

# 电动小车动态无线充电系统

杨天畅<sup>1</sup> 杜泽龙<sup>2</sup> 朱彦蒙<sup>3</sup>

(通信与信息工程学院 江苏 南京 210046)

## 一. 系统方案设计主要内容

### (一) 设计内容中文摘要

设计方案以 MSP430F5529 单片机为中心, 利用 LC 振荡电路产生谐振进行无线传能给小车以及整个系统供电。系统主要由单片机, 无线发射装置, 无线接收装置, 整流部分, 恒功率充电部分, 以及 5 个串联的 2.7V 20F 的法拉电容进行储能, 最后升压驱动电机。

### (二) 设计方案工作原理

#### 预期实现目标定位

小车在 A 点充电, 60 秒后断开电源, 使法拉电容中的储能越多越好, 并且小车可以按照题目中的要求进行循迹行驶, 充电以及停止。根据题意, 系统可分为无线传能模块, 整流模块, 恒功模块, 储能模块, DC-DC 变换电路模块。

【关键字】无线传能; 恒功率充电; 升降压电路; 电机驱动

## 二. 技术方案分析比较

### (一) 无线充电方案

#### 方案一: 电磁感应

发射端以及接收端分别带有线圈, 当两者靠近, 发射线圈基于一定频率的交流电通过电磁感应在接收线圈中产生一定的电流, 从而将点能量从发射端转移到接收端, 便开始从发射端向电容进行供电。

#### 方案二: 磁共振

磁振器是由一个小电容并联或串联的大电感线圈组成, 而同样的共振频率是能量转移的必要条件。比如两个线圈作为共振器, 发射端以 10MHz 频率振动向周围发散出电磁场, 而接受端需要同样以 10MHz 频率振动, 才能接收到这个传递过来的能量。相比于电磁感应, 基于磁共振的方式, 无线充电实现了长传输距离、高效的供电, 并且是一对多的供电方式。不过, 因为需要双方同时在同一共振频率, 所以电路调频是很重要的, 但这并没有那么的容易。

#### 方案三: 无线电波

原理是将环境电磁波转换为电流, 通过电路传输电流。这种无线充电方式传输距离大于 10 米, 适用于远距离小功率充电, 并且也可以实现自动随时随地充电。不过, 因为转换效率较低的原因, 如果用这一方式, 充电时间将比较长。

#### 方案四: WiFi 无线充电

这一充电系统主要包括两个组成部分, 一个是 Wi-Fi 接入点(路由器), 另外一个部分是定制的充电传感器。值得注意的是, 这一方式并不需要对传统的无线路由器进行更换, 只需要部署软件等方案, 而充电功能可与互联网接入功能并存, 不会互相造成影响。优点是边走边充, 对于用户来说很方便, 缺点是充电对象定位不易, 很浪费电量。

综上所述, 我们无线充电方案选择方案一。

### (1) 升压模块

方案一: 采用 7812 稳压在 12V, 给电机以及部分电路供电。

方案二: 采用最基本的 BOOST 电路, 通过开关管的通断控制电感、电容的储能与放电, 从而提高输出电压。

方案三: 采用集成升压芯片 MT3608, 将电容电压升至 12V, 给

电机供电。

综上所述, 我们升压模块方案选择方案三。

### (2) 整流电路

方案一: 采用四个肖特基二极管整流电路, 压降较大。

方案二: 采用一个肖特基二极管整流, 发射端的波形为半波, 所以可以直接单一二极管整流。

综上所述, 我们整流电路模块方案采用方案二。

### (3) 恒功率电路

方案一: 采用 INA282 检测电流, 利用 LM358 将 INA282 的电压反馈信号放大, 输送到 LM2596 的反馈引脚 FB 端, 利用 LM2596 实现恒功的自动控制。方案二: 采用 INA282 检测电流, 利用 LM358 将 INA282 的电压反馈信号放大, 输送到 HX1304F 的反馈引脚 FB 端, 利用 HX1304F 实现恒功的自动控制。

LM2596 方式更好理解, 因此, 我们选择方案一。

### (二) 系统结构工作原理

系统只由一个 5V1A 的电源供电, 通过无线发射电路模块, 将能量传递到后级, 由无线发射电路模块接收, 通过一个二极管进行半波整流后, 给法拉电容充电, 充电时有发光二极管作为指示灯。在充电 60 秒后, 电路自动断开充电模式。小车得到发车信号后, 将通过法拉电容放电给小车提供电力系统, 使小车沿着引导线跑圈。

### (三) 功能指标实现方法

(1) 小车将通过接收端处并联的发光二极管来显示电路中是否在充电。

(2) 小车将通过单片机程序来判断充电时间是否到达 60 秒, 60 秒后自动断开。小车通过比较器判断出发射线圈没有再工作时, 自动发车, 检测到 B 点时, 小车停止。

(3) 小车将通过单片机程序来判断充电时间是否到达 60 秒, 60 秒后自动断开。小车通过比较器判断出发射线圈没有再工作时, 自动发车, 沿着引导线跑圈。将通过尽量增大法拉电容中储能的多少来使小车行驶距离增大。

(4) 在动态传能过程中, 尽量使小车在经过充电点时放慢速度, 使充电效率提高, 储能增多, 180 秒停止充电后, 可跑的余下距离更长, K 值越大。

### (四) 测量控制分析处理

在制作完成测量参数过程中, 将直流电源输出设置在 5V1A, 保证测量分析过程中满足题目中的要求。如在测试中发现传输中, 直流电源输出端电流超过 1A, 通过改变两个线圈的距离等, 来控制输出电流不超过 1A。

## 三. 核心部件电路设计

### (一) 关键器件性能分析

发射接收端的传能线圈的选择:

我们选用了励磁线所绕的空心线圈而不选择带有铁芯的线圈, 是因为铁芯较重会影响小车的行驶距离。而线圈的大小决定了线圈的感值大小会影响 LC 网络的谐振点, 从而影响能量传输的效率。

### (二) 电路结构工作机理

#### (1) 发射端电路

通过 NE555 振荡出一个高频信号,通过三极管放大信号之后驱动 mos 管后,将方波信号输入到 LC 并联谐振网络里,使谐振频率和信号频率接近,使能量尽可能传到后级。

#### (2) 接收端电路

LC 并联谐振电路加发光二极管以及一个二极管的半波整流构成接收端电路,以光信号的形式展现充电过程,并将整流后的直流送到后一级的储能电路中。

#### (3) MT3608 升压电路

将前面电容所放出的逐渐减小的电压转换成稳定的 12V 输出到小车驱动以及经过降压过后所产生的 5V 给单片机供电。

#### (三)核心电路设计仿真

##### (1) 无线发射电路如附件图 3.3.1 所示

功能描述:利用 NE555 振荡以及 LC 并联谐振电路产生交流电进行传输。

##### (2) 无线接收电路如附件图 3.3.2 所示

功能描述:利用 LC 并联谐振电路与单个二极管半波整流,将前面所传输的能量接收以及形成直流电送入下一级。

##### (3) 升压电路如附件图 3.3.3 所示

功能描述:利用 DC-DC 芯片 MT3608 将输出稳定在 12V 送入下一级的驱动电路中。

##### (4) 起跑检测电路

功能描述:当无线发射端断开电源供电时,利用 LM358 进行电压比较给单片机反馈一个电平信号作为发车信号,小车即会寻着引导线跑起来。

#### (四)电路实现调试测试

将电路中的各个小模块制作完成后,分别测试修改至没有可以正常工作后,测试如升压模块之类的是否满足设计要求,全部满足设计条件之后,再进行联调,记录测试数据。

### 四. 系统软件设计分析

#### (4.1)主要模块程序设计

##### (1) 电机驱动模块(产生 pwm 波)

```
//P2.0,P2.4 as PWM output
GPIO_setAsPeripheralModuleFunctionOutputPin(
GPIO_PORT_P2,
GPIO_PIN0+GPIO_PIN4
);
//Generate PWM - Timer runs in Up mode
param.clockSource = TIMER_A_CLOCKSOURCE_SMCLK;
param.clockSourceDivider =
=
TIMER_A_CLOCKSOURCE_DIVIDER_1;
param.timerPeriod = TIMER_PERIOD;
param.compareRegister =
=
TIMER_A_CAPTURECOMPARE_REGISTER_1;
param.compareOutputMode =
=
TIMER_A_OUTPUTMODE_RESET_SET;
param.dutyCycle = DUTY_CYCLE;
Timer_A_outputPWM(TIMER_A1_BASE, &param);
Timer_A_outputPWM(TIMER_A2_BASE, &param);
_delay_cycles(500);
```

### 五. 竞赛工作环境条件

#### (一)设计分析软件环境

Code Composer Studio 9.1.0, Multisim 11.0, WEBENCH

#### (二)仪器设备硬件平台

##### (1) 直流稳压电源

##### (2) 示波器

##### (3) 万用表

##### (4) 信号发生器

##### (5) 电桥

#### (三)配套加工安装条件

实验室环境、手工操作

#### (5.4)前期设计使用模块

##### (1) NE555 发射模块

##### (2) LC 振荡及整流接收模块

##### (3) 3608 升压模块(升至 12V)

##### (4) 54360 降压模块(降至 5V)

##### (5) 电机驱动

### 六. 作品成效总结分析

#### (一)系统测试性能指标

##### (1) 发射端连接直流电源两端对接收端两端进行充电。

直流电源充电要求是小于 5V, 1A 的功率。

无线充电接收端电容电压和时间的关系为:见下表 6.1

表 6.1 发射端 5V, 1A 下的接收端电容随充电时间增加的电

压增加关系

时间 t/s	10	20	30	40	50	60
电压/V	2.3	4.0	5.4	6.7	7.7	8.8

测试到发射端电流全程没有超过 1A。输入线圈和输出转换效率约 50%。电容通过整流桥,接入电路升压至约 12V 给小车电机供电。

##### (二)当小车充满 60s 后,自动启动,测量小车的直线行驶距离

表 6.2 小车行驶距离表

实验次数	1	2	3	4	5
行走长度/m	3.2	3.17	3.07	3.4	3.7

#### (6.2)成效得失对比分析

(1) 无线充电发射端选择上,全桥或者半桥电路工作功耗较大,我、而且电路比较复杂,不宜调试,尝试过多套方案后,发现 LC 振荡电路传能效率最高。

(2) 电容直接放电给电机会有巨大损耗,效率很低,所以选择加一个升压模块,同时加一个降压模块给单片机供电,依靠程序运用电机驱动以驱动电机,运用单片机控制似乎会加大损耗,但其实测出来行驶距离更远。

#### (6.3)创新特色总结展望

(1) 在无线充电方案上,可以通过改变硬件设计来提高它的传能效率,此次硬件电路模块也都是用手工制作 PCB 板来实现的,如果将它让厂家专业生产,可以提高效率。

(2) 在实现效率高的无线传能过后,可以尝试无线携能通信,将要给小车的信号在传能的同时一并传递,可以实现简单的控制。

#### 参考文献:

- [1] 王兆安,刘进军等.《电力电子技术》,2019
- [2] 黄学良,谭林林,陈中等.无线电能传输技术研究与应用综述[J].电工技术学报,2013,28(10):1-8.  
成都:电子科技大学物理电子学院,1686-1688.
- [3] 李广凯,梁海峰,赵成勇等.几种特殊输电方式的分析和展望[J].中国电力,2004,37(4):46-47.
- [4] 程时杰,陈小良,王军华.无线充电关键技术及其应用[J].电工技术学报,2015,30(19):68-84.