

基于 Zigbee 技术的 LED 灯光控制器的设计及应用

本设计主要是将 Zigbee 无线技术应用在 LED 照明工程中,解决了白炽灯耗电严重,使用寿命短的问题,同时解决照明工程中布线复杂、高功耗、资源浪费大、受距离限制、维护困难的问题。基于 Zigbee 技术具有短距离、低功耗、低数据速率、低成本、低复杂度等优点,设计出基于 Zigbee 技术的智能家居 LED 灯光无线控制系统。主要利用 Zigbee 无线自组网技术,实现了对 LED 灯的开关和亮度调节的无线控制,并且功能细致可以分为单个灯光控制和局域灯光控制。

目前我国大力推行用 LED 灯取代白炽灯的政策,而且将在五年内实施完成,这一政策解决了照明耗电严重,使用寿命短的问题,此外,工程布线繁琐安装复杂,不易移动控制,能量消耗大、施工周期长、后期维护困难等这些问题仍然需要解决,Zigbee 技术的广泛应用给目前的问题提供了一种解决方式,并且对于家庭生活和办公楼宇而言达到了方便快捷的目的,对于综合管理人员达到高效安全目的。文中提出了一种 Zigbee 无线自组网技术与 LED 节能灯相结合的设计方案,实现对 LED 灯的亮度进行连续调节和远程控制的功能,详细的介绍了软硬件设计系统。

Zigbee 无线技术

Zigbee 技术是一种应用于短距离范围内,低传输数据速率下的各种电子设备之间无线通信技术,是一组基于 IEEE 批准通过的 802.15.4 无线标准研制开发的,这就确定了可以再不同制造商之间共享的应用纲要。Zigbee 兼容的产品工作在 2.4 GHz 这个全球通用的免费开放频段,这个频段提供了 16 个传输信道,每次通信都会自主选择一个最干净干扰最小的信道进行数据传输。在网络层方面,可以采用星形和网状拓扑,根据节点的不同功能,可分为中央协调器 Coordinator,路由节点 Router 和终端节点 FFD。在这 3 种拓扑结构中,在星型网络中不易实现 Zigbee 的高级特色功能,即路由功能的,每个 Zigbee 设备只能和 PAN-C 直接通讯。网状网络是最复杂的,允许路由,而且路由的路径是自动计算出来的最佳路径,而且网络建立后,任何一个设备失效,网络中的设备会重新计算路由的路径,使得不影响网络其他设备正常通讯。

所以本系统采用的是树状网络结构,简单且易于实现功能。

1 Zigbee 的优点与特性

1) 低功耗是 Zigbee 技术最具优势的地方。在通信状态,Zigbee 终端耗电在几十毫瓦左右,在省电模式下,耗电仅仅几十 μ W,相当有一节干电池可以工作近一年。

2) 可靠性: 采用避免碰撞机制, 同时为需要固定带宽的通信业务预留了专用时隙, 避免发送数据时产生冲突; 节点模块之间具有自动动态组网的功能, 传递的信息在整个 Zigbee 网络中通过自动路由的方式进行传输, 从而保证了信息传输的可靠性。

3) 网络容量大: 在同一个 WPAN 上, 可以存在 65 536 个 ZigBee 装置, 彼此可通过多重跳点的方式传递信息, 而且具有无线网络自愈功能。

4) 有效范围大: 有效范围在 10~75 m 之间, 如果前置功放可以达到 1 000 m 的通信距离。

5) 成本低: Zigbee 数据传输速率低, 协议简单且免收专利费, 所以降低成本。

2 Zigbee 无线组网原理

在网络层中, ZigBee 定义了 3 种角色: 第一个是中央协调器 (Coordinator), 负责建立网络, 以及分配网络各个节点地置; 第二个是路由器 (Router), 主要负责查找网络、建立以及修复数据的路由路径, 并负责转送数据, 路由器可以与协调器通信, 也可以与终端节点进行通信, 路由之间也可以进行通信; 第三个是终端节点 (FFD), 只能选择加入已经形成的网络, 可以与路由器进行收发数据信息, 但不能转发信息, 不具备路由功能。通信图解如图 1 所示。

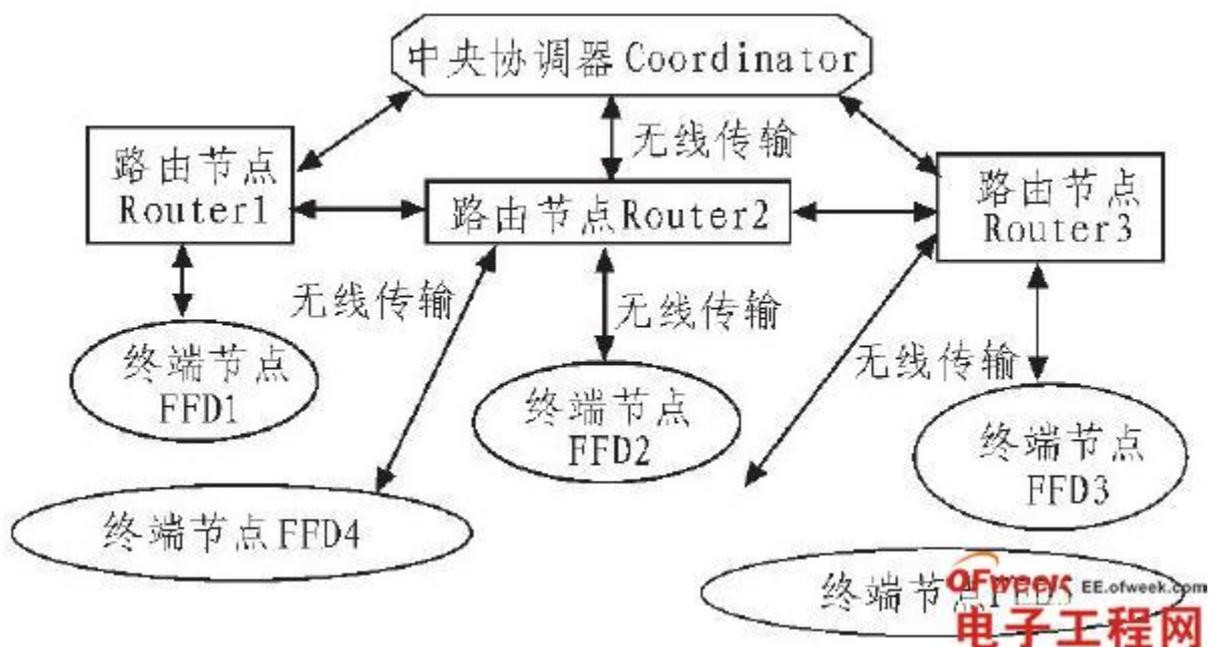


图 1 通信图解

工作原理：系统中每个终端节点或路由器分别控制一盏灯或多盏灯，每个节点会有单独的网络地址，手持控制终端通过无线模块发送命令到协调器，协调器将收到的命令通过无线传输发送到各个节点。

系统硬件设计

调光功能的实现方法可分为两种：类比和脉冲宽度调变（PWM）。采用类比调光技术时，只需将白光 LED 的电流降至最大值的一半，就能让屏幕亮度减少 50%。这种方法的缺点是 LED 光色会移动，且需要类比控制讯号，所以本系统采用 PWM 调光技术。PWM 调光技术会提供完整电流给白光 LED，但会减少电流负载周期，进而达成调光的要求，例如要将亮度减半，只需 50% 的负载周期提供完整电流。PWM 讯号频率通常会超过 100 Hz，确保这个脉冲电流不会被眼睛察觉，PWM 频率的最大值需视电源供应的启动和反应时间而定；为了得到最大弹性，同时让整合更简单，白光 LED 驱动器最高应能接受 50 kHz 的 PWM 频率。

硬件系统是由 LED 灯驱动模块、LED 电源驱动模块和 Zigbee 无线传输模块等组成。硬件电路逻辑框图如图 2 所示。

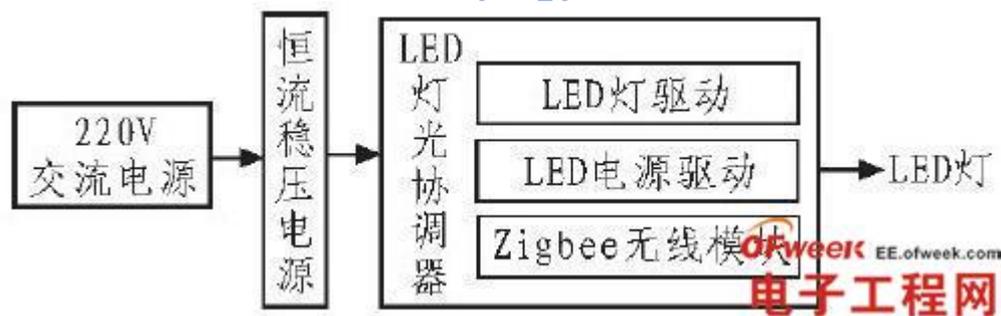


图 2 硬件电路逻辑框图

LED 灯驱动部分采用 PT4207 驱动芯片，PT4207 是一款高压降压式 LED 驱动控制芯片，用于驱动一颗或多颗 LED 灯，其输入电压范围为 20~450 V，可以实现 85~265 VAC 范围内稳定可靠的工作，并保证系统的高效能。同时内置的输入电压补偿功能极大地改善了不同输入电压下 LED 电流的稳定性。PT4207 还具有负载短路保护、开路保护和过温保护等功能。其专用调光管脚可直接接受 PWM 脉冲调光，将 PWM 信号加到 DIM 脚。PWM 信号低电平要小于 0.35 V，高电平在 2.5~5 V 之间，为达到较好调光效果，PWM 信号脉冲频率最好小于最低工作频率的 1%。简单驱动原理图如图 3 所示。

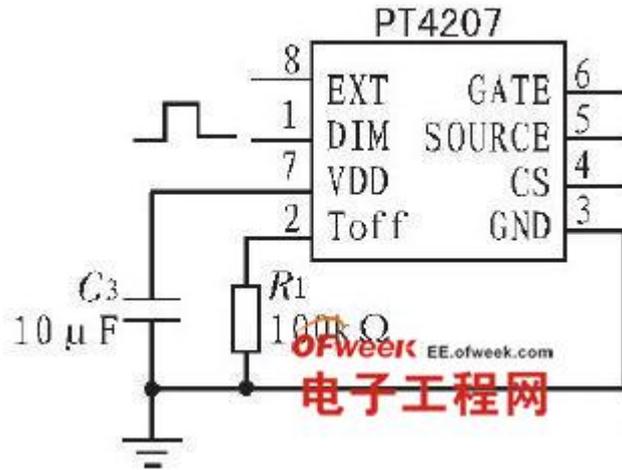


图 3 PT4207 的驱动原理图

Zigbee 无线通信模块主要采用 CC2530. CC2530 是用于 2.4-GHz IEEE 802.15.4、ZigBee 和 RF4CE 应用的一个真正的片上系统 (SoC) 解决方案。它具有极高的接收灵敏度和抗干扰性能, 能够以非常低的总的材料成本建立强大的网络节点。CC2530 结合了领先的 RF 收发器的优良性能, 业界标准的增强型 8051 CPU, 系统内可编程闪存, 8-KB RAM 和许多其他强大的功能。CC2530 具有 32/64/128/256KB 四种不同的闪存版本, 本系统采用的是 256KB 闪存。CC2530 具有不同的运行模式, 使得它尤其适应超低功耗要求的系统, 运行模式之间的转换时间短进一步确保了低能源消耗。本系统是通过改变 PWM 输出进而改变灯光亮度, CC2530 的定时器 1 是一个 16 位定时器, 具有定时器/PWM 功能。它有一个可编程的分频器, 一个 16 位周期值, 和五个各自可编程的计数器/捕获通道, 每个都有一个 16 位比较值。一个 16 位捕获寄存器也用于记录收到/发送一个帧开始界定符的精确时间, 或传输结束的精确时间, 还有一个 16 位输出比较寄存器可以在具体时间产生不同的选通命令(开始 RX, 开始 TX, 等等)到无线模块。每个计数器捕获通道可以用作一个 PWM 输出或捕获输入信号边沿的时序。定时器 2 是专门为支持 IEEE802.15.4 MAC 或软件中其他时槽的协议设计。定时器 3 和定时器 4 是 8 位定时器, 具有定时器/计数器/PWM 功能。

系统软件设计

软件开发环境选择 IAR Embedded Workbench for MCS-51 7.51A 作为 Zigbee 开发的 IDE. 在 TI Z Stack 协议栈的基础上, 编写了系统的应用程序代码, 用 VC 编写上位机程序。

Z Stack 提供了丰富的调试函数调试接口。系统软件主要包括协调器节点程序、路由器节点程序。协调器是第一级节点, 负责组建网络, 网络组建好后会分配节点 ID 地址, 协调器接收到手持控制终端发送的命令, 发送控制命令到节点就可以实施相应控制, 如图 4 是协调器的工作流程图。

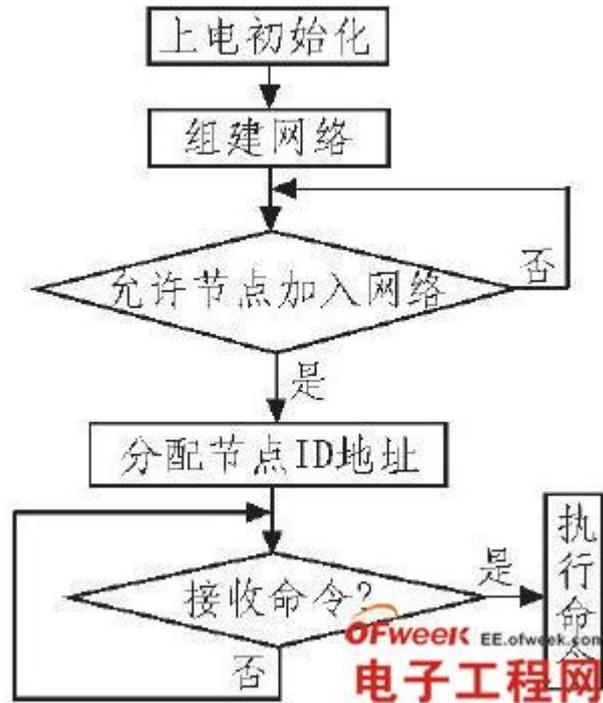


图 4 协调器工作流程图

以下扩展到第 2 级、第 3 级甚至多级，只要在同一网络就可以实施相应控制，协调器接收命令同时将控制命令发送到路由器或者终端节点，如果直接发送命令给路由器，路由器就会执行相应命令，也可以通过路由器发送给终端节点，由终端节点执行相应命令。如图 5 是路由器（包含终端节点）工作流程图。

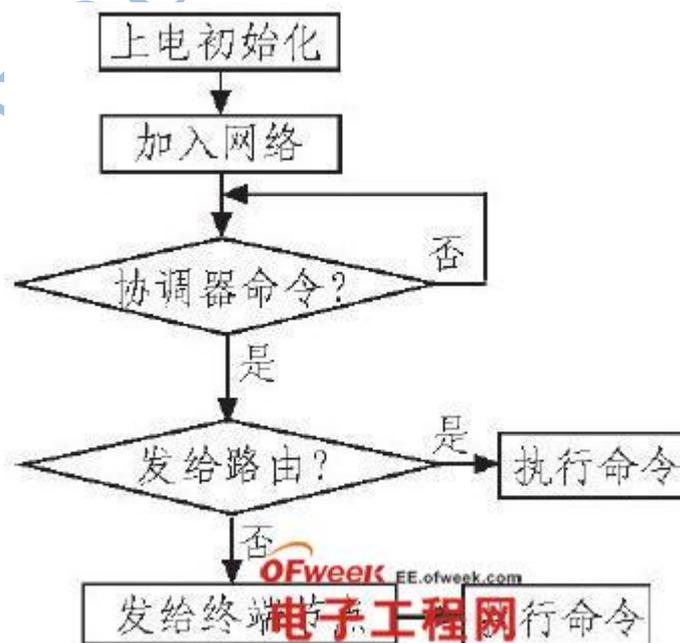


图 5 路由器（包含终端节点）工作流程图

功能实现

控制终端是一手持遥控器，遥控器内设置了无线收发模块，在组建网络时将遥控器加入网络，遥控器会自动识别每一节点的 ID 地址，通过对节点发送命令实现控制。可以对单个灯进行亮度调节，即向单个节点发送控制命令，也可以将部分节点组建一个局域网络存储到遥控器中，对这个局域网络发送命令就可以实现局域网内所有节点的灯光控制。

结论

通过 Zigbee 技术实现了对灯光的无线控制，解决了家庭内部网布线复杂、扩展性差、价格高、功耗高和通信范围存在盲区等问题，实现了家庭住宅或者办公场所的无线通讯，所构建控制系统具有低功耗、低成本，开发方便，易于扩展等特点，而且通过手持遥控器进行控制给人们带来了便利。由于国家大力推行使用 LED 节能照明灯，所以 Zigbee 无线灯光控制方面具有广阔的市场，同时可以进一步扩展到智能家居中对家用电器进行无线控制，甚至远程无线控制。基于 Zigbee 技术的各种优点，其在物联网上的发展空间会很大，尤其是学校的宿舍，教学楼，图书馆或者食堂。