

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

BİYOLOJİK İŞARETLERİN ANALOG İŞLENMESİ

ANKARA 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilir.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ- 1	3
1. BİYOLOJİK İŞARETLERİ ANALOG İŞLEYEN DEVRELERİN SEÇİMİ	3
1.1. Biyolojik İşaretler	3
1.1.1. İnsan – Enstrümantasyon Sistemi Blok Diyagramı	3
1.1.2. Biyolojik İşaretlerde SNR (İşaret Gürültü Oranı).....	5
1.2. Biyolojik İşaretlede Gürültü Azaltma Yöntemleri	5
1.2.1. CMRR.....	5
1.2.2. Giriş Empedanslarının Dengesi	6
1.2.3. Kuvvetlendirici Giriş Empedansı Kuvvetlendirici Giriş Empedansı	6
1.2.4. Ekranlama.....	7
1.2.5. Manyetik Alan	9
1.2.6. Elektrik Alanı	11
1.2.7. Toprak Çevrimleri	11
1.2.8. Elektronik Devre Tasarımında Baskı Devre Düzenlemesi	12
1.3. Biyolojik İşaretlerin Analog ve Dijital İşlenme Yöntemleri	13
1.4. Genel Ölçme ve Tanılama Sisteminin Blok Diyagramı	14
1.5. Sinyal İşleme Sisteminin Blok Diyagramı, Blokların Ana Görevleri	15
1.6. Devre Çeşitleri	19
1.6.1. Aktif Filtreler	19
1.6.2. Pasif Filtreler	25
1.6.3. Kırpıcı Devreler	30
1.6.4. Gerilim Kenetleyiciler	33
1.6.5. Doğrultucu Devreleri	35
1.6.6. Aktif Tepe Dedektörü	36
UYGULAMA FAALİYETİ	38
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	40
ÖĞRENME FAALİYETİ- 2	41
2. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerin açık devre şemaları	41
2.1. Aktif Filtreler	41
2.2. Filtre Devrelerinde Kullanılan Entegre Kılıfları ve Beslemesi	44
UYGULAMA FAALİYETİ	47
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	48
ÖĞRENME FAALİYETİ- 3	49
3. BİYOLOJİK İŞARETLERİ ANALOG İŞLEYEN DEVRELERİN ÇALIŞTIRILMASI	
VE ÖLÇÜMLER ALMA	49
3.1. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerin Giriş Çıkışlarının Osilaskop ve	
Multimetre ile Ölçümü	49
3.1.1. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Alçak Geçiren Aktif Filtre	
Kullanılması.....	49
3.1.2. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Bant Geçiren Aktif Filtre Kullanılması	
.....	52
3.1.3. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Pasif Filtre Devrelerinin Kullanılması	
.....	55

3.1.4. Biyolojik İşaretlerin Analog işlenmesinde Kırpıcı Devrelerinin Kullanılması ...	57
3.1.5. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Doğrultucu Devrelerinin Kullanılması	58
3.1.6. Biyolojik İşaretlerin Analog işlenmesinde Aktif Tepe Dedektörü Devrelerinin Kullanılması.....	59
UYGULAMA FAALİYETİ	61
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	62
MODÜL DEĞERLENDİRME	63
CEVAP ANAHTARLARI.....	64
KAYNAKÇA.....	66

AÇIKLAMALAR

KOD	522EE0156
ALAN	Biyomedikal Cihaz Teknolojileri
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Biyolojik Sinyallerin Analog İşlenmesi
MODÜLÜN TANIMI	Biyolojik sinyalleri analog işleyen devrelerin seçimini, kurulumunu ve devrelerin çalıştırılarak ölçümlerinin alınmasını anlatan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Ön koşul yoktur.
YETERLİK	Biyolojik işaretleri analog işleyen devre uygulamaları yapmak.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Öğrenci bu modül ile gerekli ortam sağlandığında standartlara uygun olarak biyolojik işaretleri analog işleyen devreleri seçip kurabilecek ve ölçümler alabilecektir. Amaçlar ➤ Biyolojik işaretleri analog işleyen devreleri kullanım amacına göre seçebileceksiniz. ➤ Biyolojik işaretleri analog işleyen devreleri kurabileceksiniz. ➤ Biyolojik işaretleri analog işleyen devreleri çalıştırarak ölçümlerini alabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölye, bilgisayar laboratuvarı Donanım: Elektronik deney seti, biyolojik sinyal ölçüm deney seti, bilgisayar
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Tamamladığınız her faaliyet sonrasında uygulamasını yaptığınız her faaliyet için kendinizi değerlendireceksiniz. Modülü tamamladığınızda öğretmeniniz size ölçme araçlarını uygulayarak kazandığınız bilgi ve becerileri değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Teknoloji, hızlı sanayileşmenin, ekonomik, sosyal ve kültürel kalkınmanın en önemli unsurudur.

Biyomedikal cihaz teknolojinin bize sağladığı cihazların temlinde sinyal işleme ve yorumlama vardır. Herhangi bir objeden alınan sinyaller bu cihazlarda uygun şekilde işlendikten sonra kullanıcıya iletilmektedir.

İlk bakışta çok karmaşık olarak görülen bu işlem aslında elektronik açıdan çok basit olmaktadır. Sinyali yeterli seviyeye yükseltme, uygun filtrelerden geçirme ve gerekirse tekrar yükseltme şeklinde bir sinyal işleme işlemi gerçekleşir. Burada önemli olan uygun filtreleme işlemlerini yapmaktır.

Bu modülün içeriğinde anlatılan konularda size sinyal işleme yöntemleri ve biyomedikal cihazlardan birçok cihazın nasıl çalıştığı hakkında bilgi verilecektir.

Sizler de bu modülü aldıktan sonra biyomedikal cihazların sinyalleri nasıl algıladıklarını kavrayabileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 1

AMAÇ

Öncelikle biyolojik işaretleri işleyen devreleri tanıyacak, daha sonrada bu devreleri kullanımına uygun olarak seçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İnsan vücudunda meydana gelen elektriksel sinyaller hakkında bilgi toplayınız.
- Elektriksel sinyal çeşitlerini araştırınız.
- Araştırmalarınızı rapor haline getirip sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız.

1. BİYOLOJİK İŞARETLERİ ANALOG İŞLEYEN DEVRELERİN SEÇİMİ

1.1. Biyolojik İşaretler

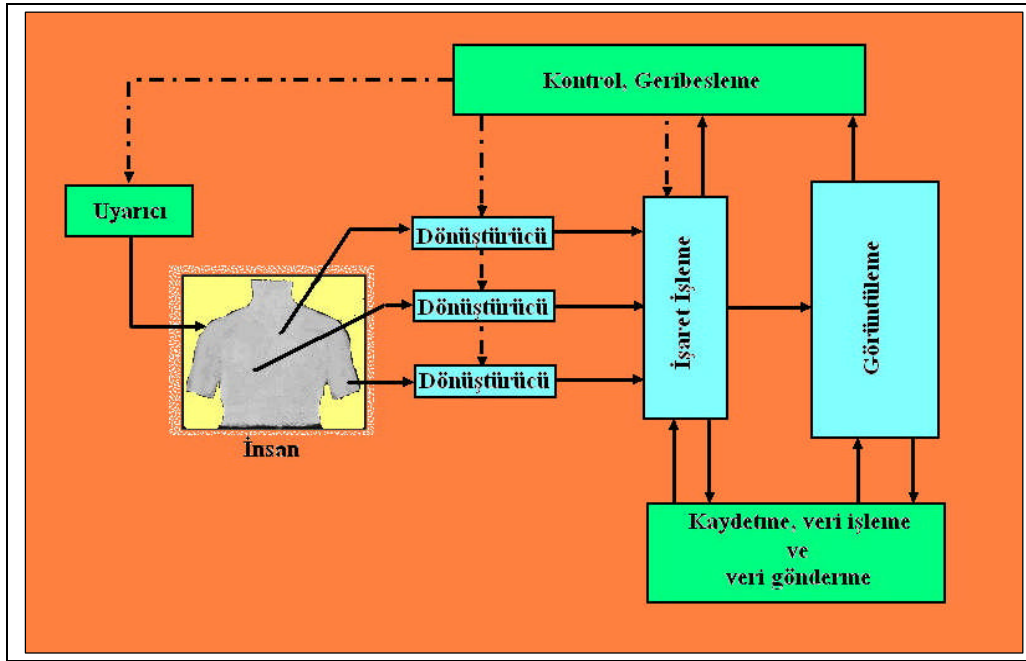
1.1.1. İnsan – Enstrümantasyon Sistemi Blok Diyagramı

Canlılarla (özellikle insan) ilgili büyüklüklerin ölçülmesinde ölçüm sistemi ile canlı arasındaki etkileşim nedeniyle, üzerinde ölçüm yapılan canlı da ölçüm sisteminin bir parçası olarak nazara alınmalıdır. Yani ölçülen değerlerin gerçek değerleri gösterebilmesi için canlının içyapısı ve özellikleri, ölçüm sisteminin tasarımı ve uygulanması sırasında nazara alınmalıdır. Üzerinde ölçüm yapılan insan organizması ve ölçümü yapan ölçü sistemi ile birlikte oluşan tüm sisteme, **İnsan –Enstrümantasyon Sistemi** adı verilir.

Bir insan- enstrümantasyon sisteminin blok diagramı şekil 1.1'de gösterilmiştir. Bu sistemdeki temel bloklar herhangi bir enstrümantasyon sistemindeki temel blokların aynısıdır. Aradaki tek fark üzerinde ölçüm yapılan subjenin insan olmasıdır. Sistem aşağıdaki bloklardan oluşur.

- **Subje:** Üzerinde ölçüm yapılan canlı organizmadır. Bu genellikle insandır.
- **Uyarıcı:** Bazı ölçümlerde bir dış uyarıcıya karşı gösterilen tepkinin ölçülmesi istenir. Uyanyı üreten ve subjeye uygulanmasını sağlayan ünite bu sistemin temel parçalarından biridir. Uyarma, görsel (bir ışığın parlaması), ses veya sinir sisteminin bir kısmının elektriksel uyarılması şeklinde olabilir.
- **Dönüştürücü:** Dönüştürücüler, ölçülen büyüklüğü elektriksel işarete çevirmek amacıyla kullanılır. Dönüştürülen büyüklük, sıcaklık, basınç, akış, veya herhangi bir fizyolojik büyüklük olabilir. Dönüştürücü çıkışı daima elektriksel bir işarettir. Birden fazla dönüştürücü kullanılabilir.

- **İşaret işleme:** Bu ünite de işaret işlenir (örneğin kuvvetlendirilir). Bu ünite, dönüştürücü çıkışındaki işaretin, görüntüleme ve kaydetme ünitelerine uygulanabilmesini sağlamak amacıyla işaret üzerinde yapılması gerekli işlemleri gerçekleştirir.
- **Görüntüleme ünitesi:** Bir önceki ünitenin çıkışındaki işaretin anlamlı olabilmesi için kolayca algılanabilen bir formda olması gerekmektedir. Bu ünitenin çıkışı genellikle görüntü veya ses şeklindedir. Görüntüleme ünitesinde ölçüleri sürekli saklamak amacıyla bir grafik kaydedici de bulunabilir.
- **Kaydetme, veri işleme ve gönderme ünitesi:** Daha sonra kullanmak veya başka bir yere göndermek amacı sağlayan ünite, sistemin en önemli ünitelerinden biridir. Bilgilerin otomatik depolanması ve/veya işlenmesinin istenmiş olduğu durumlarda veya ölçüm sisteminde bilgisayar kullanılmış olması durumunda gerçek zamanda (“on-line”) çalışan bir bilgisayar bu sistemin bir parçası olabilir.



Şekil 1.1: İnsan-Enstrümantasyon Sistemi

1.1.2. Biyolojik İşaretlerde SNR (İşaret Gürültü Oranı)

İşaret işleme, genel olarak, algılanan işaretin değerlendirilebilir ve yorumlanabilir şekle getirilmesi için gerçekleştirilen bir işlemler dizisidir. Biyolojik işaretler, gerek küçük genlikli olmaları ve gerekse insan vücudu gibi, çeşitli işaret kaynaklarına sahip olan ve gürültülü bir ortam içinde bulunan büyük hacimli bir yapıdan alınmaları nedeniyle gürültülü işaretlerdir. Diğer işaretler gibi, biyolojik işaretlerin de anlaşılabilir bir şekle getirilmeleri için öncelikle bu gürültülerden temizlenmeleri gerekir. İşaretin gürültüden temizlenmesinde, işaretin özelliğine uygun çeşitli filtreleme işlemleri gerçekleştirilir. Bu filtreler, analog olabileceği ve donanım olarak gerçekleştirilebileceği gibi sayısal ortama geçilerek yazılım olarak da gerçekleştirilebilmektedir.

Ön filtreden geçirilmiş olan biyolojik işaret, hala yorumlanabilir düzeyde olmayabilir. Bu durumda işaret üzerine, işarete özgü başka işlemler uygulamak ve dönüşümlerle zaman domeninden başka domenlere geçerek bu domenlerde işareti işlemek gerekebilir ki, bu da işaret işlemenin konusuna girmektedir. Örneğin beyinden algılanan Elektroensefalografik (EEG) işaretin daha iyi ve hızlı yorumlanabilmesi için işaretin frekans spektrumu elde edilerek işaret, bu spektruma göre renklendirilebilmektedir. Uyarılmış potansiyel (UP) analizlerinde de, göze uygulanan parlak bir ışık sonucu beyinden algılanan işaret (UP cevabı), beynin normal aktivitesi sırasında oluşturduğu EEG işareti içinde gömülü olduğu (UP cevabının, beynin spontan EEG cevabı yanında en az 10 kere küçük olduğu) bir durumla karşılaşılır ki, bu durumda EEG cevabı, bir bozucu işaret niteliğine bürünmüş olmaktadır. UP cevabının, bu durumda gürültü olarak gözüken EEG cevabından temizlenebilmesi için özel senkron ortalama alma tekniklerine başvurulmaktadır. Buradan da görüldüğü gibi, esas işaret dışında olan ve esas bozucu durumunda olan her türlü işaret, başka durumlarda esas işaret durumunda olsa bile, gürültü olarak ele alınmaktadır. İşaret işlemenin önemli adımı olarak, işaretin bu gürültülerden temizlenmesi yoluna gidilmekte, başka bir deyişle işaretin İşaret/Gürültü Oranı(SNR) çalışılmaktadır. İşaret/gürültü oranını artırmak için gürültü zayıflatma veya yoketme teknikleri veya işaret iyileştirme (signal enhancement) teknikleri uygulanmaktadır.

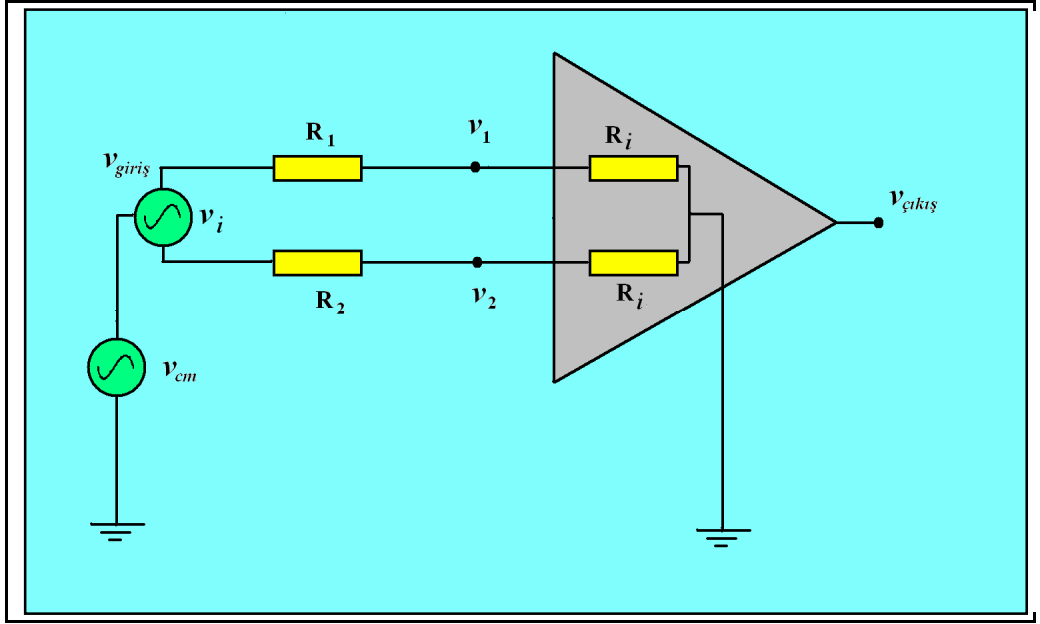
1.2. Biyolojik İşaretlerde Gürültü Azaltma Yöntemleri

1.2.1. CMRR

Fizyolojik işaretlerin kuvvetlendirilmesinde kullanılan fark kuvvetlendiricilerinde önemli bir sorun ortak modda gelen giriş işaretlerinin bastırılmasıdır. Fizyolojik işaretler düşük genlikli (örneğin EKG'de 1mV ve EEG'de 50uV mertebesinde) işaretlerdir. Böyle küçük genlikli giriş işaretleri yanında birkaç yüz mV'luk ortak mod işaretlerinin bunlarla birlikte fark kuvvetlendirici girişlerine gelmesi, fark işaretlerinin, ortak mod işaretlerinden ayrılmasının önemini vurgular. Ortak modda gelen temel işaretler 50Kz şebeke frekanslı olanlardır. Bu amaçla düşünülebilecek en basit çözüm yollarından biri, biyopotansiyel kuvvetlendirici giriş katlarında Ortak İşaret Bastırma Oranı (CMRR'si) büyük olan fark kuvvetlendiricileri kullanmaktır. Yüksek CMRR olması durumunda, gürültü şeklindeki ortak mod işaretleri, daha zayıf olarak kuvvetlendirici çıkışında gözükecektir. İyi bir fark kuvvetlendiricisinde CMRR, 100dB'in üzerindedir.

1.2.2. Giriş Empedanslarının Dengesi

Şekil 1.2'de, temsili olarak giriş katında bulunan bu fark kuvvetlendiricisi ortak mod gerilimi (v_{cm}) ve girişlere seri olarak bulunduğu varsayılan dirençlerle birlikte gösterilmektedir. Bu modelde girişe seri olan ve kuvvetlendirici giriş direnci durumunda olan dirençler (genel olarak empedanslar), kuvvetlendirici girişinde bir köprü devresi oluşturmaktadır. Ortak mod gerilimi, girişlere seri bulunan dirençlerle kuvvetlendiricinin giriş dirençleri arasında bölüneceğinden kuvvetlendirici girişinde, fark gerilimi oluşacak ve yüksek kazançlı fark kuvvetlendiricisi, bu gürültü bileşenini de kuvvetlendirecektir. Giriş seri dirençlerin eşit ($R_1=R_2$) yapılması durumunda bu gürültü bileşeni etkisiz kalacaktır.



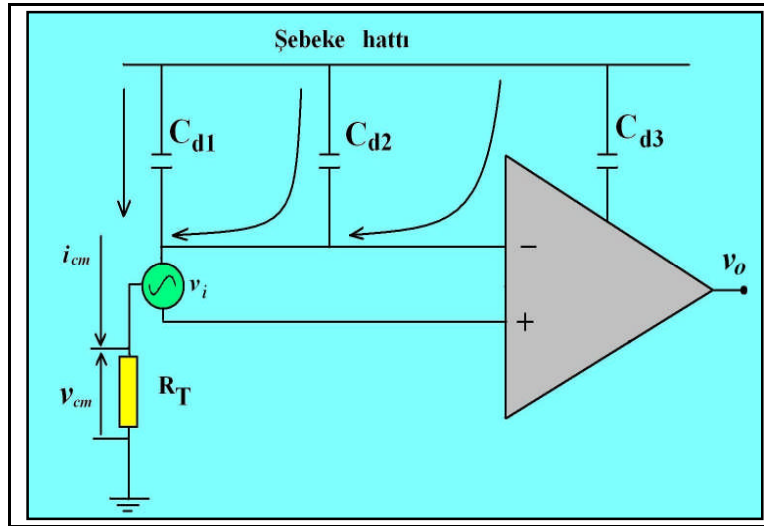
Şekil 1.2: Kuvvetlendirici girişine seri dirençlerin dengesizlik etkisi

1.2.3. Kuvvetlendirici Giriş Empedansı Kuvvetlendirici Giriş Empedansı

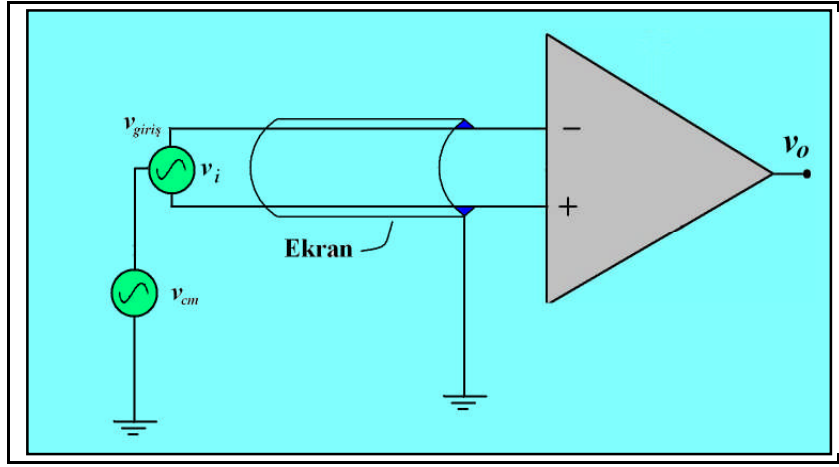
Şekil 1.2'deki modelde, kuvvetlendirici giriş empedanslarının girişe seri dirençler yanında çok büyük ($R_i \gg R_1$) olması durumunda da, $R_1=R_2$ şartı olmasa da, ortak mod şeklindeki giriş gerilimi, çıkışa ulaşamayacaktır. $R_i \gg R_1$ şartı, kuvvetlendirici giriş direncinin kaynak direnci yanında çok büyük tutulmasını veya kaynak direnci durumunda olan elektrot ve elektrot temas dirençlerinin, kuvvetlendirici giriş dirençleri yanında çok küçük tutulmasını gerektirecektir.

1.2.4. Ekranlama

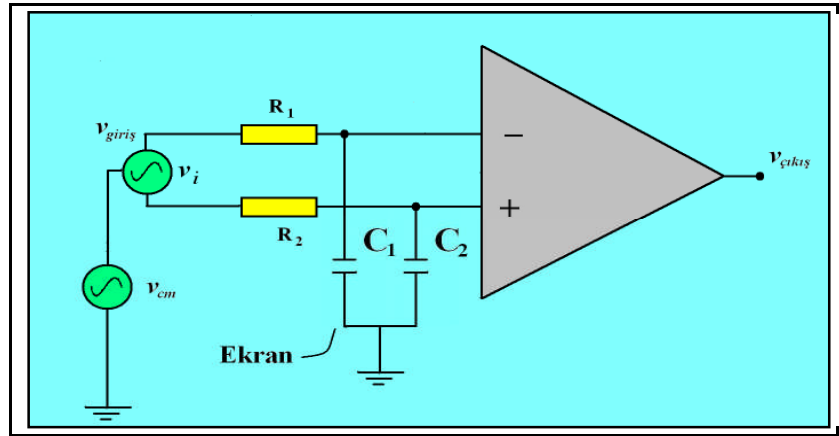
Şekil 1.2'de gösterilen modelde, kuvvetlendiriciyle kaynak arasındaki kabloların uzun olması durumunda, toprağa olan kablo kaçak kapasiteleri de etkili olmaya başlayacak ve bu etki, kuvvetlendirici girişleriyle toprak arasında temsili kaçak kapasiteleriyle gösterilebilecektir. Kabloların ekransız olması durumunda ise, kablolar, her türlü harici gürültü kaynağına karşı etkilenmeye açık bir durumda bulunacak ve bu durum, modelde, bu gürültü kaynaklarıyla kuvvetlendirici girişleri arasında başka kaçak kapasitelerinin de temsili olarak gösterilmesine neden olacaktır. Şekil 1.3'te, harici elektrik alanının kaynağına, kabloya ve kuvvetlendiriciye olan kapasitif kuplajı, temsili olarak gösterilmektedir. Gerek bu şekildeki elektrot kablosuna veya bağlantı kablosuna olan elektrik alan kuplajını engellemek ve gerekse kablo toprak arasındaki kaçak kapasitelerinin kuvvetlendirici giriş empedans dengesini bozmasının önüne geçmek için kabloların ekranlanması gerekecektir. Elektrik alanına karşı kullanıldığı durumda, elektrik alanının etkisi altında kalan ekranın, gürültülü işaret taşıyan bir kaynak durumunda olmasını engellemek için de topraklanması gerekli olur. Toprağa kaçak kapasitelerinin etkileri göz önüne alınarak kullanıldığında ise ekran, kaçak kapasitelerinin belirli değerlerde kalmasını sağlayan bir unsur olmaktadır. Şekil 1.4 'te, bağlantı kablosu ekranlanmış olan kuvvetlendirici devresinin eş değeri gösterilmektedir. Bu eş değer devrede, kablolarla ekran arasındaki kapasiteler, kablo iletkenlerinin ekrana karşı konumları, kablo hareket etse bile, bozulmayacağından, bu şekilde, kaçak kapasiteler kararlı ve muhtemelen de eşit olmuş ve daha önceki maddelerde anlatılan giriş empedans dengesi de korunmuş olacaktır.



Şekil 1.3: Şebeke hattından olan kapasitif kuplajın etkileri



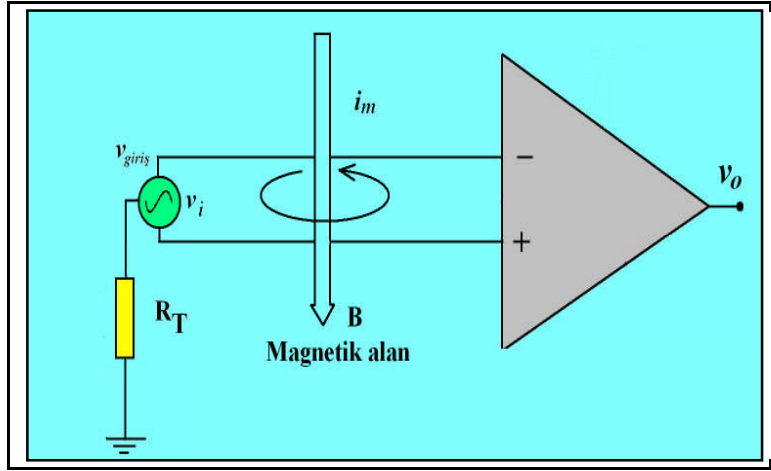
Şekil 1.4: Bağlantı kablolarının ekranlanması



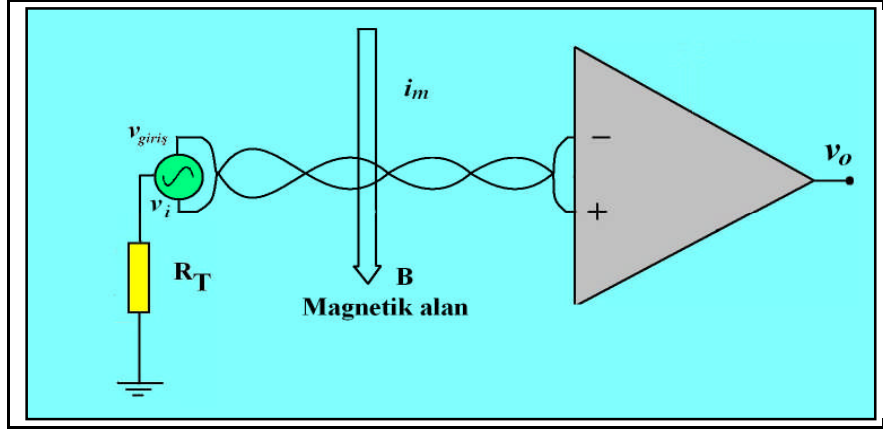
Şekil 1.5: Eş değer devre modeli

1.2.5. Manyetik Alan

Kuvvetlendirici ve kaynak arasındaki bağlantı kablosu, ortamdaki manyetik alanın halkalayacağı şekilde bir çevrim oluşturuyorsa, bu çevrimde akan i_m ortak mod akımı, kuvvetlendirici girişinde bir fark işareti meydana getirecek ve bir gürültü geriliminin oluşmasına neden olacaktır. Bu çeşit gürültüden kurtulmak için, önlem olarak, Şekil 1.7'de gösterildiği gibi, kablolar birbirine burularak manyetik alanın göreceği alan daraltılmalıdır. Ayrıca, devre tasarımlarında gerçekleştirilen baskılı devrelerde de manyetik alan kuplajı sağlayacak toprak çevrimlerinin olmamasına dikkat edilmelidir. Devre girişlerinde manyetik alan ekranlaması kullanılacaksa, ekranlama için, manyetik geçirgenliği çok yüksek malzemeler, örneğin trafo sacı tercih edilmelidir.



Şekil 1.6: Kabloların oluşturduğu çevrim



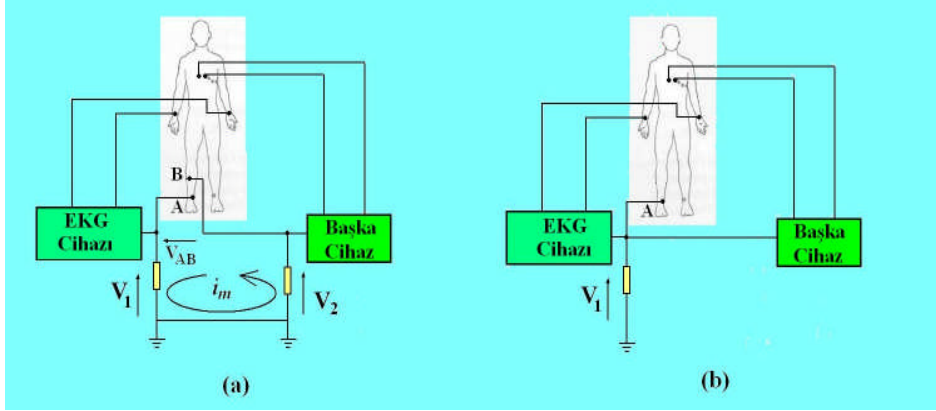
Şekil 1.7: Burulmuş durumdaki manyetik alan etkisi

1.2.6. Elektrik Alanı

Şekil 1. 3'te gösterilen elektrik alan kuplajını engellemek için daha önceki adımlarda da belirtildiği gibi, bağlantı kablolarını ekranlamak gerekecektir. Devre elemanlarını ekranlamak için ise iletkenliği yüksek olan malzemeler, ucuz olması nedeniyle bakır levhalar tercih edilmelidir. Şebeke kaynağından, kaçak kapasiteler üzerinden gelen kaçak akımlar, kaynak tarafındaki RT topraklama direnci üzerinde bir vcm ortak mod işareti oluşturacaktır. RT direnci küçük seçildiği takdirde, bu ortak mod gerilimi de küçük olacaktır. Ancak bu direncin değeri, elektriksel emniyet açısından (bir kaza durumunda hasta üzerine gelecek yüksek gerilimin, bu direnç üzerinden ve dolayısıyla toprakladığı hasta üzerinden akıtacağı akımın, hasta için tehlikeli olabilecek delerlere çıkmasını engellemek için) fazla küçük seçilemeyecektir. Bunun yerine, hastanın emniyetli şekilde küçük dirençle topraklanmasını sağlayan ve özellikle Elektrokardiyografik işaretlerin algılanmasında kullanılan Sağ Bacak Sürücüsü devresi kullanma yoluna gidilmektedir.

1.2.7. Toprak Çevrimleri

Teşhis ve tedavi sırasında, hastaya, birden fazla tıp cihazı bağlanmış olabilir. Bunlardan biri elektrokardiyografi cihazı, diğeri örneğin bir basınç ölçüm düzeni olabilir. Hastaya bağlı cihazlar, ya bu cihazların güç kabloları üzerinden şebeke hattıyla birlikte gelen toprak noktasına veya ayrı bir kablo üzerinden civarda bulunan bir toprak bağlantısına bağlanarak topraklanırlar. Bu topraklama sırasında, şekil 1.8'de gösterildiği gibi bir toprak çevriminin nasıl oluştuğunu inceleyelim. Her iki cihazın toprak elektrotları, şekil 1.8.a'da gösterildiği gibi hastaya bağlanmış ve bu elektrotlar oda içerisindeki farklı topraklar üzerinden topraklanmış olsun. Eğer B toprağının gerilimi A'ninkinden fazla ise hasta üzerinden bir akım akacaktır. Bu akım elektriksel emniyet bakımından hasta için tehlikeli boyutlarda olabilmekte ve hasta üzerinde VAB ortak mod potansiyelini ortaya çıkarabilmektedir. Akımın aktığı yol, toprak çevrimi olarak isimlendirilir. Bu çevrime, bir manyetik akım kuple olacak olursa, ortak mod gerilimi daha büyük değerlere çıkabilecektir. Ayrıca, cihazlardan birinin toprak hattı koptuğunda, o cihazın toprak akımı, diğer cihazın toprak hattından ve dolayısıyla hasta üzerinden akacağından tehlike daha da büyüyecektir. Bu çevrimin ortadan kaldırılması gereklidir. Şekil 1.8.b'de çevrimin nasıl yok edildiği gösterilmiştir. Cihazlardan birinin toprağı, diğerinin topraklama noktasına bağlanarak tek toprak noktası kullanılacak olursa bu sorunlar ortadan kalkacaktır.



Şekil 1.8: (a) Toprak çevriminin oluşması (b) Tek nokta topraklama

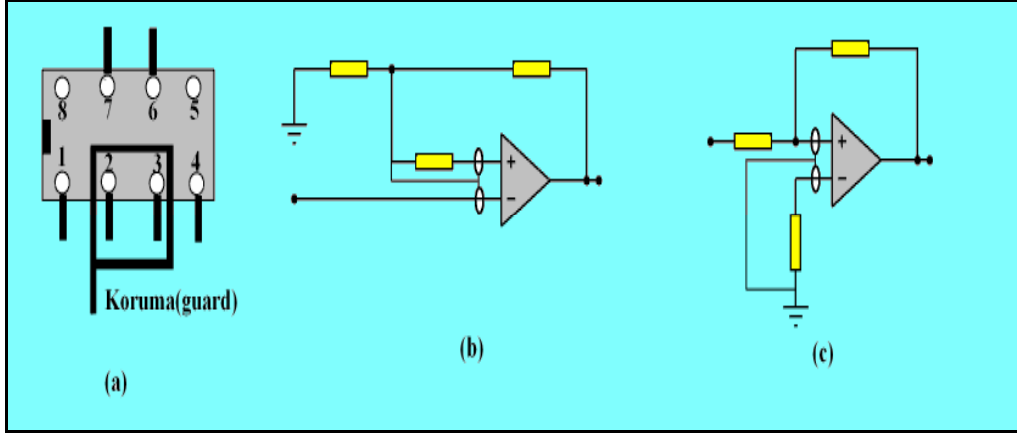
1.2.8. Elektronik Devre Tasarımında Baskı Devre Düzenlemesi

Gürültü oluşumunu engellemede diğer önemli bir unsur, genellikle her elemanın besleme kaynağına giden uçlarını, elemana en yakın yerden bir kapasite elemanı ("bypass capacitance", topraklama kapasitesi) ile toprağa bağlamaktır. Genellikle gürültü azaltmada uygulanan yöntemlerden biri de, hemen hemen her kuvvetlendiriciyi bir alçak geçiren filtre tarzında geçirmektedir.

Tek nokta topraklamasının yapılmadığı yerlerde ortak toprak hattı, toprak direncini azaltacak şekilde, mümkün olduğunca kalın yapılmalıdır. Ancak, fazla geniş bir topraklama hattı alanı, dış ortama karşı gürültü kuplajında istenmeden kusurlu bir durum ortaya çıkarır. Bunun önüne geçmek ve geniş topraklama yüzeylerinde oluşacak çevrim akımlarını önlemek üzere geniş yüzeyli toprak hattı dantelli olarak (bu alan içinde birbirini çapraz olarak kesen ince bakır vollar şeklinde) yapılmaya çalışılır.

Tek nokta topraklamasında yapılmadığı durumlarda dikkat edilmesi gereken durumlardan biri de, devrenin girişi ile çıkışındaki elemanların toprak hattına bağlanmaları sırasında, üzerinden işaret akımı akan geniş toprak çevrimlerinin oluşumuna engel olmaktır. Giriş katları izole yapıldığında (izole edilmiş kaynaktan beslendiğinde), gürültüye çok açık olan giriş katlarının çıkışla böyle bir toprak çevrimine girmesi engellenmiş olur. Endüktif gürültü kuplajını önlemek için, devre üzerinde elemanlara ait işaret ve işaret dönüş hatlarının da bir çevrim oluşturmaması gerekir. Bunun için, çok katmanlı baskılı devre kullanarak, katmanlardan biri sırf işaret dönüş hatlarına ayrılmalıdır.

İşaretle gürültü karışımını önlemenin bir yolu olarak, şekil 1.9'da, düşük genlikli işaretlerin uygulandığı kuvvetlendirici girişlerinin, koruma halkaları "guarded ring" ile yakındaki yüksek gerilimli noktalardan gelecek olan kaçak akımlarına karşı nasıl korunduğu gösterilmiştir.



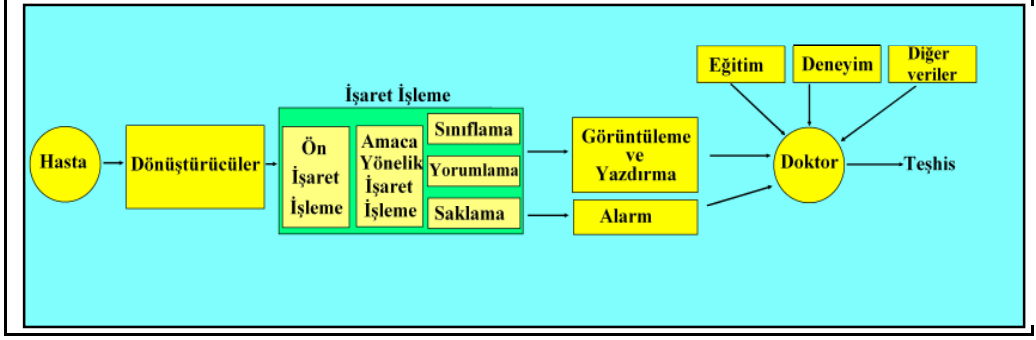
Şekil 1.9: Koruma halkasının (a) Baskı devre üzerinde (b) Terslemeyen yükselteçte (c) Tersleyen yükselteçte uygulaması

1.3. Biyolojik İşaretlerin Analog ve Dijital İşlenme Yöntemleri

Genel olarak işaret işleme, analog işleme ve sayısal(dijital) işleme olmak üzere iki kısma ayrılabilir. Analog devre elemanlarından oluşturulan filtrelerin kararlı olmamasından dolayı işaretler sayısal ortamda filtreleme işlemine tabi tutulur. Bu yaklaşım oldukça iyi sonuçlar üretmektedir. Sayısal tasarımların analog tasarımlarla aralarındaki temel fark, analog devreler frekans alanında çalışırken sayısal tasarımlar zaman alanında çalışmaktadır.

Eski ölçme ve teşhis cihazlarında işaret işleme, analog ağırlıklı iken günümüzde sayısal işaret işleme ağırlık kazanmaktadır. Sayısal işaret işlemenin analog işlemeden farkı, işlem zamanı gerektirmesidir ki bu gerçek zaman ("Real Time", "On Line") çalışmalarında önemli olmaktadır. Ancak günümüzde geliştirilen hızlı işaret işlemciler (DSP'ler) kullanılarak bu sorun giderilmiştir. Bu durumda ise mühendislere, bu işlemcileri tanımak ve bu işlemcileri kullanabilmek düşmektedir. Gerçek olmayan zaman ("Off Line") çalışmalarında ise sayısal işlemcilerin üstünlüğü çok fazladır.

1.4. Genel Ölçme ve Tanılama Sisteminin Blok Diyagramı

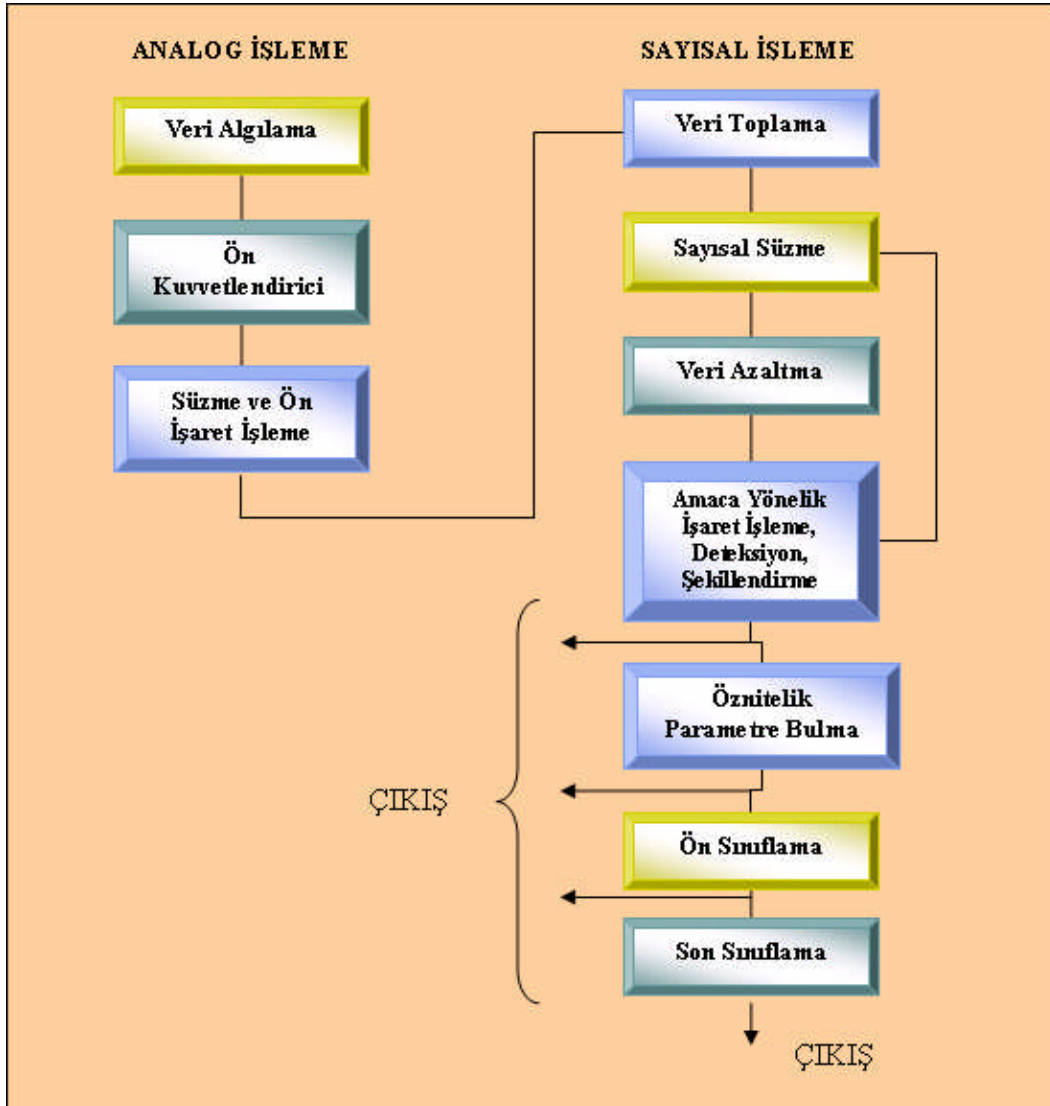


Şekil 1.10: Genel Ölçme ve Tanımlama Sistemi

Şekil 1.10'da, genel ölçme ve tanılama (teşhis) sisteminde işaret işlemenin yeri gösterilmektedir. Bu sistemde, dönüştürücü yardımıyla hastadan alınan (algılanan) ham biyolojik işaretler, hastalığı bu işaretlere bakarak tanımaya çalışan doktor veya izleyicinin, işareti en iyi anlayabileceği, başka bir deyişle kolayca hazmedebileceği düzeye getirilmesi için işaret işleme bloğundan geçirilmektedir. Eskiden, doktorun bu işaretleri yorumlayabilmesi için özel eğitimden geçmesi, işaret ve hastalıklara karşı deneyim sahibi olması ve bu ikisi arasında ilişki kurabilmesi gerekiyordu. Günümüzde ise, bilgisayar teknolojisinin getirdiği gelişmiş işaret işleme olanakları kullanılarak doktorun sahip olacağı eğitim ve deneyim, ölçme cihazlarına kazandırılmakta ve doktora, teşhis için fazla bir şey bırakılmamaya çalışılmaktadır. İşaret işleme bloğunda, işaret, önce ön işaret işleme bloğundan geçirilmekte, daha sonra amaca ve işarete uygun işaret işleme teknikleri uygulanarak görüntülenmekte ve bir taraftan da daha sonra karşılaştırma yapabilmek ve izlenmek üzere saklanmaktadır.

Daha ileri işaret işleme teknikleri yardımıyla, işaretin yorumlanması ve sınıflanması da yapılabilmekte ve gerektiğinde sınıflama sonucuna göre sistemin alarm çıkışı da sağlanabilmektedir. Sistem çıkışının, teşhis dışında, kontrol amacına yönelik olarak kullanılması da mümkündür.

1.5. Sinyal İşleme Sisteminin Blok Diyagramı, Blokların Ana Görevleri



Şema 1.1: İşaret işleme blokları

- **Veri algılama:** Veri algılamada, biyolojik veya fizyolojik büyüklüğü elektriksel büyüklüğe çeviren bir dönüştürücü bulunur. Biyolojik işaret algılamada kullanılan dönüştürücüler ise elektrot adını alır. Herşeyden önce, kullanılacak dönüştürücü, algılanmak istenen büyüklük veya parametreye uygun olmalı ve hastaya zarar ve acı vermeyecek şekilde seçilmelidir. Hastaya acı ve zarar vermeyecek dolaylı ("noniavasive") yöntemler kullanılması durumunda algılama zayıf olmakta, işarete daha çok gürültü karışmış olmakta ve bunun sonucunda ise daha ileri seviyeli işaret işleme teknikleri kullanılması gerekmektedir. İşarete en az gürültü karışması arzu edildiğinden, bunu sağlayabilmek için biyolojik işaret algılamada;
- Gürültüsü az olan Ag-AgCl elektrotlar kullanılmalıdır.
 - Elektrotların bağlanacağı deri yüzeyi ve elektrotlar çok iyi temizlenmiş olmalıdır
 - Mümkün mertebe hasta gürültü kaynaklarından uzak bir ortamda bulundurulmalı ve gerekirse bu iş için ekranlanmış ve yalıtılmış özel odalar kullanılmalı, bu mümkün değilse manyetik ve elektrik alan oluşturan kaynaklar ekranlanmalıdır.
 - Elektrotlarda ortaya çıkan hareket gürültüsünü ve diğer istenmeyen biyolojik işaret karışımlarını en aza indirebilmek için hasta, çok sakin bir duruma getirilmelidir.
 - Elektrot kabloları ekranlı olmalı, hasta özel olarak şebeke toprağından yalıtılmış olmalıdır.
 - Gürültüyü mümkün mertebe daha algılama yapılırken en azda tutacak tedbirler alınmalı ve bunun için uygun yöntemler seçilmelidir.
 - Bağlantı kablosu kısa tutulmalı ve manyetik alan kuplajına imkân verecek kablolar arası halka oluşumuna engel olunmalıdır.
 - Mümkün oldukça kaynak direncini küçültecek yönde elektrotlar geniş yüzeyli seçilmelidir.
 - Mümkünse aktif elektrotlar kullanılmalı (ön kuvvetlendiriciler elektrotların hemen yakınında gerçekleştirilmeli) ve elektrotla deri arasında uygun pasta kullanılmalıdır.
- **Ön kuvvetlendirme:** Elektrotlardan alınan sinyallerin yükseltildiği kısımdır. Burada kullanılan yükselticiler, sinyal gürültüsü en az olacak şekilde seçilmelidir ve aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.
- **Kuvvetlendiricinin giriş direnci,** biyolojik işaretin algılandığı frekans spektrumu içinde, kaynak direncinin en az 1000 katı büyüklüğünde (1 Gohm'dan büyük) olmalıdır. Bunun için biyopotansiyel kuvvetlendirici giriş katları daha çok izleyici olarak tasarlanmaktadır.
- **Biyopotansiyel kuvvetlendiriciler** yüksek kazançlı olduğundan, giriş katlarındaki dengesizlik (küçük ofset) gerilim kaymaları çıkışta büyük gerilim değişimlerine neden olacaktır. Bunun önüne geçilmesi için giriş katlarında dengesizlik (kayma, ofset) gerilimleri ve ofset kaymaları küçük olan kuvvetlendiriciler kullanılmalıdır.

- **Fark kuvvetlendiricisi** yardımıyla aynı fazdaki bozucu gerilimlerin bastırılıp etkisiz hale getirilebilmeleri için, giriş katlarında, ortak işaret bastırma oranı (CMRR'si) 50Hz'de 100 dB'nin üzerinde olan enstrümantasyon kuvvetlendiriciler kullanılmalıdır.
- Gürültü akımları ve gerilimleri, kuvvetlendiricinin dinamiğini olumsuz etkilediği için, giriş katlarında gürültüsü az olan kuvvetlendiriciler kullanılmalıdır. Bunun yanında özellikle kazancı etkileyen pasif elemanlar da gürültüsü az olan elemanlardan seçilmelidir.
 - Gürültü kuplajını önlemek için giriş katları çok iyi ekranlanmalı ve giriş katlarının topraklaması yapılmalıdır.
 - Kuvvetlendirici elemanların besleme kaynağına bağlanan bacaklarının hemen Yakınında köprüleme (dekuplaj, "bypass") kondansatörleri kullanılmalıdır.
 - Ön kuvvetlendiricinin giriş kutuplama akımı 10 mA'in altında olmalıdır.
 - Mümkünse girişlerde direkt kuplaj (doğru gerilim kuplajı) bulundurulmamalıdır.
 - Giriş katı, fark kuvvetlendiricisi şeklinde tasarlanmışsa, işaret kaynağı ile kuvvetlendiricinin girişleri arasında bulunan empedansların birbirinin aynı olmasına dikkat edilmelidir. Bunun için, kuvvetlendirici girişlerinde genel olarak elektrot bulunacağından, bu elektrotlar birbirinin aynı olmalıdır.
 - Bunların yanında, giriş katlarında hasta izolasyonu sağlanmalı ve bu iş için geliştirilmiş izolasyon kuvvetlendiricileri kullanılmalıdır.
- **Süzme ve ön işaret işleme:** Biyolojik işarete karışan belli başlı gürültü kaynakları şunlardır.
- Hareket gürültüsü (elektrodun hareketine neden olan ve hastanın vücut hareketiyle nefes alıp vermesi sırasındaki hareketten doğan gürültü),
 - Diğer biyolojik kaynaklardan karışan gürültü (**örneğin** EKG algılanırken kaslardan kansan EMG gürültüsü),
 - 50Hz şebeke gürültüsü,
 - Manyetik veya elektrostatik alçak veya yüksek frekanslı harici kaynaklardan karışan gürültü,
 - Elektronik elemanların iç gürültüsü,
 - Elektronik elemanların nonlineerlik gürültüsü
 - Sayısal kısımda ise kuvantalama gürültüsü olarak sıralanabilmektedir.

Bu gürültüleri devre bazında bastırmak için kullanılan filtreler (süzgeçler), işaretin geçmesine imkân verecek ve gürültüyü bastırarak bant genişliğine sahip olacak şekilde, bant geçiren filtre olarak tasarlanır.

- **Veri toplama:** Bir analog işaretin sayısal işleme tabi tutulması için öncelikle analogdan sayısal dönüştürülmesi gerekir. Bu iş için kullan Analog-Dijital dönüştürücüler (ADC'ler) yardımıyla analog işaret örneklenerek ayrık biçime getirilir ve örnekler kuvantalanır.

- **Sayısal süzme:** Vücuttan alınan ve kuvvetlendirilen işaret, çoğu zaman, analog işaret işleme ünitelerinden geçtikten sonra bile, hala fark edilebilir ölçüde gürültü bileşenlerini üzerinde taşıyor olabilir. Bu gürültüler, sayısal işaret işleme katında, uygun sayısal filtreler yardımıyla daha da bastırabilmektedir. Bu amaçla, gürültü ile esas işaretin yapısına uygun alçak geçiren, yüksek geçiren veya bant geçiren özellikte bir dizi filtreleme yöntemleri ve bunların dışında özel filtreleme yöntemleri kullanılmaktadır.
- **Veri azaltma:** Veri azaltma işlemi, bir bilgi sıkıştırma işlemidir. Bilgi sıkıştırma, belli bir miktar veriyi belli bir zamanda taşımak için gerekli bant genişliğini azaltan veya belli bir bant genişliğinde ve belli miktardaki bilgiyi göndermek için gerekli zamanı azaltan ya da belli bant genişliğine sahip belli zaman içinde gelen işaretteki bilgi miktarını azaltan bir tekniktir. Burada daha çok, işlenecek veya saklanacak bilginin miktarındaki azaltma önemli olmaktadır.
- **Amaca uygun işaret işleme, deteksiyon ve şekillendirme:** Bazen, işaret üzerinde, özel amaçlar için özel işaret işleme tebrüklerinin uygulanması gerekir. Örneğin Uyarılmış Potansiyel (UP, "Evoked Potentials", "EP") cevaplarında, senkron(eş zaman) ortalama alma işlemi ve EMG işaretlerinde de mutlak ve ortalama değer alma ve medyan frekansını bulma gibi işlemler gerçekleştirilir. Bazen de, işareti başka domene (frekans domenine, z domenine, Walsh uzayına) taşıyarak bu domende işaret işleme gerçekleştirilir. Sınıflamada da kullanılmak üzere, biyolojik işarete ait belli parametrelerin bulunabilmesi için, zaman içinde belli noktaların veya işarettaki belli şekle sahip anların ve bu anlardaki işaret değişim şekillerinin ortaya çıkartılması gerekli olmaktadır. Buna örnek olarak, EKG işaretiinde R deteksiyonu verilebilir.
- **Öznitelik parametre bulma:** Elde edilen işaretin teorik özellikleri incelendiğinde çeşitli parametreler ortaya çıkar. Bir biyolojik işaretin parametrelerinin seçimi, sadece bilinen teorik işaret koşullarına göre belirlenmez, fizyolojik açıdan da bir anlam taşıyor ve sağlam temellere oturuyor olması gerekir. Biyolojik işaretlerin en önemli parametreleri şu şekilde sıralanabilir.
 - İşaret yapılabiliyorsa periyodik işarete yaklaştırılarak periyodunun bulunması,
 - İşaretin yapısına göre gecikme (latent) süresinin (etkiyle tepki arasında geçen sürenin) elde edilmesi,
 - Deterministik olduğu varsayılan işaretlerde karakteristik noktaların tepe değerlerinin (QRS yüksekliğinin) ölçümü gibi değerlerdir.
- **Sınıflama:** Sınıflamada tutulan yol, kalıp uyumlaştırma işlemidir. Gözlenen işaretin ele alınan sınıflardan hangisine dâhil edileceği, işarete ait öznitelik veya öznitelikler grubunun, her sınıf için seçilen kalıp karşılıklarına ne kadar uyduğuna bağlı olmaktadır. Bu uygunluk işlemi, bir uyumlaştırma kriteri çerçevesinde, işaret-kalıp karşılaştırmasının sonucunun değerlendirilmesine bağlı olmaktadır. Eğer işaret, 1. sınıfa ait kalıba seçilen bir kriter gere, diğer sınıf kalıplarına uyduğundan daha iyi uyuyorsa, işaret, o kalıbın sınıfına sokulmaktadır. Son sınıflama bloğunda, daha sıkı ölçme (karşılaştırma) işleminden geçirilerek sınıflama işlemi tamamlanmaktadır.

1.6. Devre Çeşitleri

Bir filtre devresi, belli bir frekans bantını geçirerek ve bu frekansın dışındakileri zayıflatmak amacı ile geliştirilmiş, aktif veya pasif bir devredir. Pasif filtre devreleri; direnç, self ve kapasitif elemanlar içerir. Aktif filtreler ise bunlara ilaveten transistör veya opamp gibi aktif devre elemanları içerir. Aktif filtrelerde self elemanı kullanılmaz.

1.6.1. Aktif Filtreler

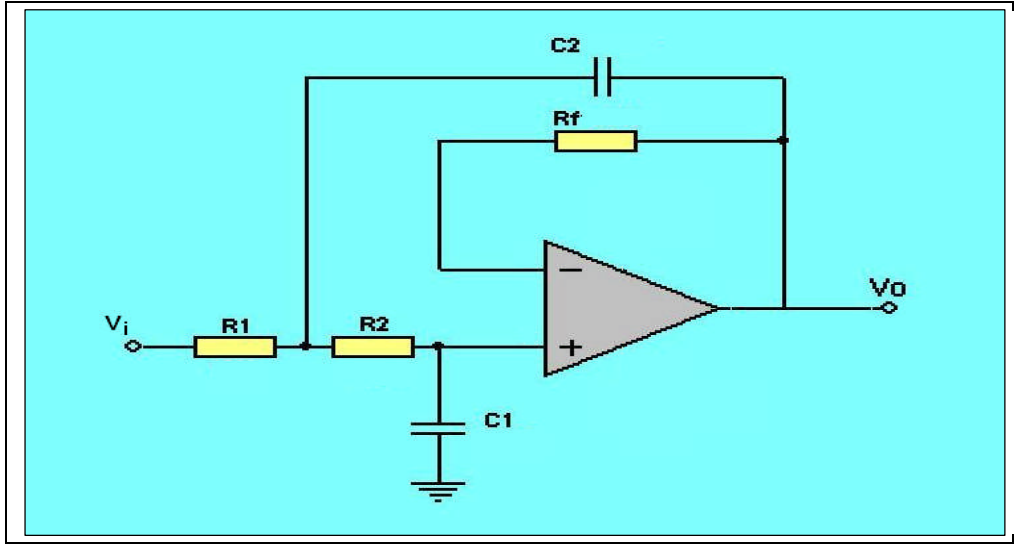
Aktif filtreler, pasif filtrelere nazaran birçok üstünlük içerir. Örneğin, filtrenin geçirgen olduğu frekanslarda bir zayıflatma olmaz. Bu filtrelerde giriş empedansı çok yüksek, çıkış empedansı ise çok düşüktür. Opampın bant genişliği sınırlı olduğundan bazı frekanslarda filtreleme işlemi yapmak mümkün değildir. Çeşitli derecelerde aktif filtre yapmak mümkündür. Bu bölümde, 2. dereceden (–40 dB/dekad) bir aktif filtre devresini inceleyeceğiz. Bunun yanı sıra 1. ve 3. dereceden (–20dB/dekad ve –60dB/dekad) filtre devreleri de vardır.

1.6.1.1. Alçak Geçiren Filtre Devresi

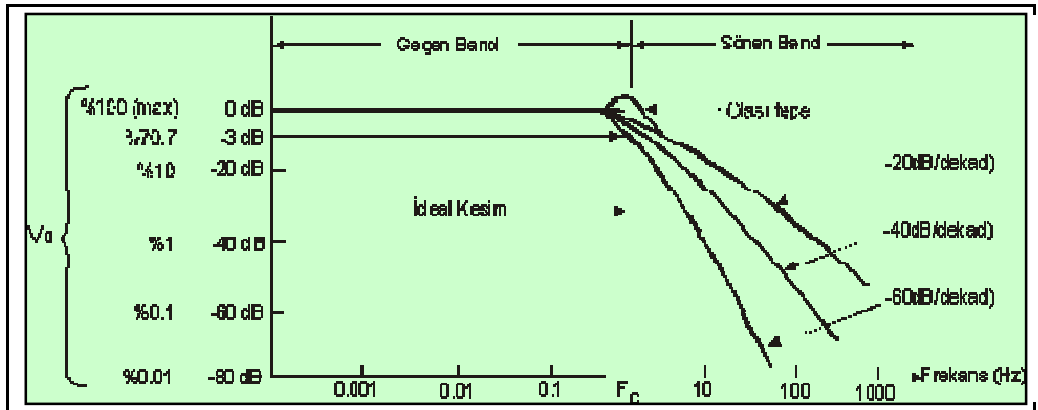
Alçak geçiren filtre, belirli bir köşe frekansının altındaki frekansları geçiren üstündekileri ise zayıflatma bir devredir. Köşe frekansına F_c denir. F_c , aynı zamanda; 0.707 frekansı, –3dB frekansı veya kesim frekansı olarak da isimlendirilir. Şekil 1.11'de 2. dereceden aktif filtre devresi görülmektedir. Bu devrenin kazancı; kesim frekansı F_c 'den sonra –40dB/dekad'lık bir eğimle zayıflar. Bu durum şekil 1.12'de alçak geçiren filtrenin frekans karakteristiği incelenerek görülebilir.

Kesim frekansı F_c ;

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



Şekil 1.11: İkinci dereceden Alçak geçiren filtre devresi

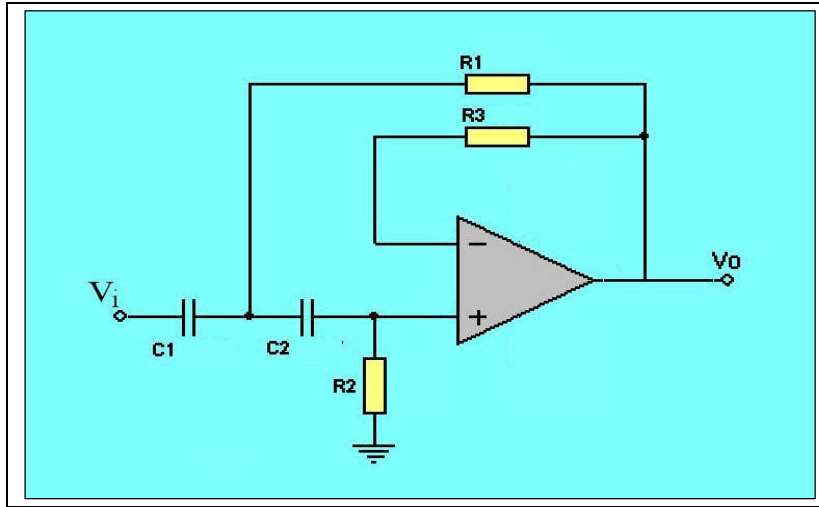


Şekil 1.12: Alçak geçiren filtrenin frekans cevabı

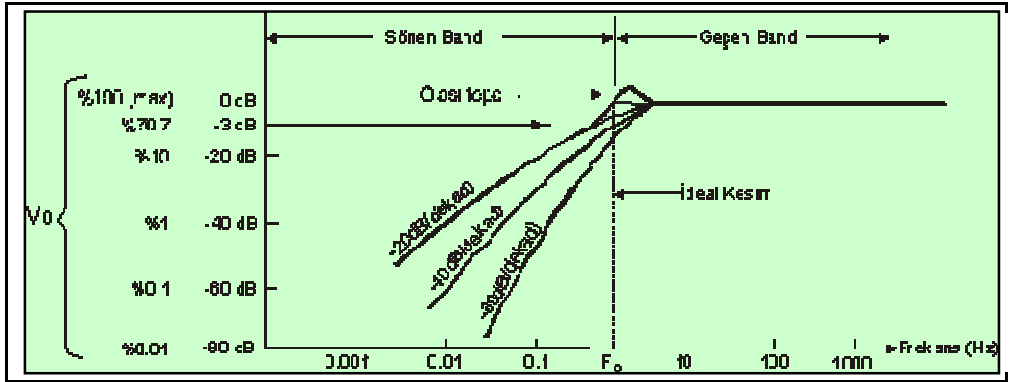
1.6.1.2. Yüksek Geçiren Filtre Devresi

Yüksek geçiren filtre; belirli bir köşe frekansının yalnız üzerindeki frekansları geçiren, altındaki frekansları ise zayıflatan filtre devresidir(şekil 1.13 ve cevabı). Yüksek geçiren filtre, alçak geçiren filtrenin simetriğidir. Kesim frekansı F_c ;

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



Şekil 1.13: İkinci dereceden yüksek geçiren filtre devresi



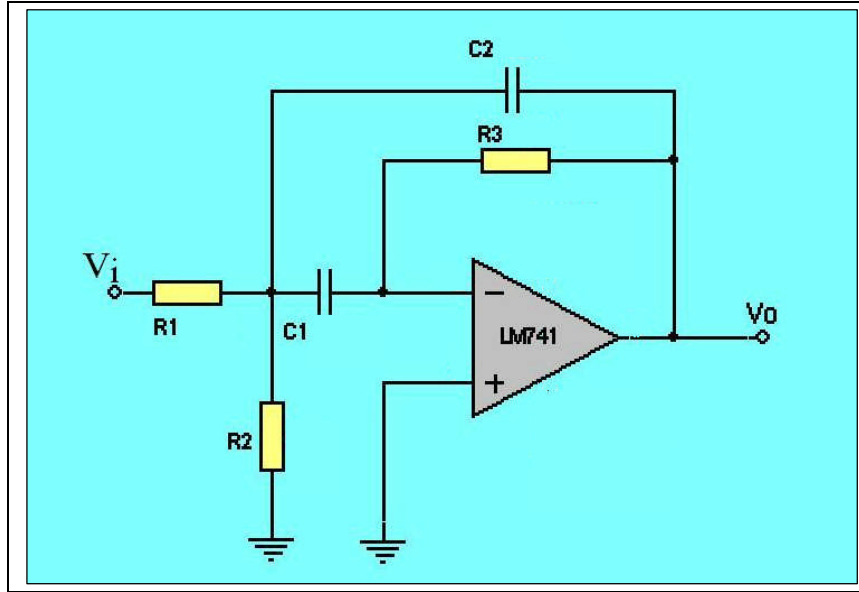
Şekil 1.14: Yüksek geçiren filtrenin cevabı

1.6.1.3. Bant Geçiren Filtre Devresi

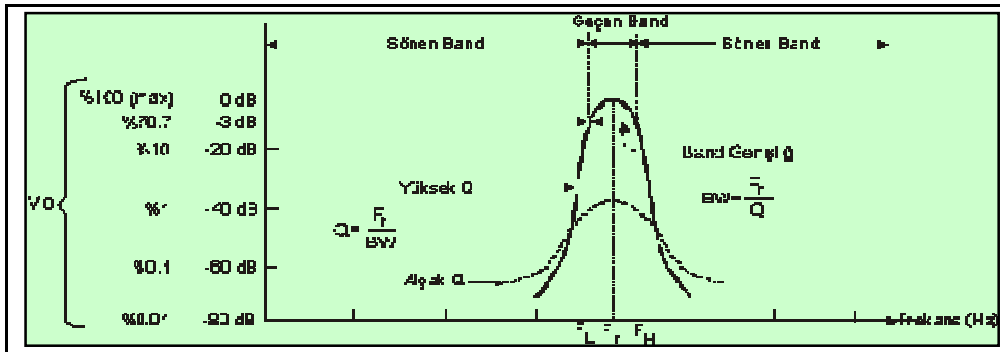
Bant geçiren filtre, belirli bir frekans aralığındaki işaretleri geçiren, dışındaki işaretleri ise geçirmeyen bir filtre devresidir. rezonans (F_r) frekansının her iki yanındaki yarı güç noktaları arasında bir grup frekansta çalışır. (Filtrenin çıkış geriliminin ve kazancının maksimum olduğu frekansa Rezonans frekansı denir.) Bu frekans sınırları dışında frekans zayıflar. En büyük çıkış gerilimi rezonans frekansında oluşur ve bu nokta tepe noktası olarak adlandırılır.

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Şekil 1.15'te opampla gerçekleştirilmiş aktif bant geçiren filtre devresi görülmektedir. Devrede $R_3=R_f$ dir.



Şekil 1.15: İkinci dereceden bant geçiren filtre devresi

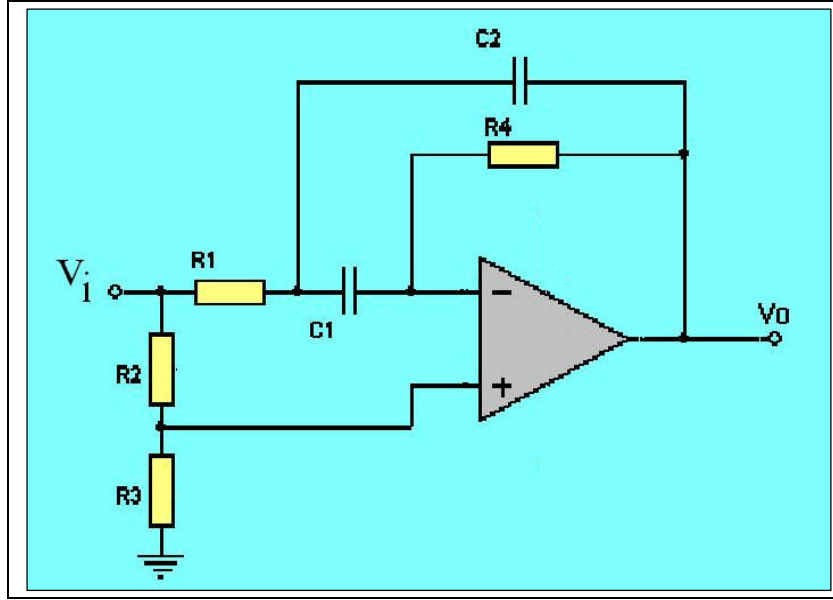


Şekil 1.16: Bant geçiren filtrenin frekans cevabı

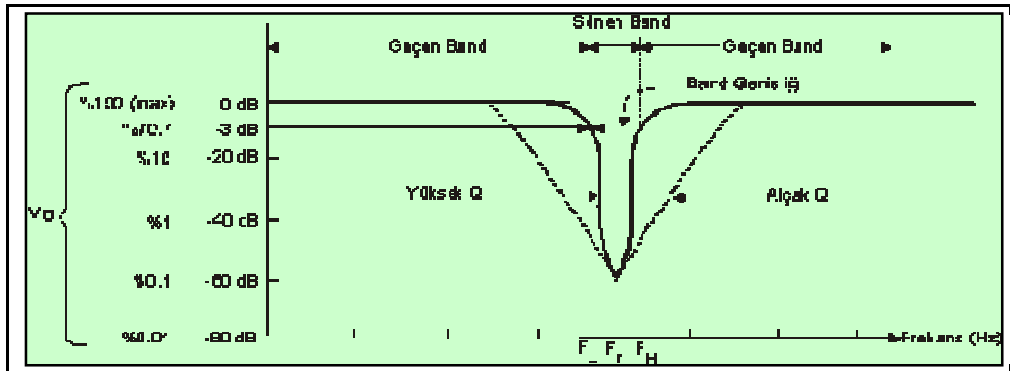
1.6.1.4. Bant Durduran Filtre Devresi

İstenmeyen veya parazit etkisi yapan işaretlerin devre üzerindeki etkisini azaltmak veya yok etmek için bant söndüren filtreler kullanılmaktadır. Özellikle şehir şebekesinden dolayı oluşan parazitlerin çeşitli elektronik cihazlarda bozucu etkisini önlemek amacı ile bu tip filtrelerden yararlanılmaktadır. Bant durdurucu filtrenin fonksiyonu bant geçiren filtrenin tersidir. Bu tip bir filtrede bant genişliği içerisindeki belli bir grup frekans hariç, diğer tüm frekansların geçişine izin verilir. Devrede $R_4=R_f$ dir.

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_f R_1 C_1 C_2}}$$



Şekil 1.17: İkinci dereceden bant durduran filtre devresi



Şekil 1.18: Bant durduran filtrenin frekans cevabı

1.6.1.5. Çentik Filtre Devresi

Çentik fitler özellikle biyomedikal cihazlarda işaretler üzerindeki 50 Hz'lik şebeke frekanslı gürültüleri bastırmak için kullanılan bant durduran filtre yapısında bir filtre devresidir (şekil 1.19). Devrenin çentik frekansı aşağıdaki ile hesaplanabilir.

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

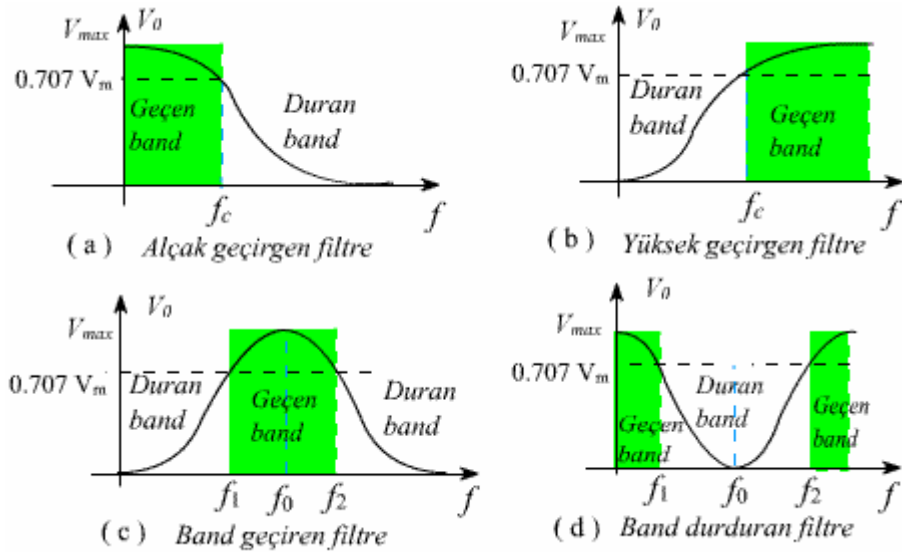
Şekil 1.19: Çentik filtre devresi

1.6.2. Pasif Filtreler

Pasif filtreler, R L C elemanları seri ya da paralel bağlanmasıyla oluşturulur. Pasif fitlerlerde kendi aralarında dörde ayrılır.

- Alçak geçiren filtreler
- Yüksek geçiren filtreler
- Bant geçiren filtreler
- Bant durduran filtreler

Aşağıdaki şekilde filterelerin frekans eğrileri görülmektedir



Şekil 1.20: Pasif filtrelerin frekans eğrileri

1.6.2.1. Alçak Geçiren Pasif Filtre

R C filtreleri kolay gerçekleştirilen devreler olup alçak geçiren veya yüksek geçiren filtre olarak tasarlanabilir. Devrede çıkış kondansatör üzerinden alınırsa devre alçak geçiren, devrede çıkış direnç üzerinde alınırsa devre yüksek geçiren filtre devresi olur. Yandaki devrede, alçak frekanslarda çıkış gerilimi yüksek olur, f_c kritik frekansından sonra çıkış gerilimi azalmaya başlıyor.

$f = 0$ Hz için;

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

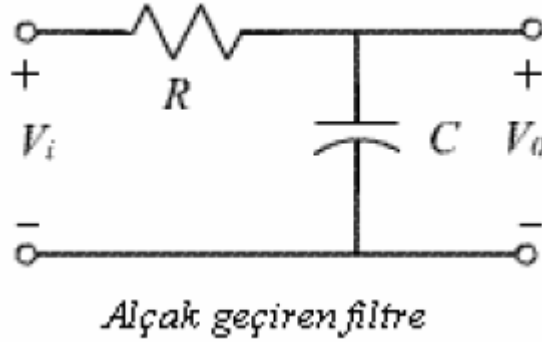
olur. Bu durumda kondansatör açık devre gibi davranır. Çıkış; $V_i = V_0$ olur. Çok yüksek frekanslarda, reaktans

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = 0 \Omega$$

olur ve çıkış gerilimi $V_0 = 0$ V olur.

$X_C = R$ için frekans

$$R = \frac{1}{2\pi f_c C} \text{ bağıntısından} \quad f_c = \frac{1}{2\pi R C} \quad (\text{kesim frekansı) elde edilir.}$$



Şekil 1.21: Alçak geçiren pasif filtre

Alçak geçirgen filtrelerde, uygulanan frekans f_c den küçük olduğunda, çıkış gerilimi giriş geriliminin % 70.7 sinden büyük olmaktadır. Herhangi bir frekans f_c den büyük ise, çıkış gerilimi, giriş geriliminin % 70.7 sinden küçük olmaktadır.

1.6.2.2. Yüksek Geçiren Pasif Filtre

Yüksek geçirgen filtre devreleri, alçak geçirgen filtre devrelerine benzer. Ancak çıkış kondansatör üzerinden değil de direnç üzerinden alınır.

Devrede alçak frekanslarda devrenin çıkış gerilimi düşük olur. f_c kritik frekansından sonra gerilim yükselmeye başlar. $f = 0$ iken kondansatörün reaktansı çok yüksek olacağından

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \infty \Omega$$

çıkış $0 \cong V_o$ olur. Çok yüksek frekanslarda ise reaktans

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = 0 \Omega$$

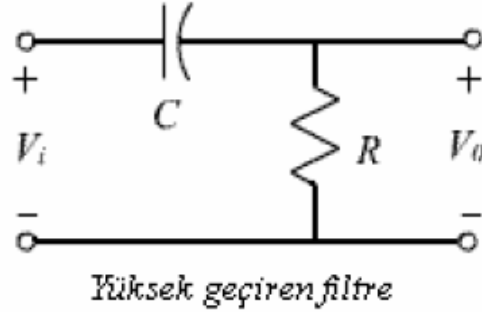
olacağından;

Çıkış gerilimi $V_i = V_o$ olur.

$X_c = R$ için frekans

$$R = \frac{1}{2\pi f_c C} \text{ bağıntısından}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R C} \text{ (kesim frekansı) elde edilir.}$$

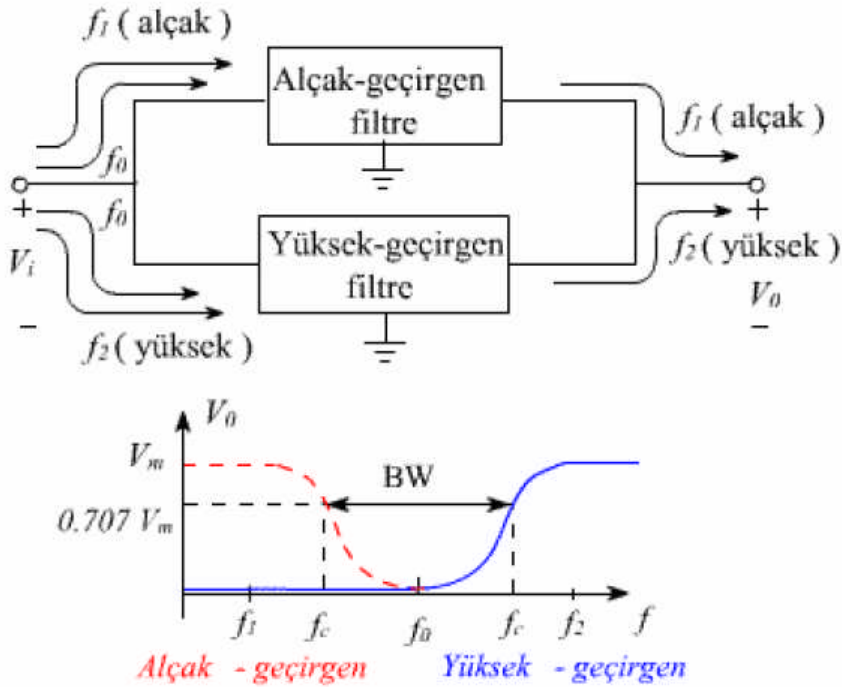


Şekil 1.22: Yüksek geçiren pasif filtre

Yüksek geçiren filtrelerde, uygulanan frekans f_c den küçük olduğunda, çıkış gerilimi giriş geriliminin %70.7'nden küçük olmaktadır. Herhangi bir frekans f_c den büyük ise, çıkış gerilimi, giriş geriliminin %70.7'nden daha büyük olmaktadır.

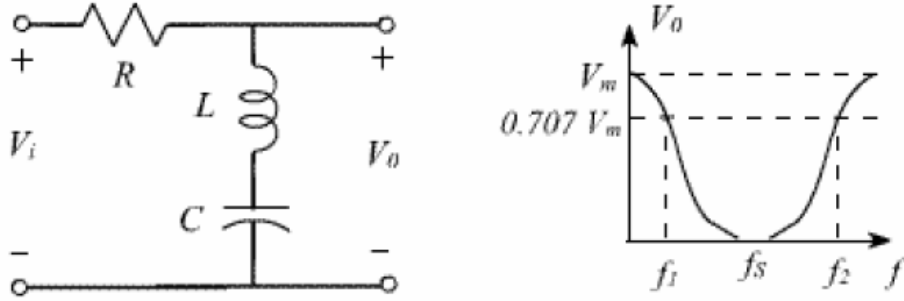
1.6.2.3. Bant Durduran Pasif Filtre

Bant durduran filtreleri yapmak için birçok metot vardır. Bunlardan biri, bir yüksek geçiren ile yüksek geçiren alçak geçiren filtreyi paralel bağlamak diğeri de seri rezonans ile yapılabilir.



Şekil 1.23: Bant durduran pasif filtre

Yukarıdaki şekillerden de görüldüğü gibi f_1 alçak düzeyde bir frekansta olduğunda alçak geçirgen devresinden geçer ve f_2 yüksek bir frekansta olduğunda diğer kolu izler. Ayrıca f_0 frekansı alçak geçirgen filtrenin kritik büyük, yüksek geçirgeninkinden büyüktür. Bu da çıkış geriliminin giriş geriliminin %70.7'sinden fazlasının geçmesini önler.

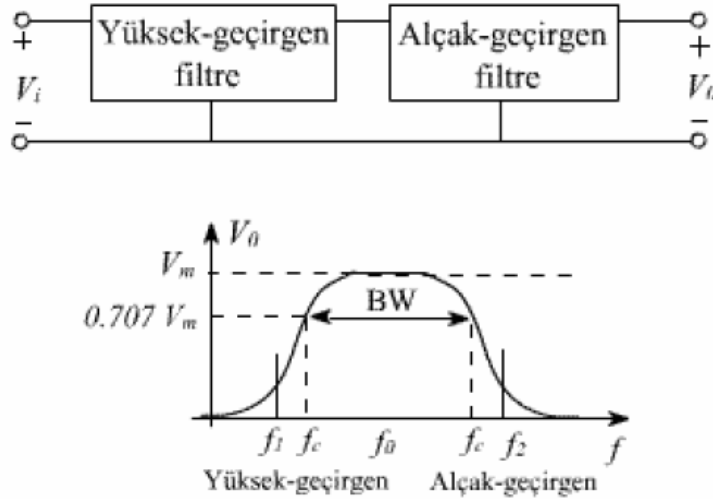


Şekil 1.24: Bant durduran pasif filtre örneği ve grafiği

Yukarıda bir seri rezonans devresi vardır. Yukarıdaki devrede çıkış seri bağlı L ve C ' den alınırsa devre bant durduran filtre görevi görür.

1.6.2.3. Bant Geçiren Pasif Filtre

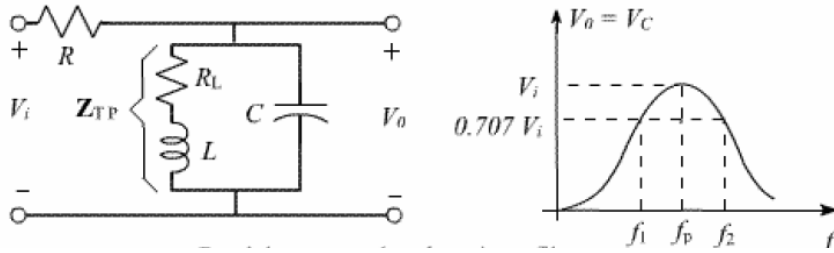
Belirli frekans aralıkları geçirmek için yapılan filtrelerdir. Bunun için bir yüksek geçirgen filtre ve alçak geçirgen filtre art arda bağlanmalıdır.



Şekil 1.25: Bant geçiren filtre tasarımı ve grafiği

Alçak geçiren filtrenin kesim frekansı, yüksek geçiren filtreninkinden büyük seçilmelidir. Yukarıdaki sekilden de anlaşıldığı gibi önce yüksek geçiren filtre alçak frekansları f frekansına kadar geçisini engelliyor. Rezonans frekansından sonra ise alçak geçiren filtre devreye giriyor ve f_2 ye kadar ki frekanstaki sinyalin geçişine izin veriyor. Daha yüksek frekanslı sinyalleri ise geçirmiyor.

Ayrıca bant geçiren filtre paralel rezonans devresiyle de yapılabilir. Çünkü rezonans devreleri rezonans frekansı ve civarında yüksek empedansa sahip olur ve bu da sadece belirli frekans aralıklarının geçişine izin verir. Aşağıda bant geçiren paralel rezonans devresi görülmektedir.



Şekil 1.26: Bant geçiren pasif filtre ve grafiği

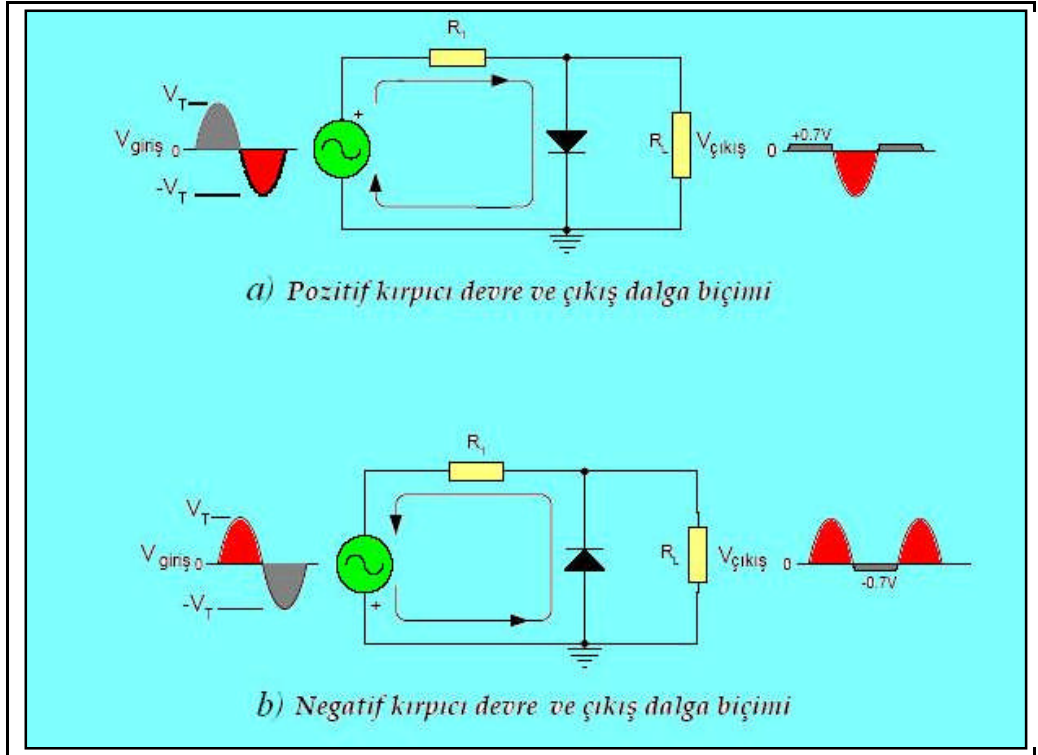
1.6.3. Kırpıcı Devreler

Elektronik biliminin temel işlevi, elektriksel sinyalleri kontrol etmek ve ihtiyaca göre işlemektir. Pek çok cihaz tasarımında elektriksel bir işareti istenilen seviyede kırmak veya sınırlandırmak gerekebilir. Belirli bir sinyali kırma veya sınırlama işlemi için genellikle diyotlardan yararlanılır. Bu bölümde, aşağıda belirtilen konular hakkında ayrıntılı bilgiler elde edeceksiniz.

- Kırpıcı diyot devrelerinin özellikleri ve işlevleri
- Polarmalı kırpıcı devrelerin özellikleri ve analizi

Kırpıcı devreler, girişine uygulanan işaretin bir kısmını çıkışına aktarıp diğer bir kısmını ise kırpma devreleridir. Örneğin şekil 1.27.a'da görülen devrede giriş işaretinin pozitif alternansı kırılıp atılmış, çıkışa sadece negatif alternans verilmiştir. Devrenin çalışmasını kısaca anlatalım. Giriş işaretinin pozitif alternansında diyot doğru yönde polarmalanır. Çünkü anoduna +VT gerilimi, katoduna ise şase (0V) uygulanmıştır. Diyot iletimdedir. Diyot üzerinde 0.7V ön gerilim görülür. Bu gerilim, diyota paralel bağlanmış RL yük direnci üzerinden alınır. Giriş işaretinin negatif alternansında ise diyot ters yönde polarmalanmıştır. Dolayısıyla kesimdedir. Negatif alternans olduğu gibi RL yük direnci üzerinde görülür. Bu durum şekil 1.27.a'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

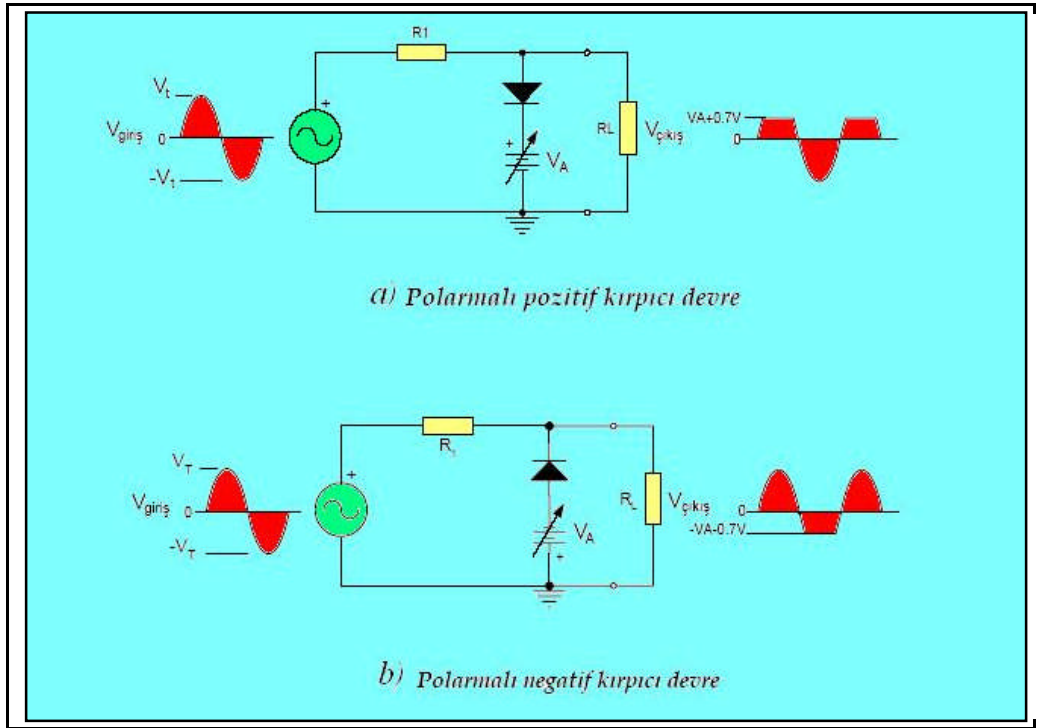
Giriş işaretinin sadece negatif alternansının kırıldığı, negatif kırıcı devre şekil 1.27.b’de görülmektedir. Bu devrede; giriş işaretinin negatif alternansı kırılmış, çıkıştan sadece pozitif alternans alınmıştır. Devrenin çalışmasını kısaca açıklayalım. Giriş işaretinin pozitif alternansında, diyot ters yönde polarlanmıştır. Dolayısıyla kesimdedir. Girişteki pozitif alternans R_L yük direnci üzerinde olduğu gibi elde edilir. Giriş işaretinin negatif alternansında ise diyot iletimdedir. Üzerinde sadece 0.7V diyot ön gerilimi elde edilir. Bu gerilim diyota paralel bağlı R_L yük direnci üzerinde de oluşacaktır.



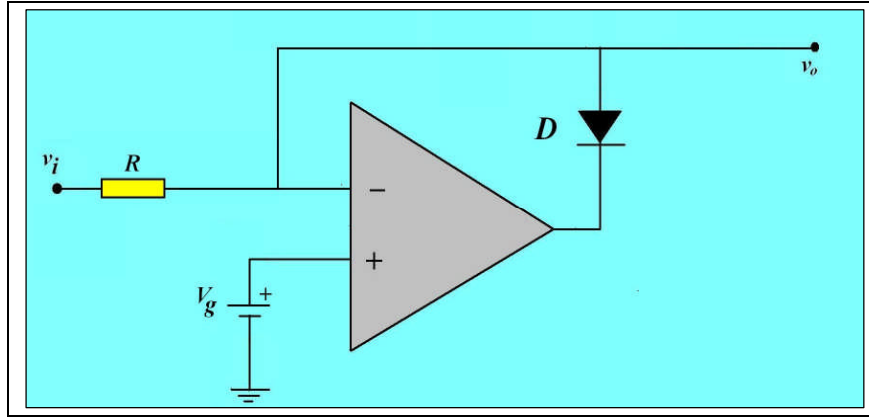
Şekil 1.27: Pozitif ve negatif kırıcı devresi

- **Polarmalı kırıcı devreler:** Girişinden uygulanan sinüzoidal işaretin pozitif alternansını istenilen bir seviyede kıran kırıcı devre şekil 1.28’de görülmektedir. Devre girişine uygulanan sinüzoidal işaretin (V_g) pozitif alternansı, V_A geriliminin belirlediği değere bağlı olarak kırılmaktadır.

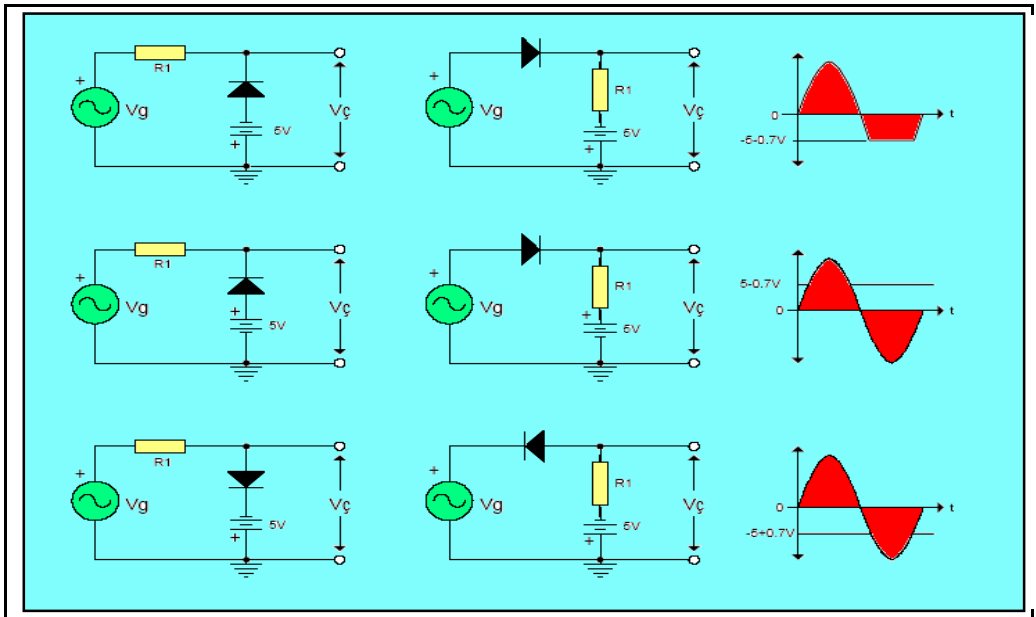
Devre analizini V_g geriliminin pozitif ve negatif alternansları için ayrı ayrı inceleyelim. Girişten uygulanan işaretin pozitif alternansı, diyodun katoduna bağlı V_A değerine ulaşana kadar diyot yalıttır. Çünkü diyodun katodu anaduna nazaran pozitifdir. Bu durumda devre çıkışında V_g gerilimi aynen görülür. Girişten uygulanan V_g geriliminin pozitif alternansı V_A değerinden büyük olduğunda ($V_g = 0,7 + V_A$) diyot doğru yönde polarlanacaktır ve iletme geçecektir. Diyot iletme geçtiği anda V_A gerilimi doğrudan çıkışa aktarılacak ve R_L yükü üzerinde görülecektir. Giriş işareti negatif alternansa ulaştığında ise diyot devamlı yalıttır. Dolayısıyla V_A kaynağı devre dışıdır. R_L yükü üzerinde negatif alternans olduğu gibi görülür. Devrede kullanılan R_1 direnci akım sınırlama amacıyla konulmuştur. Üzerinde oluşan gerilim düşümü küçük olacağı için ihmal edilmiştir. Diyot üzerine düşen ön gerilim (0.7 V) diyot ideal kabul edilerek ihmal edilmiştir. Şekil 1.28'de ise polarmalı negatif kırpıcı devre görülmektedir. Bu devre, giriş işaretinin negatif alternansını istenilen veya ayarlanan bir seviyede kırpmaktadır. Giriş işaretinin tüm pozitif alternansı boyunca devredeki diyot yalıttır. Çünkü ters polarlanır. Dolayısıyla V_A kaynağı devre dışıdır. Çıkıştaki R_L yükü üzerinde tüm pozitif alternans olduğu gibi görülür. Giriş işaretinin negatif alternansı, diyodun anoduna uygulanan V_A geriliminden daha büyük olana kadar diyot yalıttır. Dolayısıyla çıkışta negatif alternans görülmeye devam eder. Giriş işaretinin negatif alternansı V_A gerilimi değerinden büyük olduğunda ($V_g = 0,7 + V_A$) diyot iletme geçecektir. Diyot iletme geçtiği anda çıkışta V_A kaynağı görülür.



Şekil 1.28: Pozitif ve negatif polarmalı kırpıcı devre



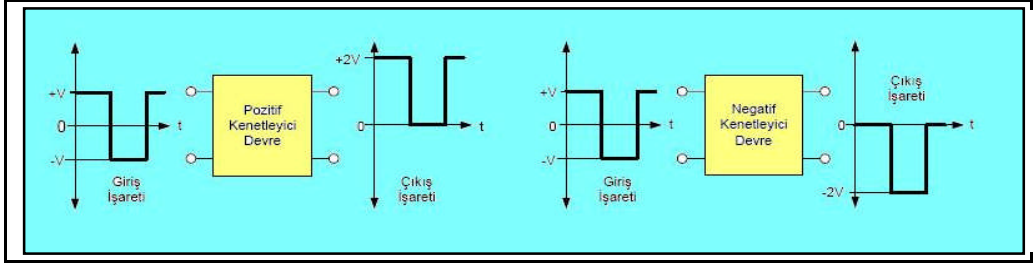
Şekil 1.29: Opamli kırpıcı devresi



Şekil 1.30: Çeşitli kırpıcı devreleri

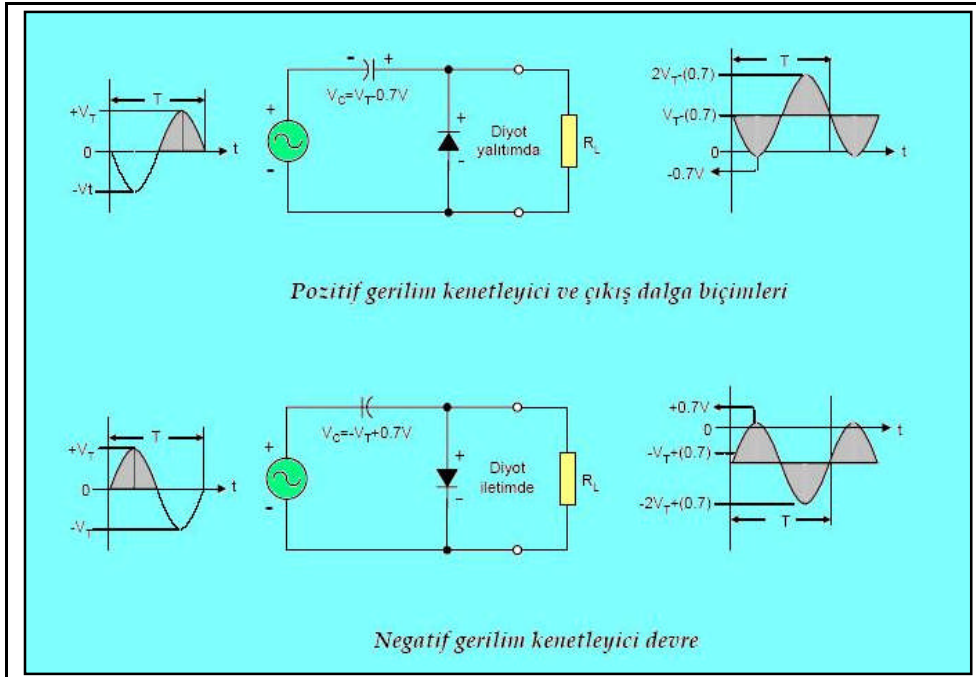
1.6.4. Gerilim Kenetleyiciler

Gerilim kenetleyiciler; girişlerinden uygulanan bir işaretin alt veya üst seviyesini, istenilen sabit bir gerilime kenetlemek veya tutmak amacı ile tasarlanmıştır. Kenetleme devreleri, pozitif veya negatif kenetleme olmak üzere ikiye ayrılır. Pozitif kenetlemede, girişten uygulanan işaretin en alt seviyesi sıfır referans noktasında kenetlenir. Negatif kenetleme işleminde ise, girişten uygulanan işaretin en üst seviyesi sıfır referans noktasına kenetlenir.



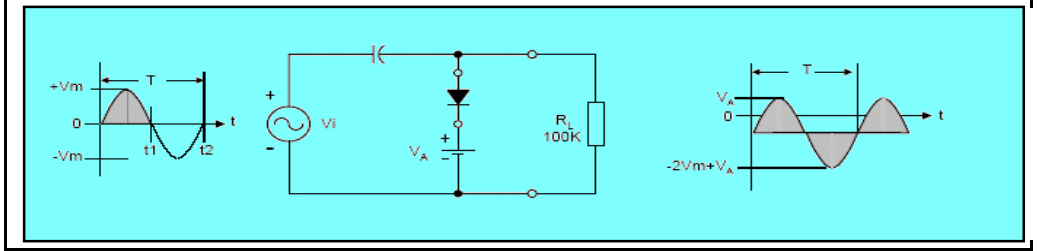
Şekil 1.31: Pozitif ve negatif gerilim kenetleme işlemi

- **Pozitif gerilim kenetleyici:** Devre girişine uygulanan $+V_T$ ve $-V_T$ değerlerinde salınan giriş işareti, kenetleyici devre çıkışında 0V veya 0.7V referans seviyesine kenetlenmiştir. Çıkış işareti artık yaklaşık olarak 0.7V ile $+2V_T$ değerleri arasında salınmaktadır. Giriş işaretinin negatif tepe değeri, 0 V (0.7V) referans seviyesine kenetlenmiştir.
- **Negatif gerilim kenetleyici:** Giriş geriliminin üst seviyesini, 0 V referans noktasına kenetlemek için “negatif kenetleyici” kullanılır. Negatif kenetleyici devresinde diyot, kondansatör ve direnç elemanları kullanılır. Kenetleme işlemi, bir diyot yardımı ile kondansatörün şarj ve deşarjından yararlanılarak gerçekleştirilir.



Şekil 1.32: Pozitif ve Negatif gerilim kenetleyici devre

- **Polarmalı kenetleyici:** Polarmalı kenetleyici, girişinden uygulanan işareti DC bir değer üzerine bindirerek çıkışına aktarır.

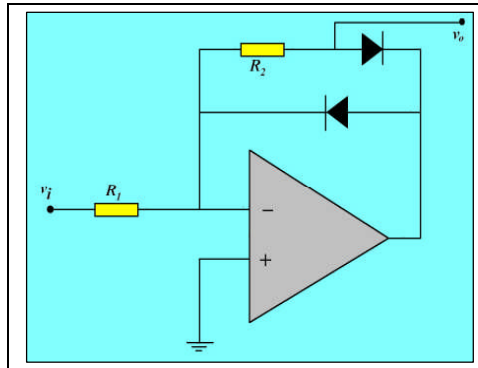


Şekil 1.33: Polarmalı kenetleyici devre

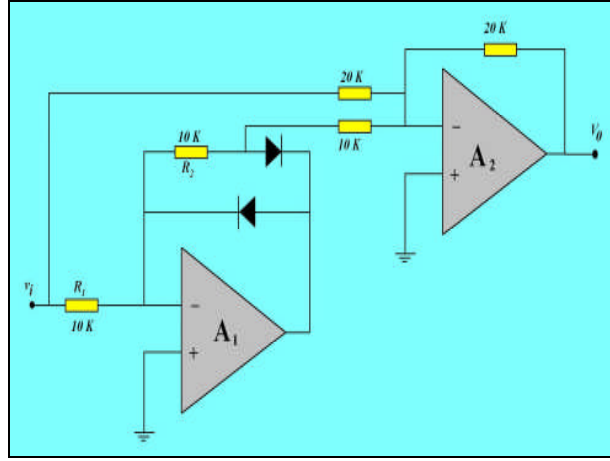
1.6.5. Doğrultucu Devreleri

Şekil 1.34 ve Şekil 1.35'de, tek yollu ve çift yollu doğrultucu devreleri gösterilmektedir. Tek yollu doğrultma devresinde, girişin pozitif olduğu durumda, pozitif girişi toprak potansiyelinde olan kuvvetlendirici çıkışı, negatif yönde doymaya giderken, katodu çıkışa bağlı olan diyot iletime geçerek kuvvetlendiricinin bir evirici gibi çalışma durumuna gelmesini sağlar. Bu durumda ve $R_1=R_2$ olması durumunda, çıkış, girişi evirerek izlemektedir. Girişin negatif olması durumunda ise bu sefer anodu çıkışta olan diyot iletime girer ve çıkış, sıfır potansiyelinde kalır.

Çift yollu doğrultma işleminde de A_1 kuvvetlendiricisi tek yollu doğrultucu gibi çalışmaktadır. A_2 kuvvetlendiricisi ise birinci kuvvetlendirici çıkışını iki ağırlıklı olarak esas işaretlerle toplamaktadır. Böylece ikinci kuvvetlendiricinin çıkışı, giriş negatif iken birinci kuvvetlendiricinin devrede olmaması nedeniyle, giriş işaretinin evrilmiş pozitif değerini almakta; giriş pozitif iken de, birinci kuvvetlendiricinin evirici durumuna geçmesi nedeniyle girişin $[-2(-1)-1=1]$ kazançlı olarak pozitif değerine eşit olmaktadır.



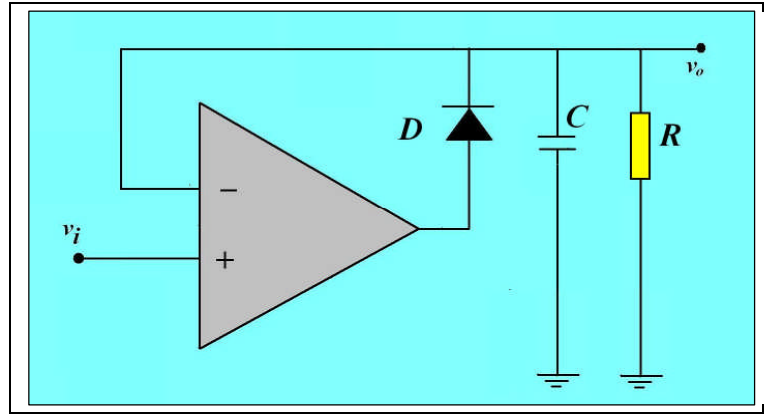
Şekil 1.34: Tek yollu doğrultucu devre



Şekil 1.35: Çift yollu doğrultucu devre

1.6.6. Aktif Tepe Dedektörü

Aktif pozitif tepe detektörü basitleştirilmiş devresi Şekil 1.36'de gösterilmektedir. İşlemsel kuvvetlendirici ve diyot bir doğrultucu devre gibi çalışmaktadır. Devrenin V_i girişi pozitif iken, daha doğrusu pozitif yönde artarken, D diyodu iletir ve bu durumda kuvvetlendirici bir izleyici gibi çalışarak C kondansatörünün uçlarında gözüken V_o çıkış geriliminin V gerilimini aynen izlemesini sağlar, V_i gerilimi azalmaya başladığında ise, kuvvetlendirici çıkış gerilimi, kondansatör geriliminin seviye olarak altında kalmaya başlar; sonuçta diyot kesime girer ve işlemsel kuvvetlendirici devre dışı kalır. Bu durumda ise, C kondansatörünü dolduran etken ortadan kalktığından, C kondansatörü, V_o geriliminin daha önceki değerlerinin en büyük olduğu değeri saklı tutmuş olur. Pratikte ise, C kondansatörü, kendinden sonra gelen devrenin giriş direnciyle veya başka bir R yük direnciyle yüklü durumda olup yükü, RC zaman sabitiyle boşalmaktadır. Bazı durumlarda ise, çıkış geriliminde böyle bir azalma istendiğinden, R direnci özel olarak devreye eklenir. R yük direncinin, C elemanını yüklemesi nedeniyle ve geriliminin zamanla azalması istenmiyorsa, C ve R elemanları arasına empedans çevirme özelliği olan ve empedans yüklemesi açısından bir izolasyon sağlayan bir izleyici kullanılmalıdır.

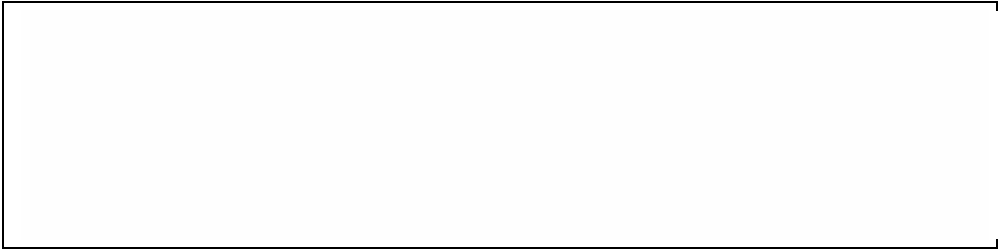


Şekil 1.36: Aktif tepe dedektörü devresi

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
 Şekil 1.37: Uygulama devre şeması	
➤ Yukarıda verilen şekildeki kutuların içine uygun devreyi seçerek yerleştiriniz. Filtreler, <u>pasif filtre</u> devreleridir.	➤ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➤ Dijital deney seti, breadboard, iletken, güç kaynağı, kargaburnu ve yankeskiyi hazırlayınız. ➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ İş güvenliği tedbirlerini alınız.
 Şekil 1.38: Uygulama devresi açık şeması	
➤ 1. Amplifikatör opamplı karşılaştırmalı devresi, 2. Amplifikatör opamplı terslemeyen yükselteç devresidir. ➤ R_4 ve R_5 dirençleri 10 K dır ➤ Devreyi bread board üzerine kurunuz.	➤ Biyopotansiyel Yükselteçler Modülüne bakınız. ➤ Devrede kullanılan Opamları elizdeki malzemeye göre(LM serisi gibi) kendiniz belirleyebilirsiniz. ➤ Devrede kullanılan filtreler pasif filtre devreleridir.

UYGULAMA FAALİYETLERİ

İşlem Basamakları	Öneriler
 Şekil 1. 39: Uygulama devresi	
➤ Yukarıda verilen şekildeki kutuların içine uygun devreyi seçerek yerleştiriniz. Burada kullanılacak filtreler, aktif filtre devreleridir.  Devreyi siz oluşturunuz	➤ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➤ Dijital deney seti, Breadboard, iletken, güç kaynağı kargaburnu ve yankeskiyi hazırlayınız. ➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ İş güvenliği tedbirlerini alınız.
➤ 1. Amplifikatör opampli karşılaştırmalı devresi, ➤ 2. Amplifikatör opampli terslemeyen yükselteç devresidir.	➤ Biyopotansiyel Yükselteçler modülüne bakınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki sorulardaki noktalı kısımları uygun şekilde doldurunuz.

1. Üzerinde ölçüm yapılan insan organizması ve ölçümü yapan ölçü sistemi ile birlikte oluşan tüm sistemedenir.
2. Bir alçak geçiren filtrenin F_c kesim frekansı 1250 Hz ise frekans aralığını geçirecektir.
3. Bir yüksek geçiren filtrenin F_c kesim frekansı 1250 Hz ise frekans aralığını geçirecektir?
4. Çentik filtrenin kullanım amacı kısacadir.
5. Bant geçiren filtrenin F_c kesim frekansı 100 Hz ise frekans aralığı filtreden geçemez?

DEĞERLENDİRME

Verdiğiniz cevapları modülün sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Bilemediğiniz sorular için öğrenme faaliyetinin ilgili bölümlerin tekrar ediniz.

Eğer başarılı olduysanız bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Başarısız iseniz bu öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 2

AMAÇ

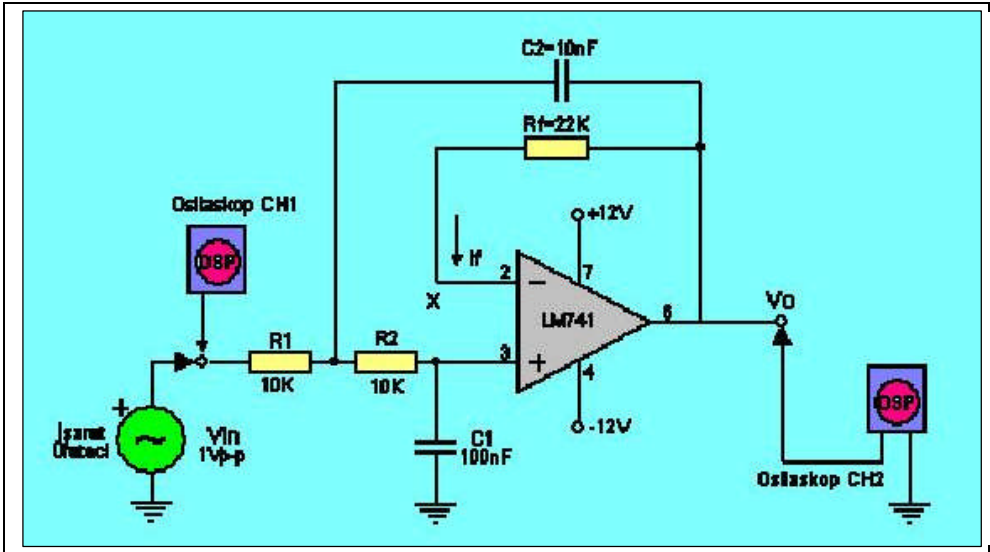
Biyolojik işaretleri analog işleyen devrelerin açık şemaları ve bu devrelerde kullanılan entegreler hakkında bilgi sahibi olacaksınız.

ARAŞTIRMA

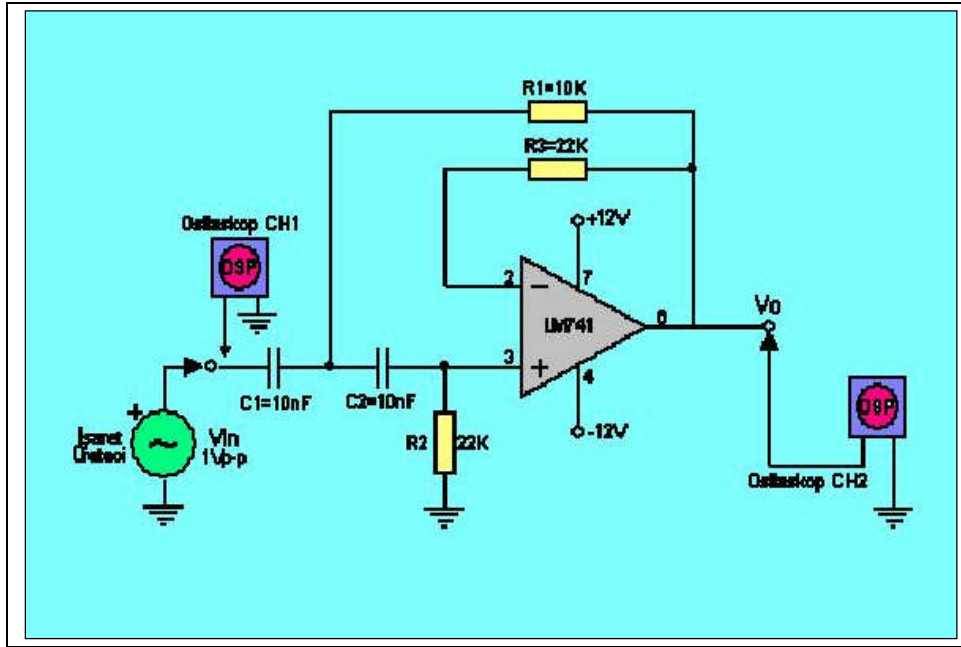
- 741 entegresi hakkında bilgi toplayınız (Şema, iç yapısı, bacak bağlantıları gibi).
- Araştırmalarınızı rapor haline getirip sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız.

2. BİYOLOJİK İŞARETLERİ ANALOG İŞLEYEN DEVRELERİN AÇIK DEVRE ŞEMALARI

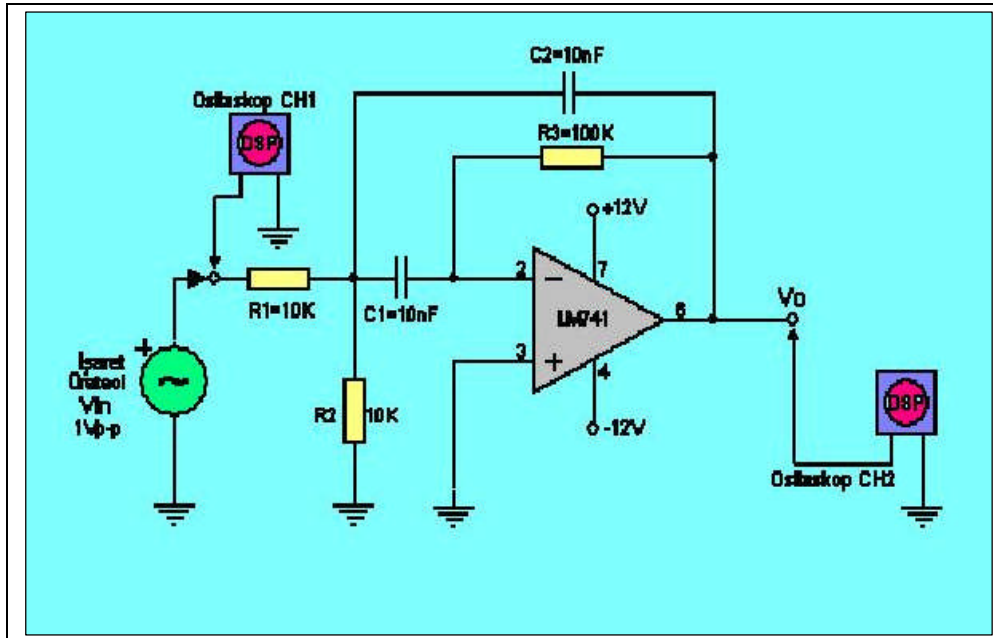
2.1. Aktif Filtreler



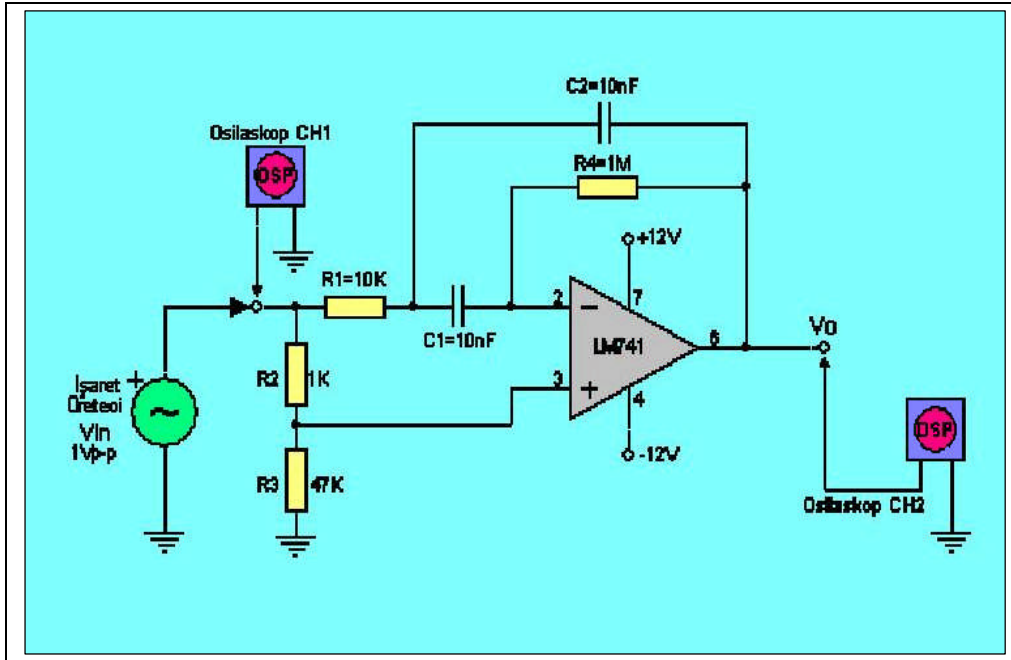
Şekil 2.1: Alçak geçiren filtre



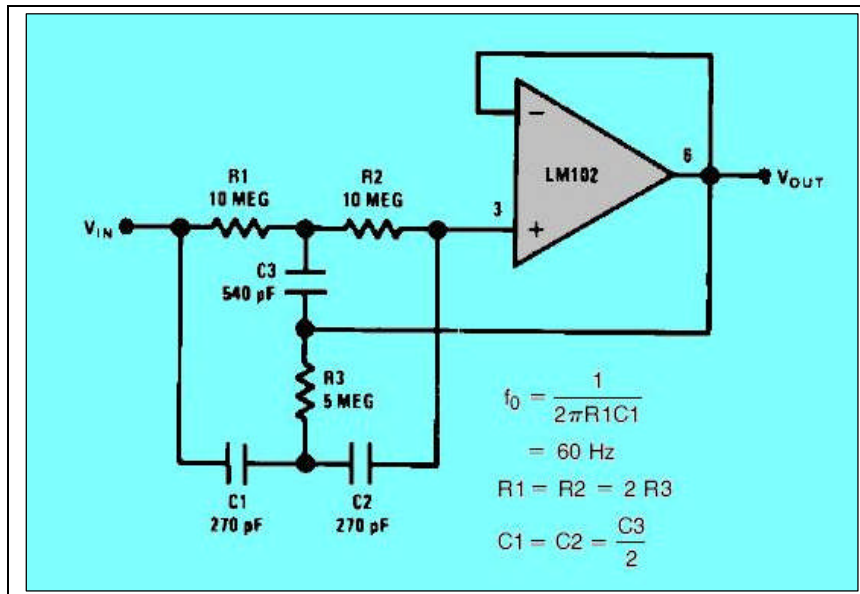
Şekil 2.2: Yüksek geçiren filtre



Şekil 2.3: Bant geçiren filtre



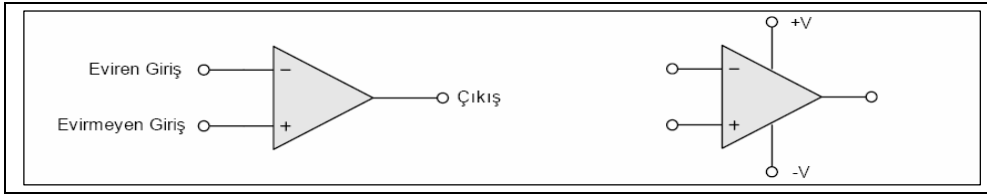
Şekil 2.4: Bant dururan filtre



Şekil 2.5: Çentik filtre(60 Hz'lik)

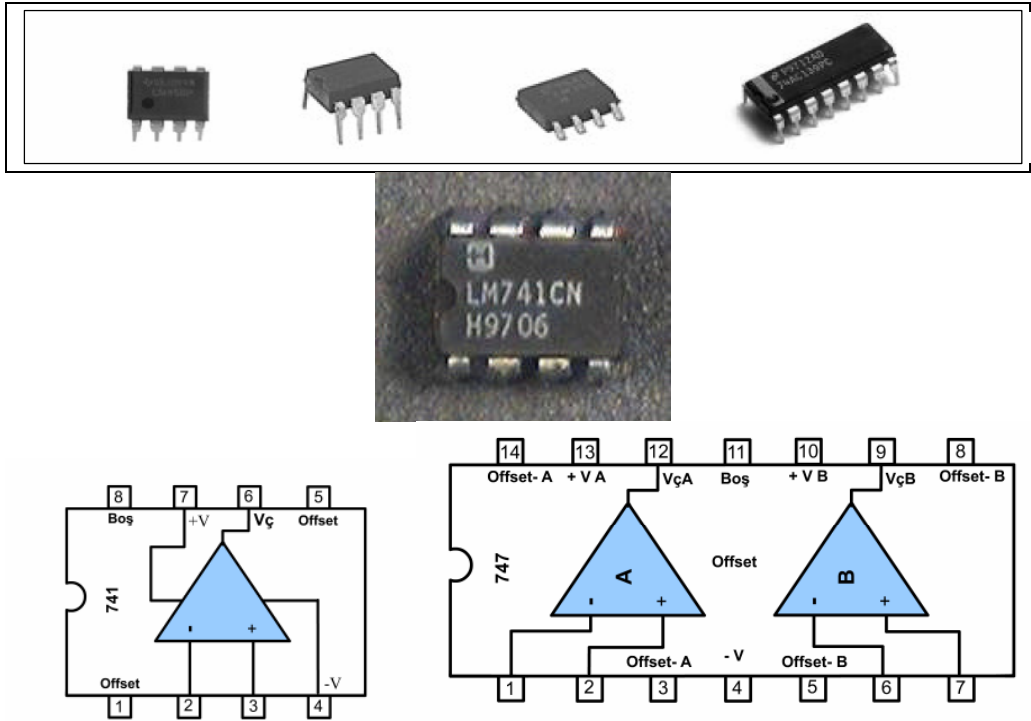
2.2. Filtre Devrelerinde Kullanılan Entegre Kılıfları ve Beslemesi

Standart bir opamp, iki adet giriş terminali ve bir adet çıkış terminaline sahiptir. Opamp giriş terminalleri işlevlerinden ötürü, eviren (–giriş) ve evirmeyen (+giriş) olarak adlandırılmıştır. Kimi kaynaklarda opamp giriş terminalleri, ters çeviren (inverting) ve ters çevirmeyen (noninverting) giriş olarak da adlandırılmaktadır. Şekil 2.6’da ise standart bir opamp sembolü besleme kaynakları ile birlikte verilmiştir.



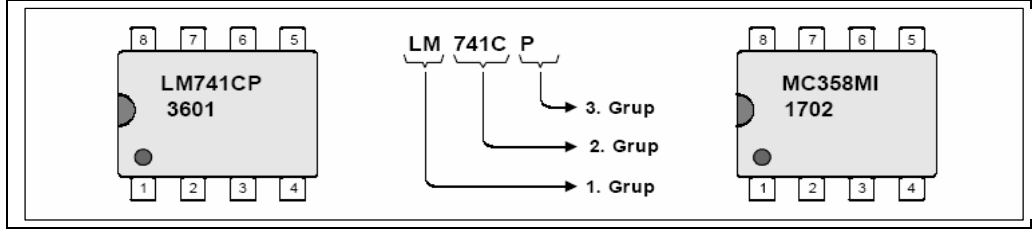
Şekil 2.6: Opamp girişleri ve beslemesi

Opamp tek bir tümdevre halinde kullanıcının tüketimine sunulmaktadır. Günümüzde pek çok tümdevre üreticisi farklı tip ve özelliklere sahip opamp üretimi gerçekleştirmektedir. Şekil 2.7’de bazı opampların tipik kılıf görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.7: Opamp entegreleri ve iç yapısı

Elektronik piyasasında çok çeşitli amaçlar için üretilmiş binlerce tip opamp vardır. Üretici firmalar, ürettikleri her bir opamp tipi için elemanı tanıtan bir kod kullanır. Tümdevreler genellikle bu kodlarla anılır. Şekil 2.9’da genelde pek çok üreticinin uyduğu kodlama sistemi iki ayrı tümdevre üzerinde kodlamada uygulanan kurallar ile birlikte gösterilmiştir. Kodlama genellikle 3 gruba ayrılarak yapılır.



Şekil 2.9: Opamp entegre kodlamaları

Bazı üreticiler farklı kodlama sistemleri kullanabilmektedir. Bu durumda üretici firmanın kataloglarına bakılmalıdır. Pek çok üretici firmanın uyduğu kodlama sisteminin genel özellikleri tablo 2.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

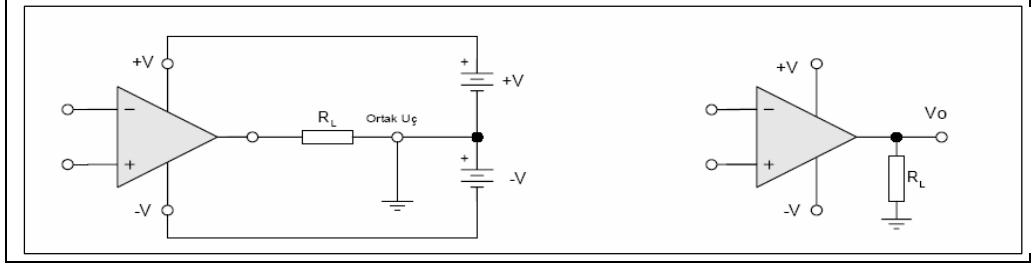
Tümdevrelerde Kodlama Örnekleri		
	Özellikler	Örnekler
1. Grup	İki veya üç harften meydana gelen bir kısaltma kullanılır. Bu grup, üretici firmayı belirler.	LM: National, NE:Fairchild, MC:Motorola; SE: Signetics, SN: Texas Ins. AD: Analog Dv. CD: Haris v.b gibi
2. Grup	3’den 7’ye kadar çeşitli rakam ve harflerden oluşabilir. Son harf tümdevrenin kullanım alanını ve çalışma sıcaklığını belirler.	C: Ticari, Çalışma aralığı: 0°C - 70°C I: Endüstri, Çalışma aralığı: -25°C - 85°C M: Askeri, Çalışma aralığı: -25°C - 125°C
3. Grup	Son grup 1 veya 2 harften meydana gelir. Paket tipini ve kılıf materyalini gösterir.	C: Seramik kılıf P: Plastik kılıf D, J: Çift sıralı soket (DIP)

Tablo 2.1: Kodlama örnekleri

Opamplar genelde simetrik besleme gerilimine gereksinim duyar. Bu durum şekil 2.10 üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Opamplar oldukça geniş bir besleme gerilimi aralığında çalışabilir.

Pratikte pek çok opamp $\pm 5V$ ile $\pm 18V$ arasında simetrik besleme gerilimine gereksinim duyar. Ayrıca 0V-30V arasında tek bir besleme gerilimi altında çalışan opamplar olduğu gibi özel besleme gerilimlerine gereksinim duyan opamplar da vardır. Herhangi bir opampın gereksinim duyduğu besleme gerilimi kataloglardan belirlenebilir.

Beslenme sırasında opampın toprağa (ground) direkt bağlanmadığına ve akımların dış devreden ve yük üzerinden geçtiğine dikkat edilmelidir.



Şekil 2.10: Opamp beslemesi

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Öğrenme faaliyeti-1’de bulunan uygulama faaliyeti-2’nin şeklini kullanarak devreyi kurunuz ve enerji uygulayınız.	➤ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➤ Dijital deney seti, breadboard, iletken, güç kaynağı, kargaburnu ve yankeskiyi hazırlayınız. ➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ İş güvenliği tedbirlerini alınız. ➤ Devre şemasını çizerek kullanacağınız malzemeleri bir kâğıda listeleyiniz.
➤ Simetrik güç kaynağı kullanınız.	
➤ Tek güç kaynağı kullanarak devreyi tekrar kurunuz.	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Ölçme Soruları

Aşağıdaki sorulardaki noktalı kısımları uygun şekilde doldurunuz.

1. Opampın besleme gerilim değerleri;
.....
.....
.....dir
2. Tümdevre kodlamalarında 3. grup harfler
.....temsil eder.
3. Tümdevre kodlamalarında 1. grup harfler
.....temsil eder.

DEĞERLENDİRME

Verdiğiniz cevapları arka sayfadaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Bilemediğiniz sorular için öğrenme faaliyetinin ilgili bölümlerin tekrar ediniz.

Eğer başarılı olduysanız bir sonraki öğrenme faaliyeti ne geçiniz. Başarısız iseniz bu öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 3

AMAÇ

Biyolojik işaretleri analog işleyen devreleri çalıştırıp bu devrelerin çıkış sinyallerini ve gerilim değerlerini ölçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Bir önceki öğrenme faaliyetinde verilen devre şemalarının malzeme listesini çıkararak bir rapor haline getiriniz.

3. BİYOLOJİK İŞARETLERİ ANALOG İŞLEYEN DEVRELERİN ÇALIŞTIRILMASI VE ÖLÇÜMLER ALMA

3.1. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerin Giriş Çıkışlarının Osilaskop ve Multimetre ile Ölçümü

Devreleri, ister atölye ortamında deney seti ya da breadboard üzerine kurarak atölyedeki laboratuvar cihazları yardımıyla, isterseniz bilgisayar ortamında simülasyon programları yardımıyla ölçebilirsiniz

Burada önemli olan devrelerden alınan ölçüm sonuçlarının doğruluğu olduğu için biz size devrelerin osilaskop ve multimetre ile alınan ölçüm sonuçlarını göstereceğiz. Bu sonuçlar için, devreleri istediğiniz ortamda uygulayıp sonuçlarını alabilirsiniz.

3.1.1. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Alçak Geçiren Aktif Filtre Kullanılması

3.1.1.1. Giriş ve Çıkış Sinyallerinin Osilaskop ile İncelenmesi

Şekil 3.1'de opampla gerçekleştirilmiş alçak geçiren aktif filtre devresini deney seti üzerine kuralım. İşaret üreticini başlangıçta devreye bağlamıyoruz. İşaret üreticinin çıkış genliğini tepeden tepeye 1Vpp sinüzoidal bir gerilim verecek şekilde ayarlıyoruz. İşaret üreticinin çıkış frekansını ise aşağıdaki tabloda belirtilen 100Hz değerine ayarlıyoruz. Giriş ve çıkış işaretlerini ölçmek için gerekli osilaskop bağlantılarını yapıyoruz. İşaret üreticini alçak geçiren filtrenin girişine bağlıyoruz.

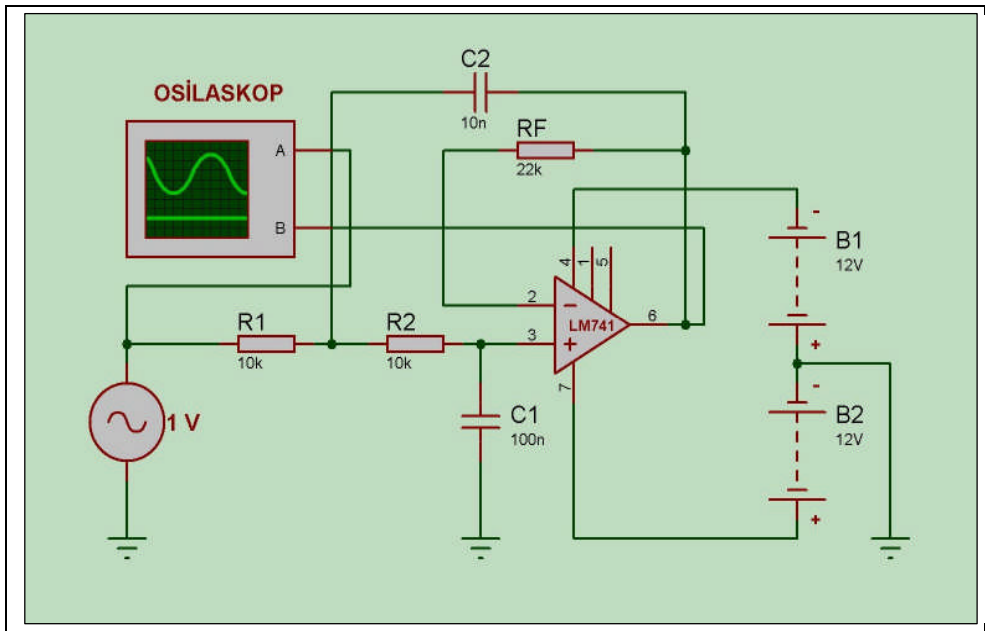
Çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini $[V_o(p-p)]$ osilaskop ile ölçerek gözlemliyoruz. Deneyi, işaret üreticinin çıkış genliği her durumda aynı kalmak koşuluyla tabloda verilen her frekans değeri için tekrarlıyoruz. Uygulaması yapılan alçak geçiren filtre devresinin köşe frekansını " F_C " formülünü kullanarak hesaplıyoruz.

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

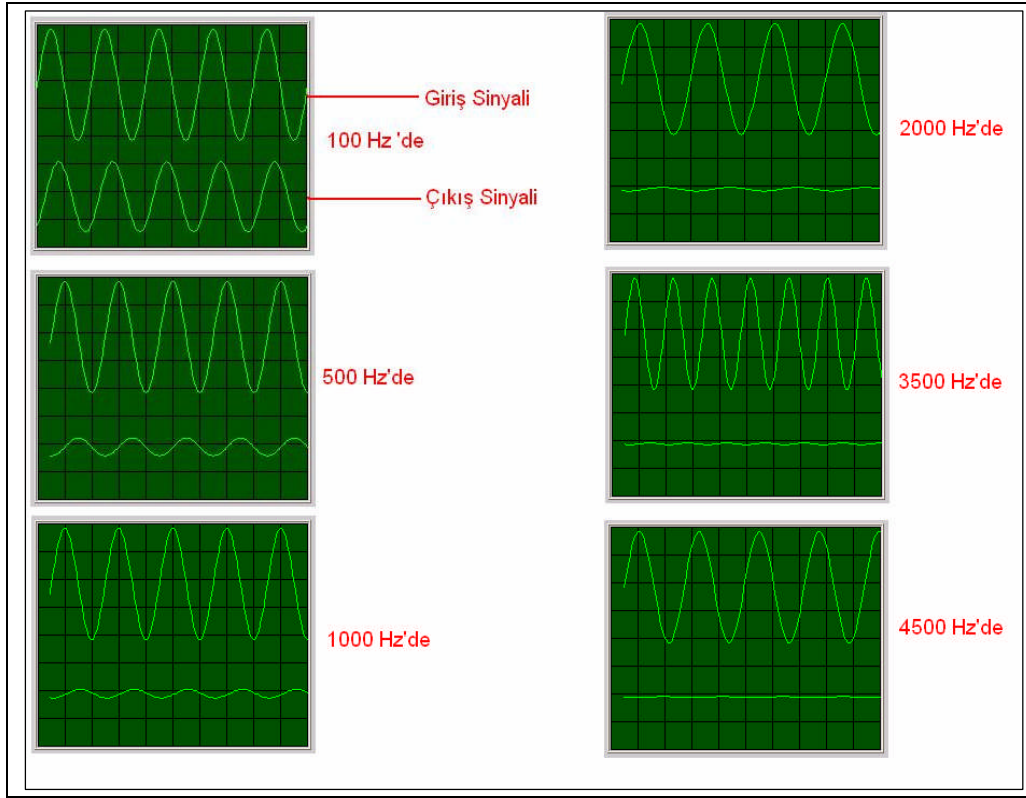
$f_c=504$ Hz olarak bulunur.

Alçak Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti (V_{in})= 1Vp-p Sinüzoidal							
$F_{giriş}$	100 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3500 Hz	4500 Hz	

Tablo 3.1: Devreye uygulanacak frekanslar



Şekil 3.1: Alçak geçiren filtre devre şeması



Şekil 3.2: Alçak geçiren filtre osilaskop çıkış sinyalleri

3.1.1.2. Giriş ve Çıkış Değerlerini Multimetre Kullanarak Ölçme

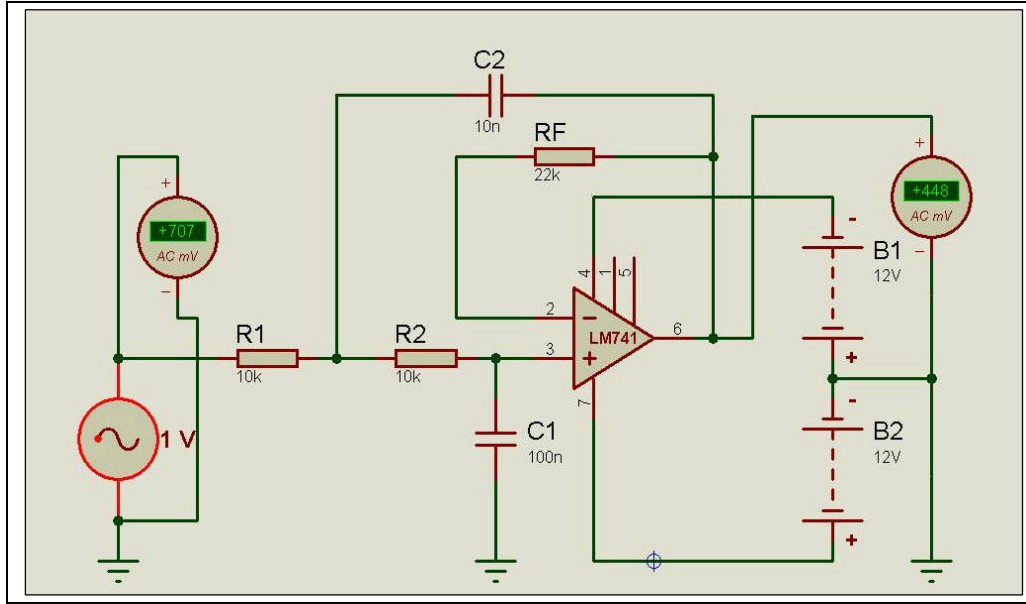
Şekil 3.3'te görüldüğü gibi devreye sadece AC Voltmetre bağlanarak giriş ve çıkış değerleri ölçülmektedir. Ölçme işlemi her frekans değeri için ayrı ayrı yapılacaktır.

Alçak Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti (V_{in})= 1 Vpp Sinüzoidal							
$F_{giriş}$	100 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3500 Hz	4500 Hz	
$V_{giriş}$ (AC)	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	
$V_{çıkış}$ (AC)	448 mV	112 mV	55 mV	24 mV	11 mV	7 mV	

Tablo 3.2: Devreye uygulanan gerilim değerleri

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz;

Kesim frekansının üstündeki frekanslarda çıkış gerilimi düşmektedir.



Şekil 3.3: Alçak geçiren filtre devresinin multimetre ile ölçümü

3.1.2. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Bant Geçiren Aktif Filtre Kullanılması

3.1.2.1. Giriş ve Çıkış Sinyallerinin Osilaskop ile İncelenmesi

Şekil 15.1'de görülen -40dB/Dekadlık bant geçiren aktif filtre devresini deney seti üzerine kurunuz. İşaret üreticini şimdilik devreye bağlamayınız. Devreye besleme gerilimlerini uygulayınız. Giriş ve çıkış işaretlerini ölçmek için gerekli osilaskop bağlantılarını yapınız. İşaret üreticinin çıkış genliğini tepeden tepeye $V_{in}=1\text{Vp-p}$ sinüzoidal bir işaret verecek şekilde ayarlayınız ve bant geçiren filtre girişine bağlayınız. İşaret üreticinin genliği 1Vp-p değerinde sabit kalmak koşuluyla frekansını 100Hz 'e ayarlayınız. Filtre çıkışında çıkış geriliminin tepeden tepeye değerini (V_o) osilaskopla ölçerek sonucu tablo 15.1'deki ilgili yere kaydediniz.

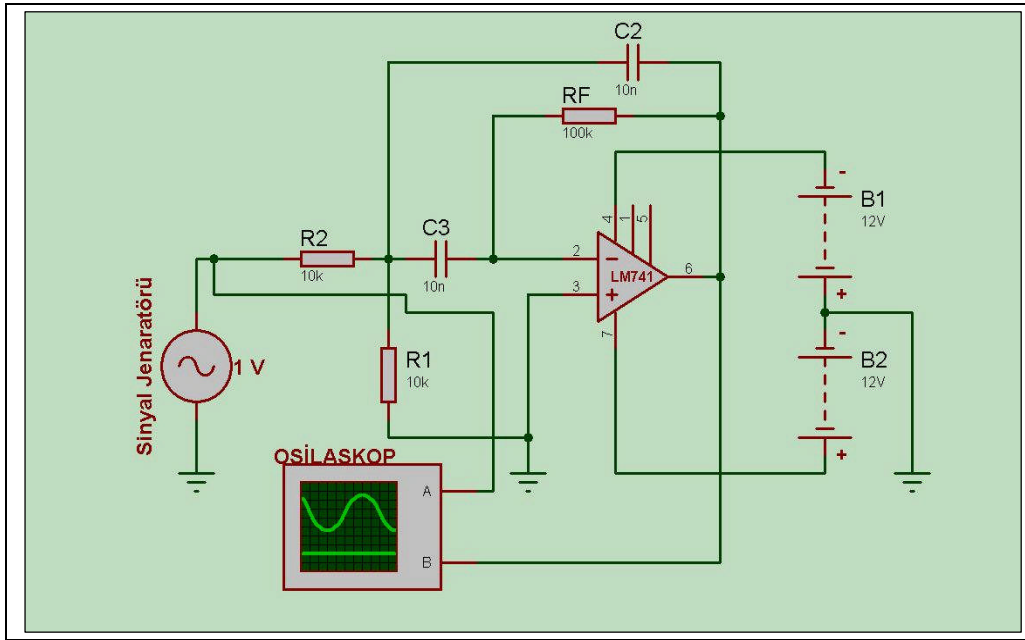
İşaret üreticinin frekansını, genliği sabit kalmak koşuluyla 500Hz değerine ayarlayınız. Bant geçiren filtre devresinin çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini osilaskopla ölçerek sonucu tablo 15.1'deki ilgili yere kaydediniz. Deneyi tablo 15.1'de verilen her frekans değeri için sırayla tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo 15.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Bant geçiren filtre devresinin rezonans frekansını aşağıdaki formülden;

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_f R_p C_1 C_2}}$$

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

hesaplayalım:
Fc=712 Hz olarak bulunur.



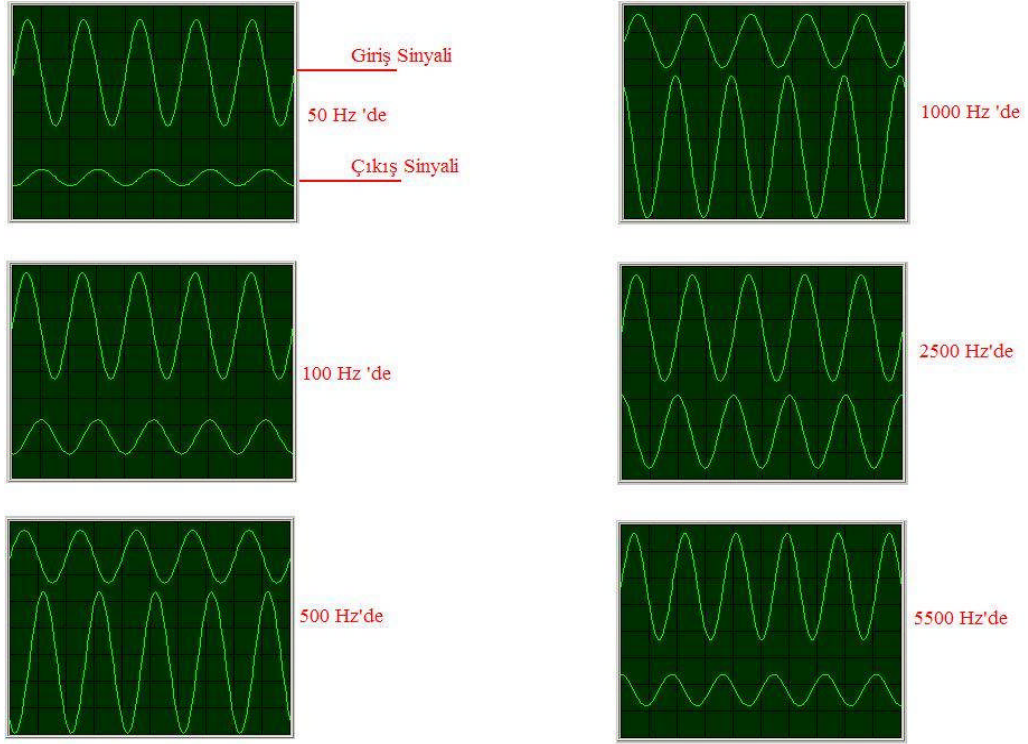
Şekil 3.4: Bant geçiren filtre devresi

Girişe uygulanacak sinyaller aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Bant Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti (Vin)= 1Vp-p Sinüzoidal							
F _{giriş}	50 Hz	100 Hz	500 Hz	1000 Hz	2500 Hz	5500 Hz	

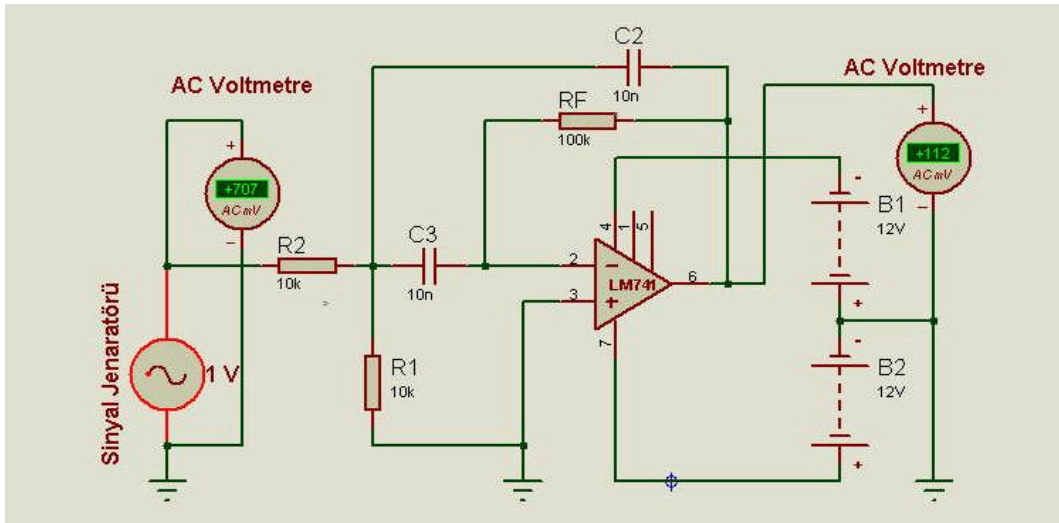
Tablo 3.3: Devreye uygulanacak frekanslar

Giriş ve çıkış sinyalleri osilaskop yardımıyla aşağıdaki şekilde alınmıştır.



Şekil 3.5: Bant geçiren filtrenin osilaskop çıkış sinyalleri

3.1.2.2. Giriş ve Çıkış Değerlerini Multimetre Kullanarak Ölçme



Şekil 3.6: Bant geçiren filtre devresinin multimetre ile ölçümü

Şekil 3.6’da görüldüğü gibi devreye sadece AC Voltmetre bağlanarak giriş ve çıkış değerleri ölçülmektedir. Ölçme işlemi her frekans değeri için ayrı ayrı yapılacaktır.

<i>Bant Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti (V_{in})= 1 Vpp Sinüzoidal</i>							
$F_{giriş}$	50 Hz	100 Hz	500 Hz	1000 Hz	2500 Hz	5500 Hz	
$V_{giriş}$ (AC)	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	
$V_{çıkış}$ (AC)	112 mV	227 mV	1.88 V	1.89 V	482 mV	207 mV	

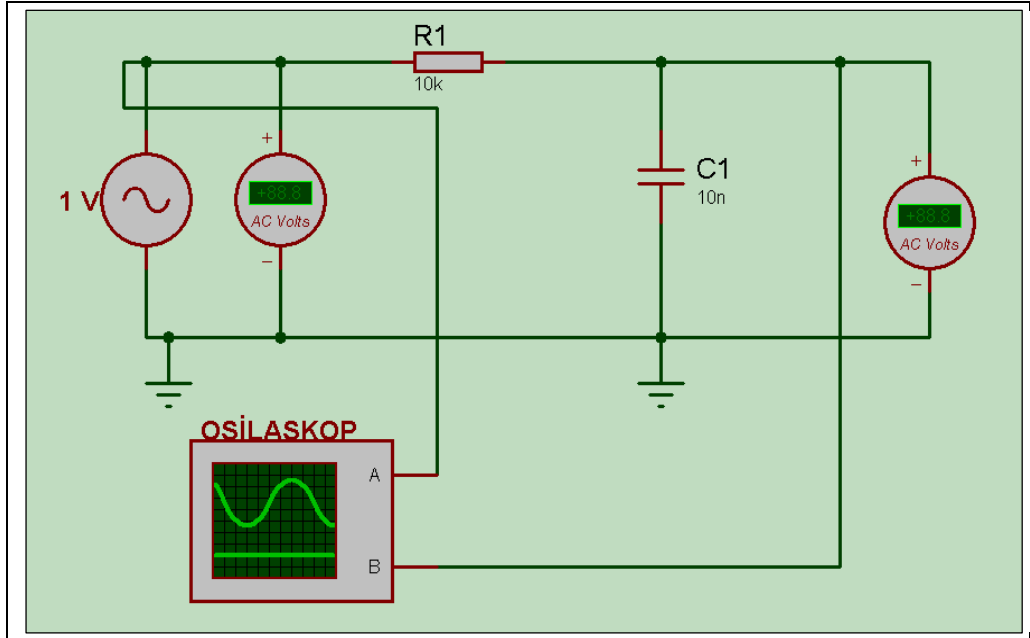
Tablo 3.4: Devreye uygulanan gerilim değerleri

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz;

Kesim frekansının üstündeki ve altındaki frekanslarda çıkış gerilimi düşmektedir.

3.1.3. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Pasif Filtre Devrelerinin Kullanılması

3.1.3.1. Giriş ve Çıkış Sinyallerinin Osilaskop ile İncelenmesi



Şekil 3.7: Alçak geçiren pasif filtre devresi

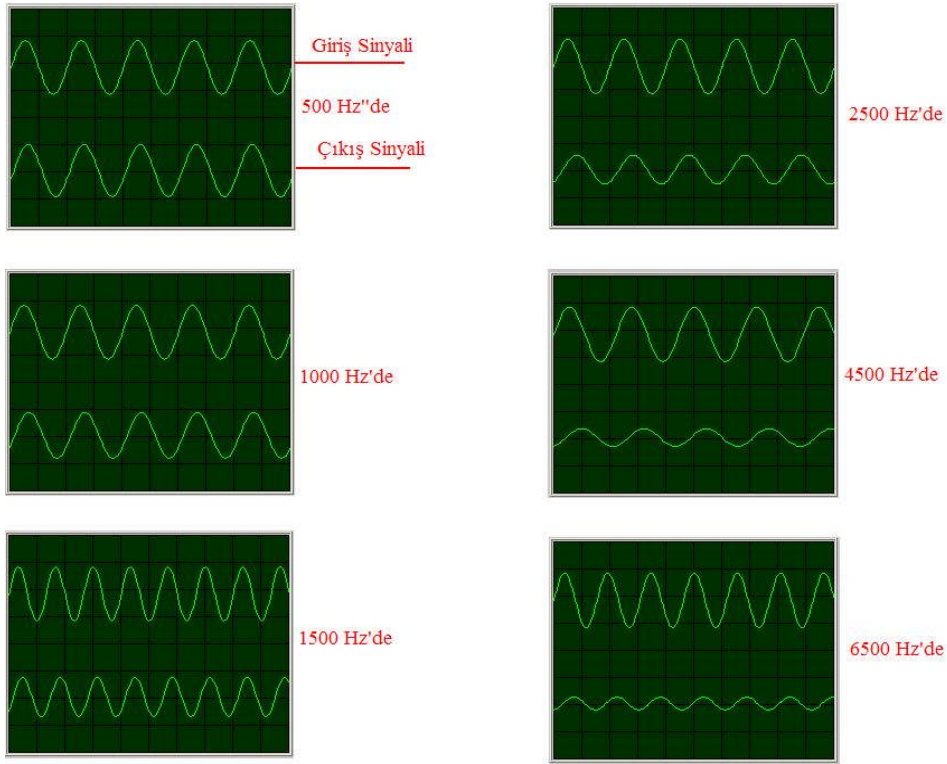
Şekil 3.7’deki devrede f_c kesim frekansı 1592 Hz olarak hesaplanır.(Öğrenme faaliyeti-1’den bakınız.)

Giriş uygulanacak sinyaller aşağıdaki tabloda verilmiştir.

<i>Alçak Geçiren Pasif Filtre Devresi; Giriş İşareti (V_{in})= 1Vp-p Sinüzoidal</i>							
$F_{giriş}$	500 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2500 Hz	4500 Hz	6500 Hz	

Tablo 3.5: Devreye uygulanacak frekans değerleri

Giriş ve çıkış sinyalleri osilaskop yardımıyla aşağıdaki şekilde alınmıştır.



Şekil 3.8: Alçak geçiren pasif filtre osilaskop çıkış sinyalleri

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz:

Kesim frekansının üstündeki frekanslarda çıkış gerilimi düşmektedir.

3.1.3.2. Giriş ve Çıkış Değerlerini Multimetre Kullanarak Ölçme

Şekil 3.7'deki devrenin yardımıyla devreye AC Voltmetre bağlanarak giriş ve çıkış değerleri ölçülmektedir. Ölçme işlemi her frekans değeri için ayrı ayrı yapılacaktır.

Alçak Geçiren Pasif Filtre Devresi; Giriş İşareti (V_{in})= 1 Vpp Sinüzoidal							
$F_{giriş}$	500 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2500 Hz	4500 Hz	6500 Hz	
$V_{giriş}$ (AC)	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	707 mV	
$V_{çıkış}$ (AC)	675 mV	598 mV	515 mV	379 mV	235 mV	168 mV	

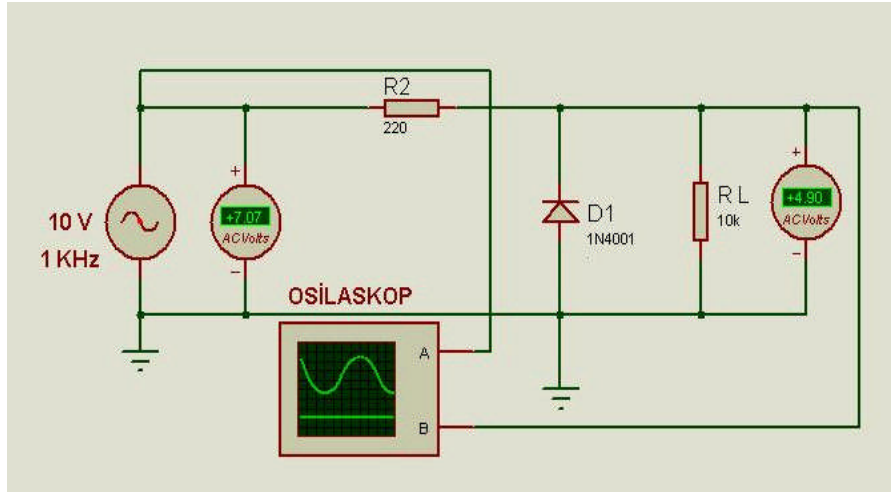
Tablo 3.6: Devreye uygulanan gerilim değerleri

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz:

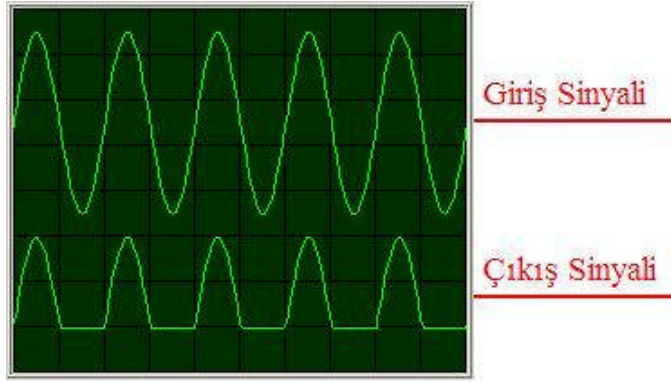
Kesim frekansının üstündeki frekanslarda çıkış gerilimi düşmektedir.

3.1.4. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Kırpıcı Devrelerinin Kullanılması

3.1.4.1. Giriş ve Çıkış Sinyallerinin Osilaskop, ile İncelenmesi



Şekil 3.9: Kırpıcı devrenin osilaskop ve multimetre ile ölçümü



Şekil 3.10: Kırpıcı devrenin osilaskop çıkış sinyali

3.1.4.2. Giriş ve Çıkış Değerlerini Multimetre Kullanarak Ölçme

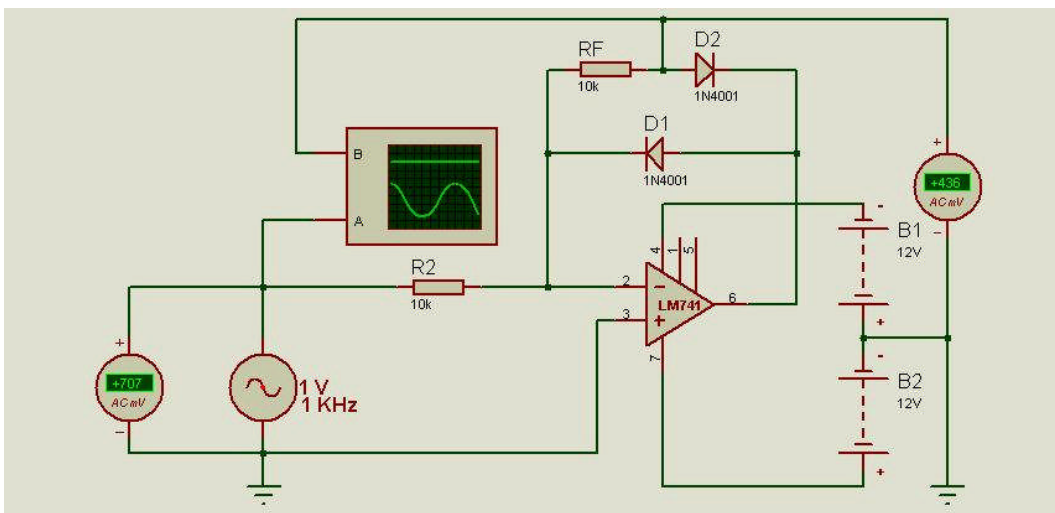
Şekil 3.9’da görüldüğü gibi çıkışa bağlanan bir RL direnci üzerinden alınan değerde;

Giriş voltajı= 7.07 V AC,

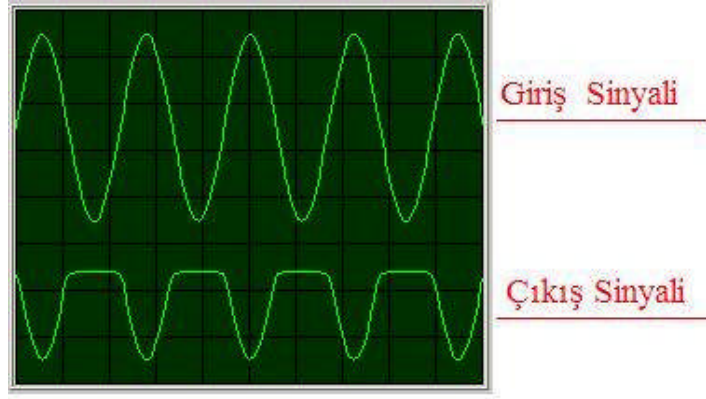
Çıkış voltajı= 4.90 V AC olarak ölçülmüştür.

3.1.5. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Doğrultucu Devrelerinin Kullanılması

3.1.5.1. Giriş ve Çıkış Sinyallerinin Osilaskop ile İncelenmesi



Şekil 3.11: Opampli doğrultucu devrenin osilaskop ve multimetre ile ölçümü



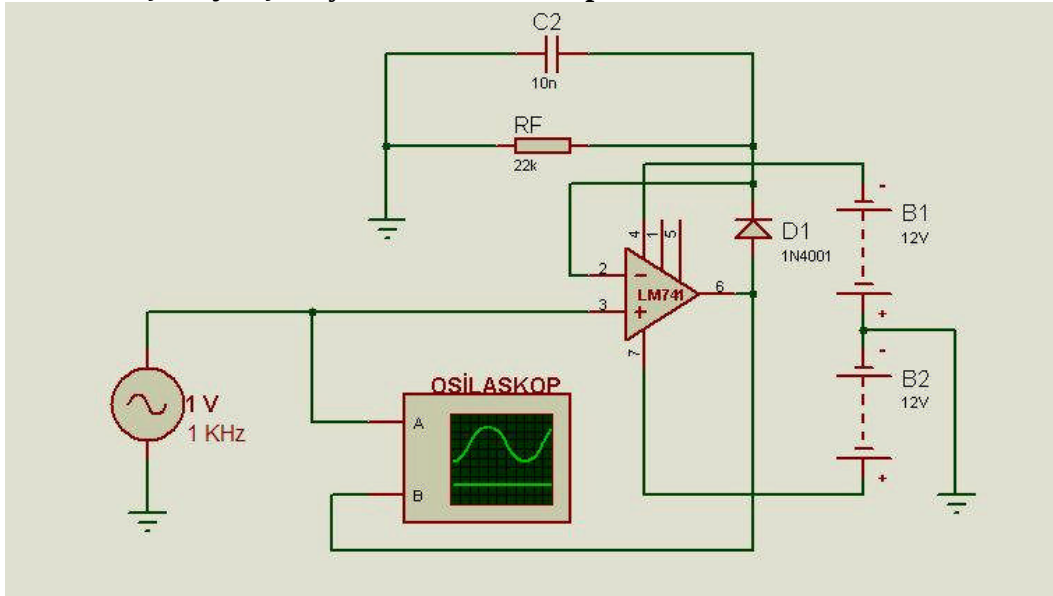
Şekil 3.12: Opampli doğrultucu devrenin osilaskop çıkış değerleri

3.1.5.2. Giriş ve Çıkış Değerlerini Multimetre Kullanarak Ölçme

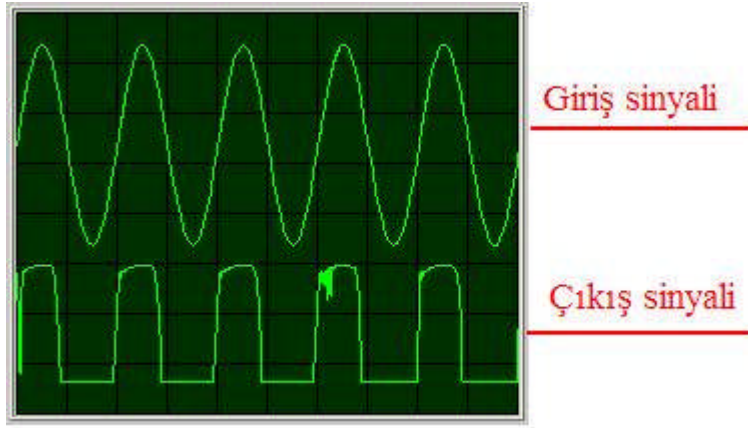
Şekil 3.11’de görüldüğü gibi D2 diyodunun anodundan alınan değerler:
 Giriş sinyali= 707 mV AC,
 Çıkış sinyali= 436 mV AC,
 olarak görülmektedir.

3.1.6. Biyolojik İşaretlerin Analog İşlenmesinde Aktif Tepe Dedektörü Devrelerinin Kullanılması

3.1.6.1. Giriş ve Çıkış Sinyallerinin Osilaskop ile İncelenmesi

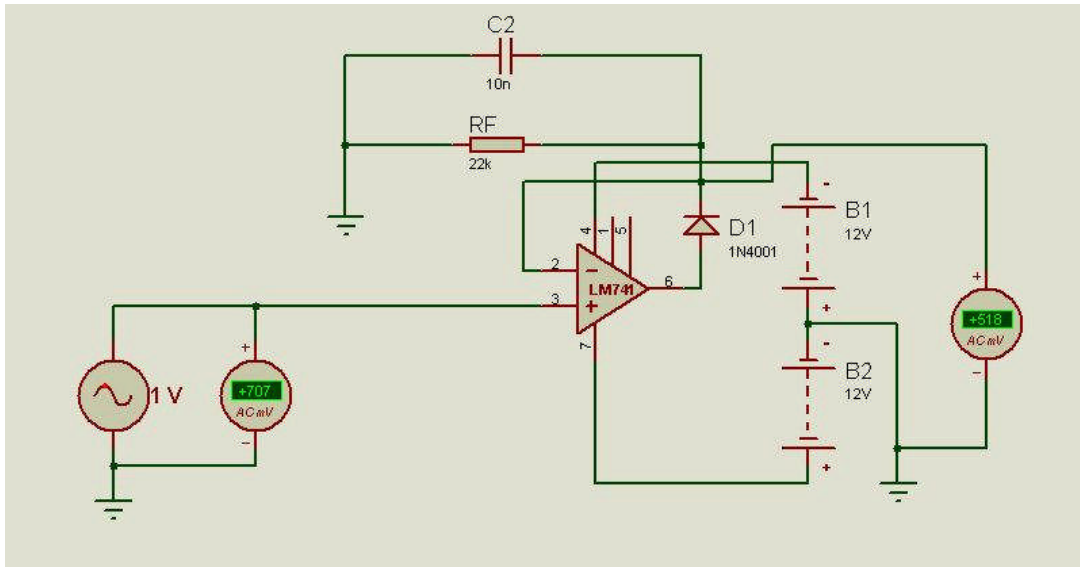


Şekil 3.13: Aktif tepe dedektörü osilaskop ile ölçüm devresi



Şekil 3.14: Aktif tepe dedektörü osilaskop çıkış değerleri

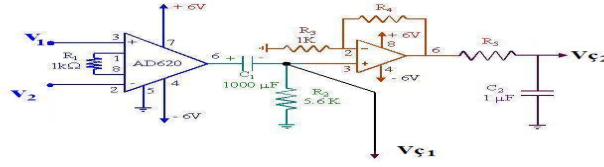
3.1.6.2. Giriş ve Çıkış Değerlerini Multimetre Kullanarak Ölçme



Şekil 3.15: Aktif tepe dedektörünün multimetre ile ölçümü

Şekil 3.15'te görüldüğü gibi D1 diyodunun katodundan alınan değerler:
 Giriş sinyali= 707 mV AC,
 Çıkış sinyali= 518 mV AC,
 olarak görülmektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
 Şekil 3.16: Uygulama devresi	
➤ Şekildeki devreyi kurup enerji uygulayınız. ➤ $V_1 = 1 \text{ mV } 10 \text{ Hz AC}$ ➤ $V_2 = 1 \text{ mV } 10 \text{ Hz AC}$ ➤ R_4 ve R_5 dirençleri $10 \text{ K}'$dır.	➤ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➤ Dijital deney seti, breadboard, iletken, güç kaynağı, kargaburnu ve yankeskiyi hazırlayınız. ➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ İş güvenliği tedbirlerini alınız. ➤ Devre şemasını çizerek kullanacağınız malzemeleri bir kâğıda listeleyiniz.
➤ $V_{\text{ç1}}$ ve $V_{\text{ç2}}$ çıkışlarına osilaskop bağlayarak çıkışları gözlemleyiniz.	➤ Devrede kullanılan opampları elizdeki malzemeye göre (LM serisi gibi) kendiniz belirleyebilirsiniz.
➤ $V_{\text{ç1}}$ ve $V_{\text{ç2}}$ çıkışlarına voltmetre bağlayarak çıkışları gözlemleyiniz.	➤ Osilaskop ile gerilim ölçme hakkında Elektriksel Büyüklüklerin Ölçülmesi modülünde almış olduğunuz bilgileri hatırlayınız.
➤ $V_1 = 1 \text{ mV } 50 \text{ Hz AC}$ ➤ $V_2 = 1 \text{ mV } 50 \text{ Hz AC}$ ➤ için ölçümleri tekrarlayınız. ➤ Devrede $V_{\text{ç1}}$ ve $V_{\text{ç2}}$ çıkışlarını hesaplayarak ölçüm sonuçları ile karşılaştırınız. ➤ Sonuçları rapor haline getirip sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız.	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki sorularda noktalı kısımları uygun şekilde doldurunuz.

1. Alçak geçiren aktif filtre uygulamasının sonucu
..... şeklinde yorumlanabilir.
2. Bant geçiren aktif filtre uygulamasının sonucu
..... şeklinde yorumlanabilir.
3. Pasif filtre uygulaması sonucu
.....şeklinde yorumlanabilir.
4. Kırpıcı devre uygulamasının sonucu.....
..... şeklinde yorumlanabilir.
5. Doğrultucu devre uygulamasının sonucu
.....şeklinde yorumlanabilir.

DEĞERLENDİRME

Verdiğiniz cevapları arka sayfadaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Bilemediğiniz sorular için öğrenme faaliyetinin ilgili bölümlerini tekrar ediniz.

Eğer başarılı olduysanız, modül değerlendirmeye geçiniz. Başarısız iseniz bu öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki kriterlere göre değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
İnsan-Enstrümantasyon sistemini anladınız mı?		
Gürültü azaltma yöntemlerini söyleyebildiniz mi?		
Aktif filtre çeşitlerini sıralayabildiniz mi?		
Bir bantgeçiren aktif filtre uygulaması devresini kurabildiniz mi?		
Bir bantgeçiren pasif filtre uygulama devresi kurabildiniz mi?		
Filtre devrelerinin sonuçlarını yorumlayabildiniz mi?		
Opampli kırpıcı uygulama devresini kurup ölçüm yapabildiniz mi?		
Öğrenme faaliyetinde verilen çift yönlü doğrultucu devresini kurup ölçüm yapabildiniz mi?		
“Çentik filtrenin görevi nedir?” Sorusuna cevap verebildiniz mi?		
Aktif tepe dedektörü uygulaması yapabildiniz mi?		
Devrelerde kullandığınız entegrelerin üzerindeki harf ve rakamların anlamlarını biliyor musunuz?		
Opampların beslemesini kavradınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Teorik bilgilerle ilgili soruları doğru olarak cevapladıktan sonra, yeterlik testi sonucunda, tüm sorulara evet cevabı verdiyseniz bir sonraki modüle geçiniz. Eğer bazı sorulara “hayır” şeklinde cevap verdiyseniz eksiklerinizle ilgili bölümleri tekrar ederek yeterlik testini yeniden yapınız.

CEVAP ANAHTARLARI

UYGULAMA FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	İnsan enstrümantasyon sistemi.
2.	0-1250 Hz aralığını geçirir
3	1250 Hz'den yukarısını geçirir.
4	50 Hz'lik şebeke frekansından kaynaklanan gürültüleri bastırmak amacıyla kullanılır.
5	100 Hz kesim frekansının altı ve üstü filtreden geçmez.

UYGULAMA FAALİYETİ-2' NİN CEVAP ANAHTARI

1	Pratikte pek çok opamp $\pm 5V$ ile $\pm 18V$ arasında simetrik besleme gerilimine gereksinim duyar. Ayrıca 0V-30V arasında tek bir besleme gerilimi altında çalışan opamplar da vardır.
2	Paket tipini ve kılıf metaryelini gösterir.
3	Üretici firmayı belirler.

UYGULAMA FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Kesim frekansının üstündeki frekanslarda çıkış gerilimi düşmektedir
2	Kesim frekansının üstündeki ve altındaki frekanslarda çıkış gerilimi düşmektedir.
3	Kesim frekansının üstündeki frekanslarda çıkış gerilimi düşmektedir.
4	İşaretin negatif kısmı kırılmıştır.
5	Yarım dalga doğrultucu devre olduğu için işaretin pozitif kısmı doğrultulmuştur

KAYNAKÇA

- YAZGAN Ertuğrul, Mehmet KORÜREK, **Tıp Elektronik**i, İstanbul 1996.
- ONUR Rüştü, **Biyolojik Sinyal Kaydı ve İşleme Yöntemleri**, İzmir 1996.
- <http://sutef.selcuk.edu.tr/~otomasyon/images/stories/Analog/deneyler/anal7.pdf> (10.09.2006)
- <http://uzak.mersin.edu.tr/UZAK/TP/EndElo/Eln-231/anl6.pdf> (10.09.2006)
- <http://sutef.selcuk.edu.tr/~otomasyon/images/stories/Analog/deneyler/anal6.pdf> (10.09.2006)
- [http://mf.erciyes.edu.tr/ogrgor/ogrt/222/ders_notu/Devre Analizi Lab 2003.pdf](http://mf.erciyes.edu.tr/ogrgor/ogrt/222/ders_notu/Devre_Analizi_Lab_2003.pdf) (10.09.2006)
- http://www.emo.org.tr/resimler/ekler/0aee3a5f4643755_ek.pdf (10.09.2006)
- www.national.com,
- <http://focus.ti.com/lit/ml/sloa088/sloa088.pdf> (10.09.2006)