

通信电子线路实验报告（一）——小信号调谐放大器

姓名：杨承翰 学号：210210226 班级：通信 2 班

实验台号：K403-21 实验日期：3.31 原始数据审核：

一、实验目的

1. 熟悉电子元件和高频电子线路实验系统
2. 掌握小信号谐振放大器的基本工作原理
3. 掌握谐振放大器的幅频特性分析——通频带选择性与增益的测量方法
4. 熟悉信号源内阻及负载对谐振回路的影响
5. 了解谐振放大器动态范围的概念和测量方法

二、实验预习

1. 阐述小信号调谐放大器的工作原理

（一）小信号调谐放大器基本工作原理

高频小信号放大器是构成无线电通信设备的主要电路，其作用是放大信道中的高频小信号。所谓小信号，通常指输入信号电压一般在微伏至毫伏数量级，放大这种信号的放大器工作在线性范围内；所谓调谐，主要是指放大器的负载为调谐回路（如 LC 谐振回路）。这种放大器对谐振频率 f_0 的信号具有最强的放大作用，而对其他远离 f_0 的频率信号，放大作用很差，通频带较窄。调谐放大器的频率特性如图 1-1 所示。

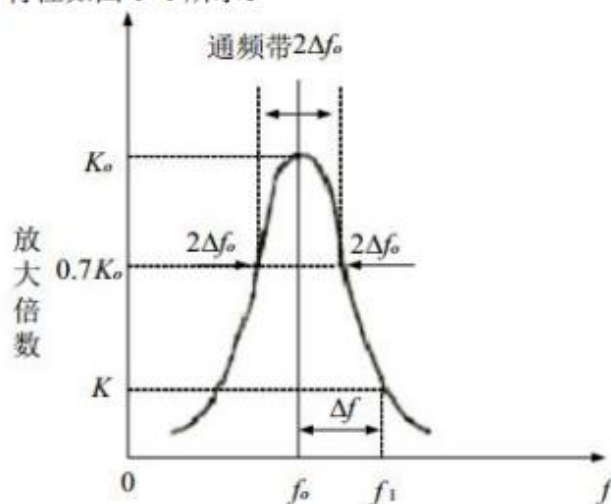


图 1-1 调谐放大器的频率特性

例如无线电接收机中的高放电路，就是典型的高频窄带小信号放大电路。窄带放大电路中，被放大信号的频带宽度小于或远小于其中心频率。如在调幅接收机的中放电路中，带宽为 9kHz，中心频率为 465kHz，相对带宽 $\Delta f/f_0$ 约为百分之几。因此，高频小信号放大电路的基本类型是选频放大电路，以选频器作为线性放大器的负载，或作为放大器与负载之间的匹配器。它主要由放大器与选频回路两部分构成。用于放大的有源器件可以是半导体三极管，也可以是场效应管，电子管或者是集成运算放大器。用于调谐的选频器件可以是 LC 谐振回路，也可以是晶体滤波器，陶瓷滤波器，LC 集中滤波器等。本实验用三极管作为放大器件，LC 谐振回路作为选

频器。在分析时, 主要用如下参数衡量电路的技术指标: 中心频率、增益、噪声系数、灵敏度、通频带与选择性。

(二) 单调谐回路放大器

小信号调谐放大器的种类很多, 按调谐回路区分, 有单调谐放大器、双调谐放大器和参差调谐放大器。按晶体管连接方法区分, 有共基极、共发射极和共集电极调谐放大器等等。下面我们讨论共发射极单调谐放大器。

共发射极单调谐放大器原理电路如图 1-2 所示。

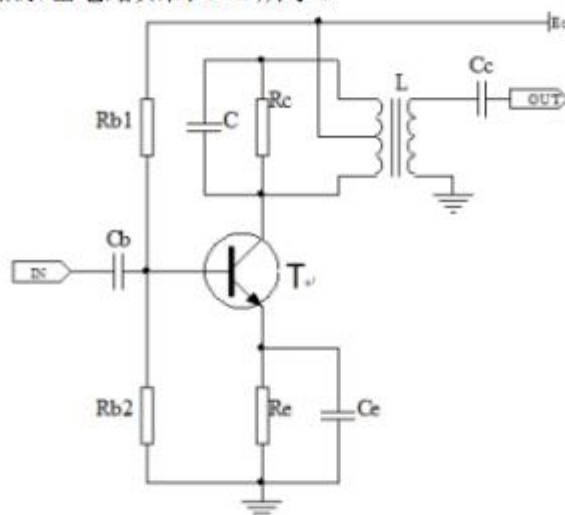


图 1-2 单调谐放大电路

图中晶体管 T 起放大信号的作用, R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_e 为直流偏置电阻, 用以保证晶体管工作于放大区域, 从而放大器工作于甲类。 C_e 是 R_e 的旁路电容, C_b 、 C_c 是输入、输出耦合电容, L 、 C 是谐振回路, 作为放大器的集电极负载起选频作用, 它采用抽头接入法, 以减轻晶体管输出电阻对谐振回路 Q 值的影响, R_c 是集电极 (交流) 电阻, 它决定了回路 Q 值、带宽。

(三) 双调谐回路放大器

双调谐回路放大器具有频带宽, 选择性好的优点。因此, 为了改善调谐电路的频率特性, 通常采用双调谐放大电路。顾名思义, 双调谐回路是指有两个彼此耦合的调谐回路: 一个靠近晶体管输出端, 称为初级; 另一个靠近下级输入端, 称为次级, 它们的谐振频率应调在同一个中心频率上。两者之间, 可采用互感耦合或电容耦合, 其电路如图 1-3 所示。

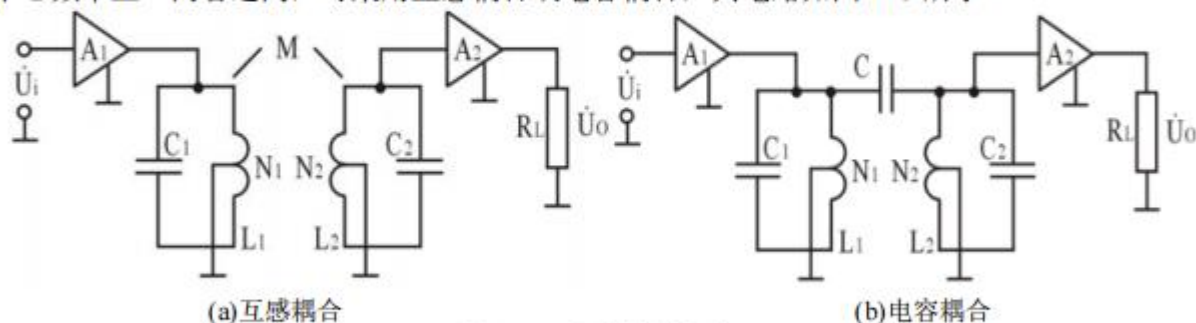


图 1-3 双调谐放大电路

若改变互感系数 M 或耦合电容 C , 就可以改变两个单调谐回路之间的耦合程度, 通常用耦合系数 k 来表征其耦合程度。

互感耦合双调谐回路的耦合系数为: $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$

电容耦合双调谐回路的耦合系数为: $k = \frac{C}{\sqrt{(C_1' + C)(C_2' + C)}}$

式中, C_1' 和 C_2' 是等效到初、次级回路的全部电容之和。

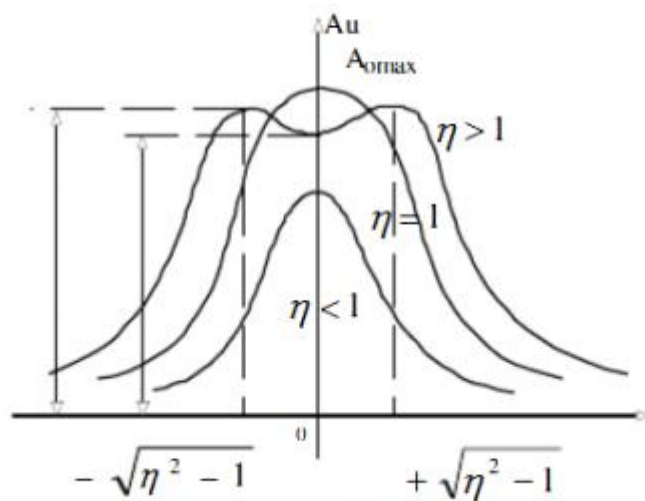


图 1-4 双调谐电路的幅频特性曲线

2. 分析实验电路图 1-5, 说明以下各点代表的含义

1TP2: 输入信号测试点。

1TP7: 输出信号测试点。

1C19: 两个回路通过其耦合, 可以调整 1C19 以调整其耦合度。

1K1: 控制 1R25 是否接入集电极回路, 接通时负载电阻变小, Q 值降低, 增益减小。

1K2: 单调谐与双调谐回路的开关, 断开时为双调谐回路, 接通时为单调谐回路。

三、实验记录

表 1-1

输入信号频率 $f(\text{MHz})$	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0
1K1 断开时输出 电压 (V_{p-p})	1.40	1.50	1.60	1.80	2.00	2.20	2.55	2.60	2.60	2.40	2.25	1.90	1.80	1.60	1.45	1.40
1K1 接通时输出 电压 (V_{p-p})	1.35	1.40	1.46	1.60	1.73	1.80	1.86	1.93	1.98	1.90	1.85	1.78	1.60	1.45	1.40	1.33

点测法测出的单调谐放大器幅频特性曲线：

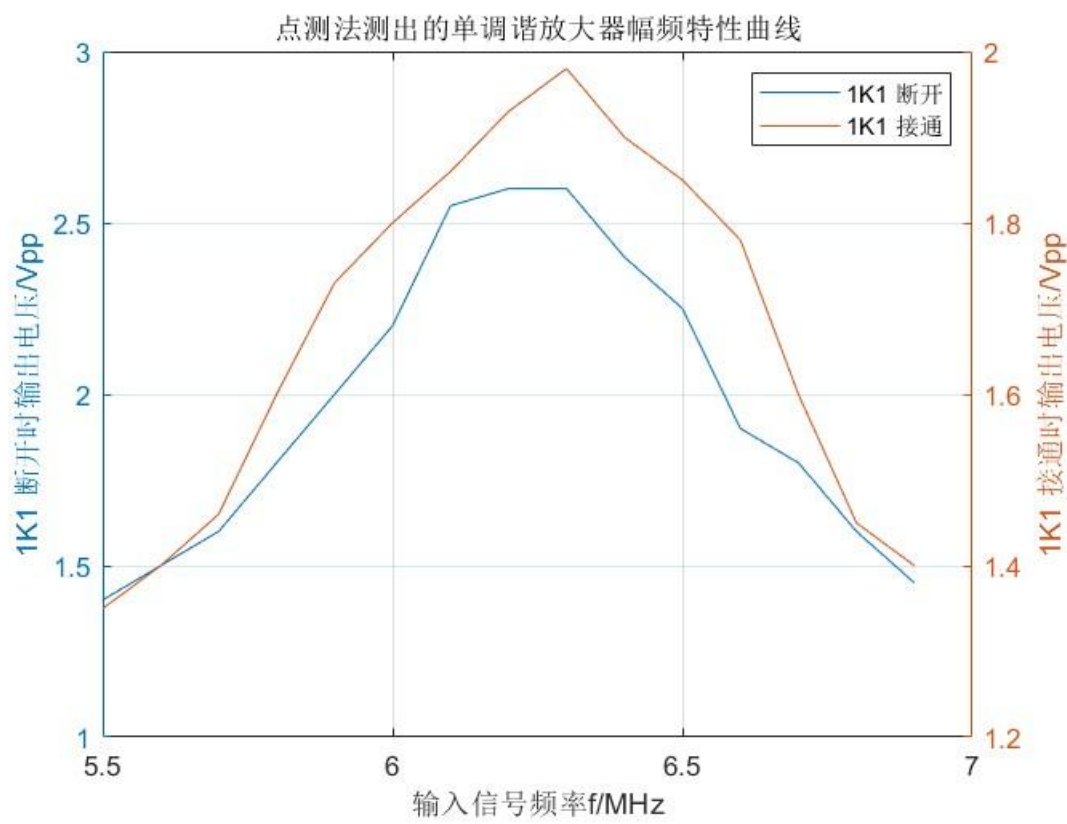
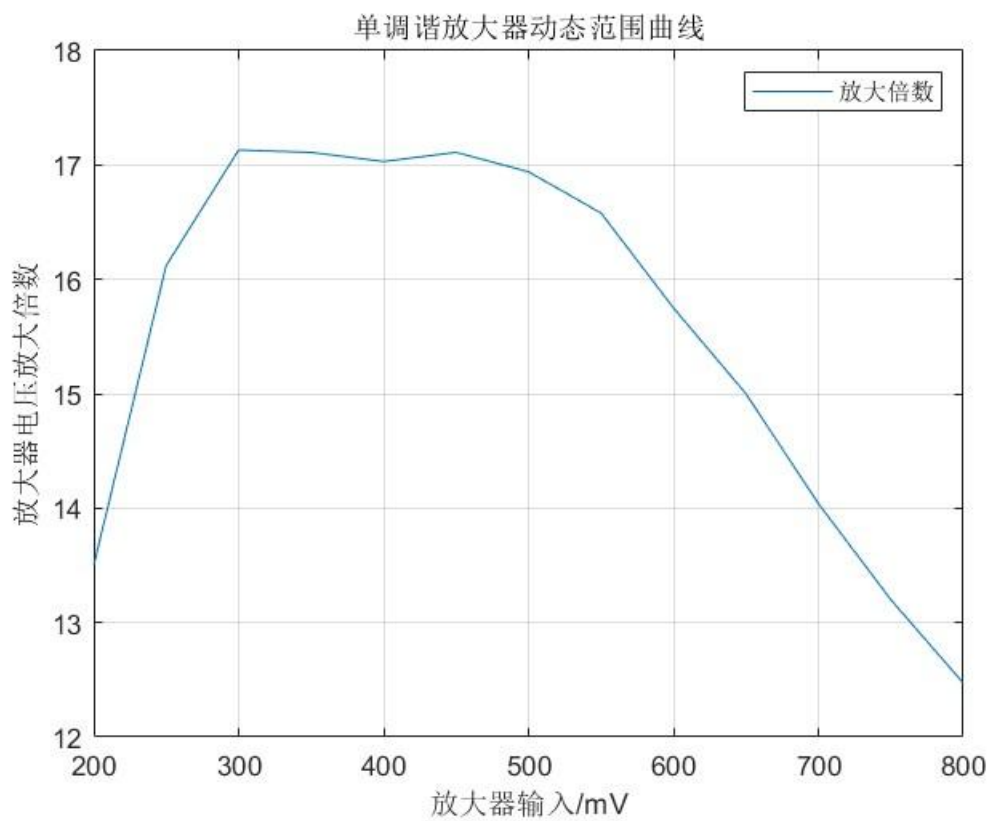


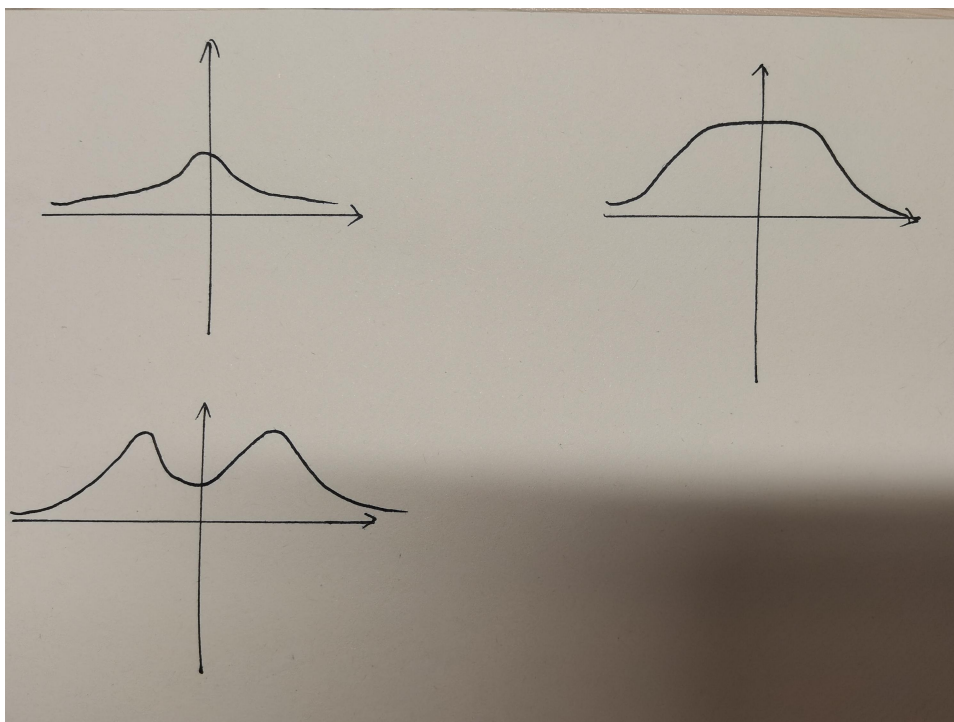
表 1-2

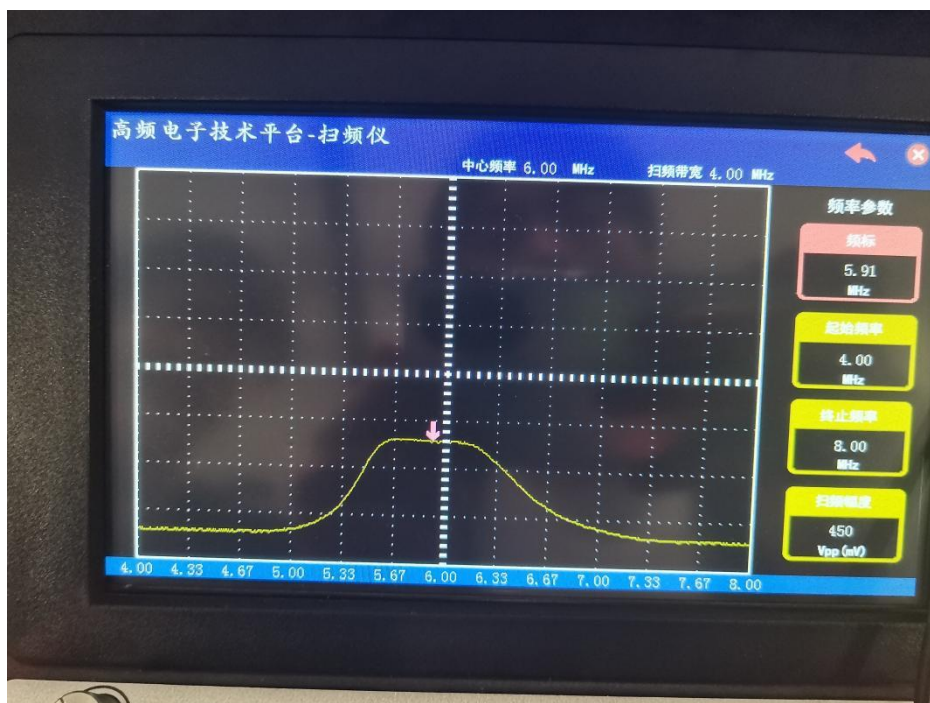
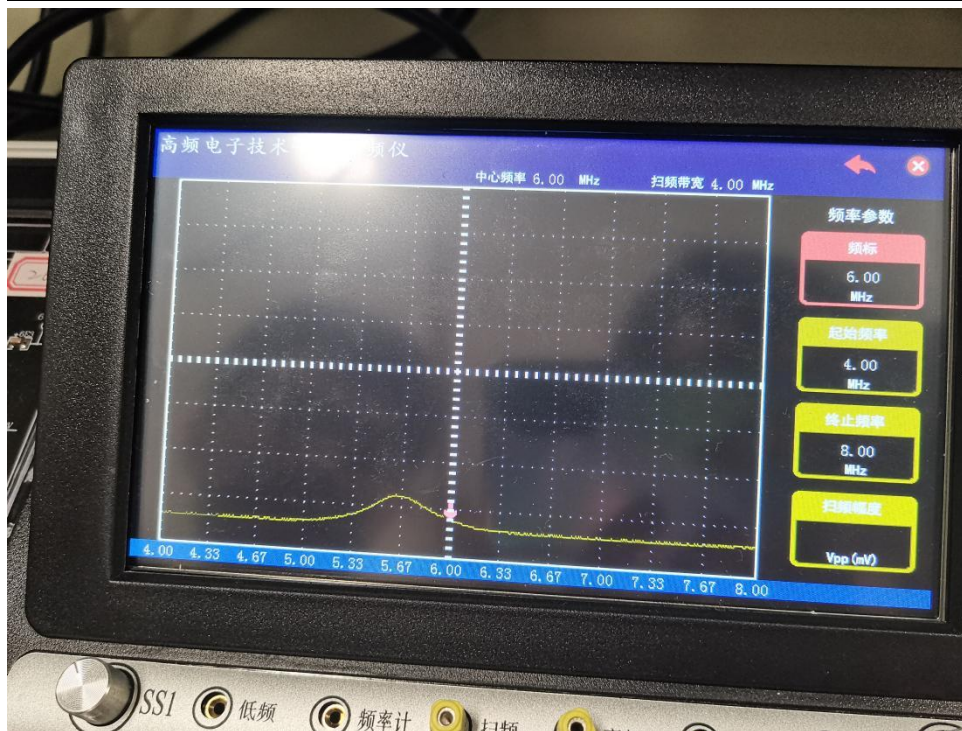
放大器输入 (mV)	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
放大器输出 (V_{p-p})	2.70	4.03	5.14	5.99	6.81	7.70	8.47	9.12	9.45	9.75	9.83	9.90	9.98
放大器电压 放大倍数	13.50	16.12	17.13	17.11	17.03	17.11	16.94	16.58	15.75	15.00	14.04	13.20	12.47

单调谐放大器动态范围曲线：



大致手绘出根据扫频法测量的双调谐放大器幅频特性曲线（包括弱耦合、全耦合、过耦合）





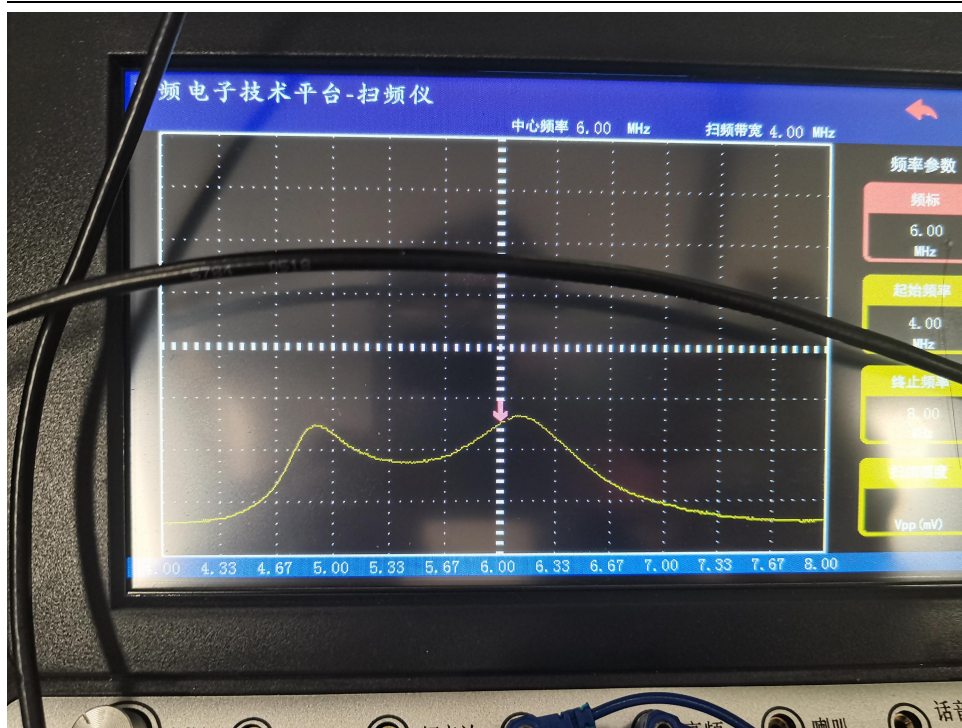
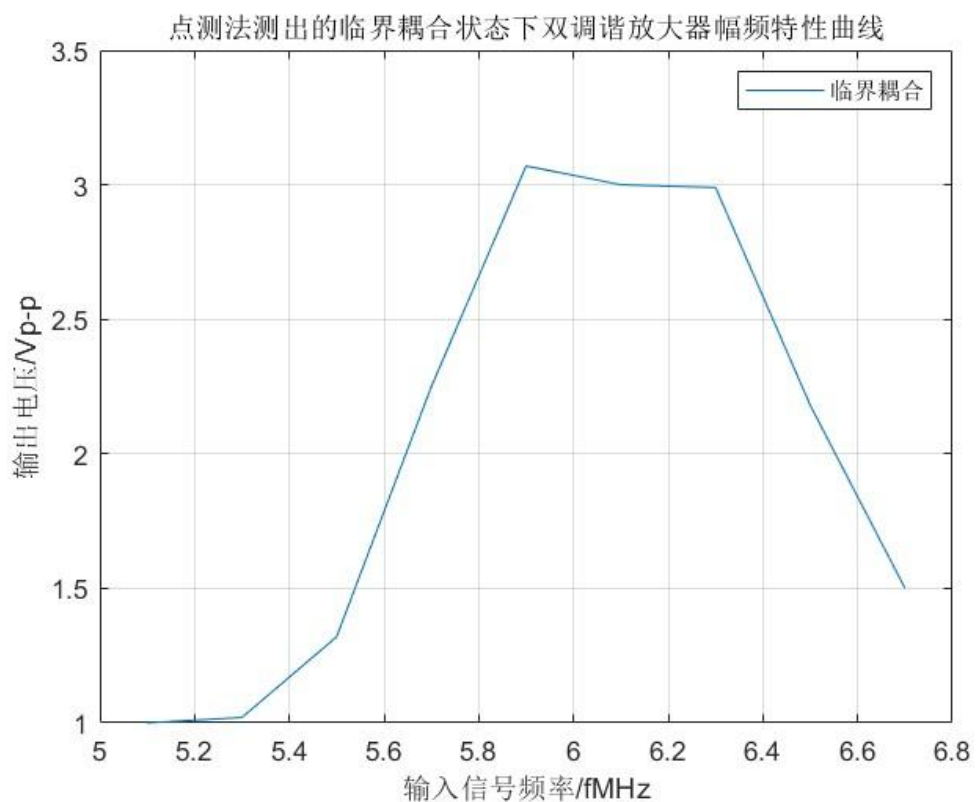


表 1-3

输入信号频率 $f(\text{MHz})$	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7
输出电压 (V_{p-p})	1.00	1.02	1.32	2.25	3.07	3.00	2.87	2.18	1.50

点测法测出的临界耦合状态下双调谐放大器幅频特性曲线:



四、实验思考题

高频小信号放大器的主要技术指标是什么？它们是怎样定义的？

1. 增益 A 电压增益 $A_u = u_o / u_i$ 功率增益 $A_p = P_o / P_i$
2. 通频带 B ($2 \Delta f_{0.7}$) 电压增益下降到最大值的 $1/\sqrt{2}$ 时所对应的频带宽度
3. 选择性 (矩形系数) $K_{r0.1} = 2 \Delta f_{0.7} / 2 \Delta f_{0.1}$
4. 噪声系数 $N_f = (p_{si}/p_{ni}) / (p_{so}/p_{no})$
5. 稳定性 内部反馈可能导致工作不稳

五、实验过程与数据分析

(叙述具体实验过程，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验记录见表 1-*”)

1. 根据绘制的单调谐放大电路在接通和断开 1R25 时的幅频特性曲线，计算出相应的通频带和增益。

接通：B=1.4MHz

$$A_u = 9.9$$

接通：B=0.9MHz

$$A_u = 13$$

2. 根据幅频特性曲线和实验电路，分析集电极负载对单调谐放大器幅频特性的影响。

集电极加入负载电阻，可以增大单调谐放大器的增益，缩小通频带，使 Q 值增大

3. 根据绘制的单调谐放大器动态范围曲线 (即放大器电压放大倍数与输入电压幅度之间的关系曲线) 分析当放大器输入幅度增大到一定程度时，输出波形会发生什么变化？为什么？

输出波形的输出幅值达到一定程度时，增大输入，输出幅值不会继续增长，放大倍数降低，但是通频带增加，输出波形峰值不加高但是变得更加扁平。

4. 根据绘制的双调谐放大电路幅频特性曲线，计算出相应的通频带和增益，总结其与单调谐放大电路相比有何优缺点？并说明双调谐放大电路在三种状态下的幅频特性曲线有何特点。

$B=0.9\text{MHz}$

$A_u=15.35$

增益更高，放大倍数更大，减小了不稳定因数，频带较宽，选择性好，矩形系数较小

弱耦合：峰值低，曲线扁平

全耦合：顶端扁平

过耦合：有两个峰，中间向下凹陷

六、实验体会与建议

本实验让我收获很大，动手能力增强的同时理论基础更加扎实。