

基于太阳能的智能庭院灯设计与实现

张 易, 李锡华

(浙江大学 信息与电子工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘 要 针对家庭院子里庭院灯布线不便和功能需求问题, 设计并实现了一种基于太阳能电池板供能的智能庭院灯系统。对于普通庭院灯进行了功能上的改进, 提升用户体验。采用 STM32F103 单片机作为主控芯片, 根据人体热释电和光感传感器采集信息进行智能控制, 并通过温湿度、雨水检测等传感器采集数据, 使用蓝牙发送到上位机。测试结果表明, 系统运行稳定, 功耗较低, 可满足实际生活需求。

关键词 太阳能; 庭院灯; 蓝牙通信; STM32

中图分类号 TM914.4; TP273.5 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2016)05-005-04

Design and Implementation of a Smart Garden Light Based on Solar Energy

ZHANG Yi, LI Xihua

(College of Information Science & Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract A system of the intelligent garden light based on the solar panel is designed and realized for family yards with easy arrangement of wire. This system improves the ordinary garden light functionally to enhance user's experience. In addition, the system applies the STM32F103 as the main control chip, realizes the intelligent control based on the information collected by human pyroelectric and light sensor and collects data through the temperature and humidity sensor and rain detection sensor with Bluetooth sending the data to host computer. Test results show that the system is stable and the power consumption is low, which meet the needs of practical life.

Keywords solar energy; garden lamp; Bluetooth communication; STM32

目前家庭庭院灯多为电线供电, 安装复杂, 通常需要浇筑预埋件、挖电缆沟、铺设电缆等过程, 存在安全隐患^[1]。本文设计的太阳能智能庭院灯融合嵌入式技术和无线通讯技术, 在实现免除布线的太阳能供能的同时, 也通过光感和红外热释电传感器实现昼夜情况下的智能感应。并通过蓝牙技术和上位机通信, 提供室外的温湿度、雨感、光照等信息, 使用户即可实时精确了解庭院的环境。也作为设置在庭院里的物联网节点, 以蓝牙通信为媒介, 为之后的物联网应用提供接口和扩展功能。

1 庭院灯的工作原理

庭院灯在默认处于待机状态, 通过太阳能电池板给聚合物电芯充电。全天通过传感器采集温湿度、雨感、光照强度等数据, 固定间隔通过蓝牙发送给上位机。夜晚时, LED 灯处于微亮状态, 若传感器检测到附近 3~5 m 内有人出现时, LED 渐变为高亮, 在人离开后数秒内, 灯光渐变为微亮, 减少功耗。庭院灯总体设计如图 1 所示。

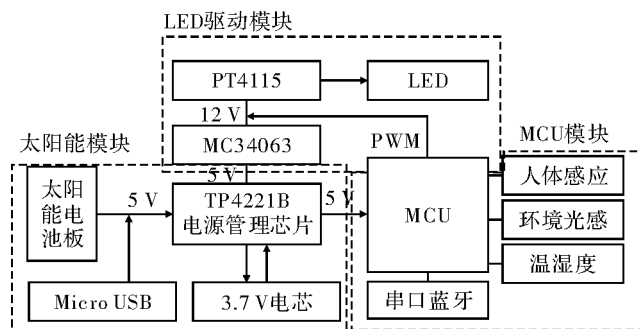


图1 庭院灯总体构架

2 硬件电路设计

硬件电路主要由 MCU (Microcontroller Unit) 及传感器电路、太阳能供能电路、LED 恒流驱动电路组成。

2.1 功耗计算及硬件选型

作为独立的系统, 本设计主要使用太阳能供电, 对于能耗的要求较严格。

LED 为主要照明设备, 采用 $3 \times 1 \text{ W}$ 的 350 mA LED 灯珠串联连接, 使用 PWM 调制亮度。MCU 选用基于 Cortex - M3 内核的 STM32F103C8T6, 是无需操作系统的 ARM 32 位嵌入式微处理器^[2], 其工作温度范围广、功耗低。因 LED 亮度过强, 系统不会全功率开

收稿日期: 2015-10-02

作者简介: 张易(1996—), 男, 本科。研究方向: 嵌入式应用等。

启,最大功率 < 3 W,微亮模式功耗 < 0.5 W。供能模块使用单晶硅太阳能电池板 5 V, 500 mA 和 3.7 V, 4 000 mAh 聚合物电芯,以有效光照时间 4 h 计算,一天约 10 W·h,理论上满充一天可微光照明 20 h。

2.2 太阳能供能模块

太阳能电池板即利用半导体器件的光伏效应原理进行光电转换。其中单晶硅太阳能电池的转换效率最

高,其光学、电学、力学性质等均一致,特别适合切割成小片制作小型消费产品^[3]。

用于储能的聚合物电芯需要适当的电源管理芯片提供可限流的充电电流和可控的充电电压来进行管理和保护^[4]。本设计对于输出功率的要求较低,对于效率要求较高,且需要测量电芯的剩余电量,使用 TP4221B 芯片,设计电路如图 2 所示。

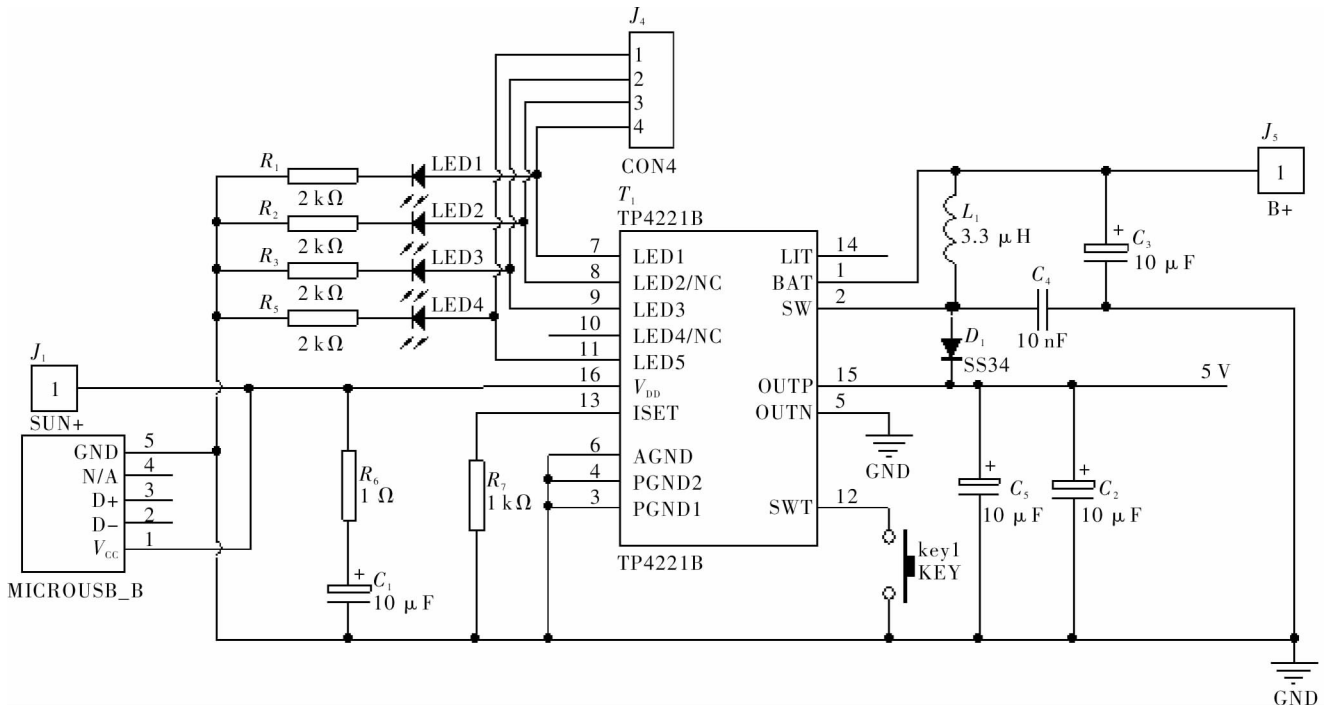


图 2 TP4221 电源管理电路

2.3 LED 驱动模块

目前 LED 驱动主要方式为恒流源驱动和恒压源驱动。由于 LED 的发光亮度是与流过其的正向电流成正比^[5],若使用恒压源驱动,则会因电压源微小波动使得流过 LED 的电流的发生波动,导致闪烁,影响照明效果,所以本设计选用 PT4115 恒流驱动芯片。PT4115 最大输出 1.2 A 的电流,效率可高达 97%^[6]。驱动 3 个 1 W 照明 LED,额定电流 350 mA,满足照明需求。电源电压为 5 V,需要升压电路转为 12 V,使用 SDB628 高效率升压芯片。电路原理如图 3 所示。

2.4 传感器及蓝牙

光感传感器使用 BH1750FVI 芯片,为数字 16 位串行环境光感芯片,使用 I²C 协议,具有较高的分解度。其 SDA 和 SCL 接口和 MCU 的 GPIO 口相连,对光源的依赖性小,具有更高的精度和稳定性。无论是在暗处还是在阳光直射下其均近似于人类视觉感应^[7]。

雨水感应模块主要用于判断庭院里是否下雨,然后发送信息给上位机。在淋到雨水的情况下,传感器的阻值发生变化,通过分压转换为电压的变化并通过

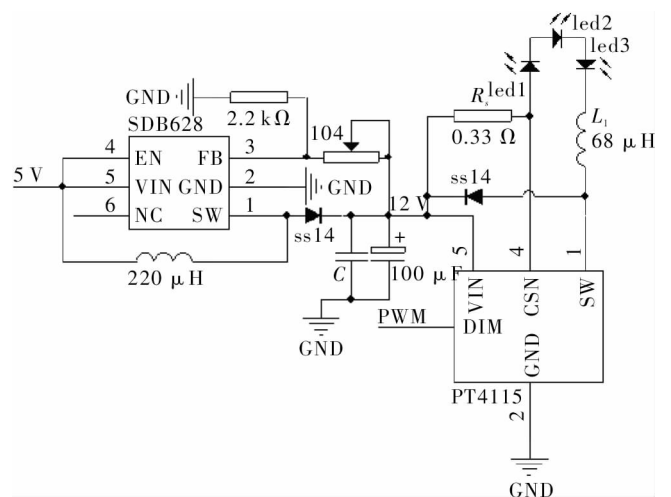


图 3 PT4115 驱动电路

A/D 转换,即可实现定性的雨水测量。

人体感应模块本设计采用红外热释电红外传感器 HC-SR501,触发方式为可重复触发,感应范围为 5 ~ 7 m。人体进入其感应范围则输出高电平,人离开感应范围会延时几秒后输出低电平^[8],满足设计需求。

温湿度传感器选用 DHT11, 包括 1 个电阻式感湿元件和 1 个 NTC 测温元件。仅需占用一个 GPIO 口即可传输数据,且能耗较低,长期稳定性优越^[9]。

蓝牙技术作为一种短距离无线通信技术,具有低成本、低功耗、小尺寸、点对多点连接、语音与数据混合传输以及高抗干扰等特点^[10]。本设计使用 HC-05 串口蓝牙模块,空旷地传输距离可达 10 m,满足短距离通信的要求。

3 软件设计

3.1 主程序软件

流程图如图 4 所示,可调整蓝牙数据发送的时间间隔来降低功耗。

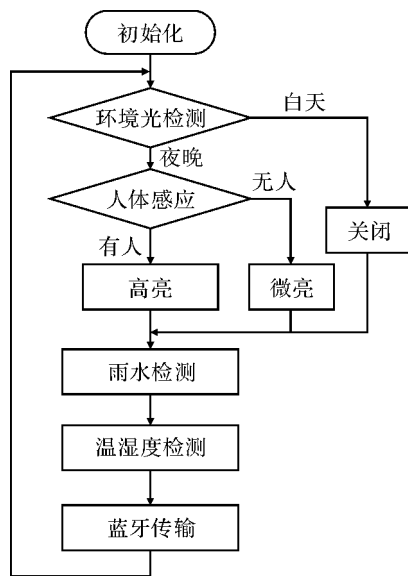


图 4 主程序流程图

3.2 BH1750 光感传感器软件设计

BH1750 使用 I²C 协议,STM32 使用 GPIO 和 SCL 与 SDA 接口连接。查询 BH1750 参考手册,在读取数据之前需要一些启动信号,具体编码如下^[11]

```

#define BH1750_ONE 0x20
#define BH1750_RSET 0x07
#define BH1750_ON 0x01
Cmd_Write_BH1750(BH1750_ON);
Cmd_Write_BH1750(BH1750_RSET);
Cmd_Write_BH1750(BH1750_ONE);
  
```

地址端口接地时,其地址为 0x46,可获得相应的数据,通过 I²C 协议连续读取 2 Byte,共 16 bit 数据。将读取的数据转换为十进制数据后除以 1.2 则得到比较精确的光强值^[12]。

3.3 蓝牙传输软件设计

本设计中蓝牙接收的数据以全局变量的方式存在

长度为 32 的 char 型数组里,发送的数据类型定义为: B 雨感 X 温度 X 湿度 X 电量 X 光强 E。B 代表起始位,E 代表终止位。雨感为 0/1,表示是否下雨;温度为两位数,单位℃;湿度为两位数,单位“%”;电量为 1~4,单位“格”;光强为 3~4 位数,单位 lx。

例如: B1X25X60X2X450E 代表检测到下雨,温度 25℃,湿度 60%,电量剩余 2 格,光强 450 lx。因此,通过该方式进行数据完整性校验,可提高数据传输的稳定性。

4 系统测试

整体示意板工作良好,光照较暗时工作在微光模式,如图 5 所示。实验中上位机使用 STM32 和串口 HMI 屏幕来接收和显示庭院灯发来的数据,验证庭院灯蓝牙发送的数据,显示如图 6 所示。

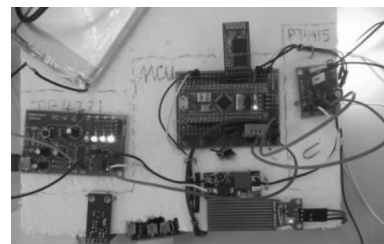


图 5 庭院灯示意板

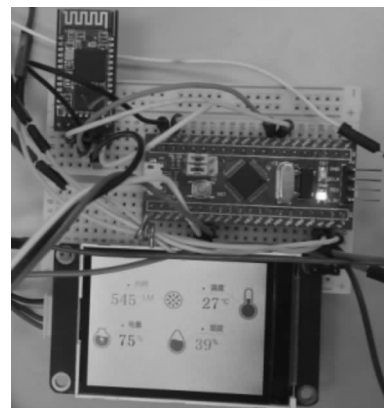
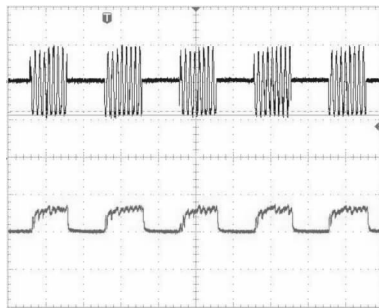


图 6 上位机接收并显示数据

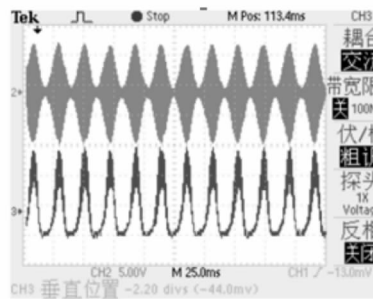
在白天时,LED 关闭,仅上位机屏幕上实时显示当前数值;遮挡住光感模块,感应到人体后,LED 逐渐亮起,直至高亮模式并保持。人走开后几秒钟,LED 缓缓变暗至微亮模式,移开光感模块遮挡物,LED 逐渐熄灭,满足实际要求。

经测试,太阳能电池板在正常光照下输出电流即可满足充电需求。使用稳压 5 V 电源测试充电电流为 1.03 A,满足快速充电要求。使用信号发生器和 12 V 稳压电源测试恒流驱动 LED,串联一个 LED 的总输出功率为 1.2 W,LED 电流约 340 mA,效率 1/1.2 = 83%。串联 3 个 LED 的效率 >85%。

(下转第 12 页)



(a) 正弦信号实验结果图



(b) 振幅调制信号的实验波形图

图9 正弦信号与振幅调制信号实验图

5 结束语

本设计的目的是为聚合物分散液晶光性能实验研究

(上接第7页)

5 结束语

基于太阳能供电设计了一种智能感应庭院灯,无需繁琐的电源布线,可根据光照环境和人体感应智能调节亮度。并提供了蓝牙传输数据的接口,可与智能家居的上位机进行通讯,作为在室外的物联网节点,为后期拓展提供接口。整个系统具有成本低廉、操作简单、效率较高、扩展性较强的优点。

参考文献

- [1] 吴正明. 庭院灯的施工及应用[J]. 今日科苑, 2014(12): 104.
- [2] 孙书鹰, 陈志佳, 寇超. 新一代嵌入式微处理器 STM32F103 开发与应用[J]. 微计算机应用, 2010, 31(12): 59-63.
- [3] 王瑶. 单晶硅太阳能电池生产工艺的研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
- [4] 刘伟达. 便携式设备锂电池充电技术研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2014.

中提供一种新型驱动电源的解决方案。该系统能够实现驱动信号的多样化,驱动信号的频率和电压幅值均可按实验要求灵活调整。实验结果也证明了该系统能满足该液晶材料光性能测试系统的基本功能,可作为此领域的一种研究平台。另外,在对此系统进行后续的功能上的延伸扩展后,也可用于电控光学斩光器的研究中。

参考文献

- [1] 窦艳丽, 张万喜, 秦创业, 等. 聚合物分散液晶膜[J]. 化学进展, 2007, 19(9): 1400-1405.
- [2] 陈刚, 郑继红, 顾玲娟, 等. 新型聚合物分散液晶光栅的研制及其电光特性研究[J]. 仪器仪表学报, 2004, 25(2): 205-207.
- [3] 曹占中, 周余, 王自强, 等. 基于 s3c2440 的 Linux 摄像头驱动开发[J]. 电子测量技术, 2009, 32(2): 108-111.
- [4] 张美仙, 王红亮, 丁海飞. 基于 DDS 芯片的信号源设计[J]. 仪表技术与传感器, 2010(9): 54-56.
- [5] 顾宝良. 通信电子线路[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [6] 刘书明, 罗军辉. 模拟乘法器 MPY634 应用中的几个问题[J]. 电子科技, 2002(7): 50-53.
- [7] 郝宪锋, 成向阳. 基于 CPLD 的双通道高压脉冲信号源[J]. 工业仪表与自动化装置, 2014(5): 37-39.

- [5] 郑凌霄. 大功率 LED 驱动电源设计[D]. 广州: 广东工业大学, 2012.
- [6] 华润矽威科技(上海)有限公司. PT4115 30V/1.2A、高调光比 LED 恒流驱动器[M]. 上海: 华润矽威科技(上海)有限公司, 2014.
- [7] 何安科. 基于 STM32 与光感传感器 BH1750 的无线路灯控制系统[J]. 企业科技与发展 2011(20): 15-17.
- [8] 王晓龙, 穆春阳, 张盼盼, 等. 基于 STM32 的智能笔筒设计[J]. 电子科技, 2015, 28(18): 43-46.
- [9] 倪天龙. 单总线传感器 DHT11 在温湿度测控中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用 2010(6): 60-62.
- [10] 张振环. 基于蓝牙的无线测量系统研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2008.
- [11] ROHM. BH1710FVC/BH1750FVI 应用手册[M]. 日本: ROHM, 2009.
- [12] 孙颖, 侯艳波, 张利利, 等. 基于 MP2481 和 BH1710 的自调光 LED 驱动器设计[J]. 电子器件, 2013, 36(1): 105-108.