

ÖN HAZIRLIK

1. Deneyde yer alan tüm teorik hesaplamaları deneye gelmeden önce yapıp tüm işlemleri ön hazırlığa ekleyiniz.
2. Deneyde gerçekleştireceğiniz tüm adımları simülasyon ortamında yapıp sonuçları düzgün bir şekilde ön hazırlığa ekleyin. Simülasyon ortamında gerçekleştirdiğiniz her adımın ekran çıktısını rapora ekleyin ve detaylı açıklama yapın. Ekran çıktıları anlaşılır olmalıdır.
3. Deneye gelmeden önce deney adımlarını detaylı bir şekilde inceleyerek bilmediğiniz şeyleri öğrenmek için gerekli araştırmaları yapınız.
4. Deneye gelmeden önce kullanacağınız malzemeleri (direnç, kapasitör, transistör vb..) belirleyin. Deney başlangıcında malzemeler kullanıma hazır olmalıdır. Deneye devrenizi önceden kurmuş olarak gelmeniz deneyi zamanında bitirmeniz açısından önemlidir.
5. Deney gününde sizden istenen gerekli bilgileri öğrenmiş olduğunuzu ve deneyi yapabildiğinizi göstermenizdir. Dolayısıyla deney devresini kurmakta ve ölçüm cihazlarını kullanmakta eksikleriniz varsa deneyden önce laboratuvar çalışma saatlerinde izin alarak çalışabilirsiniz. Laboratuvar çalışma saatleri şuan için Salı günü 13:00-16:00 olarak belirlenmiştir. Bu saatlerin dışında da uygun olması halinde görevlilerden izin alarak çalışma yapabilirsiniz.

DENEY 6

OP-AMP'LI AKTİF FİLTRE UYGULAMASI

DENEYİN AMACI: 1. dereceden alçak geçiren filtre, yüksek geçiren filtre ve 2. dereceden bant geçiren filtrelerin aktif elemanlar ile gerçekleştirilmesi.

DENEY MALZEMESİ: Opamp: 1 x LM324

Direnç: 2 x 15k Ω , 2 x 7.5k Ω

Kapasite: 2 x 10 nF, 2 x 4.7 nF

6.1. ÖN BİLGİ: Elektrik devrelerinde çok kullanışlı yapılar olan analog devrelerin başında filtreler gelir. Filtre yapıları elektrikselsel işaretlerin frekans spektrumlarına biçim vermek amacıyla kullanılan devrelerdir. Pasif R, L, C elemanlarıyla gerçekleştirilen bu devreler aynı zamanda aktif elemanlarla (transistör, opamp vs.) birlikte sadece R veya C elemanları veya bunların her üçünü birden kullanarak da gerçekleştirilebilir. Filtreler elektronik ve haberleşme sistemlerinde oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Özellikle, sisteme uygulanan frekanslardan yalnızca istenenlerinin geçirilmesi amacıyla kullanılırlar. Gerçeklenen transfer fonksiyonunun frekansla değişimine bağlı olarak alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren, bant söndüren türden filtreler söz konusudur. Kesim frekansı, kalite faktörü, geçirme bandı kazancı ise önemli filtre parametrelerindedir. Pasif filtrelerde direnç, kapasite ve bobin kullanılır. RC filtrelerinde transfer fonksiyonunun kökleri reel olur. Bu tip filtrelerde değer katsayısının küçük olduğu görülür. Büyük kalite faktörü elde edilmek istendiğinde LC filtreleri kullanmak daha uygun olur. Ancak düşük frekanslarda gerekli bobin indüktanslarının büyük olması gerekeceğinden hem devrenin kapladığı alan hem de maliyet artar. Bu nedenle düşük frekanslarda daha çok aktif filtreler tercih edilir. Aktif filtrelerin en önemli avantajları küçük ve hafif olmalarıdır. Ayrıca güvenilirlikleri yüksek, seri üretim nedeniyle ucuz ve küçük boyutları nedeniyle de parazitleri düşüktür. Buna karşın, aktif elemanın sonlu bant genişliği nedeniyle erişilebilecek kutup frekansları sınırlıdır. Ayrıca filtre karakteristiğinin keskinliğini belirleyen kalite faktörü ile kutup frekansı ters orantılıdır. Dolayısıyla optimum bir çözümün bulunması söz konusudur. Bunun dışında aktif filtrelerde, karakteristiklerinin eleman değerlerindeki değişimlere duyarlılığı daha yüksektir ve aktif eleman nedeniyle ayrıca bir besleme devresi gerektirirler.

6.1.1. Filtre Türünün Tespiti

Genel olarak filtre transfer fonksiyonlarının limitini $s \rightarrow \infty$ ve $s \rightarrow 0$ için alarak ne tür filtreye ait oldukları bulunabilir. AGF'nin transfer fonksiyonunu limit işlemi uygulanırsa;

$$\lim_{s \rightarrow 0} H_{AGF}(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{K}{s + \omega_c} = \frac{K}{0 + \omega_c} = A$$

$$\lim_{s \rightarrow \omega_c} H_{AGF}(s) = \lim_{s \rightarrow \omega_c} \frac{K}{s + \omega_c} = \frac{K}{\omega_c + \omega_c} = 0.707A$$

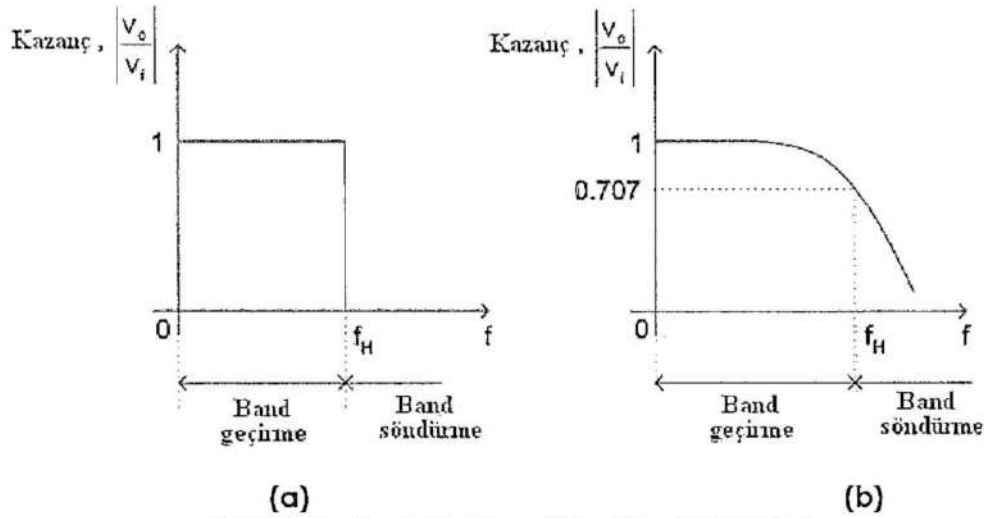
$$\lim_{s \rightarrow \infty} H_{AGF}(s) = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{K}{s + \omega_c} = \frac{K}{\infty + \omega_c} = 0$$

Burada A filtrenin maksimum kazancıdır. Limit işleminden görüldüğü gibi yüksek frekanslarda filtrenin kazancı sıfır olmakta, düşük frekanslarda ise maksimum kazançta ulaşmaktadır. Diğer filtrelerin transfer fonksiyonlarına basit bir limit işlemi ile analiz edilebilir.

6.1.2. Filtre Karakteristikleri

6.1.2.a. Alçak Geçiren Filtre Karakteristikleri

Alçak geçiren filtre yapısında 0 Hz ile kesim frekansı (f_H) arasında sabit bir kazanç vardır (genellikle birim kazanç). Kesim frekansında, alçak frekans kazancı 3 dB azalır. 0 Hz ile kesim frekansı (f_H) arasındaki frekanslar bant geçirme frekansı, f_H 'dan büyük frekanslar ise bant söndürme frekansındır. Bant söndürme frekansında kazanç oldukça azalır.

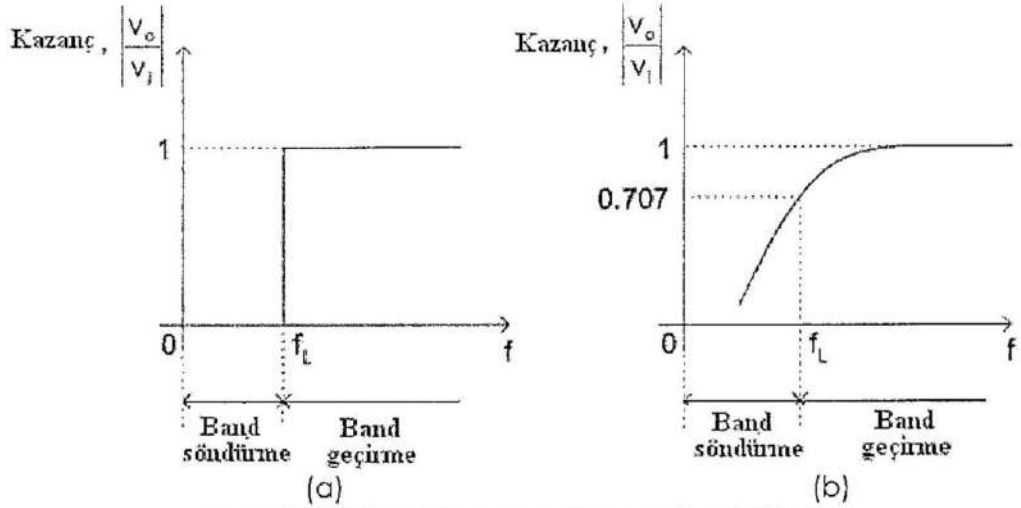


Şekil 6.1. Alçak Geçiren Filtre Karakteristikleri

a) İdeal Filtre b) Pratik Filtre

6.1.2.b. Yüksek Geçiren Filtre Karakteristikleri

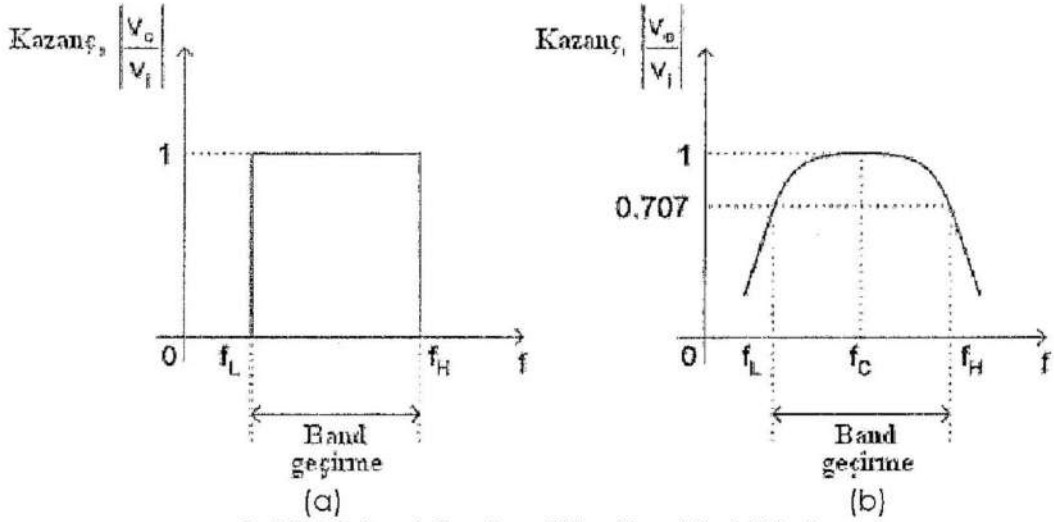
Yüksek geçiren filtre yapısında kesim frekansından (f_L) daha büyük frekanslarda sabit bir kazanç vardır (genellikle birim kazanç). Kesim frekansında, yüksek frekans kazancı 3dB azalır. 0 Hz ile kesim frekansı (f_L) arasındaki frekanslar bant söndürme frekansı, f_L 'den büyük frekanslar ise bant geçirme frekansındır. Bant söndürme frekansında kazanç oldukça azalır.



Şekil 6.2 Yüksek Geçiren Filtre Karakteristikleri.
a) İdeal Filtre b) Pratik Filtre

6.1.2.c. Bant Geçiren Filtre Karakteristikleri

Bant geçiren filtre, sadece belirli frekans aralığını geçirir, diğerlerini söndürür. Bant geçirme aralığı, kesim frekansları (f_H , f_L) arasında kalan bölgeyi ifade eder. Filtrenin bant genişliği ($\beta = f_H - f_L$) olarak ifade edilir.



Şekil 6.3 Bant Geçiren Filtre Karakteristikleri
a) İdeal Filtre b) Pratik Filtre

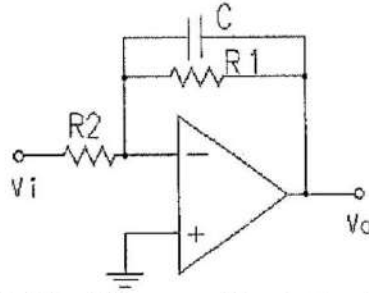
6.1.3. Filtre Transfer Fonksiyonları ve Devrelerinin Analizi

6.1.3.a 1.Dereceden Alçak Geçiren Filtre

Birinci dereceden alçak geçiren filtrenin transfer fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$H_{AGF}(s) = \frac{K}{s + w_c}$$

Burada K kazanç, w_c AGF'nin kesim frekansıdır. Şekil 6.4'de verilen alçak geçiren filtrenin analizi yapıлып, transfer fonksiyonu devre elemanlarına bağlı olarak elde edilmiştir.



Şekil 6.4. Birinci Derece Alçak Geçiren Filtre

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\frac{1}{R_2 C} \frac{1}{s + \frac{1}{R_1 C}}$$

Burada K ve w_c eşitlikleri bulunabilir.

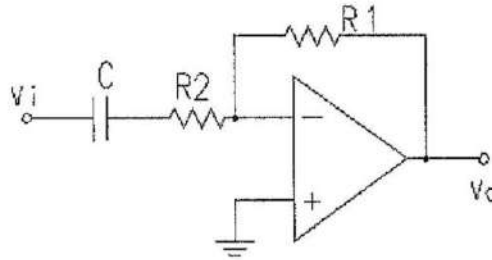
$$K = \frac{1}{R_2 C} \quad w_c = \frac{1}{R_1 C}$$

6.1.3.b 1.Dereceden Yüksek Geçiren Filtre

Birinci dereceden yüksek geçiren filtrenin transfer fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$H_{YGF}(s) = K \frac{s}{s + w_c}$$

Burada K kazanç, w_c YGF'nin kesim frekansıdır. Şekil 6.5'de verilen alçak geçiren filtrenin analizi yapıp, transfer fonksiyonu devre elemanlarına bağlı olarak elde edilmiştir.



Şekil 6.5 Birinci Derece Yüksek Geçiren Filtre

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\frac{R_1}{R_2} \frac{s}{s + \frac{1}{R_2 C}}$$

Burada K ve w_c eşitlikleri bulunabilir.

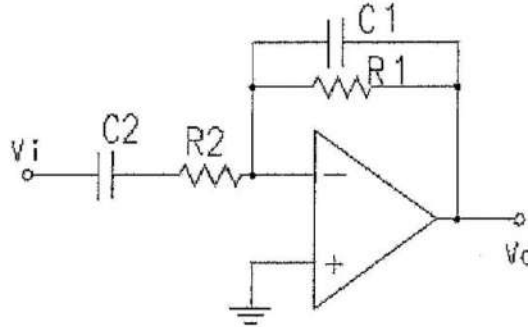
$$K = \frac{R_1}{R_2} \quad w_c = \frac{1}{R_2 C}$$

6.1.3.c. Bant Geçiren Filtre

İkinci derece bir bant geçiren filtrenin genel ifadeyle transfer fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\frac{R_1}{R_2} \frac{s}{s + \frac{1}{R_2 C}}$$

Burada K kazanç, β bant genişliği ve ω_0 BGF'nin merkez frekansıdır. Bant genişliği $\beta = \omega_0 / Q$ olarak tanımlıdır. Burada Q kalite faktörüdür. Kalite faktörü ne kadar büyük olursa devrenin bant genişliği azalacak, kazancı artacaktır.



Şekil 6.6. Bant Geçiren Filtre

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\frac{1}{R_2 C_1} \left[\frac{1}{s + \frac{1}{R_2 C_2}} \frac{s}{s + \frac{1}{R_1 C_1}} \right]$$

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\frac{\frac{1}{R_2 C_1} s}{s^2 + \left(\frac{1}{R_2 C_2} + \frac{1}{R_1 C_1} \right) s + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Burada alt kesim frekansı (f_L), üst kesim frekansı (f_H) ve bant genişliği (β) aşağıdaki eşitlikler ile bulunabilir.

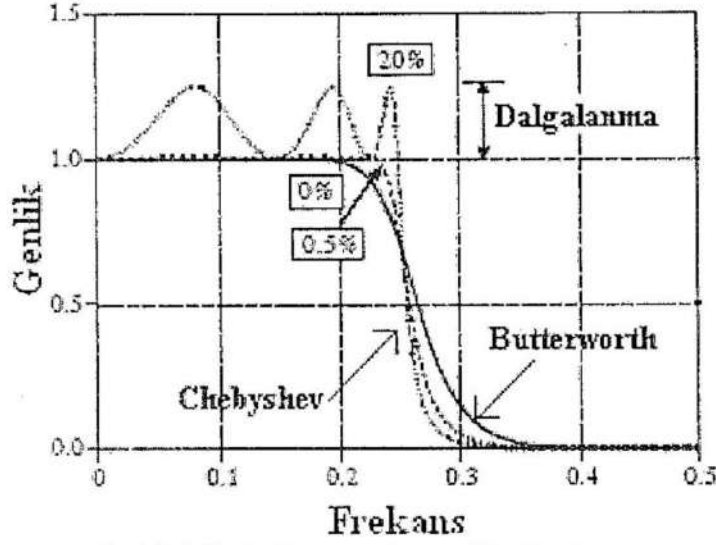
$$f_H = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad f_L = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \quad \beta = f_H - f_L$$

6.1.4. Filtre Tasarım Kriterleri

6.1.4.a Kazanç (Band-pass gain)

Aktif filtreler kullanılarak 1'den yüksek kazanç elde etmek mümkündür. Birçok aktif filtre yapısı filtrenin kazancını belirleyen kazanç katsayısı içerirler. Düz bant geçime kazancına sahip filtreler sıklıkla kullanılır. Bu karakteristiğe sahip filtreler, Butterworth filtre olarak adlandırılır. Diğer bir sınıf olan Chebyshev

filtreler ise bant geçirme kazancında dalgalanmaya (ripple, overshoot) sebep olurlar.



Şekil 6.7. Butterworth vs. Chebyshev

6.1.4.b Kesim frekansları (Cut-off frequencies)

Kesim frekansları (f_H , f_L) filtre devresindeki kapasite ve direnç değerleri ile belirlenir.

6.1.4.c Frekans eğrisinin düşme eğimi (Roll-off rate)

Frekans eğrisinin düşme eğimi, filtre kazancının bant söndürme bölgesindeki değişim oranıdır. Bu oranın yüksek olması, frekans seçimini iyileştirmesini sağlar. Şekil 6.4'te de görüldüğü üzere Chebyshev filtre yapısında bu oran Butterworth filtre yapısına göre daha yüksektir. Frekans eğrisinin düşme eğimini, filtrenin derecesi belirler. Örneğin, 1. Derece filtrede 20dB/decade değerinde bir eğim varken, 2.derece bir filtrede bu değer 40dB/decade olur.

6.1.4.d Kalite Faktörü (Quality Factor)

Band geçiren filtreler için Q (kalite faktörü), merkez frekansın (f_o), band genişliğine (β) oranıdır.

$$Q = \frac{f_o}{\beta}$$

Alçak geçiren ve yüksek geçiren filtreler için Q , kutup kalitesini gösterir. Yüksek kalite faktörleri grafiksel olarak 0 dB çizgisi ile filtrenin kazanç cevabının tepe noktası arasındaki mesafe olarak gösterilebilir. Q en düşük 1 olarak seçilir.

6.2. Ön Hazırlık

1. Deneye gelmeden önce LM324 katalogunu inceleyiniz.

2. Şekil 6.8 ve şekil 6.9'da verilen devreleri simülasyon programlarıyla gerçekleyiniz.
3. AC analiz yapılarak alçak ve yüksek geçiren filtrelerin kesim frekansını ve maksimum çıkış genliğini, bant geçiren filtrenin merkez frekansını, bant genişliğini ve maksimum çıkış genliğini bulup not alınız.

6.3. Deneyin Yapılışı

1- Alçak Geçiren Filtre

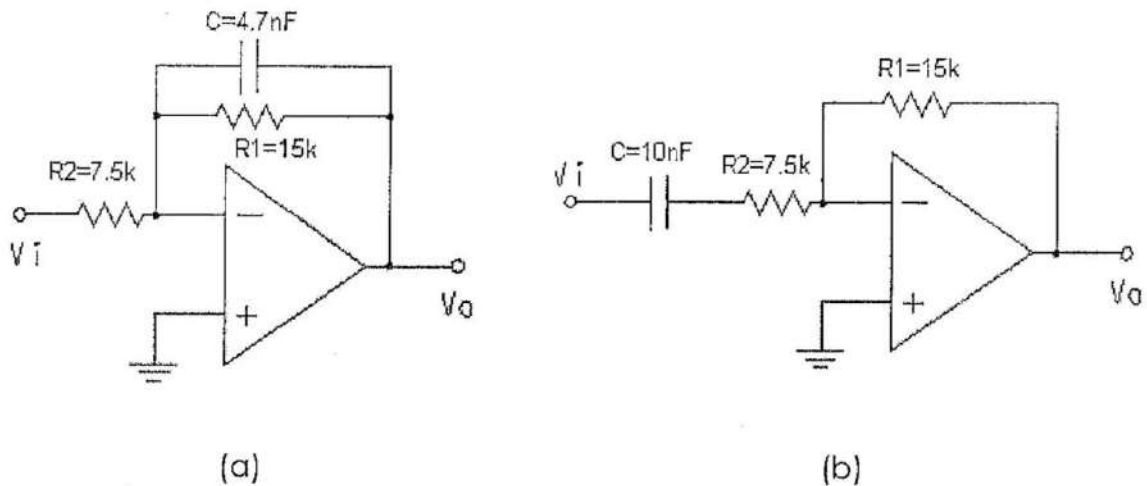
1. Şekil 6.8'de verilen 1. devreyi kurunuz.
2. Devrenin girişine $V_{in-p-p}=20mV$ uygulayınız. Devredeki Opamp'lar için besleme gerilimleri $\pm 12V$ 'dur.
3. Devrenin kesim frekansını bulunuz. Giriş işaretinin frekansını tabloda verilen değerlere göre ayarlayınız. Osiloskop ekranında gözlemlediğiniz değerlere göre Tablo 2.1'i doldurunuz.
4. Elde ettiğiniz değerlere göre kazanç(dB)-frekans eğrisini çiziniz (Şekil 6.10).

2- Yüksek Geçiren Filtre

1. Şekil 6.8'de verilen 2. devreyi kurunuz.
2. Devrenin girişine $V_{in-p-p}=20mV$ uygulayınız. Devredeki Opamp'lar için besleme gerilimleri $\pm 12V$ 'dur.
3. Devrenin kesim frekansını bulunuz. Giriş işaretinin frekansını tabloda verilen değerlere göre ayarlayınız. Osiloskop ekranında gözlemlediğiniz değerlere göre Tablo 2.2'yi doldurunuz.
4. Elde ettiğiniz değerlere göre kazanç(dB)-frekans eğrisini çiziniz (Şekil 6.11).

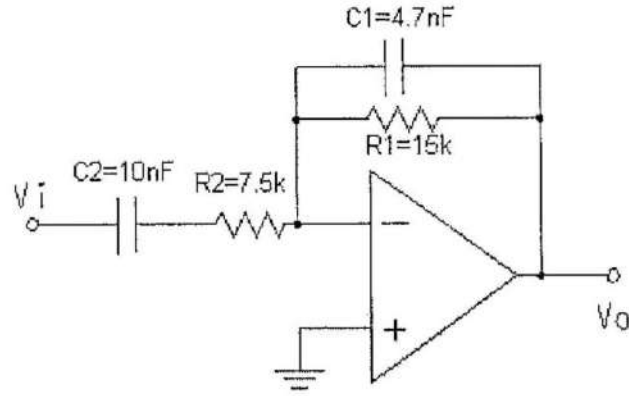
3- Band Geçiren Filtre

1. Şekil 6.9'de verilen devreyi kurunuz.
2. Devrenin girişine $V_{in-p-p}=20mV$ uygulayınız. Devredeki Opamp'lar için besleme gerilimleri $\pm 12V$ 'dur.
3. Devrenin merkez, alt ve üst kesim frekanslarını bulunuz. Giriş işaretinin frekansını tabloda verilen değerlere göre ayarlayınız. Osiloskop ekranında gözlemlediğiniz değerlere göre Tablo 2.3'ü doldurunuz.
4. Elde ettiğiniz değerlere göre kazanç(dB)-frekans eğrisini çiziniz (Şekil 6.12).



Şekil 6.8

Şekil 6.8 (a) 1.Derece Alçak Geç. Filtre Dev. (b) 1.Derece Yüksek Geç. Filtre Dev.



Şekil 6.9. 2.Derece Bant Geçiren Filtre Devresi

Tablo 2.1 Alçak Geçiren Filtrenin Kazanç Frekans Eğrisi için Elde Edilen Değerler

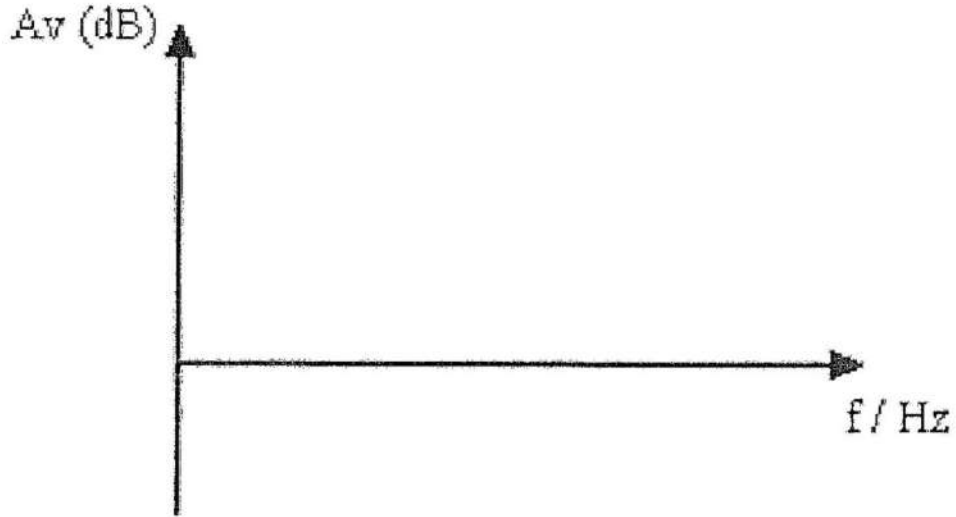
	Frekans (Hz)	V_o p-p	A_v	A_v (dB)
	$0.5f_c$			
	$0.8f_c$			
	f_c			
	$1.5f_c$			
	$3f_c$			



Şekil 6.10. Alçak Geçiren Filtre için Kazanç(dB)-Frekans eğrisi

Tablo 6.2 Yüksek Geçiren Filtrenin Kazanç Frekans Eğrisi için Elde Edilen Değerler

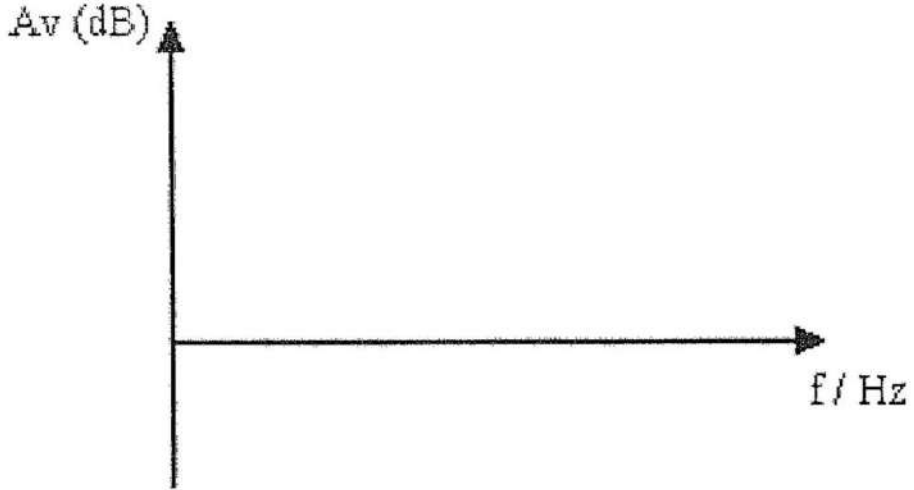
	Frekans (Hz)	V_o p-p	A_v	A_v (dB)
	$0.5f_c$			
	$0.8f_c$			
	f_c			
	$1.5f_c$			
	$3f_c$			



Şekil 6.11. Yüksek Geçiren Filtre için Kazanç(dB)-Frekans eğrisi

Tablo 6.3 Bant Geçiren Filtrenin Kazanç Frekans Eğrisi için Elde Edilen Değerler

	Frekans (Hz)	V_o p-p	A_v	A_v (dB)
	$0.8f_L$			
	f_L			
	f_o			
	f_H			
	$1.5f_H$			



Şekil 6.12. Band Geçiren Filtre için Kazanç(dB)-Frekans eğrisi

6.4. Rapora Ekleneceler

1. Pasif ve aktif filtre devrelerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını sıralayınız.
2. Endüktans elemanının özelliklerini sıralayarak devre içinde kullanımının avantajları ve dezavantajlarını belirtiniz.
3. Alçak geçiren filtre devrelerinin uygulama alanlarını araştırınız.
4. Band geçiren filtre devrelerinin uygulama alanlarını araştırınız.
5. Band söndüren filtre devrelerinin uygulama alanlarını araştırınız.
6. Yüksek dereceli alçak geçiren elde etmek için daha düşük dereceli alçak geçiren filtreler nasıl bağlanabilir?
7. Alçak geçiren filtre kullanarak band geçiren filtre elde etmek için ne yapılmalıdır, açıklayınız.
8. İdeal bir Opamp'ın giriş ve çıkış dirençleri nedir?
9. Opamp kullanarak integratör ve türev alıcı yapıları tasarlayınız. Transfer fonksiyonlarını belirtiniz.