

01 谐振回路与等效电路

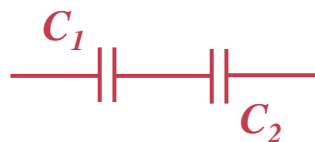
- 电容电感并联等效
- 串联谐振回路
- 并联谐振回路
- 变压器耦合变换
- 抽头耦合电路
- 电流源的折合

题型解题引导

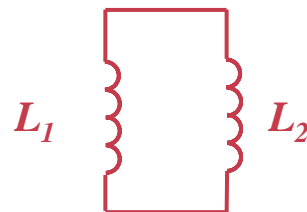
高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

00 电容串联与电感并联等效



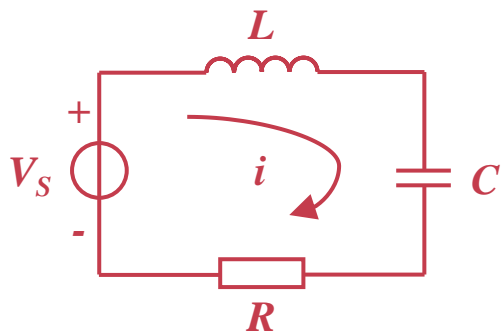
$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$



$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$



01 串联谐振回路



串联谐振角频率

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

串联谐振频率

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

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

品质因数

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

通频带绝对值

$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_0/Q$$

$$2\Delta f_{0.7} = f_0/Q$$

通频带相对值

$$2\Delta\omega_{0.7}/\omega_0 = 1/Q$$

$$2\Delta f_{0.7}/f_0 = 1/Q$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 串联谐振回路

习题 01

高频
电子线路(C)

设某一串联谐振回路的谐振频率为600kHz，它的 $L=150\mu\text{H}$ ， $R=5\Omega$ ，求其通频带的绝对值。

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

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

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

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$2\Delta f_{0.7} = f_0/Q$$

$$2\Delta f_{0.7}/f_0 = 1/Q$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 串联谐振回路

习题 01

高频
电子线路(C)

f_0

L

R

设某一串联谐振回路的谐振频率为600kHz，它的 $L=150\mu\text{H}$ ， $R=5\Omega$ ，求其通频带的绝对值。

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

因此品质因数为

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{2\pi \times 600 \times 10^3 \times 150 \times 10^{-6}}{5} = 113$$

其通频带的绝对值为

$$2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q} = \frac{600 \times 10^3}{113} = 5.32 \text{ kHz}$$

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

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

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

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$2\Delta f_{0.7} = f_0 / Q$$

$$2\Delta f_{0.7} / f_0 = 1 / Q$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 串联谐振回路

习题 02

高频
电子线路(C)

已知串联谐振回路的品质因数 $Q=65$ ，若要求回路绝对通频带为750kHz，求所需的谐振频率。

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

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

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

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$2\Delta f_{0.7} = f_0/Q$$

$$2\Delta f_{0.7}/f_0 = 1/Q$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 串联谐振回路

习题 02

高频
电子线路(C)

Q

$2\Delta f_{0.7}$

已知串联谐振回路的品质因数 $Q=65$ ，若要求回路绝对通频带为750kHz，求所需的谐振频率。

解： $2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q} = \frac{f_0}{65} = 750 \text{ kHz}$

解得 $f_0 = 48.75 \text{ MHz}$

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

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

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

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$2\Delta f_{0.7} = f_0 / Q$$

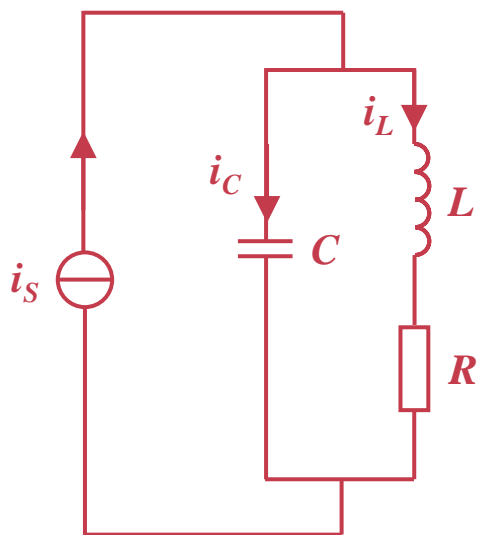
$$2\Delta f_{0.7} / f_0 = 1 / Q$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

02 并联谐振回路



并联振荡电路

并联谐振角频率

$$\omega_P = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_P = 2\pi f_P$$

并联谐振频率

$$f_P = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

准确并联谐振频率

$$\omega_P = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

品质因数

$$Q_P = \frac{\omega_P L}{R} = \frac{1}{\omega_P C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

通频带绝对值

$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$$

通频带相对值

$$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

02 并联谐振回路

习题 03

高频
电子线路(C)

设一放大器以简单并联振荡回路为负载, 信号中心频率为10MHz, 回路电容为50 μ F, 求计算所需的线圈电感值。

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

$$\omega_P = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_P = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\omega_P = 2\pi f_P$$

$$\omega_P = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

$$Q_P = \frac{\omega_P L}{R} = \frac{1}{\omega_P C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$$

$$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

02 并联谐振回路

习题 03

高频
电子线路(C)

f_P

设一放大器以简单并联振荡回路为负载, 信号中心频率为10MHz, 回路电容为50 μ F, 求计算所需的线圈电感值。

C

解: $\omega_P = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 有 $(\omega_P)^2 = \frac{1}{LC}$ 有 $L = \frac{1}{(\omega_P)^2 C}$

$$\omega_P = 2\pi f_P \quad \text{有} \quad L = \frac{1}{(2\pi f_P)^2 C} = \frac{1}{(2\pi \times 10 \times 10^6)^2 \times 50 \times 10^{-6}}$$
$$= 5.07 \times 10^{-12} \text{ F} = 5.07 \text{ pH}$$

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

$$\omega_P = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_P = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\omega_P = 2\pi f_P$$

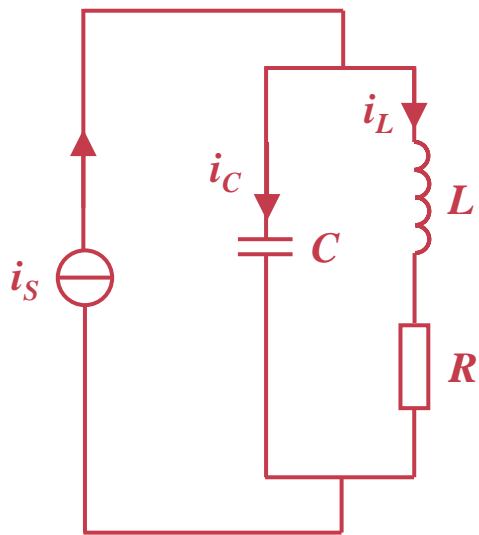
$$\omega_P = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

$$Q_P = \frac{\omega_P L}{R} = \frac{1}{\omega_P C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

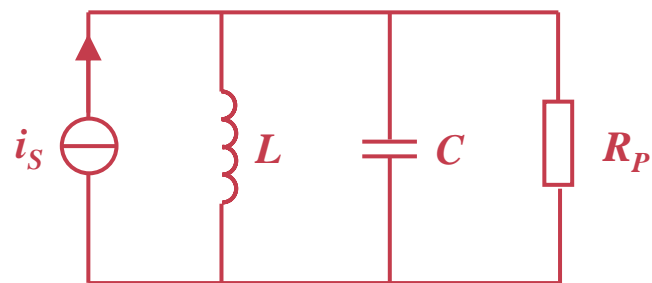
$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$$

$$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$$

03 并联谐振回路等效



并联振荡电路

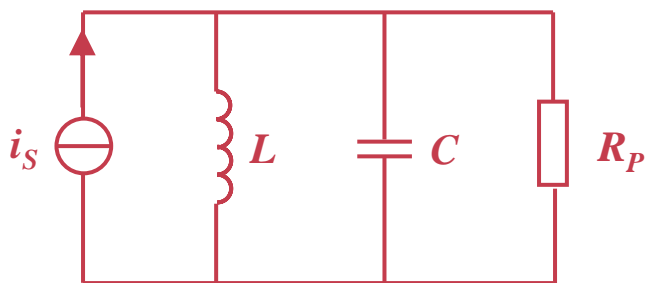


并联谐振等效电路

谐振等效电阻

$$R_p = \frac{L}{CR}$$

03 并联谐振回路等效



并联谐振等效电路

谐振等效电阻

$$R_P = \frac{L}{CR}$$

$$R_P = \frac{\omega_P^2 L^2}{R} = Q_P \omega_P L$$

$$R_P = \frac{1}{\omega_P^2 C^2 R} = Q_P \frac{1}{\omega_P C}$$

$$R_P = Q_P^2 R$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

03 并联谐振回路等效

习题 04

高频
电子线路(C)

设一放大器以简单并联振荡回路为负载, 信号中心频率为10MHz, 线圈电感值为5.07 μH , 线圈品质因数为100, 求回路谐振电阻及回路带宽。

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

$$R_P = \frac{L}{CR}$$

$$R_P = \frac{\omega_P^2 L^2}{R} = Q_P \omega_P L$$

$$R_P = \frac{1}{\omega_P^2 C^2 R} = Q_P \frac{1}{\omega_P C}$$

$$R_P = Q_P^2 R$$

$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$$

$$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$$

$$\omega_P = 2\pi f_P$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

03 并联谐振回路等效

习题 04

高频
电子线路(C)

L Q_P f_P

设一放大器以简单并联振荡回路为负载, 信号中心频率为10MHz, 线圈电感值为5.07 μH , 线圈品质因数为100, 求回路谐振电阻及回路带宽。

解: $\omega_P = 2\pi f_P = 2\pi \times 10 \times 10^6$

回路谐振电阻为

$$R_P = Q_P \omega_P L = 100 \times 2\pi \times 10 \times 10^6 \times 5.07 \times 10^{-6} = 31.8 \text{ k}\Omega$$

带宽, 即通频带绝对值, 为

$$2\Delta f_{0.7} = \frac{f_P}{Q_P} = \frac{10 \times 10^6}{100} = 100 \text{ kHz}$$

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

$$R_P = \frac{L}{CR}$$

$$R_P = \frac{\omega_P^2 L^2}{R} = Q_P \omega_P L$$

$$R_P = \frac{1}{\omega_P^2 C^2 R} = Q_P \frac{1}{\omega_P C}$$

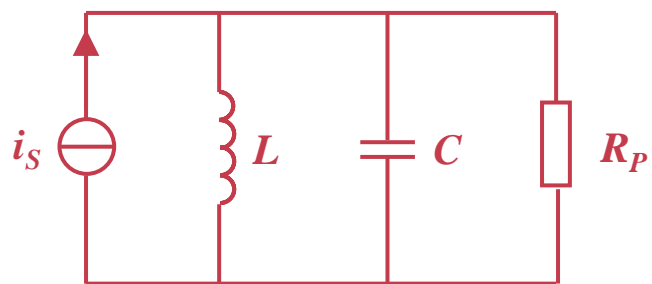
$$R_P = Q_P^2 R$$

$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$$

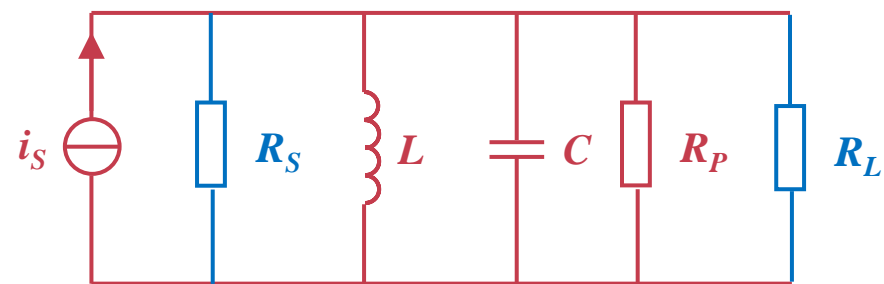
$$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$$

$$\omega_P = 2\pi f_P$$

04 含内阻和负载的并联谐振电路

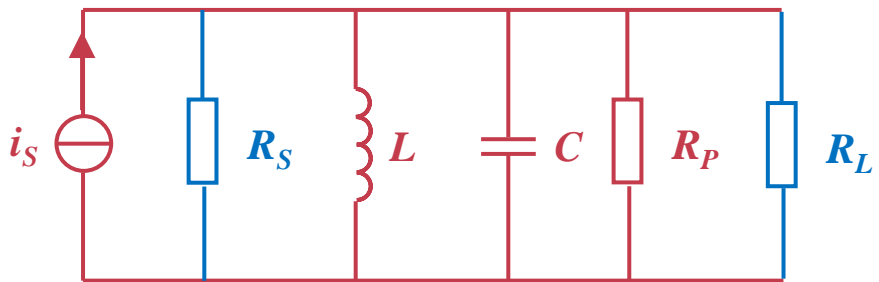


并联谐振等效电路



含内阻和负载的并联谐振电路

04 含内阻和负载的并联谐振电路



含内阻和负载的并联谐振电路

(有载)品质因数

$$Q_L = \frac{R_S \parallel R_P \parallel R_L}{\omega_p L}$$

无载品质因数

$$Q_0 = Q_P$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

04 含内阻和负载的并联谐振电路

习题 05

高频
电子线路(C)

设一放大器以简单并联振荡回路为负载, 信号中心频率为10MHz, 线圈电感值为 $5.07\mu\text{H}$, (忽略恒流源内阻)若要求带宽为0.5MHz, 回路谐振电阻 $R_p=31.8\text{k}\Omega$, 求应在回路上并联多大的负载电阻。

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

$$R_P = \frac{L}{CR}$$

$$R_P = \frac{\omega_P^2 L^2}{R} = Q_P \omega_P L$$

$$R_P = \frac{1}{\omega_P^2 C^2 R} = Q_P \frac{1}{\omega_P C}$$

$$R_P = Q_P^2 R$$

$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$$

$$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$$

$$\omega_P = 2\pi f_P$$

$$Q_L = \frac{R_S \parallel R_P \parallel R_L}{\omega_P L}$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

04 含内阻和负载的并联谐振电路

习题 05

高频
电子线路(C)

$$L \quad 2\Delta f_{0.7} \quad f_P$$

设一放大器以简单并联振荡回路为负载, 信号中心频率为10MHz, 线圈电感值为5.07μH, (忽略恒流源内阻)若要求带宽为0.5MHz, 回路谐振电阻 $R_P=31.8k\Omega$, 求应在回路上并联多大的负载电阻。

解: $\omega_P = 2\pi f_P = 2\pi \times 10 \times 10^6$

$$\text{由带宽有 } 2\Delta f_{0.7} = \frac{f_P}{Q_L} = \frac{10 \times 10^6}{Q_L} = 0.5 \times 10^6 \quad \text{解得 } Q_L = 20$$

$$R_P \parallel R_L = Q_L \omega_P L = 20 \times 2\pi \times 10 \times 10^6 \times 5.07 \times 10^{-6} = 6.37 \text{ k}\Omega$$

$$R_P \parallel R_L = \frac{R_P R_L}{R_P + R_L} = 6.37 \text{ k}\Omega$$

$$\text{解得 } R_L = 7.97 \text{ k}\Omega$$

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$

$$R_P = \frac{L}{CR}$$

$$R_P = \frac{\omega_P^2 L^2}{R} = Q_P \omega_P L$$

$$R_P = \frac{1}{\omega_P^2 C^2 R} = Q_P \frac{1}{\omega_P C}$$

$$R_P = Q_P^2 R$$

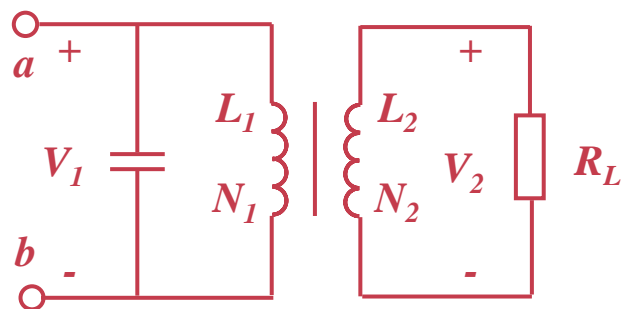
$$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$$

$$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$$

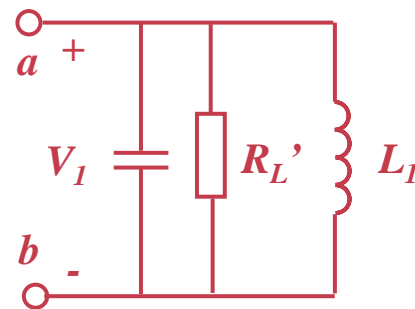
$$\omega_P = 2\pi f_P$$

$$Q_L = \frac{R_S \parallel R_P \parallel R_L}{\omega_P L}$$

05 变压器耦合连接阻抗变换



变压器耦合电路



变压器耦合等效电路

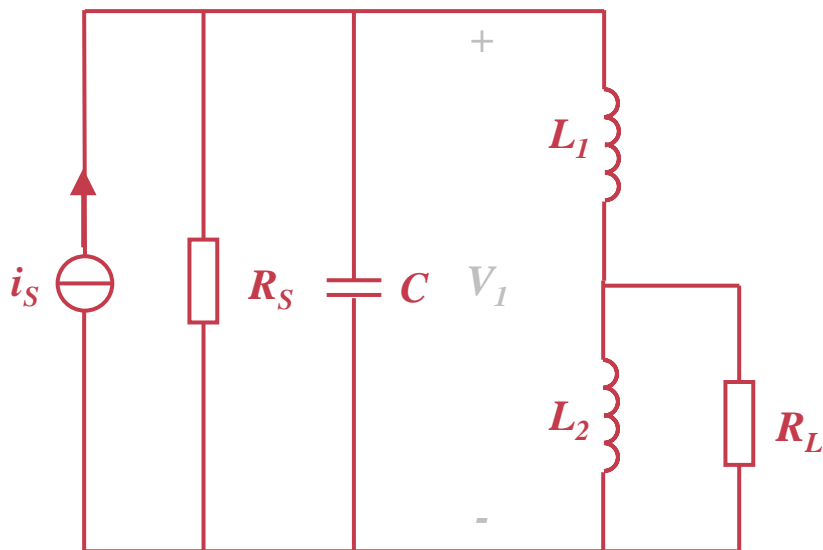
接入系数

$$p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

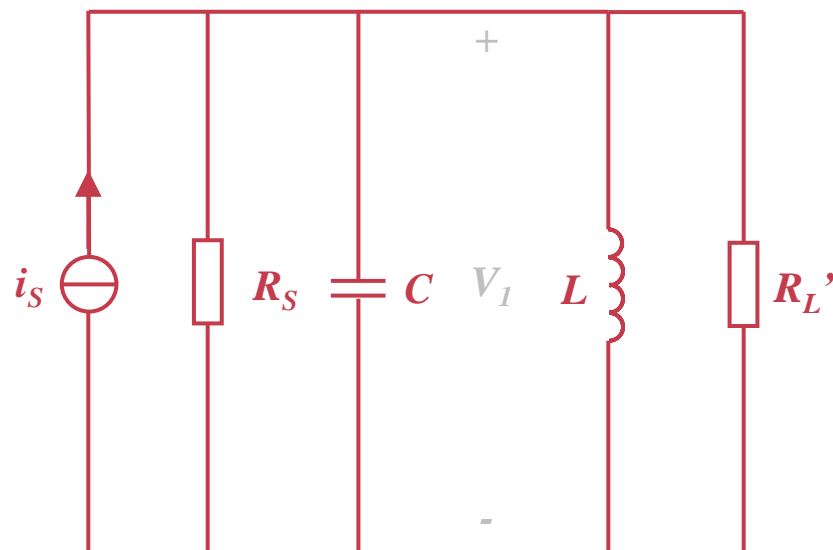
负载等效电阻

$$R'_L = \frac{N_1^2}{N_2^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L$$

06 抽头耦合电路



双电感抽头耦合电路

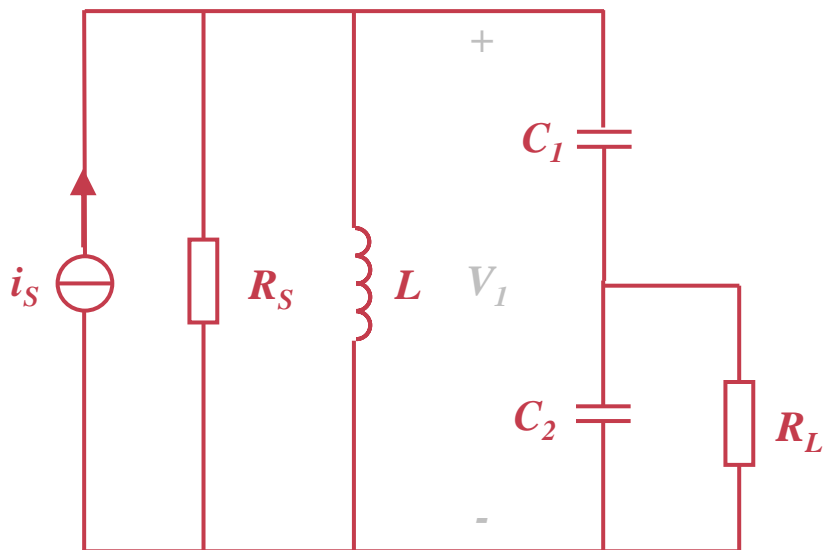


电感抽头等效电路

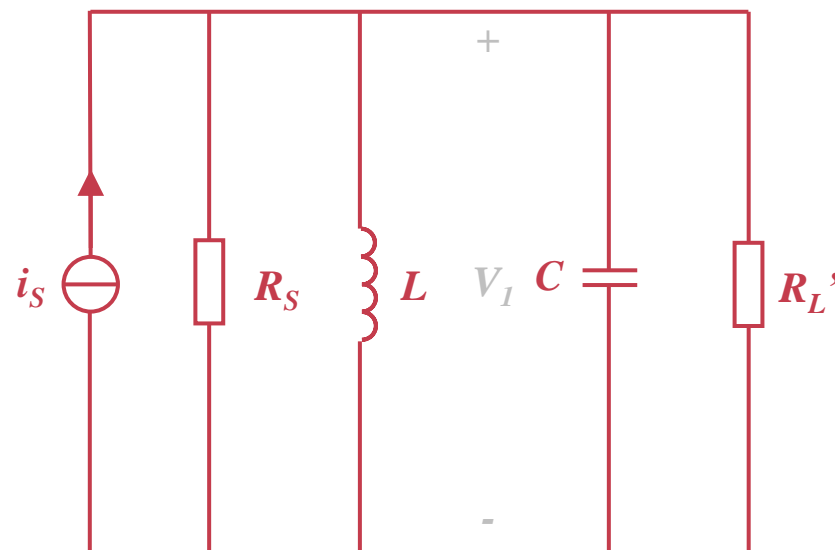
负载等效电阻

$$R_L' = \frac{1}{\left(\frac{L_2}{L_1 + L_2}\right)^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L$$

06 抽头耦合电路



双电容抽头耦合电路



电容抽头等效电路

负载等效电阻

$$R_L' = \frac{1}{\left(\frac{C_1}{C_1 + C_2}\right)^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

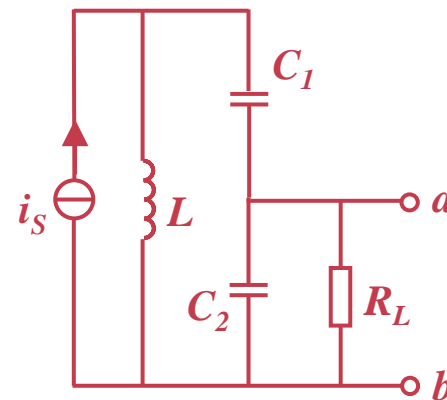
06 抽头耦合电路

习题 06

高频
电子线路(C)

如图所示抽头回路由电流源激励, 电感值为 $10\mu\text{H}$, 两电容均为 2000pF , 负载电阻值为 500Ω , 忽略回路本身的固有损耗, 试求接入系数、有载品质因数及回路带宽。

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

06 抽头耦合电路

习题 06

高频
电子线路(C)

如图所示抽头回路由电流源激励, 电感值为 $10\mu\text{H}$, 两电容均为 2000pF , 负载电阻值为 500Ω , 忽略回路本身的固有损耗, 试求接入系数、有载品质因数及回路带宽。

解: 双电容抽头等效电路如右图所示

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 1000\text{pF}$$

接入系数为

$$p = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 0.5$$

$$R'_L = \frac{1}{\left(\frac{C_1}{C_1 + C_2}\right)^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L = 2000\Omega$$

并联谐振角频率为

$$\omega_P = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 1 \times 10^7 \text{ rad/s}$$

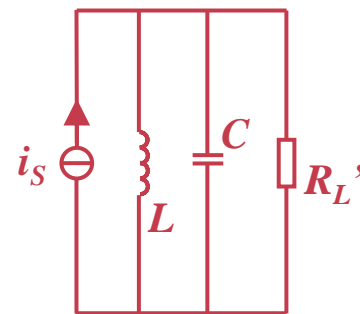
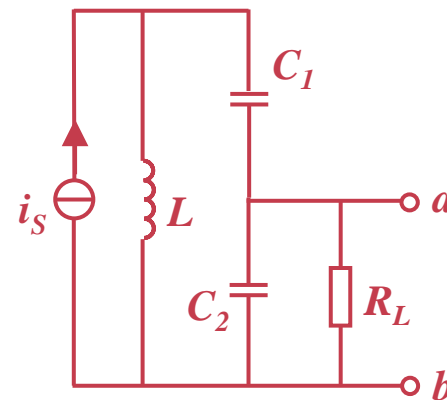
有载品质因数

$$Q_L = \frac{R'_L}{\omega_P L} = \frac{2000}{1 \times 10^7 \times 10 \times 10^{-6}} = 20$$

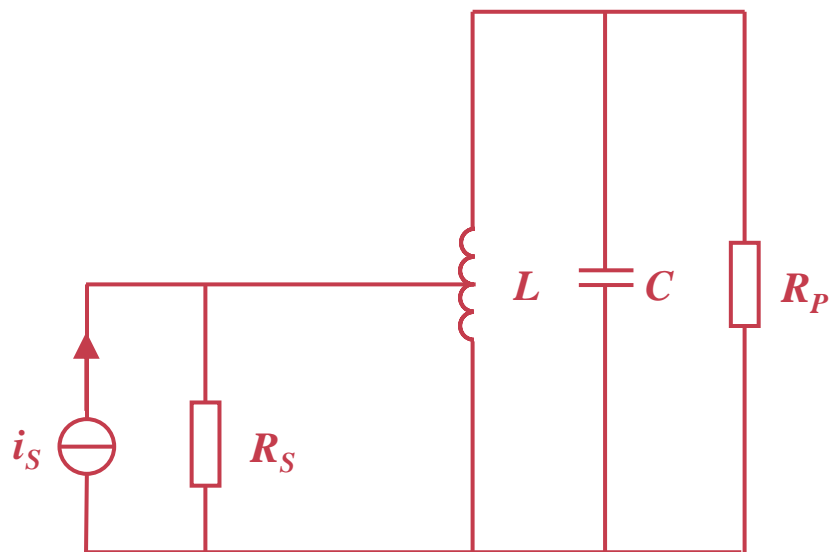
带宽为

$$2\Delta\omega_{0.7} = \frac{\omega_P}{Q_L} = \frac{1 \times 10^7}{20} = 5 \times 10^5$$

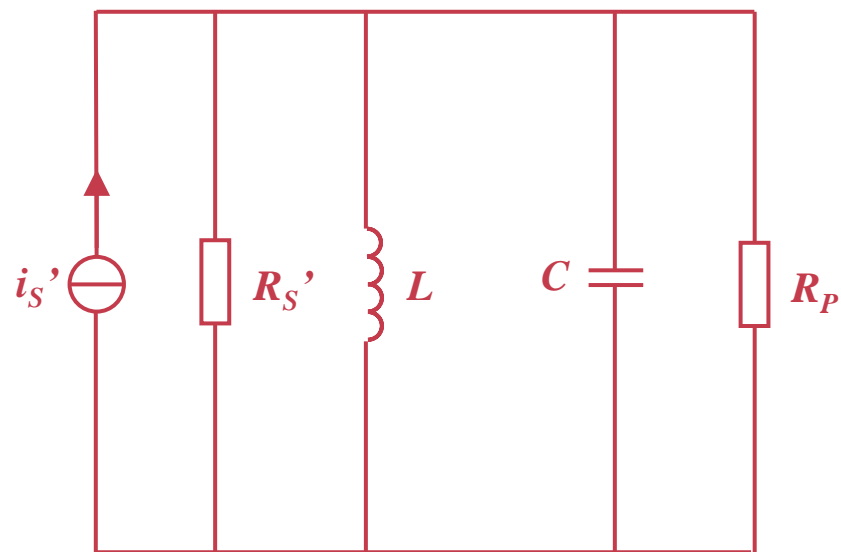
$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$



07 电流源的折合



无载电流源



无载电流源折合电路

折合电流源

$$i_s' = p i_s$$

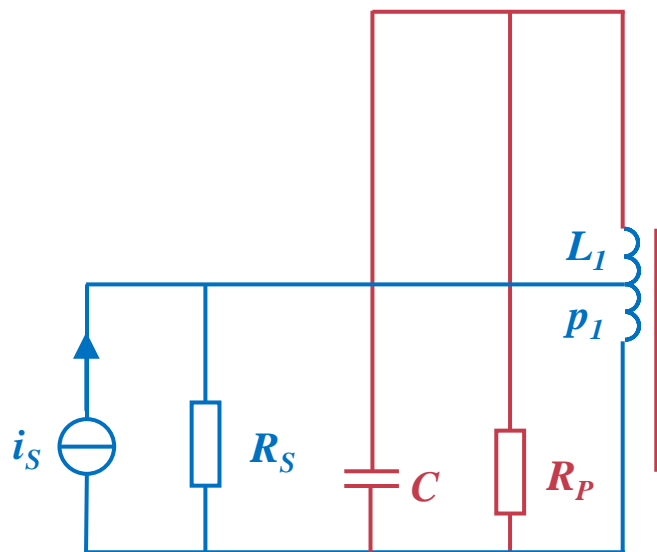
折合电流源内阻

$$R_s' = \frac{1}{p^2} R_s$$

无载品质因数

$$Q_0 = Q_P$$

07 电流源的折合



有载电流源

折合电流源

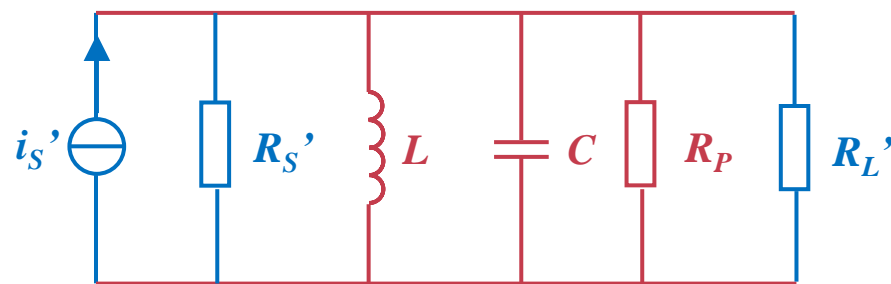
$$i'_s = p i_s$$

折合电流源内阻

$$R'_S = \frac{1}{p^2} R_S$$

负载等效电阻

$$R'_L = \frac{1}{p^2} R_L$$



有载电流源折合与变压器耦合

无载品质因数

$$Q_0 = Q_P$$

有载品质因数

$$Q_L = \frac{Q_0}{1 + \frac{R_P}{R'_S} + \frac{R_P}{R'_L}}$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

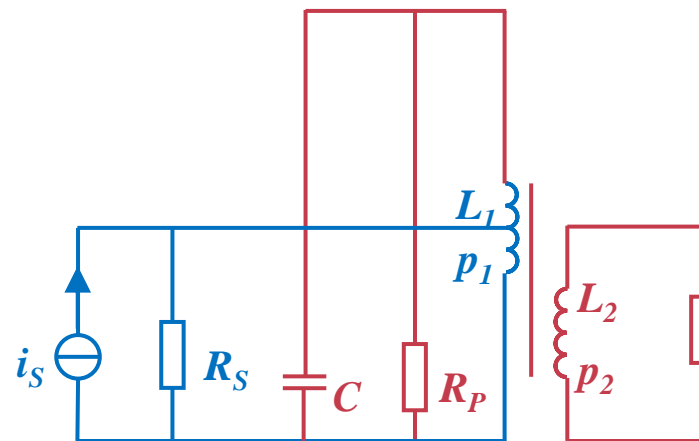
@GhostKING学长

07 电流源的折合

习题 07

高频
电子线路(C)

如图所示的电路中，给定回路谐振频率为8.7MHz，谐振电阻值为20k Ω ，空载时的品质因数为100，信号源内阻4k Ω ，负载电阻2k Ω ，左右两接入系数分别为0.314和0.224，求有载品质因数和通频带。



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

07 电流源的折合

习题 07

高频
电子线路(C)

如图所示的电路中，给定回路谐振频率为8.7MHz，谐振电阻值为20kΩ，空载时的品质因数为100，信号源内阻4kΩ，负载电阻2kΩ，左右两接入系数分别为0.314和0.224，求有载品质因数和通频带。

解：折合与耦合等效电路如右图所示

$$R'_S = \frac{1}{p_1^2} R_S \approx 40 \text{ k}\Omega$$

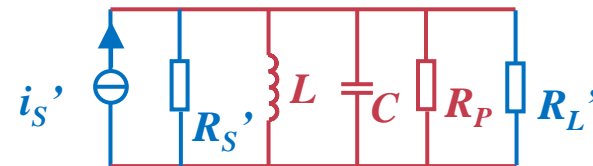
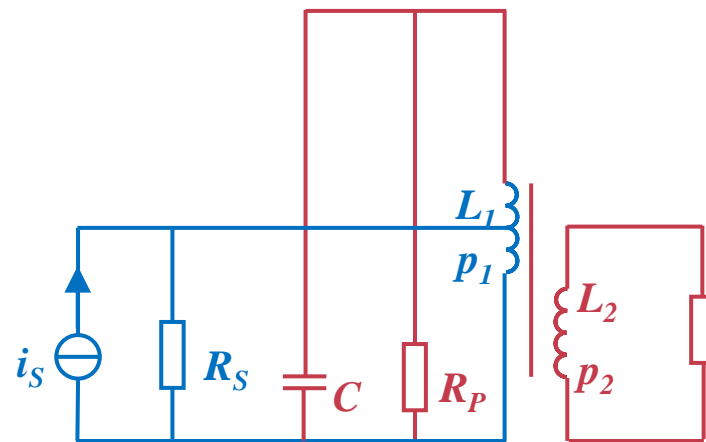
$$R'_L = \frac{1}{p_2^2} R_L \approx 40 \text{ k}\Omega$$

有载品质因数为

$$Q_L = \frac{Q_0}{1 + \frac{R_P}{R'_S} + \frac{R_P}{R'_L}} = 50$$

通频带为

$$2\Delta f_{0.7} = \frac{f_P}{Q_L} = \frac{8.7 \times 10^6}{50} = 174 \text{ kHz}$$



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

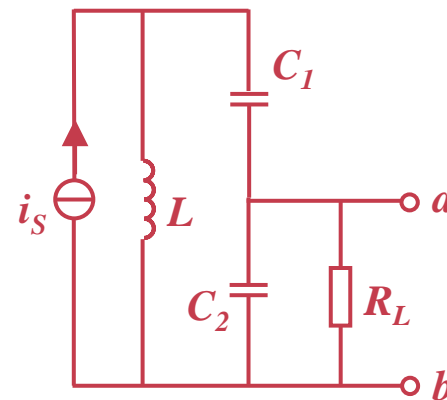
07 电流源的折合

习题 08

高频
电子线路(C)

如图所示抽头回路由电流源激励，谐振频率为600kHz，电容 $C_1=100\text{pF}$ ， $C_2=400\text{pF}$ 负载电阻值为 $2\text{k}\Omega$ ，无载时的品质因数为100，忽略回路本身的固有损耗，求接入系数和有载品质因数。

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

07 电流源的折合

习题 08

高频
电子线路(C)

如图所示抽头回路由电流源激励，谐振频率为600kHz，电容 $C_1=100\text{pF}$ ， $C_2=400\text{pF}$ 负载电阻值为 $2\text{k}\Omega$ ，无载时的品质因数为100，忽略回路本身的固有损耗，求接入系数和有载品质因数。

解：双电容抽头等效电路如右图所示

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 80\text{pF}$$

接入系数为

$$p = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 0.2$$

$$R'_L = \frac{1}{\left(\frac{C_1}{C_1 + C_2}\right)^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L = 50000\Omega$$

$$\omega_p = 2\pi f_p = 2\pi \times 6 \times 10^5$$

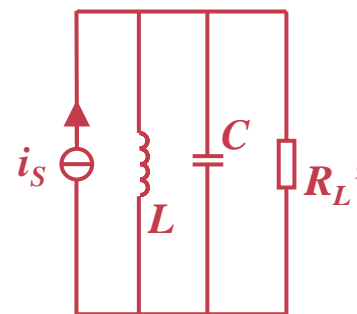
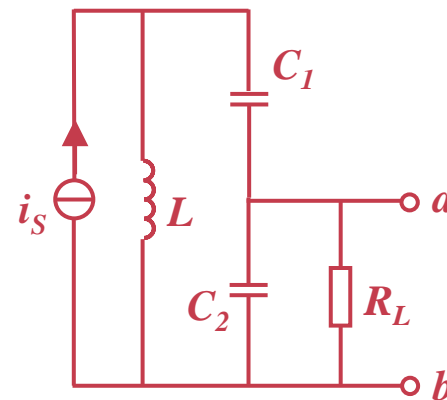
设回路中原有的谐振等效电阻

$$R_p = Q_0 \frac{1}{\omega_p C} = 331.57\text{ k}\Omega$$

有载品质因数

$$Q_L = \frac{Q_0}{1 + \frac{R_p}{R'_L}} = 13.1$$

$$k=10^3, M=10^6, \mu=10^{-6}, p=10^{-12}$$



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

#1 思路引导

电路类型	考虑变化的因素
串联谐振回路	谐振频率，通频带，品质因数
并联谐振回路	谐振频率，通频带，品质因数，等效电阻
内阻与负载接入	品质因数
抽头耦合电路	等效电阻，品质因数
电流源的折合	无载与有载品质因数

$$R \xrightarrow{\text{谐振基本等效}} R_P$$

$$R_L \xrightarrow{\text{抽头耦合等效}} R_L'$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

#2 符号变化意义

$$R \xrightarrow{\text{谐振基本等效}} R_P$$

$$R_L \xrightarrow{\text{抽头耦合等效}} R_L'$$

$$R_S \xrightarrow{\text{电流源折合}} R_S'$$

$$i_S \xrightarrow{\text{电流源折合}} i_S'$$

串联品质因数

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

并联品质因数

$$Q_P = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

有载品质因数

$$Q_L = \frac{R_S \parallel R_P \parallel R_L}{\omega_p L}$$

无载品质因数

$$Q_0 = Q_P$$

$$Q_L = \frac{Q_0}{1 + \frac{R_P}{R_S'} + \frac{R_P}{R_L'}}$$