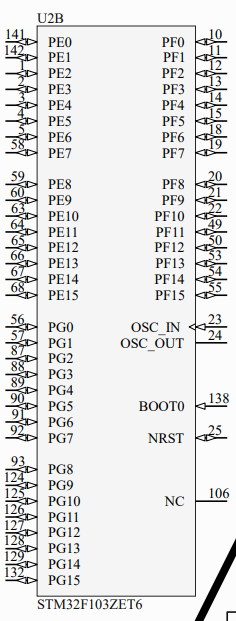
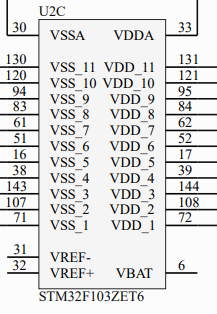


图2.1 STM32F103ZET6原理图

下面我将一一阐述该项目中，32单片机最小系统的构成及其设计。

### 时钟电路

晶振是由石英晶体组成的，石英晶体之所以能当为振荡器使用，是基于它的压电效应：在晶片的两个极上加一电场，会使晶体产生机械变形；在石英晶片上加上交变电压，晶体就会产生机械振动，同时机械变形振动又会产生交变电场，虽然这种交变电场的电压极其微弱，但其振动频率是十分稳定的。当外加交变电压的频率与晶片的固有频率（由晶片的尺寸和形状决定）相等时，机械振动的幅度将急剧增加，这种现象称为“压电谐振”。

晶振电路为主控芯片提供系统时钟，所有的外设工作，CPU工作都要基于该时钟，类似于整个系统的“心跳节拍”。本项目的时钟电路设计如图2.2所示。

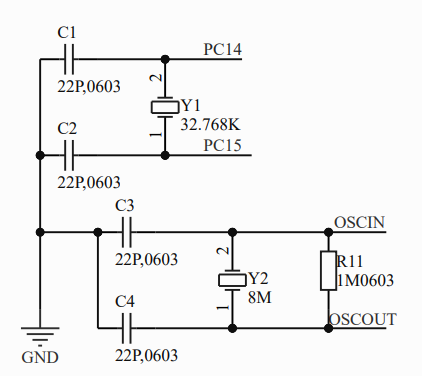


图2.2 时钟电路设计

晶振分为无源和有源，但是本质上都是皮尔斯震荡电路（反相放大器+电阻+电容+晶体+电源），只不过对于单片机而言，单片机内部集成了反相放大器和电阻以及电源，外接晶体和电容就可以了，这里的晶体就称之为无源晶振。

而有源晶振是将皮尔斯振荡器作成一个整体，直接加电源即可工作，当然，价格也会比无源的贵一些。

### 供电电路

仔细观察一下可以发现，ST将 VDD、VSS、VSSA、VREF+、VDDA、VSSA等单独提出来做一个部件，但其实封装还是共用的。类似于大一下半学期学习数电模电在Multisim仿真中，与门、非门等元器件名称后面加ABC，代表集成电路的其中一组。

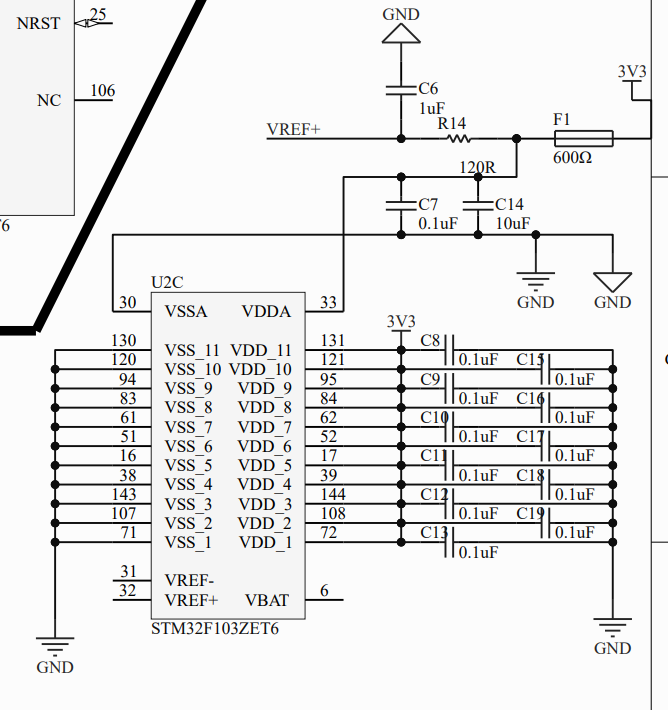


图2.3 供电电路设计

VDD、VSS、VREF+、VSSA、VDDA管脚的意义与作用如下：

1、VCC：接入电路的电压。（V代表电压，C 字母代表电路）。

2、VDD: 器件内部的工作电压，一般直接接 3.3V。（D 为 device器件的首字母，表示器件）。

3、VSS: 通常指电路公共接地端电压，所以可以看到将其接到GND 上去。（S为 series 表示公共连接）。

4、VDDA： 通对比 VDD 多了个A，代表与模拟电路有关，所以它是对所有的模拟电路部分供电。需要注意的是VDDA 和 VDD 之间的电压差不能超过 300mV，VDD 与 VDDA应该同时上电或调电。

5、VSSA：后面跟了个 A，毫无疑问，这是 VDDA的地，所以VDDA 和 VSSA是单片机内部模拟电路的正负（电源）。

6、VREF+、VREF-：看到 ref，代表这是个参考电压，结合STM32 的引脚具备 A/D 转换的功能这点，就能清楚它是用来提高 ADC精度的。在引脚数目上了 100后，为了保证更好的低电压输入精度，连接一个单独的参考电压输入到VREF+中，VREF+输入电压范围为 2.0V 到 VDDA，VREF-可用时，必须绑定到VSSA。在引脚数为 64 时，将没有这个 VREF（VREF+、VREF-在内部被接到 VDDA、VSSA 上）。

### 复位电路

主控芯片是低电平复位(引脚NRST)，硬件按键复位属于系统复位之一(另外还有软件复位，看门狗计数终止复位等)。其中的电容C5的目的是按键硬件消抖，防止在按键刚刚接触/松开时的电平抖动引发误动作(按键闭合/松开的接触过程大约有10ms的抖动，这对于主控芯片I/O控制来说已经是很长的时间，足以执行多次复位动作。由于电容电压不会突变，所以采用电容滤波，防止抖动复位误动作)。

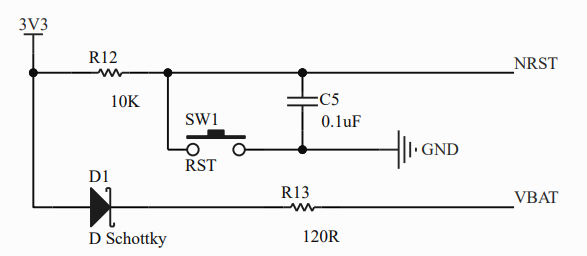


图2.4 复位电路设计

VBAT 的作用: 使用电池或其他电源连接到 VBAT 脚上时，当 VDD断电时，可以保存备份寄存器的内容和维持 RTC 的功能。

## 外设电路设计

### 按键电路

本项目中按键采用上拉输入，上拉就是把电位拉高。上拉就是将不确定的信号通过一个电阻嵌位在高电平，电阻同时起限流作用。按键电路的设计如图2.5所示。

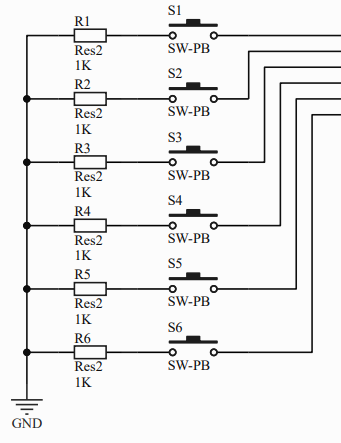


图2.5 按键电路设计

本项目中按键1~6分别接到GPIOA所对应的PA1~PA6管脚，在初始化配置时注意将输入模式改为IPU。

### 蜂鸣器电路

蜂鸣器是电路设计中常用的器件，广泛用于工业控制报警、机房监控、门禁控制、计算机等电子产品作预警发声器件，驱动电路也非常简单。蜂鸣器电路设计图如图2.6。

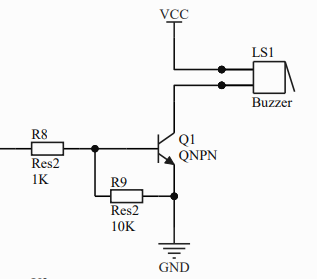


图2.6 蜂鸣器电路设计

连接至管脚PB0，将该管脚配置为推挽输出Mode\_Out\_PP。设定为高电平时工作。

### 液晶屏显示电路

LCD1602是很多单片机爱好者较早接触的字符型液晶显示器，它的主控芯片是HD44780或者其它兼容芯片。

表2.1 液晶屏LCD1602引脚示意表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 引脚号 | 符号 | 引脚说明 |
| 0 | GND | 电源地 |
| 1 | VCC | 电源正极 |
| 2 | VL | 偏压信号 |
| 3 | RS | 命令/数据 |
| 4 | RW | 读/写 |
| 5 | EN | 使能 |
| 6 | DB0 | 数据端口 |
| 7 | DB1 | 数据端口 |
| 8 | DB2 | 数据端口 |
| 9 | DB3 | 数据端口 |
| 10 | DB4 | 数据端口 |
| 11 | DB5 | 数据端口 |
| 12 | DB6 | 数据端口 |
| 13 | DB7 | 数据端口 |
| 14 | LED+ | 背光正极 |
| 15 | LED- | 背光负极 |

各个管脚的具体说明如下：

1）VSS接电源地。

2）VDD接+5V。

3）VO是液晶显示的偏压信号，可接10K的3296精密电位器，或同样阻值的RM065/RM063蓝白可调电阻。

4）RS是命令/数据选择引脚，接单片机的一个I/O，当RS为低电平时，选择命令；当RS为高电平时，选择数据。

5）RW是读/写选择引脚，接单片机的一个I/O，当RW为低电平时，向LCD1602写入命令或数据；当RW为高电平时，从LCD1602读取状态或数据。如果不需要进行读取操作，可以直接将其接VSS。

6）E，执行命令的使能引脚，接单片机的一个I/O。

7）D0—D7，并行数据输入/输出引脚，接入单片机的GPIO任意的8个I/O口。如果接P0口，P0口应该接4.7K—10K的上拉电阻。如果是4线并行驱动，只须接4个I/O口。

8）A背光正极，可接一个10—47欧的限流电阻到VDD。本项目中接入可调电阻R10直接进行背光亮度的调节。

9）K背光负极，接GND。设计图见图2.7所示。

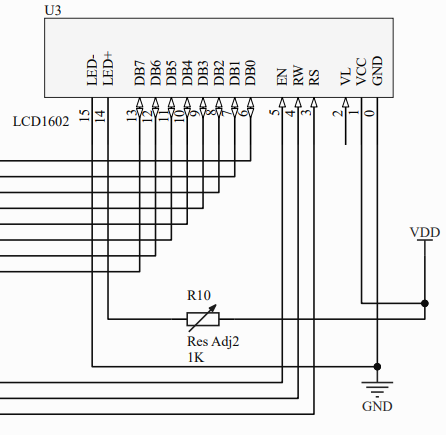


图2.7 液晶屏LCD1602电路设计

### 通信接口电路

NRF24L01 是 NORDIC 公司最近生产的一款无线通信通信芯片，采用 FSK 调制，内部集成 NORDIC 自己的 Enhanced Short Burst 协议。可以实现点对点或是 1 对 6 的无线通信。无线通信速度可以达到 2M（bps）。NORDIC 公司提供通信模块的 GERBER 文件，可以直接加工生产。嵌入式工程师或是单片机爱好者只需要为单片机系统预留 5 个 GPIO，1 个中断输入引脚，就可以很容易实现无线通信的功能，非常适合用来为 MCU 系统构建无线通信功能。，原理图设计如图2.8所示。

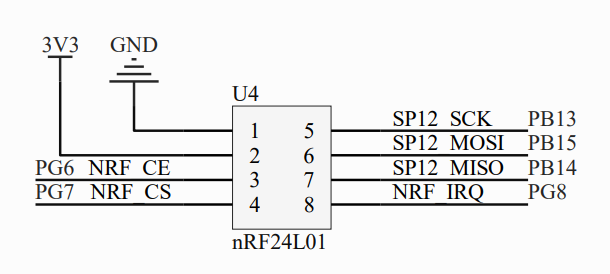


图2.8 nTF24L01电路设计

### 温湿度检测电路

DHT11数据处理：

串行接口(单线双向)DATA用于微处理器与DHT11之间的通讯和同步，采用单总线数据格式，一次通讯时间4ms左右，数据分小数部分和整数部分，具体格式在下面说明，当前小数部分用于以后扩展，现读出为零.操作流程如下：

一次完整的数据传输为40bit，高位先出。

数据格式：8bit湿度整数数据+8bit湿度小数数据+8bi温度整数数据+8bit温度小数数据+8bit校验和数据传送正确时校验和数据等于“8bit湿度整数数据+8bit湿度小数数据+8bi温度整数数据+8bit温度小数数据”所得结果的末8位。

用户MCU发送一次开始信号后，DHT11从低功耗模式转换到高速模式，等待主机开始信号结束后，DHT11发送响应信号，送出40bit的数据，并触发一次信号采集，用户可选择读取部分数据.从模式下，DHT11接收到开始信号触发一次温湿度采集，如果没有接收到主机发送开始信号，DHT11不会主动进行温湿度采集.采集数据后转换到低速模式。电路设计如图2.9所示。

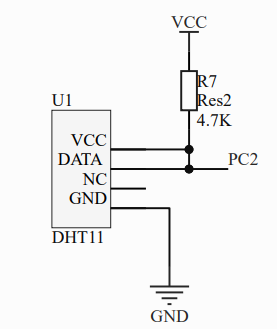


图2.9 DHT11电路设计

总线空闲状态为高电平,主机把总线拉低等待DHT11响应,主机把总线拉低必须大于18毫秒,保证DHT11能检测到起始信号。DHT11接收到主机的开始信号后,等待主机开始信号结束,然后发送80us低电平响应信号.主机发送开始信号结束后,延时等待20-40us后,读取DHT11的响应信号,主机发送开始信号后,可以切换到输入模式,或者输出高电平均可,总线由上拉电阻拉高。

# 智能时钟程序设计

## 主程序设计

在“main.c”主程序中，首先进行全局变量的定义：

extern int Rcount,minute,hour;

int Stop\_Rcount=20,Stop\_minute=0,Stop\_hour=0;

u8 LCD\_Display\_Stop[16];

u8 temprature[8];

其中，“extern int”为外部变量引用，在这里使用此处是调用了“timer.c”中定义的变量。由于中断服务函数在“timer.c”中，时分秒计数以及显示不在主程序中，因此使用外部引用的方式，使得主函数中对应的“Rcount”、“minute”、“hour”变量与时钟同步。

完成相关“.h”文件引用以及各种全局变量的定义、子函数的声明后，进入主函数部分。主函数的程序流程图如图3.1所示。

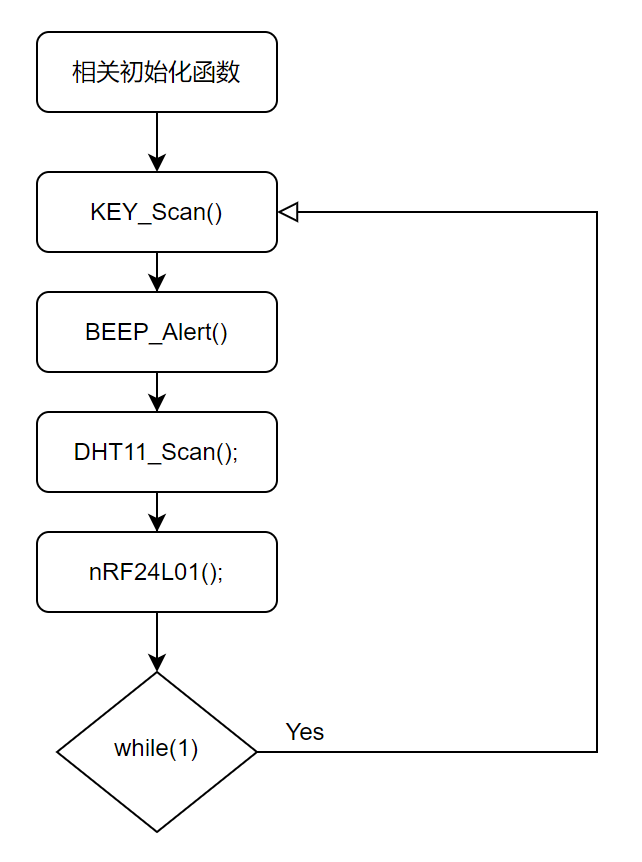


图3.1 主函数程序流程图

接着，在main()函数中，调用TEACHING文件夹中各个功能所对应的初始化函数，如下所示：

uart\_init(115200);

Timerx\_Init(1999,35999); //计数一次1s

BEEP\_Init();

LCD1602\_Init();

NRF24L01\_Init();

Dht11\_Init();

初始化完成后，在while(1)死循环中反复运行以下子函数。

while(1){

KEY\_Scan();

BEEP\_Alert();

DHT11\_Scan();

nRF24L01(); }

其中，KEY\_Scan()函数为按键扫描函数，可以通过六个按键实现对定时时分秒进行设置；BEEP\_Alert()函数中实现了音乐播放的功能；DHT11\_Scan()函数实现了温湿度检测并显示在LCD1602上；nRF24L01()函数实现了与上位机的通信。

## 按键程序设计

在KEY\_Scan函数中，由于六个按键的配置大同小异，这里只展示KEY1按键的程序设计。程序流程图见图

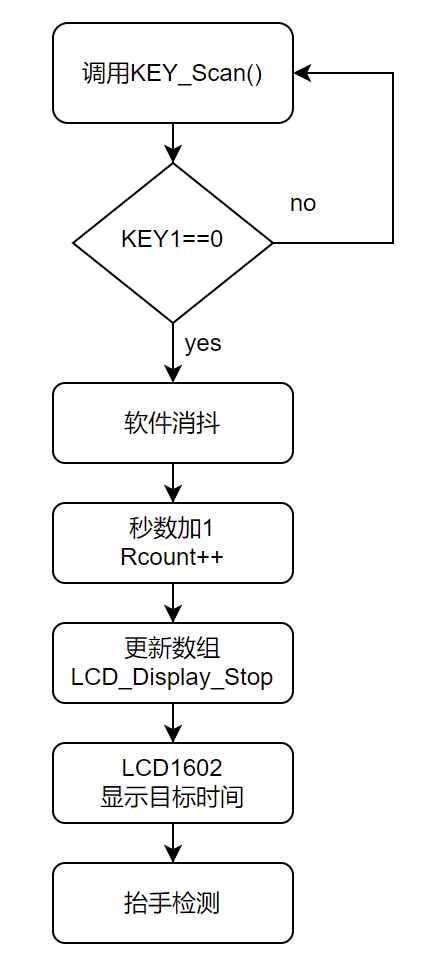


图3.2 按键程序设计流程图

本项目中的按键均以宏定义的方式调用，优点是变得更加直观的同时提高代码的复用率。宏定义内容如下：

#define KEY1 GPIO\_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO\_Pin\_1)

在上文提到的按键设计电路图（图2.5）可以看出，本项目的按键并没有硬件消抖的设计。因此要进行软件消抖，因为当机械触点断开、闭合时，由于机械触点的弹性作用，一个按键开关在闭合时不会马上就稳定的接通，在断开时也不会一下子彻底断开，而是在闭合和断开的瞬间伴随了一连串的抖动。程序代码设计如下所示：

if(KEY1==0){

delay\_ms(10); //软件消抖

if(KEY1==0){

完成消抖操作后，在if中执行如下语句。Stop\_Rcount++为自定停止时间再加一秒，同理，KEY2为减一秒，KEY3为加一分钟……以此类推。停止时间修改后，在液晶屏LCD1602的第一行显示目前设定的停止时间。

Stop\_Rcount++; //秒数+

sprintf((char\*)LCD\_Display\_Stop,"STOP++%2d:%2d:%2d",Stop\_hour,Stop\_minute,Stop\_Rcount);

LCD1602\_Show\_Str(1, 0, (u8\*)" ");

LCD1602\_Show\_Str(1, 0, LCD\_Display\_Stop); //显示更改的时间

while(KEY1==0); //抬手检测

最后一行的抬手检测，是由于人手的操作存在随机因素，且按下的时间多为几十到几百毫秒才会抬手。为了避免一次按下，在这几十毫秒期间判断语句里的内容重复不断地进行，造成连按的效果，我在本次判断语句程序的最后加上这句抬手检测，当手没有抬起时，程序会停留在while(KEY1==0);一句中等待抬手，再继续执行下一个语句。

## 液晶屏显示程序设计

事实上，在图3.5中，就已经出现了液晶屏显示的语句。

先用“stdio.h”里的sprintf函数将已发送变化的三个代表停止的时分秒变量“写入”到LCD1602\_Display\_Stop数组中，再通过1602的特性利用十六个空格字符将对应行的屏幕清空，再使用LCD1602\_Show\_Str函数将LCD1602\_Display\_Stop中的字符型变量，依照ASCII码对应的字符显示在屏幕上。其控制端口的管脚配置如下：

#define LCD\_RS\_Set() GPIO\_SetBits(GPIOD,GPIO\_Pin\_15)

#define LCD\_RS\_Clr() GPIO\_ResetBits(GPIOD, GPIO\_Pin\_15)

//1602液晶读写引脚

#define LCD\_RW\_Set() GPIO\_SetBits(GPIOD, GPIO\_Pin\_14)

#define LCD\_RW\_Clr() GPIO\_ResetBits(GPIOD, GPIO\_Pin\_14)

//1602液晶使能引脚

#define LCD\_EN\_Set() GPIO\_SetBits(GPIOD, GPIO\_Pin\_13)

#define LCD\_EN\_Clr() GPIO\_ResetBits(GPIOD, GPIO\_Pin\_13)

LCD1602的基本操作分为四种：

读状态。输入RS=0，RW=1，E=高脉冲。输出：D0—D7为状态字。

读数据。输入RS=1，RW=1，E=高脉冲。输出：D0—D7为数据。

写命令。输入RS=0，RW=0，E=高脉冲。输出：无。

写数据。输入RS=1，RW=0，E=高脉冲。输出：无。

这四种操作加上八个数据端口的操作构成了TEACHING文件夹里的“lcd1602.c”中绝大部分的操作。

## 通信程序设计

首先，STM32需要收集数据，并和nRF24L01交换数据；nRF24L01需要与PC端的上位机交换数据。下面我将分别从STM32的角度——即下位机的设计，以及上位机的设计进行阐述。

从单片机控制的角度来看，我们只需要关注六个控制和数据信号，分别为 CSN、SCK、MISO、MOSI、IRQ、CE。

CSN：芯片的片选线，CSN 为低电平芯片工作。

SCK：芯片控制的时钟线（SPI 时钟）

MISO：芯片控制数据线（Master input slave output）

MOSI：芯片控制数据线（Master output slave input）

IRQ：中断信号。无线通信过程中 MCU 主要是通过 IRQ 与 NRF24L01 进行通信。

CE：芯片的模式控制线。 在 CSN 为低的情况下，CE 协同 NRF24L01 的 CONFIG 寄存器共同决定 NRF24L01 的状态。

在nRF24L01()子函数中，具体代码设计如下：

接收模式：和无线串口模块通信的时候，无线数据缓冲区的第一字节是数据帧有效数据长度。

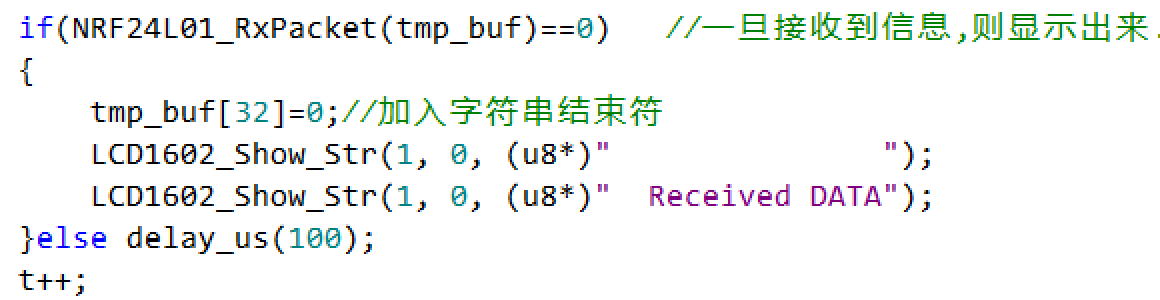


图3.7 NRF24L01接收模式RX

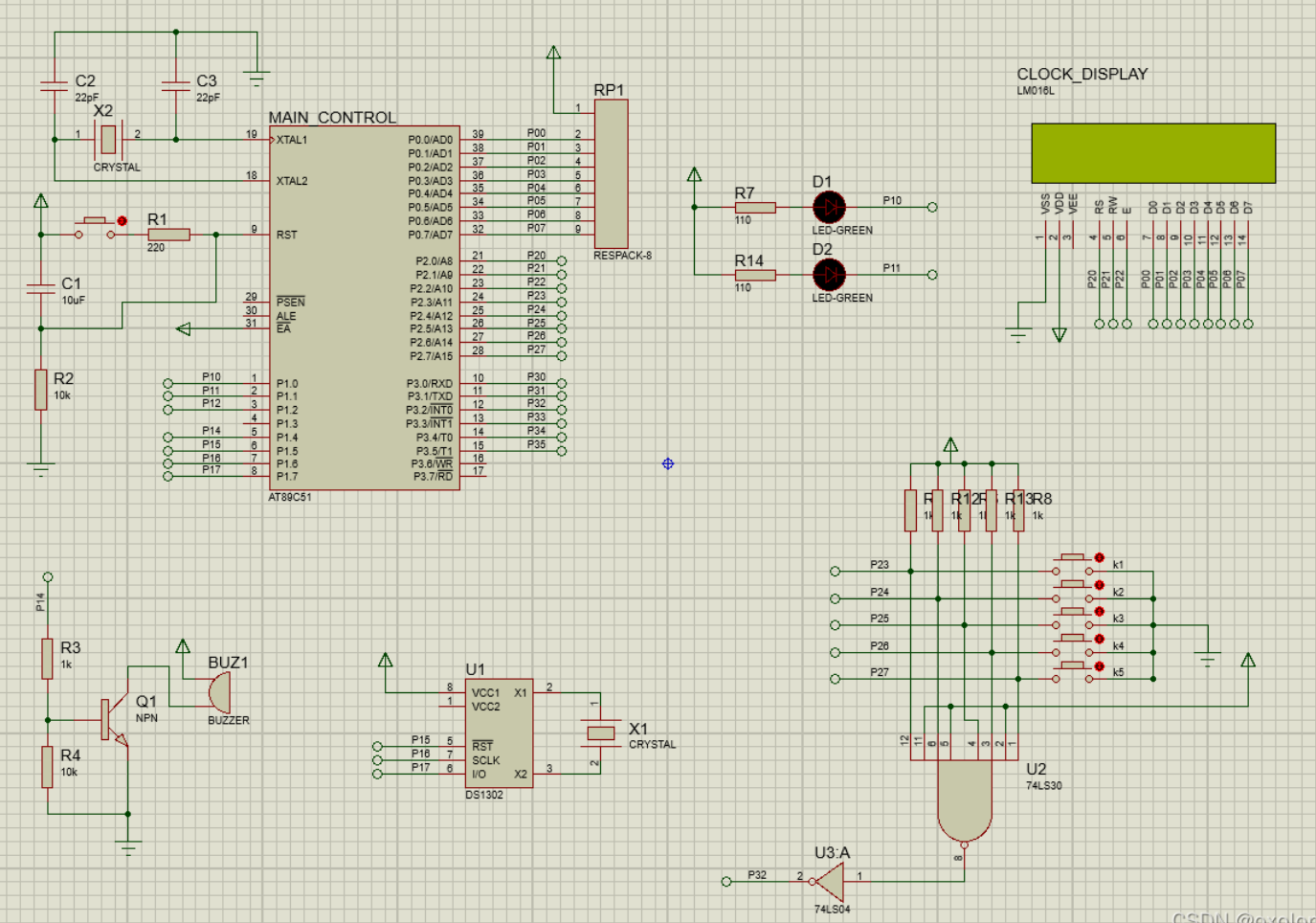
发送模式：将数据接收至缓冲区tmp\_buf数组中。



图3.8 NRF24L01发送模式TX

# 运行与调试

## 硬件仿真与调试



# 结 论

在本次实训我完成了AD原理图的绘制。在KEIL5上完成了对智能无线液晶时钟的下位机代码程序设计，并使用Python为接口设计出对应的上位机。

这次实训是对我们学习的一个检验，虽然项目中很多知识我们在日常的学习中都没有遇到，这同时提醒我：要想成为一个合格的程序员就有具备一种自学能力，在工作中会遇到很多从未接触过的问题，当有了问题时要去解决，在你不断努力，寻找答案的过程中，自己的能力也在潜移默化的提升。有时遇到问题时可能有很多想法但却不知道那个正确，这就让我们不断地去探索，不断地尝试。

附 录

