

最全滤波器电路详解

滤波器的种类

分为两大类：**无源滤波器与有源滤波器**。

滤波器在功率和音频电子中常用于滤除不必要的频率。而电路设计中，基于不同应用有着许多不同种类的滤波器，但它们的基本理念都是一致的，那就是移除不必要的信号。

无源滤波器：

主要由无源元件 R（电阻）、L（电感）、C（电容）组成。主要形式有电容滤波、电感滤波和复式滤波(包括倒 L 型、LC 滤波、LC— π 型滤波和 RC— π 型滤波等)。

无源滤波器优点：

结构简单，易于设计，价格便宜，有源滤波器造价是无源滤波器的 3 倍以上，无源滤波器技术较成熟，安装后基本上可免维护不需要直流电源供电，可靠性高。

无源滤波器缺点：

带负载能力差，无放大作用，特性不理想边沿不陡峭，各级互相影响，它的通带放大倍数及其截止频率都随负载而变化，因而不适用于信号处理要求高的场合。通带内的信号有能量损耗，负载效应比较明显，使用电感元件时容易引起电磁感应，当电感 L 较大时滤波器的体积和重量都比较大，在低频域不适用。

有源滤波器：

由集成运放和 R（电阻）、C（电容）组成，若滤波电路不仅由无源元件，还由有源元件（双极型管、单极型管、集成运放）组成，则称为有源滤波电路。有源滤波的主要形式是有源 RC 滤波，也被称作电子滤波器。

有源滤波器优点：

主要是可以提高增益和带载能力，还有具有不用电感，体积小，重量轻等优点。集成运放的开环电压增益和输入阻抗均很高，输出电阻小，构成有源滤波器电路还具有一定的电压放大和缓冲作用，但是集成运放的带宽有限，

有源滤波器缺点：

所目前的有源滤波器电路的工作频率难以做的很高。且有源滤波器不适用于高压大电流的负载，常用于信号处理。

有源滤波电路的负载不影响滤波特性，因此常用于[信号处理](#)要求高的场合。有源滤波电路一般由 RC 网络和集成运放组成，因而必须在合适的直流电源供电的情况下才能使用，同时还可以进行放大。

通俗解释：

简单地说，有运算放大器的就是有源滤波，没有运放的就是无源。

滤波电路作用

滤波电路的基本作用是让某种频率的电流通过 / 阻止某种频率的电流 / 减小脉动直流中的交流成分。另外是尽可能减小脉动的直流电压中的交流成分，保留其直流成分，使输出电压纹波系数降低，波形变得比较平滑

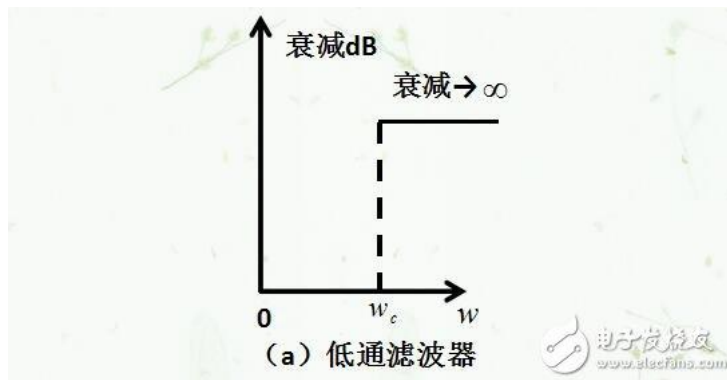
例如，有一个较低频率的信号，其中包含一些较高频率成分的干扰。滤波过程如图 2 所示。



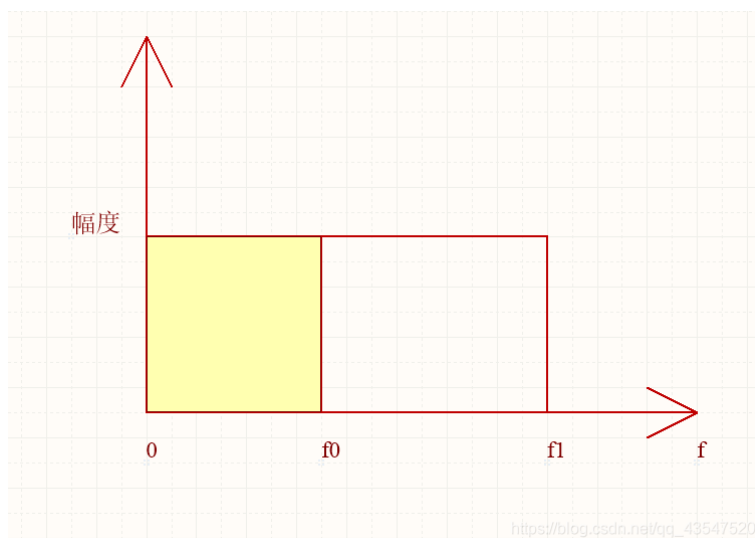
滤波器四种基本类型

1、理想低通滤波器(LPF)

解释一：图是理想低通滤波器，它允许低频信号无损耗地通过滤波器，当信号频率超过截止频率后，信号的衰减为无穷大。

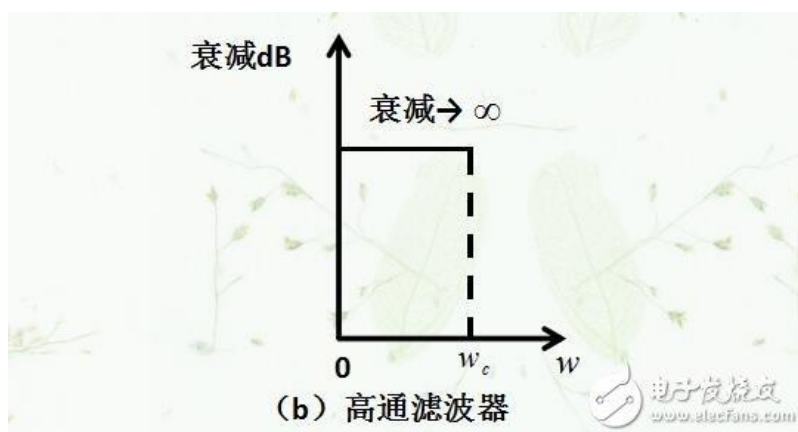


解释二：低通滤波器主要是选取低频信号。当低通滤波器输入 0-f1 的信号时，经过低通滤波器输出 0-f0 的信号。这里的 f0 称为截止频率。低通滤波器只能通过频率低于 f0 的信号。

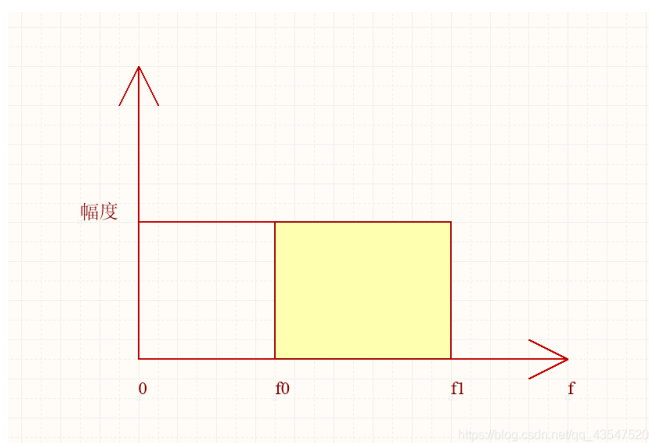


2、理想高通滤波器（HPF）

图是理想高通滤波器，它与理想低通滤波器正好相反，允许高频信号无损耗地通过滤波器，当信号频率低于截止频率后，信号的衰减为无穷大。

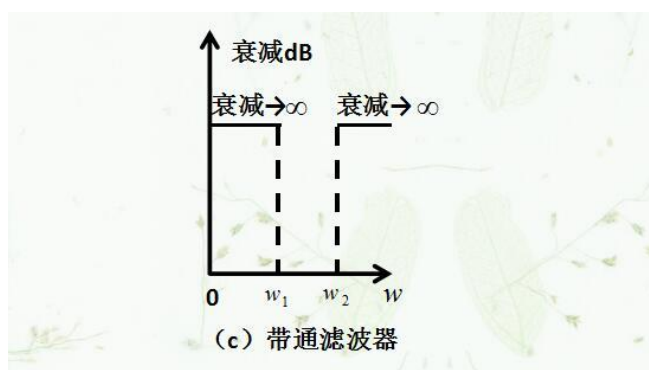


高通滤波器作用选取高频信号。当高通滤波器输入 0- f_1 的信号时，经过高通滤波器输出大于 f_0 的信号。这里的 f_0 称为截止频率。高通滤波器只能通过频率高于 f_0 的信号。



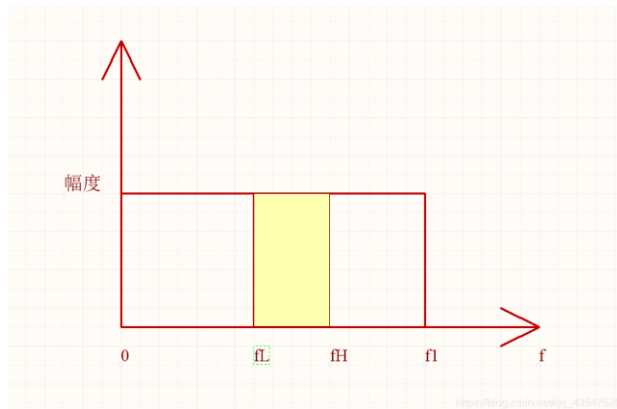
3、理想带通滤波器（BPF）

下图是理想带通滤波器，它允许某一频带内的信号无损耗地通过滤波器，频带外的信号衰减为无穷大。



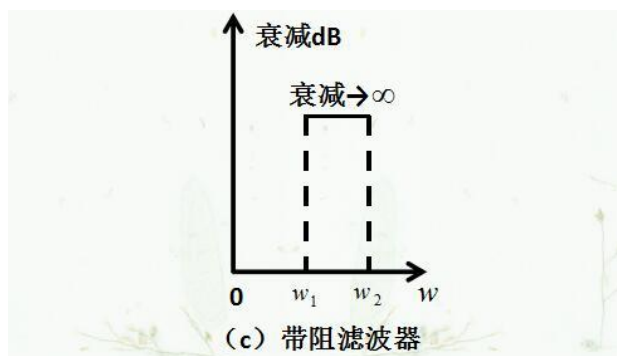
带通滤波器的功能是选取一段指定的信号。当带通滤波器输入 0- f_1 的信号时，

经过带通滤波器输出 f_L - f_H 的信号。

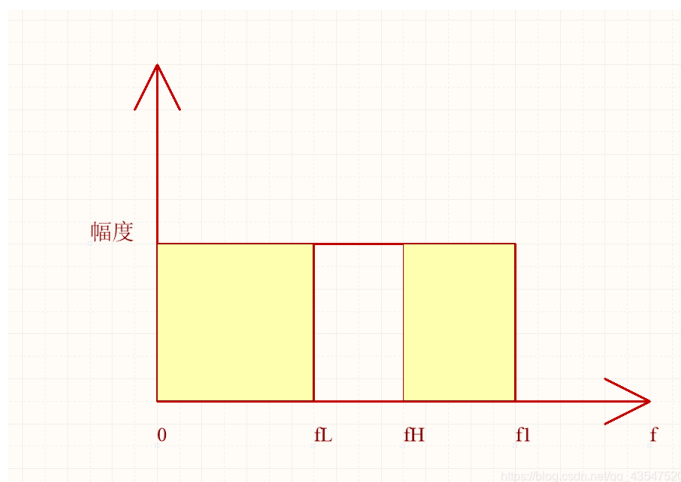


4、理想带阻滤波器 (BSF)

下图是理想带阻滤波器，它让某一频带内的信号衰减为无穷大，频带外的信号无损耗地通过滤波器。

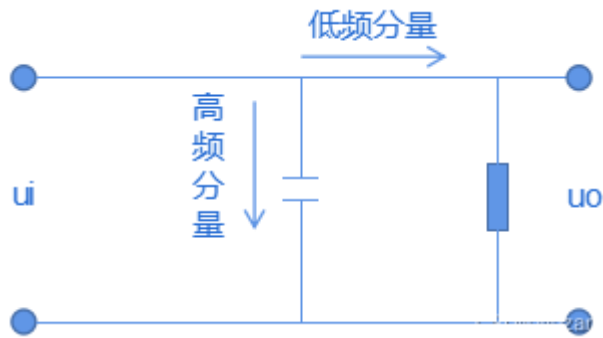


带阻滤波器输入 0 - f_1 的信号时，经过带通滤波器输出 f_0 - f_L 的信号, f_H - f_1 的信号



无源滤波电路应用类型

1、电容滤波电路



适用于负载电流较小且变化不大的电路，通常采用的组合方式是 $10\mu\text{F}$ 的电解电容（根据实际选择）并 $0.1\mu\text{F}$ 的独石电容（陶瓷电容）。

原理：

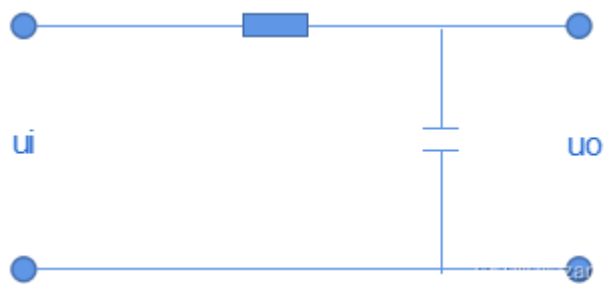
解释 1：电容通交隔直的作用。周期性的非正弦信号可以分解为若干不同频率不同幅值正弦信号的叠加（傅里叶展开），分解后的所有信号经过电容通交隔直的处理（频率越高的波形越容易通过电容，反之被隔离），使高频分量被短路。

解释 2：电容充放电的作用。当整流电压高于电容电压时电容充电，当整流电压低于电容电压时电容放电，通过电容的充放电的过程，使输出电压基本稳定。简单讲就是使滤波后输出的电压为稳定的直流电压

注意点：

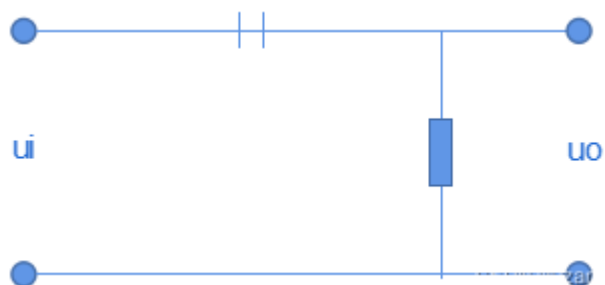
1. 滤波电容容量大，一般采用电解电容，在接线时要注意电解电容的正、负极。
2. 在使用时，常常配一个小瓷片电容（104），用来滤除高频信号。

1.1 一阶 RC 低通滤波电路



因为电容对于高频信号的障碍小，对低频的信号障碍大，所以高频信号经过电容旁路到地，低频信号进入下一级电路。

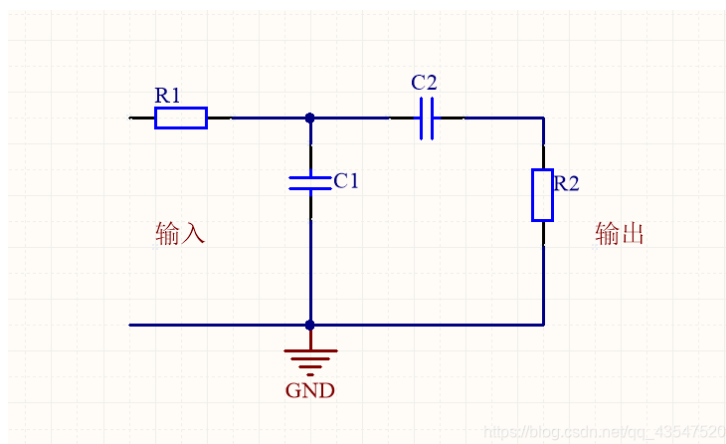
1.2 一阶 CR 高通滤波器



高频分量经过电容的压降小，低频分量压降大（电容较大时可忽略），电阻端电压约等于高频电压

因为电容对于高频信号的障碍小，对低频的信号障碍大，所以高频信号经过电容进入下一级电路。低频信号难于通过电容。

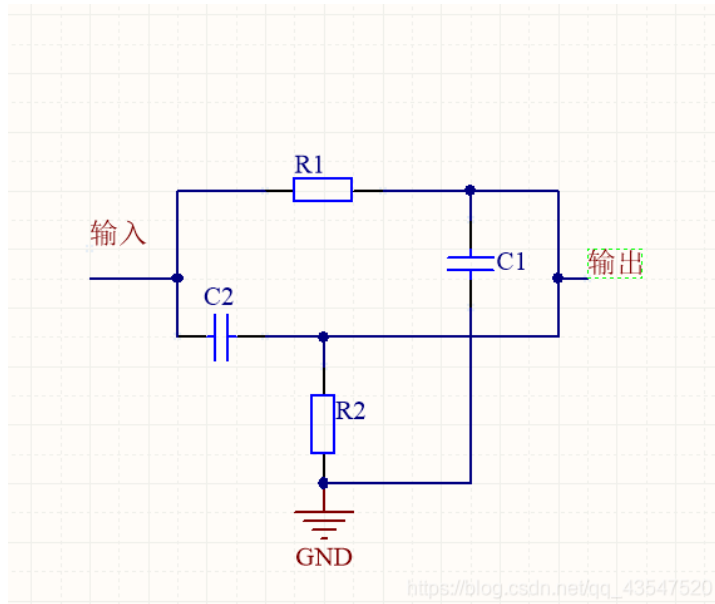
1.3 一阶 RC 带通滤波电路



RC 带通滤波器: $R1, C1$ 构成低通滤波器，通过 f_H 以下的信号， $R2, C2$ 构成高

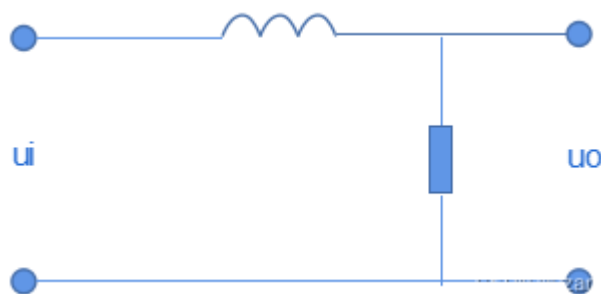
通滤波器，通过 f_L 以上的信号。RC 带通滤波器只能通过 f_L 以上的信号， f_H 以下的信号。

1.4 一阶 RC 带阻滤波电路



RC 带阻滤波器, $R1, C1$ 构成低通滤波器，通过 f_L 以下的信号， $R2, C2$ 构成高通滤波器，通过 f_H 以上的信号。RC 带通滤波器只能通过 f_H 以上的信号， f_L 以下的信号。

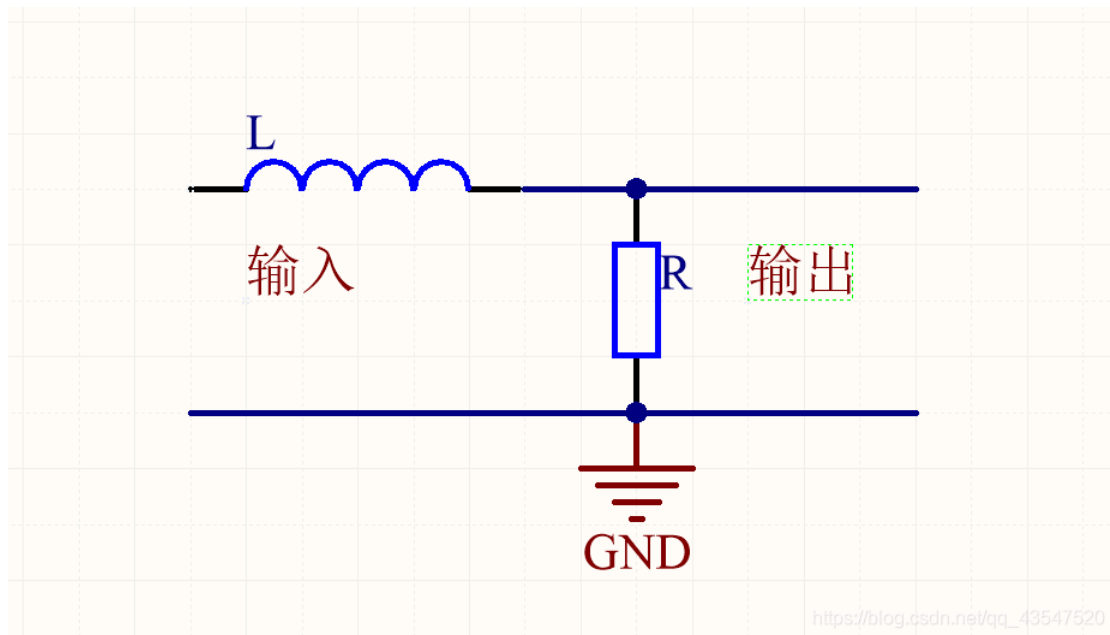
2、电感滤波电路



使用于大电流负载

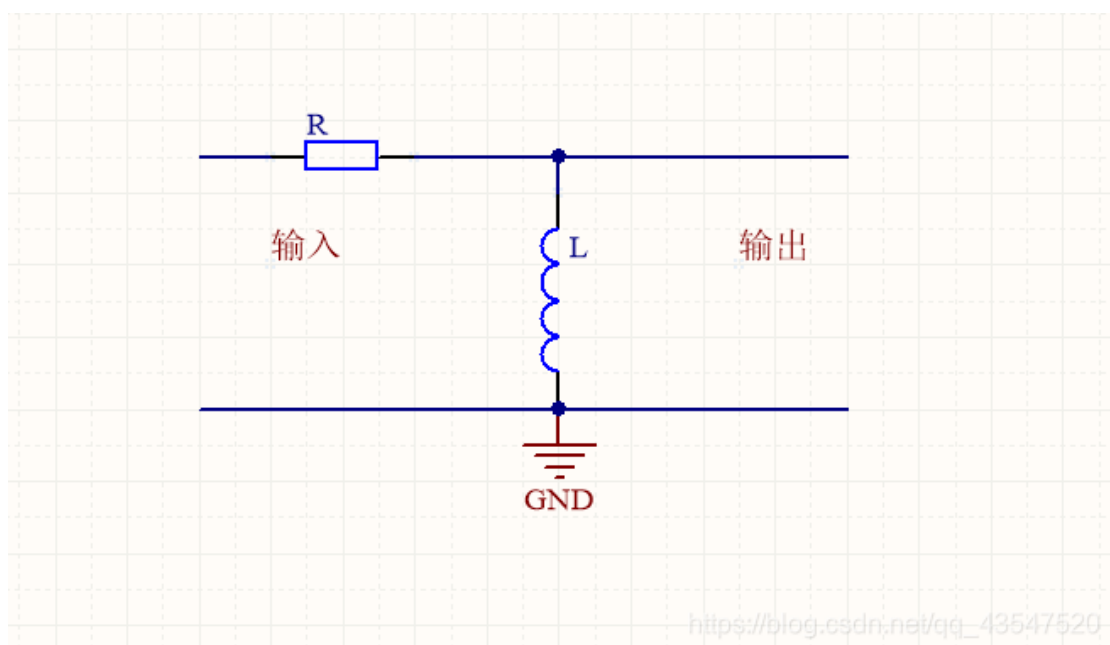
电感的自感效应阻止电流的变化

2.1 一阶 LR 低通滤波电路



因为电感对于高频信号的障碍很大，低频信号障碍小，所以高频信号不能通过电感，低频信号通过电感到下一级电路。

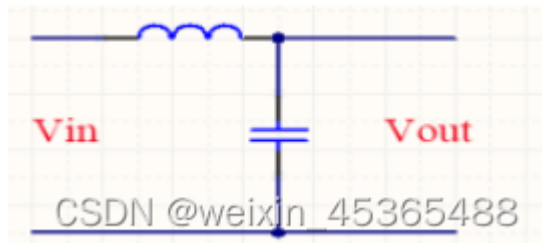
2.2 一阶 RL 高通滤波电路



因为电感对于高频信号的障碍很大，低频信号障碍小，所以高频信号不能通过电感从而进入下一级电路，低频信号通过电感到旁路到地。

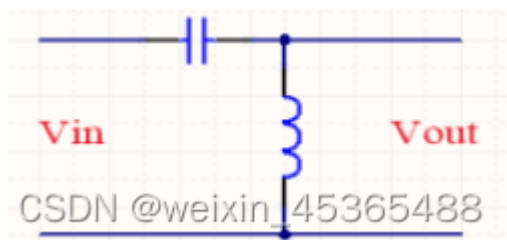
3、电感电容滤波电路

3.1 一阶 LC 低通滤波电路



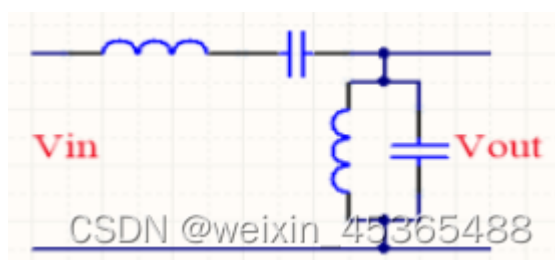
低通滤波器是一种用于传递直流或者低频信号，衰减高频信号的滤波器。作为被最广泛使用的滤波器电路，主要用于剔除高频噪声。此外，音响中用于剔除低音用扬声器的高音/中音成分。

3.2 一阶 LC 高通滤波电路



高通滤波器是允许高于某一截频的频率通过，而大大衰减较低频率的一种滤波器。这种滤波器被用于剔除听阈的低频噪声，或剔除高音用扬声器的中音/低音成分等。

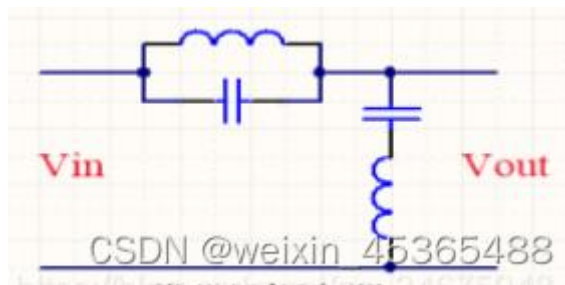
3.3 LC 带通滤波电路



LC 并联电路，电感和电容都是谐振频率为 f_0 ，只有频率为 f_0 的信号可以通

过 LC 带通滤波器到下一级电路。

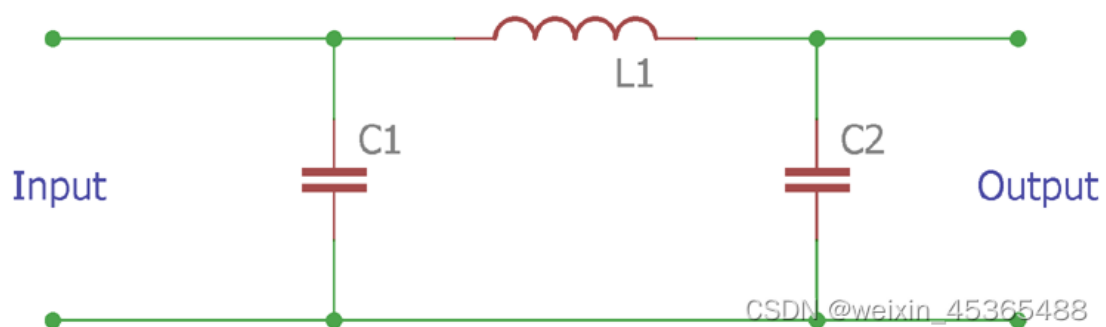
3.4 LC 带阻滤波电路



4、 π 型滤波电路

π 滤波器是无源滤波器，是由 3 个器件组成，而非传统的两器件组成的无源滤波器。它的结构有点像希腊字母 π ，所以因此得名 π 滤波器。 π 型滤波仅适用于负载输出较平稳，工作电流小，电流变化不大的情况

4.1 低通 π 型滤波电路



由两个电容并联，再与一个电感串联组成如下的 π 形状的电路。

两个电容接地的同时中间与一个电感串联。因为这是一个低通滤波器，它在高频下产生高阻抗，在低频下产生低阻抗。因此，常用于传输线路中隔绝不必要

的高频信号。

对输出电压的脉动更小，它的滤波效果比 LC 型滤波效果更好，但与此同时整流二极管的冲击电流也就更大

π 滤波器中每个元件的值的计算可以由以下公式得出，方便你设计应用。

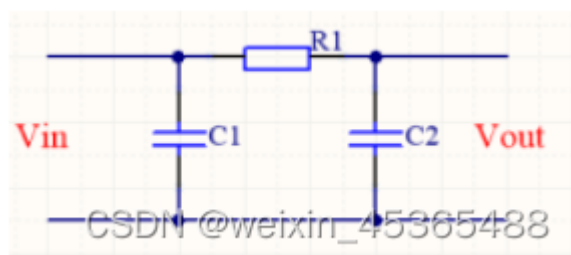
截止频率 $f_c = 1 / \pi(LC)^{1/2}$

电容值 $C = 1 / Z_0 \pi f_c$

电感值 $L = Z_0 / \pi f_c$

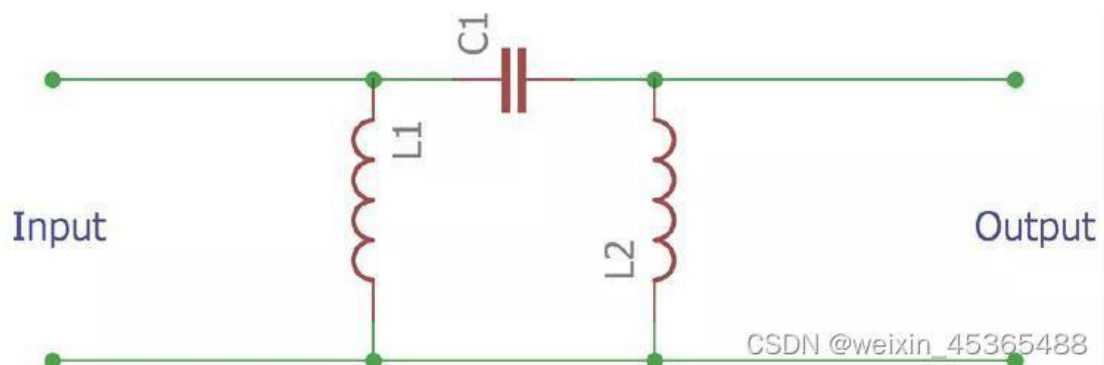
其中 Z_0 为阻抗

4.2 低通 RC- π 型滤波电路



用电阻代替了电感，由于电阻对电压具有降压作用，，与电容组合在一起时候使得较多的脉动的交流成分降在电阻上，减少对负载的影响，最终实现滤波。这种电路适合负载电流较小同时输出电压脉动不是很高场合

4.3 高通 π 型滤波电路



滤波器会隔绝低频信号，通过高频信号。而且同样由两种无源器件组成，两

个电感和一个电容。

在该配置下，其参数计算参照以下公式。

截止频率 $f_c = 1/4\pi(LC)^{1/2}$

电容值 $C = 1/4Z_0\pi f_c$

阻抗值 $L_1 = Z_0/4\pi f_c$

滤波器的优点

高输出电压：

π 滤波器的输出电压很高，所以适用于需要[高压直流](#)滤波的应用。

低纹波系数：

若以低通滤波配置来进行直流滤波的话， π 滤波器是一种效率很高的滤波器，可以从[桥式整流器](#)输出端滤除不必要的交流纹波。电容在交流下阻抗低，但在直流下阻抗高。

在 RF 应用中设计方便：

在控制中的 RF 环境中，需要更高频率的传输，比如 GHz 级别的[宽带](#)，高频 π 滤波器在 PCB 中更容易设计。高频 π 滤波器还会提供比其它[半导体](#)滤波器更强大的脉冲免疫。

π 滤波器的缺点

电感上的电压值升高：

与[射频](#)设计不同，从 π 滤波器输出的大电流是不恰当的，因为这股电流必须流经电感。如果[负载电流](#)很大的话，那么电感上的电压也会随之变大，这样就需求更加笨重和昂贵的电感。同样，电感上的大电流会致使能量耗散，从而降低效率。

需要大输入电容：

π 滤波器的另一个问题就是输入电容的值很大。 π 滤波器输入端需要高容值在一些空间受限的应用中成了挑战。同时大电容同样提高了设计的成本。

糟糕的电压调节：

π 滤波器不适用于负载电流不稳定且一直在变化的应用。当负载电流变化大的时候， π 滤波器的电压调节很糟糕。这样的应用中更适合 L 型滤波器。

π 滤波器设计的经验

在电子电力设计中：

- 1、 π 滤波器的 layout 需要较宽的走线
- 2、将 π 滤波器与供电元件隔离开来尤为重要
- 3、输入电容，电感和输出电容的间距要小
- 4、输出电容的地线层需要直接与[驱动电路](#)相连

在[射频电路](#)中：

- 1、RF 应用中元器件的选择非常关键。尤其是要注意元器件的精度。
- 2、PCB 走线的增加会在电路中产生电感。所以电感取值时要考虑到 PCB 走线的电感。应该用合理的方式来减少[杂散电感](#)。
- 3、尽可能减少杂散电容。
- 4、元件布局要尽可能紧密。
- 5、射频应用中的输入与输出适合使用[同轴电缆](#)。

滤波器总结：

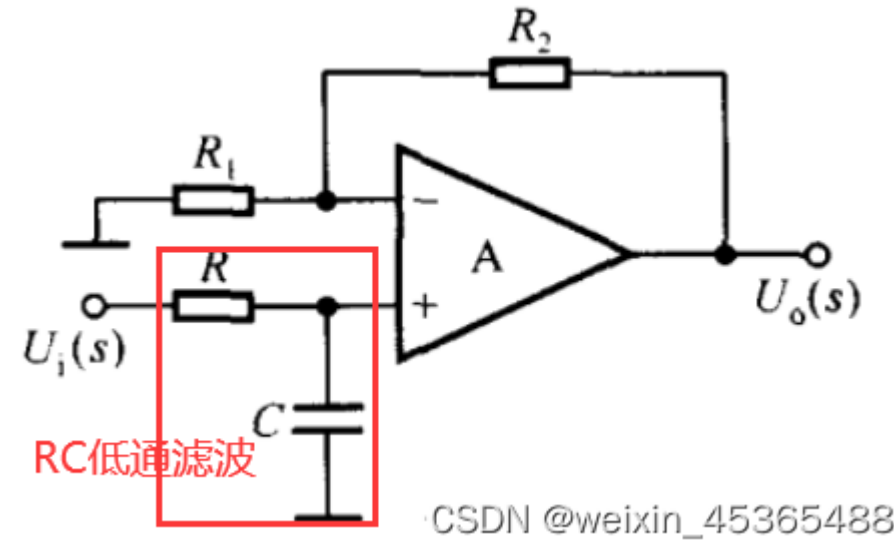
滤波类型	滤波电路特点	对整流二极管冲击	带负载能力	应用
电容滤波	电路简单，外特性比较软	大	差	小电流、负载电流变化不大
电感滤波	电感笨重成本高，外特性硬	小	强	大电流负载
倒L滤波	电感笨重成本高，外特性硬	小	强	大电流负载，效果强于上面
LCπ型滤波	电感笨重成本高，外特性硬	大	差	大电流负载，效果强于上面
RCπ型滤波	常用，外特性比较软	大	最差	小电流、负载电流变化不大

CSDN @weixin_45365488

有源滤波电路应用类型

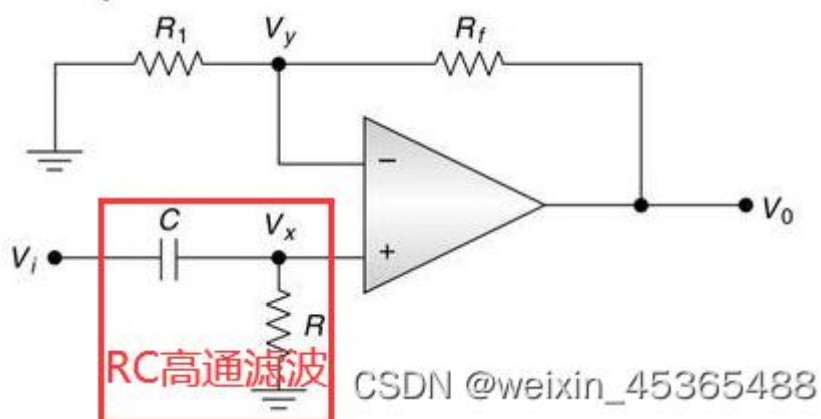
1、一阶低通滤波电路 (同相输入)

在一阶无源低通滤波器的基础上，加了一个集成运放。



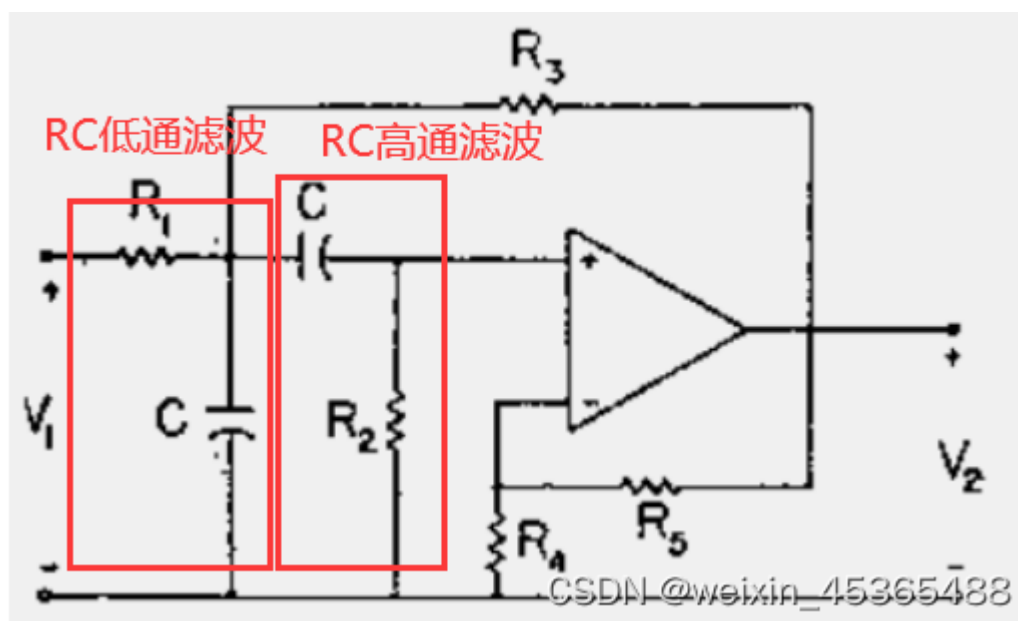
2、一阶高通滤波电路 (同相输入)

在一阶无源高通滤波器的基础上，连接一个集成运放即可



3、二阶带通滤波电路 (同相输入)

二阶无源带通滤波器的基础上（左边 R_1 和 C 构成低通滤波， C 和 R_2 构成高通滤波），加了一个反馈电阻 R_3 。



4、二阶带阻滤波电路 (同相输入)

