

滤波器和衰减器的电路设计

滤波器影象参数法的设计

滤波器是一种典型的选频电路,在给定的频段内,理论上它能让信号无衰减地通过电路,这一段称为通带外的其他信号将受到很大的衰减,具有很大衰减的频段称为阻带,通带与阻带的交界频率称为截止频率,对滤波器的基本要求是:(1)通带内信号的衰减要小,阻带内信号的衰减要大,由通带过渡到阻带的衰减特性陡直上升;(2)通带内的特性阻抗要恒为常数,以便于阻抗匹配。

滤波器的分类如下:

1、无源滤波器 2、有源滤波器,

无源滤波器又分为:RC 滤波器和 LC 滤波器;

RC 滤波器又分为: 1 低通 RC 滤波器、 2 高通 RC 滤波器、 3 带通 RC 滤波器

LC 滤波器又分为: 1 低通 LC 滤波器、 2 高通 LC 滤波器、 3 带阻 LC 滤波器、 4 带通 LC 滤波器

有源滤波器又分为: 1 有源高通滤波器、 2 有源低通滤波器、 3 有源带通滤波器、 4 有源带阻滤波器;

目前滤波器的分析和设计方法有两种:

一是影像参数分析法;

二是工作参数分析法(又称综合法)。

前者设计简单,易于掌握,但这种滤波器的实测滤波特性与理论上的预定特性差别较大,在通带内又不能取得良好阻抗匹配,很难满足对滤波特性精度高的要求;后者是以网络综合理论为基础的分析方法,它选区找出与理想滤波特性相近似的网络函数,然后根据综合方法实现该网络函数,由这种方法设计出来的滤波器,实测的滤波特性与理论预定特性十分接近,所以适合于高精度的滤波器设计要求。

1. RC 滤波器[见表一]

| 表一 | | RC 滤波器 | | | |
|------|--|--|---|--|-------|
| | | 高通滤波器 | 低通滤波器 | 带通滤波器 | 多级滤波器 |
| 电路 | | (a) | (b) | (c) | (d) |
| 计算公式 | 三分贝 | $f_c \approx 1/6.28RC$ | $f_c \approx 1/6.28RC$ | $f_L \approx 1/[6.28C^2(RL+RB)]$ $f_H \approx (RL+RB)/6.28C1RLRB$ | |
| | 一分贝 | $f_c \approx 1/3.2RC$ | $f_c \approx 1/3.2RC$ | $f_L \approx 1/3.2C^2(RL+RB)$ $f_H \approx (RL+RB)/[3.2C1RLRB]$ | |
| 计算实例 | 已知: $f_c=10kHz$ $R=1k\Omega$ 则 3 分贝的电容值为: $C \approx 1/6.28f_cR$ $=1/6.28 \times 10 \times 10^3 \times 10^3$ | 已知 $f_c=1kHz$ $R=3k\Omega$ 则 3 分贝的电容值为: $C \approx 1/6.28f_cR$ $=1/6.28 \times 10 \times 10^3 \times 10^3$ | 已知: $f_H=200kHz$, $f_L=15kHz$ 输入阻抗为 10 , 输出阻抗为 $5k\Omega$ ∴输入端和输出端要阻抗匹配 ∴令 $RL=10k\Omega$, $RB=5k\Omega$, 若按 3 分贝公式计算, 则 $C \approx (RL+RB)/6.28f_HRLRB = (10+5) \times 10 / 6.28 \times 200 \times 10^3 \times 10 \times 5 \times 10^6 = 240pF$ | 3 | |

| | | | | |
|----|---|---|---|--|
| | $\approx 0.015 \mu F$ | $\approx 0.015 \mu F$ | $C2 \approx 1/6.28 \times 15 \times 10^3 \times (10+5) 10^3 \approx 680 pF$ | |
| 特点 | RC 滤波器适用于滤除音频信号的一种简单滤波器，由于电容器的电抗随频率升高而减小，所以若串臂接电容 C，并臂接电阻 R 就构成了高通滤波器 | 低通滤波器的串臂接电阻 R，并臂接电容 C，由于电容器的容抗随频率升高而减小，所以信号的高频成分不能通过滤波器 | fL 为下限截止频率，fH 为上限截止频率，通常 $fH > 10fL$ 以上，才能避免组合电路之间的显著干扰 | 由于单级 RC 滤波器的过滤特性缓慢，若要暗加过滤特性的陡度可使用多级的 RC 滤波器，由图可见，每增加一级 RC 滤波器，其截止频率上的分贝衰减量将增加 16dB |
| 注明 | 上述公式的单位是：R、RL、RB 为 Ω ，C、C1、C2、为 F，fc、fL、fH 为 Hz | | | |

2. LC 滤波器

LC 滤波器适用于高频信号的滤波，它由电感 L 和电容 C 所组成，由于感抗随频率增加而增加，而容抗随频率增加而减小，因此 LC 低通滤波器的串臂接电感，并臂接电容，高通滤波器的 L、C 位置，则与它相反，通常，LC 滤波器有两类，一是定 K 式 LC 滤波器，二是 m 推演式 LC 滤波器。

K 式滤波器是指串臂阻抗 Z1 和并臂阻抗 Z2 的乘积是一个不随频率变化的常数 K^2 。由于 K 的量纲为电阻，所以又写成 $K^2 = R^2 Z1 \times Z2$ ，表二列出四种 K 式滤波器（低通、高通、带通、带阻）的滤波特性曲线及计算公式。表中 a 为衰减函数，单位为奈培 (Np) 或分贝 (dB) ($1dB = 0.12Np$)。b 为相移函数，单位为弧度，从表中可见：K 式滤波器存在两个主要缺点：

- (1) 在通带内影像阻抗 Zc 随频率变化较大，从而造成阻抗匹配困难；
- (2) 截止频率上的滤波特性不够陡直，要克服这些缺陷，就要采用 m 式滤波器或采用 m 式和 K 式组成的混合滤波器。

m 式滤波器是从 K 式滤波器演变过来，如图一。若在图 (a) K 式滤波器的并臂中串入一个与串臂同性质的电抗，促使它的截止频率附近出现串联谐振，由于谐振点处的衰减量趋向无限大，因而使截止频率上的滤波特性陡直地上升。由图 (a) K 式 T 型滤波器演变为图 (b) 的波滤波器，称为 T 型串联 m 式滤波器。同理，也可在 K 式 π 型并联 m 式滤波器。

图 C 是 m 式低通滤波器的衰减特性。m 取值为 1，即为原型定 K 滤波器，m 值愈小，则进入阻带后的衰减曲线愈陡直上升，但过无限大衰减频率后衰减却急剧下降，而 K 式 (即 $m=1$) 滤波器的衰减特性则随频率的增高而单调上升，若将 m 式与 K 式级联使用，取长补短就能得到最佳的衰减特性。

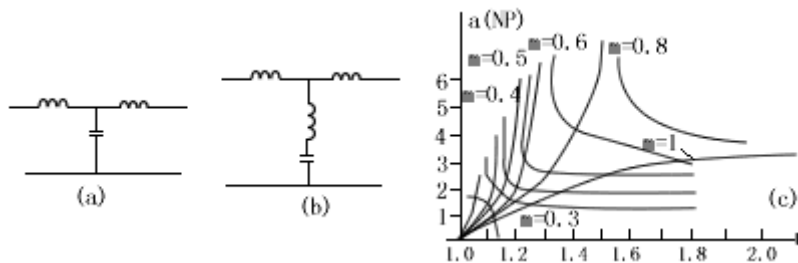


图 1

图 2 是将 T 型串联 m 式滤波器从 $0、0'$ 之间劈开两半，从而得到两个半节的 T 型串联，m 式滤波器，。从 $0、0'$ 两端往左或右看进去的阻抗均为 $Z' \pi m$ ， $Z' \pi m$ 称为倒 L 型串联 m 式滤波器的影像阻抗。图 3 示出 $Z' \pi m$ 随频率变化的情况，当 $m=0.6$ 时， $Z' \pi m$ 在通带内基本上恒为常数而倒 L 滤波器的联滤波器的首尾两边，就能使滤波器与信号源及负载得良

好的阻抗匹配。

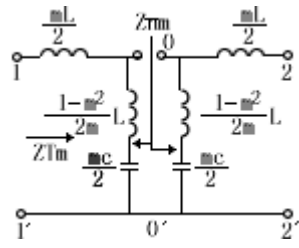


图 2

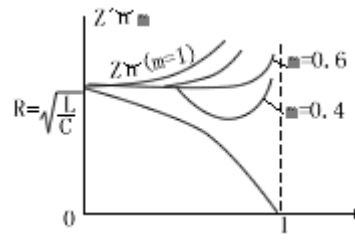


图 3