

无线 LED 照明系统的设计应用

TI MCU 技术支持

摘要

短距离无线通信技术是目前新兴的通信网络技术，它的应用有效地克服了传统有线控制的弊端，使得系统更加智能化。此外，随着绿色照明与智能家居日益受到广泛关注，短距离无线通信技术也逐渐开始应用在相关领域。所以，针对于此，本文设计并完成了基于 TI CC430 系列和 UCC28810 的无线 LED 照明系统，旨在提供一种新颖、高效以及智能化的无线 LED 照明系统解决方案。

内容

1. 无线 LED 调光系统的简介
 2. 系统结构与总体方案设计
 3. 硬件电路设计
 - 3.1 RF 模块硬件电路设计
 - 3.2 触摸滑条的硬件电路构建
 - 3.3 传感器硬件电路设计
 4. 系统软件设计
 - 4.1 RF 模块实现
 - 4.2 触摸滑条的软件设计
 - 4.3 控制端/接收端软件设计
 5. 总结
- 参考文档

图

- 图 1. 系统的结构框图
- 图 2. 触摸滑条与 PWM 示意图
- 图 3. RF 前端电路
- 图 4. 基于比较器 B 的 RO 方式触摸感应原理图
- 图 5. 光敏传感器电路
- 图 6. 数据帧格式
- 图 7. RF 模块中 TX/RX 的流程图
- 图 8. 确定滑条位置的方法
- 图 9. 软件流程图
- 图 10. 系统整体硬件电路

1. 无线 LED 照明系统的简介

照明系统与人民生活息息相关，但目前绝大部分照明系统都是利用各类普通开关对灯具进行打开和关闭，灯光的亮度调节也是通过普通的调光开关进行相应的调节。每次进行照明系统的操作须走到开关处才能完成，且一个开关一般只对应一路灯具，导致需要安装很多开关，因此非常有必要设计一种集调光和开关一体的无线遥控发射接收装置以提升照明系统的智能化。这将有效地克服传统有线控制的弊端，减少线路布局，并使人们可自由的在任何地方都可对照明系统进行相应的操作。基于这种需求，本文设计了无线 LED 照明系统的解决方案，具有非常丰富的功能。具体来说有以下几种功能：

- 1、集中控制和多点操作的功能；
- 2、软启动功能：开灯时，灯光由暗渐亮，关灯时，灯光由亮渐暗。避免大电流冲击，保护照明系统，延长使用寿命；
- 3、灯光明暗调节功能：调节不同灯光的亮度，操作方便；
- 4、全开全关和记忆功能；
- 5、定时控制功能；
- 6、亮度自适应调节；

2. 系统结构与总体方案设计

本文设计采用了 TI 的 CC430 无线通信平台，该平台融合了基于 16Bit 的超低功耗 MSP430 内核以及业界领先的不足 1GHz 的 CC1101 RF 收发器之上。完美的结合实现了独特的低功耗/高性能组合与前所未有的高集成度，带来更为先进的高选择性与高阻塞性能，确保即使在噪声环境下也能实现可靠通信。能够充分利用其高达 25MHz 的峰值执行性能，且功耗仅为 160uA/MHz。针对基于 CC430 的设备，TI 提供了种类丰富的 MSP430 MCU 外设集，如 12-Bit 的 ADC、LCD 驱动以及比较器等高性能数字与模拟外设。此外，还具有 AES-128 硬件安全模块确保通信的安全性。

无线 LED 照明系统的整体框图如图 1 所示。其中控制端部分设计为采用双节 AA 电池供电的

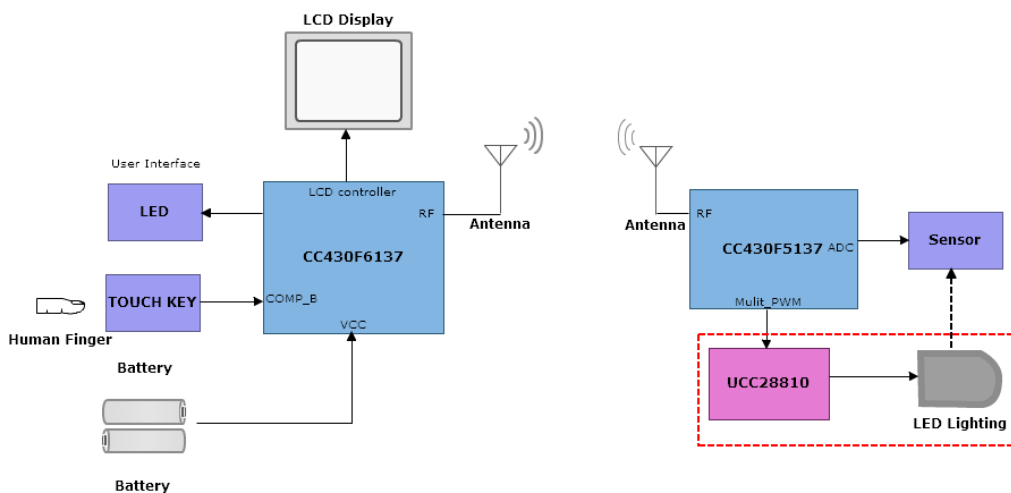


图 1 系统的结构框图

手持式遥控模块，其基于 CC430F6137，带有段式 LCD 驱动，丰富的 I/O 口资源，以及能够构建触摸功能的比较器；而接收端则基于 CC430F5137，其带有 12-Bit 的 ADC 以及多通道的

PWM 模块。通过在控制端 CC430F6137 的比较器 B 上构建触摸滑条与按键功能，对滑条的触摸位置进行检测并转换为 PWM 的占空比，通过双边的 RF 模块发送/接收相应的调制参数，再由接收端 CC430F5137 产生调节 LED 灯亮度的 PWM 信号，对驱动模块 UCC28810 进行调制，如图 2 所示。

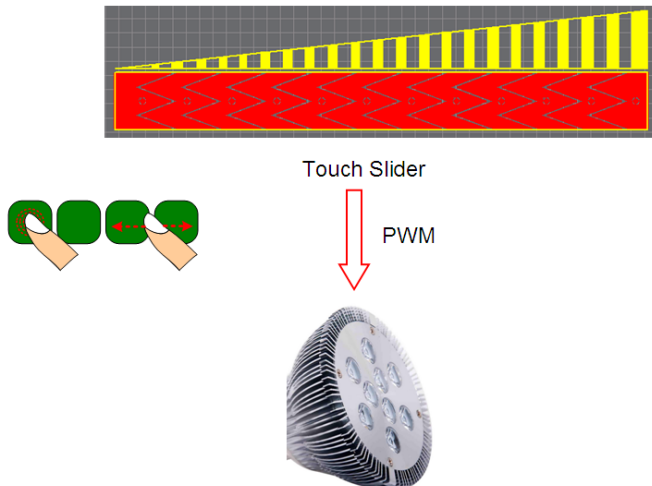


图 2 触摸滑条与 PWM 示意图

3. 硬件电路设计

3.1 RF 模块硬件电路设计

CC430 的射频模块使用的是业界领先的不足 1GHz 的 CC1101 RF 收发器，该部分是基于 RF 频率的直接合成，其射频合成器包括一个完整芯片的 LC-VCO 和一个对接模式的混频器进行频率合成。该射频的接收单元将 RF 信号通过低噪声放大器(LNA)进行前置放大，再对其中频信号进行滤波、数据解调以及同步包等工作。CC430 支持的频率范围为：300MHz~348MHz；389MHz~464MHz；779MHz~928MHz；在本设计中使用的是 433MHz 的载波频率，鉴于应用场合其要求的传输速率较低，因此选用的是 3.2Kbps；并通过 PATABLE 对输出功率进行调整，满足不同的距离需求。

RF 模块的硬件电路在整个系统设计中尤为重要，如图 3 所示。图中的 C5，C9，L3 以及 L8 形成一个平衡转换器，用以将 CC430 上的差分端口 RF_N/RF_P 平衡电路转换成单端不平衡的 RF 信号，方便将振子流过电缆屏蔽层外的高频电流截断。图中的 L5，C10 和 L4 构成了带通滤波器；L2，L6 和 C8 构成低通滤波器。在本设计中 RF 的天线采用的是鞭状天线或者陶瓷天线。

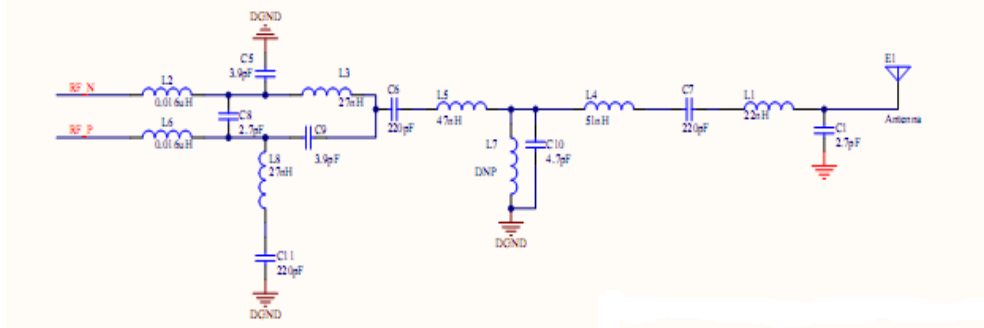


图 3 RF 前端电路

3.2 触摸滑条的硬件电路构建

在本设计中，控制端部分为手持式遥控模块。其设计的人机交互界面主要是 LCD 显示以及触摸按键。其中将触摸滑条的功能用于调节 LED 的亮度，是系统中较为形象与新颖的设计之一。其充分利用了 MSP430 的自身资源特性，在 CC430F6137 集成的比较器 COM_B 以及 PCB Layout 的传感电容上，构建了基于弛张振荡方式(RO)的触摸按键功能，由于在 COMP_B 中自带有 REF 参考电压配置网络，因此无需像 COMP_A 那样使用外部硬件方式实现参考电压网络。其原理如图 4 所示，主要通过 TimerA 测量 RC 振荡电路在固定时间内的振荡次数，当人手触摸在传感电容上，会改变其自身电容值，使得对应的振荡次数发生明显变化，以此来判断触摸/非触摸的状态。构建一个 4/5 级触摸滑条与 2 个触摸按键。

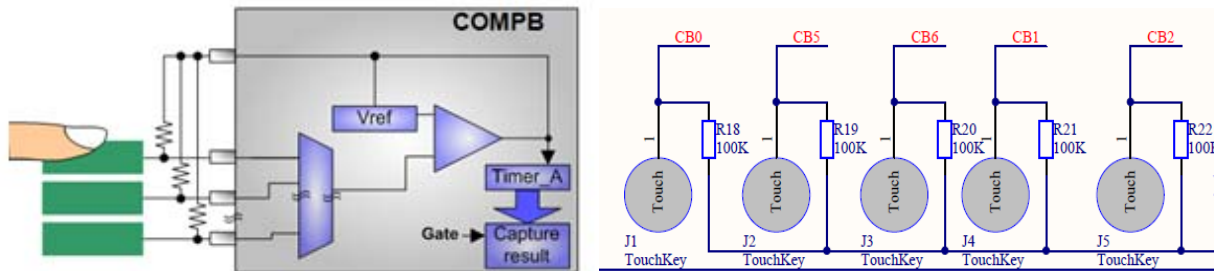


图 4 基于比较器 B 的 RO 方式触摸感应原理图

3.3 传感器硬件电路设计

光敏传感器的使用使得 LED 照明系统能够实现亮度自调节功能，硬件电路如图 5 所示。光敏传感器使用的是光敏电阻，因其有着良好的光电特性以及价格优势，非常适合于光强检测场合的使用。系统中主要通过对 V_o 电压的检测，反映光强的变化，进而对 PWM 进行相应的调制。

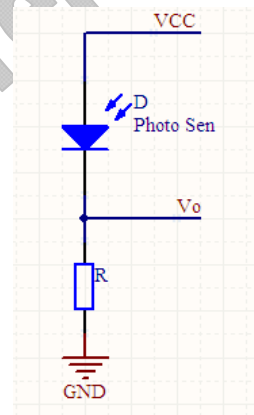


图 5 光敏传感器电路

4. 系统软件设计

4.1 RF 模块实现

在整个系统中，RF 模块是通信传输的桥梁，双边都须进行协议相同的 RF 软件模块设计。其发送模式和接收模式的数据包主要通过 FIFO 来进行处理，一帧的格式如图 6 所示：

- ✓ 前导码

- ✓ 同步字
- ✓ 可选长度位
- ✓ 可选地址位
- ✓ 数据段
- ✓ 可选 CRC 字

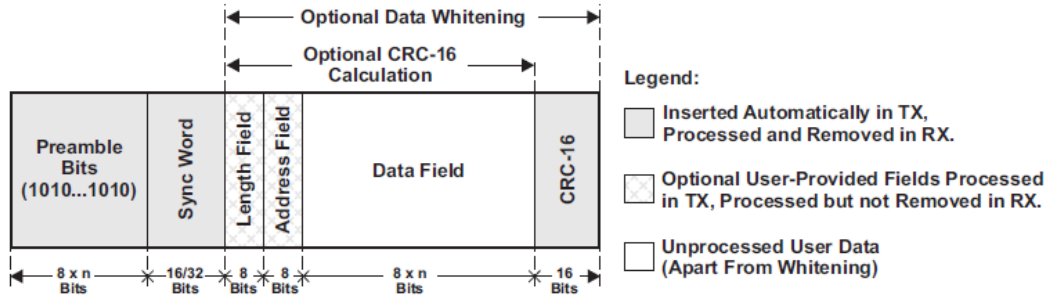


图 6 数据帧格式

在设计时采用固定帧长度模式。通过对寄存器 PKTLEN (= <FIFO size>) 的设定。

```

TxBuffer[0] = PACKET_LEN;
TxBuffer[1] = host_address;
TxBuffer[2] = slave_address;
TxBuffer[3] = mode;
TxBuffer[4] = pwm_data;
TxBuffer[5] = TxBuffer[0]+TxBuffer[1]+TxBuffer[2]+TxBuffer[3]+TxBuffer[4];
    
```

在发送时，在 TX FIFO 中的数据段包括数据长度，主机地址，从机地址，控制模式，控制 PWM 参数，数据段 CRC 校验。其中，主机地址标识了控制端的地址；从机地址包括两种地址：广播地址与独立地址，主要是用于集中控制与多点操作。控制模式提供了可选的模式选择，控制 PWM 参数用于 LED 亮度调节。

在接收时，RF 的解调器和数据包处理器将寻找一个有效的前导和同步字。当找到后，解调器将获得前导位和字同步，然后对接收的地址信息进行比照，首先判断数据包是否来自控制端，然后响应含有广播地址或者本机地址信息的数据。其发射/接收的流程图如图 7。

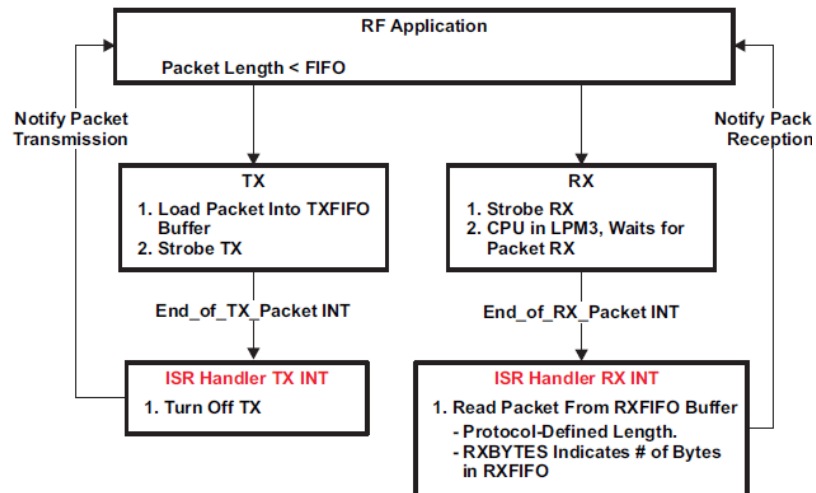


图 7 RF 模块中 TX/RX 的流程图

在对射频寄存器的配置过程中，主要通过 SmartRFstudio 来进行设置，输出 RFRegSetng.c 作为射频的配置文件。

4.2 触摸滑条的软件设计

触摸滑条是由多个触摸按键组合而成，通过为每个触摸按键分配多个位置，可以实现简单的触摸滑条功能。在设计通过 4~5 个按键构成一个触摸滑条，如在每个触摸按键上创建 8/16 个位置，则可提供 32/64 个单独步阶检测。其识别的步阶数是对电容变化量的反映，电容变化幅度越大，测量的 Delta 值越大。通过设置一个系统能够达到最大响应的上限值，用该最大的 Delta 值除以每个按键所需的步阶数，再由每个按键经过加权计算后将产生 1 至 32/64 步阶的线性结果，如图

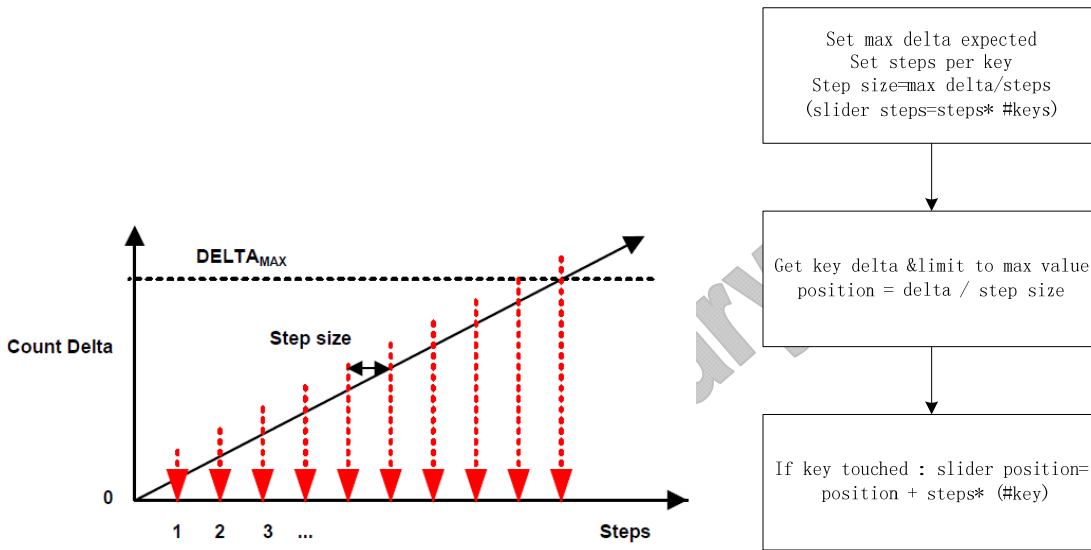


图 8 确定滑条位置的方法

4.2 控制端/接收端软件设计

控制端/接收端软件的流程图如图 9 所示，其中虚线上方为控制端 CC430F6137 的软件设计，在 Stand By 模式时保持 MSP430 的低功耗模式，以满足控制端遥控器对能耗的要求。通过对模式选择的操作实现集中控制和多点操作，而触摸滑条的处理通过将 Position 转换为 PWM 由 RF 发送至接收端 CC430F5137。接收端则处理来自控制端的数据包，对 LED 照明进行亮度调节，或自动调节。本设计的软件采用 C 语言编写，整个程序包括的子模块有：模式选择模块，触摸滑条检测模块，数据发送/接收模块，PWM 转换模块，传感器检测模块等几个部分。

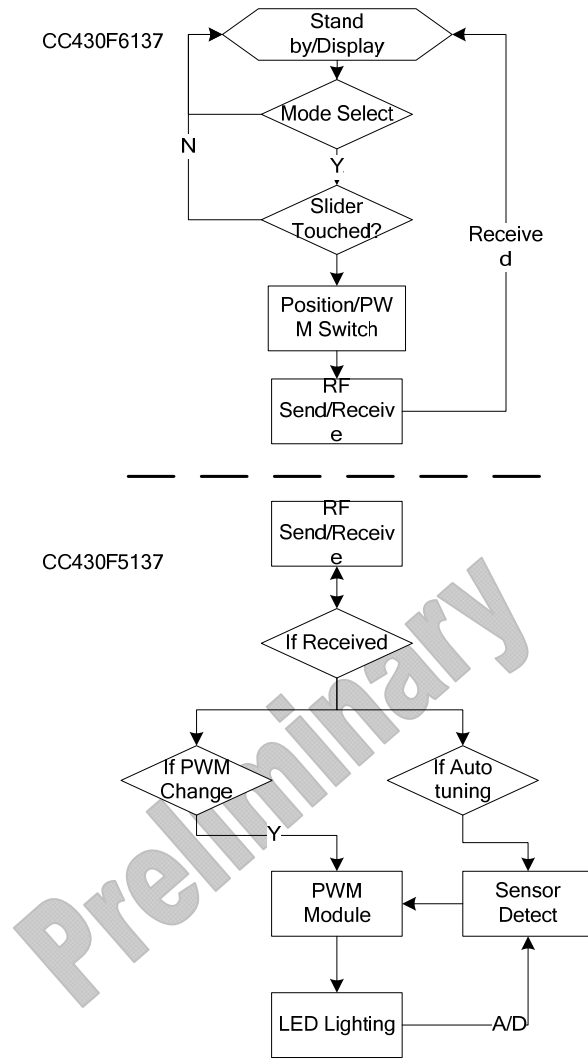


图 9 软件流程图

5. 总结

本文主要描述了以 CC430 为控制核心的无线 LED 照明系统的设计。整个系统经过软/硬件设计与调试使得功能基本得到实现，系统实际硬件电路如图 10 所示。实测过程中能够有效地进行集中控制和多点单独控制，定时控制，自动调光等预设功能，满足当前市场对此类解决方案的功能要求。

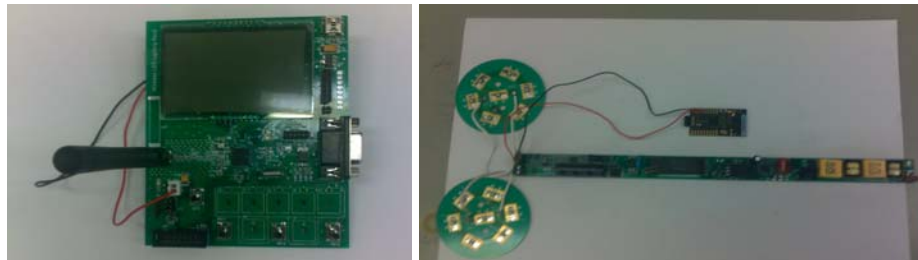


图 10 系统整体硬件电路

Overwrite this text with the Lit. Number

参考文档

1. CC430 Family User's Guide
2. CC430 F613x, CC430F612x, CC430F513x MSP430 SoC with RF Core Datasheet

Preliminary