

## 温湿度传感器产品简介

### MHT04

温湿度传感器 MHT04 是工业级温湿度一体采集模组，采用防尘防水透气的铂金叠层湿敏探头结合高精度电容调理芯片 MDC04 架构，输出支持 IIC 或数字单总线协议，其中单总线通信可远距离多点串联传输。

MHT04 可抗熏蒸、化学气体干扰，适用于有气体腐蚀、粉尘、低温高湿易结露等恶劣情况下的温湿度检测，例如冷链仓储、粮情监控等应用场景。

每个模组出厂前均进行了温度、湿度校准系数，并将校准系数存入芯片 EEPROM，上位机基于拟合系数来补偿湿度数据。



温湿度模组 MHT04

#### 1. 主要性能

工作温度范围：-20°C~+85°C

工作电压范围：2.0V~5.5V

平均功耗：4.5uA@3V

##### 湿度测量

- 典型精度：±2.0%RH@30~70%RH
- 湿度分辨率：0.01% RH
- 测量范围：0~100% RH

##### 温度测量

- 典型精度：±0.2°C@+20°C~+35°C  
±0.5°C@0°C~+50°C  
±1.5°C@-20°C~+85°C

$\pm 2^{\circ}\text{C}@-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$

- 分辨率:  $0.004^{\circ}\text{C}$

通信接口: 单总线或 IIC。其中, 单总线接口支持 100 米通信距离, 128 个节点串联组网

抗电磁环境干扰, 通信系统包含数据传输判错机制

模组尺寸:  $27\text{mm}\times 7\text{mm}\times 3.9\text{mm}$  (长\*宽\*厚)

选型表

产品名称	型号	通信协议
温湿度模组	MHT04	单总线
温湿度模组	MHT04-IIC	IIC

## 2. 接口说明

MHT04 基于单总线或 IIC 通信。单总线为半孔处 VCC、GND 和 DQ 数字线三个引脚与上位机接线, 外围电路比较简单, 仅需配置一个上拉电阻即可实现长线缆、多节点采集。IIC 通信通过半孔处 VCC、GND、SDA、SCL 和上位机连接, SDA 和 SCL 需接上拉电阻。

### 2.1 单总线接口

单总线接口说明如下表所示。

分类	引脚	说明
电源	V	VDD
	G	GND
通信	D	DQ

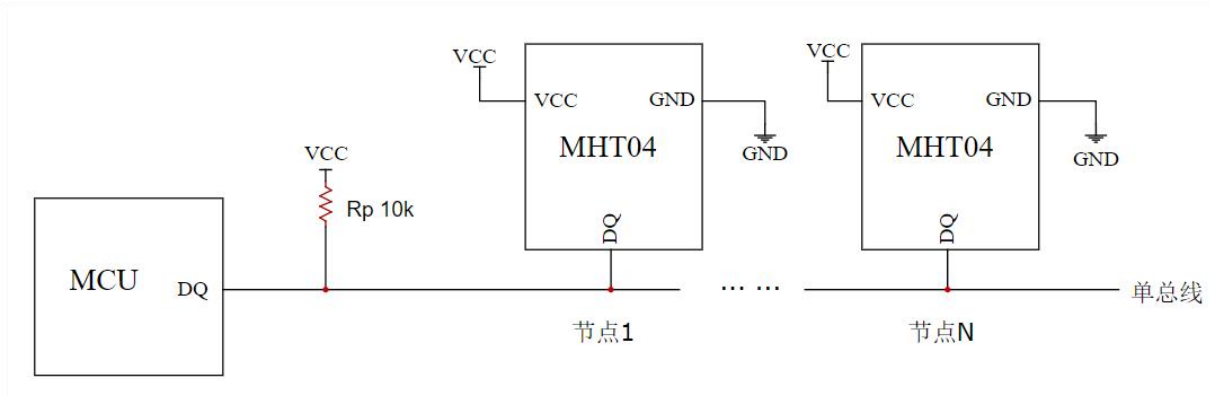
### 2.2 IIC 接口

IIC 接口说明如下表所示。

分类	引脚	说明
电源	V	VDD
	G	GND
通信	D	SDA
	C	SCL

### 3. 典型应用电路

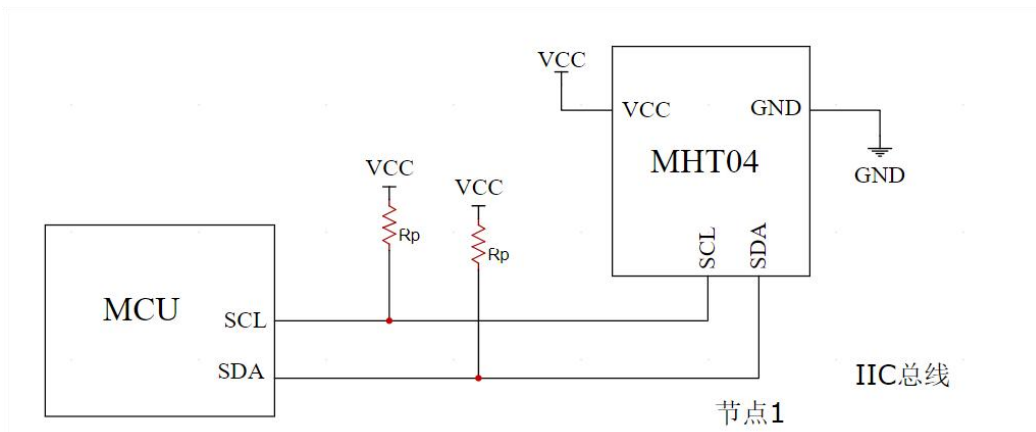
#### 1) 单总线接口方式



MHT04 单总线接口系统应用如上图，端口 DQ 连接到上位机处理器的 GPIO 上，通过上拉电阻  $R_p$  连到 VCC，通过上位机软件来实现各节点芯片的读写控制。

5V 电压、1K 上拉电阻条件下，单总线可串联 100 个 MHT04，线缆最长可达 500 米。

#### 2) IIC 接口方式



MHT04 IIC 接口系统应用如上图，数据端口 SDA 和时钟端口 SCL 端口分别连接到上位机处理器的对应端口上，并分别通过上拉电阻  $R_p$  连到 VCC，通过上位机软件来实现该节点芯片的读写控制。

### 4. 温湿度读取与校准补偿

MHT04 基于单总线或 IIC 协议与主设备进行通信，**单总线及 IIC 应用介绍请参照敏源传感电容传感芯片 MDC04 驱动例程，如下仅介绍 MHT04 驱动相关部分。**

MDC04 是电容调理芯片，无法直接转换湿度值。MHT04 模组出厂经过校准后，已将校准系数写入 MDC04 内部存储空间 EEPROM 内，需要用户将校准系数从芯片内读出，并结合当前测量到的电容值进行湿度转换。

## 4.1 单总线协议指令说明

MHT04 涉及单总线指令如下表所示。

指令	名称	功能
0x10	Convert_TC1	开启温度+电容通道 1 测量转换
0xDD	Read_Scrpad_Ext	读取湿度校准系数
0xBE	Read_Scrpad	读数当前温度+电容值(湿度值)
0x8B	Read_Para	读取 Co、Cr

表 4.1-1: 单总线协议所需指令介绍

指令 1: 开启温度+电容通道 1 测量转换 (Convert\_TC1)

该指令按照单总线协议进行指令发送即可, 后面无需返回或写入其他数据; 执行后建议等待 30ms 以上以保证测量转换完毕, 读取最新转换值。

指令 2: 读取当前温度/电容值 (Read\_Scrpad 0xBE)

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
Temp_L	Temp_H	Cap_L	Cap_H

表 4.1-2: 温度/电容存储寄存器介绍

其中温度数据是两个字节有符号数, 最小比特 lsb 对应  $1/256^{\circ}\text{C}$ , 电容数据也是两个字节, 分辨率 0.001pf.

温度结果  $T = (\text{Temp\_H} \ll 8 | \text{Temp\_L}) / 256.0 + 40.0$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

电容结果  $C_x = 2 \left( \frac{C_D}{2^{16} - 1} - \frac{1}{2} \right) C_r + C_o$

其中  $C_D = \text{Cap\_H} \ll 8 | \text{Cap\_L}$

Cr: 电容系数

Co: 电容偏置

指令 3: 读取湿度校准系数 (Read\_Scrpad\_Ext 0xDD)

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
HumA_H	HumA_L	HumB_H	HumB_L
斜率高字节	斜率高字节	偏置高字节	偏置低字节

表 4.1-3: 校准系数寄存器读取定义

这里 HumA、HumB 为电容到 RH 湿度计算的斜率、偏置补偿系数, 为无符号数。最后计算处相对湿度 RH, 单位为 100%, 公式如下:

$$\text{湿度 RH} = \text{float}(\text{HumA\_H} \ll 8 | \text{HumA\_L}) / 100.0 * Cx - \text{float}(\text{HumB\_H} \ll 8 | \text{HumB\_L}) / 10.0$$

具体转换方式详见应用例程。

指令 4: 读取 Co、Cr (Read\_Parad 0x8B)

Byte4	Byte9
Cos	Cfb
电容偏置	电容系数

表 4.1-4: 电容偏置、电容系数寄存器读取介绍

Cos[7:0]寄存器的 8-bit COS\_SEL[7:0] 结合 Cfb[7:6]寄存器的 2-bit COS\_RANGE[1:0], 用来配置偏置(共模)电容部分 Coffset。根据偏置电容的中心值选取适合的 COS\_RANGE[1:0]。偏置电容和寄存器的数值关系如下:

$$\text{Coffset} = 20 \cdot q[7] + 16 \cdot q[6] + 8 \cdot q[5] + 4 \cdot q[4] + 2 \cdot q[3] + 1 \cdot q[2] + 0.5 \cdot q[1] + 0.25 \cdot q[0] + 51.75$$

其中:

$$q[i] = \begin{cases} 1, & \text{Cos} \langle i \rangle = 1 \\ -1, & \text{Cos} \langle i \rangle = 0 \end{cases} \quad i=0-7$$

Cfb<5:0>用来配置放大电路内部的反馈电容 Cfeedback, 来改变电容的测量范围。反馈电容数值和配置寄存器的数值关系如下式:

$$\text{Cfeedback} = 46 \cdot \text{bit5} + 32 \cdot \text{bit4} + 16 \cdot \text{bit3} + 8 \cdot \text{bit2} + 4 \cdot \text{bit1} + 2 \cdot \text{bit0} + 2 \text{ (pf)}$$

电容测量范围 Cr 由下式计算

$$Cr = \pm 0.1408 \times \text{Cfeedback}$$

具体转换方式详见应用例程。

## 4.2 IIC 协议指令说明

MHT04 涉及 IIC 协议指令如下表所示。

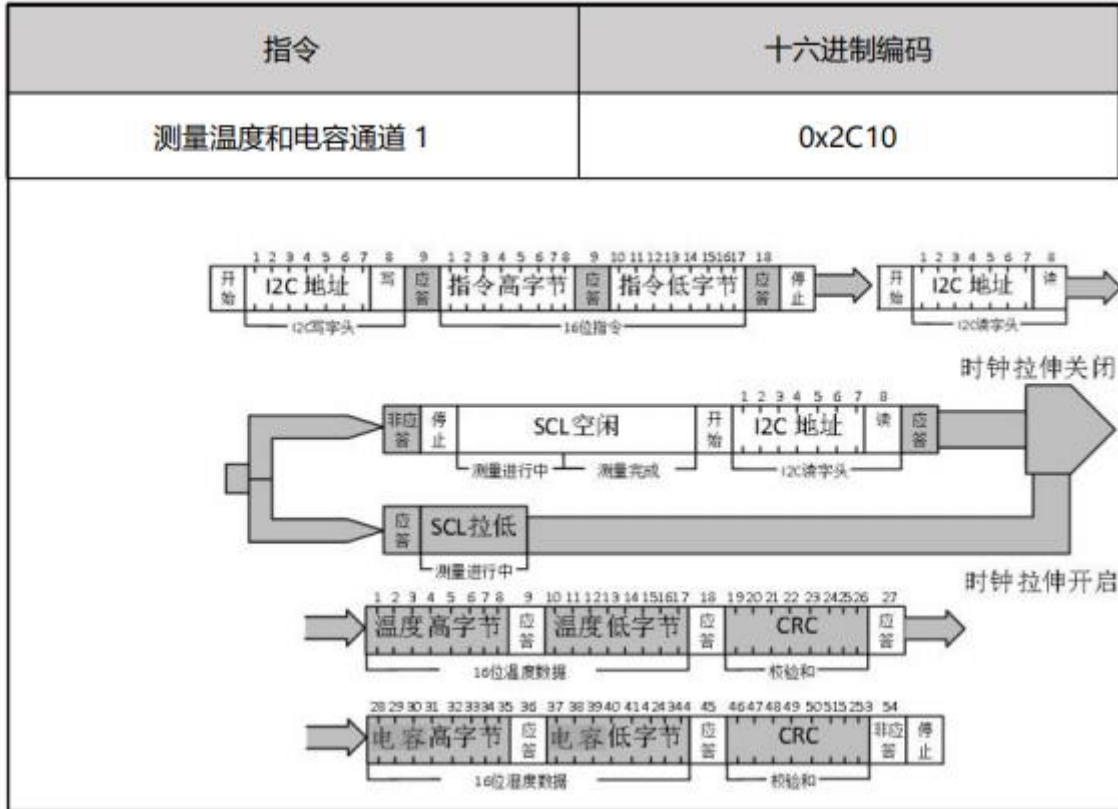
指令	名称	功能
0x2C10	Convert_TC1	开启温度+电容通道 1 测量转换
0xD21D	Read_Cos	读取电容中心值
0xD222	Read_Cfb	读取电容量程
0xD208~0xD20B	Read_HumAB	读取湿度校准系数

表 4.2-1: IIC 协议所需指令介绍

指令 1: 开启温度+电容通道 1 测量转换 (Convert\_TC1)

该指令按照 IIC 协议进行指令发送即可, 执行后建议等待 30ms 以上以保证测量转换完毕, 读取最新转换值。该指令执行后会直接返回温度+电容数据, 因此等待结束后进行按照读取时序进行直读即可, 无需再发送读取命令。

具体读取时序如下图所示:



Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5
Temp_H	Temp_L	CRC	Cap_H	Cap_L	CRC

表 4.2-2: 温度/电容存储寄存器介绍

其中温度数据是两个字节有符号数，最小比特 lsb 对应  $1/256^{\circ}\text{C}$ ，电容数据也是两个字节，分辨率  $0.001\text{pf}$ 。  
 温度结果  $T = (\text{Temp\_H} \ll 8 | \text{Temp\_L}) / 256.0 + 40.0$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

电容结果 
$$C_x = 2 \left( \frac{C_D}{2^{16} - 1} - \frac{1}{2} \right) C_r + C_o$$

其中  $C_D = \text{Cap\_H} \ll 8 | \text{Cap\_L}$

$C_r$ : 电容系数, 为  $15.492\text{pf}$

$C_o$ : 电容偏置, 可以  $0 \sim 103.5\text{pf}$  范围变化

指令 2: 读取电容中心值 (Read\_Cos)

读取电容中心值时, 需要将 COS/CFB 两个寄存器数据都读取到, 然后按照例程的转换函数转换为单位为 pf 的中心电容值。

### 指令 3: 读取电容量程 (Read\_Cfb)

按照单字节读取指令读取即可，例程内提供具体的原始值转换为单位 pf 的电容量程函数。

### 指令 4: 读取湿度校准系数 (Read\_HumAB)

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
HumA_H	HumA_L	HumB_H	HumB_L
斜率高字节	斜率低字节	偏置高字节	偏置低字节

表 4.2-3: 校准系数寄存器读取定义

读取校准系数要根据单字节读取指令依次查询 4 个寄存器位，得到上述表内 4 字节数据；

这里 HumA、HumB 为电容到 RH 湿度计算的斜率、偏置补偿系数，为无符号数。最后计算处相对湿度 RH，单位为 100%，公式如下：

$$\text{湿度 RH} = \text{float}(\text{HumA\_H} \ll 8 | \text{HumA\_L}) / 100.0 * Cx - \text{float}(\text{HumB\_H} \ll 8 | \text{HumB\_L}) / 10.0$$

为避免湿度受到温度波动产生精度偏移，建议将温度补偿系数-0.2%RH/°C 带入计算，公式如下：

$$\text{湿度 RH} = \text{RH} - 0.2 * (30.0 - \text{Temp}); \quad \text{其中: Temp 为当前采样温度值}$$

具体转换方式详见应用例程。

## 5. 湿敏精度

### 5.1 湿度电容特征参数

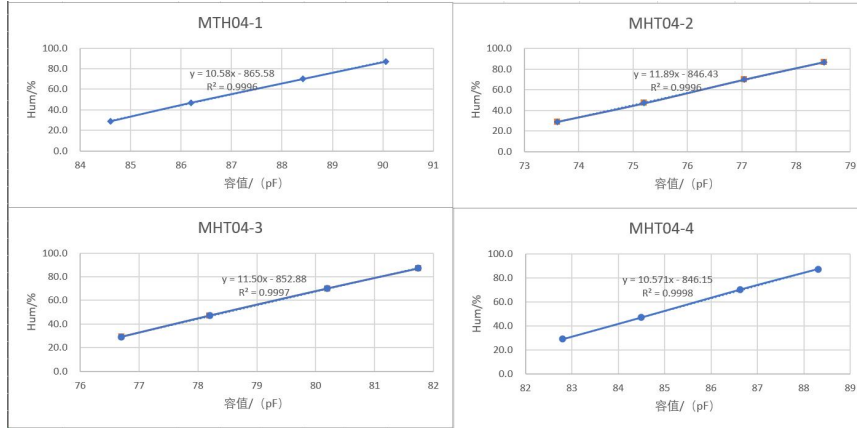
特征参数	符号	最小值	通用值	最大值	单位
湿度测量范围	RH	1		99	%RH
供电电压	Vs	0.1	1	10	V
中心容值 (60%RH)	C	60	100	140	pF
温度系数-20°C~80°C	Tcc		-0.01		pF/°C
灵敏度 (30~80%RH)		0.06	0.1	0.2	pF/%RH
湿滞			±1		%RH
稳定性/年漂移量			<1		%RH/year
响应速度 t <sub>63</sub>	t <sub>63</sub>		<5		S

注：Ta=25°C，除非特别注明。

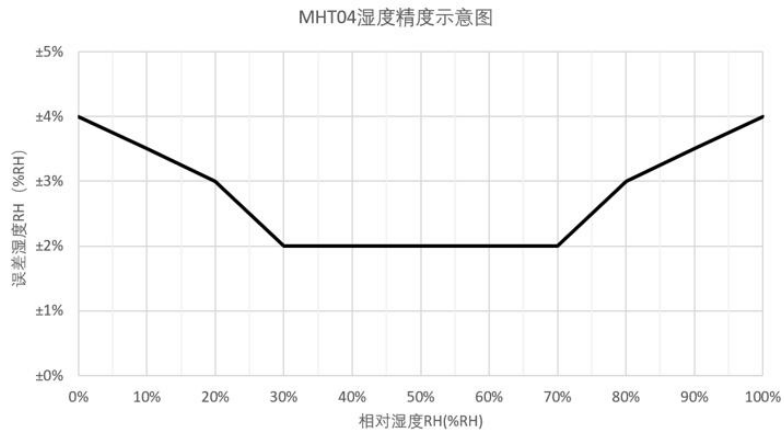


## 5.2 湿度特征曲线

针对不同湿敏电容探头特性差异，模组出厂前会针对每个模组的特性曲线多点湿度校准系数拟合，拟合结果如下图所示。

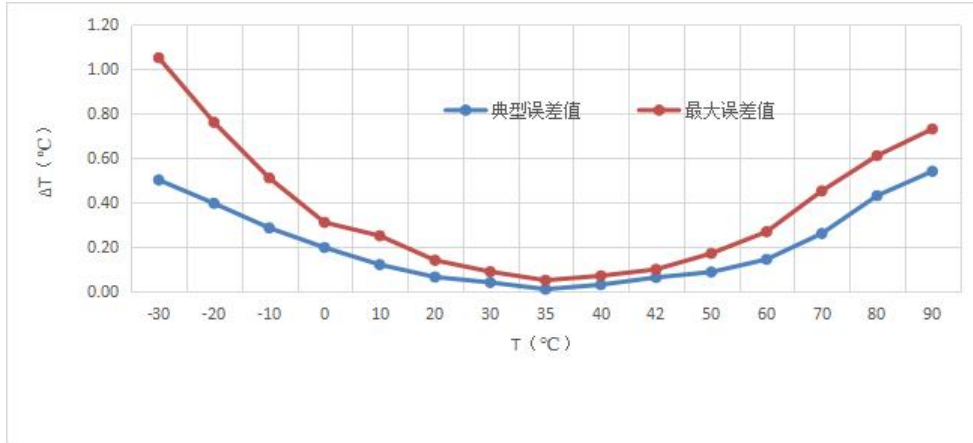


## 5.3 校准后湿度精度



## 6. 温度精度

温度精度曲线如下图所示。



## 7. 注意事项

- 1) 湿敏电容外部装配感湿外壳，请尽量保持湿敏探头部分的洁净，请勿刮蹭、用手触摸或玷污等，以保证湿度测量准确性。
- 2) 对于长距离、多节点采集的应用建议参考我司单总线应用例程调节最佳时序裕度。

## 8. 温湿度探头

MHT04 模组可生产成温湿度探头，探头直径 14mm，1 米线长，非屏蔽线。其他配置可定制。



MHT04T14-1M 实物图



外壳尺寸图

探头线序说明如下表所示。

线色	说明
红色	电源线
黑色	地线
黄色	数据线
其他	时钟线 (IIC 通信时有此线)