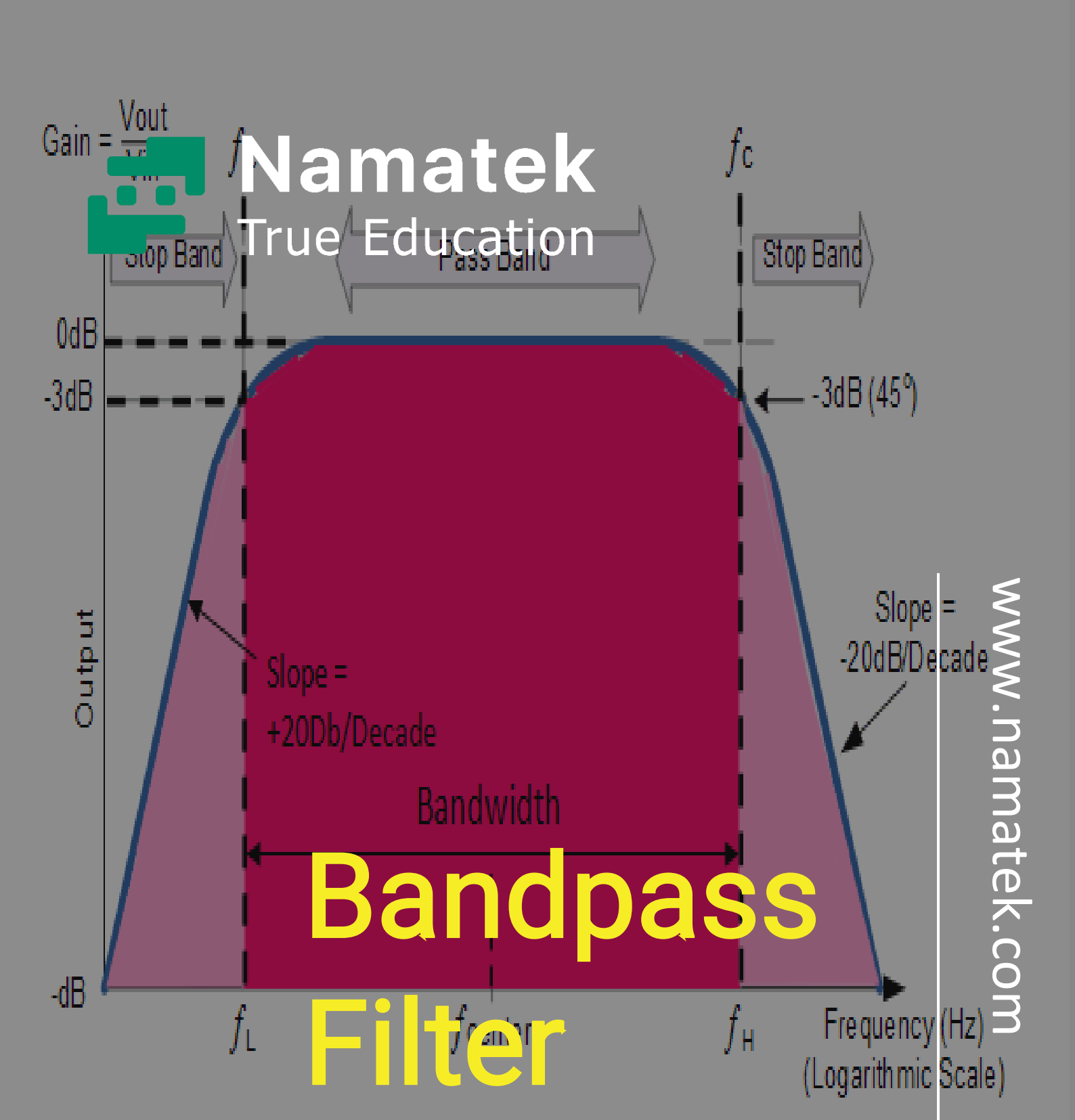


Bandpass Filter

فیلتر میان گذر

www.namatek.com

فهرست مطالب

۱. فیلتر میان گذر چیست؟
۲. مدار فیلترهای میان گذر
۳. انواع فیلترهای میان گذر
۴. کاربرد فیلترهای میان گذر
۵. مثال طراحی فیلترهای میان گذر

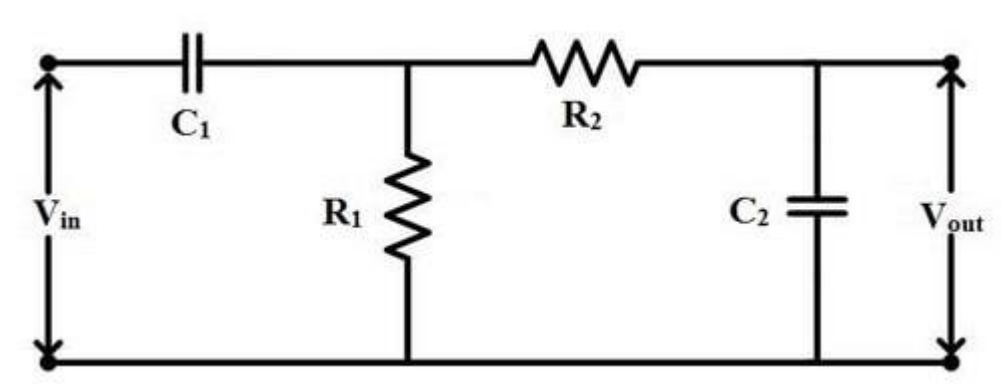
در پردازش سیگنال از فیلترها برای حذف سیگنال های ناخواسته و اجازه عبور به سیگنال های مورد نظر استفاده می شود. برای مثال برای حذف نویزی که در پس زمینه یک سیگنال صوتی وجود دارد فیلترها به کار می آیند. انواع مختلفی از فیلترها در پردازش سیگنال وجود دارد که در این مقاله به فیلتر میان گذر (band pass) پرداخته می شود که ترکیبی از فیلتر بالاگذر (high pass) و فیلتر پایین گذر (low pass) می باشد.

فیلتر میان گذر چیست؟

فیلتر میان گذر وسیله ای است که اجازه عبور فرکانس در بازه مشخصی را داده و مانع عبور فرکانس های خارج از این بازه می شود. این فیلتر **دو فرکانس قطع** یا کات آف دارد؛ یکی برای حد بالایی و دیگری برای حد پایینی بازه مجاز عبور فرکانس.

مدار فیلترهای میان گذر

همانطور که گفتیم این فیلتر ترکیبی از فیلتر بالا گذر و فیلتر پایین گذر است و بنابراین مدار آن نیز شامل مدار هر دو فیلتر می شود. نمونه ای از مدار فیلتر های میان گذر پسیو RC (تشکیل شده از المان های مقاومت و خازن) در شکل مشاهده می شود.



نیمه اول این مدار یک فیلتر بالا گذر غیرفعال RC را نشان می دهد. این فیلتر اجازه عبور **فرکانس های بزرگتر** از **فرکانس قطع پایین** را داده و از عبور فرکانس های پایین تر از آن جلوگیری می کند. در این مدار فرکانس قطع پایین به صورت زیر محاسبه می شود:

$$F_{cut-low} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

قسمت دوم مدار فوق یک فیلتر پایین گذر غیرفعال RC است که اجازه عبور **سیگنال های با فرکانس کمتر** از **فرکانس قطع بالا** را داده و از عبور سیگنال های با فرکانس بیشتر ممانعت می کند. فرکانس قطع بالا به صورت زیر محاسبه می شود:

$$F_{cut-high} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

بازه فرکانسی که فیلتر میان گذر اجازه عبور سیگنال را می دهد به عنوان پهنای باند شناخته می شود. پهنای باد تفاضل بین مقادیر فرکانس قطع بالا و پایین می باشد.

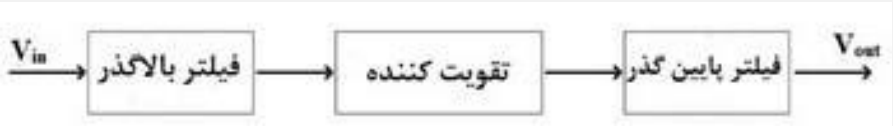
$$\text{پهنای باند} = F_{cut-high} - F_{cut-low}$$

انواع فیلترهای میان گذر

بگذارید از میان انواع مختلفی از فیلترهای میان گذر به برخی از آن ها در اینجا بپردازیم:

فیلتر میان گذر فعال

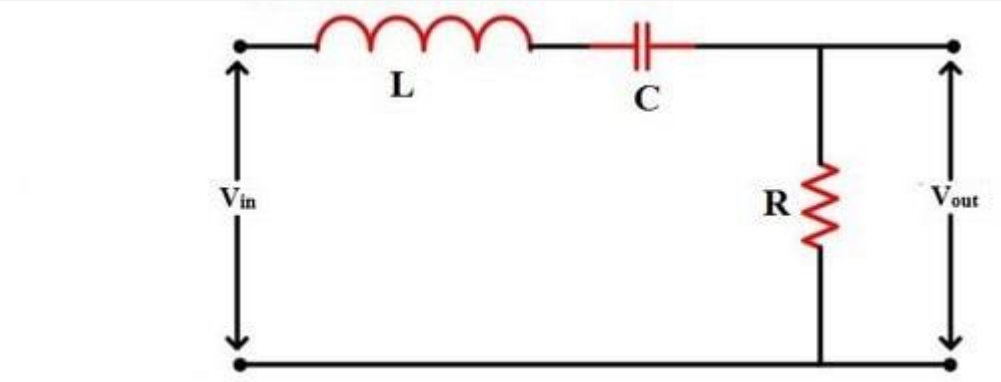
یک فیلتر میان گذر فعال از اتصال آبشاری (cascading) فیلترهای بالاگذر و پایین گذر به همراه یک تقویت کننده می باشد. مدار فیلتر فعال که در شکل مشاهده می شود شامل سه قسمت می باشد.



یک فیلتر بالا گذر سپس یک تقویت کننده عملیاتی (op-amp) و آخرین قست فیلتر پایین گذر می باشد.

فیلتر میان گذر غیرفعال یا پسیو (passive)

فیلتر پسیو تنها از المان های پسیو مانند خازن، مقاومت و القاگر استفاده می کند و بر خلاف فیلتر فعال از تقویت کننده استفاده نمی کند. در شکل زیر فیلتر پسیو RLC مشاهده می کنید.

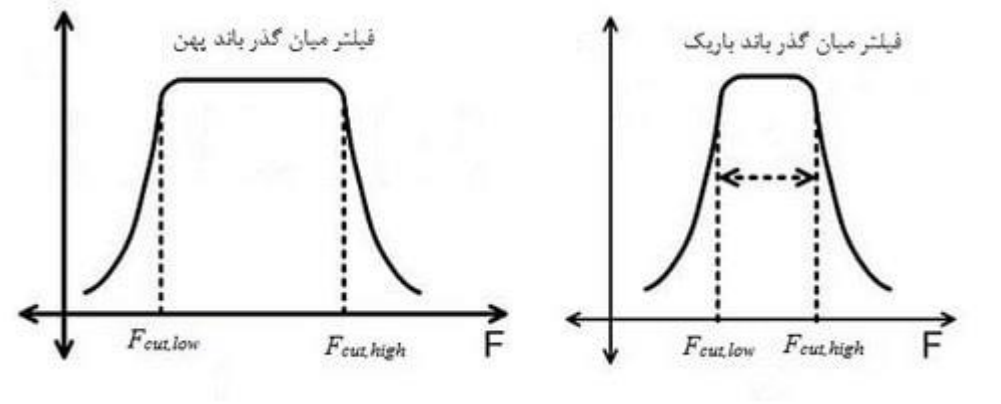


فیلتر میان گذر باند پهن و باند باریک

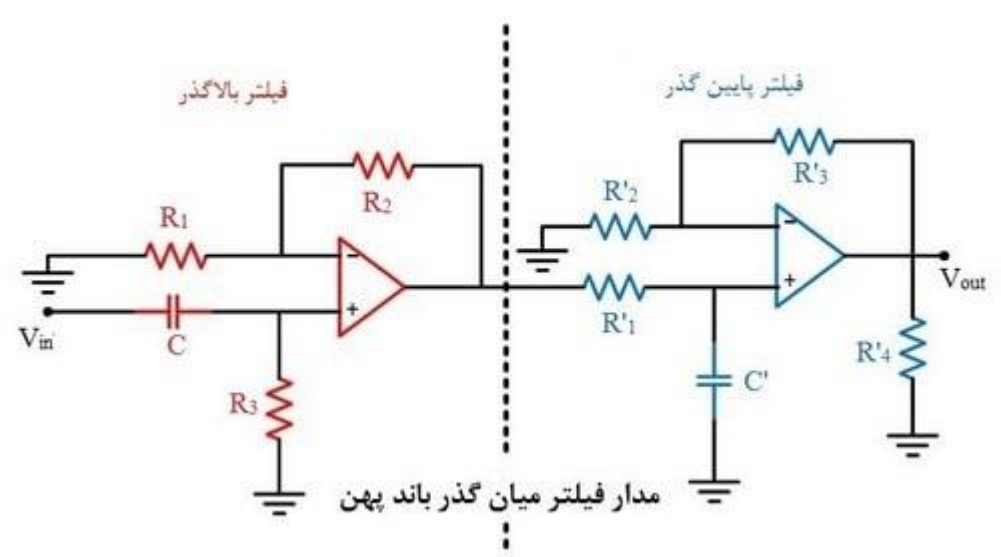
با توجه به پهنای باند فرکانس عبوری، فیلترهای میان گذر به باند پهن و باند باریک دسته بندی می شوند. معیاری که برای این دسته بندی وجود دارد فاکتور Q می باشد که به صورت نسبت فرکانس مرکز باند به پهنای باند تعریف می شود:

$$Q_{band\ pass\ filter} = \frac{F_{center}}{F_{Cut,high} - F_{Cut,low}}$$

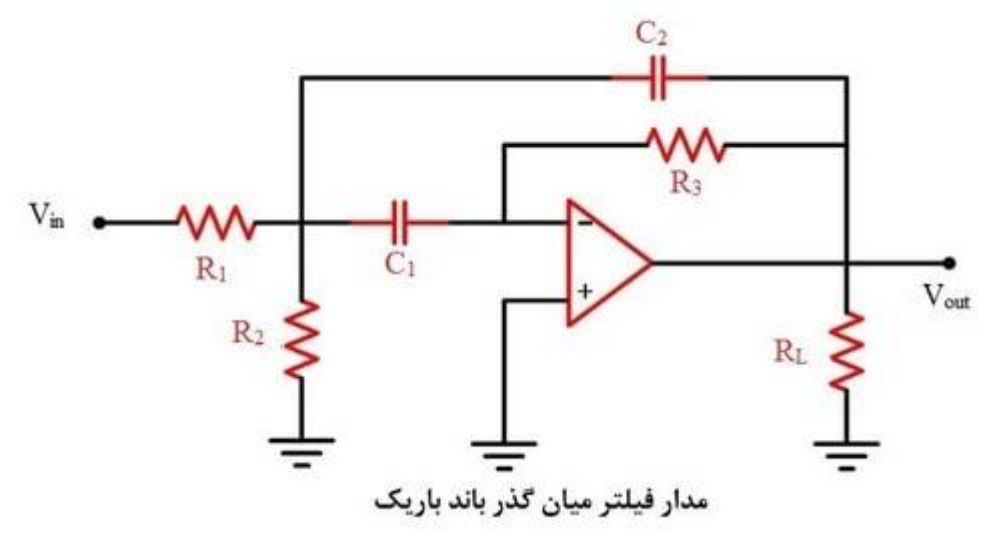
اگر این فاکتور **Q کوچکتر از ۱۰** باشد فیلتر **باند پهن** بوده و برای مقادیر **بزرگتر از ۱۰ فیلتر** به عنوان **باند باریک** شناخته می شود. در شکل زیر پاسخ فرکانسی فیلترهای باند پهن و باند باریک مشاهده می شود.



در فیلترهای پهن باند فیلتر بالاگذر و فیلتر پایین گذر در دو بخش مجزا می باشند.برای مثال نمونه ای از مدار این فیلتر در شکل زیر نشان داده شده که قسمت اول یک فیلتر بالاگذر اکتیو و قسمت دوم یک فیلتر پایین گذر اکتیو می باشد.



فیلتر میان گذر باند باریک که نمونه مدار آن در شکل زیر مشاهده می شود، تنها یک تقویت کننده عملیاتی دارد. در این مدار دو مسیر بازخورد (feedback) وجود داشته و در نتیجه به عنوان فیلتر چند بازخوردی شناخته می شود.



مدار فیلتر میان گذر باند باریک

کاربرد فیلتر های میان گذر

فیلترهای میان گذر در مواردی مانند زیر کاربرد دارند:

- فرستنده ها و گیرنده های بدون سیم
- تجهیزات ابزار دقیق مانند سنسورها، در لرزه نگاری و در تجهیزات پزشکی مانند دستگاه نوار قلب و نوار مغز
- دستگاه های اپتیکی مانند لیزر
- پردازش سیگنال های صوتی برای نگهداری بخشی از فرکانس های صوتی و حذف دیگر فرکانس ها

مثال طراحی فیلتر های میان گذر

حال که با مشخصات فیلترهای میان گذر آشنا شدیم، با یک مثال نحوه طراحی این فیلترها را برای یک بازه فرکانسی مشخص توضیح می دهیم. می خواهیم فیلتر میان گذر پسیوی طراحی کنیم که فرکانس قطع بالا و

پایین آن به ترتیب ۸۰۰ و ۸۰ هرتز باشد. با توجه به مدار یک فیلتر میان گذر پسیو و رابطه ارائه شده برای محاسبه فرکانس قطع پایین می توان نتیجه گرفت که:

$$F_{cut-low} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \Rightarrow R_1 C_1 = \frac{1}{2\pi F_{cut-low}}$$

با توجه به مقدار فرکانس قطع پایین

$$R_1 C_1 = \frac{1}{2\pi \times 80} \approx 0.002$$

با روندی مشابه برای فرکانس قطع بالا خواهیم داشت:

$$F_{cut-high} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \Rightarrow R_2 C_2 = \frac{1}{2\pi F_{cut-high}} = \frac{1}{2\pi \times 800} \approx 0.0002$$

برای تکمیل طراحی باید مقداری برای مقاومت یا ظرفیت خازن انتخاب کنیم. برای سادگی ظرفیت خازن ها را برابر با هم فرض کرده و مقدار آن را $C_1=C_2=10^{-6}$ F در نظر می گیریم. در نتیجه مقاومت ها به صورت زیر به دست می آیند:

$$R_1 \approx \frac{0.002}{10^{-6}} = 2000\Omega$$

$$R_2 \approx \frac{0.0002}{10^{-6}} = 200\Omega$$

با داشتن مقادیر فوق مشخصات لازم یک فیلتر پسیو برای بازه فرکانسی خواسته شده در دست است.