

《非线性电子线路实验》

中国科学院半导体研究所

主讲教师：冯鹏

实验注意事项

1. 实验前:

- 打印预习报告
- 提前15分钟到实验室, 取出实验设备
- 认真听讲, 做好记录

2. 实验中:

- 独立完成实验, 严禁抄袭、伪造实验数据、擅自调换实验设备
- 多思考, 尽可能与理论课中的内容联系起来, 及时分析和记录
- 实验数据需由老师签字验收

3. 扣分项:

- 因操作不当, 损坏功放模块, 该项实验成绩最高不超过60分
- 因操作不当, 损坏其他零配件或电路模块, 该项实验成绩扣20分
- 实验报告中不写设备编号, 该项实验成绩扣20分。

第三章 单元验证实验-上

第1节 高频小信号调谐放大器实验

第2节 高频谐振功率放大器实验

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

第三章 单元验证实验-上

第1节 高频小信号调谐放大器实验

(两人一组)

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频小信号调谐放大器实验

实验目的

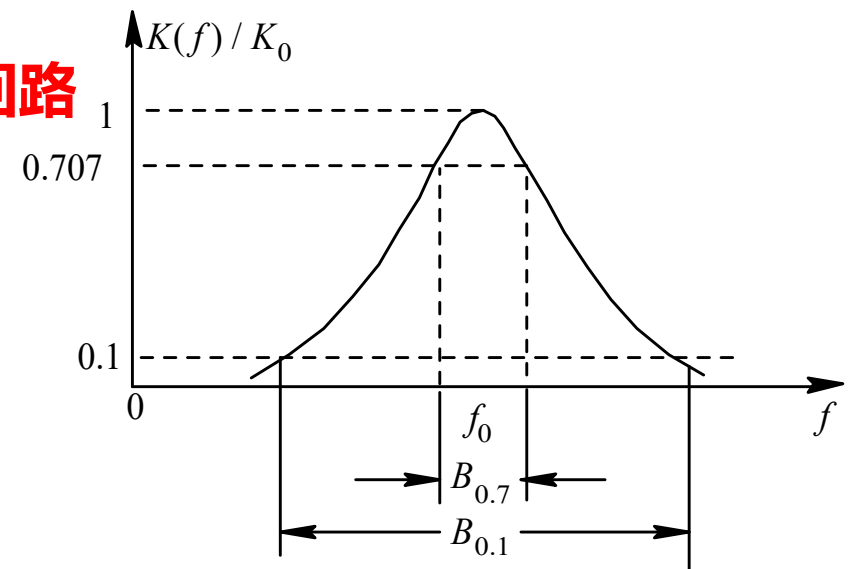
- 掌握高频小信号调谐放大器的工作原理
- 掌握高频小信号调谐放大器的调试方法
- 掌握高频小信号调谐放大器参数的测试方法
(电压放大倍数, 通频带, 矩形系数)

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频小信号调谐放大器实验

小信号调谐放大器的基本原理

- 无线电通信设备的主要电路;
- 作用：有选择地对某一频率范围的高频小信号进行放大;
- 小信号：输入信号电压在微伏~毫伏数量级，放大该信号的放大器工作在线性范围内;
- 调谐：放大器的集电极负载为调谐回路



实验目的

实验原理

实验内容

实验电路

实验仪器

实验步骤

高频小信号调谐放大器实验

小信号调谐放大器的技术参数

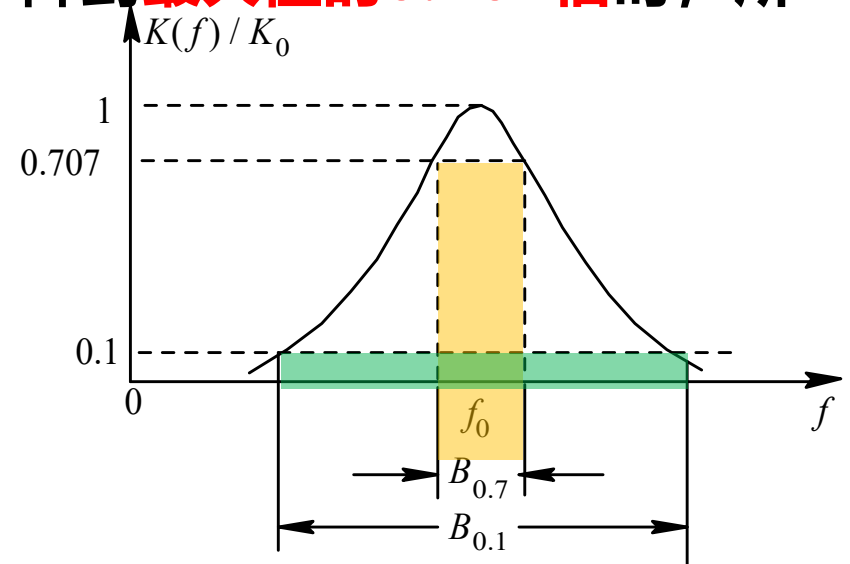
➤ 增益

- 表示高频小信号调谐放大器**放大微弱信号的能力**;

➤ 通频带和选择性

- 通频带 ($B_{0.7}$) : 放大器电压增益下降到**最大值的0.707倍**时, 所对应的频率范围。
- 放大器的频率选择性-矩形系数 $K_{0.1}$

$$K_{0.1} = \frac{B_{0.1}}{B_{0.7}}$$



实验目的

实验原理

实验内容

实验电路

实验仪器

实验步骤

高频小信号调谐放大器实验

小信号调谐放大器的技术参数

➤ 稳定性

- 不稳定的高频放大器：当电路参数随温度等因素发生变化时，会出现明显的增益变化、中心频率偏移和频率特性曲线畸变，甚至发生自激振荡。
- 高频工作状态下的晶体管内部反馈及寄生反馈，使得高频放大器很容易自激。
- 提高稳定性：合理设计电路、限制每级增益、必要的工艺措施等；

➤ 噪声系数

- 减小前级电路的内部噪声
- 使放大器在尽可能高的功率增益下噪声系数最小

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

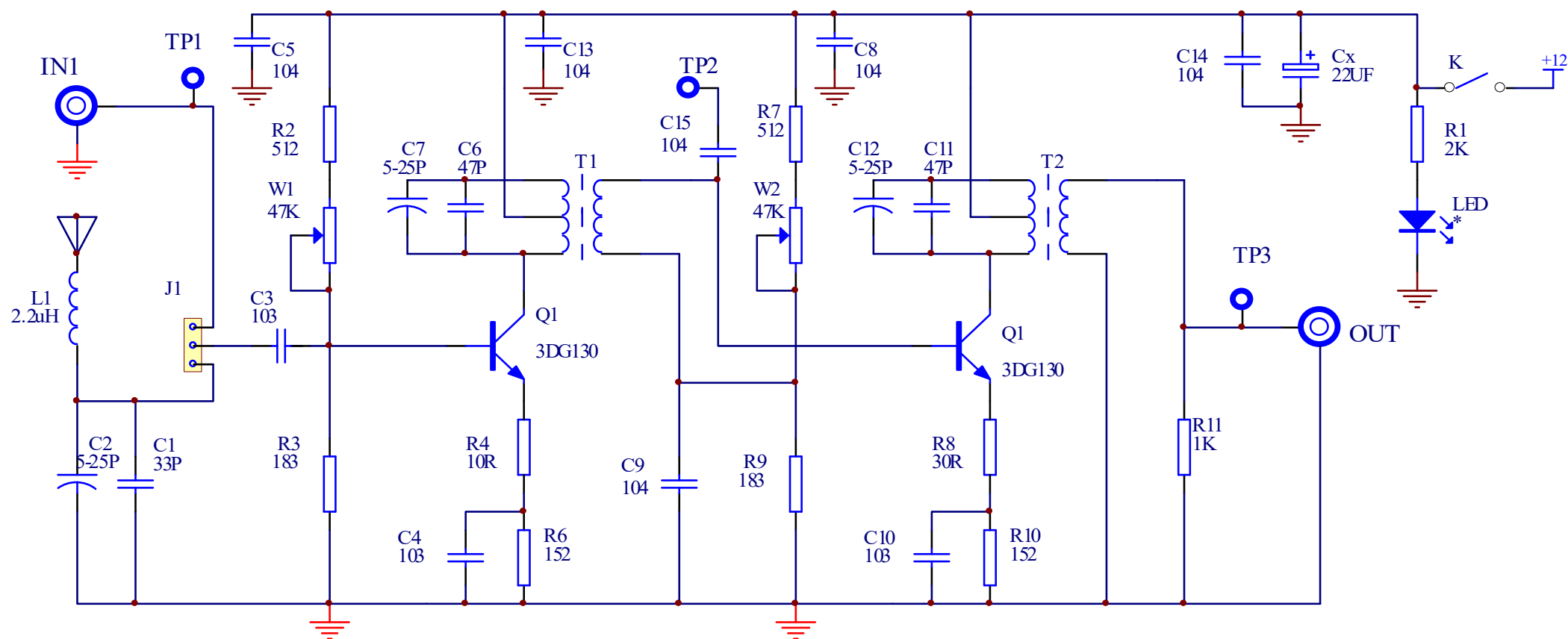
高频小信号调谐放大器实验

实验内容

- 静态工作点与谐振回路的调整
- 放大器的幅频特性及通频带的测试

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频小信号调谐放大器实验



● 实验电路图

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频小信号调谐放大器实验

实验仪器

- 小信号调谐放大器实验板
- 200 MHz双踪示波器
- 万用表
- 信号发生器



实验目的

实验原理

实验内容

实验电路

实验仪器

实验步骤

高频小信号调谐放大器实验



通常选择50欧内阻



实验目的

实验原理

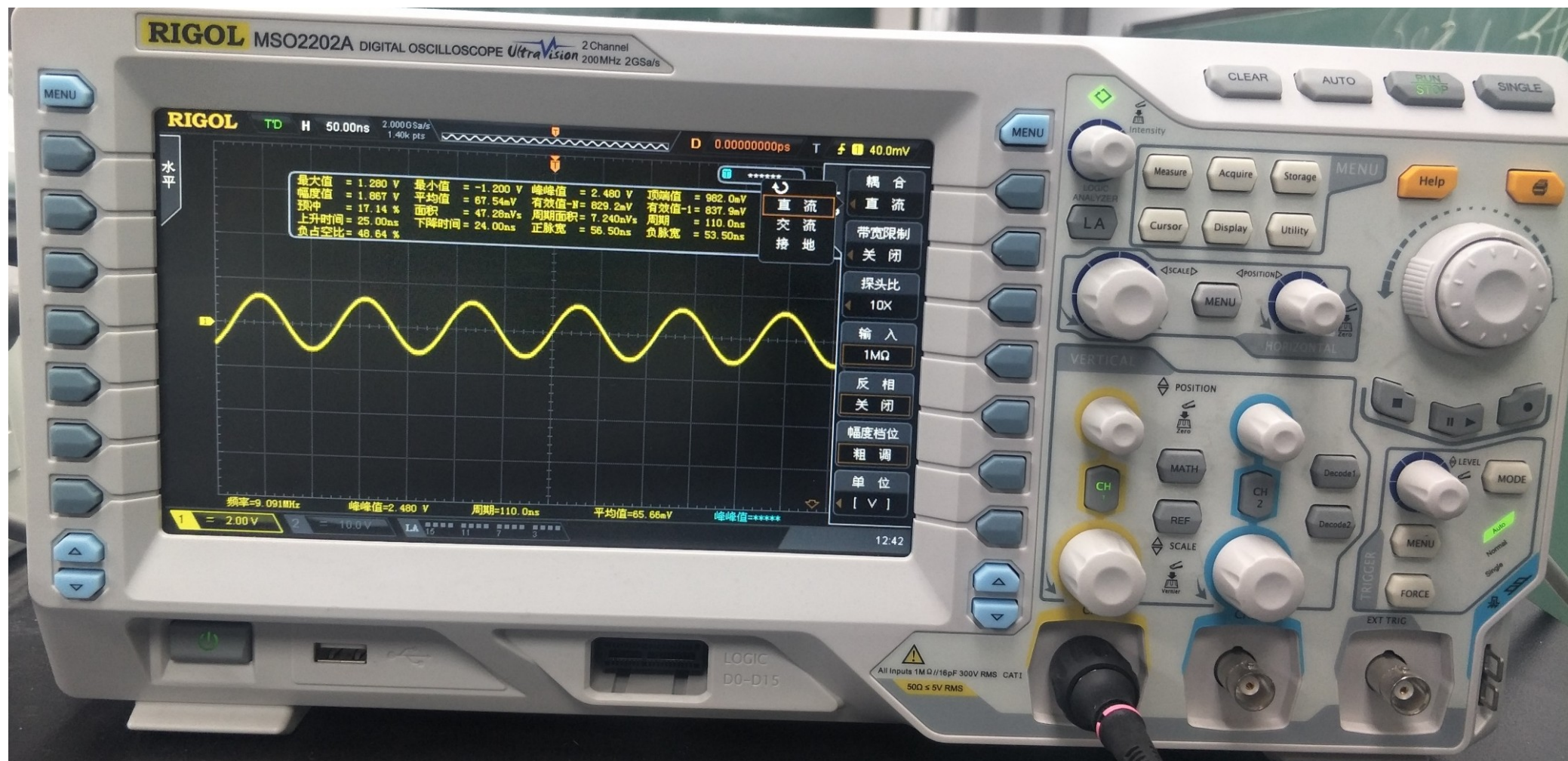
实验内容

实验电路

实验仪器

实验步骤

高频小信号调谐放大器实验



高频小信号调谐放大器实验



高频小信号调谐放大器实验

- 静态工作点与谐振回路的调整
- 放大器的幅频特性及通频带的测试



实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频小信号调谐放大器实验

● 预习思考题

高频小信号调谐放大器产生自激振荡的原因是什么？如何避免产生自激振荡？

● 实验报告要求

- 整理按实验步骤所得的数据，完成放大器幅频特性曲线的绘制工作。
- 记录当调谐放大器的增益达到 A_{\max} 以及 $0.7 \cdot A_{\max}$ 时，测得的OUT端电压信号波形。
- 计算 $B_{0.7}$ 、 $B_{0.1}$ 及矩形系数 $K_{0.1}$ 。
- 总结由本实验所获得的体会。

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频小信号调谐放大器实验

本次实验注意事项

- 每次需更改电路连接关系时，需要先将电路板**断电**，电路连接**确认正确后**上电测试。

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

第三章 单元验证实验-上

第2节 高频谐振功率放大器实验

(两人一组)

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

实验目的

- 进一步掌握高频谐振功率放大器的工作原理
- 掌握谐振功率放大器的调谐特性和负载特性
- 掌握集电极电源电压及负载变化对放大器工作状态影响

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

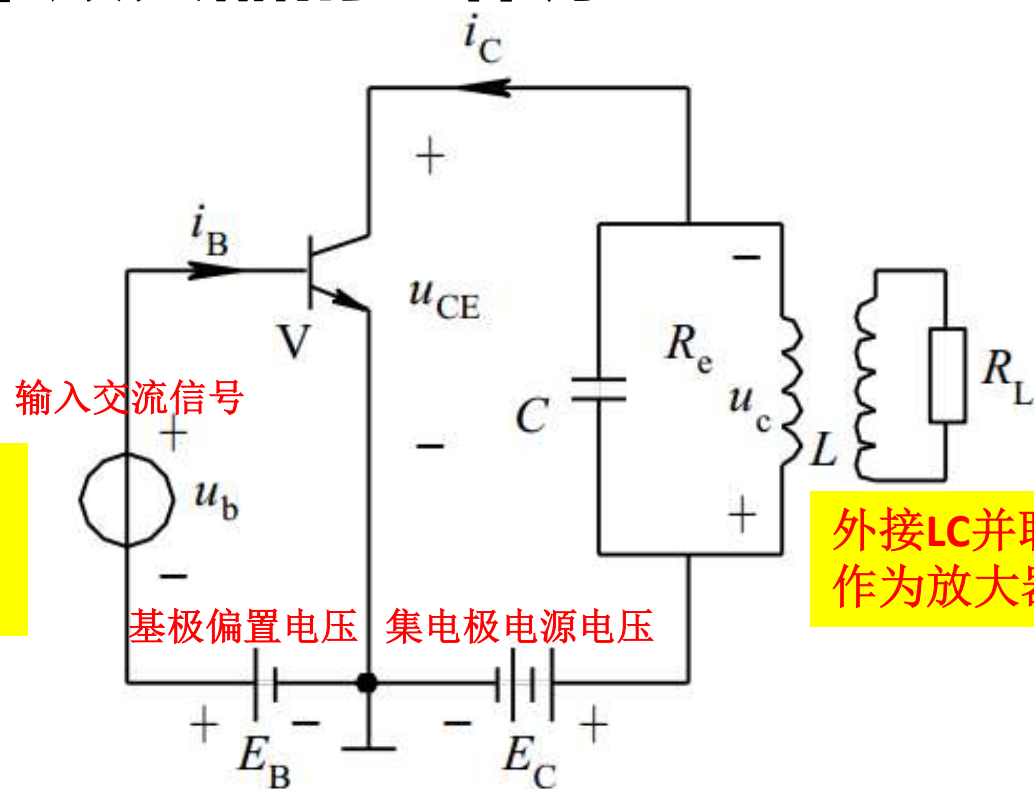
谐振功率放大器的基本原理

- 通信系统中发送装置的重要组件
- 作用：将电源供给的直流能量转换为高频交流输出；
 - 放大信号到足够功率，以满足天线发射和负载的要求
 - 主要问题：如何获得高效率、大功率的输出
 - 高频谐振功率放大器：采用丙类（C类）功率放大器，采用选频网络作为负载回路的丙类（C类）功率放大器（导通角小于 180° ）

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

高频谐振功率放大器的工作原理



实验目的

实验原理

实验内容

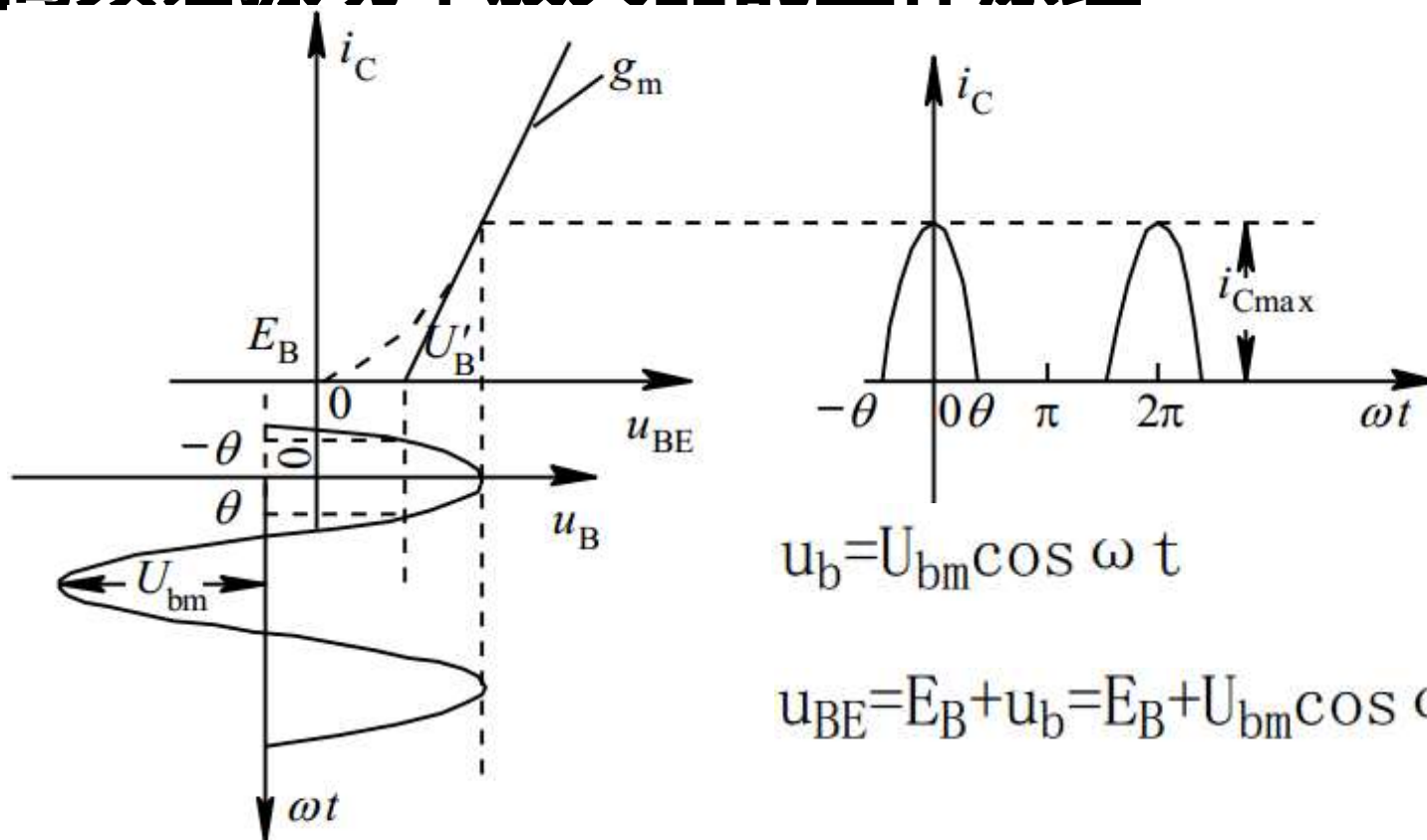
实验电路

实验仪器

实验步骤

高频谐振功率放大器实验

高频谐振功率放大器的工作原理



$$u_b = U_{bm} \cos \omega t$$

$$u_{BE} = E_B + u_b = E_B + U_{bm} \cos \omega t$$

$$i_C = I_{C0} + i_{c1} + i_{c2} + \dots = I_{C0} + I_{c1m} \cos \omega t + I_{c2m} \cos 2\omega t + \dots$$

式中， I_{C0} 为直流电流， I_{c1m} 、 I_{c2m} 分别为基波、二次谐波电流幅度。

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

高频谐振功率放大器的工作原理

由于并联谐振回路的选频滤波作用，振荡回路两端的电压可近似认为只有基波电压：

$$u_c = U_{cm} \cos \omega t = I_{c1m} R_e \cos \omega t \quad \text{Re为LC回路的谐振电阻}$$

LC振荡回路的高频功率：

$$P_0 = \frac{1}{2} I_{c1m} U_{cm} = \frac{1}{2} I_{c1m}^2 R_e = \frac{1}{2} \frac{U_{cm}^2}{R_e}$$

集电极直流输入功率：

$$P_E = E_C I_{C0}$$

集电极效率：

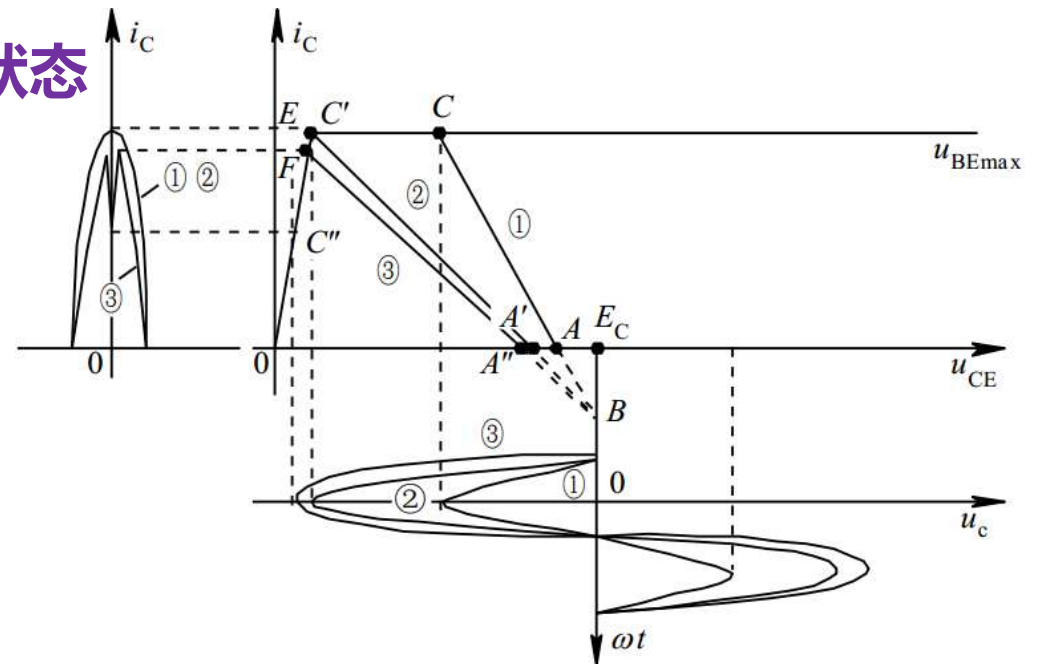
$$\eta_C = \frac{P_0}{P_E} = \frac{1}{2} \frac{I_{c1m} U_{cm}}{I_{C0} E_C}$$

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

高频谐振功率放大器的工作状态

- 工作状态由 E_C 、 E_B 、 U_{bm} 、 U_{cm} 四个参量决定；
- 静态工作点、输入信号、负载变化，工作状态将发生变化
 - 欠压状态：C点落在输出特性的放大区
 - 临界状态：C点正好落在临界状态
 - 过压状态：C点落在饱和区



实验目的

实验原理

实验内容

实验电路

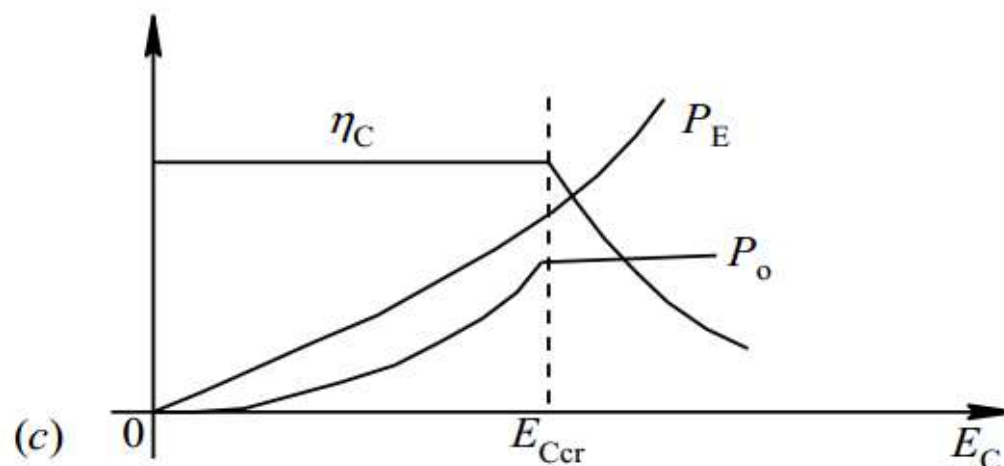
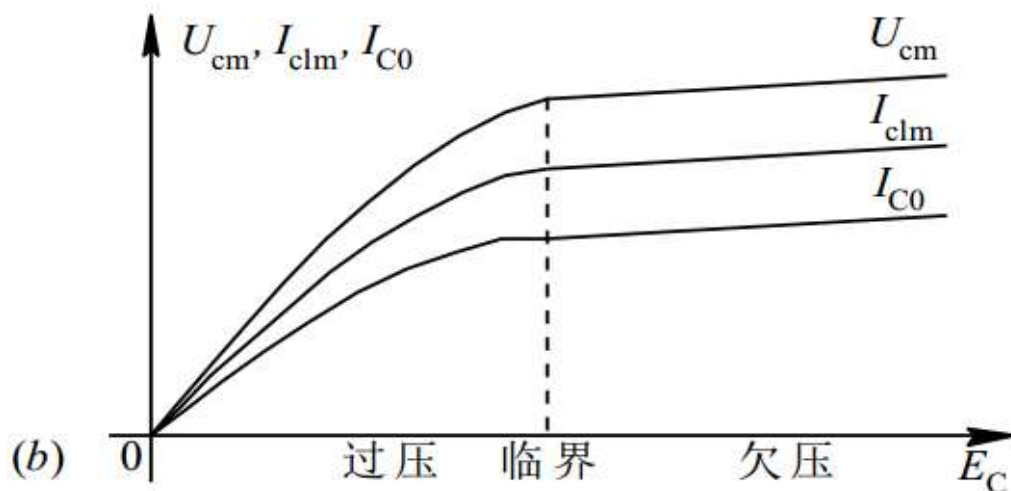
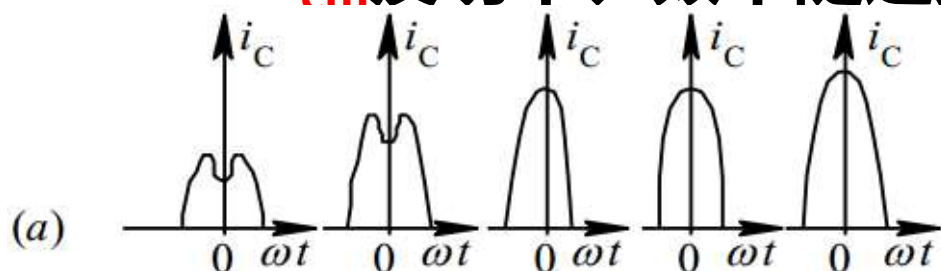
实验仪器

实验步骤

高频谐振功率放大器实验

高频谐振功率放大器的集电极调制特性

- 保持 E_B 、 U_{bm} 、 R_e 不变而改变 E_C 时，电流 I_{c0} 、 I_{cm} ，电压 U_{cm} 及功率、效率随之变化的曲线；



实验目的

实验原理

实验内容

实验电路

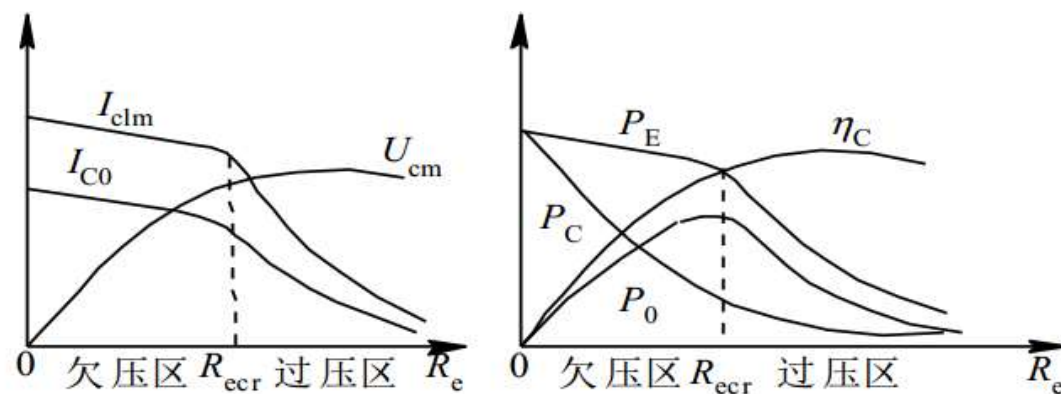
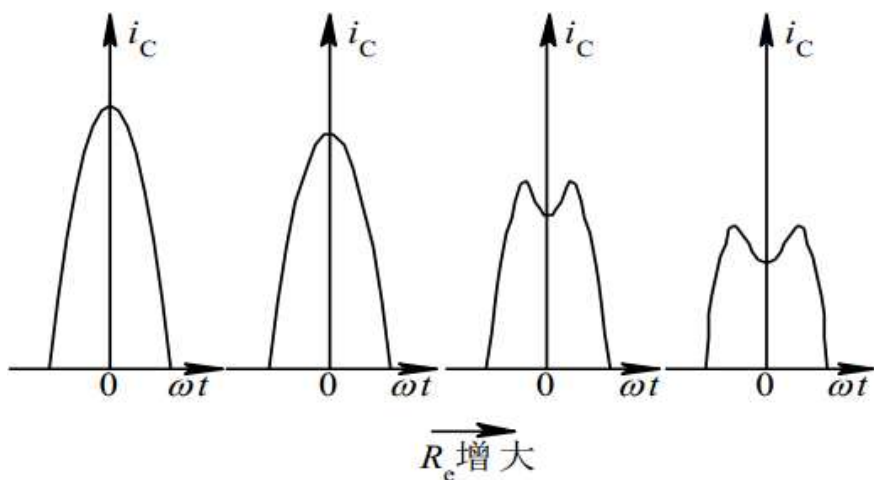
实验仪器

实验步骤

高频谐振功率放大器实验

高频谐振功率放大器的负载特性

- 保持 E_C 、 E_B 、 U_{bm} 不变而改变 R_e 时，电流 I_{c0} 、 I_{c1m} ，电压 U_{cm} ，输出功率 P_O ，集电极损耗功率 P_C ，电源功率 P_E 及集电极效率变化的曲线；
- 由 R_e 小到大，工作状态由欠压变到临界在进入过压



实验目的

实验原理

实验内容

实验电路

实验仪器

实验步骤

高频谐振功率放大器实验

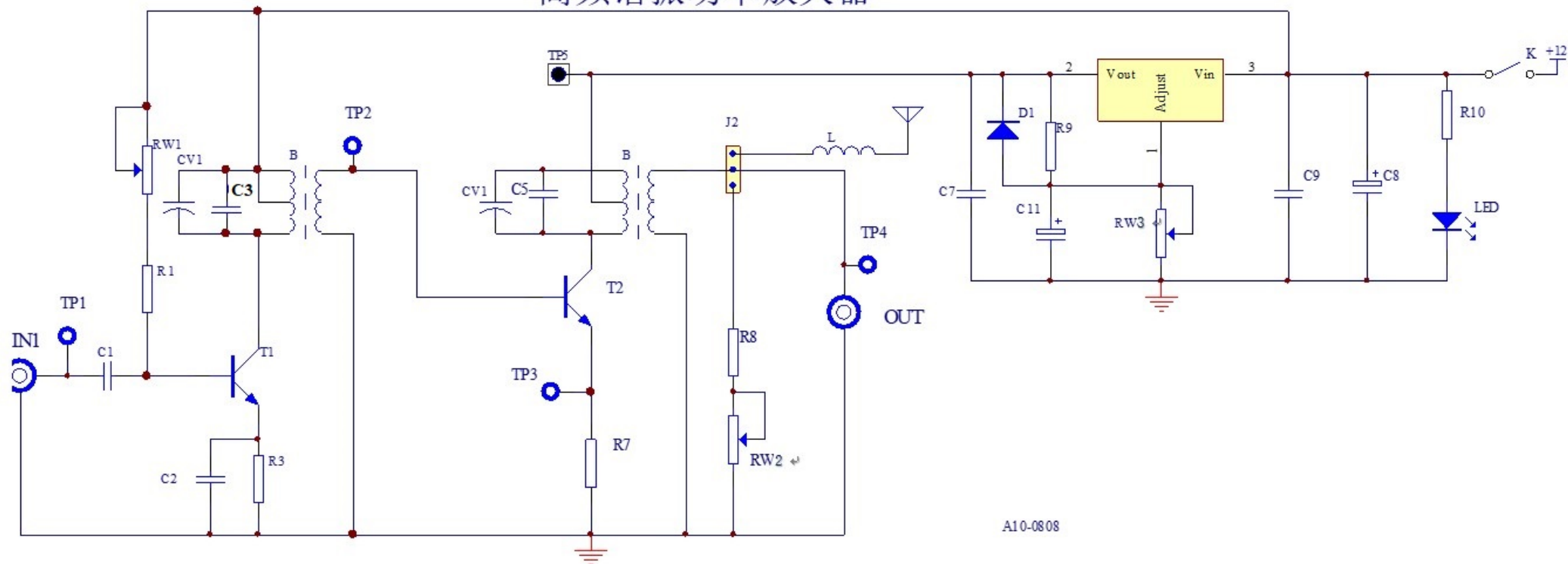
实验内容

- 高频谐振功率放大器实验电路的调整
- 集电极调制特性测试-集电极电源电压变化对放大器工作状态的影响测试
- 负载特性测试-负载变化对放大器工作状态的影响测试

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

高频谐振功率放大器



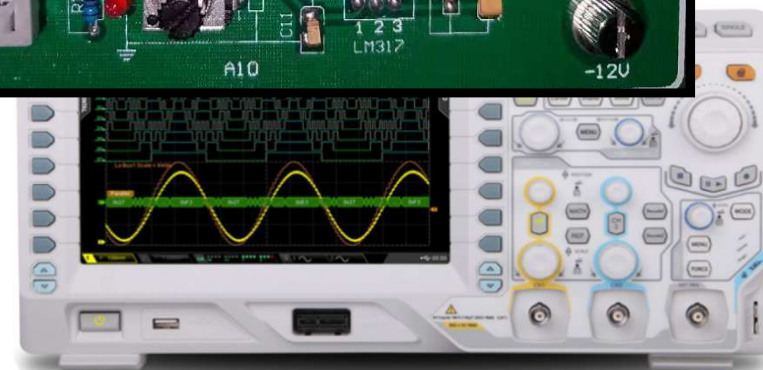
- 若闻到电路板产生异味则立刻关闭电源冷却，否则板子会烧坏。
- 断开J2前必须先断电,否则板子会烧坏
- 接上负载才上电,否则板子会烧坏

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

实验仪器

- 谐振功率放大器实验板
- 200 MHz双踪示波器
- 万用表
- 信号发生器



实验目的

实验原理

实验内容

实验电路

实验仪器

实验步骤

高频谐振功率放大器实验

- 高频谐振功率放大器实验电路的调整
 - 高频谐振功率放大器的负载特性测试
 - 高频谐振功率放大器的集电极调制特性测试
- (两人一组开展实验)**

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------

高频谐振功率放大器实验

● 预习思考题：

根据本实验电路，分析可能会造成实验电路损坏的原因，应该采取哪些预防措施？

● 实验报告要求

- 整理实验数据，分析负载 R_L 、电压 E_C 对高频谐振放大器工作状态的影响；
- 绘出 U_O-R_L 、 $I_{CO}-R_L$ 曲线；
- 绘出 U_O-E_C 、 $I_{CO}-E_C$ 曲线；
- 总结由本实验所获得的体会

实验目的	实验原理	实验内容	实验电路	实验仪器	实验步骤
------	------	------	------	------	------