

第 3-6 讲：光照强度测量（基于 BH1750）

1. 学习目的

1. 了解 BH1750 光照强度传感器。
2. 掌握单片机编程使用 BH1750 的连续高分辨率模式和单次高分辨率模式下测量光照强度。

2. 光强度传感器

2.1. BH1750 简介

BH1750 是一款用于测量光照强度的数字型光强度传感器 IC。他内置了 16 位的模数转换器，可以将测量结果转为数字信号通过 I2C 接口输出，因此，用户使用时可以直接获取光照强度数值，而不需要复杂的计算。

1. BH1750 特点

- 支持 I2C 总线接口（支持 F/S 模式）。
- 接近视觉灵敏度的光谱灵敏度特性。
- 输出对应亮度的数字值。
- 对应广泛的输入光范围（1-65535lx）。
- 通过断电功能实现低电流。
- 50Hz/60Hz 光噪声抑制功能。
- 支持 1.8V 逻辑输入接口。
- 无需其他外部器件。
- 对光源的依赖性小（对白炽灯、荧光灯、卤素灯、白色 LED、太阳光等光源的依赖）。
- 有两种可选的 I2C 器件地址。
- 可调整的光学窗口对调测量结果的影响（使用此功能可以检测最小 0.11 lx，最大 100000 lx）。
- 测量偏差小（ $\pm 20\%$ ）。
- 受红外线影响很小。

2. 典型应用

移动电话，液晶电视，笔记本电脑，便携式游戏机，数码相机，数码摄像机，汽车定位系统，液晶显示器。

相关知识点

光照强度是一种物理术语，简称照度，其物理意义是照射到单位面积上的光通量。照度的单位是每平方米的流明（Lm）数，也叫做勒克斯（lx）：1 lx=1 Lm/m²。

2.2. BH1750 光照强度传感器模块

1. 模块简介

艾克姆的 BH1750 光照强度传感器模块是以 ROHM 原装的芯片 BH1750 为核心，为了方便用户接入不同工作电源的电路，模块上做了电平转换电路，使得该模块支持 3.3V 和 5V 的电源系统。

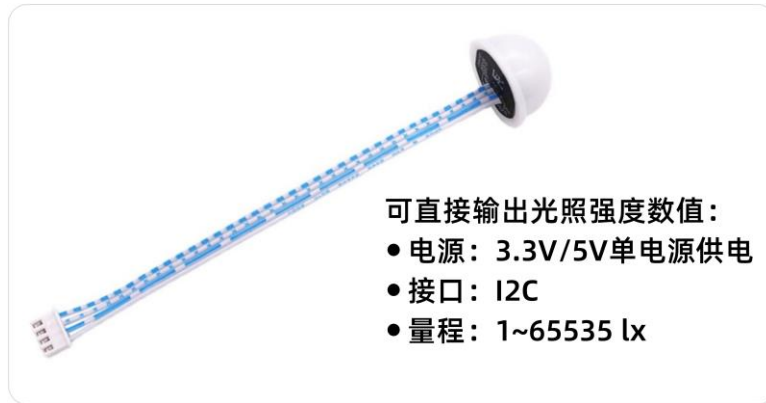


图 1：BH1750 光照强度传感器模块

2. 模块尺寸

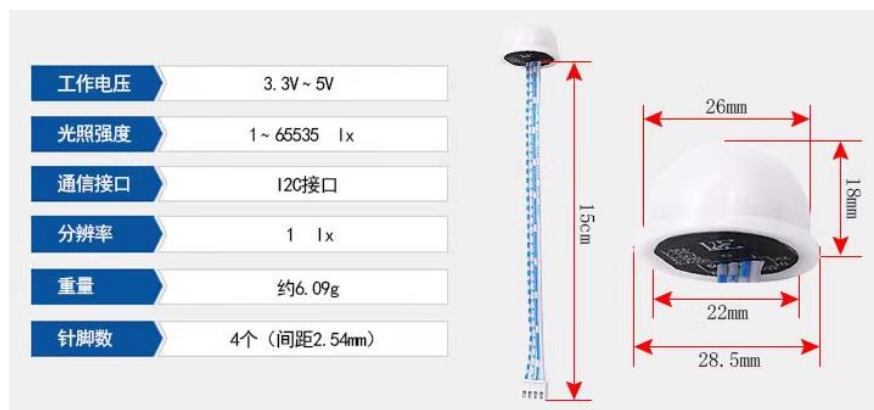


图 2：模块尺寸

3. 引脚定义



图 3：引脚定义

3. 软件设计

BH1750 有多种分辨率，官方推荐使用 H（高）分辨率模式 1，H 分辨率模式 1 测量时间长（积分时间长），可以有效过滤频率在 50-60Hz 的噪声信号，并且 H 分辨率模式 1 的分辨率为 1lx，适用于黑夜测量。因此，本节我们讲解的主要是 H 分辨率模式 1 下的单次测量和连续测量，同时，为了方便初学者理解，代码中没有将模式配置和测量整合成单个函数，而是分别编写不同的函数。

3.1. 光照强度测量实验（单次高精度模式）

✧ 注：本节的实验是在“实验 2-6-1：串口 1 数据收发实验”的基础上修改，本节对应的实验源码是：“实验 3-6-1：单次高分辨率模式测量光照强度（基于 BH1750）实验”。

3.1.1. 实验内容

单片机通过 I2C 向 BH1750 发送单次高分辨率测量指令，之后读取测量结果数据并通过串口输出数据。

3.1.2. 代码编写

1. 新建一个名称为“bh1750.c”的文件及其头文件“bh1750.h”保存到工程的“Source”文件夹，并将“bh1750.c”加入到 Keil 工程中的“SOURCE”组。该文件用于存放 BH1750 操作相关的函数。

2. 引用头文件

因为在“main.c”文件中使用了“bh1750.c”文件中的函数，所以需要引用下面的头文件“bh1750.h”。

代码清单：引用头文件

```
1. //引用 bh1750 的头文件
2. #include "bh1750.h"
```

3. 定义引脚

本例中，我们用 P5.1 和 P5.0 分别用于 I2C 的 SDA 和 SCA 信号引脚，定义如下。

代码清单：定义用于 I2C 通信的引脚

```
1. sbit SDA = P5^1; //定义 I2C 数据信号引脚 SDA
2. sbit SCL = P5^0; //定义 I2C 时钟信号引脚 SCL
```

4. 确定 BH1750 的 I2C 地址

BH1750 有两种 I2C 地址，通过 BH1750 的 ADDR 引脚设置。

- ADDR = ‘H’，I2C 地址为“1011100”，对应的 8 位地址为：10111000（0xB8，I2C 读）；10111001（0xB9，I2C 写）。
- ADDR = ‘L’，I2C 地址为“0100011”，对应的 8 位地址为：01000110（0x46，I2C 读）；01000111（0x47，I2C 写）。

本例中 BH1750 的 ADDR 引脚为‘L’，程序中定义 BH1750 的 I2C 地址如下。

代码清单：I2C 地址

```
1. #define BH1750_ADDR_W 0x46 //I2C 从机写地址
```

```
2. #define BH1750_ADDR_R 0x47 //I2C 从机读地址
```

5. 初始化 BH1750

本例中使用的是模拟 I2C 总线，因此 I2C 初始化部分只需将用于 I2C 通信的引脚 P5.0 和 P5.1 配置为准双向口即可，在代码清单如下。

代码清单：初始化 BH1750

```
1. /*****
2.  * 功 能：初始化 BH1750
3.  * 参 数：无
4.  * 返回值：无
5. *****/
6. void BH1750_Init(void)
7. {
8.     I2C_init();
9. }
```

6. 写入指令

BH1750 使用前，需要写入指令进行配置，根据 BH1750 数据手册中的指令集表，定义其指令集如下。

代码清单：BH1750 指令集

```
1. #define BH1750_POWER_DOWN 0x00 //掉电：未激活状态
2. #define BH1750_POWER_ON 0x01 //上电：等待测量指令
3. #define BH1750_RESET 0x07 //复位重置：重置数字寄存器值，重置指令在断电模式下不起作用
4. #define BH1750_CONT_H_MODE 0x10 //连续 H 分辨率模式：在 1 lx 分辨率下开始测量，典型测量时间为
5. 120ms
6. #define BH1750_CONT_H_MODE2 0x11 //连续 H 分辨率模式 2：在 0.5 lx 分辨率下开始测量，典型测量时间
7. 为 120ms
8. #define BH1750_CONT_L_MODE 0x13 //连续 L 分辨率模式：在 4 lx 分辨率下开始测量，典型测量时间为
9. 16ms
10. #define BH1750_ONE_H_MODE 0x20 //单次 H 分辨率模式：在 1 lx 分辨率下开始测量，典型测量时间为
11. 120ms，测量后自动设置为断电模式
12. #define BH1750_ONE_H_MODE2 0x21 //单次 H 分辨率模式 2：在 0.5 lx 分辨率下开始测量，典型测量时间
13. 为 120ms，测量后自动设置为断电模式
14. #define BH1750_ONE_L_MODE 0x23 //单次 L 分辨率模式：在 4 lx 分辨率下开始测量，典型测量时间为
15. 16ms，测量后自动设置为断电模式
16. #define BH1750_CHG_MEAS_TIME_H 0x40 //设置测量时间(高位)
17. #define BH1750_CHG_MEAS_TIME_L 0x60 //设置测量时间(低位)
```

BH1750 的指令都是单字节的指令，写格式如下图所示。

BH1750写格式

ST	Slave Address	R/W 0	Ack	Opecode	Ack	SP
----	---------------	----------	-----	---------	-----	----

- ① 发送起始信号
- ② 发送BH1750 I2C器件地址（写：最低位为0）
- ③ 接收ACK
- ④ 发送指令地址
- ⑤ 接收ACK
- ⑥ 发送停止命令，产生停止条件

图 4：BH1750 写格式

由此，编写 BH1750 写指令函数如下。

代码清单：向 BH1750 写入指令

```
1.  /*****
2.  * 功 能：向 BH1750 写入指令
3.  * 参 数：reg_addr[in]: 指令的地址
4.  * 返回值：无
5.  *****/
6. void BH1750_WriteSingleReg(u8 reg_addr)
7. {
8.     I2C_Start();           //起始信号
9.     I2C_SendData(BH1750_ADDR_W); //发送设备地址+写信号
10.    I2C_SendData(reg_addr);  //BH1750 内部寄存器地址
11.    I2C_Stop();             //发送停止信号
12. }
```

7. 单次高分辨率模式测量光照强度

单次高分辨率模式下，每次测量完成后 BH1750 会自动进入“POWER DOWN”，因此测量完成后无需发送“POWER DOWN”指令关闭 BH1750。BH1750 单次高分辨率模式测量步骤如下图所示。

① 发送单次高分辨率测量指令

ST	0100011	0	Ack	00100000	Ack	SP
----	---------	---	-----	----------	-----	----

② 等待测量完成（高分辨率测量时间典型值：120ms，最大值180ms，所以，应等待至少180ms）

③ 读取测量结果

ST	0100011	1	Ack	高字节[15:8]	Ack	低字节[7:0]	Nak	SP
----	---------	---	-----	-----------	-----	----------	-----	----

图 5：单次高分辨率模式测量步骤

由此，编写 BH1750 单次高分辨率模式测量函数如下。

代码清单：BH1750 单次高分辨率模式测量

```
1.  /*****
2.  * 功 能：BH1750 单次高分辨率模式测量光照强度
3.  * 参 数：无
4.  * 返回值：光照强度
5.  *****/
6.  float BH1750_ReadAmbientLight(void)
7.  {
8.      BH1750_WriteSingleReg(BH1750_POWER_ON);    //上电（可省略）
9.      BH1750_WriteSingleReg(BH1750_ONE_H_MODE);  //单次高分辨率模式
10.     //延时 180ms，（高分辨率测量时间典型值：120ms，最大值 180ms，所以，应等待至少 180ms）
11.     delay_ms(180);
12.     I2C_Start();                                //起始信号
13.     I2C_SendData(BH1750_ADDR_R);                //发送设备地址+读信号
14.     bh1750_data.val_buf[0] = I2C_RecvData();     //读取光照强度高 8 位
15.     I2C_SendACK();                              //发送 ACK
16.     bh1750_data.val_buf[1] = I2C_RecvData();     //读取光照强度低 8 位
17.     I2C_SendNAK();
18.     I2C_Stop();                                //发送停止命令，产生停止条件
19.
20.     return (float)bh1750_data.val/1.2;
21. }
```

8. 主函数

主函数中完成相关的初始化，之后，在主循环中每秒测量一次光照强度，并通过串口输出测量结果。

代码清单：主函数

```
1.  /*****
2.  功能描述：主函数
3.  参    数：无
4.  返 回 值：int 类型
5.  *****/
6.  int main(void)
7.  {
8.      float lux_value;
9.
10.     P3M1 &= 0xFE;   P3M0 &= 0xFE;    //设置 P3.0 为准双向口（串口 1 的 Rx D）
11.     P3M1 &= 0xFD;   P3M0 |= 0x02;    //设置 P3.1 为推挽输出（串口 1 的 Tx D）
12.     P2M1 &= 0x3F;   P2M0 &= 0x3F;    //设置 P2.6~P2.7 为准双向口（指示灯 D1 和 D2）
13.
14.     uart1_init();    //串口 1 初始化
```

```
15.     EA = 1;                                //使能总中断
16.     BH1750_Init();                          //BH1750 初始化
17.     delay_ms(10);                           //初始化后延时
18.
19.     while(1)
20.     {
21.         lux_value = BH1750_ReadAmbientLight();    //执行一次测量
22.         printf("Measurement value: %.2flx\r\n",lux_value); //串口打印读取的数据
23.         delay_ms(1000);                          //延时 1s，方便观察数据
24.         led_toggle(LED_1);                       //指示灯 D1 状态翻转，指示操作完成
25.     }
26. }
```

3.1.3. 硬件连接

如下图所示，将 BH1750 光照强度传感器安装 J23 插座上。

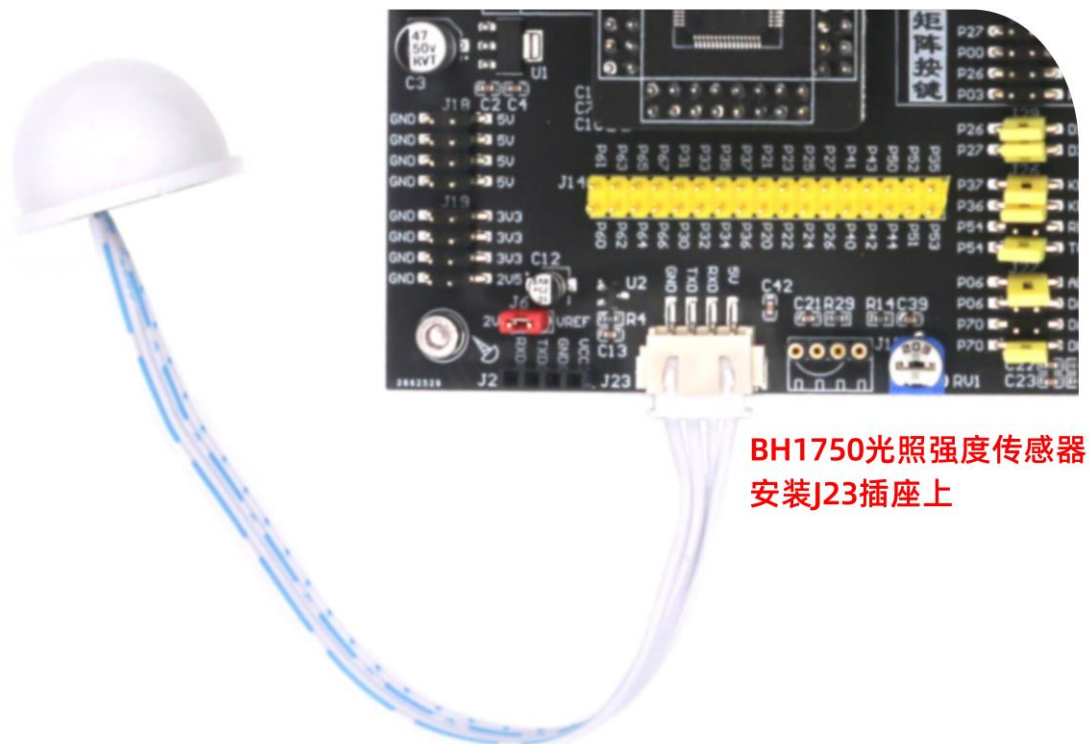


图 6：硬件连接

3.1.4. 实验步骤

- 1) 解压“…\第 3 部分：配套例程源码”目录下的压缩文件“实验 3-6-1：单次高分辨率模式测量光照强度（基于 BH1750）实验”，将解压后得到的文件夹拷贝到合适的目录，如“D:\STC8”（这样做的目的是为了防止中文路径或者工程存放的路径过深导致打开工程出现问题）。
- 2) 双击“…\BH1750_SIG\project”目录下的工程文件“BH1750_SIG.uvproj”。
- 3) 点击编译按钮编译工程，编译成功后生成的 HEX 文件“BH1750_SIG.hex”位于工程的

“...\BH1750_SIG\Project\Object”目录下。

- 4) 打开 STC-ISP 软件下载程序，下载使用内部 IRC 时钟，IRC 频率选择：24MHz。
- 5) 电脑上打开串口调试助手，选择开发板对应的串口号，将波特率设置为 9600bps。
- 6) 程序运行后，串口调试助手上可以看到测量结果，将 BH1750 传感器模块向光线亮的地方移动，可以看到测量结果增加，反之则减小，如下图所示。



图 7：光照强度测量结果

3.2. 光照强度测量实验（连续高精度模式）

- ✧ 注：本节的实验是在“实验 3-6-1：单次高分辨率模式测量光照强度（基于 BH1750）实验”的基础上修改，本节对应的实验源码是：“实验 3-6-2：连续高分辨率模式测量光照强度（基于 BH1750）实验”。

3.2.1. 实验内容

单片机通过 I2C 向 BH1750 发送连续高分辨率测量指令，之后连续读取 5 次测量数据并通过串口输出数据。

3.2.2. 代码编写

连续高分辨率模式和单次高分辨率测量流程类似，流程如下图所示。

① 发送连续高分辨率测量指令

ST	0100011	0	Ack	00010000	Ack	SP
----	---------	---	-----	----------	-----	----

② 等待测量完成（高分辨率测量时间典型值：120ms，最大值 180ms，所以，应等待至少 180ms）

③ 读取测量结果

ST	0100011	1	Ack	高字节[15:8]	Ack	低字节[7:0]	Nak	SP
----	---------	---	-----	-----------	-----	----------	-----	----

图 8：连续高分辨率模式测量步骤

连续高分辨率模式和单次高分辨率的主要区别是：单次模式测量完成后，BH1750 自己会自动进入“POWER DOWN”，而连续模式不会，因此在连续模式下测量完成后，需要

通过 I2C 发送指令让 BH1750 进入“POWER DOWN”。

由此，编写 BH1750 连续高分辨率模式测量函数如下。

代码清单：BH1750 连续高分辨率模式测量

```

1.  /*****
2.  * 功 能：BH1750 连续高分辨率模式下测量光照强度
3.  * 参 数：无
4.  * 返回值：光照强度
5.  *****/
6.  void BH1750_ReadAmbientLight_Cons(void)
7.  {
8.      u8 i;
9.
10.     BH1750_WriteSingleReg(BH1750_POWER_ON);    //上电（可省略）
11.     BH1750_WriteSingleReg(BH1750_CONT_H_MODE);  //连续高分辨率模式
12.
13.     for(i=0;i<5;i++)                            //连续读取 5 次
14.     {
15.         delay_ms(180);                          //延时 180ms（高分辨率测量时间典型值：120ms，最大
16.                                                //值 180ms，所以，应等待至少 180ms）
17.         I2C_Start();                             //起始信号
18.         I2C_SendData(BH1750_ADDR_R);            //发送设备地址+读信号
19.
20.         bh1750_data.val_buf[0] = I2C_RecvData(); //读取光照强度高 8 位
21.         I2C_SendACK();                          //发送 ACK
22.         bh1750_data.val_buf[1] = I2C_RecvData(); //读取光照强度低 8 位
23.         I2C_SendNAK();
24.         I2C_Stop();                             //发送停止命令，产生停止条件
25.         printf("Measurement value: %.2flx\r\n", (float)bh1750_data.val/1.2); //串口打印读取的数据
26.     }
27.     BH1750_WriteSingleReg(BH1750_POWER_DOWN);  //连续模式下测量完成后不会自动“POWER DOWN”，需要通过
28.                                                //I2C 发送“POWER DOWN”指令
29. }

```

主函数中完成相关的初始化，之后，在主循环中每秒调用一次连续测量函数，连续测量函数中会测量 5 次光照强度，并通过串口输出测量结果，代码清单如下

代码清单：主函数

```

1.  /*****
2.  功能描述：主函数
3.  参 数：无
4.  返回值：int 类型
5.  *****/
6.  int main(void)
7.  {

```

```
8.      P3M1 &= 0xFE;   P3M0 &= 0xFE;   //设置 P3.0 为准双向口（串口 1 的 RxD）
9.      P3M1 &= 0xFD;   P3M0 |= 0x02;   //设置 P3.1 为推挽输出（串口 1 的 TxD）
10.     P2M1 &= 0x3F;   P2M0 &= 0x3F;   //设置 P2.6~P2.7 为准双向口（指示灯 D1 和 D2）
11.
12.     uart1_init();           //串口 1 初始化
13.     EA = 1;                 //使能总中断
14.     BH1750_Init();          //BH1750 初始化
15.     delay_ms(10);           //初始化后延时
16.
17.     while(1)
18.     {
19.         BH1750_ReadAmbientLight_Cons(); //连续读出数据，存储在 BUF 中
20.         delay_ms(2000);               //延时 2s，方便观察数据
21.         led_toggle(LED_1);             //指示灯 D1 状态翻转，指示操作完成
22.     }
23. }
```

3.2.3. 硬件连接

同“实验 3-6-1：单次高分辨率模式测量光照强度（基于 BH1750）实验”。

3.2.4. 实验步骤

- 1) 解压“…\第 3 部分：配套例程源码”目录下的压缩文件“实验 3-6-2：连续高分辨率模式测量光照强度（基于 BH1750）实验”，将解压后得到的文件夹拷贝到合适的目录，如“D:\STC8”（这样做的目的是为了防止中文路径或者工程存放的路径过深导致打开工程出现问题）。
- 2) 双击“…\BH1750_CONS\project”目录下的工程文件“BH1750_CONS.uvproj”。
- 3) 点击编译按钮编译工程，编译成功后生成的 HEX 文件“BH1750_CONS.hex”位于工程的“…\BH1750_CONS\Project\Object”目录下。
- 4) 打开 STC-ISP 软件下载程序，下载使用内部 IRC 时钟，IRC 频率选择：24MHz。
- 5) 电脑上打开串口调试助手，选择开发板对应的串口号，将波特率设置为 9600bps。
- 6) 程序运行后，串口调试助手上可以看到测量结果，将 BH1750 传感器模块向光线亮的地方移动，可以看到测量结果增加，反之则减小。