

本文由 bingbing31912 贡献

doc 文档可能在 WAP 端浏览体验不佳。建议您优先选择 TXT，或下载源文件到本机查看。

SHT11 简介 1 SHT11 简介 SHT11 是瑞士 Scnsirion 公司推出的一款数字温湿度传感器芯片。该芯片广泛应用于暖通空调、汽车、消费电子、自动控制等领域。其主要特点如下：
◆高度集成，将温度感测、湿度感测、信号变换、A / D 转换和加热器等功能集成到一个芯片上；
◆提供二线数字串行接口 SCK 和 DATA，接口简单，支持 CRC 传输校验，传输可靠性高；
◆测量精度可编程调节，内置 A / D 转换器(分辨率为 8~12 位，可以通过对芯片内部寄存器编程来选择)；
◆测量精确度高，由于同时集成温湿度传感器，可以提供温度补偿的湿度测量值和高质量的露点计算功能；
◆封装尺寸超小(7.62 mm×5.08mm×2.5 mm)，测量和通信结束后，自动转入低功耗模式；
◆高可靠性，采用 CMOSens 工艺，测量时可将感测头完全浸于水中。SHT11 的引脚功能 2 SHT11 的引脚功能 SHT11 温湿度传感器采用 SMD (LCC) 表面贴片封装形式，接口非常简单，引脚名称及排列顺序如图 1 所示。

各引脚的功能如下：
◇脚 1 和 4--信号地和电源，其工作电压范围是 2.4~5.5 V；
◇脚 2 和脚 3--二线串行数字接口，其中 DA-TA 为数据线，SCK 为时钟线；
◇脚 5~8--未连接。SHT11 的内部结构和工作原理 3 SHT11 的内部结构和工作原理 温湿度传感器 SHT11 将温度感测、湿度感测、信号变换、A / D 转换和加热器等功能集成到一个芯片上，其内部结构如图 2 所示。该芯片包括一个电容性聚合体湿度敏感元件和一个用能隙材料制成的温度敏感元件。这

两个敏感元件分别将湿度和温度转换成电信号，该电信号首先进入微弱信号放大器进行放大；然后进入一个 14 位的 A / D 转换器；最后经过二线串行数字接口输出数字信号。SHT11 在出厂前，都会在恒湿或恒温环境中进行校准，校准系数存储在校准寄存器中；在测量过程中，校准系数会自动校准来自传感器的信号。此外，SHT11 内部还集成了一个加热元件，加热元件接通后可以将 SHT11 的温度升高 5℃左右，同时功耗也会有所增加。此功能主要为了比较加热前后的温度和湿度值，可以综合验证两个传感器元件的性能。在高湿(>95%RH)环境中，加热传感器可预防传感器结露，同时缩短响应时间，提高精度。加热后 SHT11 温度升高、相对湿度降低，较加热前，测量值会略有差异。

微处理器是通过二线串行数字接口与 SHT11 进行通信的。通信协议与通用的 I2C 总线协议是不兼容的，因此需要用通用微处理器 I / O 口模拟该通信时序。微处理器对 SHT11 的控制是通过 5 个 5 位命令代码来实现的，命令代码的含义如表 1 所列。

微处理器采用二线串行数字接口和温湿度传感器芯片 SHT11 进行通信，所以硬件接口设计非常简单；然而，通信协议是芯片厂家自己定义的，所以在软件设计中，需要用微处理器通用 I / O 口模拟通信协议。

4 SHT11 应用设计 4.1 硬件设计 SHT11 通过二线数字串行接口来访问，所以硬件接口电路非常简单。需要注意的地方是：DATA 数据线需要外接上拉电阻，时钟线 SCK 用于微处理器和 SHT11 之间通信同步，由于接口包含了完全静态逻辑，所以对 SCK 最低频率没有要求；当工作电压高于 4.5V 时，SCK 频率最高为 10 MHz，而当工作电压低于 4.5 V 时，SCK 最高频率则为 1 MHz。硬件连接如图 3 所示。

4.2 软件设计 微处理器和温湿度传感器通信采用串行二线接口 SCK 和 DATA，其中 SCK 为时钟线，DATA 为数据线。该二线串行通信协议和 I2C 协议是不兼容的。在程序开始，微处理器需要用一组“启动传输”时序表示数据传输的启动，如图 4 所示。当 SCK 时钟为高电平时，DATA 翻转为低电平；紧接着 SCK 变为低电平，随后又变为高电平；在 SCK 时钟为高电平时，DATA 再次翻转为高电平。

SHT11 湿度测试时序如图 5 所示。其中，阴影部分为 SHT11 控制总线。主机发出启动命令，随后发出一个后续 8 位命令码，该命令码包含 3 个地址位(芯片设定地址为 000)和 5 个

命令位；发送完该命令码，将 DATA 总线设为 输入状态等待 SHT11 的响应；SHT11 接收到上述地址和命令码后，在第 8 个时钟下降沿，将 DATA 下拉为低电平 作为从机的 ACK；在第 9 个时钟下降沿之后，从机释放 DATA(恢复高电平)总线；释放总线后，从机开始测量 当前湿度，测量结束后，再次将 DATA 总线拉为低电平；主机检测到 DATA 总线被拉低后，得知湿度测量已经 结束，给出 SCK 时钟信号；从机在第 8 个时钟下降沿，先输出高字节数据；在第 9 个时钟下降沿，主机将 DATA 总线拉低作为 ACK 信号。然后释放总线 DATA；在随后 8 个 SCK 周期下降沿，从机发出低字节数据；接下来的 SCK 下降沿，主机再次将 DATA 总线拉低作为接收数据的 ACK 信号；最后 8 个 SCK 下降沿从机发出 CRC 校验数 据，主机不予应答(NACK)则表示测量结束。

由于微处理器通过二线串行数字接口访问湿度传感器 SHT11，而访问协议是芯片生产商白定义的，所以需要 用通用 I / O 口模拟该通信协议。 我们选用 Atmel 公司的微处理器 ATmega128 通过对 I / O 口寄存器的编程， ATmega128。 该处理器的 I / O 口可以根据需要设置成输入、输出、高阻等状态。这为模拟该通信协议提供了条件。在软 件实现过程中，通过宏定义来实现 I / O 口状态的改变。

通过以上宏定义，可以实现 SCK 和 DATA 总线的各种输入和输出状态。为了模拟该二线串行数字协议， 还需要一个延时函数。WINAVR 库函数提供了一个延时函数 `_delay_loop_2(unsigned char s)`，该延时函数运行用 4 个时钟周期，所以自定义延时 1 μ s 函数可以定义如下：

基于以上宏定义和延时函数，可以方便地使 SCK 和 DATA 总线输出持续一定时间的高电平或低电平，从而可 以模拟图 5 所示的温湿度传感器 SHT11 的读写协议。

4.3 温度和湿度值的计算

4.3.1 湿度线性补偿和温度补偿

SHT11 可通过 DATA 数据总线直接输出数字量湿度值。该湿度值称为“相对湿度”，需要进行线性补偿和温度补 偿后才能得到较为准确的湿度值。由于相对湿度数字输出特性呈一定的非线性，因此为了补偿湿度传感器的 非线性，可按 下式修正湿度值： 式中：RHlinear 为经过线性补偿后的湿度值，SORH 为相对湿度测量值，C1、C2、C3 为线性补偿系数，取值

如表 2 所列。 由于温度对湿度的影响十分明显，而实际温度和测试参考温度 25℃有所不同，所以对线性补偿后的湿度值进 行温度补偿很有必要。补偿公式如下：

式中：RHtrue 为经过线性补偿和温度补偿后的湿度值，T 为测试湿度值时的温度(℃)，t1 和 t2 为温度补偿系 数，取值如表 3 所列。

4.3.2 温度值输出

由于 SHT11 是采用 PTAT 能隙材料制成的温度敏感元件，因而具有很好的线性输出。 实际温度值可由下式算得： $Temperature = d1 + d2 \times SOT$ 式中：d1 和 d2 为特定系数，d1 的取值与 SHT11 工作电压有关，d2 的取值则与 SHT11 内部 A / D 转换器采用的分 辨率有关，其对应关系分别如表 4 和表 5 所列。

4.3.3 露点计算

露点是一个特殊的温度值，是空气保持某一定湿度必须达到的最低温度。当空气的温度低于露点时，空气容 纳不了过多的水分，这些水分会变成雾、露水或霜。露点可以根据当前相对湿度值和温度值计算得出，具体 的计算公式如下：

$$\text{LogEW} = 0.66077 + 7.5 \times T / (237.3 + T) + \log_{10}(\text{SORH}) - 2$$
$$\text{Dp} = ((0.66077 - \log_{10}(\text{EW})) \times 237.3) / (\log_{10}(\text{EW}) - 8.16077)$$

式中：T 为当前温度值，SORH 为相对湿度值，Dp 为露点。

5 结 论

温湿度传感器 SHT11 集温度传感器和湿度传感器于一体，因此采用 SHT11 进行温湿度实时监测的系统具有精 度高、成本低、体积小、接口简单等优点；另外 SHT11 芯片内部集成了 14 位 A / D 转换器，且采用数字信号输 出，因此抗干扰能力也比同类芯片高。该芯片在温湿度监测、自动控制等领域均已得到广泛应用。