

一种多功能照度计的设计^①

高英明¹, 张环月², 邹念育¹, 康哲¹

¹(大连工业大学 光子学研究所, 大连 116034)

²(大连理工大学 材料科学与工程学院, 大连 116024)

摘要: 基于数字照度传感器 BH1750 实现了一种多功能照度计 GZ-100, 除照度测量功能外, 还具有温湿度测量与无线通信功能。系统采用低电压的 STC12LE5A60S2 单片机, 抗干扰能力强、应用电路最简单的射频收发芯片 IA4420, 数字照度传感器 BH1750 和温湿度传感器 SHT11。系统根据 IA4420 内部状态寄存器的值借助外部中断收发数据, 以 74HC164 驱动 4 个共阴极数码管的动态方法进行显示。最后进行了照度的对比测量, 结果显示 GZ-100 能够满足一般的照度测量要求。

关键词: 照度计; STC12LE5A60S2; IA4420; BH1750

Illuminance Meter Design with Multiple Functions

GAO Ying-Ming¹, ZHANG Huan-Yue², ZOU Nian-Yu¹, KANG Zhe¹

¹(Research Institute of Photonics, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

²(Department of Material Science and Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: A multiple function illuminance meter was developed based on BH1750, a digital ambient light sensor. Besides illuminance, the meter can measure temperature and humidity, even conduct wireless communication each other. Low voltage and low power Micro-controller STC12LE5A60S2 was used as processing unit, radio transceiver IA4420 with strong anti disturbance capacity and the simplest application circuit was used as communication element, SHT11 was used as sensor element, besides BH1750. A data Tx/Rx method through nIRQ pin of IA4420 was presented, which do Tx/Rx according to content of status register in interrupt service routine. Illuminance contrast measurement between commercial illuminance meters was done and results were given.

Key words: illuminance meter; STC12C5A60S2; IA4420; BH1750

照度计是进行照度测量的专用仪器, 而商品化的照度计大都功能单一且价格不菲。照度计测量探头的敏感元件通常为硅光电池, 为使得硅光电池的光谱响应与人眼相一致, 需要特殊的滤光片对入射光进行修正与余弦修正, 以达到光度学的测量要求^[1]。本文采用数字照度传感器 BH1750 实现了一种多功能照度计, BH1750 的集成度高, 不需任何辅助器件就能够完成照度测量, 设计人员无需考虑传感器标定、信号放大、模数转换等过程, 只需通过 I2C 接口完成传感器设置与照度读取等操作。除此之外, 照度计还能够测量温度与湿度, 还具有无线通信功能, 方便照度计之间交

换信息与进行分布式测量。

1 系统硬件设计

1.1 处理单元

单片机最小系统设计决定系统能否正常工作。系统采用 STC12LE5A60S2[2]的 LQFP48 封装单片机, 而其数据手册仅给出 DIP40 封装的最小系统设计, 没有明确说明 LQFP48 封装的最小系统。虽说可以借鉴 DIP40 的最小系统确定 LQFP48 封装单片机的电源、地、复位、振荡器输入引脚及执行 ISP 功能的串口引脚, 但 STC12LE5A60S2 引脚功能的复用设计, 可能

① 收稿时间:2011-07-13;收到修改稿时间:2011-08-24

会导致选错引脚。表 1 给出了 STC12LE5A60S2 多种封装的引脚对应关系来辅助最小系统设计, 表中数字

为引脚编号, 每行的封装相同, 每列引脚的功能相同。

表 1 不同封装的 STC12LE5A60S2 引脚对应表

	VCC	GND	RST/4.7	XTAL1	XTAL2	RxD/P3.0	TxD/P3.1
DIP40	40	20	9	19	18	10	11
LQFP44	38	17	4	15	14	5	7
LQFP48	41	16	5	16	15	6	8
PLCC44	44	22	10	21	20	11	13
QFN40	35	15	4	14	13	5	6

另外 LQFP48 为贴片封装, 引脚间距仅为 0.5mm, 不能像 DIP 封装那样插拔, 不使用编程器编程。而进行 ISP 需要 MAX3232 将其串口工作电平与 RS232 电平做转换, 若把 MAX3232 与照度计的其它组件一起设计 PCB, 这对于不需与 PC 机通信的应用系统而言不合理, 增加了系统成本。本文利用 MAX3232 制作了一个电平转换器进行 ISP, 编程时按图 1 所示连接关系与照度计和 PC 机相连。

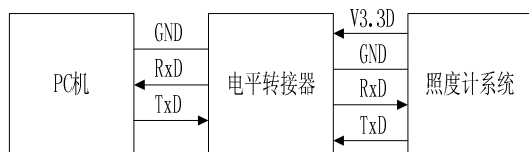


图 1 转接器与 PC 及照度计连接关系

1.2 传感单元

传感单元采用 SHT11^[3]温湿度传感器与 BH1750^[4]光照度传感器。SHT11 工作电压覆盖 3V 与 5V 范围, 而 BH1750 工作电压 2.4~3.6V, 两者均与 3V 的 STC12LE5A60S2 工作电压兼容, 可共用同一电源。但若单片机采用 5V 供电的 STC12C5A60S2, 则需要为 BH1750 提供单独的 3.3V 电源, 亦可从 5V 电源通过电阻分压的方法为其供电 (如图 2 所示); 另外, 为保护 BH1750, 要把 STC 单片机的 I/O 口设置为漏极开路, 经 3.3V 上拉后与 BH1750 相连; DVI 引脚为同步复位信号输入引脚, 负责 I2C 接口的复位操作, 上电后输入的低电平持续时间要大于 1μs, 否则 BH1750 不会正常工作, 这里通过 RC 串联电路的电容充电过程实现同步复位功能。使用 STC12LE5A60S2 时, 其 I/O 口可以与 BH1750 的 I2C 接口引脚直接相连, 不必设为漏极开路模式。I2C 协议中关于漏极开路的规定, 是为了防止同一总线连接多个设备时的“线与”^[5]操作

产生过大的灌电流损坏 I/O 口, 而系统只用了一个 BH1750, 所以不需要漏极开路。

1.3 显示单元

测量结果通过 4 个共阴极数码管显示, 由一片 74HC164 驱动, 与单片机 4 个 I/O 口及相应的 4 个增大 I/O 口驱动能力的 NPN 三极管一起构成动态显示电路。系统利用 STC12LE5A60S2 的第二串口为 74HC164 输入数据, 此时串口 2 工作于同步移位寄存器模式, RxD2 输出数据, TxD2 输出时钟, 时钟频率是系统工作时钟频率的 1/12; 接收发送的是 8 位数据, 低位在先。亦可采用普通 I/O 口模拟同步移位寄存器的方法向 74HC164 写入数据。

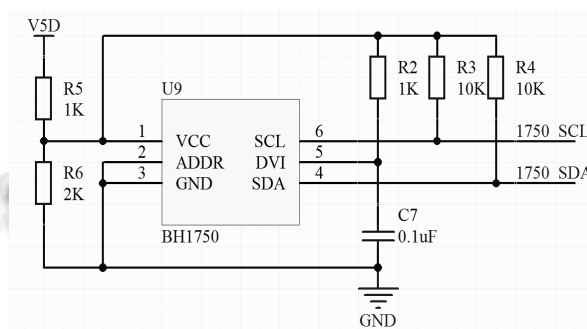


图 2 BH1750 的分压供电应用电路设计

1.4 通信单元

通信单元采用射频收发芯片 IA4420^[6], 其与单片机的引脚连接对应关系如图 3 所示, 该连接不查询状态引脚, 借助外部中断完成数据的收发。除两者的 SPI 功能引脚相互对应外, 其它引脚则要根据是否方便 PCB 布线的原则选用。系统采用 STC12LE5A60S2 的 P3.2 作为接收 IA4420 发出的外部中断请求输入引脚; P5.3、P5.2、P1.4 作为 I/O 口分别用于片选 IA4420、选择 IA4420 的 RX FIFO 和复位 IA4420。

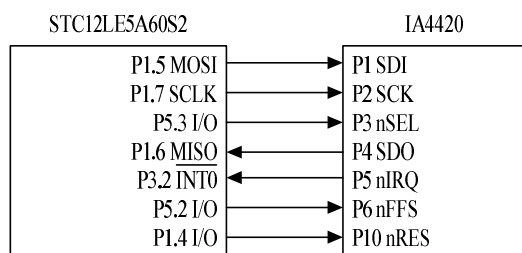


图 3 STC12LE5A60S2 与 IA4420 的引脚连接

2 系统程序设计

2.1 BH1750 程序设计

BH1750 通过标准的 I2C 接口通信，而 STC12LE5A60S2 单片机没有 I2C 接口，因此只能通过普通 I/O 口模拟^[7]的方法对 BH1750 进行设置和数据读取等操作。作为 I2C 设备，BH1750 只有从机地址（为 7 位，与读/写控制位组成读/写控制指令），没有子地址，进行 I2C 操作相对容易。另外本系统只有一个 I2C 设备，不必侦听总线，所以只需模拟 I2C 的部分功能就能够对 BH1750 进行操作。需模拟的部分包括：发送起始/停止位、接收/发送确认位、发送/接收数据，在这些基础功能上实现向无子地址器件发送字节数据和向无子地址器件读取多字节数据功能，进而对 BH1750 进行访问。下面为照度测量的部分代码。

```
.....
unsigned int Res;//用于计算照度的 16 位中间变量
unsigned char HL[2];//存放测量结果的高 8 位与低 8 位
.....
ISendByte(0x46,0x01);//使 BH1750 上电
ISendByte(0x46,0x10);//使 BH1750 进入高分辨率连续测量模式
while(1)
{
    IRcvStrExt(0x47,HL,2);//HL[0]与 HL[1]分别得到高 8 位与低 8 位
    Res=HL[0];//高 8 位赋给 Res 的低 8 位
    Res=1.2*(Res*256+HL[1]);//计算照度值
    Display(Res);//显示照度值
    .....
}
```

2.2 显示单元

显示单元采用 74HC164 驱动共阴极数码管，通过 STC12LE5A60S2 单片机的第二串口为 74HC164 输入数据。实现正确显示的关键是使得 74HC164 的输入内容与显示的字符对应，还要把照度值的个、十、百、千位分别提取出来，再控制三极管轮流导通/截止使得相应的数码管轮流显示照度值的各个位（同一时刻只能有一个三极管导通，其它三极管皆截止），位与位之间的显示要持续一段时间，这样就能够实现动态显示。下面是实现动态显示功能函数的部分代码。

```
void Display(int res)
{
    .....
    P0=0x80;//P0 口寄存器控制首先打开显示个位数的三极管
    J=0x80;//P0 不能移位操作，引入中间变量
    for(i=0;i<4;i++)//分别显示各位的数字
    {
        if(res%10==0)
            UART2_TRAN(0xFC); //串口 2 发送函数，发送数据后延时 5ms
        else if(res%10==1)
            UART2_TRAN(0xDA);
        else if(res%10==2)
            .....
        else(res%10==9)
            UART2_TRAN(0xF6);
        res=(int)res/10; //变为原数的 1/10 再取整
        J=J>>1;//右移一位
        P0=J;//控制显示高位数字
    }
}
```

2.3 通信单元

通信单元采用射频收发芯片 IA4420，该芯片提供了 15 个控制指令，由 SPI 接口通过这些指令完成芯片设置、数据收发等操作。除“读状态指令”的最高位为 0 外其它指令的最高位皆为 1，并且除最高位外“读状态指令”其它位的内容随意。其余 14 条控制指令的高 8 位为指令标识符，低 8 位为指令的具体内容，用于配置 IA4420 或向其 TX FIFO 写入发射内容。IA4420 的 SPI 接口当片选为低电平时在每个时钟脉冲的上升沿，

指令会以高位在前的方式逐位写入 IA4420。STC12LE5A60S2 的 SPI 接口为 8 位, 为了向 IA4420 写入 16 位的控制指令可在其片选信号保持为低电平的同时先写入指令的高 8 位, 再写入指令的低 8 位。

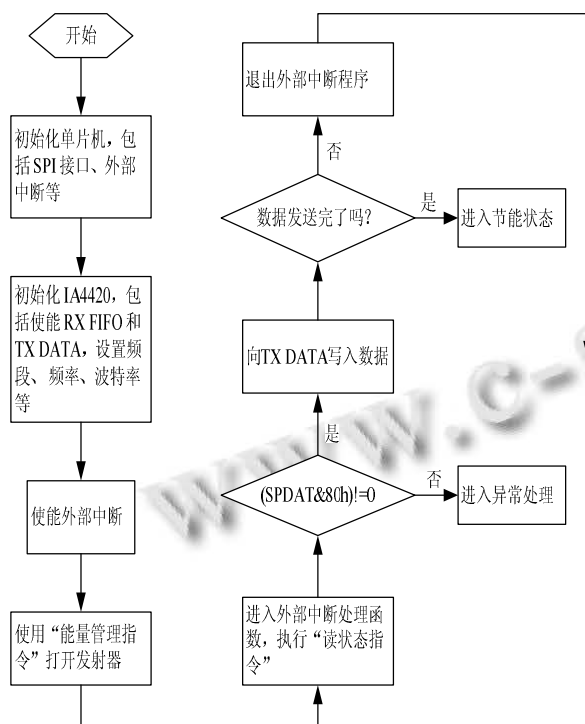


图 4 IA4420 数据发送流程图

系统利用 IA4420 的第 5 引脚 (nIRQ) 向微控制器产生的中断请求, 结合“读状态指令”完成数据收发功能。通过“设置指令”使能接收缓冲寄存器 (RX FIFO) 或发射数据寄存器 (TX DATA) 后使用“能量管理指令”打开接收器或发射器, 当接收到的数据进入 RX FIFO 或 TX DATA 准备好接收下一字节数据时 IA4420 的 nIRQ 引脚会向微控制器发出中断请求。由于 IA4420 有多种事件能产生 nIRQ 外部中断请求, 因此在进行写 TX DATA 之前要先对产生中断的事件进行判断。如图 4 进入中断程序后, 首先读取 IA4420 的状态寄存器确定产生中断的事件, 如果是 TX DATA 准备好接收数据, 则通过“写发射寄存器指令”将待发数据写入 TX DATA。数据接收流和与发射流程相似。如果使用“读 FIFO 指令”接收数据, 无论 IA4420 作为发射器还是接收器 nIRQ 引脚应始终保持高电平, 作为接收器若不使用读 FIFO 指令取数据则只需在取数据时置低, 取完数据后还应该置高。

3 测量结果比较

这里将本文的照度计 GZ-100 与两种商品化的测量仪器进行了比较, 这两种照度计一个是北京师范大学光电仪器厂 ST-80C 型照度计, 另一个是柯尼卡美能达 CL-200 光度计 (能够测量照度)。比较实验在暗室环境中进行, 实验装置包括: 作光源的 LED 管灯, 额定电流 700mA, 额定电压 24V; Agilent 5750A 直流电源。把三种照度计置于 LED 管灯正下方距其 85cm 的位置, 通过直流电源调整 LED 管灯的工作电流改变其发光强度来获得不同的照度。图 5 为 LED 管灯的工作电流与三种照度计测得照度的对应关系, 由结果可看出, 本文的照度计 GZ-100 的测量结果介于两者之间且与 ST-80C 的测量结果接近, 能够用于一般要求的照度测量。

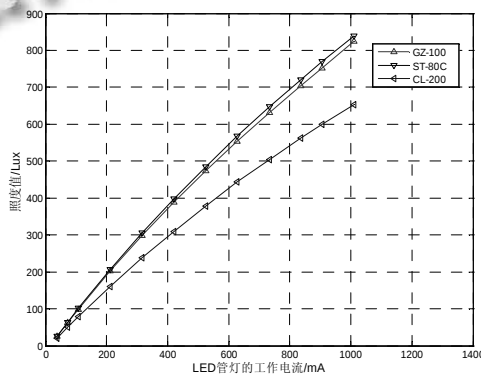


图 5 照度的对比测量结果

4 结语

本文实现了一种多功能、低成本的照度计 GZ-100, 能够测量照度、温湿度、进行无线通信。文中详细说明了传感单元、显示单元、通信单元的软硬件设计。进行了照度的对比测量, 结果显示 GZ-100 能够满足一般的照度测量要求。目前基于射频芯片 IA4420 的通信功能较简单, 没有组网及 CRC 校验功能。因此, 通信协议设计需要进一步完善, 以满足网络化应用要求。

参考文献

- 1 侯文耀. 高精度照度计的设计. 大连: 大连理工大学, 2007.
- 2 STC12C5A60S2 系列单片机器件手册, 2010.
- 3 SHT1x/SHT7x Humidity & Temperature Sensor, Version 4.3 - May 2010.
- 4 Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC BH1750FVI, 2010.04-Rev.c.
- 5 孟贵胥, 王兢. 数字电子技术. 大连: 大连理工大学出版社, 2002.20-21.
- 6 IA4420 Universal ISM Band FSK Transceiver, Rev1.4r 0705.
- 7 MCS-51 单片机模拟 I2C 软件包, 百度文库.