



**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi**

**Teknoloji Fakültesi**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü**

**DEVRE ANALİZİ-II DERSİ LABORATUVARI**

**DENEY 6  
PASİF FİLTRE DEVRELERİ UYGULAMALARI**

**Dersin Öğretim Üyeleri**

**Dr. Öğrt. Üyesi Tuna GÖKSU  
Dr. Öğrt. Üyesi Ali ŞENTÜRK**

**Deneyi Yaptıran Öğretim Elemanları**

**Arş. Gör. Dr. Hatice AKMAN  
Arş. Gör. Samet YALÇIN  
Arş. Gör. Yusuf Erkan GÖRGÜLÜ**

## DENEY 7

### Pasif Elektronik Filtreler: Direnç-Kondansatör (RC) ve Direnç-Bobin (RL) Devreleri

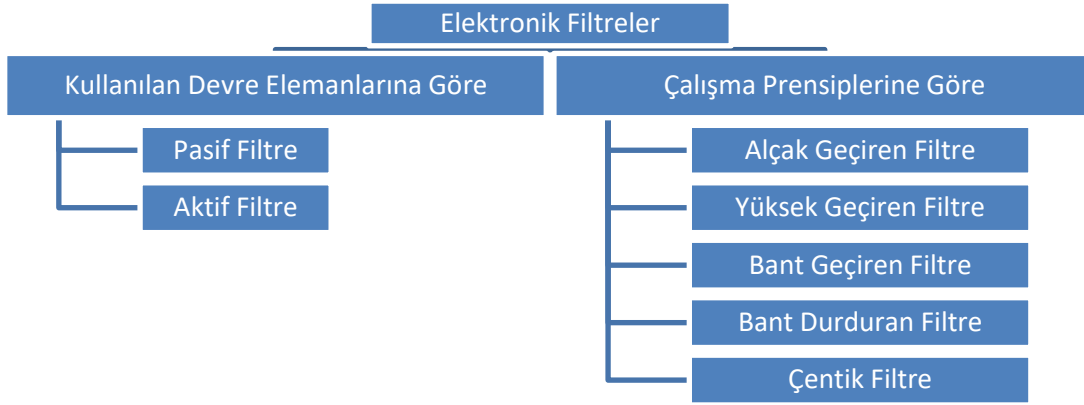
## 1. Amaç

Bu deneyin amacı; alternatif akım devrelerinde, direnç-kondansatör birleşimi ile oluşturulan RC filtre devreleri ve direnç-bobin birleşimi ile oluşturulan RL filtre devrelerinin çalışma mekanizmalarının ve davranışlarının incelenmesidir.

## 2. Temel Bilgiler

Elektronik filtreler, farklı frekanslara sahip elektriksel sinyallerin iletilmesini veya durdurulmasını sağlayan elektronik devrelerdir. Bu devreler; elektrik işaretlerinin yalnızca belli frekanslarda iletilmesini sağlayan devre elemanları olan kondansatör veya bobin kullanılarak oluşturulur.

Elektronik filtreler çalışma prensibine ve kullanılan devre elemanlarına göre gruplandırılmaktadır.



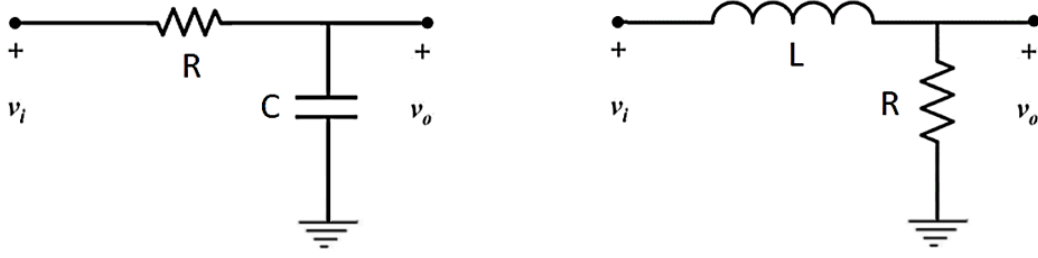
Pasif filtreler; direnç, bobin ve kondansatör gibi temel devre elemanları veya bunların birleşiminden meydana gelir. Bu elektronik devrelerin fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için harici bir güç kaynağına ihtiyaç duyulmamaktadır. Aktif filtrelerin pasif filtrelerden farkı ise; bu devrelerde ayrıca op-amp veya mikroişlemci gibi devre elemanlarının kullanılmasıdır. Bu devre elemanları ile oluşturulan elektronik devrelerin fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için harici bir güç kaynağına ihtiyaç duymaları nedeniyle, bu filtreler aktif filtre olarak adlandırılmaktadır.

Bu deneyde alçak geçiren ve yüksek geçiren pasif elektronik filtrelerin çalışma mekanizmaları incelenerek uygulamaları gerçekleştirilecektir.

### 1. Pasif Alçak Geçiren Filtreler (AGF):

Bir elektronik devrede belirli bir frekanstan daha düşük seviyede frekansa sahip elektriksel sinyallerin devrenin çıkışına aktarılmasının istendiği durumlarda kullanılan filtre çeşididir. Bu filtreler, kesim frekansı ( $f_c$ ) olarak belirlenen seviyenin üzerinde frekansa sahip işaretleri filtreler ve çıkışa iletmez. Bir pasif alçak geçiren filtre, RC (Direnç-Kondansatör) veya RL (Direnç-Bobin) devre elemanları kullanılarak oluşturulabilir.

RC ve RL devrelerinin filtre olarak fonksiyonunu yerine getirmeleri, içerdikleri Kondansatör veya Bobin sayesinde sağlanmaktadır. Aşağıdaki devrelerde görüldüğü üzere, C ve L devre elemanlarının yerleri farklı konumdadır. Ancak her iki devre de alçak geçiren filtre olarak çalışmaktadır.



Şekil 1 RC ve RL Pasif Alçak Geçiren Filtre

#### RC devrenin alçak geçiren filtre olarak çalışması:

Kondansatör (C)' nin empedansı ( $X_C$ ), frekansla ters orantılı olarak değişmektedir. Kondansatör empedansının matematiksel formülü aşağıda verilmiştir:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

Giriş sinyalinin ( $V_i$ ) frekansı düşük seviyelerde iken kondansatörün  $X_C$  değeri büyük olacaktır. Dolayısıyla girişten uygulanan düşük frekanslı işaretler C üzerinden geçemeyecek ve toprak hattına doğru değil, çıkışa ( $V_o$ ) doğru aktarılacaktır. Yani belirli bir frekans seviyesinden daha düşük frekansa sahip işaretler, iletilmiş olacaktır.

Yüksek frekanslı giriş işaretleri için ise  $X_C$  değeri düşeceğinden, kondansatör iletme geçecektir ve akım bu devre elemanı üzerinden geçerek toprağa iletilecektir. Dolayısıyla çıkışta herhangi bir işaret okunamayacağı için bu devrelerde yüksek frekanslı sinyaller bastırılmış ve filtrelenmiş olacaktır.

#### RL devrenin alçak geçiren filtre olarak çalışması:

Bobin (L)' nin empedansı ( $X_L$ ), frekansla doğru orantılı olarak değişmektedir. Bobin empedansının matematiksel formülü aşağıda verilmiştir:

$$X_L = 2\pi f L$$

Giriş sinyalinin ( $V_i$ ) frekansı düşük seviyelerde iken bobinin  $X_L$  değeri düşüktür. Dolayısıyla L iletimde olacağı için, girişten uygulanan düşük frekanslı işaretler bobin üzerinden çıkışa ( $V_o$ ) aktarılacaktır. Yani belirli bir frekans seviyesinden daha düşük frekansa sahip işaretler, çıkışa aktarılacaktır.

Yüksek frekanslı giriş işaretleri için ise  $X_L$  değeri de büyük olacağı için, belirli bir frekans seviyesinden itibaren elektriksel sinyali iletemeyecek duruma geçecektir. Dolayısıyla çıkışta herhangi bir işaret elde edilemeyeceği için bu devrelerde yine yüksek frekanslı sinyaller filtrelenmiş olacaktır.

RC ve RL devrelerinin Şekil-1'de görülen yerleşim düzeni ile oluşturulan elektronik devrelerde, girişten uygulanan elektrik işaretinin genliğinin çıkışta belirli bir oranda bastırıldığı frekans seviyesi **kesim frekansı** (cutoff frequency) olarak adlandırılmaktadır ve  $f_c$  ile ifade edilir.  $f_c$ ; devre elemanlarının değerine bağlı olarak değişmektedir. Bu devre elemanları değiştirilerek, istenilen  $f_c$  değerine sahip bir alçak geçiren filtre tasarlanabilir.

RC devre için kesim frekansı;

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

olarak hesaplanır. Burada direnç (R) ohm ( $\Omega$ ), kondansatör (C) farad (F) biriminde iken kesim frekansı ( $f_c$ ) hertz (Hz) olarak elde edilir.

RL devre için kesim frekansı;

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

formülü kullanılarak hesaplanır. Burada direnç (R) ohm ( $\Omega$ ), bobin (L) henry (H) biriminde iken kesim frekansı ( $f_c$ ) hertz (Hz) olarak elde edilir.

Filtrelerde gerilim kazancının elde edilmesi, sinyalin ne oranda filtrelendiğini belirlemek için önemlidir. Gerilim kazancı  $A_v$  ile ifade edilir ve çıkış sinyalinin genliğinin giriş sinyalinin genliğine oranı olarak hesaplanır:

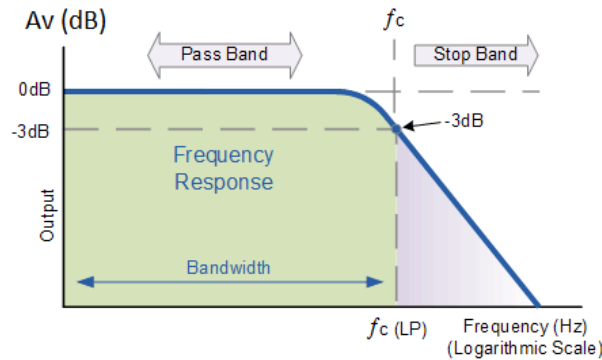
$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Elektronik RC veya RL devrelerin filtre olarak çalışabilmesinin sonucu olarak gerilim kazancı, giriş sinyalinin frekans değerine bağlı olarak değişmektedir.

Kesim frekansının seviyesi; gerilim kazancının logaritmik ifadesi olan desibel (dB) birim dönüşümü yapılarak da elde edilebilmektedir. Bunun için yukarıdaki formül şu şekilde revize edilir:

$$A_{v(dB)} = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$$

Giriş sinyalinin frekansına bağlı olarak gerilim kazancının değişimi aşağıdaki şekildeki gibi bir grafik üzerinde gösterildiğinde  $f_c$  seviyesi; çıkış sinyalinin, giriş sinyalinin tamamının iletilebildiği seviyeden (0 dB seviyesi) 3 dB düştüğü seviye (-3 dB seviyesi) olarak belirlenmektedir. Bu seviyede  $V_o / V_i$  oranı 0.707 değerindedir.



Şekil 2 AGF için giriş sinyalinin frekansına bağlı olarak gerilim kazancının değişimi

- $f = 0$ 'dan başlanarak incelenirse;

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \infty \Omega$  olur. Bu durumda kondansatör açık devre gibi davranır, ve böylece çıkış gerilimi giriş gerilimine eşit olur ( $V_0 = V_i$ ).

$$\checkmark f = 0 \Rightarrow V_0 = V_i$$

- **Çok yüksek frekanslarda;**

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = 0$  olur ve böylece çıkış gerilimi sıfır olur ( $V_0 = 0$ ).

$$\checkmark f = \text{çok yüksek} \Rightarrow V_0 = 0$$

Devrede çıkış gerilimi frekans değerlerine göre değişir. Devreye gerilim bölücü uygularsak;

- $V_0 = \frac{V_i \cdot X_C}{R + X_C}$  olur.

- $\frac{V_0}{V_i} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \angle \left( -90^\circ + \tan^{-1} \left( X_C / R \right) \right)$  elde edilir.

- $\frac{V_0}{V_i}$  oranının büyüklüğü;

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R}{X_C}\right)^2 + 1}} \text{ olarak ifade edilir.}$$

- Faz açısı da;  $\theta = \left( -90^\circ + \tan^{-1} \left( X_C / R \right) \right)$  olur.

- $X_C = R$  için çıkış gerilimi  $V_0 = 0.707 \cdot V_i$  olur.

- $X_C = R$  için  $f = f_c$  olup yukarıdaki şekilde görülmektedir.

- $X_C = R$  için frekans  $f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$  elde edilir.,

Alçak-geçirgen filtrelerde, uygulanan frekans  $f_c$  'den küçük olduğunda, çıkış gerilimi giriş geriliminin %70,7'sinden büyük olmaktadır. Herhangi bir frekans  $f_c$  'den büyük ise, çıkış gerilimi, giriş geriliminin %70,7'sinden küçük olmaktadır.

- **Alçak frekanslarda;**

$\tan^{-1}(X_C / R)$  açısı  $90^\circ$ 'ye yaklaşmakta ve faz açısı;

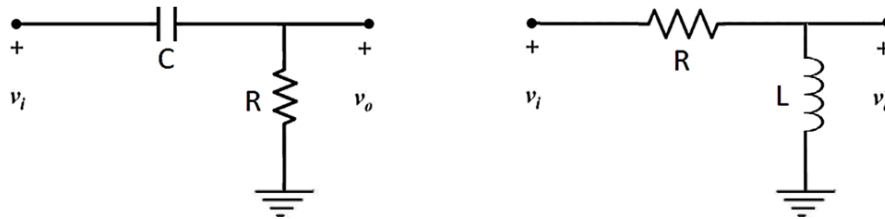
$$\theta = \left( -90^\circ + \tan^{-1} \left( X_C / R \right) \right) = -90^\circ + 90^\circ = 0^\circ$$

$X_C = R$  için  $f = f_c$  ve  $\tan^{-1} \left( X_C / R \right) = \tan^{-1}(1) = 45^\circ$  olup faz açısı;

$$\theta = \left( -90^\circ + \tan^{-1} \left( X_C / R \right) \right) = -90^\circ + 45^\circ = -45^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

## 2. Pasif Yüksek Geçiren Filtreler (YGF):

Bir elektronik devrede belirli bir frekanstan daha yüksek seviyede frekansa sahip elektriksel sinyallerin devrenin çıkışına aktarılmasının istendiği durumlarda kullanılan filtre çeşididir. Bu filtreler, kesim frekansı ( $f_c$ ) olarak belirlenen seviyenin altında frekansa sahip işaretleri filtreler ve çıkışa iletmez. Bir pasif yüksek geçiren filtre de yine RC (Direnç-Kondansatör) veya RL (Direnç-Bobin) devre elemanları kullanılarak oluşturulabilir. Pasif alçak geçiren filtreden farkı; Şekil-3’de görüldüğü gibi devre elemanlarının yerlerinin değiştirilmiş olmasıdır.



### Şekil 3 RC ve RL Pasif Yüksek Geçiren Filtre

### RC devrenin yüksek geçiren filtre olarak çalışması:

Düşük frekanslı giriş işaretleri için  $X_C$  değeri büyük olacağı için, belirli bir frekans seviyesinin altında iken kondansatör kesimdedir ve elektriksel sinyal çıkışa iletilemeyecektir. Dolayısıyla çıkıştan herhangi bir işaret elde edilemeyeceği için bu devrelerde düşük frekanslı sinyaller filtrelenmiş olacaktır.

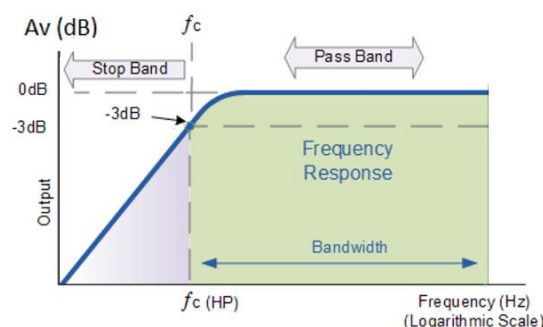
Giriş sinyalinin frekansı yüksek seviyelerde iken ise kondansatörün  $X_C$  değeri düşük olacaktır. Dolayısıyla C iletimde olacağı için, girişten uygulanan yüksek frekanslı işaretler kondansatör üzerinden çıkışa aktarılacaktır. Yani belirli bir frekans seviyesinden daha yüksek frekansa sahip işaretler iletilecektir.

**RL devrenin yüksek geçiren filtre olarak çalışması:**

Giriş sinyalinin frekansı düşük seviyelerde iken bobinin  $X_L$  değeri düşüktür. Dolayısıyla girişten uygulanan düşük frekanslı işaretler L üzerinden geçerek çıkış katmanına değil, toprağa aktarılacaktır. Yani düşük frekanslı sinyaller filtrelenmiş olacaktır.

Yüksek frekanslı giriş işaretleri için ise  $X_L$  değeri de artacağı için, sinyal bobin üzerinden toprağa değil, çıkışa aktarılacaktır. Dolayısıyla belirli bir frekans seviyesinden daha yüksek frekansa sahip işaretler iletilecektir.

Yüksek geçiren filtrelerde de  $f_c$  değerini bulmak için kullanılacak formül AGF formülleri ile aynıdır. Ancak YGF'nin giriş sinyaline bağlı olarak dB cinsinden gerilim kazancının değişimi grafiği daha farklıdır.



**Şekil 4** YGF için giriş sinyalinin frekansına bağlı olarak gerilim kazancının değişimi

- **Alçak frekanslarda**, devrenin çıkış gerilimi düşük olur.  $f_c$  kritik frekansından sonra gerilim yükselmeye başlar.
- $f = 0$  iken kondansatörün reaktansı çok yüksek olacağından;

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \infty \Omega$  olur. Bu durumda kondansatör açık devre gibi davranır ve böylece çıkış gerilimi sıfır olur ( $V_0 = 0$ ).

$$\checkmark f = 0 \Rightarrow V_0 = 0$$

- **Çok yüksek frekanslarda;**

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = 0$  olacağından çıkış gerilimi giriş gerilimine eşit olur ( $V_0 = V_i$ ).

$$\checkmark f = \text{çok yüksek} \Rightarrow V_0 = V_i$$

Devrede çıkış gerilimi frekans değerlerine göre değişir. Herhangi bir ara frekansta, çıkış gerilimi, gerilim bölücü kuralına göre;

- $V_0 = \frac{V_i \cdot X_C}{R + X_C}$  olur.
- $\frac{V_0}{V_i} = \frac{R}{R + X_C} = \frac{R \angle 0^\circ}{R - jX_C} = \frac{R \angle 0^\circ}{\sqrt{R^2 + X_C^2} \angle \tan^{-1}(X_C/R)}$  elde edilir.
- $\frac{V_0}{V_i}$  oranının büyüklüğü;

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{X_C}{R}\right)^2 + 1}} \text{ olarak elde edilir.}$$

- Faz açısı da;  $\theta = \tan^{-1}\left(X_C/R\right)$  olur.
- $X_C = R$  için çıkış gerilimi  $V_0 = 0.707 * V_i$  olur.
- $X_C = R$  için  $f = f_c$  olup yukarıdaki şekilde görülmektedir.
- $X_C = R$  için frekans  $f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$  elde edilir.

Yüksek-geçirgen filtrelerde, uygulanan frekans  $f_c$  'den küçük olduğunda, çıkış gerilimi giriş geriliminin %70,7'sinden küçük olmaktadır. Herhangi bir frekans  $f_c$  'den büyük ise, çıkış gerilimi, giriş geriliminin %70,7'sinden daha büyük olmaktadır.

- **Yüksek frekanslarda;**

$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$  formülüne göre  $X_C$  değeri sıfıra gitmekte ve  $\tan^{-1}\left(X_C/R\right)$  açısı  $0^\circ$ 'ye gitmekte ve faz açısı:

$$\theta = \tan^{-1}\left(X_C/R\right) = 0^\circ \text{ olmaktadır.}$$

$X_C = R$  için  $f = f_c$  ve  $\tan^{-1}\left(X_C/R\right) = \tan^{-1}(1) = 45^\circ$  olup faz açısı:

$$\tan^{-1}\left(X_C/R\right) = 45^\circ \text{ olarak elde edilir.}$$

- **Alçak frekanslarda;**

- $X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$  formülüne göre  $X_C$  değeri çok büyük değerlere ve  $\tan^{-1}\left(X_C/R\right)$  açısı  $90^\circ$ 'ye gittiğinden faz açısı:

- $\theta = \tan^{-1}\left(X_C/R\right) = 90^\circ \text{ olmaktadır.}$

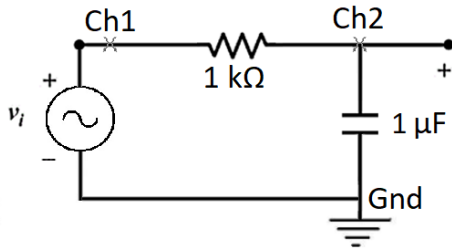


Deney No		
Deney Adı		
Öğrenci No	Ad-Soyad	İmza

## 4. Deney Çalışması ve Deney Sonuçları Raporu

### 4.1. RC Alçak Geçiren Filtre Uygulaması

1. Şekil-6'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 kesim frekansını matematiksel olarak hesaplayınız ve grafiğin yanındaki ilgili kutucuğa yazınız.



Şekil 6 RC alçak geçiren filtre

Tablo 1 AGF Devresi için ayarlanacak değerler

$V_{in}$ (V)	$f_{in}$ (Hz)	$V_{out}$	$A_v$	$A_v$ (dB)
10	20			
10	40			
10	80			
10	160			
10	320			
10	640			
10	1280			
10	2560			

$A_v$  (dB)



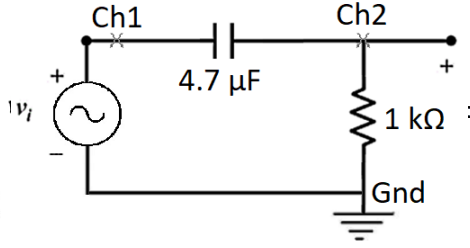
$f_{in}$  (Hz)



$f_c$  Hesaplama

#### 4.2. RC Yüksek Geçiren Filtre Uygulaması

1. Şekil-7'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. Av 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-Av(dB) karakteristik grafiğini devrenin altındaki grafiğe çiziniz.
7. Filtrenin kesim frekansını grafik üzerinde belirleyerek işaretleyiniz.
8. Filtrenin kesim frekansını matematiksel olarak hesaplayınız ve grafiğin yanındaki ilgili kutucuğa yazınız.



Şekil 7 RC yüksek geçiren filtre

Tablo 2 YGF Devresi için ayarlanacak değerler

$V_{in}$ (V)	$f_{in}$ (Hz)	$V_{out}$	Av	Av(dB)
10	5			
10	10			
10	20			
10	40			
10	80			
10	160			
10	320			
10	640			

Av (dB)



$f_{in}$  (Hz)



$f_c$  Hesaplama

## 6. Sonuç ve Tartışma

1. Hesapladığınız kesim frekansı ile deneysel olarak gözlemlediğiniz kesim frekansı arasında fark var mıdır, eğer varsa nedenlerinin neler olabileceğini yazınız.
2. Bu deney çalışmasında neler öğrendiniz kendi cümlelerinizle açıklayınız.
3. Filtre devrelerinin amacı nedir? Kapasitör olmadan filtre devresi tasarlanabilir mi?