

EREN
KARACAN

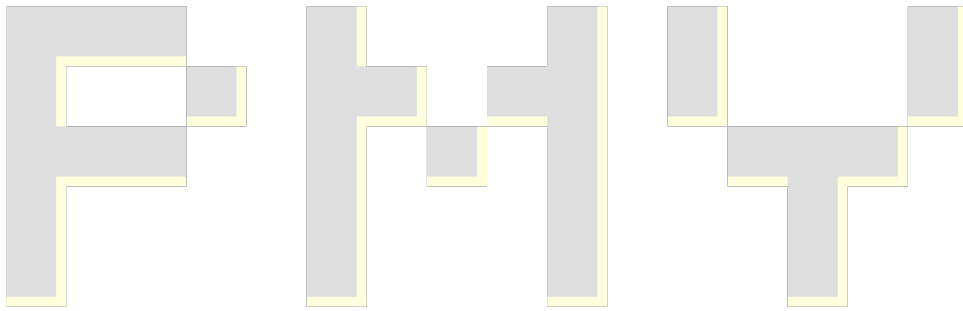
FMY-WEB.GITHUB.IO

Sinyal Akışı ve Donanım Bilgisi II

EQ 0.1

İçindekiler

Kapasitörler	3
RC Filtreler	4
Filtre Dereceleri.....	5
Aktif Filtreler	6
Aktif Filtre Türleri	7



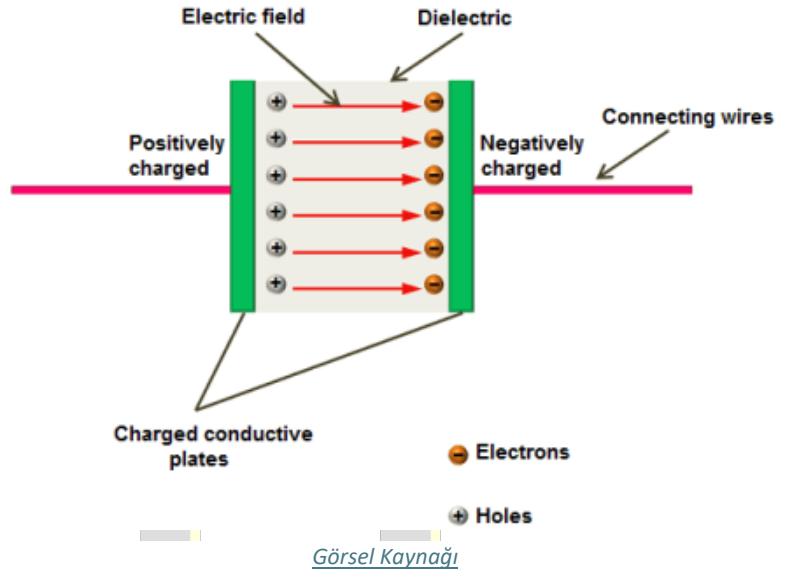
EREN
KARACAN

FMY-WEB.GITHUB.IO

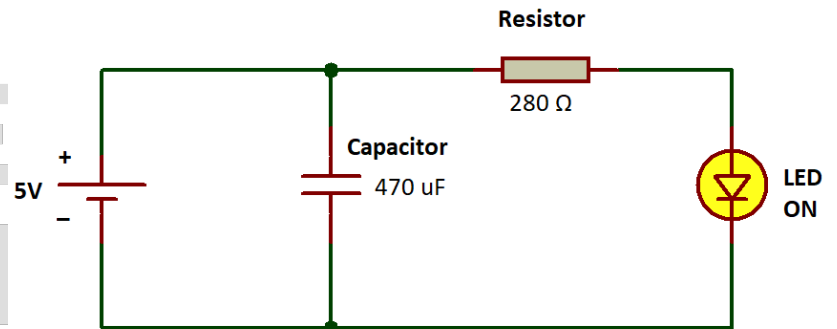
Kapasitörler

Kapasitör, elektrik akımı depolayabilen devre elemanıdır. Bu açıdan pile benzemektedir. Ancak kapasitörlerle pillerin enerji depolama yöntemleri birbirlerinden farklıdır. Bu farklılık dolayısıyla kapasitörler pillerden çok daha düşük seviyede enerji depolayabilmekte, ancak çok daha hızlı bir şekilde enerji doldurup boşaltabilmektedirler.

Kapasitörler, yalıtkan bir tabaka ile birbirinden ayrılmış iki iletken levhadan meydana gelir. Levhaların bir güç kaynağına bağlanması ile bir levha negatif, diğer levha pozitif olarak yüklenecektir. Yüklenen levhalar arasındaki yalıtkan malzeme elektrik akımını engellemektedir. Ancak negatif yüklü levha kapalı bir devrede ilerlemeye hazır elektronlar barındırmaktadır. Böylece dolmuş bir kapasitör, oldukça düşük kapasiteli bir pil görevi görebilmektedir.

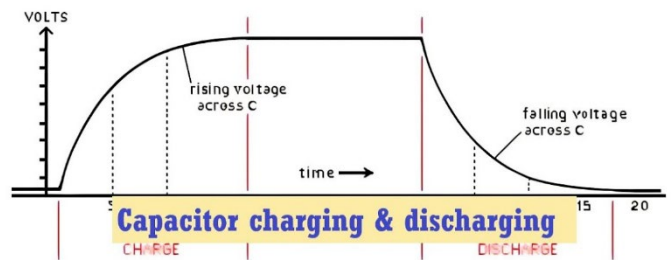


Yanda sunulmuş olan şekilde bir pil, bir kapasitör, bir direnç ve bir LED'den oluşan kapalı bir devre gösterilmektedir. Devre gösterildiği şekilde tutulduğunda pilden çıkan elektronlar hem LED'i yakacak, hem de kapasitör levhalarının yüklenmesine sebep olacaktır. Bu devredeki pilin bir anlığına



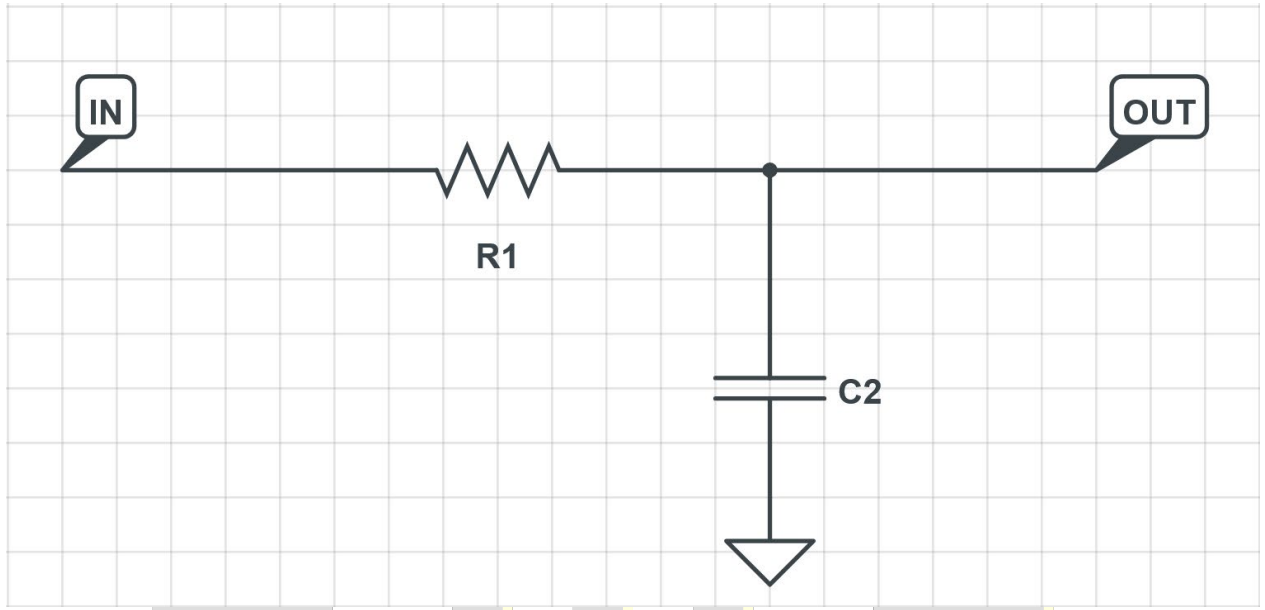
devreden çıkartıldığını düşünelim. Bu durumda kapasitörün negatif yüklü kutbundaki elektronlar pozitif yüklü kutba doğru harekete geçecek ve ampulün yanmasını sağlayacaktır. Dolayısıyla devrede bir kapasitör olduğu durumda pilin devreden çıkması durumunda bile LED bir süre daha yanmaya devam edecektir.

Kapasitörlerin dolma ve boşalmaları, üstel ve logaritmik grafikleri takip etmektedir. Başka bir ifade ile kapasitör doldukça dolma hızı, boşaldıkça boşalma hızı azalmaktadır. Bu dolma ve boşalma hızı karakteristiği, kapasitörlerin filtre devrelerinde kullanılmasına olanak sağlamaktadır.



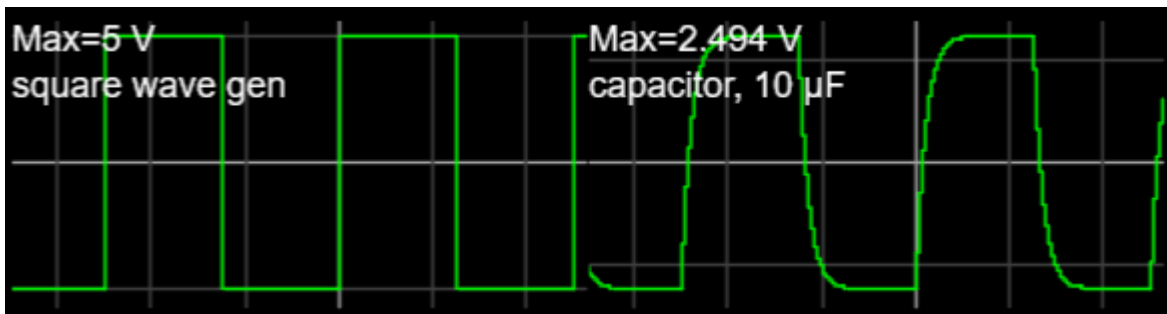
Görsel Kaynağı

RC Filtreler



RC filtreler, tasarlanabilecek en temel filtre devrelerindendir. Direnç (R) ve kapasitörlerden (C) meydana gelmektedirler. Yukarıdaki şekilde örnek bir RC filtresi sunulmuştur. Devrenin IN terminalinden bir kare dalga gönderildiğini varsayalım. Gönderilen kare dalga, anlık voltaj artmalarından ve azalmalarından meydana gelmektedir. Dolayısıyla devreye sunulan voltaj, zamanın yarısında yüksek bir değerde, diğer yarısında ise düşük bir değerde olacaktır.

Devrede bulunan ve toprağa bağlanmış olan kapasitör, çıkışta ölçülen voltajı değiştirecektir. Kare dalganın pozitif bölgesinde kapasitör dolmaya başlayacaktır. Elektronların kapasitörü doldurmaya harcanması durumunda, voltajın bir kısmının da kapasitörün dolmasında harcandığı düşünülebilir. Ancak kapasitör, kare dalganın voltaj değişim hızında dolup boşalmayacaktır. Dolayısıyla kapasitörün dolma ve boşalma bölgelerinde voltaj değişimi yavaşlayacaktır. Voltaj değişim hızının azalması, sinyalin daha yuvarlak hale gelmesiyle, dolayısıyla yüksek frekansların azalmasıyla sonuçlanacaktır. Bu prensibe dayanarak hem basit low pass filtreler, hem de basit high pass filtreler elde etmek mümkündür. Anlatılan devrenin simülasyon linki, aşağıdaki görselin açıklama yazısında sunulmuştur.

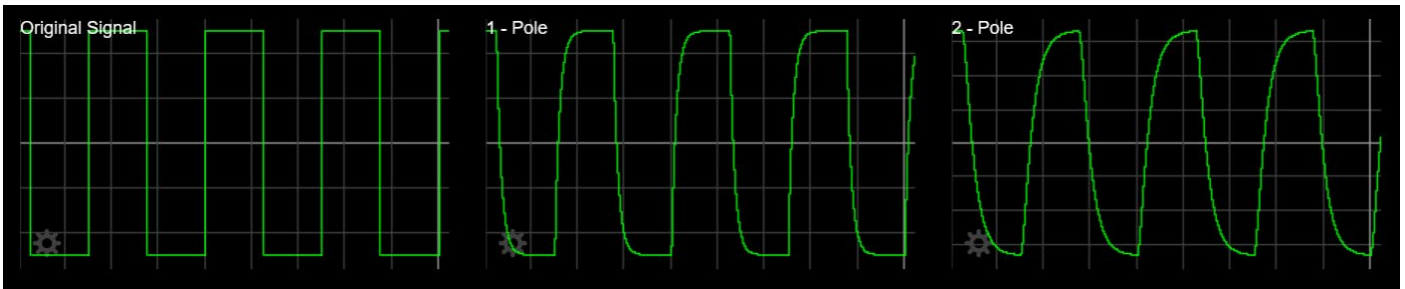
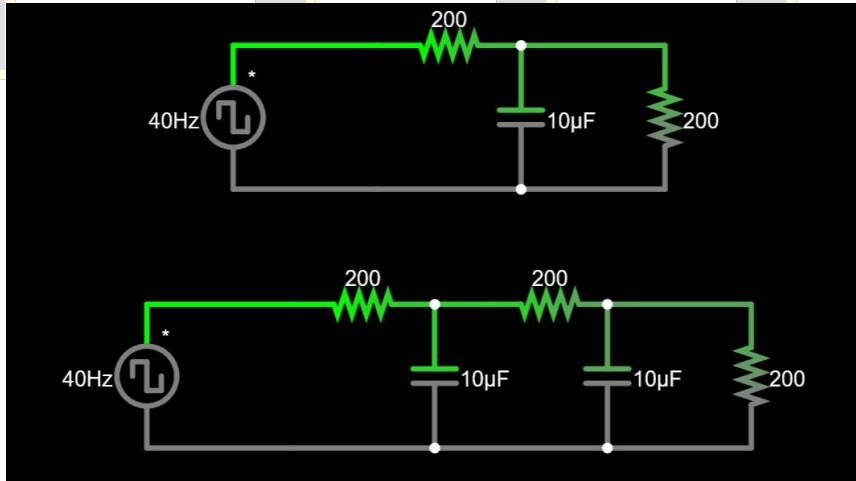
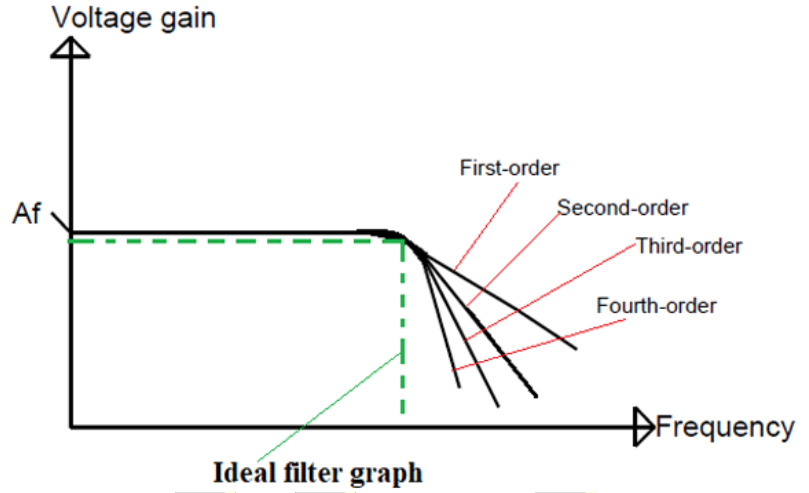


[İlgili Devre Simülasyonu](#)

Filtre Dereceleri

Gösterilen RC filtreler, karmaşık filtreleme yöntemlerinin temelini oluşturmaktadır. Ancak oldukça basit devreler oldukları için, çeşitli eksiklikleri mevcuttur. Bu eksikliklerden biri, RC filtrelerin "eğimi"dir. RC filtreler 6dB/octave ya da 20dB/decade eğime sahiptir¹. Düşük eğimli filtrelerin eğimlerini artırmanın en temel yolu, filtrenin derecesini, başka bir ifadeyle kutup sayısını artırmaktır.

Filtre derecesi, devredeki reaktif devre elemanlarının (kapasitör/indüktör) sayısını ifade etmektedir. Yani bir adet kapasitör bulunduran devre birinci dereceden, 2 adet kapasitör bulunduran devre ikinci dereceden filtredir. Genel kurala göre her derece eğime 6dB/octave eklemektedir.



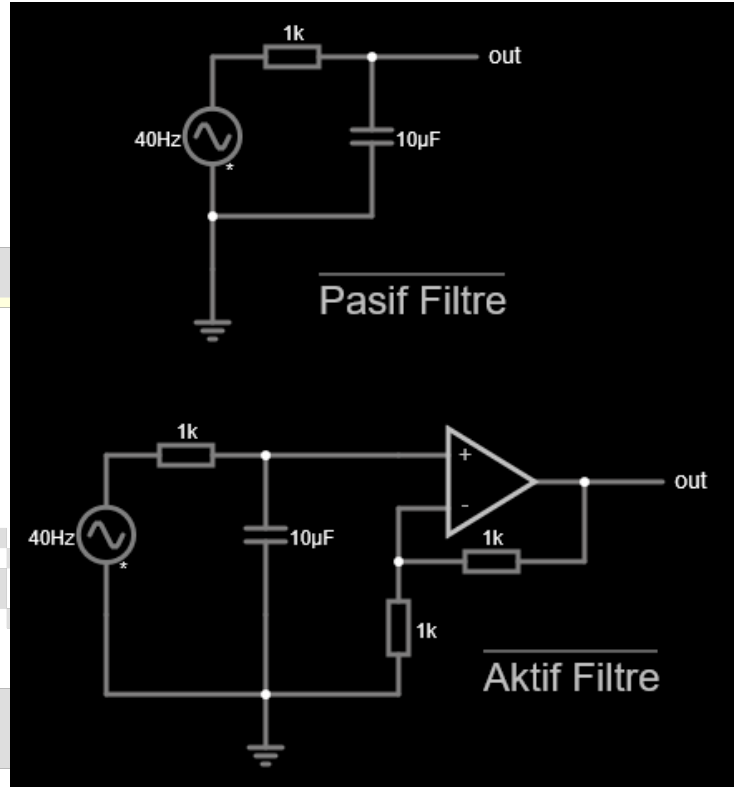
İlgili Devre Simülasyonu

¹ dB/octave ve dB/decade, aynı konseptin farklı perspektiflerle ölçümüdür. dB/octave ile artan frekans oktavlarında kaç dB sinyal azaltması meydana geldiği ifade edilmektedir. Örneğin, cutoff noktası 500Hz olan ve 6 dB/octave eğime sahip bir filtre, 1000Hz'de 6dB, 2000 Hz'de 12dB ve 4000Hz'de 18dB sinyal azaltması uygulamaktadır. 6dB/octave, 20dB/decade'e eşittir. dB/decade frekansın her 10 kat arttığı durumda kaç dB sinyal azaltması meydana geldiğini ifade etmektedir. Aynı örnekten ilerlenirse, cutoff noktası 500Hz olan ve 20dB/decade eğime sahip bir filtre, 5000Hz'de 20dB, 50.000Hz'de ise 40dB sinyal azaltması uygulamaktadır.

Aktif Filtreler

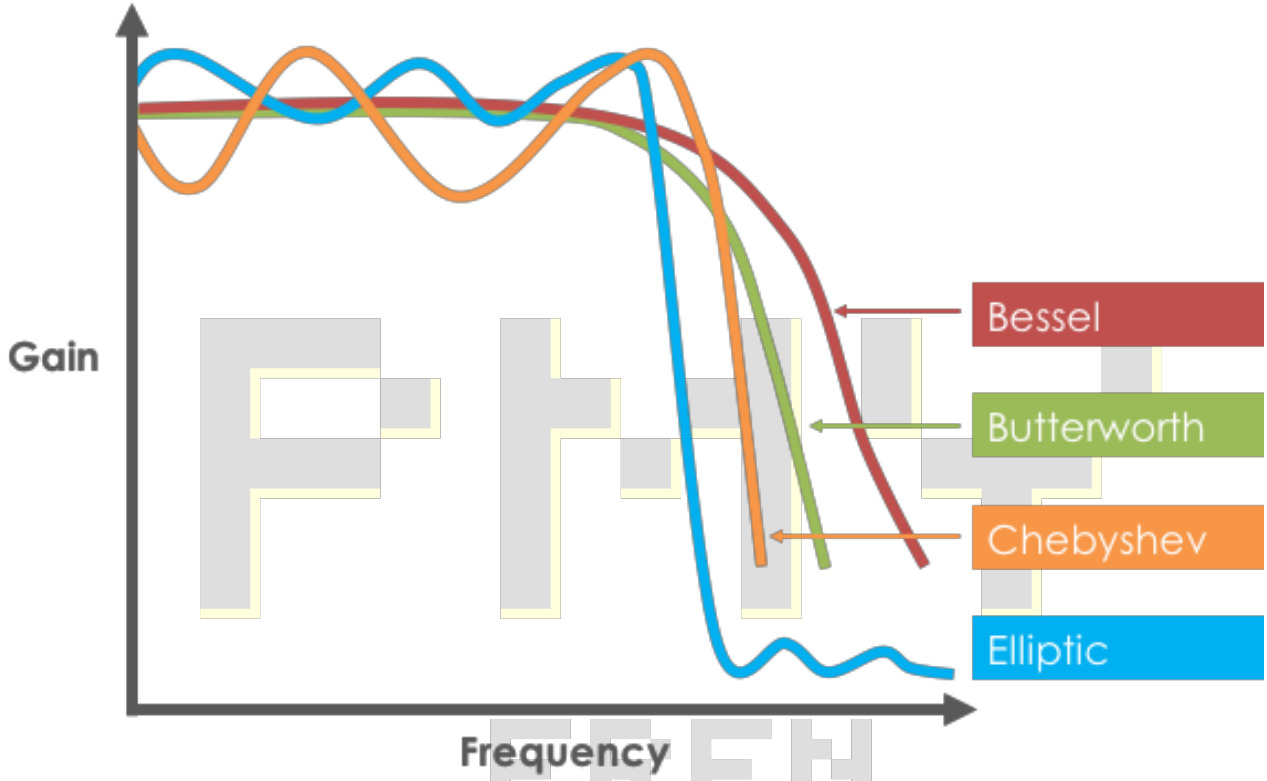
Şu ana kadar gösterilen RC filtreler, pasif filtrelerdir. Pasif filtreler yalnızca direnç, kapasitör ve indüktör gibi pasif devre elemanlarından meydana gelen filtrelerdir. Dolayısıyla bir güç kaynağına ihtiyaç duymazlar. Ancak pasif filtreler ile yalnızca çıkartma-azaltma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Öte yandan, pasif filtreler kapasitör rezonansından etkilenebilmekte ve filtre devresinin sonrasına bağlanan devre elemanlarına göre karakter değiştirebilmektedir. Ancak pasif filtrelerin en önemli eksikliklerinden biri, yüksek filtre derecelerinde kullanılmaya uygun olmamalarıdır. Birden fazla pasif filtrenin arka arkaya eklenerek yüksek dereceli filtre elde edilmesi durumunda, bir pasif filtrenin çıkışındaki empedans diğer pasif filtrenin girişini büyük ölçüde etkilemektedir. Öte yandan kullanılan direnç ve kapasitörlerin çeşitli özelliklerinde bulunan küçük varyasyonlar, filtrenin tepkisini öngörülemez biçimde değiştirebilmektedir. Dolayısıyla filtre derecesi arttıkça filtrenin tepkisini kontrol etmek zorlaşmaktadır.

Aktif filtreler, bahsedilen eksikliklerin üstesinden gelmek için tasarlanmıştır. Aktif filtrelerde bahsedilen pasif elemanların yanı sıra amplifikatörler kullanılmaktadır. Amplifikatörlerin devreye eklenmesiyle filtre devresinin devamına eklenen devre elemanları artık filtrenin karakterini etkilememektedir. Öte yandan filtre devresinin frekans tepkisinin, cutoff frekansının ve Q değerinin basit direnç değişimleriyle kontrol edilmesi mümkün hale gelmiştir.



Aktif Filtre Türleri

Aktif filtrelerin kullanılmaya başlanmasıyla, farklı ihtiyaçları karşılamak amacıyla çeşitli farklı özelliklere sahip aktif filtre türleri geliştirilmiştir. Filtre türleri temelde üç ana özellik ile incelenmektedir: filtre eğimi, frekans tepkisi ve faz tepkisi.



Görsel Kaynağı

Filtre tasarımında temel amaç, pratikte üretilmesi imkansız olan *ideal filtreye* çeşitli açılardan yaklaşmaktır. İdeal filtrenin filtre eğimi 90 derecedir, yani cutoff frekansının üzerinde kalan frekans bandını tamamen yok etmektedir. Frekans tepkisi tamamen transparandır, yani cutoff frekansının altında kalan frekans bandı, herhangi bir değişime uğramaksızın geçirilmektedir. Son olarak ise faz tepkisi lineerdir. Lineer faz tepkisi, filtreden etkilenen tüm frekansların aynı oranda faz kaymasına uğramasıyla meydana gelmektedir. Böylece tüm frekanslar örneğin 90 derece ötelenmiş olacak, çıkış sinyalinin toplam fazı değişse bile -90 derecelik bir ötelemeyle giriş sinyaliyle aynı faza getirilebilecektir.

Chebyshev ve Elliptic filtreler, yüksek filtre eğimi için diğer alanlardan feragat edilen filtrelerdir. İkisinde de oldukça dik bir filtre eğimine ulaşmak mümkündür ancak frekans tepkisi transparan değildir. Çıkış sinyalinin frekansında *ripple* ismi verilen dalgalanmalar meydana gelmektedir. Bu sebeple müzik teknolojisi uygulamalarında kullanımlarına pek rastlanmayan filtre türleridir.

Bessel ve Butterworth filtreler, transparan frekans tepkisine sahip ancak nispeten düşük filtre eğimi sağlayan filtrelerdir. Görselden de görülebileceği üzere, Bessel filtreler Butterworth filtrelerden daha düşük eğime sahiptir. Bu düşük eğim, faz tepkisini lineerleştirmek amacıyla gerçekleştirilen tasarımın sonucudur. Bessel filtreler lineer faz tepkisine sahip değildir, ancak yukarıda gösterilen filtre türleri arasında lineer faz tepkisine en yakın olanıdır. Butterworth filtreler ise daha dik filtre eğimine sahiptir ancak daha non-lineer faz tepkisi göstermektedir. Transparan

frekans tepkileri dolayısıyla müzik teknolojileri uygulamalarında en çok kullanılan filtre türleri Butterworth ve Bessel filtrelerdir.

Bahsedildiği gibi Bessel filtresi lineer faza yakın bir faz tepkisine sahiptir ancak tam olarak lineer değildir. Anlatılan aktif filtre türleri, analog filtre devrelerinin tasarımında kullanılan temelleri ifade etmektedir. Bir filtrenin tamamen lineer faza sahip olabilmesi için çeşitli farklı hesaplamaların kullanılması gerekmektedir. Kullanılan bu hesaplamalar, sinyalin örn. $t+50$ zamanındaki (yani ileri bir zamandaki) değerinin de bilinmesini gerektirmektedir. Geleceği görmek mümkün olmadığı için, lineer faz filtrelerinde eldeki sinyal geciktirilerek hesaplama yapılmaktadır. Analog devrelerde bu geciktirme işleminin ve sonrasında gerçekleştirilecek hesapların uygulanması oldukça zordur. Bu sebeple pratikte analog lineer faz filtrelerine rastlanmamaktadır. Ancak dijital filtre tasarımında lineer faz filtresi gerçekleştirmek nispeten kolaydır.

Lineer faz filtreleri, sinyalde müdahale edilen frekans bölgelerinde meydana gelen non-lineer frekans kaymalarının “düzeltilmesi” yöntemiyle çalışmaktadır. Bir enstrüman kaydını kopyalayıp kopyalardan yalnızca biri üzerinde EQ işlemi yaptığınızı düşünün. Yapılan EQ işlemi çeşitli frekans bantlarında faz kayması yaratacaktır. Meydana gelen bu faz kayması işlem görmemiş ses ile işlem görmüş sesin aynı anda  alınması durumunda ilgili frekans bölgelerinde faz girişimlerinin duyulmasına sebep olacaktır. Lineer faz filtresi kullanarak bu girişimden kurtulmak mümkündür. Ancak lineer faz filtrelerinin de kendilerine özgü dezavantajları mevcuttur. Öncelikle, lineer faz filtreleri işlem gücü bakımından oldukça pahalı filtrelerdir. Bilgisayarın yapması gerektiği hesaplama miktarını çok büyük  l de artırdığı için lineer faz filtreleri kullanıldığında işlemci gücünün önemli bir kısmı bu hesaplamalara harcanmaktadır.

Lineer faz filtrelerinin bir diğer dezavantajı ise sesi geciktirmek durumunda kalmalarıdır. Bu geciktirme, latency olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılan hemen hemen tüm DAW’lar kullanılan her sinyal işlemcinin ne kadar gecikmeye sebep olduğunu öğrenip bu bilgiye göre kanalları senkronize etmektedir. Dolayısıyla herhangi bir mix işleminde gecikmeye sebep olmak o kadar da olumsuz bir sonuç doğurmayacaktır. Ancak hem yüksek işlem gücü gereksinimi hem gecikme dolayısıyla lineer faz filtrelerinin canlı performanslarda kullanımı zorlaşmaktadır.

Lineer faz filtrelerinin son dezavantajı ise *pre-ringing*dir. Kullanılan filtre algoritması, çıktı sesinin başına ana seste olmayan duyulabilir bazı *artifact*ler eklemektedir. Günümüzde kullanılan çoğu EQ yazılımı bu pre-ringing’i minimuma indirmektedir ancak hala dikkatli dinlenildiğinde ayırt edilebilir bir seviyede pre-ringing gözlemlenmektedir. Bu seslerin sesin başına eklenmesi, özellikle transient yapısı kuvvetli perküsif sesleri olumsuz etkileyebilmektedir.