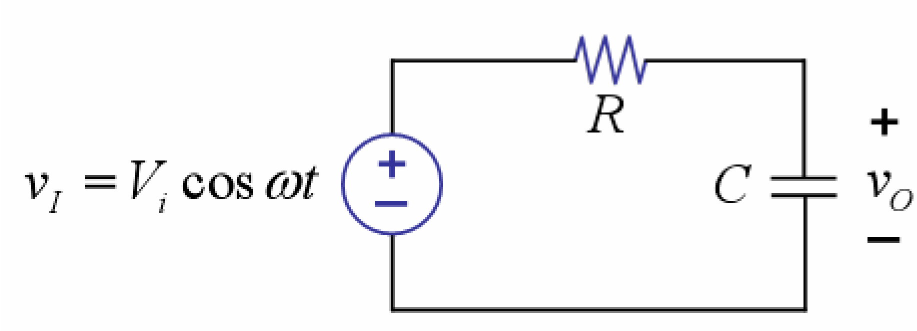
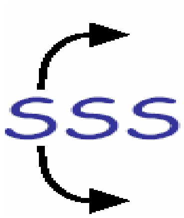
6.002 电路与电子学

阻抗模型

复习

■正弦波稳态分析（SSS）
阅读 14.1，14.2 节





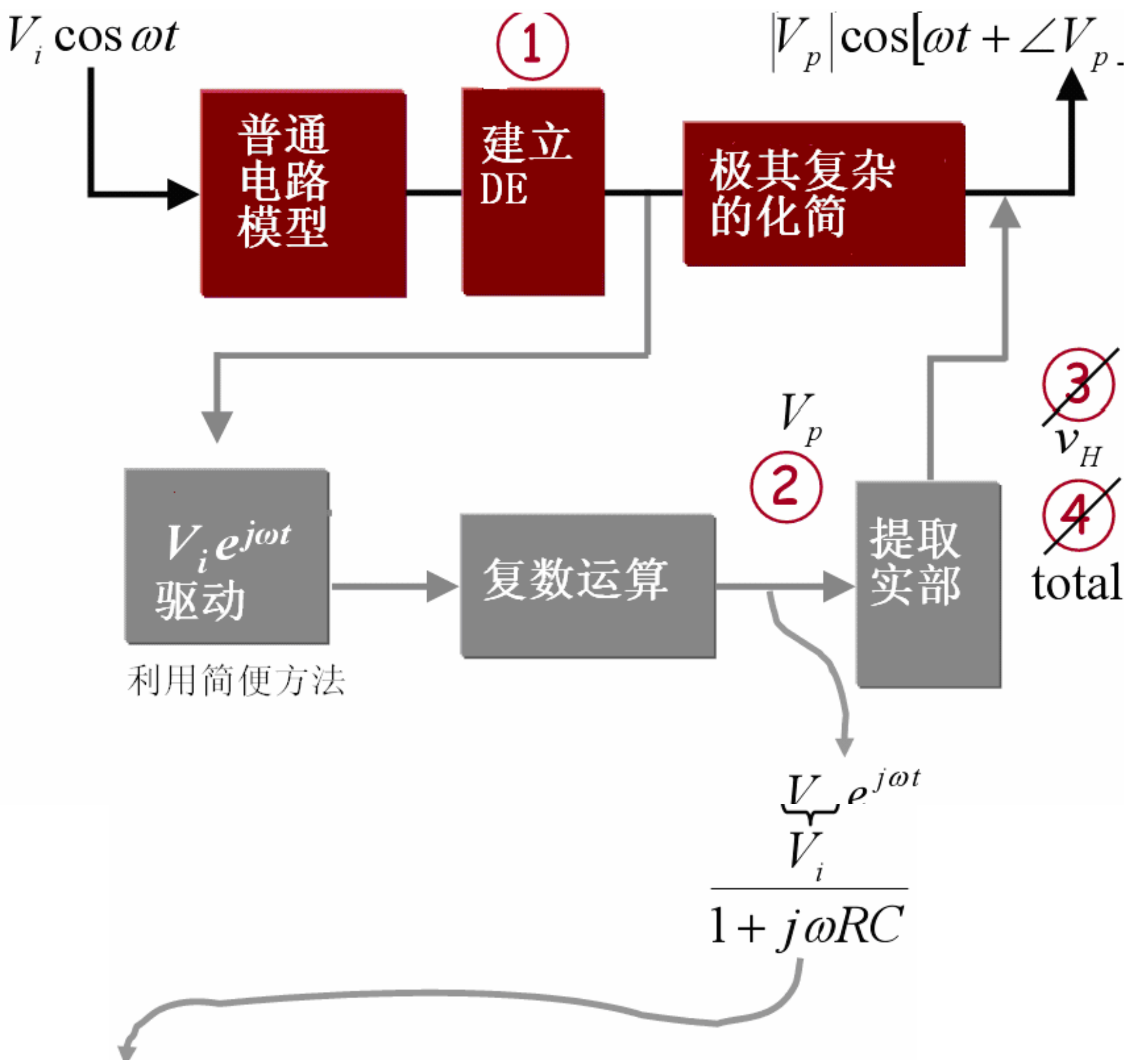
■注意电路的稳态,只须关心 v_P随 v_H的衰减

■注意正弦曲线。

■正弦波稳态（SSS）
阅读 14.1，14.2 节

阅读：课件的 14.3 节

复习



V_P包含了我们需要的所有信息

$|V_P|$输出余弦的幅值

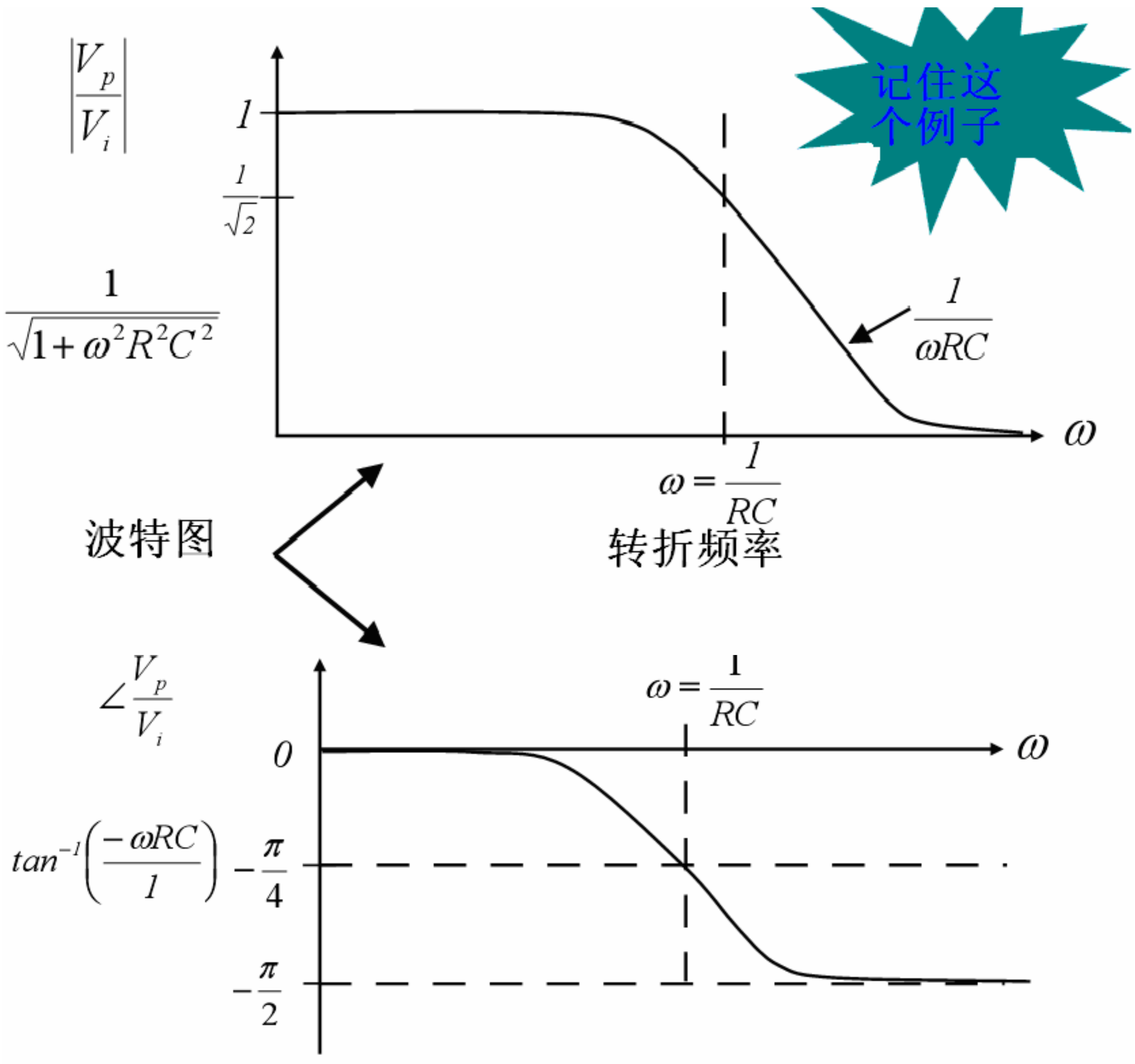
$\angle V_P$相角

复习

$$v_O = |V_p| \cos(\omega t + \angle V_p)$$

$$\frac{V_p}{V_i} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = H(j\omega)$$

传递函数



频率图

是否有一个更简单的获得V_P的方法呢？

$$V_p = \frac{V_i}{1 + j\omega RC}$$

分子分母同时除以$j\omega C$.

$$V_p = V_i \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R}$$

看起来象是分压器关系

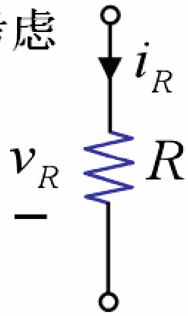
$$V_p = V_i \frac{Z_C}{Z_C + R}$$

让我们进一步研究

阻抗模型

是否有一个更简单的获得V_P的方法呢？

请考虑



$$i_R = I_r e^{j\omega t}$$

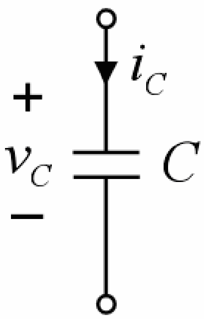
$$v_R = V_r e^{j\omega t}$$

电阻

$$v_R = R i_R$$

$$V_r \cancel{e^{j\omega t}} = R I_r \cancel{e^{j\omega t}}$$

$$\boxed{V_r = R I_r}$$



$$i_C = I_C e^{j\omega t}$$

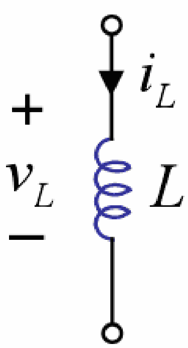
$$v_C = V_C e^{j\omega t}$$

电容

$$i_C = C \frac{dv_C}{dt}$$

$$I_C \cancel{e^{j\omega t}} = C V_C j\omega \cancel{e^{j\omega t}}$$

$$\boxed{V_C = \underbrace{\frac{1}{j\omega C}}_{Z_C} I_C}$$



$$i_L = I_l e^{j\omega t}$$

$$v_L = V_l e^{j\omega t}$$

电感

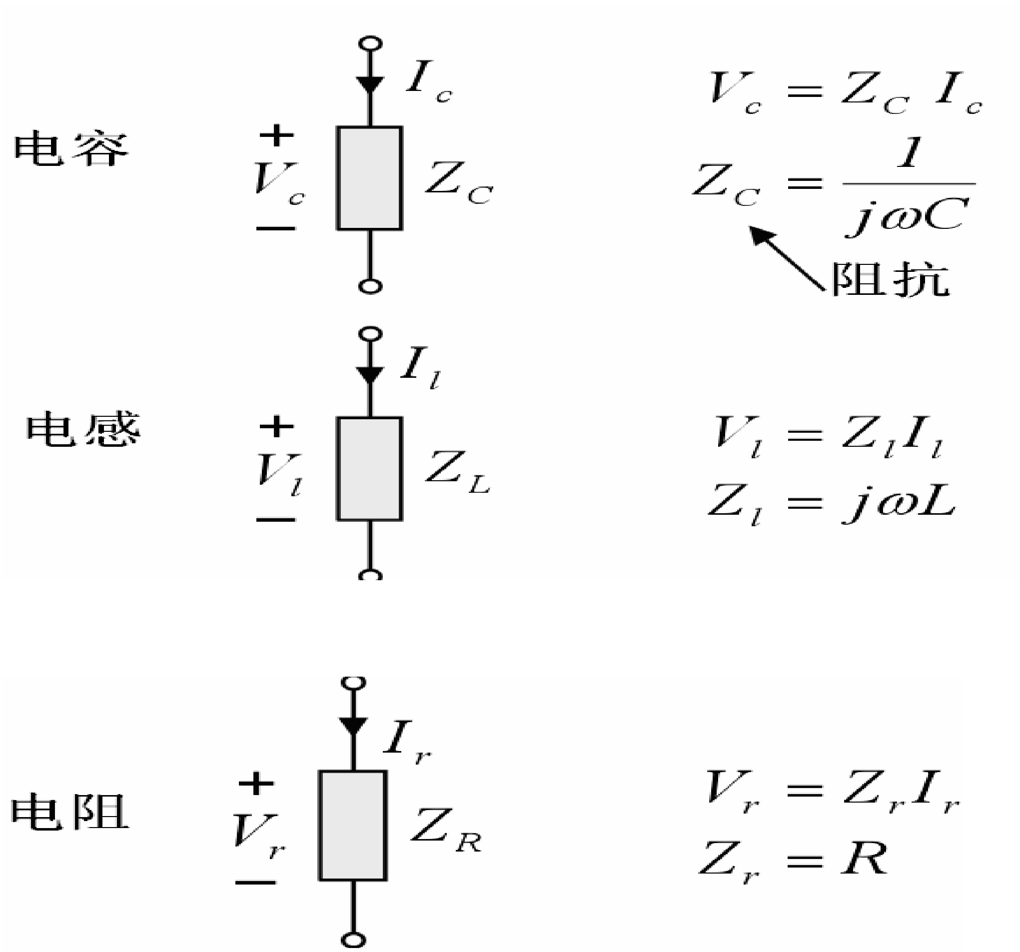
$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$V_l \cancel{e^{j\omega t}} = L I_l j\omega \cancel{e^{j\omega t}}$$

$$\boxed{V_l = \underbrace{j\omega L}_{Z_L} I_l}$$

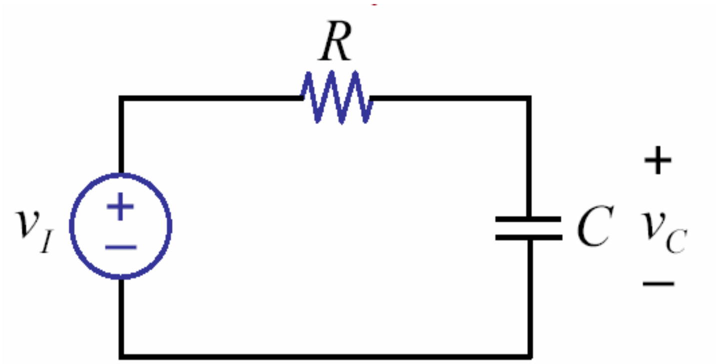
阻抗模型

换句话说

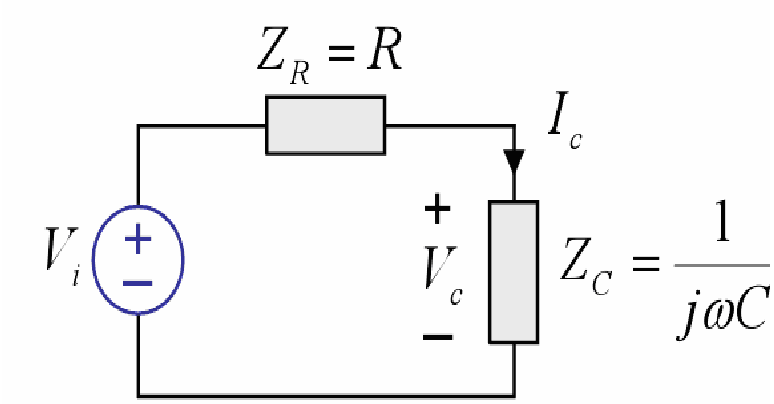


对 $V_c e^{j\omega t}$ 形式的驱动，V_C复数的模和I_C复数的模之间的代数关系式满足欧姆定律。

重新回到 RC 电路的例子



阻抗模型



$$V_c = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R} V_i = \frac{Z_C}{Z_C + Z_R} V_i$$

$$\boxed{V_c = \frac{1}{1 + j\omega RC} V_i}$$

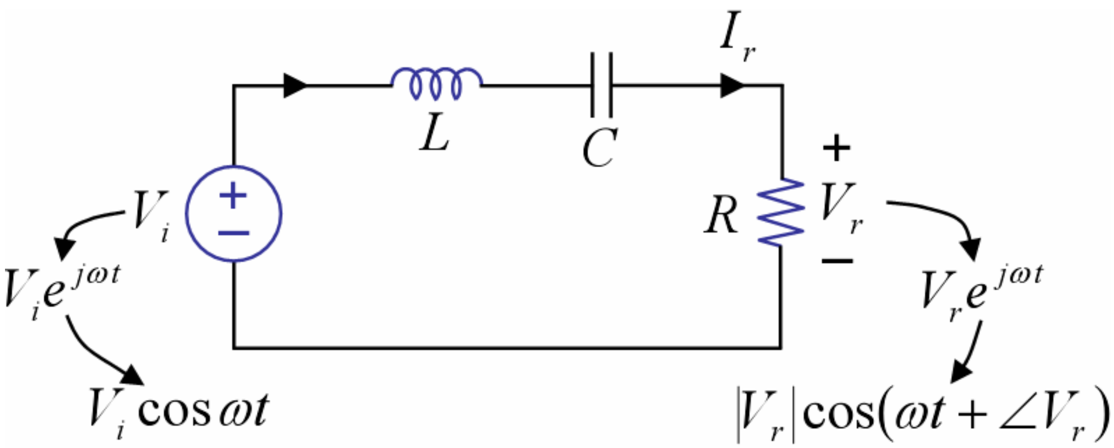
完成！

我们所有的老朋友都可以拿来用了！

KCL 定律， KVL 定律，叠加定理……

另一个例子，请回忆 RLC 串联电路：

记住，我们只研究稳态正弦波的响应



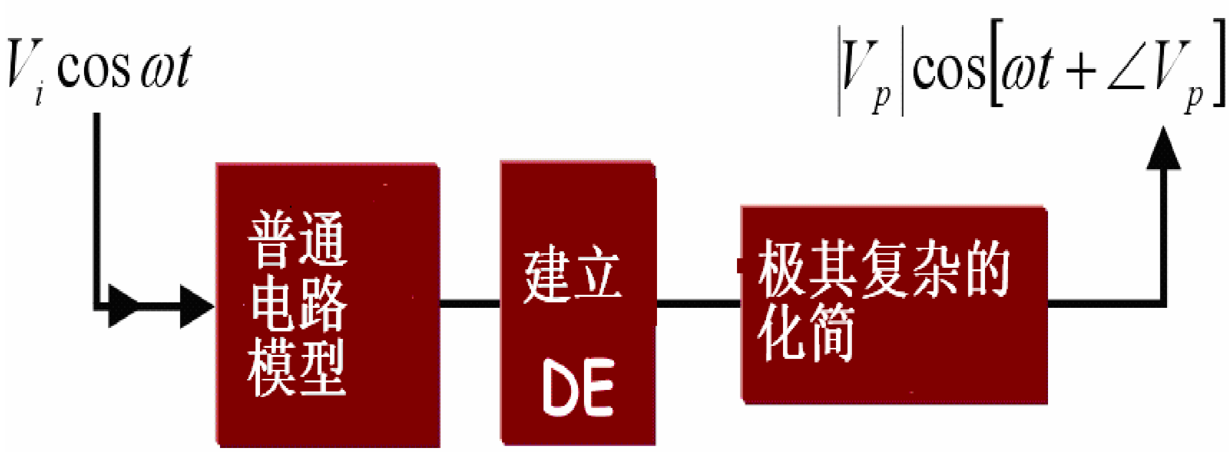
$$V_r = \frac{V_i Z_R}{Z_L + Z_C + Z_R}$$

$$V_r = \frac{V_i R}{j\omega L + \dfrac{1}{j\omega C} + R}$$

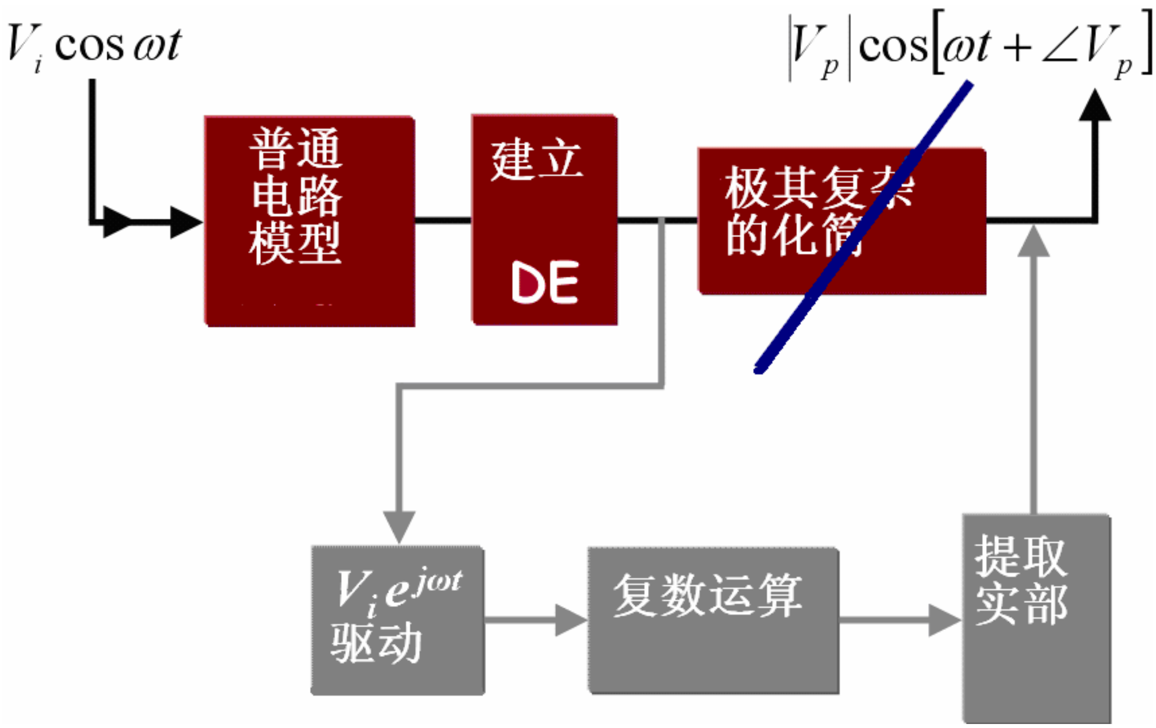
$$V_r = \frac{V_i j\omega CR}{-\omega^2 LC + 1 + j\omega CR}$$

我们下一讲将更详细的研究这个式子以及其它函数式。

大图

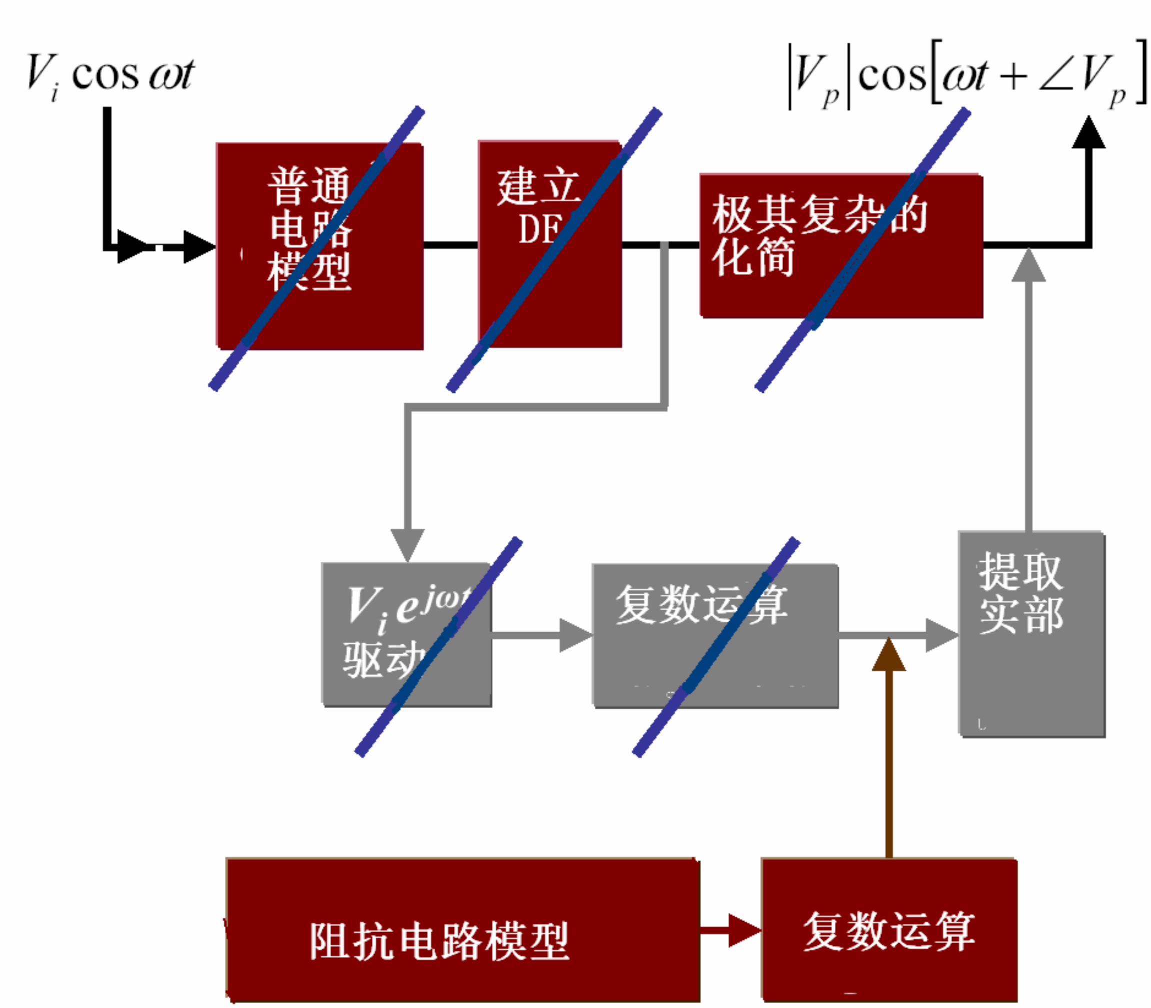


大图



$V_i \cos \omega t$
$|V_p| \cos[\omega t + \angle V_p]$
普通电路模型
建立
DE
极其复杂的化简
$V_i e^{j\omega t}$ 驱动
复数运算
提取实部

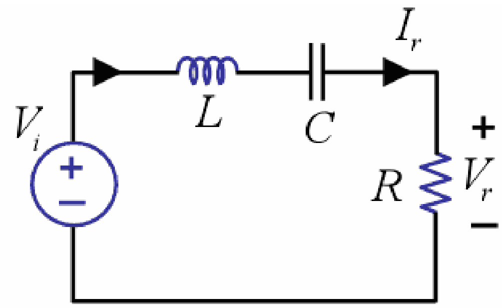
大图



不用判定电路元件，复杂的数学运算化简

回到

$$\frac{V_r}{V_i}=\frac{j\omega RC}{1+j\omega RC-\omega^2 LC}$$



让我们研究这个传递函数

$$\frac{V_r}{V_i}=\frac{j\omega RC}{1+j\omega RC-\omega^2 LC}$$

$$=\frac{j\omega RC}{\left(1-\omega^2 LC\right)+j\omega RC}\cdot\frac{\left(1-\omega^2 LC\right)-j\omega RC}{\left(1-\omega^2 LC\right)-j\omega RC}$$

$$\left|\frac{V_r}{V_i}\right|=\frac{\omega RC}{\sqrt{\left(1-\omega^2 LC\right)^2+(\omega RC)^2}}$$

可以看出

$$\text{Low}\quad \omega:\quad \approx \omega RC$$

$$\text{High}\quad \omega:\quad \approx \frac{R}{\omega L}$$

$$\omega\sqrt{LC}=1:\quad \approx 1$$

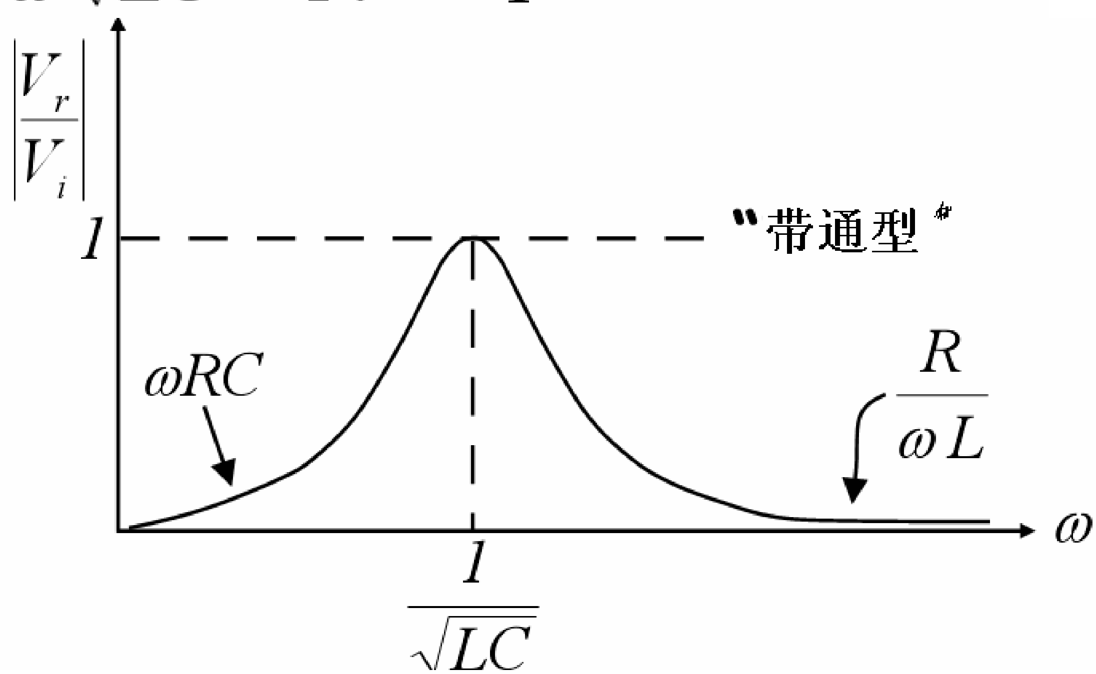
图上看，

$$\left|\frac{V_r}{V_i}\right| = \frac{\omega RC}{\sqrt{\left(1-\omega^2 LC\right)^2+\left(\omega RC\right)^2}}$$

$$\text{Low } \omega: \quad \approx \omega RC$$

$$\text{High } \omega: \quad \approx \frac{R}{\omega L}$$

$$\omega\sqrt{LC}=1: \quad \approx 1$$



请尽快记住这个画传递函数的技巧
更多讲解 请见下周……