



滤波器

主讲教师：于淼

目录

1

相关概念及方法

3

切比雪夫低通滤波器

2

巴特沃思低通滤波器

4

模拟滤波器频率变换

模拟滤波器

一、相关概念及方法

- 设计模拟滤波器的中心问题:

- 求出一个物理上可实现的传递函数 $H(s)$, 使它的频率响应尽可能逼近理想的频率特性

- 设计模拟滤波器的方法:

- 根据给定的性能指标, 如通带衰减 α_p 、阻带衰减 α_s , 由频率特性幅度平方函数 $|H(\omega)|^2$, 求系统函数 $H(s)$

模拟滤波器

一、相关概念及方法

- **物理可实现的模拟滤波器的传递函数 $H(s)$ 必须满足下列条件**
 - 是一个具有实系数的 s 有理函数
 - 极点分布在 s 的左半平面
 - 分子多项式的阶次必须不大于分母多项式的阶次

除以上条件外，一般希望所设计滤波器的冲激响应 $h(t)$ 为实函数

模拟滤波器

一、相关概念及方法

- 由 $|H(\omega)|^2$ 求系统传递函数 $H(s)$ 的方法:

$h(t)$ 为实函数

$H(\omega)$ 具有
共轭对称性

$$H^*(\omega) = H(-\omega)$$

$$|H(\omega)|^2 = H(\omega)H^*(\omega) = H(\omega)H(-\omega)$$

$$|H(\omega)|^2 = H(s)H(-s) \Big|_{s=j\omega}$$

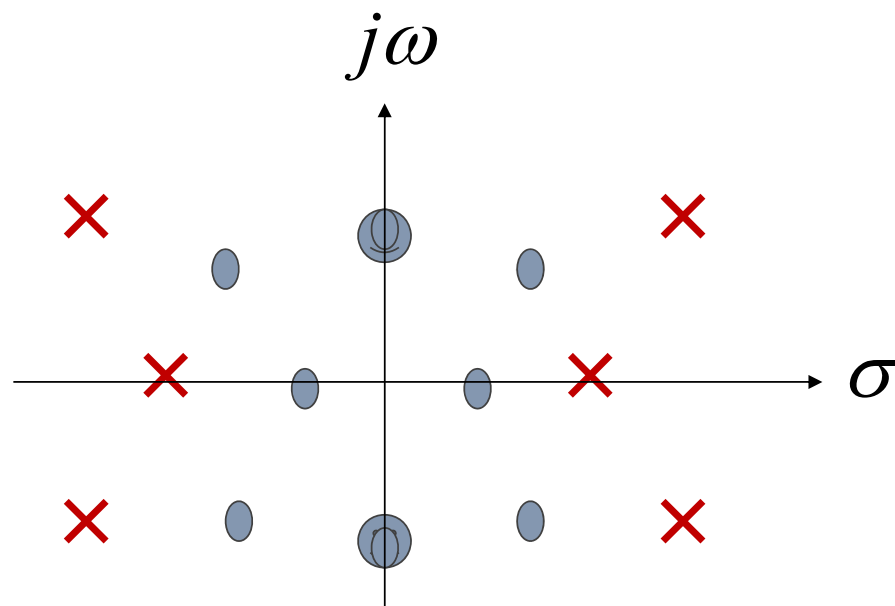
零极点分布

$H(s)$ $H(-s)$ 的零极点分布对 $j\omega$ 轴呈镜像分布

模拟滤波器

一、相关概念及方法

- 所有零、极点中，一半属于 $H(s)$ ，另一半则属于 $H(-s)$



模拟滤波器

一、相关概念及方法

- 根据 $H(s)$ 的可实现条件和 $H(s)H(-s)$ 的零、极点分布，可将给定的幅度平方函数以 $-s^2$ 代替 ω^2 ，确定 $H(s)$ 与 $H(-s)$ 的零、极点：
 - $H(s)$ 的极点必须位于 s 的左半平面， $H(-s)$ 的极点则位于 s 的右半平面

模拟滤波器

一、相关概念及方法

- 零点选取取决于所设计滤波器是否为最小相位系统
 - 若是最小相位系统，则 $H(s)$ 的所有零点也应分布在左半平面或 $j\omega$ 轴上
 - 若非最小相位系统，零点位置与稳定性无关，可任选取
 - 若有零点在 $j\omega$ 轴上，则按正实性要求，在 $j\omega$ 轴上的零点必须是偶阶重零点，此时，要把轴上的零点平分给 $H(s)$ 与 $H(-s)$

模拟滤波器

例5 - 1 给定滤波特性的幅度平方函数

$$|H(\omega)|^2 = \frac{(1 - \omega^2)^2}{(4 + \omega^2)(9 + \omega^2)}$$

求具有最小相位特性的滤波器系统函数

模拟滤波器

解: 用 $-s^2$ 代替 ω^2 , 有

$$H(s)H(-s) = \frac{(1+s^2)^2}{(4-s^2)(9-s^2)}$$

$$= \frac{(1+s^2)^2}{(s+2)(-s+2)(s+3)(-s+3)}$$

$H(s)H(-s)$ 的极点为 $s=\pm 2, s=\pm 3$

$H(s)H(-s)$ 的零点为 $s=\pm j, s=\pm j$

$H(s)$ 作为可实现滤波器的传递函数, 取左半平面的极点及 $j\omega$ 轴上一

对共轭零点

$$H(s) = \frac{1+s^2}{(s+2)(s+3)} = \frac{1+s^2}{s^2+5s+6}$$



谢谢大家