

EBE-323

ELEKTRONİK III

DENEY FÖYÜ

Öğrencinin

Adı Soyadı :

Numarası :

Lab. Grubu :

Laboratuvar Sorumlusu: Arş. Gör. Murat YÜCEL

LABORATUVAR GENEL KURALLARI

- 1) Her öğrenci uygulama dersinin başlama saatini takip eden BEŞ DAKİKA içerisinde laboratuarda hazır bulunmak zorundadır.
- 2) Her öğrenci, deneyini daha önceden belirlenen gruplar dahilinde yapacaktır.
- 3) Deney masalarında bulunan numaralandırılmış cihaz ve aletler, deneylerin düzenli yapılabilmesi için KESİNLİKLE yer değiştirmeyecektir.
- 4) Her grup, kendisine tahsis edilen masa ve masada bulunan cihaz ve aletlerden sorumludur; deneye başlamadan önce alet ve cihazların sağlamlık kontrolünü yapacak ve sonra deneye başlayacaktır.
- 5) Her grup deney malzemelerini ve deneyi kuracakları breadboardları kendileri getirecektir. Deney malzemeleri olmayan grup o deneyden başarısız sayılacaktır.
- 6) Her grup deney bitiminde, masasında bulunan alet ve cihazların sağlamlık kontrolünü yapıp, masasını ve sandalyesini düzenledikten sonra ilgili öğretim elemanına bilgi verecek ve laboratuardan çıkacaktır.

DENEY SIRASINDA UYULACAK KURALLAR

- 1) Her öğrenci, yapacağı deneye teorik olarak hazır gelecektir.
- 2) Her öğrenci deneye aktif olarak katılacaktır.
- 3) İlgili öğretim elemanı tarafından, deney öncesinde, sırasında ve sonrasında öğrencilere sorular sorulacak alınan cevaplar değerlendirmeye tabi tutulacaktır.
- 4) Hazırlanan deney raporu ilgili öğretim elemanına (en geç bir sonraki deneye kadar) onaylatılacaktır. Deneye katılmayan öğrencinin raporu dikkate alınmayacaktır.
- 5) Onaylatılan deney raporları dönem sonunda eksiksiz olarak dosyalanmış veya spiral yapılmış şekilde teslim edilecektir.
- 6) Yönetmelik gereği deneylerin en az %80 ' ine katılmayan öğrenci başarısız sayılacaktır.
- 7) Laboratuarda daha sonra ilan edilecek tarihlerde teorik ve uygulama sınavları yapılacaktır.

KENWOOD CS-5270 (100 MHz) SERİSİ OSİLASKOBU KULLANIMI İÇİN GEREKLİ BİLGİLER

1.) Katot Işın Tüpü (CRT): Aktif gösterge ekranının yüzeyi, dikey eksen boyunca 10 mm'lik 8 tane eş aralığa bölünmüştür. Yatay eksen de 10 mm'lik 10 tane eş aralığın bölünmesinden oluşmuştur. Tüp ekranının üzerine işlenen her bir integral parseli ile (işaret), ölçümdeki hata oranını en aza indirmenmektedir. Bir de katot ışın tüpünün sol tarafında geçen zamanı ölçmek için yüzdelik gösterge vardır.

2.) Güç Anahtarı (ON/OFF): Basma tipi anahtar güç anahtarını kapatır ve açar. Düğmeye bastığımızda osilaskop açılır (ON), düğmeye tekrar bastığımızda ise osilaskop kapanır (OFF).

3.) Gösterge Lambası: Osilaskop açıkken led lambası yanar.

4.) Ölçek Aydınlanma Kontrolü: CRT ekranının yüzeyinde bulunan parsellerdeki aydınlamayı kontrol eder.

5.) R/O INTEN Kontrolü: Ekran üzerinde gösterilen veri değerlerinin parlaklığını kontrol eder.

6.) İşaret Rota Kontrolü: İşaret çizgisinin eğimini kontrol eder. Çizginin eğimi, dünyanın manyetik alanı gibi dış etkilere oturu değişecektir. Donanımın içinde olan vidayı kullanarak işaret çizgisi yatay eksene göre ayarlanır.

7.) Netlik Ayarı: En net görüntüyü elde etmek için kullanılır.

8.) Yoğunluk Kontrolü: İşaret çizgisinin parlaklığını ayarlamak için kullanılır.

9.) CAL Terminali (Kalibrasyon Ucu): Kalibrasyon için gerekli gerilim terminalidir. Propları ayarlamak için kullanılır. Çıkış pozitif kutuplu 1 Vp-p yaklaşık olarak 1KHz kare dalgadır.

10.)  (GND) Ucu: Diğer parçalarla beraber genel topraklama için kullanılır.

11.) V. Mod Seçicisi: Dikey eksendeki işlem modlarını seçmekte kullanılır.

CH1: CH1 giriş sinyali CRT' nin üzerinde gösterilir.

ADD: CRT üzerinde gösterilen CH1 ve CH2 sinyallerinin cebirsel toplamıdır. Eğer CH2 INV olarak ayarlanırsa CH1 ve CH2' den gelen sinyaller arasındaki farklılıkları gösterir.

CH2: CH2 giriş sinyali CRT' nin üzerinde gösterilir.

CH3: CH3 giriş sinyali CRT' nin üzerinde gösterilir.

ALT / CHOP: ALT ve CHOP modlarını seçer. ALT modunda giriş sinyalleri her periyotta değişken olarak çoklu işaret modunda gösterilir. CHOP modunda giriş sinyalleri değişken olarak yaklaşık 250 KHz (çiftli işaret işleminde) tekrarlı oranda (periyot zamanı önemsizmeden) gösterilir.

Şöyle bir açıklama ekleyebiliriz:

Değişken (ALT) ve Chop (CHOP) Modları:

Bu modları kullandığımızda çoklu işaret işlemleri boyunca ekran, zamana göre bölümlere ayrılmış olur. CHOP modunda her kanal her periyotta zamana göre bölünür. Normal olarak bu çeşit ölçüm hem periyot oranı 1 ms/div' den hem de titreşimin oldukça fark edildiği düşük tekrarlı oranlarda gerçekleştirilir. Değişken moda, her kanal diğerinden sonra gösterilir. Böylece her kanal daha anlaşılır şekilde görünür. Normal olarak daha hızlı periyotta çalıştırılır.

12.) VOLTS/DIV Kontrolü: CH1 den gelen sinyal, dikey eksen zayıflatıcı ile kontrol edilir. VOLTS/DIV 1-2-5 adımda anahtar kontrol eder. Kalibre edilmiş dikey eksen duyarlılığı V. VARI 'dan CAL pozisyonuna ayarlanarak elde edilmektedir. X-Y işlemlerinde VOLTS/DIV kontrolü Y ekseninin zayıflatmasında kullanılır.

13.) Değişken (V. VARI) Kontrolü: CH1 dikey eksen duyarlılığının ince ayarını yapmayı sağlar. VOLTS/DIV kontrolü ile kurulur. Zayıflatıcı tamamen saat yönüne (CAL pozisyonuna) çevrilerek kalibre edilir. X-Y işlemlerinde değişken kontrolünün yapılmasını sağlar.

14.) **Pozisyon Kontrolü:** CRT üzerinde gösterilen CH1 dalga şeklinin dikey pozisyonunu ayarlar. X-Y işlemleri boyunca Y ekseninin pozisyon kontrolü olarak kullanılır.

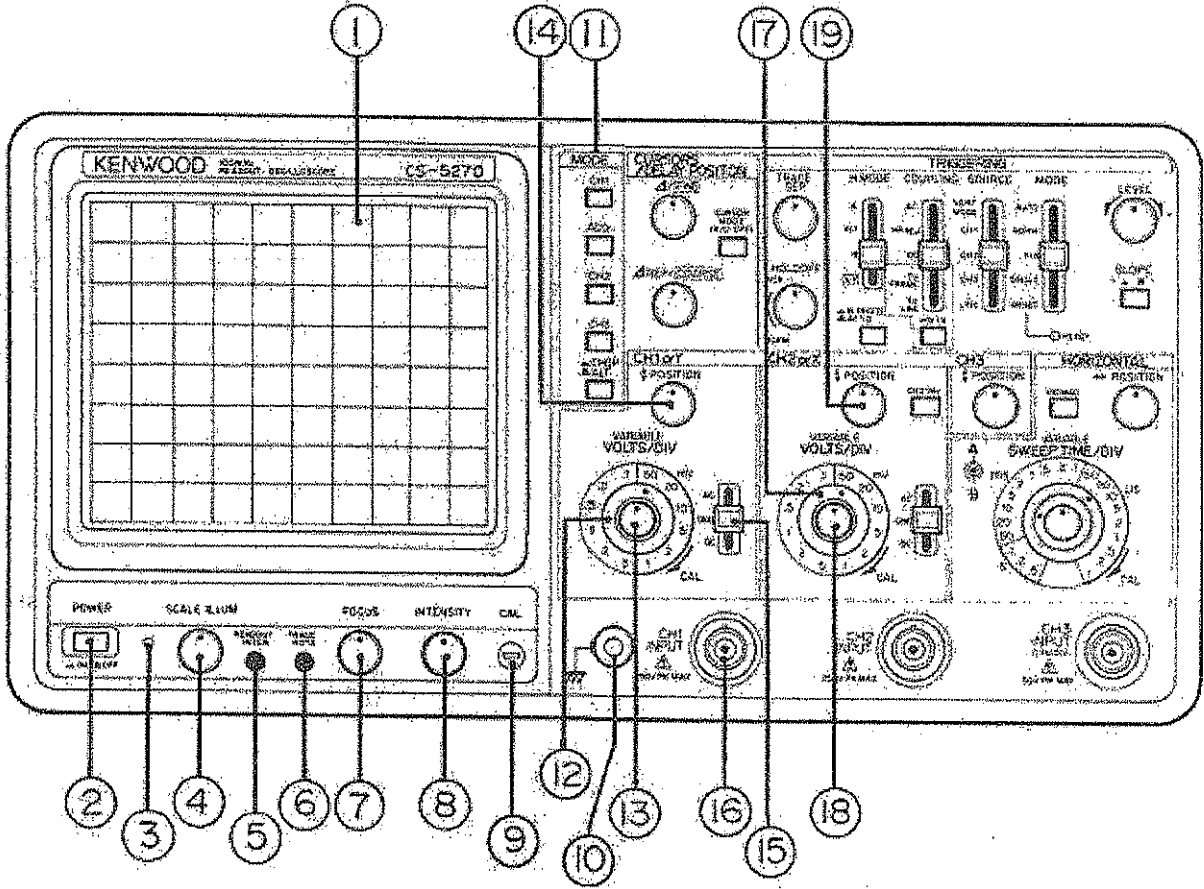
15.) **AC-GND-DC anahtarı:** Giriş sinyalinin bağımlı modlarında CH1 dikey eksenini seçer.

AC: Giriş sinyalleri AC bağımlıdır ve DC bileşenleri kaldırılmıştır. Eğer 1:1 koaksiyel kablo kullanılırsa düşük frekanslı sinyal 3 dB veya 5HZ' den daha az seviyeye düşer.

GND: Dikey yükseltecin girişi topraklanır. Bu şekilde toprak potansiyelinin kontrol edilmesine olanak sağlar. Giriş direnci toprağa bağlı olarak 1MΩ' dur. Giriş sinyalleri topraklanmayacaktır.

DC: Giriş sinyalleri DC bağımlıdır. Böylece DC bileşenleri olan sinyallerin gözlenmesine olanak verir. Anahtarlar, X-Y işlemleri boyunca Y ekseninin giriş terminali olarak kullanılır.

16.) **CH1 Giriş Ucu:** CH1 dikey eksen giriş terminalidir. X-Y işlemleri boyunca Y ekseninin giriş terminali olarak kullanılır.



17.) **VOLTS/DIV Kontrolü:** CH2 dikey eksen zayıflatıcısıdır. CH1 VOLTS/DIV kontrolü ile aynı fonksiyonlara sahiptir. X-Y işlemleri boyunca X ekseninin zayıflatılmasında kullanılır.

18.) **Değişken (V. VARI) Kontrolü:** CH2 dikey eksen zayıflatıcısının ince ayarında kullanılır. CH1 V. VARI kontrolü ile aynı fonksiyonlara sahiptir. X-Y işlemleri boyunca X ekseninin ince zayıflatma ayarı için kullanılır.

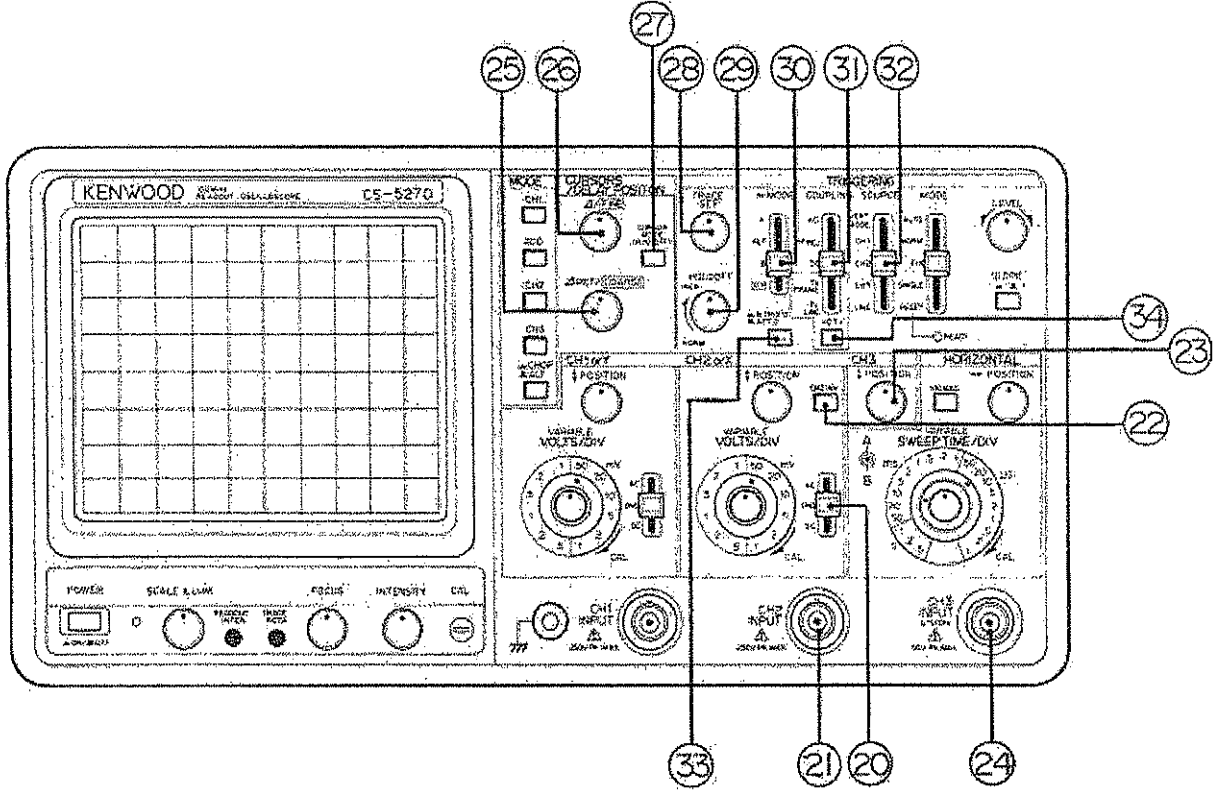
19.) **Pozisyon Kontrolü:** CRT üzerinde gösterilen CH2 dalga şeklinin dikey pozisyonunu ayarlar. X-Y işlemleri boyunca Y ekseninin pozisyon kontrolü olarak kullanılır.

20.) **AC-GND-DC anahtarı:** CH1 AC-GND-DC kontrolünde belirtilen işlemlerin aynısını CH2 için yapar. X-Y işlemleri boyunca X ekseninin giriş seçicisi olarak kullanılır.

21.) **CH2 Giriş Ucu:** CH2 dikey eksen giriş terminalidir. X-Y işlemleri boyunca X ekseninin giriş terminali olarak kullanılır.

22.) **CH2 Tersleme Anahtarı:** Düğmeye basıldığında CH2 giriş sinyalinin kutupları tam tersi şeklinde değişecektir.

- 23.) **Pozisyon Kontrolü:** CRT üzerinde gösterilen CH3 dalga şeklinin dikey pozisyonunu ayarlar. X-Y işlemleri boyunca Y ekseninin pozisyon kontrolü olarak kullanılır.
- 24.) **CH3 Giriş Ucu:** CH3 dikey eksen giriş ucudur.



25.) **Geciktirme Pozisyonu (Kaba Ayar), Δ REF Göstergesi:** H. MODE ALT veya B. 'ye ayarlandığı zaman A periyodu ile B periyodu arasındaki gecikme zamanını kabaca ayarlar.

[CS-5230, CS-5260 ve CS-5270 modellerinin gösterge fonksiyonları vardır.]

26.) **Gecikme Pozisyonu (İnce Ayar), Δ REF Göstergesi:** Gecikme zamanının ince ayar Δ göstergesinin pozisyonunu ayarlar. [CS-5230, CS-5260 ve CS-5270 modellerinin gösterge fonksiyonları vardır.]

27.) **Gösterge Modu (R/O OFF) . [CS-5230, CS-5260 ve CS-5270 modelleri] :** Göstergenin gösterim modunu seçer ve verilerin gösterimini ON ve OFF olarak çevirir. Anahtara her basılışında göstergenin gösterim modu sırayla; OFF, V Göstergesi, H Göstergesi ve OFF olarak değişir. Anahtara veri gösterimi sırasında ikinci kez veya daha fazla basıldığında, gösterge gösterimi ölçek faktör gösterimini içererek OFF olur. Veri gösterim fonksiyonunu ON yapmak için anahtara tekrar basmak gerekir.

28.) **İşaret SEP Modu:** H. Mod, ALT konumuna ayarlandığında A periyodunun dikey pozisyonunu A periyoduna göre ayarlar ve A ile B periyodunu sırasıyla gösterir.

29.) **HOLD OFF Kontrol:** Bir A taramanın son noktası ile başka bir A taramasının başlangıç noktası arasındaki zamanı ayarlar.

30.) **H. MOD Anahtarı:** Yatay eksenin görüntülenme modunu belirler. A: A tarama modunda çalışır.

ALT: A tarama ile B taramayı sırasıyla peş peşe görüntüler.

B: A tarama modunda çalışır.

31.) **COUPLING Anahtarı (Bağlantı Anahtarı):** Tetikleme işaretinin türünü seçer.

AC: Tetikleme devresi girişine DC bileşeni olmayan bir AC işaret uygulanır.

Hfref: Tetikleme işareti, bir alçak geçiren filtreden geçtikten sonra tetikleme devresi girişine uygulanır.

DC: Tetikleme devresi girişine DC bir işaret uygulanır.

TV FRAME: Bileşik Video işaretinden elde edilen dikey eşleme darbeleri tetikleme devresi girişine uygulanır.

TV LINE: Bileşik Video işaretinden elde edilen yatay eşleme darbeleri tetikleme devresi girişine uygulanır.

32.) SOURCE Anahtarı: Tetikleme işaretinin kaynağını seçer.

VERT: Tetikleme işaretinin kaynağı, V. MODE anahtarının konumuna göre seçilir. Eğer V. MODE anahtarı ile tek bir ışın (CH1, CH2, CH3 veya ADD) seçilmiş ise seçilen giriş işareti, tetikleme işaretinin kaynağı olarak belirlenmiş olur. Eğer ALT mod seçilmişse her bir giriş işareti her bir tarama işleminde kaynak olarak seçilmiş demektir.

CH1: Tetikleme işaretinin kaynağı, CH1 ' e uygulanan işarettir.

CH2: Tetikleme işaretinin kaynağı, CH2 ' e uygulanan işarettir.

CH3: Tetikleme işaretinin kaynağı, CH3 ' e uygulanan işarettir.

LINE: Tetikleme işaretinin kaynağı, şebeke gerilimine ait dalga şeklidir.

33.) AFTER D/B TRIG'D Anahtarı: Sürekli gecikmeyi ya da eşzaman gecikmeyi belirler. Sürekli gecikme modunda B tarama, A tarama başladıktan sonra Delay Position düğmesi ile belirlenmiş gecikme süresi geçer geçmez başlar. Senkron gecikme modunda ise B tarama, A tarama başladıktan sonra Delay Position düğmesi ile belirlenmiş gecikme süresi dolduktan sonraki ilk tetikleme noktası anında başlar.

34.) HDTV Anahtarı: HDTV tuşuna basılmış iken, TV Frame veya TV Line konumlarından biri seçilmiş ise, çalışma HDTV bileşik video işareti ile senkron olarak gerçekleşir.

35.) T. MODE: Tetikleme modunu belirler.

AUTO: Tarama işlemi tetikleme işaretine göre yürütülür. Herhangi bir tetikleme işareti yokken bile ekranda bir ışın görüntülenir.

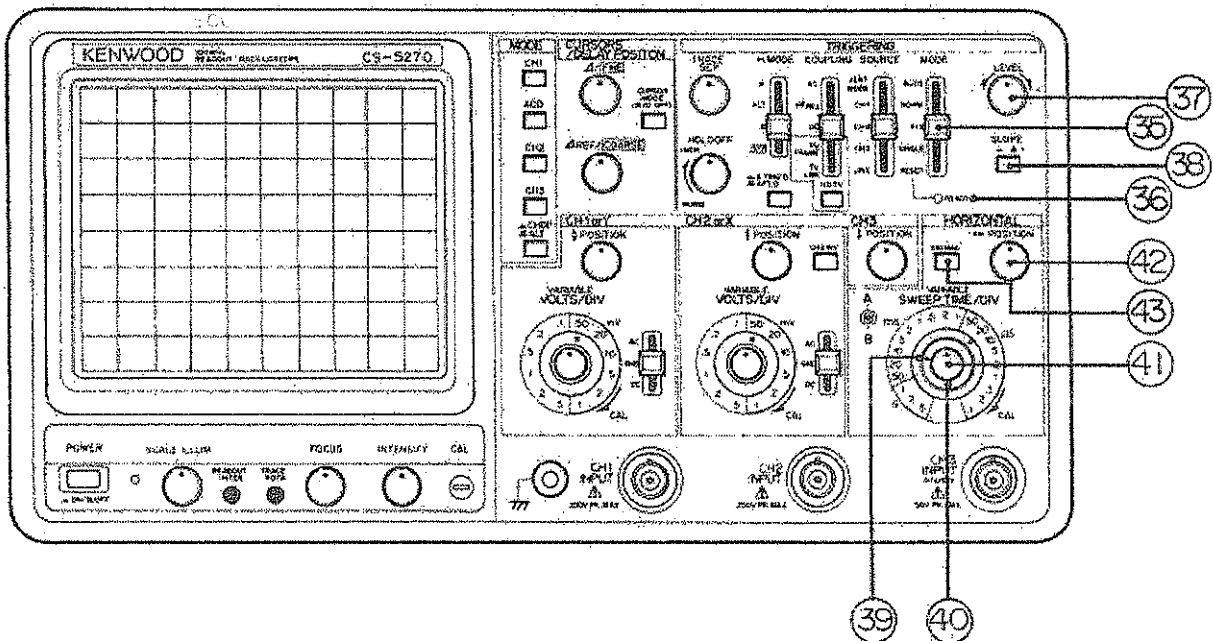
NORM: Tarama işlemi tetikleme işaretine göre yürütülür. AUTO' dan farkı; eğer herhangi bir tetikleme işareti yoksa, ekranda hiçbir işaret ışın görünmeyecektir.

FIX: Tarama işlemi, SOURCE anahtarının konumuna göre seçilen işaretin merkez genliğine göre yürütülür.

SINGLE: Tek bir tarama modu seçilir.

RESET: Tek tetikleme modu için osilaskobu ayarlar.

36.) READY Göstergesi: RESET düğmesi tetiklendikten sonra READY led lambası yanar. Osilaskobun tekli modda ölçüm için hazır olduğunu gösterir.



37.) LEVEL Kontrolü: Tetikleme seviyesini ayarlar. Tetikleme işareti eğimin hangi noktasında tetikleneceğini ve taramanın ne zaman başlayacağını belirler.

38.) SLOPE +/-: Tetikleme işareti eğiminin polaritesini belirler. Tuş basılı değilken(+), işaretin yükselen kenarına göre tetikleme gerçekleşir. Tuş basılı iken(-), işaretin düşen kenarına göre tetikleme gerçekleşir.

39.) A TARAMA TIME/DIV Anahtarı: 0,5 saniye/bölme ile 50ns/bölme arasında (22 adet aralık) A tarama süresini belirler. H. VARI/ düğmesi tamamen saat yönünde (CAL konumuna doğru) çevrilmelidir.

40.) B TARAMA TIME/DIV Anahtarı: 50ms/bölme ile 50ns/bölme arasında (19 adet aralık) B tarama süresini belirler. Yüksek hız değerleri için bu anahtarının, A tarama anahtarından kurulmasını tavsiye ediyoruz.

41.) Değişken Kontrolü (H. VARI): A tarama süresinin, değeri seçilmiş A tarama TIME/DIV' in ince kontrolle devam etmesi için gerekli olan anahtardır. CAL pozisyonu için saat yönünde tamamen çevrilir. A tarama süresi kalibre edilmiştir.

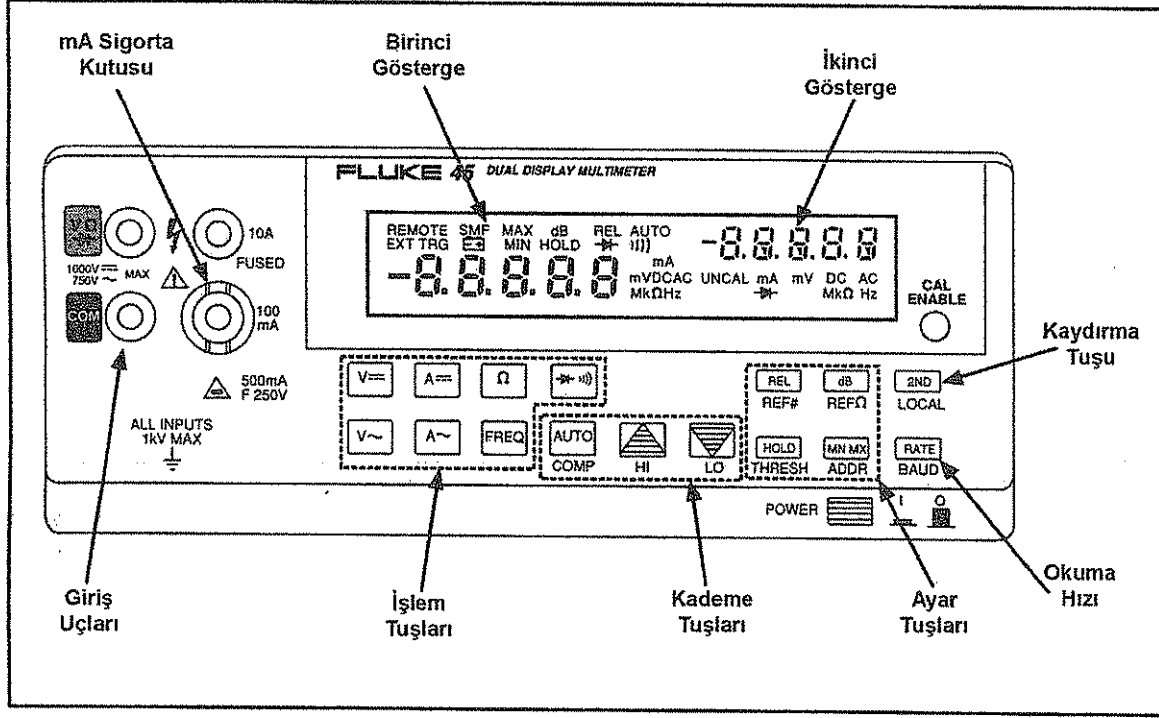
42.)  Pozisyon Kontrolü: CRT ekranında görüntülenen dalga şeklinin yatay konumunu ayarlar. X-Y çalışma modunda yatay eksenin konumunu düzenler.

43.) X10 MAG Anahtarı: CRT ekranında görüntülenen işareti 10 kat daha büyüterek görmek için bu tuşa basılır. X-Y çalışma modunda bu tuşa basmayınız.

FLUKE 45 DUAL DISPLAY MULTİMETRE KULLANIM KILAVUZU

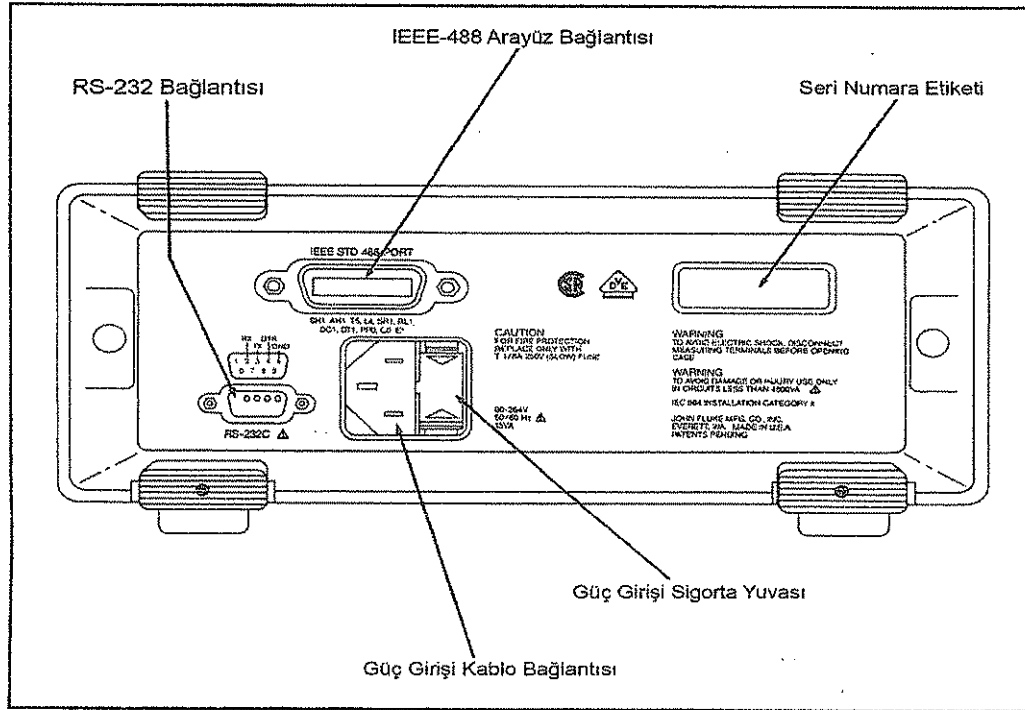
Bu bölümde multimetrenin temel özelliklerini, kullanım alanlarını ve genel fonksiyonlarının çalışma biçimini anlatacağız.

Ön Panel



Şekil 2-1. Ön Panel

Ön panelde genel olarak üç bölümden oluşur: solda giriş terminali, birinci ve ikinci göstergeler ve düğmeler. Düğmeler ana özelliklerin seçilmesinde, işlem ayarları ve özellik ayarlamalarında kullanılır.



Şekil 2-2. Arka Panel

Multimetrenin Açılması

Multimetreyi açmak için, ön panelin sağ alt kısmındaki yeşil renkli **POWER** yazan güç düğmesine basınız.

Düğmelerin Kullanılması

Ön paneldeki düğmeler multimetre özelliklerini ve işlemleri seçmek için kullanılır.

Düğmelerin kullanılmasının üç yolu vardır:

Bir düğmeye basıp özelliği veya işlemi seçebilirsiniz.

Örneğin  düğmesine basarak birinci gösterge için ac gerilim seçilebilir.

Bir düğmeye bastıktan sonra diğerine basarak, düğme kombinasyonları kullanabilirsiniz.

Örneğin  düğmesine basarak birinci gösterge için ac gerilim seçtikten sonra,  düğmesine basarak desibel gösterimi seçilebilir.

Birden fazla düğmeye aynı anda basarak,

Örneğin  ve  düğmelerine aynı anda basarak ac gerilimin gerçek rms değerini dc gerilimin hesaplanan değerinin gösterimi seçilebilir.

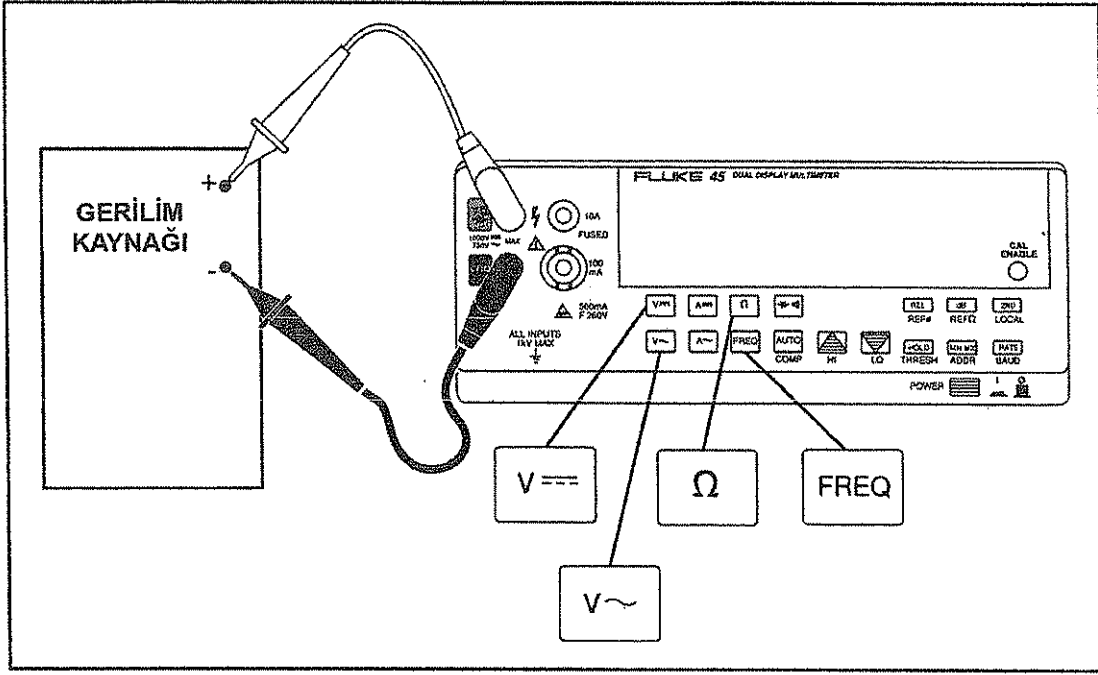
Ölçüm Değeri Seçimi

Normalde multimetre bu değeri otomatik olarak ayarlar. Ancak isterseniz sizde bu değeri değiştirebilirsiniz.

Elle değiştirmek için öncelikle  düğmesine bastıktan sonra  ve  düğmeleriyle ölçüm değerine uygun kademe belirlenir.

Gerilim, Direnç ve Frekans Ölçümü

Gerilim, voltaj veya frekans ölçmek için gerekli özellik düğmesine basınız ve test uçlarını şekil – 2,5 teki gibi bağlayınız.

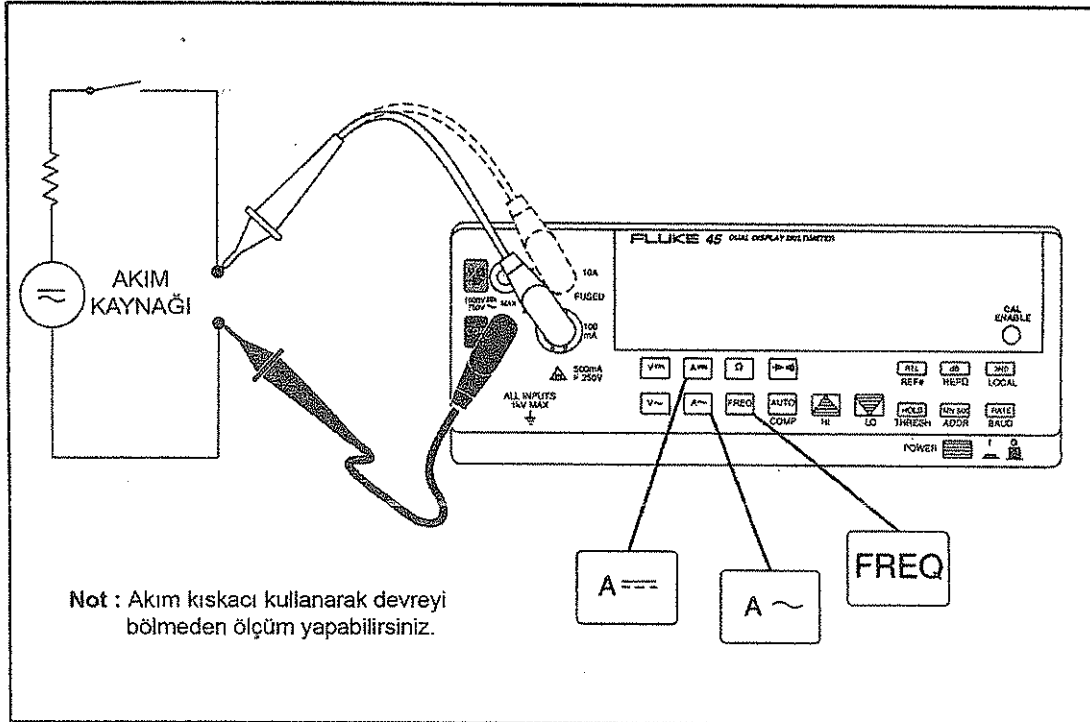


Şekil 2-5. Gerilim, Direnç ya da Frekans Ölçümü

Akım Ölçümü

Akım ölçmek için öncelikle kırmızı test probunu 100 mA girişine takın. Bu giriş 100 mA'den küçük değerler için kullanılmalıdır, daha büyük değerleri ölçmek için 10 A girişi kullanılarak ölçüm yapılmalıdır.

A₌₌ Veya **A_~** düğmelerine bastıktan sonra test uçlarını şekil -2,6 daki gibi bağlayarak aşağıdaki adımları izleyiniz:



Şekil 2-6. Akım ya da Frekans Ölçümü

- Ölçüm yapılacak devrenin enerjisini kesiniz.
- Devrenin ölçüm yapılacak noktasını kopararak multimetreyi devreye seri olarak bağlayınız.
- Devreye enerji uygulayarak göstergiyi okuyunuz. Multimetre otomatik olarak ölçüm değerini ayarlayacaktır.
- Devrenin enerjisini keserek test uçlarını devreden çıkarın.

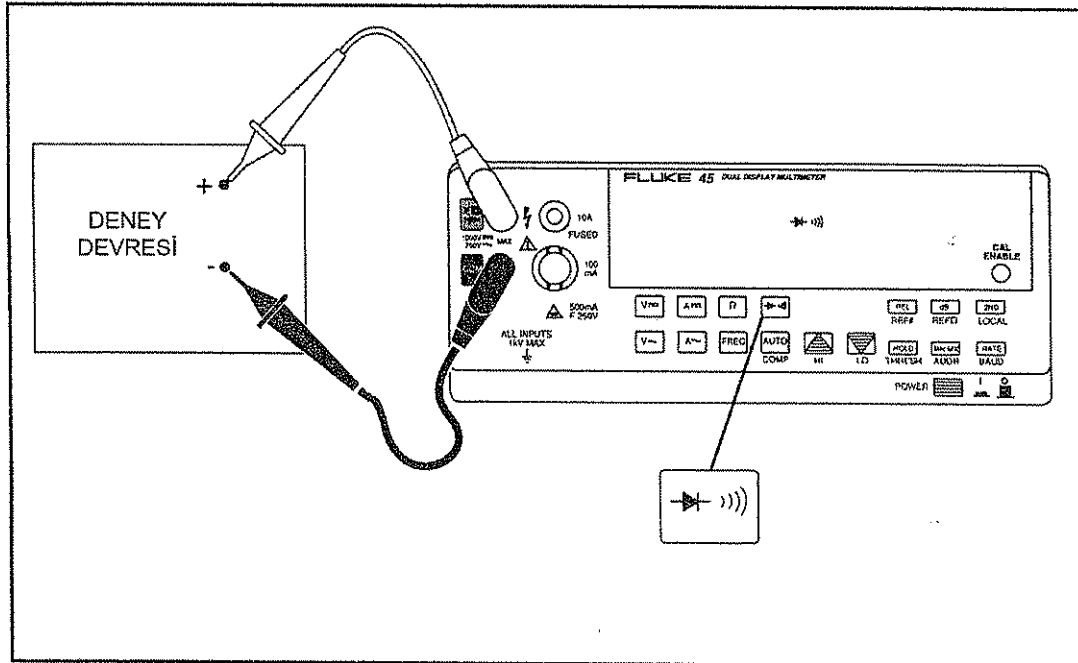
Diyot \ Kısa Devre Testi

Diyot ve kısa devre testi yapmak için kullanılır. Diyot test özelliği ve kısa devre kontrolünde buzzer açılıp kapanabilir.

Kısa devre testi için  düğmesine basınız ve test uçlarını şekil - 2,7 de gösterildiği gibi bağlayınız. Girişteki gerilim düşümü +0.8V'un altına düştüğünde (yaklaşık olarak 1k Ω) tek bip sesi, +25mV'un altına düştüğünde (yaklaşık olarak 30 Ω) devamlı bip sesi gelecektir.

Diyot test ölçümü yaparken yarı iletkenin birleşim yüzeyinin ileri yön gerilimi yaklaşık olarak 0,7 V ölçülür. Ölçüm değerleri orta (medium) ve hızlı (fast)'dayken göstergede 3 V a kadar değerler okunur. +2.5 V'un üstündeki gerilimler göstergede "OL" şeklinde görüntülenir. Eğer ölçüm değeri yavaş (slow) ise göstergede 1000 mV (1 V)'a kadar milivolt olarak görüntülenir.

Diyot ya da transistör bağlantı yüzeyi testi yapmak için  düğmesine basarak diyot/kısa devre testi özelliğini seçin. Daha sonra test uçlarını diyoda şekil-2,8 de gösterildiği gibi bağlayınız. Test uçlarını ters bağladığınız da diyot ters kutuplanacaktır.



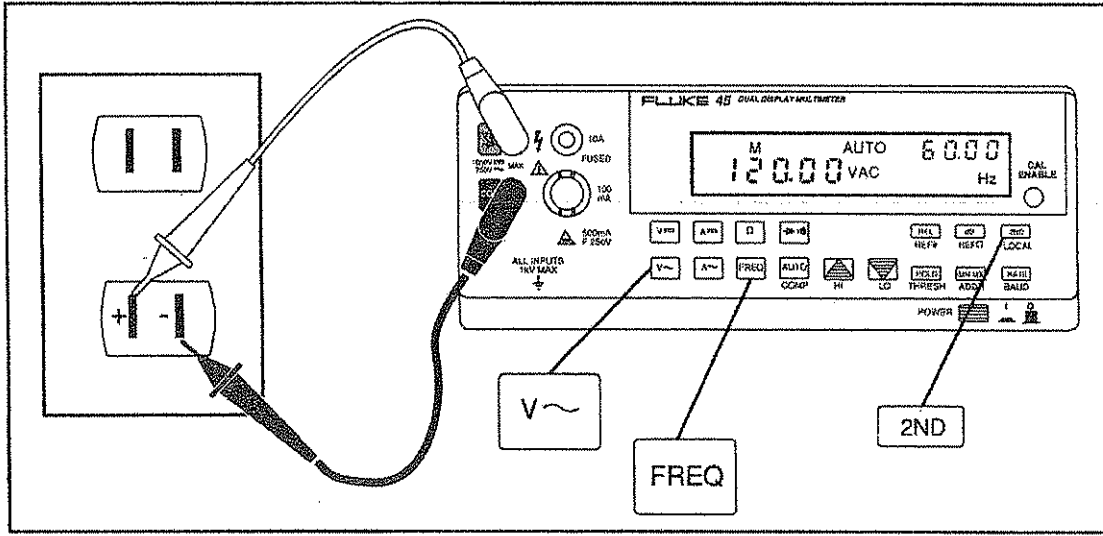
Şekil 2-7. Kısa Devre Testi

Ölçüm Fonksiyon Kombinasyonlarının Kullanılması

Çift gösterge sayesinde giriş sinyalinin iki farklı özelliğini görüntüleyebiliriz. Bu iki özelliğin görüntüleyebileceğimiz kombinasyonlarının listesi aşağıda verilmiştir:

- DC Gerilim
- AC Gerilim
- DC Akım
- AC Akım
- Direnç
- Frekans
- Diyot / Kısa Devre Testi

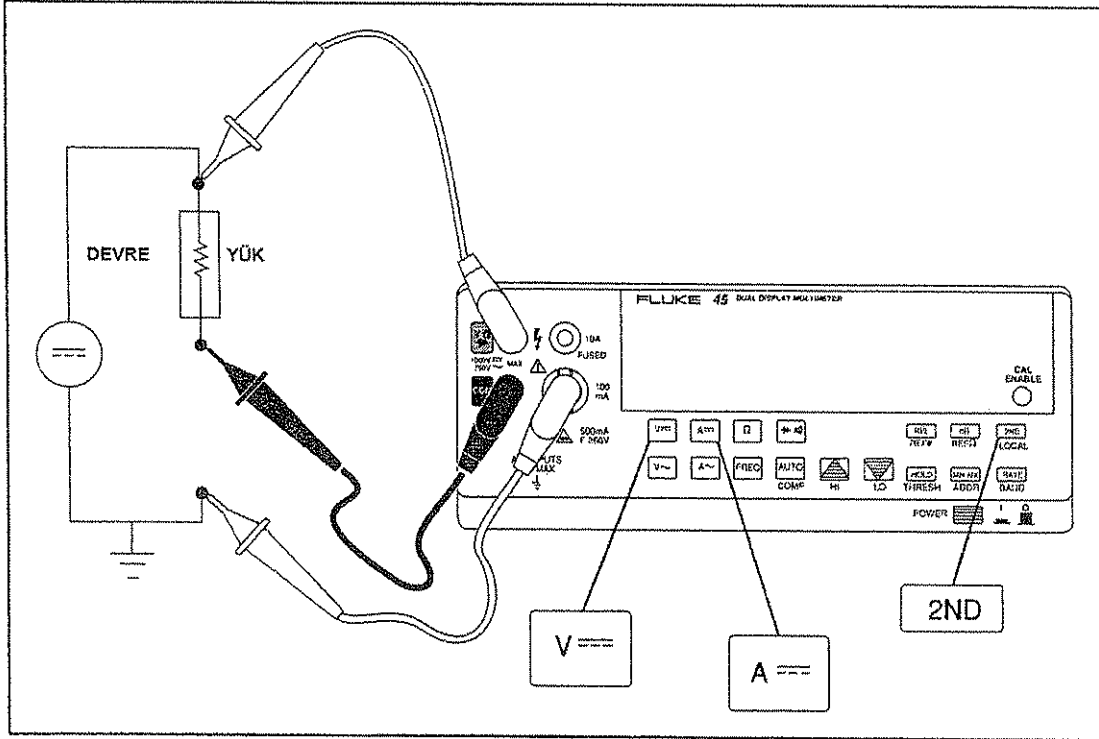
NOT : Gerilimin etkin değeri (ac + dc) yada akımın etkin değerinin (ac + dc) ölçümü sadece birinci göstergede yapılabilir. Eğer (ac + dc) etkin değer ölçümü yapıyorsak ikinci gösterge için bir fonksiyon atayamayız.



Şekil 4-1. Çift Göstergede AC Gerilim ve Frekansın Görüntülenmesi

Çift Gösterge Kullanarak Akım Ve Gerilim Ölçümü

Akım ve gerilim aynı anda ölçülürken 3 prob kullanılır. Bu ölçüme örnek şekil aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4-2. DC Gerilim ve DC Akımın Birlikte Ölçülmesi

Dc akım ve gerilimi çift göstergede ölçmek için izlenecek adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Multimetre açılır.
- Dc gerilim ölçme tuşuna **V** basılır. İlk göstergede (displayde) görülür.
- **2ND** tuşuna basılır, ardından dc akım ölçme butonuna **A** basılarak ölçüm 2. göstergede görülür.
- Prob uçlarını yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi bağlayarak ölçüm değerlerini bir multimetrenin iki göstergesinde görebiliriz.

Bu işlemi aynı zamanda ac dc akım, ac dc gerilim, vs gibi uygulamalarda da kullanabiliriz.

IC OPERASYONEL YÜKSELTEÇLER

Operasyonel Yükselteçler bugüne kadar en çok kullanılan en geniş uygulama alanı olan lineer entegre devrelerden olmuştur. Aynı zamanda piyasadaki ilk entegrelerdendir. Op-amp'larla dizayn yapamayan enstrumantasyon ve lineer devre tasarımcısı yeterince eğitilmemiş demektir. Bu devreler lineer IC elektroniğin alanına girer.

OPERASYONEL YÜKSELTEÇ UYGULAMALARINA BİR BAKIŞ

İlk işlemsel yükselteçler 1948'de Analog bilgisayarlarda matematiksel işlemleri gerçekleştirmek üzere tasarlanmışlardır. Bu nedenle isimleri işlemsel yükselteçlerdir. Diğer uygulamalarda kullanılmasının asıl sebebi op-amp'ın temelde oldukça yüksek bir kazançla sahip çok iyi bir DC yükselteç olmasıdır. Op-amp'ların inanılmaz derecedeki imkanları (faydaları) ve esnekliği bu basit gerçeğe dayanır. Op-amp uygulamalarından bazıları enstrumantasyon, üretim takibi ve kontrolü, servo kontrol sistemler, sinyal işleme, haberleşme, ölçme ve test devreleri, alarm-devreleri, eczacılık, bilim, hatta bazı dijital bilgisayarlardır.

OPERASYONEL YÜKSELTEÇLER

Operasyonel Yükselteçler piyasada en çok kullanılan lineer entegrelerdendir. Onlar hiç kuşkusuz en esnek lineer entegre devrelerdir. Çünkü ileri yön transfer fonksiyonu geri besleme elemanlarının değerleri ayarlanmak suretiyle değiştirilebilir. Diğer evrensel lineer IC yükselteçleri (CDA ve OTA devreleri vs.) satışta ve kullanılabilirlik bakımından op-amp'ı geçememişlerdir.

Şekil 1'de çok kullanılan ve düşük fiyatlı 741 op-amp'ına ait basitleştirilmiş iç devre şeması görülmektedir. Bu devrede 3 ana bölüm vardır. Giriş yükselteçleri, kazanç katları ve çıkış yükselteci vardır.

Çıkış katı tamamlayıcı, simetrik, push-pull, dc güç yükselteçü şeklindedir. Tipik bir tasarımda 50 den 500mW'a kadar çıkış gücü alınabilir. Çıkış katı push-pull yükselteç şeklindedir. Çünkü Q_9 ve Q_{10} transistörleri ters polaritedirler: Q_9 NPN ve Q_{10} PNP'dir. Çıkış sinyali Q_9 ve Q_{10} transistörlerinin emiterlerinin birleştiği noktadan alınmaktadır. Eğer iki transistör eşit miktarda akım akıtırsa çıkış gerilimi 0 olur. Aradaki kazanç katları basitleştirilmiş blok diyagram şeklinde gösterilmiştir. Bu katlar

gerekli olan yüksek kazanç düzey aktarımını ve (741'de olduğu gibi) iç frekans kompanzasyonu sağlar.

Giriş katı bipolar transistörlerle yapılmış bir dc diferansiyel yükselteçtir. Piyasada op-amp olarak satılan tek girişli elemanlar bulunmaktadır. Bunlar aslında yüksek kazançlı DC yükselteçlerdir. Gerçek op-amp değildirler. Bunun sebebi gerçek işlemsel yükselteçler geniş bir yelpazede matematiksel işlemleri yapabilmelidir ve buda hem tersleyici hem de çevirici olmayan giriş fonksiyonlarına sahip olmayı gerektirir. Sonuçlar (çıkış gerilimleri) 0, pozitif veya negatif olabilir. Ve devre bütün üç ihtimali verebilmelidir. Bir yükselteç diferansiyel girişler ve çift kutuplu çıkış polaritesine sahip olabilmeli ki kartezyen sisteminin 4 ucunda da işlem yapabilsin.

DC DİFERANSİYEL YÜKSELTEÇLER:

Şekil 2A'da basitleştirilmiş DC diferansiyel yükselteç devresi görülmektedir. 2 transistör (Q_1 ve Q_2) tek bir sabit akım kaynağı (CCS) olan I_3 'e bağlanmıştır. I_3 akımının değişmesi mümkün olmadığından I_1 ve I_2 'deki herhangi bir değişiklik diğer akımda etkileyecektir. Mesela I_1 akımındaki bir artış I_2 'deki bir düşüşü gerekli kılar

$$I_3 = I_1 + I_2$$

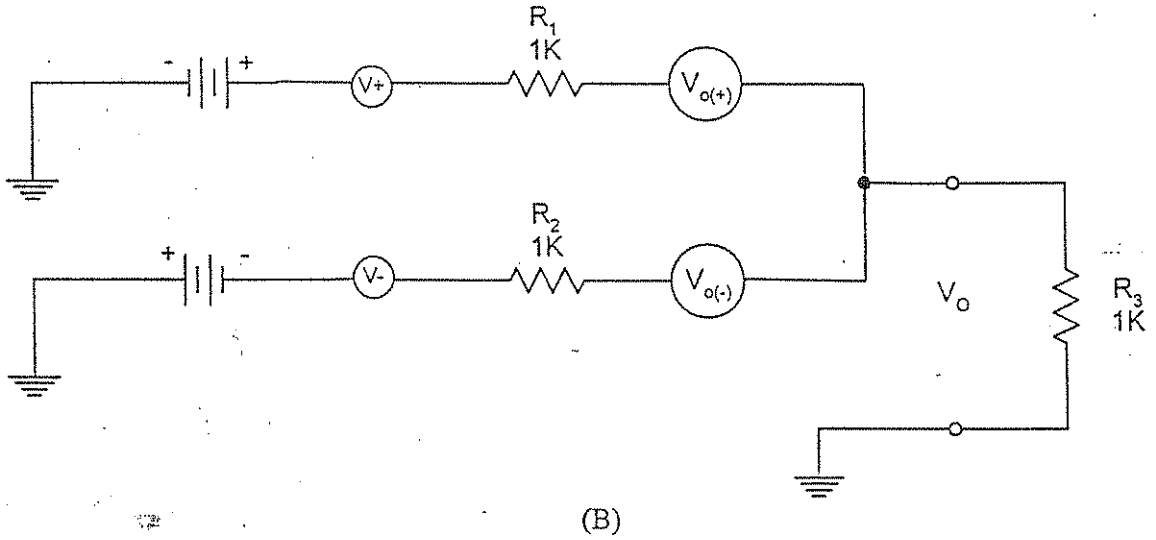
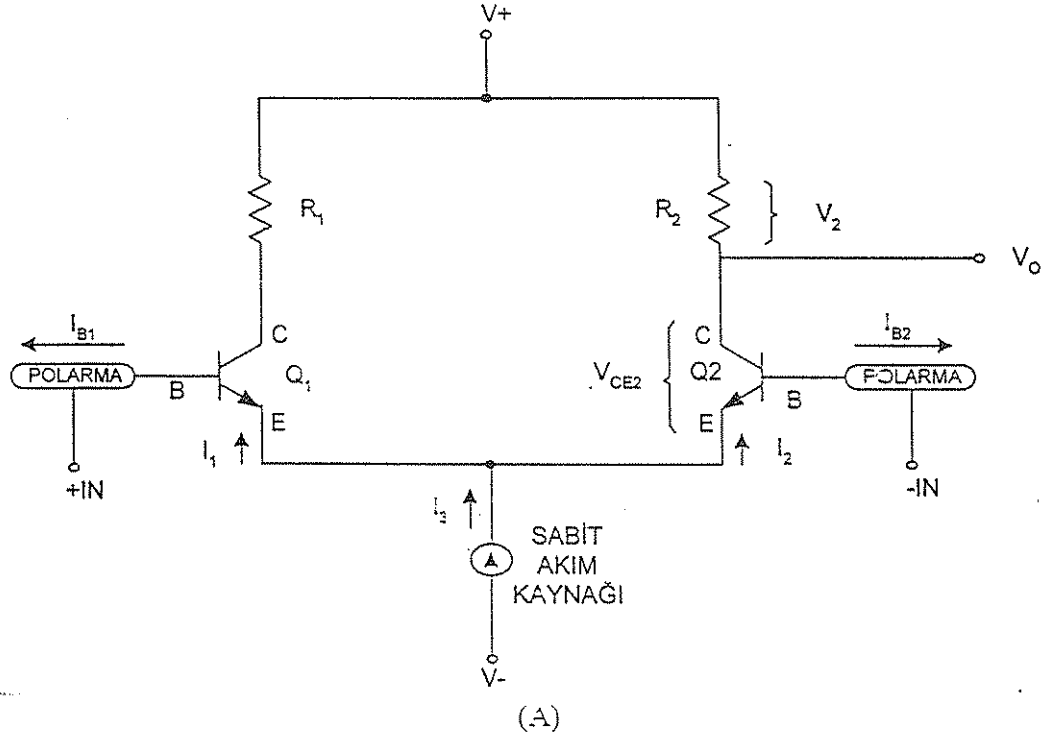
Burada I_3 sabit akım, I_1 , Q_1 transistörünün kollektör-emiter akımı, I_2 ise Q_2 transistörünün kollektör-emiter akımıdır.

Her transistörün kollektör ve emiter akımları gerçekte birbirine eşit olmasına rağmen (baz akımından dolayı farklılık vardır) şimdilik I_{b1} ve I_{b2} 'yi ihmal edebiliriz. Bu tartışmanın sonucu $I_1 = I_{c1} = I_{e1}$ ve $I_2 = I_{c2} = I_{e2}$ dir.

I_2 akımıyla meydana getirilmiş 2 gerilim düşümü olduğunu varsayalım: V_2 , $I_2 \cdot R_2$ gerilim düşümü olurken V_{CE2} ise Q_2 transistörünün kollektörü ve emiteri arasındaki gerilim düşümüdür.

V_{CE2} gerilimi Q_2 'nin iletkenliğine bağlıdır ki buda evirmeyen giriş verilen sinyalle belirlenir.

tekrarlayın. Örneğin $R_1 = 2K\Omega$ olarak değiştirildiğinde çıkış gerilimi V_o , 0 yerine -1.667 V dc olacaktır.



Şekil 12-2 Diferansiyel giriş devresi (A) gerçek devre ve (B) basit eşdeğer devresi

Şimdi Q_2 transistörünün beyz terminali olan (-IN) eviren girişinin çalışmasını inceleyelim. Eviren girişe verilen sinyalin çıkışta 180° faz farkı ile elde edildiğini hatırlayın. Başka bir deyişle V_{-IN} pozitif giderken V_o negatife gider. V_{-IN} negatife giderken V_o pozitif gider.

Eğer $-IN$ girişine pozitif sinyal gerilimi uygulanır ve $+IN = 0$ olursa, Q_2 NPN transistörü iletime geçer. Sonuçta I_2 akımında bir artış görünecektir. Q_2 transistörünün kollektör emiter direnci düşer. Artık V_2 ve V_{CE2} arasında bir eşitsizlik vardır. V_{CE2} düşerken V_2 gerilimi artmıştır. Bu V_- girişinin V_O ' a olan etkisinin daha fazla olması demektir. Böylece V_O negatife gider. Bu yüzden Q_2 'nin beyzi eviren giriştir. Çünkü pozitif bir giriş voltajı negatif bir çıkış voltajı olmaktadır.

Eğer $-IN$ girişine pozitif sinyal uygulanırsa durum değişir. Bu durumda Q_2 transistörü kesime gider ve I_2 akımı düşmeye başlar. Bundan dolayı V_2 gerilimi azalır. V_- girişinin etkisiyle V_O pozitif gider. Tekrar tersleyici davranış göstermesi; Negatif giriş voltajını pozitif çıkış voltajına çevirmiş oldu.

Şimdi Q_1 transistörün beyzini çevirici olmayan giriş olarak göz önüne alalım. Çevirmeyen giriş sinyaliyle, çıkış sinyalinin faz farkının aynı olduğunu hatırlayacak olursak giriş sinyali pozitif giderken çıkış sinyalide pozitif gider veya giriş sinyali negatife giderken çıkış sinyalide negatife gider.

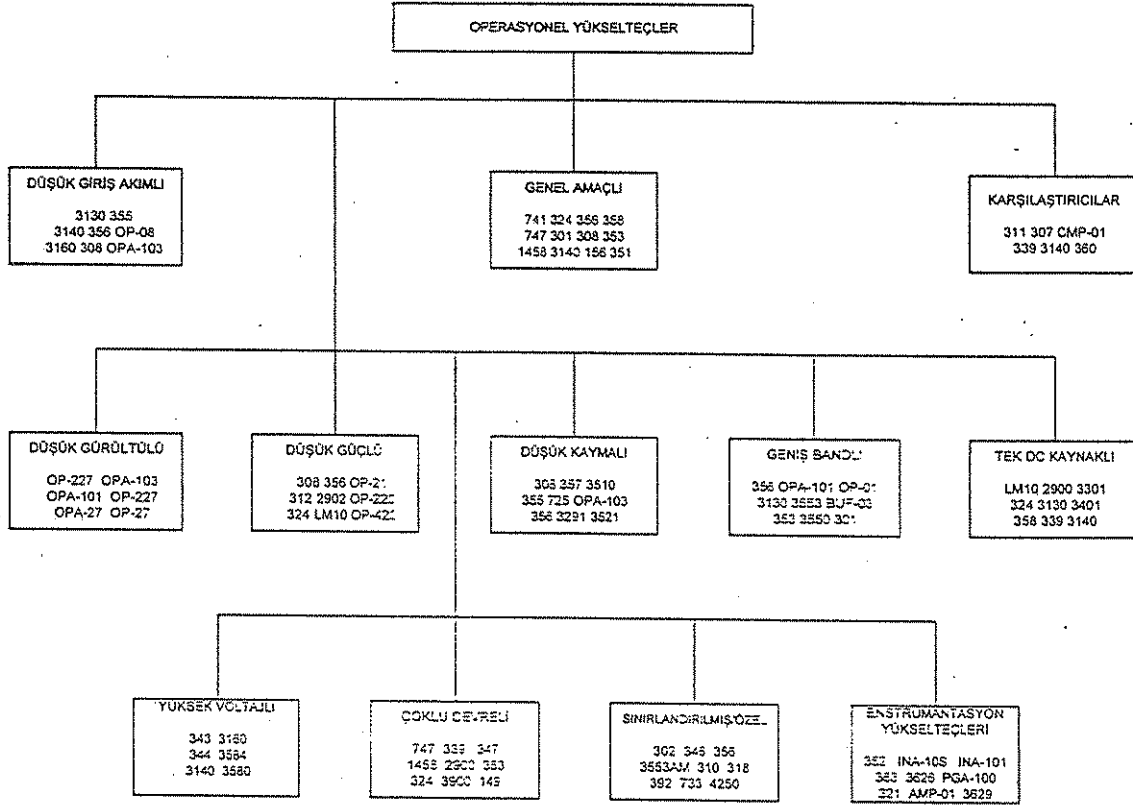
$-IN = 0$ olduğunu ve $+IN$ girişine pozitif bir sinyal uygulandığını varsayarsak, bu durumda I_1 akımı artacaktır. Çünkü I_2 akımı azaldığı zaman I_3 sabit akım kaynağı olduğu için I_1 -akımı, I_2 akımının azaldığı oranda artacaktır. I_2 akımını azalması V_2 geriliminin azalmasına neden olur. ($V_2 = I_2 \cdot R_2$ eşitliğine dayanarak) Neticede V_+ girişi V_O 'ı yukarı çıkarır. Pozitif giriş voltajı V_O çıkışını pozitif götürür. Bu evirmeyen girişten beklenen davranıştır.

Şimdi $+IN$ girişine negatif sinyal uyguladığımızı varsayalım. Bu durumda Q_1 transistörü yalıtıma geçecektir ve I_1 akımı düşmeye başlayacaktır. I_3 akımı sabit kaldığı için I_1 akımı düşünce I_2 akımı aynı oranda artacaktır. Bu durum V_2 gerilimini arttıracak ve V_O gerilimini azaltacaktır. Yani V_+ girişinin etkisiyle V_O çıkış gerilimi azalmış olacaktır. Yani V_O negatife gitmiş olacaktır. Çünkü giriş voltajı, çıkış geriliminin negatife gitmesine neden olacaktır. Taki $+IN$ evirmeyen girişten onay verilene kadar.

OPERASYONEL YÜKSELTEÇLERİN SINIFLANDIRILMASI

Temel op-amp'ı biraz evvel açıkladık şimdi artık daha geniş çeşitteki elemanları görelim. Şekil 3'de sıklıkla bulunan elemanlar bir sıra halinde verilmiştir. Bu elemanların bazıları uzun zamandır piyasada bulunmakla beraber diğerleri daha

yenidir. Bu liste daha çok bilgi verici mahiyettedir. Ayrıntılar verilmemiştir. Her sınıfa kısaca bir göz atalım.



Şekil 3 Operasyonel Yükselteç Ailesi

Genel Amaçlı Op-Amp'lar

Bunlar her işe yatkındır. Her alanda kullanılamaya uygun özel amaçlar için geliştirilmemiş pahalı olmayan elemanlardır. Bu elemanları çoğu frekans kompanzasyonuna sahip olmakla beraber yüksek bir kararlılıkla uygun bir band genişliği sağlamak mümkün olmaz.

Genel amaçlı op-amp'lar en az sayıda harici elemanla birlikte çok çeşitli alanlarda kolaylıkla kullanılabilir. Belirli bir uygulama için aranan ve diğerlerine göre avantaj sağlayan bir özelliği öne çıkan diğer kategorideki op-amp'lar gerekmedikçe, tasarımda yapılacak seçim genellikle bu sınıftan yapılır.

Gerilim Karşılaştırıcılar

Bu tip elemanlar tam olarak op-amp'lardan sayılmamakla birlikte aynı devre temeline dayanırlar. Bütün op-amp'lar gerilim karşılaştırıcısı olarak kullanılabilirken tersi doğru olmamaktadır; IC karşılaştırıcılar (Ör. LM-311) op-amp olarak kullanılmazlar.

Düşük Giriş Akımlı Op-Amp'lar

İdeal op-amp'larda giriş polarma akımı sıfır olarak kabul edilmesine rağmen, pratikte gerçek elemanlar giriş transistörü polarmasından dolayı çok küçük bir giriş polarma akımına sahiptir. Bu sınıftaki elemanların girişlerinde (NPN / PNP) bipolar transistörler yerine MOSFET, JFET veya süper beta darlington transistör çifti kullanılmıştır. Bu tip transistörler çok düşük giriş akımlarını sağlarlar. Üretici, imalatla kullandığı "sıfırlama" adı verilen bir yöntemle giriş akımını azaltabilir. Diğer elemanlardaki giriş akım düzeyi μA veya mA düzeylerindeyken, düşük giriş akımlı op-amp'larda giriş akım düzeyi pA 'lar seviyesindedir.

Düşük Gürültülü Op-Ampları

Bu elemanlar iç gürültülü seviyesini azaltacak şekilde geliştirilmişlerdir. Bu tipler daha çok, bir yükselteç devresinin gürültü performansını düzeltmek için, ilk veya ilk iki katında kullanılırlar.

Düşük Güçlü Op-Ampları

Bu kategorideki op-amp'ların iç devreleri güç harcamasını en aza indirecek şekilde düzenlenmiştir. Bu tür op-amp'ların çoğu çok düşük besleme gerilimi seviyelerinde de çalışabilir. (Ör. $+1.5V$)

Düşük Sapmalı Op-Ampları

DC yükselteç devrelerinde sıcaklığın bir fonksiyonu olarak çıkış geriliminin hatalı bir şekilde değiştiği görülür. Bu tür elemanlar içten sıcaklıktan kaynaklanan kaymayı azaltacak bir dengeleme devresine sahiptir. Bu tipler kaymanın önemli olduğu enstrumantasyon devrelerinde kullanılır, özellikle düşük seviyeli sinyaller söz konusuysa.

Geniş Bantlı Op-Ampları

Literatürde "video op-amp" olarak ta geçen bu tipler çok yüksek kazanç band genişliği çarpımına sahiptir. Mesela böyle bir devre $100 MHz$ 'lik $G \times BW$ 'e sahipken

741 ailesindeki op-amp'lerde 300KHz ile 1.2MHz'e kadardır.

Tek Kaynaklı Op-Ampları

Bu tip devreler tek bir kaynakla op-amp'a benzer şekilde çalışırlar. Yine de bu tipler op-amp'dan beklenen her görevi başarıyla yerine getirmeyebilirler. Çünkü çıkış gerilimi negatif değerleri vermeyebilir.

Yüksek Gerilimli Op-Ampları

Op-amp'ların çoğu $\pm 6V$ ile $\pm 22V$ arasındaki besleme gerilimleri ile çalışabilir. Yüksek gerilim sınıfındaki bir kaç eleman $\pm DC 44 V$ 'a kadar gerilimlere kadar çalışabilmektedir. Ve bunlardan en az bir tanesi hibrid modeliyle $\pm 100V$ DC voltaja kadar çalışabilmektedir.

Çeşitli (Çoklu, Birleşik) Devreler

Bu sınıftaki entegrelerde bir paket içerisinde 1'den fazla op-amp bulunur. Bir paket içinde 2, 3, 4 op-amp'ın birden bulunduğu elemanlar mevcuttur veya mini DIP paketlerde bulundurulur.

Sınırlı veya Özel Amaçlı Entegreler

Bu sınıftaki elemanlar ya çok sınırlı kullanımlar için veya çok özel amaçlar için tasarlanmışlardır. Mesela 302 tip buffer içten evirmeyen girişi gerilim takipçisi konfigürasyonunda bağlanmış bir op-amp'dır. Bazı tüketici ODYO elemanlarında bu sınıfa girer. Mesela bir kaç çiftli op-amp elemanları stereo ses uygulamaları için düzenlenmiştir.

IC Enstrumantasyon Yükselteci

Enstrumantasyon yükselteçleri özel amaçlı elemanlardan olmasına rağmen ayrıca bir sınıf içinde toplanacak kadar evrenseldirler. Enstrumantasyon yükselteci 2 veya 3 op-amp'la yapılmış bir DC diferansiyel yükselteçdir. Gerilim kazancı 1 veya 2 direnç seviyesinde ayarlanabilir.

İDEAL OPERASYONEL YÜKSELTEÇ

Hangi tip olursa olsun herhangi bir elektronik elemanın ideal gösterimi ile başlamak ve daha sonra daha gerçeğe yakın elemanlarla devam etmek akıllıca olacaktır. Bazı durumlarda pratik ve ideal elemanlar birbirinden o kadar farklı olabilirki bu yaklaşımın akıllıca olduğu konusunda şüpheye düşebiliriz. Ama IC op-amp'lar kitaplarda anlatılan ideal op-amplara o kadar yakındır ki düşük fiyatlı

ürünlerde bile eşitlikle gerçekte doğru sonucu verir. Bu yüzden ideal modelin analizi metodu teknolojiyi anlamak yeni devre tasarımlarını öğrenmek veya başka birisinin yaptığı devrelerin çalışmasını anlamak bakımından oldukça faydalı olmaktadır.

Burada, gerçek devrelerin çalışmasını hem ideal modelde, hem de geri beslemeli yükselteç modelinde tanımlayan tasarım eşitliklerini tartışmalıyız. Basitleştirilmiş yaklaşımımız sayesinde idealde ve pratikte IC op-amp devreleri ile kullanılabilirlik sağlarız.

İdeal Operasyonel Yükseltecin Özellikleri

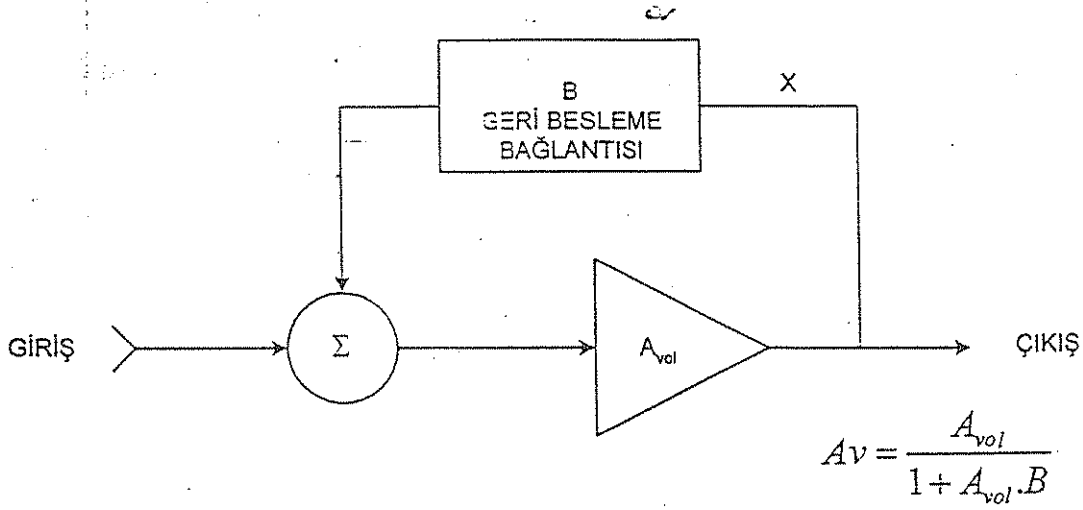
ideal op-amp 7 özelliği ile tanımlanır. Bu 7 özellikten devre çalışmasını ve tasarım eşitliklerini çıkarabiliriz. Liste aynı zamanda ideal olmayan op-amp'ı ve ondan kaynaklanan arızalarını (ve tabii ki bu arızaların giderilmesini) belirlememiz için bir temel teşkil eder. Op-amp'ın temel özellikleri şunlardır.

1. Sonsuz açık devre kazancı
2. Sonsuz giriş empedansı
3. Sıfır çıkış empedansı
4. Sıfır gürültü etkisi
5. Sıfır D.C. çıkış offset değerleri. (akım ve gerilimi)
6. Sonsuz band genişliği
7. Birbirine kenetli (yapışık) diferansiyel (farksal) girişler.

Pratikte bu özelliklerde nelerin kastedildiğine kısaca bir göz atalım. Sadece bazı ucuz op-amlarda bu özelliklerden bazılarının bozulduğunu görürüz. Fakat diğerlerinde bu özelliklerin oldukça iyi olduğu doğrudur.

1. Sonsuz Açık Devre Kazancı (A_{VOL})

Herhangi bir yükselteç için açık devre kazancı, o yükseltecin negatif veya pozitif geri beslemesiz kazancıdır. Negatif geri besleme çıkış sinyalinin girişe 180° faz farkıyla verilmesi şeklinde tanımlanır. İşlemsel yükselteçlerde bu geri beslemenin çıkış ile eviren ($-IN$) giriş arasında olması demektir.



Şekil 4 Geri beslemeli yükselteç için eşdeğer devre

Negatif geri besleme, açık devre kazancını, transfer fonksiyonu ve geri besleme devresinin özelliklerine bağlı bir B faktörü ile azaltıcı etkiye sahiptir. Şekil 4’de herhangi bir negatif geri beslemeli yükseltece ait temel bağlantı şekli görülmektedir. Bir devre için, transfer fonksiyonu, çıkış fonksiyonunun giriş fonksiyonuna oranıdır. Bir gerilim yükseltici için transfer fonksiyonu, bu yüzden $A_{VOL} = V_o / V_{in}$ olmaktadır. Şekil 4’de A_{VOL} terimi, geri besleme devresi olmadan sadece yükseltecin kazancıdır. Devrenin transfer fonksiyonu, yükselteç ve geri besleme elemanı (B) beraberken, aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$A_v = A_{vol} / (1 + A_{vol} \cdot B)$$

Burada;

A_v : Kapalı devre kazancı

A_{vol} : Açık devre kazancı

B : İzole edilmiş geri beslemen devresinin transfer fonksiyonu

İdeal op-amp’ta A_{vol} sonsuzdur, böylece gerilim kazancı sadece geri besleme devresinin bir fonksiyonudur. Gerçek op - amp’larda açık devre kazancı sonsuz değildir, oldukça yüksektir. Düşük tiplerde A_{vol} 20 000 iken özel elemanlarda 2 000 000’ e kadar çıkar. (Tipik değerler 200 000 - 300 000 arasındadır.)

2. Sonsuz Giriş Empedansı

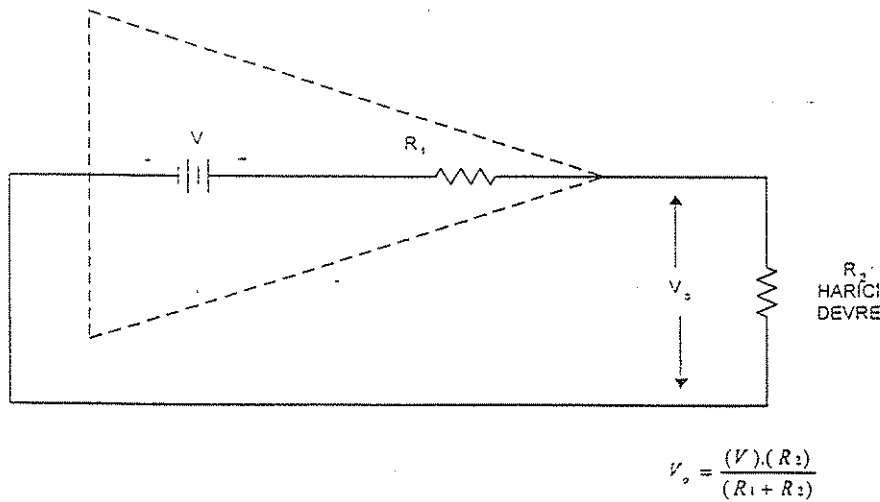
Bu özellik girişin sinyal kaynağını yüklemeyeceğini belirtir. Bir yükselteci giriş

empedansı giriş geriliminin, giriş akımına oranıdır ($Z_{in} = V_{in} / I_{in}$). Giriş empedansı sonsuz olduğuna göre, giriş akımını sıfır olarak kabul edebiliriz ($I_{in} = 0$). Dolayısıyla bu özellikten ötürü bir op-amp'ın girişi ne akım çeker nede akım verir. Bir başka deyişle giriş harici bir devreden akım çekmez veya harici bir devreye akım vermez. Bu özellikten, kazanç eşitliklerini çıkarırken yapacağımız basitleştirilmiş devre analizinde faydalanacağız.

Geçek op-amp'lar sıfırdan farklı belirli bir giriş akımına sahiptir. Düşük op-amp'larda bu akım önemli derecededir. (Ör. $> 1 \text{ mA}$) ve yüksek kazançlı devrelerde yüksek bir çıkış offset gerilimine neden olur. Bu akımın ana kaynağı giriş devrelerinde kullanılan NPN ve PNP bipolar transistörlerin baz polarma akımlarıdır. Özel bazı op-amp'larda bipolar girişlerde ki akım nano veya piko amper seviyelerine düşürülmüştür. Öte yandan girişinde alan etkili transistörlerin (FET) kullanıldığı op-amp'larda, çok küçük kaçak akımdan dolayı giriş empedansı çok yüksektir. JFET girişli elemanlar BiFET op-amp diye adlandırılırken, MOSFET girişli modeller BiMOS adıyla anılırlar. RCA / GE CA-3140 entegresi bir BiMOS op-amp'tır ve giriş empedansı $1.5 \text{ T}\Omega$ 'a (1.5×10^{12}) yakındır. Bu op-amp'ın giriş empedansı ideal sayılacak kadar yüksektir.

3. Sıfır Çıkış Empedansı

Bir gerilim yükseltici (op-amp'larda bu sınıfa dahildir) idealde sıfır çıkış empedansına sahiptir. Gerçekte bütün gerilim yükselteçleri belirli (fakat çok düşük) bir çıkış empedansına sahiptir.



Şekil 5 İç dirençli eşdeğer çıkış devresi

Şekil 5'te herhangi bir gerilim kaynağı (yükseleç çıkışlarının da dahil olduğu) ve onun yükü (harici devre) görülmektedir. V potansiyeli mükemmel, iç dirençsiz bir dahili gerilim kaynağıdır. R_1 direnci, kaynağın iç direncini temsil etmektedir ve R_2 ise yüküdür. İç direnç (yükseleçlerde çıkış direnci olarak geçer.) yük direncine seri olarak bağlandığı için, yük üzerinde görülebilecek V_O çıkış gerilimi, R_1 üzerinde ki gerilim düşümü ile azalır. Böylece çıkış gerilimi;

$$V_O = V (R_2) / (R_1 + R_2)$$

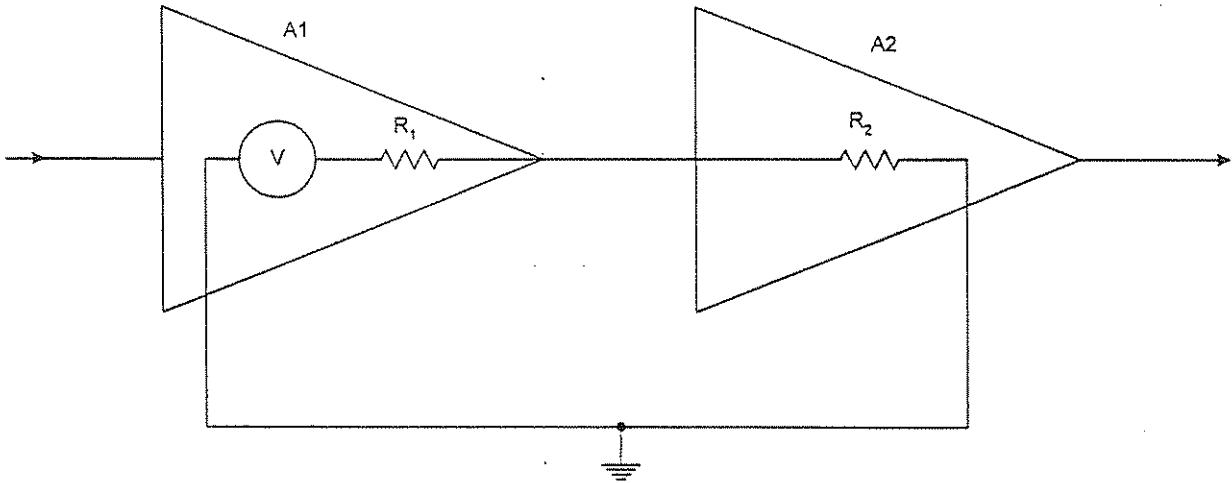
Yukarıdaki eşitlikten açıkça anlaşıldığı üzere çıkış gerilimi ancak iç direnç R_1 sıfır olduğu takdirde dahili kaynak gerilimine eşit olabilir. Bu durumda, $V_O = V (R_2 / (R_1 + R_2)) = V$ olur. Böylece ideal gerilim kaynağında, yükseltecin iç direncinde herhangi bir gerilim düşümü olmadığından mümkün olan maximum çıkış gerilim seviyesi elde edilmiş olur. (Bu da en az hata demektir.)

Gerçek op-amplar sıfır çıkış empedansına sahip değildirler. Gerçekte 100Ω 'dan düşük değerler söz konusudur. 30Ω 'a yakın değerler olabilir. Böylece, tipik elemanlar için yükselteç çıkışı ideal kabul edilebilir.

Tasarımcılar tarafından kullanılan genel bir kural olarak, herhangi bir devrenin giriş empedansı, onu süren devrenin çıkış empedansının 10 katından büyük olmalıdır. Bu durum Şekil 6'da görülmektedir. A_1 yükselteci çıkışı A_2 yükseltecinin girişini süren bir gerilim kaynağıdır. R_1 direnci A_1 'in çıkış direncini ve R_2 ise A_2 'nin giriş direncini temsil etmektedir. Pratikte $R_2 > 10.R_1$ olduğu takdirde, çoğu amaç için, devre ideale yakın kabul edilebilir. Daha yüksek bir hassasiyetin söz konusu olduğu durumlarda $R_2 > 100.R_1$ olması gerekebilir.

4. Sıfır Gürültü Etkisi

Bütün elektronik devreler, hatta basit direnç devreleri bile gürültü sinyalleri üretir. Bir direnç üretildiği materyalin içindeki elektronların hareketleri nedeniyle gürültü üretir. İdeal op-amp'da üretilen dahili gürültü sıfırdır. Böylece çıkış sinyalinde bulunan herhangi bir gürültü girişte aynen mevcuttur. Yükseltme haricinde çıkış gürültü gerilimi, giriş gürültü geriliminin tam aynısı olur. Bir başka deyişle op-amp'ın çıkış gürültüsüne hiç bir katkısı olmamıştır. Bu özellik, pratikteki elemanların idealden oldukça ayrıldığı bir özelliktir. Pratikteki op-ampları, yüksek fiyatlı özel düşük gürültülü modeller haricinde ideale yaklaşmazlar.



Şekil 6 Eşdeğer kaskat devre

Yükselteçler, sadece rezistif (yukarıda anlatıldığı gibi) gürültüler değil, aynı zamanda kendilerine ait özel tipte gürültüler de üreten yarıiletken elemanlar kullanılırlar. Yarıiletkenlerde pek çok dahili gürültü kaynağı vardır ve transistör teorisi hakkındaki herhangi bir kitapta onlar hakkında daha çok bilgi bulunabilir. Yine de şimdiki amaçlar için op-amp'ın gürültü etkisini düşük sinyal seviyeleri için kabul edilebilir bir düzeyde olduğunu varsayalım.

5. Sıfır Çıkış Offseti

Herhangi bir yükseltecin çıkış offset gerilimi, çıkışın sıfır olması gerekirken bulunan gerilim değeridir. Gerilim yükseltecinin girişleri şaselendiğinde, giriş gerilimi sıfır olur. Bu bağlantı şekli çıkışta sıfır voltaj oluşturmaktadır. Eğer çıkış gerilimi sıfır olmuyorsa, bu çıkış offset gerilim değeridir. İdeal op-amp'larda çıkış offset gerilim değeri sıfırdır. Fakat geride op-amp'larda en azından bir miktar çıkış offset gerilimi mevcuttur. Gerçekte IC işlemsel yükselteçlerde offset çıkış gerilimi olmasına rağmen çoğu durumda bu değer çok düşüktür.

6. Sonsuz Band Genişliği

İdeal op-amp DC' den yüksek frekanslı AC sinyallere kadar yükseltme yapabilir. Yine de gerçek op-amp'larda band genişliği keskince sınırlanmıştır. F_t ile gösterilen ve kazanç band genişliği çarpımı diye adlandırılan bir tanım vardır. Bununla gerilim kazancının "1" olduğu frekans değeri kastedilmektedir. Herhangi bir

frekanstaki maximum kazanç, gerekli olan en yüksek kazancı bu kazanç $\times$ band genişliği (G-B) değerine bölmekle bulunur. Ft, değeri yeterince büyük değilse, çalışma bölgesindeki yüksek frekanslarda devre klasik op-amp çalışmasından çıkacaktır.

Bazı op-amp'lar 10 dan 20 MHz'e kadar G-B çarpımlarına sahiptir. Öte yandan diğerleri oldukça sınırlı değerlere sahiptir. 741 ailesinden bir op-amp o kadar sınırlıdır ki ancak bir kaç KHz'e kadar op-amp özelliği gösterebilir. Bu sınırın üstünde kazanç görünür biçimde düşer. Bu sınırlamaya karşılık beklenmedik bir kararlılık elde ederiz, bu tür elemanlar frekans kompanzeli op-amp'lar olarak bilinir. Frekans kompanzasyonu ile hem G-B çarpımı azaltılır, hem de doğal bir kararlılık sağlanır. Kompanze edilmemiş op-amp'lar daha geniş frekans cevabı sağlarlar. Fakat herhangi bir etki olmaksızın osilasyona geçebilir, dolayısıyla devre tasarım özel tedbirler alınması gereklidir.

7. Diferansiyel Girişlerin İşbirliği ile Çalışması

Çoğu op-amp iki girişe sahiptir: Eviren (-IN) ve evirmeyen (+IN) girişleri. Girişlerin işbirliği, herhangi birisine bir gerilim uygulandığında aynı gerilim değerinde de görülür demektir. Bu gerçek bir voltajdır, devreleri açıklamakta kullanılan teorik bir gerilim değildir. Mesela eviren girişe bir gerilim uyguladığımızda, evirmeyen girişle güç kaynağı ortak ucu arasına bir voltmetre bağladığımızda aynı potansiyeli görebiliriz. Bu özelliğin faydası, matematiksel olarak iki girişinde aynı şekilde de alınmasına imkan vermesidir. Bu özellik "virtual" görünür şase (asıl şasenin karşısında) olayını incelerken ve evirmeyen takipçi devreyi incelerken ilerde işimize yarayacaktır.

Eviren takipçi devre çıkışında, girişle arasında 180° faz farkı olan bir sinyal üretir. Evirmeyen takipçi ise, tahmin edeceğiniz üzere, girişle aynı fazda bir sinyali çıkışına aktarır. Neredeyse diğer tüm op-amp devreleri, eviren ve evirmeyen yükselteç devrelerinin bir türevidir. Bu iki devre şeklini anlamak, IC işlemsel yükselteçlerle geniş bir yelpazedeki farklı devreleri tasarımlamanıza veya değiştirmenize imkan sağlayacaktır.

STANDART OP-AMP PARAMETRELERİ

Op-amp devrelerini anlayabilmek için kataloglarda verilen çeşitli parametreler hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. En çok gerekli olanlar aşağıda açıklanmıştır.

Açık Devre Gerilim Kazancı (A_{vol}) : Gerilim kazancı çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı şeklinde ifade edilen (V_O / V_i) birimsiz bir değerdir. Açık devre kazancı geri besleme olmadan kazançtır. İdeal op-amp'larda A_{vol} sonsuzdur, fakat pratikte ucuz elemanlarda 20 000'e pahalı elemanlarda 1 000 000'un üstüne kadar çıkabilmektedir.

Büyük Sinyal Gerilim Kazancı : Bu kazanç şekli, maximum çıkış voltajının (çoğunlukla V_- ve V_+ değerlerinde bir veya bir kaç volt daha düşük), çıkışda ± 10 V'luk gerilim üretecek giriş sinyal düzeyine (veya bir başka standartta olabilir.) oranı olarak tanımlanır.

Slew Rate (Artış Hızı) : Bu parametre, yükseltecin çıkışındaki gerilimi belirtilen maximum yük akımı akarken bir uç değerden ötekine değiştirme kabiliyeti hakkında bilgi verir. Slew rate, birim zamandaki gerilim değişimi cinsinden ölçülür. Mesela 741 op-amp entegresi her μSn 'de 0.5V artış yapacak şekilde tasarlanmıştır. ($SR = 0.5 \text{ V} / \mu\text{Sn}$) Slew rate (SR) genellikle birim kazançlı evirmeyen takipçi devresinden ölçülür ve tanımlanır.

Ortak Mod Reddetme Oranı : Bir ortak mod gerilimi op-amp'ta her iki girişe aynı anda uygulanan gerilimdir. Ortak mod geriliminden dolayı çıkışda görülen gerilim idealde sıfırdır, fakat gerçekte sıfırdan farklıdır. Ortak mod reddetme oranı (CMRR), op-amp'ın, ortak mod sinyalini reddetmesinin bir ölçüsüdür ve diferansiyel kazancın, ortak mod kazancına oranı şeklinde ifade edilir. CMRR genellikle dB cinsinden verilir ve 60 dB - 120 dB arası değerler yaygındır. (Rakam yükseldikçe, eleman daha iyi demektir.)

Besleme Kaynağı Reddetme Oranı : Besleme kaynağı duyarlılığı olarak ta bilinen PSRR, op-amp'ın besleme gerilimindeki değişimlere karşı olan kararlılığının bir ölçüsüdür. PSRR, bir besleme kaynağındaki 1V'luk değişmeye karşılık, (diğeri sabit tutulurken) giriş ofset voltajındaki değişim olarak tanımlanır. Tipik değerler birim gerilim kaynağı değişimi'ne (V) karşılık μV veya mV şeklindedir.

Giriş Ofset Gerilimi : Giriş sinyal gerilimi sıfırken çıkıştaki gerilimi sıfır yapmak için girişe uygulanması gereken gerilim seviyesidir. İdeal bir op-amp'ın çıkış gerilimi, V_{in} sıfırken, sıfırdır.

Giriş Polarma Akımı : Bu akım op-amp girişlerinden akan veya çıkan akımdır. Bazı kaynaklar bu akım, eviren ve evirmeyen girişlerden akan akımların ortalama farkı olarak ifade edilir.

Giriş Ofset Akımı : Çıkış gerilimi sıfırda tutulurken eviren ve evirmeyen girişlerdeki polarma akımı farkıdır.

Giriş Sinyal Gerilim Seviyesi Aralığı : Ortak mod konfigürasyonunda ölçülen izin verilen giriş gerilim aralığıdır.

Giriş Empedansı : Eviren ve evirmeyen girişler arasındaki dirençtir ve genellikle çıkış ucu ile çıkış sinyal kaynağı arasındaki bir direnç olarak modellenir. Genellikle 100 Ω 'dan küçük değerler söz konusudur.

Çıkış Kısa Devre Akımı : Çıkış ucu kısa devre edildiğinde akacak olan akımdır.

Kanal Ayırtması : Bu parametre çoklu op-amp entegre devreleri için geçerlidir. Aynı güç kaynağını paylaşan op-amp'ların birbirlerine olan etkilerini gösterir.

Bu ayırtma özelliği, aynı paket içerisindeki op-amp'lar arasındaki izolasyon hakkında bilgi verir ve dB cinsinden ölçülür. 747 çiftli op-amp'ı mesela, 120 dB'lik kanal ayırd etmesi sağlar. Bu örneğe göre bir op-amp'ın çıkışındaki 1V'luk değişmeye karşılık, diğerinin çıkışında 1 μ V'luk bir değişimin meydana geldiği anlaşılmaktadır.
($20\log(1\mu V) = 120\text{ dB}$)

MINIMUM VE MAXIMUM PARAMETRE DEĞERLERİ

Op-amp'lar, tıpkı tüm diğer elektronik elemanlarda olduğu gibi, belirli maximum değerlere sahiptir. Eğer bu değerler aşılsa, kötü arızalar (çoğunlukla anında) veya en azından beklenmedik bir çalışma birimi gözlenir. Burada verilen değerler en çok kullanılanlardandır.

Maximum Kaynak Gerilimi : Bu potansiyel, op-amp'a arızaya sebep vermeden uygulanabilecek en yüksek değerdir. Op-amplar V+ ve V- DC güç kaynakları ile $\pm 18\text{ V DC}$ 'ye kadar çalışırlar, bazıları çok daha yüksek değerlerle çalışabilirler.

Güç Harcaması : Bu değer op-amp üzerinde, normal çevre ısısında (ticari elemanlar için 80 $^{\circ}\text{C}$ ve askeri düzeydeki elemanlar için 125 $^{\circ}\text{C}$) harcanabilecek maximum gücü (Pd) tanımlar. Op-amp'lar için tipik değer 500mW'tır.

Maximum Güç Tüketimi : Maximum güç harcaması, genellikle çıkışın kısa devre olduğu durumlarda elemanın zarar görmeden kurtulabileceği güç seviyesini belirtir. Bu değer ise hem dahili güç harcamasını ve hem de elemanın çıkış güç gereksinimini kapsar.

Maximum Giriş Gerilimi : Bu gerilim girişlerin ikisine de aynı anda uygulanabilecek en yüksek gerilim seviyesini belirtir. Bu sebepten aynı zamanda en yüksek ortak mod gerilimidir. Çoğu bipolar op-amp'ta bu değer güç kaynağı gerilim seviyesine oldukça yakındır. Aynı zamanda bir giriş toprak seviyesindeyken diğer girişe uygulanabilecek maximum gerilim seviyesini belirten bir değer de vardır.

Diferansiyel Giriş Gerilimi : Bu gerilim değeri, eviren ve evirmeyen girişlere uygulanabilecek maximum diferansiyel mod gerilimidir.

Maximum Çalışma Sıcaklığı : Maximum çalışma sıcaklığı belirli bir güvenilirlik düzeyinde elemanın problemsiz çalışabileceği en yüksek çevresel sıcaklıktır. Genel değerler askeri uygulamalarda 125°C 'a kadar çıkarken, ticari elemanlarda $70-80^{\circ}\text{C}$ dir.

Minimum Çalışma sıcaklığı : Elemanın belirtilen özellikleri dahilinde çalışması için gerekli olan en düşük sıcaklık seviyesidir. Ticari elemanlar 0 veya -10°C 'ye kadar inerken, askeri elemanlar -55°C 'ye kadar çalışabilmektedir.

Çıkış Kısa Devre Süresi : Bu süre, elemanın kısa devre akımını sürdürebileceği maximum süreyi belirler. Çoğu modern op-amp belirsiz kısa devre akım sürelerini sağlamaktadırlar.

Maximum Çıkış Gerilimi : Op-amp'ın maximum çıkış gerilimi DC besleme gerilimine bağlıdır. Op-amp'larda çıkışları ile V_- veya V_+ besleme uçları arasında bir veya birkaç PN birleşimi vardır. Bu birleşimlerdeki gerilim düşümü, çıkışta elde edilebilecek maximum gerilimi azaltır. Mesela, besleme uçları ve çıkış arasında 3 PN birleşimi mevcutsa maximum çıkış gerilimi $(V_+) - (3 \times 0.7)$ veya $(V_+) - 2.1\text{V}$ 'tur. Eğer maximum izin verilen V_+ değeri 15V ise, maximum çıkış gerilimi, $15 - 2.1 = 12.9\text{V}$ olur. Özellikle eski elemanlarda, maximum negatif çıkış gerilimi, pozitif çıkış gerilimine eşit değildir. Bu değerle bağlantılı bir başkası ise maximum çıkış gerilimi değişimidir. Burada, maximum pozitiften, maximum negatife olan mutlak gerilim değişimi verilir.

DENEY NO: 1

DENEY ADI: OPERASYONEL YÜKSELTEÇ (OP-AMP)

KARAKTERİSTİKLERİ

DENEYİN AMACI:

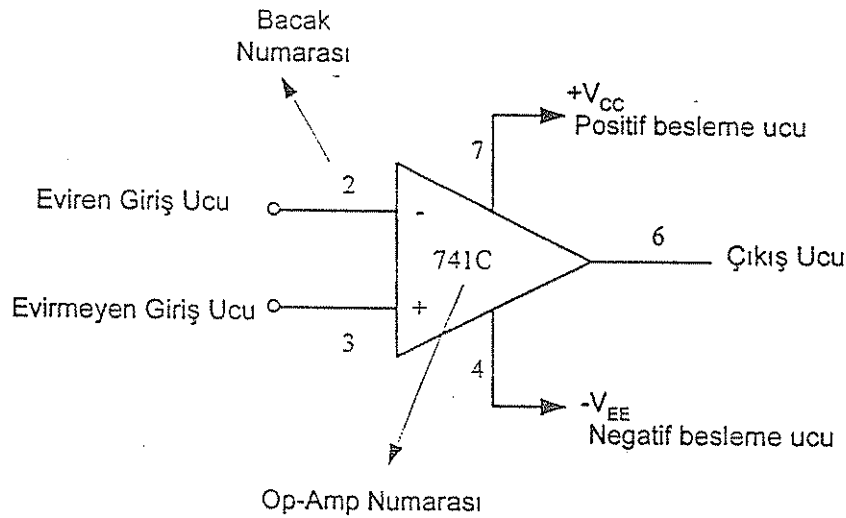
Bu laboratuvar deneyini başarıyla tamamlayan her öğrenci (1) Op-amp'ın üretici kodunu okuyabilecek (2) $\pm V_{sat}$ değerini ölçebilecek (3) $I_{yük}$ ve I_{kaynak} akım değerlerini ölçebilecek (4) Kısa devre akımını ölçebilecek (5) V_o 'nun büyüklüğünü ve yönünü ölçebilecek (6) Slew-Rate oranını ölçebilecek.

TEORİK BİLGİ:

Operasyonel yükselteçler uygun entegre kılıfı içerisine yerleştirilmiş kompleks elektronik devrelerdir. Birkaç ek elemanlarla birlikte olan bu birimler olağanüstü faydalı devrelerin gerçekleştirilmesinde kullanılır. Op-amp'ların en önemli avantajlarından birisi kolaylıkla kullanılabilmesidir.

Op-amp'lar üzerinde çalışmaya onların dilini öğrenerek başlamak gerekir. Bu dili öğrenmek, op-amp'larla ilişkili ortak sembolleri ve terimleri tanımlamamızı ve anlamamızı sağlayacaktır. Bunun neticesinde op-amp'ları daha iyi açıklayabileceğiz. Öncelikle op-amp'ların çok önemli olan spesifikasyonları ve karakteristiklerini bilmemiz gerekmektedir. Op-amp'ların spesifikasyonları op-amp kataloğundan öğrenilebilir.

Op-amp bacakları:



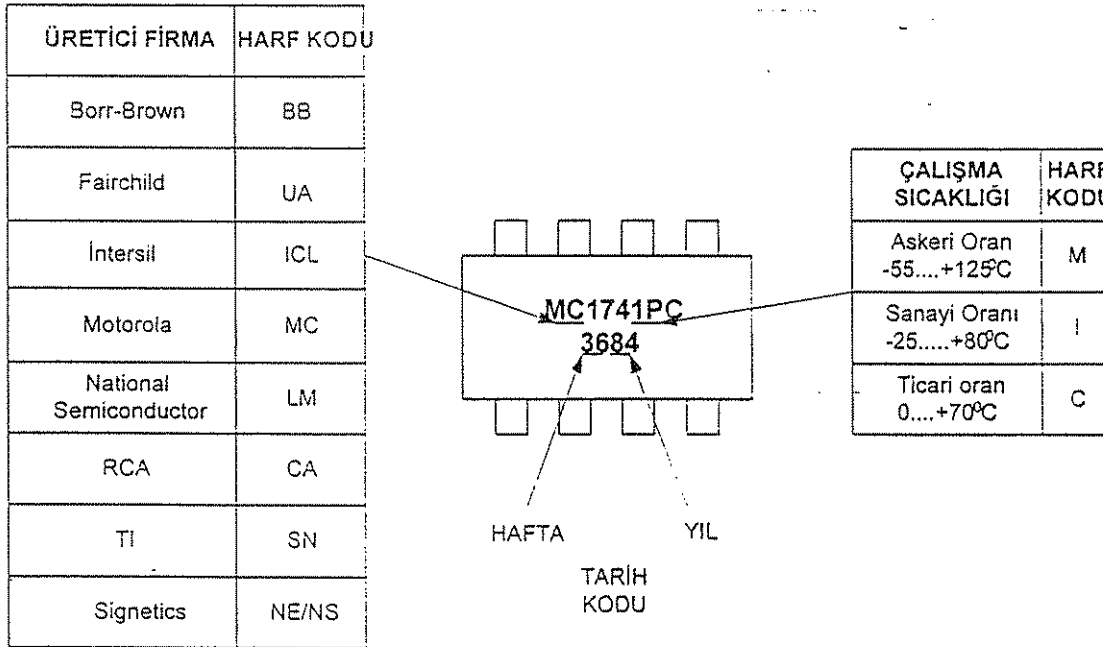
Şekil I Genel amaçlı bir op-amp'ın sembolü ve bacak bilgileri

Op-amp'ların tamamı Şekil I'de gösterildiği gibi en az 5 bacaklıdır. Pozitif besleme bacağı V_{CC} veya $+V$, 7 nolu bacak. Negatif besleme V_{EE} veya $-V$, 4 nolu bacak. 3 nolu bacak çıkıştır. Negatif giriş (eviren giriş) 2 nolu bacak ve pozitif giriş (evirmeyen giriş) 3 nolu bacak.

Op-amp'ların entegre kılıfı kodları:

Entegre üzerindeki entegre kılıfı kodlarından üretici firma tarafından oldukça faydalı bilgiler kodlanır. Şekil II' de 8 bacaklı mini entegre kılıfında Motorola firması tarafından kullanılan entegre kılıfı kodu gösterilmektedir. Diğer üretici firmalarda genellikle aynı formatı kullanırlar.

Entegre kılıfı koduyla ilgili ilk olarak 1. satırdan başlayacak olursak; ilk harfler üretici firma kodudur. Sonraki sayılar ise eleman kimlik numaralarıdır. Şekil II' deki 1741 (veya 741) sayısı elemanın genel amaçlı lineer tümleşik devre olduğunu göstermektedir. Sayının sonundaki P harfi ise plastik 8 bacaklı mini entegre kılıfında olduğunu göstermektedir. C harfi ise elemanın ticari ısı oranlarında çalışabileceğini göstermektedir. Bu oran $0-70^{\circ}\text{C}$ arasındır. 2. satıra geçtiğimizde ilk iki numara elemanın üretim haftasını, son iki sayı ise üretim yılını temsil etmektedir.



Şekil II Op-amp entegre kılıfı kodları

KAYNAKLAR:

Kaynak I ve ek'deki 741 Katoloğu

KULLANILAN ELEMANLAR:

1 adet 741 Op-amp

1 adet 100Ω, 1/2W direnç

1 adet 301 Op-amp

4 adet 10KΩ direnç

İŞLEM BASAMAKLARI:

A: Üreticinin Paket Kodu

1. 741 op-amp'ının üzerinde yazılı olan paket koduna bakınız ve ek'deki katalogdan inceleyiniz. Aşağıdaki sorulara cevap veriniz.

(a) Elemanı üreten firmanın adı nedir?

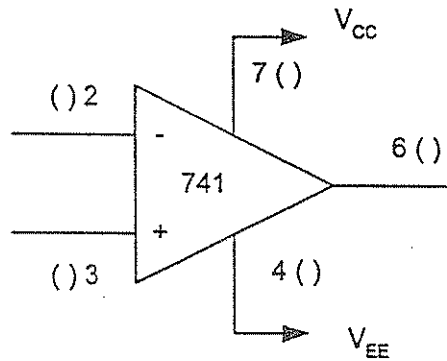
(b) Elemanı tanıtan seri numarasını tam olarak yazınız.

(c) Kullandığınız elemanın paket tipi hangi karakterlerle tanımlanmıştır?

(d) Elemanınızın çalışma sıcaklığı nedir?

(e) Elemanın üretildiği tarih nedir. (hafta, yıl)?

2. Şekil 1-1'deki 741 op-amp'ının bacak bağlantıları 8-pin mini-DIP kılıfı için verilmiştir. Eğer kullandığınız eleman farklı kılıfa sahipse katalogdan bakarak elemanınız için doğru olan bacak bağlantılarını parantez içerisinde yazınız.



Şekil 1-1 Bacak numaraları

B: $\pm V_{sat}$ Gerilimlerinin Ölçülmesi.

3. Şekil 1-2'deki devreyi kurunuz. Kaynak gerilimlerini ölçünüz. (Not: Bu gerilimler toprağa göre ölçüldüğünden doğru polariteyi içerdiğinden emin olunuz.) Ayrıca X-Y arasındaki toplam gerilimi de ölçünüz.

$$V_{CC} = \dots\dots\dots$$

$$V_{EE} = \dots\dots\dots$$

$$V_{CC} + |V_{EE}| = \dots\dots\dots$$

4. $\pm V_{sat}$ değerlerini 3. İşlem basamağında yaptığınız ölçümlerden faydalanarak tahmin ediniz.

.....

5. Şekil 1-2'den $V_o = +V_{sat}$ değerini ölçünüz. $V_{sat} = \dots\dots\dots -V_{sat}$ değerini ölçebilmek için Op-amp'ın 3 no lu bacağına X noktasından ayırınız. $V_o = V_{sat} = \dots\dots\dots$ Tahmin edilen değerlerle ölçülen değerler birbirini tutuyor mu? Açıklayınız.

.....

6. Devrenin her iki giriş ucunu da Şekil 1-3'de olduğu gibi toprağa bağlayınız. Kataloga göre 741 için $A_{OL} = 200000$ 'dir. Şekil 1-3'de E_d değeri 0 Volt olmalıdır. Buna göre $V_o = A_{OL} \cdot E_d$ eşitliğine göre V_o 'yu hesaplayınız.

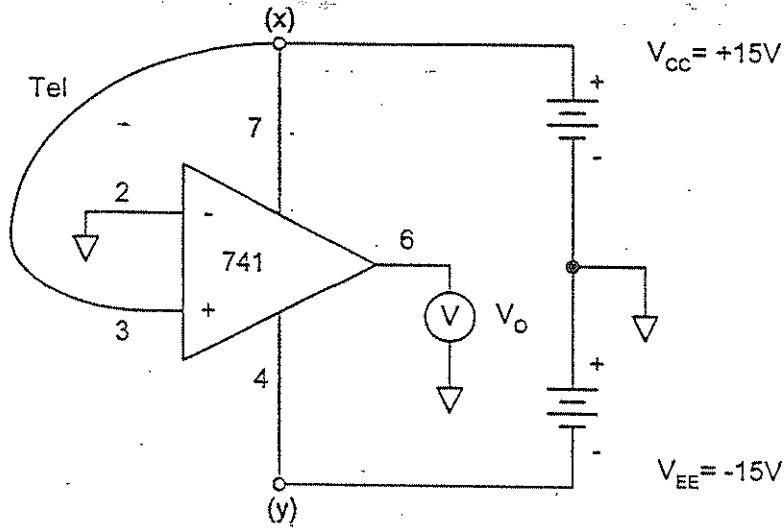
$$V_o = \dots\dots\dots$$

Ayrıca V_o değerini ölçünüz ve not ediniz.

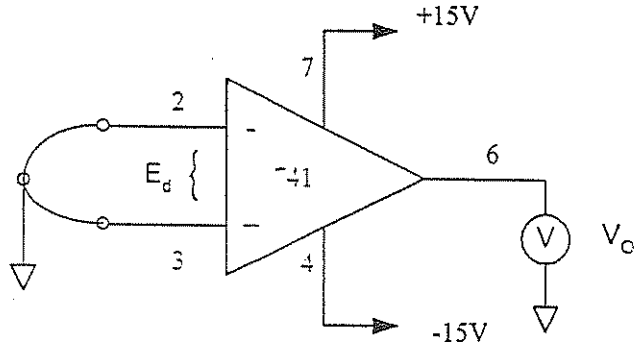
$$V_o = \dots\dots\dots$$

Bu sonuçlara göre V_o niçin $+V_{sat}$ (veya $-V_{sat}$) değerine eşit. Niçin V_o değeri 0 Volt değil. Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....



Şekil 1-2 $\pm V_{sat}$ değerinin ölçülmesi



Şekil 1-3 Girişlerin kısa devre edilmesi durumunda çıkış geriliminin ölçülmesi

C: I_{load} ve I_{kaynak} akım değerlerinin ölçülmesi.

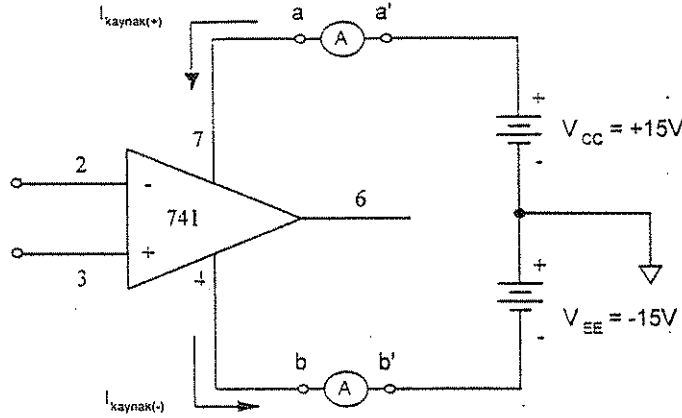
7. Şekil 1-4'deki devreyi kurunuz. Bu işlem basamağından sonra kaynak akımının tipik değerini üretici kataloğundan öğreniniz.

$I_{kaynak} (tipik) = \dots\dots\dots$ (Katalogdan)

a-a' noktaları arasından $I_{kaynak} (+) = \dots\dots\dots$ (ölçülen değer)

b-b' noktaları arasından $I_{kaynak} (-) = \dots\dots\dots$ (ölçülen değer)

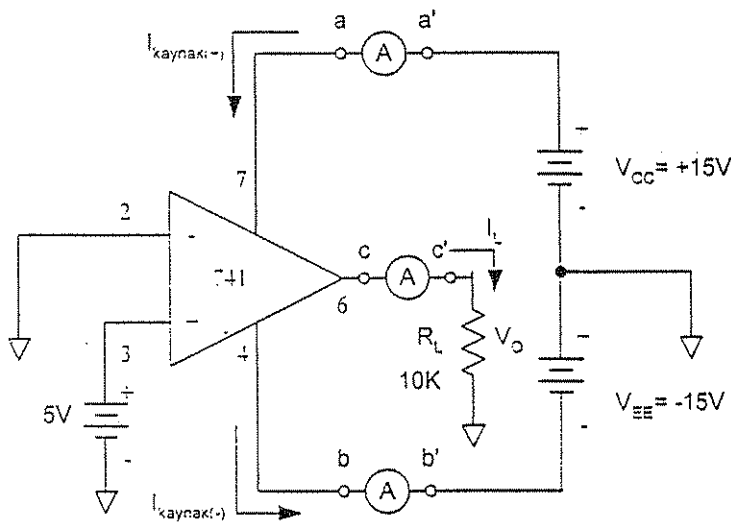
Bir elemanın kendi belirtilen değeri içinde olması için, kaynak akımının (I_{kaynak}) kataloglarda belirtilen değere eşit veya daha aşağı olması gerekir. Sizin elemanınız bunu sağlıyor mu?



Şekil 1-4 $I_{kaynak(+)}$ ve $I_{kaynak(-)}$ akımlarının ölçülmesi

8. Şekil 1-5 I_L akımını sağlayan op-amp devresini göstermektedir. Şekle göre Kirchof'un akımlar kanuna göre; $I_{kaynak(+)} = I_L + I_{kaynak(-)}$ 'dir. Şekil 1-5'deki devreyi kurunuz. R_L yük direncini $10K\Omega$ alınız. Girişleri şekilde gösterildiği gibi bağlayınız. I_L akımını c-c' uçlarından ölçünüz. $I_L = \dots\dots\dots$ 7. işlem basamağında ölçülen $I_{kaynak(-)}$ değerinden $I_{kaynak(+)}$ değerini hesaplayınız. $I_{kaynak(+)} = \dots\dots\dots$ a-a' uçlarından $I_{kaynak(+)}$ değerini ölçünüz. $I_{kaynak(+)} = \dots\dots\dots$ Ölçülen ve hesaplanan değerler birbirini tutuyor mu?

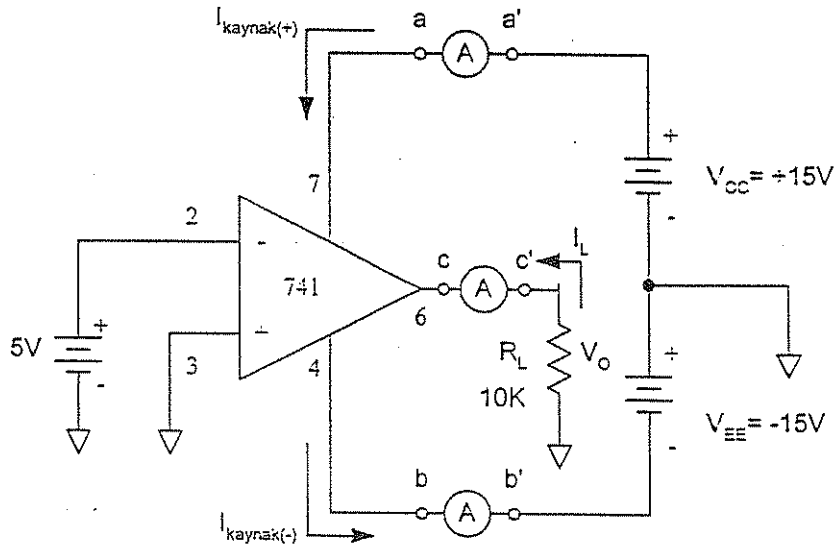
Op-amp'ın çıkış ucu akım sağlamaktadır. V_o değeri $+V_{sat}$ değerinde midir?



Şekil 1-5 I_L akımının çıkış ucundan verilmesi

9. Şekil 1-6'da op-amp I_L akımını yutmaktadır. (I_L akımının yönü opamp'a doğru)

Burada; $I_{kaynak(-)} = I_L + I_{kaynak(+)}$ 'dır Şekil 1-6'daki devreyi kurunuz ve yine c-c' uçlarından I_L ' yi ölçünüz. $I_L = \dots\dots\dots$ 7. İşlem basamağında ölçülen $I_{kaynak(+)}$ değerinden $I_{kaynak(-)}$ değerini hesaplayınız. $I_{kaynak(-)} = \dots\dots\dots$ b-b' uçlarından $I_{kaynak(-)}$ akımını ölçünüz. $I_{kaynak(-)} = \dots\dots\dots$ Op-amp akımı yutarken V_o değeri $\pm V_{sat}$ değerinde midir?



Şekil 1-6 I_L akımının çıkış ucundan yutulması

D: Kısa Devre akımı ölçümleri.

10. Katalogdan op-amp'ın tipik kısa devre akımı I_{SC} değerini bulunuz.

$+I_{SC} = \dots\dots\dots$ $-I_{SC} = \dots\dots\dots$

11. Şekil 1-7'de op-amp $+I_{SC}$ akım değerini vermek üzere bağlanmıştır. c-c' uçlarındaki I_{SC} akımını ölçünüz ve akımın yönünü şekil 1-7 üzerine işaretleyiniz. $+I_{SC} = \dots\dots\dots$ Ölçülen bu değer katalogdaki değere eşit mi? $\dots\dots\dots$

12. $-I_{SC}$ yi ölçmek üzere 3. bacakla V_{CC} arasındaki teli çıkarın ve 3. bacağı V_{EE} ye bağlayınız. c-c' uçlarındaki $-I_{SC}$ akımını ölçünüz. $-I_{SC} = -\dots\dots\dots$ ölçüm sonucundaki bu eksi işareti akımdaki bir yön değişikliğini ifade ediyor mu? $\dots\dots\dots$



Low Cost High Accuracy IC Op Amps

AD741 SERIES

FEATURES

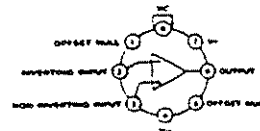
Precision Input Characteristics

- Low V_{OS} : 0.5mV max (L)
- Low V_{OS} Drift: $5\mu V/^{\circ}C$ max (L)
- Low I_b : 50nA max (L)
- Low I_{OS} : 5nA max (L)
- High CMRR: 90dB min (K, L)

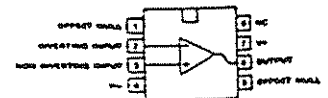
High Output Capability

- $A_{ol} = 25,000$ min, $1k\Omega$ load (J, S)
- T_{min} to T_{max}
- $V_O = \pm 10V$ min, $1k\Omega$ load (J, S)

AD741 SERIES FUNCTIONAL DIAGRAMS



TO-99
TOP VIEW



3-PIN MINI DIP
TOP VIEW

GENERAL DESCRIPTION

The Analog Devices AD741 series are high performance monolithic operational amplifiers. All the devices feature full short circuit protection and internal compensation.

The Analog Devices AD741J, AD741K, AD741L and AD741S are specially tested and selected versions of the standard AD741 operational amplifier. Improved processing and additional electrical testing guarantee the user precision performance at a very low cost. The AD741J, K and L substantially increase overall accuracy over the standard AD741C by providing maximum limits on offset voltage drift and significantly reducing the errors due to offset voltage, bias current, offset current, voltage gain, power supply rejection, and common mode rejection. For example, the AD741L features maximum offset voltage drift of $5\mu V/^{\circ}C$, offset voltage of 0.5mV max, offset current of 5nA max, bias current of 50nA max, and a CMRR of 90dB min. The AD741S offers guaranteed performance over the extended temperature range of $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$, with max offset voltage drift of $15\mu V/^{\circ}C$, max offset voltage of 4mV, max offset current of 25nA, and a minimum CMRR of 80dB.

HIGH OUTPUT CAPABILITY

Both the AD741J and AD741S offer the user the additional advantages of high guaranteed output current and gain at low values of load impedance. The AD741J guarantees a minimum gain of 25,000 swinging $\pm 10V$ into a $1k\Omega$ load from 0 to $+70^{\circ}C$. The AD741S guarantees a minimum gain of 25,000 swinging $\pm 10V$ into a $1k\Omega$ load from $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$.

All devices feature full short circuit protection, high gain, high common mode range, and internal compensation. The AD741J, K and L are specified for operation from 0 to $+70^{\circ}C$, and are available in both the TO-99 and mini-DIP packages. The AD741S is specified for operation from $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$, and is available in the TO-99 package.

Courtesy of Analog Devices, Inc.

SPECIFICATIONS

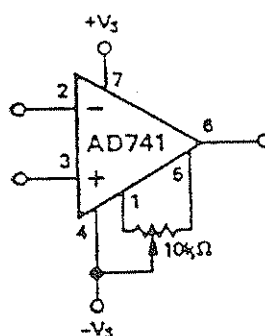
(typical @ $\pm 25^{\circ}\text{C}$ and $\pm 15\text{V}$ dc, unless otherwise specified)

SPECIFICATIONS (typical @ +25 °C and ±15V dc, unless otherwise specified)										
Model	AD741C			AD741			AD741J			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
OPEN LOOP GAIN										
$R_L = 1\text{k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{V}$							30,000	200,000		V/V
$R_L = 2\text{k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{V}$	20,000	200,000		30,000	200,000					V/V
$T_A = \text{min to max}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$	15,000			25,000			25,000			V/V
OUTPUT CHARACTERISTICS										
Voltage @ $R_L = 1\text{k}\Omega$, $T_A = \text{min to max}$	±10	±13		±10	±13		±10	±13		V
Voltage @ $R_L = 2\text{k}\Omega$, $T_A = \text{min to max}$		25			25			25		V
Short Circuit Current										mA
FREQUENCY RESPONSE										
Unity Gain, Small Signal		1			1			1		MHz
Full Power Response		10			10			10		kHz
Slew Rate		0.5			0.5			0.5		V/ μs
Transient Response (Unity Gain)										
Rise Time $C_L < 10\text{V p-p}$		0.3			0.3			0.3		μs
Overshoot		5.0			5.0			5.0		%
INPUT OFFSET VOLTAGE										
Initial, $R_S < 10\text{k}\Omega$, Adj. to Zero		1.0	6.0		1.0	5.0		1.0	3.0	mV
$T_A = \text{min to max}$		1.0	7.5		1.0	6.0			4.0	mV
Average vs. Temperature (Untrimmed)									20	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
vs. Supply, $T_A = \text{min to max}$								30	100	$\mu\text{V}/\text{V}$
INPUT OFFSET CURRENT										
Initial		20	200		20	200		5	50	nA
$T_A = \text{min to max}$		40	300		85	500		0.1	100	nA
Average vs. Temperature										$\text{nA}/^{\circ}\text{C}$
INPUT BIAS CURRENT										
Initial		80	500		80	500		40	200	nA
$T_A = \text{min to max}$		120	800		300	1,500			400	nA
Average vs. Temperature								0.6		$\text{nA}/^{\circ}\text{C}$
INPUT IMPEDANCE DIFFERENTIAL										
	0.3	2.0		0.3	2.0			1.0		M Ω
INPUT VOLTAGE RANGE ¹										
Differential, max Safe									±10	V
Common Mode, max Safe	±12	±13		±12	±13			±15		V
Common Mode Rejection, $R_S < 10\text{k}\Omega$, $T_A = \text{min to max}$, $V_{IN} = \pm 12\text{V}$	70	90		70	90		80	90		dB
POWER SUPPLY										
Rated Performance		±15			±15			±15		V
Operating									±18	V
Power Supply Rejection Ratio		30	150		30	150		25		$\mu\text{V}/\text{V}$
Quiescent Current		1.7	2.8		1.7	2.8		2.2	3.3	mA
Power Consumption		50	85		50	85		50	85	mW
$T_A = \text{min}$					60	100				mW
$T_A = \text{max}$					45	75				mW
TEMPERATURE RANGE										
Operating Rated Performance	0		+70	-55		+125	0		+70	$^{\circ}\text{C}$
Storage	-65		+150	-65		+150	-65		+150	$^{\circ}\text{C}$

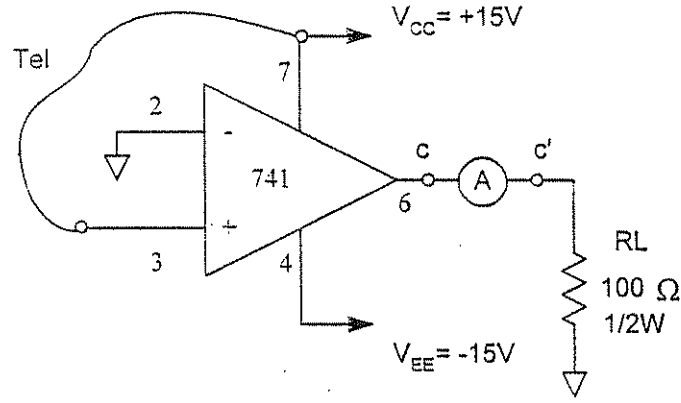
NOTES

¹ For supply voltages less than $\pm 15\text{V}$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Specifications subject to change without notice.



Standard Nulling Offset Circuit

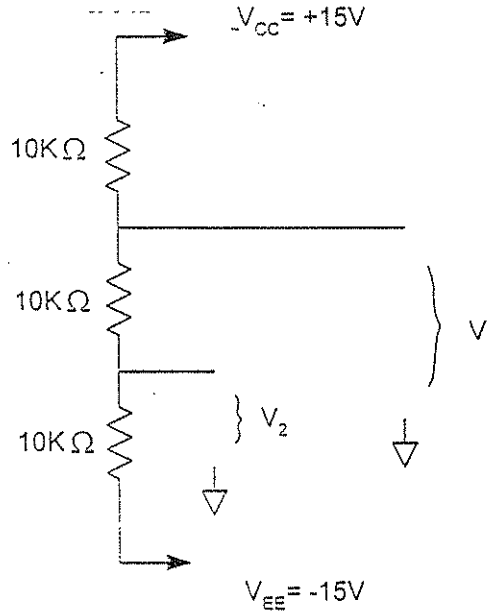


Şekil 1-7 $+I_{sc}$ akımının ölçülmesi

E: V_o 'nun büyüklüğünün ve yönünün tahmin edilmesi.

13. V_o 'nun büyüklüğü ve yönü op-amp'ın giriş uçları tarafından kontrol edilir.

$V_o = A_{VOL} \cdot E_d$ ve V_o 'nun işareti E_d 'ye bağlıdır. Giriş uçlarının V_o 'yu nasıl kontrol ettiğini görebilmek için Şekil 1-8'deki devreyi kurunuz. Bu devre V_1 ve V_2 gibi iki giriş gerilimi $+5V$, $-5V$ 'a yaklaşık olarak elde edebilmek için yapılmış bir gerilim bölücüdür.



Şekil 1-8 Giriş gerilimleri

14. V_1 ve V_2 'yi şaseye göre ölçünüz ve değerlerini not ediniz. $V_1 = \dots\dots\dots$

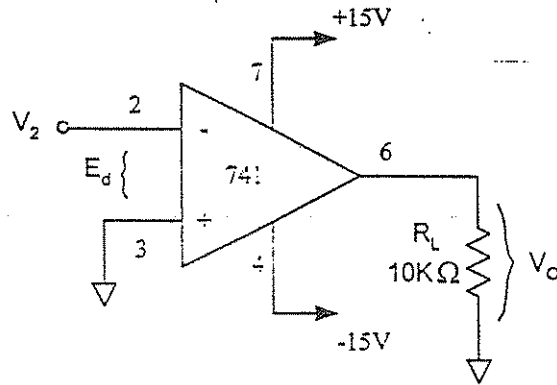
$V_2 = \dots\dots\dots$ Bu gerilimleri Şekil 1-9, Şekil 1-10 ve Şekil 1-11'deki op

amplifikatörleri için giriş olarak kullanınız. V_o değeri pratik de $\pm V_{sat}$ sınırını asla aşamaz.

15. Şekil 1-9'daki devreyi kurunuz. Pozitif (+) giriş ucunu toprağa bağlayınız. Şekil 1-8'deki V_2 'yi negatif (-) giriş ucuna veriniz. E_d 'nin büyüklüğünü ve yönünü hesaplayınız. Ayrıca V_o değerini de hesaplayınız. V_o , $\pm V_{sat}$ değerine eşit mi?

$$E_d = V_{(+)} - V_{(-)} = \dots\dots\dots$$

$$V_o = A_{OL} \cdot E_d = \dots\dots\dots$$



Şekil 1-9 V_2 negatif girişten yapıldığında V_o çıkış gerilimi

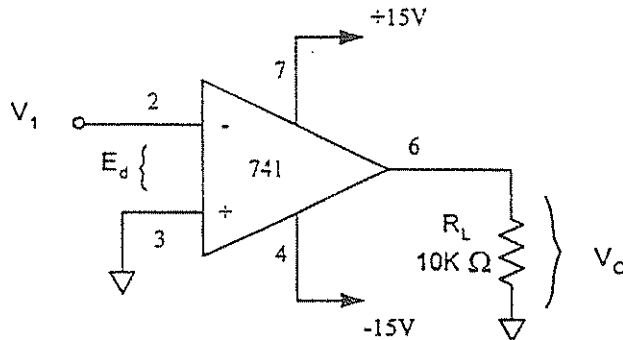
16. V_o 'nun büyüklüğünü ve yönünü ölçünüz ve not ediniz.

$$V_o = \dots\dots\dots$$

17. Şekil 1-10'daki devreyi kurunuz. Yine (+) girişi topraklayınız. Şekil 1-8'deki V_1 girişini (-) girişe uygulayınız. Tekrar E_d ve V_o 'nun büyüklüğünü ve yönünü hesaplayınız.

$$E_d = \dots\dots\dots$$

$$V_o = \dots\dots\dots$$



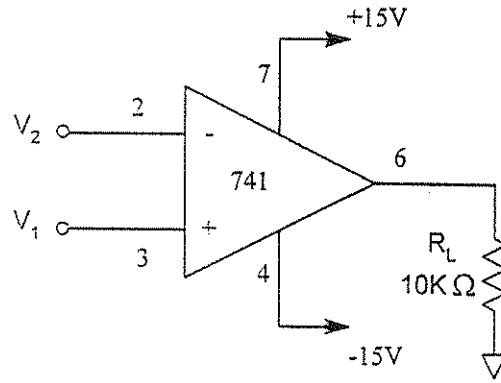
Şekil 1-10 V_1 negatif girişten yapıldığında V_o çıkış gerilimi

18. V_o 'nun büyüklüğünü ve yönünü ölçünüz ve kaydediniz.

$$V_o = \dots\dots\dots$$

19. Şekil 1-11'deki devreyi kurunuz. Op-amp girişine şekildeki gibi her iki gerilim (V_1 ve V_2) iki girişe de aynı anda uygulandığındaki etkiyi gözlemleyiniz. Şekil 1-8'deki devreden V_1 'i pozitif girişe V_2 'yi negatif girişe uygulayınız. E_d ve V_o 'nun büyüklüğünü ve yönünü hesaplayınız.

$$E_d = V_{(+)} - V_{(-)} = \dots\dots\dots V_o = A_{OL} \cdot E_d = \dots\dots\dots$$

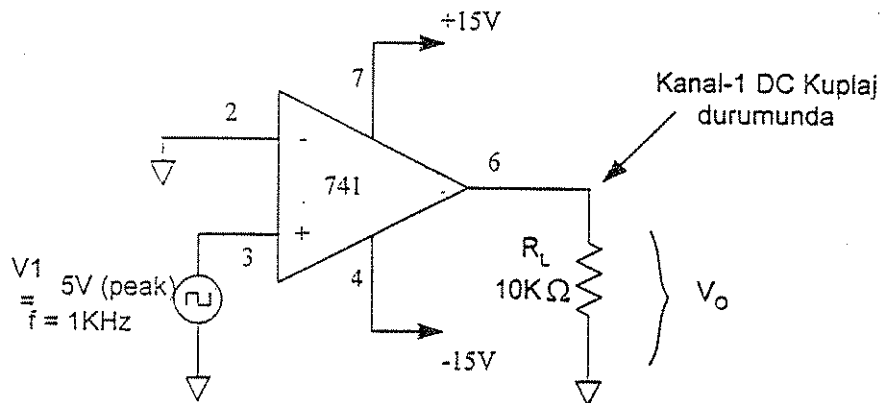


Şekil 1-11 V_1 ve V_2 girişleri her iki girişe uygulandığında V_o çıkış gerilimi

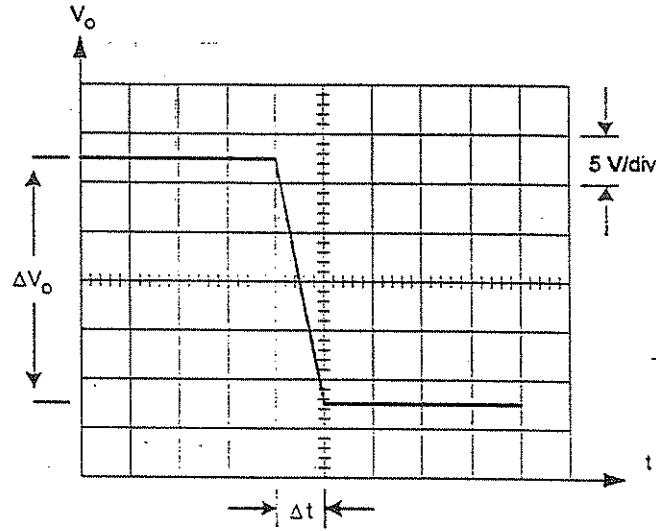
20. V_o değerini ölçünüz ve not ediniz. $V_o = \dots\dots\dots$

F: SR (Slew-Rate) Oranının Ölçülmesi.

21. Şekil 1-12'deki devrede 741 ve 301 op-amp'larının SR oranı ölçülecektir. Şekil 1-12'deki devreyi kurunuz. Karedalga sinyal jeneratöründen V_i giriş gerilimini $\pm 5V$, 10KHz kare dalga sinyale ayarlayınız. Osilaskop'un 1. Kanalına çıkışı bağlayınız. V_o çıkış gerilimini gözleyiniz. (Osilaskop Volt/Div=5V, Time/Div=10 μ S) Şekil 1-13'deki dalga şekillerini gözleyiniz.



Şekil 1-12 SR oranının ölçüldüğü devre



Şekil 1-13 V_o çıkışındaki dalga şekli.

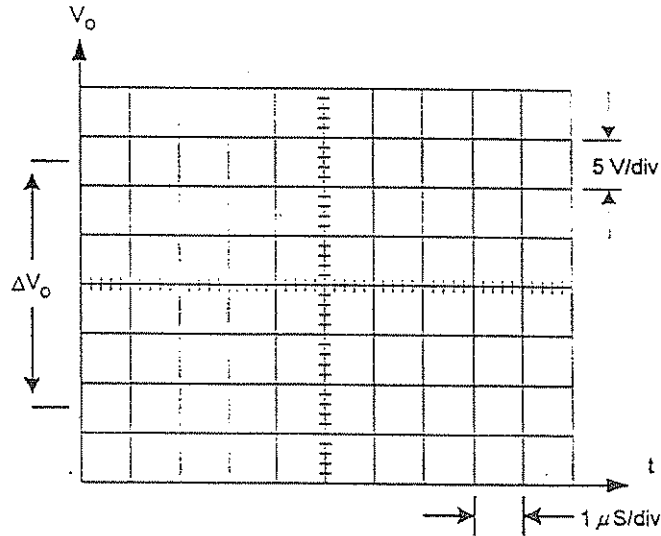
22. ΔV_o ' un 26V'luk değişime karşı geldiği Δt süresini ölçünüz. SR oranını V/ μ S

cinsinden $SR = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ formülüyle hesaplayınız. SR = 741

op-amp'ı için katalogdaki SR değeri nedir. SR =

23. Şekil 1-12'deki devrede 741 op-amp'ı yerine, SR değeri 10V/ μ S olan daha hızlı

301 op-amp'ını koyunuz. Osilaskopun için Time/Div = 1 μ S/div değerine ayarlayın. Ve bir önceki işlem basamağındaki işlemleri tekrarlayınız. Elde ettiğiniz şekli Şekil 1-14 üzerine çiziniz.



Şekil 1-14 301 için SR Oranı

24. ΔV_o 'nun 10V'luk değişimine karşılık Δt süresini ölçünüz. Ölçüm sonucuna göre SR oranını hesaplayınız.

SR =

25. Ölçülen SR oranı ile 301 op-amp'ı için katalogdaki SR oranını karşılaştırınız.

.....
.....

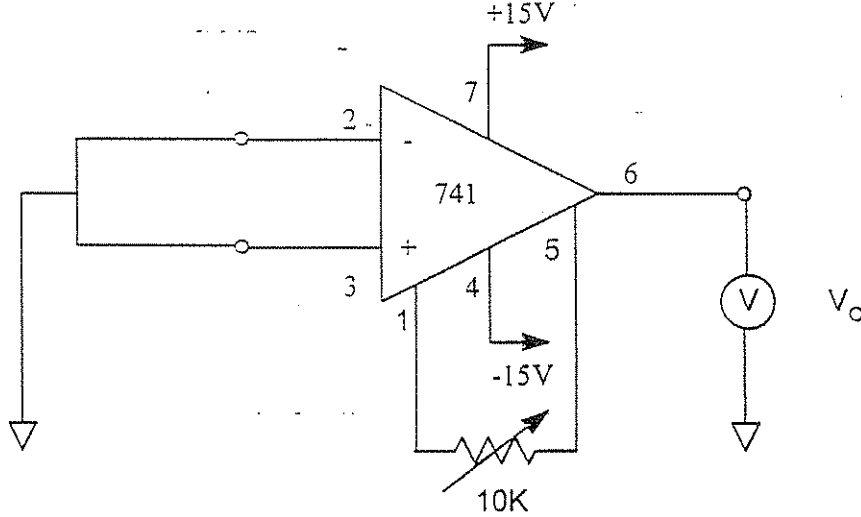
G: Çıkış offset geriliminin sıfırlanması

26. şekil 1-15'deki devreyi kurunuz. Girişleri toprağa bağlayınız. V_o çıkış gerilimini ölçünüz.

$V_o =$

Normalde V_o değeri sıfır olması gerekirken ölçtüğünüz değer niçin farklı çıktı açıklayınız.

.....
.....



şekil 1-15 Çıkış offset geriliminin sıfırlanması.

27. Op-amp'ın 1 ile 5 nolu bacaklarına bağlı olan potansiyometreyi V_o gerilimi tam sıfır olana kadar ayarlayınız. Burada potansiyometrenin görevini açıklayınız.

.....

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Model	AD741K			AD741L			AD741S			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
OPEN LOOP GAIN										
$R_L = 1k\Omega, V_O = \pm 10V$										V/V
$R_L = 2k\Omega, V_O = \pm 10V$	50,000	200,000		50,000	200,000		50,000	200,000		V/V
$T_A = \text{min to max } R_L = 2k\Omega$	25,000			25,000			25,000			V/V
OUTPUT CHARACTERISTICS										
Voltage @ $R_L = 1k\Omega, T_A = \text{min to max}$										V
Voltage @ $R_L = 2k\Omega, T_A = \text{min to max}$	± 10	± 13		± 10	± 13		± 10	± 13		V
Short Circuit Current		25			25			25		mA
FREQUENCY RESPONSE										
Unity Gain, Small Signal		1			1			1		MHz
Full Power Response		10			10			10		kHz
Slew Rate		0.5			0.5			0.5		V/ μ s
Transient Response (Unity Gain)										
Rise Time		0.3			0.3			0.3		μ s
Overshoot		5.0			5.0			5.0		%
INPUT OFFSET VOLTAGE										
Initial, $R_S < 10k\Omega$, Adj. to Zero		0.5	2.0		0.2	0.5		1.0	2	mV
$T_A = \text{min to max}$			3.0			1.0			4	mV
Average vs. Temperature (Untrimmed)		6.0	15.0		2.0	5.0		6.0	15.0	μ V/ $^{\circ}$ C
vs. Supply, $T_A = \text{min to max}$		5	15.0		5	15.0		30	100	μ V/V
INPUT OFFSET CURRENT										
Initial		2	10		2	5		2	10	nA
$T_A = \text{min to max}$			15			10			25	nA
Average vs. Temperature		0.02	0.2		0.02	0.1		0.1	0.25	nA/ $^{\circ}$ C
INPUT BIAS CURRENT										
Initial		30	75		30	50		30	75	nA
$T_A = \text{min to max}$			120			100			250	nA
Average vs. Temperature		0.6	1.5		0.6	1.0		0.6	2.0	nA/ $^{\circ}$ C
INPUT IMPEDANCE DIFFERENTIAL		2			2			2		M Ω
INPUT VOLTAGE RANGE ¹										
Differential, max Safe		± 30			± 30			± 30		V
Common Mode max Safe		± 15			± 15			± 15		V
Common Mode Rejection, $R_S < 10k\Omega, T_A = \text{min to max}$										
$V_{OH} = \pm 12V$	90	100		90	100		90	100		dB
POWER SUPPLY										
Rated Performance		± 15			± 15			± 15		V
Operating	± 5		± 22	± 5		± 22	± 5		± 22	V
Power Supply Rejection Ratio										μ V/V
Quiescent Current		1.7	2.8		1.7	2.8		2.0	2.8	mA
Power Consumption		50	85		50	85		50	85	mW
$T_A = \text{min}$								60	100	mW
$T_A = \text{max}$								75	115	mW
TEMPERATURE RANGE										
Operating Rated Performance	0		+70	0		+70	-55		+125	$^{\circ}$ C
Storage	-65		+150	-65		+150	-65		+150	$^{\circ}$ C

NOTES

¹ For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage. Specifications subject to change without notice.

Specifications shown in boldface are tested on all production units at final electrical test. Results from these tests are used to calculate outgoing quality levels. All min and max specifications are guaranteed, although only those shown in boldface are tested on all production units.

ORDERING GUIDE

Model	Temperature Range	Package ¹	Initial Off-Set Voltage
AD741CN	0 to +70 $^{\circ}$ C	MINI-DIP (N8A)	6.0mV
AD741CH	0 to +70 $^{\circ}$ C	TO-99	6.0mV
AD741JN	0 to +70 $^{\circ}$ C	MINI-DIP (N8A)	3.0mV
AD741JH	0 to +70 $^{\circ}$ C	TO-99	3.0mV
AD741KN	0 to +70 $^{\circ}$ C	MINI-DIP (N8A)	2.0mV
AD741KH	0 to +70 $^{\circ}$ C	TO-99	2.0mV
AD741LN	0 to +70 $^{\circ}$ C	MINI-DIP (N8A)	0.5mV
AD741LH	0 to +70 $^{\circ}$ C	TO-99	0.5mV
AD741H	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	TO-99	5.0mV
AD741SH	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	TO-99	2.0mV

NOTE

¹ See Section 19 for package outline information.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Absolute Maximum Ratings	AD741, J, K, L, S	AD741C
Supply Voltage	$\pm 22V$	$\pm 18V$
Internal Power Dissipation	500mW ¹	500mW
Differential Input Voltage	$\pm 30V$	$\pm 30V$
Input Voltage	$\pm 15V$	$\pm 15V$
Storage Temperature Range	-65 $^{\circ}$ C to +150 $^{\circ}$ C	-65 $^{\circ}$ C to +150 $^{\circ}$ C
Lead Temperature (soldering, 60 seconds)	300 $^{\circ}$ C	300 $^{\circ}$ C
Output Short Circuit Duration	Indefinite ²	Indefinite

NOTES

¹ Rating applies for case temperature to +125 $^{\circ}$ C. Derate TO-99 linearly at 6.3mW/ $^{\circ}$ C for ambient temperatures above +70 $^{\circ}$ C.

² Rating applies for shorts to ground or either supply at case temperatures to +125 $^{\circ}$ C or ambient temperatures to +75 $^{\circ}$ C.

Typical Performance Curves

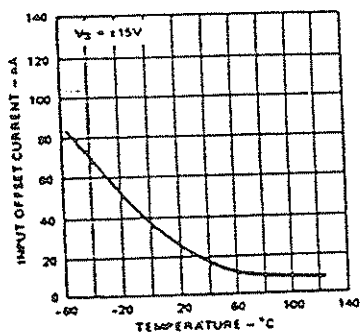


Figure 1. Offset Current vs. Temperature

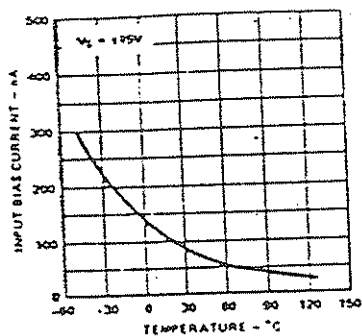


Figure 2. Bias Current vs. Temperature

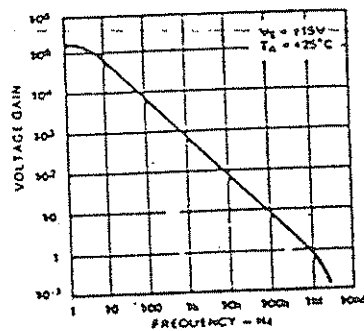


Figure 3. Open Loop Gain vs. Frequency

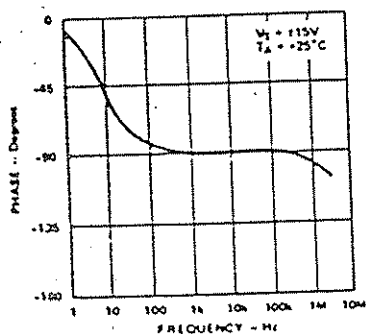


Figure 4. Open Loop Phase Response vs. Frequency

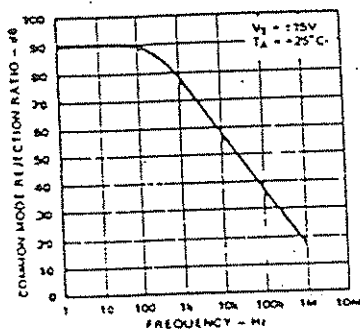


Figure 5. Common Mode Rejection vs. Frequency

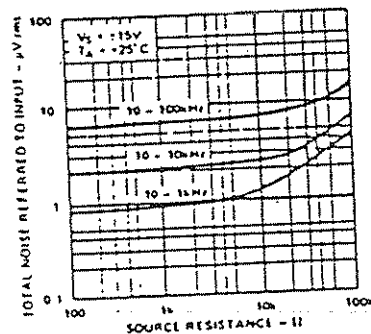


Figure 6. Broad Band Noise vs. Source Resistance

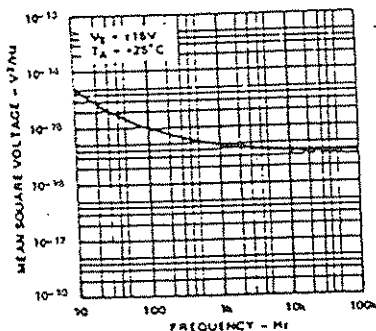


Figure 7. Input Noise Voltage vs. Frequency

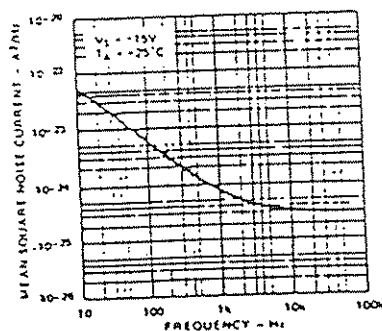


Figure 8. Input Noise Current vs. Frequency

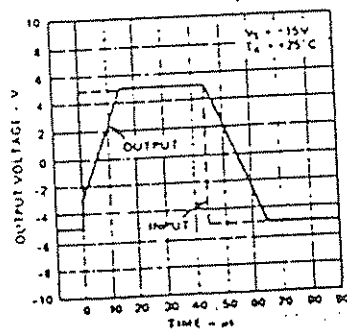


Figure 9. Voltage Follower Large Signal Pulse Response

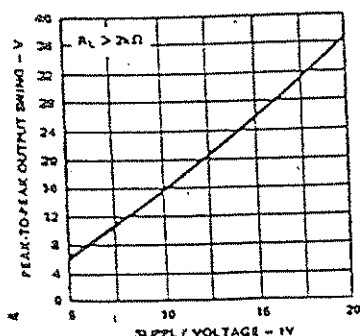


Figure 10. Output Voltage Swing vs. Supply Voltage

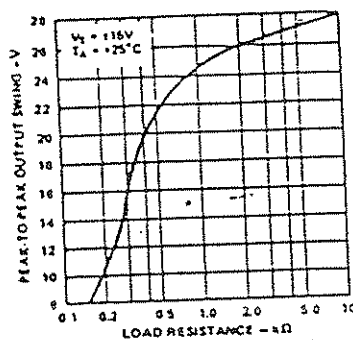


Figure 11. Output Voltage Swing vs. Load Resistance

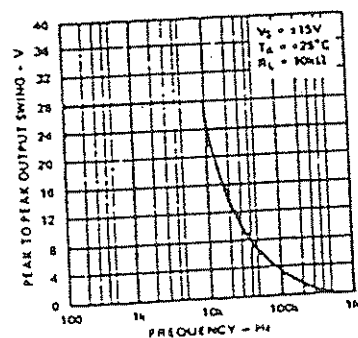


Figure 12. Output Voltage Swing vs. Frequency



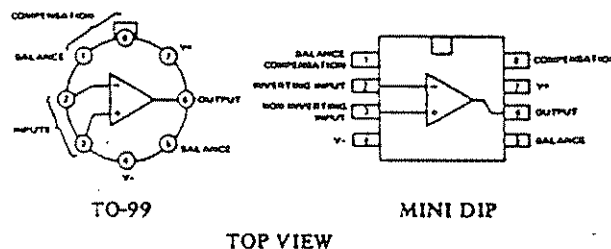
General Purpose Low Cost IC Operational Amplifier

AD101A, AD201A, AD301A, AD301AL

FEATURES

- Low Bias and Offset Current
- Single Capacitor External Compensation
for Operating Flexibility
- Nullable Offset Voltage
- No Latch-Up
- Fully Short Circuit Protected
- Wide Operating Voltage Range

AD101 SERIES FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS

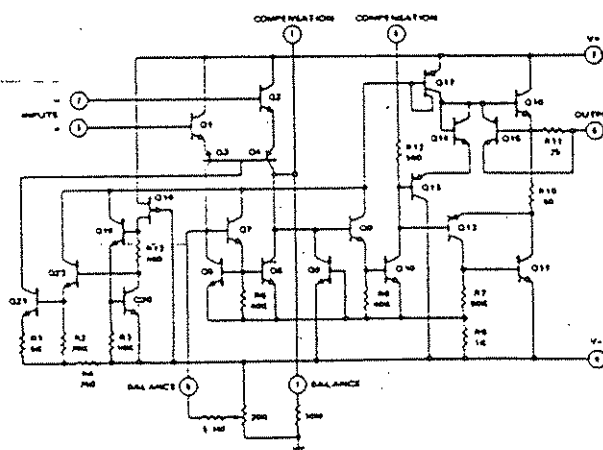


GENERAL DESCRIPTION

The Analog Devices AD101A, AD201A, AD301A and AD301AL are high performance monolithic operational amplifiers. All the circuits feature full short circuit protection, external offset voltage nulling, wide operating voltage range, and the total absence of "latch-up". Because frequency compensation is performed externally with a single capacitor (30pF maximum), the AD101A, AD201A, AD301A and AD301AL provide greater flexibility than internally compensated amplifiers since the degree of compensation can be fitted to the specific system application.

The AD101A and AD201A have identical specifications in the TO-99 package; the former guaranteed over the -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ temperature range, and the latter over -25°C to $+85^{\circ}\text{C}$. The AD201A is also available in the mini-DIP package for high performance operation over the 0 to $+70^{\circ}\text{C}$ temperature range. The AD301A is specified for operation over the 0 to $+70^{\circ}\text{C}$ temperature range in both the TO-99 and mini-DIP packages. The AD301AL is the highest accuracy version of this series. Improved processing and additional electrical testing allow the user to achieve precision performance at low cost. The device provides substantially increased accuracy by reducing errors due to offset voltage (0.5mV max), offset voltage drift ($5.0\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ max), bias current (30nA max), offset current (5nA max), voltage gain (80,000 min), PSRR (90dB min), and CMRR (90dB min). The AD301AL is also specified from 0 to $+70^{\circ}\text{C}$ and is available in the TO-99 can or 8-pin mini-DIP.

SCHEMATIC DIAGRAM



Courtesy of Analog Devices, Inc.

SPECIFICATIONS (typical @ +25°C and ±15V dc, unless otherwise specified)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS AD101A, AD201A, AD301A, AD301AL

unless otherwise specified

Supply Voltage	
AD101A, AD201A	±22V
AD301A, AD301AL	±18V
Power Dissipation ¹	
TO-99 (Metal Can)	500mW
Dual In-Line (Mini-DIP)	500mW
Differential Input Voltage	±30V
Input Voltage ²	±15V
Output Short Circuit Duration ³	Indefinite
Operating Temperature Range	
AD101A	-55°C to +125°C
AD201A (TO-99)	-25°C to +85°C
AD201A (Mini-DIP)	0 to +70°C
AD301A, AD301AL	0 to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 60sec)	300°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = +25°C unless otherwise specified)⁴

Parameter	Conditions	AD101A/AD201A			AD301A			AD301AL			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	R _S < 50kΩ		0.7	2.0		2.0	7.5		0.3	0.5	mV
Input Offset Current			1.5	10		3	50		3	5	nA
Input Bias											
Input Bias Current			30	75		70	250		15	30	nA
Input Resistance		1.5	4		0.5	2		1.5	4		MΩ
Supply Current	V _S = ±20V		1.8	3.0							mA
	V _S = ±15V					1.8	3.0		1.8	3	mA
Large Signal Voltage Gain	V _S = ±15V, V _{OUT} = ±10V, R _L > 2kΩ	50	160		25	160		80	300		V/mV

The Following Specifications Apply Over the Operating Temperature Ranges⁴

Input Offset Voltage	R _S < 10kΩ			3.0			10		0.5	1	mV
Input Offset Current				20			70		5	10	nA
Average Temp. Coefficient of Input Offset Voltage	T _A (min) < T _A < T _A (max)		3.0	15		6.0	30		2	5	μV/°C
Average Temp. Coefficient of Input Offset Current	+25°C < T _A < T _A (max)		0.01	0.1		0.01	0.3		0.01	0.1	nA/°C
	T _A (min) < T _A < +25°C		0.02	0.2		0.02	0.6		0.01	0.1	nA/°C
Input Bias Current				100			300		30	45	nA
Large Signal Voltage Gain	V _S = ±15V, V _{OUT} = ±10V, R _L > 2kΩ	25			15			40	100		V/mV
Input Voltage Range	V _S = ±20V	±15									V
	V _S = ±15V				±12			±12			V
Common Mode Rejection Ratio	R _S < 50kΩ	80	96		70	90		90	100		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	R _S < 50kΩ	80	96		70	96		90	100		dB
Output Voltage Swing	V _S = ±15V, R _L = 10kΩ	±12	±14		±12	±14		±12	±14		V
	V _S = ±15V, R _L = 2kΩ	±10	±13		±10	±13		±10	±13		V
Supply Current	T _A = T _A (max), V _S = ±20V		1.2	2.5					1.8	3	mA

NOTES

¹ The maximum desirable junction temperature of the AD101A is +150°C; that of the AD201A, AD301A and AD301AL is +100°C. For operating at elevated temperatures, devices must be derated based upon a thermal resistance of +150°C/W, junction to ambient, or +45°C/W, junction to case. The thermal resistance of the Dual In-Line package is +160°C/W, junction to ambient.

² For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

³ For the AD301A and AD301AL continuous short circuit is allowed for case temperatures to +70°C and ambient temperatures to +55°C.

⁴ Unless otherwise specified, these specifications apply for supply voltages and ambient temperatures of ±15V to ±20V and -55°C to +125°C for the AD101A, ±15V to ±20V and -25°C to +85°C for the AD201A (0 to +70°C for the AD201AN), and ±15V to ±18V and 0 to +70°C for the AD301A and AD301AL.

Specifications subject to change without notice.

Applying the IC Operational Amplifier

ORDERING GUIDE

MODEL	TEMP RANGE	ORDER NUMBER*	PACKAGE OPTION**
AD301AL	0 to +70°C	AD301AL	TO-99, N8A
AD201A	-25°C to +85°C	AD201A	TO-99, N8A
AD301A	0 to +70°C	AD301A	TO-99, N8A
AD101A	-55°C to +125°C	AD101AH	TO-99

*Add package type letter: H = TO-99, N = Mini DIP.

**See Section 19 for package outline information.

FREQUENCY COMPENSATION CIRCUITS

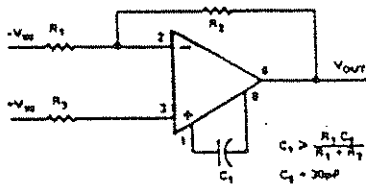


Figure 1. Single Pole Compensation

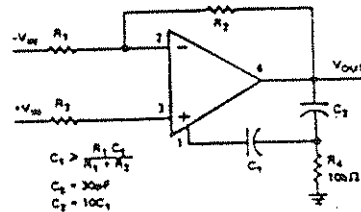


Figure 2. Two Pole Compensation

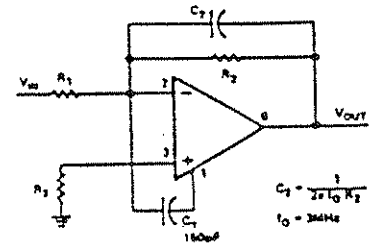
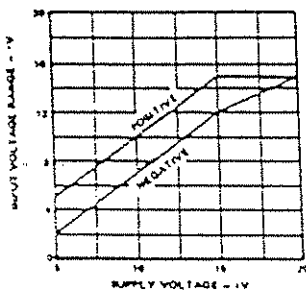
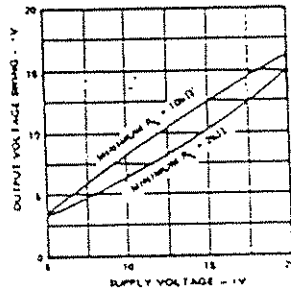


Figure 3. Feedforward Compensation

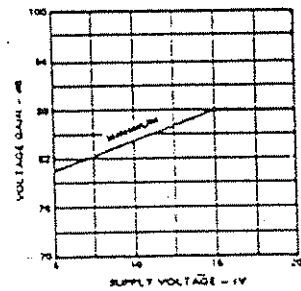
GUARANTEED PERFORMANCE CURVES (Curves apply over the Operating Temperature Ranges)



Input Voltage Range

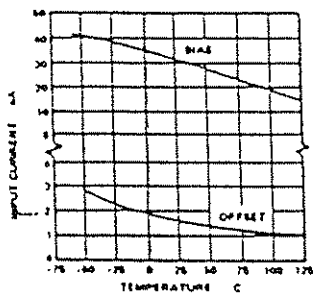


Output Swing

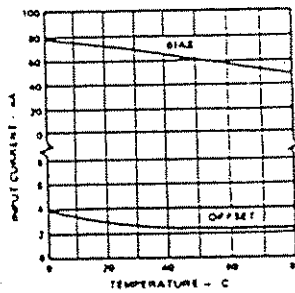


Voltage Gain

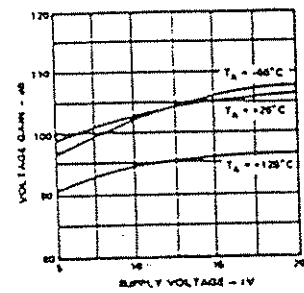
TYPICAL PERFORMANCE CURVES*



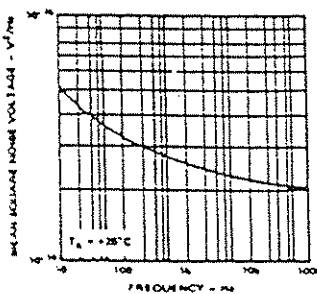
Input Current AD101A, AD201A



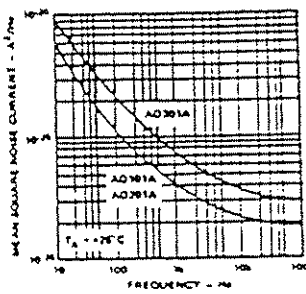
Input Current - AD301A



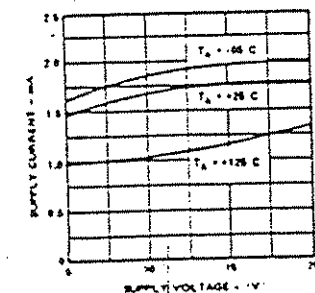
Voltage Gain



Input Noise Voltage

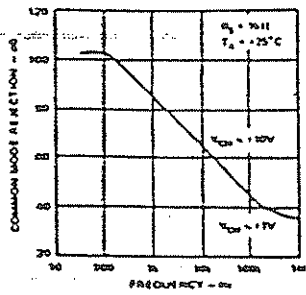


Input Noise Current

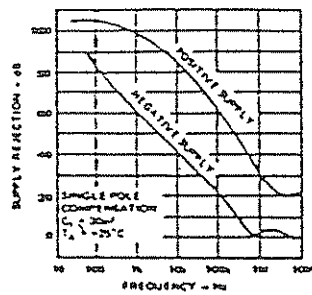


Supply Current

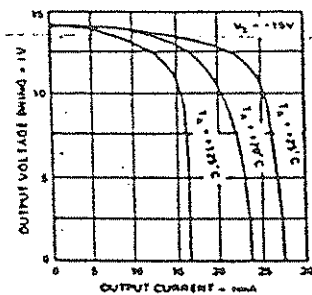
TYPICAL PERFORMANCE CURVES



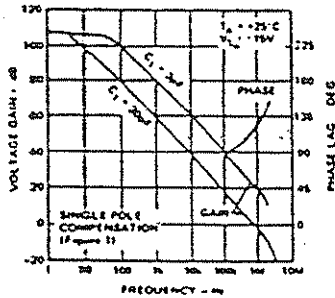
Common Mode Rejection



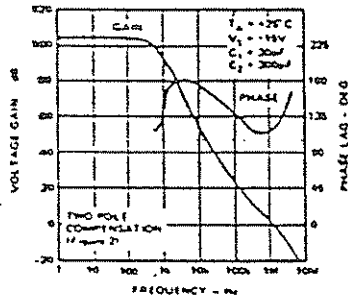
Power Supply Rejection



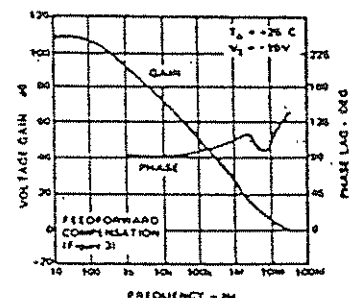
Current Limiting



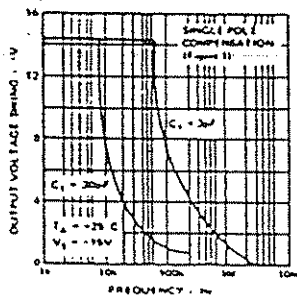
Open Loop Frequency Response



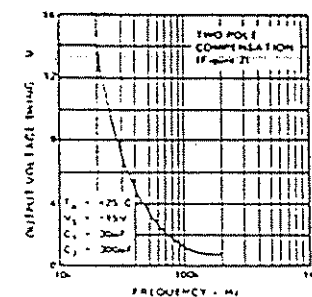
Open Loop Frequency Response



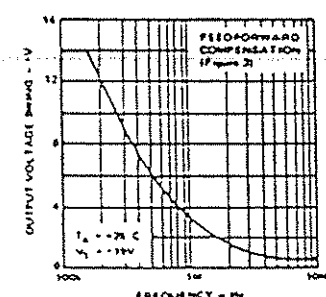
Open Loop Frequency Response



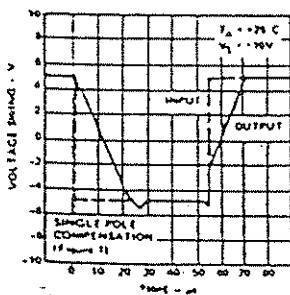
Large Signal Frequency Response



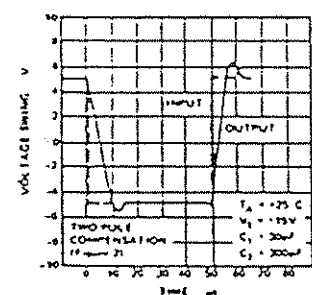
Large Signal Frequency Response



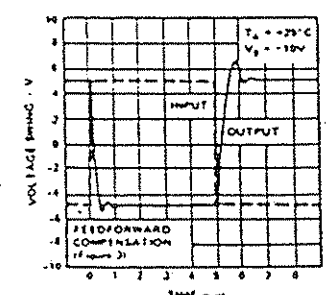
Large Signal Frequency Response



Voltage Follower Pulse Response



Voltage Follower Pulse Response



Inverter Pulse Response

DENEY NO : 2

DENEY ADI : VOLTAJ KARŞILAŞTIRICILAR

DENEYİN AMACI :

Bu deneyi başarıyla tamamlayan her öğrenci;

- 1- V_O ya karşı zaman fonksiyonunu ve bir evirmeyen sıfır geçiş dedektörünün transfer fonksiyonunu bulabilecek.
- 2- Bir gerilim karşılaştırıcısını dizayn ve test edebilecek.
- 3- Bir gerilim referansı dizayn edebilecek.
- 4- Evirmeyen gerilim düzey dedektörlerini test edebilecek.
- 5- Op-amp'ın çıkışına Led'leri doğru bir şekilde eklemeyi öğrenecek.

TEORİK BİLGİ:

Bir op-amp'ın en basit uygulamalarından birisi de op-amp'ın voltaj seviye dedektörü ve karşılaştırıcı olarak kullanılmasıdır. Bu uygulamada op-amp'ın girişlerinden birine referans gerilimi (V_{ref}) uygulanır. V_{ref} değeri toprağa göre sıfır, pozitif ve negatif olabilir. Diğer girişe V_i girişi uygulanır. V_i girişi V_{ref} değerini aştığı zaman op-amp çıkışı karşılaştırıcı devre tipine bağlı olarak ya $+V_{sat}$ veya $-V_{sat}$ olacaktır.

V_O çıkış voltajı, girişlerdeki iki durumu da göstermektedir. İlk durum V_i girişi V_{ref} girişine eşit olduğu durumdur. Bu durumda çıkış bir doyum seviyesinden diğer doyum seviyesine anahtarlanır. İkinci durumda V_O çıkışı V_i girişinin V_{ref} değerinden düşük mü veya yüksek mi olduğunu ortaya çıkarır. Bu V_O ' nun polaritesinden belirlenir.

Op-amp'ın çıkış ucuna led'ler bağlamak suretiyle giriş durumlarını görsel olarak rahatlıkla tespit edebiliriz. Örneğin; bir led, bir op-amp ve bir diyot ve V_i girişinin V_{ref} 'e göre büyüklüğünü bize görsel olarak rahatlıkla gösterebilir.

Sıfır volttan farklı gerilim düzeylerini dedekte etmekte kullanılan komparatör devreleri hassas V_{ref} değerlerine ihtiyaç gösterirler. Her iki pozitif ve negatif referans gerilimi, dirençlerle gerçekleştirilen gerilim bölücü devreler yardımıyla genişletilebilir. Bununla birlikte doğruluk ve kararlılık istendiği zaman kesin referans voltajlarının kullanılması gerekir. AD585 gibi bacadan referans voltajı seçmeli bir entegre voltaj referansına güzel bir örnektir. Bu eleman ile entegre üzerinde basitçe bacakları seçmek suretiyle 4 kesin voltaj sağlayabiliriz.

KAYNAKLAR:

Kaynak 1 ve ekteki 741 katalogu

ELEMANLARIN LİSTESİ

1 tane 741 op-amp 1 adet 220 Ω direnç

1 adet 10 K Ω potansiyometre 1 adet 10 K Ω direnç

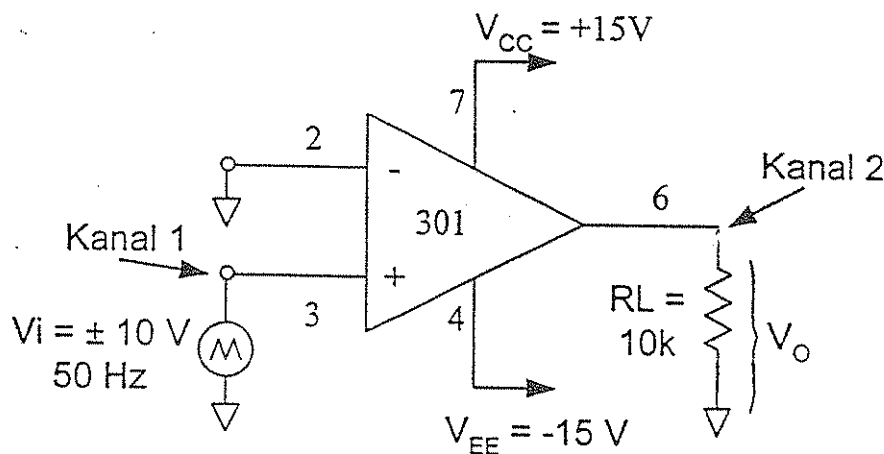
İŞLEM BASAMAKLARI

A: Bir Evirmeyen Sıfır Geçiş Dedektörünün V_O , V_i eğrilerinin çizilmesi

1-) Şekil 2.1'de görülen evirmeyen sıfır-geçiş dedektör devresini kurunuz. V_i gerilimini uygulamadan evvel DC voltajı op-amp'a uygulayınız. V_i 'yi ± 10 V tepe değerli ve 50 Hz frekanslı bir üçgen dalgaya ayarlayınız.

2-) Osilaskobun 1. Kanalına V_i , 2. kanalına V_o gerilimini bağlayınız. Osilaskobu DC kuplaj konumuna alınız.

3-) Şekil 2.2’de görülen V_i zaman eğrisi üzerinde V_o ’yu çiziniz. Bu şeklin bir parçası olarak V_{CC} ve V_{EE} ’yi noktalı çizgiler halinde çizin. Çizdiğiniz bu şekilden $+V_{sat}$ ve $-V_{sat}$ ’ı bulunuz.

$$+V_{\text{sat}} = \dots\dots\dots -V_{\text{sat}} = \dots\dots\dots$$


Şekil 2.1 Evirmeyen sıfır geçiş dedektörü

4-) Şekil 2.1'de V_{ref} nedir? Şekil 2.2'de V_{ref} 'i işaretleyin. V_i , V_{ref} 'i geçerken ve onun üstünde iken V_O 'ya ne olduğunu belirtin. V_i , V_{ref} 'in altına indiği zaman ne olur?

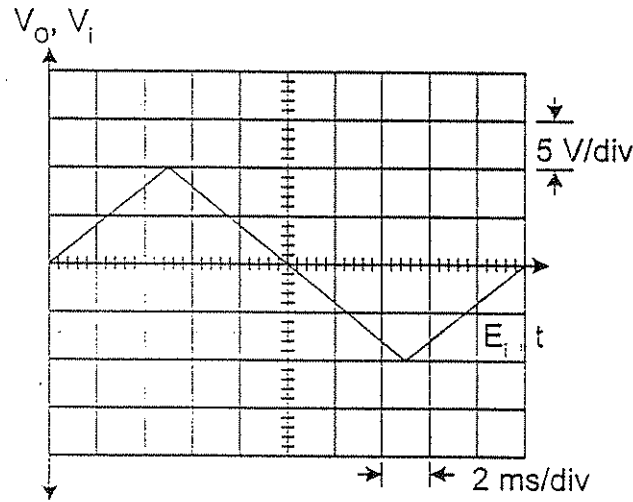
$V_{ref} = \dots\dots\dots$

5-) Komparatörün transfer fonksiyonunu görebilmek için, osilaskobu XY konumuna alınız. Her iki kanalı da topraklayın ve spot'u koordinatların tam ortasına, sıfır noktasına getir.

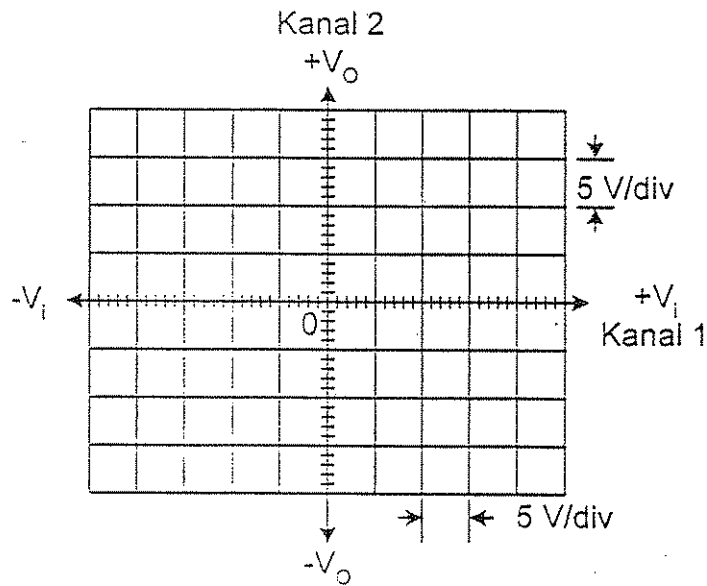
6-) DC kuplaj konumuna geçiş ve transfer fonksiyonunu Şekil 2.3'e çiziniz. Bu şekle V_{CC} ve V_{EE} gerilimlerini noktalı çizgiler halinde ekleyin. Buradan $\pm V_{sat}$ 'ı bulunuz.

$+V_{sat} = \dots\dots\dots$

$-V_{sat} = \dots\dots\dots$



Şekil 2.2 V_i -zaman ve V_O -zaman eğrisi



Şekil 2.3

7-) Şekil 2.3 deki çizimin hangi karakteristik özelliği evirmeyen karşılaştırıcının transfer fonksiyonunu gösterir.

B: Voltaj Karşılaştırıcının Dizayn ve Testi

8-) Şekil 2.4'deki gerilim karşılaştırıcının transfer fonksiyonu görülmektedir. Bu eğriden aşağıdakileri çıkarınız.

$$+V_{sat} = \dots\dots\dots$$

$$+V_{i(peak)} = \dots\dots\dots$$

$$-V_{sat} = \dots\dots\dots$$

$$-V_{i(peak)} = \dots\dots\dots$$

$$V_{CC} = \dots\dots\dots$$

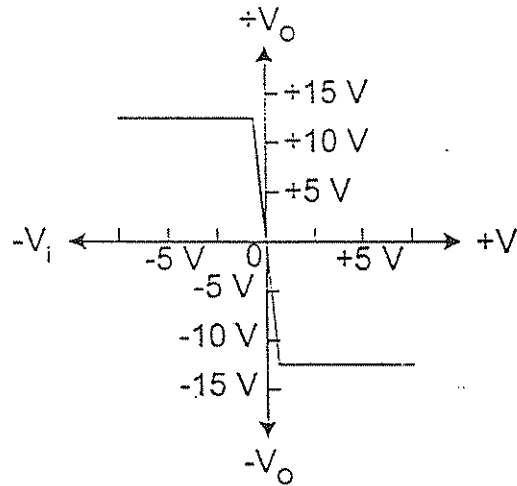
$$V_{ref} = \dots\dots\dots$$

$$V_{EE} = \dots\dots\dots$$

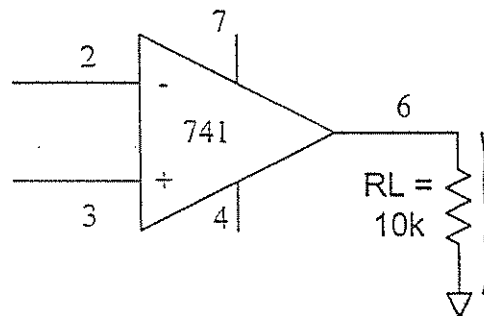
$$\text{Komparatör çeşidi} = \dots\dots\dots$$

9-) 8. Basamaktaki bilgiyi kullanarak Şekil 2.4'deki transfer fonksiyonunu üretecek karşılaştırıcı devresini çizin. Devreyi 2.5 üzerine çizin.

10-) Çizdiğiniz devreyi kurun. DC kaynağı uygulayın. V_i 'yi 8. basamakta bulunan tepe değerine ayarlayın. V_i 50 Hz'lik bir üçgen dalga olacaktır.



Şekil 2.4 Transfer fonksiyonu



Şekil 2.5 Gerilim karşılaştırıcı

11-) V_i ve V_O gerilimlerini osilaskoba uygulayınız.

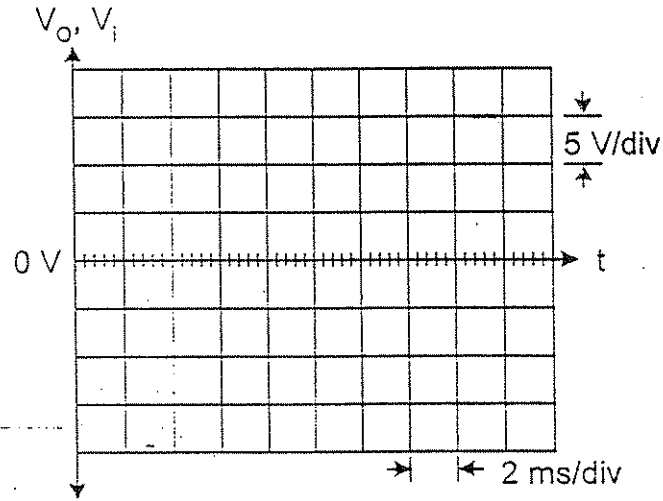
12-) Şekil 2.6 üzerinde V_i , zaman ve V_O , zaman sinyallerini çizin. Şekil 2.5'de V_{ref} 'in değeri nedir? $V_{ref} = \dots\dots\dots$

13-) V_i , V_{ref} 'i geçtiği zaman ve üzerinde iken V_O 'ya ne olur? Altında iken ne olur?

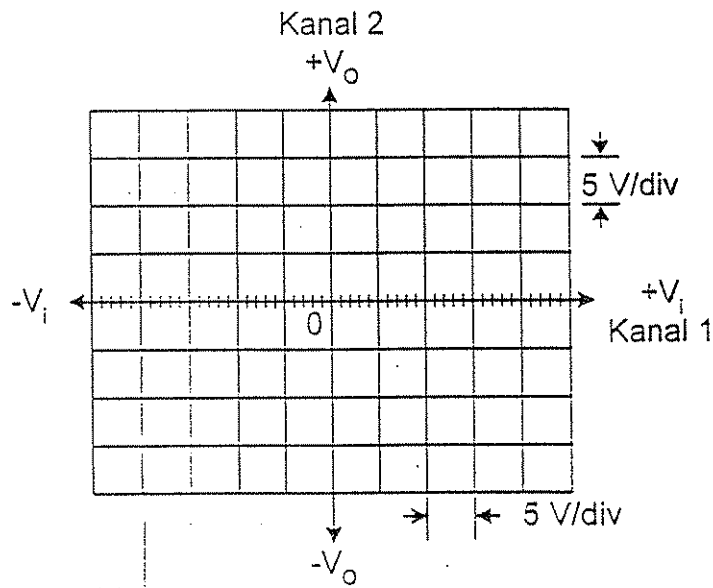
.....

14-) Osilaskobu XY konumuna alın, her iki kanalı topraklayın ve spotu ekranın ortasına getirin

15-) Osilaskobu DC kuplaj konumuna alın ve transfer fonksiyonunu Şekil 2.7 üzerine çizin.



Şekil 2.6 V_i -zaman ve V_O -zaman grafiği



Şekil 2.7 V_O , V_i Transfer fonksiyonu

16-) Çıkış gerilimi V_O 'yu ± 5 V'a sınırlamak için ne yapmalıdır? Açıklayın. (ipucu: 741 op-amp'ının $\pm I_{SC}$ akımı ± 25 mA'dir. Gerekli değişikliği yapın ve V_O 'yu ölçün.

C: Pratik Gerilim Referansı Dizaynı:

17-) Şekil 2.8'de referans gerilimi değerine ait çözüm görülmektedir. Tasarımı R_1 ve R_2 'yi hesaplayarak tamamlayın. $V_A = +5$ V, $V_B = -5$ V, $V_C = \pm 5$ V arasında ayarlanabilir olacaktır.

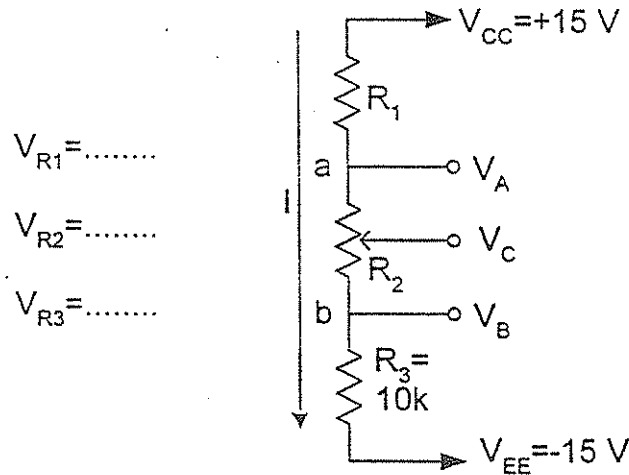
a) V_{R1} , V_{R2} , V_{R3} değerlerini hesaplayın.

b) I akımını hesaplayın. $I = \frac{V_{R3}}{R_3} =$

c) R_1 ve R_2 yi bularak tasarımı tamamlayın.

18-) Şekil 2.8'i kurun. tasarımdaki değerleri kullanın. Devreye gerilim verdikten sonra V_A ve V_B 'yi ölçün ve kaydedin. V_C 'nin değişim aralığını ölçün ve kaydedin.

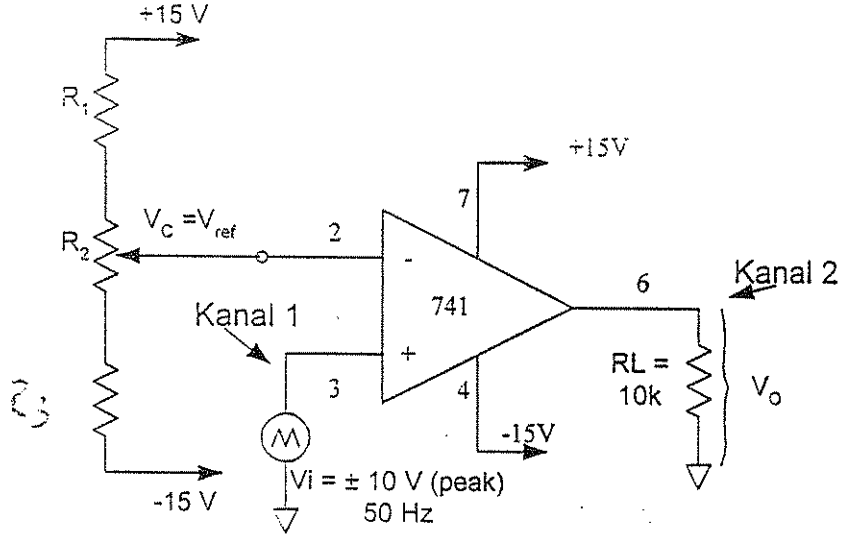
$V_A =$ $V_B =$



Şekil 2.8 Referans voltajı

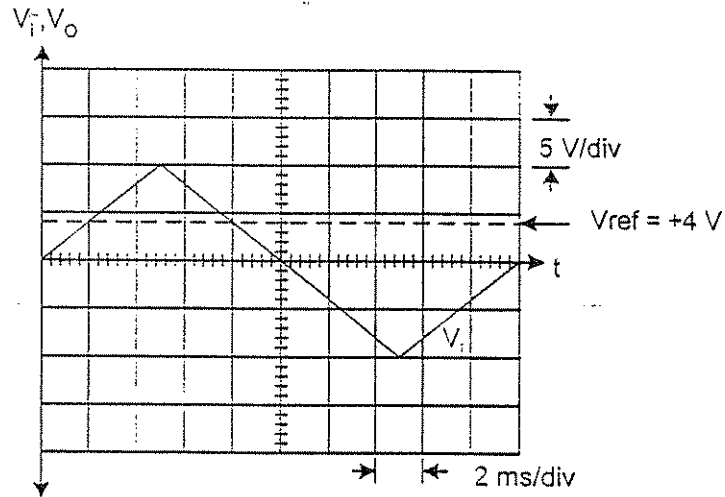
D: Evirmeyen Gerilim Düzeyi Dedektörü

19-) Şekil 2.9 daki devreyi kurun.

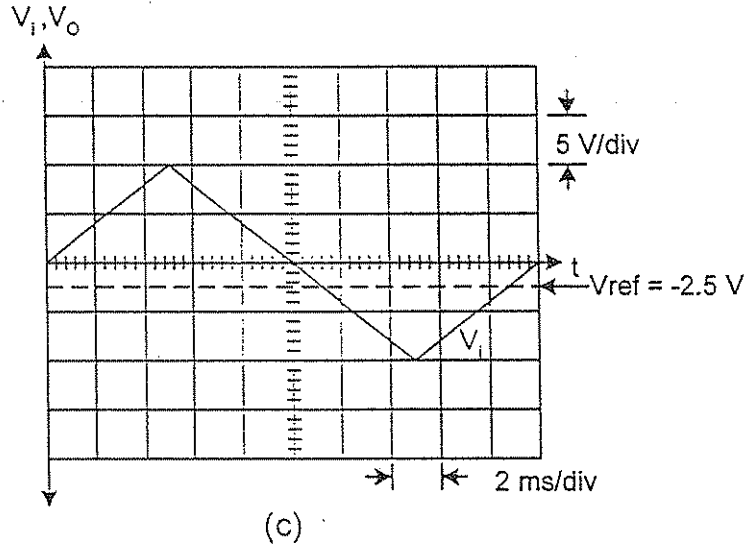
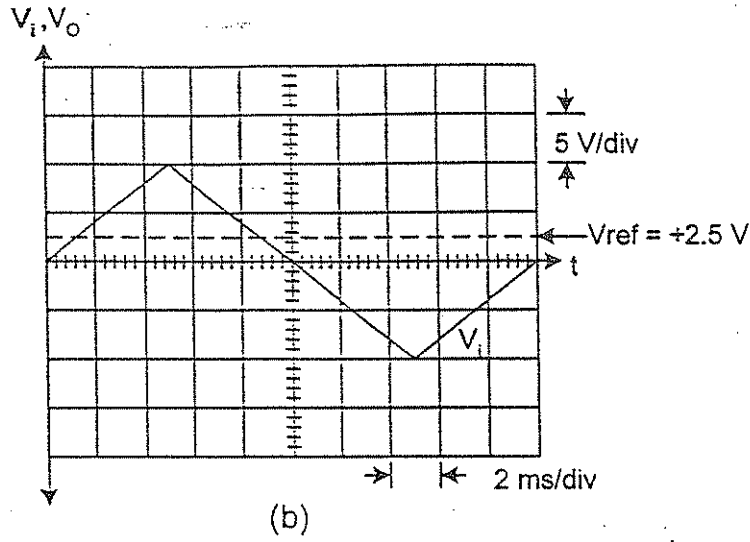


Şekil 2.9 Evirmeyen voltaj-seviye dedektörü

20-) V_{ref} 'i ölçmek için dijital voltmetre kullanın ve R_2 'yi $V_{ref} + 4$ V olacak şekilde ayarlayın. V_i 'yi ± 10 V tepe değerinde üçgen dalga olacak şekilde ayarlayın ve V_i 'yi kanal 1'de Şekil 2.10'da gösterildiği şekilde gösterin. V_o 'yu Şekil 2.10 (a) üzerine çizin.

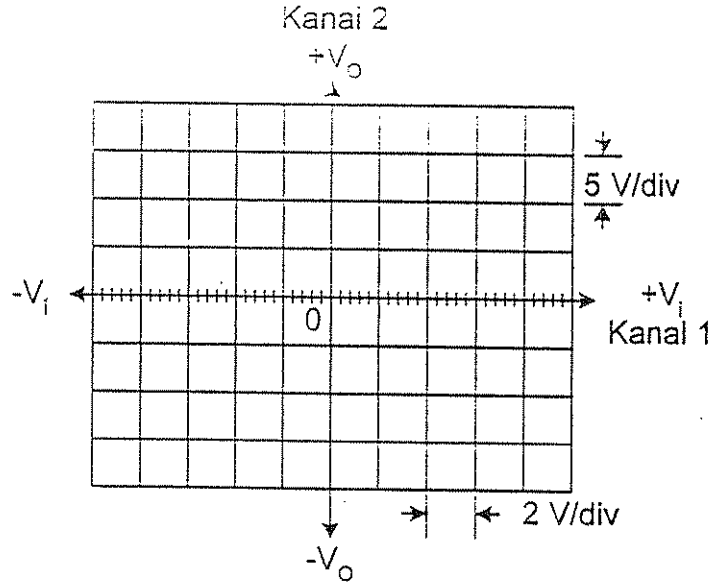


(a)



Şekil 2.10 $V_i - t$ grafikleri

- 21-) 20. basamağı $V_{ref} = +2.5 \text{ V}$ için tekrarlayın. V_o 'yu Şekil 2.10 (b) üzerine çizin. V_i 'nin hangi değerinde V_o , $+V_{sat}$ 'dan $-V_{sat}$ 'a değişmektedir. $V_i = \dots\dots\dots$
- 22-) 21. basamağı $V_{ref} = -2.5 \text{ V}$ için tekrarlayın. $V_i = \dots\dots\dots$
- 23-) $V_{ref} = -2.5 \text{ V}$ iken karşılaştırıcının transfer fonksiyonunu görebilmek için osilaskobu XY konumuna alınız. Her iki girişide topraklayın ve spotu koordinatların tam ortasına, sıfır noktasına getiriniz. Osilaskobu DC kuplaj konumuna getiriniz. V_{CC} , V_{EE} ve V_{ref} 'i Şekil 2.11 üzerinde gösteriniz.



Şekil 2.11 V_o - V_i transfer fonksiyonu

E: Bir Op-amp Çıkışına Led Bağlanması

24-) Karşılaştırmalı test devresini Şekil 2.12 de görüldüğü gibi kurun. Led leri doğru bir şekilde bağlamaya dikkat edin.

25-) Yeşil Led yanıp, kırmızı Led sönene kadar R_2 'yi ayarlayın. Bir dijital voltmetre yardımıyla aşağıdaki değerleri ölçüp kaydedin.

$V_o = \dots\dots\dots$, $V_{LED(F)} = \dots\dots\dots$ (yeşil), $V_{LED(R)} = \dots\dots\dots$ (kırmızı)

c-c' noktaları arasından op-amp ın çıkış akımını ölçünüz. $I_o = \dots\dots\dots$

26-) 25 deki verileri kullanarak aşağıdaki soruları yanıtlayın.

a) op-amp saturasyonda mı yoksa kısa devre korumasında mı?.....

b) op-amp akım çekmekte midir yoksa akım üretmekte midir?.....

c) Led bozulmadan, Led uçlarında oluşabilecek maksimum ters voltaj miktarı ne kadardır? $V_{LED(R)} = \dots\dots\dots$ (maksimum)

27-) Kırmızı Led yanıp, Yeşil Led sönene kadar R_2 'yi ayarlayın. Bir dijital voltmetre yardımıyla aşağıdaki değerleri ölçüp kaydedin.

$V_o = \dots\dots\dots$, $V_{LED(F)} = \dots\dots\dots$ (kırmızı), $V_{LED(R)} = \dots\dots\dots$ (yeşil),

$I_o = \dots\dots\dots$

DENEY NO: 4

DENEY ADI: POZİTİF GERİ BESLEME VE ON/OFF KONTROLLERİ

DENEYİN AMACI:

Bu deneyden sonra öğrenciler (1) V_{UR} ve V_{LR} ' yi ölçmesini (2) V_i ve V_o , t plotunu çizebilecek (3) Pozitif beslemeli bir karşılaştırıcının transfer fonksiyonunun çıkarılmasını (4) On/Off devresinin analizini (5) Kontrol devresinin testini öğrenecektir.

TEORİK BİLGİ:

Bu deneyde, elektronik devreler içinde pozitif geri besleme etkisini göstermek amacıyla on/off kontrolünü kapsayan uygulamaları anlatılmıştır. Pozitif geri beslemeli herhangi bir devre histeresiz veya özelliklerini gösterir. Bu çok önemli özellik, on/off kontrol devresi veya sinyal üreten osilatörler gibi faydalı devreler yapmak için her zaman zorunludur.

ELEMANLAR:

2 tane 741 op-amp	1 tane 33 K direnç
2 tane 22 K direnç	1 tane 10 K potansiyometre
1 tane 8.2 K direnç	1 tane 50 K potansiyometre
2 tane 10 K direnç	1 tane 100 K potansiyometre

İŞLEM BASAMAKLARI:

A: V_{UR} V_{LR} ' nin ölçülmesi.

1-) Şekil 4.1 de pozitif geri beslemeli evirici bir karşılaştırıcının şekli görülmektedir.

Devreyi şekle göre kurduktan sonra hR ve R değerlerini yazın.

$hR = \dots\dots\dots$; $R = \dots\dots\dots$,

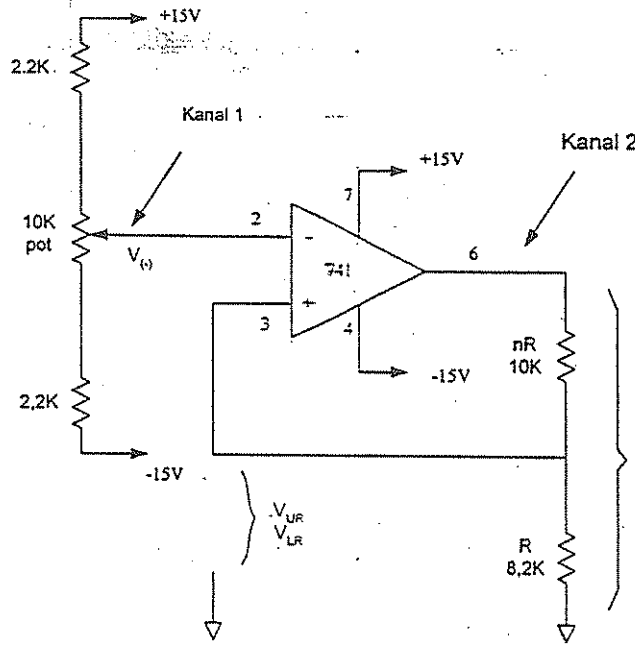
Daha sonra voltmetre yardımıyla $V_{CC} = \dots\dots\dots$; $V_{EE} = \dots\dots\dots$, değerlerini ölçünüz. Bu değerleri hesaplamalarda kullanınız.

2-) $+V_{sat}$, V_{CC} nin 2 V altındadır. $-V_{sat}$, V_{EE} nin 2 V üstündedir. Buna göre V_{UR} ve V_{LR} değerlerini hesaplayınız.

$$V_{UR} = \frac{+V_{sat}}{1+h} \quad \text{ve} \quad V_{LR} = \frac{-V_{sat}}{1+h} \quad \text{burada} \quad h = \frac{hR}{R}$$

olmak üzere

$$V_{UR} = +\dots\dots\dots; \quad V_{LR} = -\dots\dots\dots$$



Şekil 4.1 pozitif geribeslemeli eviren karşılaştırıcılar.

3-) Şekle uygun olarak osilaskop kanallarını bağlayın hassasiyeti 5 V/div' e getirin. GND pozisyonuna getirdikten sonra osilaskop ekranındaki sıfırda üst üste getirin. Osilaskop anahtarını DC kuplaj konumuna getirin.

4-) Öncelikle 10 K'lık potansiyometreyi $V_{(-)} = +10$ V olacak şekilde ayarlayın. Buna göre $V_O = \dots\dots\dots$ bulduğunuz V_O değerini $-V_{sat}$ değerinde mi? $\dots\dots\dots$

5-) 10 K 'lık potansiyometreyi yavaşça çıkış gerilimini $-V_{sat}$ ' dan $+V_{sat}$ 'a gelinceye kadar ayarlayın. $V_{(-)} = V_{LR}$ olduğunda yani birinci geçiş noktasındaki $V_{LR} = \dots\dots\dots$ değerini yazın. İkinci işlem basamağındaki değerle karşılaştırınız.

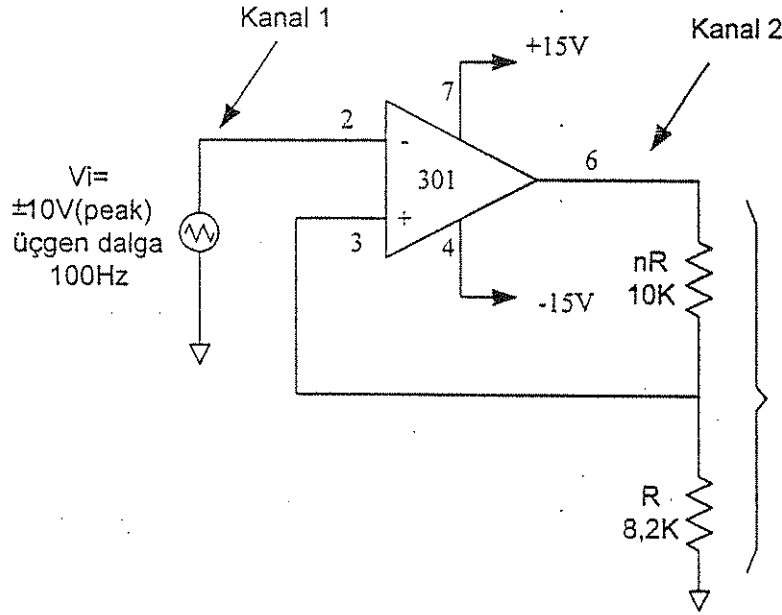
6-) 10 K'lık potu $V_{(-)} = -10$ V oluncaya kadar sıfırlayın. Buna göre $V_O = \dots\dots\dots$ Burada V_O nun değeri $+V_{sat}$ değerinde mi? $\dots\dots\dots$

7-) 10K'lık potu V_O , $+V_{sat}$ geriliminden $-V_{sat}$ gerilimine gelinceye kadar ayarlayın. $V_{(-)} = V_{UR}$ olduğunda yani ikinci geçiş noktasındaki $V_{UR} = \dots\dots\dots$ değerini yazınız.

B. V_i ye karşı t ve V_O ya karşı t gösterimi

8-) Devreyi Şekil 4.2 deki duruma getirin. $V_i = \pm 10$ V(peak), $f = 100$ Hz olan üçgen dalga uygulamamıza olanak sağlayan bir kaynak kullanın. Osilaskobu şekildeki gibi bağlayın.

9-) V_i giriş sinyali olarak Şekil 4.3 deki üçgen dalgayı elde ettikten sonra işlem basamağı 5 ve 7 de elde ettiğiniz V_{UR} ve V_{LR} değerlerini Şekil 4.3 üzerine çiziniz.



Şekil 4.2 V_i ye karşı t ve V_O ya karşı t yi çizebilmek için test devresi

10-) V_O - t grafiğini Şekil 4.3'e dikkatlice çizin. Bundan sonra - V_{sat} dan + V_{sat} a geçiş noktasını "x" olarak, + V_{sat} dan - V_{sat} a geçiş noktasını "y" olarak işaretleyin. Kestiği noktalar $x=$ (V_{UR} veya V_{LR}), $y=$(V_{UR} veya V_{LR})

C. Pozitif Geri Beslemeli Karşılaştırmacının Transfer Fonksiyonunun Çıkarılması

11-) Transfer fonksiyonunu elde edebilmek için osilaskobun Time/Base ini XY pozisyonuna al. İki kanalı da orijine ayarlayıp GND konumuna getirin. Kanal 1 i 2 V/div, kanal 2'yi 5 V/div olarak ayarlayın.

12-) V_O geriliminin V_i gerilimine karşı olan transfer fonksiyonunun doğruluğunu çıkartın. Şekil 4.4 üzerinde aşağıdaki değerleri işaretleyin.

$V_{UR}=$

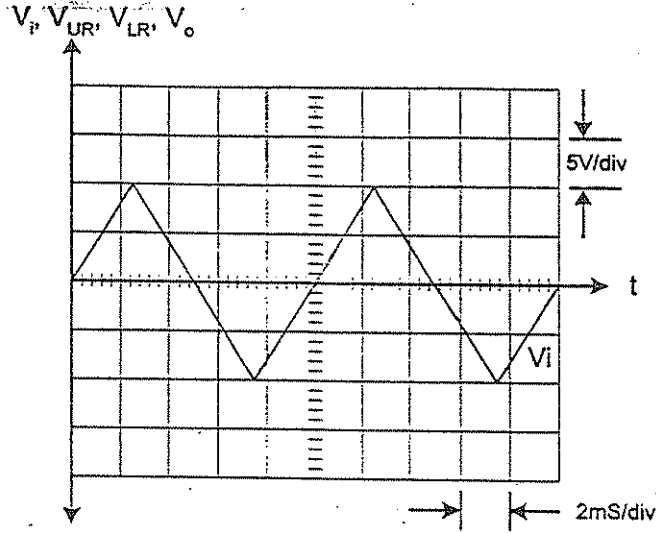
$V_{LR}=$

$V_S=$

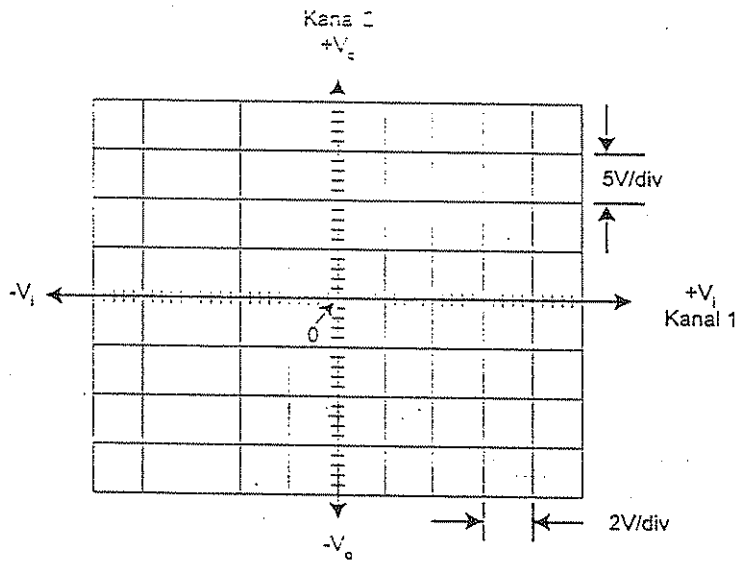
$V_H=$

+ $V_{sat}=$

- $V_{sat}=$



Şekil 4.3 V_i ye karşı t ve V_o ya karşı t çizimi



Şekil 4.4 V_o ya karşı V_i grafiği

C. Açma Kapama Kontrollerinin Analizi

13-) Burada V_S ve V_H gerilimlerini ölçeceğiz. Bunun için; $+V_{sat}=13\text{ V}$ ve $-V_{sat}=-13\text{ V}$ olarak ayarlayın.

14-) S terimini, $S=sR/R$ olarak hesaplayın. ($S=\dots\dots\dots$) o zaman buradan $V_S=- (V_{Ref}/S)$ olarak $V_S=\dots\dots\dots$ bulunur.

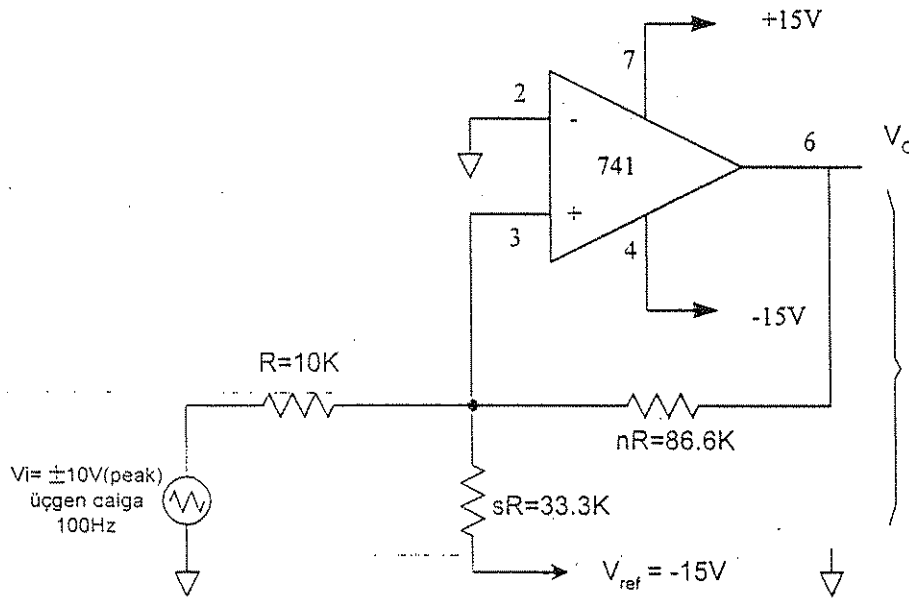
Not: V_{Ref} değeri V_S 'nin pozitif değerinin negatiftir.

15-) h terimini, $h=hR/R$ olarak hesaplayın. ($V_H=.....$) o zaman buradan: $V_H=(+V_{sat})-(-V_{sat})/h$ olarak $V_H=.....$ bulunur.

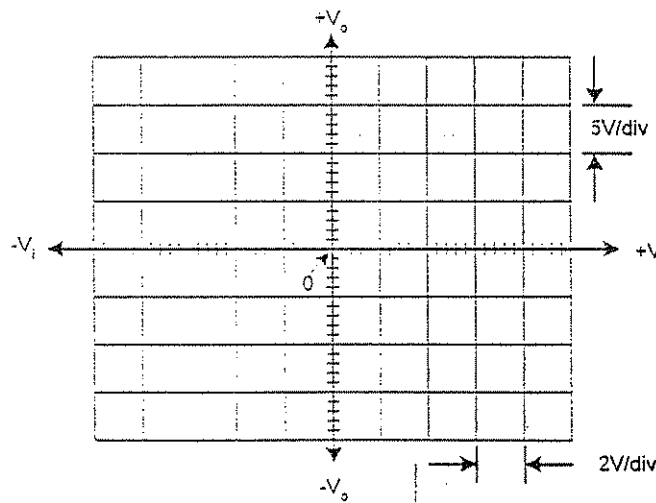
16-) Yukarıda bulduğumuz değerler yardımıyla V_{UR} ve V_{LR} değerlerini $V_{LR}=V_S-V_H/2$

$$V_{UR}=..... \quad V_{LR}=.....$$

17-) Şekil 4.6 yı kullanarak transfer fonksiyonunu çiziniz. Bununla beraber V_H , V_S , V_{UR} , V_{LR} ile $(+V_{sat})$ ve $(-V_{sat})$ değerlerini işaretleyin.



Şekil 4.5 On / off kontrolcü

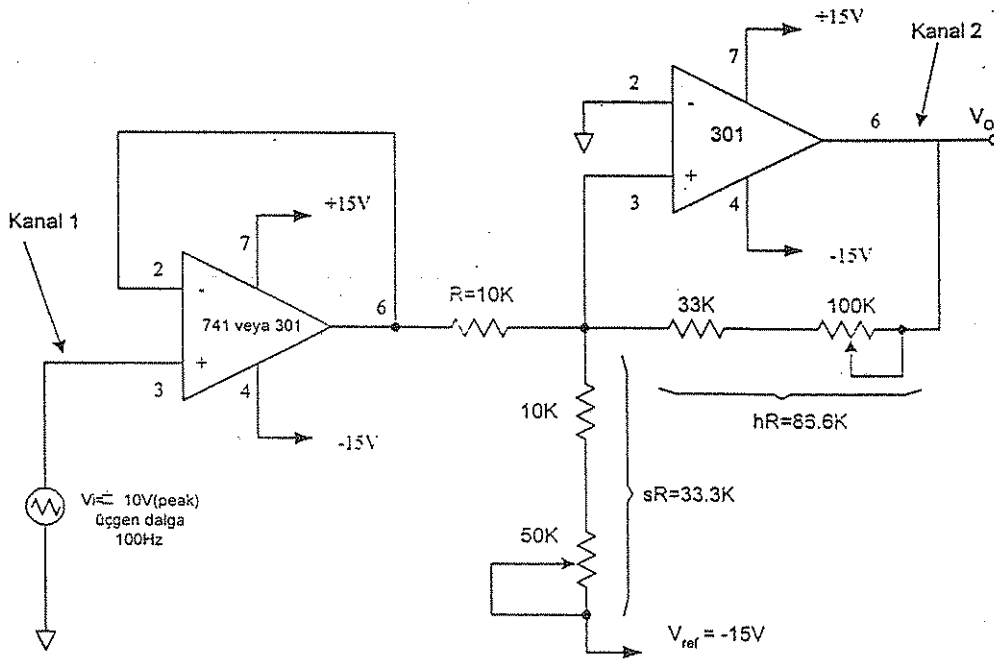


Şekil 4.6 Transfer eğrisi

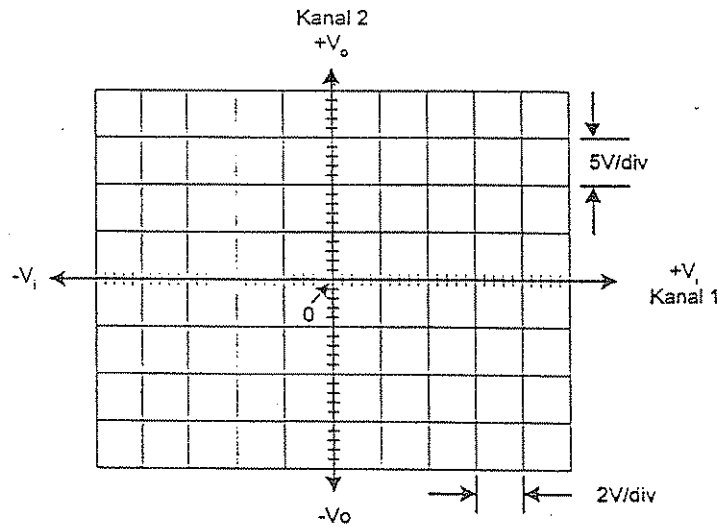
E. Kontrol Devresinin Testi

18-) Şekil 4.7' yi uygun olarak kurun. sR direncini 10 K Ω ve 50 K Ω potansiyometre ile sR = 33.3 K Ω olacak şekilde ayarlayın. $V_i = \pm 10V$ f=100 Hz olarak kullanın. Osilaskobu şekildeki uygun olarak bağlayıp 1. Kanalı 2 V/div, 2. Kanalı 5V/div konumuna getirin.

19-) Kanalları XY konumuna getirin. GND konumuyla orijin noktasını ayarlayın. On/off kontrolcünün transfer eğrisini çıkarmak için DC kuplaj konumuna getirin.



Şekil 4.7 On/off kontrol devresi



Şekil 4.8 Transfer fonksiyonu

20-) Transfer dalga şeklini çizdikten sonra aşağıdaki değerleri yazınız.

$$V_{UR} = \dots\dots\dots$$
V_{LR} =
$$V_S = \dots\dots\dots$$

V_H=.....

$$+V_{\text{sat}} = \dots\dots\dots$$
$$-V_{sat} = \dots\dots\dots$$

Bu değerleri grafikte işaretleyin.

21-) Şekil 4.8'deki ölçülen değerler Şekil 4.6 ile uygun mu?

.....

.....

22-) Osilaskobu kontrol edin. 100 K Ω potansiyometreyi ayarlarken V_H değişiyor mu? V_S sabit mi kalıyor? Bu sefer 50 K Ω potansiyometreyi ayarlayın. Buna göre V_S değişme gösteriyor mu? V_H sabit kalıyor mu?

23-) V_{Ref} gerilim değerini -15 V (V_{EE})'den $+15\text{ V}$ (V_{CC}) değerine değiştirin. V_s gerilim değerinde bir değişme gözleniyor mu? Ne oldu?

.....

SONUÇ:

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

DENEY NO : 5

DENEY ADI : EVİREN VE EVİRMEYEN YÜKSELTEÇLER

DENEYİN AMACI:

Op-amp'ların lineer yükselteçler olarak kullanıldığı bu labaratuvar deneyini başarıyla tamamlayan her öğrenci;

- (1) Evirici yükselteçlerin dizaynını ve analizini yapabilecek.
- (2) Kapalı çevrim gerilim kazancını (A_{CL}) ve V_O arasındaki faz farkını (θ), giriş direncini R_{in} ölçebilecek
- (3) Evirici olmayan yükseltecin dizaynını ve analizini yapabilecek.
- (4) Evirici olmayan yükseltecin kapalı çevrim gerilim kazancın, faz farkını ölçebilecek.
- (5) Gerilim izleyici yükseltecin analizini yapabilecek.
- (6) Gerilim izleyici yükseltecin kapalı çevrim gerilim kazancını ve faz farkını ölçebilecek.

TEORİK BİLGİ:

Bu deneyde, op-amlarda negatif geribesleme kavramıyla tanışacağız. Op-amparda negatif geribesleme kullanmak, $\pm V_{sat}$ sınırları arasında lineer modda yükselteç olarak çalışan op-amp'ın çıkışını etkileyecektir. Negatif geribesleme iki tip yükseltecin gelişmesine temel teşkil eder. Bu yükselteçler, eviren yükselteç ve evirmeyen yükselteçlerdir. Negatif geribeslemeli bir op-amp, harici bir dirençle ayarlanabilen bir kapalı çevrim kazancına sahip olacaktır. Böylelikle yükselteç girişine, giriş sinyalleri uygulanacak bu sinyaller yükseldikten sonra belirli bir kazançla sahip olan çıkış sinyalleri çıkıştan alınacaktır.

KAYNAKLAR:

Kaynak 1 ve ek deki LM741 kataloğu

KULLANILAN ELEMANLAR:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1 adet 741 op-amp | 1 adet 10 K Ω direnç |
| 1 adet 15 K Ω direnç | 1 adet 33 K Ω direnç |
| 1 adet 100 K Ω direnç | 1 adet 120 K Ω direnç |

İŞLEM BASAMAKLARI

A. Evirici Yükseltecin Dizaynı ve Analizi

1-) Şekil 5.1 kapalı-çevrim kazancı $A_{CL} = -10$ ve giriş direnci $R_{in} = 10\text{ K}\Omega$ olarak dizayn edilmiş temel evirici yükselteci görülmektedir.

2-) Evirici yükselteç için R_{in} , R_i 'ye eşittir. $R_i = \dots\dots\dots$

$A_{CL} = \dots\dots\dots$, $R_F = A_{CL} * R_i$, $R_F = \dots\dots\dots$

3-) V_i ve V_o arasındaki beklenen faz farkı nedir? $\theta = \dots\dots\dots$

4-) Şekil 5.2 için, ilk önce $R_i = 33\text{ K}\Omega$, $R_F = 100\text{ K}\Omega$ dirençlerini renk kodlarına göre ayırın. Bu direnç değerlerini dijital multimetreyle ölçünüz.

$R_i = \dots\dots\dots$ $R_F = \dots\dots\dots$

Şekil 5 deki tüm hesaplamalar için bu ölçülen değerleri kullanın. Ölçülen değerleri şekil 5.2 ye kaydedin.

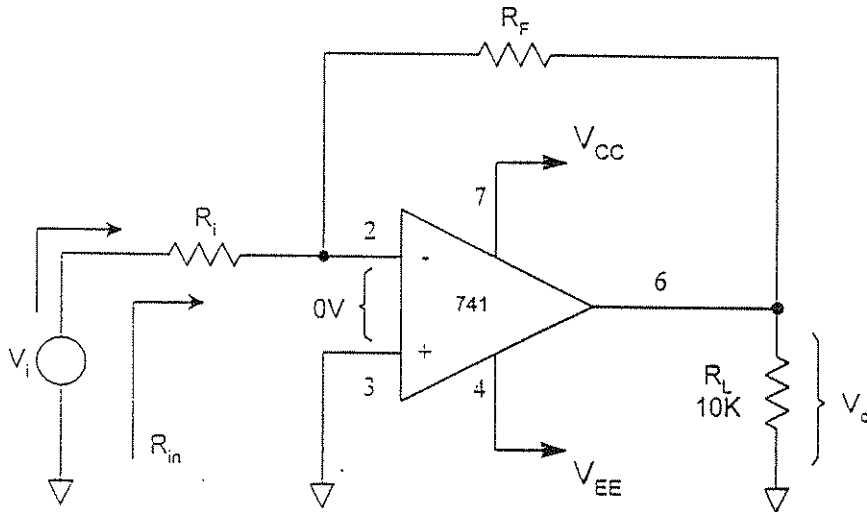
5-) Ölçülen direnç değerlerini kullanarak aşağıdaki değerleri hesaplayın.

a) $R_{in} = \dots\dots\dots$ $R_F = \dots\dots\dots$

b) Kapalı çevrim gerilim kazancı $A_{CL} = \dots\dots\dots$

c) Faz farkı, $\theta = \dots\dots\dots$

d) Beklenen çıkış $V_{O(\text{tepe})}$ değerini bulunuz. $V_o = \dots\dots\dots$

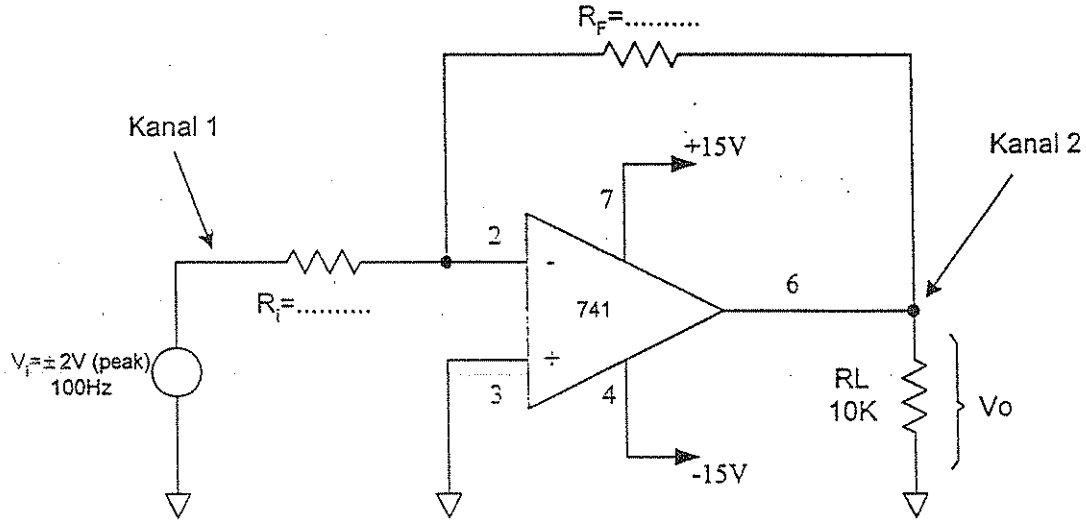


Şekil 5.1 Dizayn devresi

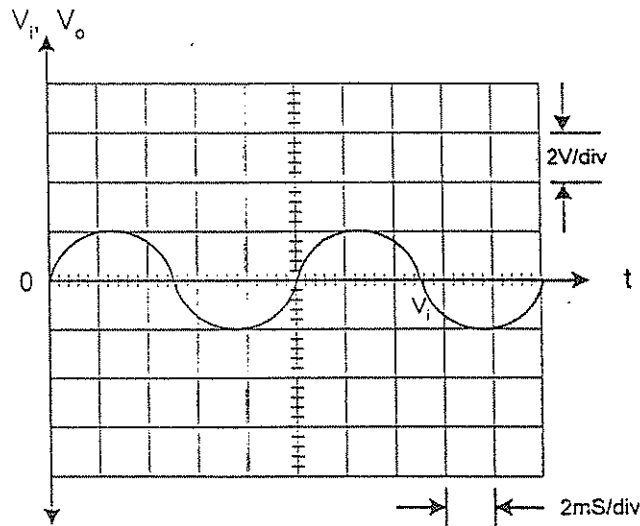
B. A_{CL} , θ ve R_{in} 'in Ölçülmesi

6-) Şekil 5.2'yi kurun. V_i için sinüs $\pm 2 V_{(tepe)}$, 100 Hz değerini ayarlayın. Osilaskobun 1. kanalını kullanarak şekil 5.3'de gösterilen giriş gerilim dalga şeklini elde edin. V_o değerini ölçün. Şekil 5.3 üzerine yazın.

7-) Şekil 5.3'ü kullanarak, V_i ve V_o 'dan faz farkını ölçün. $\theta = \dots\dots\dots$



Şekil 5.2 Eviren yükseltecin analizi



Şekil 5.3 V_i-t , V_o-t grafikleri

8-) Şekil 5.3'ü kullanarak kapalı çevrim gerilim kazancını (A_{CL}) aşağıdaki eşitlikten hesaplayın.

$$A_{CL} = \frac{V_{O(peak)}}{V_{i(peak)}} = \frac{V_{O(peak)}}{2V_{i(peak)}} \quad A_{CL} = \dots\dots\dots$$

9-) 5-c'de olması gereken faz farkı ile 7. adımda ölçülen faz farkı aynı mı?

.....

5-b'de hesaplanan A_{CL} ile 8. adımda hesaplanan A_{CL} aynı mı?

.....

10-) Osilaskobun 2. kanalını 5 V/div'e ayarlayın. V_O 'yu kanal aracılığıyla izlerken V_i değerini +5 $V_{(tepe)}$ değerine arttırın. V_O değerine ne olduğunu açıklayın.

.....

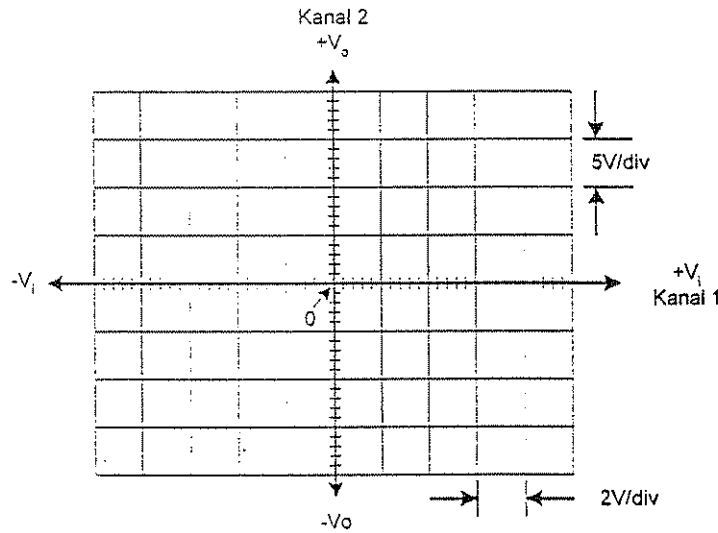
.....

11-) Yine şekil 5.2'den V_i 'yi tam olarak 1.00V(rms) değerine ayarlayınız. AC gerilimlerde bu ölçümü dijital multimetre ile yapınız. Sonra op-amp'ın evirici giriş terminalindeki rms gerilimin değerini ölçün. $V_{rms} = \dots\dots\dots$

Not: V (-), geri beslemeyle yaklaşık 0 V'a eşittir.

12-) 4. adımda ölçülen R_i değerini kullanarak aşağıda verilen Ohm kanunu ile R_{in} 'in değeri bulunabilir.

$$R_{in} = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_i}{((V_i - V_{(-)}) / R_i)} \quad R_{in} = \dots\dots\dots$$



Şekil 5.4 Eviren yükseltecin transfer karakteristiği

13-) Yukarıda bulunan giriş direnci (R_{in}) 5a adımında belirlenen değere eşit mi?

14-) Evirici yükseltecin transfer eğrisini bulabilmek için; ilk önce $V_i = \pm 2V_{(tepe)}$ yapılır. V_i 'yi görmek için kanal 1'i 2 V/div yapın. V_o için 2. kanalı 5 V/div yapın. Osilaskobu XY konumuna alın. Her iki kanalı da topraklayın. Spotu koordinatların tam ortasına, sıfır noktasına getirin. (Şekil 5.4' de gösterildiği gibi).

15-) DC kuplaj konumuna geçin ve dalga şeklini Şekil 5.4'e çizin. A_{CL} 'yi aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayın.

$$A_{CL} = \frac{rise}{run}$$

$$A_{CL} = \dots\dots\dots$$

16-) V_o , giriş gerilimi ile aynı fazda mı? Yoksa 180° faz farkı mı var?

Not: 0° faz farkı yukarı ve sağa doğru, 180° faz farkı aşağı ve sağa doğrudur.

17-) V_i 'yi $\pm 5 V_{(tepe)}$ değerine getirin. Sonucu 5.4'e noktalı çizgiler halinde çizin. Transfer eğrisinin niçin yassılaştığını açıklayın.

C. Evirici Olmayan Yükseltecin Dizaynı ve Analizi

18-) Şekil 5.5 kapalı çevrim gerilim kazancı, $A_{CL} = 2$ olacak şekilde dizayn edilmiş temel evirici olmayan yükseltici göstermektedir.

19-) Evirici olmayan yükselteç için R_{in} değeri çok büyüktür. Bu dizayn için ($\infty \Omega$) değerinde kabul edilebilir.

20-) Şekil 5.5'i $A_{CL} = 2$ olacak şekilde dizayn edin.

a) R_i için 10 ve 100 K Ω 'dan birini seçin.

b) Kazanç eşitliğini kullanarak R_F 'yi çözün.

$$A_{CL} = \frac{(R_F + R_i)}{R_i},$$

$$R_F = (A_{CL} - 1)R_i,$$

$$R_F = \dots\dots\dots$$

21-) V_i ve V_o arasındaki beklenen faz açısı ne kadardır? $\theta = \dots\dots\dots$

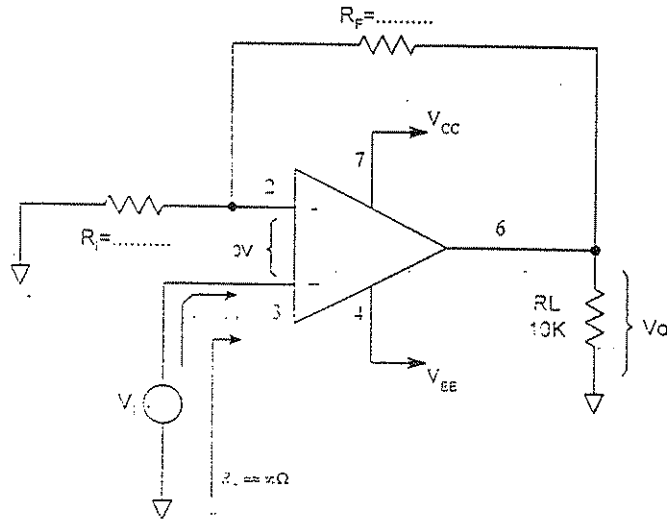
22-) Şekil 5.6 için üzerindeki renk kodlarından $R_i = 15 K\Omega$ ve $R_F = 120 K\Omega$ değerlerini seçin. Bu direnç değerlerini dijital multimetre ile ölçüp şekil 5.6 üzerine kaydedin. Şekil 5.6 için yapılacak tüm hesaplamaları bu ölçülen değerleri kullanarak yapın.

23-) Aşağıdaki değerleri hesaplayın.

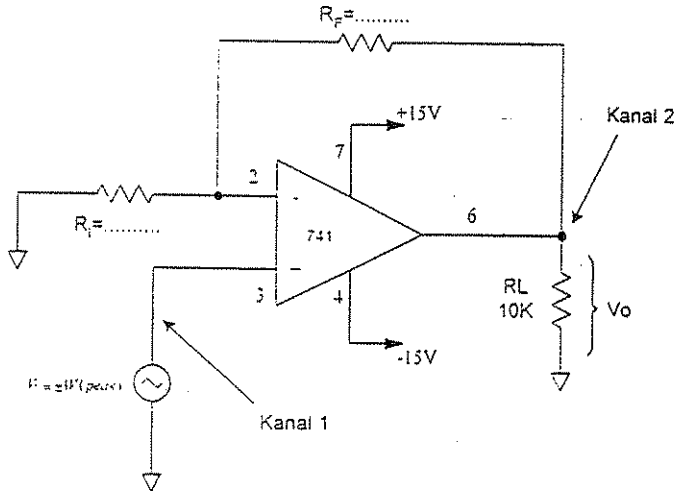
- a) R_{in} 'in umulan değeri, $R_{in} = \dots\dots\dots$
 b) Kapalı çevrim gerilim kazancı, $A_{CL} = \dots\dots\dots$
 c) Faz farkı, $\theta = \dots\dots\dots$
 d) Çıkış gerilimi V_O 'nun umulan tepe değeri, $V_O = \dots\dots\dots$

D. A_{CL} ve θ 'nın Ölçülmesi

24-) Şekil 5.6 'daki devreyi kurun. V_i değerini sinüs $\pm 1 V_{(tepe)}$, 100 Hz değerine ayarlayın. Şekil 5.7'deki dalga şeklini osilaskobun 1. kanalını kullanarak elde ediniz. Şekil 5.7 üzerine V_O değerini ölçüp çiziniz.



Şekil 5.5 Dizayn



Şekil 5.6 Evirmeyen yükselticinin analizi

25-) Şekil 5.7'yi kullanarak, V_i ve V_o arasındaki faz farkını ölçün. $\theta = \dots\dots\dots$

26-) Şekil 5.7'yi kullanarak, kapalı çevrim gerilim kazancını A_{CL} 'yi ölçün.

$$A_{CL} = \frac{V_{O(tepe)}}{V_{i(tepe)}}$$

$A_{CL} = \dots\dots\dots$

27-) a) 23 c'de tahmin edilen faz farkı ile 25. adımda ölçülen faz farkı aynı mı?

.....

c) 23 b'de hesaplanan A_{CL} ile 26. adımda ölçülen A_{CL} aynı mı?

.....

28-) V_o kırılmaya başlayıncaya kadar V_i 'yi yavaşça arttırın. Distorsiyon başlamadan hemen önce maksimum $V_{i(tepe)}$ değerini kaydedin. $V_{imax} = \dots\dots\dots$

29-) Evirici olmayan yükseltecin transfer eğrisini görebilmek için, ilk önce V_i 'yi $\pm 1V_{(tepe)}$ değerine ayarlayın. V_i için 1. kanalı 0.5 V/div'e, V_o için 2. kanalı 5 V/div'e ayarlayın. Osilaskobu XY konumuna alın. İki kanalı da topraklayın ve spotu şekil 5.8'deki gibi merkeze getirin.

30-) Her iki kanalı da DC kuplaj moduna getirin. Dalga şeklini 5.8 üzerine çizin.

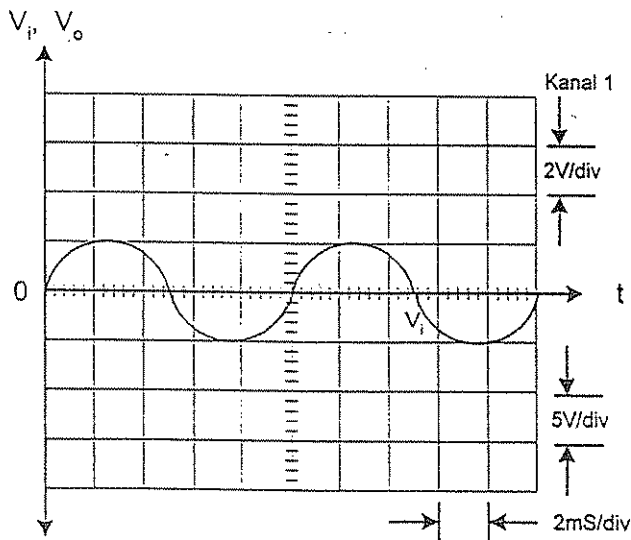
A_{CL} 'yi aşağıda verilen eşitlikten hesaplayın.

$$A_{CL} = \frac{rise}{run}$$

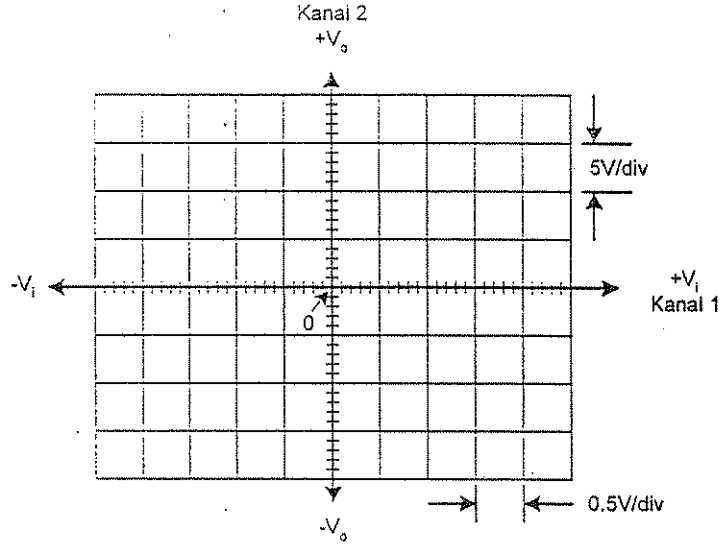
$A_{CL} = \dots\dots\dots$

31-) V_o , giriş gerilimi ile aynı fazda mı? Yoksa 180° faz farkı mı var?

.....



Şekil 5.7 V_i -t ve V_o -t grafikleri



Şekil 5.8 Evirmeyen yükseltecin transfer karakteristiği

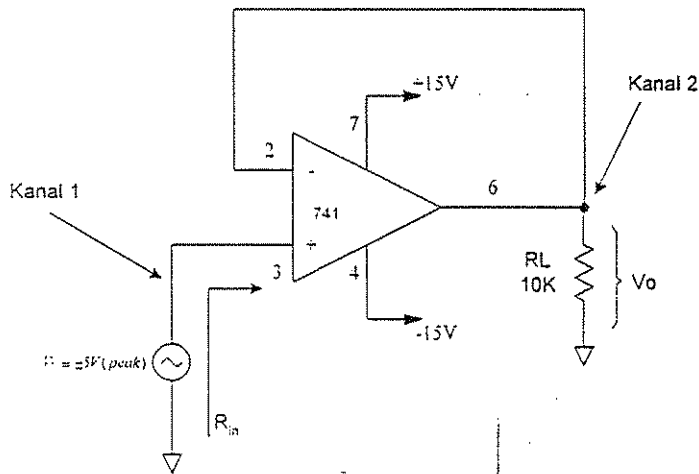
32-) V_O değerini $\pm 2 V_{(tepe)}$ değerine yükseltin. Sonucu şekil 5.8 üzerine çizgilerle çizin. Transfer eğrisinin neden yassılaştığını açıklayın.

.....

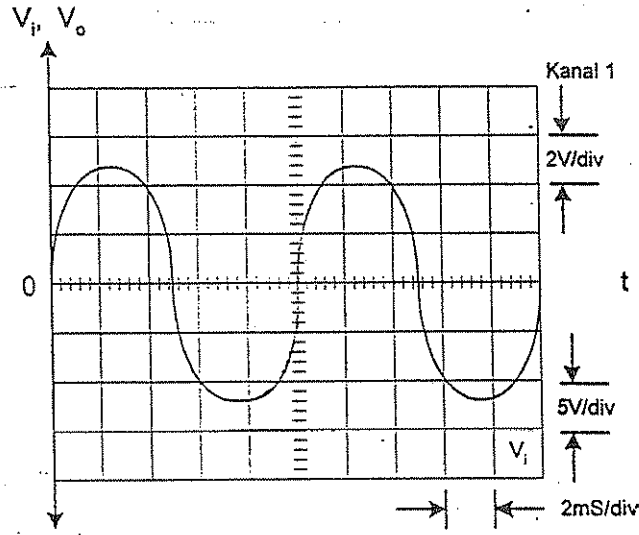
.....

33-) Şekil 5.9 daki gerilim izleyici yükseltece bakarak aşağıdaki değerleri bulunuz.

- R_{in} 'in umulan değeri, $R_{in} = \dots\dots\dots$
- Kapalı çevrim gerilim kazancı, $A_{CL} = \dots\dots\dots$
- Faz farkı, $\theta = \dots\dots\dots$
- Çıkış gerilimi V_O 'nun umulan tepe değeri, $V_O = \dots\dots\dots$



Şekil 5.9 Voltaj izleyici



Şekil 5.10 V_i - t ve V_o - t grafikleri

34-) Şekil 5.9'da gösterilen devreyi kurun. V_i 'yi sinüs $\pm 5 V_{(tepe)}$, 100 Hz değerine ayarlayın. V_i için 1. kanalı 2 V/div kademesine alın ve şekil 5.10'daki dalga şeklini elde edin. V_o değerini ölçün ve zaman tabanında Şekil 5.10'a çizin. Kanal 2 yi 5V/div kademesine ayarlanmış olmalıdır.

35-) Şekil 5.10'u kullanarak kapalı çevrim gerilim kazancını (A_{CL}) ölçün.

$$A_{CL} = \frac{V_{O(tepe)}}{V_{i(tepe)}}$$

$$A_{CL} = \dots\dots\dots$$

36-) A_{CL} ve θ nın umulan değerleriyle ölçülen değerleri aynı mı?

.....

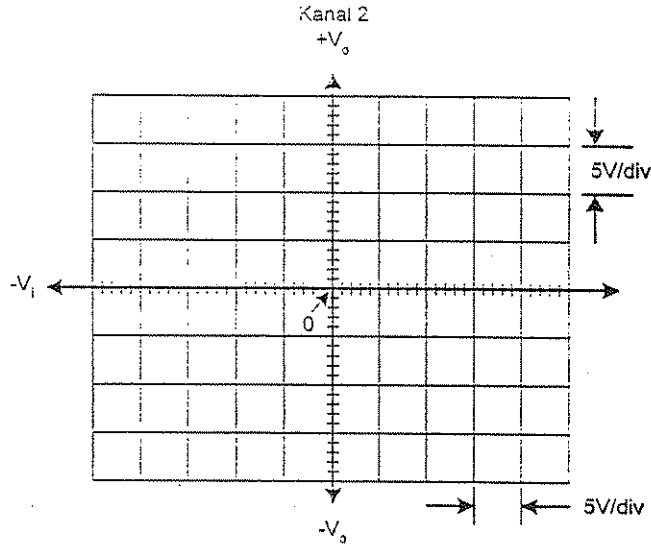
37-) Gerilim izleyicinin transfer eğrisini görmek için ilk önce, V_i 'yi $\pm 5 V_{(tepe)}$ değerine ayarlayın. Osilaskobun iki kanalını da 5 V/div kademesine ayarlayın.

Osilaskobu XY moduna alın. Her iki kanalıda topraklayın ve spotu şekil 5.11'deki gibi merkeze alın.

38-) Osilaskobun her iki kanalını da DC kuplaj moduna alın ve dalga şeklini şekil 5.11 üzerine çizin. Aşağıdaki eşitliği kullanarak kapalı çevrim kazancını hesaplayın.

$$A_{CL} = \frac{rise}{run}$$

$$A_{CL} = \dots\dots\dots$$



Şekil 5.11 Voltaj izleyicinin transfer karakteristiği

39-) V_o , giriş gerilimi ile aynı fazda mı? Yoksa 180° faz farkı mı var?

.....

40-) V_i 'yi maksimum çıkışına yükseltin. Sonucunu şekil 5.11'e noktalı çizgilerle çizin. $+V_{sat}$ 'i ölçebiliyor musunuz? Niçin açıklayınız.

.....

.....

SONUÇ:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

DENEY NO : 6

DENEY ADI : OP-AMP'LARLA MATEMATİKSEL İŞLEMLER

(TOPLAMA, ÇIKARMA, ÇARPMA VE BÖLME İŞLEMLERİ)

DENEYİN AMACI :

Bu deneyi başarıyla tamamlayan her öğrenci;

- (1) Değişik toplayıcı ve ortalama alıcı devreleri tasarlayıp kurabilecek ve test edebilecek.
- (2) İki op-amp'lı bir çıkarıcıyı tasarlayıp kurabilecek ve test edebilecek.
- (3) AD534'ü bir çarpıcı olarak kullanabilecek
- (4) AD534' bir kare alıcı olarak kullanabilecek.

TEORİK BİLGİ:

Operasyonel yükselteç ismi, op-amp'ların ilk zamanlarda matematiksel işlemleri gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaya başlamasından kaynaklanmaktadır. Bu deneyde op-amp'ların ve diğer lineer entegrelerin matematiksel problemleri nasıl çözeceği gösterilecektir. İlk ele alacağımız nokta sayıların işaretleri ve onların elektroniksel karşılıklarıdır. Daha sonra op-amp'lar nasıl işaret değiştiriyor, toplama yapıyor, ortalama alıyor ve çıkarma işlemleri yapıyor sorularına cevap bulacağız. Daha karmaşık olan çarpma işlemini gerçekleştirmek için AD534 lineer entegresi seçilmiştir. Bu çok yönlü devre elemanı hariç hiçbir şey gerektirmemektedir ve işaretli sayıları yüksek doğruluk derecesinde çarpabilmektedir. Buna ek olarak, AD534 ayrıca bölme işlemi, kare alma işlemi ve karekök alma işlemlerini de rahatlıkla yapabilmektedir.

KAYNAKLAR:

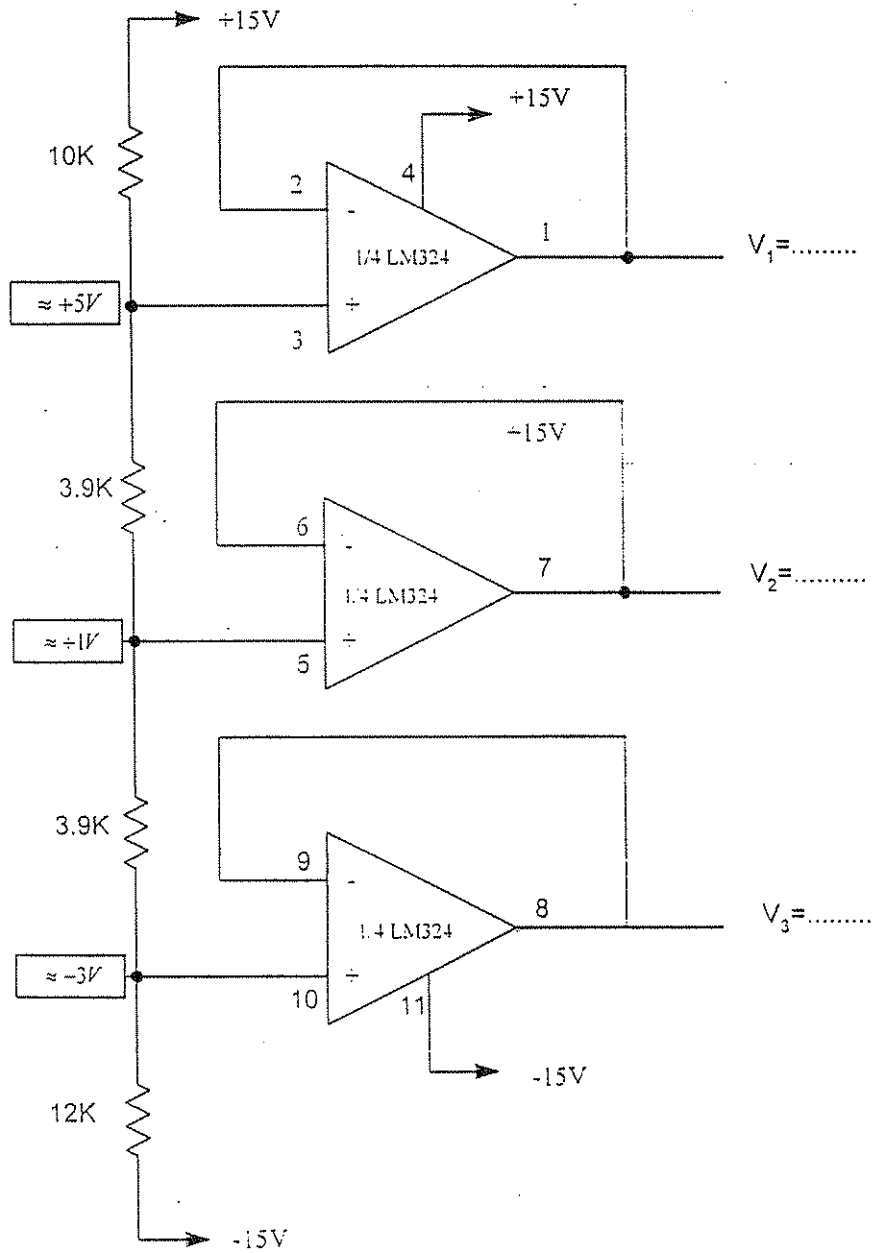
Kaynak 1 ve ekteki AD534 kataloğu

KULLANILAN ELEMANLAR:

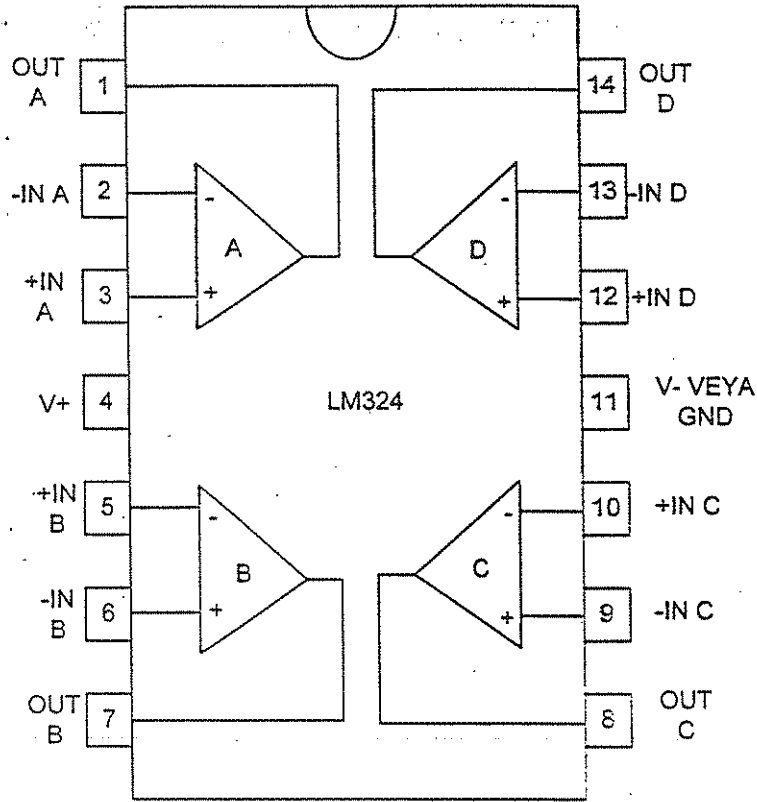
1 adet LM324 4'lü op-amp	1 adet 12K Ω direnç
2 adet OP-07 Op-amp	1 adet 4.99 K Ω %1 direnç
1 adet AD534 IC Çarpıcı	1 adet 10 K Ω %1 direnç
2 adet 10 K Ω potansiyometre	4 adet 15 K Ω %1 direnç
2 adet 3.9 K Ω direnç	2 100 K Ω %direnç
1 adet 10K Ω direnç	

A: Toplama ve Ortalama alma işlemi yapan devreler.

1. Şekil 6-1'deki tamponlanmış gerilim bölücü devre, bu deneydeki değişik testleri yapmak için kullanılacaktır. LM324 entegresi içindeki 4 op-amp'dan 3'ünü şekil 6-1'deki gibi gerilim izleyici olarak (tampon görevi üstlenmesi için) dirençli gerilim bölücü devreye bağlayınız. Şekil 6-2'de görüldüğü gibi 4 nolu bacak pozitif beslemeye ($V_{CC} = +15V$), 11 nolu bacak ise negatif beslemeye ($V_{EE} = -15V$) bağlanır.



Şekil 6-1 Tamponlanmış gerilim bölücü devre



Şekil 6-2 LM324 entegresinin üstten görünüşü

2. Devreye gerilim uyguladıktan sonra V_1 , V_2 ve V_3 değerlerini doğru bir şekilde ölçünüz ve kaydediniz. Çünkü bu değerler daha sonraki işlem basamaklarında kullanılacaktır.

3. Şekil 6-3'de gösterilen temel 3 girişli eviren ve evirmeyen toplayıcı devreyi kurunuz. V_1 , V_2 ve V_3 girişleri Şekil 6-1'deki çıkışlardır. Eviren girişteki tüm direnç değerleri $15\text{ K}\Omega$ 'dur. V'_O çıkışı, teorik olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$V'_O = -(V_1 + V_2 + V_3). V'_O = \dots\dots\dots$$

4. V'_O değerini ölçünüz. Hesaplanan değerle ölçülen değeri karşılaştırınız.

$$V'_O = \dots\dots\dots$$

.....

.....

5. Şekil 6-3'deki gibi devreye işaret değiştirici eklendiği zaman çıkış gerilimi (V_O) teorik olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

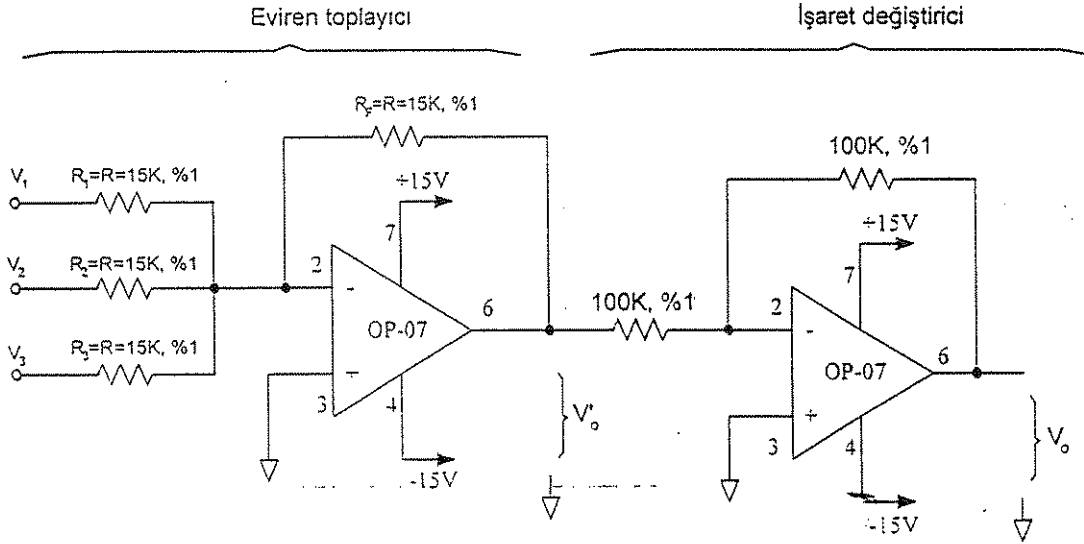
$$V_O = -(V_1 + V_2 + V_3). V_O = \dots\dots\dots$$

6. V_O değerini ölçünüz. Hesaplanan V_O değeriyle ölçülen V_O değerini karşılaştırınız.

$V_O = \dots\dots\dots$

.....

.....



Şekil 6-3 Eviren ve Evirmeyen toplayıcı devre

7. Şekil 6-3'deki devre ortalama alıcı devre olarak yeniden düzenlenebilir. Bunun için $15\text{ K}\Omega$ 'luk geri besleme direnci $R_F = R / n = 15\text{ K}\Omega / 3 = 5\text{ K}\Omega$ alınır. (n: giriş sayısı) bu durumda R_F direnci, $4,99\text{ K}\Omega$ %1'lik bir dirençle değıştirilir.

8. Bu durumda evirmeyen çıkış gerilimi V_O , aşağıdaki eşitlikle teorik olarak hesaplanır.

$$V_O = \frac{(V_1 + V_2 + V_3)}{3} \quad V_O = \dots\dots\dots$$

9. V_O gerilim değerini ölçünüz. Hesaplanan V_O değeriyle ölçülen değeri karşılaştırınız.

$V_O = \dots\dots\dots$

.....

.....

.....

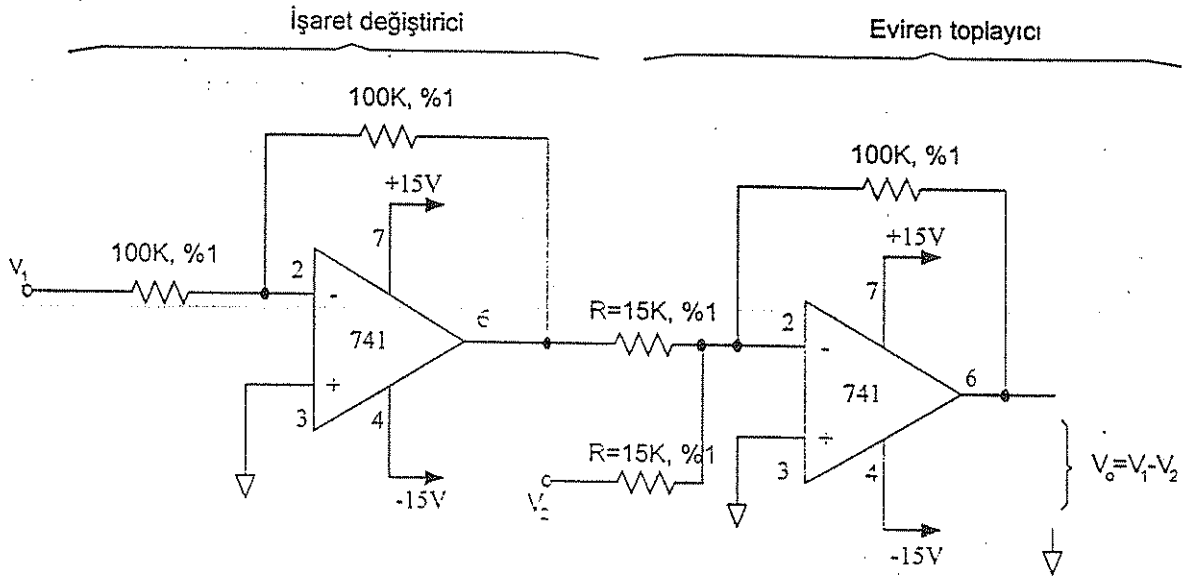
.....

B: İki op-amp'lı çıkarıcı devre.

10. Şekil 6-4'deki iki op-amp'lı çıkarıcı devresini kurunuz. Devreye uygulanan V_1 ve V_2 girişleri Şekil 6-1'den elde edilen çıkışlardır. İşaret değiştiriciye $+V_1$ girişi uygulandığı zaman A_1 op-amp'ının çıkışı $-(V_1)$ olacaktır. Giriş ve çıkış gerilimlerini ölçünüz.

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$-(V_1) = \dots\dots\dots$$



Şekil 6-4 İki op-amp'lı çıkarıcı

11. Eviren toplayıcı bloğunda ki bütün dirençler $15K\Omega$ 'dur. A_2 op-amp'ının çıkışı 6 nolu bacadan alınmaktadır. Çıkış gerilimi aşağıdaki eşitlikten teorik olarak hesaplanabilir.

$$V_O = V_1 - V_2$$

V_2 değerini ölçünüz ve kaydediniz.

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

V_O değerini hesaplayınız.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

12. V_O değerini devre üzerinden ölçünüz.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

Bir önceki işlem basamağında hesapladığınız V_O değeriyle ölçtüğünüz V_O değerini karşılaştırınız.

13. Şekil 6-4'deki V_2 girişini Şekil 6-1'den elde edilen V_3 ile yer değiştiriniz. V_3 değerini ölçüp kaydediniz.

$$V_3 = \dots\dots\dots$$

V_O değeri, $V_O = V_1 - V_3$ eşitliğinden teorik olarak hesaplanabilir.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

14. V_O değerini devre üzerinden ölçünüz.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

Bir önceki işlem basamağında hesapladığınız V_O değeriyle ölçtüğünüz V_O değerini karşılaştırınız.

C: AD534 entegresinin çarpıcı olarak kullanılması.

15. Şekil 6-5'de gösterilen devreyi kurunuz. Devreye besleme gerilimi uygulayınız. V_y değerini 5V (max) gerilim ve 1KHz frekans değerlerine ayarlayınız ($V_y = 5V \sin 6280.t$). Sonra R_{vol} değerini $V_x = 0V$ olana kadar ayarlayınız. Daha sonra A noktasını toprağa bağlayınız (10 nolu bacak toprağa bağlanıyor) ve en sonunda osilaskopun her iki kanalını da şekilde görüldüğü gibi bağlayınız.

16. 10 nolu bacağın toprağa bağlanmasından sonra ($V_x = 0$) çıkış gerilimi aşağıdaki eşitlikten teorik olarak hesaplanabilir.

$$V_O = \frac{V_x \cdot V_y}{10V}$$

R_{vol} değerini $V_x = 1V$ olana kadar ayarlayınız. Yukarıdaki eşitliği kullanarak V_O değerini teorik olarak hesaplayınız.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

Osilaskobun 2. kanalıyla 12 nolu bacadaki çıkış geriliminin maksimum değerini ölçünüz. Ölçülen V_O değeriyle hesaplanan V_O değerini karşılaştırınız.

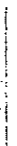
.....
.....

17. R_{vol} değerini $V_x = 10V$ olana kadar ayarlayınız. V_O değerini tekrar hesaplayınız.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

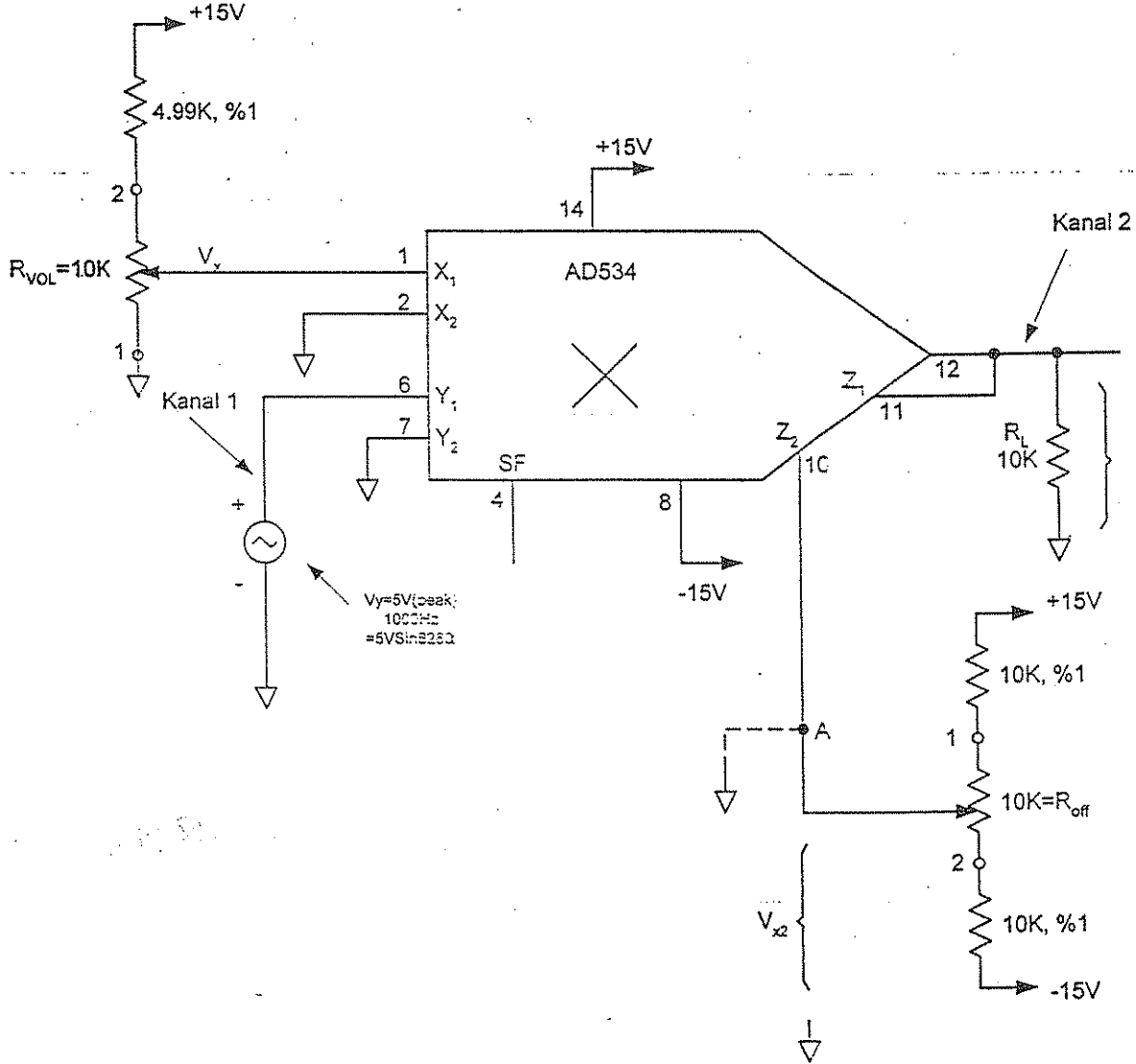
V_O değerini devre üzerinden ölçünüz

$$V_O = \dots\dots\dots$$



Ölçülen V_O değeriyle hesaplanan V_O değerini karşılaştırınız.

R_{VOL} direnç değerinin çıkış gerilimi üzerindeki etkisini açıklayınız.



Şekil 6-5 V_x ve V_y değerlerinin çarpılması

18. Z_2 'yi topraktan ayırınız. (10 nolu bacağı topraktan ayırınız). V_O değerini izlerken

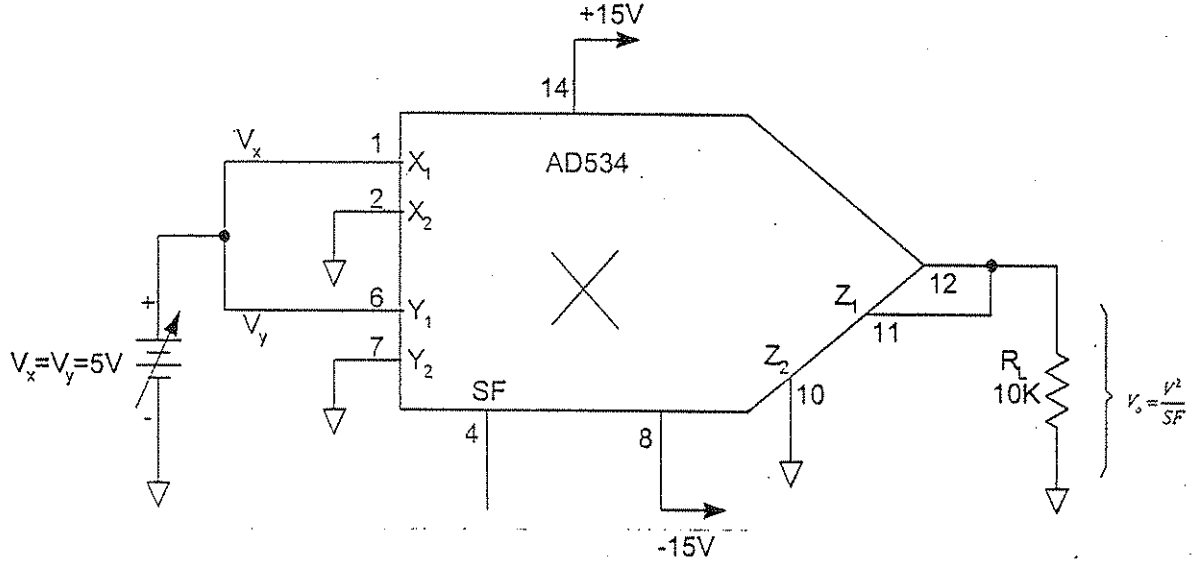
R_{off} değerini $V_{x2} = +3V$ olana kadar ayarlayınız. Sonra R_{off} değerini $V_{x2} = -3V$ 'a ayarlayınız.

19. R_{off} direnç değerinin fonksiyonunu açıklayınız.

D: AD534 entegresinin kare alıcı devre olarak kullanılması.

20. Şekil 6-6'da gösterilen devreyi kurunuz. $V_x = V_y = 5V$ olarak kabul ediniz ve V_O değerini aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

$$V_O = \frac{V^2}{SF} \quad V_O = \dots\dots\dots$$



Şekil 6-6 Kare alıcı devre

21. Devreye gerilim uygulayınız. $V_x = V_y = 5V$ olarak ayarlayınız. V_O değerini ölçüp kaydediniz

$$V_O = \dots\dots\dots$$

22. $V_x = V_y$ gerilim değerlerinin polaritesini değiştiriniz. V_O değerini hesaplayınız.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

Sonra V_O değerini devre üzerinden ölçüp kaydediniz.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

Ölçülen V_O değeriyle hesaplanan V_O değerini karşılaştırınız.

.....
.....
.....

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper appears to be from a notebook or a set of legal pads. The edges of the paper are slightly irregular, suggesting it might be a scan of a physical document. There is no handwriting or other markings on the page.

DENEY NO : 8**DENEY ADI : ENSTRÜMANTASYON YÜKSELTECİ****DENEYİN AMACI:**

Enstrümantasyon yükselteçleriyle ilgili bu laboratuvar deneyini başarıyla tamamlayan her öğrenci;

- (1) Temel diferansiyel yükselteç için A_{DIFF} 'i ölçebilecek.
- (2) Temel diferansiyel yükselteç için A_{CM} 'yi ölçebilecek ve CMRR'yi hesaplayabilecek.
- (3) A'nın referans ucuna bir offset voltajı ekleyebilecek.
- (4) Burr-Brown'dan INA110 enstrümantasyon yükseltecinin karakteristiklerini test edebilecek.

TEORİK BİLGİ:

Bu deneyde diferansiyel ve enstrümantasyon yükselteçlerin her iki girişinde ortak olan gerilimi reddetme ve girişlerdeki gerilim farkını anında yükseltme kabiliyeti gösterilecektir. Bu karakteristikler , piyasada bulunan ve girişlerindeki sinyalleri gürültüyle birlikte yükselten problemlili yükselteçler içinden doğru yükselteci seçmemizi sağlayacaktır. İlk olarak her iki girişindeki farksal gerilim kazancıyla (A_{DIFF}) ve ortak mod gerilim kazancıyla (A_{CM}) birlikte farksal yükselteç deneyi sunulmuştur. Ayrıca burada ortak mod reddetme oranı da (CMRR) anlatılmıştır. Diferansiyel yükselteçte, düşük ve eşit olmayan giriş empedansı ve üç op-amp'ın kullanımı zorunluluğu gibi bazı sınırlamalar da bulunmaktadır. Bu yükselteçte sadece bir direnci değiştirmek suretiyle A_{DIFF} ayarı yapılabilir.

Ayrıca ticari olarak kullanılabilen INA 110 enstrümantasyon yükselteci , bacak programlı kazanç seçimi , uzak gerilim algılaması ve çıkış offset gerilimi özellikleri içermektedir. Son olarak, baskıdan kaynaklanan mekanik bir yapıda meydana gelen küçük uzunluk değişimlerini hissetmek için INA 110 entegresi bir genleşmeölçer ile birleştirilmiştir.

KAYNAKLAR:

Kaynak 1 ve ek deki INA110 katalogu

KULLANILAN ELEMANLAR:

4 adet OP-07

1 adet $100\ \Omega$ %1 direnç

1 adet INA110 enstrumantasyon yükselteci

2 adet $10\ \text{K}\Omega$ %1 direnç

1 adet $10\ \Omega$ %5 direnç

7 adet $20\ \text{K}\Omega$ %1 direnç

1 adet $470\ \Omega$ %5 direnç

2 adet $100\ \text{K}\Omega$ %1 direnç

1 adet $15\ \text{K}\Omega$ %5 direnç

1 adet $10\ \text{K}\Omega$ %1 direnç

1 adet $82\ \text{K}\Omega$ %5 direnç

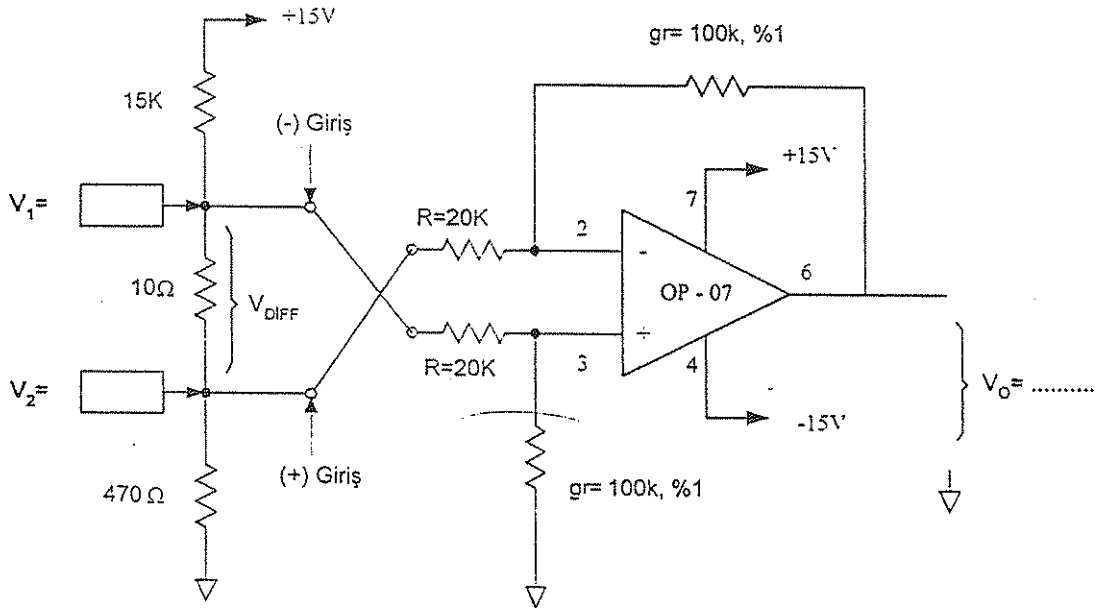
1 adet $50\ \text{K}\Omega$ potansiyometre

A. Diferansiyel Voltaj Kazancı

1-) Şekil 8.1'deki devreyi kurun. AVO metre ile V_1 ve V_2 'yi şaseye göre ölçün. Bulduğunuz bu değerleri şekil 8.1 üzerine kaydedin. $10\ \Omega$ 'luk direnç üzerinden diferansiyel voltajı hesaplayın.

$$V_{\text{DIFF}} = V_1 - V_2 = \dots\dots\dots$$

2-) Şekil 8.1'de ortak mod voltajı V_1 mi, V_2 mi?



Şekil 8.1 A_{DIFF} 'i ölçmek için test devresi

3-) Şekildeki devreyi göre diferansiyel voltaj kazancını A_{DIFF} 'i hesaplayın ve umulan çıkış voltajını hesaplayın.

$$A_{DIFF} = \frac{V_o}{V_1 - V_2} = g = \frac{gR}{R} \quad A_{DIFF} = \dots\dots\dots; V_o = \dots\dots\dots$$

4-) Dijital AVO metre kullanarak mümkün olan en hassas kademesinde V_o 'nun değerini ölçüp kaydedin. V_o 'nun hesaplanan değeri ile ölçülen değeri aynı mı?

.....

5-) Şekil 8.1'e hangi değişiklikler yapılmalı ki;

a) A_{DIFF} 'in değeri 100'e çıksın.

.....

b) A_{DIFF} 'in değeri 1 olsun.

.....

B. A_{CM} ve CMRR'nin Ölçülmesi:

6-) Şekil 8.1'i ortak mod ayarlamasını içermesi için şekil 8.2'ye dönüştürün. (+) ve (-) girişleri, V_2 ile birleştirin. V_2 'yi ($V_2 = V_{CM}$) tekrar ölçün ve kaydedin.

$$V_2 = V_{CM} = \dots\dots\dots$$

7-) Dijital multimetreyi diferansiyel yükseltecin çıkışına bağlayın. 50 K Ω 'luk potansiyometreyi ayarlayarak çıkıştan mümkün olan en küçük voltajı elde edin. Bu voltajı V_{OCM} olarak kaydedin.

$$V_{OCM} = \dots\dots\dots(\text{burada } V_{OCM} \text{ yaklaşık 1 mV olmalı}).$$

8-) Ortak mod kazancını hesaplayın. $A_{CM} = V_{OCM}/V_{CM}$ $A_{CM} = \dots\dots\dots$

(A_{CM} çok küçük değerde olmalıdır. İdealde 0 olmalıdır.)

9-) Aşağıdaki eşitliği kullanarak ortak mod bastırma oranını (CMRR) bulunuz.

$$CMRR = \frac{A_{DIFF}}{A_{CM}} \quad CMRR = \dots\dots\dots$$

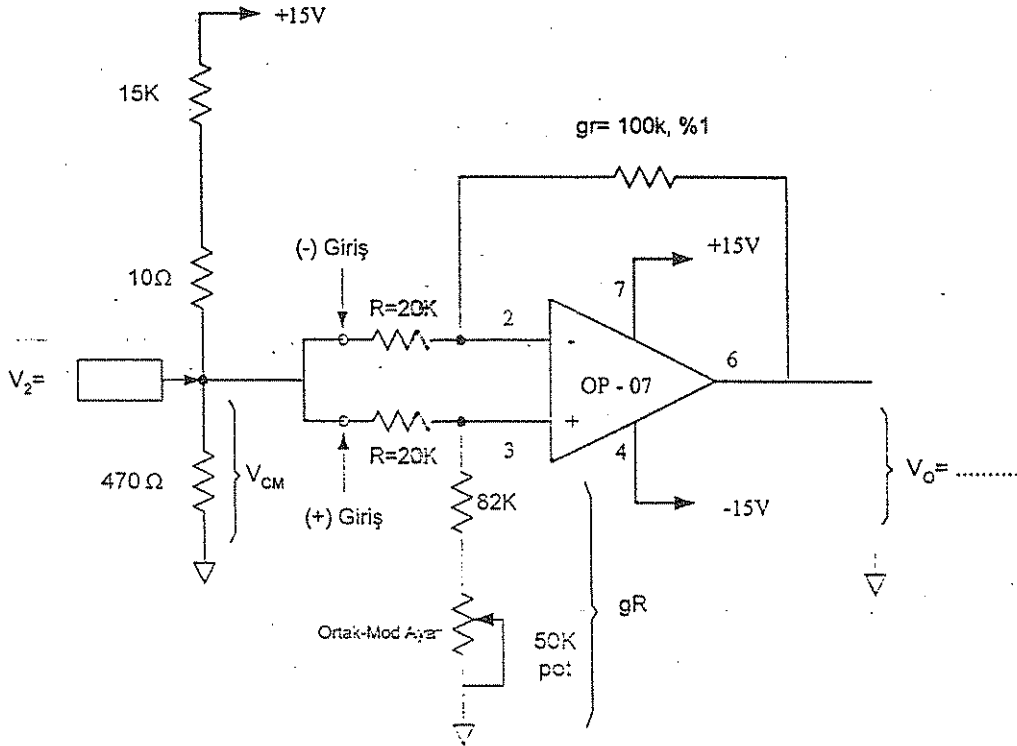
10-) 9. adımda ölçülen CMRR değerini artırmak için şekil 8.2'de hangi değişiklikler yapılmalıdır?

.....

.....

C. Üç Op-amp'lı Enstrumantasyon Yükselteci:

11-) Şekil 8.3, üç op-amp'lı bir enstrumantasyon yükseltecidir. Tampon girişler olan A_1 ve A_2 op-amp'ları giriş empedansını yükseltmek için eklenmiştir. Diferansiyel



kazanç mR direnci ile ayarlanır. Çıkış tek uçlu V_O voltajıdır. $V_{DIFF} = V_1 - V_2$ Şekil 8.3' deki devreyi kurunuz.

Şekil 8.2 A_{CM} ve $CMRR$ 'yi ölçmek için test devresi

12-) MR yerine $20\text{ K}\Omega$ %1 direnci kullanın. Aşağıdaki eşitlikten m 'yi hesaplayın.

$$m = \frac{mR}{R}$$

$$m = \dots\dots\dots$$

$$A_{DIFF} = \frac{V_O'}{(V_1 - V_2)} = 1 + \frac{2}{m}$$

$$A_{DIFF} = \dots\dots\dots$$

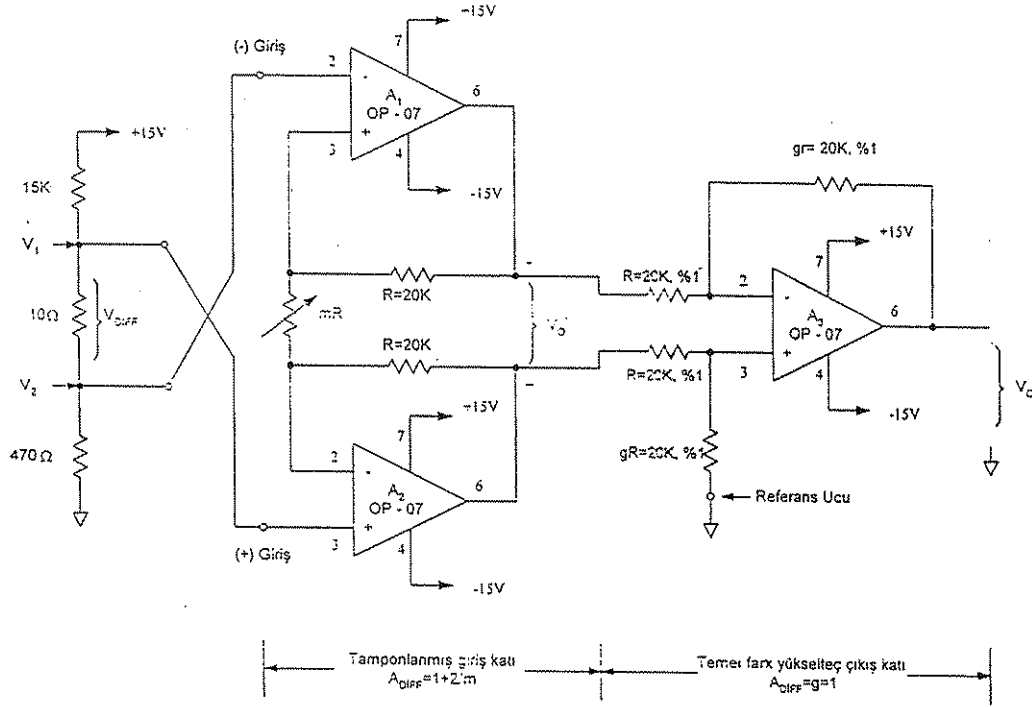
Diferansiyel çıkış voltajını, V_O' değerini bulun. $V_O' = (V_1 - V_2)$

$V_O' = \dots\dots\dots$ (çıkış katının diferansiyel kazancı $g = gR/R = 20K/20K = 1$)

Buna göre devre kazancı $A_{DIFF} = \frac{V_O}{(V_1 - V_2)} = \left(1 + \frac{2}{m}\right)(1) = 1 + \frac{2}{m}$ ve

$V_O = A_{DIFF}(V_1 - V_2)$. Buna göre V_O 'yu belirleyin. $V_O = \dots\dots\dots$

- 13-) V_O' değerini ölçmek için DC volt kademesinde bir dijital multimetre kullanın.
 $V_O' = \dots\dots\dots$ (Bu ölçüm A_1 ve A_2 'nin 6 nolu uçları arasında yapılacaktır).
 Sonra V_O değerini ölçün. $V_O = \dots\dots\dots$, (Bu ölçüm A_3 'ün 6 nolu ucuyla şase arasından yapılacaktır).



Şekil 8.3 üç op-amp ile yapılan enstrumantasyon yükselteci

- 14-) V_1 ve V_2 yi şaseye göre ölçün. $V_1 = \dots\dots\dots$; $V_2 = \dots\dots\dots$
 Devrenin diferansiyel kazancını aşağıdaki eşitlikten hesaplayın.

$$A_{DIFF} = \frac{V_O}{(V_1 - V_2)} \quad A_{DIFF} = \dots\dots\dots$$

- 15-) IA 'nın diferansiyel kazancını mR 'yi $100K\Omega$ %i yapın ve aşağıdakileri hesaplayın.

$$m = \dots\dots\dots ; A_{DIFF} = \dots\dots\dots ; V_O' = \dots\dots\dots ; V_O = \dots\dots\dots$$

- 16-) Aşağıdakileri değerleri ölçmek için multimetreyi kullanın.

$$V_O' = \dots\dots\dots ; V_O = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots ; V_2 = \dots\dots\dots$$

Bu ölçülen değerlerden A_{DIFF} 'i hesaplayın.

$A_{DIFF} = \dots$; V_O ve A_{DIFF} in hesaplanan değeriyle ölçülen değerleri aynı mı?

17-) Diferansiyel kazancı 100 yapmak için gerekli m değerini hesaplayın.

$$A_{DIFF} = 1 + \frac{2}{m} \Rightarrow m = \frac{2}{(A_{DIFF} - 1)} \text{ ve } mR = (m) \cdot R$$

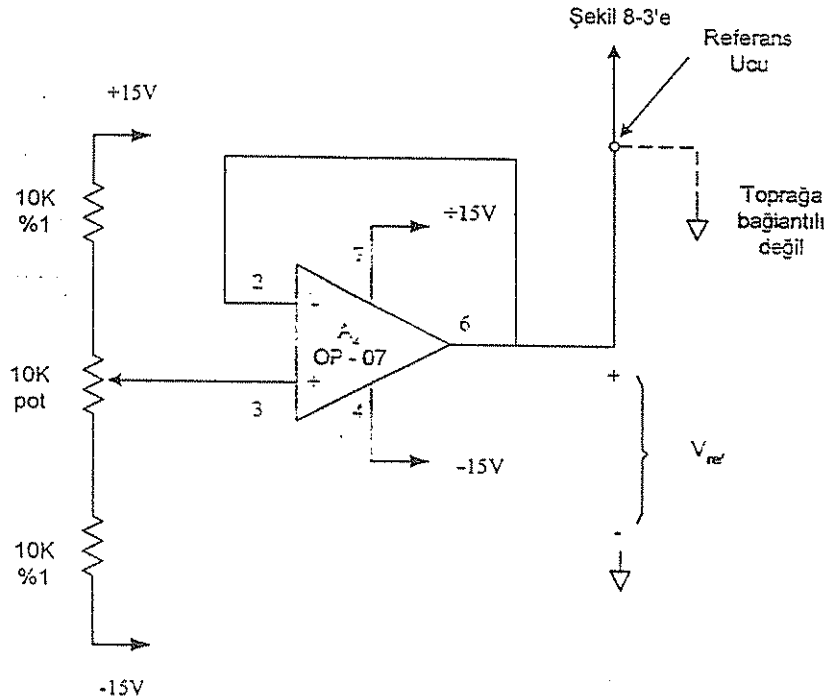
D. Referans Terminaline Voltaj Ekleme

18-) Şekil 8.4, Şekil 8.3'te gösterilen enstrumantasyon yükseltecinin referans terminalinin tek uçlu çıkışta off-set voltajının nasıl sağlandığını göstermektedir.

19-) Dördüncü bir OP-07 op-amp'ı ekleyerek şekil 8.4'ü kurun. şekil 8.3'ün referans terminalini şasesden ayırın ve şekil 8.4'ün V_{ref} ucuna birleştirin.

20-) Gerilimi uygulayın ve $V_{ref} = 0$ V olana kadar 10 K Ω potansiyometresini ayarlayın.

21-) V_O değerini ölçüp kaydedin. (Şekil 8.3) $V_O = \dots$; V_O değerini 16. adımda ölçülen V_O değerine eşit olmalıdır.



Şekil 8.4 Ayarlanabilir referans voltajı, V_{ref}

22-) $V_{ref} = +3$ V iken V_O değerini hesaplayın.

$$V_O = A_{DIFF}(V_1 - V_2) + V_{ref}$$

$$V_O = \dots\dots\dots$$

V_{ref} 'i +3V a ayarlayın ve IA'nın çıkışından V_O 'yu ölçün.

V_O 'nun ölçülen ve hesaplanan değeri aynı mı?

23-) $V_{ref} = -6V$ iken V_O değerini hesaplayın. Bunu için 22. adımda verilen eşitliği kullanın. V_{ref} 'i -6 V yapın ve IA'nın çıkışında V_O 'yu ölçün. $V_O = \dots\dots\dots$ V_O 'nun ölçülen değeri aynı mı?

24-) Enstrumantasyon yükselteci V_{ref} 'in eklenmesine bir uygulama örneği verin.

E. INA 110 Enstrumantasyon Yükselteci

25-) Şekil 8.5'teki enstrumantasyon yükselteci devresini kurunuz. 3 nolu bacağı 13 nolu bacağı bağlamak suretiyle diferansiyel kazancını (A_{DIFF}) 10 yapınız. V_1 ve V_2 'yi toprağa göre tekrar ölçünüz.

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

26-) $V_O = A_{DIFF}(V_1 - V_2)$ eşitliğinden V_O değerini teorik olarak bulunuz.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

27-) Diferansiyel kazancı 100 yapmak için 3 nolu bacağı 13 nolu bacadan ayırıp 12 nolu bacağı bağlayınız. V_O değerini, $V_O = 100(V_1 - V_2)$ eşitliğinden teorik olarak hesaplayınız.

$$V_O = \dots\dots\dots$$

Sonra V_O değerini devre üzerinden ölçünüz ve hesaplanan değer ile karşılaştırınız.

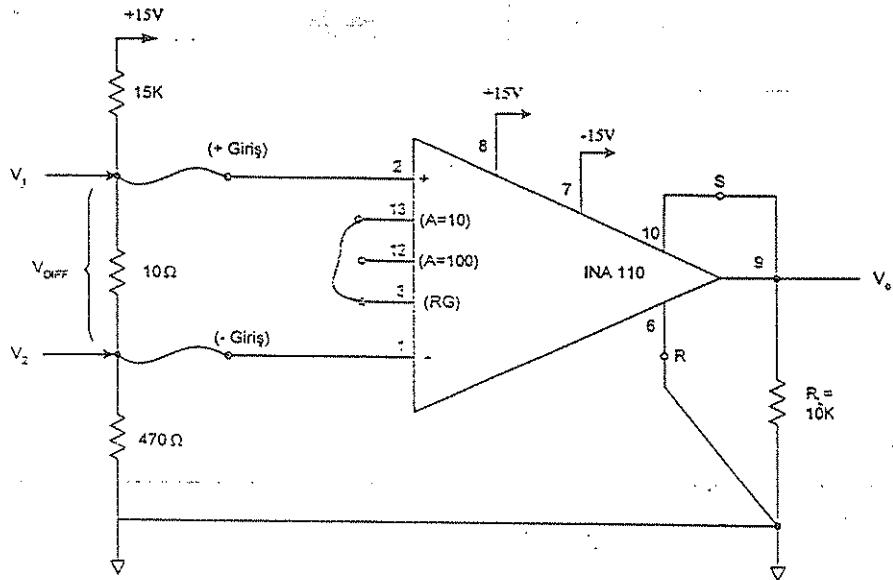
$$V_O = \dots\dots\dots$$

28-) INA 110 enstrumantasyon yükseltecinin ortak-mod gerilim kazancını ölçmek için her iki girişi (1 ve 2 nolu bacaklar) V_2 'ye (ortak-mod gerilimi V_{CM}) Şekil 8.6'da olduğu gibi bağlayınız. Tekrar V_2 'yi ölçünüz.

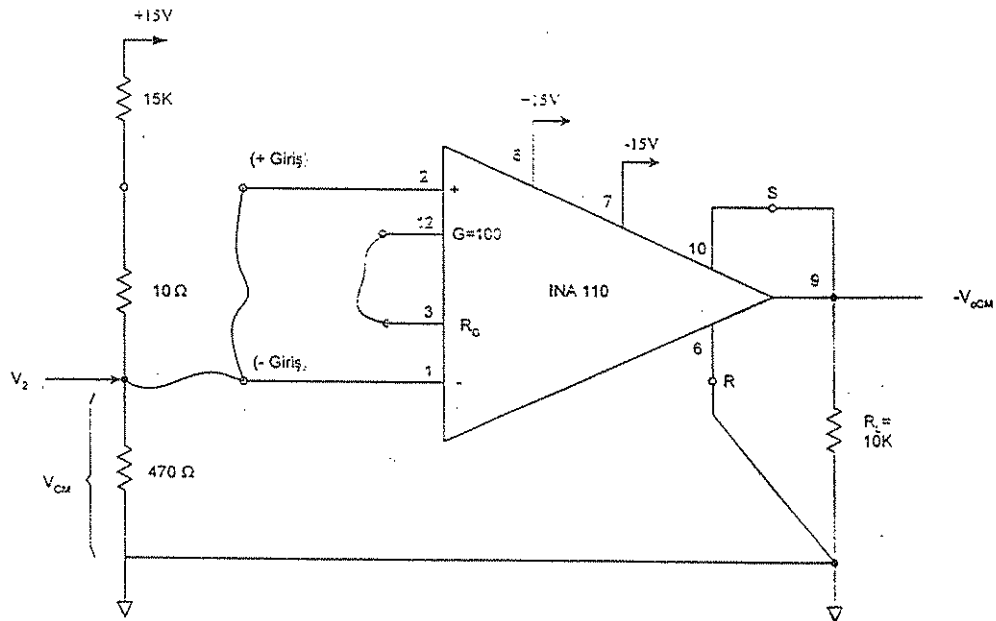
$$V_2 = V_{CM} = \dots\dots\dots$$

29-) Dijital Multimetreyi çıkışa bağlayınız ve V_{OCM} değerini, ölçü aletinin en küçük kademesinde ölçünüz.

$$V_O = \dots\dots\dots$$



Şekil 8.5 Enstrumantasyon yükselteci



Şekil 8.6 CMRR'nin ölçülmesi

30-) Ortak mod gerilim kazancının $A_{CM} = V_{OCM} / V_{CM}$ formülünden hesaplayınız.

$A_{CM} = \dots\dots\dots$

31-) $CMRR = A_{DIF} / A_{CM}$ eşitliğinden CMRR değerini bulunuz.

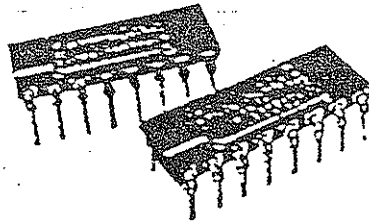
CMRR (dB) = $\dots\dots\dots$

.....

.....

.....

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It features approximately 20 horizontal rows, each defined by two parallel dotted lines. The background is plain white, and there are no margins or additional markings on the page.



Fast-Settling FET-Input Very High Accuracy INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW BIAS CURRENT: 50pA, max
- FAST SETTLING: 4 μ s to 0.01%
- HIGH CMR: 106dB, min; 90dB at 10kHz
- CONVENIENT INTERNAL GAINS: 1, 10, 100, 200, 500
- VERY-LOW GAIN DRIFT: 10 to 50ppm/°C
- LOW OFFSET DRIFT: 2 μ V/°C
- LOW COST
- PINOUT COMPATIBLE WITH AD524 AND AD624, allowing upgrading of many existing applications

APPLICATIONS

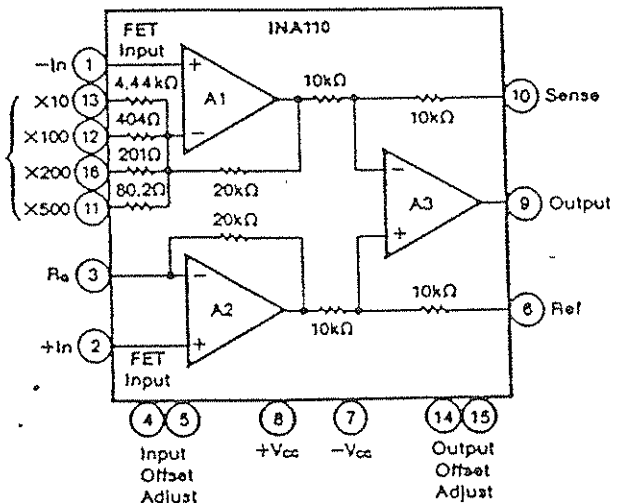
- Fast scanning rate multiplexed input data acquisition system amplifier
- Fast differential pulse amplifier
- High speed, low drift gain block
- Amplification of low level signals from high impedance sources and sensors
- Instrumentation amplifier with input low pass filtering using large series resistors
- Instrumentation amplifier with overvoltage input protection using large series resistors
- Amplification of signals from strain gauges, thermocouples, and RTDs

DESCRIPTION

The INA110 is a monolithic FET input instrumentation amplifier with a maximum bias current of 50pA. The circuit provides fast settling of 4 μ s to 0.01%. Laser trimming guarantees exceptionally good DC performance. Voltage noise is low, and current noise is virtually zero. Internal gain set resistors guarantee high gain accuracy and low gain drift. Gains of 1, 10, 100, 200, and 500 are provided.

The inputs are inherently protected by P-channel FETs on each input. Differential and common-mode voltages should be limited to $\pm V_{CC}$. When severe overvoltage exists, use diode clamps as shown in the application section.

The INA110 is ideally suited for applications requiring large input resistors for overvoltage protection or filtering. Input signals from high source impedances can easily be handled without degrading DC performance. Fast settling for rapid scanning data acquisition systems is now achievable with one component, the INA110.



SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At +25°C, $\pm V_{CC} = 15VDC$, $R_L = 2k\Omega$ unless otherwise noted.

PARAMETER		CONDITIONS	INA110AG			INA110BG			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
GAIN									
Range of Gain			1		800				V/V
Gain Equation ¹					$G = 1 + [40K/(R_G + 50\Omega)]$				V/V
Gain Error, DC: $G = 1$				0.002	0.04		0.005	0.02	%
$G = 10$				0.01	0.1		0.01	0.1	%
$G = 100$				0.02	0.2		0.02	0.2	%
$G = 200$				0.04	0.4		0.02	0.2	%
$G = 500$				0.1	1.0		0.05	0.5	%
Gain Temp. Coefficient: $G = 1$				± 3	± 20		*	± 10	ppm/°C
$G = 10$				± 4	± 20		± 2	± 10	ppm/°C
$G = 100$				± 6	± 40		± 3	± 20	ppm/°C
$G = 200$				± 10	± 60		± 5	± 30	ppm/°C
$G = 500$				± 25	± 100		± 10	± 50	ppm/°C
Nonlinearity, DC: $G = 1$				± 0.001	± 0.01		± 0.0005	± 0.005	% of FS
$G = 10$				± 0.002	± 0.01		± 0.001	± 0.005	% of FS
$G = 100$				± 0.004	± 0.02		± 0.002	± 0.01	% of FS
$G = 200$				± 0.006	± 0.02		± 0.003	± 0.01	% of FS
$G = 500$				± 0.01	± 0.04		± 0.005	± 0.02	% of FS
OUTPUT									
Voltage, $R_L = 2k\Omega$	Over temp		± 10	± 12.7		*	*		V
Current	Over temp		± 5	± 25		*	*		mA
Short-Circuit Current				± 25			*		mA
Capacitive Load	Stability ²			5000			*		pF
INPUT									
OFFSET VOLTAGE ³									μV
Initial Offset				$\pm(100+1000/G)$	$\pm(500+5000/G)$		$\pm(50+600/G)$	$\pm(250+3000/G)$	$\mu V/^\circ C$
vs Temperature				$\pm(2+20/G)$	$\pm(5+100/G)$		$\pm(1+10/G)$	$\pm(2+50/G)$	$\mu V/V$
vs Supply	$V_{CC} = \pm 6V$ to $\pm 18V$			$\pm(4+60/G)$	$\pm(30+300/G)$		$\pm(2+30/G)$	$\pm(10+180/G)$	$\mu V/V$
BIAS CURRENT									pA
Initial Bias Current	Each Input			20	100		10	50	pA
Initial Offset Current				2	50		1	25	pA
Impedance: Differential				$5 \times 10^{12} \pm 6$			*		Ω
Common-Mode				$2 \times 10^{12} \pm 11$			*		Ω
VOLTAGE RANGE	$V_{in} \text{ Diff.} = 0V^{3,4}$								V
Range, Linear Response			± 10	± 12					
CMR with 1k Ω Source Imbalance:									dB
$G = 1$	DC		70	90		30	100		dB
$G = 10$	DC		87	104		96	112		dB
$G = 100$	DC		100	110		106	116		dB
$G = 200$	DC		100	110		106	116		dB
$G = 500$	DC		100	110		106	116		dB
NOISE, Input ⁵									$nV/\sqrt{Hz}$
Voltage, $f_o = 10kHz$				10			*		$\mu V/p-p$
$f_o = 0.1Hz$ to 10kHz				1			*		$1\mu V/\sqrt{Hz}$
Current, $f_o = 10kHz$				1.5			*		$nV/\sqrt{Hz}$
NOISE, Output ⁵									$\mu V/p-p$
Voltage, $f_o = 10kHz$				65			*		$\mu V/p-p$
$f_o = 0.1Hz$ to 10kHz				5			*		$\mu V/p-p$
DYNAMIC RESPONSE									
Small Signal: $G = 1$	-3dB			2.5			*		MHz
$G = 10$				2.5			*		MHz
$G = 100$				470			*		kHz
$G = 200$				240			*		kHz
$G = 500$				100			*		kHz
Full Power	$V_{out} = \pm 10V$, $R_L = 2k\Omega$	190		270		*	*		kHz
Slew Rate	$G = 1$ to 200	12		17		*	*		V/ μs
Settling Time:									μs
0.1%, $G = 1$	$V_o = 20V$ step			4			*		μs
$G = 10$				2			*		μs
$G = 100$				3			*		μs
$G = 200$				5			*		μs
$G = 500$				11			*		μs

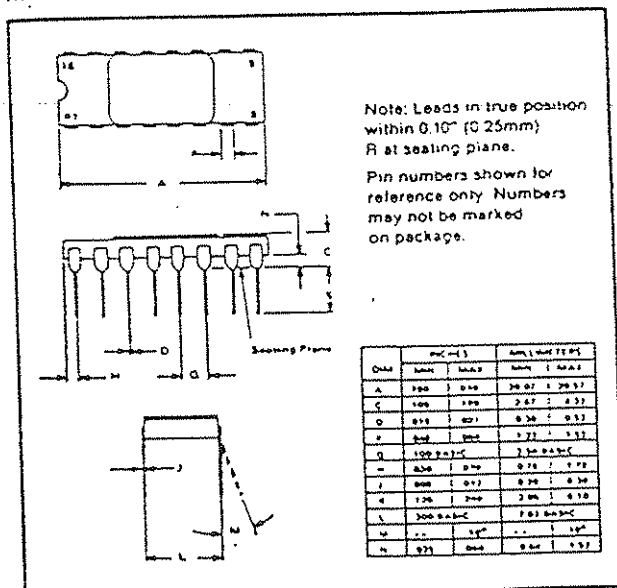
ELECTRICAL (CONT)

PARAMETER	CONDITIONS	INA110AG			INA110BG			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Settling Time: 0.01% G = 1 G = 10 G = 100 G = 200 G = 500	$V_o = 20V$ step		5 3 4 7 16	12.5 7.5 7.5 12.5 25		• • • • •	• • • • •	μs μs μs μs μs
Load Recovery ²	50% overdrive		1			•		μs
POWER SUPPLY								
Input Voltage Range		± 6	± 15	± 18	•	•	•	V
Input Voltage Range	$V_o = 0V$	± 6	± 3.0	± 4.5	•	•	•	V
Quiescent Current								mA
TEMPERATURE RANGE								
Operating Temperature		-25 -55 -65		+85 +125 +150	• • •		• • •	$^{\circ}C$ $^{\circ}C$ $^{\circ}C$
Storage Temperature			100			•		$^{\circ}C/W$

Use as INA110AG.

TESTS: (1) Gains other than 1, 10, 100, 200, and 500 can be set by adding an external resistor, R_o , between pin 3 and pins 11, 12, and 16. Gain accuracy is a function of the internal resistors which have a $\pm 20\%$ tolerance with 20ppm/ $^{\circ}C$ drift. (2) Adjustable to zero. (3) For differential input voltage other than zero, see Typical Performance Curves. (4) $V_{holdst} \approx \sqrt{V_{in}^2 + (V_{in} \text{ output}/\text{Gain})^2}$ (5) Time required for output to return from saturation to linear operation following the removal of an input overdrive voltage.

MECHANICAL



ORDERING INFORMATION

Basic Model Number _____

Performance Grade Code _____

A, B: -25 $^{\circ}C$ to +85 $^{\circ}C$

Package Code _____

G: 16-Pin Hermetic DIP

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply	$\pm 18V$
Input Voltage Range	$\pm V_{cc}$
Operating Temperature Range	-55 $^{\circ}C$ to +125 $^{\circ}C$
Storage Temperature Range	-65 $^{\circ}C$ to +150 $^{\circ}C$
Lead Temperature (soldering 10 seconds)	+300 $^{\circ}C$
Output Short-Circuit Duration	Continuous to Common

PIN CONFIGURATION

-In	1	16	X200
+In	2	15	Output Offset Adjust
R_o	3	14	Output Offset Adjust
Input Offset Adjust	4	13	X10
Input Offset Adjust	5	12	X100
Reference	6	11	X500
-V _{cc}	7	10	Output Sense
+V _{cc}	8	9	Output

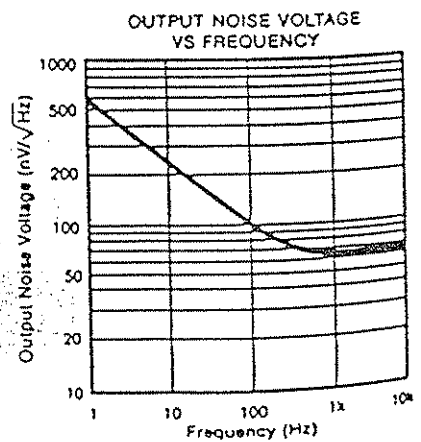
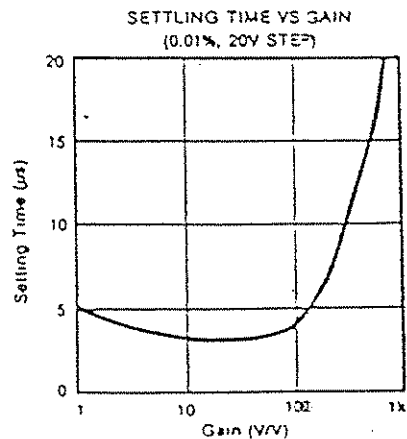
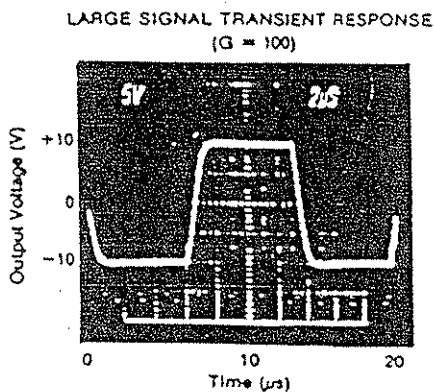
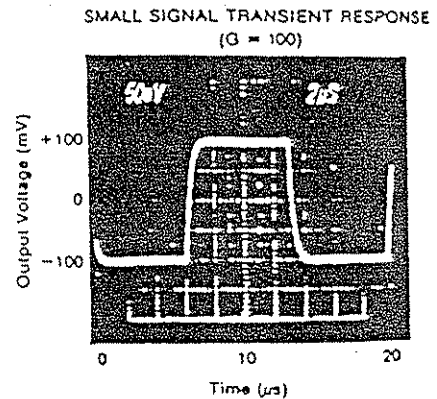
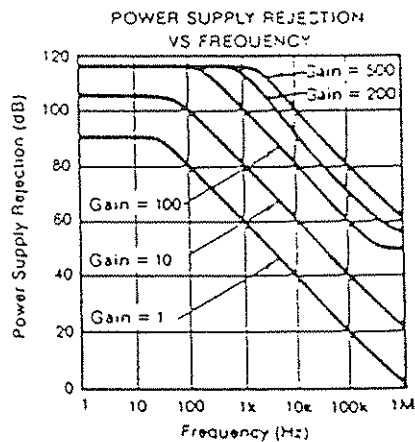
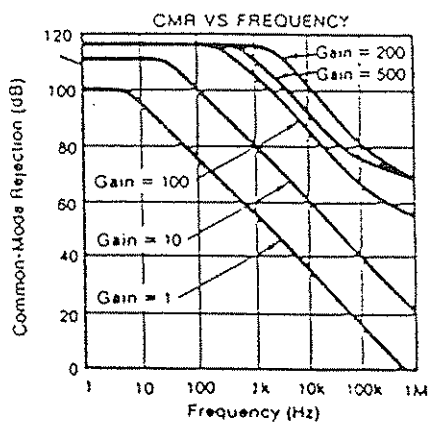
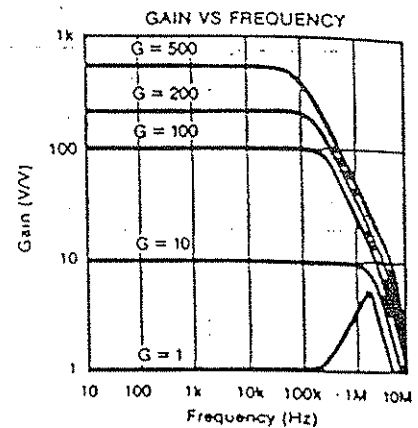
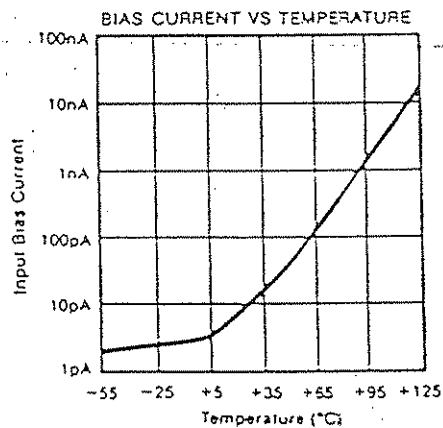
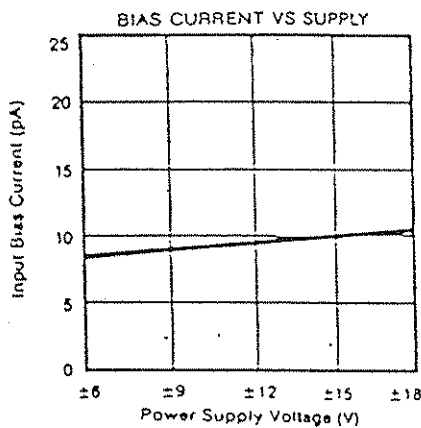
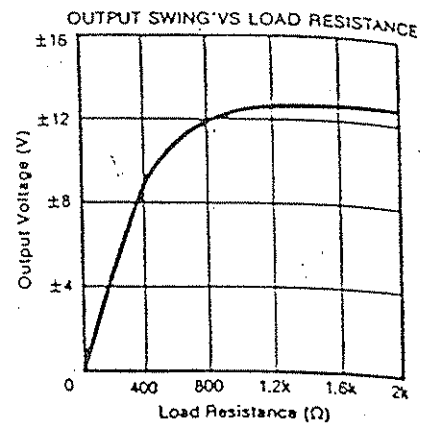
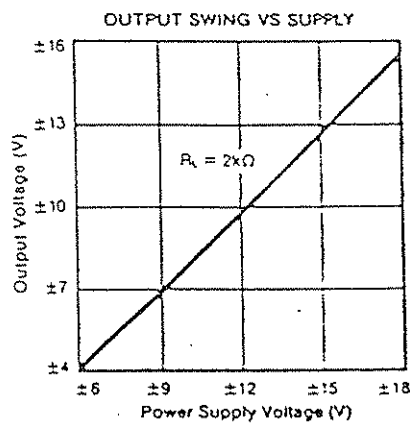
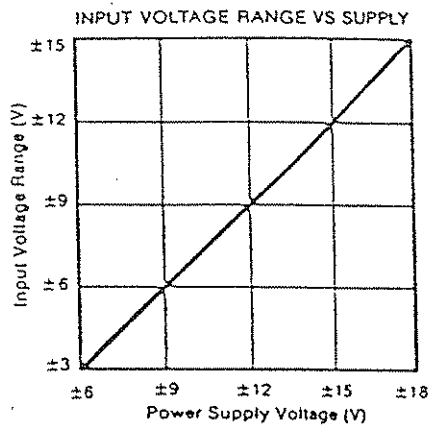
PRICES

Quantity	INA110AG	INA110BG
1-24	\$18.85	\$23.60
25-99	12.65	17.75
100s	8.85	12.35

The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

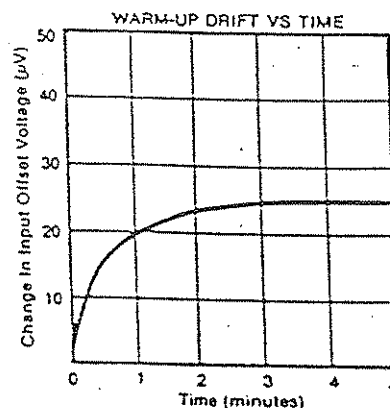
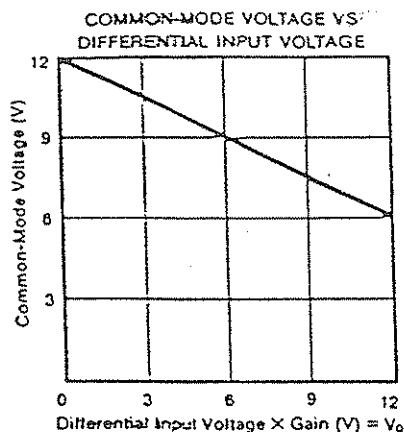
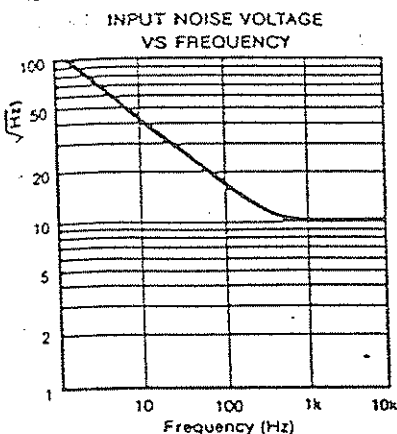
TYPICAL PERFORMANCE CURVES

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $\pm V_{CC} = 15\text{VDC}$ unless otherwise noted.



TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $\pm V_{CC} = 15\text{VDC}$ unless otherwise noted.



DISCUSSION OF PERFORMANCE

A simplified diagram of the INA110 is shown on the first page. The design consists of the classical three operational amplifier configuration with precision FET buffers on the input. The result is an instrumentation amplifier with premium performance not normally found in integrated circuits.

The input section (A_1 and A_2) incorporates high performance, low bias current, and low drift amplifier circuitry. The amplifiers are connected in the noninverting configuration to provide high input impedance ($10^{12}\Omega$). Laser-trimming is used to achieve low offset voltage. Input cascoding assures low bias current and high CMR. Thin-film resistors on the integrated circuit provide excellent gain accuracy and temperature stability.

The output section (A_3) is connected in a unity-gain difference amplifier configuration. Precision matching of the four $10\text{k}\Omega$ resistors, especially over temperature and time, assures high common-mode rejection.

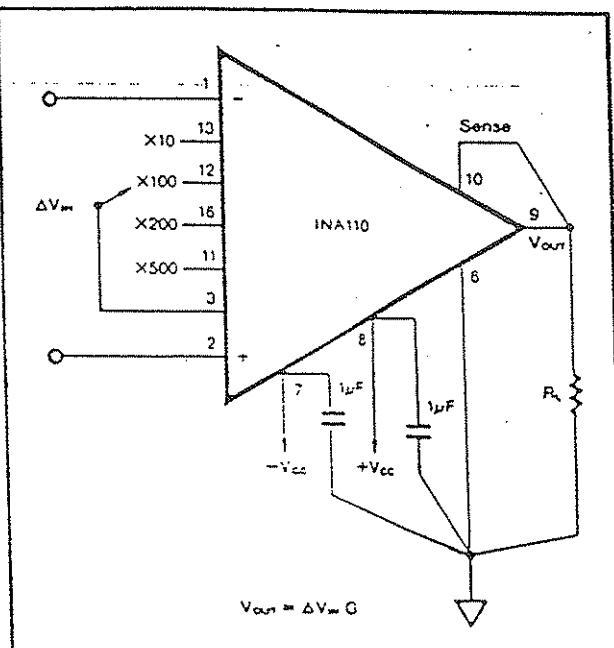


FIGURE 1. Basic Circuit Connection.

BASIC POWER SUPPLY AND SIGNAL CONNECTIONS

Figure 1 shows the proper connections for power supply and signal. Supplies should be decoupled with $1\mu\text{F}$ tantalum capacitors as close to the amplifier as possible. To avoid gain and CMR errors introduced by the external circuit, connect grounds as indicated, being sure to minimize ground resistance. Resistance in series with the reference (pin 6) will degrade CMR. Also to maintain stability, avoid capacitance from the output to the gain set, offset adjust, and input pins. The layout shown in Figure 2 is suggested for best performance.

OFFSET ADJUSTMENT

Figure 3 shows the offset adjustment circuit for the INA110. Both the offset of the input stage and output stage can be adjusted separately. Notice that the offset referred to the INA110's input (RTI) is the offset of the input stage plus the offset of the output stage divided by

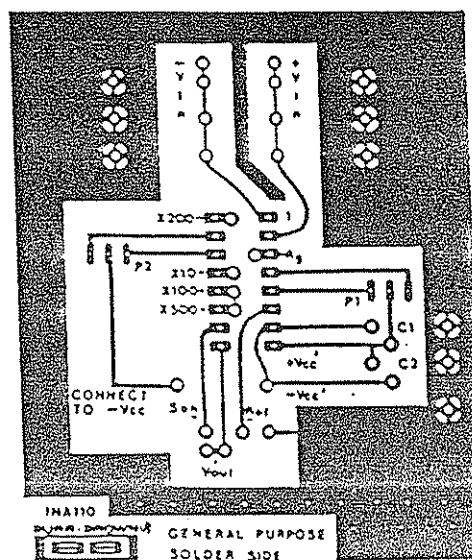


FIGURE 2. Recommended PC Board Layout for INA110.

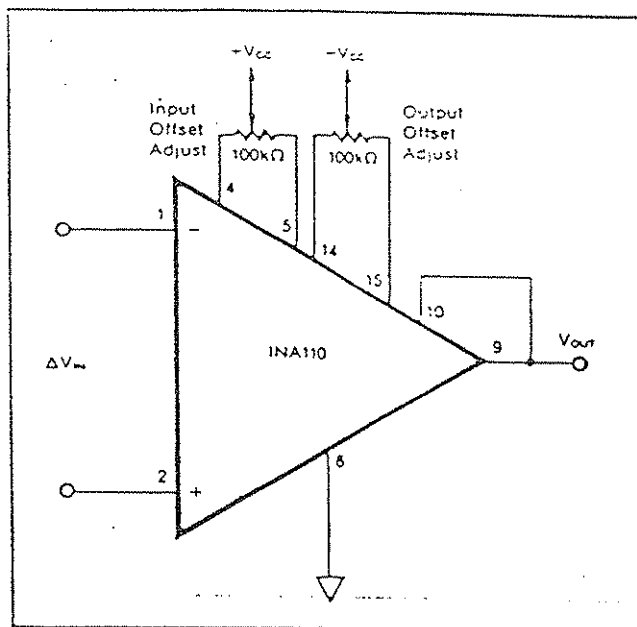


FIGURE 3. Offset Adjustment Circuit.

the gain of the input stage. This allows specification of offset independent of gain.

For systems using computer autozeroing techniques, neither offset nor offset drift are of concern. In many other applications the factory-trimmed offset gives excellent results. When greater accuracy is desired, one adjustment is usually sufficient. In high gains (>100) adjust only the input offset, and in low gains the output offset. For higher precision in all gains, both can be adjusted by first selecting high gain and adjusting input offset and then low gain and adjusting output offset. The offset adjustment will, however, add to the drift by approximately $0.33\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ per $100\mu\text{V}$ of input offset voltage that is adjusted. Therefore, care should be taken when considering use of adjustment.

Output offsetting can be accomplished as shown in Figure 4 by applying a voltage to the reference (pin 6)

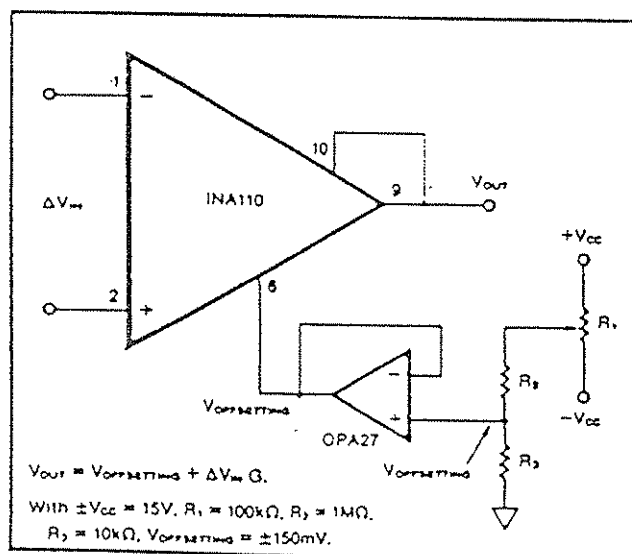


FIGURE 4. Output Offsetting.

through a buffer. This limits the resistance in series with pin 6 to minimize CMR error. Be certain to keep this resistance low. Note that the offset error can be adjusted at this reference point with no appreciable degradation in offset drift.

GAIN SELECTION

Gain selection is accomplished by strapping the appropriate pins together on the INA110. Table I shows possible gains from the internal resistors. Keep the connections as short as possible to maintain accuracy.

TABLE I. Internal Gain Connections.

Gain	Connect pin 3 to pin —	Gain Accuracy (%)	Gain Drift (ppm/ $^\circ\text{C}$)
The following gains have guaranteed accuracy:			
1	none	0.02	10
10	13	0.05	10
100	12	0.1	20
200	16	0.2	30
500	11	0.5	50
The following gains have typical accuracy as shown:			
300	12 & 16	0.25	10
600	11 & 12	0.25	40
700	11 & 16	2.0	40
300	11, 12, & 16	2.0	80

Gains other than 1, 10, 100, 200, and 500 can be set by adding an external resistor, R_G , between pin 3 and pins 12, 16, and 11. Gain accuracy is a function of R_G and the internal resistors which have a $\pm 20\%$ tolerance with $20\text{ppm}/^\circ\text{C}$ drift. The equation for choosing R_G is shown below.

$$R_G = \frac{40k}{G - 1} - 50\Omega$$

Gain can also be changed in the output stage by adding resistance to the feedback loop shown in Figure 5. This is useful for increasing the total gain or reducing the input stage gain to prevent saturation of input amplifiers.

The output gain can be changed as shown in Table II. Matching of R_1 and R_2 is required to maintain high CMR. R_2 sets the gain with no effect on CMR.

TABLE II. Output Stage Gain Control.

Output Stage Gain	R_1 and R_2	R_2
2	12kΩ	2.74kΩ
5	1kΩ	511Ω
10	15kΩ	346Ω

COMMON-MODE INPUT RANGE

It is important not to exceed the input amplifiers' dynamic range (see Typical Performance Curves). The differential input signal and its associated common-mode voltage should not cause the output of A_1 and A_2 (input amplifiers) to exceed approximately $\pm 10\text{V}$ with $\pm 15\text{V}$ supplies or nonlinear operation will result. Such large common-mode voltages, when the INA110 is in high gain, can cause saturation of the input stage even though the differential input is very small. This can be avoided by reducing the input stage gain and increasing the output stage gain with an H pad attenuator (see Figure 5).

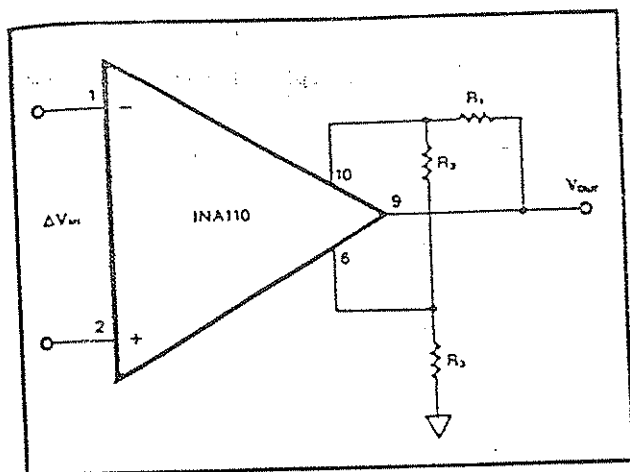


FIGURE 5. Gain Adjustment of Output Stage Using H Pad Attenuator.

OUTPUT SENSE

An output sense has been provided to allow greater accuracy in connecting the load. By attaching this feedback point to the load at the load site, IR drops due to load currents are eliminated since they are inside the feedback loop. Proper connection is shown in Figure 1. When more current is to be supplied, a power booster can be placed within the feedback loop as shown in Figure 6. Buffer errors are minimized by the loop gain of the output amplifier.

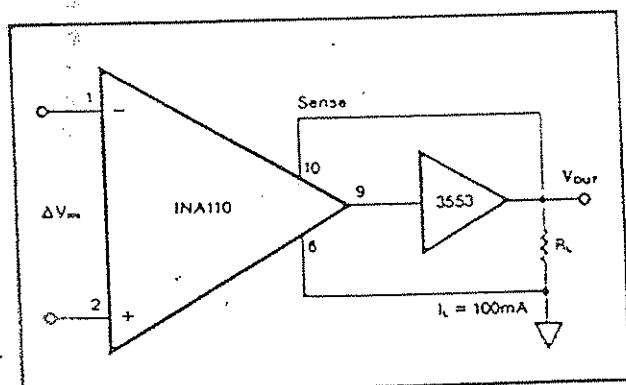


FIGURE 6. Current Boosting the Output.

LOW BIAS CURRENT OF FET INPUT ELIMINATES DC ERRORS

Because the INA110 has FET inputs, bias currents drawn through input source resistors have a negligible effect on DC accuracy. The picoamp levels produce no more than microvolts through megohm sources. Thus, input filtering and input series protection are readily achievable.

A return path for the input bias currents must always be provided to prevent charging of stray capacitance. Otherwise the output can wander and saturate. A $1\text{M}\Omega$ to $10\text{M}\Omega$ resistor from the input to common will return floating sources such as transformers, thermocouples, and AC-coupled inputs (see Applications section).

DYNAMIC PERFORMANCE

The INA110 is a fast-settling FET input instrumentation amplifier. Therefore, careful attention to minimize stray capacitance is necessary to achieve specified performance. High source resistance will interact with input capacitance to reduce the overall bandwidth. Also, to maintain stability, avoid capacitance from the output to the gain set, offset adjust, and input pins (see Figure 2 for PC board layout).

When using high source resistance ($>20\text{k}\Omega$) in the positive input only, bypass it to ground with at least 50pF to maintain stability.

The INA110 is designed for fast settling with easy gain selection. It has especially excellent settling in high gain. It can also be used in fast-settling unity-gain applications. As with all such amplifiers, the INA110 does exhibit significant gain peaking when set to a gain of 1. It is, however, unconditionally stable. The gain peaking can be cancelled by band-limiting the negative input to 400kHz with a simple external RC circuit for applications requiring flat response.

Another distinct advantage of the INA110 is the high frequency CMR response. High frequency noise and sharp common-mode transients will be rejected. To preserve AC CMR, be sure to minimize stray capacitance on the input lines. Matching the RCs in the two inputs will help to maintain high AC CMR.

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting or typing. There are no margins, text, or other markings on the page.

DENEY NO : 10

DENEY ADI : AKTİF FİLTRE DEVRELERİ

DENEYİN AMACI:

Bu deneyi başarıyla tamamlayan her öğrenci;

- (1) Aktif filtrelerde yüksek geçiren filtre yapmasını ve bu filtrenin frekans değişimini ölçmesini
- (2) İkinci dereceden alçak geçiren filtre yapmasını ve frekans değişimini ölçmesini
- (3) Band geçiren filtre yapmasını
- (4) Band geçiren filtreyi eviren toplayıcı ile birleştirerek band yok edici filtre yapmasını öğrenecektir.

TEORİK BİLGİ:

Bir elektronik filtre, idealde istenilen frekansları geçiren ve istenmeyen frekansları geçirmeyen bir devredir. Filtreler ya pasif veya aktif olabilirler. Pasif filtreler; direnç, kondansatör ve bobin gibi pasif elemanlardan oluşmuştur. Pasif filtreye bir yük bağlandığı zaman filtrenin, orijinal filtre etme karakteristiği değişir.

Pasif filtrelere bir op-amp eklemek suretiyle aktif filtre elde edilir. Op-amp pasif elemanlara yükleme etkisi yapmadığı gibi devrenin orijinal filtre etme karakteristiği de değişmeyecektir. Op-amp ayrıca daha kolay tasarım ve ayarlama avantajı ve düşük maliyet avantajı ve daha az malzeme kullanım avantajı getirmektedir. Filtre karakteristiği de daha kolay geliştirilebilir.

Bu deneyde 1 Hz ile 100 KHz aralığında frekans seçici aktif filtre yapmak için maliyeti düşük olan dirençler, kondansatörler ve op-amplar kullanılmıştır. Bobinler bu frekans oranlarında kullanışlı değildir. Çünkü bobinler çok fazla yer kaplar, pahalıdır, kayıpları fazladır ve ayar devrelerini manyetik olarak etkiler.

KAYNAKLAR:

Kaynak 1

KULLANILAN ELEMANLAR:

2 adet CA3140 (veya 741) op-amp

1 adet 0.005 μ F kondansatör

1 adet 56 Ω direnç

1 adet 0.01 μ F kondansatör

2 adet 7.5 K Ω %1 direnç

2 adet 0.05 μ F kondansatör

6 adet 10 K Ω %1 direnç

1 adet 0.015 μ F kondansatör

1 adet 15 k Ω %1 direnç

1 adet 0.15 μ F kondansatör

İŞLEM BASAMAKLARI

A. Alçak Geçiren Filtrenin Kesim Frekansını ve Frekans Değişiminin Ölçülmesi.

1-) Devreyi kurmadan önce R ve C değerlerini ölçün. R=....., C=.....

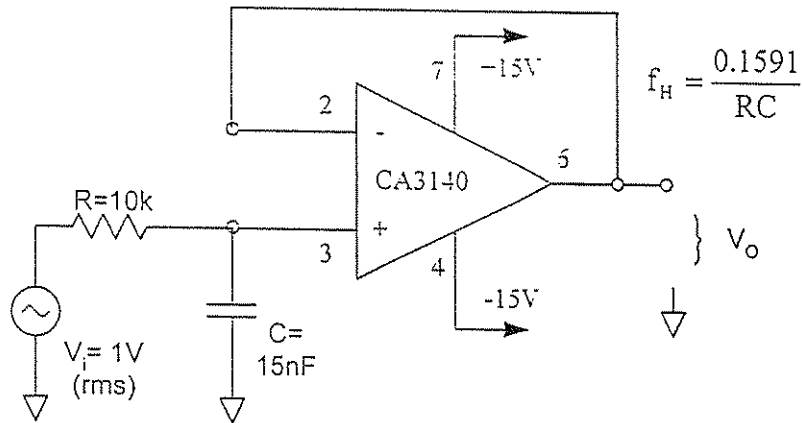
deney boyunca giriş sinyali düşük empedanslı bir fonksiyon jeneratöründen sinüs dalga olarak uygulanmalıdır. Genliği 1V(rms) olmalıdır.

2-) Şekil 10.1'e göre devreyi kurunuz. Giriş geriliminin frekansını 50 Hz'e ayarlayınız.

Buna göre çıkış gerilimi V_O =....., bunu şekil 10.1'e kaydedin. Ölçülen değeri 0.707 ile çarparak V_{OH} =....., V_i 'nin frekansını $V_O=V_{OH}$ oluncaya kadar artırın. Sonra bu değeri ölçerek kesim frekansı olarak kaydedin. f_H =.....,

ölçülen bu değeri $f_H = \frac{0.159}{RC}$ değerine $\pm \%5$ lik bir toleransla eşit mi?

.....



Frekans (Hz)	50	100	200	500	1 k	2 k	5k	10k	100k
V_O									

Şekil 10.2 1000 Hz -20 dB /decade'lik alçak geçirgen filtre devresi ve bilgi tablosu

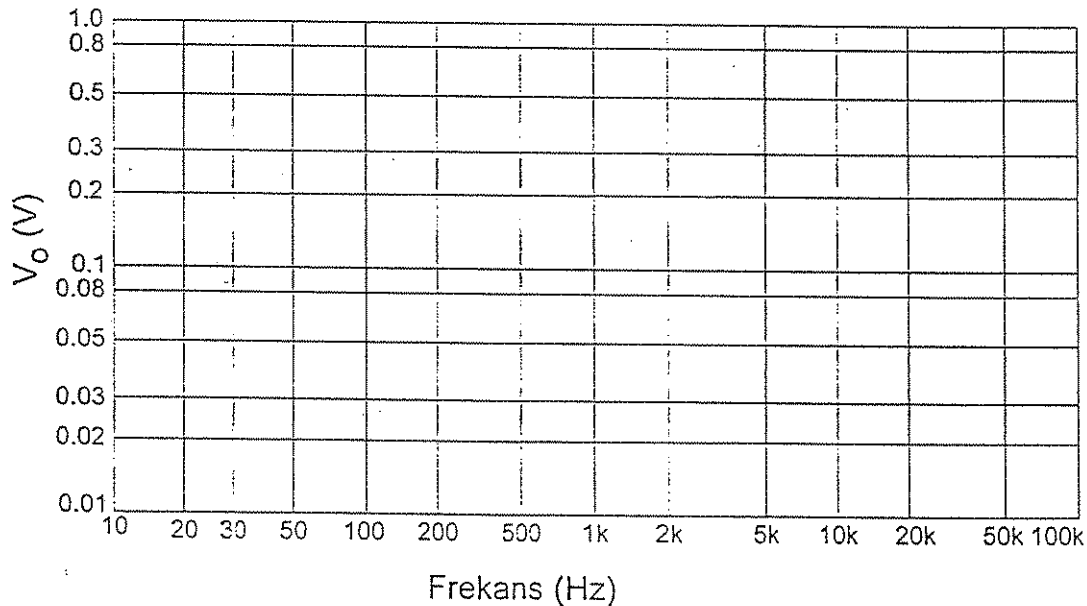
3-) Şekil 10.1'deki değerlere uygun olarak V_O değerini ölçüp kaydedin. Sonra bu değerlerle şekil 10.2'ye bode eğrisini çizin ($A = \frac{V_O}{V_i}$ bu şekil frekansa bağlı kazanç eğrisini göstermektedir).

B. -20 dB/decade'lik Bir Yüksek Geçiren Filtrenin Kesim Frekansını ve Frekans Değişiminin Ölçülmesi

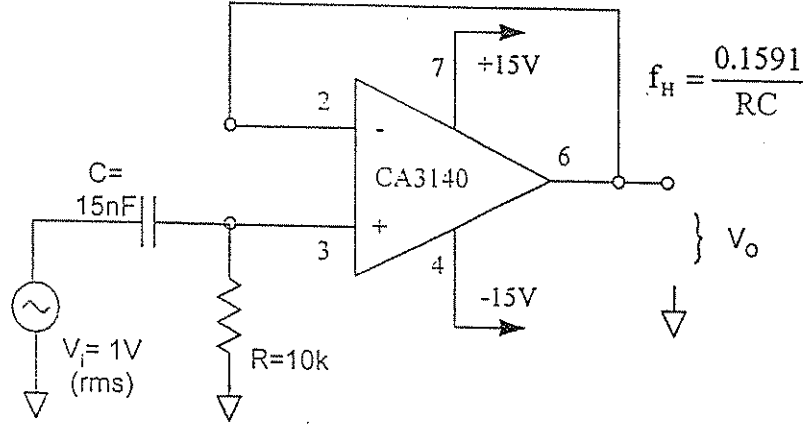
4-) Aynı R ve C değerlerini kullanarak şekil 10.3'e uygun olarak kurun. V_i giriş gerilimini 1.0 V (rms) ve frekansını da 5 KHz'e ayarlayın. Buna göre V_O değerini ölçün $V_O = \dots\dots\dots$, $V_{oL} = 0.707 * V_O$. $V_{oL} = \dots\dots\dots$ giriş geiliminin frekansını $V_o = V_{oL}$ oluncaya kadar küçültün. Bulduğunuz bu değeri $f_L = \dots\dots\dots$ kaydedin. f_L değeri 2. basmakta ölçülen f_H değeriyle eşit mi?

5-) Yukarıda ölçülen f_H ve f_L değerlerini aşağıdaki yolla hesaplayın $f_L = \dots\dots\dots$, $f_H = \dots\dots\dots$ buna göre f_H ve f_L değerleri arasındaki farklar nedir?

6-) Giriş geriliminin frekansını Şekil 10.3'te verilen değerlere ayarlayın. Buna göre uygun olarak V_o gerilimini tablodaki yerlere yazın. Bu değerlere uygun olan eğriyi şekil 10.2 üzerine çizin.



Şekil 10.2 Şekil 10.1 deki alçak geçiren filtre ve Şekil 10.3 deki yüksek geçiren filtre için frekans cevabı eğrileri



Frekans (Hz)	50	100	200	500	1 k	2 k	5k	10k	100k
V_O									

Şekil 10.3 1000 Hz -20 dB/decade'lik yüksek geçiren filtre devresi ve bilgi tablosu

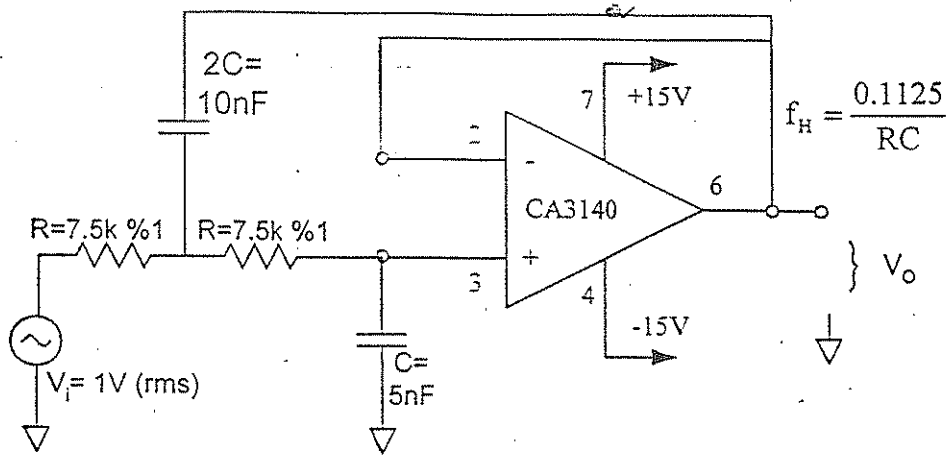
C. İkinci Derece Alçak Geçiren ve Yüksek Geçiren Filtrenin Frekans Değerlerinin Ölçülmesi

7-) Şekil 10.4'teki devreyi kurun. giriş gerilimini 1.0 V(rms), frekansını da 100 Hz'e ayarlayın. Giriş gerilimi $V_o = \dots\dots\dots$. Buradan $V_{OH} = 0.707 \cdot V_o$ ise $V_{OH} = \dots\dots\dots$, frekansı $V_o = V_{OH}$ oluncaya kadar artırın. Ölçtüğünüz bu frekans kesim frekansıdır. $f_H = \dots\dots\dots$. Giriş geriliminin frekansını Şekil 10.4'teki tablodaki değerlere uygulayarak buna uygun V_o değerlerini tabloya yazın. Bulduğunuz bu değerlere uygun eğriyi Şekil 10.6'ya çizin.

8-) Şekil 10.5'deki yüksek geçiren filtre devresini kurunuz. $V_i = 1$ V (rms) ve $f_{Vi} = 10$ KHz'e ayarlayın. Buna göre $V_o = \dots\dots\dots$. $V_{OL} = V_o \cdot 0.707$ $V_{OL} = \dots\dots\dots$ frekansı $V_o = V_{OL}$ oluncaya kadar küçültün. Ölçtüğünüz bu frekans alt kesim frekansıdır. Şekil 10.5'teki tabloyu doldurun. Tablodaki değerlere uygun olan eğriyi şekil 10.6'ya çizin.

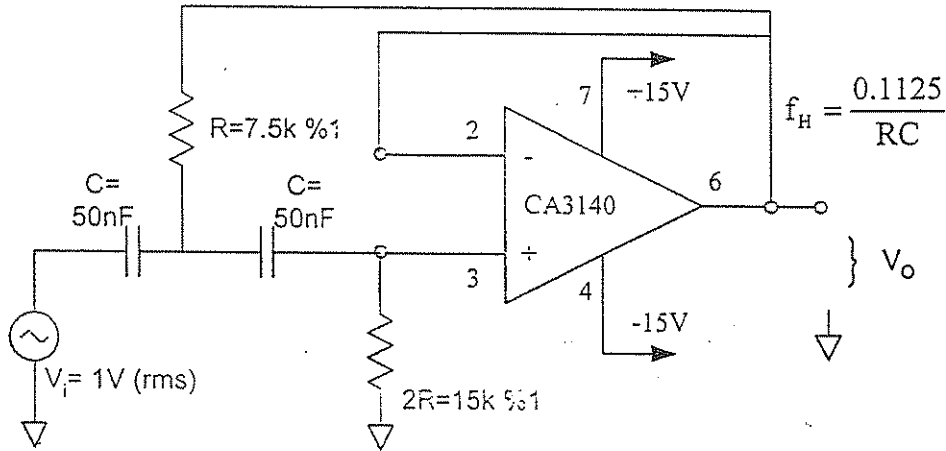
9-) Önceden şekil 10.4 ve 10.5'te verilen f_L ve f_H değerlerini aşağıdaki formüle göre hesaplayınız. $f_L = \frac{0.1125}{RC}$, $f_L = \dots\dots\dots$, $f_H = \dots\dots\dots$

Yukarıdaki değerlerle önceden ölçülen değerler arasında fark var mı? Varsa neden?



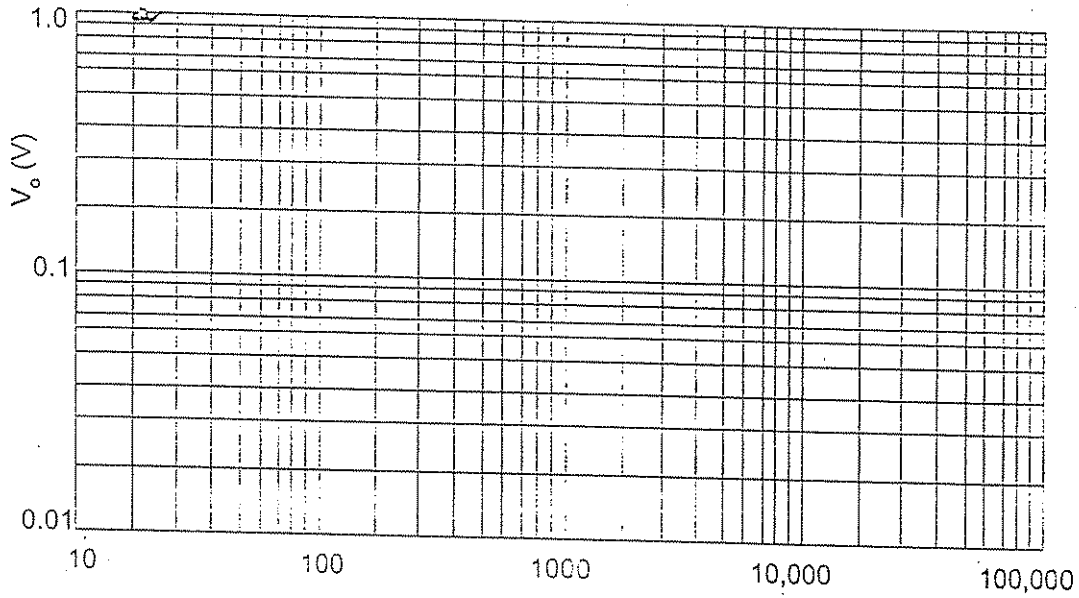
Frekans (Hz)	100	1 k	2 k	3k	5k	10k	20k	30k
V _o								

Şekil 10.4 İkinci dereceden alçak geçiren filtre devresi. f_H formülünün doğru sonuç verebilmesi için direnç ve kondansatör değerleri en fazla $\pm 1\%$ lik toleransla eşit olmalıdır.



Frekans (Hz)	100	1 k	2 k	3k	5k	10k	20k	30k
V _o								

Şekil 10.5 İkinci dereceden yüksek geçiren filtre devresi. f_L formülünün doğru sonuç verebilmesi için direnç ve kondansatör değerleri en fazla $\pm 1\%$ lik toleransla eşit olmalıdır.



Şekil 10.6 İkinci dereceden alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerin frekans cevabı eğrileri

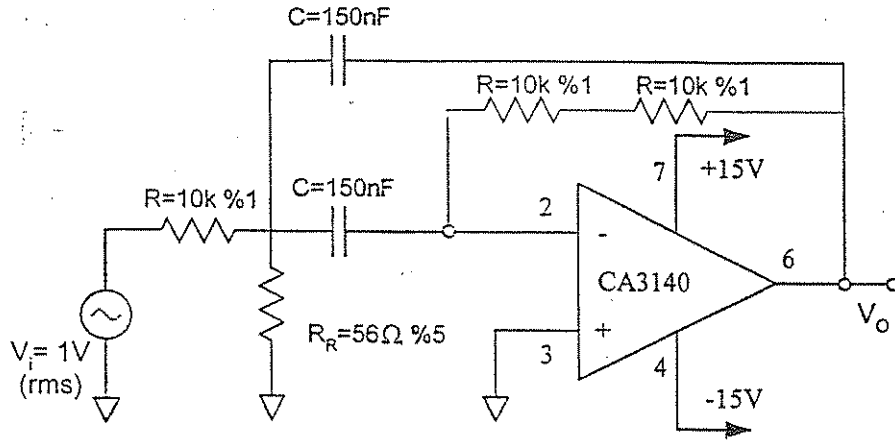
D. Band Geçiren Filtrenin Frekans Değerinin Ölçülmesi.

10-) Şekil 10.7'ye göre R ve C'nin tolerans değerlerini ölçün. Tolerans değerleri en fazla $\pm \%1$ olması önemlidir. $R = \dots\dots\dots$, $C = \dots\dots\dots$, R_r 'nin değerini ölçün ve kaydedin. $R_r = \dots\dots\dots$, şimdi ölçtüğünüz bu değerlere göre aşağıdaki ifadeleri hesaplayınız.

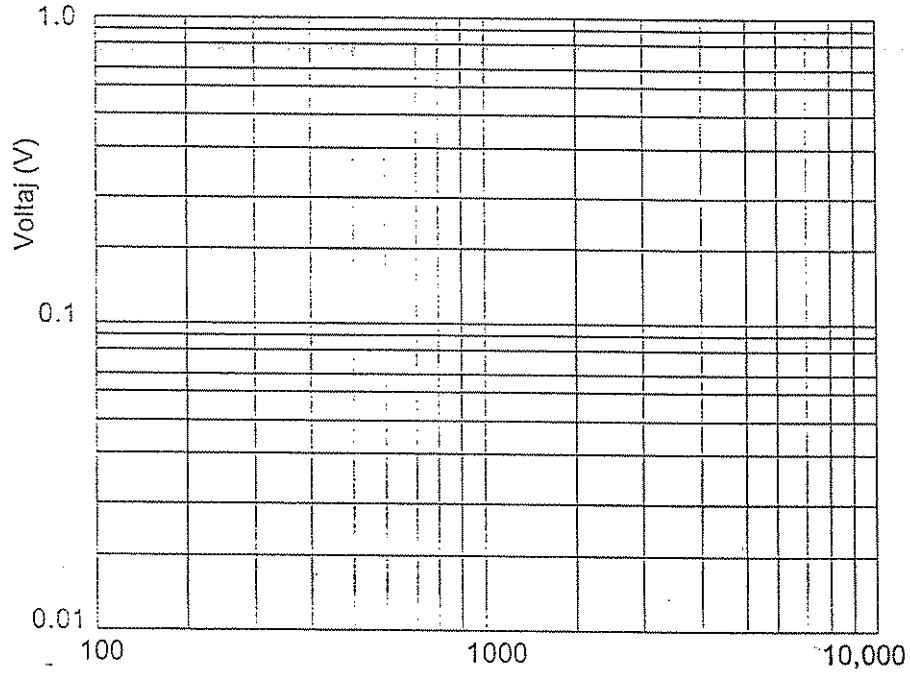
- a) Band genişliği $B = \frac{0.1591}{RC}$ $B = \dots\dots\dots$
- b) Rezonans frekansı $f_r = \frac{1125}{R * C} \sqrt{1 + \frac{R}{R_r}}$ $f_r = \dots\dots\dots$
- c) Alt kesim frekansı $f_L = \sqrt{\frac{B^2}{4} + f_r^2} - \frac{B}{2}$ $f_L = \dots\dots\dots$
- d) Üst kesim frekansı $f_H = f_L + B$ $f_H = \dots\dots\dots$
- e) Kalite faktörü $Q = \frac{f_r}{B}$ $Q = \dots\dots\dots$

Yukarıda bulduğunuz sonuçlar $f_r = \sqrt{f_L \cdot f_H}$ eşitliğini sağlıyorsa doğru demektir.

11-) Şekil 10.7'deki devreyi kurun. giriş gerilimini 1 V'a, frekansıda 1 KHz'e ayarlayın. Analog AC voltmetreyle V_o 'yu izleyin. Frekansı V_o 'nun maksimum değerine ulaşıncaya kadar ayarlayın. $V_r = \dots\dots\dots$. Buna uygun frekans değeri de $f_r = \dots\dots\dots$



Şekil 10.7 Dar band geçiren filtre. Dirençler %1 tolerans değerli olmalı ve kondansatörler en fazla $\pm$ %1 toleransla eşitlenmeli



Şekil 10.8 Şekil 10.7'deki band geçiren filtre ve Şekil 10.9'daki band durduran filtrelerin frekans cevabı eğrisi

12-) Maksimum V_O değerine göre $V_{OL}=V_{OH}$ oluncaya kadar ayarlayın. Buna göre kesim frekansları $f_L=$, $f_H=$ Buna göre B ve Q değerlerini hesaplayın. $B=f_H=f_L=$, $Q=\frac{f_r}{B}=$

13-) Önceden ölçümlerini yaptığınız f_r , f_L ve f_H değerlerini karşılaştırınız. Değişiklik var mı?

Şekil 10.8'e göre V_o 'nın frekansa göre şeklini çizin. Frekansı diğer değişkenlere göre ayarlayarak eğriyi oluşturun.

E. Band Durduran Filtrenin Frekans Cevabının Ölçülmesi

14-) Band durdurucu filtre, band geçiren filtrenin çıkışına eviren toplayıcı devresi ilave edilerek oluşturulur. V_o 'yu 1 V(rms), frekansı da 50 Hz'e ayarlayın. $V_o = \dots\dots\dots$

Buna göre $V_o \cdot 0.707 = V_{OL} = V_{OH} = \dots\dots\dots$

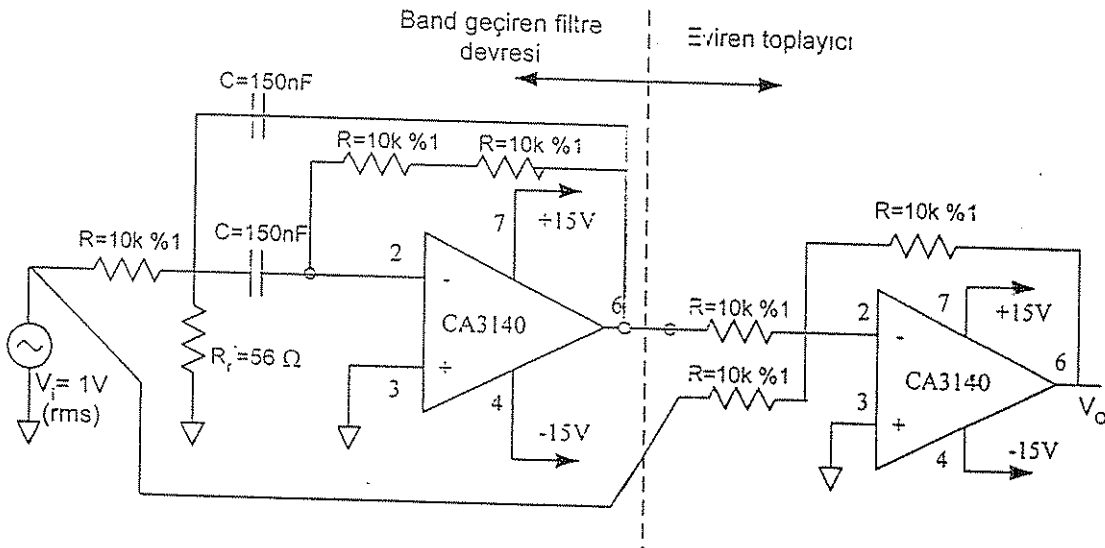
15-) Giriş frekansını V_o minimum oluncaya kadar analog AC voltmetrede gözleyin.

Bu dar band frekansını ölçün. $f_r = \dots\dots\dots$, bundan sonra $V_o = V_{OL}$ ve $V_o = V_{OH}$ oluncaya frekansı ayarlayın. Buna göre kesim frekansları $f_L = \dots\dots\dots$, $f_H = \dots\dots\dots$

daha sonra frekansı 10 KHz'e getirin ve V_o 'yu ölçün. $V_o = \dots\dots\dots$

16-) Yukarıdaki verilere göre Şekil 10.8'de 5 noktayı işaretleyin. $50 \text{ Hz} < f < 10 \text{ KHz}$ inceleyin. Daha çok frekans alırsanız eğriyi daha doğru çıkarmış olursunuz.

17-) Band kesim frekansını hesaplayın. $B = f_H - f_L$ $B = \dots\dots\dots$ Band kesim frekansı ve notch frekansı, band geçiren filtrenin band genişliğine ve rezonans frekansına eşit mi?



Şekil 10.9 Band durdurucu veya band geçirmeyen filtre; Şekil 10.7'deki band geçiren filtreyi bir eviren yükseltece bağlayarak elde edilir. R direnç değerlerinin hepsi 10 KΩ ve %1 tolerans değerindedir.

112