

# 无线能量传输装置

洪晟

January 5, 2018

## 一 无线能量传输方案设计

### 1.1 MOSFET 器件方案设计

采用 MOSFET 器件作为逆变电路的开关管。产生几十 KHz 的谐振，通过多股并绕的漆包线作为线圈，将能量耦合到次级。

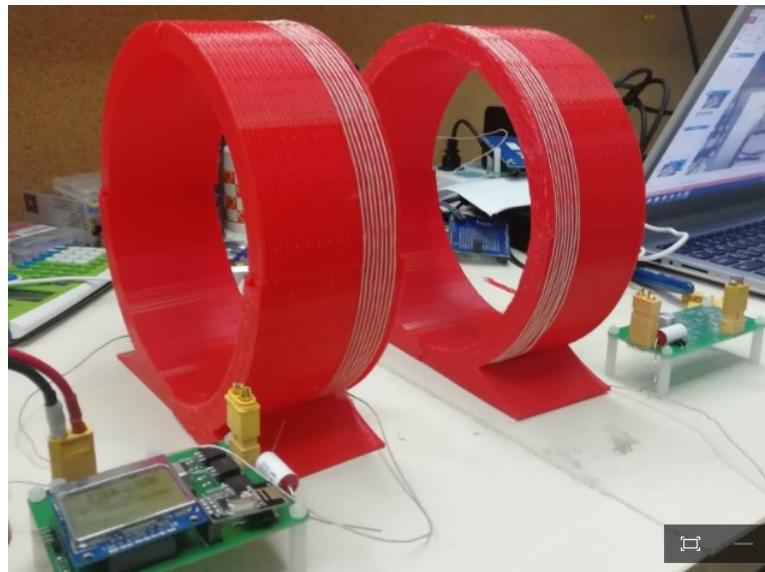


图 1.1 MOSFET 逆变电路

### 1.2 GaN 器件方案设计

采用 GaN 器件作为逆变电路的开关管，产生上兆赫兹的谐振，通过 PCB 天线作为传输天线，将能量耦合到次级。

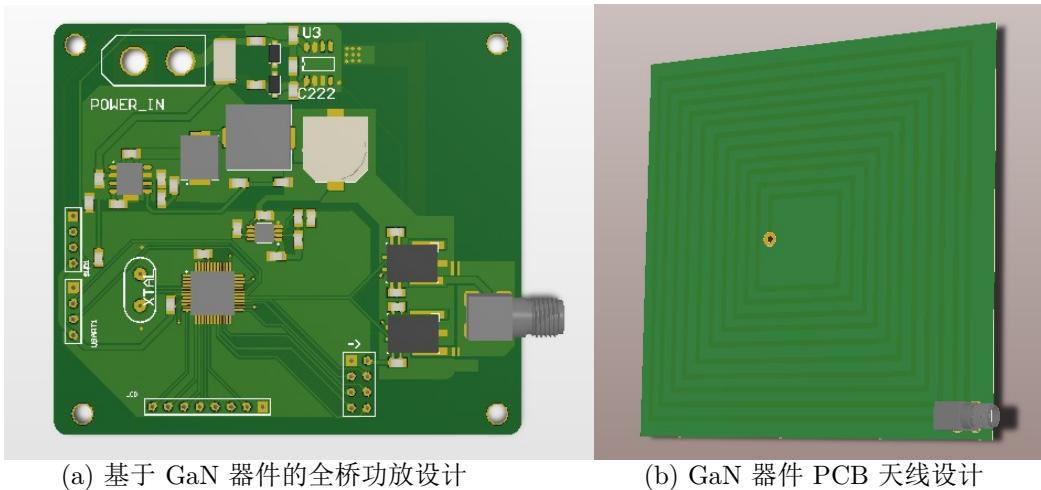


图 1.2 GaN 方案设计

## 二 MOSFET 方案设计

### 2.1 系统硬件框图

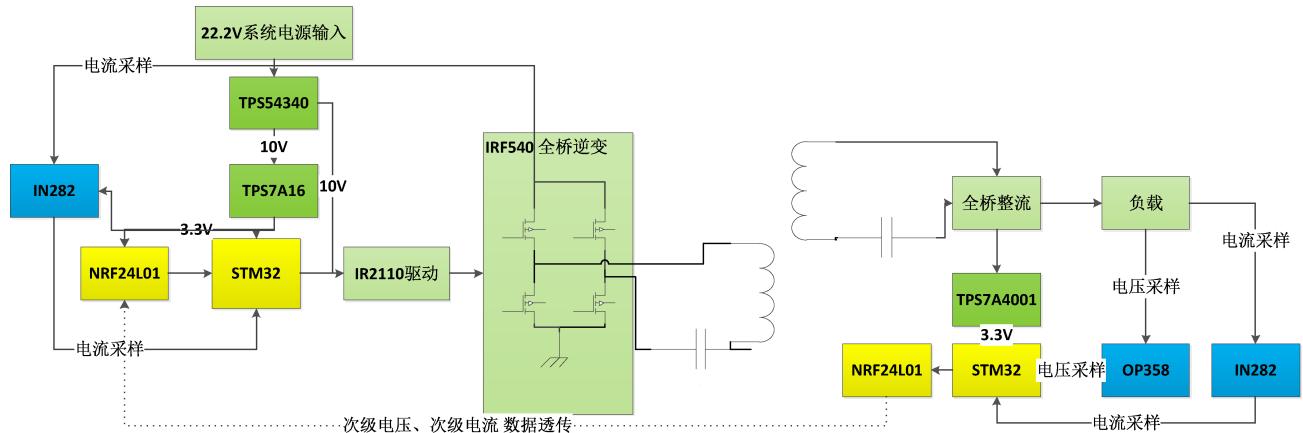


图 2.3 MOSFET 方案系统框图

**初级发射原理设计：**包含 IR2110 2 片 MOSFET 驱动芯片、4 个 IRF540 MOSFET 构成的 E 类功放谐振电路系统，初级电流采样用于 MOSFET 过流保护，防止 MOSFET 烧坏。NRF24L01 2.4G Zigbee 数据透传用于收集次级的电压电流，实现次级的闭环控制。

**次级接收原理设计：**由功率二极管构成的整流电路，包含电流采样、电压采样电路，用于采集负载上的电压电流，并通过 NRF24L01 透传给初级，作为初级的闭环控制信号。

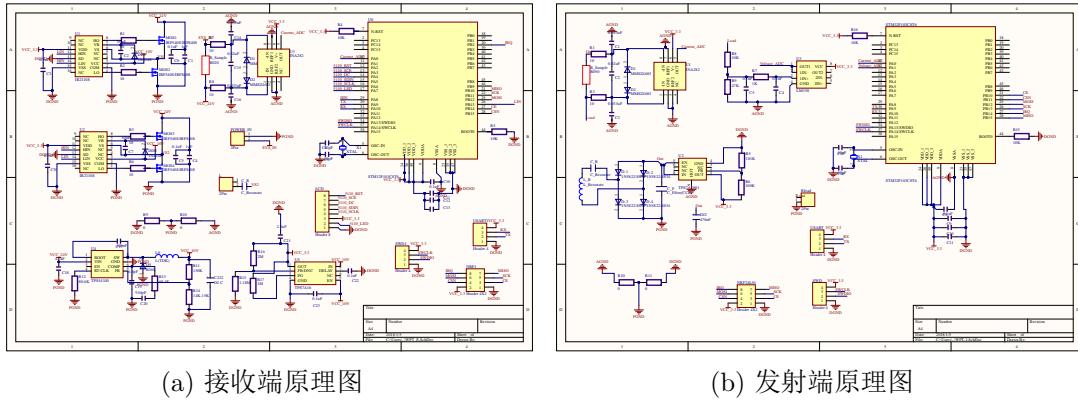


图 2.4 MOSFET 方案原理图设计

## 2.2 谐振线圈设计

$$L = N^2 \times R \times \mu_0 \left[ \ln\left(\frac{8R}{a}\right) - 1.75 \right] \quad (1)$$

式中

$N$ ——线圈匝数

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ——真空磁导率

$R$ ——线圈半径

$a$ ——线圈导线半径

电感线圈制作，选取线径为 0.1mm 的 50 股并绕的里兹线制作谐振线圈，铜线的半径为 0.05m，另外线圈缠绕 8 周，线圈半径为 0.1m。带入估算公式可得出 L 的数值为： $26.74\mu F$ ，经过电桥测试，得到实际电容值为： $26.67\mu H$ ，和估算公式得出的电感值相近。

电容选用无极性同轴电容，ESR 较低，品质因数较好。经过电桥测试，电容值为： $544.47\mu F$  与标定值  $550\mu F$  相近。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

将测量得到的 L、C 的参数带入公式 2 可知谐振频率为 41.74KHz

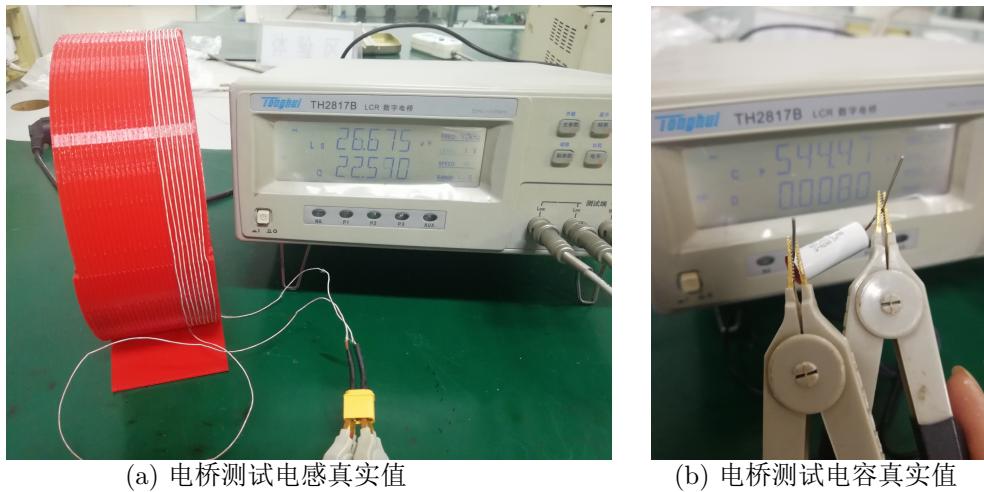


图 2.5 电桥 LC 参数测试

### 2.3 程序框图

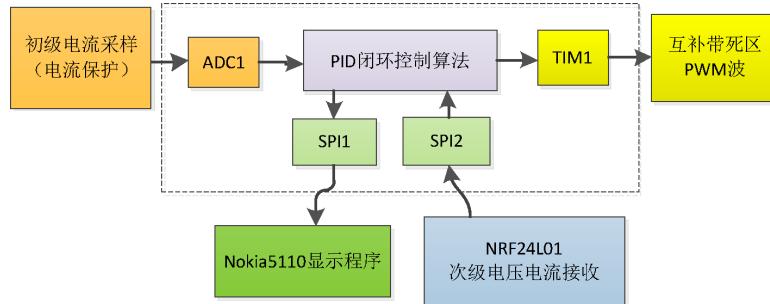


图 2.6 初级发射端程序框图

初级和次级主控制器，采用主频在 72Mhz 的 STM32 作为核心处理器，通过 TIM1 的 PWM 发生器，参数 42Khz 的带死区保护的 PWM，输出给 MOSFET 驱动，在次级感应电压，次级主控板开始工作，并实时回传电压电流信号，初级接收到次级的电压电流信号，执行电压闭环或电流闭环的 PID 程序。通过 SPI 接口，读写 Nokia5110 显示屏，刷新电压电流值。另外通过读取 ADC1 上输入端的电流值，当 MOSFET 输出电流大于其额定值，PWM 的导通时间会减小，用于保护 MOSFET 不因长时间大电流烧坏。

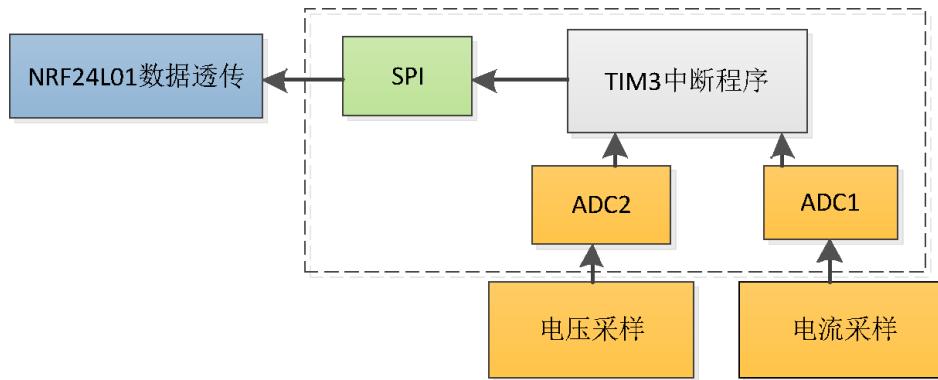


图 2.7 次级接收端程序框图

次级控制器，在定时器 TIM3 中断程序中读取电压电流的 ADC 采样数值，并实时通过 NRF24L01 的 Zigbee 模块将数据回传给初级。

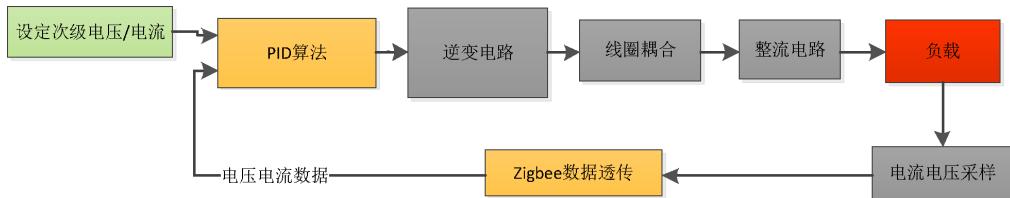


图 2.8 PID 控制闭环程序框图

## 2.4 驱动电路

### 三 GaN 方案设计

#### 3.1 PCB 天线参数验证

根据参考文献。设计天线，使用雕刻机雕刻覆铜板，制作 PCB 天线。

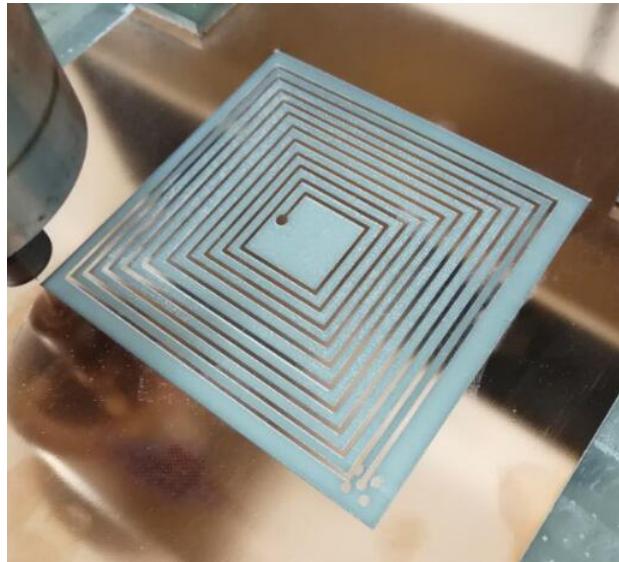


图 3.9 雕刻的 PCB 天线

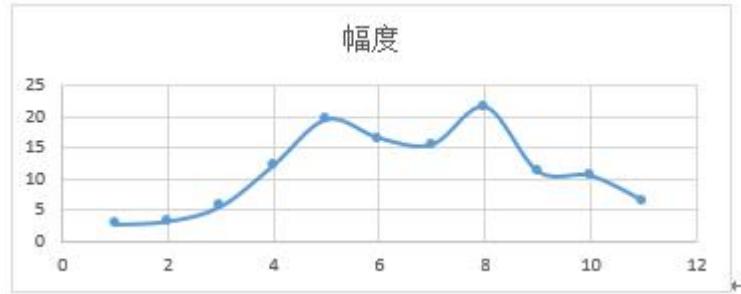


图 3.10 扫频时 PCB 线圈上的幅度变化

依据图 3.10 可得出线圈的谐振频率在 8MHz 时，为最大谐振点。

## 3.2 驱动电路

## 四 进度总结

- 完成 MOSFET 器件的全桥功放的设计和验证
- 使用 Solidworks 对线圈进行设计，3D 打印线圈骨架
- 学习 HFSS 对线圈仿真
- 设计了 GaN 器件的全桥功放
- 根据文献参数，制作高频 PCB 天线

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\begin{aligned} f &= a + b \\ &= c + d \end{aligned}$$