

**NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ELEKTRONİK-II
LABORATUVARI
DENEY FÖYÜ**

DENEY 1: AKIM AYNALARI

Genel Bilgiler

Akım aynaları yükten bağımsız olarak sabit bir akım üretmek için oluşturulan devrelerdir. Akım aynaları aynı zamanda akım kaynakları olarak da bilinir ve zaten temel amacı da yükün değerinin büyüklüğüne bağlı olmaksızın doğru ve değişmeyen bir akım sağlamaktır.

İki adet BJT transistörünün Şekil 1'deki gibi bağlanması ile bir akım kaynağı elde edilebilir. İkisi de özdeş ve npn tipinde olan Q1 ve Q2 transistörleri için şu denklemler geçerlidir:

$$V_{BE1} = V_{BE2}$$

$$I_{B1} = I_{B2}$$

Bu denklemlere göre kontrol akımı şu şekilde ifade edilebilir (Bu denklemden β değerinin 2

$$I_{control} = I_{C1} + 2I_{B1} = \beta I_{B1} + 2I_{B1} = (\beta + 2)I_{B1} \approx \beta I_{B1}$$

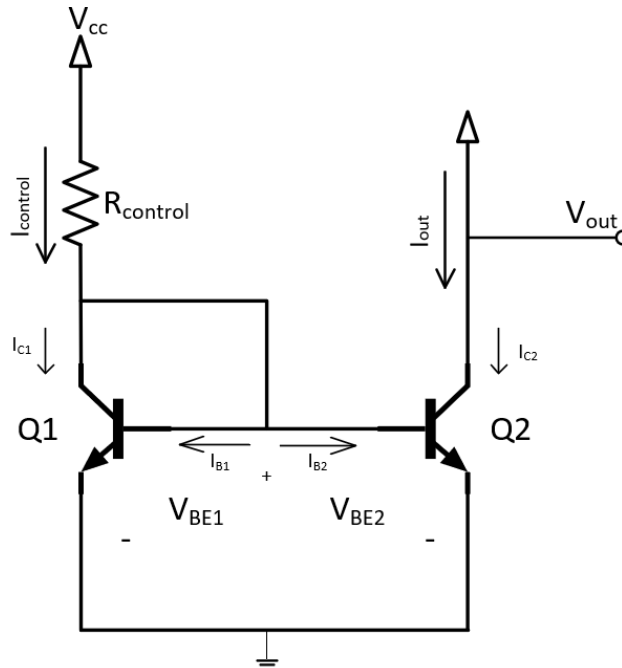
varsayılmıştır.):

Aynı şekilde çıkış akımının denklemini şu şekilde yazılabilir:

$$I_{out} = I_{C2} = \beta I_{B2}$$

Baz akımlarının eşit olduğunu bildiğimize göre (transistörlerin ileri aktif oldukları varsayılmıştır) netice itibarıyla kontrol akımının çıkış akımına eşit olduğunu görebiliriz. Kontrol akımı aşağıdaki denkleme göre bulunabilir:

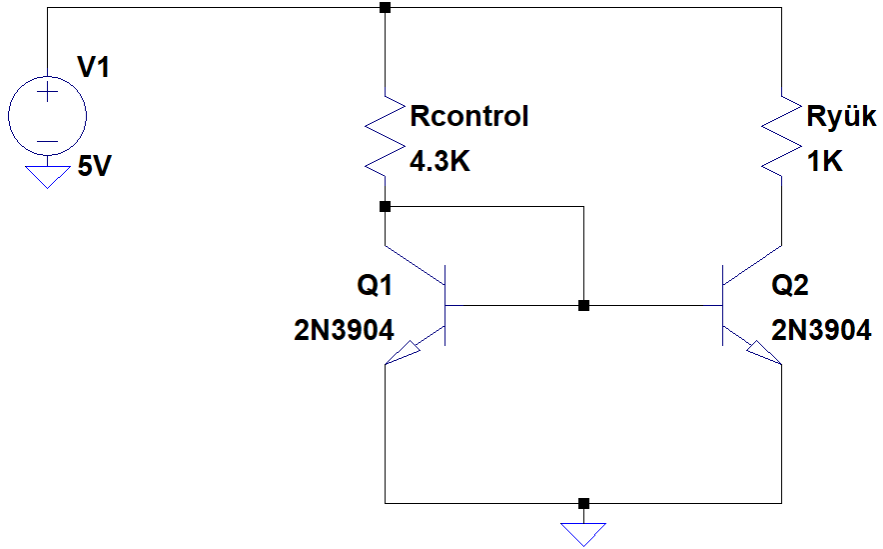
$$I_{control} = I_{out} = \frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_{control}}$$



Şekil 1: Akım Aynası Devresi

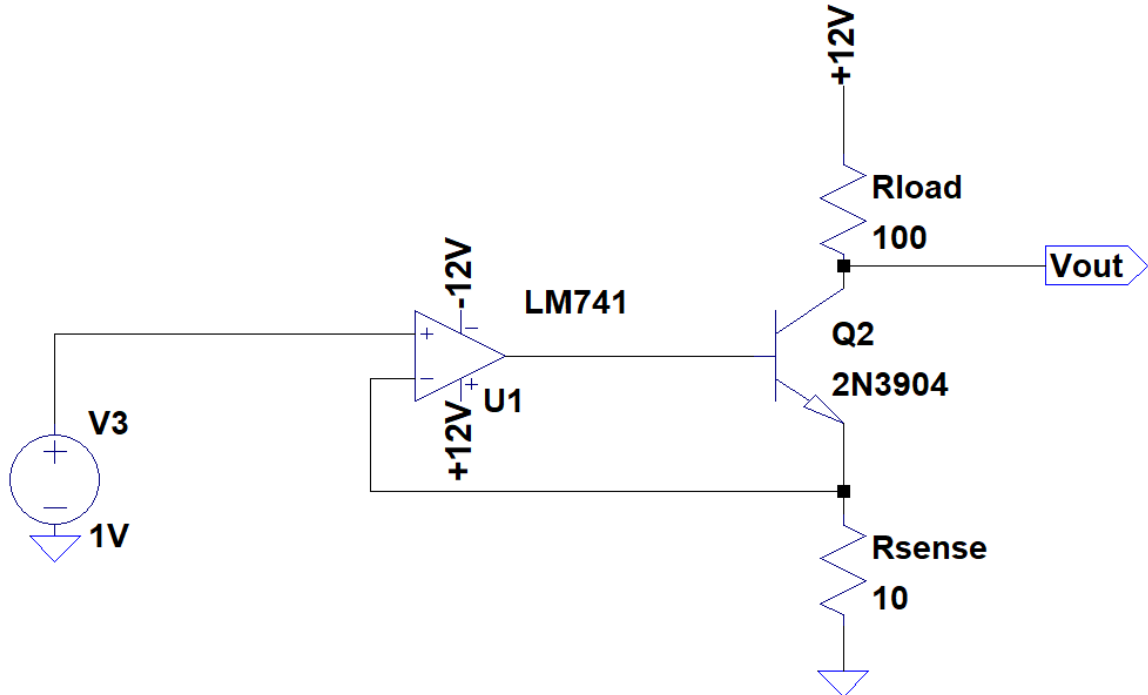
Deneyin Yapılışı

- 1) Şekil 2'deki devreyi bacak bağlantılarına ve direnç değerlerine dikkat ederek kurunuz.
- 2) Yük direnci üzerinden geçmesi beklenen akımı hesaplayınız ve ampermetre ile ölçünüz.
- 3) $R_{yük}$ yerine sırasıyla 2.2K ve 3.3K'lık dirençler bağlayarak geçen akımı ölçünüz.



Şekil 2: Akım Aynası Deneyi Devresi

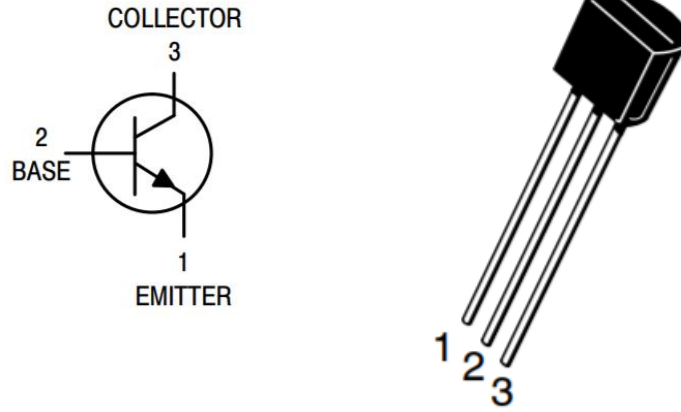
- 4) Şekil 3'teki devreyi kurunuz. R_{load} direncinden geçmesi gereken akım miktarını hesaplayıp, ampermetre ölçünüz.



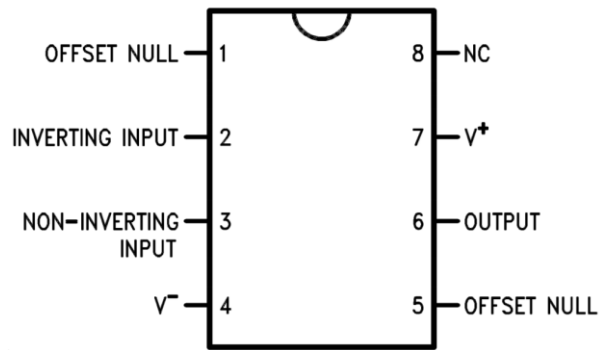
Şekil 3: OPAMP'lı Akım Kaynağı Devresi

NOT: npn Transistörü 2N3904 ve LM741 için uç diyagramları aşağıda verilmiştir.

2N3904



LM741



DENEY 2: GÜÇ YÜKSELTEÇLERİ

Genel Bilgiler

Güç kuvvetlendiricisi bir devrede girişe uygulanan sinyalin güç düzeyini yükseltmek için kullanılır. Çıkışta büyük güçler elde etmek için giriş sinyal voltajının da büyük olması gerekmektedir. Bu nedenle elektronik sistemlerde voltaj kuvvetlendiriciler genellikle güç kuvvetlendiricilerden daha önde gelirler ayrıca güç kuvvetlendiricileri büyük sinyal yükselteçleri olarak isimlendirilirler.

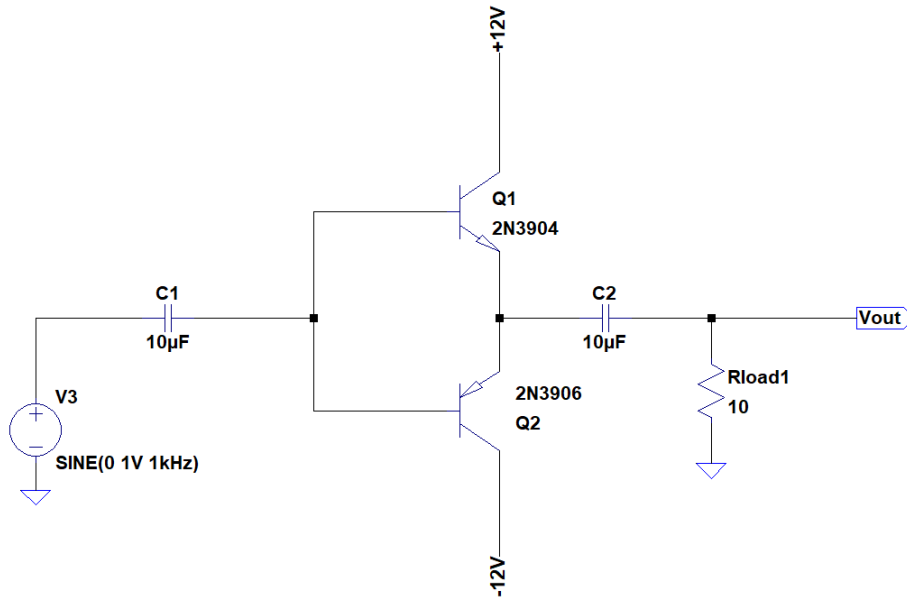
B-Sınıfı Yükselteçler

B sınıfı yükselticiler devredeki transistörün giriş sinyaline ait sadece bir yarı çevrimi ilettiği bir güç kuvvetlendirici çeşididirler. Bu, iletim açısının B sınıfı güç kuvvetlendiricilerinde 180° olduğu anlamına gelmektedir. Yani B sınıfı güç kuvvetlendiriciler girişine uygulanan sinyallerin sadece bir alternansını kuvvetlendirirler. Transistör yarı giriş döngüsü için kapalı olduğunda, daha az güç harcar ve dolayısıyla verim artmış olur.

B sınıfı güç kuvvetlendiricilerini pratikte kullanmanın bir yolu olarak push-pull ya da simetrik çıkışlı olarak iki adet B sınıfı kuvvetlendirici art arda bağlamaktır. Bu şekilde bağlanan B sınıfı güç kuvvetlendirici çiftinin biri dalganın negatif alternansını iletirken diğeri de pozitif alternansını iletir ve bu şekilde kuvvetlendirme gerçekleştirilmiş olur. Bu tür devrede her iki transistörün çıkışı giriş dalgasıyla ölçeklendirilmiş bir dalga elde edebilmek için birleştirilirler.

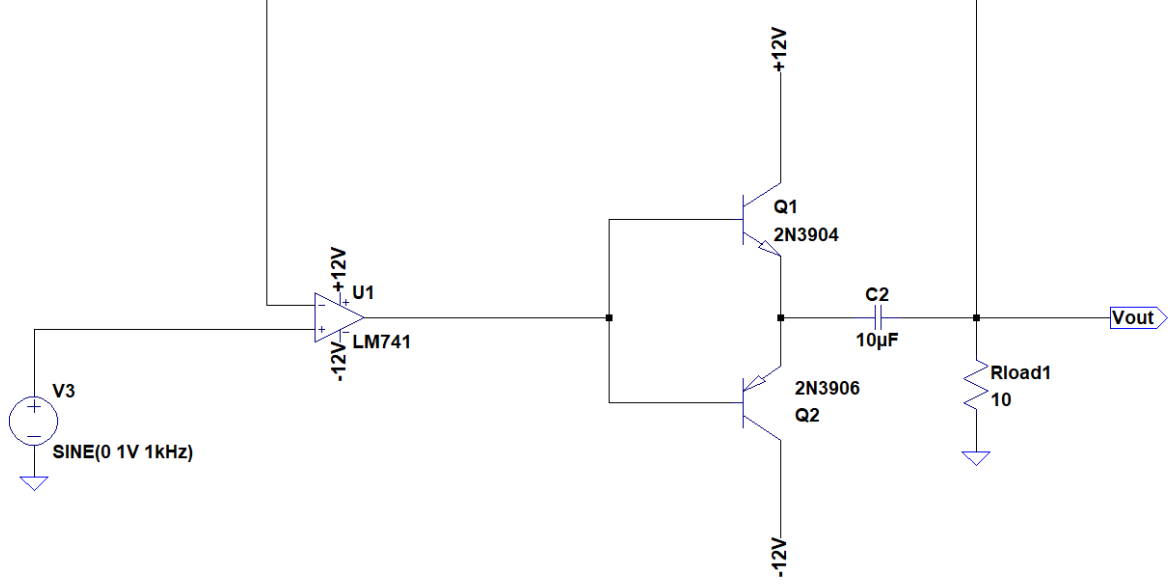
Deneyin Yapılışı

- 1) Şekil 4'deki devreyi bacak bağlantılarına dikkat ederek ilgili elemanları kullanarak kurunuz.



Şekil 4: Push-Pull B Sınıfı Yükselteci

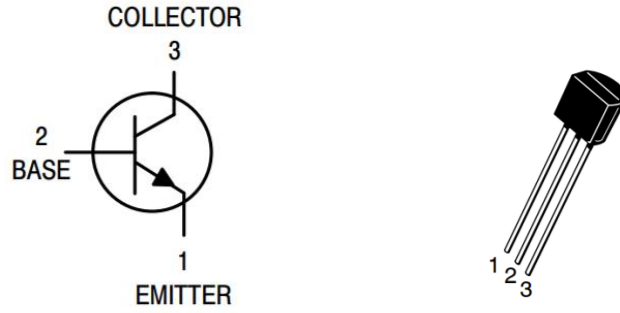
- 2) Giriş sinyali olarak $2V_{p-p}$ 1kHz sinüs sinyali uygulayarak çıkış sinyalini kontrol ediniz.
- 3) Şekil 5'teki devreyi kurunuz. Giriş sinyali olarak $2V_{p-p}$ 1kHz sinüs sinyali uygulayın ve çıkışı kontrol edin. 2. maddedeki çıkış ile karşılaştırın.



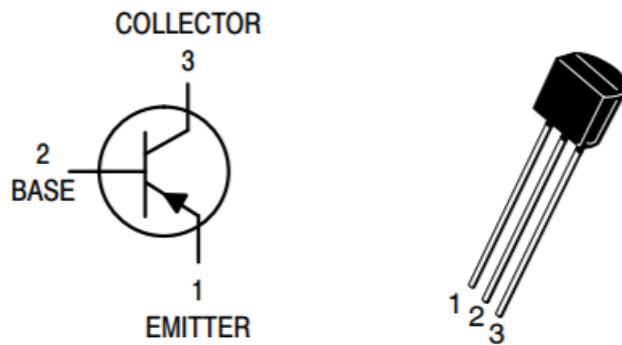
Şekil 5: Push-Pull B Sınıfı Yükseltici (OPAMP ile)

NOT: npn Transistörü 2N3904 ve 2N3906 için uç diyagramları aşağıda verilmiştir.

2N3904



2N3906



DENEY 3: ALÇAK GEÇİREN FİLTRELER

Genel Bilgiler

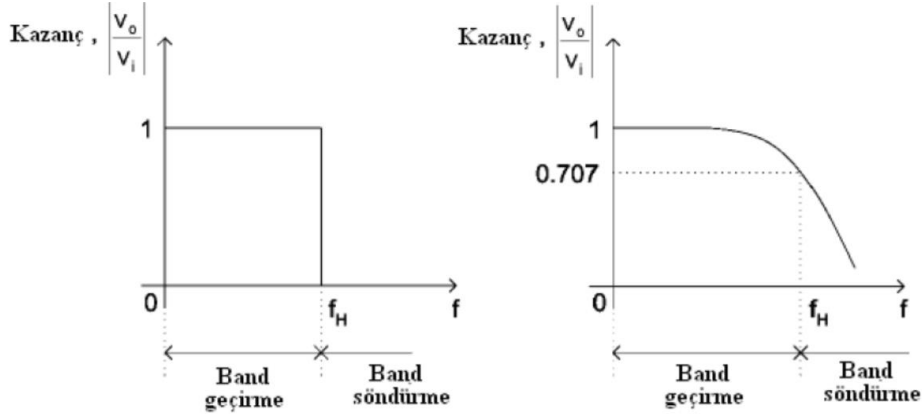
Bir **elektronik filtre** devresi, farklı frekanslara sahip giriş sinyallerinden bazı bantlardakini geçiren ve bazı bantlardaki ise bastıran devrelerdir. İçerdiği elemanlara göre iki çeşit filtre devresi vardır: **Pasif filtre devreleri**; direnç, bobin ve kapasitif elemanlar içerir. **Aktif filtre devreleri** ise bunlara ilaveten transistör veya Opamp gibi aktif devre elemanları içerir. Çalışma prensiplerine göreyse şu tiplerde filtreler bulunmaktadır: **Alçak Geçiren Filtre (AGF)**, **Yüksek Geçiren Filtre (YGF)**, **Bant Geçiren Filtre (BGF)**, **Bant Durduran Filtre (BDF)**.

Bu deneyde hem pasif hem de aktif AGF deneyleri yapılacaktır.

Alçak Geçiren Filtreler (AGF):

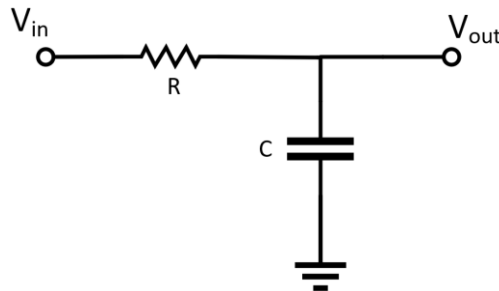
Alçak geçiren filtre devreleri, belirli bir **köşe frekansının** altındaki frekansları geçiren üstündekileri ise zayıflatan devrelerdir. Köşe frekansına aynı zamanda **-3 dB frekansı** veya **kesim frekansı** da denilir. Kesim frekansının altında kalan bant “geçirme bandı” üstünde kalan bant ise “söndürme bandı” olarak isimlendirilir.

Şekil 6’da ideal olan ve ideal olmayan (pratik) bir AGF için kazanç-frekans eğrisinin grafiği görülmektedir.



Şekil 6: İdeal ve İdeal Olmayan AGF için Kazanç-Frekans Grafiği

Şekil 7’de bir direnç ve bir kondansatör ile oluşturulabilen basit ve pasif bir AGF devresi gösterilmektedir.



Şekil 7: Pasif AGF Devresi

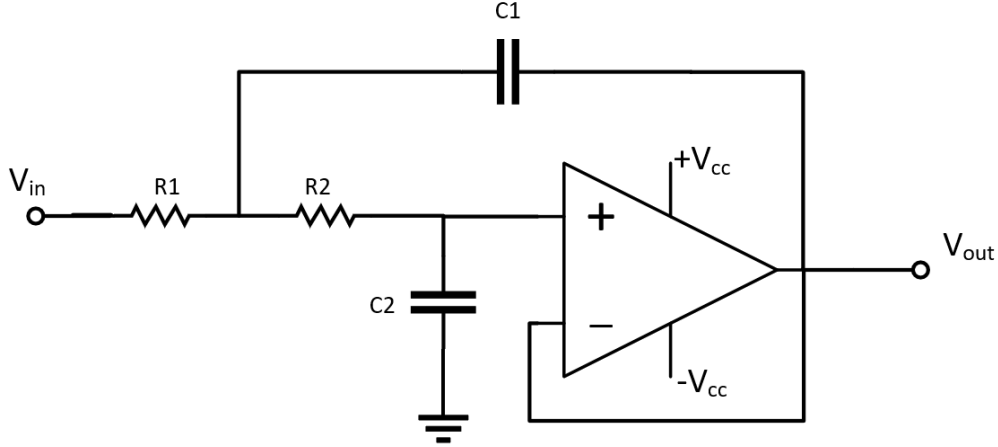
Bu devreye göre, giriş sinyali düşük frekanslardaysa kondansatör açık devre gibi davranır(reaktansı dirence göre çok yüksek), dolayısıyla giriş sinyalinin büyük

çoğunluğu çıkışa iletilir. Ancak, yüksek frekanslarda kondansatör kısa devre gibi davranır (reaktansı dirence göre çok düşük) ve çıkışa çok düşük bir gerilim düşer. Böylece, bu devre AGF çalışma prensibine göre çalışan pasif bir devredir. Bu devrenin çıkış gerilimi ve kesim frekansın şu şekildedir:

$$V_{out} = V_{in} \frac{X_c}{\sqrt{X_c^2 + R^2}} \quad (X_c = \frac{1}{2\pi fC})$$

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

Şekil 8'deyse Sallen-Key tipinde 2. dereceden aktif bir AGF devresi verilmiştir.



Şekil 8: Sallen-Key Tipi Aktif AGF Devresi

Bu devre analiz edildiğinde, giriş-çıkış (s-domain) transfer fonksiyonu ve kesim frekansı şu şekildedir:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(s) = \frac{1}{s^2 + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 C_1}\right)s + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Deneyin Yapılışı:

- 1) Şekil 7'deki devreyi R=1 kΩ C=47 nF olacak şekilde kurunuz. Devrenin kesim frekansı kaç Hz'dir, hesaplayınız.
- 2) Girişe 5V_{p-p} sinüs sinyali vereceğiz. Bu sinyalin girişindeki sinyalin frekansını aşağıdaki tablodaki değiştiriniz. Verilen her bir frekans değeri için, osiloskop ekranında çıkış geriliminin tepeden tepeye gerilimi (peak-to-peak) ölçünüz ve bu değerlerle tabloyu doldurunuz.
- 3) Her bir frekans değeri için çıkış kazancını dB cinsinden (20log(Vout/Vin)) hesaplayınız. Bulduğunuz bu değerlere göre devrenin kazanç(dB)-frekans grafiğini kabataslak çiziniz. Elde edilen eğri AGF karakteristiğine uygun mu? Değerlendiriniz.

Frekans	$V_{out_{pp}}$	Kazanç (dB)
100 Hz		
500 Hz		
1 kHz		
5 kHz		
10 kHz		
50 kHz		

- 4) Şekil 8'deki devreyi $R_1=R_2=1\text{ k}\Omega$, $C_1=C_2=100\text{ nF}$ olacak şekilde kurunuz. OPAMP olarak LM741 kullanınız (Beslemeler +12V ve -12V). Devrenin transfer fonksiyonunu (s-domain) yazınız. Kesim frekansını hesaplayınız.
- 5) Girişe 1 V_{p-p} sinüs sinyali uygulayınız. Girişin frekans değerini değiştirerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Bulduğunuz bu değerlere göre devrenin kazanç(dB)-frekans grafiğini kabataslak çiziniz.

Frekans	$V_{out_{pp}}$	Kazanç (dB)
500 Hz		
1000 Hz		
1.5 kHz		
2 kHz		
5 kHz		
10 kHz		

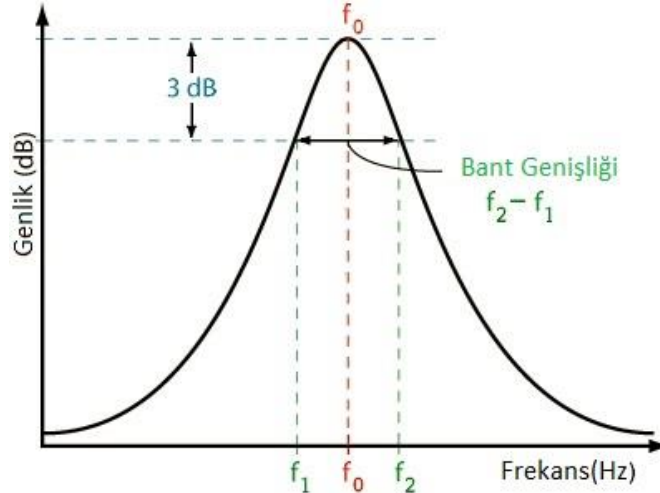
DENEY 4: BANT GEÇİREN FİLTRE

Genel Bilgiler

Bir filtre devresi, belli bir frekans bandını geçirirken, bu frekansın dışında kalan giriş sinyallerini azaltan devredir. Aktif filtreler, pasif elemanlar yanında transistör veya Opamp gibi aktif devre elemanları da içerir. Bu deneyde aktif Bant Geçiren Filtre deneyi yapılacaktır.

Bant Geçiren Filtreler (BGF) belli bir frekans aralığındaki sinyalleri bastırmak veya geçirmek için kullanılabilir. Bu filtreler genellikle ses yükselteç devrelerinde kullanılırlar. Örneğin, bazen yalnızca belli frekansları geçirmek bazılarını geçirmemek gerekebilir. Bu gibi durumlarda BGF ya da '**frekans seçici filtre**' kullanılır.

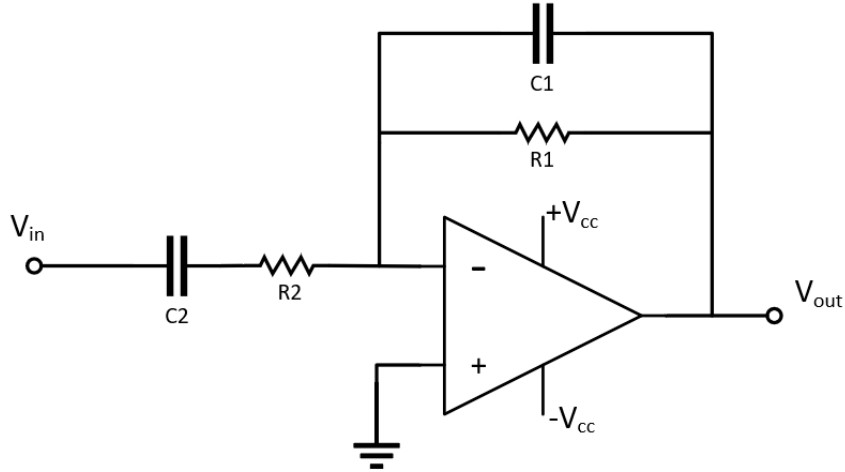
BGF karakteristiği elde etmek için, alçak geçiren filtre ve yüksek geçiren filtre devreleri art arda bağlanabilir. Bu filtre istenilen bant aralığını aynen çıkışa aktarırken, kalan bantları baskılayıp çıkışa geçirmez. **Bant Genişliği (BG)**, BGF'nin bozmadan ve ekstra gürültü eklemeyen çıkışa verdiği frekans aralığıdır. Tanım olarak BG, çıkış sinyalinin maksimum olduğu frekansın altında ve üstünde olan -3dB sinyal azalması yaşanan frekansların arasında kalan giriş sinyalleridir. Şekil 9'da genel ideal olmayan bir BGF için frekans cevap grafiği verilmiştir.



Şekil 9: BGF için Frekans Cevabı

Şekil 9'a göre, f_2 üst kesim frekansını, f_1 alt kesim frekansını, f_2-f_1 ise bant genişliğini vermektedir. Bu grafiğe göre, f_0 merkez veya rezonans frekansı olarak bilinirken, $f_0/(f_2-f_1)$ formülü ile kalite faktörü(Q) bulunmaktadır. Kalite faktörü bir bant geçiren filtrenin 'seçiciliğini' yani belli bir aralığı ne kadar yüksek oranda geçirdiğini gösterir. Yüksek bir kalite faktörü daha dar ve seçici bir frekans aralığını göstermektedir.

Şekil 10'da aktif bant geçiren filtre devresi görülmektedir:



Şekil 10: BGF Devresi

Bu devrenin geçirdiği bandın merkez frekansı (f_0) bant genişliği (BG) şu şekildedir:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$
$$BG = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{R_2 C_2} + \frac{1}{R_1 C_1} \right)$$

Deneyin Yapılışı:

- 1) Şekil 10'daki devreyi kurunuz. Bu devre için yukarıdaki formülleri kullanarak f_0 ve **Bant Genişliği** değerlerini hesaplayınız. ($R_1=R_2=1 \text{ k}\Omega$, $C_1=C_2=1 \text{ }\mu\text{F}$, OPAMP: LM741, Beslemeleri +12V ve -12V)
- 2) Bu devrenin f_0 ve -3dB Bant Genişliği değerlerini deneysel olarak bulunuz. **Not:** Merkez frekans değerini girişe verilen sinyalin frekansını değiştirerek elde edeceğiniz maksimum çıkış gerilim değeri ile bulabilirsiniz. Ayrıca bu maksimum değerın 0.7 katına düştüğü frekans değerleri alt ve üst kesim frekanslarını verecek, farkı ise bant genişliğini elde etmenizi sağlayacaktır.
- 3) Giriş gerilimine $10V_{pp}$ sinüs sinyali uygulayarak, bu sinyalin farklı frekans değerleri için çıkış sinyalini ve kazancı içeren aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Bu tabloya göre devrenin kazanç(dB)-frekans grafiğini çiziniz.

Frekans	$V_{out,pp}$	Kazanç (dB)
100 Hz		
200 Hz		
400 Hz		
1 kHz		
1.59 kHz		
5 kHz		
10 kHz		
50 kHz		
100 kHz		
500 kHz		

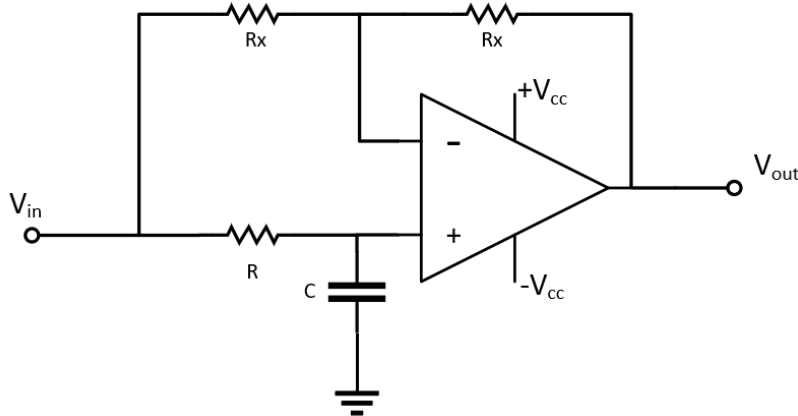
DENEY 5: FAZ KAYDIRICI (TÜM GEÇİREN FİLTRE)

Genel Bilgiler

Bir elektronik filtre, girişteki belli bir frekans bandını geçirirken, bu frekansın dışında kalan sinyalleri azaltmak amacı ile kullanılan, aktif veya pasif çeşitleri olan devre çeşididir. Aktif filtreler, pasif elemanlar yanında transistör veya Opamp gibi aktif devre elemanları da içerir. Bu deneyde pasif elemanlar direnç ile kondansatör ve aktif elemanla(OPAMP) Faz Kaydırma (Tüm Geçiren Filtre) deneyi yapılacaktır.

Bir filtre devresinin çoğunlukla kullanım amacı giriş sinyalinin büyüklüğünü değiştirmektir. Ancak, bazı durumlarda giriş sinyalinin büyüklüğünü aynen geçirip, fazını kaydırmak gerekebilir. **Tüm geçiren Filtreler (TGF)** veya diğer bir isimle **faz-kaydırıcılar (phase-shifter)** tüm frekanslardaki sinyalleri eşit şekilde geçiren ancak farklı frekanslar için faz ilişkisini değiştiren filtre tipleridir. Faz kaydırması frekansın bir fonksiyonu olarak değişir. TGF'nin genel kullanım amacı, bir devrede veya sistemde diğer kısımlar tarafından oluşturulan istenmeyen faz kaymalarını kompanse etmektir.

Şekil 11'de birim kazançlı, faz azaltma (phase-lag) işlemi yapan bir TGF devresinin şeması verilmiştir.



Şekil 11: TGF Devresi

Bu devrenin giriş-çıkış gerilim ilişkisi (transfer fonksiyonu) ve büyüklüğü şu şekildedir:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1 - j\omega RC}{1 + j\omega RC} \Rightarrow \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = 1$$

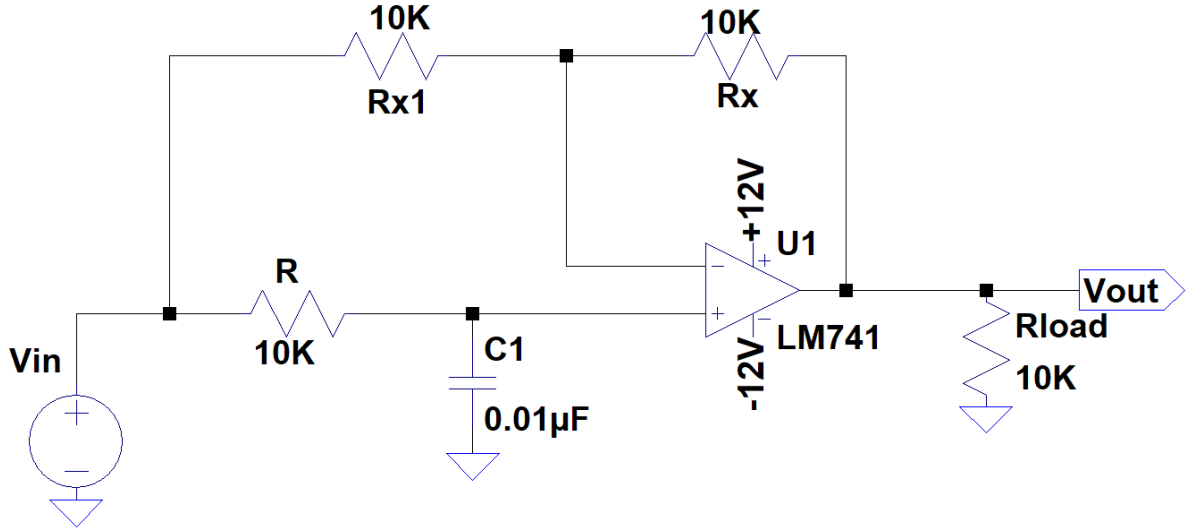
Yani R, R_x, C değerleri ve frekandan bağımsız olarak giriş çıkış gerilim büyüklükleri her zaman eşittir. Öten yandan, bu transfer fonksiyonu için faz denklemi şöyledir:

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan(-\omega RC) - \arctan(\omega RC) \\ &= -2\arctan(\omega RC) \end{aligned}$$

Frekans değeri sıfıra yaklaşırken faz farkı 0° olurken, frekans değeri çok yüksek olup sonsuza doğru giderken faz farkı değeri -180° olmaktadır. Eğer, ω değeri $1/RC$ değerine eşit olursa, faz farkı -90° olmaktadır.

Deneyin Yapılışı:

- 1) Şekil 14'teki devreyi kurunuz. Devre için kazanç ve faz denklemlerini elde ediniz. Hangi frekans değerinde -90° 'lik bir faz farkı elde edilir?



Şekil 14: TGF Devresi

- 2) Giriş gerilimine $5V_{pp}$ bir sinüs sinyali uygulayarak, bu sinyalin farklı frekans değerleri için aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

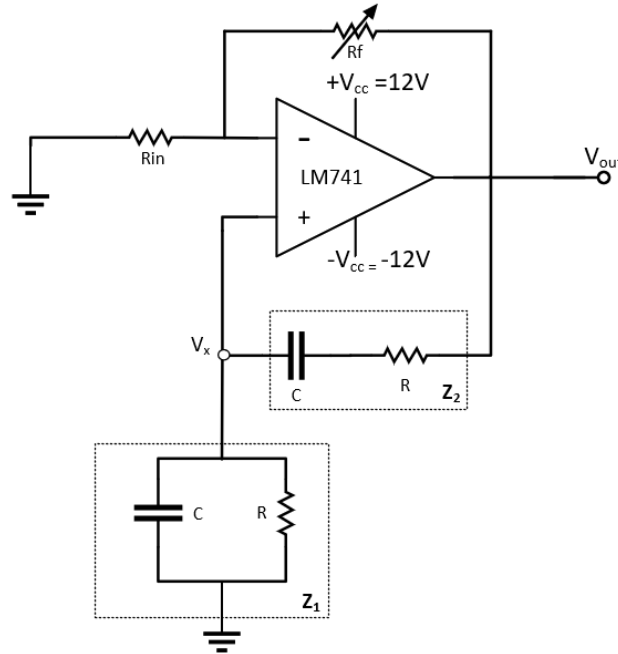
Frekans	$dB(V_{out}/V_{in})$	Faz Farkı ($^\circ$)
100 Hz		
200 Hz		
400 Hz		
1 kHz		
1.59 kHz		
5 kHz		
10 kHz		
50 kHz		
100 kHz		

- 3) Yukarıdaki tabloya göre Frekans-Kazanç ($dB(V_{out}/V_{in})$) ve Frekans-Faz Farkı($^\circ$) grafiklerini çiziniz.

DENEY 6: OSİLATÖR DEVRELERİ

Wien-Bridge Osilatör Devresi

Osilatörler pozitif geri-besleme nedeniyle periyodik çıkış gerilimi üreten devrelerdir. Osilatörlerin en önemli tiplerinden birisi genellikle ses frekanslarında kullanılan Wien-Bridge Osilatör devreleridir. Bu devrelerin tasarımında OPAMP'ların pozitif geri-beslemesinden faydalanılır. OPAMP kullanılma nedeni büyük giriş empedansı, yüksek kazanç oranı ve pozitif-geri besleme imkânı vermesidir. Şekil 15'te bir adet Wien-Bridge Osilatör devresi görünmektedir.



Şekil 15: Wien-Bridge Osilatör Devresi

Bu Osilatör devresinde, eviren terminalde rezistif bir gerilimi bölücü varken, evirmeyen(pozitif) terminalde reaktif bir gerilim bölücü devresi bulunmaktadır. İki terminaldeki ac gerilimlerinin eşit olduğu frekanslarda devre osilasyona uğrar. Bu devrenin analizi için öncelikle reaktif gerilim bölücü devresinin empedans değerlerini (Z_1 ve Z_2) bulmamız gereklidir:

$$Z_1 = \frac{R \left(\frac{1}{j\omega C} \right)}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{1 + j\omega RC}$$
$$Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

Bu empedans değerlerine göre V_{out} gerilimine bağlı olarak V_x gerilimi şu şekilde bulunabilir:

$$V_x = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} V_{out} = \frac{\left(\frac{R}{1 + j\omega RC} \right)}{\left(\frac{R}{1 + j\omega RC} + R + \frac{1}{j\omega C} \right)} V_{out} \Rightarrow V_x = \frac{1}{3 + (\omega RC - \frac{1}{\omega RC})j} V_{out}$$

Bu denkleme göre, V_x geriliminin reel sayı olmasını istersek (yani 0° faz kayması) paydadaki sanal kısmı sıfırlamamız gerekmektedir.

$$wRC - \frac{1}{wRC} = 0 \Rightarrow w = \frac{1}{RC}$$

w değerinin $2\pi f_{osc}$ olduğunu bildiğimize göre bu devrenin **osilasyon frekansı** şu şekilde olur:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi RC}$$

V_x gerilimini tekrar ifade edersek;

$$V_x = \frac{1}{3} V_{out}$$

Diğer bir ifadeyle Z_1 , Z_2 reaktif geri besleme kısmı sinyali düşürmektedir. Bu düşüşü kompanse edebilmek için negatif geri besleme kısmının kazancı 3'ten büyük eşit olmalıdır:

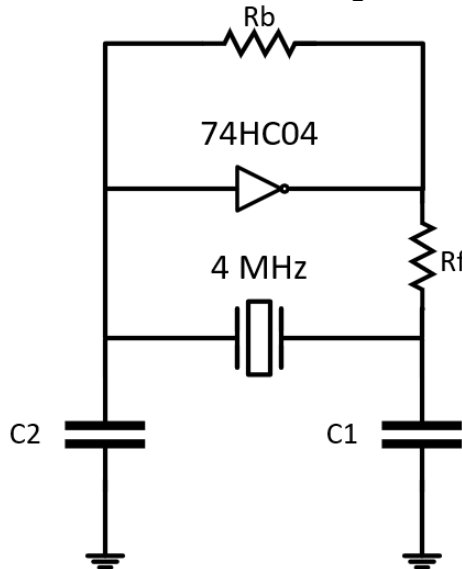
$$1 + \frac{R_f}{R_{in}} \geq 3 \rightarrow R_f \geq 2R_{in}$$

R_f değerinin R_{in} değerinin 2 katına eşit veya daha büyük olması gerektiği bu denklemde görülmektedir. $R_f=2R_{in}$ değeri için sabit bir çıkış gerilimi elde etmek mümkün olmaktadır.

Kristal Osilatör Devresi

Quartz Kristalleri, osilasyon kararlılığını arttırmak için kullanılırlar. Bu elemanlarla yapılan devrelere **Kristal Osilatör Devreleri** denir. Quartz Kristalleri, piezo-elektrik özellikte olup mekanik enerji ile elektrik enerjisi arasında dönüşüm yaparlar.

Şekil 16'da bir adet Quartz Kristal Osilatör devresi görülmektedir.



Şekil 16: Quartz Kristal Osilatör Devresi

Deneyin Yapılışı:

- 1) Şekil 15'deki devreyi (OPAMP olarak LM741 kullanarak) kurunuz. $R_{in}=10k\Omega$ sabit direnç ve R_f yerine $50 k\Omega$ 'luk ayarlanabilir direnç bağlayınız
- 2) $R_1=R_2=10K\Omega$ ve $C_1=C_2=0.1\mu F$ olacak şekilde devreyi kurunuz. Osilasyon frekansını hesaplayınız. Çıkış gerilimini osiloskop ekranından kontrol edip, bozulmamış veya kesilmemiş bir sinüs sinyali elde edene kadar ayarlanabilir direnç değerini değiştiriniz ($R_f=2R_{in}$ değerini elde etmeye çalışıyoruz). Saf sinüsü osiloskop çıkış gerilimi ekranında gördüğünüzde frekans değerini ölçünüz.
- 3) $R_1=R_2=1K\Omega$ ve $C_1=C_2=0.1\mu F$ olacak şekilde devreyi tekrar kurunuz. Osilasyon frekansını hesaplayınız. Adım 2'deki gibi çıkış geriliminin frekansını ölçünüz.
- 4) Şekil 16'daki devreyi kurunuz. ($R_f=620 \text{ Ohm}$, $R_b=200k\text{Ohm}$, $C_1=C_2=22 \text{ pF}$) Çıkıştaki (R_f - R_b dirençlerinin kesiştiği noktaya bakılacak) sinyali osiloskopta gözlemleyiniz.