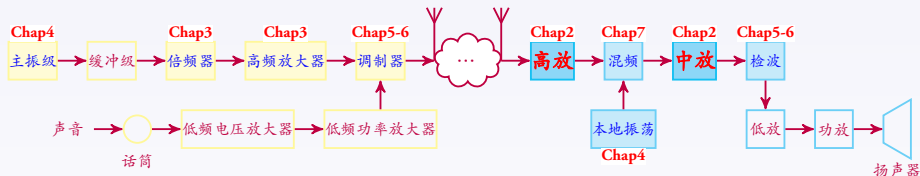


课程主要内容



- ① Chap2 谐振回路 高频电路基础
- ② **Chap2 小信号调谐放大器** 放大 选频
- ③ Chap3 调谐功率放大器
- ④ Chap3 倍频器
- ⑤ Chap4 正弦波振荡器
- ⑥ Chap5 振幅调制与解调
- ⑦ Chap6 角度调制与解调
- ⑧ Chap7 变频器
- ⑨ Chap8 锁相环

- ① 电阻、电容、电感等无源线性元件
- ② 二极管、三极管等有源非线性器件
- ③ LC 谐振回路、基本放大电路、振荡器电路等

着重讨论发送设备和接收设备各单元的工作原理和组成，以及构成发送、接收设备的各种单元电路的工作原理、典型电路和分析方法。

基本概念、基本原理、基本电路、基本分析方法

小信号调谐放大器

郑海永

选课号：0202004 课程号：071502101211

上课时间地点：周 1/34 节/7108 周 4/12 节/7108

中国海洋大学 电子工程系

2012 年 10 月



本章主要内容

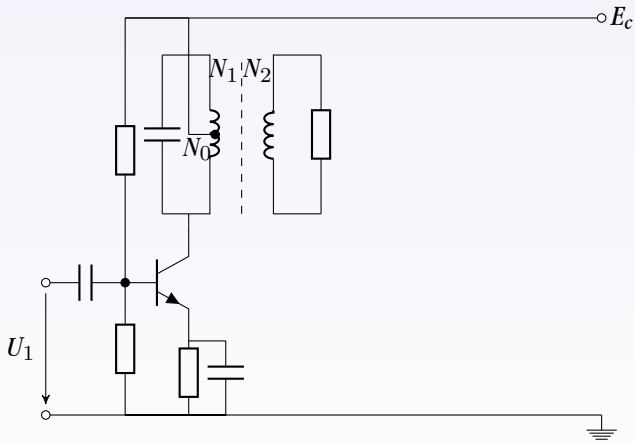
- ① LC 谐振回路
- ② 单调谐放大器
- ③ 调谐放大器的级联
- ④ 集中选频小信号调谐放大器
- ⑤ 晶体管高频等效电路及频率参数
- ⑥ 高频调谐放大器
- ⑦ 高频调谐放大器的稳定性

目录

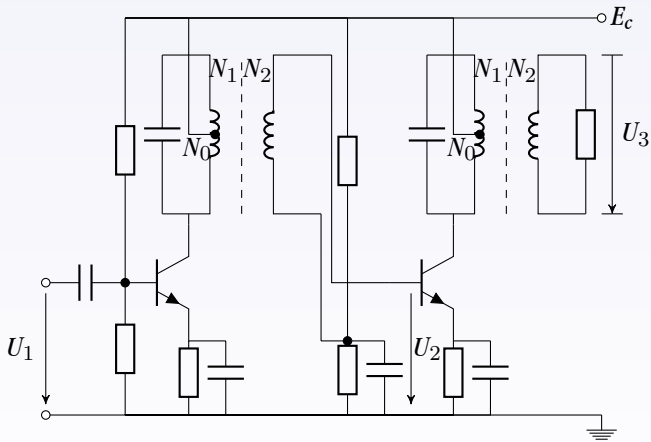
- 1 调谐放大器的级联
 - 多级单调谐放大器
 - 参差调谐放大器
 - 双调谐回路放大器
 - 思考

内容提要

- 1 调谐放大器的级联
 - 多级单调谐放大器
 - 参差调谐放大器
 - 双调谐回路放大器
 - 思考



单调谐放大器



两级单调谐回路放大器

调谐放大器的级联

单调谐回路

多级单调谐放大器 每一级都调谐在同一频率上

参差调谐放大器 各级回路的谐振频率参差错开

双调谐回路 频带宽、选择性好

单级双调谐回路放大器 双调谐回路两回路调谐于同一频率

多级双调谐回路放大器 多个单级双调谐回路放大器的级联

调谐放大器的级联

单调谐回路

多级单调谐放大器 每一级都调谐在同一频率上

参差调谐放大器 各级回路的谐振频率参差错开

双调谐回路 频带宽、选择性好

单级双调谐回路放大器 双调谐回路两回路调谐于同一频率

多级双调谐回路放大器 多个单级双调谐回路放大器的级联

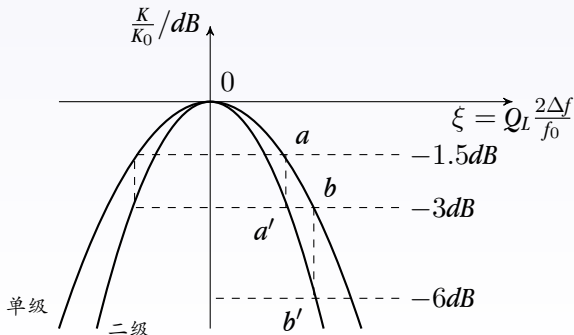
内容提要

- 1 调谐放大器的级联
 - 多级单调谐放大器
 - 参差调谐放大器
 - 双调谐回路放大器
 - 思考

- 多级单调谐放大器的每一级都调谐在同一频率上。
- 设各级单调谐放大器电压放大倍数是 K_1, K_2, \dots
- 设各级单调谐放大器的谐振电压放大倍数是 K_{01}, K_{02}, \dots
- 则 $K_{\text{总}} = K_1 K_2 \dots$ $\frac{K_{\text{总}}}{K_{0\text{总}}} = \frac{K}{K_{01}} \frac{K}{K_{02}} \dots$ 。
- $K_{\text{总}}(dB) = K_1(dB) + K_2(dB) + \dots$ $\frac{K_{\text{总}}}{K_{0\text{总}}}(dB) = \frac{K}{K_{01}}(dB) + \frac{K}{K_{02}}(dB) + \dots$ 。

- 多级单调谐放大器的每一级都调谐在同一频率上。
- 设各级单调谐放大器电压放大倍数是 K_1, K_2, \dots
- 设各级单调谐放大器的谐振电压放大倍数是 K_{01}, K_{02}, \dots
- 则 $K_{总} = K_1 K_2 \dots$ $\frac{K_{总}}{K_{0总}} = \frac{K}{K_{01}} \frac{K}{K_{02}} \dots$ 。
- $K_{总}(dB) = K_1(dB) + K_2(dB) + \dots$ $\frac{K_{总}}{K_{0总}}(dB) = \frac{K}{K_{01}}(dB) + \frac{K}{K_{02}}(dB) + \dots$ 。

- 多级单调谐放大器的每一级都调谐在同一频率上。
- 设各级单调谐放大器电压放大倍数是 K_1, K_2, \dots
- 设各级单调谐放大器的谐振电压放大倍数是 K_{01}, K_{02}, \dots
- 则 $K_{\text{总}} = K_1 K_2 \dots$ $\frac{K_{\text{总}}}{K_{0\text{总}}} = \frac{K}{K_{01}} \frac{K}{K_{02}} \dots$ 。
- $K_{\text{总}}(\text{dB}) = K_1(\text{dB}) + K_2(\text{dB}) + \dots$ $\frac{K_{\text{总}}}{K_{0\text{总}}}(\text{dB}) = \frac{K}{K_{01}}(\text{dB}) + \frac{K}{K_{02}}(\text{dB}) + \dots$ 。



- 对应于每一个频率，两级的选择性 (dB) 应为单级的两倍。
- 两级的**选择性提高**而**通频带变窄**。

- 多级单调谐放大器的每一级都调谐在同一频率上。
- 设各级单调谐放大器电压放大倍数是 K_1, K_2, \dots
- 设各级单调谐放大器的谐振电压放大倍数是 K_{01}, K_{02}, \dots
- 则 $K_{\text{总}} = K_1 K_2 \dots$ $\frac{K_{\text{总}}}{K_{0\text{总}}} = \frac{K}{K_{01}} \frac{K}{K_{02}} \dots$ 。
- $K_{\text{总}}(\text{dB}) = K_1(\text{dB}) + K_2(\text{dB}) + \dots$ $\frac{K_{\text{总}}}{K_{0\text{总}}}(\text{dB}) = \frac{K}{K_{01}}(\text{dB}) + \frac{K}{K_{02}}(\text{dB}) + \dots$ 。

$$B_{\text{总}} = 2\Delta f_{0.7(\text{总})} = \frac{f_0}{Q_L} \sqrt{\sqrt[n]{2} - 1} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} \sqrt{\sqrt[n]{2} - 1} \quad n > 1 \text{ 且 } n \in N^*$$

- $n > 1 \text{ 且 } n \in N^*$, 故 $\sqrt{\sqrt[n]{2} - 1} < 1$ (缩小系数), 因此多级调谐放大器级联后, 总的通频带比单级放大器通频带缩小了。
- 调谐放大器级联后, 选择性提高, 但总的通频带变窄。

内容提要

1 调谐放大器的级联

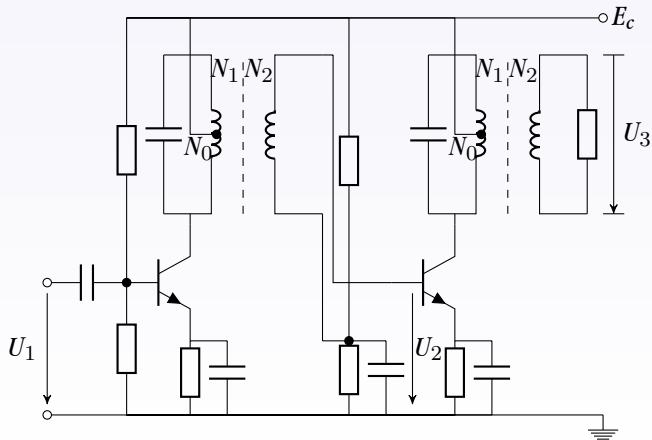
- 多级单调谐放大器
- 参差调谐放大器
- 双调谐回路放大器
- 思考

双参差调谐放大器

双参差调谐 将两级单调谐回路放大器的谐振频率，分别调整到略高于和略低于信号的中心频率。

双参差调谐放大器

双参差调谐 将两级单调谐回路放大器的谐振频率，分别调整到略高于和略低于信号的中心频率。



- 设信号中心频率 f_0 ，则第一级调谐于 $f_0 + \Delta f_d$ ，第二级调谐于 $f_0 - \Delta f_d$ 。
- 每个谐振回路工作于失谐状态，参差失谐量 $\pm \frac{\Delta f_d}{f_0}$ ，广义参差失谐量 $\pm \xi_0 = \pm Q_L \frac{2\Delta f_d}{f_0}$ 。

双参差调谐放大器

双参差调谐 将两级单调谐回路放大器的谐振频率，分别调整到略高于和略低于信号的中心频率。

- 在 f_0 处两个回路处于失谐状态，谐振点附近的 $K_{\text{总}}$ 减小，合成的频率曲线较为平坦，使总的**通频带展宽**。
- 参差调谐的综合频率特性与**广义参差失谐量** $\xi_0 = Q_L \frac{2\Delta f_d}{f_0}$ 有关： ξ_0 愈小则愈尖，愈大则愈平；若 ξ_0 过大，出现马鞍形双峰。
 - $\xi_0 < 1$ 为单峰； $\xi_0 > 1$ 为双峰； $\xi_0 = 1$ 单峰中最平坦的情况。
 - $\xi_0 > 1$ 且 ξ_0 愈大，则双峰距离越远，中间下凹愈严重。
- 参差调谐在 f_0 处失谐，则在 f_0 点放大倍数 $K_{0\text{总}}$ 比调谐于同一频率的两级放大倍数小。

$$\frac{K_{0\text{总}} (\text{参差失谐 } \xi_0)}{K_{0\text{总}} (\text{调谐于同一 } f_0)} = \frac{1}{1 + \xi_0^2}$$

双参差调谐放大器

双参差调谐

将两级单调谐回路放大器的谐振频率，分别调整到略高于和略低于信号的中心频率。

- 在 f_0 处两个回路处于失谐状态，谐振点附近的 $K_{\text{总}}$ 减小，合成的频率曲线较为平坦，使总的**通频带展宽**。
- 参差调谐的综合频率特性与**广义参差失谐量** $\xi_0 = Q_L \frac{2\Delta f_d}{f_0}$ 有关： ξ_0 愈小则愈尖，愈大则愈平；若 ξ_0 过大，出现马鞍形双峰。
 - $\xi_0 < 1$ 为单峰； $\xi_0 > 1$ 为双峰； $\xi_0 = 1$ 单峰中最平坦的情况。
 - $\xi_0 > 1$ 且 ξ_0 愈大，则双峰距离越远，中间下凹愈严重。
- 参差调谐在 f_0 处失谐，则在 f_0 点放大倍数 $K_{0\text{总}}$ 比调谐于同一频率的两级放大倍数小。

$$\frac{K_{0\text{总}} (\text{参差失谐 } \xi_0)}{K_{0\text{总}} (\text{调谐于同一 } f_0)} = \frac{1}{1 + \xi_0^2}$$

双参差调谐放大器

双参差调谐 将两级单调谐回路放大器的谐振频率，分别调整到略高于和略低于信号的中心频率。

- ① 在 f_0 处两个回路处于失谐状态，谐振点附近的 $K_{总}$ 减小，合成的频率曲线较为平坦，使总的**通频带展宽**。
- ② 参差调谐的综合频率特性与**广义参差失谐量** $\xi_0 = Q_L \frac{2\Delta f_d}{f_0}$ 有关： ξ_0 愈小则愈尖，愈大则愈平；若 ξ_0 过大，出现马鞍形双峰。
 - $\xi_0 < 1$ 为单峰； $\xi_0 > 1$ 为双峰； $\xi_0 = 1$ 单峰中最平坦的情况。
 - $\xi_0 > 1$ 且 ξ_0 愈大，则双峰距离越远，中间下凹愈严重。
- ③ 参差调谐在 f_0 处失谐，则在 f_0 点放大倍数 $K_{0总}$ 比调谐于同一频率的两级放大倍数小。

$$\frac{K_{0总} (\text{参差失谐 } \xi_0)}{K_{0总} (\text{调谐于同一 } f_0)} = \frac{1}{1 + \xi_0^2}$$

三参差调谐放大器

- 为了加宽通频带，又不造成谐振点输出显著下凹，通常工作于 $\xi_0 = 1$ 的情况。
- 也可工作于 ξ_0 略大于 1 的情况。

三参差调谐放大器

- 使其中两级工作于参差调谐的双峰状态，第三级调谐于 f_0 ，合成的谐振曲线比较平坦。
- 适当选择每个回路的有载品质因数 Q_L 和 ξ_0 ，可以获得双参差调谐所不能得到的通频带。

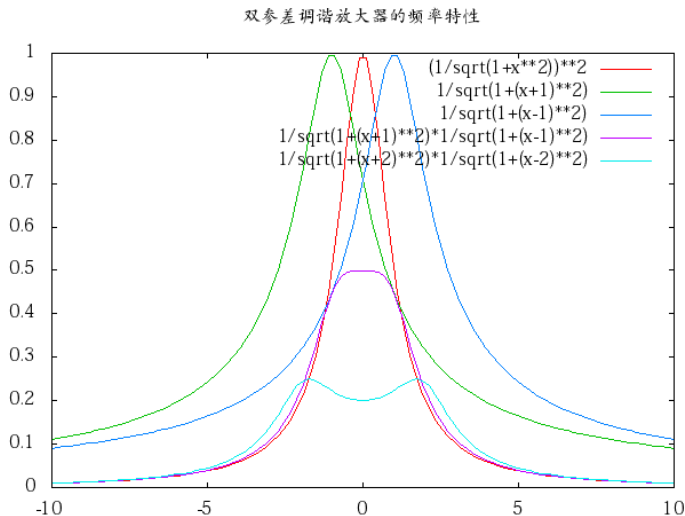
三参差调谐放大器

- 为了加宽通频带，又不造成谐振点输出显著下凹，通常工作于 $\xi_0 = 1$ 的情况。
- 也可工作于 ξ_0 略大于 1 的情况。

三参差调谐放大器

- 使其中两级工作于参差调谐的双峰状态，第三级调谐于 f_0 ，合成的谐振曲线比较平坦。
- 适当选择每个回路的有载品质因数 Q_L 和 ξ_0 ，可以获得双参差调谐所不能得到的通频带。

参差调谐放大器的频率特性

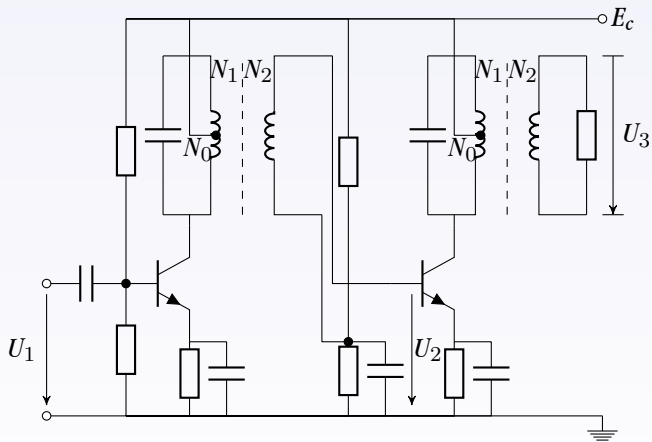


内容提要

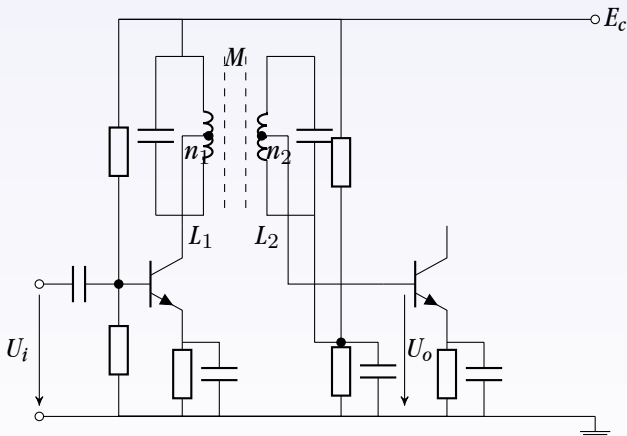
1 调谐放大器的级联

- 多级单调谐放大器
- 参差调谐放大器
- 双调谐回路放大器
- 思考

两级单调谐回路



单级双调谐回路：频带宽、选择性好



- 集电极电路采用互感耦合的双调谐回路，两回路参数相同，靠互感 M 耦合，调谐于同一频率 f_0 。
- 临界双调谐放大器通频带 $B_{\text{双}} = \sqrt{2}B_{\text{单}}$ ，矩形系数 $K_{0.1} = 3.16$ 。
- 临界状态的双调谐放大器谐振曲线顶部较平坦，下降部分也较陡，具有较好的选择性（更接近矩形）。

单级双调谐回路：频带宽、选择性好

多级双调谐回路：

- 频带宽度大于相同级数的单调谐放大器的频带宽度。
- 总通频带不变时，总增益也下降较少。
- 矩形系数比单调谐放大器更接近于1，选择性较好。
- 缺点：结构较复杂，调整较困难。
- 集中选频小信号调谐放大器

单级双调谐回路：频带宽、选择性好

多级双调谐回路：

- 频带宽度大于相同级数的单调谐放大器的频带宽度。
- 总通频带不变时，总增益也下降较少。
- 矩形系数比单调谐放大器更接近于1，选择性较好。
- 缺点：结构较复杂，调整较困难。
- 集中选频小信号调谐放大器

单级双调谐回路：频带宽、选择性好

多级双调谐回路：

- 频带宽度大于相同级数的单调谐放大器的频带宽度。
- 总通频带不变时，总增益也下降较少。
- 矩形系数比单调谐放大器更接近于1，选择性较好。
- 缺点：结构较复杂，调整较困难。
- 集中选频小信号调谐放大器

内容提要

1 调谐放大器的级联

- 多级单调谐放大器
- 参差调谐放大器
- 双调谐回路放大器
- 思考

习题：多级单调谐放大器

2-24 调谐在同一频率的三级单调谐放大器，中心频率为 465kHz ，每个回路的 $Q_L = 40$ ，问总的通频带 $B_{\text{总}}$ 是多少？

习题：多级单调谐放大器

2-24 调谐在同一频率的三级单调谐放大器，中心频率为 465kHz ，每个回路的 $Q_L = 40$ ，问总的通频带 $B_{\text{总}}$ 是多少？

解

$$B_{\text{单}} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} = \frac{f_0}{Q_L}$$

$$B_{\text{总}} = 2\Delta f_{0.7(\text{总})} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} \sqrt{\sqrt[n]{2} - 1} = \frac{f_0}{Q_L} \sqrt{\sqrt[3]{2} - 1}$$

习题：多级单调谐放大器

2-24 调谐在同一频率的三级单调谐放大器，中心频率为 465kHz ，每个回路的 $Q_L = 40$ ，问总的通频带 $B_{\text{总}}$ 是多少？
如要求总通频带为 10kHz ，则允许 Q_L 最大为多少？

解

$$B_{\text{单}} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} = \frac{f_0}{Q_L}$$

$$B_{\text{总}} = 2\Delta f_{0.7(\text{总})} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} \sqrt{\sqrt[n]{2} - 1} = \frac{f_0}{Q_L} \sqrt{\sqrt[3]{2} - 1}$$

习题：多级单调谐放大器

2-24 调谐在同一频率的三级单调谐放大器，中心频率为 465kHz ，每个回路的 $Q_L = 40$ ，问总的通频带 $B_{\text{总}}$ 是多少？
如要求总通频带为 10kHz ，则允许 Q_L 最大为多少？

解

$$B_{\text{单}} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} = \frac{f_0}{Q_L}$$

$$B_{\text{总}} = 2\Delta f_{0.7(\text{总})} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} \sqrt{\sqrt[n]{2} - 1} = \frac{f_0}{Q_L} \sqrt{\sqrt[3]{2} - 1}$$

$$\frac{f_0}{Q_L} = 2\Delta f_{0.7(\text{单})} = \frac{2\Delta f_{0.7(\text{总})}}{\sqrt{\sqrt[3]{2} - 1}}$$

习题：调谐放大器的级联

2-27 参差调谐放大电路与多级单调谐放大电路的区别是什么？

习题：调谐放大器的级联

2-27 参差调谐放大电路与多级单调谐放大电路的区别是什么？

答

- 电路形式上没有什么不同。
- 调谐回路的谐振频率上有区别：
 - 多级单调谐放大电路的调谐回路是调谐于同一频率；
 - 而在参差调谐放大电路中各级回路的谐振频率是参差错开的。

