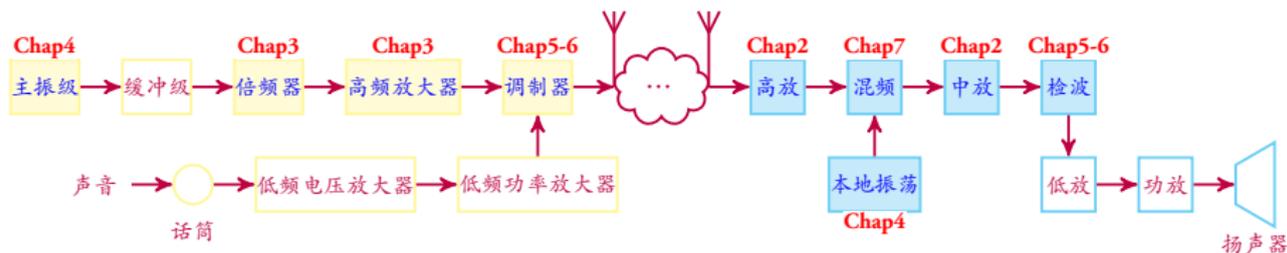


# 课程主要内容



① **Chap2 谐振回路** 高频电路基础

② **Chap2** 小信号调谐放大器

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

# 通信电子电路

郑海永

zhenghaiyong@gmail.com

课程：<http://vision.ouc.edu.cn/~zhenghaiyong/courses/>

Piazza：<https://piazza.com/ouc.edu.cn/>

中国海洋大学 信息科学与工程学院 电子工程系



# 交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、...



通信中的“线”、“大气层”、“水”、“宇宙空间”、...

交通中运送的“人”、“货”、...



通信中“运送”的“声音”、“图像”、“视频”、...

交通中的“汽车”、“飞机”、“轮船”、“宇宙飞船”、...



通信中的高频电磁波

## 思考

无线通信为什么要进行调制？

为什么主要研究高频电路？

## 思考

### 无线通信为什么要进行调制？

- ① 根据电磁波理论，只有天线实际长度与电信号的波长相比拟时，电信号才能以电磁波形式有效地辐射，这就要求原始信号必须又足够高的频率。
- ② 人的声音都处于同一（低）频段内，如果各电台都用同样的频率发射，在空间会形成干扰，接收端将无法接收到需要的信号。

为了减少制造天线的困难，且使各电台所发射的信号不致混淆，需要将信号搬到不同的高频段。

### 为什么主要研究高频电路？

- ① 高频电路是通信系统（特别是无线通信系统）的基础，是无线通信设备的重要组成部分。
- ② 《通信电子电路》主要研究实现通信（特别是无线通信）的电子电路。

# 关键词

1

调制

解调

2

高频

非线性

3

电子电路

## 思考

- ① 为什么收音机没有调相 (PM)？
- ② 为什么使用收音机的过程中会出现听不清楚电台的干扰声？
- ③ 为什么使用收音机的过程中会出现“哨叫”声？
- ④ 为什么使用收音机的过程中会出现两个电台互相干扰的现象？
- ⑤ .....
- ⑥ 生活中还有哪些与电子相关的现象你不明白？

# 目录 I

- 1 高频电路中的基本元器件
  - 高频电路中的无源元件
  - 高频电路中的有源元件
- 2 高频电路中的基本电路
  - 谐振回路

# 内容提要 I

## 1 高频电路中的基本元器件

- 高频电路中的无源元件
- 高频电路中的有源元件

## 2 高频电路中的基本电路

- 谐振回路

# 电路元件

- 无源元件 vs 有源元件
- 线性元件 vs 非线性元件

# 无源元件与有源元件

无源元件

有源元件

## 无源元件与有源元件

### 无源元件

- ① 无源元件工作时，其内部没有任何形式的电源。
- ② 自身或消耗电能，或把电能转变为不同形式的其他能量。
- ③ 只需输入信号，不需要外加电源就能正常工作。
- ④ 不用电源就能显示其特性。
- ⑤ 无源器件用来进行信号传输，如阻、容、感等。

### 有源元件

- ① 有源元件工作时，其内部有电源存在。
- ② 自身也消耗电能。
- ③ 除了输入信号外，还必须要外加电源才可以正常工作。
- ④ 需要电源才能显示其特性。
- ⑤ 有源器件一般用来信号放大、变换等，如二极管、三极管等。

## 无源元件与有源元件

### 无源元件

- ① 无源元件工作时，其内部没有任何形式的电源。
- ② 自身或消耗电能，或把电能转变为不同形式的其他能量。
- ③ 只需输入信号，不需要外加电源就能正常工作。
- ④ 不用电源就能显示其特性。
- ⑤ 无源器件用来进行信号传输，如阻、容、感等。

### 有源元件

- ① 有源元件工作时，其内部有电源存在。
- ② 自身也消耗电能。
- ③ 除了输入信号外，还必须要外加电源才可以正常工作。
- ④ 需要电源才能显示其特性。
- ⑤ 有源器件一般用来信号放大、变换等，如二极管、三极管等。

## 无源元件与有源元件

### 无源元件

- ① 无源元件工作时，其内部没有任何形式的电源。
- ② 自身或消耗电能，或把电能转变为不同形式的其他能量。
- ③ 只需输入信号，不需要外加电源就能正常工作。
- ④ 不用电源就能显示其特性。
- ⑤ 无源器件用来进行信号传输，如阻、容、感等。

### 有源元件

- ① 有源元件工作时，其内部有电源存在。
- ② 自身也消耗电能。
- ③ 除了输入信号外，还必须要外加电源才可以正常工作。
- ④ 需要电源才能显示其特性。
- ⑤ 有源器件一般用来信号放大、变换等，如二极管、三极管等。

## 无源元件与有源元件

### 无源元件

- ① 无源元件工作时，其内部没有任何形式的电源。
- ② 自身或消耗电能，或把电能转变为不同形式的其他能量。
- ③ 只需输入信号，不需要外加电源就能正常工作。
- ④ 不用电源就能显示其特性。
- ⑤ 无源器件用来进行信号传输，如阻、容、感等。

### 有源元件

- ① 有源元件工作时，其内部有电源存在。
- ② 自身也消耗电能。
- ③ 除了输入信号外，还必须要外加电源才可以正常工作。
- ④ 需要电源才能显示其特性。
- ⑤ 有源器件一般用来信号放大、变换等，如二极管、三极管等。

## 无源元件与有源元件

### 无源元件

- ① 无源元件工作时，其内部没有任何形式的电源。
- ② 自身或消耗电能，或把电能转变为不同形式的其他能量。
- ③ 只需输入信号，不需要外加电源就能正常工作。
- ④ 不用电源就能显示其特性。
- ⑤ 无源器件用来进行信号传输，如阻、容、感等。

### 有源元件

- ① 有源元件工作时，其内部有电源存在。
- ② 自身也消耗电能。
- ③ 除了输入信号外，还必须要外加电源才可以正常工作。
- ④ 需要电源才能显示其特性。
- ⑤ 有源器件一般用来信号放大、变换等，如二极管、三极管等。

# 线性元件与非线性元件

线性元件

非线性元件

# 线性元件与非线性元件

## 线性元件

- ① 伏安特性曲线：电流与电压有线性的关系（欧姆定律）。
- ② 线性元件其输入输出呈线性关系。
- ③ 如：电阻、电容、电感、变压器、运算放大器等。
- ④ 注意工作条件不同时会发生变化。

## 非线性元件

- ① 伏安特性曲线：电流与电压不成正比。
- ② 非线性元件其输入输出不呈线性关系。
- ③ 如：晶体二极管、晶体三极管、场效应管等。
- ④ 注意不同条件下各种等效变换分析。

# 内容提要 I

## 1 高频电路中的基本元器件

- 高频电路中的无源元件
- 高频电路中的有源元件

## 2 高频电路中的基本电路

- 谐振回路

## ① 高频电阻

### 电阻

- 在外电场的作用下，当带电粒子在导体内部做定向运动的时候，就会与导体内的原子或离子发生碰撞，结果阻碍了带电粒子的定向运动。
- 阻碍电流通过的作用。
- 电路中电流的相位与电阻两端电压的相位相同。
- 电阻器的主要用途是限流和分压，还可用作负载、反馈、耦合、隔离等。

## ① 高频电阻

### 电阻

- 在外电场的作用下，当带电粒子在导体内部做定向运动的时候，就会与导体内的原子或离子发生碰撞，结果阻碍了带电粒子的定向运动。
- 阻碍电流通过的作用。
- 电路中电流的相位与电阻两端电压的相位相同。
- 电阻器的主要用途是限流和分压，还可用作负载、反馈、耦合、隔离等。

## ① 高频电阻

### 电阻

- 在外电场的作用下，当带电粒子在导体内部做定向运动的时候，就会与导体内的原子或离子发生碰撞，结果阻碍了带电粒子的定向运动。
- 阻碍电流通过的作用。
- 电路中电流的相位与电阻两端电压的相位相同。
- 电阻器的主要用途是限流和分压，还可用作负载、反馈、耦合、隔离等。

## ① 高频电阻

### 电阻

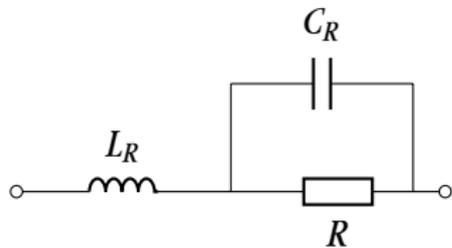
- 在外电场的作用下，当带电粒子在导体内部做定向运动的时候，就会与导体内的原子或离子发生碰撞，结果阻碍了带电粒子的定向运动。
- 阻碍电流通过的作用。
- 电路中电流的相位与电阻两端电压的相位相同。
- 电阻器的主要用途是限流和分压，还可用作负载、反馈、耦合、隔离等。

## ① 高频电阻

### 电阻

- 在外电场的作用下，当带电粒子在导体内部做定向运动的时候，就会与导体内的原子或离子发生碰撞，结果阻碍了带电粒子的定向运动。
- 阻碍电流通过的作用。
- 电路中电流的相位与电阻两端电压的相位相同。
- 电阻器的主要用途是限流和分压，还可用作负载、反馈、耦合、隔离等。

### 高频电阻



- 高频电阻除电阻特性外，还表现有电抗特性（高频特性）。
- 分布电容和引线电感越小，电阻的高频特性越好。
- 频率越高，电阻的高频特性表现越明显。
- 实际使用时，要尽量减少电阻器高频特性的影响，使之表现为纯电阻。

## ② 高频电容

### 电容

- 储能：当两端加上电压时就会存储电荷；一旦没有电压，只要有闭合回路，又会放出电能。
- 电容器在电路中阻止直流通过，允许交流通过；且交流的频率越高，通过的能力越强。
- 容抗：电容器在电路中对交流电所起的阻碍作用（电容中电场对电流的阻碍作用）。 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   
非线性
- 电路中电流的相位超前于电容两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电容在电路中常用作耦合、旁路滤波、反馈、定时及振荡等。

## ② 高频电容

### 电容

- 储能：当两端加上电压时就会存储电荷；一旦没有电压，只要有闭合回路，又会放出电能。
- 电容器在电路中阻止直流通过，允许交流通过；且交流的频率越高，通过的能力越强。
- 容抗：电容器在电路中对交流电所起的阻碍作用（电容中电场对电流的阻碍作用）。 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   
非线性
- 电路中电流的相位超前于电容两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电容在电路中常用作耦合、旁路滤波、反馈、定时及振荡等。

## ② 高频电容

### 电容

- 储能：当两端加上电压时就会存储电荷；一旦没有电压，只要有闭合回路，又会放出电能。
- 电容器在电路中阻止直流通过，允许交流通过；且交流的频率越高，通过的能力越强。
- 容抗：电容器在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电容中电场对电流的阻碍作用）。 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   
非线性
- 电路中电流的相位超前于电容两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电容在电路中常用作耦合、旁路滤波、反馈、定时及振荡等。

## ② 高频电容

### 电容

- 储能：当两端加上电压时就会存储电荷；一旦没有电压，只要有闭合回路，又会放出电能。
- 电容器在电路中阻止直流通过，允许交流通过；且交流的频率越高，通过的能力越强。
- 容抗：电容器在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电容中电场对电流的阻碍作用）。 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   
非线性
- 电路中电流的相位**超前**于电容两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电容在电路中常用作耦合、旁路滤波、反馈、定时及振荡等。

## ② 高频电容

### 电容

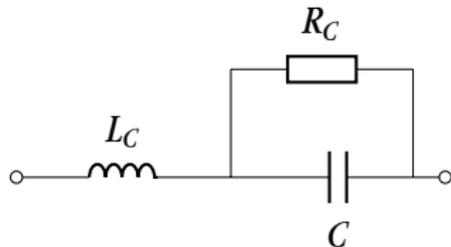
- 储能：当两端加上电压时就会存储电荷；一旦没有电压，只要有闭合回路，又会放出电能。
- 电容器在电路中阻止直流通过，允许交流通过；且交流的频率越高，通过的能力越强。
- 容抗：电容器在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电容中电场对电流的阻碍作用）。 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   
非线性
- 电路中电流的相位**超前**于电容两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电容在电路中常用作耦合、旁路滤波、反馈、定时及振荡等。

## ② 高频电容

### 电容

- 储能：当两端加上电压时就会存储电荷；一旦没有电压，只要有闭合回路，又会放出电能。
- 电容器在电路中阻止直流通过，允许交流通过；且交流的频率越高，通过的能力越强。
- 容抗：电容器在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电容中电场对电流的阻碍作用）。 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   
非线性
- 电路中电流的相位**超前**于电容两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电容在电路中常用作耦合、旁路滤波、反馈、定时及振荡等。

### 高频电容



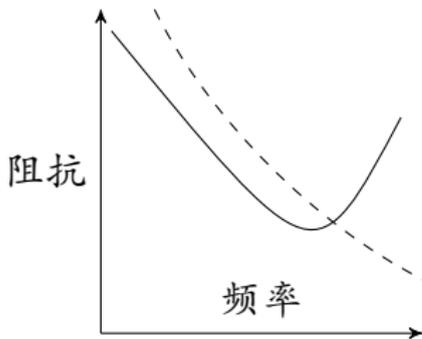
- 每个电容器都有一个自身谐振频率。
- 当工作频率小于自身谐振频率时，电容器呈容性；
- 当工作频率大于自身谐振频率时，电容器呈感性。
- 高频电路中电容损耗可以忽略不计。

## ② 高频电容

### 电容

- 储能：当两端加上电压时就会存储电荷；一旦没有电压，只要有闭合回路，又会放出电能。
- 电容器在电路中阻止直流通路，允许交流通过；且交流的频率越高，通过的能力越强。
- 容抗：电容器在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电容中电场对电流的阻碍作用）。 $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$   
非线性
- 电路中电流的相位**超前**于电容两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电容在电路中常用作耦合、旁路滤波、反馈、定时及振荡等。

### 高频电容



- 每个电容器都有一个自身谐振频率。
- 当工作频率小于自身谐振频率时，电容器呈容性；
- 当工作频率大于自身谐振频率时，电容器呈感性。
- 高频电路中电容损耗可以忽略不计。

### ③ 高频电感

#### 电感

- 当电感器线圈两端加上交流电时，在线圈中产生感应电动势，阻碍通过线圈的电流发生变化。
- 感抗：电感在电路中对交流电所起的阻碍作用（电感中磁场对电流的阻碍作用）。  
 $Z_L = j\omega L$
- 电路中电流的相位滞后于电感两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电感在电路中常用作阻流、变压、耦合及与电容配合用作调谐、滤波、选频、分频等。
- 电感是典型的电磁感应和电磁转换元器件，也常用作变压器等。

### ③ 高频电感

#### 电感

- 当电感器线圈两端加上交流电时，在线圈中产生感应电动势，阻碍通过线圈的电流发生变化。
- 感抗：电感在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电感中磁场对电流的阻碍作用）。  
 $Z_L = j\omega L$
- 电路中电流的相位滞后于电感两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电感在电路中常用作阻流、变压、耦合及与电容配合用作调谐、滤波、选频、分频等。
- 电感是典型的电磁感应和电磁转换元器件，也常用作变压器等。

### ③ 高频电感

#### 电感

- 当电感器线圈两端加上交流电时，在线圈中产生感应电动势，阻碍通过线圈的电流发生变化。
- 感抗：电感在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电感中磁场对电流的阻碍作用）。  
 $Z_L = j\omega L$
- 电路中电流的相位**滞后**于电感两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电感在电路中常用作阻流、变压、耦合及与电容配合用作调谐、滤波、选频、分频等。
- 电感是典型的电磁感应和电磁转换元器件，也常用作变压器等。

### ③ 高频电感

#### 电感

- 当电感器线圈两端加上交流电时，在线圈中产生感应电动势，阻碍通过线圈的电流发生变化。
- 感抗：电感在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电感中磁场对电流的阻碍作用）。  
 $Z_L = j\omega L$
- 电路中电流的相位**滞后**于电感两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电感在电路中常用作阻流、变压、耦合及与电容配合用作调谐、滤波、选频、分频等。
- 电感是典型的电磁感应和电磁转换元器件，也常用作变压器等。

### ③ 高频电感

#### 电感

- 当电感器线圈两端加上交流电时，在线圈中产生感应电动势，阻碍通过线圈的电流发生变化。
- 感抗：电感在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电感中磁场对电流的阻碍作用）。  
 $Z_L = j\omega L$
- 电路中电流的相位**滞后**于电感两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电感在电路中常用作阻流、变压、耦合及与电容配合用作调谐、滤波、选频、分频等。
- 电感是典型的电磁感应和电磁转换元器件，也常用作变压器等。

### ③ 高频电感

#### 电感

- 当电感器线圈两端加上交流电时，在线圈中产生感应电动势，阻碍通过线圈的电流发生变化。
- 感抗：电感在电路中对**交流电**所起的阻碍作用（电感中磁场对电流的阻碍作用）。  
 $Z_L = j\omega L$
- 电路中电流的相位**滞后**于电感两端电压的  $\pi/2$ 。
- 电感在电路中常用作阻流、变压、耦合及与电容配合用作调谐、滤波、选频、分频等。
- 电感是典型的电磁感应和电磁转换元器件，也常用作变压器等。

#### 高频电感

- 高频电感主要用作谐振元件、滤波元件和阻隔元件（射频扼流圈）。
- 高频电感也具有自身谐振频率。
- 在自身谐振频率上，高频电感的阻抗幅值最大，而相角为零。
- 高频电路中电感线圈损耗不能忽略。

# 内容提要 I

## 1 高频电路中的基本元器件

- 高频电路中的无源元件
- 高频电路中的有源元件

## 2 高频电路中的基本电路

- 谐振回路

## ① 二极管



- 二极管具有单向导电性。
- 二极管在高频中主要用于调制、解调（检波）及混频等非线性变换电路中。
- 变容二极管的电容随偏置电压而变化，可用作变容二极管调频、压控振荡器等。

## ① 二极管



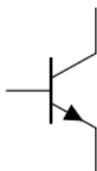
- 二极管具有单向导电性。
- 二极管在高频中主要用于**调制、解调（检波）及混频**等非线性变换电路中。
- 变容二极管的电容随偏置电压而变化，可用作变容二极管调频、压控振荡器等。

## ① 二极管



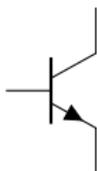
- 二极管具有单向导电性。
- 二极管在高频中主要用于**调制**、**解调**（**检波**）及**混频**等非线性变换电路中。
- 变容二极管的电容随偏置电压而变化，可用作变容二极管调频、压控振荡器等。

## ② 晶体管



- 用作小信号放大的高频小功率管，主要要求是高增益和低噪声。
- 高频功率放大管，主要要求除了增益外，还要求在高频时有较大的输出功率。

## ② 晶体管



- 用作小信号放大的高频小功率管，主要要求是高增益和低噪声。
- 高频功率放大管，主要要求除了增益外，还要求在高频时有较大的输出功率。

### ③ 集成电路

- 通用型：宽带集成放大器、晶体管模拟相乘器等。
- 专用型：集成锁相环、集成调频信号解调器、单片集成接收机等。

# 内容提要 I

## 1 高频电路中的基本元器件

- 高频电路中的无源元件
- 高频电路中的有源元件

## 2 高频电路中的基本电路

- 谐振回路

# 内容提要 I

## 1 高频电路中的基本元器件

- 高频电路中的无源元件
- 高频电路中的有源元件

## 2 高频电路中的基本电路

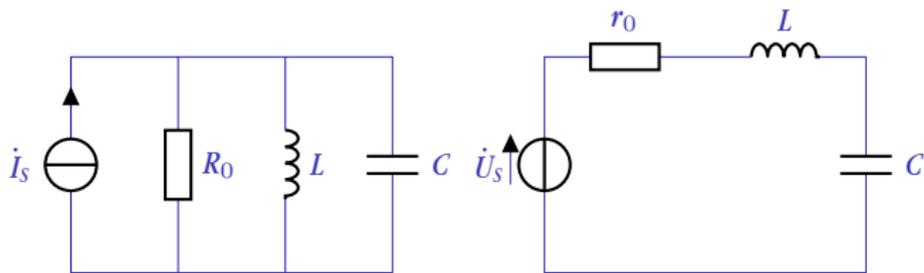
- 谐振回路

## LC 谐振回路

- 谐振回路的主要特点是具有**选频**作用。  
当输入信号含有多种频率成分时，经过谐振回路只选出某些频率成分，对其他频率成分有不同程度的抑制作用。
- LC 谐振回路由电感 (L) 和电容 (C) 组成。
- 调谐放大器中谐振回路作为放大器（晶体管）的负载常采用并联方式；串联谐振回路适用于信号源内阻等于零或很小的情况（恒压源）。
- 串联谐振回路和并联谐振回路互为对偶电路。

## LC 谐振回路

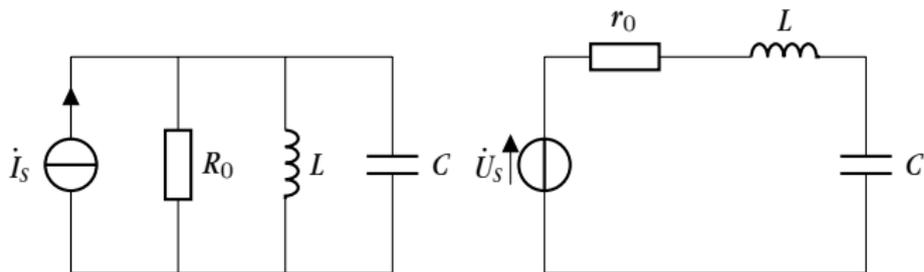
- 谐振回路的主要特点是具有**选频**作用。  
当输入信号含有多种频率成分时，经过谐振回路只选出某些频率成分，对其他频率成分有不同程度的抑制作用。
- LC 谐振回路由电感 (L) 和电容 (C) 组成。  
按电感、电容与外接信号源连接方式的不同，可分为串联和并联谐振回路两种类型。



- 调谐放大器中谐振回路作为放大器（晶体管）的负载常采用并联方式；串联谐振回路适用于信号源内阻等于零或很小的情况（恒压源）。
- 串联谐振回路和并联谐振回路互为对偶电路。

## LC 谐振回路

- 谐振回路的主要特点是具有**选频**作用。  
当输入信号含有多种频率成分时，经过谐振回路只选出某些频率成分，对其他频率成分有不同程度的抑制作用。
- LC 谐振回路由电感 (L) 和电容 (C) 组成。  
按电感、电容与外接信号源连接方式的不同，可分为串联和并联谐振回路两种类型。



- 调谐放大器中谐振回路作为放大器（晶体管）的负载常采用并联方式；串联谐振回路适用于信号源内阻等于零或很小的情况（恒压源）。
- 串联谐振回路和并联谐振回路互为对偶电路。

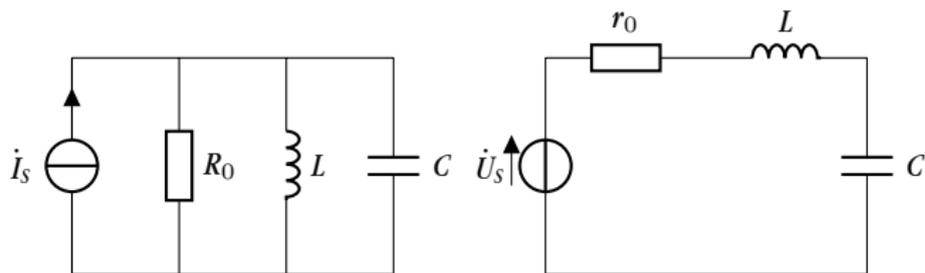
## LC 谐振回路

- 谐振回路的主要特点是具有**选频**作用。

当输入信号含有多种频率成分时，经过谐振回路只选出某些频率成分，对其他频率成分有不同程度的抑制作用。

- LC 谐振回路由电感 (L) 和电容 (C) 组成。

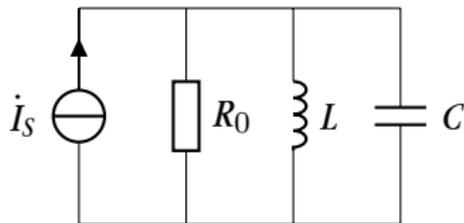
按电感、电容与外接信号源连接方式的不同，可分为串联和并联谐振回路两种类型。



- 调谐放大器中谐振回路作为放大器（晶体管）的负载常采用并联方式；串联谐振回路适用于信号源内阻等于零或很小的情况（恒压源）。
- 串联谐振回路和并联谐振回路互为对偶电路。

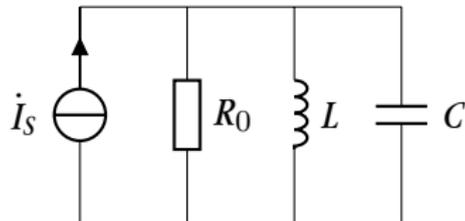
## 并联谐振回路

- 电感  $L$ 、电容  $C$  与外接信号源并联而成。
- 回路电容损耗忽略不计，电感线圈的损耗以并联电阻  $R_0$  的形式出现。
- 外接信号源  $\dot{I}_S$  的角频率为  $\omega$ 。



## 并联谐振回路

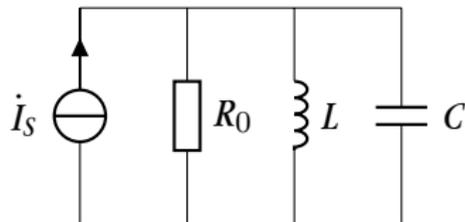
- 电感  $L$ 、电容  $C$  与外接信号源并联而成。
- 回路电容损耗忽略不计，电感线圈的损耗以并联电阻  $R_0$  的形式出现。
- 外接信号源  $\dot{I}_S$  的角频率为  $\omega$ 。



$$Y = G_0 + j \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad G_0 = \frac{1}{R_0}$$

## 并联谐振回路

- 电感  $L$ 、电容  $C$  与外接信号源并联而成。
- 回路电容损耗忽略不计，电感线圈的损耗以并联电阻  $R_0$  的形式出现。
- 外接信号源  $\dot{I}_S$  的角频率为  $\omega$ 。

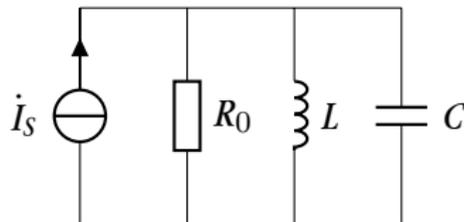


$$Y = G_0 + j \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad G_0 = \frac{1}{R_0}$$

$$Y = |Y| e^{j\varphi}$$

## 并联谐振回路

- 电感  $L$ 、电容  $C$  与外接信号源并联而成。
- 回路电容损耗忽略不计，电感线圈的损耗以并联电阻  $R_0$  的形式出现。
- 外接信号源  $\dot{I}_S$  的角频率为  $\omega$ 。

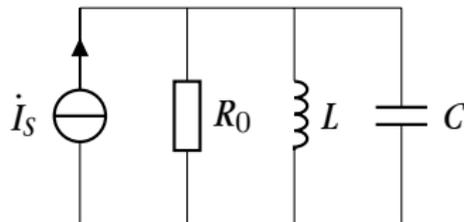


$$Y = G_0 + j \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad G_0 = \frac{1}{R_0}$$

$$|Y| = \sqrt{G_0^2 + \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2} \quad (S) \quad \varphi = \arctan \frac{\omega C - \frac{1}{\omega L}}{G_0} \quad (rad)$$

## 并联谐振回路

- 电感  $L$ 、电容  $C$  与外接信号源并联而成。
- 回路电容损耗忽略不计，电感线圈的损耗以并联电阻  $R_0$  的形式出现。
- 外接信号源  $\dot{I}_S$  的角频率为  $\omega$ 。



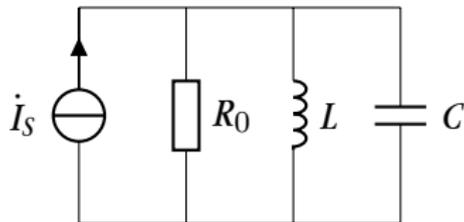
$$Y = G_0 + j \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad G_0 = \frac{1}{R_0}$$

$$|Y| = \sqrt{G_0^2 + \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2} \quad (\text{S}) \quad \varphi = \arctan \frac{\omega C - \frac{1}{\omega L}}{G_0} \quad (\text{rad})$$

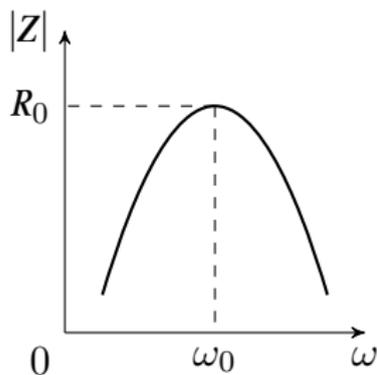
$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2}}$$

## 并联谐振回路

- 电感  $L$ 、电容  $C$  与外接信号源并联而成。
  - 回路电容损耗忽略不计，电感线圈的损耗以并联电阻  $R_0$  的形式出现。
  - 外接信号源  $i_s$  的角频率为  $\omega$ 。
- ① 并联谐振回路阻抗特性
  - ② 并联谐振回路选频特性
  - ③ 谐振回路的谐振曲线
  - ④ 负载和信号源内阻对谐振回路的影响
  - ⑤ 谐振回路的接入方式



## ① 并联谐振回路阻抗特性



$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}}$$

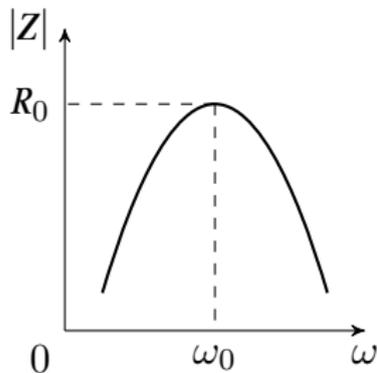
当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时, 得

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

回路处于**谐振**状态: 回路导纳最小, 阻抗最大, 回路呈现为纯电阻。

- **谐振电阻**: 回路谐振时的  $R_0$ 。
- **谐振角频率**: 回路谐振时的角频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **特性阻抗**:  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。
- **品质因数**:  $Q = \frac{R_0}{\omega_0 L} = \frac{R_0}{\omega_0 L} = R_0 \omega_0 C$ 。
- **阻抗特性**:  $|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{R_0}{\sqrt{1+Q^2(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f})^2}}$ 。

## ① 并联谐振回路阻抗特性



$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}}$$

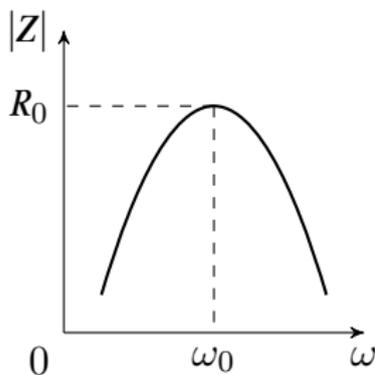
当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时，得

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

回路处于**谐振**状态：回路导纳最小，阻抗最大，回路呈现为纯电阻。

- **谐振电阻**：回路谐振时的  $R_0$ 。
- **谐振角频率**：回路谐振时的角频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **特性阻抗**： $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{L/C}}{C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。
- **品质因数**： $Q = \frac{R_0}{\omega_0 L} = \frac{R_0}{\omega_0 C} = R_0 \omega_0 C$ 。
- **阻抗特性**： $|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{R_0}{\sqrt{1+Q^2(\frac{f}{f_0}-f_0)^2}}$ 。

## ① 并联谐振回路阻抗特性



$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}}$$

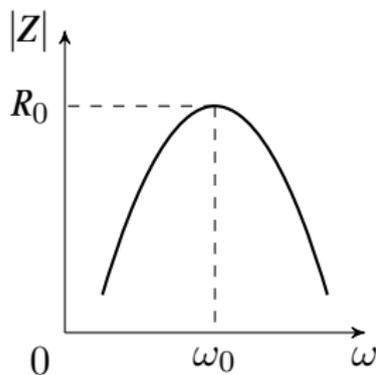
当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时，得

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

回路处于**谐振**状态：回路导纳最小，阻抗最大，回路呈现为纯电阻。

- **谐振电阻**：回路谐振时的  $R_0$ 。
- **谐振角频率**：回路谐振时的角频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **特性阻抗**： $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。
- **品质因数**： $Q = \frac{R_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R_0}{\omega_0 L} = R_0 \omega_0 C$ 。
- **阻抗特性**： $|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)^2}}$ 。

## ① 并联谐振回路阻抗特性



$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}}$$

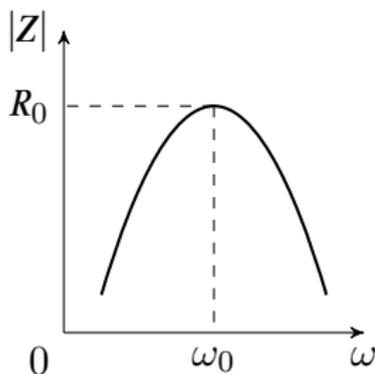
当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时, 得

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

回路处于**谐振**状态: 回路导纳最小, 阻抗最大, 回路呈现为纯电阻。

- **谐振电阻**: 回路谐振时的  $R_0$ 。
- **谐振角频率**: 回路谐振时的角频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **特性阻抗**:  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。
- **品质因数**:  $Q = \frac{R_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R_0}{\omega_0 L} = R_0 \omega_0 C$ 。
- **阻抗特性**:  $|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{R_0}{\sqrt{1+Q^2 \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)^2}}$ 。

## ① 并联谐振回路阻抗特性



$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}}$$

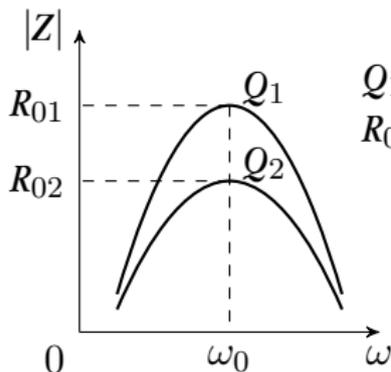
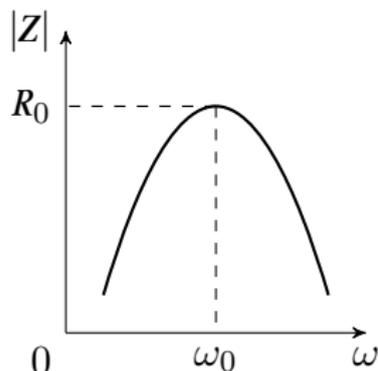
当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时, 得

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

回路处于**谐振**状态: 回路导纳最小, 阻抗最大, 回路呈现为纯电阻。

- **谐振电阻**: 回路谐振时的  $R_0$ 。
- **谐振角频率**: 回路谐振时的角频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **特性阻抗**:  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。
- **品质因数**:  $Q = \frac{R_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R_0}{\omega_0 L} = R_0 \omega_0 C$ 。
- **阻抗特性**:  $|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{R_0}{\sqrt{1+Q^2\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)^2}}$ 。

## ① 并联谐振回路阻抗特性



$$Q_1 > Q_2$$

$$R_{01} > R_{02}$$

$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}}$$

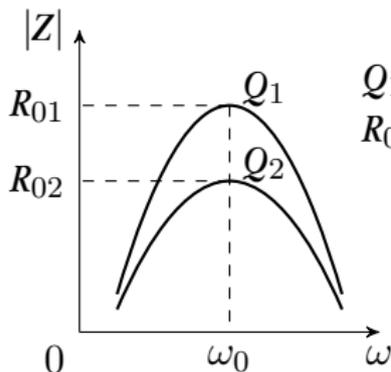
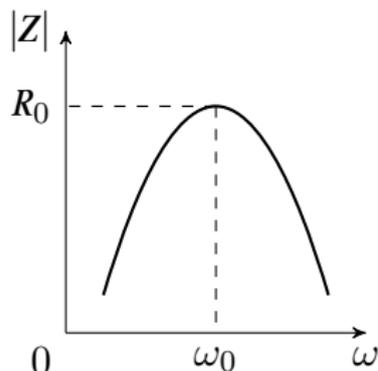
当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时, 得

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

回路处于**谐振**状态: 回路导纳最小, 阻抗最大, 回路呈现为纯电阻。

- **谐振电阻**: 回路谐振时的  $R_0$ 。
- **谐振角频率**: 回路谐振时的角频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **特性阻抗**:  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。
- **品质因数**:  $Q = \frac{R_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R_0}{\omega_0 L} = R_0 \omega_0 C$ 。
- **阻抗特性**:  $|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)^2}}$ 。

## ① 并联谐振回路阻抗特性



$$Q_1 > Q_2$$

$$R_{01} > R_{02}$$

$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{\sqrt{G_0^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}}$$

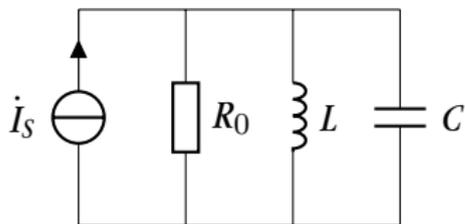
当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时, 得

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

回路处于**谐振**状态: 回路导纳最小, 阻抗最大, 回路呈现为纯电阻。

- **谐振电阻**: 回路谐振时的  $R_0$ 。
- **谐振角频率**: 回路谐振时的角频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **特性阻抗**:  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。
- **品质因数**:  $Q = \frac{R_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R_0}{\omega_0 L} = R_0 \omega_0 C$ 。
- **阻抗特性**:  $|Z| = \frac{1}{|Y|} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)^2}}$ 。

## ② 并联谐振回路选频特性



信号源为恒流源  $\dot{I}_S$ ，响应为回路电压  $\dot{U}$ ，则

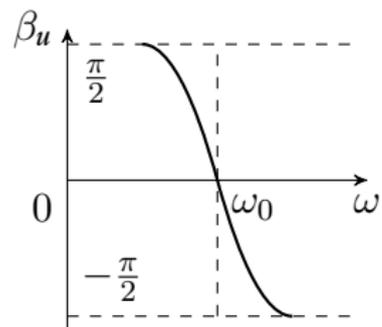
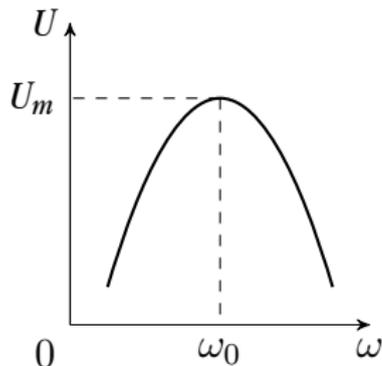
$$\dot{U} = \dot{I}_S Z$$

$$U = I_S |Z| = \frac{U_m}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

$$\beta_u = -\varphi = -\arctan Q \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$$

- 在谐振点  $\omega = \omega_0$  处，电压幅值最大，电压与电流同相位。
- 当  $\omega < \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递增， $\beta_u$  为正)，回路呈感性，电压超前电流一个相角。
- 当  $\omega > \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递减， $\beta_u$  为负)。

## ② 并联谐振回路选频特性



信号源为恒流源  $\dot{I}_S$ ，响应为回路电压  $\dot{U}$ ，则

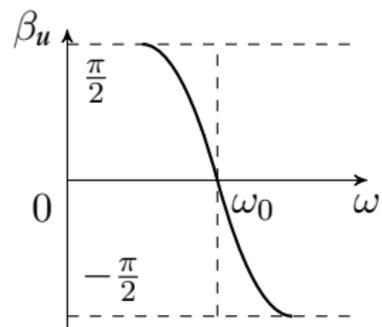
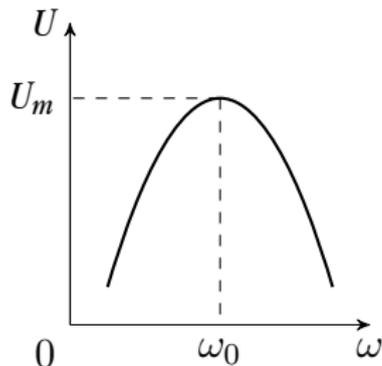
$$\dot{U} = \dot{I}_S Z$$

$$U = I_S |Z| = \frac{U_m}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

$$\beta_u = -\varphi = -\arctan Q \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$$

- 在谐振点  $\omega = \omega_0$  处，电压幅值最大，电压与电流同相位。
- 当  $\omega < \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递增， $\beta_u$  为正)，回路呈感性，电压超前电流一个相角。
- 当  $\omega > \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递减， $\beta_u$  为负)，回路呈容性，电压滞后电流一个相角。

## ② 并联谐振回路选频特性



信号源为恒流源  $\dot{I}_S$ ，响应为回路电压  $\dot{U}$ ，则

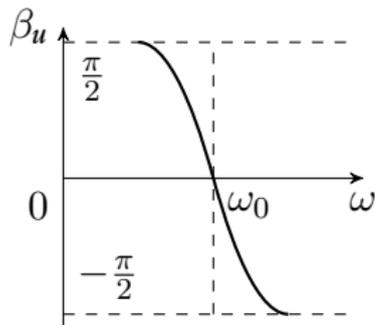
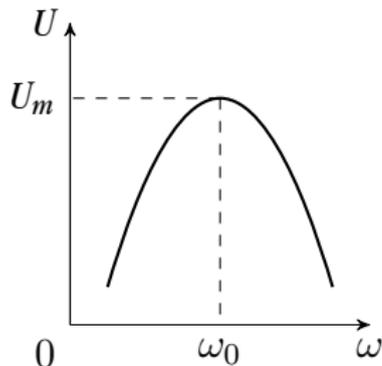
$$\dot{U} = \dot{I}_S Z$$

$$U = I_S |Z| = \frac{U_m}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

$$\beta_u = -\varphi = -\arctan Q \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$$

- 在谐振点  $\omega = \omega_0$  处，电压幅值最大，电压与电流同相位。
- 当  $\omega < \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递增， $\beta_u$  为正)，回路呈**感性**，电压超前电流一个相角。
- 当  $\omega > \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递减， $\beta_u$  为负)，回路呈**容性**，电压滞后电流一个相角。

## ② 并联谐振回路选频特性



信号源为恒流源  $\dot{I}_S$ ，响应为回路电压  $\dot{U}$ ，则

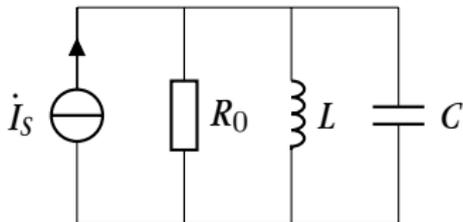
$$\dot{U} = \dot{I}_S Z$$

$$U = I_S |Z| = \frac{U_m}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

$$\beta_u = -\varphi = -\arctan Q \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$$

- 在谐振点  $\omega = \omega_0$  处，电压幅值最大，电压与电流同相位。
- 当  $\omega < \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递增， $\beta_u$  为正)，回路呈**感性**，电压超前电流一个相角。
- 当  $\omega > \omega_0$  时 ( $U$  随  $\omega$  增而递减， $\beta_u$  为负)，回路呈**容性**，电压滞后电流一个相角。

## 谐振回路选频



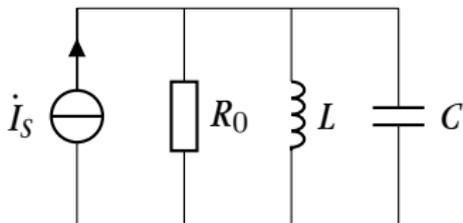
谐振回路中同时存在着电感  $L$  和电容  $C$ ,

- 两者频率特性不仅相反,
- 而且直接相减 (电抗角差  $180^\circ$ ),

一定存在一个角频率  $\omega_0$ , 使感抗和容抗相互完全抵消, 因此阻抗  $Z(j\omega)$  以  $\omega_0$  为中心在全频域内随信号频率变化的情况为:

- ①  $\omega = \omega_0$ : 呈电阻性;
- ②  $\omega < \omega_0$ : 呈感性;
- ③  $\omega > \omega_0$ : 呈容性。

## 谐振回路选频



谐振回路中同时存在着电感  $L$  和电容  $C$ ,

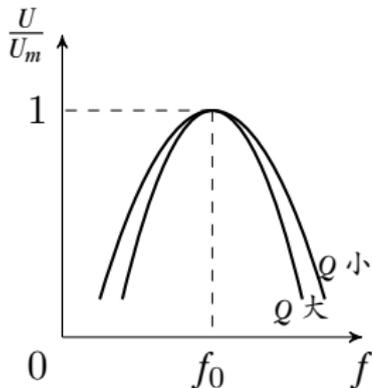
- 两者频率特性不仅相反,
- 而且直接相减 (电抗角差  $180^\circ$ ),

一定存在一个角频率  $\omega_0$ , 使感抗和容抗相互完全抵消, 因此阻抗  $Z(j\omega)$  以  $\omega_0$  为中心在全频域内随信号频率变化的情况为:

- ①  $\omega = \omega_0$ : 呈电阻性;
- ②  $\omega < \omega_0$ : 呈感性;
- ③  $\omega > \omega_0$ : 呈容性。

只有当输入信号的频率与回路的固有频率  $f_0$  相同时 (合拍), 才能在电路中激起谐振 (选频)。

### ③ 谐振回路的谐振曲线



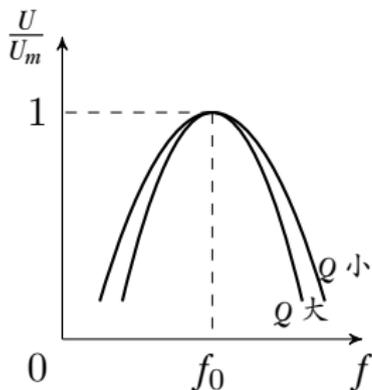
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

谐振点附近,  $\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} = \frac{(f+f_0)(f-f_0)}{ff} \approx 2\frac{\Delta f}{f_0}$ ,

$$\frac{U}{U_m} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( Q \frac{2\Delta f}{f_0} \right)^2}}$$

- $\Delta f = f - f_0$  为信号频率偏离谐振点的数量 (**失谐量**)。
- $U/U_m$  为谐振曲线的相对抑制比, 反映了回路对偏离谐振频率的抑制能力。
- 对于同样频偏  $\Delta f$ ,  $Q$  越大,  $U/U_m$  值越小, 谐振曲线越尖锐。

### ③ 谐振回路的谐振曲线



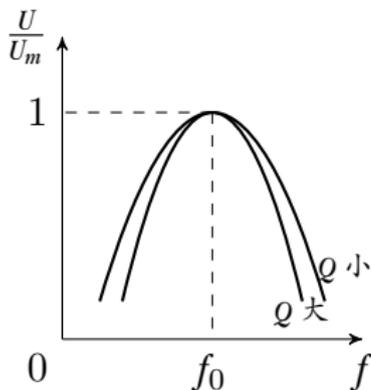
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

谐振点附近,  $\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} = \frac{(f+f_0)(f-f_0)}{ff} \approx 2\frac{\Delta f}{f_0}$ ,

$$\frac{U}{U_m} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( Q \frac{2\Delta f}{f_0} \right)^2}}$$

- $\Delta f = f - f_0$  为信号频率偏离谐振点的数量 (**失谐量**)。
- $U/U_m$  为谐振曲线的相对抑制比, 反映了回路对偏离谐振频率的抑制能力。
- 对于同样频偏  $\Delta f$ ,  $Q$  越大,  $U/U_m$  值越小, 谐振曲线越尖锐。

### ③ 谐振回路的谐振曲线



$$U = \frac{U_m}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

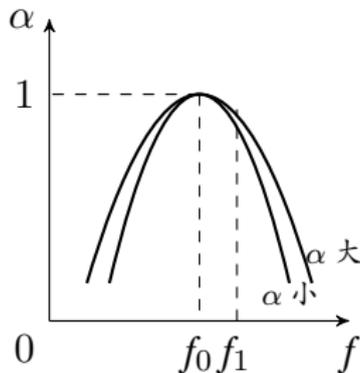
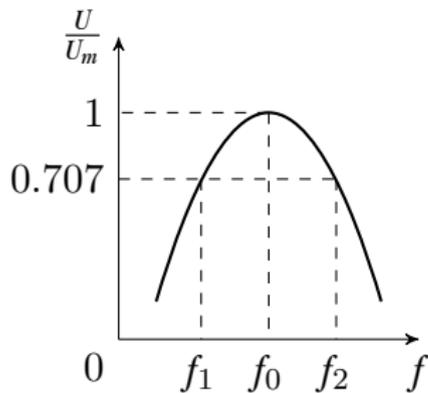
谐振点附近,  $\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} = \frac{(f+f_0)(f-f_0)}{ff} \approx 2\frac{\Delta f}{f_0}$ ,

$$\frac{U}{U_m} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( Q \frac{2\Delta f}{f_0} \right)^2}}$$

- $\Delta f = f - f_0$  为信号频率偏离谐振点的数量 (**失谐量**)。
- $U/U_m$  为谐振曲线的相对抑制比, 反映了回路对偏离谐振频率的抑制能力。
- 对于同样频偏  $\Delta f$ ,  $Q$  越大,  $U/U_m$  值越小, 谐振曲线越尖锐。

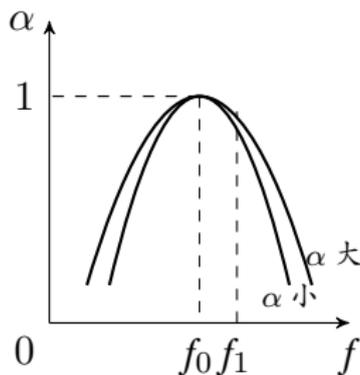
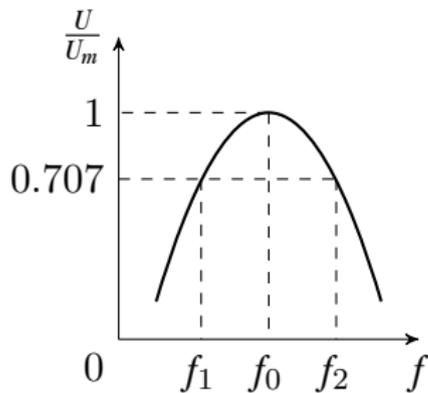
无线电信号通过谐振回路不失真的条件：

- 谐振回路的幅频特性是一常数；
- 且相频特性正比于角频率。



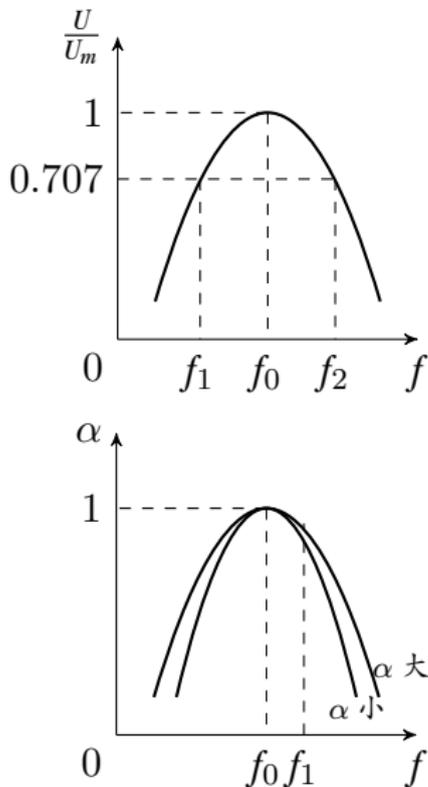
无线电信号通过谐振回路不失真的条件：

- 谐振回路的幅频特性是一常数；
  - 且相频特性正比于角频率。
- ① **通频带**： $B = 2\Delta_{0.7} = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$ ；通频带外，值  $U/U_m$  越小越好；选择回路的通频带  $B$  要满足大于或等于无线电信号的通频带。



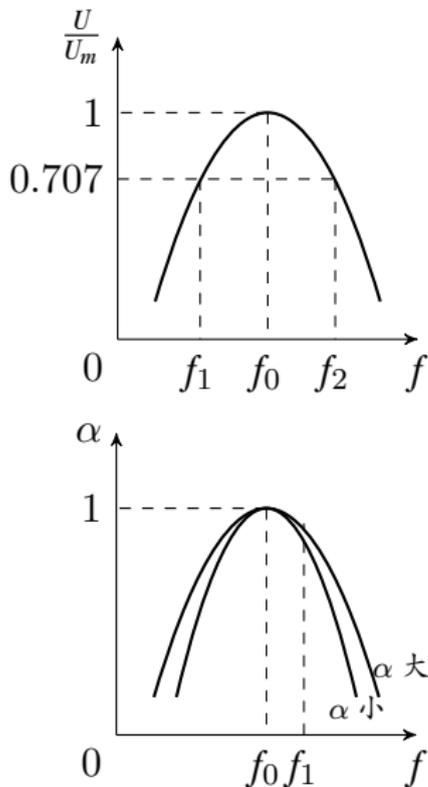
无线电信号通过谐振回路不失真的条件：

- 谐振回路的幅频特性是一常数；
  - 且相频特性正比于角频率。
- ① **通频带**： $B = 2\Delta_{0.7} = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$ ；通频带外，值  $U/U_m$  越小越好；选择回路的通频带  $B$  要满足大于或等于无线电信号的通频带。
  - ② **选择性**： $\alpha = \frac{U}{U_m} = \frac{1}{\sqrt{1 + (Q \frac{2\Delta f}{f_0})^2}}$ ；选择性表示回路对通频带以外干扰信号的抑制能力； $\alpha$  值愈小选择性愈高。



无线电信号通过谐振回路不失真的条件：

- 谐振回路的幅频特性是一常数；
  - 且相频特性正比于角频率。
- ① **通频带**： $B = 2\Delta_{0.7} = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$ ；通频带外，值  $U/U_m$  越小越好；选择回路的通频带  $B$  要满足大于或等于无线电信号的通频带。
  - ② **选择性**： $\alpha = \frac{U}{U_m} = \frac{1}{\sqrt{1 + (Q \frac{2\Delta f}{f_0})^2}}$ ；选择性表示回路对通频带以外干扰信号的抑制能力； $\alpha$  值愈小选择性愈高。
- $Q$  越大， $B = \frac{f_0}{Q}$  越小，通频带越窄。
  - $Q$  越大， $\alpha = \frac{1}{1 + (Q \frac{2\Delta f}{f_0})^2}$  越小，选择性越好。

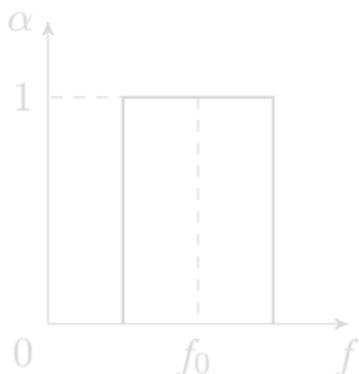
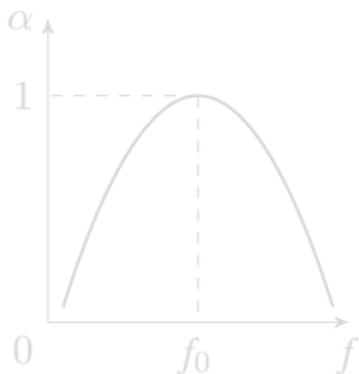


无线电信号通过谐振回路不失真的条件：

- 谐振回路的幅频特性是一常数；
  - 且相频特性正比于角频率。
- ① **通频带**： $B = 2\Delta_{0.7} = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$ ；通频带外，值  $U/U_m$  越小越好；选择回路的通频带  $B$  要满足大于或等于无线电信号的通频带。
  - ② **选择性**： $\alpha = \frac{U}{U_m} = \frac{1}{\sqrt{1 + (Q \frac{2\Delta f}{f_0})^2}}$ ；选择性表示回路对通频带以外干扰信号的抑制能力； $\alpha$  值愈小选择性愈高。
- $Q$  越大， $B = \frac{f_0}{Q}$  越小，通频带越窄。
  - $Q$  越大， $\alpha = \frac{1}{1 + (Q \frac{2\Delta f}{f_0})^2}$  越小，选择性越好。

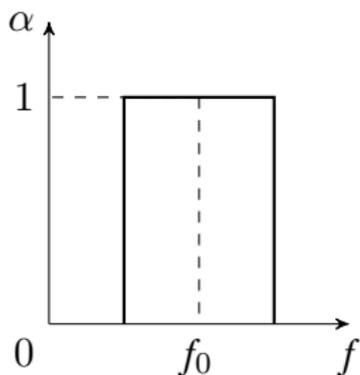
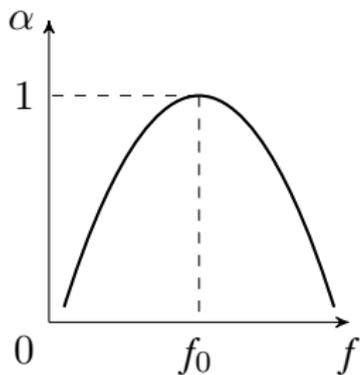
**提高通频带和改善选择性相矛盾**

- 为了保证较宽的通频带就得降低选择性的要求。
- 为了提高选择性就使得通频带变窄。



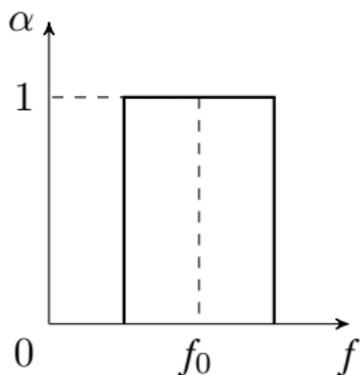
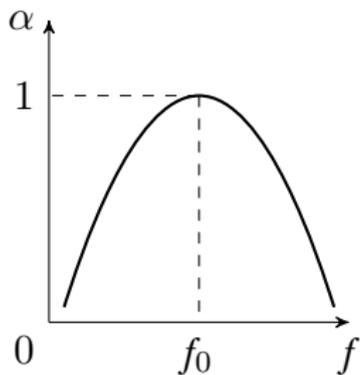
- 理想谐振回路的幅频特性应是一个矩形，在通频带内信号可以无衰减地通过，通频带以外衰减为无限大。
- 实际谐振回路选频性能的好坏，应以其幅频特性接近矩形的程度来衡量。
- **矩形系数**： $K_{0.1} = \frac{\alpha_{0.1}}{\alpha_{0.7}}$
- 理想回路矩形系数  $K_{0.1} = 1$  (理想值)，因此实际电路矩形系数越接近1越好。
- 单谐振回路不论  $Q$ 、 $f_0$  为多大，其矩形系数为定值 (10)，显然选频性能不很理想。

- 为了保证较宽的通频带就得降低选择性的要求。
- 为了提高选择性就使得通频带变窄。



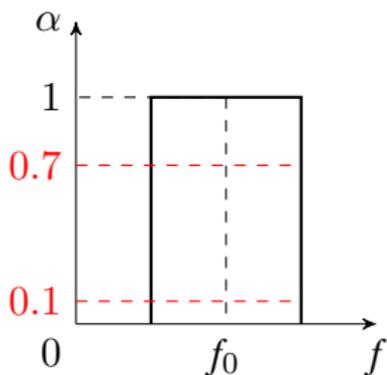
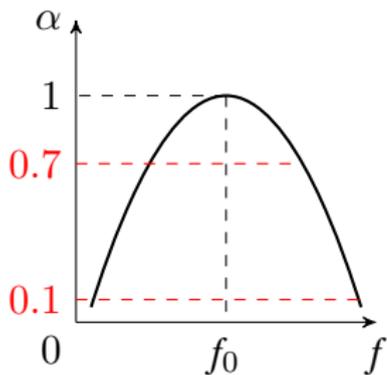
- 理想**谐振回路**的幅频特性应是一个矩形，在通频带内信号可以无衰减地通过，通频带以外衰减为无限大。
- 实际谐振回路选频性能的好坏，应以其幅频特性接近矩形的程度来衡量。
- **矩形系数**： $K_{0.1} = \frac{B_{0.1}}{B_{0.7}}$ 。
- 理想回路矩形系数  $K_{0.1} = 1$  (理想值)，因此实际电路矩形系数越接近 1 越好。
- 单谐振回路不论  $Q$ 、 $f_0$  为多大，其矩形系数为定值 (10)，显然选频性能不很理想。

- 为了保证较宽的通频带就得降低选择性的要求。
- 为了提高选择性就使得通频带变窄。



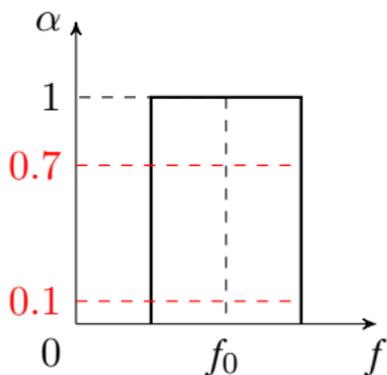
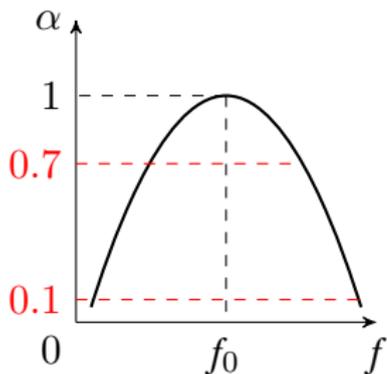
- 理想**谐振回路**的幅频特性应是一个矩形，在通频带内信号可以无衰减地通过，通频带以外衰减为无限大。
- 实际谐振回路**选频性能**的好坏，应以其幅频特性接近矩形的程度来衡量。
- **矩形系数**： $K_{0.1} = \frac{B_{0.1}}{B_{0.7}}$ 。
- 理想回路矩形系数  $K_{0.1} = 1$  (理想值)，因此实际电路矩形系数越接近 1 越好。
- 单谐振回路不论  $Q$ 、 $f_0$  为多大，其矩形系数为定值 (10)，显然选频性能不很理想。

- 为了保证较宽的通频带就得降低选择性的要求。
- 为了提高选择性就使得通频带变窄。



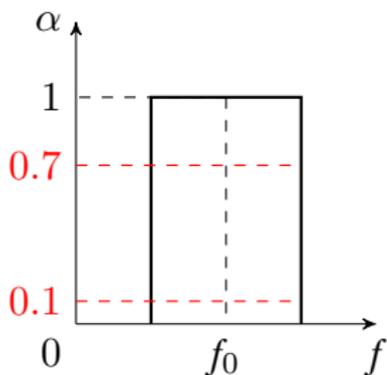
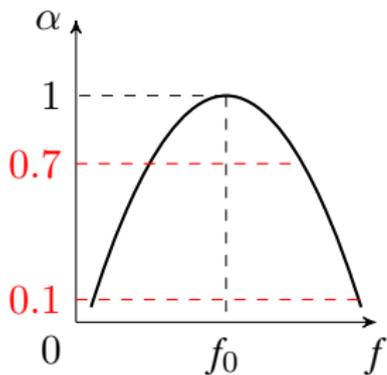
- 理想**谐振回路**的幅频特性应是一个矩形，在通频带内信号可以无衰减地通过，通频带以外衰减为无限大。
- 实际谐振回路**选频性能**的好坏，应以其幅频特性接近矩形的程度来衡量。
- **矩形系数**： $K_{0.1} = \frac{B_{0.1}}{B_{0.7}}$ 。
- 理想回路矩形系数  $K_{0.1} = 1$  (理想值)，因此实际电路矩形系数越接近 1 越好。
- 单谐振回路不论  $Q$ 、 $f_0$  为多大，其矩形系数为定值 (10)，显然选频性能不很理想。

- 为了保证较宽的通频带就得降低选择性的要求。
- 为了提高选择性就使得通频带变窄。



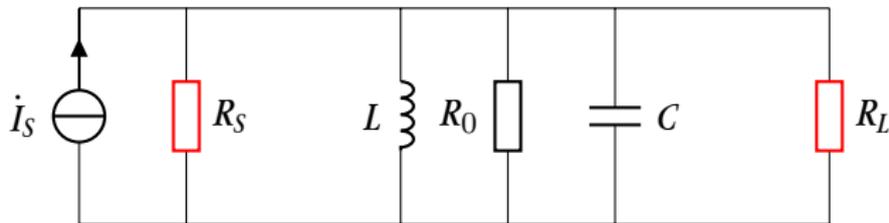
- 理想**谐振回路**的幅频特性应是一个矩形，在通频带内信号可以无衰减地通过，通频带以外衰减为无限大。
- 实际谐振回路**选频性能**的好坏，应以其幅频特性接近矩形的程度来衡量。
- **矩形系数**： $K_{0.1} = \frac{B_{0.1}}{B_{0.7}}$ 。
- 理想回路矩形系数  $K_{0.1} = 1$  (理想值)，因此实际电路矩形系数越接近 1 越好。
- 单谐振回路不论  $Q$ 、 $f_0$  为多大，其矩形系数为定值 (10)，显然选频性能不很理想。

- 为了保证较宽的通频带就得降低选择性的要求。
- 为了提高选择性就使得通频带变窄。



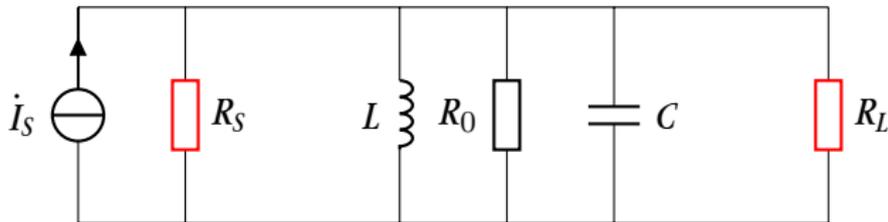
- 理想**谐振回路**的幅频特性应是一个矩形，在通频带内信号可以无衰减地通过，通频带以外衰减为无限大。
- 实际谐振回路**选频性能**的好坏，应以其幅频特性接近矩形的程度来衡量。
- **矩形系数**： $K_{0.1} = \frac{B_{0.1}}{B_{0.7}}$ 。
- 理想回路矩形系数  $K_{0.1} = 1$  (理想值)，因此实际电路矩形系数越接近 1 越好。
- 单谐振回路不论  $Q$ 、 $f_0$  为多大，其矩形系数为定值 (10)，显然选频性能不很理想。

## ④ 负载和信号源内阻对谐振回路的影响



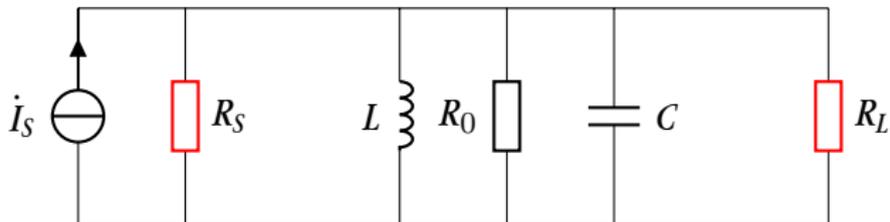
- 谐振频率： $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- 品质因数： $Q_L = \frac{k_S}{\omega_0 L} = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_0 + G_L + G_i)}$
- 由  $G_\Sigma > G_0$ ，得有载  $Q$  值  $Q_L = \frac{1}{\omega_0 L G_\Sigma}$  相对无载  $Q$  值  $Q_0 = \frac{1}{\omega_0 L G_0}$  减小了。
- 有载时，电路通频带比无载时要宽，选择性要差。

## ④ 负载和信号源内阻对谐振回路的影响



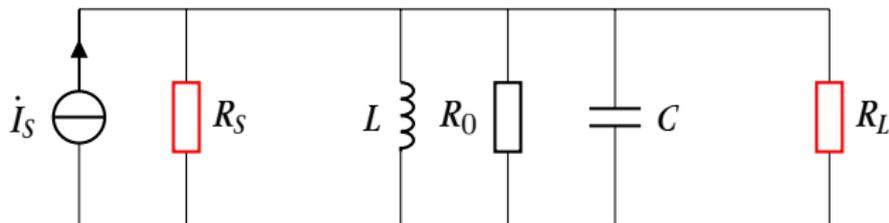
- **谐振频率**： $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **品质因数**： $Q_L = \frac{R_\Sigma}{\omega_0 L} = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L(G_0 + G_s + G_L)}$ 。
- 由  $G_\Sigma > G_0$ ，得有载  $Q$  值  $Q_L = \frac{1}{\omega_0 L G_\Sigma}$  相对无载  $Q$  值  $Q_0 = \frac{1}{\omega_0 L G_0}$  减小了。
- 有载时，电路通频带比无载时要宽，选择性要差。

## ④ 负载和信号源内阻对谐振回路的影响



- **谐振频率**： $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **品质因数**： $Q_L = \frac{R_\Sigma}{\omega_0 L} = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L(G_0 + G_S + G_L)}$ 。
- 由  $G_\Sigma > G_0$ ，得有载  $Q$  值  $Q_L = \frac{1}{\omega_0 L G_\Sigma}$  相对无载  $Q$  值  $Q_0 = \frac{1}{\omega_0 L G_0}$  减小了。
- 有载时，电路通频带比无载时要宽，选择性要差。

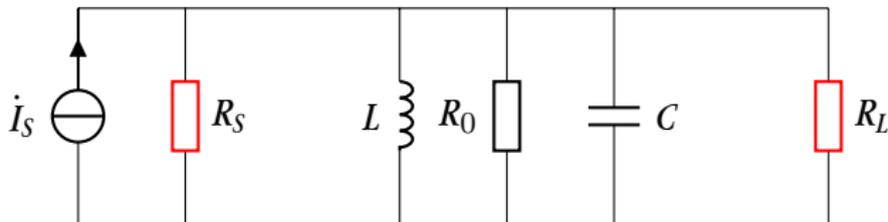
## ④ 负载和信号源内阻对谐振回路的影响



- **谐振频率**： $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **品质因数**： $Q_L = \frac{R_\Sigma}{\omega_0 L} = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L(G_0 + G_s + G_L)}$ 。
- 由  $G_\Sigma > G_0$ ，得有载  $Q$  值  $Q_L = \frac{1}{\omega_0 L G_\Sigma}$  相对无载  $Q$  值  $Q_0 = \frac{1}{\omega_0 L G_0}$  **减小了**。
- 有载时，电路通频带比无载时要**宽**，选择性要**差**。

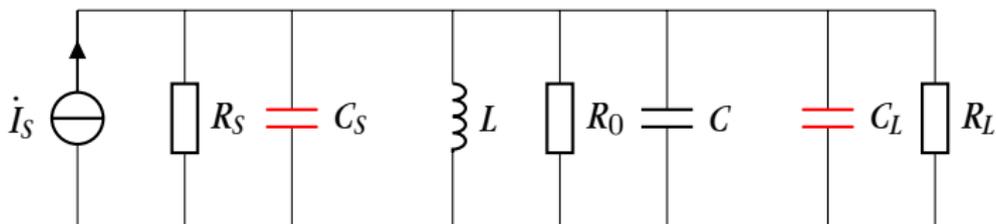
$$\frac{Q_L}{Q_0} = \frac{G_0}{G_0 + G_s + G_L} = \frac{1}{1 + \frac{G_s}{G_0} + \frac{G_L}{G_0}} = \frac{1}{1 + \frac{R_0}{R_s} + \frac{R_0}{R_L}}$$

## ④ 负载和信号源内阻对谐振回路的影响

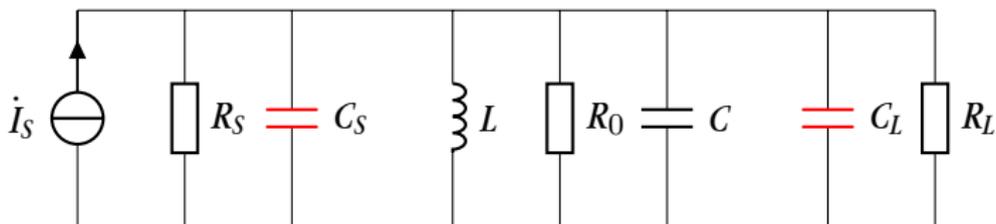


- **谐振频率**： $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。
- **品质因数**： $Q_L = \frac{R_\Sigma}{\omega_0 L} = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L(G_0 + G_s + G_L)}$ 。
- 由  $G_\Sigma > G_0$ ，得有载  $Q$  值  $Q_L = \frac{1}{\omega_0 L G_\Sigma}$  相对无载  $Q$  值  $Q_0 = \frac{1}{\omega_0 L G_0}$  **减小了**。
- 有载时，电路通频带比无载时要**宽**，选择性要**差**。

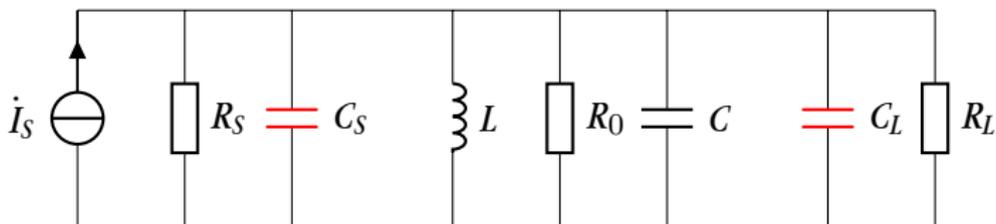
$$\frac{Q_L}{Q_0} = \frac{G_0}{G_0 + G_s + G_L} = \frac{1}{1 + \frac{G_s}{G_0} + \frac{G_L}{G_0}} = \frac{1}{1 + \frac{R_0}{R_s} + \frac{R_0}{R_L}}$$



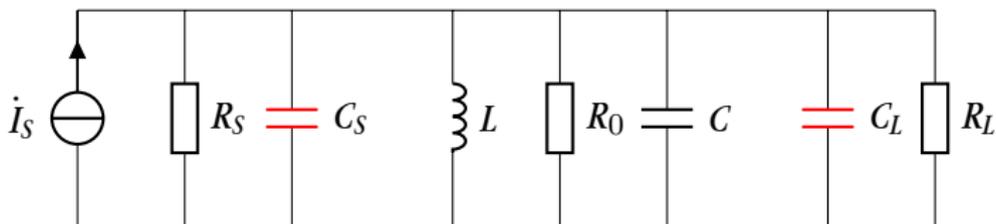
- 实际信号源内阻和负载并不一定是纯电阻，也有可能是电抗成分（容抗）。
- 低频时电抗成分可忽略，但高频时则不可忽略。
- 回路总电容  $C_{\Sigma} = C_S + C + C_L$  变大，回路谐振频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{\Sigma}}}$  降低。
- $C_S$ 、 $C_L$  的不稳定将导致回路频率特性的不稳定。
- 实际应用中， $C_S$ 、 $C_L$  通常是晶体管输出电容和输入电容，因此更换管子或温度变化时会引起  $C_S$ 、 $C_L$  的改变。
- $C$  值越大， $C_S$ 、 $C_L$  变化所带来的影响就越小。



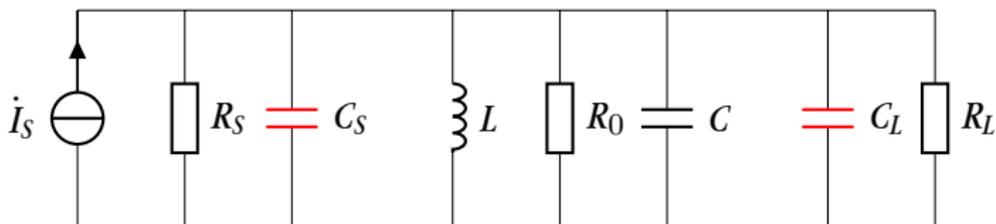
- 实际信号源内阻和负载并不一定是纯电阻，也有可能是电抗成分（容抗）。
- 低频时电抗成分可忽略，但高频时则不可忽略。
- 回路总电容  $C_{\Sigma} = C_S + C + C_L$  变大，回路谐振频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{\Sigma}}}$  降低。
- $C_S$ 、 $C_L$  的不稳定将导致回路频率特性的不稳定。
- 实际应用中， $C_S$ 、 $C_L$  通常是晶体管输出电容和输入电容，因此更换管子或温度变化时会引起  $C_S$ 、 $C_L$  的改变。
- $C$  值越大， $C_S$ 、 $C_L$  变化所带来的影响就越小。



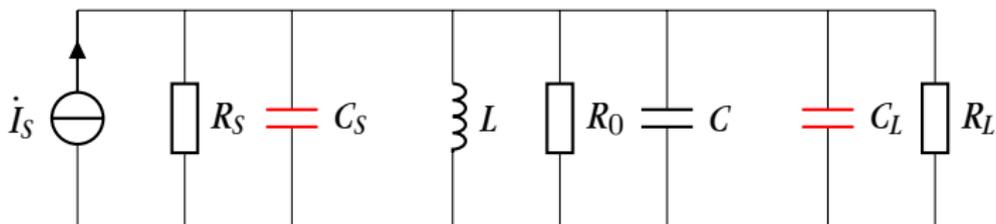
- 实际信号源内阻和负载并不一定是纯电阻，也有可能是电抗成分（容抗）。
- 低频时电抗成分可忽略，但高频时则不可忽略。
- 回路总电容  $C_{\Sigma} = C_S + C + C_L$  变大，回路谐振频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{\Sigma}}}$  降低。
- $C_S$ 、 $C_L$  的不稳定将导致回路频率特性的不稳定。
- 实际应用中， $C_S$ 、 $C_L$  通常是晶体管输出电容和输入电容，因此更换管子或温度变化时会引起  $C_S$ 、 $C_L$  的改变。
- $C$  值越大， $C_S$ 、 $C_L$  变化所带来的影响就越小。



- 实际信号源内阻和负载并不一定是纯电阻，也有可能是电抗成分（容抗）。
- 低频时电抗成分可忽略，但高频时则不可忽略。
- 回路总电容  $C_{\Sigma} = C_S + C + C_L$  变大，回路谐振频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{\Sigma}}}$  降低。
- $C_S$ 、 $C_L$  的不稳定将导致回路频率特性的不稳定。
- 实际应用中， $C_S$ 、 $C_L$  通常是晶体管输出电容和输入电容，因此更换管子或温度变化时会引起  $C_S$ 、 $C_L$  的改变。
- $C$  值越大， $C_S$ 、 $C_L$  变化所带来的影响就越小。



- 实际信号源内阻和负载并不一定是纯电阻，也有可能是电抗成分（容抗）。
- 低频时电抗成分可忽略，但高频时则不可忽略。
- 回路总电容  $C_{\Sigma} = C_S + C + C_L$  变大，回路谐振频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{\Sigma}}}$  降低。
- $C_S$ 、 $C_L$  的不稳定将导致回路频率特性的不稳定。
- 实际应用中， $C_S$ 、 $C_L$  通常是晶体管输出电容和输入电容，因此更换管子或温度变化时会引起  $C_S$ 、 $C_L$  的改变。
- $C$  值越大， $C_S$ 、 $C_L$  变化所带来的影响就越小。



- 实际信号源内阻和负载并不一定是纯电阻，也有可能是电抗成分（容抗）。
- 低频时电抗成分可忽略，但高频时则不可忽略。
- 回路总电容  $C_{\Sigma} = C_S + C + C_L$  变大，回路谐振频率  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{\Sigma}}}$  降低。
- $C_S$ 、 $C_L$  的不稳定将导致回路频率特性的不稳定。
- 实际应用中， $C_S$ 、 $C_L$  通常是晶体管输出电容和输入电容，因此更换管子或温度变化时会引起  $C_S$ 、 $C_L$  的改变。
- $C$  值越大， $C_S$ 、 $C_L$  变化所带来的影响就越小。

## ⑤ 谐振回路的接入方式

当信号源和负载直接并在  $L$ 、 $C$  元件上时，会存在以下三个问题：

- ① 谐振回路  $Q = \frac{R_{\Sigma}}{\omega_0 L} = R_{\Sigma} \omega_0 C_{\Sigma}$  值大大下降，一般不能满足实际要求；
- ② 信号源和负载电阻常常不相等（阻抗不匹配），相差较多时，负载上得到的功率可能很小；
- ③ 信号源输出电容和负载电容影响回路的谐振频率，实际应用中， $R_S$ 、 $R_L$ 、 $C_S$ 、 $C_L$  给定后不能任意改动。

## ⑤ 谐振回路的接入方式

当信号源和负载直接并在  $L$ 、 $C$  元件上时，会存在以下三个问题：

- ① 谐振回路  $Q = \frac{R_{\Sigma}}{\omega_0 L} = R_{\Sigma} \omega_0 C_{\Sigma}$  值大大下降，一般不能满足实际要求；
- ② 信号源和负载电阻常常不相等（阻抗不匹配），相差较多时，负载上得到的功率可能很小；
- ③ 信号源输出电容和负载电容影响回路的谐振频率，实际应用中， $R_S$ 、 $R_L$ 、 $C_S$ 、 $C_L$  给定后不能任意改动。

## ⑤ 谐振回路的接入方式

当信号源和负载直接并在  $L$ 、 $C$  元件上时，会存在以下三个问题：

- ① 谐振回路  $Q = \frac{R_{\Sigma}}{\omega_0 L} = R_{\Sigma} \omega_0 C_{\Sigma}$  值大大下降，一般不能满足实际要求；
- ② 信号源和负载电阻常常不相等（阻抗不匹配），相差较多时，负载上得到的功率可能很小；
- ③ 信号源输出电容和负载电容影响回路的谐振频率，实际应用中， $R_S$ 、 $R_L$ 、 $C_S$ 、 $C_L$  给定后不能任意改动。

## ⑤ 谐振回路的接入方式

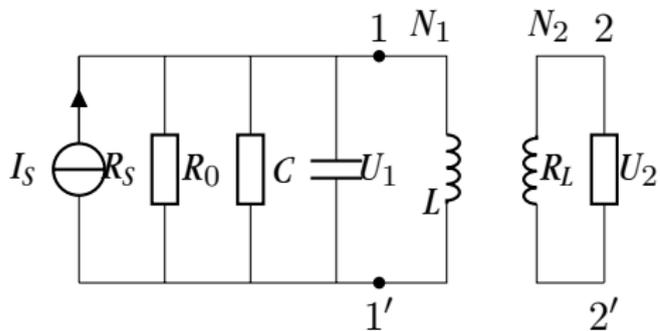
当信号源和负载直接并在  $L$ 、 $C$  元件上时，会存在以下三个问题：

- ① 谐振回路  $Q = \frac{R_{\Sigma}}{\omega_0 L} = R_{\Sigma} \omega_0 C_{\Sigma}$  值大大下降，一般不能满足实际要求；
- ② 信号源和负载电阻常常不相等（**阻抗不匹配**），相差较多时，负载上得到的功率可能很小；
- ③ 信号源输出电容和负载电容**影响回路的谐振频率**，实际应用中， $R_S$ 、 $R_L$ 、 $C_S$ 、 $C_L$  给定后不能任意改动。

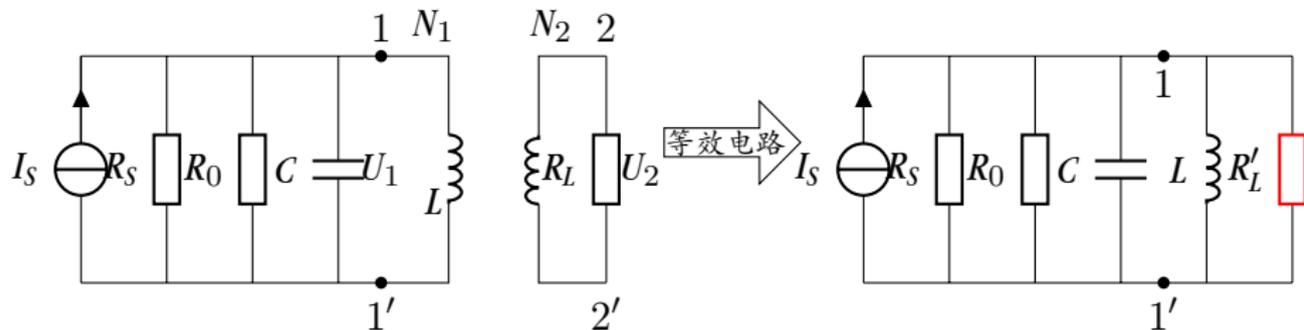
### 阻抗变换

- 使信号源或负载不直接并入回路两端，而是经过简单的变换电路将其折算到回路两端（**部分接入**）。
- 通过改变电路的参数，达到要求的回路特性。
- 阻抗变换电路：**互感变压器接入**、**自耦变压器接入**、**电容抽头接入**等。

## 互感变压器接入



## 互感变压器接入

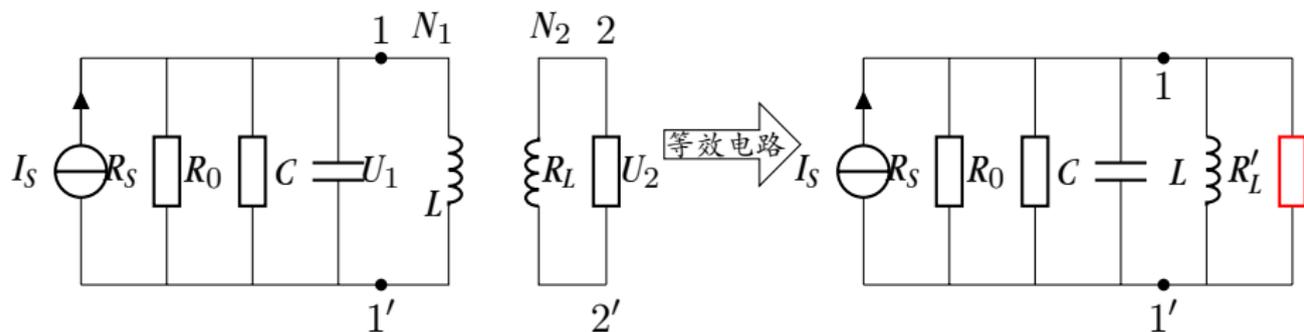


等效前负载  $R_L$  上得到的功率  $P_1 =$  等效后负载  $R'_L$  上得到的功率  $P_2$

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{U_2^2}{R_L} = \frac{U_1^2}{R'_L} \Rightarrow \frac{R'_L}{R_L} = \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2 = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 \Rightarrow R'_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L$$

$$\Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_S + G_0 + G'_L)}$$

## 互感变压器接入

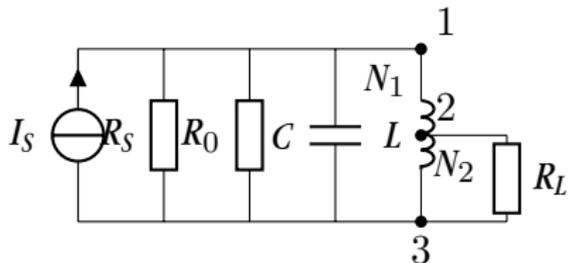


等效前负载  $R_L$  上得到的功率  $P_1 =$  等效后负载  $R'_L$  上得到的功率  $P_2$

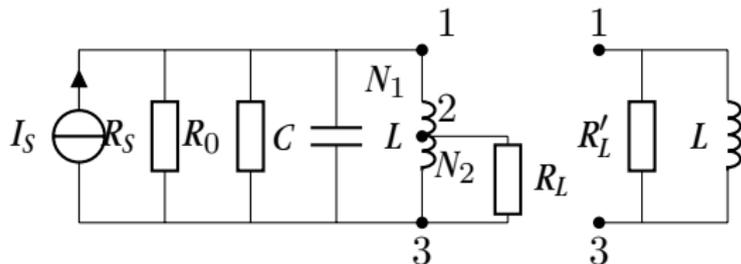
$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{U_2^2}{R_L} = \frac{U_1^2}{R'_L} \Rightarrow \frac{R'_L}{R_L} = \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \Rightarrow R'_L = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L$$

$$\Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_S + G_0 + G'_L)} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

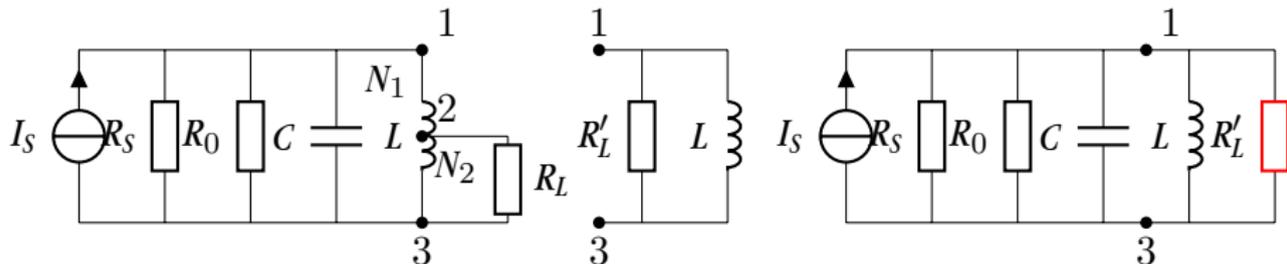
# 自耦变压器接入



# 自耦变压器接入



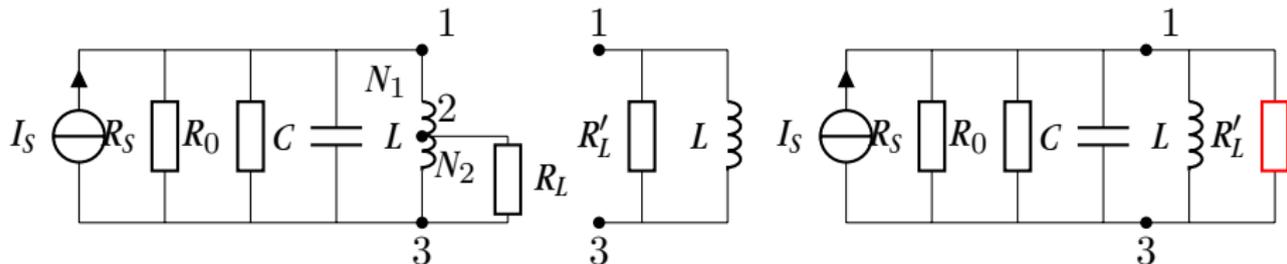
## 自耦变压器接入



等效前负载  $R_L$  上得到的功率  $P_1 =$  等效后负载  $R'_L$  上得到的功率  $P_2$

$$R'_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_S + G_0 + G'_L)}$$

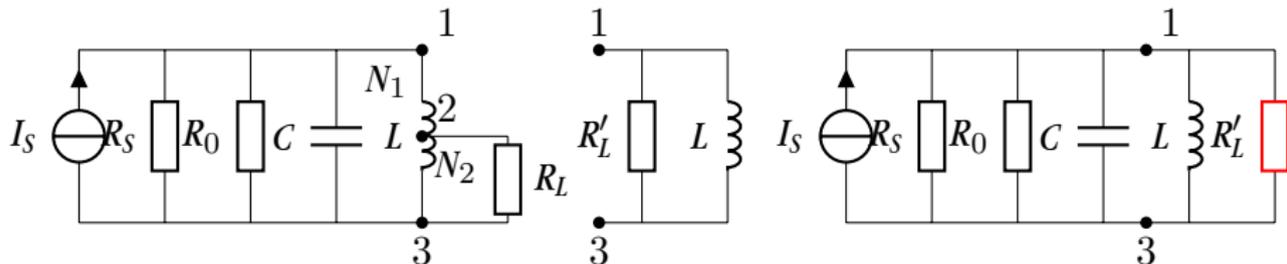
## 自耦变压器接入



等效前负载  $R_L$  上得到的功率  $P_1 =$  等效后负载  $R'_L$  上得到的功率  $P_2$

$$R'_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_S + G_0 + G'_L)} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

## 自耦变压器接入

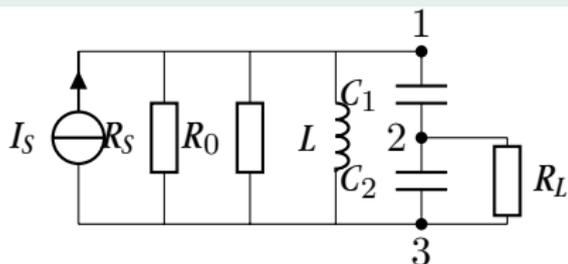


等效前负载  $R_L$  上得到的功率  $P_1 =$  等效后负载  $R'_L$  上得到的功率  $P_2$

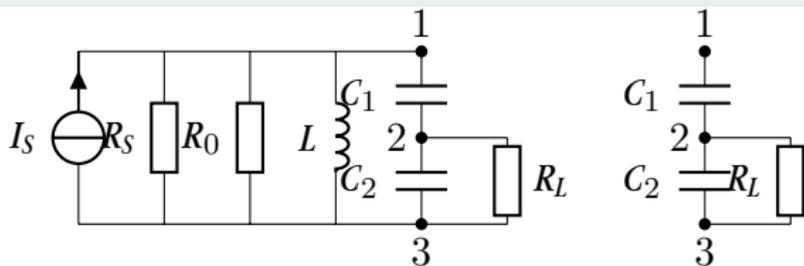
$$R'_L = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L \Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_S + G_0 + G'_L)} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

**优点：**绕制简单    **缺点：**回路与负载有直流回路（不能隔直流）

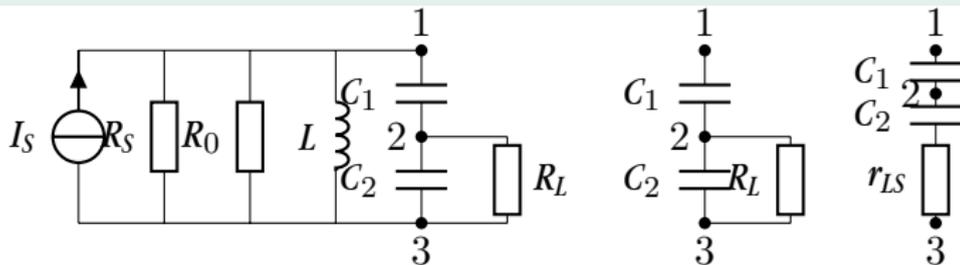
## 电容抽头接入



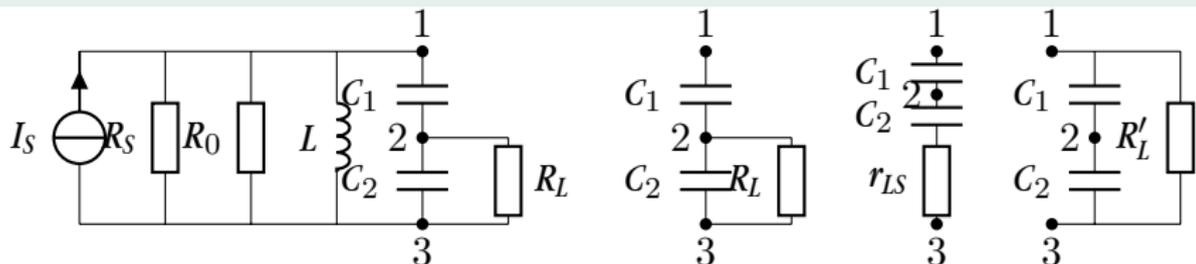
# 电容抽头接入



# 电容抽头接入

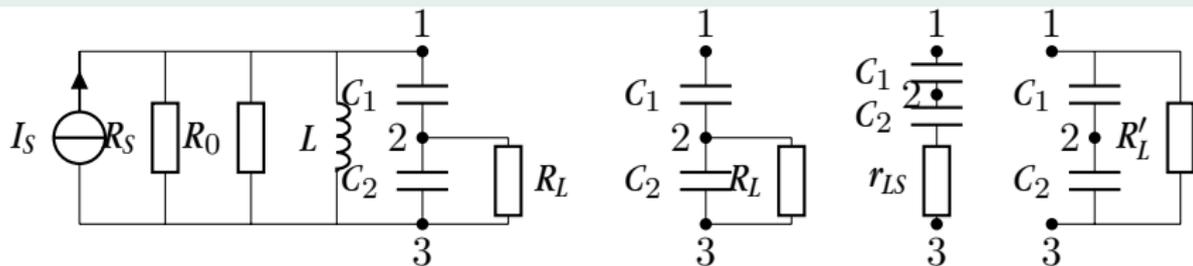


## 电容抽头接入



$$R'_L = \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)^2 R_L \Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_s + G_0 + G'_L)}$$

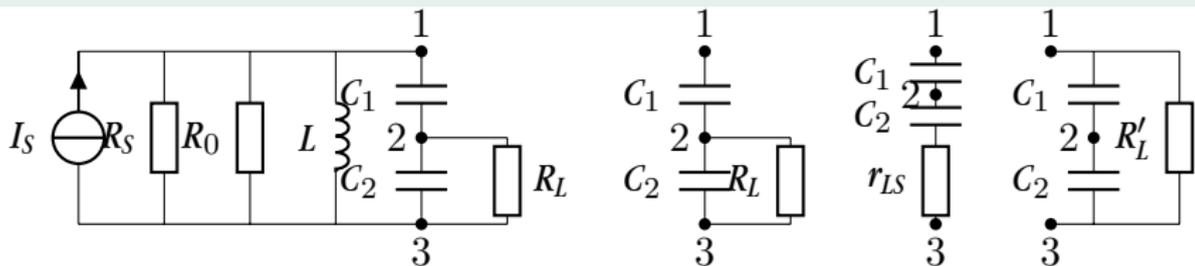
# 电容抽头接入



$$R'_L = \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)^2 R_L \Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_{\Sigma} \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_s + G_0 + G'_L)}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

## 电容抽头接入



$$R'_L = \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)^2 R_L \Rightarrow Q_L = \frac{1}{G_\Sigma \omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 L (G_s + G_0 + G'_L)}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

- 回路有载品质因数  $Q_L$  较直接接入增大了。
- 电容抽头接入变换后等效回路谐振频率近似为  $\omega_0 \approx \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$ 。

# 接入系数

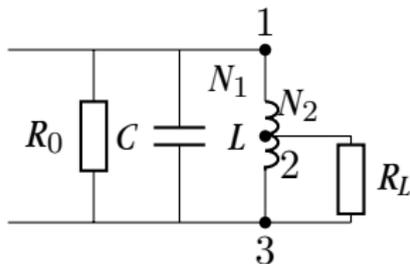
## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例。

# 接入系数

## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例。

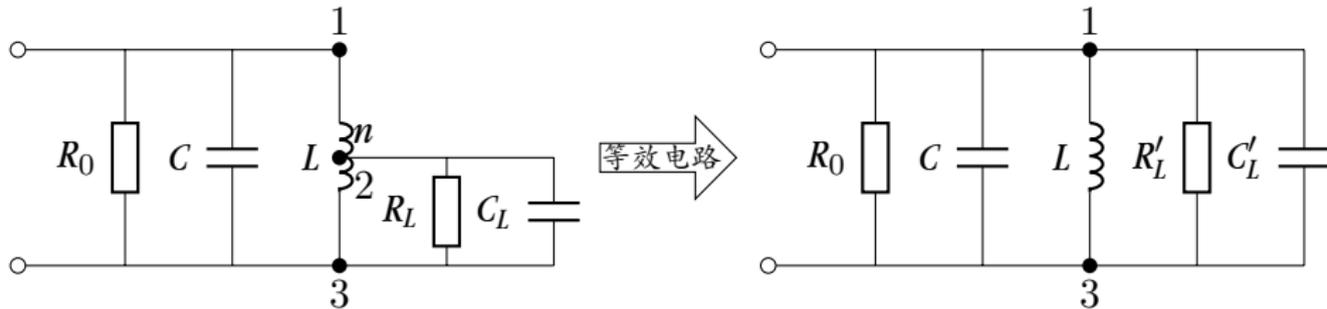


- 自耦变压器接入系数  $n = \frac{N_2}{N_1}$  表示全部线圈  $N_1$  中  $N_2$  所占的比例。
- $0 < n < 1$  调节  $n$  可改变折算电阻  $R'_L$  的数值。
- $n$  越小， $R_L$  与回路接入部分少，对回路影响越小， $R'_L$  越大。
- 引入接入系数  $n$  以后，折算后的阻抗为  $R'_L = \frac{1}{n^2} R_L$ 。

# 接入系数

## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例。

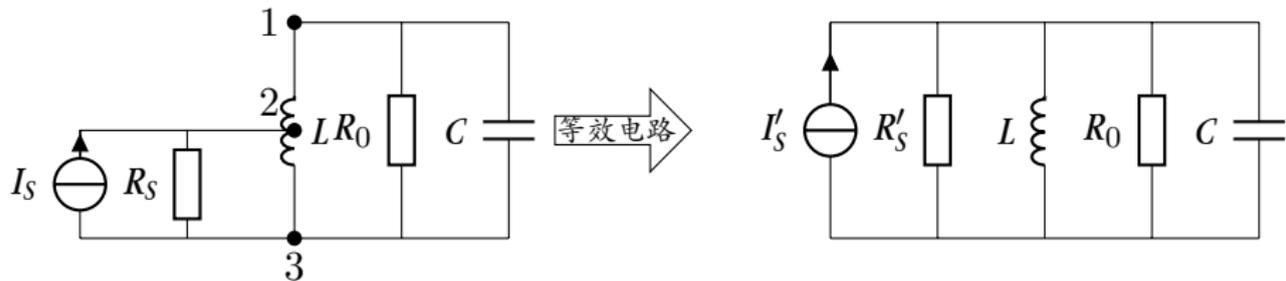


- 当外接负载不是纯电阻，包含有电抗成分时，接入系数等效变换关系仍适用。
- 不仅要讲  $R_L$  从副边折算到原边，而且  $C_L$  也要折算到原边。
- $R'_L = \frac{1}{n^2}R_L$   $C'_L = n^2C_L$ ，由于  $0 < n < 1$ ，所以电阻经折算后变大，电容变小。
- 经折算后阻抗变大，对回路的影响减轻。

# 接入系数

## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例。



- 谐振回路的信号源同样可采用部分接入的方法，接入方法相同。
- 信号源内阻  $R_S$  和电流源从 2-3 端折算到 1-3 端。
- $R'_S = \frac{1}{n^2} R_S$     $I'_S = n I_S$
- 从 2-3 端折算到 1-3 端电压变化为  $1/n$  倍，在保持功率不变的条件下，电流变比应为  $n$  倍。

# 接入系数

## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例。
- 采用任何接入方式，都可使回路的有载  $Q_L$  值提高，而谐振频率  $\omega_0$  不变。
- 只要负载和信号源采用合适的接入系数，即可达到阻抗匹配，输出较大的功率。

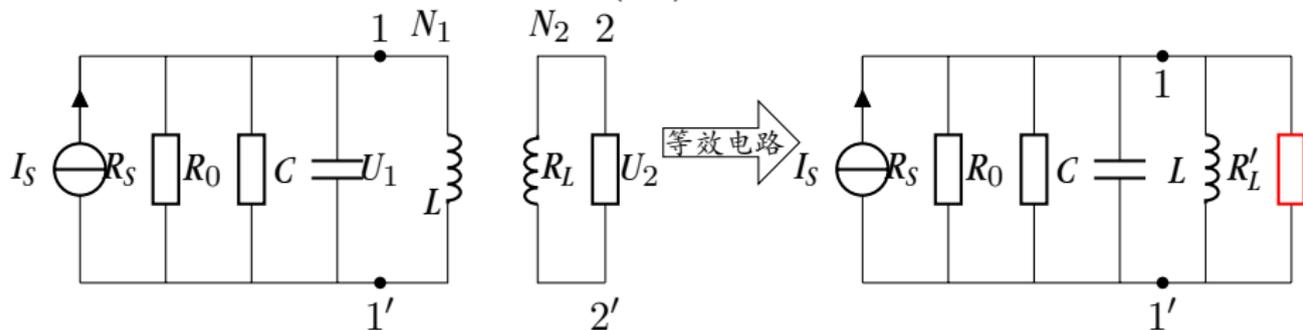
# 接入系数

## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例

## 互感变压器接入

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \quad n = \frac{N_2}{N_1}$$



# 接入系数

## 部分接入

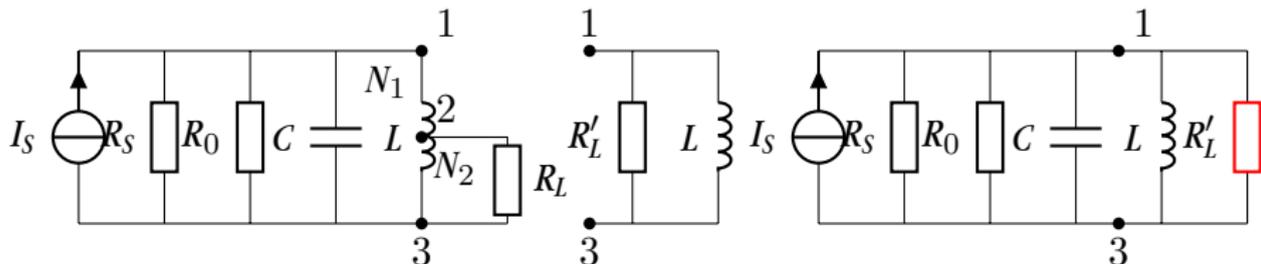
- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例

## 互感变压器接入

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \quad n = \frac{N_2}{N_1}$$

## 自耦变压器接入

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \quad n = \frac{N_2}{N_1}$$



# 接入系数

## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例

### 互感变压器接入

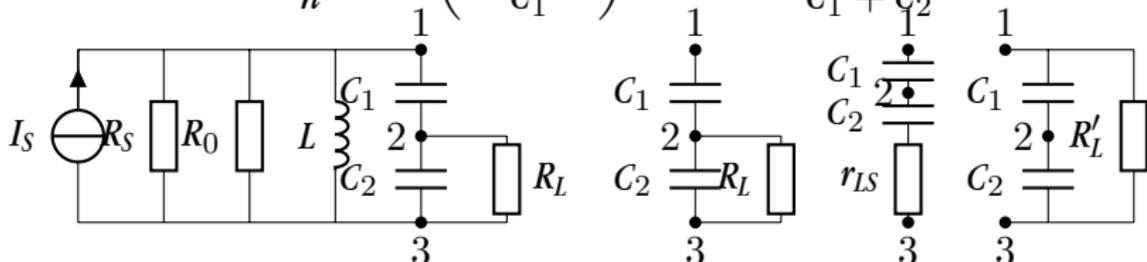
$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \quad n = \frac{N_2}{N_1}$$

### 自耦变压器接入

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \quad n = \frac{N_2}{N_1}$$

### 电容抽头接入

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)^2 R_L \quad n = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$



# 接入系数

## 部分接入

- 负载不直接接入回路两端，只是与回路一部分相接。
- 接入系数表示接入部分所占的比例。

## 互感变压器接入

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \quad n = \frac{N_2}{N_1}$$

## 自耦变压器接入

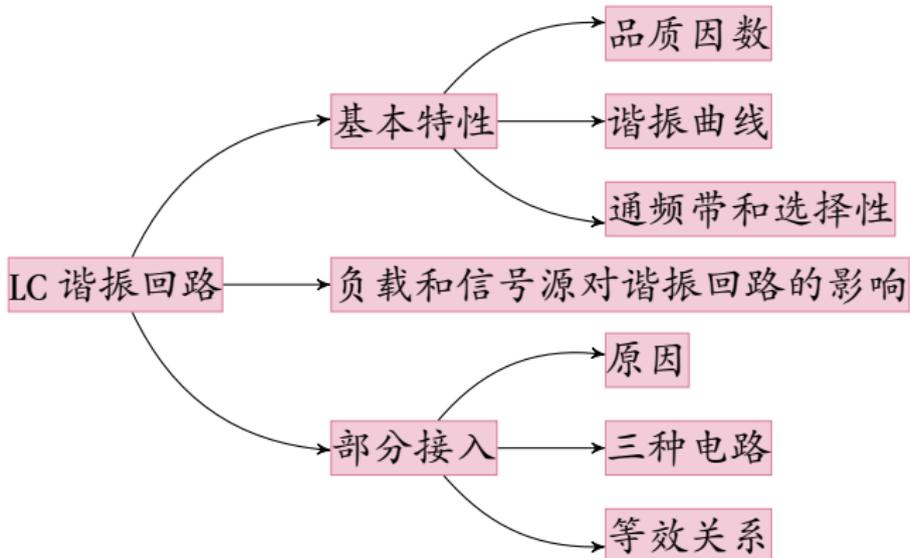
$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L \quad n = \frac{N_2}{N_1}$$

## 电容抽头接入

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)^2 R_L \quad n = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

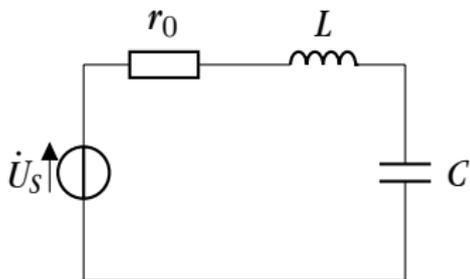
$$\text{外接电抗} \quad R'_L = \frac{1}{n^2} R_L \quad C'_L = n^2 C_L$$

$$\text{信号源内阻} \quad R'_S = \frac{1}{n^2} R_S \quad I'_S = n I_S$$



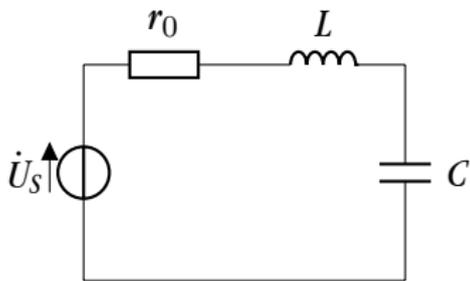
## 习题：LC 谐振回路

2-1 给定串联谐振回路的  $f_0 = 1.5\text{MHz}$ ,  $C = 100\text{pF}$ , 谐振电阻  $R = 5\Omega$ , 试求  $Q_0$  和  $L$ 。



## 习题：LC 谐振回路

2-1 给定串联谐振回路的  $f_0 = 1.5\text{MHz}$ ,  $C = 100\text{pF}$ , 谐振电阻  $R = 5\Omega$ , 试求  $Q_0$  和  $L$ 。



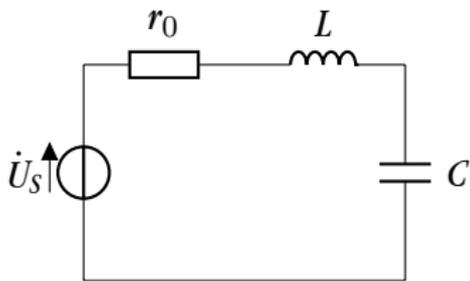
$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{r_0} = \frac{1}{\omega_0 C r_0} = \frac{1}{2\pi f_0 C r_0}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

## 习题：LC 谐振回路

**2-1** 给定串联谐振回路的  $f_0 = 1.5\text{MHz}$ ,  $C = 100\text{pF}$ , 谐振电阻  $R = 5\Omega$ , 试求  $Q_0$  和  $L$ 。

又若信号源的电压幅值为  $U_S = 1\text{mV}$ , 求谐振回路中的电流  $I_0$  以及回路元件上的电压  $U_{L0}$  和  $U_{C0}$ 。



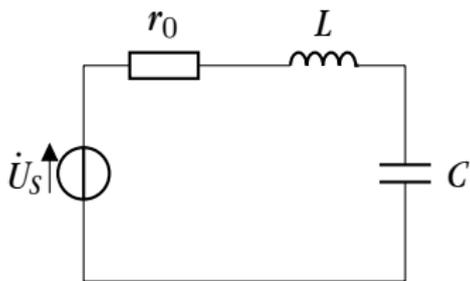
$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{r_0} = \frac{1}{\omega_0 C r_0} = \frac{1}{2\pi f_0 C r_0}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

## 习题：LC 谐振回路

**2-1** 给定串联谐振回路的  $f_0 = 1.5\text{MHz}$ ,  $C = 100\text{pF}$ , 谐振电阻  $R = 5\Omega$ , 试求  $Q_0$  和  $L$ 。

又若信号源的电压幅值为  $U_S = 1\text{mV}$ , 求谐振回路中的电流  $I_0$  以及回路元件上的电压  $U_{L0}$  和  $U_{C0}$ 。



$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{r_0} = \frac{1}{\omega_0 C r_0} = \frac{1}{2\pi f_0 C r_0}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$I_0 = \frac{U_S}{R}$$

$$U_{L0} = U_{C0} = Q_0 U_S$$

谐振时，电感线圈和电容器两端的电压模值大小相等，且等于外加电压的  $Q$  倍。

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

解

已知谐振频率  $f_0 = 465\text{kHz}$ ，回路电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，回路空载  $Q_0 = 100$ 。

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

① 电路电容  $C$ 。

解

已知谐振频率  $f_0 = 465\text{kHz}$ ，回路电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，回路空载  $Q_0 = 100$ 。

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

① 电路电容  $C$ 。

解

已知谐振频率  $f_0 = 465\text{kHz}$ ，回路电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，回路空载  $Q_0 = 100$ 。

①  $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

- ① 电路电容  $C$ 。
- ② 要求  $2\Delta f_{0.7} = 9\text{kHz}$ ，如何满足？

解

已知谐振频率  $f_0 = 465\text{kHz}$ ，回路电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，回路空载  $Q_0 = 100$ 。

- ①  $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

- ① 电路电容  $C$ 。
- ② 要求  $2\Delta f'_{0.7} = 9\text{kHz}$ ，如何满足？

解

已知谐振频率  $f_0 = 465\text{kHz}$ ，回路电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，回路空载  $Q_0 = 100$ 。

- ①  $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

- ② 原通频带  $B = 2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q_0} = 4.65\text{kHz}$

要求通频带  $B' = 2\Delta f'_{0.7} = 9\text{kHz} = \frac{f_0}{Q'}$   $> B = \frac{f_0}{Q_0}$

要通频带较原来变宽（大），即  $Q'$  值较  $Q_0$  值变小（ $f_0$  不变）。

要使  $Q$  值变小，则可以通过并联电阻来实现， $\frac{Q'}{Q_0} = \frac{R'}{R_0} = \frac{R_0 // R_x}{R_0}$ 。

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

- ① 电路电容  $C$ 。
- ② 要求  $2\Delta f'_{0.7} = 9\text{kHz}$ ，如何满足？
- ③ 若中频  $f_i = 455\text{kHz}$ ， $\alpha$  是多少？

解

已知谐振频率  $f_0 = 465\text{kHz}$ ，回路电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，回路空载  $Q_0 = 100$ 。

- ①  $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- ② 原通频带  $B = 2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q_0} = 4.65\text{kHz}$   
 要求通频带  $B' = 2\Delta f'_{0.7} = 9\text{kHz} = \frac{f_0}{Q'}$   $> B = \frac{f_0}{Q_0}$   
 要通频带较原来变宽（大），即  $Q'$  值较  $Q_0$  值变小（ $f_0$  不变）。  
 要使  $Q$  值变小，则可以通过并联电阻来实现， $\frac{Q'}{Q_0} = \frac{R'}{R_0} = \frac{R_0 // R_x}{R_0}$ 。

## 习题：LC 谐振回路

某收音机中放回路的工作频率为  $465\text{kHz}$ ，回路的电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，其中  $Q_0 = 100$ 。求

- ① 电路电容  $C$ 。
- ② 要求  $2\Delta f'_{0.7} = 9\text{kHz}$ ，如何满足？
- ③ 若中频  $f_i = 455\text{kHz}$ ， $\alpha$  是多少？

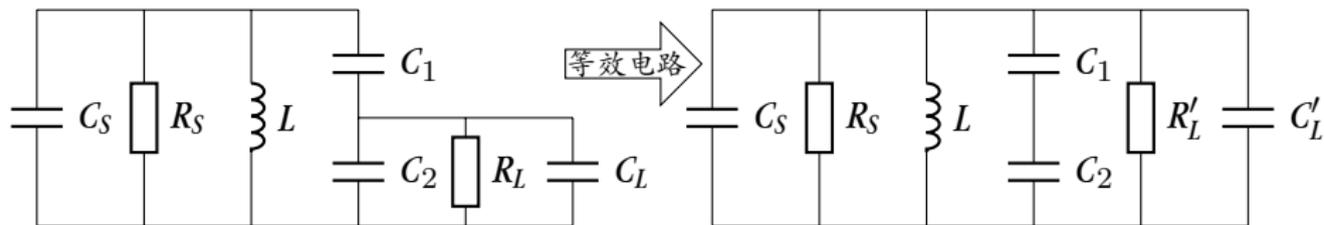
解

已知谐振频率  $f_0 = 465\text{kHz}$ ，回路电感  $L = 586\mu\text{H}$ ，回路空载  $Q_0 = 100$ 。

- ①  $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- ② 原通频带  $B = 2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q_0} = 4.65\text{kHz}$   
 要求通频带  $B' = 2\Delta f'_{0.7} = 9\text{kHz} = \frac{f_0}{Q'}$ ， $Q' > Q_0$   
 要通频带较原来变宽（大），即  $Q'$  值较  $Q_0$  值变小（ $f_0$  不变）。  
 要使  $Q$  值变小，则可以通过并联电阻来实现， $\frac{Q'}{Q_0} = \frac{R'}{R_0} = \frac{R_0 // R_x}{R_0}$ 。
- ③  $\Delta f = |f_0 - f_i| = (465 - 455)\text{kHz} = 10\text{kHz} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + Q'^2 \left(\frac{f_i}{f_0} - \frac{f_0}{f_i}\right)^2}}$

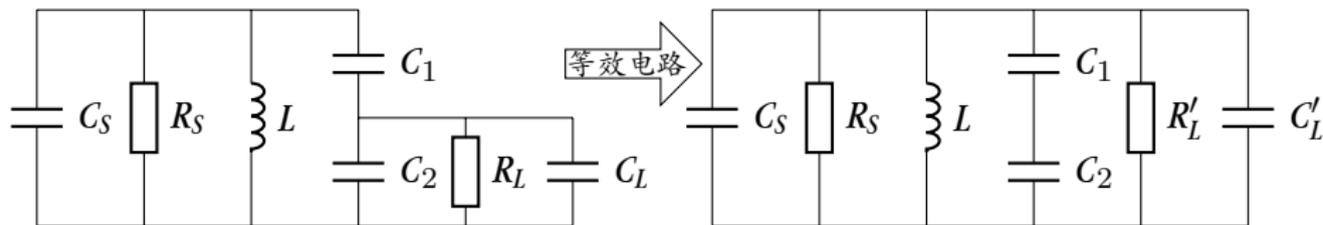
## 习题：谐振回路接入方式

2-6 求 $R'_L$ 和 $C'_L$ 及 $\omega_0$ 。



## 习题：谐振回路接入方式

2-6 求  $R'_L$  和  $C'_L$  及  $\omega_0$ 。



$$n = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

$$R'_L = \frac{1}{n^2} R_L = \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)^2 R_L \quad C'_L = n^2 C_L = \left( \frac{C_1}{C_1 + C_2} \right)^2 R_L$$

$$C_\Sigma = C_S + \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C'_L \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_\Sigma}}$$

