

DENEY 8

Pasif Elektronik Filtreler: Bant Geçiren, Bant Durduran ve Çentik Filtreler

1. Amaç

Bu deneyin amacı; alternatif akım devrelerinde bant geçiren, bant durduran ve çentik filtre devrelerinin çalışma mekanizmalarının ve davranışlarının incelenmesidir.

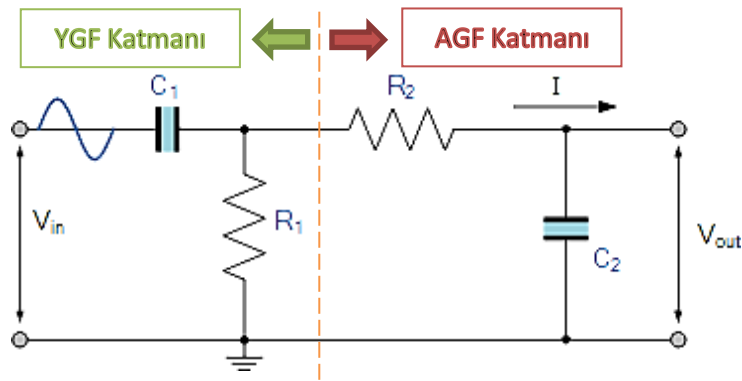
2. Temel Bilgiler

Bir önceki deneyde anlatıldığı gibi, elektronik filtreler farklı frekanslara sahip elektriksel sinyallerin bastırılmasını sağlayan devrelerdir. Filtreler; elektriksel gürültü olarak adlandırılan ve devre çıkışına veya diğer elektronik katmanlara etkisinin oluşması istenmeyen işaretlerin bastırılarak yok edilmesini sağlamaktadır. Pasif elektronik filtreler; RC veya RL yapılarından oluşmaktadır ve kesim frekansları R ile C veya R ile L nin değerlerine bağlı olarak belirlenmektedir.

RC veya RL yapılarından oluşturulan alçak geçiren filtre (AGF) ile yüksek geçiren filtre (YGF) devrelerinin birleştirilmesi ile basit bir bant geçiren filtre (BGF) tasarlanabileceği gibi, bant durduran (BDF) filtre de tasarlanabilir. Hem BGF hem de BDF; AGF ve YGF katmanlarını içerdiği için doğal olarak iki adet kesim frekansı değerine sahip olacaktır. Bu kesim frekanslarından düşük değerli olanı alt kesim frekansı (f_L), büyük değerli olanı ise üst kesim frekansı (f_H) olarak adlandırılır. Bu iki frekans seviyesi arasındaki fark ise bant veya bant genişliği olarak tanımlanan bölgedir.

2.1. Bant Geçiren Filtreler (BGF):

Bant geçiren filtreler; belirli bir bant veya frekans aralığı içerisinde bulunan frekanslara sahip elektriksel işaretleri ileten, bu sahanın dışında kalan frekansa sahip elektriksel işaretleri ise bastırarak filtreleyen elektronik devrelerdir.



Şekil 1 BGF Devresi

BGF tasarımında hem YGF hem de AGF katmanı bulunmaktadır. Bu devrelerde YGF katmanının kesim frekansı alt kesim frekansını (f_L) oluştururken, AGF katmanı ise üst kesim frekansını (f_H) oluşturmaktadır. Bu filtreler; belirli bir frekans aralığı içerisinde bulunan frekansların iletilmesini gerektiren tüm elektronik devrelerde kullanılabilir. Elektriksel işaretlerin iletilebildiği frekans aralığı

filtrenin Bant Genişliği (BW) olarak tanımlanmaktadır. BW'nin birimi de kesim frekansında olduğu gibi Hertz (Hz) dir.

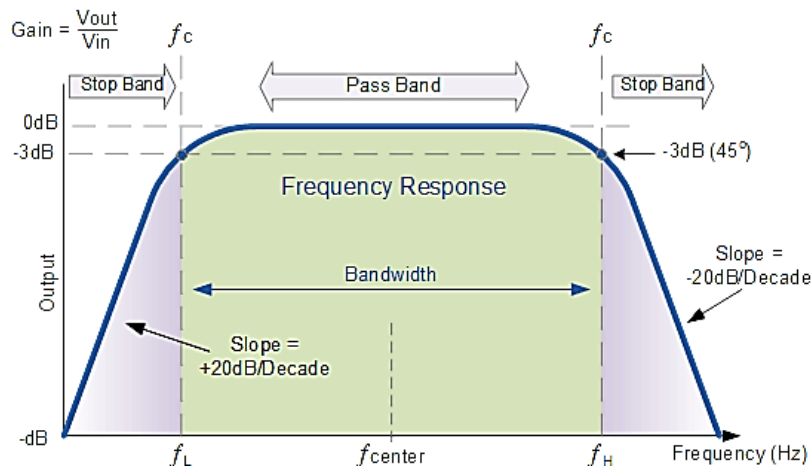
Bu filtre devresindeki f_L ve f_H değerleri, AGF ve YGF filtrelerinde kullanılan formüllerle hesaplanır.

YGF katmanının kesim frekansı:

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

AGF katmanının kesim frekansı:

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$



Şekil 2 BGF frekans cevabı grafiği

Yukarıdaki grafikten de anlaşıldığı gibi, bir BGF filtrenin bant genişliği f_H ile f_L arasındaki farktır.

Bu filtrenin doğru bir şekilde çalışması için; filtre tasarlanırken AGF katmanının kesim frekansının YGF katmanının kesim frekansından büyük olması gerekmektedir.

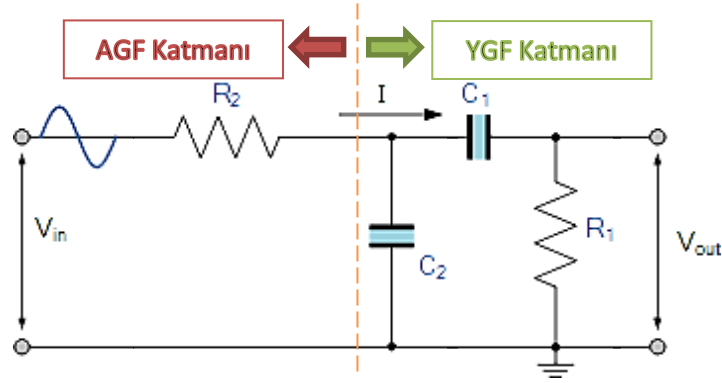
$$BW = f_H - f_L$$

O halde bir BGF'nin bant genişliği, alt ve üst kesim frekanslarının seviyeleri değiştirilerek ayarlanabilir.

2.2. Bant Durduran Filtreler (BDF):

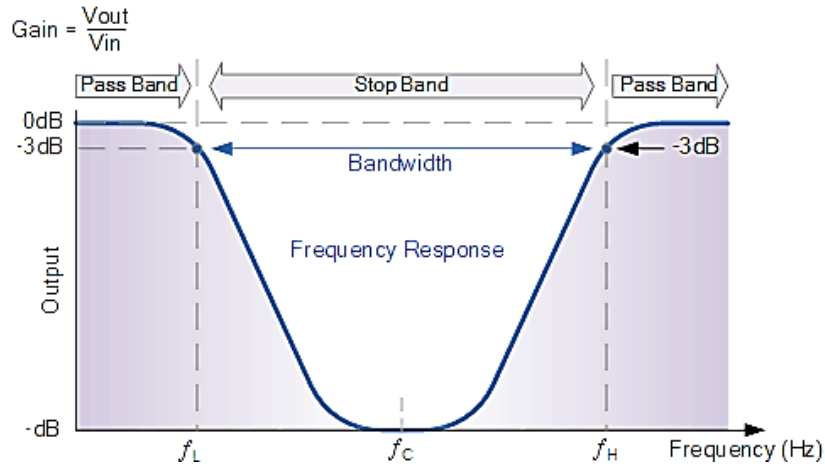
Bant durduran filtreler; bir önceki bölümde anlatılan BGF devrelerinin tam tersi şekilde çalışan bir diğer elektronik filtredir. Bu devrelerde belirli bir bant veya frekans aralığı içerisinde bulunan frekanslara sahip elektriksel işaretler bastırılarak filtrelenirken, bu sahanın dışında kalan frekansa sahip elektriksel işaretler ise iletilebilir.

BGF filtrelerde olduğu gibi bu filtreler de hem YGF hem de AGF katmanından oluşmaktadır ve devre şeması BGF ile tamamen aynıdır. Ancak BDF devrelerinde alt kesim frekansını (f_L) AGF katmanı belirlerken üst kesim frekansını (f_H) YGF katmanı belirlemektedir. Bu filtreler; belirli bir frekans aralığı içerisinde bulunan frekansların filtrelenmesini gerektiren tüm elektronik devrelerde kullanılabilir.



Şekil 3 BDF Devresi

Bu devrelerde de yine iki adet kesim frekansı vardır ve bu iki kesim frekansı arasında kalan bölge de bant genişliği olarak adlandırılmaktadır. BDF devrelerinin f_L ve f_H değerleri BGF devreleri ile aynı şekilde hesaplanır. BDF devrelerinin frekans yanıtı BGF devrelerinden daha farklıdır.



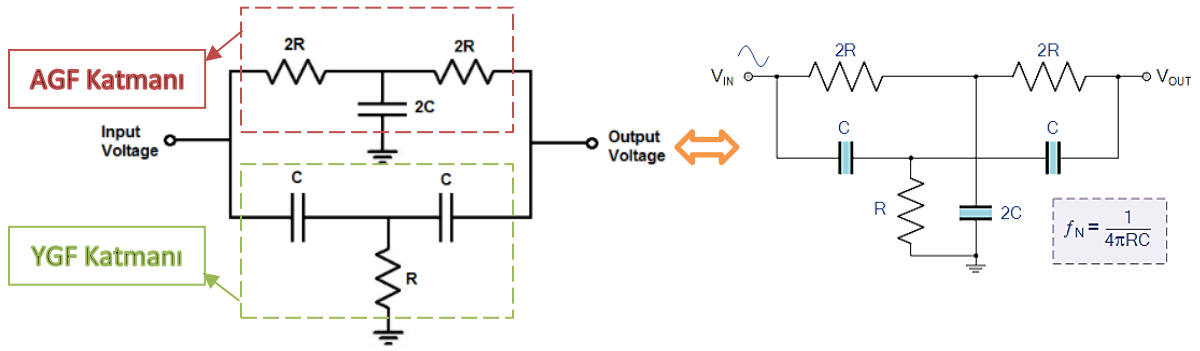
Şekil 4 BDF frekans cevabı grafiği

BDF devresinin doğru bir şekilde çalışması için; filtre tasarlanırken AGF katmanının kesim frekansının YGF katmanının kesim frekansından küçük olması gerekmektedir.

BDF devrelerinin bant genişliği de yine alt ve üst kesim frekanslarının seviyeleri değiştirilerek belirlenebilir. Eğer bu bant genişliği çok dar ayarlanırsa, çentik filtre (notch filter) tasarlanmış olacaktır.

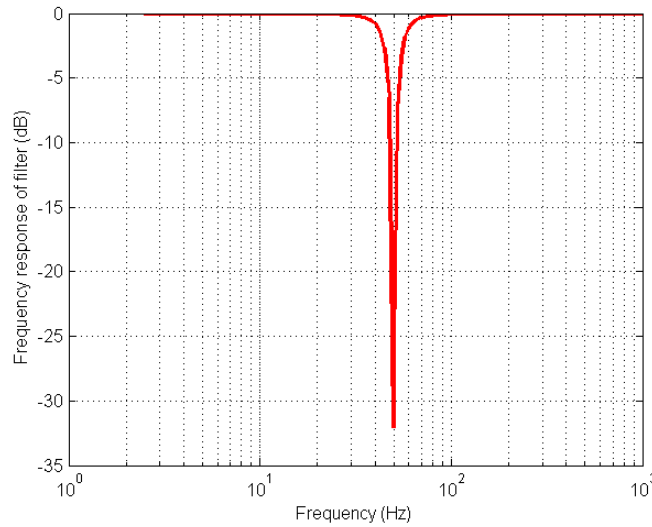
2.2.1. Twin-T Notch (Çentik) Filtre:

Çentik filtreler; bant durduran filtrenin özel bir çeşididir ve BDF nin bant genişliğinin çok dar olacak şekilde tasarlanması ile üretilirler. Biyomedikal mühendisliği uygulamalarında genellikle şebeke geriliminden kaynaklanan 50 Hz'lik gürültülerin bastırılmasında kullanılmaktadır. Çentik filtreler tasarımına göre tek bir frekans değerini veya çok dar bir frekans bandını sönmleyen filtrelerdir. Çentik filtrelerin yapısında da AGF ve YGF filtreler bulunmaktadır. Ancak bu filtrelerde her bir alt filtre katmanı birbirine simetrik şekilde konumlandırılmış ikiyeşer alt filtreden oluşmaktadır. Bu simetrik yapıdan ve devre bağlantısının görünümünden dolayı Twin-T (İkiz-T) olarak, filtrenin frekans cevabı grafiği de çentiği andırdığı için Notch (Çentik) filtre olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 5 Twin-T Notch (Çentik) filtre devresinin iki gösterimi

Bu filtrelerin bir dezavantajı, çentik filtrenin kesim frekansının alt bölgesindeki işaretlerin çıkış gücünün, üst bölgesindeki çıkış gücünden daha düşük olmasıdır. Yani filtrelenecek sinyalin bileşenlerinden kesim frekansından daha düşük seviyedeki işaretler, diğer frekanslara göre daha zayıf bir şekilde çıkışa aktarılabilmektedir. Bunun nedeni, filtre tasarımında AGF katmanında kullanılan dirençlerin $2R$ değerinde iken, YGF katmanındaki dirençlerin R değerine sahip olmasıdır. $2R$ üzerinde daha fazla enerji harcanacağı için, AGF katmanına denk gelen frekanslardaki işaretler, YGF katmanına göre daha zayıf olarak çıkışa aktarılacaktır. Bu problem, çentik filtre tasarımlarında genellikle filtre sonuna bir gerilim bölücü devresi ve opamp eklenerek çözülebilmektedir.



Şekil 6 Çentik filtrenin frekans cevabı grafiği

Çentik filtrenin kesim frekansı f_c ; AGF ve YGF filtrelerinin birbirine çok yakın olan alt ve üst kesim frekanslarının geometrik ortalamasıdır.

AGF katmanının kesim frekansı:

$$f_L = \frac{1}{2\pi 2R 2C} = \frac{1}{8\pi RC}$$

YGF katmanının kesim frekansı:

$$f_H = \frac{1}{2\pi RC}$$

O halde f_L ve f_H değerlerinin geometrik ortalaması f_c nin seviyesi aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$f_c = \sqrt{f_L f_H} = \sqrt{\frac{1}{8\pi RC} \frac{1}{2\pi RC}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{16\pi^2 R^2 C^2}}$$

$$f_c = \frac{1}{4\pi RC}$$

Deney No		
Deney Adı		
Öğrenci No	Ad-Soyad	İmza

3. Hazırlık Çalışması

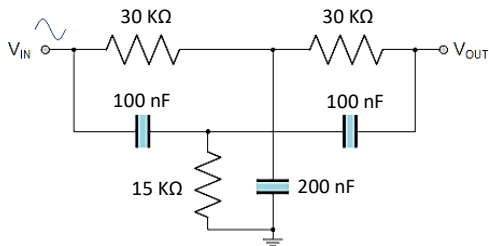
1. Bant Geçiren Filtre, Bant Durduran Filtre ve Bant Genişliği kavramlarını tanımlayınız. (10 puan)

2. 10 kΩ ve 1 kΩ dirençler ile 220 nF ve 4.7 μF kapasitörler kullanılarak BDF tasarlanması isteniyor ise;
a. Devre şemasını aşağıdaki kutuya çiziniz. (10 puan)

- b. Devrenin bant genişliğini hesaplayınız. (10 puan)

- c. Filtrenin frekans cevabı grafiğini çiziniz ve kesim frekanslarını grafikte gösteriniz. (10 puan)

3. Şekil-7'deki devrenin kesim frekansını bulunuz. (10 puan)



Şekil 7 Çözülecek devre

f_c Hesaplama

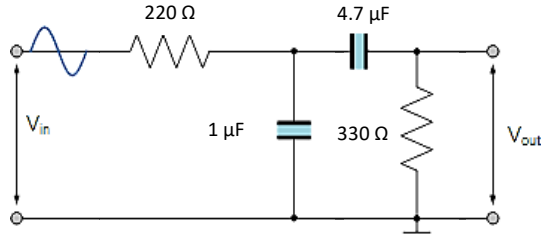
Filtre Tipi:

Deney No		
Deney Adı		
Öğrenci No	Ad-Soyad	İmza

4. Deney Çalışması ve Deney Sonuçları Raporu

4.1. RC Bant Geçiren Filtre Uygulaması

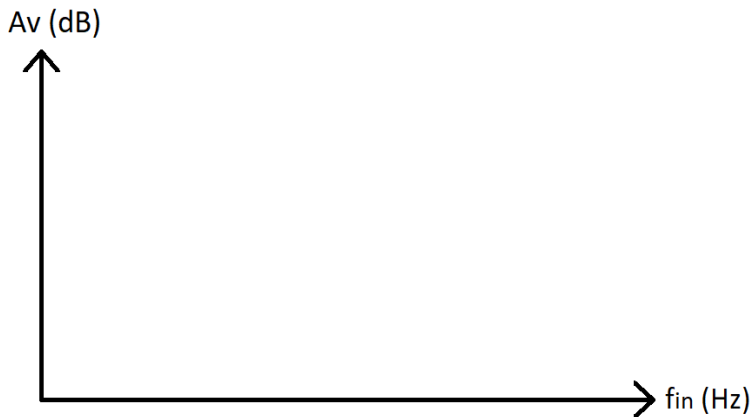
1. Şekil-8'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratöründen giriş sinyalinin frekansını ve genliğini (V_{pp}) osiloskobun 1. kanalını kullanarak Tablo-1'de verilen değerlere sırasıyla ayarlayınız.
3. Her giriş sinyali için çıkış sinyalinin genliğini osiloskobun 2. kanalını kullanarak inceleyiniz ve tabloda ilgili yerlere yazınız.
4. A_v değerini V_{out}/V_{in} oranı ile hesaplayınız ve tabloda ilgili yere yazınız.
5. Gerilim kazancı değerlerini dB cinsinden hesaplayarak tabloda ilgili yerlere yazınız.
6. Filtrenin frekans- A_v (dB) karakteristik grafiğini devrenin altındaki grafiğe çiziniz.
7. Filtrenin kesim frekansını grafik üzerinde belirleyerek işaretleyiniz.
8. Filtrenin alt ve üst kesim frekanslarını ve bant genişliğini matematiksel olarak hesaplayınız ve grafiğin yanındaki ilgili kutucuğa yazınız.



Şekil 8 RC bant geçiren filtre

Tablo 1 BGF Devresi için ayarlanacak değerler

V_{in} (V)	f_{in} (Hz)	V_{out}	A_v	A_v (dB)
10	25			
10	50			
10	100			
10	200			
10	400			
10	800			
10	1600			
10	3200			



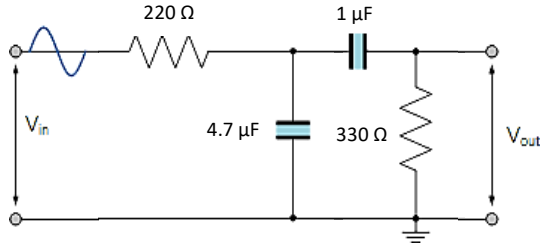
f_L Hesaplama

f_H Hesaplama

Bant Genişliği

4.2. RC Bant Durduran Filtre Uygulaması

1. Şekil-9'daki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratöründen giriş sinyalinin frekansını ve genliğini (V_{pp}) osiloskobun 1. kanalını kullanarak Tablo-1'de verilen değerlere sırasıyla ayarlayınız.
3. Her giriş sinyali için çıkış sinyalinin genliğini osiloskobun 2. kanalını kullanarak inceleyiniz ve tabloda ilgili yerlere yazınız.
4. A_v değerini V_{out}/V_{in} oranı ile hesaplayınız ve tabloda ilgili yere yazınız.
5. Gerilim kazancı değerlerini dB cinsinden hesaplayarak tabloda ilgili yerlere yazınız.
6. Filtrenin frekans- A_v (dB) karakteristik grafiğini devrenin altındaki grafiğe çiziniz.
7. Filtrenin kesim frekansını grafik üzerinde belirleyerek işaretleyiniz.
8. Filtrenin alt ve üst kesim frekanslarını ve bant genişliğini matematiksel olarak hesaplayınız ve grafiğin yanındaki ilgili kutucuğa yazınız.



Şekil 9 RC bant durdurucu filtre

Tablo 2 BDF Devresi için ayarlanacak değerler

V_{in} (V)	f_{in} (Hz)	V_{out}	A_v	A_v (dB)
10	25			
10	50			
10	100			
10	150			
10	200			
10	300			
10	400			
10	450			
10	500			
10	600			
10	700			
10	1000			

A_v (dB)



f_{in} (Hz)

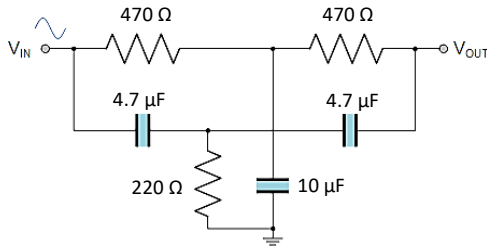
f_L Hesaplama

f_H Hesaplama

Bant Genişliği

4.3. Çentik Filtre Uygulaması

1. Şekil-10'daki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratöründen giriş sinyalinin frekansını ve genliğini (V_{pp}) osiloskobun 1. kanalını kullanarak Tablo-1'de verilen değerlere sırasıyla ayarlayınız.
3. Her giriş sinyali için çıkış sinyalinin genliğini osiloskobun 2. kanalını kullanarak inceleyiniz ve tabloda ilgili yerlere yazınız.
4. A_v değerini V_{out}/V_{in} oranı ile hesaplayınız ve tabloda ilgili yere yazınız.
5. Gerilim kazancı değerlerini dB cinsinden hesaplayarak tabloda ilgili yerlere yazınız.
6. Filtrenin frekans- A_v (dB) karakteristik grafiğini devrenin altındaki grafiğe çiziniz.
7. Filtrenin kesim frekansını grafik üzerinde belirleyerek işaretleyiniz.
8. Filtrenin alt ve üst kesim frekanslarını ve bant genişliğini matematiksel olarak hesaplayınız ve grafiğin yanındaki ilgili kutucuğa yazınız.



Şekil 10 Çentik Filtre Devresi

Tablo 3 Çentik Filtre için ayarlanacak değerler

V_{in} (V)	f_{in} (Hz)	V_{out}	A_v	A_v (dB)
10	20			
10	40			
10	60			
10	65			
10	70			
10	75			
10	80			
10	100			
10	200			
10	500			

A_v (dB)



f_{in} (Hz)



f_c Hesaplama