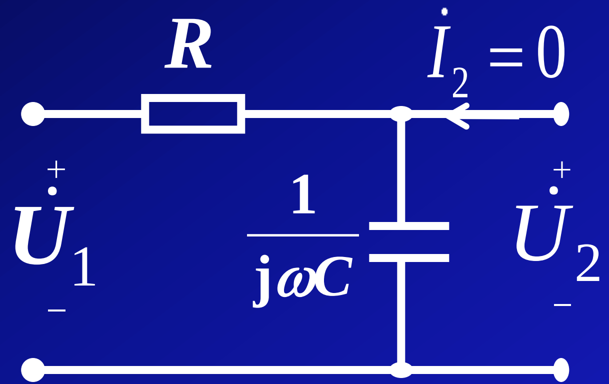
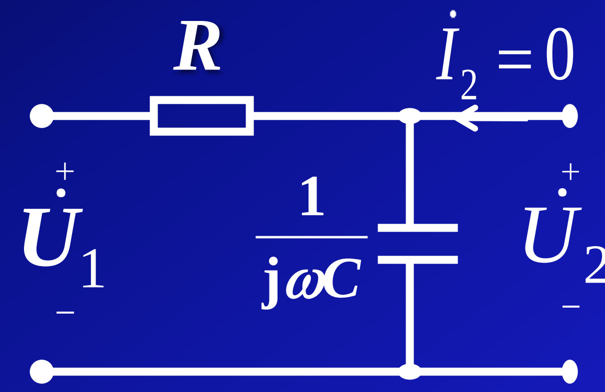
● RC电路的频率特性



转移电压比为:

$$H(\mathrm{j}\omega)=K_{\mathrm{U}}(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}=\frac{\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}{R+\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}=\frac{1}{1+\mathrm{j}\omega RC}$$



令 $\omega_C = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau}$ ，

称为**自然角频率**，则

$$H(\mathrm{j}\omega) = \frac{1}{1+\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_C}} = |H(\mathrm{j}\omega)|\angle\theta(\omega)$$

其中：$|H(\mathrm{j}\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_C}\right)^2}}$ $\qquad \theta(\omega) = -\arctan\frac{\omega}{\omega_C}$

幅频和相频特性

当 ω=0时， $|H(\mathrm{j}\omega)|=1$ $\theta(\omega)=0$

当 $\omega=\omega_C$ 时， $|H(\mathrm{j}\omega)|=1/\sqrt{2}$ $\theta(\omega)=-\pi/4$

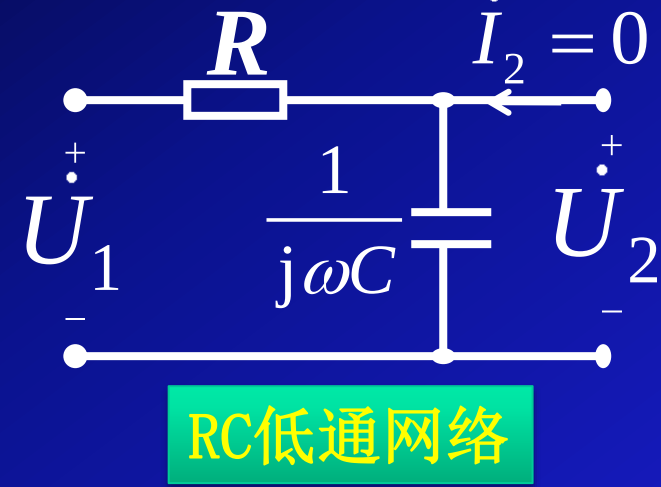
当 $\omega\to\infty$ 时， $|H(\mathrm{j}\omega)|\to 0$ $\theta(\omega)\to-\pi/2$

具有低通滤波特性，称为低通滤波器；

具有移相特性，相移范围为 $0^o \sim -90^o$

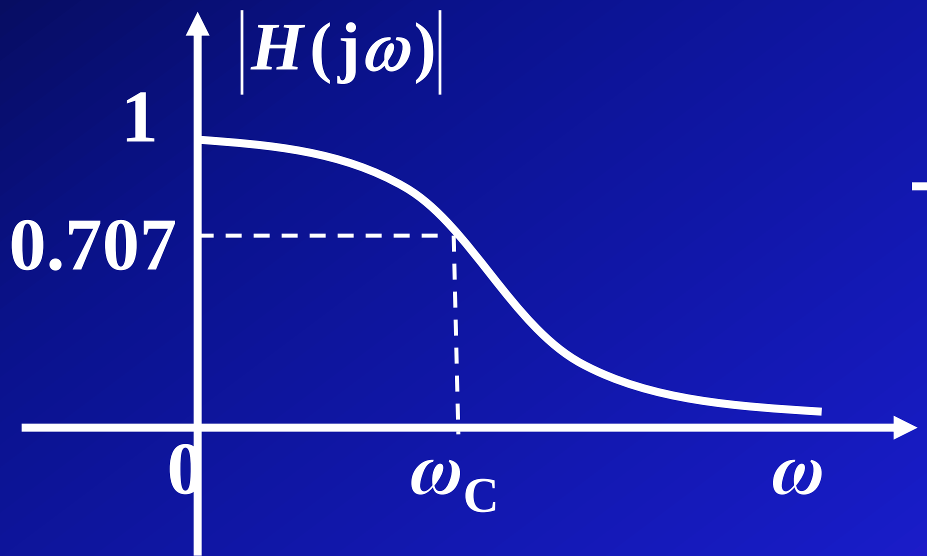
（一阶滞后网络）。

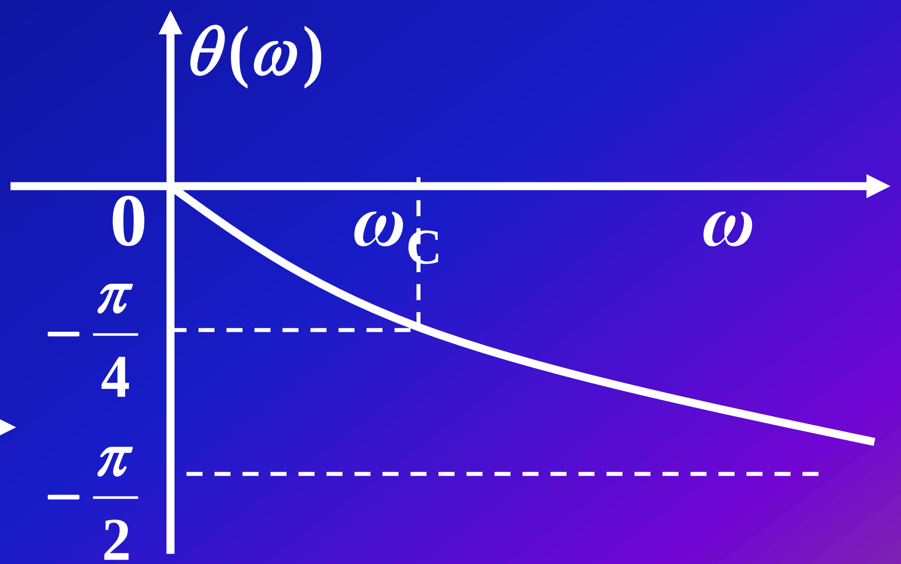
$$|H(\mathrm{j}\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{\omega}{\omega_C}\right)^2}}$$



$$\theta(\omega) = -\arctan\frac{\omega}{\omega_C}$$

幅频和相频特性曲线如下图所示：



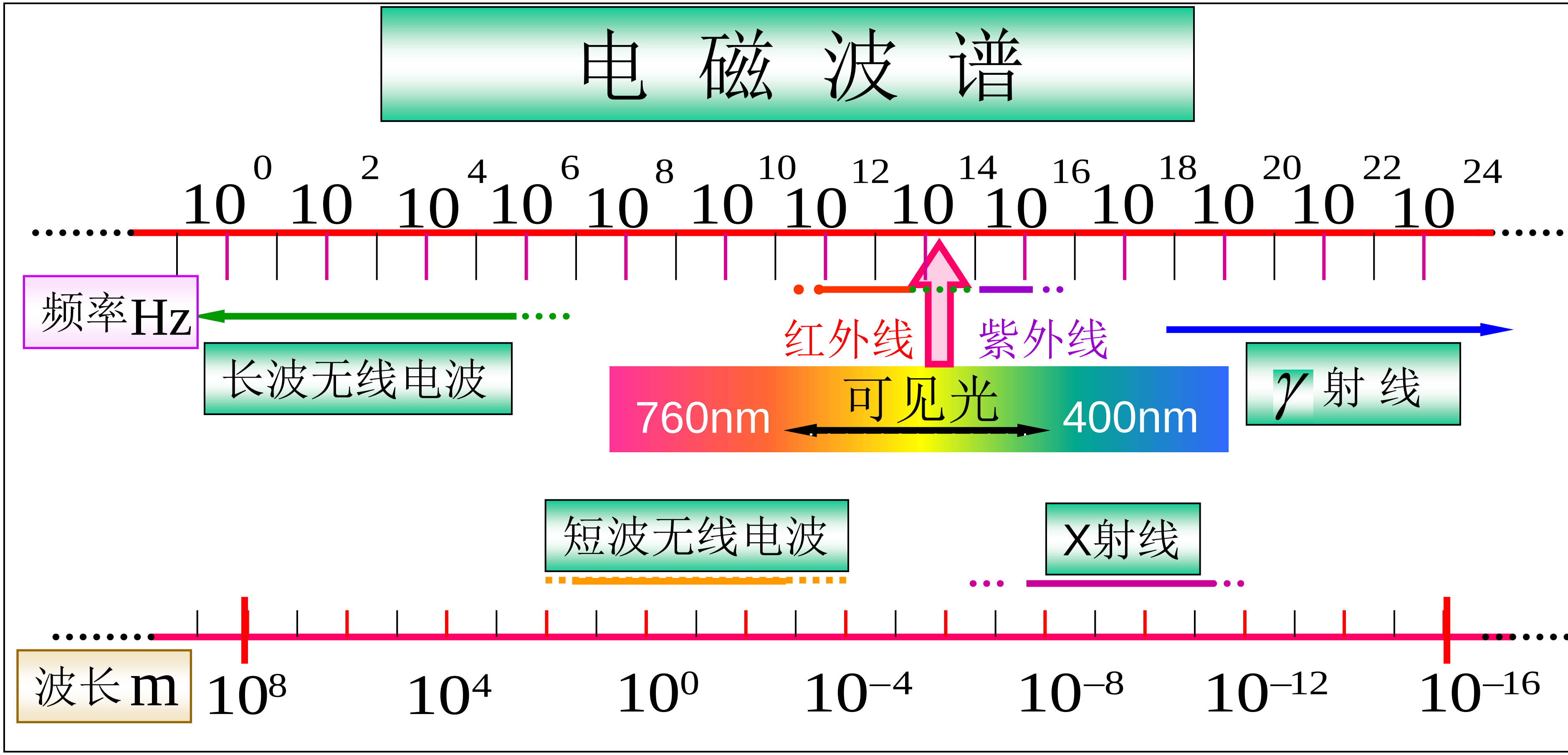


通频带(通带)：振幅从最大值下降到0.707（或3dB)的频率范围；在通频带内，信号能顺利通过。

阻带： $\omega > \omega_C$ 的范围；

带宽：通频带宽度。

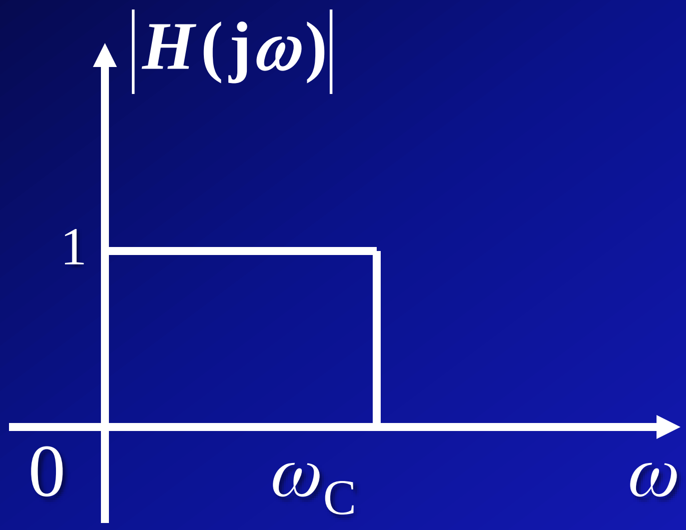
截止频率：$\omega=\omega_C$。当$\omega=\omega_C$时，$|H(j\omega_C)|=0.707|H(j0)|$，又称半功率频率(或3分贝频率)。($|H(j0)|$：最大值)



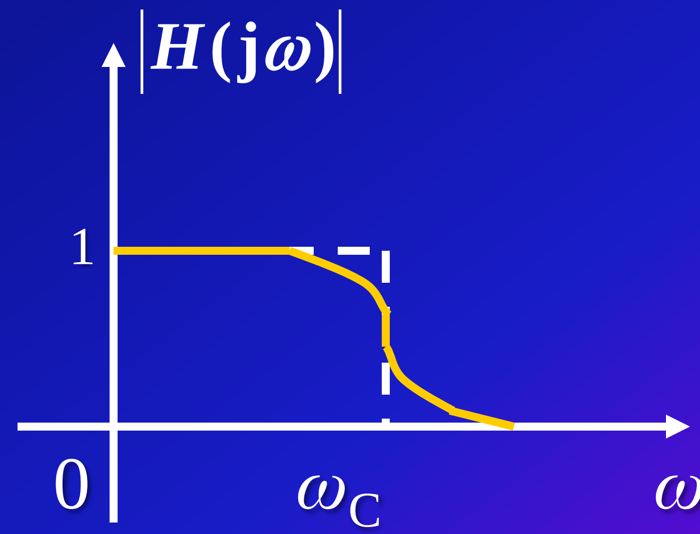
无线电波	$3\times10^4\,\mathrm{m} \sim 0.1\,\mathrm{cm}$	紫外光	$400\,\mathrm{nm} \sim 5\,\mathrm{nm}$
红外线	$6\times10^5\,\mathrm{nm} \sim 760\,\mathrm{nm}$	χ 射线	$5\,\mathrm{nm} \sim 0.04\,\mathrm{nm}$
可见光	$760\,\mathrm{nm} \sim 400\,\mathrm{nm}$	γ 射线	$< 0.04\,\mathrm{nm}$

低通滤波器的概念：

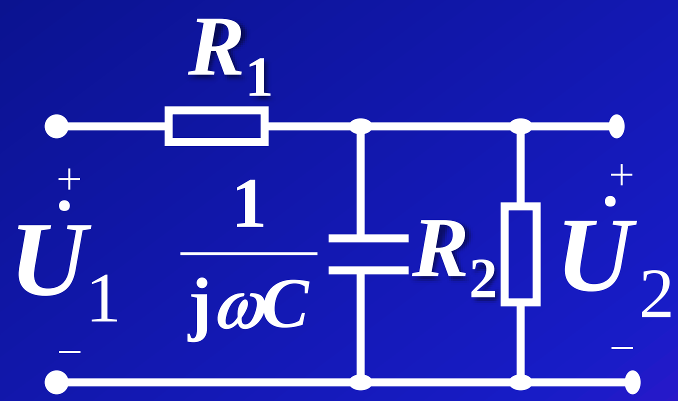
理想低通滤波器

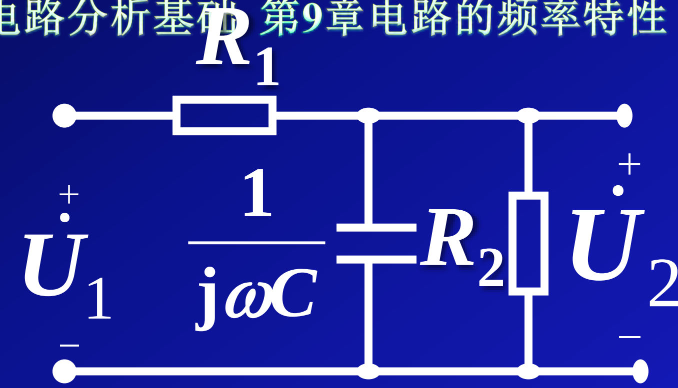


实际低通滤波器



例9-2 已知$R_1=R_2=1\text{K}\Omega$, C=0. 1uF, 试求：1. 图示网络转移电压比；2. 定性画出幅频特性曲线；3. 通频带； 4. 若正弦激励角频率 $\omega=10^4$rad/s, 有效值10V, 则输出电压的有效值U_2=?





解：1. 转移电压比：

$$K_U(j\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}=\frac{R_2 // \frac{1}{j\omega C}}{R_1+R_2 // \frac{1}{j\omega C}}=\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{1}{1+j\omega R_0 C}$$

式中： $R_0= R_1//R_2 =0.5\text{K}\Omega$

令： $\omega_C=1/(R_0C)=2\times10^4$ rad/s，则：

$$K_U(j\omega)=\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{1}{1+\frac{j\omega}{\omega_C}}$$

2 幅频特性：$|K_U(\mathrm{j}\omega)| = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \dfrac{1}{\sqrt{1 + (\dfrac{\omega}{\omega_C})^2}}$

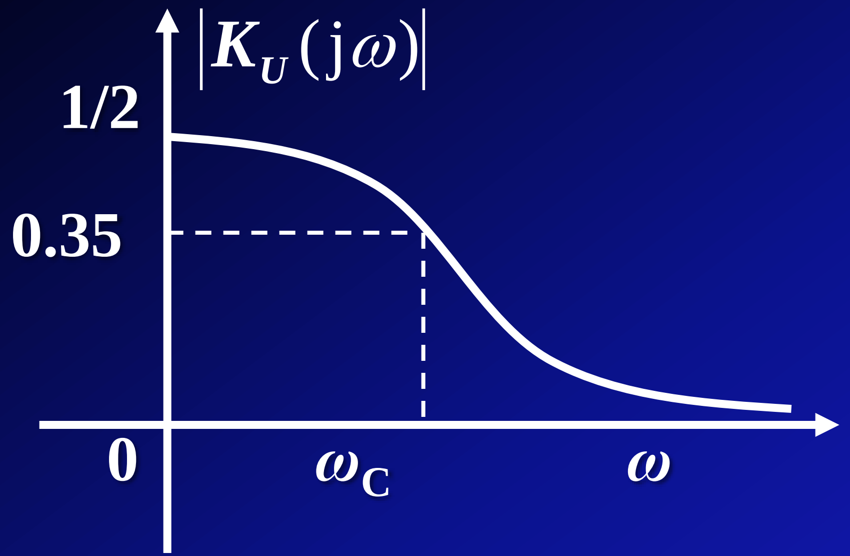
代入参数，得：

$$|K_U(\mathrm{j}\omega)| = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (\dfrac{\omega}{2\times 10^4})^2}}$$

当ω=0时，　$|K_U(\mathrm{j}\omega)| = \dfrac{1}{2}$

当 $\omega = \omega_C$ 时，　$|K_U(\mathrm{j}\omega)| = \dfrac{1}{2} \cdot \dfrac{1}{\sqrt{2}} = 0.35$

当 $\omega \to \infty$ 时，　$|K_U(\mathrm{j}\omega)| \to 0$



低通特性

3. 由于 $|K_U(\mathrm{j}\omega_C)| = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot |K_U(\mathrm{j}0)|$

所以，截止频率为ω_C

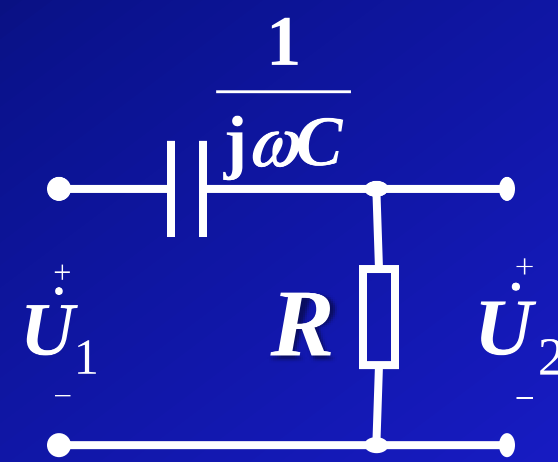
通频带为：0～2×10^4 rad/s

4. 因为 $$\boldsymbol{U}_2=\boldsymbol{U}_1\cdot\frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{2\times10^4})^2}}$$

代入 $\omega=10^4$rad/s, $\boldsymbol{U}_1$=10 V，得：

$$\boldsymbol{U}_2=10\cdot\frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{2}\right)^2}}=4.47\text{ V}$$

RC高通网络



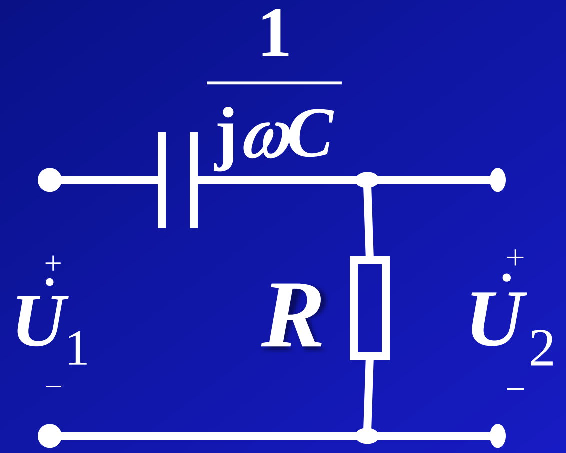
RC串联电路，网络函数为电阻电压对输入电压的转移电压比：

$$H(j\omega)=K_U(j\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}=\frac{R}{R+\frac{1}{j\omega C}}=\frac{1}{1+\frac{1}{j\omega RC}}$$

令 $\omega_C=\frac{1}{RC}=\frac{1}{\tau}$

$$H(j\omega)=\frac{1}{1+\frac{\omega_C}{j\omega}}=|H(j\omega)|\angle\theta(\omega)$$

其中：$|H(\mathrm{j}\omega)| = \dfrac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{\omega_C}{\omega}\right)^2}}$



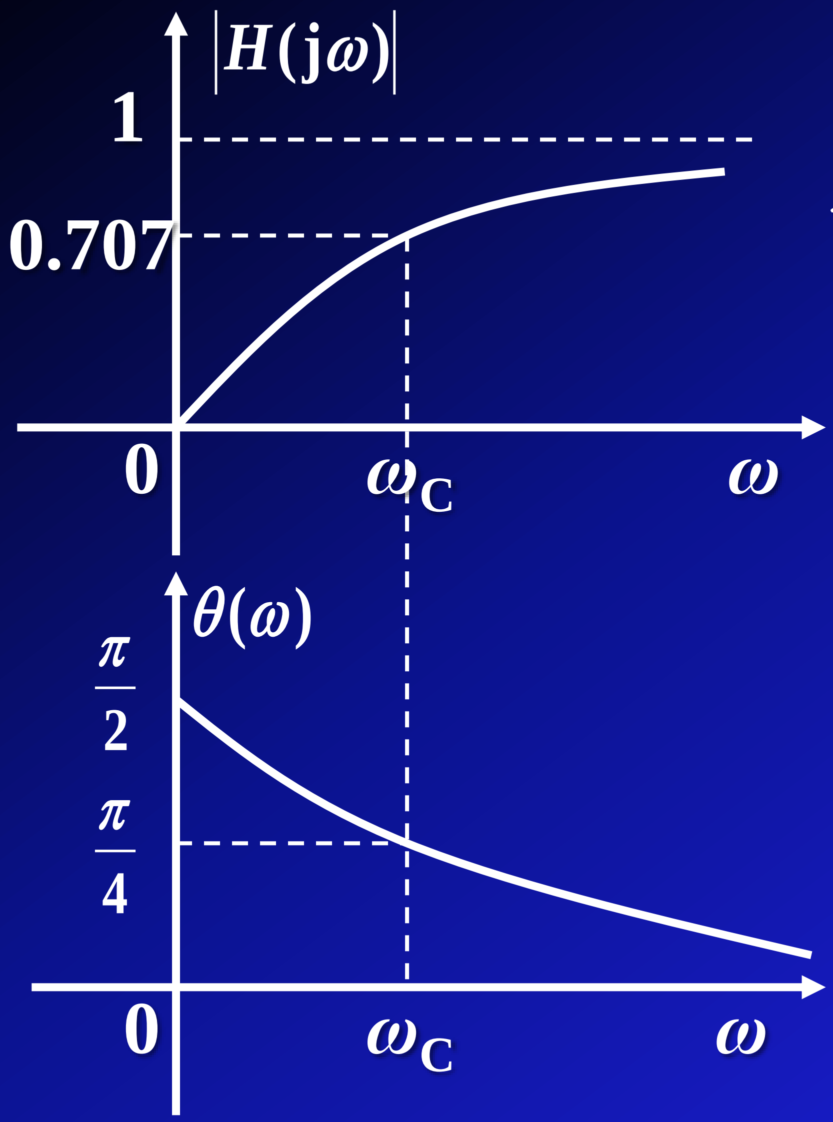
$$\theta(\omega) = \arctan\frac{\omega_C}{\omega}$$

当 ω=0时， $|H(\mathrm{j}\omega)| = 0$ $\theta(\omega) = \dfrac{\pi}{2}$

当 $\omega = \omega_C$ 时， $|H(\mathrm{j}\omega)| = \dfrac{1}{\sqrt{2}}$ $\theta(\omega) = \dfrac{\pi}{4}$

当 $\omega \to \infty$ 时， $|H(\mathrm{j}\omega)| \to 1$ $\theta(\omega) \to 0$

幅频和相频特性曲线，如下图所示。



具有高通滤波特性，称为高通滤波器；

截止频率：$\omega = \omega_C$

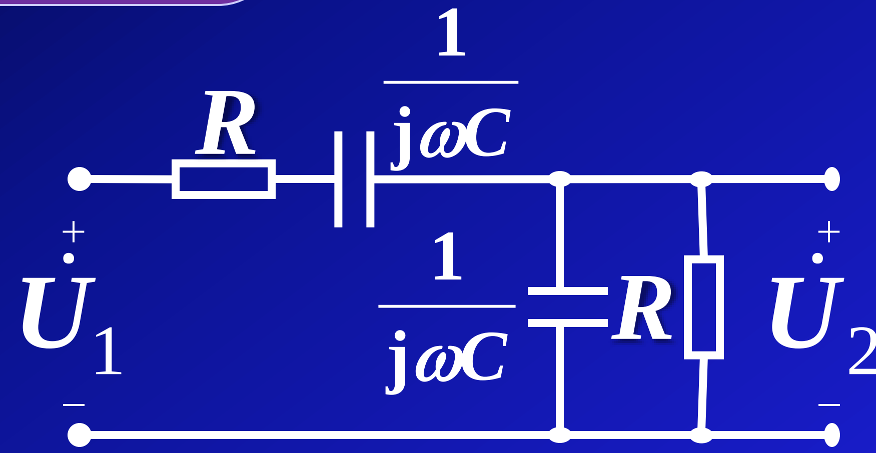
通频带：$\omega > \omega_C$

阻带：$0 < \omega < \omega_C$

具有移相特性，相移范围为90°到0°（一阶超前网络）

RC带通带阻和全通网络

RC带通网络



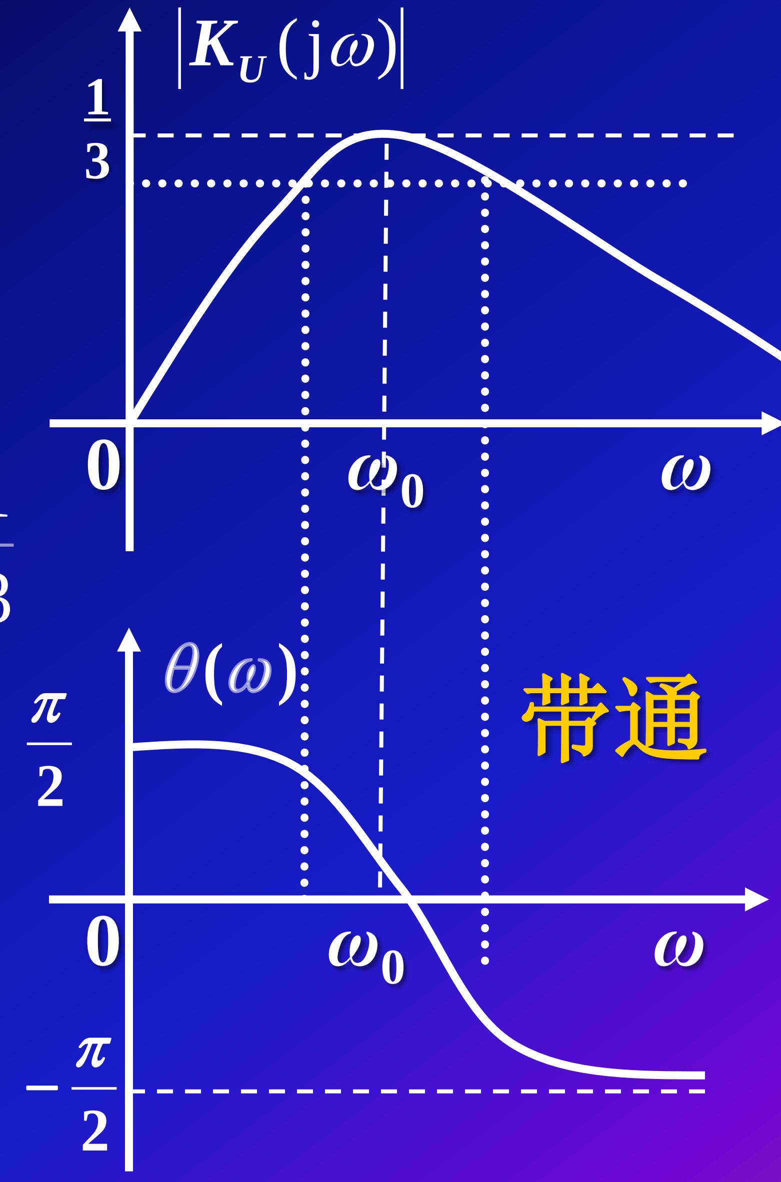
转移电压比

$$K_U(j\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}=\frac{\dfrac{R\cdot\dfrac{1}{j\omega C}}{R+\dfrac{1}{j\omega C}}}{R+\dfrac{1}{j\omega C}+\dfrac{R\cdot\dfrac{1}{j\omega C}}{R+\dfrac{1}{j\omega C}}}=\frac{\dfrac{R}{1+j\omega RC}}{1+\dfrac{1}{j\omega C}+\dfrac{R}{1+j\omega RC}}$$

$$K_U(\mathrm{j}\omega)=\frac{1}{3+\mathrm{j}(\omega RC-\dfrac{1}{\omega RC})}$$

当$\omega RC-\dfrac{1}{\omega RC}=0$

即：$\omega=\omega_0=\dfrac{1}{RC}$时：$K_U(\mathrm{j}\omega_0)=\dfrac{1}{3}$



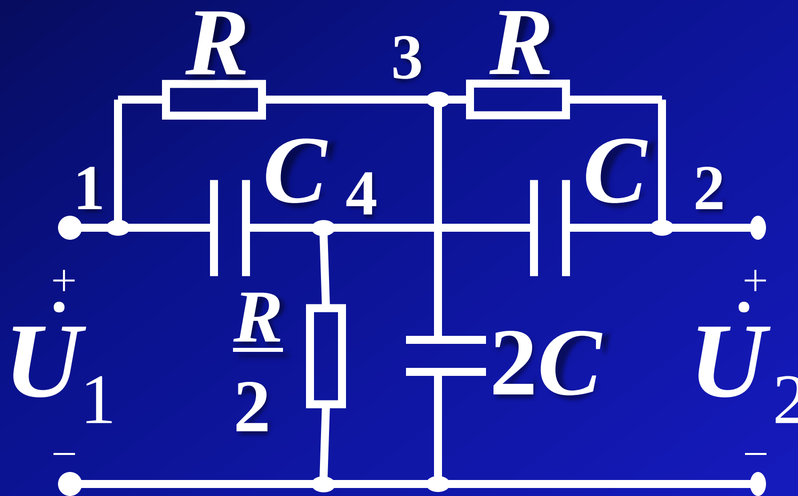
中心频率：ω_0

截止频率：

$\omega_{C1}=0.3\omega_0$, $\omega_{C2}=3.3\omega_0$

通频带：$\omega_{C1}<\omega<\omega_{C2}$

双T带阻网络

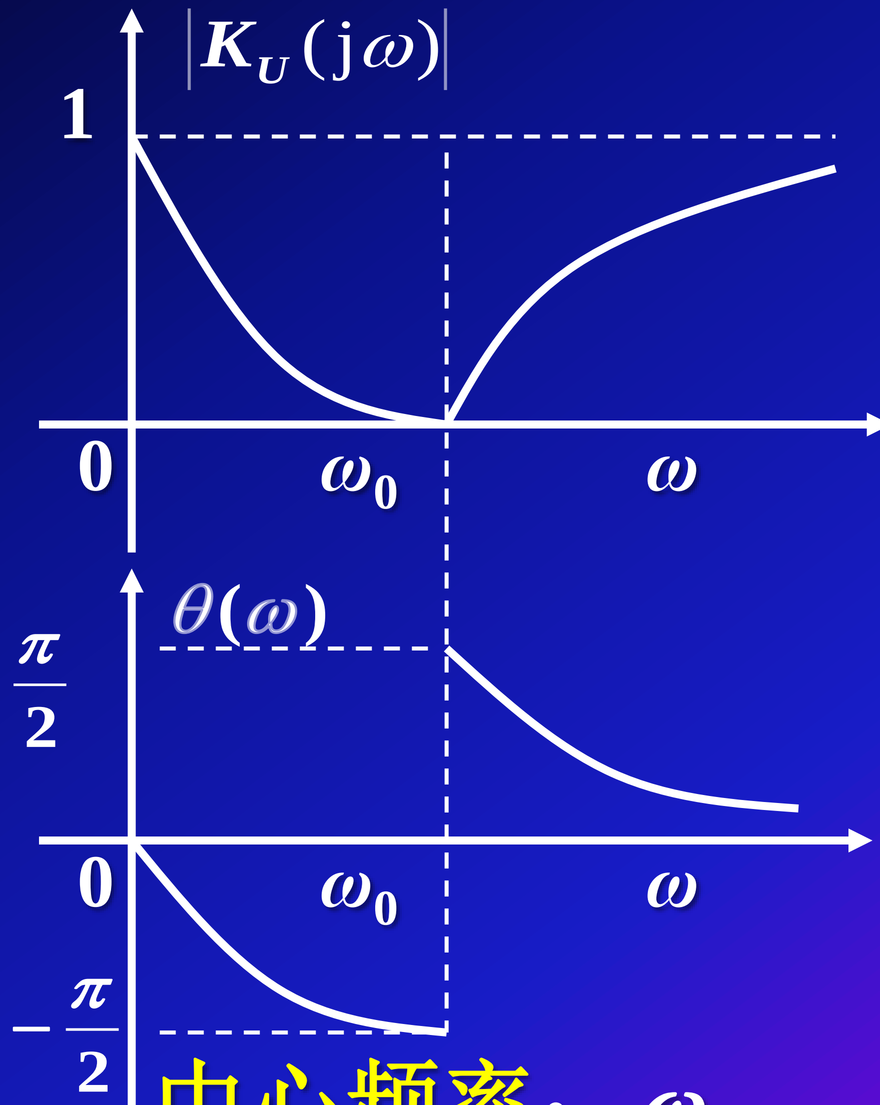


转移电压比

$$K_U(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}=\frac{1}{1+\dfrac{4}{\mathrm{j}(\omega RC-\dfrac{1}{\omega RC})}}$$

$$\text{当}:\omega=\omega_0=\frac{1}{RC}\text{时}:\quad K_U(\mathrm{j}\omega_0)=0$$

带阻



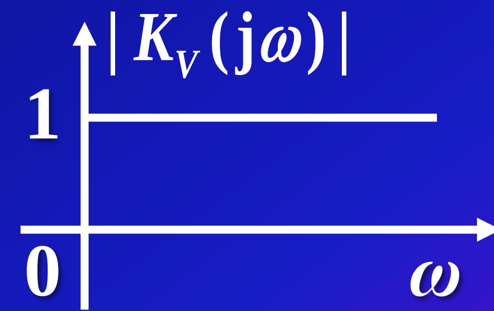
中心频率：ω_0

转移电压比

$$K_U(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$$

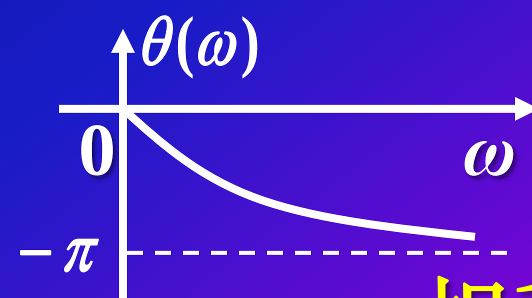
$$=\frac{\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}{R+\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}-\frac{R}{R+\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}$$

$$=\frac{1-\mathrm{j}\omega RC}{1+\mathrm{j}\omega RC}$$



$$|\boldsymbol{K}_U(\mathrm{j}\omega)|=1$$

$$\theta(\omega)=-2\arctan(\omega RC)$$



也称 **移相网络**。

相移