



1.部分理论

电流和电压逆变

1.电流型逆变电路的特点:

流型逆变器的直流电源经大电感滤波，直流电源可近似看作恒流源。逆变器输出电流为矩形波，输出电压近似看为正弦波，抑制过电流能力强，特别适合用于频繁加、减速的启动型负载。

2.电压型逆变电路的特点:

电压型逆变器的直流电源经大电容滤波，故直流电源可近似看作恒压源，逆变器输出电压为矩形波，输出电流近似正弦波，抑制浪涌电压能力强，频率可向上、向下调节，效率高，适用于负载比较稳定的运行方式。

3.电流型逆变和电压型逆变区别?

电压型逆变：1) 直流侧为电压源 2) 逆变输出电压波形为矩形波 3) 逆变桥都并联了反馈二极管。

电流型逆变：1)直流侧为电流源 2) 逆变输出的电流波形为矩形波 3) 逆变桥不用反馈二极管。

不同点：

1、源不同，一个是电压源，一个是电流源

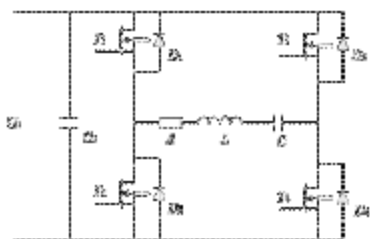
2、储能器件不同，一个是电容储能，一个是电感储能

3、输出波形不同，一个是输出电压为脉冲波，电流为正弦波。一个是输出电流为脉冲波，电压为正弦波

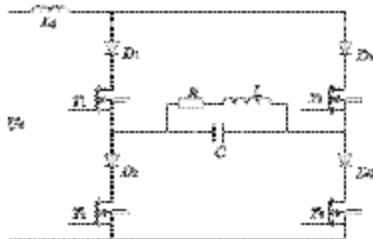
4、逆变器件不同，一个是全控器件，一个是半控器件即可

拓扑选择：

1.电压型逆变和电流型逆变



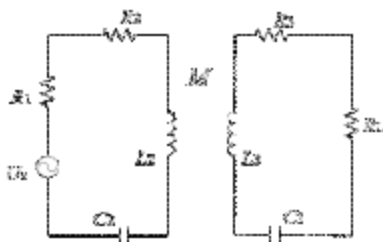
(a) 电压型逆变电路



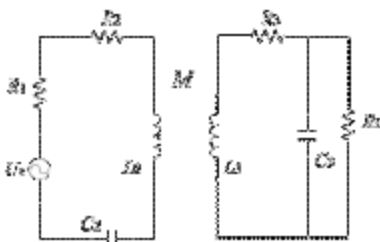
(b) 电流型逆变电路

电压型逆变电路结构简单，对电路参数不敏感，适用于高频电路。故选择电压型逆变

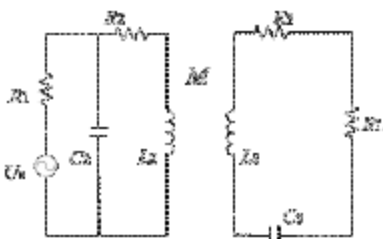
2.两线圈结构



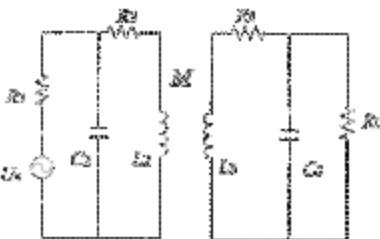
(a) 串-串结构 (SS)



(b) 串-并结构 (SP)



(c) 并-串结构 (PS)

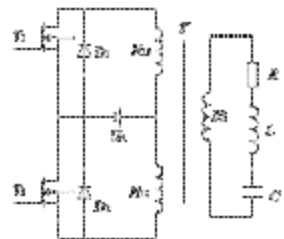


(d) 并-并结构 (PP)

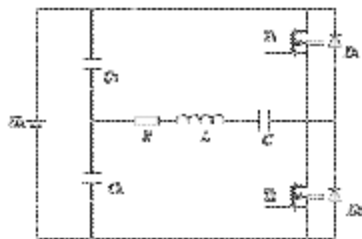
图 2-1 四种拓扑结构电路模型

经论文中的仿真数据，串串结构效率和带负载能力最好，故选择之。效率最大时为谐振频率点。

3.电压型逆变中拓扑选择



(a) 推挽式逆变电路



(b) 半桥式逆变电路

图 3-3 电压型逆变电路拓扑结构

推挽式逆变电路需要带中心抽头的变压器，且铜损严重。半桥式逆变电路主要用于小功率。而全桥逆变输出电压电流和功率均较高。

线圈选择

应选择谐振频率相同，高品质因数的线圈，以保证能量高效传输。

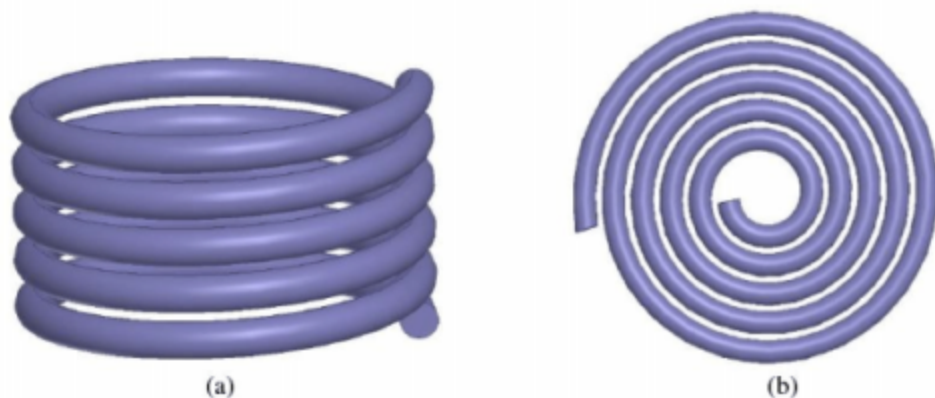


图 3-1 谐振线圈常用结构参考图

(a) 螺线管式谐振线圈：

(b) 平面螺旋式谐振线圈

螺线管式线圈能产生均匀的磁场，具有良好的方向性，而且传输距离远、效率高，缺点是体积较大。而平面螺旋线圈比较薄体积小，适于用在小型设备，但方向性较差。

另外，为了减少趋肤效应的影响，采用利兹线绕制线圈。金属线圈在高频条件下会产生趋肤效应，这也是导致寄生电阻增大的主要原因，会导致谐振线圈损耗增大和品质因数降低。线圈导线截面半径越小，其在高频下产生的寄生电阻也越大，因此为了减小线圈损耗，提高谐振线圈品质因数，在设计谐振线圈时，通常会选用线径较大的铜线或者漆包线。如何减小寄生电阻是谐振线圈设计时的一个重要环节，采用多股金属导线并联绕制的方式增大导线线

径，不仅能增加导线有效截面，有效减小高频条件下趋肤效应的影响，还能减小导线电阻，降低损耗，提高系统传递效率。

我们选择了两种线圈：

蚊香型，电磁炉线圈：



利兹线绕制，螺线管型线圈



参数测量

线圈参数测量:

	50K	100K	150K
1. 电磁炉线圈			
$L = 97.4 \mu H$	$L = 96.8 \mu H$	$L = 97.2 \mu H$	
$Q = 126$	$Q = 133.9$	$Q = 109$	
2. 螺线管线圈			
$L_1 = 26.38 \mu H$	$L_1 = 26 \mu H$	$L_1 = 26.3 \mu H$	
$Q_1 = 211$	$Q_1 = 335$	$Q_1 = 415$	
$L_2 = 26.1 \mu H$	$L_2 = 25.7 \mu H$	$L_2 = 26.1 \mu H$	
$Q_2 = 194$	$Q_2 = 336$	$Q_2 = 501$	
3. 高频变压器线圈2:			
50K	100K	150K	
$L = 35.2 \mu H$	$L = 35.8 \mu H$	$L = 36 \mu H$	
$Q = 211$	$Q = 211$	$Q = 211$	

https://blog.csdn.net/weixin_42121843

电容选择

电解电容有极性，且高频特性差，不可用。

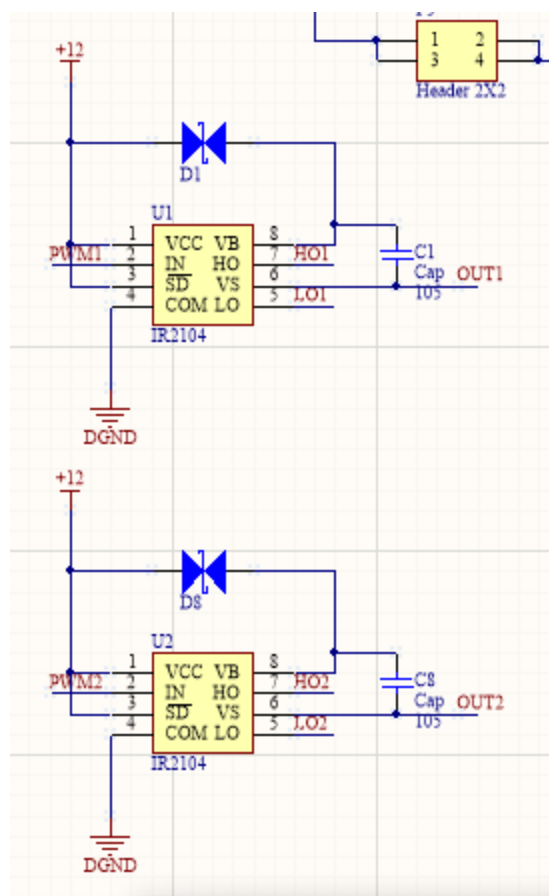
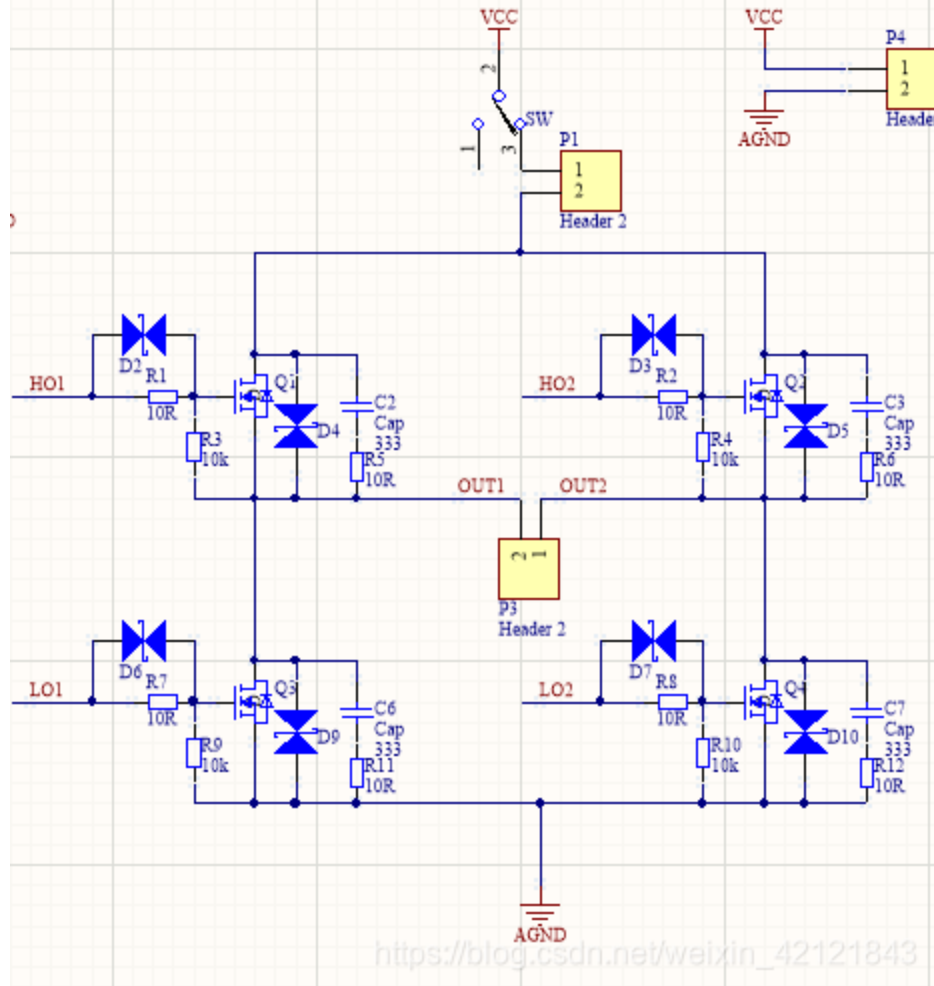
陶瓷电容，独石电容比较精密，但电流电压耐受值不够，容易烧毁。

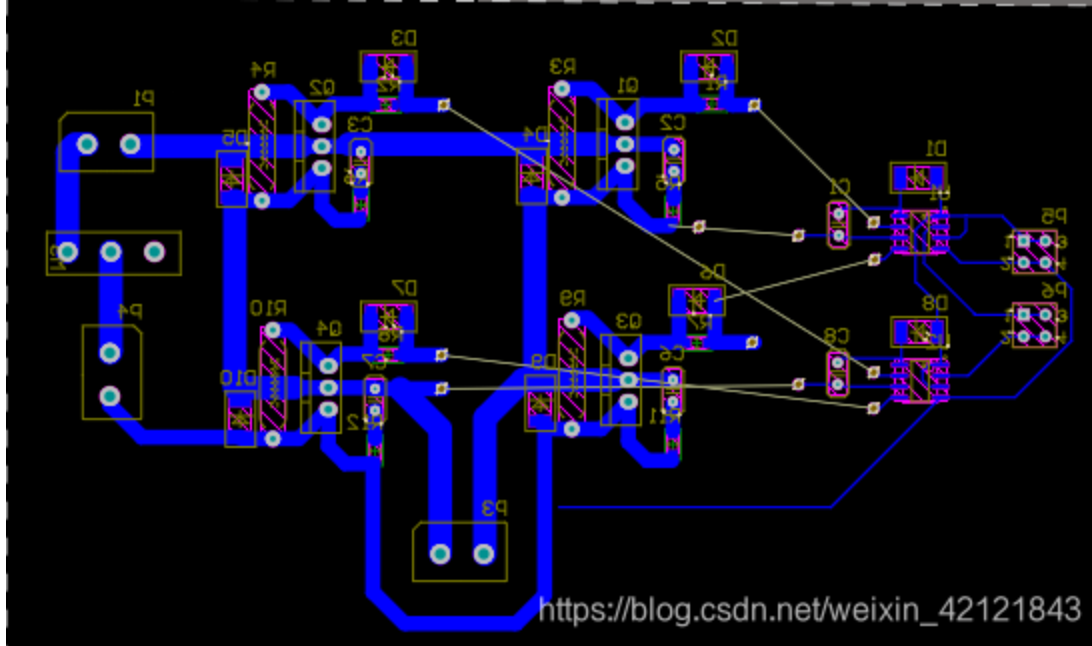
CBB电容的高频特性好，精密，耐高压，故采用之



2.原理图及PCB

全桥逆变原理图

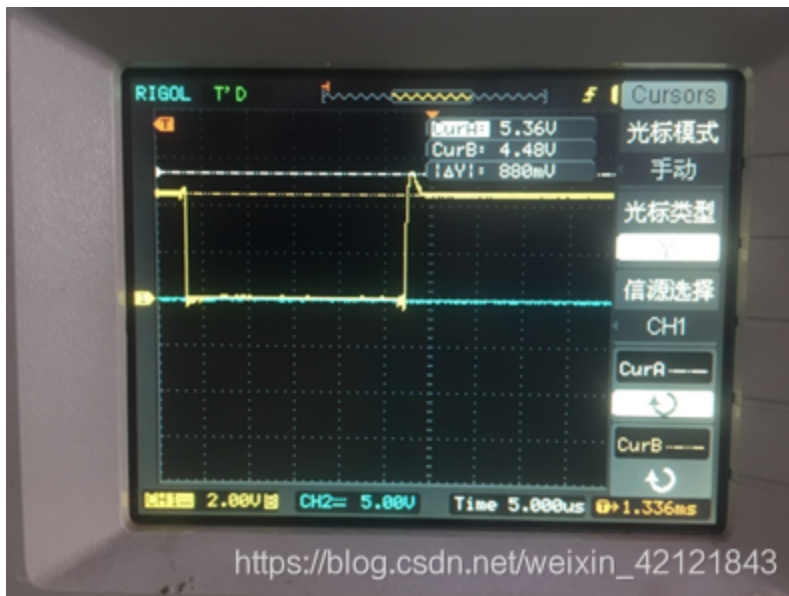




3. 波形及数据

输出波形

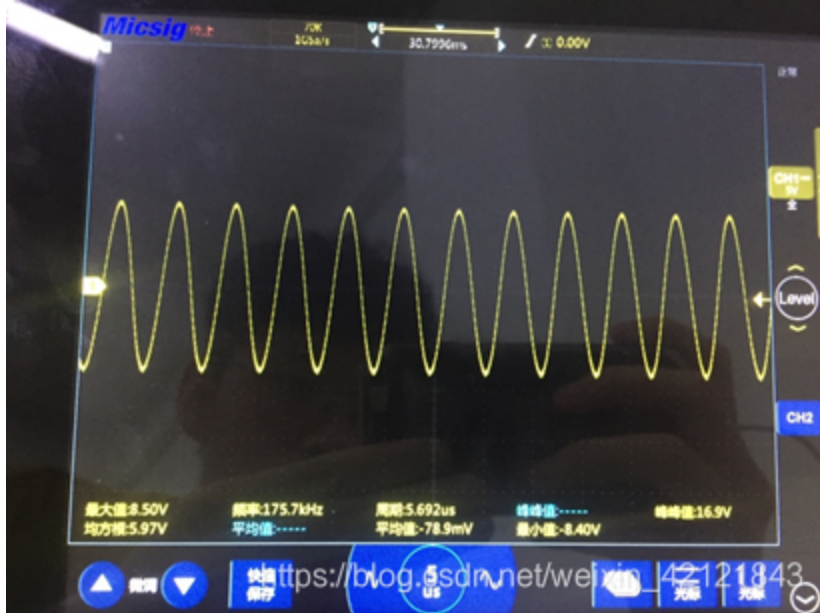
驱动电阻10R，有震荡



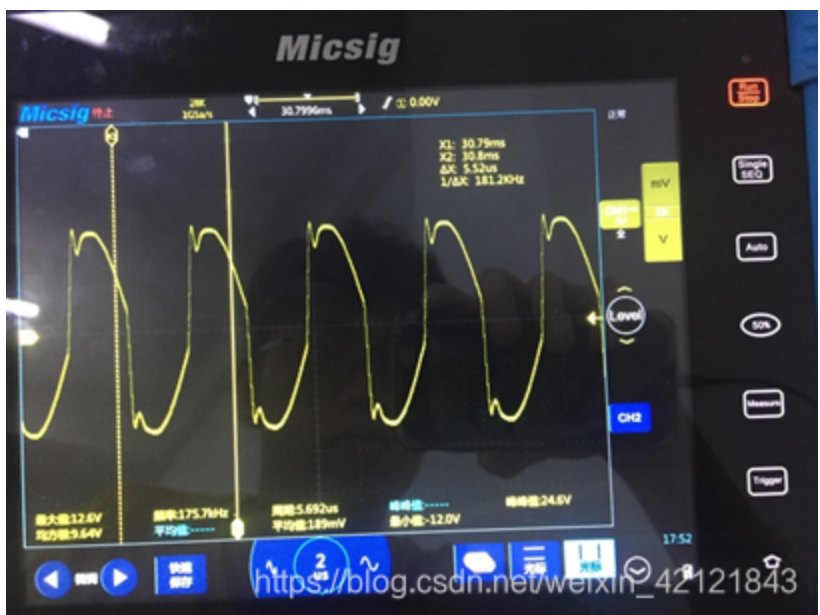
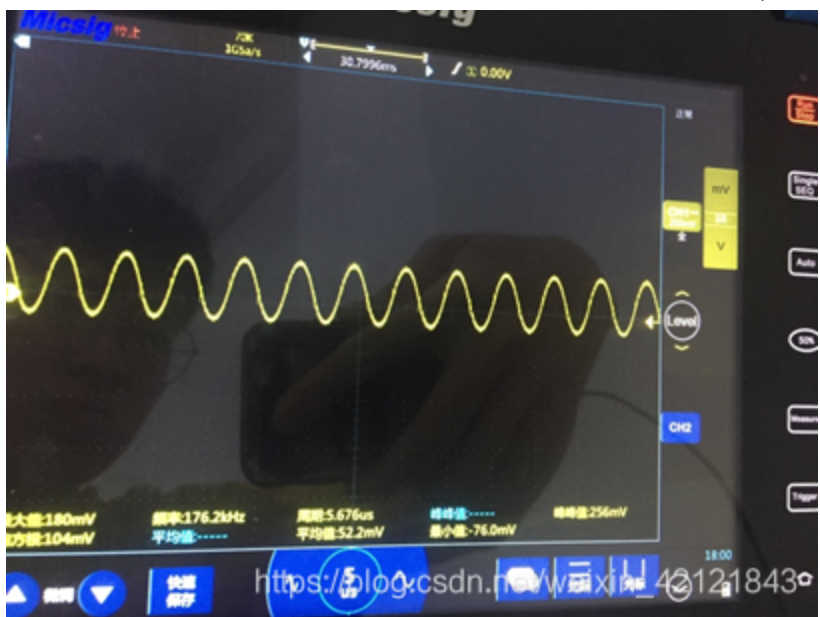
增加RC的阻尼，经测试，增加R至22欧时效果最佳



谐振时电容两端的电压，几乎是输入方波电压的两倍：输入占空比50的方波时



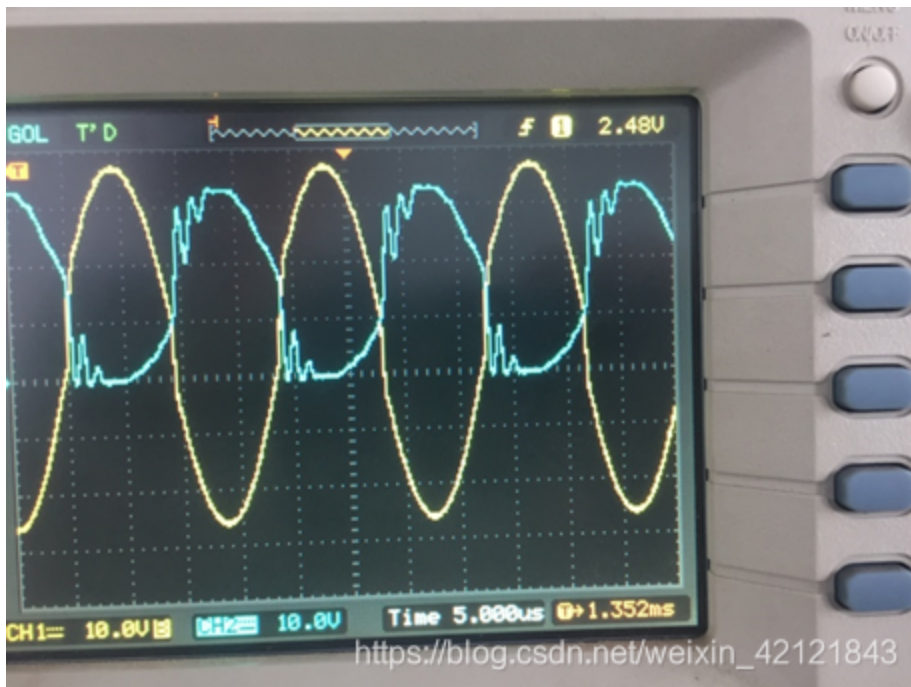
不是严格的谐振时：电容两端仍为正弦波（幅值很小），电感两端正弦波变形：



未到谐振点的电感波形：

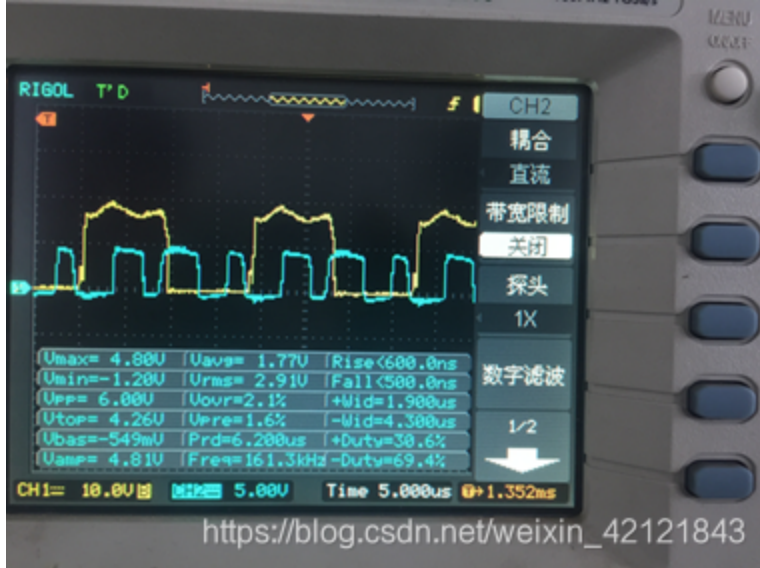


不带负载时发射和接收端电感两端波形

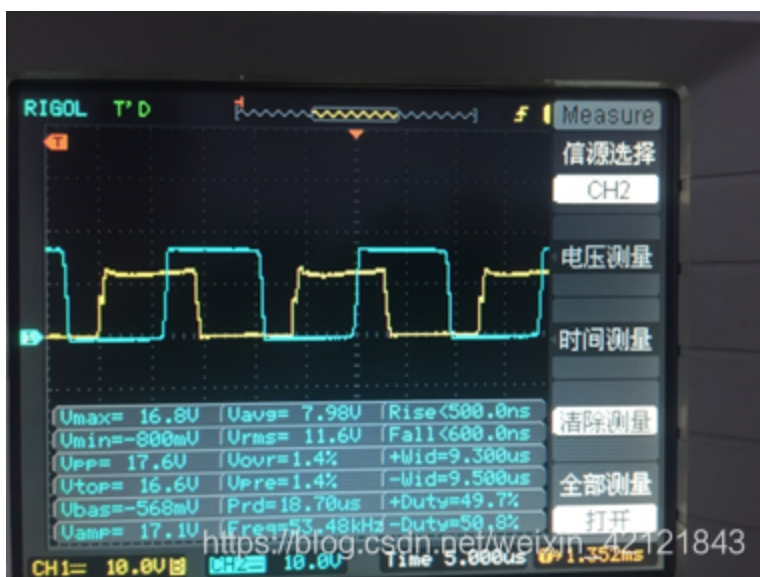


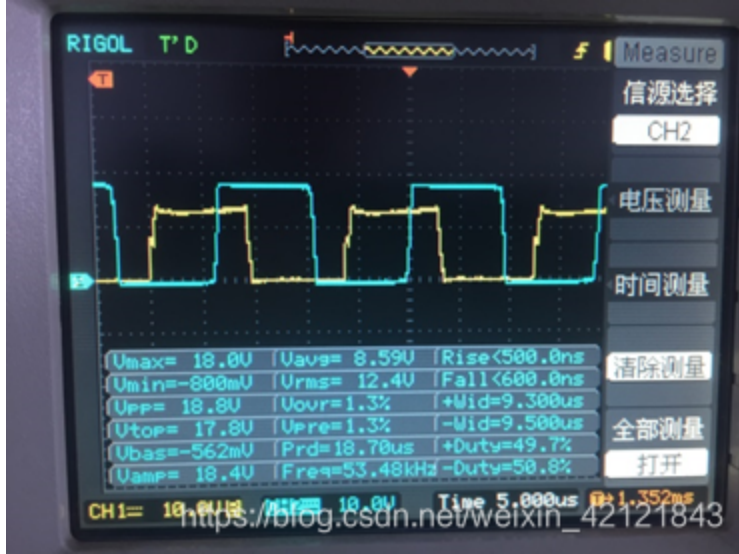
可见近似为正弦波

带负载后波形



上图为当负载很小时，接收端电感电容两端波形。方波很不规律，增大负载后波形如下：
各图为距离由近及远时测量，黄色是逆变输出端，蓝色为整流输入端。：





以上四张图依次是线圈（蚊香型，电磁炉线圈）密贴，间距1.5cm，3.2cm，4.7cm的波形，电感电容两端波形不规律，且幅值大：



上图中，黄色是发射端电感两端的电压波形。

效率测量

双线圈记录: (电感线圈) OUR STORY BEGINS

两线圈接触时: (频率 5 KHz, 占空比 50%, 负载 < 10 Ω)

DC输入: V A	全桥逆变输出纹波	整流滤波后纹波	整流后: V A	效率
3 0.1	3.6, 0	1.2, -0.76	0.56 0.09	16.8%
8.9 0.22	10, 0	3, -	1.89 0.29	28%
11.9 0.28	12, 0	3.8, -	2.61 0.41	32%
15 0.35	18, 0	4.8 -1.2	3.54 0.56	38%
16.2 0.36	20, 0	5.4 -1.2	4 0.64	44%

两线圈接触, 负载 25 Ω 时:

DC输入: 6.2V 0.23A	输出: 4.22V 0.165A	效率 η : 48.8%
11.3V 0.42A	8.58V 0.336A	60.7%
13.9V 0.45A	13.4V 0.51A	61%

电压再上升时, DC输入很不稳定, 原因不明。

两线圈相距 1.5 cm, 负载 25 Ω

输入输出纹波纹波

DC输入: V A	DC输出: V A	效率 η :
7.1V 0.36A	6.73V 0.260A	68.5%
9.8V 0.48A	9.35V 0.36A	71.6%
12.3V 0.6A	11.6V 0.455A	71.5%
15V 0.72A	14.4V 0.562A	75%

两线圈相距 3 cm, 负载 25 Ω

DC输入	DC输出	效率 η :
5.5V 0.5A	6.93V 0.274A	69%
9.5V 0.83A	12.4V 0.48A	74%
12.1V 1.04A	15.57V 0.616A	76.2%
13.9V 1.2A	18.11V 0.711A	77.2%

输入输出纹波非常纹整
过 MOS 管不发烫, 整流 Mos 也不发烫
故提高效率关键因素反纹波

线圈间距: 4.7mm, 负载: 25Ω

DC输入 DC输出 效率:

3.2V 0.39A	4.26V 0.168A	57.3%
6.5V 0.8A	9.35V 0.366A	65%
9.1V 1.13A	13.37V 0.53A	68%
10.1V 1.26A	15.03V 0.595A	70.3%

线圈间距: 6.3mm, 负载 25Ω

DC输入 DC输出 效率:

6.4V 0.77A	9.32V 0.363A	68.6%
7V 0.8A	12.38V 0.486A	71.1%
5.3V 0.66A	7.09V 0.28A	70.3%

效率: 68.6%

原因: MOS开通尖峰电压为2倍, 电压源另一端有电压显示, 估计SS16被击穿, 电压加到了输入端导致抬升

漏感造成的尖峰

解决方案: 1. RC吸波电路. 2. 加大电容(2200μF) 3. 看电阻温度, 换功率电阻. 4. 并联谐振. 5. 换线圈

https://blog.csdn.net/weixin_42121843

可见, 波形的规整很重要, 可以大大降低损耗。

全桥逆变和整流模块效率测量

电路为: 逆变输出的方波, 通过MOS同步整流模块, 加在负载上。具体模块见模块笔记。

全桥逆变, LT4320整流模块效率测试: (负载为50kHz, 50W 50%负载)

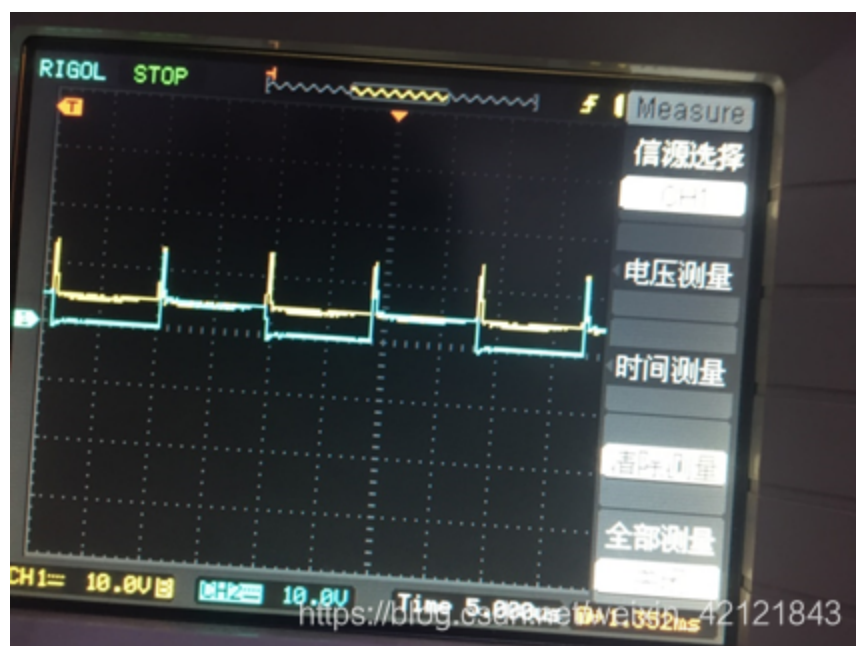
电源输入 整流端输出(有效值) 效率:

电压	电流	电压	电流	效率
5.8	0.35	4.37	0.31	66.7%
7.9	0.54	6.64	0.48	74.7%
9.0	0.61	7.86	0.56	80.2%
10.2	0.72	8.92	0.66	80.2%
12.6	0.92	11.7	0.87	87.8%
13.8	1.1	13.6	1.04	93.2%

电压电压越大, 输出直流纹波越大, 但全桥逆变器输出纹波始终良好

https://blog.csdn.net/weixin_42121843

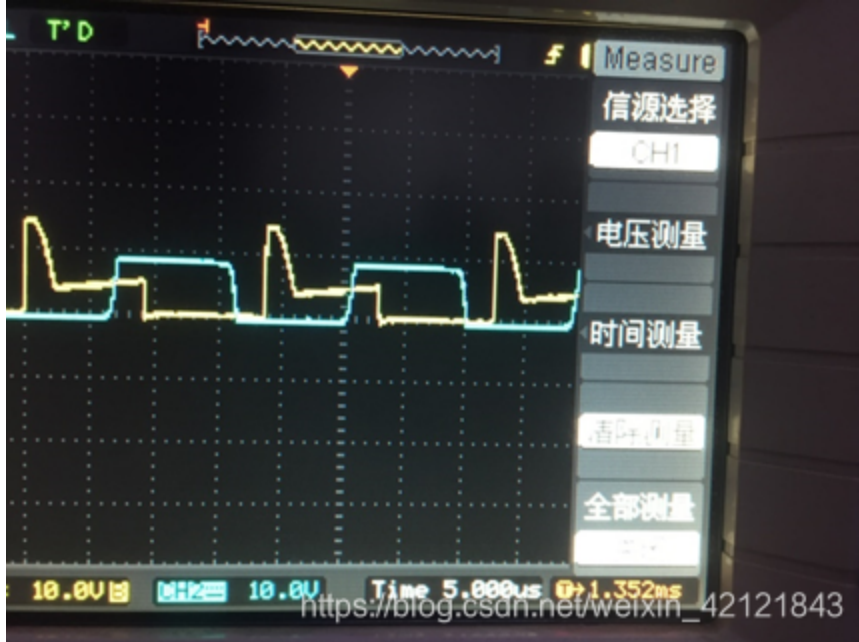
漏感尖峰及解决方案



当线圈相距很远的时候，漏感加大，电感上多余的能量影响了MOS开关，造成了很大的尖峰。且此尖峰进入直流输入端。如下图所示：原本为直流的输入端有了尖波



在输入端加入二极管之后，没有很大改善



变成并联谐振后，互感变差，但尖峰仍未能消除



解决方案：

- 1.提高频率，可以提高线圈耦合程度
- 2.用RCD等电路吸收之，但经试验，效果不好

目前仍未解决