

实验一 小信号调谐放大器

一、实验电路简介

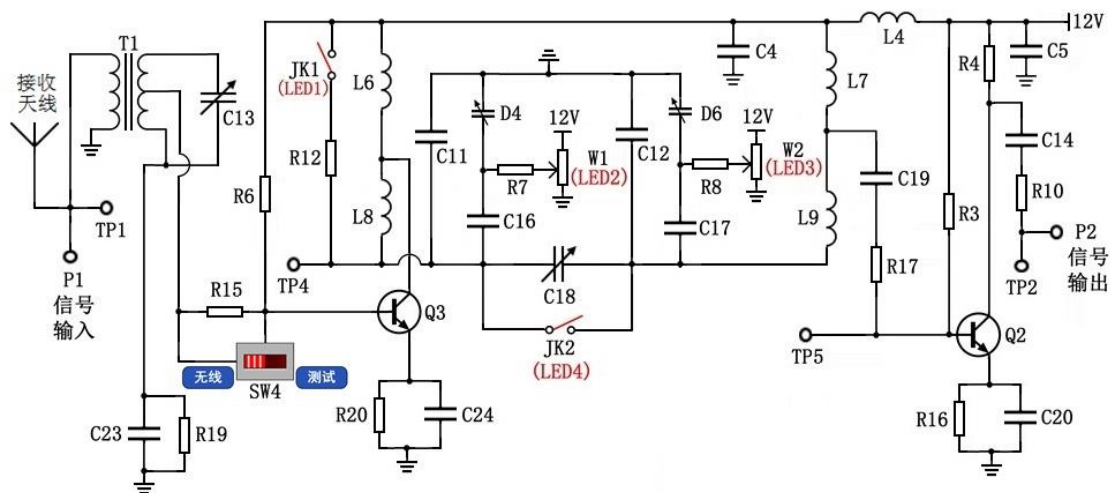


图 3.1.5 调谐放大器实验电路

(一) 单调谐放大器

图 3.1.5 中，当 JK2 闭合时，C18 被短路，此时初级回路和次级回路合并为一个谐振回路，构成了单调谐回路，电路为单调谐放大器。接收天线接收空间传输来的微弱电信号，经变压器（T1）耦合至次级回路。T1 的次级回路电感与电容 C13 构成输入谐振回路，选择有用信号，滤除干扰信号。三极管 Q3 的集电极包含 LC 谐振回路，用来谐振于某一工作频率上。实验中，谐振电路由两部分组成：初级回路由变容管 D4、电容 C16、电容 C11、电感 L6、电感 L8 组成，次级回路由变容管 D6、电容 C17、电容 C12、电感 L7、电感 L9 组成。可见晶体管 Q3 的集电极负载是由电容、电感构成的并联谐振回路，构成单调谐放大器。开关 JK1 闭合时，接入阻尼电阻 R12，可改变或调整 LC 回路的品质因数 Q 及通频带 $2\Delta f_{0.7}$ 的大小。

(二) 双调谐放大器

图 3.1.5 中，当 JK2 断开时，初级回路和次级回路为两个独立的谐振回路，可变电容 C18 为耦合电容，初级回路和次级回路构成了电容耦合双调谐回路，为双调谐放大器实验电路。调节 C18 的容值，可以改变耦合度，电容值越大，耦合越强。

单调谐放大器和双调谐放大器的中心频率均为 10.7MHz。

(三) 参数调整与控制

W1 和 W2：用来调整初级回路和次级回路变容管上的直流电压，以改变变容管的电容，达到对回路的调谐，此时可将变容管视作可调电容的作用，通过显示屏触摸对应的可变电阻，可调整 W1 或 W2。也可通过本模块右侧的选择键●（SW2）先选中 W1 或 W2，选中时，相应的 LED 会点亮，然后通过上键▲（SW3）和下键▼（SW1）进行参数调整。

JK1：可控制 R12（2K）是否接入集电极回路，R12 接入时，R12 并入回路，使集电极负载电阻减小，回路 Q 值降低，放大器增益减小，通带展宽。R12 断开时，集电极负载电阻大，回路 Q 值大，放大器增益大，通带窄。通过显示屏触摸 JK1，可以控制其通断。也可通过本模块右侧的选择键●（SW2）先选中 JK1（LED1 闪烁），再通过上键▲（SW3）和下键▼（SW1）进行通断设置。

JK2：可控制晶体管 Q3 的初级回路与次级回路之间的耦合电容是否有效，断开时为双调谐，闭合时为单调谐。通断设置操作类似于 JK1。

SW4：在左边时，用于无线接收时微弱的小信号经过输入选频后直接送入 Q3 基极，不经过 R15 衰减。在右边时，用于单元实验测试，较大信号经过 R15 衰减后送入 Q3 基极。

（四）测试端口说明

P1：为小信号放大电路的信号输入端口，其在线测试点为 TP1。

P2：为小信号放大电路的放大输出端口，其在线测试点为 TP2

TP3：为 Q3 集电极临时负载 R12 处测试点。

Q3（基极、集电极、发射极）测试点：PCB 板上皆预留有接触式测试点

TP5：为 Q2 基极测试点

Q2（集电极、发射极）测试点：PCB 板上皆预留有接触式测试点

二、实验内容

（一）单调谐放大器频域测量

G01 模块右侧电源开关 S1 向下拨（指示灯亮），接通+12V 直流电源。从人机交互显示屏进入实验原理图界面，路径：【主界面】→【实验项目】→【小信号放大】→【单调谐小信号放大】。

断开 JK1（LED1 不亮），R12 不接入。SW4 为右，工作在“测试”模式。JK2 闭合（LED4 亮起），两级回路组成单调谐放大电路。

频谱仪射频输出【RF OUT】接放大器输入端 P1 或 TP1，射频输入【RF IN】接放大器输出端 P2 或 TP2。（温馨提示：请勿连错。）

1、测量幅频特性曲线、幅值、通频带及矩形系数（JK1 断开）

(1) 频谱仪[复位]：按【preset】。

(2) 开启[跟踪源]：按【Source】→选择[跟踪源 开启]→[输出功率]：-30dBm。

(3) 设置[中心频率]：按【FREQ】→[中心频率]，输入 10.7 MHz。

(4) 设置[扫宽]：按【SPAN】，键入 15MHz。

(5) 调整[参考电平]: 按【AMPT】→选择[参考电平], 输入 10dBm, 再用旋轮调节, 使曲线峰值位于屏幕顶部一格处→[下一页]→[参考单位]→[下一页]→[V]。

(6) 激活[频标 1]: 按【Marker】默认激活频标 1 (默认位于中心频率 10.7 MHz)。

(7) 用无感起子调节 T1, 使曲线峰值位于 10.7 MHz; 再调节 W1 和 W2, 使曲线峰值达到最大值, 且保持曲线光滑及对称性良好。(这一步可能需要多次反复微调 T1、W1 和 W2, 使曲线呈现能达到的最佳状态。)(W1 或 W2 的调节, 可以通过显示屏触摸对应的可变电阻, 点触或长按被调可变电阻符号的左端或右端, 使其阻值改变; 也可通过本模块右侧的选择键●(SW2)来选中 W1 或 W2, 选中时, 相应的 LED 会点亮, 然后通过逐次按动或长按上键▲(SW3)或下键▼(SW1)进行阻值调整。)

(8) 绘制幅频特性曲线, 记录对应中心频率 (10.7 MHz) 的幅值 (mV 或 V)。

(9) 测量 3 dB 带宽: 按【Marker Fctn】→[N (3) dB 开启], 记录 N (3) dB 带宽, 即为 $2\Delta f_{0.7}$ 。

(10) 测量 20dB 带宽: 在开启 N (3) dB 功能下, 键入 20dB, 记录 N (20) dB 带宽, 即为 $2\Delta f_{0.1}$ 。计算矩形系数:

$$K_{r0.1} = \frac{2\Delta f_{0.1}}{2\Delta f_{0.7}}$$

2、 测量谐振电压增益 (JK1 断开)

(1) 在上面测量基础上, 关闭 [N (3) dB]测量功能→按【Trace】→选择[刷新]→按【Marker】→[关闭]。


(2) 设置 (0) dB 增益基准: 频谱仪射频输出【RF OUT】、射频输入【RF IN】均连接放大器输入端 P1 或 TP1, 然后按【Marker】→选择[差值], 此时在曲线上会出现“1R”字符标记 (0) dB 位置。

(3) 将射频输入【RF IN】接回放大器输出 P2 或 TP2, 读取屏幕左侧或右上角 dB 值, 即谐振电压增益 A_{VO} (dB)。

3、 * 闭合 JK1, 观察记录阻尼电阻 R12 对单调谐放大器性能的影响

再次测量单调谐放大器的通频带、矩形系数和谐振电压增益。

(二) 单调谐放大器时域测量

撤去频谱仪的连线, 断开 G01 模块右侧电源开关 S1, 按图 3.1.6 进行连线 (注: 图中符号表示同轴电缆高频连接线, 有两种规格, A2 连接 CH1 的为“BNC-莲花头电缆”, A1 连接 P1 的为“莲花头-莲花头电缆”, 具体样式参见“实验平台简介-电缆线说明”)。

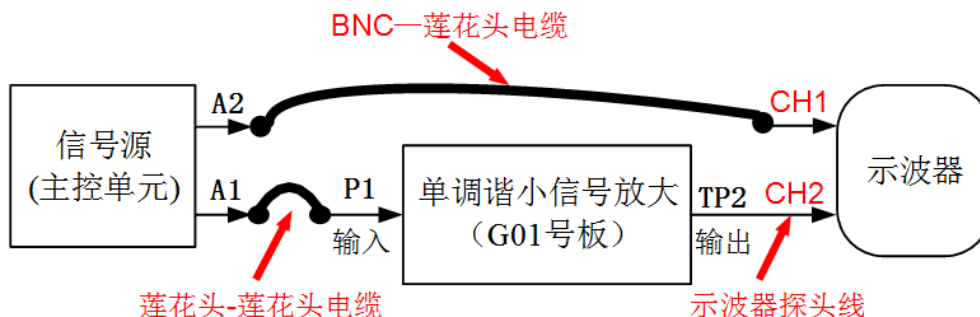


图 3.1.6 单调谐小信号放大电路连线框图

1、测量谐振电压增益 A_{V0}

(1) 参照图 3.1.6，打开 G01 模块右侧电源开关 S1，放大器输入端（P1 或 TP1）接 10.7MHz、20mVrms 正弦信号。

（温馨提示：①信号参数为示波器测试值；②示波器打开[带宽限制]；③触发源选择：按[Triger]，选择输出信号通道数字序号 2，按动触发电平旋钮或调节触发电平可使波形稳定；④示波器 CH1 通道设置都为 1：1 模式，示波器 CH2 通道设置为 10：1 模式。）

(2) 用无感起子调节 T1，使输出电压幅值最大且波形稳定不失真；再微调 W1、W2，使输出电压幅值最大且波形稳定不失真。（即让调谐回路谐振于输入信号中心频率 10.7 MHz）。

(3) 记录输入 u_i 、输出 u_o 电压波形和参数，计算谐振电压增益 A_{V0} (dB)。

2、测量 3 dB 通频带 $2\Delta f_{0.7}$

增加（或减小）输入信号频率，保持输入信号幅值 20mVrms 不变，记录电压增益 A_V 下降到 $0.707A_{V0}$ （或 $\frac{\sqrt{2}}{2}A_{V0}$ ）时的 f_H 和 f_L ，则 3 dB 通频带为 $2\Delta f_{0.7} = f_H - f_L$ 。

(三) 双调谐放大器频域测量

撤去示波器的连线，从人机交互显示屏进入实验原理图界面，路径：【主界面】→【实验项目】→【小信号放大】→【双调谐小信号放大】。

闭合 JK1（LED1 亮），R12 接入。SW4 为右，工作在“测试”模式。JK2 断开（LED4 熄灭），耦合电容 C18 接入电路，两级回路组成双调谐放大电路。

频谱仪射频输出【RF OUT】接放大器输入端 P1 或 TP1，射频输入【RF IN】接放大器输出端 P2 或 TP2。（温馨提示：请勿连错。）

1、强耦合

频谱仪 [复位]；开启[跟踪源]→[功率]，输入 -30dBm；[中心频率]：10.7MHz；激活 [频标 1]；【SPAN】：15MHz；选择【AMPT】，调整[参考电平]，使曲线峰值位于屏幕顶部一格处；开启 N (3) dB 测量功能。

(1) 调节 T1、C18、W1、W2，使谐振曲线呈现以 10.245MHz 为中心对称双峰曲线，峰谷位于 10.7MHz（注意峰谷不要低于-3dB）。

(2) 绘制谐振特性曲线，测得 3dB 带宽值。

2、临界耦合（拨码开关 S02 的“2”键向上拨至“ON”，“1”“3”键向下断开）

(1) 微调 C18、W1、W2，使谐振曲线顶部凹陷达到程度最小，且关于 10.7MHz 对称。

(2) 绘制谐振特性曲线，测量通频带、矩形系数、谐振电压增益（方法同单调谐放大器）。

(四) 双调谐放大器时域测量

保持临界耦合状态不变，按图 3.1.6 进行连线，放大器输入端（P1 或 TP1）接入 10.7MHz、20mVrms 正弦信号，微调 C18、W1、W2，使输出电压幅值最大且波形稳定不失真，记录输入 u_i 、输出 u_o 电压波形和参数，测试电压增益、3dB 通频带 $2\Delta f_{0.7}$ 。

三、实验仪器及设备

- 1、主控、G01 模块（小信号放大与无线接收模块）；
- 2、SDG5112 函数/任意波形发生器；
- 3、DSO-X 2014A 数字存储示波器；
- 4、SA1010 频谱分析仪。

四、思考题

- 1、比较时域测量与频域测量的特点。
- 2、分析阻尼电阻 R12 对单调谐放大器性能的影响（如通频带、矩形系数和谐振电压增益）。
- 3、比较单调谐放大器和双调谐放大器（临界耦合）选择性的优劣。
- 4、分析强耦合时谐振曲线凹陷深度的影响因素。

五、实验报告要求

- 1、简述实验原理。
- 2、画出实验电路图。
- 3、整理实验波形、实验数据、作出曲线图。
- 4、对实验现象、波形、数据、曲线、误差、感受等进行分析。
- 5、回答思考题。