

Deney 8: Aktif Filtreler**1 Amaç**

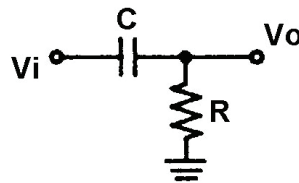
1. Aktif yüksek geçiren filtrenin çalışma prensibini anlamak.
2. Aktif yüksek geçiren filtrenin frekans tepkesini ölçmek.
3. Aktif alçak geçiren filtrenin çalışma prensibini anlamak.
4. Aktif alçak geçiren filtrenin frekans tepkesini ölçmek.
5. Aktif bant geçiren filtrenin çalışma prensibini anlamak.
6. Aktif bant geçiren filtrenin frekans tepkesini ölçmek.
7. Ton kontrol devresinin çalışma prensibini anlamak.
8. Çıkış dalga şekli üzerinde tiz ve bas kontrolün etkilerini göstermek.

2 Ön Hazırlık Soruları

1. Pasif RC filtrelerde (Şekil 8-1 ve Şekil 8-3) $f \rightarrow 0$ ve $f \rightarrow \infty$ için çıkış gerilimi ne olur? Bu filtrelere yük bağlandığında davranışları neden değişir? Aktif filtrelerdeki gerilim izleyici ($A_v=1$) OP-AMP bu sorunu nasıl çözer?
2. Şekil 8-10'deki aktif yüksek geçiren filtrede $C_1=C_2=0.01 \mu F$, $R_{15}=5.6 k\Omega$ ve $R_{18}=22 k\Omega$ 'dur. Kesim frekansı bağıntısını kullanarak f_L değerini hesaplayınız.
3. Şekil 8-13'deki aktif alçak geçiren filtrede $R_{11}=R_{12}=10 k\Omega$ ve $C_7=C_8=0.01 \mu F$ 'tır. Üst 3-dB frekansı f_H değerini hesaplayınız.
4. Kazancın 0.707 (-3 dB) olduğu frekans neden kesim frekansı olarak seçilir? $A_v=0.707$ değerinin dB karşılığını hesaplayınız. Bant geçiren bir filtrenin bant genişliğini f_L ve f_H cinsinden yazınız.
5. Ton kontrol devresinde bas kontrol ve tiz kontrol potansiyometreleri hangi frekans bölgesini etkiler? 60 Hz ve 5 kHz'lik sinüzoidal sinyaller uygulandığında hangi potansiyometrenin etkili olmasını beklersiniz?

3 Temel Kavramlar**3.1 Aktif Yüksek Geçiren Filtre**

Şekil 8-1'de pasif bir yüksek geçiren filtre gösterilmiştir. Bu devrede V_O , R direnci üzerindeki gerilimdir.



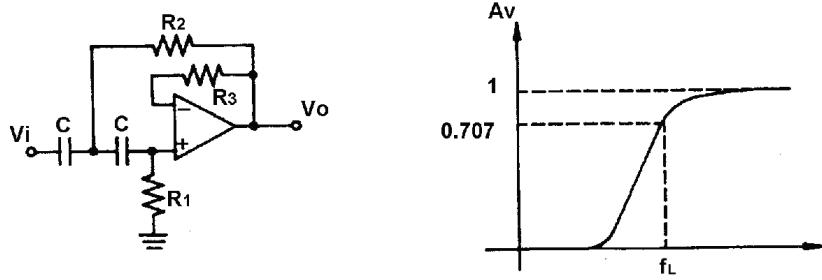
Şekil 8-1. Pasif yüksek geçiren filtre.

Pasif yüksek geçiren filtrenin çıkış gerilimi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$V_O = V_R = V_i \frac{R}{R - jX_C} = V_i \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{-X_C}{R}\right)} \quad (8-1)$$

Denklem (8-1)'den, daha küçük X_C değerinin, daha yüksek V_O 'a neden olacağı anlaşılmaktadır. $X_C=1/(2\pi fC)$ olduğu için, f arttıkça X_C küçülür ve yüksek frekans bölgesinde daha büyük çıkış gerilimi elde edilir.

Şekil 8-2(a)'da, pasif bir yüksek geçiren filtre ve bir OP-AMP'tan oluşan aktif yüksek geçiren filtre devresi gösterilmiştir. Karakteristik eğri Şekil 8-2(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 8-2. Aktif yüksek geçiren filtre.

(a) Yüksek geçiren filtre, (b) karakteristik eğri.

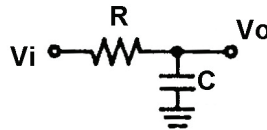
Şekil 8-2(a)'da gösterildiği gibi, OP-AMP ve R_3 'ten oluşan ve $A_v=1$ olan gerilim izleyici devresi, yüksek geçiren filtre devresine yüksek empedanslı bir yük sağlamaktadır. R_2C ve R_1C , ikinci dereceden yüksek geçiren filtre devresi oluşturmaktadır. Yüksek geçiren filtrenin kesim frekansı ya da alt 3-dB frekansı f_L , aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$f_L = \frac{1}{2\pi C \sqrt{R_1 R_2}} \quad (8-2)$$

Eğer $R_1=R_2$ olursa, $f_L = \frac{1}{2\pi RC}$ olur.

3.2 Aktif Alçak Geçiren Filtre

Şekil 8-3'de pasif bir alçak geçiren filtre gösterilmiştir. Bu devrede V_O , C kondansatörü üzerindeki gerilimdir.



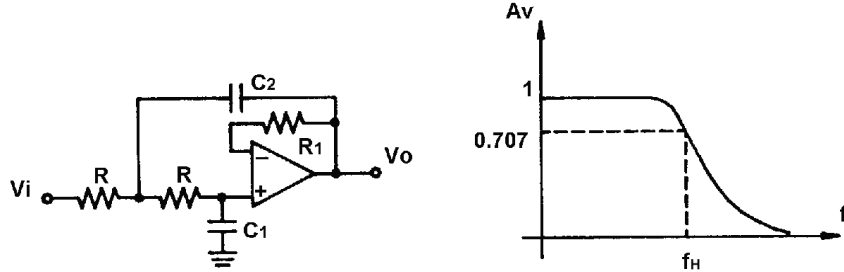
Şekil 8-3. Pasif alçak geçiren filtre.

Pasif alçak geçiren filtrenin çıkış gerilimi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$V_O = V_C = V_i \frac{-jX_C}{R - jX_C} = V_i \frac{X_C \angle -90^\circ}{\sqrt{R^2 + X_C^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{-X_C}{R}\right)} \quad (8-3)$$

Denklem (8-3)'ten, daha büyük X_C değerinin, daha yüksek V_O 'a neden olacağı anlaşılmaktadır. $X_C=1/(2\pi fC)$ olduğu için, f azaldıkça X_C büyür ve alçak frekans bölgesinde daha büyük çıkış gerilimi elde edilir.

Şekil 8-4(a)'da, OP-AMP içeren bir alçak geçiren yükselteç devresi gösterilmiştir. Karakteristik eğrisi de Şekil 8-4(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 8-4. Aktif alçak geçiren filtre.
(a) Alçak geçiren filtre, (b) karakteristik eğri.

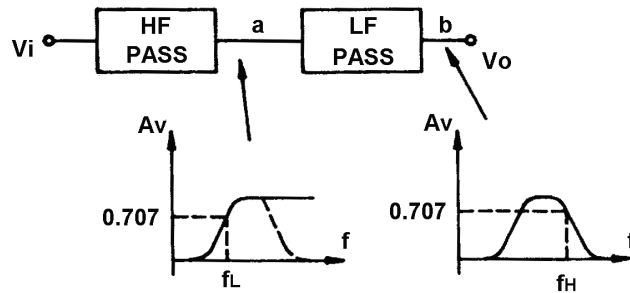
Üst 3-dB frekansı ya da kesim frekansı f_H , aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir:

$$f_H = \frac{1}{2\pi RC_1} \quad (8-4)$$

Şekil 8-4(a)'da gösterildiği gibi, OP-AMP ve R_1 'den oluşan ve $A_v=1$ olan gerilim izleyici devresi, alçak geçiren filtre devresine yüksek empedanslı bir yük sağlamaktadır. RC_2 ve RC_1 , ikinci dereceden alçak geçiren filtre devresi oluşturmaktadır.

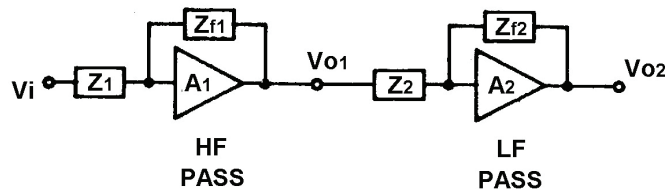
3.3 Aktif Bant Geçiren Filtre

Şekil 8-5'de gösterildiği gibi, giriş sinyali yüksek geçiren ve alçak geçiren devrelerden geçtikten sonra, sırasıyla alçak frekanslı ve yüksek frekanslı sinyaller zayıflar. Sadece orta frekans bölgesindeki sinyaller (belirli bir frekans spektrumu) kalır ve çıkışa aktarılır.

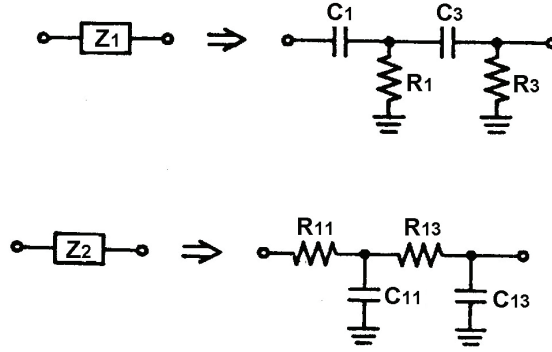


Şekil 8-5. Bant geçiren filtrenin blok yapısı ve her bir kademenin karakteristik eğrisi.

Şekil 8-6'de, işlemsel yükselteç ve ilgili bileşenlerden oluşan pratik bir aktif bant geçiren filtre gösterilmiştir.



Şekil 8-6. Aktif bant geçiren filtre.

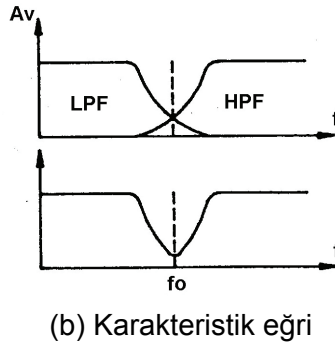
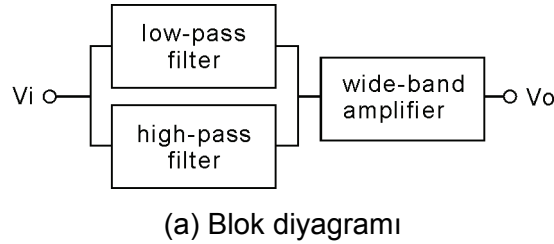


Şekil 8-7. Z_1 ve Z_2 için eşdeğer devreler.

Şekil 8-6'de, $A_{V1} = -Z_{f1}/Z_1$ ve $A_{V2} = -Z_{f2}/Z_2$ 'dir. Z_1 ve Z_2 için RC devreleri Şekil 8-7'te gösterilmiştir.

Açıkça görüldüğü gibi, Z_1 yüksek geçiren, Z_2 ise alçak geçiren bir devredir.

Şekil 8-8'de, paralel bağlı alçak geçiren ve yüksek geçiren filtreler ile bunları takip eden geniş bant bir yükselteçten oluşan, bant durduran filtrenin blok yapısı ve karakteristik eğrisi gösterilmiştir. Bu filtre, alt 3-dB frekansından daha küçük ve üst 3-dB frekansından daha büyük frekanslı sinyalleri geçirecektir.



Şekil 8-8. Bant durduran filtre.

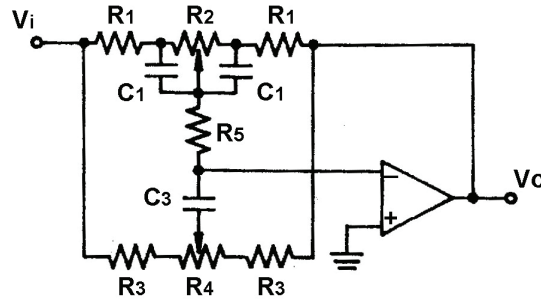
3.4 Ton Kontrol Devresi

Yükselteçlerde önemli bir yapı taşı olan ton kontrol devresi, Hi-Fi alanında gerekli bir elemandır. Ton kontrolü kullanılmasıdaki birinci amaç, kişisel olarak istenen tonun elde edilebilmesini sağlamaktır. Ton kontrolünde ikinci amaç, kaydedici ya da çalıcı cihazdan kaynaklanan kusurları dengelemek ya da kompanze etmektir. Diğer bir amaç da, ton çok geniş bir frekans aralığında değiştirilebildiği için, yükselteci, yüksek kaliteli müziği farklı stillerde yeniden üretecek şekilde adapte ederek, odadaki ses etkisinin iyileştirilmesidir. Ticari olarak farklı modellerde yükselteçler bulunmasına rağmen, ton kontrolü iki ana kategorinin dışına çıkmamaktadır:

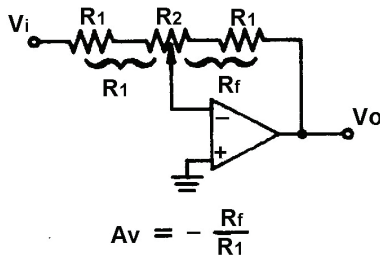
RC zayıflatıcı tip ve RC negatif geri beslemeli tip (NFB).

Bu deneyde ele alınan RC negatif geri beslemeli tip devresi, Şekil 8-9(a)'da gösterilmiştir. Bu devre temel olarak, ton kontrol devresini negatif geri besleme devresine bağlayan ve ton kontrol devresinin frekansı ile negatif geri besleme miktarını kontrol eden, bir evirici yükselteç uygulamasıdır. Negatif geri besleme miktarının artmasıyla frekans kazancı azalmakta, negatif geri besleme miktarının azalmasıyla frekans kazancı artmakta ve bu şekilde ton kontrolü gerçekleştirilmiş olmaktadır.

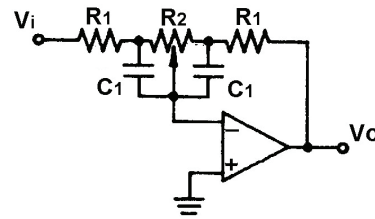
Şekil 8-9(b), $A_V = -R_f/R_1$ kazancına sahip bir eviren yükselteci göstermektedir. Burada, değişken direnç sağa çevrilerek R_f değeri azaltılırsa, A_V kazancı da azalır. Şekil 8-9(c)'de gösterildiği gibi, frekans seçme amaçlı iki C_1 kondansatörü R_2 'ye bağlanmıştır. $X_{C1}=1/(2\pi fC_1)$ yüksek frekans bölgesinde çok küçük olduğu için, R_2 hemen hemen kısa devre olur ve $A_V = -R_1/R_1 = -1$ olacağı için (kazanç genliği 1) yükseltme gerçekleşmez. Diğer yandan, alçak frekans bölgesinde X_{C1} çok büyük olduğunda, R_2 değişken direncinin konumunu ayarlayarak alçak frekans bölgesindeki yükseltme oranını değiştirmek suretiyle, bir bas kontrol devresi gerçekleştirilebilir. Burada alçak frekans seviyesi, R_2 sola çevrildikçe yükseltilmekte, R_2 sağa çevrildikçe zayıflatılmaktadır.



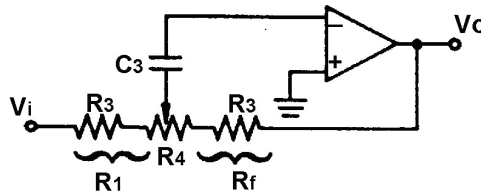
(a) Tam NFB ton kontrol devresi



(b) Eviren yükselteç



(c) Bas kontrol devresi



(d) Tiz kontrol devresi

Şekil 8-9. NFB ton kontrol devreleri.

(a) Tam NFB ton kontrol devresi, (b) eviren yükselteç, (c) bas kontrol devresi, (d) tiz kontrol devresi.



Şekil 8-9(d)'de gösterilen tiz kontrol devresi, X_{C3} çok büyük olacağı için, alçak frekans bölgesinde çalışmayacaktır. Diğer yandan X_{C3} 'ün çok küçük olduğu yüksek frekans bölgesinde, bu tiz kontrol devresi, R_4 'ü ayarlayarak A_V 'yi ($A_V = -R_f/R_1$) değiştirmek suretiyle, tiz şiddetini kontrol etme fonksiyonunu yerine getirecektir. Şekil 8-9(a)'da gösterildiği gibi, yüksek ve alçak frekanslı sinyaller arasındaki parazitleri engellemek için, R_5 devreye eklenmiştir.

4 Gerekli Ekipmanlar

- KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneği
- KL-25008 İşlemsel Yükselteç Devre Modülü (3) (yüksek geçiren, alçak geçiren ve bant geçiren filtre deneyleri için)
- KL-25009 İşlemsel Yükselteç Devre Modülü (4) (ton kontrol devresi deneyi için)
- Osiloskop

5 Deneyin Yapılışı

5.1 Aktif Yüksek Geçiren Filtre

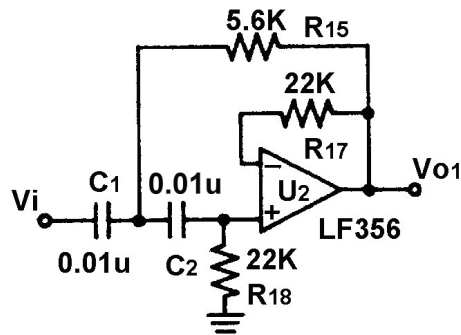
1. KL-25008 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneğinin üzerine koyun ve a bloğunu belirleyin. Şekil 8-10'deki devre ve Şekil 8-11'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. KL-22001 Düzeneğindeki +12 VDC ve -12 VDC sabit güç kaynaklarını KL-25008 modülüne bağlayın.
2. KL-22001 Düzeneğindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN2 (V_i) ucuna 5 V_{p-p} 'lik sinüzoidal işaret uygulayın. OUT1 (TP4) çıkış ucuna osiloskop bağlayın.
3. Frekansı, 10 Hz ile 15 kHz arasında, Tablo 8-1'de belirtilen değerlere ayarlayın. Her frekansa ilişkin V_o çıkış gerilimini ölçün ve Tablo 8-1'e kaydedin.
4. $A_V = V_o/V_i$ denklemini kullanarak gerilim kazancını hesaplayın ve Tablo 8-1'e kaydedin.
5. Frekans tepkesi eğrisini Şekil 8-12'e çizin ve aktif yüksek geçiren filtrenin alt 3-dB frekansı f_L 'yi işaretleyin.

Tablo 8-1. Aktif yüksek geçiren filtre ölçüm sonuçları.

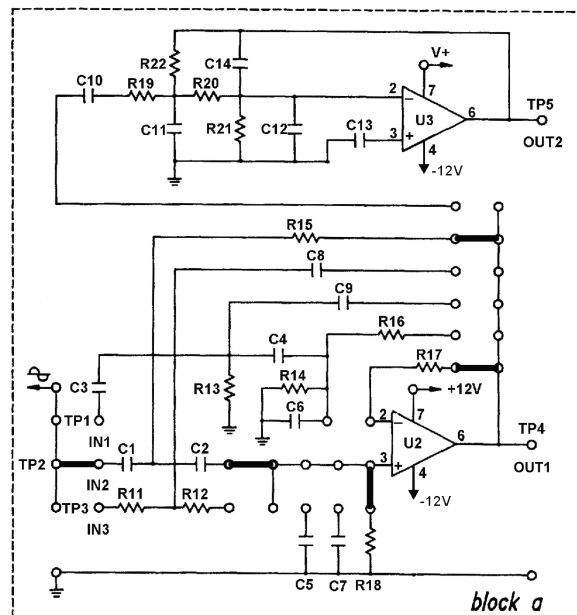
V _i = 5 V _{p-p}																
Frekans (Hz)	10	50	100	200	500	1k	1.1k	1.2k	2k	3k	4k	6k	8k	10k	12k	15k
V _o (V _{p-p})																
A _V																

Sonuçlar

Yüksek geçiren filtre, sadece alt 3-dB frekansından daha büyük frekanslı sinyalleri geçirebilir.



Şekil 8-10. Aktif yüksek geçiren filtre.



Şekil 8-11. Bağlantı diyagramı (KL-25008 blok a).



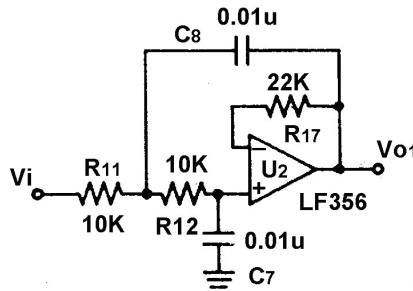
Şekil 8-12. Aktif yüksek geçiren filtrenin frekans tepkisi eğrisi.

5.2 Aktif Alçak Geçiren Filtre

1. KL-25008 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneklerinin üzerine koyun ve a bloğunu belirleyin. Şekil 8-13'deki devre ve Şekil 8-14'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. KL-22001 Düzenekindeki +12 VDC ve -12 VDC sabit güç kaynaklarını KL-25008 modülüne bağlayın.
2. KL-22001 Düzenekindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN3 (V_i) ucuna 5 V_{p-p}'lik sinüzoidal işaret uygulayın. OUT1 (TP4) çıkış ucuna osiloskop bağlayın.
3. Frekansı, 10 Hz ile 15 kHz arasında, Tablo 8-2'de belirtilen değerlere ayarlayın. Her frekansa ilişkin V_o çıkış gerilimini ölçün ve Tablo 8-2'e kaydedin.
4. $A_v = V_o/V_i$ denklemini kullanarak gerilim kazancını hesaplayın ve Tablo 8-2'e kaydedin.
5. Frekans tepkesi eğrisini Şekil 8-15'e çizin ve aktif alçak geçiren filtrenin üst 3-dB frekansı f_H 'yi işaretleyin.

Tablo 8-2. Aktif alçak geçiren filtre ölçüm sonuçları.

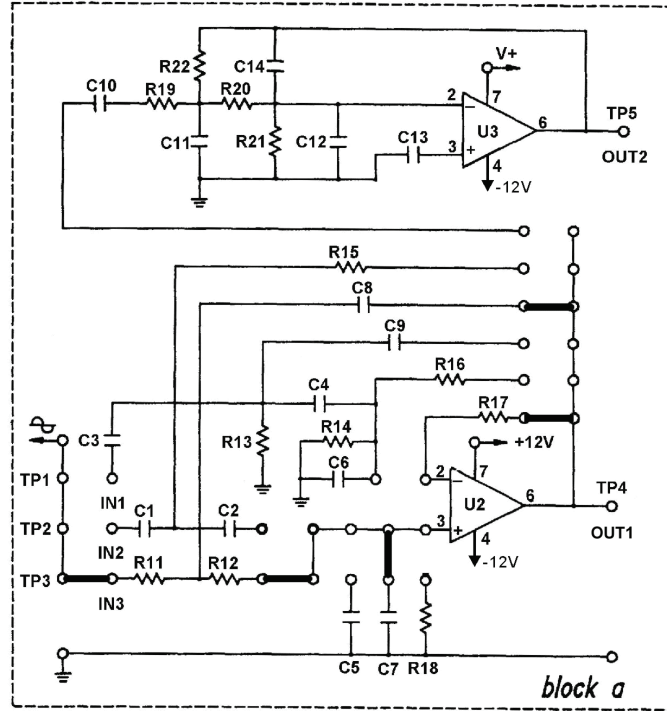
V _i = 5 V _{p-p}																
Frekans (Hz)	10	50	100	200	400	600	800	1k	2k	3k	4k	6k	8k	10k	12k	15k
V _o (V _{p-p})																
A _V																



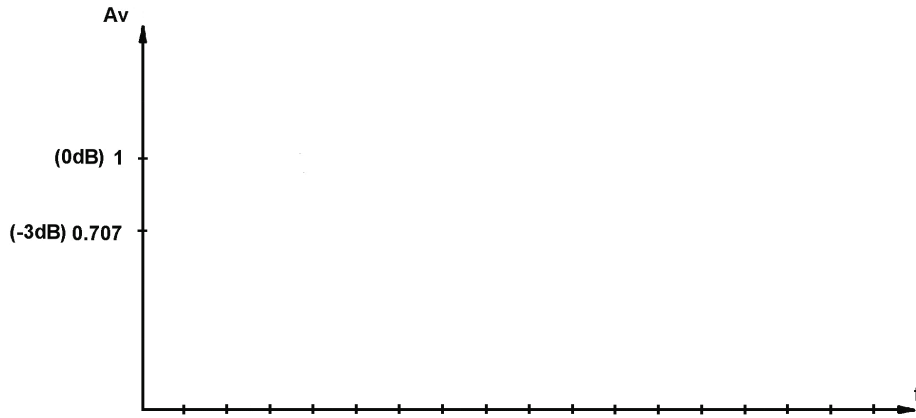
Şekil 8-13. Aktif alçak geçiren filtre.

Sonuçlar

Alçak geçiren filtre, sadece üst 3-dB frekansından daha küçük frekanslı sinyalleri geçirebilir.



Şekil 8-14. Bağlantı diyagramı (KL-25008 blok a).



Şekil 8-15. Aktif alçak geçiren filtrenin frekans tepkesi eğrisi.

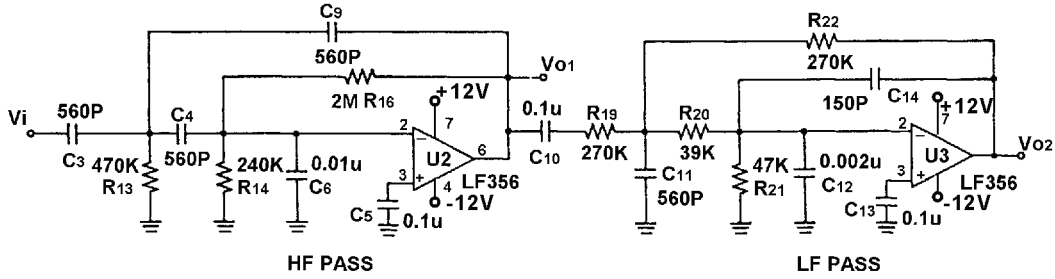
5.3 Aktif Bant Geçiren Filtre

1. KL-25008 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneklerinin üzerine koyun ve a bloğunu belirleyin. Şekil 8-16'deki devre ve Şekil 8-17'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. KL-22001 Düzenekindeki +12 VDC ve -12 VDC sabit güç kaynaklarını KL-25008 modülüne bağlayın. +12 VDC'yi V+ ucuna bağlayın.
2. KL-22001 Düzenekindeki Fonksiyon Üretecini kullanarak, IN1 (V_i) ucuna 2 V_{p-p}'lik sinüzoidal işaret uygulayın.
3. Frekansı, 10 Hz ile 10 kHz arasında, Tablo 8-3'de belirtilen değerlere ayarlayın. Osiloskop kullanarak, her frekansa ilişkin, OUT1 (TP4) ucundaki V_{O1} ve OUT2 (TP5) ucundaki V_{O2} çıkış gerilimlerini ölçün ve Tablo 8-3'e kaydedin.

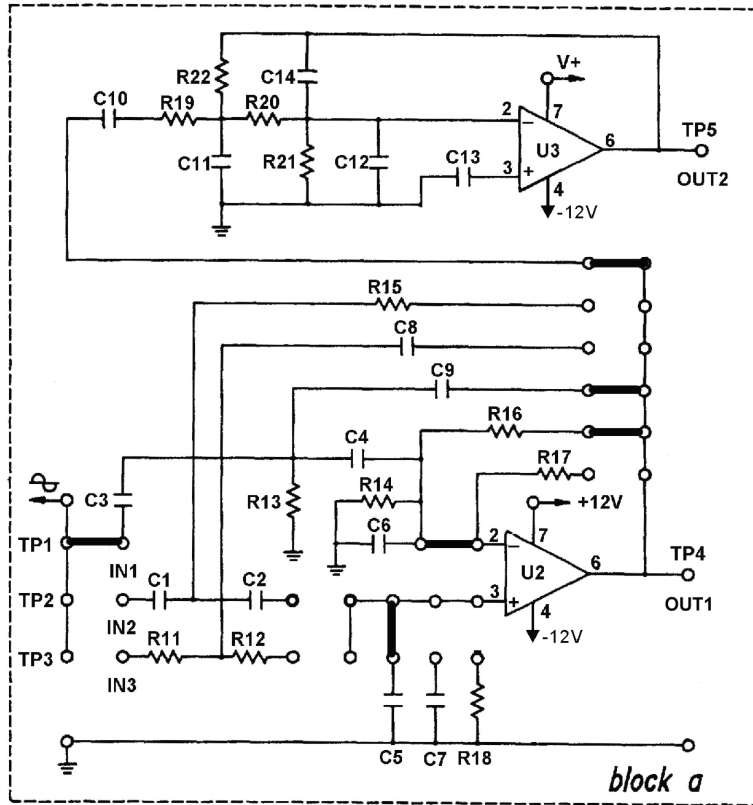
4. $A_V = V_O/V_i$ denklemini kullanarak gerilim kazancını hesaplayın ve Tablo 8-3'e kaydedin.
5. Frekans tepkisi eğrisini Şekil 8-18'ye çizin ve aktif bant geçiren filtrenin üst 3-dB frekansı f_H ile alt 3-dB frekansı f_L 'yi işaretleyin.

Tablo 8-3. Aktif bant geçiren filtre ölçüm sonuçları.

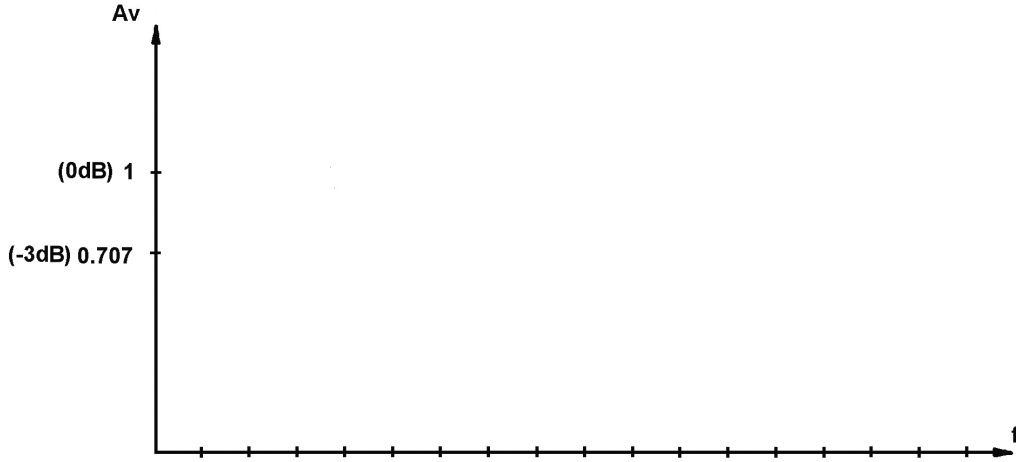
$V_i = 2 V_{p-p}$													
Frekans (Hz)	10	100	200	300	500	800	1k	2k	3k	4k	5k	8k	10k
$V_o (V_{p-p})$													
A_V													



Şekil 8-16. Aktif bant geçiren filtre.



Şekil 8-17. Bağlantı diyagramı (KL-25008 blok a).



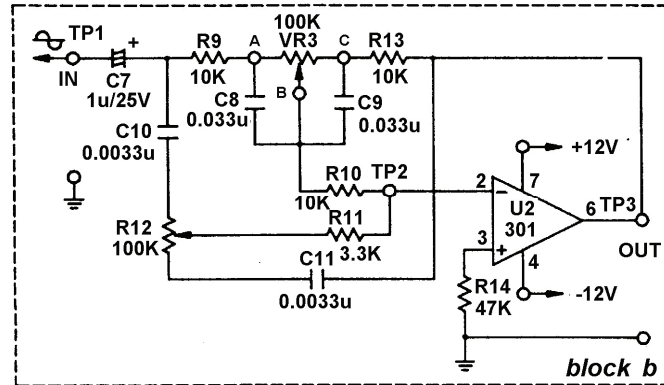
Şekil 8-18. Aktif bant geçiren filtrenin frekans tepkesi eğrisi.

Sonuçlar

Bant geçiren filtre, sadece alt 3-dB frekansından daha büyük ve üst 3-dB frekansından daha küçük frekanslı sinyalleri geçirebilir.

5.4 Ton Kontrol Devresi

1. KL-25009 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneklerinin üzerine koyun ve b bloğunu belirleyin. Şekil 8-9(a)'daki devre ve Şekil 8-19'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Bağlantı kabloları yardımıyla VR3'ü devreye bağlayın. KL-22001 Düzenekindeki +12 VDC ve -12 VDC sabit güç kaynaklarını KL-25009 modülüne bağlayın.



Şekil 8-19. Bağlantı diyagramı (KL-25009 blok b).

2. KL-22001 Düzeneğindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN (V_i) ucuna 1 kHz, 1 V_{p-p} 'lik kare dalga uygulayın.
3. VR3 ve R_{12} 'yi orta konumlarına ayarlayın. IN ucundaki V_i giriş dalga şeklini ve OUT ucundaki V_o çıkış dalga şeklini ölçün ve kaydedin.
4. VR3 (100 k Ω)'ü saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. IN ucundaki V_i giriş dalga şeklini ve OUT ucundaki V_o çıkış dalga şeklini ölçün ve Tablo 8-4'e kaydedin.
5. VR3 (100 k Ω)'ü saat dönüş yönünde tam olarak çevirin. IN ucundaki V_i giriş dalga şeklini ve OUT ucundaki V_o çıkış dalga şeklini ölçün ve Tablo 8-4'e kaydedin.
6. R_{12} (100 k Ω)'yi saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. IN ucundaki V_i giriş dalga şeklini ve OUT ucundaki V_o çıkış dalga şeklini ölçün ve Tablo 8-5'ye kaydedin.
7. R_{12} (100 k Ω)'yi saat dönüş yönünde tam olarak çevirin. IN ucundaki V_i giriş dalga şeklini ve OUT ucundaki V_o çıkış dalga şeklini ölçün ve Tablo 8-5'ye kaydedin.
8. KL-22001 Düzeneğindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN ucuna 60 Hz, 1 V_{p-p} 'lik sinüzoidal sinyal uygulayın. Sırasıyla VR3 (bas kontrol) ve R_{12} (tiz kontrol) değişken dirençlerini ayarlayarak, hangi değişken direncin daha iyi ayarlama etkisi sağladığını gözlemleyin.
9. KL-22001 Düzeneğindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN ucuna 5 kHz, 1 V_{p-p} 'lik sinüzoidal sinyal uygulayın. Sırasıyla VR3 (bas kontrol) ve R_{12} (tiz kontrol) değişken dirençlerini ayarlayarak, hangi değişken direncin daha iyi ayarlama etkisi sağladığını gözlemleyin.

Sonuçlar

Ton kontrol devresi, yüksek geçiren ve alçak geçiren filtre uygulamasıdır. Tiz kontrolü yüksek frekans kazancını kontrol etmek için kullanılırken, bas kontrolü ise alçak frekans kazancını kontrol etmek için kullanılır.

**Tablo 8-4.** VR3 (bas kontrol) için giriş ve çıkış dalga şekilleri.

VR3	Saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevrilmiş	Saat dönüş yönünde tam olarak çevrilmiş
V_i		
V_o		

Tablo 8-5. R_{12} (tiz kontrol) için giriş ve çıkış dalga şekilleri.

R_{12}	Saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevrilmiş	Saat dönüş yönünde tam olarak çevrilmiş
V_i		
V_o		

6 Deney Sonu Soruları

- Ölçtüğünüz alt 3-dB frekansı f_L ile üst 3-dB frekansı f_H değerlerini, ilgili denklemlerle hesaplanan değerlerle karşılaştırınız. Farkların olası nedenlerini yorumlayınız.
- Frekans tepkesi eğrilerinizde kazanç 0.707'ye (-3 dB) düştüğünde çıkış gücüne ne olur? Bu noktanın kesim frekansı olarak seçilmesinin nedenini açıklayınız.
- Ölçtüğünüz bant geçiren filtrenin bant genişliğini bulunuz. Aynı yapıdaki bir bant durduran filtrenin frekans tepkesi bundan nasıl ayrılır?
- Ton kontrol devresinde 60 Hz ve 5 kHz'lik sinyallerle yaptığınız gözlemlere göre VR3 ve R_{12} hangi frekans bölgesinin kazancını değiştirmektedir? Sonucu negatif geri besleme miktarı ile ilişkilendirerek açıklayınız.