

**FİZİKSEL ENGELLİLER İÇİN BİLGİSAYAR KULLANIMINI
KOLAYLAŞTIRAN BİR DEVRE TASARIMI**

Aysun GÖKTAŞ GÜL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Temmuz 2005

ANKARA

Aysun GÖKTAŞ GÜL tarafından hazırlanan FİZİKSEL ENGELLİLER İÇİN BİLGİSAYAR KULLANIMINI KOLAYLAŞTIRAN BİR DEVRE TASARIMI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. M. Rahmi CANAL
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**FİZİKSEL ENGELLİLER İÇİN BİLGİSAYAR KULLANIMINI
KOLAYLAŞTIRAN BİR DEVRE TASARIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Aysun GÖKTAŞ GÜL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2005**

ÖZET

Fiziksel engeli bulunan insanlar yaşamları süresince bir çok zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bilgisayar kullanımı da karşılaşılan zorluklardan biridir. Bu çalışmada bakışlar ile bilgisayar faresini yönetebilen ve kas kasılması ile fareye tıklayabilen bir devre tasarımı amaçlanmıştır. Gözlerden (EOG) ve kaslardan (EMG) gelen elektrofizyolojik sinyaller tıbbi elektrodlar ile alınmıştır. Biyopotansiyel yükselteç kullanılarak yükseltme işlemi yapıldıktan sonra sinyal işlenerek fareye uygulanmıştır. İzolasyon kuvvetlendiricisi kullanılarak da tıbbi güvenlik sağlanmıştır. Kas kasılması anında elektrodlar arasında oluşan biyopotansiyel fark algılanarak farenin tıklama işlemi yapması sağlanmıştır. Gözden alınan, bakış açısı ile lineer bir değişim gösteren EOG sinyali yükseltme ve filtreleme işlemlerinden sonra 10 bit sayısal veriye dönüştürülmüştür. Bu sayısal veri mikrodenetleyici ile işlenerek bilgisayar faresinin yatay ve dikey alıcılarına uygulanmıştır. Tıklama işleminin sorunsuz olarak uygulanmış olmasına rağmen EOG sinyalindeki lineer olmayan değişimler ve gürültü sinyalleri nedeni ile yeterli hassasiyet sağlanamamıştır.

**Bilim Kodu : 705
Anahtar Kelimeler : Bilgisayar, EMG, EOG, PIC
Sayfa Adedi : 81
Tez Yöneticisi :Yrd.Doç.Dr. M. Rahmi CANAL**

**A CIRCUIT DESIGN WHICH MAKES COMPUTER OPERATION EASY
FOR THE PEOPLE WITH PHYSICAL OBSTACLES**

(M.Sc. Thesis)

Aysun GÖKTAŞ GÜL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

July 2005

ABSTRACT

People with physical obstacles encounter many difficulties during their lifetime. One of them is operation of a computer. In this study a circuit design, in which sight and eye's muscles contraction controls computer mouse, was aimed. Electrophysiological signals from eyes (EOG) and muscles (EMG) were collected via medical electrodes. Signals was first amplified by biopotential amplifier then processed and applied to computer mouse. Medical security was obtained by using isolation amplifier. During contraction of the eye's muscles, the biopotential difference was perceived by electrodes and mouse clicks was secured. Sight's angle and EOG signals changing linearly by angle were amplified and filtered and then converted to 10 bit digital data. This digital data was processed by microcontroller and applied to horizontal and vertical sensor of mouse. Clicking of the mouse was secured without problem. Because of nonlinear changes and noise signals in EOG, sufficient sensitivity was not obtained.

Science Code : 705

Key Words : Computer, EMG, EOG, PIC

Page Number : 81

Adviser : Yrd.Doç.Dr. M. Rahmi CANAL

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. M. Rahmi CANAL' a, tıbbi bilgilere ulaşmakta yardımlarını esirgemeyen ağabeyim Doç. Dr. Serdar GÖKTAŞ' a, teknik ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim ve aileme yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım mesai arkadaşlarıma, teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KULLANILACAK METOD VE MALZEMELER	4
2.1.Gözün Temel Yapısı	4
2.2. Göz Pozisyon Dedektörleri	5
2.2.1. Elektrookülogram tekniği	5
2.2.2. İnfra red (kızılötesi) okülografi.....	6
2.2.3. Görüntü tabanlı metotlar	6
2.2.4. Skleral tarama sargıları	7
2.3. EOG Sinyalini Algılamakta Kullanılacak Olan Tekniğin Seçimi ve Elektrodların Yerleştirilmesi.....	7
2.4. EMG Sinyali	8
2.5. Kas Kasılma Dedektörleri	10
2.5.1. Gerilme ölçer tekniği	10
2.5.2. Elektrod tekniği.....	10
2.6. Emg Sinyalini Almakta Kullanılacak Olan Tekniğin Seçimi Ve Elektrodların Yerleri	10
2.7. Biyopotansiyel Elektrodların Yapısı Ve Çalışması	11

2.7.1. Elektrod-elektrolit arayüzü	11
2.7.2. Gümüş/Gümüş Klorür elektrod.....	13
2.7.3. Elektrod çeşitleri	14
2.7.4. EOG ve EMG işaretlerini algılamakta kullanılacak elektrodların seçimi	16
2.8. Biyopotansiyel Yükselteç	16
2.9. Bilgisayar Faresi	21
2.9.1. Standart mekanik fare	21
2.9.2. Fareye arabirimlik yapan sistem	24
3. TASARLANAN DEVRE VE ÇALIŞMA PERFORMANSI.....	26
3.1. Fare Tıklama Devresinin Blok Şeması	26
3.2. Sinyal Dedektörü Olarak Farksal Yükselteç	27
3.3. Yüksek Geçiren Filtre	27
3.4. İzolasyon Yükselteci	29
3.5. Fareyi tıklamak için EMG sinyalinin işlenmesi.....	29
3.5.1. Hassas tam dalga doğrultucu	30
3.5.2. Zarf dedektörü.....	33
3.5.3. Karşılaştırmacı devre	34
3.6. Fare İkon Hareketini Kontrol Devresi	37
3.7. Fark Yükselteci	37
3.8. Alçak Geçiren Filtre.....	37
3.9. Fark Yükselteci	39
3.10. İzolasyon Yükselteci	39
3.11. Sinyalin Mikrodenetleyici ile İşlenmesi	40

3.11.1.Mikrodenetleyici	40
3.11.2. PIC Programlama teknikleri.....	41
3.11.3. Sistem osilatörü ve reset	41
3.11.4. PIC16F877	42
3.12. Uygulamanın test edilmesi.....	45
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR	50
EKLER.....	52
EK-1. Fare tıklama devresi baskı devre şeması ve eleman yerleşim planı	53
EK-2. Fare ikon hareketi kontrol devresinin baskı devre şeması ve eleman yerleşim planı	54
EK-3. PIC program algoritması	55
EK-4. PIC program	56
EK-5. INA114 Biyopotansiyel yükseltecinin veri sayfaları	61
EK-6. ISO 122 İzolasyon yükseltecinin veri sayfaları.....	64
EK-7. LM311 op-ampının veri sayfaları.....	66
EK-8. LF353 op-ampının veri sayfaları	68
EK-9. PIC 16F877 Mikrodenetleyicisinin veri sayfaları	70
EK-10. SFH610 Optokuplörünün veri sayfaları	78
EK-11. 4N25 Optokuplörünün veri sayfaları.....	80
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Çeşitli elektrod malzemeleri, valansları ve yarı-hücre potansiyelleri.....	12
Çizelge 2.2. CW ve CCW sayısal sinyaller ve onaltılık sayı sistemi karşılıkları	23
Çizelge 3.1. Sabit üç nokta etrafında yapılan tıklama sonuçları	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Biyolojik sinyalleri işleyen sistemin blok diyagramı	3
Şekil 2.1. Gözün yapısı	4
Şekil 2.2 İnfra red okülografi düzeneği	6
Şekil 2.3. EOG sinyallerini algılamakta kullanılan elektrodların pozisyonu.....	7
Şekil 2.4. Dorsal interosus kasının çok azdan kuvvetliye doğru kasılmaları sırasında üretilen potansiyeller.....	9
Şekil 2.5. Önkola uygulanmış elektrodlar	11
Şekil 2.6. Elektrod-elektrolit arayüzü ve oksidasyon reaksiyonundaki iyon hareketleri.....	11
Şekil 2.7. Elektrodun Eşdeğer Devre Modeli	13
Şekil 2.8. Yüzeysel Elektrodları a) metal plaka, b) emici düzenli, c) gezici tipten, d) tümüyle atılabilir, e)bükülebilir ve f) kuru elektrodlar	15
Şekil 2.9. Biyopotansiyel yükseltecin blok diyagramı.....	17
Şekil 2.10. Bir enstrümantasyon yükselteç devresi.....	18
Şekil 2.11. Sallen-Key filtre devre yapısı	20
Şekil 2.12. Standart mekanik farenin elektronik şeması	21
Şekil 2.13. Mekanik farenin çark yapısı	22
Şekil 2.14. Fare hareket ettirildiğinde oluşan sayısal sinyaller.....	23
Şekil 2.15. 4n25 Ve Sfh610A Optoizolatörlerinin şematik gösterimleri.....	25
Şekil 3.1. Tasarlanan devrenin blok şeması	26
Şekil 3.2. Fare tıklama devresinin blok şeması	26
Şekil 3.3. INA114N enstrümantasyon yükseltecinin ayak bağlantı uçları	27
Şekil 3.4. İkinci dereceden, birim kazançlı Sallen-key yüksek geçiren filtre	28

Şekil	Sayfa
Şekil 3.5. ISO122 İzolasyon yükseltecinin blok diyagramı.....	30
Şekil 3.6. Hassas doğrultucu	31
Şekil 3.7. Zarf Detektörü.....	33
Şekil 3.8. Karşılaştırıcı.....	34
Şekil 3.9. Fare tıklama devre şeması.....	36
Şekil 3.10. Fare ikon hareketini kontrol devresinin blok şeması.....	37
Şekil 3.11. İkinci dereceden birim kazançlı sallen key alçak geçiren filtre devresi	38
Şekil 3.12. Fark yükselteci devre şeması	39
Şekil 3.13. Fare ikon hareketleri kontrol devresinin şeması	44
Şekil 3.14. Fare devresi bağlantı şeması	45
Şekil 3.15. Ekran görüntüsü	46
Şekil 3.16. Sapma alanı.....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A⁻	Anyon
Ag	Gümüş
AgCl	Gümüş klorür
Al	Aliminyum
C	Kondansatör (capacitans)
C⁺	Katyon
Cl	Klorür
Hz	Hertz
kHz	Kilo Hertz
kΩ	Kilo Ohm
MHz	Mega Hertz
mV	Mili Volt
MΩ	Mega ohm
R	Direnç
V	Volt
Ω	Ohm
μV	Mikro Volt
Kısaltmalar	Açıklama
CW	Clockwise (saat yelkovanı yönünde)
CCW	Counterclockwise (saat yelkovanı yönü tersine)
EOG	Elektrookulogram
EMG	Elektromiyogram
PIC	Peripheral Interface Controller (Çevresel unite denetleme arabirimi)

1 . GİRİŞ

Vücutda elektriğin üretildiği fikri, ilk olarak 1786 yılında İtalyan Anatomi Profesörü Luigi Galvani tarafından ortaya atılmıştır. Galvani, yaptığı deneylerle bir kurbağa bacağındaki elektriksel aktiviteyi incelemeye çalışmıştır. Sonraki yüzyılda bu konuda birçok çalışma yapılmış, fakat 1903 yılında Hollandalı fizikçi William Einthoven' in telli galvanometreyi bulmasına kadar bu elektriksel aktivitenin pratik bir uygulaması yapılamamıştır. Elektronikteki gelişmeler ve Fizyolojik alandaki çalışmalar, biyolojik işaretlerin işlenmesi ve değerlendirilmesi alanında yeni ufuklar açmıştır (1).

Bilgisayarlar tıp elektroniğinde 1960' lı yıllardan itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Bu senelerde, hastanelerde, kalpten algılanan elektrokardiyogram (EKG) ve beyinden algılanan elektroensafalogram (EEG) işaretleri, sayısal bilgisayarlarla analiz edilmeye çalışılmıştır. Mikrobilgisayarların tıp elektroniğinde kullanılmaya başlanması ise 1970' li senelere rastlar. O senelerde laboratuvar çalışmalarında kullanılmaya başlayan mikrobilgisayarlar günümüzde, tıp elektroniğinde çeşitli amaçlar için yaygın olarak kullanılmaktadır (2).

Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda, bilgisayar ikonunun yatay ve dikey EOG ile kaydedilen elektriksel potansiyele bağımlı olarak hareket etmesini sağlayan sistemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Kullanıcı ekrandaki alfabe matrisi görüntüsü üzerinde ikonu hedef harfler üzerine yerleştirmek suretiyle göz hareketlerini kullanarak kelime ve cümlelerin harflerini söyleyebilmektedir. Bu tekniğin başarılı olarak uygulanması özellikle motor sisteminin felç olması nedeniyle konuşamayan özel grupların bilgisayar yardımı ile iletişimini sağlayabilmektedir (3).

Yine geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda, fiziksel hareket kabiliyetini yitirmiş ancak gözünde hareket kaybı olmayan engelliler için EOG temel alınarak tekerlekli sandalye kontrol etmek ve yönetmek üzerine çalışmalar yapılmıştır. Sistem standart elektrikli tekerlekli sandalye ile birlikte taşınabilir bir bilgisayar, sensörler ve bilgisayar tarafından çalıştırılan grafiksel kullanıcı arabiriminden oluşmaktadır. Bu

kontrol tekniği, hareket yeteneği ve iletişim gibi konularda özürlü kişilere yardımcı olabilmektedir (4).

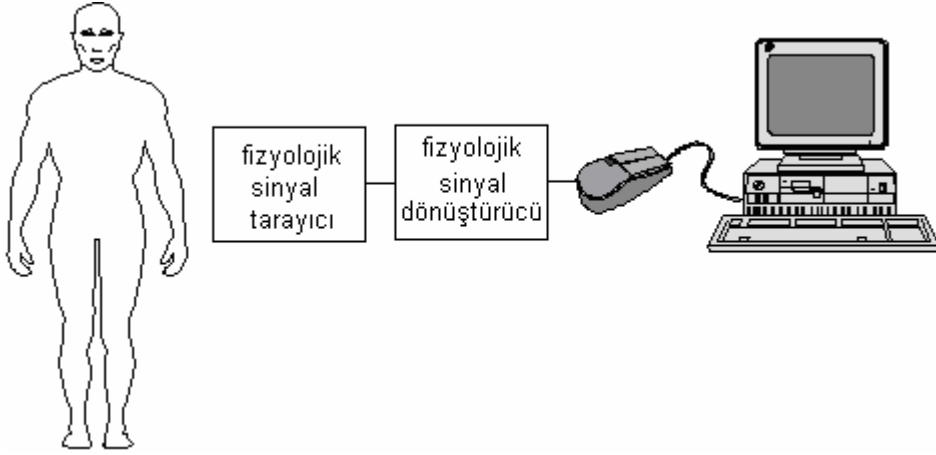
Kullanıcının burnunda veya parmağında bulunan bir işaretin hareketinin, bir video kamera ile algılanarak ikon hareketini sağlayan çalışmalar yapılmıştır. “Camera Mouse” adı verilen sistem ile 20 kişinin birbiriyle iletişimi sağlanabilmiştir (5).

Yine benzer bir çalışmada insan gözü ve burnu bilgisayar faresi olarak kullanılabilir. “Nouse” adındaki sistem, bir kamera (webcam) yardımıyla gözün ve burnun hareketleri algılanarak bir USB port aracılığıyla bilgisayara komut olarak iletilmesi ilkesine dayanmaktadır. Sistemde, kullanıcı burnunu imleç gibi kullanabilirken, sol gözünü kırptığında farenin sol tuşuna tıklamakla aynı işlevi görmektedir. Sağ göz kırıldığında da sağ tuş tıklanmaktadır (6).

El kullanmaksızın bilgisayar kursorünün kontrol etmek amacı ile dört elektrodlu bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, EMG sinyalinin sayısal olarak işlenmesine bağlı olarak önerilmiştir. Elektrodlar kafatası üzerinde alının sağ yanı, iki kaşın ortası, sol şakak ve sağ şakak adaleleri üzerine yerleştirilmiştir. Elektrod yerleştirilen kasların EMG aktivitesi kullanılarak alınan sinyaller beş farklı ikon hareketine dönüştürülmüştür. Bu hareketler şunlardır; sol, sağ, yukarı, aşağı ve sol klicktir. Bu sistem önceki üç elektrodlu sistemin üzerine belirgin gelişme sağlamıştır (7).

Bilgisayarı kontrol etmekte çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Kullanılan klavye ve fare yanısıra webcam veya sesle kontrol yöntemleri de mevcuttur.

Bu çalışmada bilgisayarın biyolojik yolla kontrolü gerçekleştirilmiştir (şekil 1.1). Bu sistem ellerini veya seslerini kullanamayan insanların bilgisayar kullanmasına izin verir.



Şekil 1.1. Biyolojik sinyalleri işleyen sistemin blok diyagramı

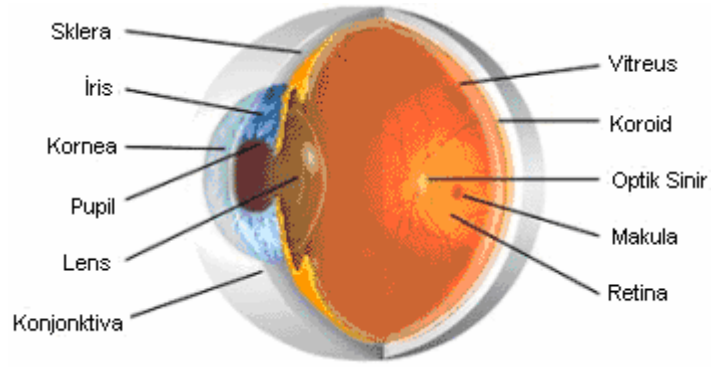
Bu tez çalışmasındaki amaç, fizyolojik olayların bilgisayarı kumanda etmekte kullanılabilirliğini göstermektir. Göz hareketi elektrodlarla algılanarak ikonun kontrolü yapılacak ve yine elektrodlarla alınan kas sinyali ile tıklama olayı gerçekleştirilecektir.

Bu çalışmanın uygulanacağı fiziksel engeli bulunan kişinin, istemli hareketi sağlayan (çizgili kaslar) iskelet kaslarından herhangi birinin kasılma yeteneğini yitirmemiş olması gerekmektedir. Çünkü farenin tıklama olayı, yüzeysel kaslarda istemli kasılma sonucu oluşan sinyallerin alınması ile gerçekleştirilmektedir. Yine fare ikon hareketini kontrol etmek için yüzey elektrodları ile alınan sinyaller gözün hareketi sonucu oluşmaktadır. Bu yüzden kişinin, görme kaybı (kör, ağma), düzeltilmemiş şaşılık, ileri derecede görme kusuru, göz hareketlerinde kısıtlılık (bakış sınırlılığı) gibi kusuru olmaması gerekir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde kullanılacak metod ve malzemeler, üçüncü bölümünde tasarlanan devre ve çalışma performansı, dördüncü bölümde ise sonuç ve öneriler açıklanmıştır.

2. KULLANILACAK METOD VE MALZEMELER

2.1.Gözün Temel Yapısı



Şekil 2.1. Gözün yapısı

Gözün renkli kısmı iris olarak adlandırılır. En dışta bunu örten saydam, saat camı şeklinde kornea tabakası bulunur. İrisin ortasındaki açıklık pupil olarak adlandırılır. Gözün beyaz renkli tabakası sklera tabakasıdır ve bunu en dışta kaplayan saydam zar yapı konjonktivadır. İrisin arka tarafında göz merceği yani lens bulunur. Göz küresinin içini arkada vitreus denilen jel kıvamında bir sıvı doldurur. Bu boşluğu kaplayan sinir lifi tabakası retina adını alır. Bunun hemen altında koroid denilen damar tabaka vardır. Gözün mercekle görülebilen bu arka kısmında yuvarlak, pembe beyaz renkte izlenen görme sinirinin çıktığı optik disk bulunur. Yine bunun komşuluğunda, çevreye göre daha koyu renkte makula denilen ve ayrıntılı görmemizi sağlayan kısım vardır (Şekil 2.1).

Göze gelen ışınlar sırayla gözyaşı, kornea ve lense geçtikten sonra retina bölgesine düşer. Buradan sinir lifleriyle beyindeki görme merkezlerine iletilir. Burada düzenlenen ışık uyarıları anlamlı bir görüntü halini alır.

2.2. Göz Pozisyon Dedektörleri

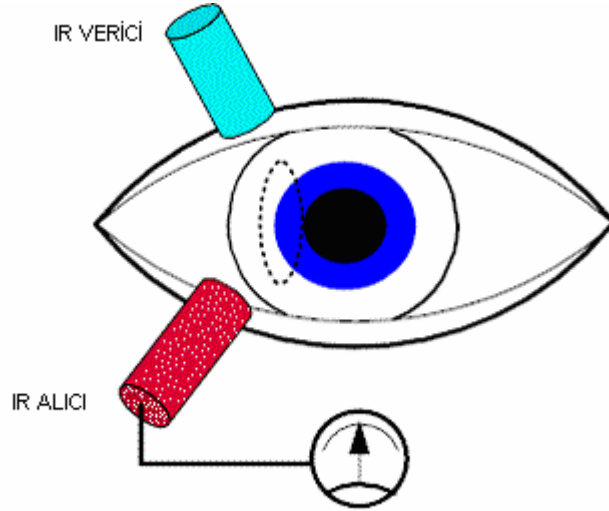
2.2.1. Elektrokülogram tekniği

Göz hareketlerinin incelenmesi gözün çevresinde oluşan ve “Elektrokülogram (EOG)” olarak adlandırılan elektriksel kökenli biyolojik işaretlerin ölçülmesiyle yapılabilir. Göz yuvarlağı bir dipol gibi davranır ve göz hareketleri, dipol değişimin vektör momenti olarak izlenebilir. Ölçülen potansiyel, retinanın görsel adaptasyonu, göz yuvarlağının uzunluğu ve uyarımlara cevap gibi birçok faktörle değişir. Buna ek olarak mutlak potansiyel farkında kişiden kişiye değişen farklılıklar mevcuttur. Bütün bunlara rağmen bu metod, büyük göz hareketlerini incelemek için faydalı olmaktadır. EOG ‘nin ölçümünde, orta şiddetteki bir ışığın söndürülmesinden sonra, sabit potansiyelin genliğinde bir azalma görülür. Kuvvetli bir ışık sonrasında ise genlikte büyük bir yükselme ve sonrasında düşme görülür.

EOG, gözün sağ ve soluna, burna ve şakağa yerleştirilen yüzey elektrodları ile ölçülür. İleri doğru bakılırken dipol iki elektroda göre simetriktir ve EOG çıkışı sıfırdır. Bakış sola kaydırıldığında, pozitif kornea sol elektroda yaklaşır ve daha pozitif olur. Bakışın yatay açısı ile EOG çıkışı arasında $+30^\circ$ ‘ye yaklaşan lineer bir ilişki vardır. Elektrodlar düşey göz hareketlerini izlemek üzere gözün alt ve üstüne de yerleştirilebilir. Duyarlık 0.5-1.5 derece arasındadır (1).

EOG ölçülmesi AC ve DC olarak yapılabilir. AC kayıtlarında, sadece gözün hareket hızını belirlemek mümkündür. Bu amaçla zaman sabiti 0.1 – 3 sn arasında değişen EEG ve EKG cihazları kullanılır. Gözün gerçek pozisyonunu belirlemek gerekiyorsa DC ölçüm gereklidir. Burada da algılanan mikrovoltlar seviyesindeki işaret üzerinde, alçak frekanslarda elektrodarda oluşan gürültü, sorun çıkarabilir. Bu gürültüler uygun filtreleme teknikleri kullanılarak kabul edilebilir düzeye indirilebilmektedir. Kullanılan elektrodlar polarize olabilir ve dirençleri deri ile temasta değişebilir. Bunu önlemek için ya uygun bir elektrod pastası veya polarize olmayan Ag-AgCl elektrodlar kullanılır (1).

2.2.2. İnfra red (kızılötesi) okülografi



Şekil 2.2 İnfra red okülografi düzeneği

Göze sabit bir ışık kaynağı tutulduğunda, dedektöre yansıyan ışığın miktarı gözün pozisyonuna bağlı olarak değişir (Şekil 2.2). Kızılötesi ışık kullanılır. Kızılötesi dedektörler diğer ışık kaynaklarından çok fazla etkilenmezler dolayısıyla ortamın ışıklandırma seviyesi ölçümleri etkilemez. Yatay göz hareketlerinin ölçümü, dikey hareketlerin ölçümüne göre daha iyidir. Bu metotta göz kırpma, göz kapaklarının göz yüzeyini kaplaması ve aynı zamanda gözü hafifçe geri çekerek kısa bir zaman için yansıyan ışığın miktarını değiştirmesi nedeniyle problem teşkil eder.

2.2.3. Görüntü tabanlı metotlar

Bazı sistemlerde; gözdeki çeşitli yüzeylerden (kornea ve merceğin ön ve arka yüzeylerinden) ışık kaynağının bir yansıması olan “purkinje” görüntülerini üretmek için parlak bir ışık kaynağı kullanılır. Bu görüntülerin birbirlerine göre olan hareketlerinin izlenmesi ile bir göz pozisyon sinyali elde edilir. Genellikle pupilin pozisyonunu ve merkezini hesaplamak için video görüntüsü bir bilgisayar yazılımı ile birlikte çalıştırılır. Bu yatay ve dikey göz hareketlerinin ölçümüne izin verir.

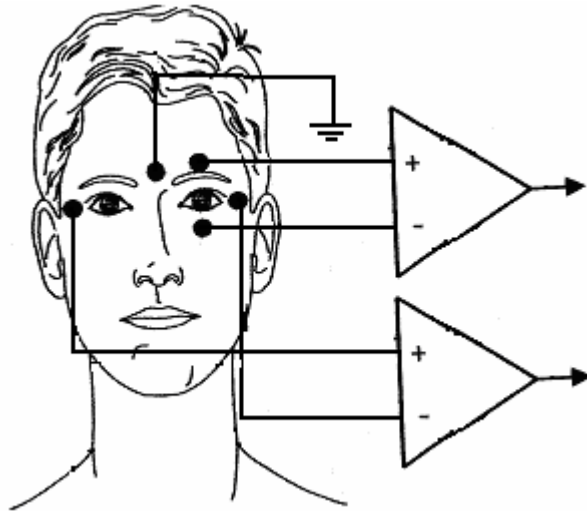
2.2.4. Skleral tarama sargıları

Göz hareketini ölçmek için, küçük tel sargılar bir kontak lensin veya halkanın içine gömülür sonra gözün içine yerleştirilir. Sargıdan bir tel gözün dışına çıkarılır. Manyetik alanı oluşturmak için kafanın iki tarafına manyetik alan sargıları yerleştirilir. Böylece yatay hareketin kaydedilmesi mümkün olur. Dikey hareketlerin de gözlenmesi istenirse ilk sargı setine dik olarak ikinci bir sargı seti yerleştirilir.

2.3. EOG Sinyalini Algılamakta Kullanılacak Olan Tekniğin Seçimi ve Elektrodların Yerleştirilmesi

Fare ikonunun ekran yüzeyi üzerinde hareket etmesi için biri yatay diğeri dikey olmak üzere iki sinyal gerekmektedir. Elektrookülogram tekniği kullanım kolaylığı ve cerrahi girişim gerektirmemesi açısından kullanılabilir en iyi yöntemdir.

İkonun yatay hareketini sağlamak için iki yüzey Ag/AgCl elektrodları gözün sol ve sağına yerleştirilerek yatay sinyal algılanır. Kaydedilen EOG sinyali iki göz potansiyelinin toplamıdır. Diğer iki elektrod gözün aşağısına ve yukarısına dikey olarak yerleştirilir. Böylece dikey sinyal elde edilmiş olur. Ayrıca, beşinci elektrod (toprak elektrodu) gürültü bağışıklığını düzeltmek için alnın orta yerine yerleştirilebilir (Şekil 2.3).



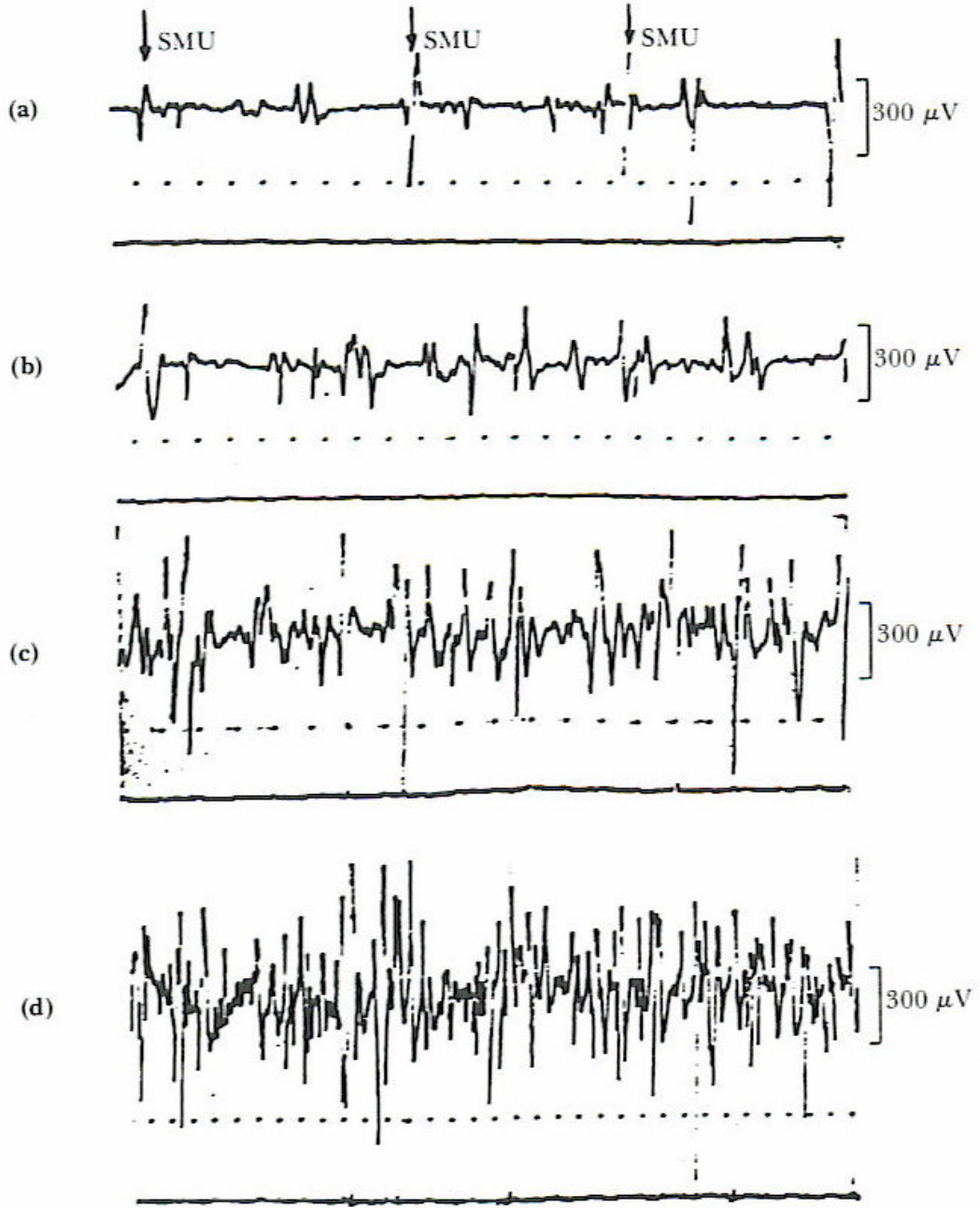
Şekil 2.3. EOG sinyallerini algılamakta kullanılan elektrodların pozisyonu

2.4. EMG Sinyali

Elektromiyogram (EMG), kasın kasılması sonucu ortaya çıkan biyopotansiyel işaretlerdir. Bunların kaynağı vücutta meydana gelen çeşitli elektrokimyasal olaylardır. İstemli kas hareketleri, beyinden alınan iletilerin sinirler yoluyla kasa iletilmesi sonucu ortaya çıkar.

Bir duyu alıcısı uyarıldığında, duyu sinir lifi boyunca yürüyen bir depolarizasyon dalgası (aksiyon potansiyeli) oluşturur. Bu darbe dizisi beyne ulaşır ve beyin de, motor sinirleri boyunca yayılan aksiyon potansiyellerini kaslara gönderir. Böylece kas lifi içerisindeki hücreler depolarize olarak kasın kasılmasını sağlar. Kas ve sinirler için genellikle az sayıdaki hücrenin net potansiyeli iğne elektrodlarla, bir çok motor ünitesinin oluşturduğu toplam potansiyelin ölçümü ise yüzey elektrodları ile yapılır. İğne ve yüzey elektrodları ile alınan ve kasın kasılması sonucu ortaya çıkan elektriksel işaretlere elektromiyogram (EMG) denir.

İskelet kaslarının temel birimi motor üniteleridir. Uyarılma anında tek bir motor ünitesinden iğne elektrodlarla alınan hücre dışı potansiyelin süresi 3-15 msn arasında, genliği ise 20-2000 mV arasında değişmektedir. Dinlenme durumundaki bir kasın EMG' si 100 μ V civarlarında iken, kasılma ile bu genlik 300 μ V civarlarına çıkmaktadır. Şekil 2.4' de elin baş parmağı ile işaret parmağı arasındaki dorsal interosus kasının çok azdan çok kuvvetliye doğru kasılmaları anındaki EMG sinyalleri gösterilmiştir. Hafif kasılma durumunda tek bir motor ünitesinin faaliyeti ayırt edilebildiği halde kuvvetli kasılmalarda bu mümkün değildir. Çünkü birçok motor ünitesinin faaliyeti üst üste binmiştir. Kasın kasılması kademeli olarak artarken aktif motor ünitelerinin uyarma frekansları artar ve yeni (daha önce aktif olmayan) motor üniteleri devreye girer.



Şekil 2.4. Dorsal interosus kasının çok azdan kuvvetliye doğru kasılmaları sırasında üretilen potansiyeller. (a) Hafif kasılma sırasında tek motor ünitesinin (SMU) faaliyeti ayırt edilebilmektedir. (b) Kasılma arttıkça tek motor ünitesinin faaliyetini ayırt etmek güçleşmektedir. (c) İnterference pattern görülmektedir. Tek bir motor ünitesinin faaliyeti belirlenmemektedir. (d) İnterference pattern boyunca çok kuvvetli kasılmalar görülmektedir. Zaman ölçüsü nokta başına 10 ms' dir.

Yüzey elektrodları ile yapılan ölçümlerde çok geniş bir alandaki elektriksel aktivite ile ilgili bilgi elde edilir. Ayrıca yüzeydeki kasların faaliyetleri alttan gelen bilgiyi maskeleydiği için yüzey elektrodları ile sadece yüzeydeki kaslara ait inceleme yapılabilir. Deri üzerine elektrodların yerleştirilmesi halinde o bölgede aynı anda aktif kas fiberlerinin oluşturduğu işaretlerin toplamı elektrodlar üzerinde görülecektir. Elde edilen dalga şekline “interference pattern” adı verilir. Aktivitenin artmasıyla daha fazla motor ünitesi faaliyete katılmakta ve tek bir motor ünitesinin faaliyeti belirlenemez hale gelmekte ve interference pattern ortaya çıkmaktadır.

2.5. Kas Kasılma Dedektörleri

2.5.1. Gerilme ölçer tekniği

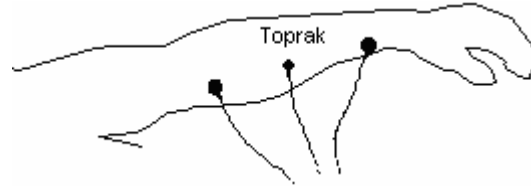
Bir teknik aslında gerilme olduğu zaman direnç değişimi olan malzemenin olduğu ince bir şerittir. Kasılma olduğu zaman kasın hacmi artacağından kas kasılma dedektörü olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, bu teknik hacimdeki değişim sadece vücut yüzeyinde sezilebiliyorsa kullanılabilir.

2.5.2. Elektrod tekniği

Kaslar kasıldıkları zaman biyopotansiyel üretirler. Bu sinyaller istenilen kasa yerleştirilen elektrodlar ile kolaylıkla toplanabilir.

2.6. EMG Sinyalini Almakta Kullanılacak Olan Tekniğin Seçimi Ve Elektrodların Yerleri

Elektrod tekniği herhangi bir kas için kullanılabilmesinden dolayı bu proje için uygundur. İskelet kasının elektriksel faaliyeti, deri yüzeyine yerleştirilen iki Ag/AgCl disk elektrodları vasıtasıyla iskelet kasının kasılma eksenine boyunca kaydedilebilir. Üçüncü elektrod toprak elektrodu olarak diğer iki elektrod arasına yerleştirilebilir. Buna örnek şekil 2.5’ de verilmiştir.



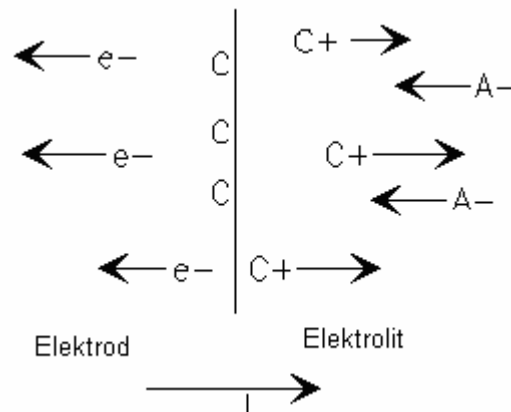
Şekil 2.5. Önkola uygulanmış elektrodlar

2.7. Biyopotansiyel Elektrodların Yapısı Ve Çalışması

Biyokimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren elektrodlar vücutta iyonlar halinde taşınan akımla elektrodta ve kablosunda elektronlar tarafından oluşturulan akım arasında dönüşüm fonksiyonunu yerine getiren bir arayüzdür. Elektrodlar, bu görevlerini, iyon akımını elektron akımına veya elektron akımını iyon akımına dönüştürerek gerçekleştirirler (1).

2.7.1. Elektrod-elektrolit arayüzü

Elektrodların iyon akımını elektron akımına dönüştürme işlemi, elektrodların içinde buldukları elektrolit içinde ve elektroda yakın olan yüzeyde gerçekleşir. Bu dönüşüm işleminin gerçekleştiği arayüz şekil 2.6.' da gösterilmiştir. Bu arayüzün elektrod tarafında akım taşıyıcı olarak elektronlar ve elektrolit tarafında ise katyon (C^+) ve anyonlar (A^-) bulunur.



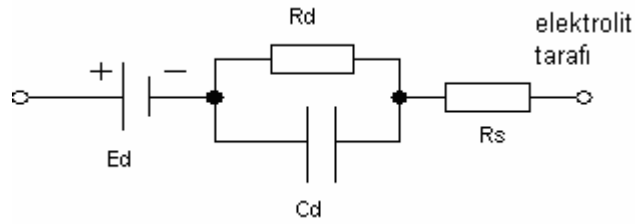
Şekil 2.6. Elektrod-elektrolit arayüzü ve oksidasyon reaksiyonundaki iyon hareketleri

Kullanılan elektrod malzemesinde katyonların bulunduğu durum da göz önüne alınarak, elektrod atomlarının elektronlarını kaybederek elektrolit içinde katyon (pozitif iyon) durumuna gelmesi (oksidasyon reaksiyonu) veya tersine elektrolit içindeki elektrod malzemesinden olan katyonların, elektrodta elektron çalarak elektrod yüzeyinde birikmesi (eksiltme, redüksiyon reaksiyonu) işlemleri ile karşılaşır. Elektrodta akım çekilmediği sürece, bu iki olay birbirlerini dengeleyecek biçimde sürüp giderek bir termodinamik denge oluşturur. Termodinamik dengede, elektrod-elektrolit arayüzünde pozitif yüklü C^+ iyonları ile, elektrodun arayüze yakın olan bölgelerinde elektronlar birikir (1). Bu şekilde, arayüzdeki yük birikimi (iyon birikimi), elektrolit bölgesinin elektriksel potansiyelini, elektrolitin diğer bölgelerine göre farklı bir potansiyele getirir. Kullanılan elektrodun yapıldığı malzemeye ve kullanılan elektrolitteki iyon aktivitesine göre değişen bu potansiyel farkına, yarı hücre potansiyeli adı verilir (Çizelge 2.1). Yarı-hücre potansiyelinin ölçülebilmesi için elektrodta hiç akım çekilmemesi gerekir. Akım çekilince reaksiyon dengesi bozulur ve ölçülen yarı-hücre potansiyeli, akımın sıfırdaki değerinden farklı olur. Bu iki potansiyel arasındaki farka gerilim aşımı adı verilir (1).

Çizelge 2.1. Çeşitli elektrod malzemeleri, valansları ve yarı-hücre potansiyelleri

Meta	E_o yarı-hücre potansiyeli
Al^3	-1,71 v
Z^2	-0,76 v
Cr^3	-0,74 v
Fe^2	-0,41 v
Ni^2	-0,23 v
H^1	0 v
AgC	0,22 v
C^2	0,34 v
Ag^1	0,80 v
Au^3	1,42 v
Au^1	1,68 v

Teorik olarak elektrodlar, polarize olan ve polarize olmayan elektrodlar olarak ikiye ayrılabilir. Polarize olan elektrodlarda, elektrod-elektrolit arayüzünde akım geçişi sınırlıdır ve elektrod bir kapasite gibi davranır. Polarize olmayan elektrodlarda akım, arayüzü serbestçe geçer ve bu elektrodlarda gerilim aşımı yoktur. Elektrodun elektriksel devre modeli şekil 2.7’ de gösterilmiştir (1).



Şekil 2.7. Elektrodun eşdeğer devre modeli

Bu modelde;

Cd; elektrod-elektrolit arayüzündeki yük birikiminin neden olduğu kapasiteyi,

Rd; bu kapasitenin kaçak direncini,

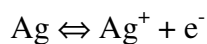
Ed; elektrodun yarı hücre potansiyelini,

Rs ise elektrolitin direncini temsil etmektedir.

Kullanılan elektrod, Ag-AgCl elektrodu ise Cd kapasitesi oldukça küçüktür dolayısıyla kapasitif etki azdır.

2.7.2. Gümüş/Gümüş Klorür Elektrod

Ag/AgCl elektrodları polarize olmayan elektrod sınıfına girmektedir. Bu yüzden, yarı-hücre potansiyelleri oldukça karardır. Bu elektrod, yalıtılmış bir kurşun tel eklenmiş gümüş metal bir tabakanın AgCl tabakası ile kaplanmasından oluşur. Eşitlik 2.1 ve eşitlik 2.2’ de verilen iki kimyasal reaksiyona göre çalışır. Birinci reaksiyon elektrod yüzeyindeki gümüşün, arayüzde bulunan çözeltide gümüş iyonlarına okside olmasıdır. İkinci reaksiyonda Ag^+ iyonları iyonik bileşik AgCl’ yi oluşturmak için Cl^- iyonları ile birleşmiştir (9).



[2.1]



Polarize olan bir elektrod, elektrolit içinde hareket ettirilirse, elektrolit içindeki yük dağılımını mekanik olarak bozar ve denge kurulana kadar yarı-hücre potansiyelinde değişimler olur. Bu değişimlere hareket bozukluğu adı verilir. Bu durum genellikle frekans spektrumunun alçak frekanslar bölgesinde olan EKG, EEG ve EOG işaretlerinin algılanmasında önemli olur. Bu nedenle AgCl elektrodlar tercih edilir (1).

2.7.3. Elektrod Çeşitleri:

Kullanım amacına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılırlar.

- A)Yüzey elektrodları,
 - a) Metal plaka elektrodları,
 - b) Emici düzenli elektrodlar,
 - c) Gezici tipten elektrodlar,
 - d) Tümüyle atılabilir elektrodlar,
 - e) Bükülebilir elektrodlar,
 - f) Kuru elektrodlar,
- B) Dahili elektrodlar,
- C) Mikro elektrodlar.

A)Yüzey Elektrodları: Şekil 2.8' de, çeşitli yüzey elektrodları görülmektedir (1). Metal plaka elektrodları özellikle EMG, EEG ve EKG işaretlerini algılamakta kullanılır. Ara pasta malzemesi vardır. Genellikle Nikel-Gümüş alaşımından yapılmaktadır. Yüzeyleri büyük olduğundan empedansları küçüktür (2-10Kohm).



Şekil 2.8. Yüzey elektrodları a) metal plaka, b) gezici tipten c) bükülebilir d) emici düzenli, e) tümüyle atılabilir ve f) kuru elektrodlar

Gezici tipten elektrodlarda metal disk şapkanın en üst iç yüzeyine yapışık durumdadır. Yalıtkan şapkanın içi elektrolit ile doldurulur ve her iki yüzü yapışkan olan elastik bir halka vasıtası ile deriye yapıştırılır. Bükülebilir elektrodlar vücut yüzeyinin şeklini alacak biçimde bükülürler. Genelde, küçük çocukların EKG işaretlerini algılamakta kullanılırlar. Emici düzenli elektrodlar, genelde EKG işaretlerinin algılanmasında kullanılır. Bu tür bir elektrodun deri ile temas eden yüzeyi halka şeklinde olduğundan, büyük hacimli olmasına rağmen, empedansı büyüktür. Tümüyle atılabilir elektrod: Bu elektrodlar, EKG ölçümlerinde çok kullanılan ve bir kere kullanıldıktan sonra atılan (disposable) elektrodlardır. Elektrolit, Ag-AgCl elektrod tabanının hemen altında, elektroda yapışık durumda jel emdirilmiş sünger olarak gerçekleştirilir. Kuru elektrodlar ara pasta malzemesi gerektirmeden, deri üzerine direkt olarak uygulanabilirler.

B) Dahili Elektrodlar: Biyopotansiyel işaretleri vücut içinden algılamakta kullanılırlar. İğne şeklinde olanları bulunduğu gibi, tümüyle vücut içine gömülüp kuvvetlendiriciye telemetri verici düzeni ile bağlı olanları da vardır. Bu tür

elektrodlarda pasta kullanılmaz, hücre sıvısı elektrolit görevi yapar. İğne elektrodlar, EMG ve ameliyat gereken hastalarda EKG işaretlerinin algılanmasında kullanılırlar.

C) Mikroelektrodlar: Uyarılabilen hücrelerin elektriksel davranışlarını inceleyebilmek için, hücre zarı ile bölünen hücre içi ve hücre dışı arasındaki potansiyel farkını ölçmekte kullanılırlar. Uç çapları 0,05- 10 μ m arasında değişmektedir. Hücre zarını delerek, mekanik olarak kararlı kalabilecek durumdadırlar (1).

2.7.4. EOG ve EMG işaretlerini algılamakta kullanılacak elektrodların seçimi

Dahili elektrodlar, biyopotansiyel işaretleri vücut içinden algılamakta kullanılırlar. Ancak bunların kullanılışı her zaman hastayı rahatsız etmektedir. Mikroelektrodlarla sinyal alımını gerçekleştirmek için bir elektrodun hücre içine daldırılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında, yüzey elektrodları kullanılmıştır. Tek kullanımlık ve pasta gerektirmeyen türde elektrodların kullanılması ile sterilizasyon gereksinimi ortadan kaldırılmıştır. Elektrodların devre girişine aktarılmasında koaksiyel kablo kullanılarak, manyetik alanların etkisini en aza indiren bir düzenek kurulmaya çalışılmıştır.

2.8. Biyopotansiyel Yükselteç

Biyopotansiyel yükselteçler biyolojik işaretlerin algılanmasında ve yükseltilmesinde kullanılırlar. EOG sinyali yaklaşık 300 μ V genliğe sahip olup, frekans aralığı 0.1Hz ile 10Hz' dir. EMG sinyali yaklaşık 80mV genliğe sahip olup, frekans aralığı 70Hz ile 5KHz' dir (9).

Biyopotansiyel yükselteçler:

1. Biyolojik işaretler, fark işaretleri şeklinde olduğundan, fark yükselteci kullanılırlar,
2. Girişte işaret zayıflamasını önlemek amacıyla yüksek giriş empedansına sahip olmalıdırlar(10M Ω),
3. Organizmayı elektrik şoklarına karşı koruma amaçlı, izolasyon yükselteçleri

kullanırlar,

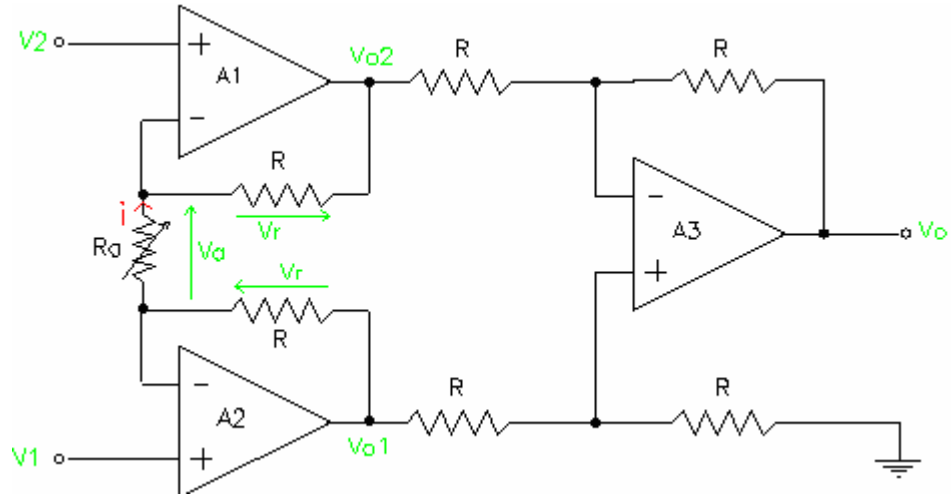
4. Yüksek kazançlıdır (1000 ~ 10.000 veya 100dB). Aynı zamanda kazancın ayarlanabilme özelliği vardır,
5. CMRR (Ortak İşaret Bastırma Oranı) yüksek olmalıdır,
6. İşarete özgü filtreler kullanırlar,
7. Biyopotansiyellerin frekans aralığında çalışmalıdır. Frekans cevapları uygulamalara göre değiştirilebilme özelliğine sahiptirler (1).

Biyopotansiyel yükseltecin blok diyagramı şekil 2.9' da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Biyopotansiyel yükseltecin blok diyagramı

Biyoelektrik sinyal kaynakları 10^3 ile $10^7 \Omega$ gibi yüksek empedansa sahip olmalarından dolayı biyoelektrik yükselteçler yüksek giriş empedansına sahip olmalıdır. Biyoelektrik sinyaller genellikle farksal sinyallerdir. Fakat bu sinyallerin algılanmasında fark yükselteci olarak belirlenen tek işlemsel yükselteç yeterli değildir. Tek işlemsel yükselteçten meydana gelen fark yükseltecinde sinyal kaynağı farklı giriş empedanslarını görmektedir ayrıca bu devre iyi bir ortak işaret bastırmaya (CMRR) sahip değildir. Biyolojik işaretlerin ölçülmesinde yaygın olarak enstrümantasyon yükselteç kullanılmaktadır. Enstrümantasyon yükselteçler, yüksek giriş empedansı, yüksek CMRR, yüksek kazanç, düşük dengesizlik (ofset) gerilimi kayması ve yüksek lineerlik gibi özelliklere sahiptir. Bu yükselteç iki giriş katı eklenmiş bir fark yükseltecinden oluşmaktadır. Giriş sinyallerinden her biri doğrudan yükselteçlerin evirici olmayan girişlerine uygulanmıştır. Bu nedenle girişteki sinyal kaynakları çok büyük giriş dirençleri ile karşılanmış olur (şekil 2.10). Bu tip yükselteçlerde tek dirençle fark kazancı ayarlanabilmektedir (R_a). Enstrümantasyon yükselteçleri piyasada tek kılıf halinde mevcuttur.



Şekil 2.10. Bir enstrümantasyon yükselteç devresi

$$v_o = v_1 - v_2 + 2 \frac{(v_1 - v_2)R}{R_a} = (v_1 - v_2)(1 + 2R/R_a) \quad [2.3]$$

Estrümantasyon yükseltecin çıkışı, gerilim farkı ($v_1 - v_2$) ile doğrudan orantılıdır. Bir baştan bir başa olan kazanç, ayarlı R_a direncinin değeri ile ters orantılıdır.

Filtre devresi olarak aktif filtre tercih edilmektedir. Aktif filtre devreleri; filtre devresi girişine gelen sinyal bileşenlerinden istenen frekansların devrenin çıkışına aktarılması, istenmeyenlerin ise zayıflatılmasında, pasif devre elemanları ile birlikte işlemsel yükselteçlerinde kullanıldığı filtre devreleridir. Aktif filtre devrelerinin sadece pasif elemanların kullanıldığı pasif filtrelere göre avantajlarını şöyle sıralayabiliriz.

1. İşlemsel yükselteçler ile kazanç sağlayabildiğimizden, çalışılan frekans bölgesinde bir zayıflama olmadan girişteki sinyaller çıkışa aktarılabilir.
2. Aktif filtreler bobin gerektiren pasif filtrelerden daha ucuzdur.
3. Aktif filtrelerin frekans cevapları kolay bir şekilde değiştirilebilir.
4. İşlemsel yükselteçlerinin yüksek giriş düşük çıkış empedansları sebebi ile sinyal kaynağı ile yük arasında bir izolasyon sağlanır.

Diğer taraftan aktif filtrelerin, çalışabilmeleri için bir kaynak gerilimine ihtiyaç duymaları gibi dezavantajları da vardır.

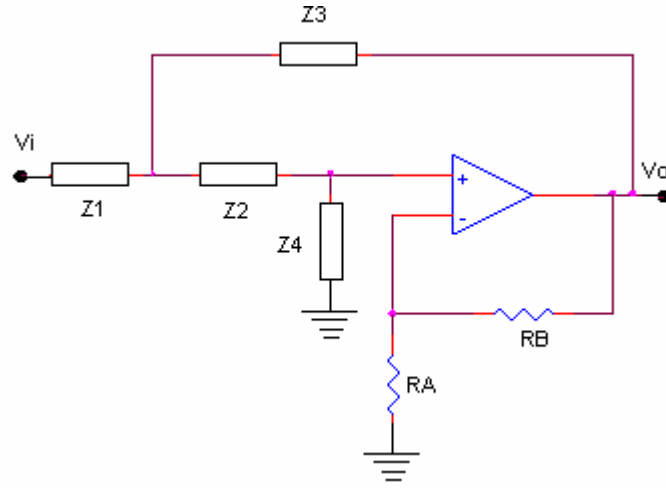
Filtre devreleri, pasif elemanlarla belirlenen kesim veya köşe frekansının altındaki ya da üstündeki frekansları filtrenin derecesine bağlı olarak zayıflatır. Filtrenin derecesi arttıkça seçiciliği artar. Örneğin 1. derece bir alçak geçiren filtre kesim frekansının üstündeki frekansları 20 dB/decade zayıflatırken, 2. derece bir alçak geçiren filtre 40 dB/decade' lik bir zayıflatma sağlar.

Band geçiren filtreler istenen frekansların geçmesine diğerlerinin ise zayıflatılmasını sağlamaktadır. Kalite faktörü veya Q; band geçiren filtrenin merkez frekansının, band genişliğine oranı tarafından belirlenir ve filtrenin seçiciliğini belirler. Temel aktif filtre devreleri çeşitli şekillerde gerçekleştirirler. Bunlar;

- Sallen-Key,
- Çoğullanmış-Geribesleme,
- Twin-T,

Filtreleridir. Bu filtrelerin hepsi 2. derece filtre olarak tasarlanmışlardır. Daha yüksek dereceli filtrelere ihtiyaç duyulduğunda filtreler kaskad bağlanır (10).

Şekil 2.11' de Sallen-Key 2.derece filtre şekli gösterilmiştir. Devredeki Z1, Z2, Z3 ve Z4 empedanslarının değerlerinin belirlediği frekans değeri, kesim frekansını belirler. Z1 ve Z2 iki direnç, Z3 ve Z4 iki kondansatör olarak bağlanırsa filtre alçak geçiren filtre, Z3 ve Z4 iki direnç, Z1 ve Z2 iki kondansatör olarak bağlanırsa filtre yüksek geçiren filtre özelliği gösterir.



Şekil 2.11. Sallen-Key filtre devre yapısı

Filtre kesim frekansı her iki filtre tipi içinde:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \quad [2.4]$$

eşitliği ile bulunur (11)

R_1 ve R_2 , C_1 ve C_2 ' nin eşit seçilmesi durumunda kesim frekansı eşitlik 2.5' den hesaplanır (10).

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad [2.5]$$

İnsan vücudunu elektrik akımının etkilerinden korumak için, vücut yüzeyine doğrudan bağlı veya teması olabilecek bütün devrelerde elektriksel izolasyon yöntemleri kullanılır. Buda izolasyon yükselteçleri ile sağlanmaktadır. Bu tip yükselteçler hasta bağlantısı ile ac güç hattı arasında $10^{12}\Omega$ ' a kadar çıkan izolasyonlar sağlayabilirler.

Genellikle bir giriş yükselteci, bir çeşit modülör, bir izolasyon engeli, bir demodülör ve bir çıkış yükseltecinden oluşur. Modülasyon tipleri arasında, genlik,

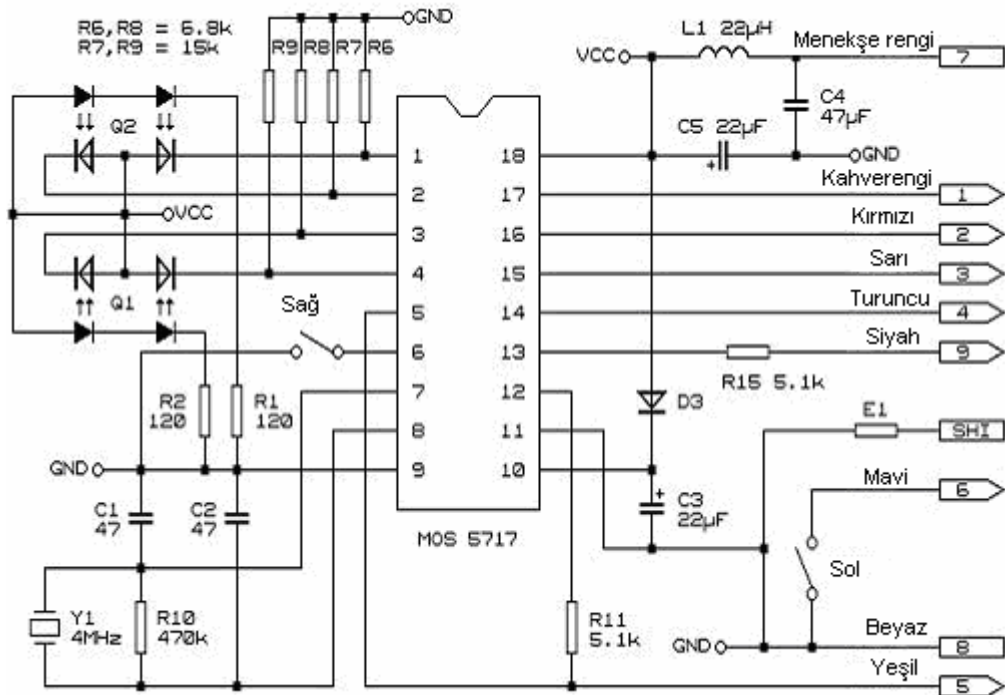
gerilimden frekansa dönüştürme, görev çevirimi, darbe genişliği, akım yükleme tipleri sayılabilir. İzolasyon engelinde transfer olayı optik, manyetik, transformator, kapasitif yolla sağlanmaktadır.

2.9. Bilgisayar Faresi

Sistemin çıkışı olarak bir bilgisayar faresi kullanılmıştır. PC fareleri özellikle Windows'un gelişiminden sonra bilgisayar üzerinde en çok kullanılan parça özelliğini kazanmıştır. Bu kadar çok kullanılan bir malzeme olunca da birçok çeşidi mevcut olmaktadır. Bu tez çalışmasında standart mekanik taramalı fare kullanılmıştır.

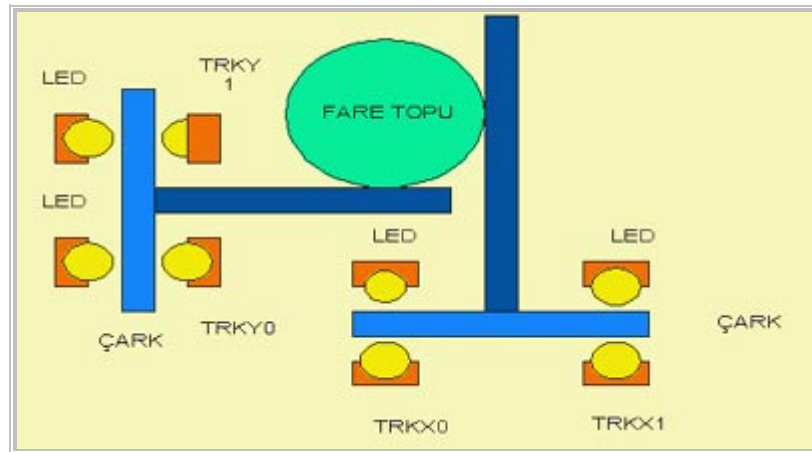
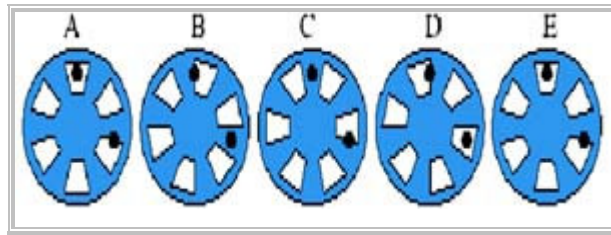
2.9.1. Standart mekanik fare

Bu tip farelerin alt tarafına bakıldığı zaman bilye büyüklüğünde bir topun olduğu hemen göze çarpar. Bu standart farenin iç kısmı incelendiği zaman topun bir takım dişlileri çevirdiği görülür.



Şekil 2.12. Standart mekanik farenin elektronik şeması

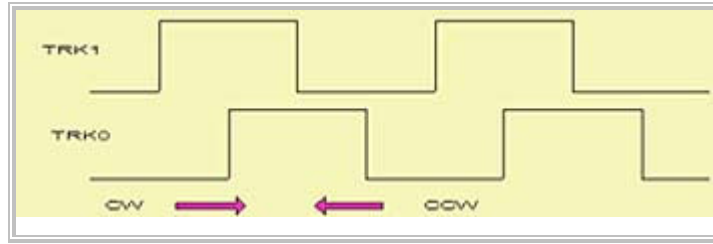
Şekil 2.12' de mekanik farenin elektronik şeması görülmektedir. Bu şemada dört adet infrared led diyot ile dört adet foto transistör mevcuttur. Bu elemanlar fare topunun çevirdiği çarkın konumlarını algılamakta ve buna ait mantıksal 0 ve 1'leri MOS 5717 işlemcisine göndermektedir. Fare çarkının konumları ve elektronik dalga formları aşağıda verilmiştir. Diğer anahtarlar ise fare üzerinde mevcut bulunan butonlardır. Ayrıca yine bu butonlara basıldığı zaman işlemci buna ait bir veri satırı oluşturarak bilgisayara gönderir. Bilgisayar kendi içerisinde bu komut veri satırını alarak işler ve ilgili işlemi yürütür. Bildiğimiz standart farelerin işlemcileri genelde 4 Mhz' lik bir kristal frekansı ile çalışırlar.



Şekil 2.13. Mekanik farenin çark yapısı

Şekil 2.13' te opto-mekanik farenin hareket algılayıcı kısmı görülmektedir. Farenin topu döndükçe topa bağlı çarklarda hareket etmektedir. Çarkların hareketi ile infrared ledler ile foto transistörler arasında çarklardaki deliklerden dolayı bir iletişim söz konusudur. Bu iletişimde söz konusu herhangi bir çarkın merkezine göre

iki led diyot arasında (burada TRX ile belirtilen çark yatay, TRY ile belirtilen çark tarafı ise düşey bileşenleri oluşturur) tam olarak 90 derecelik bir fark vardır. Bu farktan dolayı bu ledler ile transistörlerin iletişimi sonucu oluşan dalga formunda da bir 90 derecelik faz farkı mevcuttur. Bu hareket sonucu oluşan sayısal sinyaller şekil 2.14' te görülmektedir.



Şekil 2.14. Fare hareket ettirildiğinde oluşan sayısal sinyaller

Çizelge 2.2. CW ve CCW sayısal sinyaller ve onaltılık sayı sistemi karşılıkları

	(TRK1) t	(TRK0)t	(TRK1) t-1	(TRK0) t-1	Hexadecimal Karşılığı
	CCW	0	1	0	
	1	1	0	1	D
	1	0	1	1	B
	0	0	1	0	2

	(TRK1) t	(TRK0)t	(TRK1) t-1	(TRK0) t-1	Hexadecimal Karşılığı
	CW	1	0	0	
	0	0	0	1	1
	0	1	1	1	7
	1	1	1	0	E

Çizelge 2.2' de fare içerisinde yer alan çarkın hareketi ile iletişimi sağlayan opto-kuplörler arasında 90 derecelik farkın sonucu olarak verinin binary karşılığı verilmiştir. Burada CW saat yönünü CCW ise saat yönünün tersi hareketi ifade etmektedir. Fare üzerindeki işlemci sürekli olarak opto-kuplörleri kontrol eder. Elde edilen veriler bir önceki veri ile karşılaştırılır. Böylece farenin hareketinde bir değişiklik olup olmadığı saptanır. Eğer harekette bir değişiklik gözlenilmiş ise fare üzerindeki mikrodenetleyici bu veriyi işleyerek bilgisayara yeni durumu bildirir. Çizelge 2.2' de görülen değerlerde 't' şimdiki zamanı 't-1' ise bir önceki zamanı temsil eder. Elde edilen bu ikili ifadeler farenin aşağıya, yukarıya, sağa ya da sol tarafa mı hareket ettiğini belirttiği açıkça görülmektedir.

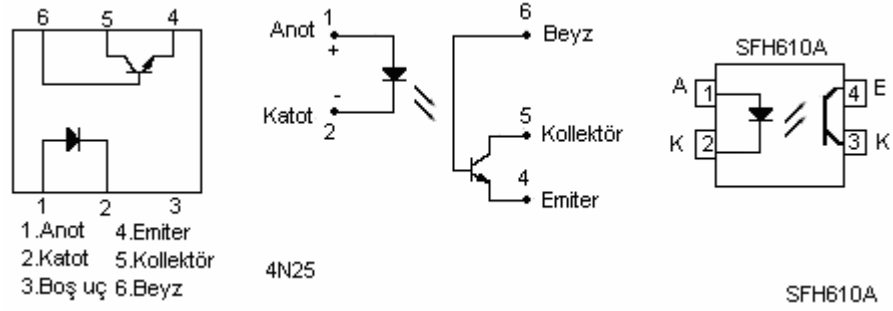
Yani sonuç olarak farenin hareketi varlığını ve yönünü algılaması led diyotların çarkın merkezine göre 90 derecelik bir farkla monte edilmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

2.9.2. Fareye arabirimlik yapan sistem

Optokuplörler, elektriksel bir bağlantı olmadan düşük gerilimlerle, yüksek gerilim ve akımları kontrol edebilen devre elemanlarıdır. Bir led diyot ve bir foto elemandan oluşmaktadır. Düşük güç gerektirirler, çok hızlı sürülebilirler, gürültülü değildirler, mekanik parçaları yoktur, izolasyon katsayıları çok yüksektir.

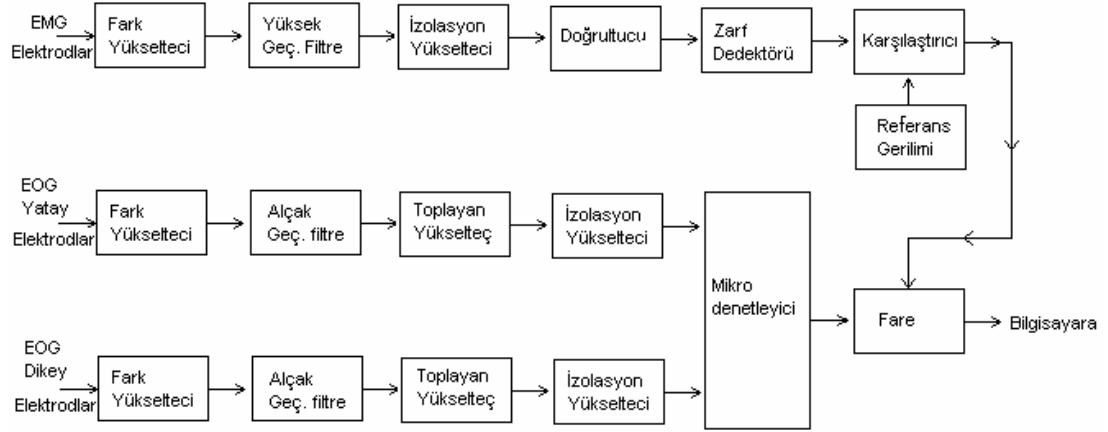
Optokuplörlerde ışık verici olarak kullanılan led diyotlardan çıkan ışık (kızıl ötesi) insan gözünün algıladığı ışık dalga boyundan küçük olduğundan göz tarafından algılanamaz. Kullanılan bu ledlere "infraruj verici ledler" denir. Bu lede uygulanan sinyal ile ledin yaydığı ışığın şiddeti değiştirilerek, sinyal değişimi bir ışık değişimine çevrilir. Çıkış tarafında bir optik eleman vardır. Bu optik elemanlar foto diyot, foto transistör, foto triak, foto tristör olabilir. Üzerine düşen ışıkla üzerinden geçen akımın değişmesine olanak sağlayan optik eleman vasıtası ile ışık değişimi tekrar akım değişimine, o da bir direnç üzerinden geçirilerek gerilim değişimine çevrilir. Böylece devrenin her iki yanı arasında bir elektriksel bağlantı yokken, sinyal iletişimi sağlanmış olur.

Bu tez çalışmasında SFH610A VE 4N25 optokuplörleri kullanılmıştır. Şekil 2.15’ de şematik gösterimleri verilmiştir. EK-10’ da SFH610 Optokuplörünün, EK-11’ de 4N25 Optokuplörünün veri sayfaları verilmiştir.



Şekil 2.15. 4N25 ve SFH610A optokuplörlerinin şematik gösterimleri

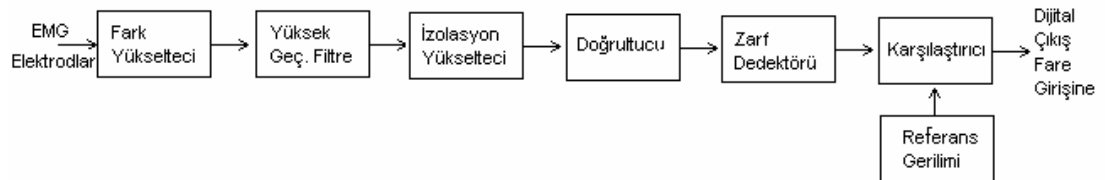
3. TASARLANAN DEVRE VE ÇALIŞMA PERFORMANSI



Şekil 3.1. Tasarlanan devrenin blok şeması

Şekil 3.1’ de tasarlanan devrenin blok şeması görülmektedir. EMG sinyali fark yükselteciden geçirilerek filtrelenmiştir. Doğrultulan sinyalin tepe değerleri alınarak farenin anahtar bölümüne bağlanmıştır. EOG sinyalleri de fark yükselteciden geçirilerek filtrelenmiştir. Yatay ve dikey olarak ayrı ayrı algılanan tüm sinyaller mikrodenetleyiciye verilmiştir. Mikrodenetleyici A/D çevirici özelliğine sahiptir. Mikrodenetleyiciden alınan sinyaller farenin yatay ve dikey algılayıcılarının bağlantı noktalarına bağlanmıştır. Her iki devrede koruma amaçlı izolasyon yükseltici kullanılmıştır.

3.1. Fare Tıklama Devresinin Blok Şeması



Şekil 3.2. Fare tıklama devresinin blok şeması

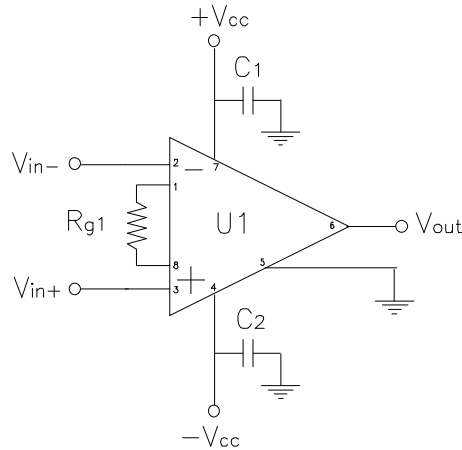
Şekil 3.2' de tasarlanan devrenin bir bölümü olan fare tıklama devresinin blok şeması görülmektedir.

3.2. Sinyal Dedektörü Olarak Farksal Yükselteç

Bu çalışmada ana yükseltme, Burr Brown firması tarafından üretilen INA114 enstrümantasyon yükselteci ile yapılmıştır. INA114 enstrümantasyon yükseltecinin ayak bağlantı uçları şekil 3.3' de gösterilmiştir. Kazancı eşitlik 3.1' den R_{g1} direnç değerinin değiştirilmesiyle ayarlanmaktadır.

$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{R_{g1}} \quad [3.1]$$

Her iki devre için R_{g1} değeri 510Ω olarak ayarlanmıştır. Dolayısıyla kazanç yaklaşık 100 olmuştur. INA114 enstrümantasyon yükseltecinin veri sayfaları EK-5' te verilmiştir.

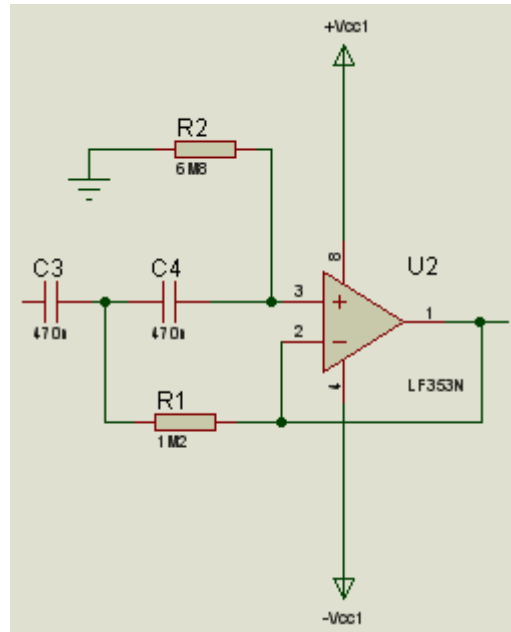


Şekil 3.3. INA114N enstrümantasyon yükseltecinin ayak bağlantı uçları

3.3. Yüksek Geçiren Filtre

Bu çalışmada, EMG sinyalinin bütün frekansları gerekli değildir. Düşük frekanslar sinyal zarfını oluşturmaktadır. Yüksek frekans bileşenleri ise doğrultucu için gereklidir. Önemli olan kas kasılması anında sinyalde meydana gelen genlik değişimleridir. Kullanılan elektrodların yarı hücre potansiyellerinden kaynaklanan

DC gerilim kaymasını önlemek için çok küçük kesim frekansına (0,1 Hz) sahip yüksek geçiren filtre kullanılmıştır. Sallen-Key filtre yapısı amaç için uygundur. Şekil 3.4' de devre diyagramı gösterilmiştir. İşlemsel yükselteç olarak LF353 kullanılmıştır. EK-8' de LF353 işlemsel yükseltecinin veri sayfaları verilmiştir. Kazanç band geçişinde kararlı olmalıdır. Kesim eğiminin çok dik olmasına gerek yoktur.



Şekil 3.4. İkinci dereceden, birim kazançlı Sallen-key yüksek geçiren filtre

Frekans düşük olduğu zaman tüm kondansatörler açıktır. Kondansatörler açık olduğu zaman giriş sinyali op-amp' a giriş yapamaz böylece çıkış olmaz. Frekans yüksek olduğu zaman kondansatörler kısa devredir. Bu durumda devre birim kazançlı temel terslemeyen yükselteçtir. Kesim frekansı f_c ve kalite faktörü Q değeri aşağıda verilen formüller ile hesaplanabilir (11).

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{R_1 R_2 C_3 C_4}} \quad \text{veya}$$

$C_4 = nC_3$ ve $R_2 = mR_1$ olduğunda

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{m}\sqrt{n}R_1C_3} \text{ olur.} \quad [3.2]$$

$$Q = \frac{\sqrt{m}\sqrt{n}}{n+1}, \text{ dir.} \quad [3.3]$$

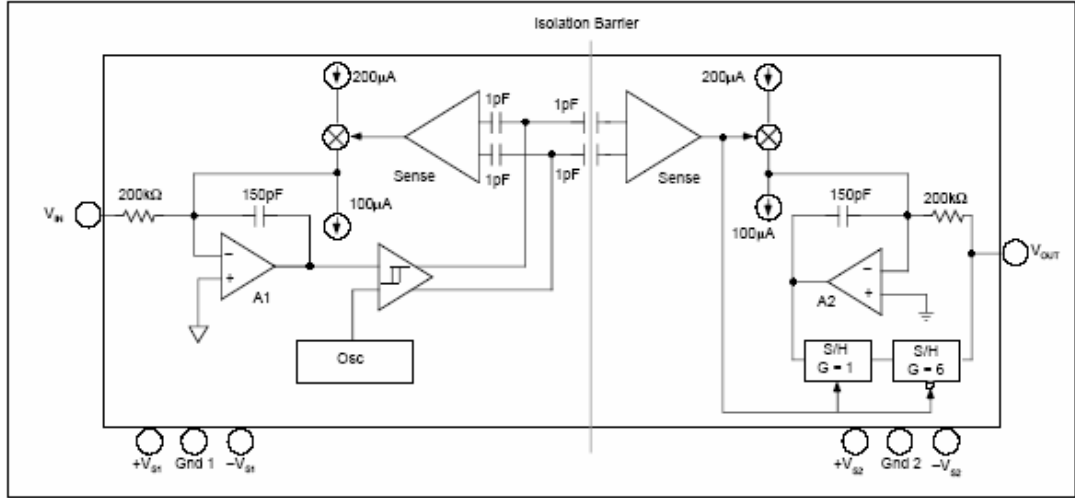
Bu çalışma için operasyonel yükselteç olarak LF353 seçilmiştir. Filtrenin kesim frekansı 0.1Hz ve Q kalite faktörü ve n katsayısı 1 seçilmiştir. Kondansatör değerleri 470 nF kullanılmıştır. Dolayısıyla Eşitlik [3.3]' dan m=4 hesaplanmıştır. Eşitlik [3.2] kullanılarak da R1 değeri 1.7 MΩ hesaplanmıştır. R2=mR1 olduğuna göre R2=6.8 MΩ hesaplanmıştır.

3.4. İzolasyon Yükselteci

Bu çalışmada kullanılan ISO 122 izolasyon yükseltecinin blok diyagramı şekil 3.5' de gösterilmiştir. Bu yükselteç modülasyon-demodülasyon tekniği ile çalışmaktadır. Giriş sinyali öncelikle görev çevrimi modülasyonuna tabi tutulur, sonra zıt fazlı darbelerle dönüştürülür. Darbeler farksal olarak yükseltilerek demodülatöre verilir ve böylece sinyal karşı tarafa, 2pF farksal kapasitif bariyer kullanılarak, sayısal olarak iletilmektedir. Sayısal modülasyon bariyer özelliği, sinyal bütünlüğünü etkilememektedir ve bariyer üzerinde yüksek frekans geçiş bağımsızlığı iyidir. Her iki kapasitör, paket halinde bulunan plastik gövde içerisine gömülmüştür. İşlemler için harici eleman gerektirmez. Daha fazla bilgi için EK-6' da verilen veri sayfalarından yararlanılabilir.

3.5. Fareyi Tıklamak İçin EMG Sinyalinin İşlenmesi

EMG biopotansiyelinin fare butonunu kumanda edebilmesi için birkaç işlemden geçirilip uygun hale getirilmesi gerekir. EMG biopotansiyeli düzgün bir DC voltaj olmayıp, kas kasılmasının gücü ile orantılı bir gerilimdir.

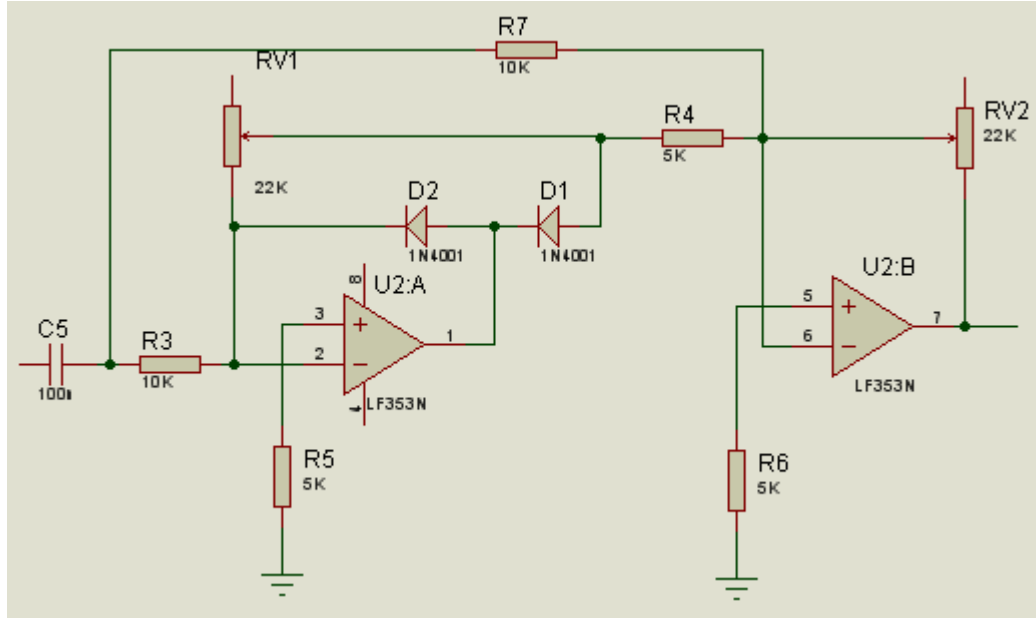


Şekil 3.5. ISO122 İzolasyon yükseltecinin blok diyagramı

Bu sinyal birkaç Hz. ile birkaç KHz aralığında rastgele gürültü sinyali gibidir. Bunun yanı sıra anlık gerilim değerlerinin genliği kas kasılması oluştuğunda daha büyüktür. Eğer bu sinyal bir zarf dedektörü ile düzeltilebilirse, bir referans gerilimle karşılaştırmak için uygun olacaktır. Bunu yapabilmek için sinyalin doğrultulmasına ihtiyaç vardır, çünkü bu sinyal bipolar (çift kutuplu) olup yalnızca unipolar (tek kutuplu) sinyaller algılanabilir zarfa sahiptirler.

3.5.1. Hassas tam dalga doğrultucu

Diyot elemanı ile doğrultma yapabilmek için doğrultulacak olan sinyalin, diyodun eşik gerilimini (0.2V-0.6V) aşması gerekmektedir. Doğrultulacak olan sinyalin genliği eşik geriliminden fazla olsa bile yapılan doğrultma hassas olmaz. Op-amp kullanılan doğrultmaçlar ile girişe uygulanan mikrovolt (μV) seviyesindeki sinyalleri doğrultmak mümkündür. Diyot elemanı ile yapılan doğrultma işlemi, EMG biyopotansiyeli bazı kaslar için çok zayıf olabileceğinden dolayı yetersiz kalır. Kullanıcı kasının çok hafif bir kasılmasıyla ikonun tıklanabilmesi için, hassas doğrultucu kullanımı gerekmektedir.



Şekil 3.6. Hassas doğrultucu

Şekil 3.6' da verilen devre tam dalga hassas doğrultucu devresidir (11). İlk kısım bir yarım dalga eviren doğrultucudur. İkinci kısım basit bir evirici toplayıcıdır.

Giriş pozitif alternansta olduğu zaman , opamp çıkışı negatif alternansda olup D2 iletimde ve D1 kesimdedir. Devre evirici yükseltece denktir. D2 iletimde iken çıkış voltajı (V_{o1}) evirici kazanç formülüyle verilir.

$$V_{o1} = -\frac{RV1}{R_3} \cdot V_{in} \quad [3.4]$$

Eğer $RV1=R_3$ olursa $V_{o1}=-V_{in}$ olur.

Giriş voltajı negatif olduğunda , opamp çıkış voltajı pozitif alternanstadır. Böylece D2 kesimde ve D1 iletimdedir. Çıkış toprağa bağlı olup $V_{o1}=0$ ' dır. RV1 potansiyometresi yarım dalga doğrultucunun kazancının ayarlanabilmesini sağlar. Bu safhada , giriş sinyali yarım dalga doğrultulmuş ve evirilmiştir.

V_{O1} voltajı R_4 ile ikinci opampın V^- girişine uygulanır. V_{in} ayrıca R_7 yolu ile bu girişe uygulanmıştır. İkinci devre toplayıcıdır. Çıkış denklemi aşağıdaki gibi yazılır.

$$\frac{V_{in}}{R_7} + \frac{V_{o1}}{R_4} = -\frac{V_{out}}{RV2} \text{ böylece } V_{out} = -\left(\frac{RV2}{R_7}V_{in} + \frac{RV2}{R_4}V_{o1}\right) \quad [3.5]$$

Bir önceki devrede $RV1$ (genlik olarak) $V_{in} = V_{O1}$ olacak şekilde ayarlanmıştır. R_7 , R_4 'ün 2 katı olacak şekilde seçilmiştir. Böylece V^- düğümünde V_{O1} genlik olarak V_{in} den iki kat büyüktür.

$V_{O1} = 0$ V olduğunda ve $RV2$ 'nin değeri $2R_4$ değerine eşitlenirse; [3.5] formülünden,

$$V_{out} = -\frac{RV2}{2R_4}(-V_{in}) = V_{in} \text{ olur. (} R_7=2R_4 \text{)}$$

$$\text{ve } V_{O1} = -V_{in} \text{ olduğunda, } V_{out} = -\left(\frac{RV2}{2R_4}V_{in} - \frac{RV2}{R_4}V_{in}\right) = \frac{RV2}{2R_4}V_{in} = V_{in}$$

$RV2=2R_4$ olduğuna göre $V_{out} = V_{in}$ olur.

$RV2$ tüm doğrultucunun kazancını belirlemek için kullanılır. Bu kazanç 1 olması gerektiği zaman ve

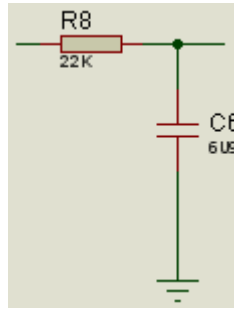
$$V_{out} = -RV2 \cdot \left(\frac{V_{in}}{2R_4} + \frac{V_{o1}}{R_4}\right) = -\frac{RV2}{2R_4} \cdot (V_{in} + 2V_{o1})$$

olduğu zaman $RV2$ potansiyometresi $2R_4=10k\Omega$ değerine denk olacak şekilde ayarlanır. $RV1$, $RV2$ dirençlerin toleransından dolayı 0-20 k Ω değerleri arasında olacak şekilde seçilir.

Gerçekte opamplar her bir girişinde mikro amperler sayesinde küçük bir bias akımına sahiptirler. Bundan dolayı girişine herhangi bir voltaj uygulanmazsa bile kayda değer bir çıkış voltajı görülebilir. Bunu engellemek amacıyla burada V^+ ya $R_5 = R_3 // RV1$ $R_6 = R_7 // RV2$ direnci V^+ ya bağlanır. Eğer RV1 ve RV2 10 k Ω değerine ayarlanırsa $R_5 = R_6 = 5$ k Ω olur. iki diyot doğrultucu diyottur.

3.5.2. Zarf detektörü

EMG sinyali doğrultulduğu zaman, ortalama güç artık sıfır değildir. Bipolar (çift kutuplu) sinyal tek kutuplu sinyal olup zarf algılaması için uygun hale gelmiştir. Bir zarf detektörü gerçekte birinci dereceden RC alçak geçiren filtredir. Şekil 3.7' de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Zarf Detektörü

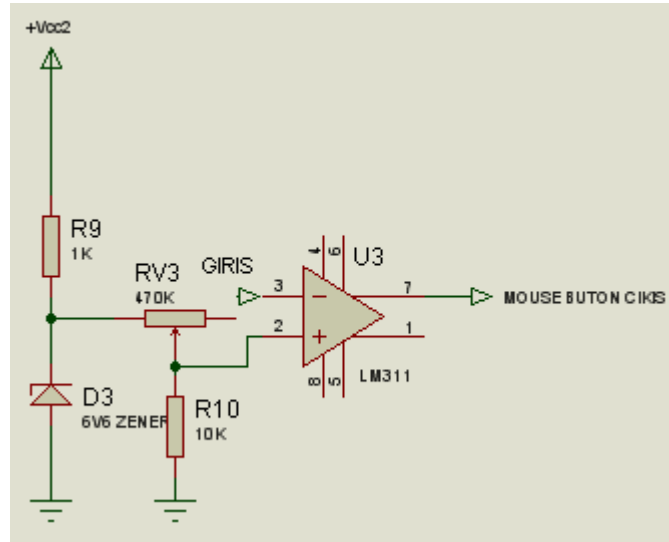
Kapasitör C6 hızlı bir şekilde tepe değerine şarj olur, fakat yüksek çıkış direnci nedeniyle oldukça yavaş desarj olur. Sonuç olarak çıkış doğrultulmuş EMG sinyalinin tepe değer değişimini izleyen değişken bir voltajdır. Eğer RC zaman sabiti çok kısa ise, kapasitör yeni bir tepe değer değişikliğini yakalayamadan boşalır. Sonuç olarak, zarf yeteri kadar düzgün değildir. Tıklama olayı gerçekleşmeyebilir. Zaman sabitinin değeri çok büyük seçilirse tıklama sürekliliği artar. Bu nedenlerden dolayı zaman sabitinin seçimi uygun olmalıdır. Deneysel yöntem kullanılarak, R_8 değeri 22k Ω , C6 değeri 6,8 μ f olarak bulundu. Kesim frekansı;

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 22 \times 10^3 \times 6.8 \times 10^{-6}} = 1.1 \text{ Hz}$$

Maksimum zarf frekansı kasın kasılması ve bırakılması sonucunda oluşan frekanstır. Kasın kasılması ve bırakılması çok hızlı bir şekilde olmayabilir ve bu işlem saniyede 1 kez yapılabilir, bu nedenle 1Hz kabul edilmiştir.

3.5.3. Karşılaştırıcı devre

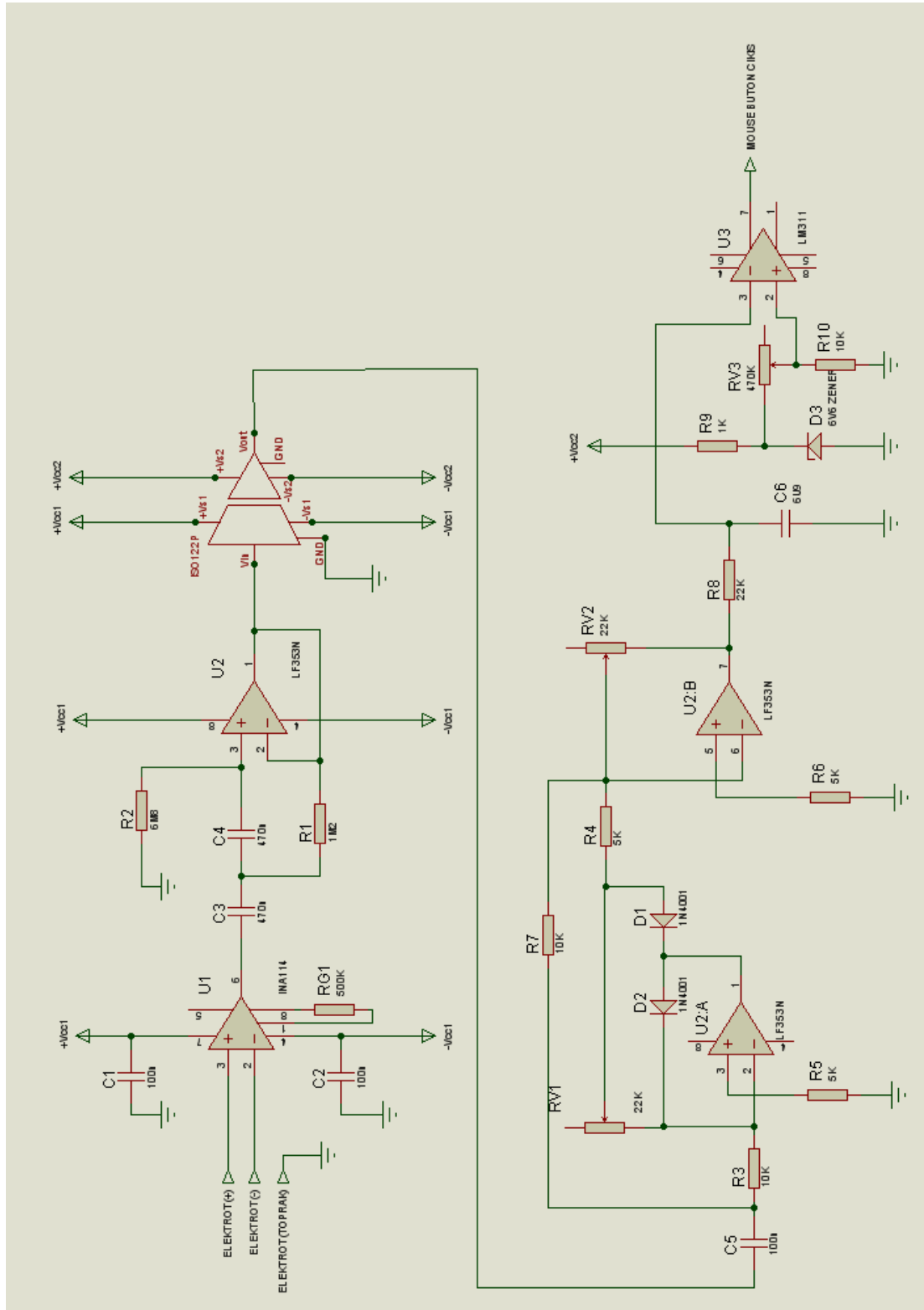
Karşılaştırıcının referans gerilimi belirlenirken giriş sinyalinin kas kasılmadığı anlardaki genlik değeri ve kasılma anındaki genlik değeri önemlidir. Referans gerilimi bu iki durumda oluşan genlik değerlerinin arasında bir değer seçilmelidir. Kas uyarılmadığı anlarda referans gerilimi, giriş geriliminden daha büyük olmalıdır. Bu durumda op-amp çıkışında +Vcc değeri görülmektedir. Çıkışa bağlı opto-izolatör kesimdedir. Kas uyarıldığında; giriş sinyalinin genlik değeri referans geriliminin üstüne çıkmasıyla op-amp doyuma giderek çıkışın '0' olması sağlanır. Bu durumda çıkışa bağlı opto-izolatör tetiklenir ve tıklama işlemi gerçekleşir.



Şekil 3.8. Karşılaştırıcı

D3 zener diyodu (şekil 3.8' de gösterildiği gibi) referans gerilimi sağlamak için kullanılmıştır. Bu referans gerilimi, RV3 ve R10 gerilim bölücü kullanılarak op-amp girişine uygulanır. Referans gerilimi 0,15V ile 6,6V arasında ayarlanır ve diyot akımınının 10'da biri kadar bir akım geçecek şekilde seçilmiştir. RV3 potansiyometresi sistemin duyarlılığını belirler. Şayet referans gerilimi düşükse karşılaştırıcı daha duyarlı olacak ve çok zayıf kas kasılması farenin ikonunu tıklamak için yeterli olacaktır. Diğer taraftan, sistem gürültü için daha duyarlı olacaktır. Eğer referans gerilimi büyük bir değere ayarlanır ise ikonu tıklamak için çok güçlü kas kasılmasına gereksinim duyulacak aynı zamanda gürültü sistemi daha az etkileyecektir. İşlemsel yükselteç olarak LM311 elemanı kullanılmış ve veri sayfaları Ek-7' de verilmiştir.

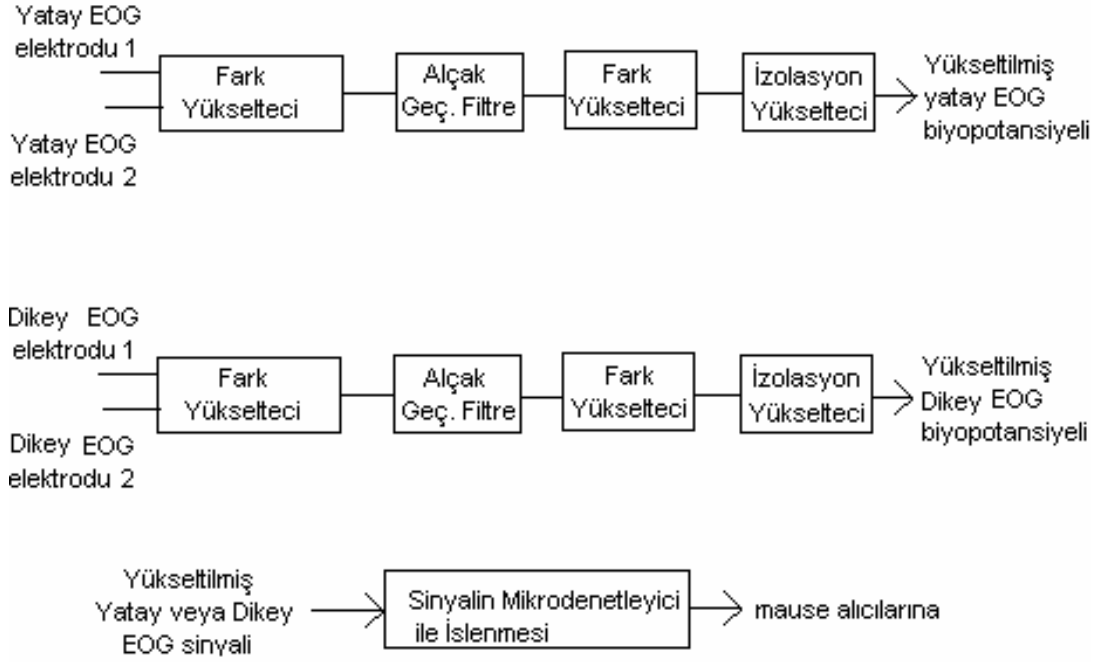
Fare tıklama devre şeması şekil 3.9' da, baskı devre şeması ve eleman yerleşim planı EK-1' de verilmiştir.



Şekil 3.9. Fare tıklama devre şeması

3.6. Fare İkon Hareketini Kontrol Devresi

İkon hareketini kontrol edecek sinyalin geçtiği aşamalar şekil 3.10’ da gösterilen blok diyagramda belirtilmiştir.



Şekil 3.10. Fare ikon hareketini kontrol devresinin blok şeması

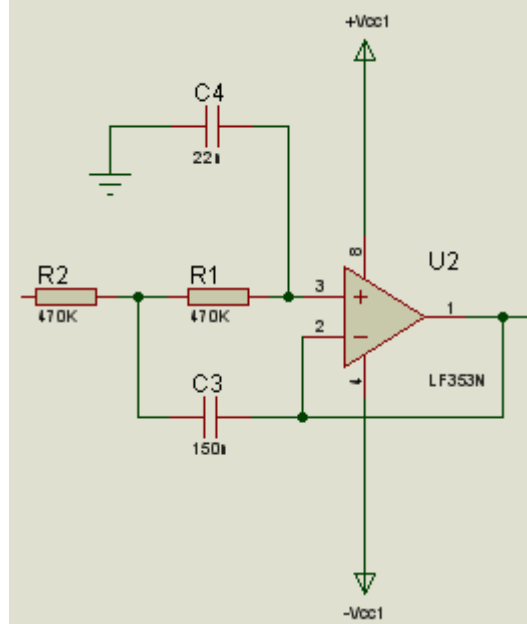
3.7. Fark Yükseltici

Çalışmanın bu bölümünde de fark yükseltici olarak INA114N elemanı kullanılmıştır. INA114N elemanı hakkında bölüm 3.2’ de bilgi verilmiştir.

3.8. Alçak Geçiren Filtre

EOG sinyallerinin frekans bileşenleri yaklaşık 0-10 Hz’ dir (9). Parazit sinyallerin sistemin çalışmasını etkilememesi için enstrümantasyon yükselteç çıkışına 10 Hz’ lik kesim frekansına sahip bir alçak geçiren filtre eklenmiştir. Dolayısıyla 10 Hz’ in üstündeki parazit sinyaller bastırılmıştır. Filtrenin kesim bölgesinin çok keskin

olmasına gerek duyulmamıştır. Birim kazançlı Sallen-Key filtresi tercih edilmiştir. Devre şeması şekil 3.11’ de görülmektedir (11).



Şekil 3.11. İkinci dereceden birim kazançlı sallen key alçak geçiren filtre devresi

Düşük frekanslarda tüm kondansatörler açıktır. Kondansatörler açık olduğu zaman devre birim kazançlı temel terslemeyen yükselteç olur.

Yüksek frekanslarda tüm kondansatörler kısa devredir. C4 kısa devre olduğu zaman Op-amp’ ın V^+ girişi toprağa bağlıdır bu yüzden çıkış yoktur. Bu alçak geçiren filtrenin kesim (cut-off) frekansı Eşitlik [2.4] ile hesaplanabilir.

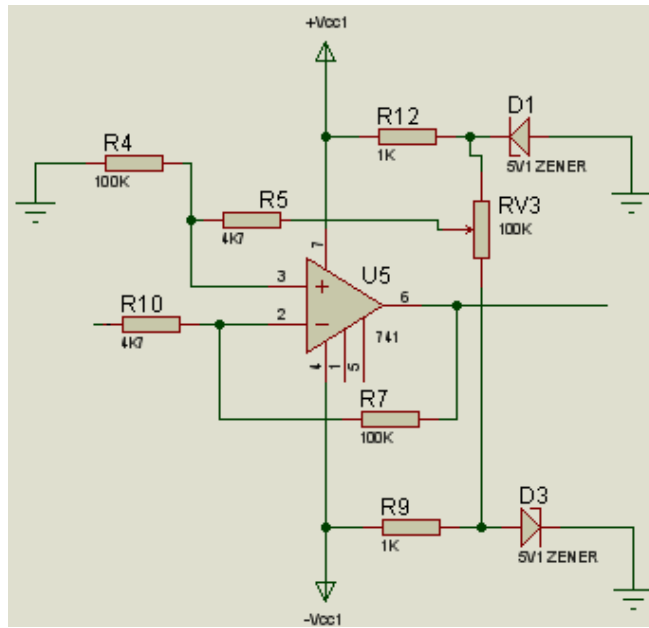
Opamp olarak LF353 seçilmiştir. Çünkü ucuz ve kolay temin edilebilir bir elemandır. İkili paket operasyonel yükselteçtir. Kalan yükselteç sonraki sinyal işleme için kullanılabilir.

R1, R2, C3 ve C4, Eşitlik [3.3] ve Eşitlik [3.2] kullanılarak hesaplanır:

$F_c=10$ Hz., $Q=1$, $m=1$ ve $R_1=R_2=330K\Omega$ için yapılan hesaplamalarda $n = 4$, $C_4 = 24,13nF$ ve $C_3 = 96,51nF$ hesaplanmıştır. Kondansatörlerin en yakın normal değerleri seçildiğinde yeni kesim frekansı $10,29$ Hz olarak bulunmuştur.

3.9. Fark Yükseltici

Filtre çıkışından alınan EOG sinyalindeki DC yarı pil potansiyelinin yok edilmesi için farksal yükselteç kullanılmıştır. Sinyal R_{10} üzerinden yükseltecin (-) girişine, referans gerilimi (+) girişe uygulanmıştır. Devrenin kazancını R_5 , R_7 ve R_{10} belirler. Kazanç, yaklaşık 21 olarak belirlenmiştir. Elektrodlar deri üzerine uygulandığı için referans gerilimi her kullanımda tekrar ayarlanmalıdır. RV_3 potansiyometresi hassas ayar için çok turlu seçilmiştir. Dik bakış esnasında çıkışta yaklaşık 2,5 V okunacak şekilde ayar yapılmalıdır. Devre şeması şekil 3.12' de görülmektedir.



Şekil 3.12. Fark yükseltici devre şeması

3.10. İzolasyon yükseltici

Çalışmanın bu bölümünde de ISO122 elemanı kullanılmıştır. Gerekli bilgi bölüm 3.4 'de verilmiştir.

3.11. Sinyalin mikrodenetleyici ile İşlenmesi

3.11.1. Mikrodenetleyici

Mikroişlemci ve çevre birimlerinin tümünün aynı kılıfta birleştirilmiş haline mikrodenetleyici denir. Mikroişlemciden en önemli farkı bir programı içerisinde depolayabilmesi ve çalıştırabilmesidir. Mikrodenetleyici içerisinde, bir CPU (Central Processing Unit), RAM (Random Access Memory), ROM (Read Only Memory), I/O (Input/Output) uçları, seri ve paralel portlar, sayıcılar, bazılarında da A/D (Analog-to-Digital) veya D/A (Digital-to- Analog) gibi konvertörler bulunur (14). Günümüz mikrodenetleyicileri otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax-modem cihazlarında, fotokopi, radyo, CD-çalar, TV pek çok alanda kullanılmaktadır. Hemen hemen her mikroişlemci üreticisi kendine ait mikrodenetleyici üretmiştir. Bunların mimarileri farklı olsada aynı işi yapmaktadır. Aşağıda mikrodenetleyici ürünlerine bazı örnekler verilmiştir.

Üreticinin adı	Ürün örnekleri
Mikrochip	PIC 12C508,16F84, 16F877, 17CR42
İntel	8031AH, 8051AH, 8751AHP, 8052AH
Motorola	HC05, HC11, 6800, 6801, 6805
Atmel	ATtiny10, AT90S1200, ATmega161
Zilog	Z8
SGS-Thomson	ST6
Scenic	SX18, SX28
Basic Stamp	BS1-IC, BS2-IC

Mikrochip' in ürettiği PIC, çevresel ünite arabirimi (Peribheral Interface Controller) anlamındadır. PIC mikrodenetleyicinin seçilme nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Çok geniş bir kullanıcı kitlesi bulunması nedeniyle PIC' i programlamak için üretilen yazılım ve donanımın çok fazla ve kolay elde edilebilir olması.
2. PIC mikroların Türkiye' de çok kolaylıkla ve ucuza temin edilebilir olması.
3. Çok basit elektronik elemanlar kullanılarak yapılan donanımla programlanabilmesi.
4. Çok basit reset, clock sinyali ve güç devreleri gerektirmeleri.
5. İnternet sitelerinde yayınlanan örnek programların ve projelerin kolaylıkla elde edilebilmesi ve yardımlaşmanın yapılabilmesi (14).

3.11.2. PIC programlama teknikleri

Yapılan çalışmada PIC' in programlanması üç adımda yapılmıştır.

- Kaynak kodu yazımı: Metin editörü (Code Designer Lite) ortamında PicBasicPro komutları kullanılarak program yazılmıştır.
- Kaynak kodun derlenerek makine diline çevrimi: Bu aşamada MPASM yazılımı kullanılmıştır. Derlenen program aynı zamanda hex koduna dönüştürülerek mikrodenetleyiciye yüklenebilecek formata gelmektedir.
- Makine diline çevrilmiş programı PIC' e yazdırma: Hex koduna dönüştürülen program herhangi bir Pic programlama devresi kullanılarak mikrodenetleyiciye yazdırılır. Program Propic2 programlayıcısı ile mikrodenetleyiciye yazılmıştır (14).

3.11.3. Sistem osilatörü ve reset

Pic geniş bir besleme aralığında çalışabilmektedir. PIC' in VDD (+5V) ve VSS (toprak) ayakları arasına uygun bir dekuplaj kondansatörünün (yaklaşık 0.1 μ F) bağlanması gerekmektedir. Böylece, devreye ilk defa gerilim verildiği anda doğabilecek gerilim salınımlarının (transient), PIC' in olağan çalışmasını etkilemesini önlemek amaçlanmıştır (13).

PIC' lerde RC osilatör, rezonatörlü osilatör ve kristal osilatör olarak değişik saat devreleri kullanmak mümkündür. Daha çok kristal osilatörler tercih edilmektedir.

Bunun sebebi bu tip osilatörlerin kararlı olmalarıdır. PIC' i programlarken, uygulama devresinde kullanılacak saat devresinin konfigürasyon sözcüğünde yer alması gerekmektedir.

Bazı PIC' lerde tümleşik tam osilatör devreleri vardır. Bunlara dahili osilatör denmektedir ve herhangi bir zamanlama bileşenine gerek yoktur. Entegre/Tümleşik osilatör genellikle 4 MHz' dir ve cihazın programlanması sırasında seçilir (13).

PIC' in reset pini $10K\Omega$ ' lık bir dirençle +Vcc' ye bağlanmıştır. Eğer bu uç açık bırakılırsa, bu uçtaki gerilim seviyesinde dalgalanmalar meydana gelmesine sebep olur. PIC' e elle dokunulduğunda bile bu uçtaki gerilim seviyesi değişebilir. Bu durumda normal çalışan bir program aniden reset olabilir.

3.11.4. PIC16F877

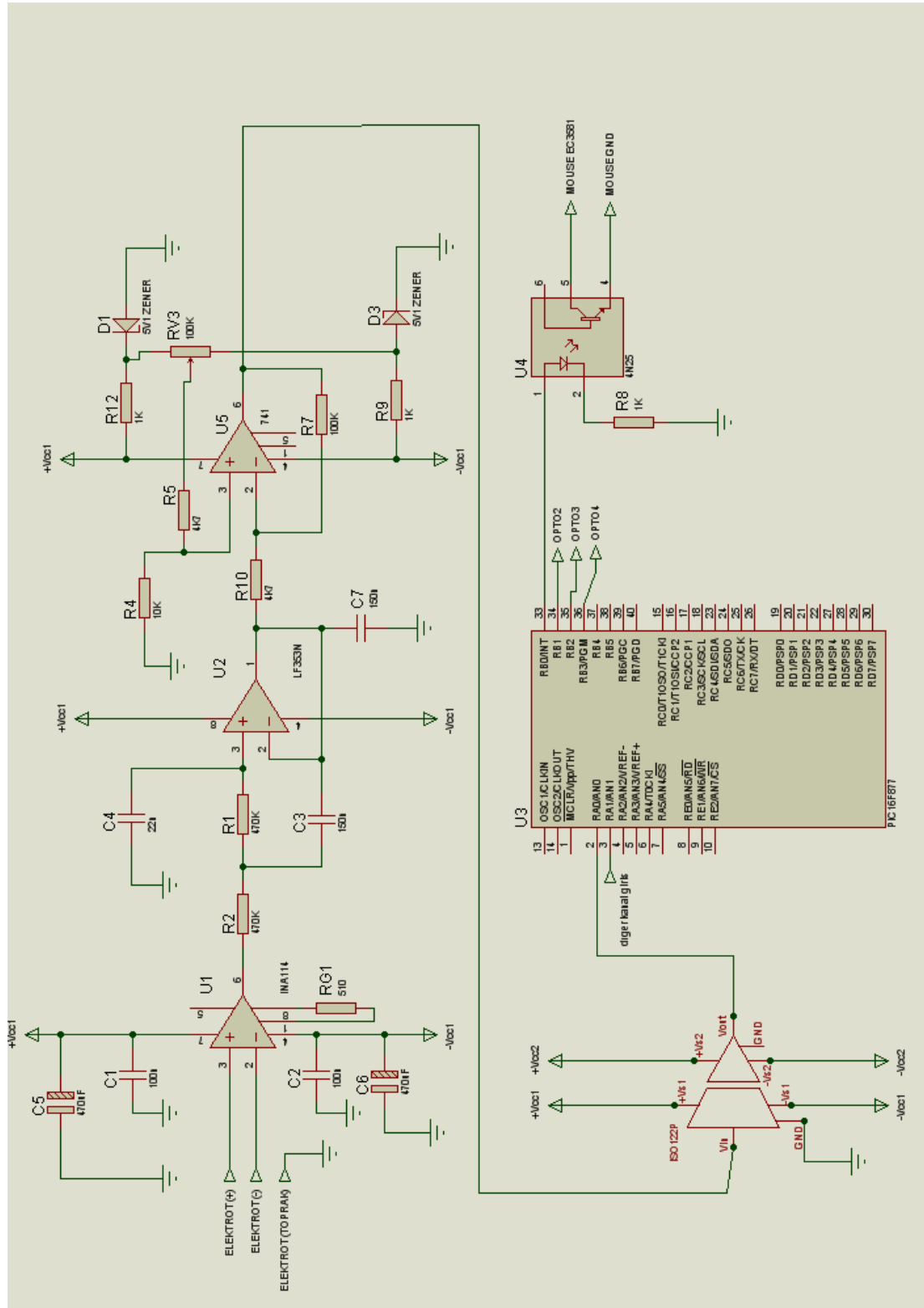
16F877 40 pin' li bir mikrodenetleyicidir. Bu pinlerin 33 tanesi I/O pinlerine ayrılmıştır. A, B, C, D, E portları olmak üzere toplam 5 adet portu vardır. A portu 6 bit, B portu 8 bit, C portu 8 bit, D portu 8 bit ve E portu da 36 bit genişliğindedir. I/O pinleri gerektiğinde konfigürasyonları ayarlanmak suretiyle başka amaçlarla da kullanılabilir (14).

Osilatör tiplerine ve 16F877' nin bacak bağlantısına EK-9' da PIC16f877' nin teknik detaylarını veren veri sayfalarından bakılabilir.

Mikrodenetleyicinin AN0 analog girişine izolasyon yükselteci çıkışından alınan yatay EOG sinyali ve AN1 analog girişine yine izolasyon yükselteci çıkışından alınan dikey EOG sinyali uygulanmıştır. Mikrodenetleyici bünyesindeki 10 bit analogdan sayısala dönüştürücü kat kullanılarak giriş gerilimi sayısala dönüştürülmüştür. Sayısala dönüştürülen değerler programda işlenerek çıkışa aktarılmıştır. B0, B1, B2, B3 pinleri çıkış olarak kullanılmıştır. B0 ve B1 pinlerinden yatay hareketi sağlayacak, B2 ve B3 pinlerinden dikey hareketi sağlayacak,

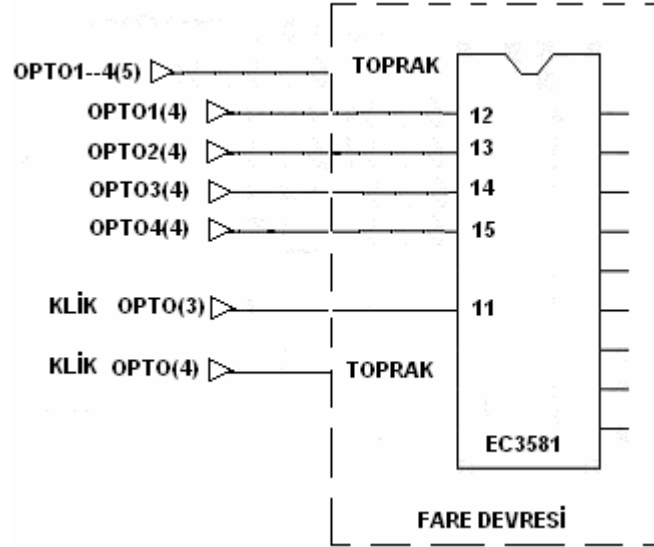
birbirlerine 90° faz farklı kare dalga pals alınmıştır Alınan kare dalga palsler, seri farenin pals girişlerine uygulanmıştır.

Fare ikon hareketleri kontrol devresinin şeması şekil 3.13' de, baskı devre şeması ve eleman yerleşim planı EK-2' de, program algoritması EK-3' de ve program EK-4' de verilmiştir.



Ŗekil 3.13. Fare ikon hareketleri kontrol devresinin şeması

Şekil 3.14' te fare devresi bağlantı şeması görülmektedir.



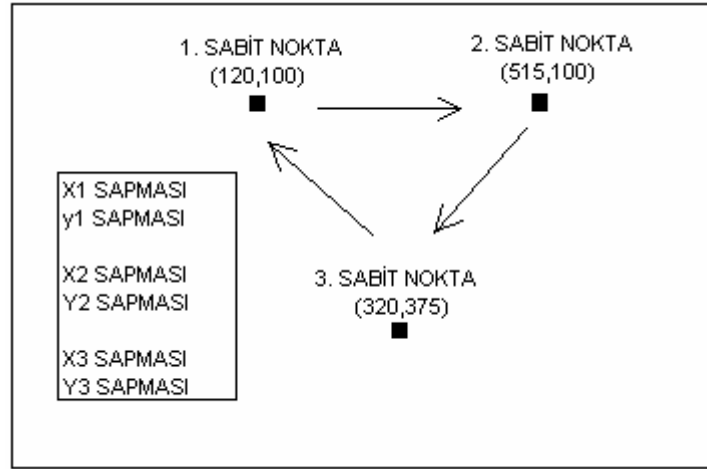
Şekil 3.14. Fare devresi bağlantı şeması

3.12. Uygulamannın Test Edilmesi

Test düzeneği;

- Pentium-III 700 işlemci
- Windows-XP işletim sistemi
- 14" monitör
- 800x600 piksel ekran çözünürlüğü
- Microsoft standart seri fare sürücüsü (mouclass.sys, sermouse.sys Ver 5.1.2600)
- Fare hız ayarı 3. kademede ve "işaretçi hassasiyetini artır" seçeneği işaretli değil

Pascal programı ile şekil 3.15' de görüldüğü gibi bir ekran tasarlanmıştır. Bu ekran üzerinde koordinat değerleri piksel olarak belli olan üç nokta belirlenmiştir. Bu noktalar etrafında verilen sıra takip edilerek tıklama yapılmıştır. Yapılan tıklama sonucunda bu noktalara göre x,y koordinatlarındaki sapma değerlerini piksel olarak veren bir gösterge çıkmaktadır.



Şekil 3.15. Ekran görüntüsü

Her bir noktaya 20 kez tıklama yapılmıştır. Tıklama sonuçları çizelge 3.1' de görülmektedir.

Sabit noktalarda meydana gelen piksel olarak maksimum sapma değerleri;

X1 noktasındaki maksimum sapma miktarı	111
Y1 noktasındaki maksimum sapma miktarı	102
X2 noktasındaki maksimum sapma miktarı	106
Y2 noktasındaki maksimum sapma miktarı	61
X3 noktasındaki maksimum sapma miktarı	83
Y3 noktasındaki maksimum sapma miktarı	100

Sabit noktalarda meydana gelen piksel olarak minimum sapma değerleri;

X1 noktasındaki minimum sapma miktarı	0
Y1 noktasındaki minimum sapma miktarı	2
X2 noktasındaki minimum sapma miktarı	1
Y2 noktasındaki minimum sapma miktarı	0
X3 noktasındaki minimum sapma miktarı	1
Y3 noktasındaki minimum sapma miktarı	5

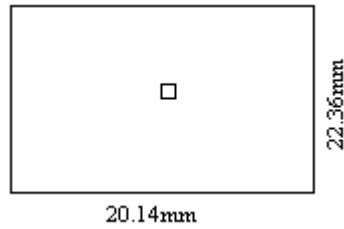
Sabit noktalarda meydana gelen piksel olarak ortalama sapma değerleri;

X1 noktasındaki ortalama sapma miktarı	30.6
Y1 noktasındaki ortalama sapma miktarı	43.6
X2 noktasındaki ortalama sapma miktarı	36.15
Y2 noktasındaki ortalama sapma miktarı	30.65
X3 noktasındaki ortalama sapma miktarı	39
Y3 noktasındaki ortalama sapma miktarı	43.15

Üç nokta için piksel olarak toplam ortalama sapma değeri;
X koordinatı için 35.25 ve y koordinatı için 39.13' tür.

14 inç ve 800x600 piksel çözünürlüğe sahip bir ekrandaki mm olarak sapma miktarı;
x koordinatı için 10.07mm, y koordinatı için 11.18mm' dir (1 mm yaklaşık olarak
3.5piksele eşittir).

Ortalama değerlere göre sapma alanı şekil 3.16' da görölmektedir.



Şekil 3.16. Sapma alanı

Çizelge 3.1. Sabit üç nokta etrafında yapılan tıklama sonuçları

ÖRNEK SAYISI	1. SABİT NOKTA (120;100)		2. SABİT NOKTA (515;100)		3. SABİT NOKTA (320;375)	
	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3
1	111	25	63	43	2	24
2	37	16	77	20	44	17
3	13	25	22	55	32	90
4	72	12	63	46	83	63
5	17	92	18	0	2	71
6	9	102	75	56	79	33
7	19	99	40	26	26	61
8	39	50	39	12	1	70
9	56	41	37	5	56	40
10	3	20	37	21	35	100
11	18	88	2	31	80	5
12	17	69	17	11	89	9
13	6	56	33	7	13	82
14	22	31	13	46	26	5
15	27	23	106	61	36	14
16	0	2	18	54	26	65
17	71	62	33	56	59	94
18	17	12	13	21	19	9
19	46	26	1	39	9	6
20	12	21	16	3	63	5
TOPLAM	612	872	723	613	780	863
ORTALAMA	30,6	43,6	36,15	30,65	39	43,15

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile vücuttan alınan biyopotansiyel sinyallerin işlenerek bir sistemi kontrol edebileceği gösterilmiştir. Fare tıklama işlemi başarıyla gerçekleştirilmiş olup, ikon hareketlerinin kontrolünde sapmalar meydana gelmiştir. Biopotansiyellerin çok küçük değerlerde olması, gürültü sinyallerinden çok kolay etkilenebilmelerine sebep olmaktadır. Genlik değerlerindeki çok küçük değişimlerinin işlenmesi esasıyla çalışan devrelerde eleman seçimi ve baskı devre tasarımları büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bu biyopotansiyel sinyaller kişiden kişiye değişebilmekte, kişinin bulunduğu ortam şartlarıyla yine değişime uğrayabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı sapmalar oluşmuştur. Bu problemlerin giderilmesi amacıyla daha önceki yıllarda göz ve el hareketlerini kullanan ve analiz eden yazılım programları geliştirilmeye çalışılmıştır (8). İleride yapılacak çalışmalarda fare kontrolü yerine seri port, usb port veya diğer iletişim kanalları ile doğrudan bilgisayara bağlanabilecek sistemler tasarlanabilir. Bu çalışmada sadece EOG ve EMG biopotansiyelleri kullanılmıştır. Vücuttan alınabilecek diğer biyopotansiyel sinyaller kullanılarak farklı uygulamalar gerçekleştirilebilir.

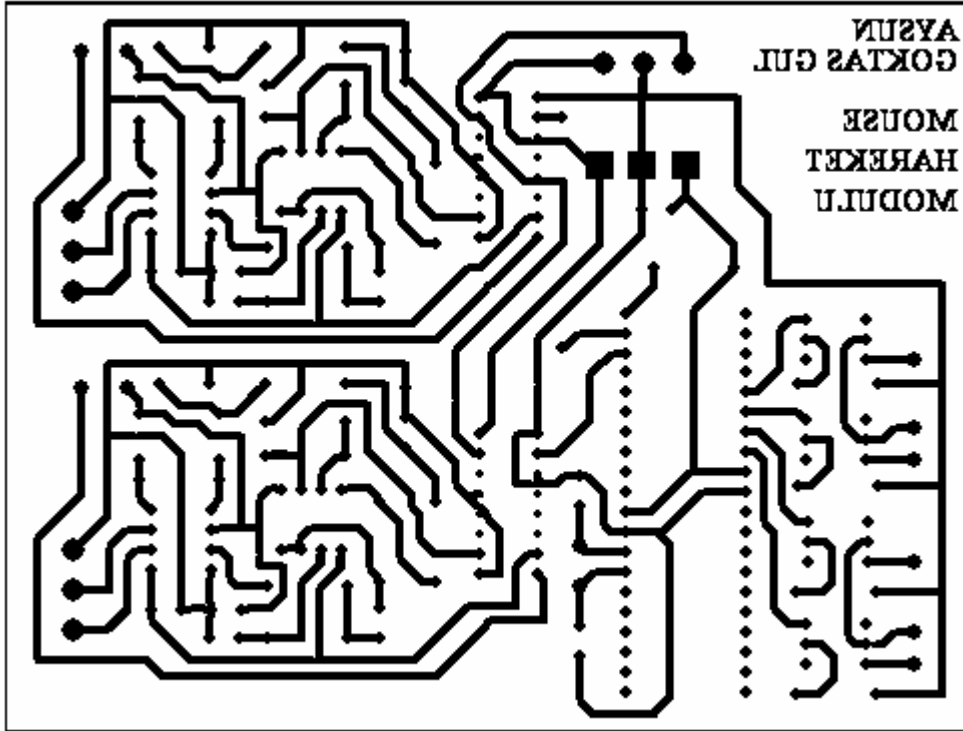
KAYNAKLAR

1. Yazgan, E., Korürek, M., “Tıp elektroniği”, *İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atelyesi*, İstanbul, 4.1-4.10, 7.1-7.6, 10.1-10.9, 11.17-11.19, 1996
2. Korürek, M., “Tıp elektroniğinde tasarım ilkeleri”, *İTÜ Rektörlüğü yayın no; 1579*, İstanbul, 4.1, 1996
3. Tecce JJ., Gips J, Olivieri Cp., Pok LJ, Consiglio MR., “Eye movement control of computer functions”, *Int J Psychophysiol*, 29(3):319-25 (1998).
4. Barea R., Boquete L., Mazo M., Lopez E., “System for assisted mobility using eye movements based on electrooculography”, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.*, 10(4):209-18 (2002).
5. Bekte M., Gips J., Fleming P., “The camera Mouse: visual tracking of body features to provide computer Access for people with severe disabilities”, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.*, 10(1):1-10 (2002).
6. Gorodnichy D. and Roth G., “Nouse 'Use your nose as a mouse' perceptual vision technology for hands-free games and interfaces”, *Image and Vision Computing*, 22(12):931-942(2004)
7. Chin c., Barreto A., Li C., Zhai J., “Hands-Free human computer interaction via an electromyogram-based classification algorithm”, *Biomed Sci Instrum.*, 41:31-6 (2005).
8. Hofmann H., Webwr P., “Algorithm for calibrating eye movements”, *Biomed Tech (Berl.)*, 38(4):68-72 (1993).
9. Webster, J.G. (ed), “Medical Instrumentation Application and Design Third Edition”, *John wiley & sons inc.*, Kanada, 140, 152, 190, 259, 1998
10. Kugelstadt T., “Active filter design techniques”, *Op Amps For Everyone*, Ron Mancini, *Texas Instruments*, New York, 16.1-16.66 (2003)
11. Franco, S., “desing with operational amplifiers and analog integrated circuits”, *McGraw-Hill Book Company*, Singapur,122-129, 291-307, 328-330, 1988
12. Gardner, N., “Yeni başlayanlar için PIC programlama el kitabı”, Yalçın, C., Dinçer, G., *Bileşim yayıncılık*, İstanbul, 20-21, 1998
13. Dinçer, G., “PIC Microcontroller uygulama devreleri - uygulamalı elektronik devreler-2”, *Bileşim yayıncılık*, İstanbul, 7-16, 2000

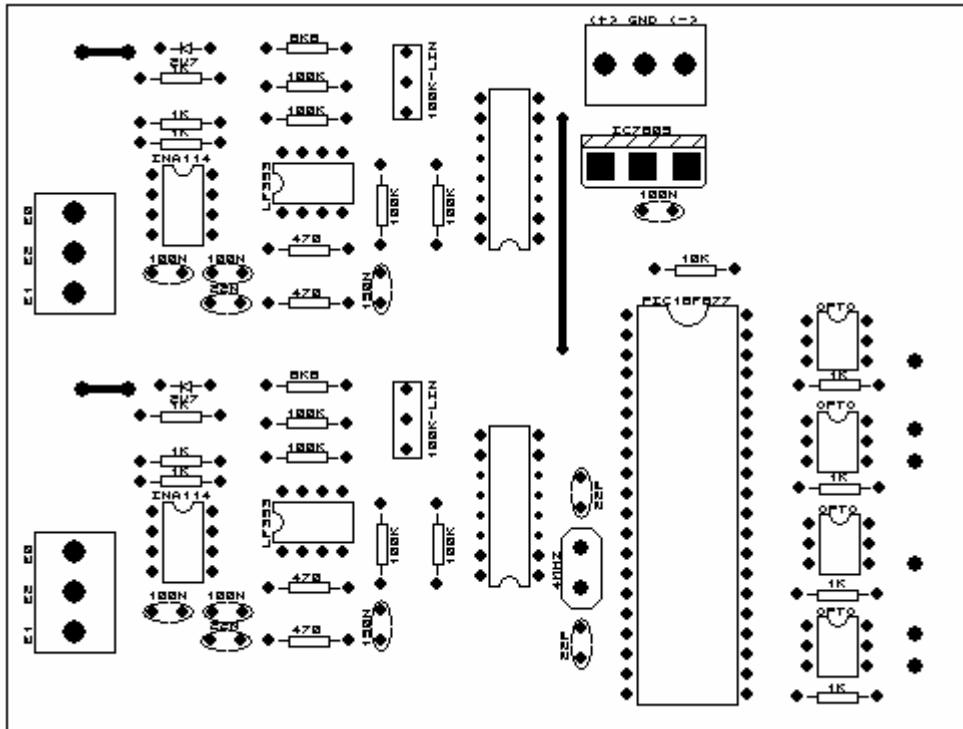
14. Altınbaşak, O., “PicBasic Pro ile PIC programlama”, *Atlas yayıncılık*, İstanbul, 11-13, 16, 193-194, 2004

EKLER

EK -2

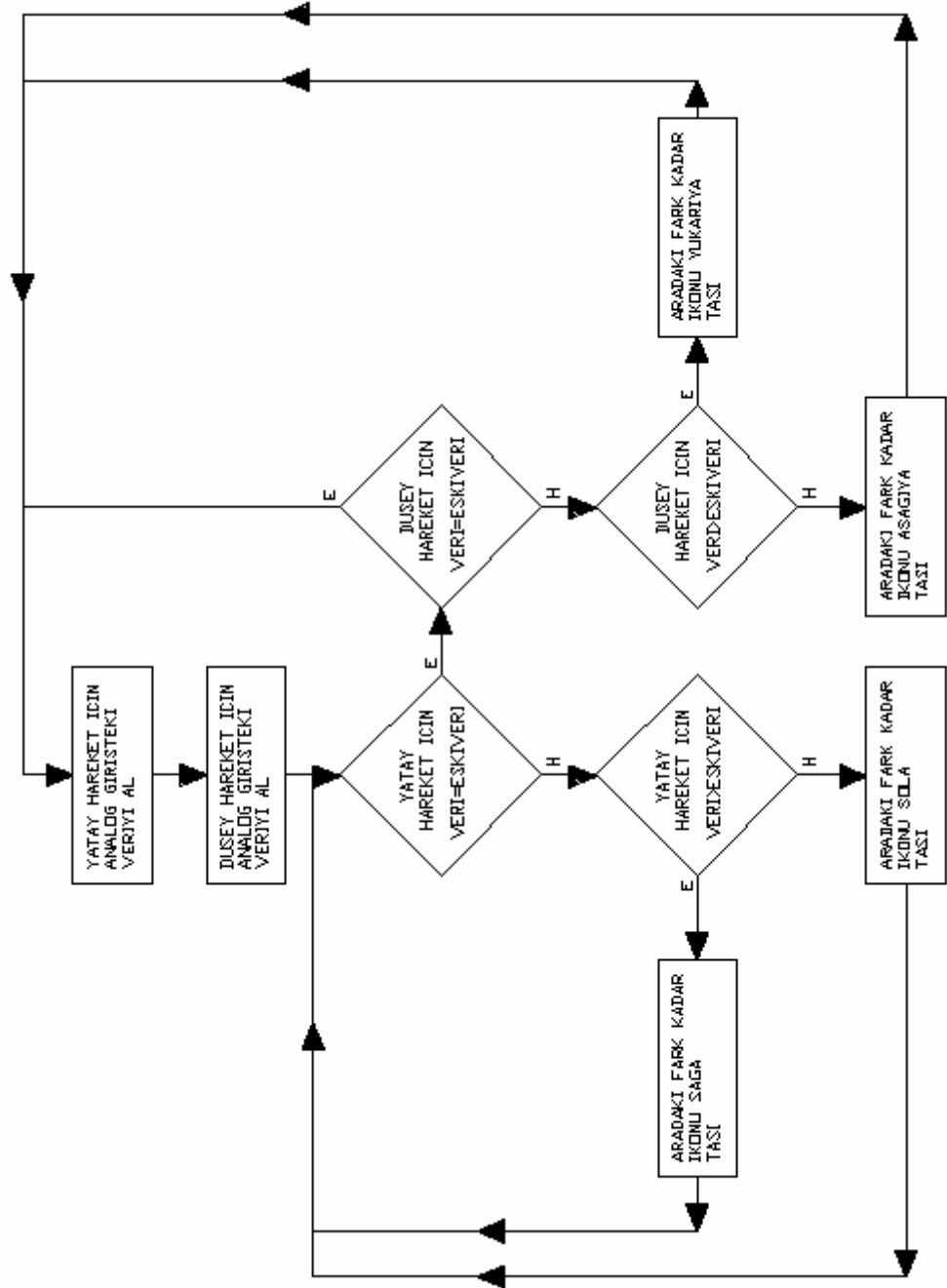


Fare ikon hareketinin kontrol devresinin baskı devre şeması



Fare ikon hareketinin kontrol devresinin eleman yerleşim planı

EK-3



EK-4

'eog.bas

'16F877 ile mouse simulasyonu

'30/10/2005 1.70 PBP

'-----

```

yveri VAR WORD           ' yatay adc 10 bit veri
yveri1 VAR WORD          ' yatay adc 10 bit veri
yveriT VAR WORD          ' yatay veri toplam
yveriL VAR BYTE          ' yatay adc low veri
yveriH VAR BYTE          ' yatay adc high veri
yverieski VAR WORD       ' yatay adc eski durum verisi
ypals VAR WORD           ' yatay pals sayacı
youtb VAR BYTE           ' yatay çıkış verisi
dveri VAR WORD           ' düşey adc 10 bit veri
dveri1 VAR WORD          ' düşey adc 10 bit veri
dveriT VAR WORD          ' düşey veri toplam
dveriL VAR BYTE          ' düşey adc low veri
dveriH VAR BYTE          ' düşey adc high veri
dverieski VAR WORD       ' düşey adc eski durum verisi
dpals VAR WORD           ' düşey pals sayacı
doutb VAR BYTE           ' düşey çıkış verisi
sayac VAR BYTE

    TRISB = %00000000    ' portB nin tüm pinlerini çıkış olarak ayarla
    ADCON1 = %10000000   ' portA nın tüm pinlerini analog giriş olarak
                           ' ayarla. Vref(+) Vdd , Vref(-) Vss olarak ayarla

    yveriL = 0
    yveriH = 0
    yverieski = 512
    youtb = %00000011
    ypals = 0
    dveriL = 0
    dveriH = 0
    dverieski = 512
    doutb = %00000011
    dpals = 0
    sayac = 0
    yveri = 0
    yveri1 = 0
    yveriT = 0
    dveri = 0
    dveri1 = 0
    dveriT = 0
    Pause 100

```

yverioku:

'yatay veri oku

```

    sayac = sayac + 1
    PauseUs 5
    ADCON0 = %01000101

```


ybyk: 'Pals sayısı kadar döngü yap. PortB' nin 0. ve 1. bitlerinde 90 derece faz farklı 'kare dalga oluştur.

```

IF youtb=%00000001 Then
youtb=%00000000
PORTB.0=0
PORTB.1=0
Else
  IF youtb=%00000010 Then
  youtb=%00000011
  PORTB.0=1
  PORTB.1=1
  Else
    IF youtb=%00000000 Then
    youtb=%00000010
    PORTB.0=0
    PORTB.1=1
    Else
      IF youtb=%00000011 Then
      youtb=%00000001
      PORTB.0=1
      PORTB.1=0
      EndIF
    EndIF
  EndIF
EndIF

```

git.

```

ypals = ypals - 1
IF ypals = 0 Then
  yverieski = yveri          'yveri değerini yverieski değerine ata ve dongu' ye
  GoTo dongu
EndIF
GoTo ybyk

```

ykck: 'Pals sayısı kadar döngü yap. PortB' nin 0. ve 1. bitlerinde 90 derece faz farklı 'kare dalga oluştur.

```

IF youtb=%00000001 Then
youtb=%00000011
PORTB.0=1
PORTB.1=1
Else
  IF youtb=%00000000 Then
  youtb=%00000001
  PORTB.0=1
  PORTB.1=0
  Else
    IF youtb=%00000010 Then
    youtb=%00000000

```

```

        PORTB.0=0
        PORTB.1=0
        Else
            IF youtb=%00000011 Then
                youtb=%00000010
                PORTB.0=0
                PORTB.1=1
            EndIF
        EndIF
    EndIF
EndIF

```

```

ypals = ypals - 1
IF ypals = 0 Then
    yverieski = yveri    'yveri değerini yverieski değerine ata ve dongu' ye git.
    GoTo dongu
EndIF
GoTo ykck

```

dkck: 'Pals sayısı kadar döngü yap. PortB' nin 2. ve 3. bitlerinde 90 derece faz farklı 'kare dalga oluştur.

```

IF doutb=%00000001 Then
    doutb=%00000011
    PORTB.2=1
    PORTB.3=1
Else
    IF doutb=%00000000 Then
        doutb=%00000001
        PORTB.2=1
        PORTB.3=0
    Else
        IF doutb=%00000010 Then
            doutb=%00000000
            PORTB.2=0
            PORTB.3=0
        Else
            IF doutb=%00000011 Then
                doutb=%00000010
                PORTB.2=0
                PORTB.3=1
            EndIF
        EndIF
    EndIF
EndIF

```

```

dpals = dpals - 1
IF dpals = 0 Then
    dverieski = dveri    'dveri değerini dverieski değerine ata ve dongu' ye git.
    dveriT=0
    yveriT=0

```

```

        GoTo yverioku
    EndIF
    GoTo dkck

dbyk:      'Pals sayısı kadar döngü yap. PortB' nin 2. ve 3. bitlerinde 90 derece faz farklı
           'kare dalga oluştur.

    IF doutb=%00000001 Then
    doutb=%00000000
    PORTB.2=0
    PORTB.3=0
    Else
        IF doutb=%00000010 Then
        doutb=%00000011
        PORTB.2=1
        PORTB.3=1
        Else
            IF doutb=%00000000 Then
            doutb=%00000010
            PORTB.2=0
            PORTB.3=1
            Else
                IF doutb=%00000011 Then
                doutb=%00000001
                PORTB.2=1
                PORTB.3=0
                EndIF
            EndIF
        EndIF
    EndIF
EndIF

dpals = dpals - 1
IF dpals = 0 Then
    dverieski = dveri      'dveri değerini dverieski değerine ata ve yverioku'
ye git.
    dveriT=0
    yveriT=0
    GoTo yverioku
EndIF
GoTo dbyk

End

```



INA114

Precision INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW OFFSET VOLTAGE: 50µV max
- LOW DRIFT: 0.25µV/°C max
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 2nA max
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 115dB min
- INPUT OVER-VOLTAGE PROTECTION: ±40V
- WIDE SUPPLY RANGE: ±2.25 to ±18V
- LOW QUIESCENT CURRENT: 3mA max
- 8-PIN PLASTIC AND SOL-16

APPLICATIONS

- BRIDGE AMPLIFIER
- THERMOCOUPLE AMPLIFIER
- RTD SENSOR AMPLIFIER
- MEDICAL INSTRUMENTATION
- DATA ACQUISITION

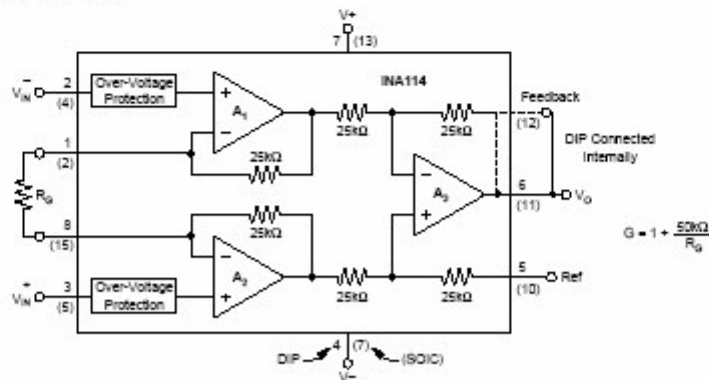
DESCRIPTION

The INA114 is a low cost, general purpose instrumentation amplifier offering excellent accuracy. Its versatile 3-op amp design and small size make it ideal for a wide range of applications.

A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. Internal input protection can withstand up to ±40V without damage.

The INA114 is laser trimmed for very low offset voltage (50µV), drift (0.25µV/°C) and high common-mode rejection (115dB at G = 1000). It operates with power supplies as low as ±2.25V, allowing use in battery operated and single 5V supply systems. Quiescent current is 3mA maximum.

The INA114 is available in 8-pin plastic and SOL-16 surface-mount packages. Both are specified for the -40°C to +85°C temperature range.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11496, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85716 • Tel: (520) 746-1111 • Fax: 916-963-1111
Internet: <http://www.burr-brown.com/> • F33Line: (800) 548-4133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 968-6481 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-4132

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	INA114BP, BU			INA114AP, AU			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
INPUT Offset Voltage, RTI Initial vs Temperature vs Power Supply Long-Term Stability Impedance, Differential Common-Mode Input Common-Mode Range Safe Input Voltage Common-Mode Rejection	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{MIN}}$ to T_{MAX} $V_S = \pm 2.25\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$ $V_{\text{CM}} = \pm 10\text{V}$, $\Delta R_S = 1\text{k}\Omega$ $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$		$\pm 10 + 20/G$ $\pm 0.1 + 0.5/G$ $0.5 + 2/G$ $\pm 0.2 + 0.5/G$ $10^{19} \parallel 5$ $10^{19} \parallel 5$ ± 11	$\pm 50 + 100/G$ $\pm 0.25 + 5/G$ $3 + 10/G$		$\pm 25 + 30/G$ $\pm 0.25 + 5/G$ *	$\pm 125 + 500/G$ $\pm 1 + 10/G$ *	μV $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ $\mu\text{V}/\text{V}$ $\mu\text{V}/\text{mo}$ $\Omega \parallel \text{pF}$ $\Omega \parallel \text{pF}$ V
		80	95		75	90		dB
		96	115		90	106		dB
		110	120		106	110		dB
		115	120		106	110		dB
BIAS CURRENT vs Temperature			± 0.5 ± 8	± 2		*	± 5 $\text{pA}/^\circ\text{C}$	
OFFSET CURRENT vs Temperature			± 0.5 ± 8	± 2		*	± 5 $\text{pA}/^\circ\text{C}$	
NOISE VOLTAGE, RTI $f = 10\text{Hz}$ $f = 100\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f_B = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz Noise Current $f = 10\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f_B = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz	$G = 1000$, $R_S = 0\Omega$			15		*	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
				11		*	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
				11		*	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
				0.4		*	$\mu\text{V}/\text{pA}$	
				0.4		*	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$	
				0.2		*	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$	
		18		*	pA/pA			
GAIN Gain Equation Range of Gain Gain Error Gain vs Temperature 50k Ω Resistance ⁽¹⁾ Nonlinearity	$G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ $G = 1$ $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$	1	$1 + (50\text{k}\Omega/R_S)$	10000	*	*	V/V V/V %	
			± 0.01	± 0.05		*	*	%
			± 0.02	± 0.4		*	± 0.5	%
			± 0.05	± 0.5		*	± 0.7	%
			± 0.5	± 1		*	± 2	%
			± 2	± 10		*	± 10	ppm/ $^\circ\text{C}$
	± 25	± 100		*	*	ppm/ $^\circ\text{C}$		
	± 0.0001	± 0.001		*	± 0.002	% of FSR		
	± 0.0005	± 0.002		*	± 0.004	% of FSR		
	± 0.0005	± 0.002		*	± 0.004	% of FSR		
	± 0.002	± 0.01		*	± 0.02	% of FSR		
OUTPUT Voltage Load Capacitance Stability Short Circuit Current	$I_O = 5\text{mA}$, T_{MIN} to T_{MAX} $V_S = \pm 11.4\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$ $V_S = \pm 2.25\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$	± 13.5	± 13.7		*	*	V	
		± 10	± 10.5		*	*	V	
		± 1	± 1.5		*	*	V	
		1000		*	*	pF		
		$+20$ – -15		*	*	mA		
FREQUENCY RESPONSE Bandwidth, -3dB Slew Rate Settling Time, 0.01% Overload Recovery	$G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ $V_O = \pm 10\text{V}$, $G = 10$ $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ 50% Overdrive		1			*	MHz	
			100			*	kHz	
			10			*	kHz	
			1			*	kHz	
		0.3	0.6		*	*	V/ μs	
			18		*	*	μs	
	20		*	*	μs			
	120		*	*	μs			
	1100		*	*	μs			
	20		*	*	μs			
POWER SUPPLY Voltage Range Current	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$	± 2.25	± 15	± 18	*	*	V	
			± 2.2	± 3	*	*	mA	
TEMPERATURE RANGE Specification Operating θ_{JA}		-40		85	*	*	$^\circ\text{C}$	
		-40		125	*	*	$^\circ\text{C}$	
			80		*	*	$^\circ\text{C}/\text{W}$	

* Specification same as INA114BP/BU.

NOTE: (1) Temperature coefficient of the "50k Ω " term in the gain equation.

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.



INA114

APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA114. Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown.

The output is referred to the output reference (Ref) terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance of 5Ω in series with the Ref pin will cause a typical device to degrade to approximately 80dB CMR ($G = 1$).

SETTING THE GAIN

Gain of the INA114 is set by connecting a single external resistor, R_G :

$$G = 1 + \frac{50 \text{ k}\Omega}{R_G} \quad (1)$$

Commonly used gains and resistor values are shown in Figure 1.

The $50\text{k}\Omega$ term in equation (1) comes from the sum of the two internal feedback resistors. These are on-chip metal film resistors which are laser trimmed to accurate absolute val-

ues. The accuracy and temperature coefficient of these resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA114.

The stability and temperature drift of the external gain setting resistor, R_G , also affects gain. R_G 's contribution to gain accuracy and drift can be directly inferred from the gain equation (1). Low resistor values required for high gain can make wiring resistance important. Sockets add to the wiring resistance which will contribute additional gain error (possibly an unstable gain error) in gains of approximately 100 or greater.

NOISE PERFORMANCE

The INA114 provides very low noise in most applications. For differential source impedances less than $1\text{k}\Omega$, the INA103 may provide lower noise. For source impedances greater than $50\text{k}\Omega$, the INA111 FET-input instrumentation amplifier may provide lower noise.

Low frequency noise of the INA114 is approximately $0.4\mu\text{Vp-p}$ measured from 0.1 to 10Hz. This is approximately one-tenth the noise of "low noise" chopper-stabilized amplifiers.

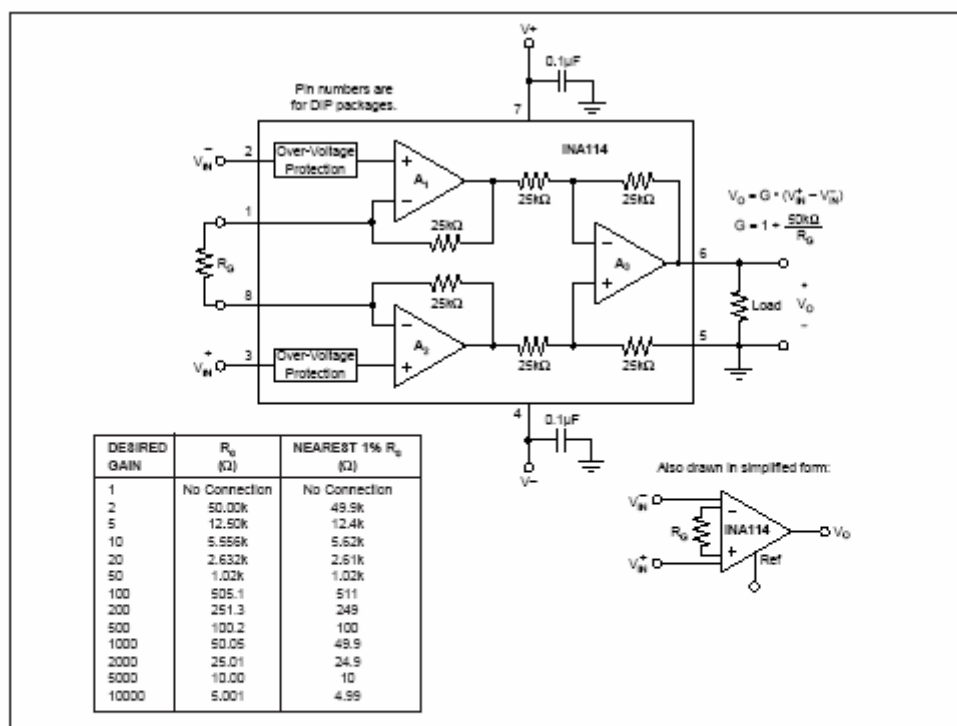


FIGURE 1. Basic Connections.



ISO122

Precision Lowest Cost ISOLATION AMPLIFIER

FEATURES

- 100% TESTED FOR HIGH-VOLTAGE BREAKDOWN
- RATED 1500Vrms
- HIGH IMR: 140dB at 60Hz
- BIPOLAR OPERATION: $V_o = \pm 10V$
- 16-PIN PLASTIC DIP AND 28-LEAD SOIC
- EASE OF USE: Fixed Unity Gain Configuration
- 0.020% max NONLINEARITY
- $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$ SUPPLY RANGE

APPLICATIONS

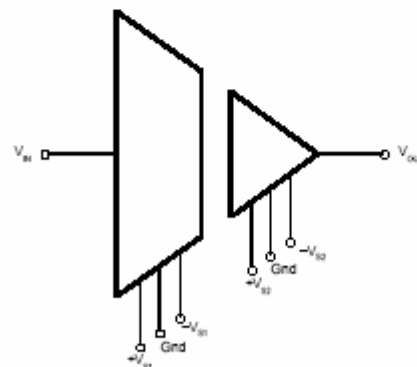
- INDUSTRIAL PROCESS CONTROL: Transducer Isolator, Isolator for Thermocouples, RTDs, Pressure Bridges, and Flow Meters, 4mA to 20mA Loop Isolation
- GROUND LOOP ELIMINATION
- MOTOR AND SCR CONTROL
- POWER MONITORING
- PC-BASED DATA ACQUISITION
- TEST EQUIPMENT

DESCRIPTION

The ISO122 is a precision isolation amplifier incorporating a novel duty cycle modulation-demodulation technique. The signal is transmitted digitally across a 2pF differential capacitive barrier. With digital modulation the barrier characteristics do not affect signal integrity, resulting in excellent reliability and good high frequency transient immunity across the barrier. Both barrier capacitors are imbedded in the plastic body of the package.

The ISO122 is easy to use. No external components are required for operation. The key specifications are 0.020% max nonlinearity, 50kHz signal bandwidth, and $200\mu V/^\circ C$ V_{os} drift. A power supply range of $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$ and quiescent currents of $\pm 5.0mA$ on V_{st} and $\pm 5.5mA$ on V_{sd} make these amplifiers ideal for a wide range of applications.

The ISO122 is available in 16-pin plastic DIP and 28-lead plastic surface mount packages.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400 • Tucson, AZ 85714 • Street Address: 4710 S. Tucson Blvd. • Tucson, AZ 85706
 Tel: (520) 746-1111 • Telex: 910-952-1111 • Cable: BBRCORP • Telefax: 064-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-4132

SPECIFICATIONS

At $T_a = +25^\circ\text{C}$, $V_{in} = V_{out} = \pm 15\text{V}$, and $R_L = 2\text{k}\Omega$ unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	ISO122P/U			ISO122J/P/U			UNITS	
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
ISOLATION Voltage Rated Continuous AC 60Hz 100% Test (1) Isolation Mode Rejection Barrier Impedance Leakage Current at 60Hz	1s, 5pC PD 60Hz $V_{in} = 240\text{Vrms}$	1500			*			VAC	
		2400	140		*			VAC	
			$10^{11} \parallel 2$		*				dB
			0.18	0.5	*	*			$\Omega \parallel \text{pF}$ μArms
GAIN Nominal Gain Gain Error Gain vs Temperature Nonlinearity(2)	$V_{in} = \pm 10\text{V}$		1		*			V/V	
			± 0.05	± 0.50	*	*		%FSR	
			± 10		*			ppm/°C	
			± 0.016	± 0.020	± 0.025	± 0.050		%FSR	
INPUT OFFSET VOLTAGE Initial Offset vs Temperature vs Supply Noise			± 20	± 50	*	*	*	mV	
			± 200		*			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
			± 2		*			mV/V	
			4		*			$\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$	
INPUT Voltage Range Resistance		± 10	± 12.5		*	*		V	
			200		*	*		k Ω	
OUTPUT Voltage Range Current Drive Capacitive Load Drive Ripple Voltage(3)		± 10	± 12.5		*	*		V	
		± 5	± 15		*	*		mA	
			0.1		*	*		μF	
			20		*	*		mV/p-p	
FREQUENCY RESPONSE Small Signal Bandwidth Slew Rate Settling Time 0.1% 0.01% Overload Recover Time	$V_{in} = \pm 10\text{V}$		50		*	*		kHz	
			2		*	*		V/ μs	
			50		*	*		μs	
			350		*	*		μs	
			150		*	*		μs	
POWER SUPPLIES Rated Voltage Voltage Range Quiescent Current: V_{in} V_{out}			± 15		*	*		V	
		± 4.5	± 5.0	± 18	*	*	*	V	
			± 5.0	± 7.0	*	*	*	mA	
			± 5.5	± 7.0	*	*	*	mA	
TEMPERATURE RANGE Specification Operating Storage θ_{JA} θ_{JC}		-25		+85	*	*	*	°C	
		-25		+85	*	*	*	°C	
		-40		+85	*	*	*	°C	
			100		*	*	*	°C/W	
			65		*	*	*	°C/W	

* Specification same as ISO122P/U.

NOTES: (1) Tested at 1.5 X rated, fail on 5pC partial discharge. (2) Nonlinearity is the peak deviation of the output voltage from the best-fit straight line. It is expressed as the ratio of deviation to FSR. (3) Ripple frequency is at carrier frequency (500kHz).

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.



www.fairchildsemi.com

LM311

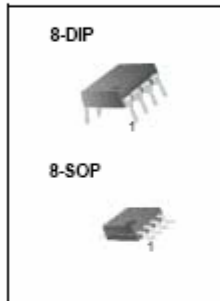
Single Comparator

Features

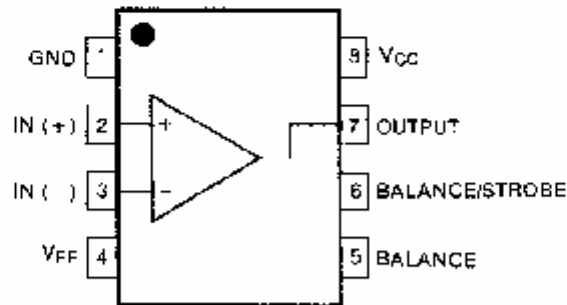
- Low input bias current : 250nA (Max)
- Low input offset current : 50nA (Max)
- Differential Input Voltage : $\pm 30V$
- Power supply voltage : single 5.0V supply to $\pm 15V$.
- Offset voltage null capability.
- Strobe capability.

Description

The LM311 series is a monolithic, low input current voltage comparator. The device is also designed to operate from dual or single supply voltage.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

Electrical Characteristics

(VCC = 15V, TA = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input Offset Voltage	V _{IO}	RS ≤ 50KΩ	-	1.0	7.5	mV
			Note 1	-	-	
Input Offset Current	I _{IO}		-	8	50	nA
			Note 1	-	-	
Input Bias Current	I _{BIAS}		-	100	250	nA
			Note 1	-	-	
Voltage Gain	GV	-	40	200	-	V/mV
Response Time	T _{RES}	Note 2	-	200	-	ns
Saturation Voltage	V _{SAT}	IO = 50mA, VI ≤ -10mV	-	0.75	1.5	V
		VCC ≥ 4.5V, VEE = 0V IO = 8mA, VI ≤ -10mV, Note 1	-	0.23	0.4	
Strobe "ON" Current	I _{STR(ON)}	-	-	3	-	mA
Output Leakage Current	I _{SINK}	I _{STR} = 3mA, VI ≥ 10mV VO = 15V, VCC = ±15V	-	0.2	50	nA
Input Voltage Range	VI(R)	Note 1	-14.5 to 13.0	-14.7 to 13.8	-	V
Positive Supply Current	I _{CC}	-	-	3.0	7.5	mA
Negative Supply Current	I _{EE}	-	-	-2.2	-5.0	mA
Strobe Current	I _{STR}	-	-	3	-	mA

Notes :

- 0 ≤ TA ≤ +70°C
- The response time specified is for a 100mV input step with 5mV over drive.



LF353

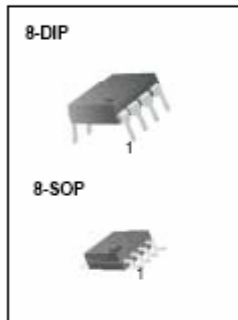
Dual Operational Amplifier (JFET)

Features

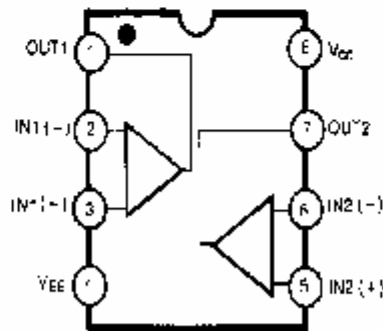
- Internally trimmed offset voltage: 10mV
- Low input bias current: 50pA
- Wide gain bandwidth: 4MHz
- High slew rate: 13V/ μ s
- High Input impedance: $10^{12}\Omega$

Description

The LF353 is a JFET input operational amplifier with an internally compensated input offset voltage. The JFET input device provides wide bandwidth, low input bias currents and offset currents.



Internal Block Diagram



Electrical Characteristics

(VCC = +15V, VEE = -15V, TA = 25 °C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input Offset Voltage	V _{IO}	RS = 10KΩ	-	5.0	10	mV
		0 °C ≤ TA ≤ +70 °C	-	-	-	-
Input Offset Voltage Drift	ΔV _{IO} /ΔT	RS = 10KΩ	-	10	-	μV/°C
Input Offset Current	I _{IO}		-	25	100	pA
		0 °C ≤ TA ≤ +70 °C	-	-	4	nA
Input Bias Current	I _{BIAS}		-	50	200	pA
		0 °C ≤ TA ≤ +70 °C	-	-	8	nA
Input Resistance	R _I	-	-	10 ¹²	-	Ω
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{O(P-P)} = ±10V	25	100	-	V/mV
		RL = 2KΩ	15	-	-	-
Output Voltage Swing	V _{O(P-P)}	RL = 10KΩ	±12	±13.5	-	V
Input Voltage Range	V _{I(R)}	-	±11	±15/-12	-	V
Common Mode Rejection Ratio	CMRR	RS ≤ 10KΩ	70	100	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	RS ≤ 10KΩ	70	100	-	dB
Power Supply Current	I _{CC}	-	-	3.8	6.5	mA
Slew Rate	SR	G _V = 1	-	13	-	V/μS
Gain-Bandwidth Product	GBW	-	-	4	-	MHz
Channel Separation	CS	f = 1Hz ~ 20KHz (Input referenced)	-	120	-	dB
Equivalent Input Noise Voltage	V _{NI}	RS = 100Ω f = 1KHz	-	16	-	nV/ √Hz
Equivalent Input Noise Current	I _{NI}	f = 1KHz	-	0.01	-	pA/ √Hz



PIC16F87X

28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

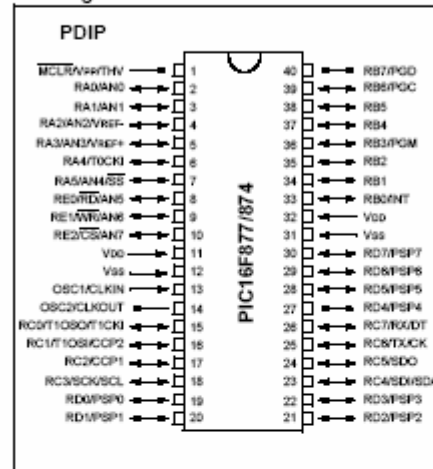
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873 • PIC16F876
- PIC16F874 • PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High-performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM data memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during sleep via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
Mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

PIC16F87X

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/WHV	1	2	18	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0 RA1 can also be analog input1 RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer counter. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input Interrupt on change pin. Interrupt on change pin. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 Input/Compare2 output/PWM2 output. RC2 can also be the Capture1 Input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	

Legend: I = Input O = output I/O = Input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87X

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE0/ \overline{RD} /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>PORTE is a bi-directional I/O port.</p> <p>RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog inputs.</p>
RE1/ \overline{WR} /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog inputs.</p>
RE2/ \overline{CS} /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.</p>
V88	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28, 40	12,13, 33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = Input O = output I/O = Input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87X

TABLE 3-1: PORTA FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input
RA2/AN2	bit2	TTL	Input/output or analog input
RA3/AN3/VREF	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF
RA4/T0CKI	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0 Output is open drain type
RA5/SS/AN4	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

TABLE 3-2: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTA

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by PORTA.

Note: When using the SSP module in SPI slave mode and SS enabled, the A/D converter must be set to one of the following modes where PCFG3:PCFG0 = 0100, 0101, 011x, 1101, 1110, 1111.

PIC16F87X

TABLE 3-3: PORTB FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM	bit3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

TABLE 3-4: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTB

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
06h, 106h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h, 186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
81h, 181h	OPTION_REG	RBP0	INTE0G	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged. Shaded cells are not used by PORTB.

PIC16F87X

11.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) Converter module has five inputs for the 28-pin devices and eight for the other devices.

The analog input charges a sample and hold capacitor. The output of the sample and hold capacitor is the input into the converter. The converter then generates a digital result of this analog level via successive approximation. The A/D conversion of the analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has high and low voltage reference input that is software selectable to some combination of V_{DD} , V_{SS} , RA2 or RA3.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in SLEEP mode. To operate in sleep, the A/D clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register0 (ADCON0)
- A/D Control Register1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 11-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 11-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference) or as digital I/O.

Additional information on using the A/D module can be found in the PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

REGISTER 11-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit7						bit0	
<p>bit 7-6: ADCS1:ADCS0: A/D Conversion Clock Select bits 00 = $F_{osc}/2$ 01 = $F_{osc}/8$ 10 = $F_{osc}/32$ 11 = Frc (clock derived from an RC oscillation)</p> <p>bit 5-3: CHS2:CHS0: Analog Channel Select bits 000 = channel 0, (RA0/AN0) 001 = channel 1, (RA1/AN1) 010 = channel 2, (RA2/AN2) 011 = channel 3, (RA3/AN3) 100 = channel 4, (RA5/AN4) 101 = channel 5, (RE0/AN5)⁽¹⁾ 110 = channel 6, (RE1/AN6)⁽¹⁾ 111 = channel 7, (RE2/AN7)⁽¹⁾</p> <p>bit 2: GO/DONE: A/D Conversion Status bit If ADON = 1 1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion) 0 = A/D conversion not in progress (This bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)</p> <p>bit 1: Unimplemented: Read as '0'</p> <p>bit 0: ADON: A/D On bit 1 = A/D converter module is operating 0 = A/D converter module is shutoff and consumes no operating current</p> <p>Note 1: These channels are not available on the 28-pin devices.</p>							

R = Readable bit
 W = Writable bit
 U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR reset

PIC16F87X

REGISTER 11-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0				
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0					
bit7								bit0				
<p>bit 7: ADFM: A/D Result format select 1 = Right Justified. 6 most significant bits of ADRESH are read as '0'. 0 = Left Justified. 6 least significant bits of ADRESL are read as '0'.</p> <p>bit 6-4: Unimplemented: Read as '0'</p> <p>bit 3-0: PCFG3:PCFG0: A/D Port Configuration Control bits</p>												
												<p>R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0' - n = Value at POR reset</p>
PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN / Refs ⁽²⁾	
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	6/0	
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	V _{SS}	7/1	
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	5/0	
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	V _{SS}	4/1	
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V _{DD}	V _{SS}	3/0	
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	V _{SS}	2/1	
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	V _{DD}	V _{SS}	0/0	
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2	
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	6/0	
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	V _{SS}	5/1	
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2	
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2	
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2	
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V _{DD}	V _{SS}	1/0	
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2	

A = Analog Input
 D = Digital I/O

Note 1: These channels are not available on the 28-pin devices.
 2: This column indicates the number of analog channels available as A/D inputs and the number of analog channels used as voltage reference inputs.

PIC16F87X

11.4 A/D Conversions

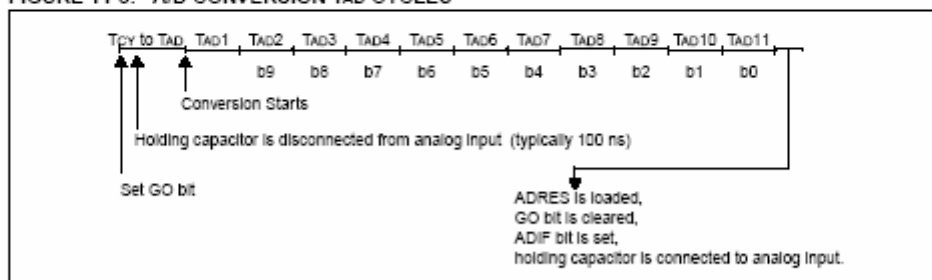
Clearing the $\overline{\text{GO/DONE}}$ bit during a conversion will abort the current conversion. The A/D result register pair will NOT be updated with the partially completed A/D conversion sample. That is, the ADRESH:ADRESL registers will continue to contain the value of the last completed conversion (or the last value written to the ADRESH:ADRESL registers). After the A/D conversion is aborted, a $2T_{AD}$ wait is

required before the next acquisition is started. After this $2T_{AD}$ wait, acquisition on the selected channel is automatically started.

In Figure 11-3, after the GO bit is set, the first time segment has a minimum of T_{CY} and a maximum of T_{AD} .

Note: The $\overline{\text{GO/DONE}}$ bit should NOT be set in the same instruction that turns on the A/D.

FIGURE 11-3: A/D CONVERSION T_{AD} CYCLES



EK-10



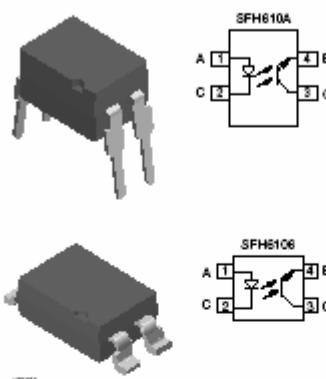
SFH610A / SFH6106

Vishay Semiconductors

Optocoupler, High Reliability, 5300 V_{RMS}

Features

- Good CTR Linearity Depending on Forward Current
- Isolation Test Voltage, 5300 V_{RMS}
- High Collector-Emitter Voltage, V_{CEO} = 70 V
- Low Saturation Voltage
- Fast Switching Times
- Low CTR Degradation
- Temperature Stable
- Low Coupling Capacitance
- End-Stackable, .100 " (2.54 mm) Spacing
- High Common-Mode Interference Immunity



Agency Approvals

- UL File #E52744 System Code H or J

- DIN EN 60747-5-2(VDE0884)
DIN EN 60747-5-5 pending
Available with Option 1
- CSA E52744
- BSI

Description

The SFH610A (DIP) and SFH6106 (SMD) feature a high current transfer ratio, low coupling capacitance and high isolation voltage. These couplers have a GaAs infrared diode emitter, which is optically coupled to a silicon planar phototransistor detector, and is incorporated in a plastic DIP-4 or SMD package.

The coupling devices are designed for signal transmission between two electrically separated circuits.

The couplers are end-stackable with 2.54 mm spacing.

Creepage and clearance distances of > 8.0 mm are achieved with option 6. This version complies with IEC 60950 (DIN VDE 0805) for reinforced insulation up to an operation voltage of 400 V_{RMS} or DC. Specifications subject to change.

Order Information

Part	Remarks
SFH610A-1	CTR 40 - 80 %, DIP-4
SFH610A-2	CTR 63 - 125 %, DIP-4
SFH610A-3	CTR 100 - 200 %, DIP-4
SFH610A-4	CTR 160 - 320 %, DIP-4
SFH6106-1	CTR 40 - 80 %, SMD-4
SFH6106-2	CTR 63 - 125 %, SMD-4
SFH6106-3	CTR 100 - 200 %, SMD-4
SFH6106-4	CTR 160 - 320 %, SMD-4
SFH610A-1-XXX6	CTR 40 - 80 %, DIP-4 400 mil (option 6)
SFH610A-2-XXX6	CTR 63 - 125 %, DIP-4 400 mil (option 6)
SFH610A-3-XXX6	CTR 100 - 200 %, DIP-4 400 mil (option 6)
SFH610A-3-XXX7	CTR 100 - 200 %, SMD-4 (option 7)
SFH610A-4-XXX6	CTR 160 - 320 %, DIP-4 400 mil (option 6)

For additional option information and package dimensions see Option Section.

SFH610A / SFH6106

Vishay Semiconductors



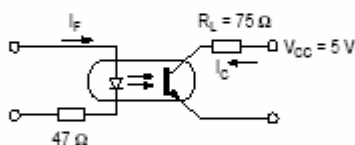
Switching Non-saturated

Parameter	Current	Rise time	Fall time	Turn-on time	Turn-off time	Cut-off frequency
Test condition	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}, R_L = 75 \Omega$					$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$
Symbol	I_F	t_r	t_f	t_{on}	t_{off}	F_{CO}
Unit	mA	μs	μs	μs	μs	kHz
	10	2.0	2.0	3.0	2.3	250

Switching Saturated

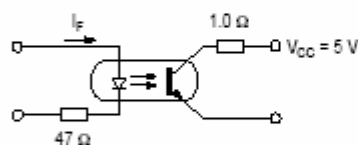
Parameter	Current	Rise time	Fall time	Turn-on time	Turn-off time
Symbol	I_F	t_r	t_f	t_{on}	t_{off}
Unit	mA	μs	μs	μs	μs
SFH610A-1 SFH6106-1	20	2.0	11	3.0	18
SFH610A-2 SFH6106-2	10	3.0	14	4.2	23
SFH610A-3 SFH6106-3	10	3.0	14	4.2	23
SFH610A-4 SFH6106-4	5.0	4.6	15	6.0	25

Typical Characteristics ($T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)



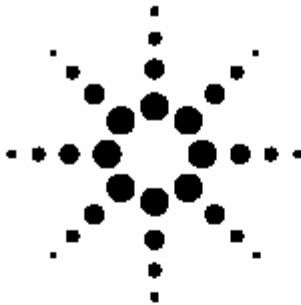
www.vishay.com

Figure 1. Linear Operation (without saturation)



www.vishay.com

Figure 2. Switching Operation (with saturation)



Agilent 4N25 Phototransistor Optocoupler General Purpose Type Data Sheet

Description

The 4N25 is an optocoupler for general purpose applications. It contains a light emitting diode optically coupled to a phototransistor. It is packaged in a 6-pin DIP package and available in wide-lead spacing option and lead bend SMD option. Response time, t_r , is typically 3 μ s and minimum CTR is 20% at input current of 10 mA.

Ordering Information

Specify part number followed by Option Number (if desired).

4N25-XXX

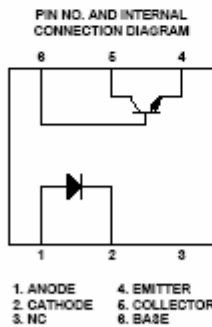
Option Number

- 060 - VDE0884 Option
- W00 - 0.4" Lead Spacing Option
- 300 - Lead Bend SMD Option
- 500 - Tape and Reel Packaging Option

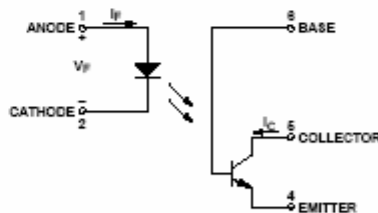
Features

- Response time (t_r ; typ., 3 μ s at $V_{CE} = 10$ V, $I_C = 2$ mA, $R_L = 100 \Omega$)
- Current Transfer Ratio (CTR: min. 20% at $I_C = 10$ mA, $V_{CE} = 10$ V)
- Input-output isolation voltage ($V_{iso} = 2500$ Vrms)
- Dual-in-line package
- UL approved
- CSA approved
- VDE approved
- Options available:
 - Leads with 0.4" (10.16 mm) spacing (W00)
 - Leads bends for surface mounting (300)
 - Tape and reel for SMD (500)
 - VDE 0884 approvals (060)

Functional Diagram



Schematic



Applications

- I/O interfaces for computers
- System appliances, measuring instruments
- Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

CAUTION: It is advised that normal static precautions be taken in handling and assembly of this component to prevent damage and/or degradation which may be induced by ESD.

ÖZGEÇMİŞ

Aysun GÖKTAŞ GÜL, 1976 yılında Konya Ereğli' de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ereğli' de tamamladı. 1994 - 1998 yılları arasında Gazi Üniversitesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü Elektronik Öğretmenliği Programında lisans eğitimini tamamladı. 1998 yılında Samsun Çarşamba Endüstri Meslek Lisesinde öğretmenlik görevine başladı. 2000 yılında tayin ile Ankara Gazi Osman Paşa Anadolu Meslek ve Meslek Lisesinde göreve başladı. Halen aynı okulda elektronik öğretmeni olarak görev yapmakta olup evli ve bir çocuk annesidir.