

等离子体扬声器制作报告

2026 年春季学期, 设计与制作等离子体扬声器

Xuelin Yang

Tsinghua University

2026-06-11

电路设计

KiCAD 的 Tools > Plugin and Content Manager 可以下载到 Fabrication Toolkit. 支持导出嘉立创 BOM.

按照功能, 电路可以分成两部分, 音频放大以及 ZVS 驱动.

音频放大

参考[反相放大器电路 \(Rev. B\)](#), 但根据本实验需要做了单电源化和声道合成处理.

J1 的左右声道先经电容耦合进入 TL072 的其中一路通道, 另一个通道被禁用. 两个 $22\text{ k}\Omega$ 电阻用于声道求和和输入阻抗设定. 围绕运放的 $22\text{ k}\Omega$ 电阻和 $22\text{ k}\Omega$ 可调电阻用于设置 AMP_OUT 的放大幅度. 这一部分的目的是合成与放大音频.

ZVS 驱动

我参考了 [How to Build a Simple But Powerful Flyback Driver](#) 所示的 Mazzilli ZVS 思路, 由两只 IRFP4668PbF MOSFET 组成对称自激结构. 输入电感 L1 向高压包一次侧中心抽头供能, 两个功率管交替导通, 在一次侧和谐振电容 C4 之间形成高频谐振回路. C4 与 C6 取值为 $0.33\text{ }\mu\text{F}$, 用于维持 ZVS 所需的谐振条件.

AMP_OUT 并不直接参与高频自激, 而是作为低频调制信号去改变放电功率.

原理图

板承载低压控制与一次侧驱动部分, 高压包通过外部连线接入.

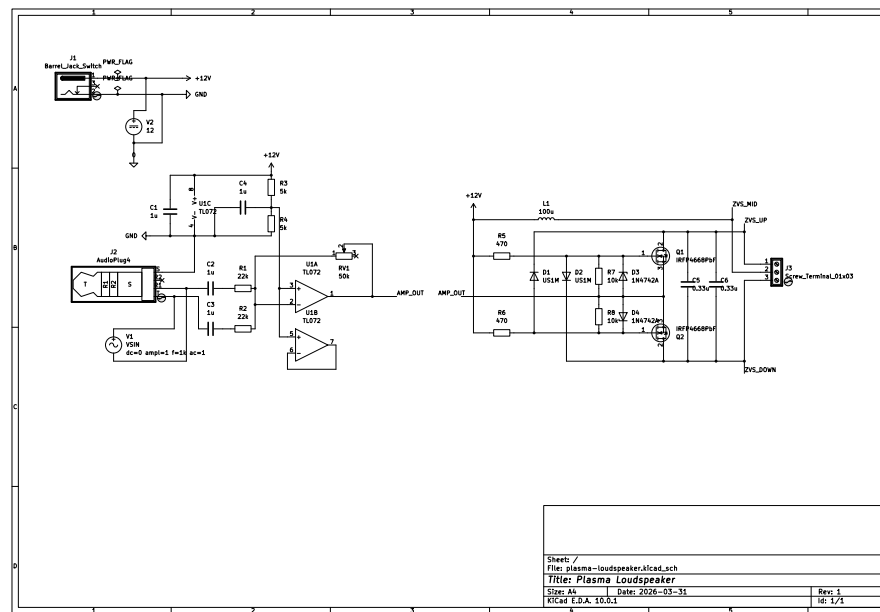


图 1 原理图

使用 [circuitjs](#) 的仿真¹表明, ZVS 起振的频率与外部线圈等效电感强相关.

¹现在发现这是一个下等的工具, 没办法用商业 SPICE 模型, 只有理想元件.

PCB

PCB 采用双层板, 在音频放大部分采用双面覆铜作为 GND. 最大线宽为 0.5 mm, 最小线宽为 0.15 mm.

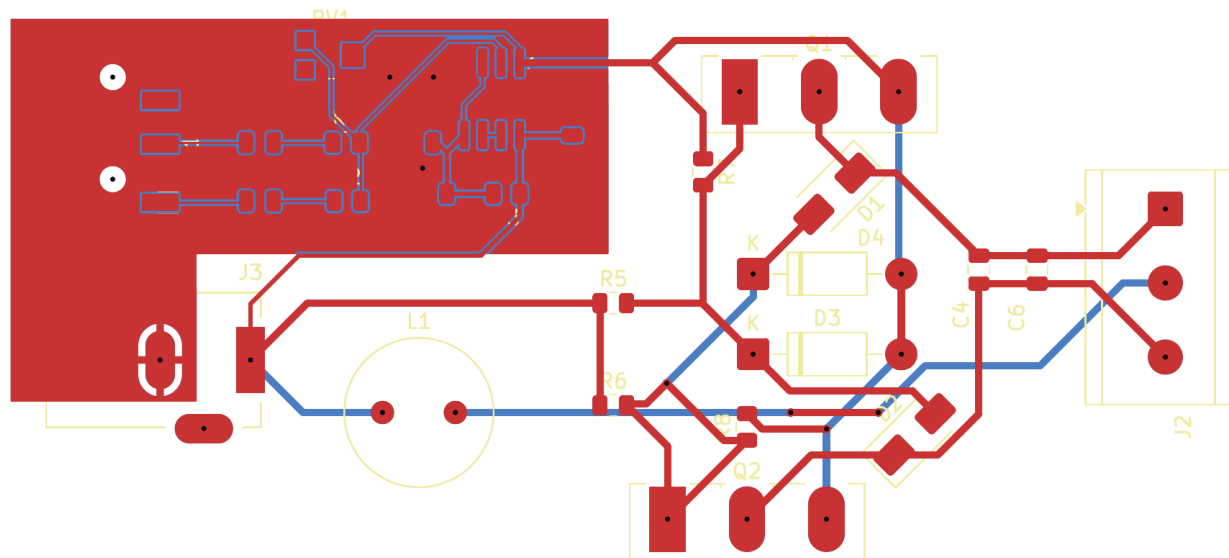


图 2 PCB

测试计划

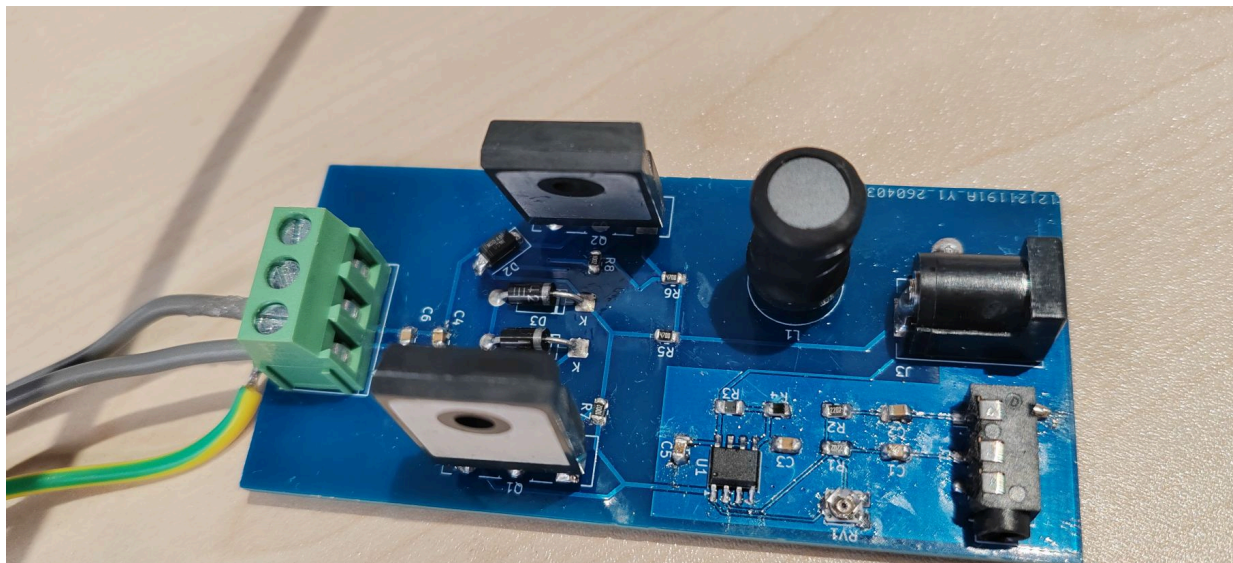


图 3 PCB

测试方案

1. 接入 12V 供电, 利用示波器观察放大输出波形是否正确
2. 接入高压包, 观察是否能产生电弧, 以及是否持续
3. 移动电极距离, 再次观察
4. 评价音质

已投入的物料成本

- 嘉立创 PCB 打板: 41.04 ¥
- 嘉立创物料: 102.78 ¥

测试结果

在 D+4 的测试, 发现放大输出部分是正确的. 而 ZVS 不能其起振.

不足

- 没有留出通孔来插电极, 用示波器或万用表的调试体验很不好
- 也没有做开关, 难以独立调试电路的某一部分
- DC 电源, 3.5mm 音频接口靠近电路板内侧
- 没有完成机械加工和支撑
- 手工焊接质量差

分析

ZVS 常见的接法是连接电源输出与电极地, 而我这里是接入了电源输出以及 AMP_OUT.

TL072 是小信号运放, 不是功率级回流路径. ZVS 谐振电流很大, 不能让运放输出脚承担这个节点. 这样的接法破坏了 MOSFET 的 V_{GS} 条件.

改进

必须更换调制方式.