

高频功率放大器仿真

胡成成 通信1701 41724260

1.仿真课题：设计一个调谐功率放大器仿真电路。

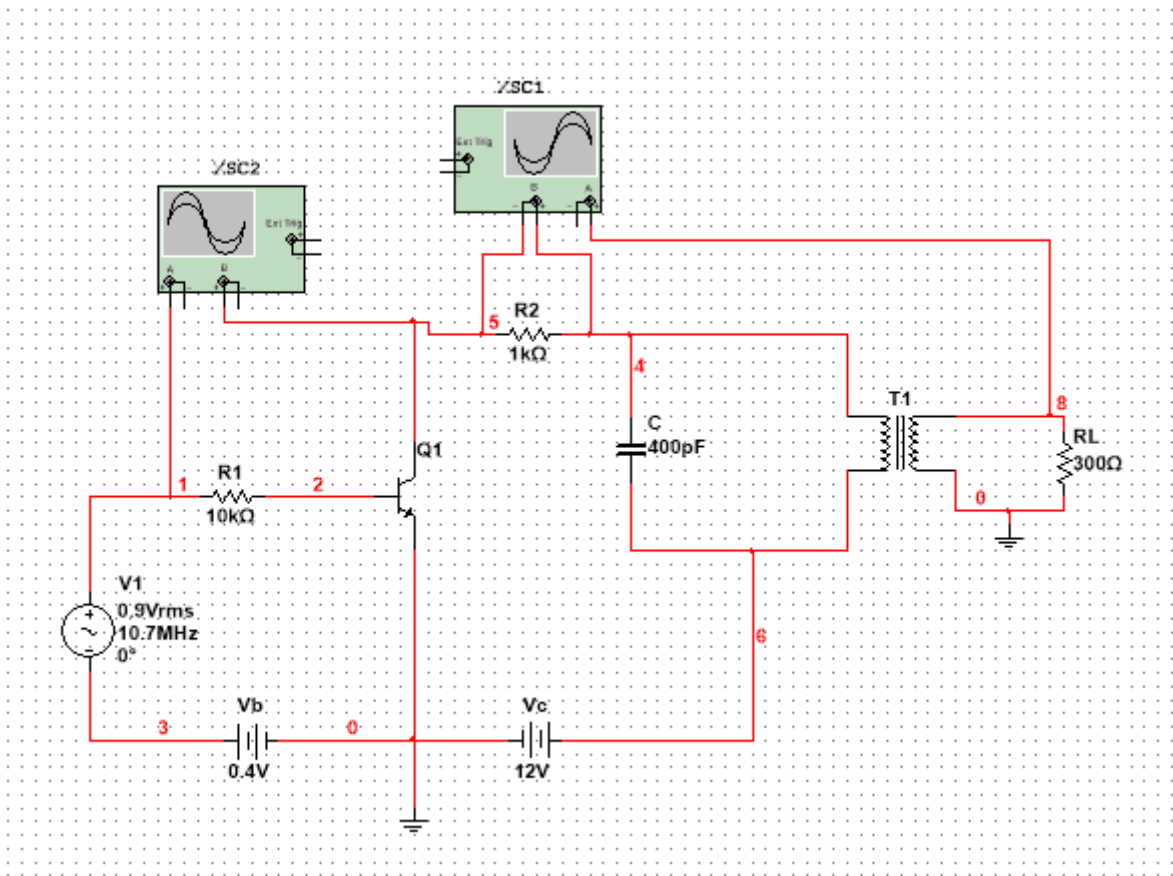
要求：

- (1) 能观察集电极电流波形（通过将电流转换成电压便于测量）。
- (2) 调整输入偏置，使晶体管工作在B类或C类状态。用示波器观察输出电压和集电极电流波形，验证理论分析结果；
- (3) 分别改变 E_b 、 E_c 、谐振负载 R_c ，验证电路在临界、欠压和过压状态下输出电压和集电极电流的波形，体会电路参数改变对输出电压、电流的影响。

2.基础电路图设计及分析

2.1 电路图构建

选取输入信号 u_i 是频率为10.7 MHz、幅值为0.9 V的正弦波信号, 基极反向偏置电源 $V_b=0.4\text{ V}$, 集电极电源电压 $V_c=12\text{ V}$, LC并联谐振回路中电容 $C=400\text{ pF}$, 变压器T1中一次线圈电感0.553 μF , 二次线圈电感0.1119 μF , 耦合系数1, 负载电阻 $R_L=300\Omega$ 。其中XSC1用于测量R2两端电压变化值（B）与输出的电压波形图（A），XSC2用于测量输入信号 u_i （A）与集电极输出 u_{ce} 的波形（B）。具体电路图见图1所示。



2.2 电路图分析

这里通过计算分析并联谐振回路相关特性进行估算如下：

谐振频率 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{400 \times 10^{-12} \times 0.553 \times 10^{-6}}} = 10.7 \text{ MHz}$

与电流信号源频率相等，便于提取信号。

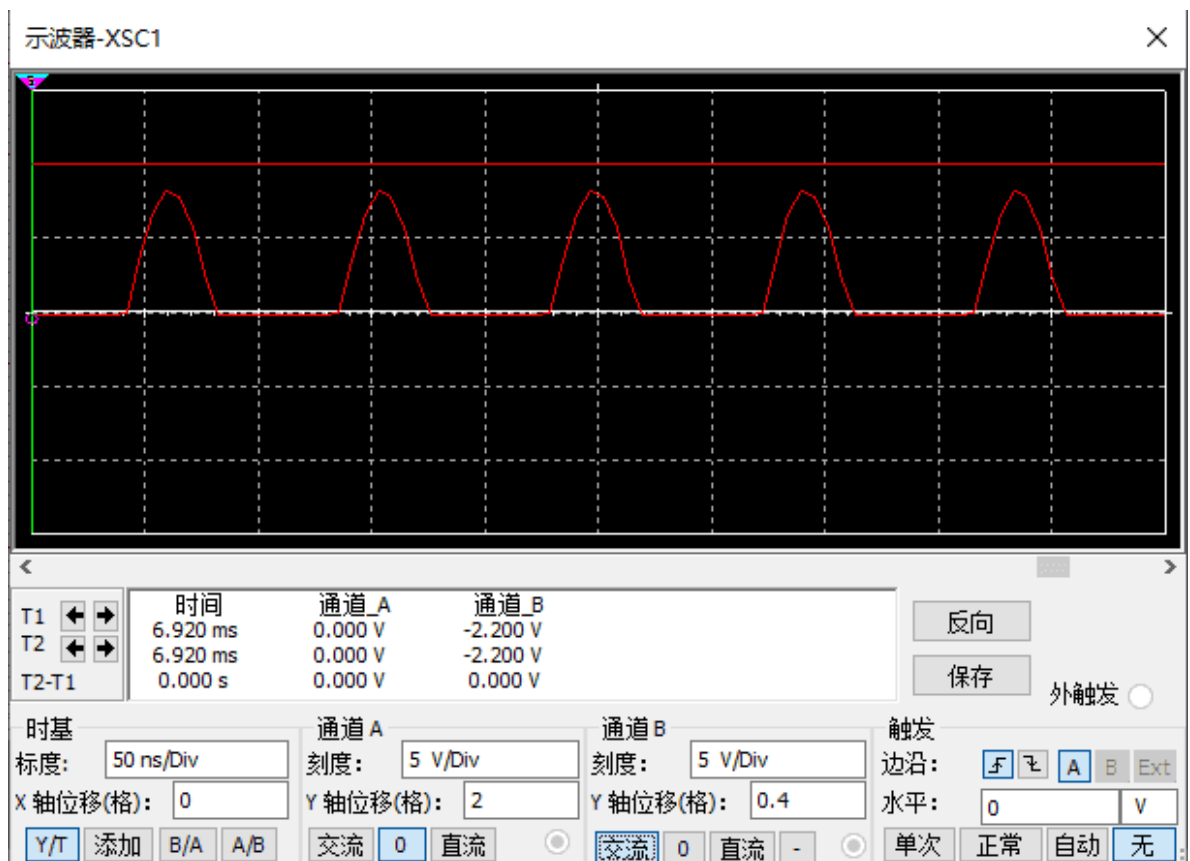
图中三极管 Q_1 的转移特性曲线我们并不知道，
 根据经验取转移导纳 $g \approx 10 \text{ mA/V}$ ， $V_j = 0.4 \text{ V}$
 根据 $V_{bm} = 0.9 \text{ V}$ ， $V_b = 0.4 \text{ V}$ 即偏置电压如图 $E_b = -0.4 \text{ V}$
 则导通角 $\cos\theta = \frac{V_j + E_b}{V_{bm}} = 0$ ， $\theta = 90^\circ$
 即此时晶体管工作在乙类。

3.分析测试及问题解决

3.1 观察集电极电流波形

注：在这里将集电极电流 i_c 所在通路上加上负载 R_2 ，通过测量 R_2 两端的电压变化波形来观察电流 i_c 的变化，之后的波形图就用该电压值标记集电极电流，实际只需将波形数值除以 R_2 电阻值即可

打开示波器XSC1（B）端观察波形如下：

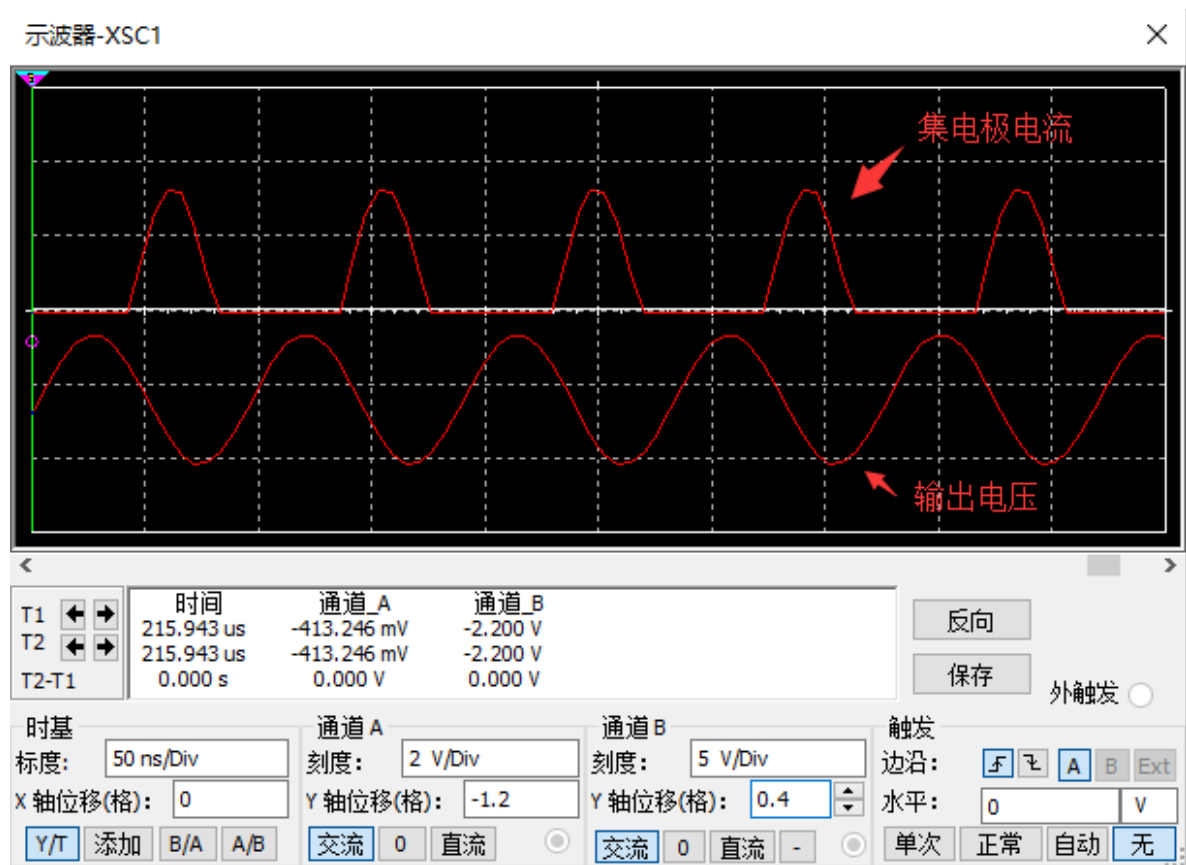


可以看到晶体管导通角大致满足 90° ，差不多工作在乙类，与2.2的分析几乎差不多。

3.2调整输入偏置，使晶体管工作在B类或C类状态。用示波器观察输出电压和集电极电流波形

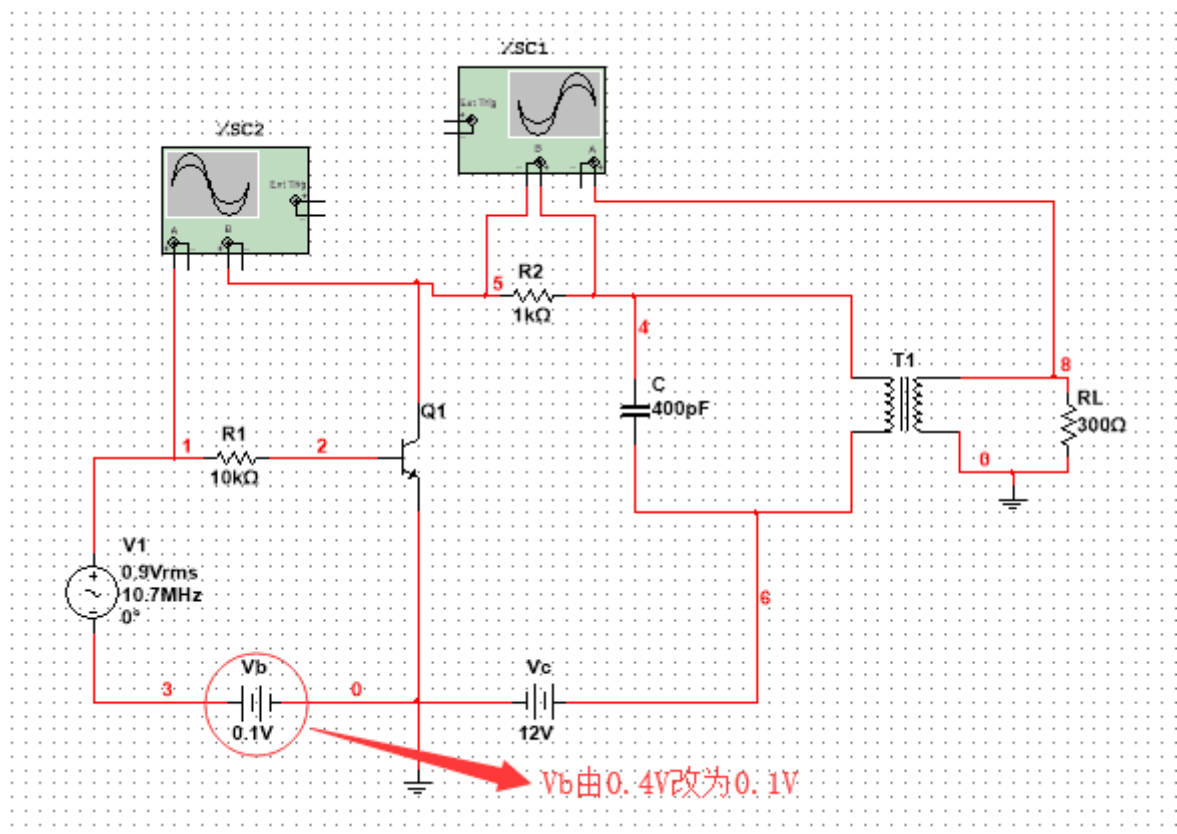
3.2.1晶体管B类工作状态

根据3.1原始电路，可以看到此时电路正好工作在B类，导通角约90度，此时输出电压波形（XSC示波器A端）图如下：

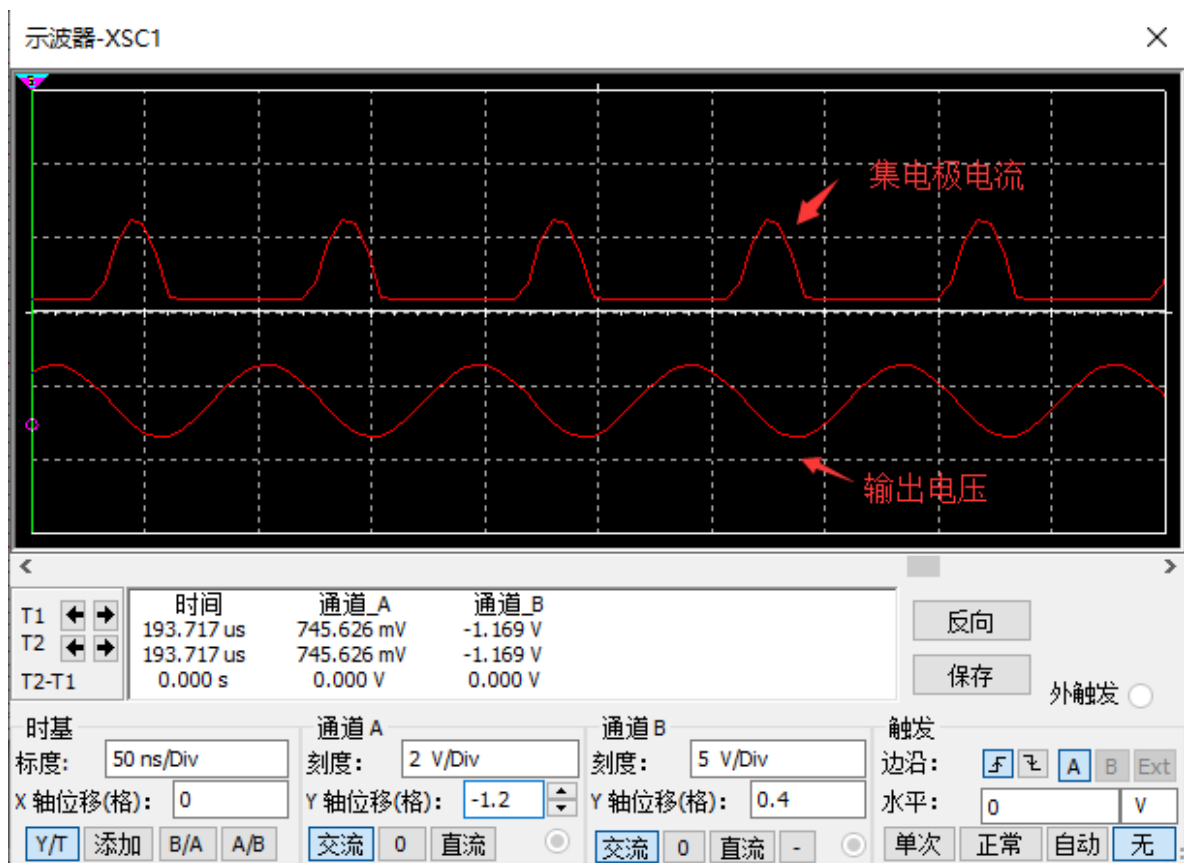


3.2.2晶体管C类工作状态

- 此时将偏置电压 V_b 进行调整，令 $V_b=0.1V$ ，更正后电路如下：



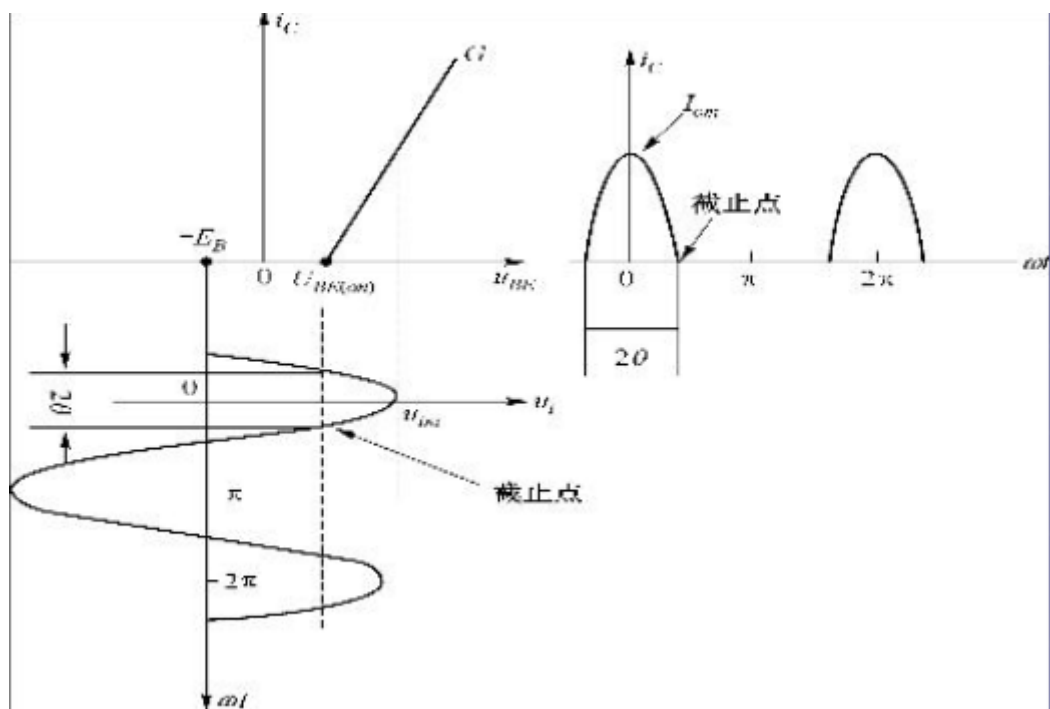
- 此时输出电压和集电极电流波形图如下：



此时我们可以看到导通角明显小于90度，处于C类工作状态

3.2.3理论分析

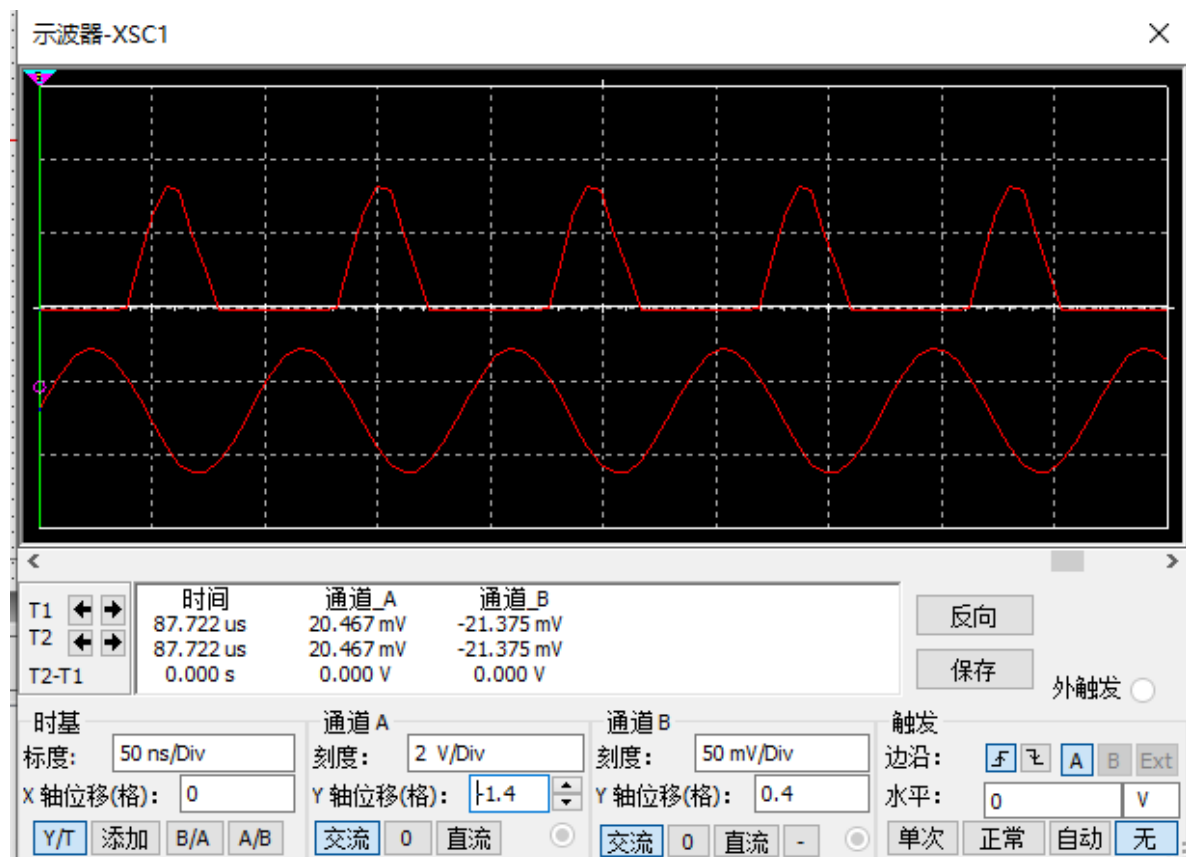
根据下图折线化分析非线性电路电流电压波形可知，偏执电压Eb在ic-ube图中左移的话，导致ube-wt整体图像左移，此时ic-wt图中导通部分减小，及导通角减少，使得晶体管工作在丙类，即3.2.3所述。



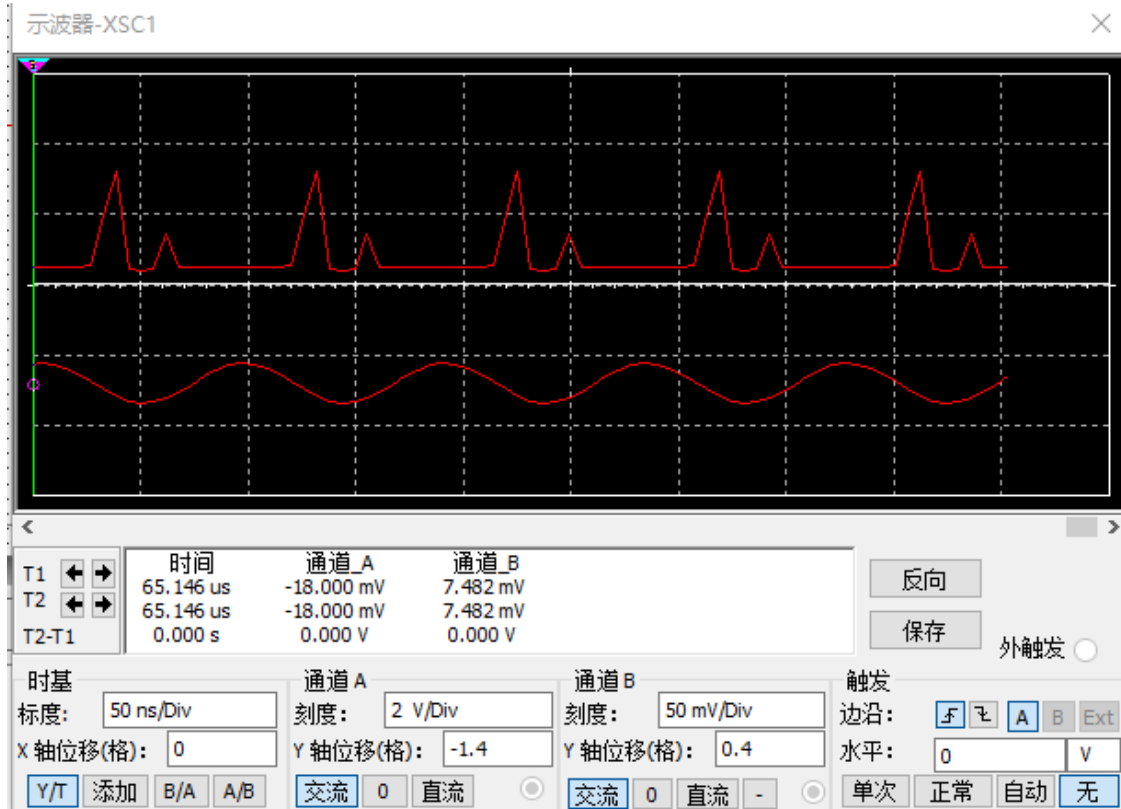
3.3 分别改变 E_b 、 E_c 、谐振负载 R_c ，验证电路在临界、欠压和过压状态下输出电压和集电极电流的波形

3.3.1 改变 E_c ，观察三种状态：

- $E_c=12V$ 时，即图一状态，此时电路在欠压状态，这里不再赘述。
- $E_c=4V$ 时，此时电路在临界状态，输出电压和集电极电流波形图如下：

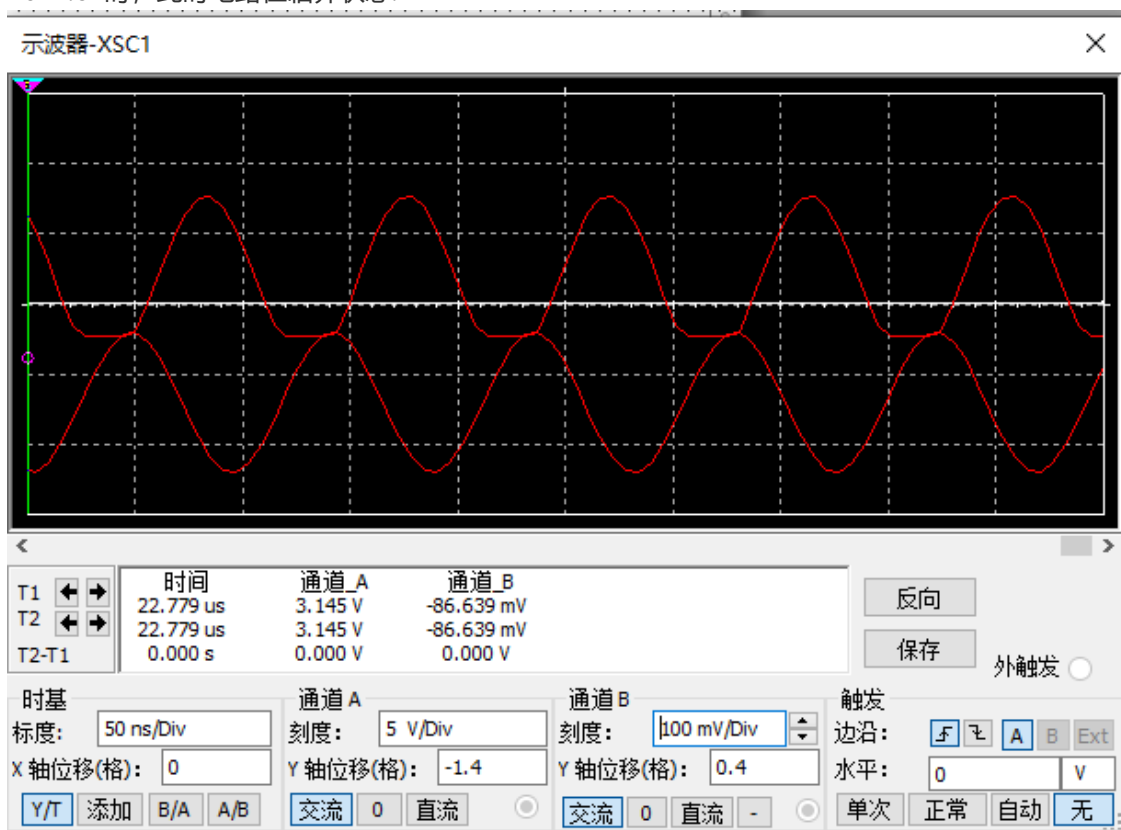


- $E_c=1.2V$ 时，此时电路在过压状态，输出电压和集电极电流波形图如下：

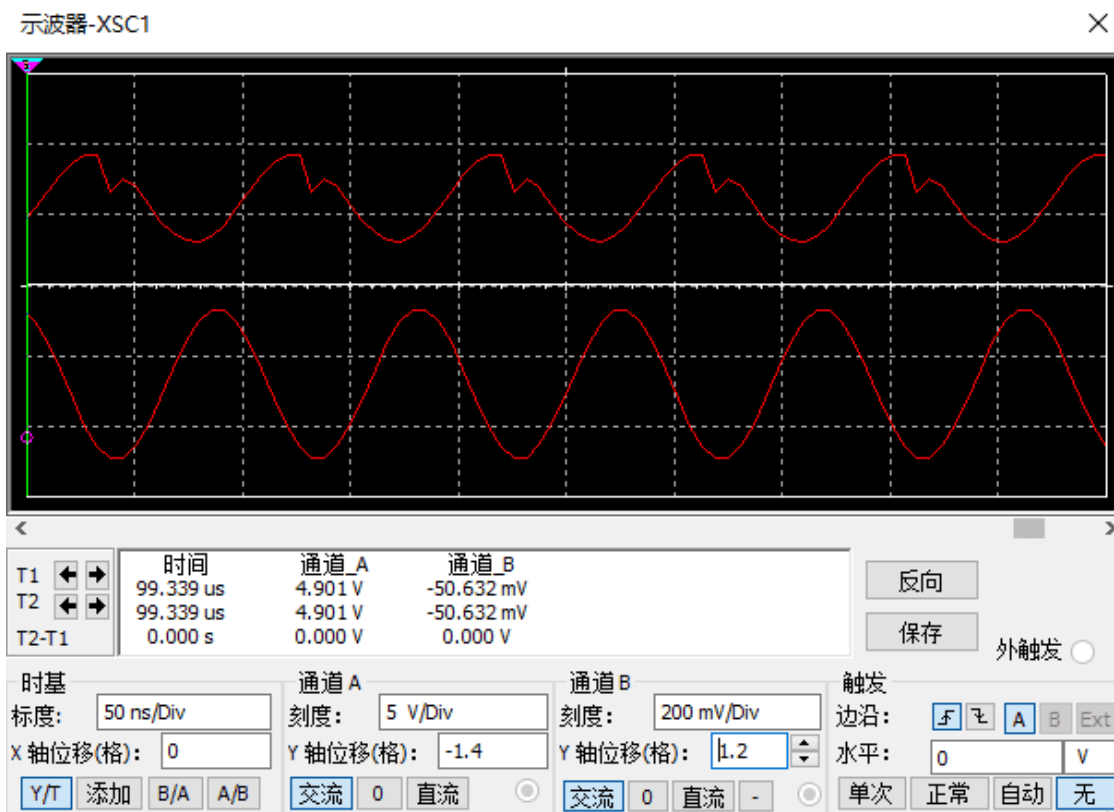


3.3.2 改变 E_b ，观察三种状态：

- $E_b=0.4V$ 时，即图一状态，此时电路在欠压状态，这里不再赘述。
- $E_b=1.6V$ 时，此时电路在临界状态。



- $E_b=3V$ 时，此时电路在过压状态



4.总结

- 调谐功率放大器的晶体管工作状态和偏置电压 E_b 有着很大的联系，决定着导通角的大小，同时信号源幅值也有影响。
- 决定功率放大器的工作在欠压过压还是临界取决于 E_c ， E_b ， U_{bm} 和 R_c 。

5.参考文献

- [1]朱高中.基于Multisim的高频谐振功率放大器仿真实验[J].实验室研究与探索,2013,32(02):92-94+115.
- [2]陶彬彬,张静.基于Multisim13的高频谐振功率放大器仿真研究[J].赤峰学院学报(自然科学版),2018,34(08):19-22.
- [3]韩新风,王玉莲,张永锋.高频谐振丙类功率放大器仿真分析[J].长春师范大学学报,2019,38(02):19-26.