STM32 MCU Development

STM32 单片机开发

-- 一线协议之 DHT11 温湿度采样

CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

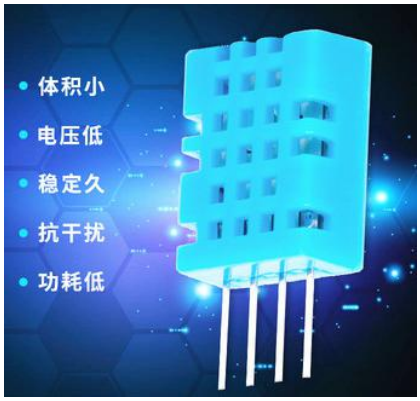
目录

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

1. DHT11 传感器介绍

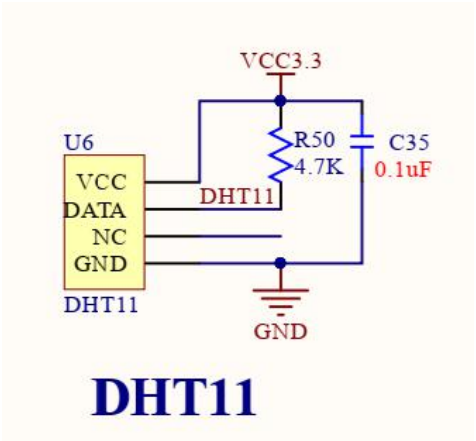
1.1. DHT11 简介

DHT11 温湿度传感器是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器，它应用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术，确保产品具有极高的可靠性和卓越的长期稳定性。传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件，并与一个高性能 8 位单片机相连接。因此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。



1.2. DHT11 工作原理

DHT11 器件采用简化的单总线通信。单总线即只有一根数据线，系统中的数据交换、控制均由单总线完成。单总线通常要求外接一个约 5.1kΩ 的上拉电阻，这样，当总线闲置时，其状态为高电平。由于它们是主从结构，只有主机呼叫从机时，从机才能应答，因此主机访问器件都必须严格遵循单总线序列，如果出现序列混乱，器件将不响应主机。

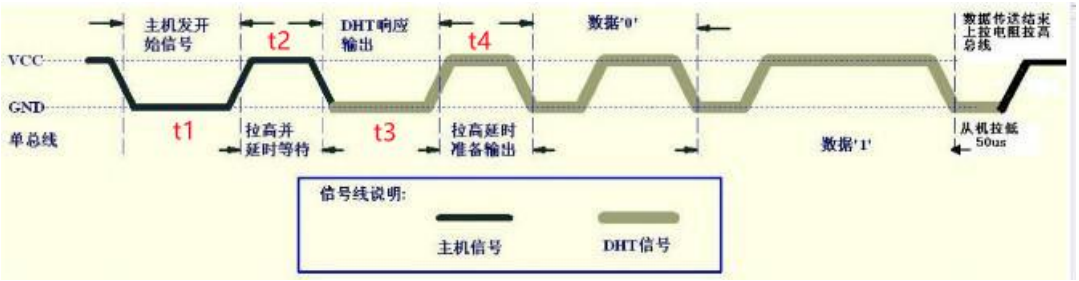


版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

1.3. DHT11 通信时序

数据总时序

用户主机（STM32 单片机）发送一次开始信号后，DHT11 从低功耗模式转换到高速模式，待主机开始信号结束后，DHT11 发送响应信号，并送出 5 个字节的采样数据，之后结束本次采集任务。



主机发送起始信号

首先单片机将连接 DHT11 DATA 引脚的 GPIO 口输出低电平，且低电平保持时间不能小于 18ms（t1），然后拉高数据线 20~40us（t2），等待读取 DHT11 的响应信号。

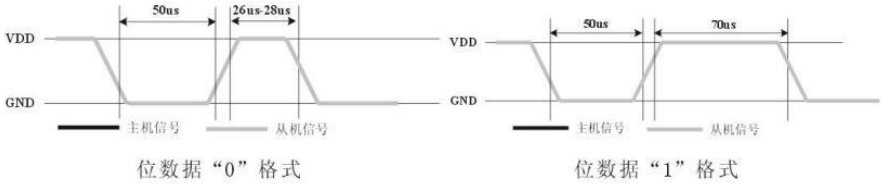
检测从机应答信号

DHT11 的 DATA 引脚检测到外部信号有低电平(t1)， 并等待外部低电平信号结束(t2)， 之后 DHT11 开始输出 80 us（t3）的低电平作为应答信号，紧接着输出 80us（t4）的高电平通知主机准备接收数据。

数据传输

DHT11 在传输数据时，一次传输 4 字节温湿度值数据和 1 字节数据校验。其数据格式为：
1B 湿度整数数据 + 1B 湿度小数数据 + 1B 温度整数数据 + 1B 温度小数数据 + 1B 校验位。

在发送每个字节的 8 个位时，采用高位优先方式（MSB），其中对于数据位 0/1 的电平定义如下：
数据位“0”： 50 微秒的低电平加 26-28 微秒的高电平；
数据位“1”： 50 微秒的低电平加 70 微秒的高电平；



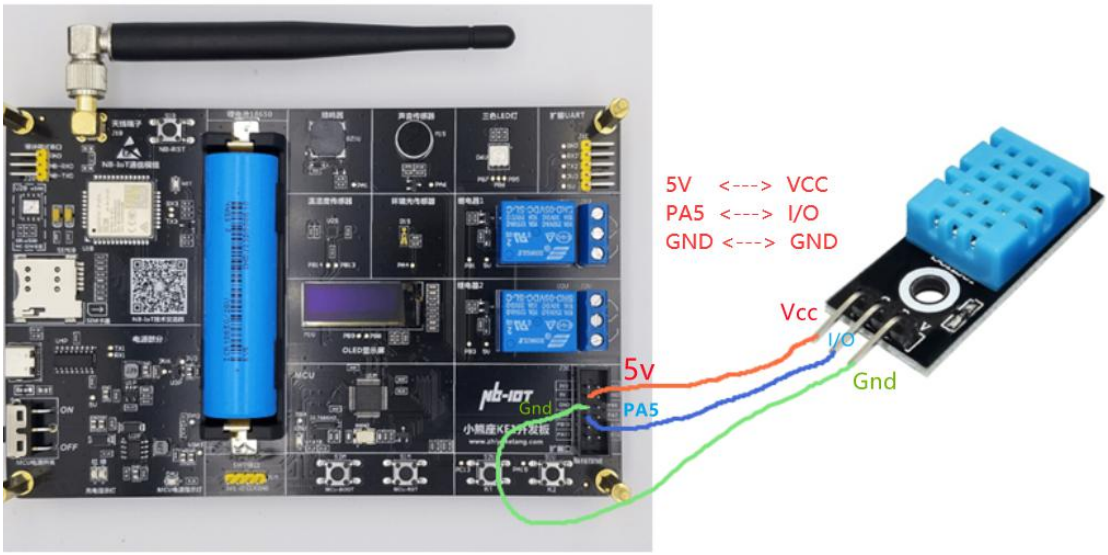
单片机在处理数据接收时可以先等待低电平过去，即等待数据线拉高，再延时 40us（因为 40us 大于 28us 且小于 70us），再检测此时数据线是否为高，如果为高，则数据判定为 1，否则为 0。

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

2. DHT11 温湿度采样实现

2.1. 硬件连接

DHT11 传感器的工作电压范围为 3~5.5V，这里的电源连接 3.3V 和 5V 都可以，此外我们将 DHT11 的 I/O 口连接到 GPIO 管脚 PA5 上。其实随便接到任意一个扩展出来的 GPIO 口都可以，只需要在下面的 C 代码中作相应的修改即可。



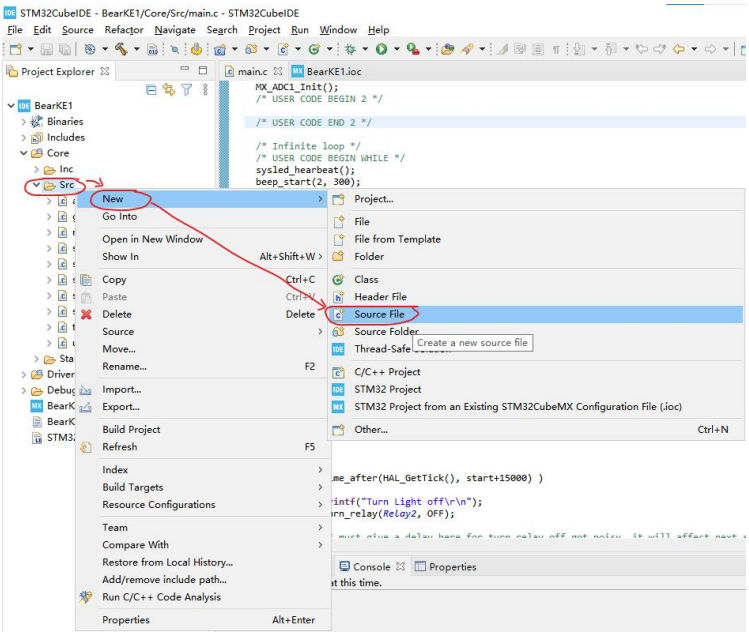
2.2. STM32CubeMX 配置

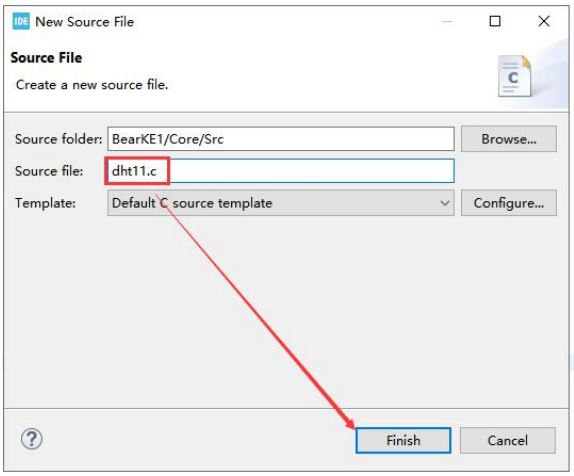
在接下来的 C 代码中我们将会通过代码来动态配置这个 GPIO 管脚的输入/输出状态，所以这里不需要使用 STM32CubeMX 来配置这个管脚。

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

2.3. DHT11 源文件

2.3.1. 创建 DHT11 温湿度传感器的驱动源文件 dht11.c





版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

2.3.2. 编写 DHT11 的驱动源文件 dht11.c

```
#include "tim.h"
#include "gpio.h"
#include "main.h"

typedef struct w1_gpio_s
{
         GPIO_TypeDef       *group;
         uint16_t            pin;
} w1_gpio_t;

static w1_gpio_t   W1Dat =  /* IO pin connected to PA5 */
{
          .group = GPIOA,
          .pin   = GPIO_PIN_5,
};

#define W1DQ_Input()         \
{        \
          GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0}; \
          GPIO_InitStruct.Pin = W1Dat.pin; \
          GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_INPUT; \
          GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_PULLUP; \
          GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH; \
          HAL_GPIO_Init(W1Dat.group, &GPIO_InitStruct); \
}

#define W1DQ_Output()        \
{        \
          GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0}; \
          GPIO_InitStruct.Pin = W1Dat.pin; \
          GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP; \
          GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL; \
          GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH; \
          HAL_GPIO_Init(W1Dat.group, &GPIO_InitStruct); \
}

#define W1DQ_Write(x)   HAL_GPIO_WritePin(W1Dat.group, W1Dat.pin, \
                             (x==1)?GPIO_PIN_SET:GPIO_PIN_RESET)

#define W1DQ_Read()     HAL_GPIO_ReadPin(W1Dat.group,  W1Dat.pin)
```

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

```
/* 主机发送起始信号 */
static void DHT11_StartSignal(void)
{
	W1DQ_Output();

	/* 主机拉低 >= 18ms */
	W1DQ_Write(0);
	HAL_Delay(20);

	/* 主机拉高 >= 20~40us */
	W1DQ_Write(1);
	delay_us(30);

	W1DQ_Input();
}

uint8_t DHT11_RespondSignal(void)
{
	uint8_t retry = 0;

	/* 总线变为低电平说明从设备发送了响应信号: 80us */
	while( W1DQ_Read() && retry <100)
	{
		retry++;
		delay_us(1);
	}

	/* 超时没有收到响应信号 */
	if(retry >= 100)
		return 1;

	/* 从设备再把总线拉高表示从设备要发送数据了: 80us */
	retry =   0;
	while( !W1DQ_Read() && retry <100)
	{
		retry++;
		delay_us(1);
	}

	/* 超时没有收到数据开始信号 */
	if(retry >= 100)
		return 1;
```

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

```
        return 0;
}

uint8_t DHT11_ReadBit(void)   //读取一个位
{
        uint8_t retry = 0;

        /* 从设备回复的每个位数据以低电平标置开始: 50us */
        while( W1DQ_Read() && retry<100 )
        {
             retry++;
             delay_us(1);
        }

        /* 数据位都用高电平表示，但高电平的长短决定了数据是 1 or 0 */
        retry = 0;
        while( !W1DQ_Read() && retry<100 )
        {
             retry++;
             delay_us(1);
        }

        /* 判断数据位是 1(70us) or 0(26~28us)*/
        delay_us(40);
        if( W1DQ_Read() )
             return 1;
        else
             return 0;
}

uint8_t DHT11_ReadByte(void)    //读取一个字节返回值位采集值
{
        uint8_t    i,dat;

        dat = 0;
        for(i=0; i<8; i++)
        {
          dat <<= 1;
          dat |= DHT11_ReadBit();     //每读取到一个位放到最后一位
        }

        return dat;
}
```

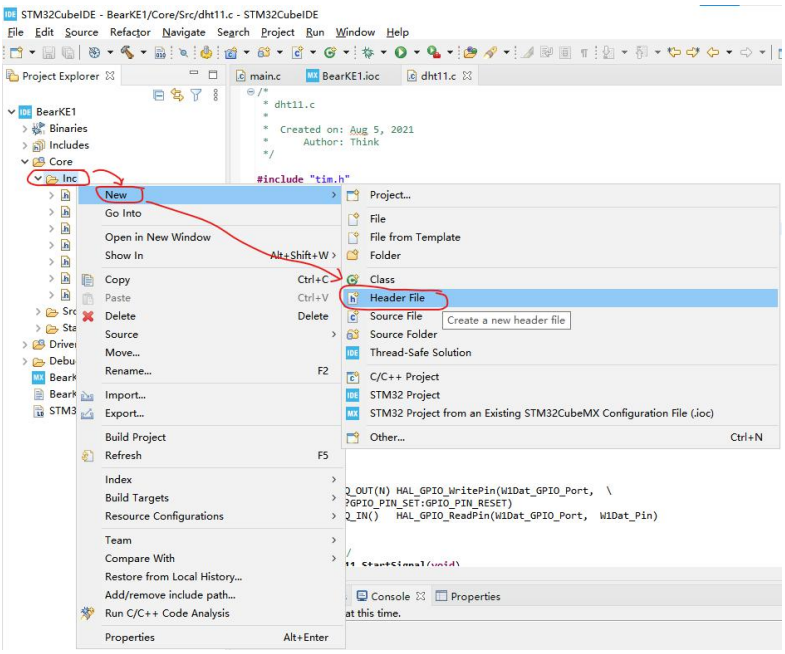
版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

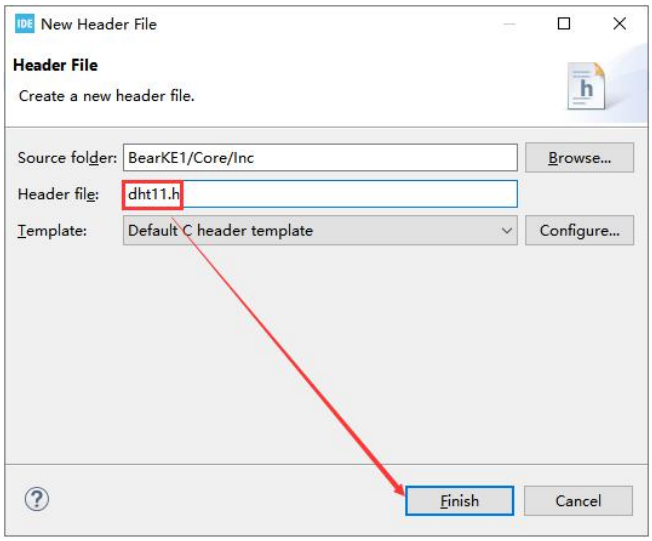
```
int DHT11_SampleData(float *temperature, float *humidity)
{
        uint8_t        humi_H8bit;
        uint8_t        humi_L8bit;
        uint8_t        temp_H8bit;
        uint8_t        temp_L8bit;
        uint8_t        check_sum;

        if( !temperature || !humidity )
             return -1;

        /* 主机发起起始信号并等到从设备的响应信号 */
        DHT11_StartSignal();
        if( 0 != DHT11_RespondSignal() )
             return -2;

        humi_H8bit = DHT11_ReadByte();
        humi_L8bit = DHT11_ReadByte();
        temp_H8bit = DHT11_ReadByte();
        temp_L8bit = DHT11_ReadByte();
        check_sum = DHT11_ReadByte();

        if( (humi_H8bit+humi_L8bit+temp_H8bit+temp_L8bit) != check_sum )
             return -3;

        *humidity = (humi_H8bit*100 + humi_L8bit) / 100.00;
        *temperature = (temp_H8bit*100 + temp_L8bit) / 100.00;

        return 0;
}
```

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

2.4. DHT11 头文件

2.4.1. 创建 DHT11 温湿度传感器的驱动头文件 dht11.h





2.4.2. 编写 DHT11 的驱动头文件 dht11.h

```
#ifndef INC_DHT11_H_
#define INC_DHT11_H_

extern int DHT11_SampleData(float *temperature, float *humidity);

#endif /* INC_DHT11_H_ */
```

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

2.5. DHT11 测试代码

修改 main.c 文件，实现每隔 3s 采样当前的温湿度值并打印输出

```
... ...

在文件开始处添加用户头文件 dht11.h ：
/* USER CODE BEGIN Includes */
#include "dht11.h"
/* USER CODE END Includes */
... ...

在 main 开始处相应位置添加两个用来保存采样温度和相对湿度值的变量：
int main(void)
{
  /* USER CODE BEGIN 1 */
  float       temperature, humidity;
  /* USER CODE END 1 */

  ... ...

  /* USER CODE BEGIN WHILE */
  sysled_hearbeat();
  beep_start(2, 300);
  printf("Start BearKE1 5G NB-IoT Board Example Program v1.0\r\n");
  while (1)
  {
          if( DHT11_SampleData(&temperature, &humidity) < 0 )
          {
              printf("ERROR: DHT11 Sample Data failure\r\n");
          }
          else
          {
              printf("DHT11 Sample Temperature: %.3f   Relative Humidity: %.3f\r\n", temperature,
humidity);
          }

          HAL_Delay(3000);
 ... ...
```

版权声明： 本文档由凌云实验室郭工编著，仅供实验室内部教学使用，未经许可任何人不得以任何形式分享或传播！
CopyRight(C) 2021 凌云物网智科实验室 www.weike-iot.com 郭工：QQ 281143292

2.6. 运行测试

重新编译并烧录运行程序，使用串口调试助手监控串口输出，这时候会发现每隔 3s 单片机就会打印输出当前的温湿度值。对着温湿度传感器哈一下气，我们会发现温湿度传感器会有明显变化。