

基于无线供电的新型磁悬浮 LED 灯的研制

缪文南

(华南理工大学广州学院 广州 510800)

摘 要: 针对传统台灯的功能单一,安全性低的等问题,提出一种将无线供电、电磁悬浮技术和脉冲宽度调制(PWM)技术相结合的 LED 灯设计方案。利用谐振电磁耦合功率传输原理实现无线供电,采用电磁悬浮技术将灯头和底座分离,并利用 STC12 单片机和 PWM 技术实现对灯光的控制。最后设计了手机 APP 程序,通过 HC-05 蓝牙技术对 LED 灯进行灯光和颜色的无线控制。在这些技术的基础上,成功研制了一种新型的磁悬浮 LED 灯,灯头悬浮在底座上旋转发光。该灯饰具有安全便利、多级调光性能等特点,具有良好的市场前景。

关键词: 无线供电;电磁耦合;磁悬浮技术;STC12 单片机;手机 APP

中图分类号: TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510. 8040

Development of a new magnetic levitation LED lamp based on wireless power supply

Miao Wennan

(Guangzhou College of South China University of Technology, Guangzhou 510800, China)

Abstract: In view of the single function of the traditional desk lamp and low security, this paper proposes a scheme to realize the LED lamp which combines the wireless power supply, the electromagnetic suspension technology and the pulse width modulation (PWM) technology. The principle of resonant electromagnetic coupling electric energy transmission is used to realize the wireless power supply. The lamp head and the base are separated by the electromagnetic suspension technology, and the control of the light is realized by using the STC12 MCU and the PWM technology. Finally, the mobile phone APP program is designed, and the HC-05 and Bluetooth technology is used to control the LED lamp's lighting and color. Based on these technologies, a new type of magnetic levitation LED lamp has been successfully developed, and the lamp holder is suspended and rotated on the base. Lighting has the characteristics of safety and convenience, multi-level dimming and so on, and has good market prospects.

Keywords: wireless power supply; electromagnetic coupling; maglev technology; STC12 microcontroller; mobile phone APP

0 引 言

随着人类文明的发展,人们对居住环境要求越来越高,不仅希望舒适便捷,而且还要有智能性,即让家居拥有感应、感知、通信和计算等功能,于是出现了智能家居的概念。实现智能家居的目的是为了对家居环境的智能化管理,改变人们的生活方式,为用户提供人性化和智能化的居住环境^[1]。

传统台灯灯光单一且功能单一,电源直接供电,结构复杂,又不美观^[2-5]。为了解决这些问题,本文设计了磁悬浮控制的智能 RGB(red green blue)灯,是以 STC12 为主要控制器,加入磁悬浮技术和无线供电技术^[6],同时以 HC-05

蓝牙为无线传输的传感器。该智能灯可通过手机 APP 无线控制让 RGB 灯亮出 512 种颜色,具有极强的视觉冲击。

1 系统总体方案

电磁悬浮技术用于将灯的底座与灯头脱离,电磁谐振耦合的无线供电模式用于为灯供电,系统方案如图 1 所示,由电磁悬浮模块、无线供电模块、控制系统、手机 APP、RGB 驱动模块和语音模块组成。

电磁悬浮模块由磁悬浮模块驱动电路和永久性磁铁组成。在下方的永久性磁铁与磁悬浮模块驱动电路相连接。磁悬浮模块驱动电路会形成一个电磁场使在空中的磁铁稳定。实现磁铁对悬浮物体的磁应力作用。在磁体的两端

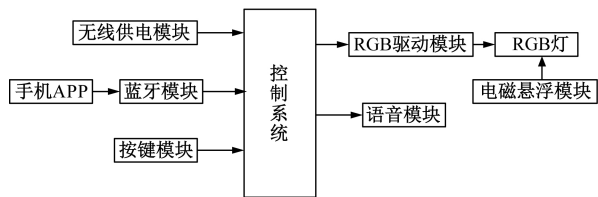


图 1 系统方案

分别装有霍尔传感器,当位置发生偏移时,会引起差分信号的不同,从而引起电磁铁绕组的电流不同,因而产生的电磁力变化,通过不断自动调节,使得电磁力与灯头的重量相同,灯头可以悬浮。

能量通过电磁耦合的无线电源传输到接收线圈。当无线供电接收线圈接收到能量时,接收侧进行整流、滤波、稳压等,将交流电变成稳定的 5 V 直流电。STC12 单片机和向悬浮在空中的 RGB 灯等用电元件供电,同时通过蓝牙传输数据给 STC12,通过 PWM 算法控制 RGB 灯的颜色变化。

2 无线供电模块

2.1 无线供电模块的分析

无线电能传输技术也称为非接触电能传输技术,它是一种传输模式,其中电能通过空间不可见的软介质(电场、磁场等)从电源传输到电气设备的负载^[7]。实现了电源和用电设备负载的完全隔离,摆脱了电线对设备的束缚^[8]。近年来,随着科学技术的发展,无线电能传输技术得到了广泛的应用,特别在 2007 年,麻省理工学院的 Marin 教授提出了一种磁耦合谐振式无线电能传输技术,该技术利用磁场的近场耦合原理,通过构建两个半径为 30 cm 的发射和接收谐振器线圈,60 W 的灯泡在 1.9 m 之外成功点亮,开辟了无线电能传输技术的一个新方向^[9]。

2.2 无线供电模块的设计

谐振耦合式输电系统的是在高频(1 MHz 左右)下工作,并且高频电源需要输出一定量的功率并具有高效率,因此需要一定的补偿^[10]。由于电容和电感器在高频下均有高频效应,因此也要考虑其产生的影响。谐振耦合式无线供电模块的框架如图 2 所示,该模块通过整流器将 220 V 交流电变成直流,然后通过高频功率放大电路转换成高频交流电;发送端谐振电路通过谐振耦合将高频交流电传送到谐振电路,并将能量传送到负载以完成整个电力传输。

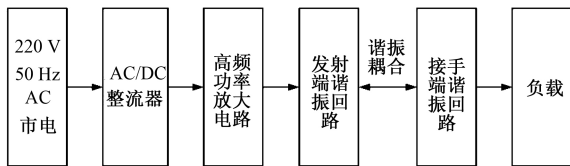


图 2 谐振耦合式输电系统框架

智能照明系统的无线供电电路分为发射部分和接收部分。无线电源部分传输能量的方式为电磁耦合的方式。无线电源电路的接收线圈和发射线圈距离约为 3 cm,灯罩上方的电路接收 5 V 的电压。5 V 直流电可以驱动一个 4 W 的 RGB 灯正常发光。

无线供电发射驱动电路如图 3 所示。VCC 的电压为 15 V。该发射电路的 OUT1、OUT2 连接到线圈 P1,用于以约 200 kHz 的频率发射能量。15 V 的直流电经过 VCC,经过 Q1,在经过 R1,在经过 XKT-801,通过 XKT-801 芯片产生一个 200 kHz 的脉冲频率,根据 $T = (R2 + R5)C5$, $f = 1/T$,经过 xkt-1511 再到线圈,通过一系列芯片的处理,可以将 15 V 的直流电转化为 200 kHz 的高频交流电,在通过线圈以电磁波的形式发射给接收线圈。

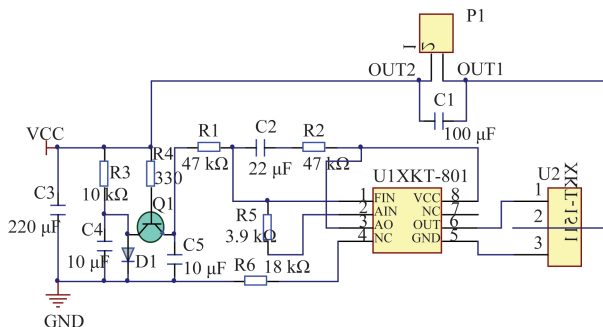


图 3 无线供电发射驱动电路

无线供电接收驱动电路如图 4 所示。IN1 和 IN2 接收线圈,收到的高频能量,经过电容整流滤波后,在经过 XKT-3169 进一步整流滤波,在 XKT-3169 的 OUT 端口输出稳压在 5 V,得到稳定的 5 V 直流电。OUT3 和 OUT4 输出稳定的 5 V 直流电。图 4 中的发光二极管作为电源指示灯的作用,以确定无线电源的接收部分是否正常。

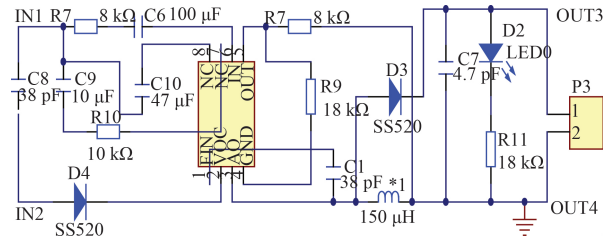


图 4 无线供电接收驱动电路

3 电磁悬浮系统分析与设计

3.1 电磁悬浮系统工作原理

电磁悬浮系统需要解决的问题主要是不稳定系统的反馈稳定。霍尔传感器放置在电磁铁的上端和下端,测量电路使用差分电路。当电磁铁处于中间位置时,差分电路输出为 0;当电磁铁偏移时,两个霍尔传感器的输出电压有差异,差值用于调整电磁铁的位置。

对于任何永磁体的信号干扰,无论是稳定或高频的

PWM 噪音都会产生一定程度的补偿,只有位置信息的分量留在反馈信号中,信噪比大大提高^[11]。电磁悬浮控制系统工作流程如图 5 所示。首先手动设置浮动位置,并使用霍尔传感器将位置的信号转换为相应的电信号,然后通过差分放大电路处理该信号,来控制电磁铁线圈中的电流大小,使得悬架的位置保持不变。当悬架因扰动而移位,可通过闭环反馈调节来稳定系统。

3.2 电磁悬浮系统硬件构成

磁悬浮电路由两块永久性磁铁和一个磁悬浮驱动电路组成。霍尔传感器检测电磁场的电磁分析,系统自动调整两个永磁体的位置,使得永磁体达到平衡状态。磁悬浮驱动电路(只有左半部分)如图 6 所示,该电路为左右对称电路,只要分析一边即可。最左边的是线圈 L1,和两个 3 脚

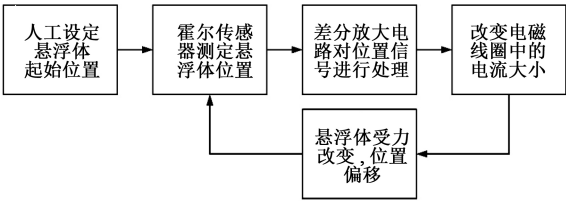


图 5 电磁悬浮控制系统工作流程

的霍尔传感器 3503(输出线形量)。该图的原理是通过霍尔传感器感受磁铁磁性并且经过两级的 LM324 比较,得到磁铁稳定在空中的。分析左半部分的电路:当输出低电平,经过 LM324 反相端,比较后输出到两个后级的 LM324,放大再到线圈。

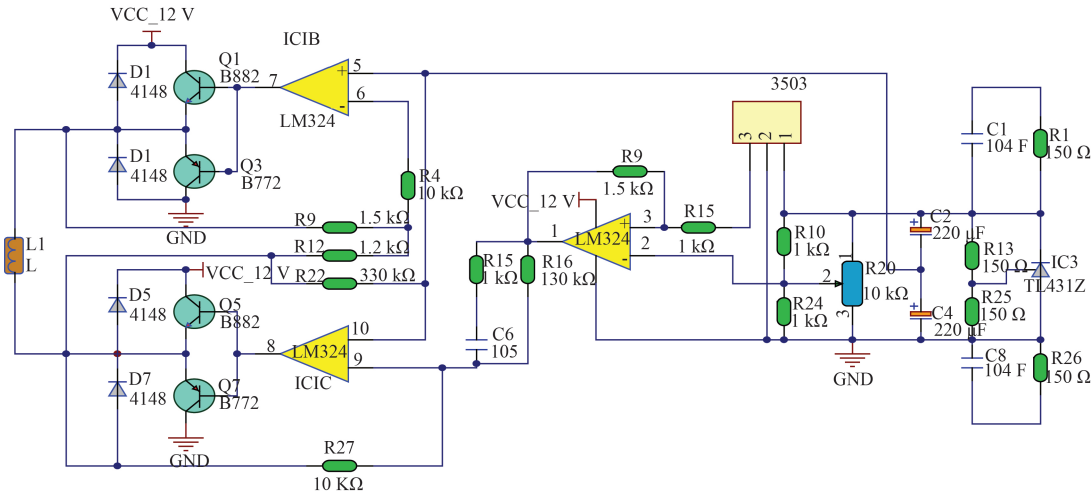


图 6 磁悬浮驱动电路

磁铁的轻微扰动引起空间磁场变化,霍尔元件 3503 将这种变化引入线性电位信号反馈。R6 为 10 kΩ 电阻的分压允许运输放大器输出具有直流偏置,以防止三极管在截止区域中工作区(调节静态工作点)。10 kΩ 电位器的作用是调节霍尔元件信号的平衡位置,调节磁铁使在空中的磁铁不会偏移,两级运放间 RC 滤波器是滤除纹波让线圈的磁场更平稳。通过两级运放和三极管放大霍尔元件的反馈信号,磁场若有扰动,就会改变线圈电流变化让磁场趋于恒定。

4 PWM 技术和手机 APP 设计

通过单片机控住 ULN2803 输出 PWM,控制 RGB 灯亮灭的时间。根据每个灯亮的时间,组合出不同的颜色。本智能灯设置每种颜色的灯为 8 个灰度。共有 3 种颜色,理论上可是设置 512 种颜色。智能灯的底部有按键引出。按键可以控制灯的亮灭,控制 RGB 灯颜色变换等。让智能灯提供多种控制方式。通过按键控制音乐和灯光的组

合,调节出不同的室内环境。

本系统通过 HC-05 蓝牙和手机 APP 系统进行通信^[12-15]。APP 可以控制智能灯的亮灭。手机 APP 的界面区域有一个色环区域,可以根据手机 APP 的色环区域的颜色调节 RGB 灯的颜色,手机 APP 界面如图 7 所示。同时可以通过手机进行点歌。根据不同的灯光颜色选择不同的歌曲。手机 APP 控制歌曲的播放,根据用户的需求选择对应的歌曲,可通过读卡器写入歌曲。

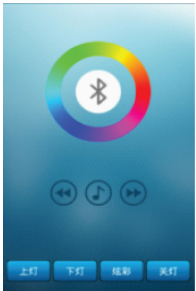


图 7 手机 APP 界面

5 测试与结果分析

5.1 无线供电模块性能测试

将无线电源模块的发射端接上电源,用万用表检测电压是否是 15 V,显示 15 V 则表示输入正常。然后检测发射线圈的发射电压,同时用示波器检测发射线圈的频率。若示波器检测出发射线圈的频率在 200 kHz,表示无线供电发射部分工作正常。无线电压接收部分两线圈相距 1.5~7 cm 范围时,检测电压看是不是正常输出 5 V,同时检测接收线圈的频率为 200 kHz,无线供电测试参数如表 1 所示。

表 1 无线供电测试参数表

两线圈距离/mm	接收线圈电压/V	接收线圈电流/mA
7	5	100
6	5	150
5	5	250
4	5	600
3	5	900
2	5	2 000
1	5	2 000

5.2 功能测试

新研制磁悬浮 LED 智能灯如图 8 所示,测试结果为 4 W 的 LED 灯泡相当于 50 W 白炽灯的亮度,但功率则小得多。经过实验证明,在离顶座 2~3 cm 处的灯泡可以正常发光,并且手机 APP 可以很好地控制 LED 灯。在本次设计的功能中,对以下功能进行了达标测试,测试情况如下:蓝牙成功连接率达到 98%;手机控制正确率达到 95%;磁悬浮磁铁实际悬浮高度 3~5 cm;无线供电实际输出功率 4 W;语音模块声音播放清晰;APP 界面正确显示率达到 99%。实现了多功能可调色并且有 APP 控制的磁悬浮灯的设计。



图 8 整体外观和作品内部图

6 结 论

本文采用 STC12 单片机为控制核心,采用了无线供电技术进行供电,采用磁悬浮技术实现了灯头与底座分离,

采用 PWM 技术实现亮度调节,开发了手机 APP,通过蓝牙模块对台灯颜色进行控制。利用上述先进技术,成功研制出一种新型磁悬浮灯饰和一套手机 APP,该台灯亮度和颜色可调,无线供电方便移动,磁悬浮增加了美观,通过手机 APP 方便控制。经实验测试该台灯功耗小,系统稳定,安全性高,方便控制,若再结合一些外围传感器进一步提高其智能化程度,具有较大的使用价值和市场前景。

参考文献

[1] 曹小兵.家居智能照明现状与发展趋势探析[J].灯与照明,2016,40(2):1-4.

[2] 王丽霞,柴海莉,王久和.LED 灯调光系统设计[J].信息记录材料,2018,19(2):82-84.

[3] 崔文婷,陈恒,高远,等.基于 Android 的 LED 控制设计[J].电子测量技术,2014,37(12):102-104.

[4] 熊强强,李丽英,齐志艺,等.一种基于 WiFi 环境下的简易 LED 照明系统设计与实现[J].电子测量技术,2017,40(8):231-234.

[5] 黄松峰,郑维清.基于单片机的 LED 灯照明红外遥控电路设计[J].宁德师范学院学报(自然科学版),2017,29(1):90-93.

[6] 徐晓美,朱思洪.磁悬浮技术及其工程应用[J].农机化研究,2005(6):192-194.

[7] 狄东照,张开如,顾华利,等.小功率磁耦合谐振式无线电能传输频率分裂的研究[J].科学技术与工程,2016,16(31):188-191,228.

[8] 张献,杨庆新,陈海燕,等.电磁耦合谐振式无线电能传输系统的建模、设计与实验验证[J].中国电机工程学报,2012,32(21):153-158.

[9] ANDRÉ K, ARISTEIDIS K, ROBERT M, et al. Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances[J]. Science, 2007, 317(5834):83-86.

[10] 李新恒,龚立娇,李阳.线圈方位对磁耦合谐振式无线电能传输系统性能的影响[J].科学技术与工程,2017,17(26):62-68.

[11] 张志强,毛晓波.新型非接触供电的磁悬浮灯饰的研制[J].电子器件,2017,40(1):188-193.

[12] 雷晓敏.基于 Android 的智能家居手持终端的设计[D].南昌:南昌航空大学,2014.

[13] 赵海涵.基于 Android 平台软件开发技术探析[J].电脑知识与技术,2014,10(36):8684-8685.

[14] 韩迪,李建庆.Android 实例详解项目实训开发[M].北京:北京邮电大学出版社,2016.

[15] 胡俊波.基于 Android 的智能家居系统 APP 的研究与设计[D].桂林:桂林电子科技大学,2015.

作者简介

缪文南,1985 年出生,硕士研究生、职称实验师,主要研究方向为嵌入式技术应用。

E-mail: 247527815@qq.com