

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Biomed. Cih. Tas. Ody. İnc. ve Gerç.

Yüksek Lisans Tezi

Ferit Attar

1987

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

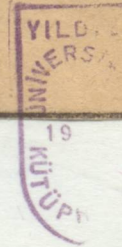
BIOMEDİKAL CİHAZ TASARIMI
ODYOMETRE
İNCELEME VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik MÜH. FERİT ATTAR

İSTANBUL - 1987

YILDIZ UNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 152
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 61
Tarih : 8.12.1988
Fatura : ----
Fiatı : 3500 TL
Ayniyat No : 1/21
Kayıt No : 45747
UDC : 378.242
Ek : 621.3
617.8



ÖNSÖZ

Bu konunun incelenmesi fikri Biyomedikal mühendisliğe duyduğum ilgi, Yüksek Lisans öğrenimim sırasında okuduğum Mühendisliğin Tıptaki Uygulamaları dersi sırasında oluşmuştur. Bu ilginin sonucunda yüksek lisans tezimi ülkemizde geniş bir eğitim açığı bulunan bu dalda yapmaya ve ileride daha da belirginleşeceğini bildiğim bu önemli sahada temel bilgi birikimimi sağlamak, düşüncesi ile biomedikal konusunda almaya karar verdim. Beni bu konuda aydınlatan, yol gösteren ve çalışmalarımı teşvik eden Akademik çalışmaya yönelten Yıldız Üniversitesi Elektrik Mühendisliği, Elektronik-Ölçme ve Standartlar Bilim dalı Öğretim Üyesi Sayın Hocam Doç.Dr.Halit PASTACI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmam sırasında yardımını esirgemiyen Sayın Hocam Y.Doç.Dr. Galip CANSEVER beye, Elektrik. Yük.Müh.Şerafetin ÜZBEY ve Elektronik Müh.Arş.Gör.Nizamettin AYDIN beylere gösterdikleri yardımdan dolayı teşekkür ederim.

Tıbbi bilginin sağlanmasında ve tatbiki olarak bu konudaki tıbbi yöntemler konusunda bilgisine başvurduğu kardeşim Dr.Erkut ATTAR'a ve Sayın Dr.Hakan USAL'a da ayrıca teşekkür ederim.

Fakültemizde Yüksek Lisans yapabilme olanağını sağlayan ve bana akademik çalışma yapma yolunda teşvik ve gayret veren Sayın Doç.Dr. Hüseyin ÇAKIR ve Anabilim ve bilimdali başkanım Sayın Prof.Dr.Celik AKTAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ferit ATTAR

1987-Haziran

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
TÜRKÇE ÖZET	1
İNGİLİZCE ÖZET	2
1. KONUNUN TANITILMASI	3-6
2. KULAĞIN TIBBİ BAKIMDAN İNCELENMESİ	7
2.1. KULAĞIN ENBRİYOLOJİSİ	7
2.1.1.İç Kulağın Gelişimi	7-8
2.1.2. Dış ve Orta kulağın Embriyolojisi	8-9
2.2. ANATOMİ	9
2.2.1. Aurikula ve Dış Kulak Yolu	9-10
2.2.2. Kulak Zarı	11-12
2.2.3. Orta Kulak	12
2.2.4. İç Kulak	13
2.3. FİZYOLOJİ	13
2.3.1. İşitme Fizyolojisi	13-14
2.3.2. Ses İletimi	15-17
3. KULAK MUAYENE METODLARI	18
3.1. Fonksiyon Muaynesi	18
3.2. İşitme fonksiyonunun Muaynesi	18
3.2.1. İnsan Sesi Kullanarak	18-19
3.2.2. Diyapozan Deneyleri İle İşitmeyi Ölçme	19-20
3.2.3. Odyometrik Yöntemler	20-22
3.2.3.1. Saf Ton Odyometrisi	23
3.2.3.2. Konuşma Odyometrisi	23-25
4. SESİN ÖZELLİKLERİ	26
4.1. SES	26
4.2. Sesin Fiziksel Özellikleri	27

4.2.1. Ses Şiddeti (I)	27
4.2.2. Ses Şiddet Seviyesi	27-28
4.2.3. Ses Basıncı (P)	28
4.2.4. Ses Basınç Seviyesi	28
4.2.5. Sesin Fiziksel İncelenmesi	29
4.2.6. Kulak ve İşitme	30-32
5. BİOMEDİKAL CİHAZ TASARIMI	33
5.1. TASARIM KRİTERLERİ	33
5.1.1. İşaret Faktörü	33
5.1.2. Çevre Faktörü	33
5.1.3. Tıbbi Faktörler	34
5.1.4. Ekonomik Faktörler	34
5.2. CİHAZ BLOK DİYAGRAMI	35-39
6. TASARLANAN CİHAZLA YAPILAN ÖLÇÜMLER	40-42

ÖZET

Biyomedikal cihaz tasarımı içinde odyometrenin incelenmesi ve gerçekleşmesi konusu işlenmektedir. Biyomühendislik ve bu konuda mühendislerin çalışması ve ülkemizde bu konudaki çalışmalar ve yapılması gereken çalışmalar belirlenmiştir.

Bu konuda meydana gelen gelişmeler ve konunun incelenebilmesi için gereken tıbbi bilgi, kulağın yapısı duyu sistemi ve sesin fiziksel özellikleri belirlenerek cihaz tasarımı için gereken temel bilgi ortaya çıkarılmıştır.

Cihazın tasarımının yapılabilmesi için bir cihaz tasarımının genel şartlarının bilinmesi ve cihazın kararlı çalışabilmesi için gereken teknik ve fiziksel şartların oluşturulması gerekirken bunlar cihaz tasarım kriterleri olarak sınıflanabilir.

Duyu organlarımızdan kulak ve burada meydana gelen duyu bozuklukları ve bunların tespitinde yararlanılan Odyometrenin bu kriterler içinde araştırılması ve incelenmesi eldeki olanaklar dahilinde bu tür bir test cihazının incelenmesi ve gerçekleşmesinin yanısıra Odyometrenin tıbbi ve mühendislik açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu cihazlarla yapılan ölçmelerin özellikleri ve değerlendirme yöntemi açıklanmıştır.

SUMMARY

The subject of this study is the planning of construction of Biomedical Instruments. For this reason, an odimeter has been investigated and constructed by me.

For obing of an instrument, first of all we schould have some knowledges. That; are what the situations, we can use it in, and what the properties of that situations are however. Some anatomical phiziological knowledge about that organ are requested for under standing the working principals of odimeter, for this reason; anatomic physiologic properties of, sound and it; components, meom of this instruments, designiy and construction of it are explained, respectively.

The idea that is tried to explain here what are the needs for this country and what we can have done in the condion of this country about biomedical science as a resul of this idea, I introduce a global study here that the structure of ears mechanisms of hearing, saund and its' properties, gointing up the pathological conditions in ear by odimeter are emphasised and as an amaliser of ear, the odimeter in fact is the basic component of this study.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KONUNUN TANITILMASI

Elektrik enerjisinin diğer enerji türlerine göre; Büyük santrallarda ucuz ve büyük verimle elde edilebilme, sürekli ve en ekonomik şekilde sağlanma, en modern enerji kaynaklarından yararlanabilme, çevreye en az olumsuz etkisi gibi üstünlükleri, bu bilimin gelişmesini ve elektrik enerjisinin yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır.

Bu yaygın kullanımın sonucunda elektrik mühendisliği, ve bu mühendislik dalı içinde gelişen ve sonuçta çok yaygın bir tatbik alanı bulan elektronik mühendisliği bütün bilim dallarının içine çeşitli şekillerde girmiştir. Yarı iletken teknolojisinin ani ve hızlı gelişimielektronik ve bunun sonucundada bilgisayar mühendisliğinin, elektrik mühendisliğinin yeni dalları olarak ortaya çıkışına neden oldu. Bu hızlı gelişme bütün bilim dallarına yansiyarak elektronik ve bilgisayar teknolojisinin ürünü olan cihazlar, ölçme, bilgi depolama, veri analizi gibi pek çok alanda hemen hemen bütün bilim dallarının vazgeçilmez araçları olmuşlardır.

Tıp bilimi içinde bu hızlı gelişme kendisine geniş ve önemli bir alan bulmuş, gerek teşhis, gereksı tedavi alanlarında bu teknolojinin ürettiği tıbbi cihazlar kullanılmaya başlanılmıştır.

Bu nedenle bu teşhis ve tedavi cihazlarının tasarımı kullanım ve geliştirilmesi tıp doktorları ile bu alanda çalışan mühendislerin birlikte çalışmalarını gerektirmektedir. Bu ortak çalışma yeni bir bilimdalı olan "Biyomühendislik" bilimdalının ortaya çıkmasına

neden olmuştur.

Biyomühendislik çalışmalarının bir sonucu olarak ortaya çok kısa süre içinde teşhis ve tedavide kullanılan cihazlar çıkmıştır. Bu çalışmanın sonucu ortaya çıkan cihazlardan birisi de duyu organlarımızdan biri olan kulağın duyu sınırının tespiti ve bu organda meydana gelen duyu bozuklarının tespitini de kullanılan ve Odyometre olarak adlandırılan cihazdır.

Bu sonuç göstermektedir ki biyotıp'ın uzmanlık dallarından biride duyu sistemi ve bu sistemin önemli öğelerinden biri olan kulaktır.

Ülkemizde biyotıp alanında bir üretim çalışması olmadığı gibi bu konuda montaja yönelik bir teknolojiye şu anda bulunmamaktadır. İthal edilen biyomedikal cihazların fiyatlarının ithalat, fiyatlarının yüksek olmasının doğurduğu pazar kısıtlılığı nedeni ile cihaz maliyetlerini dış pazar fiyatlarının hemen hemen üç katına çıkarmış olduğunu yapmış olduğum piyasa araştırması sonucunda belirlenmiştir. Bu alanda hizmet veren kuruluşların çoğu; gerek ithalat gerekse tamir ve bakım servislerinin durumu bu alanda büyük bir eğitim ve yetiştirilmiş eleman açığının bulunduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Cihaz satış fiyatlarının suni bir şekilde yükselmiş olması bu cihazların kullanımının azalmasına ve ithalatı daha karlı kılması sonucu üretim alanına yönelme olmamakta, geniş bir pazar olanağı bulunmasına karşın üretimin yanısıra araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılmaması sonucunun yanında elde bulunan cihazlarında verimli kullanılmasını engellemektedir.

İnsan sağlığı gibi önemli bir konudaki "BİOMEDİKAL CİHAZ TASARIMI; ODYOMETRE'NİN İNCELENMESİ VE GERÇEKLENMESİ" çalışmaya başlar-

ken amacım ÷lkemizde bu konuda bir çalışma yapılabilceğini ve bu alanda Mühendislere çok geniş bir çalışma ortamı bulunduğu ortaya koymaktı.

Cihaz tasarımıını gerçekleştirmek için tasarım olayına mühendislik açısından bakmak ve kulağı bu açıdan değerlendirmek gerekir. Bu açıdan bir değerlendirme yapılırken kulakta meydana gelen duyu olayı aşağıda belirtileceğı gibi sınıflanabilir.

Akustik Empedans Dengeleyicisi; Bizim için uygulayacağıımız tasarım alanını içeren, genlik ve frekansı geniş olan bir mekanik ayırıcı; Deęiřken kazançlı bir basınç amplifikatörü; Mekanik-Elektrik enerji dönüştürücüsü; Analog-Dijital dönüştürücü; Hidrolik denge sistemi; Kulak-Beyin arasında iki yönlü bir iletim sistemi.

Bu değerlendirmeden sonra kulakta meydana gelebilecek işitme kusurlarını iletimde meydana gelecek kusurlar, dış kulak ve orta kulak kusurları, duylarda meydana gelecen iç kulak ve beyin kusurları olarak iki ana grupta toplanabilir.İç kulak ve sinirlerde meydana gelen bu duyu kusurlarının tıbbi müdahale ile düzeltilmesi günümüzde mümkün olamamaktadır.

Birinci tür yani iletim türü rahatsızlıkları hususunda çalışmalar sürmektedir. Bu tür rahatsızlıklardan biride orta kulakta meydana gelen duyu rahatsızlığı olup orta kulak kemikiklerinin bir kısmı veya tümünün işlevini yapamaz duruma gelmesi ile meydana çıkar. Bu tür bir sağırlık ve başka bir iletim bozukluğuna bağılı sağırlık ses enerjisine eviren elektronik cihazın kazancı 60 dB veya daha fazla olmalıdır.

Duyu için kullanılan elektronik cihazların sakıncalarıda aşağıda sıralandığı gibidir;

- 1- Dış ortamla ilişkili olmak zorundadır.
- 2- Bir enerji kaynağına gereksinimi vardır.
- 3- Bu cihazların suya hassas olmaları kullanıcının hareketlerini sınırlar.

Bizim "Biomedikal Cihaz tasarımı" içinde incelemesini ve tasarımını yapacağımız cihaz yani ODYOMETRE yukarıda belirtilen sağlık durumlarında sağırliğin derecesini ve kullanılacak duyu cihazını belirlemek amacını güder.

BÖLÜM 2.

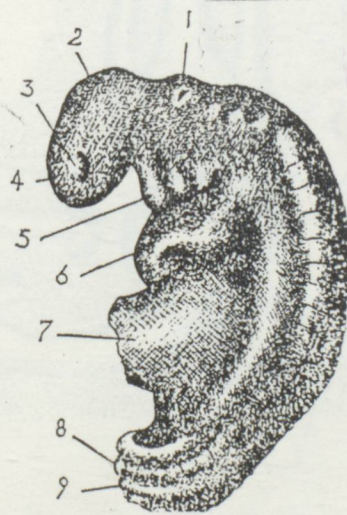
Tıbbi bir cihazı gerçekleştirmeden önce uygulama yapılacak uvu-
zun özelliklerini fiziksel ve anatomik özelliklerini bilmek gerekir.
Bu gözönüne alınarak öncelikle araştırmamıza duyu sisteminin incelen-
mesi ile başlamalıyız.

2.1. KULAĞIN ENBRİYOLOJİSİ

İşitme ve denge fonksiyonlarının organı olan kulağın yapısını
anlamak için bu organa ait temel embriyolojiyi iyi bilmek gerekir.

2.1.1. İç Kulağın Gelişimi

İntra üterin hayatın üçüncü haftasında embriyonun arka beyine
rastlayan baş kısmında ektodermal bir kalınlaşma ve sonrada bir çu-
kurlaşma meydana gelir (Şekil.1.).



- 1- Otocyst
- 2- Kefalik fleksura ve orta beyin
- 3- Optik Vezikül
- 4- Ön beyin
- 5- Mandibula
- 6- Kalb
- 7- Amnion
- 8- Somitler
- 9- Kıvrım yapan kuyruk

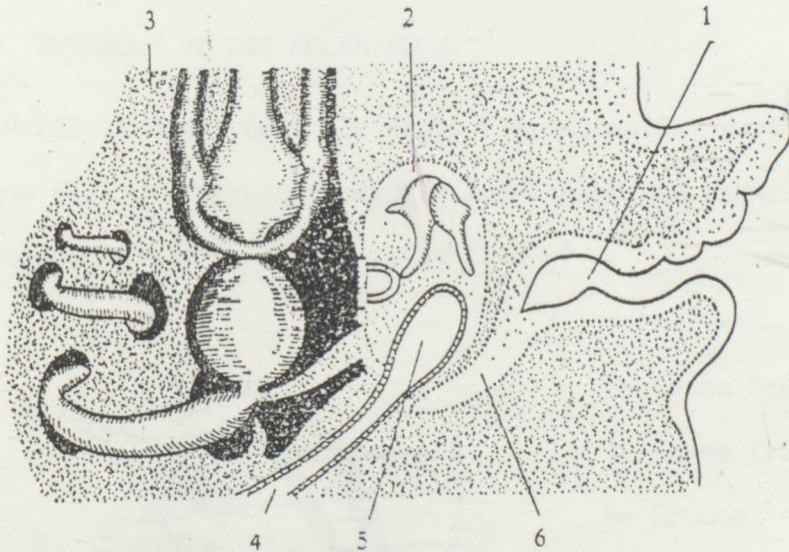
Şekil.1. 26 Günlük insan embriyosu.

Bu çukurlaşma gittikçe derinleşir ve vezikül halini alır ve

yüzeyle temasını kaybeder. Sonuçta aktif vezikül şekil değiştirir sermisküller kanalları ve kokleayı meydana getirecektir. Daha sonra mezoderm kondensasyona uğrar ve kemik labirenti meydana gelir. Dolayısı ile iç kulağa rastlayan TRAVMALARDA kırık hattında vücudun diğer kemiklerinde olduğu gibi kal meydana gelmez. Bu gelişme dönemi başlangıcından 28.hafaya kadar sürer.

2.1.2. Dış ve Ortakulağın Embriyolojisi.

Avrucula ve dış kulak yolu, 1. ve 2.brankial arkuslardan ve birinci brankial yarıktan, ortakulak ve adneksleri ise birinci faringial menşeyini alır. Dış kulak yolunun orjini olan faringial girişinden gelen uzantıyla 1.brankial yarık temas eder ve arada mezoderm yer alır. Bu nokta membrana tympaninin başlangıcıdır(Şekil.2.).



Şekil.2. 3 Aylık fetüs şeması.

- 1- Mentüs akustikus externus.
- 2- Bag dokusu içinde ortakulak kemikçikleri.
- 3- Kemikleşmeden evvel temporal kemik.
- 4- Tuba Oditiva.

5- Kavum Timpani.

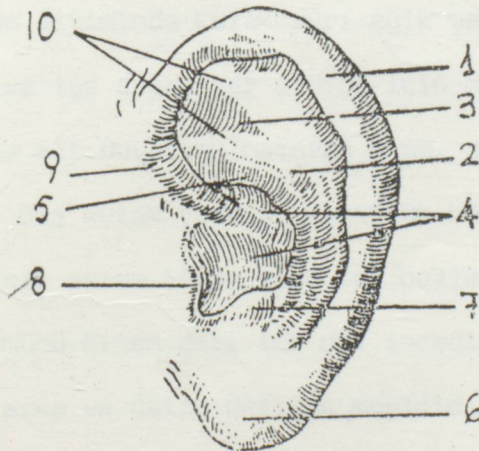
6- Açılmış ektoderm plağı.

Dış kulak yolunu teşkil edecek olan 1.Barikal yarık 3.aydan itibaren geçi olarak tıkanır 6.aydan sonra yeniden açılır. Bu olayın geçikmesi durumu dışkulak atarezisine neden olur. Duymayı engelleyerek dışkulakyolu kist ve fistüller ortaya çıkar. Kemikçikler teşekkül ederek geri kalan mezoderm erir ve faranks endoteli kemikçik ve orta kulak boşluğunu örter. Daha sonra pönemani hadisesi durur. ve mastoid kemik teşekkül eder. Doğumda sadece timpani kemikleri meydana gelir. Doğumdan sonra yeni doğanın dış kulak yolu iskeleti sadece kıkırdaktır.

2.2. ANOTOMİ.

2.2.1. AVRİKULA VE DIŞ KULAK YOLU.

Avrikula üzeri deri ile kaplı fibro-elastik, sarı kartilajdan meydana gelir. Avrikulanın sadece lobul kısmında kıkırdak yoktur. Avrikulanın anatomik detayları(Şekil.3-4).

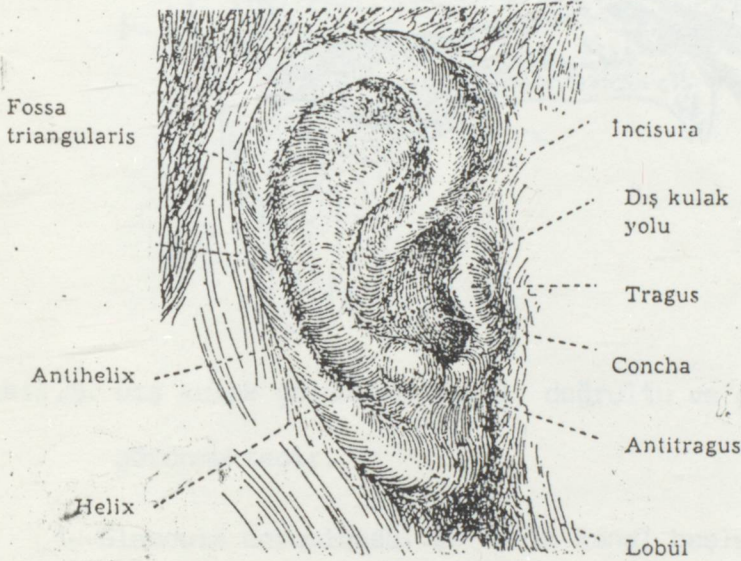


Şekil.3. Dış kulağın Bölümleri.

- 1- Helix
- 2- Fossa Scaphoidea
- 3- Fossa Triangularis
- 4- Concha
- 5- Antihelix
- 6- Lobule
- 7- Antitragus
- 8- Tragus
- 9- Helix Crurası
- 10- Antihelix Crurası

Dış yüzde kıkırdakla deri arasında gevşek bir dokunun olmaması bu yüzde hematoma kolayca varolmasına zemin hazırlar. Travma veya operatif bir teknik hata sonucu kıkırdak kesilirse enfeksiyon perihondriuma yerleşir ve kıkırdak nekrozu (kıkırdak hücrelerinin ölümü) meydana gelir.

Dışkulak yolunun yarısı kıkırdaktan diğer yarısı kemikten yapıldır.



Şekil.4.

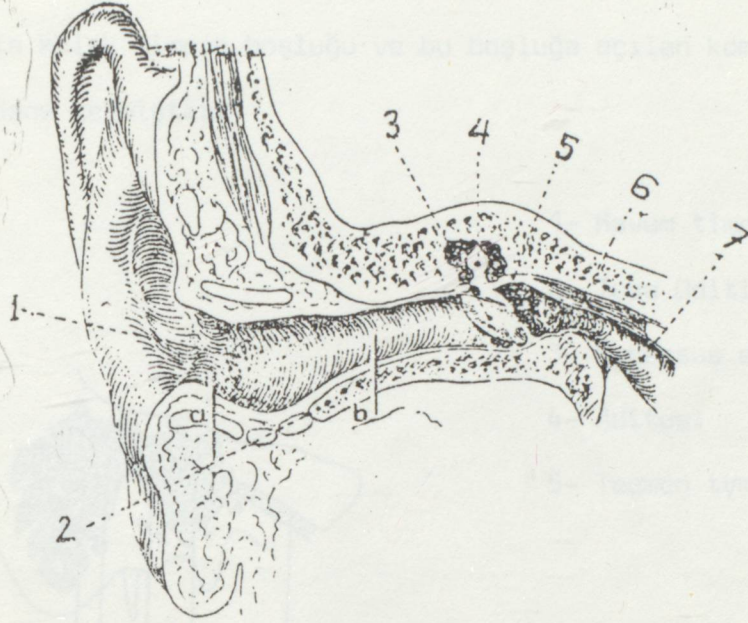
Avrikula ve dışkulak yolu

Kıkırdak bölümü öne, kemik bölümü arkaya konkavdır.

Avrikula üst, ön ve arka ligament ve eksantrinsik kaslarla kafatasına bağlıdır. Ancak insanda bu rudimenterdir. Dış kulak yolunun bitiminde kulak zarı eğik yan (oblik) şekilde aşağıya doğru, öne ve içe doğru yer aldığı için dış kulak yolunun arka üst duvarı ön ve alt duvarına nazaran 6 mm. daha kısadır.(25 mm.)

Dış kulak yolunun kıkırdak bölümü örten deri kalındır ve içinde benzeri serum ifraz eden ter bezleri bulunur. Dış kulak yolu kemik bölümünü örten deri ise çok incedir. Dış kulak yolu önde çene eklemi, arka ve üstte derinde mastoid hücreleri ve orta kafa çukuru ile komşuluktadır.

2.2.2. KULAK ZARI (MEMBRANA TYMPANI)



Şekil.5. Dış kulak yolununun şekil, doğrultu ve göreceli ölçüleri görünmektedir.

1- Glandula ceruminosa. 2- Kemik kanal başlangıcı.

3- Kulak zarı. 4- Malleusun başı. 5- Tensor timpani alleksi tandonu. 6- M.tensor timpani. 7- Tuba oditiva.

Hernekadar kulak zarı orta kulağın dışduvarının bir kısmını oluşturursada klinikte orta kulak hakkında bize çok değerli bilgiler verdiği için kulak zarının klinik anatomi bakımından ayrı bir bahis halinde incelemek faydalı olacaktır.

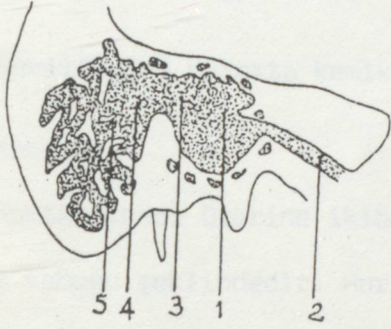
Kulak zarı dörtte bir üst bölümü hariç üç tabakadan yapıldır. En dışta epitel tabakası, ortada fibröz tabakası, içtede ortakulak mukazasının kuboid epiteli bulunur.

8 mm. genişliğinde 9 mm. uzunluğunda 1/10 mm. kalınlığında olan zan inci rengindedir ve üzerindeki işaret noktalarını iyi bilmek kulak

hastalıklarının teşhisi açısından önemlidir.

2.2.3. ORTA KULAK

Orta kulak timpan boşluğu ve bu boşluğa açılan komşu boşluklardan meydana gelmiştir.



- 1- Kavum timpani.
- 2- Tuba Oditiva(Eustachi tüpü)
- 3- Recessus epitympanicus.
- 4- Aditus.
- 5- Tegmen tympani.

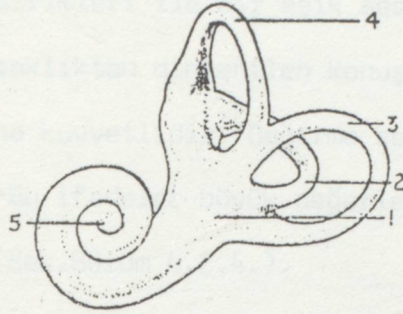
Şekil.6- Kavum timpani ve onunla ilgili hava boşlukları.

Ortakulak mukaza ile kaplanmış dikdörtgen halinde bir kavitededir. Latera duvar haricindeki bütün duvarlar kemikten yapılmıştır. Ön duvarda tuba Eustachi içe ve aşağı yönde iner. Orta kulak arkada antrum mastideuma açılır.

Ortakulakta 3 işitme kemikçisi bulunur. Bunlar; Malleus incus ve stapes kemikleridir. Stapes, tabanının anormal derecede yer değiştirmesine engel olmak sureti ile ani şiddetli seslere karşı iç kulağı korur.

2.2.4. İÇ KULAK

İşitme ve denge alıcılarının bulunduğu kısma iç kulak denir.



- 1- Vestibül.
- 2- Horizontal Kanal.
- 3- Posterior Vertikal Kanal.
- 4- Süperior Kanal.
- 5- Koklea.

Şekil 7|-Sağ Kulakta kemik labirentlerinin içeriden görünüşü.

Koklea :

Koklea kendi üzerine ikibuçuk defa kendi üzerine kıvrılmış salyangoz kabuğu şeklindedir. Horizontal pozisyonda yer alır.

Koklea içinde üç bölüm vardır.

2.3. FİZYOLOJİ

2.3.1. İŞİTME FİZYOLOJİSİ.

İşitme fizyolojisinin nasıl olduğunu incelemeden önce ses bilgisi veya akustikten bahsetmek gerekir. Ses dalgaları kulakta basınç değişikliğine neden olur. Her saf ton saniyede belirli bir sayıda ses dalgasına sahip olmakla karakterizedir. İnsan kulağı saniyede 16 ile 20000 dalgalı olan saf tonları işitebilir. Saf tonun saniyedeki titreşim sayısına o tonun frekansı denir. Frekans yükseldikçe kulak bunu sesin perdesinde bir yükselme olarak duyar.

Sesin kulak tarafından hissedilen yüksekliği sesin fizik şiddetine bağlıdır. Frekansı saniyedeki dalga sayısı ile ölçerken ses

şiddetini de desibel birimi ile ölçeriz.

Kulak tarafından ancak duyulabilen en küçük sesin şiddetine eşik şiddeti denir. Bir fısıltı sesi 3 m. uzaklıkta dinlendiği zaman fizik birimleri ile bir eşik sesinden 100 kat daha kuvvetlidir. Keza aynı uzaklıktan dinlenen konuşma sesi eşik şiddetinden 1 milyon kat daha kuvvetlidir. Bağırma sesinde bu şiddet 1000 milyona kadar çıkar.*Bu ifadeler büyük değerler olması nedeni ile dB birimine çevrilir (Bak.Bölüm 4.2.4.).

Eşik bir ses şiddeti Bel olarak kabul edilir. Ses şiddetinin büyük değerlerde olması onu on tabanlı logaritmik birimle belirtmek gereği doğmuş ve bu birime Bel denilmiştir.

Bel birimi pratikte çok büyük bir birim olduğundan 10'a bölünür ve her birine 1 desibeldir denir.

Desibel klinik kullanılıma çok uygundur insan kulağı iki ses arasındaki farkı ayırabilmesi için en az 1 dB fark olmalıdır.

Fonksiyonel olarak işitme organı iki kısımdan yapıldır. Bunlardan birincisi kendisine ulaşan sesleri analiz eden ve çözümlüyen kısma presepsiyon (alma) ikinci kısım ise sesleri persepsiyona (İç kulağın duyuları kabul eden kısmı) taşıyan kısımda kondüksiyon (iletim) cihazı denir.

Persepsiyon apereyi sinirsel elemanlardan yapıldır, korti organının sağlı hücrelerinden başlar beyinin pirmer ve psişik işitme bölgelerinde sonlanır. Bu ikisini birleştiren işitme sinir lifleridir.

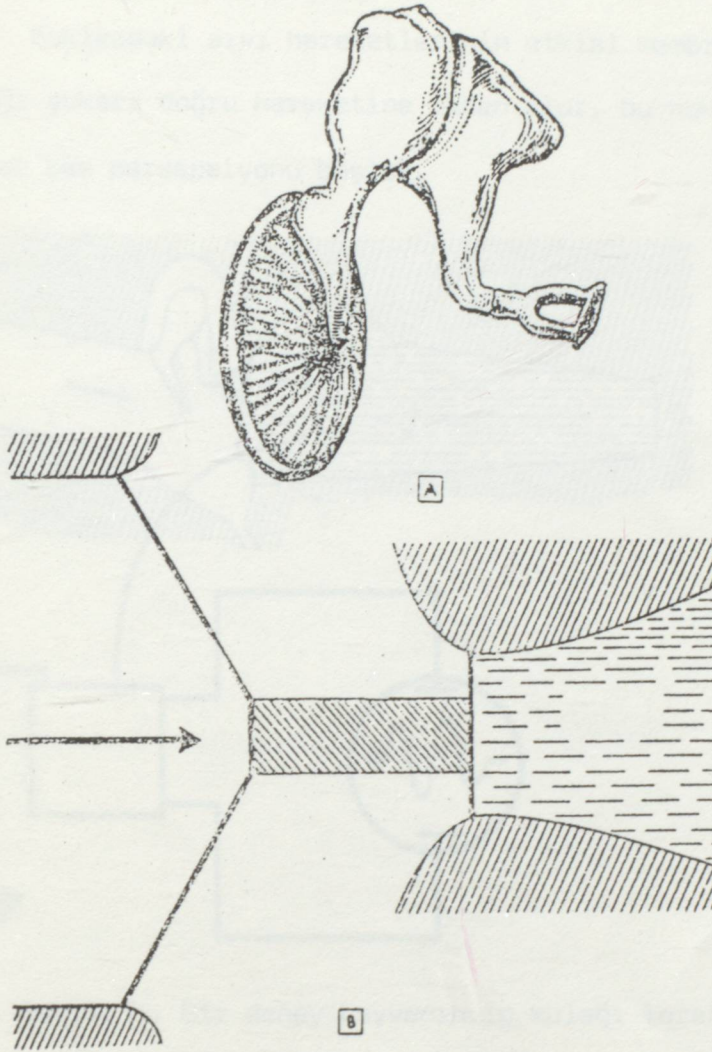
* Otolorangi ders notları (Cerrahpaşa Tıp Fakültesi)

2.3.2. SES İLETİMİ

Sesler kulağa normalde iç kulağa hava iletimi ile taşınır bu en önemli bir yoldur. Hava iletimi dışında ses enerjisi kafa kemikleri yolu ilede iç kulağa iletilebilir, gelen ses dalgalarının kompresyonu ile kulak zarı içe, dışa hareket eder zarın iç yüzüne yapışık olan malleus aynı şekilde içe dışa hareket eder bu hareket incus ve stapes'e iletilir. Ses dalgaları kulak zarına çarptıktan sonra sonuç olarak oval pencerede toplanırlar, burada ses basıncı bakımından fiziksel bir avantaj meydana gelir. Ses hava ortamından doğup iç kulaktaki mayi ortamına iletildiği zaman meydana gelen enerji kaybı bu suretle telafi edilmeye çalışılır (Şekil.8|. - Şekil.9|.).

Stapes tabanının içe doğru hareketi ses dalgalarının önce scala vestibüliye oradanda scala mediciya ve nihayet oradan da scale tympani'ye liletimini temin eder.

Oval pencerede stapes tabanı içe doğru hareket ederken yuvarlak pencereyi örten ince zar da dışa doğru hareket eder. Oval ve yuvarlak pencereleri örten strüktürlerdeki karşıt faz hareketi olmasaydı o zaman kokleadaki sıvıda hiç bir hareket olmayacaktı. Ses enerjisinin büyük kısmı zarın büyük kısmında kemikçikler zinciri yolu ile çok daha küçük bir fraksiyonu orta kulak boşluğundaki hava yolu ile yuvarlak pencereye varır.



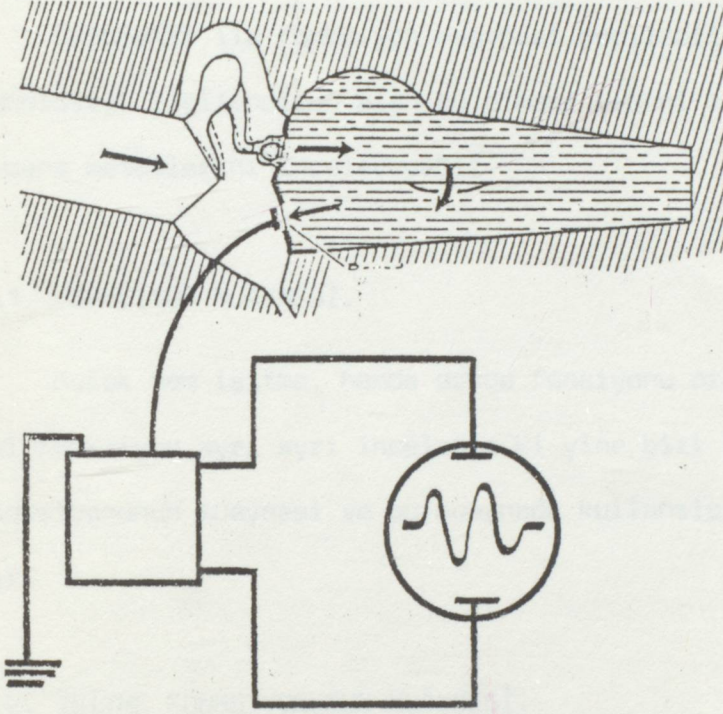
Şekil. 8.

Şekil. 8 A Kulak zarının titreşimlerini iç kulağa ileten üç kemikçik. Ağırlığı sadece 1,2 mg. olan stapes sıvı üzerine ses basıncının ritimine göre gidip gelen bir piston benzer. B Kulak zarının titreşimlerinin basıncı 22 defa daha şiddetli hale getirilir.

Bu sisteme kemikçiklerin zincir taransform sistemi denir. Bu sistem oval pencerenin lehine bir fark yaratır. Buna karşılık pencerelerin elastisitesi değişik olduğu gibi yuvarlak pencereyi örten

zar stapes tabanına oranla ses dalgalarına karşı gizlenmiş durumdadır.

Kokleadaki sıvı hareketlerinin etkisi membrana basırlarısının aşağı yukarı doğru hareketine neden olur, bu noktada ses iletimi biter ses persepsiyonu başlar.



Şekil.9]. Bir deney hayvanının iç kulağı tarafından meydana getirilen mikrofoniik dalgaların elektriksel potansiyelleri yukarıdaki şekilde tanzim edilen bir cihaz ile ortaya çıkarılabilir. Yukarıda, kulağın basitleştirilmiş şeması, koklea sıvı dolu boşlukları ile enine kesit şeklinde, korti organı ise horizontal bir çizgi olarak gösterilmiştir. Kulak zarının vibrasyonları korti organına iletilince onun mikrofoniik potansiyelleri kokleanın yuvarlak penceresinden toplanılabilir ve şeklin alt kısmında gösterildiği gibi ositaskop'un ekranında takip edilir.

BÖLÜM.3.

KULAK MUAYNE METOTLARI

Kulak muayne metotları Klinik muayne ve fonksiyonel muayne olarak iki ana kısımda toplanabilir. Bizim konumuz bakımından klinik muayne herhangi bir öneme haiz değildir.

Odyometre ile fonksiyon muaynesi yapılabileceğinden ve biomühendisliği ilgilendiren alan bu olması nedeni ile burada fonksiyon muayne metotlarını inceleyeceğiz.

3.1. FONKSİYON MUAYNESİ.

Kulak hem işitme, hemde denge fonksiyonu organı olduğu için bu iki fonksiyon ayrı ayrı incelenir ki yine bizi ilgilendiren işitme fonksiyonunun muaynesi ve bu muaynede kullanılan yöntem ve cihazlardır.

3.2. İŞİTME FONKSİYONUNUN MUAYNESİ.

Burada üç temel yöntem uygulanır.

3.2.1. İnsan sesi kullanarak.

Normal bir kulak tüm sessizlik şartlarında vasat bir fısıltı sesini 7 m.den duyar. Eğer kulak yanında bulunan fısıltı sesini dahi duyamayacak derecede sağır ise o zaman normal konuşma sesini hangi uzaklıktan duyacağı tespit edilir. Kulak bu seside duyamaz ise bağırma sesi tatbik edilir. Bu şekilde her iki kulak ayrı ayrı test edilir. İnce ve Kalın sesli kelimeler kullanılarak kabaca hastanın değişik frekansları nasıl işittiği araştırılır.

İşitme fonksiyonun insanda varoluş amacı insan seslerini duymak isede, ağızdan çıkan sesin test metaryali olarak kullanılması test kalitesi bakımından verimsizdir. Bunun sonucu "Odyometrik" metotlar gelişmiştir.

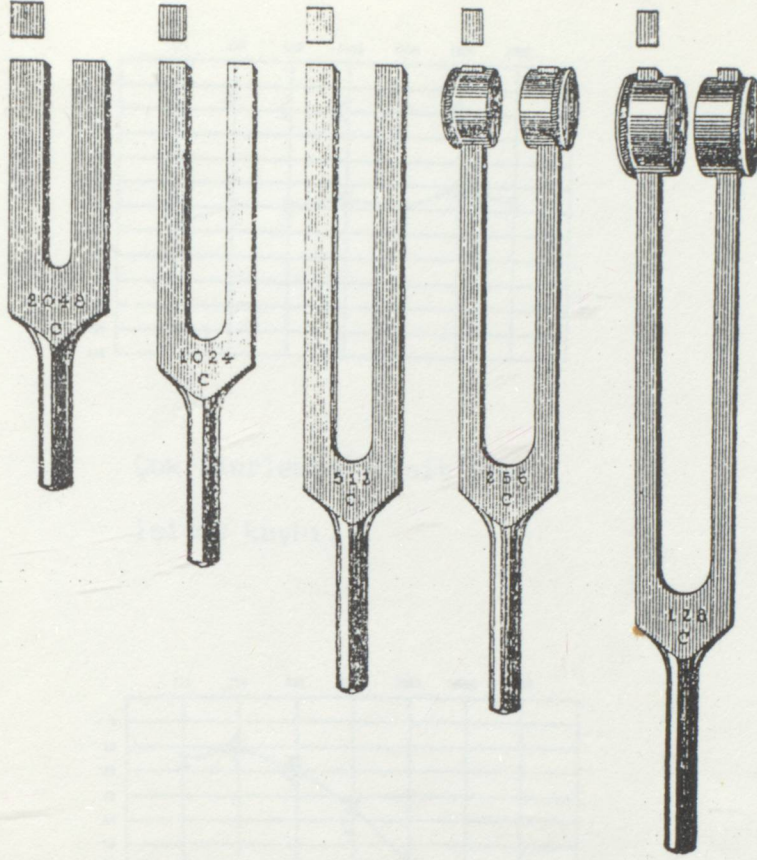
3.3.2. Diyapozan Deneyleri ile İşitmeyi Ölçme.

Diyapozanlar saniyede belirli titreşim yapan ve saf ton sesleri üreten metal cihazlar olup, klinikte en çok 256 veya 512 çift titreşim yapan diyapazonlar kullanılır (Şekil.10.)

Diyapozan yöntemi ile saf bir iletim sağırılığını saf bir algılama sağırılığından ayırmak daima mümkündür.

Kemik yoluyla işitme kabaca, algılama fonksiyonunun klinik ölçüsü olarak alınır ve bu normalse hava yoluyla işitme iletim mekanizmasının durumunu gösterir.

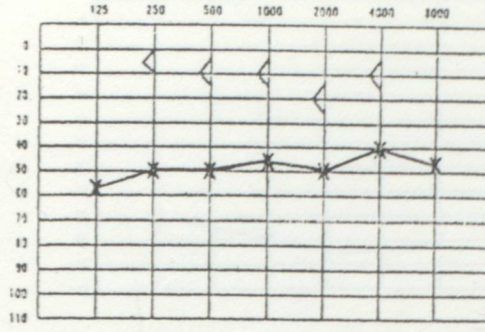
Burada Webber ve Rinne testi olmak üzere iki ayrı diyapazon testi yapılabilir.



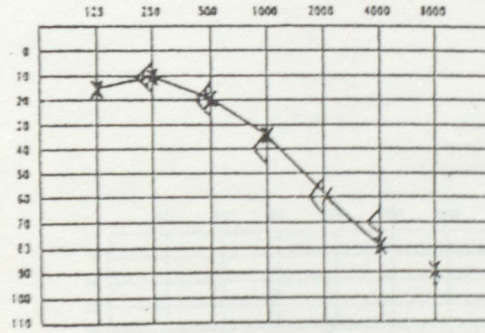
Şekil.10. Hartman seti adıyla tanınan, işitme muayneleri için uygun ve ençok kullanılan beş diyapozandan oluşan bir set.

3.2.3. Odyometrik Yöntemler.

ODYOMETRİ : İŞİTME FONKSİYONUNU AYRINTILI OLARAK ÖLÇMEYE DENİR.
KULLANILAN ALETE ODYOMETRE, ve ELDE EDİLEN GRAFİĞE ODYOGRAM DENİR.
(Şekil.12).

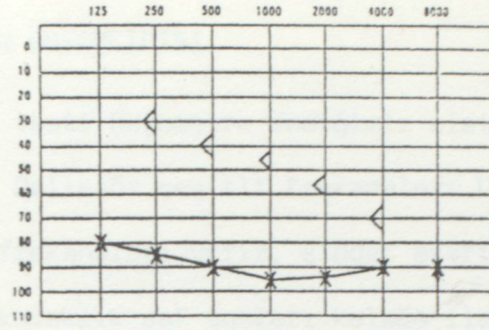


Çok ilerlemiş miksit tip
işitme kaybı.

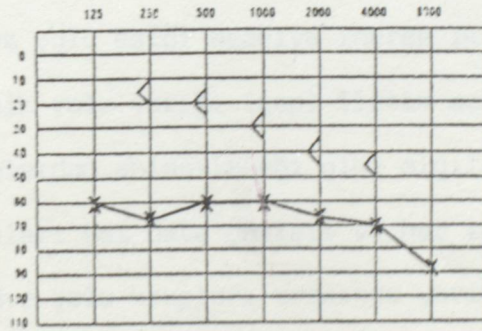


İleri yaşta hızlanmadan
meydana gelen işitme kaybı.

Şekil.11. BELİRLİ ODİOGRAM ÇEŞİTLERİ.(İŞİ ANTLAŞMASI 1964)



Yeni başlamış işitme
kaybı.



Komplikasyon yapmamış duyu
(otosekleraz) grafizi.

Şekil.11. BELİRLİ ODIÖGRAM ÇEŞİTLERİ.(ISO ANTLAŞMASI 1964)

3.2.3.1. SAF TON ODYOMETRİSİ.

Kulak duyu testi Odyometre dediğimiz aletle yapılır. Bu cihazda 4 kısım vardır. Osilatör çeşitli frekansları üretir, frekans seçicisi istenilen frekansları verir, şiddet ayarı ses şiddetini dB olarak ayarlar ve kulaklık saf tonları kulağa iletir.

Aletle frekans ve şiddet düğmelerini kullanarak hastanın teste tabi tutulan kulağına istenilen frekansı, istenilen şiddetle verip kulağın değişik frekanslı saf tonları hangi dB şiddetinde duyduğunu tespit edilir. Bu alınan değerler özel bir diyagram üzerine işlenir ve incelenir.(Şekil.11.)

Alet o şekilde kalibre edilmiştir ki normal bir kulakta kemik ve hava yolu eşikleri çakışır, her frekansta ister hava yolu ister kemik yolundan, tonlar 0 dB'de işitilebilir. Eğer kemik eşiği 0'da kaldığı halde hava yolu eşiği aşağıya inerse iki kurup arasında bir mesafe kalır. Kemik yolu yarığı (gap) iletim sağırılığına delalet eder. Bu açıklamalardan anlaşılacağı gibi algılama sağırılığında kemik ve hava yolu krupları üst üste çakışır ve her ikisi : dB'den aşağı iner. Kemik ve hava yolu krupları arasında yarıklık yoktur.

3.2.3.2. KONUŞMA ODYOMETRİSİ

Saf ton odyometresi tabii şartlardan farklı bir durumda kulağı test eder. Halbuki günlük hayatta kulağa gelen seslerin hemen hepsi komplekstir ve saf tonlar yok denecek kadar az meydana gelir. Konuşma sesleride kompleks tonlardan yapılır. Bu nedenle konuşma odyometresi daha fizyolojik bir ölçme yöntemidir. Bunun yanında konuşma odyometresinde sadece preferik (işitmenin mekanik aktiviteden elek-

triksel aktiviteye ulaştığı yer) işitme organının hassasiyeti ölçülmez, kortekse kadar bütün işitme yolları teste tabi tutulur.

Konuşma odyometresinde ya canlı insan sesi odyometreden geçirilir veya banttan odyometreye verilip kalibrasyona tabi tutulur (Şekil.12.). Her iki haldede fonetik olarak ayarlı kelimeler kullanılarak bilinen bir şiddetle hastanın söylenen kelimelerden kaçını doğru olarak anladığı tespit edilir.



Mikrofon Amplitude



Mikrofon



Pegel



Modulation



Zeit



Spektrum



Modulation



Zeit



Spektrum



Modulation



Zeit



Spektrum



17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

17

$I =$
 $W =$
 $P =$

I

W

P

I

W

P

I

W

P

I

W

P

I

W

P

I

W

P

I

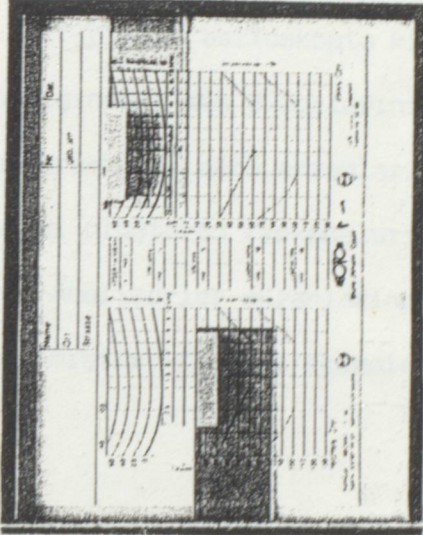
W

P

I

W

P



SEONAT 2004



SEOTON
AUDIOMETER

SEOTON SPRACH-RECORDER DR

(Şekil. 12.) KONUŞMA ODYOMETRİSİ

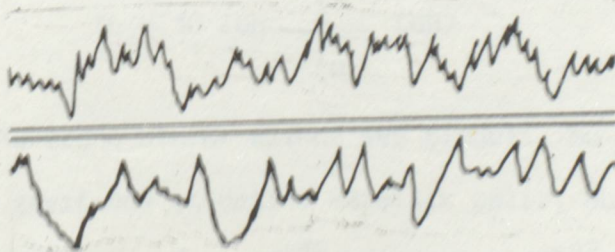
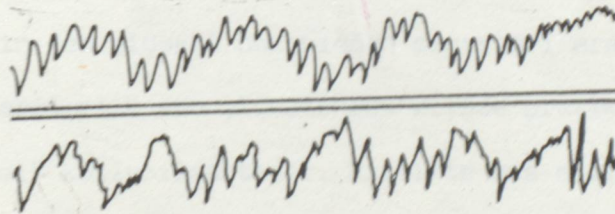
BÖLÜM.4.

SESİN ÖZELLİKLERİ.

4.1. Ses :

Su, katı, hava gibi ortamlarda insan kulağının algılayabileceği basınç değişimlerine "Ses" denir. Doğada tek bir frekansı olan sese çok ender rastlanır, Ses dalgasının zamana göre değişimi saf bir sinüs ise bu tür bir ses dalgasının bir tek frekansı vardır.

Şekilde (e,a,i,o) sesli harflerinin asiloskopta ki dalga şekilleri görülmektedir. Saf sinüs dışındaki ses dalgalarına kompleks ses dalgaları denir. Günümüzde Spektrum Analizörü ekranlarında ölçü aleti ile bir kompleks ses dalgasını oluşturan frekansların belirlenmesi oldukça kolaydır. Spektrum Analizörler ekranlarında zaman ekseninin yerine frekans eksenine almıştır, frekans eksenine frekans spektrumu denir.



4.2. SESİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ.

4.2.1. Ses Şiddeti (I)

Ses şiddeti (Ses Volümü) I; ses dalgasının ses yayılma doğrultusuna dik bir düzlem içindeki 1 cm²'lik bir yüzeye 1 s'de verdiği ses enerjisidir. Ses şiddeti birimi cm² başına Watt (cm²/Watt ve W/cm²) dir. Ses şiddeti genliği I ile gösterirsek şu bağıntıyı yazabiliriz.

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot V} \quad (\text{Watt/m}^2)$$

P : Efektif ses basıncı (N/m²)

ρ : Çevre sıcaklığındaki hava yoğunluğu (kg/m³)

V : Ses hızı (m/s)

$\rho \cdot V = 22^\circ. 1,1964 = 412,5$ sabit değerindedir. Buradan

$$I = 0,0024 P^2$$

4.2.2. Ses Şiddet Seviyesi.

Kulağın ses şiddeti bakımından sınırları arasındaki fark oldukça büyüktür, aritmetik ses şiddetinden ziyade pratikte logaritmik değerler "Desibel" kullanılmaktadır. Pratikte ses seviyesi IL (Intensity Level) simgeleriyle gösterilmektedir.

$$IL = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (\text{dB})$$

I_0 = Referans olarak alınan ses şiddeti, bu ses şiddeti işitilebilen en zayıf ses şiddetine karşılık gelir. Bu ses şiddeti 1000 Hz'deki ses şiddetidir. $I_0 = 10^{-16} \text{ Watt/cm}^2 = 10^{-12} \text{ Watt/m}^2$. Kulağın

dayanabileceği maksimum ses şiddeti 10^{-4} Watt/Cm² olup buna 120 dB'e karşılık gelir.

Birde ses basınç seviyesi (SPL) büyüklüğü vardır. Genellikle ses şiddet seviyesi ses basınç seviyesinden 0,1 dB daha küçüktür. Pratik olarak ses basınç seviyesi, ses şiddet seviyesine eşit olur.

4.2.3. Ses Basıncı (p)

Her ses dalgası, bir (p) ses basınç değeri ilede nitelendirilebilir. Bu basınç değeri atmosferik bakımdan farklı olarak uzayda ses dalgası tarafından oluşturulur. Ses basınç değeri değişkendir ve elektriksel alternatif akımda olduğu gibi bir efektif ve tepe değere sahiptir. Ses basıncı birimi "bar"dır ve cm² başına 0,001 g. lık bir basınç kuvvetine eşittir. Ses şiddeti ile ses basıncı arasında karasal bir oran vardır. Buna göre ses basıncı sırası ile iki, üç, dört kere arttırılırsa ses şiddeti dört, dokuz, onaltı kez artar.

4.2.4. Ses Basınç Seviyesi.

Ses basınç seviyesinin birimi desibeldir ve aşağıdaki ifade ile verilmektedir.

$$SBS = 20 \log \frac{P_0}{P} \quad (dB)$$

Pratikte ses basınç seviyesi (SBS) sembolü yerine SPL (Sound Pressure level) sembolü kullanılır.

P_0 : Referans olarak alınan ses basıncıdır.

İşitme ile ilgili ölçmelerde bu değer $P_0 = 0,0002$ alınmaktadır.

4.2.5. SESİN FİZİKSEL İNCELENMESİ

Bir Ses Dalgasında Basınç Değişimleri :

Bu bölümde yalnız boyuna dalgaları ve bunlarında özel olarak kulağa çarptıkları zaman ses sansasyonunu oluşturanlarını inceleyeceğiz ki daha öncede 20 ile 20.000 saniyede titreşimi olan bu dalgalara ses dalgaları denildiğini belirtmiştik.

Kulak tarafından alınan ses dalgaları kulak zarında hava zerreciklerinin belirli frekanslarda ve genlikte titreşimini meydana getirir. Hava basıncı bir hava zerresinin basit harmonik hareketindeki frekansla, atmosfer basıncının üstüne çıkıp sonra atmosfer basıncının altına düşerek basit harmonik hareket yapar. Bu basıncın atmosfer basıncı ile olan farkının maksimum değerine basınç genliği denir.

Kulağın dayanabileceği, ses dalgalarındaki basınç şiddeti 280 din/cm² dir, frekansı saniyede 1000 titreşim olan zayıf sesteki basınç değişimi $2 \cdot 10^{-4}$ din/cm² dir.

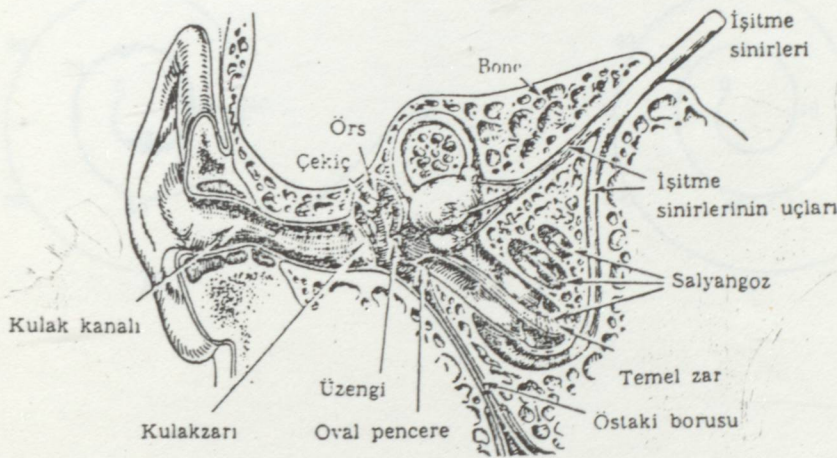
Kaynak yahut gürültünün tasviri	Gürültü seviyesi (db)
Acı duyma eşiği	120
Perçinleme	95
Tren	90
Kalabalık bir yoldaki trafik	70
Adi konuşma	65
Sessiz otomobil	50
Evde alçak sesle açılan radyo	40
Ortalama fısıltı	20
Yaprak hışırtısı	10
İşitme eşiği	0

Şekil.13. Çeşitli kaynakların gürültü seviyeleri.

4.2.6. Kulak ve İşitme.

Fiziksel olarak kulak ve işitmenin incelenebilmesi için kulak ve işitme fonksiyonunun anlaşılması gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi için kulağın akustik yapısının incelenmesi gerekir (Şekil.14.).

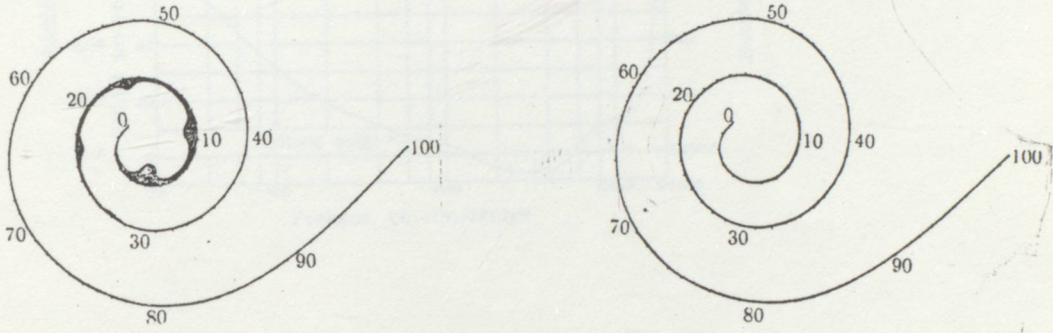
AKUSTİK OLAYLAR



Şekil.14. Sağ Kulağın Diyagramatik kesiti.

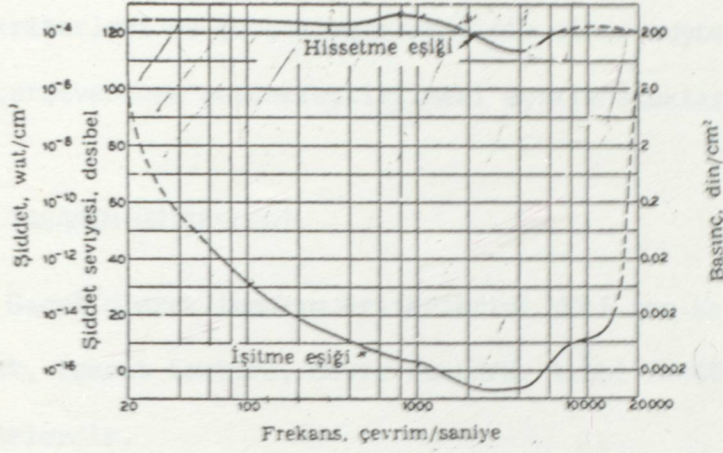
Kulak kanalından geçen ses dalgaları kulak zarına çarpar, çekiç, örs, üzengi kemiklerinin titreşimini sağlar, buradan titreşim oval pencereye çarpar, oval pencere de bunları sıvı kaplı iç kulağa iletir. Her kulakta yaklaşık 30.000 tane işitme siniri vardır.

Şekil.15'te verilen şeridin genişliği 90 dB ses şiddet seviyesinde 200 frekans tonu tarafından uyarılan sinir uçlarına karşılık gelmektedir ve bu tip diyağramlara işitme patronu denir. Alçak frekanslarda spiralın yalnızca iç kısımları uyarılır.



Şekil.15. a) Salyangozun kuramsal şekli.

b) 200 frekanslı (çevrimli) sesin tonunun 90 dB şiddet seviyesindeki işitme patronu.



Şekil.16. İşitme eşiği ile hissetme eşiği arasındaki alan.

BÖLÜM.5.

BIOMEDİKAL CİHAZ TASARIMI.

Bu bölümde bir biomedikal cihazın tasarımı için gereken tasarım kriterleri ve gerçekleştireceğimiz cihaz odyometrenin bu kriterler çerçevesinde gerçekleştirilmesi açıklanacaktır.

5.1. TASARIM KRİTERLERİ

Genel olarak tasarım kriterlerini dört ana kısımda toplarız ki bunlar, işaret faktörü, çevre faktörü, tıbbi faktörler, ekonomik faktörlerdir.

5.1.1. İşaret Faktörü :

Çeşitli genlikler, frekanslar söz konusudur, bunun sonucunda duyarlık, elemanı transduser elemanının durumu duyarlık faktörünü oluşturur.

Değer Sınırları faktörü ise çalışabilmenin minimum ve maksimum sınırlarını belirler.

Lineerlik faktörü ise çalışmanın lineerlik durumunu belirler.

Doğruluk ve güvenilirlik faktörleri ise aletin çalışma şartlarındaki hatalarının ve kararlılığının tespitini gözönüne alır.

5.1.2. Çevre Faktörü :

Çevre şartlarının cihaz üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve çevrenin cihaza etkileri bu faktörün kapsamı içindedir.

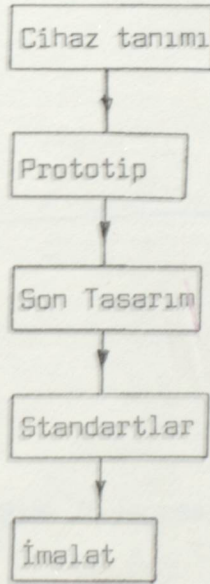
5.1.3. Tıbbi Faktörler :

Transdüser tipi ve kullanma amacı,
Radyasyon etkileri ve sıcaklık etkileri,
Hasta rahatlığı veya konforu,
genel olarak tıbbi faktörlerin içeriği dahilindedir.

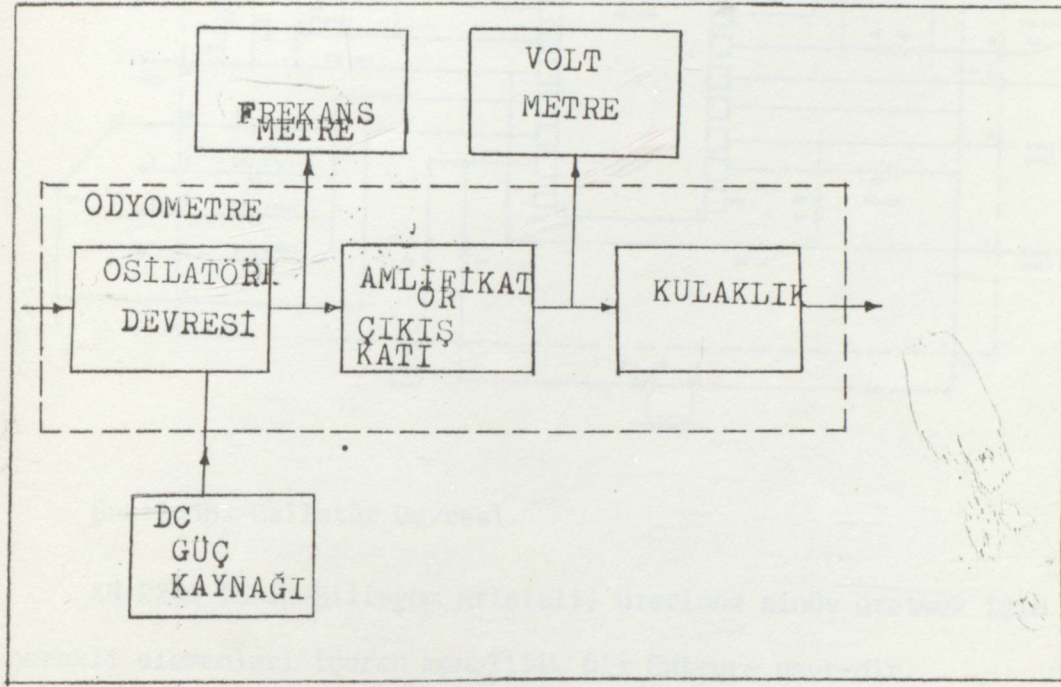
5.1.4. Ekenomik Faktörler :

Bu faktör genel olarak maliyet, rekabet, pazar gibi faktörlerdir.

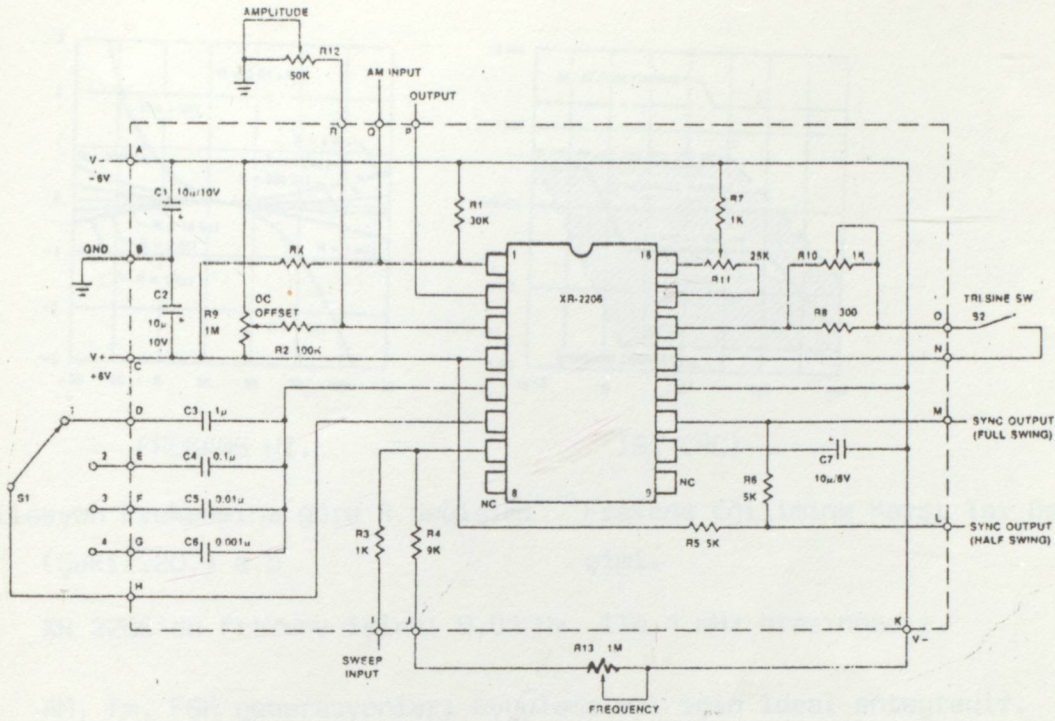
Cihaz tasarımında aşağıdaki sıra takip edilir.



5.2. CİHAZ BLOK DİYAGRAMI

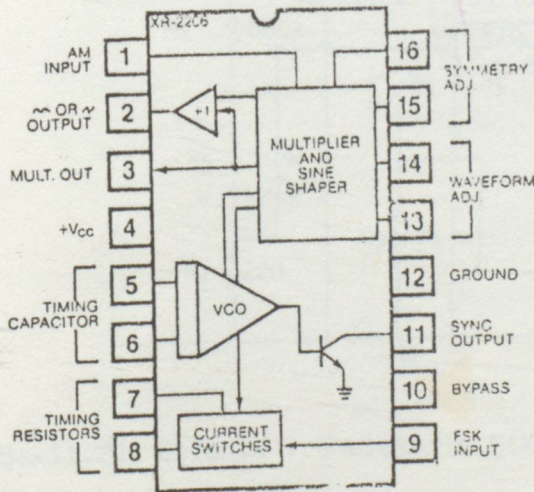


Şekil.17. Cihaz Blok Diyagramı.



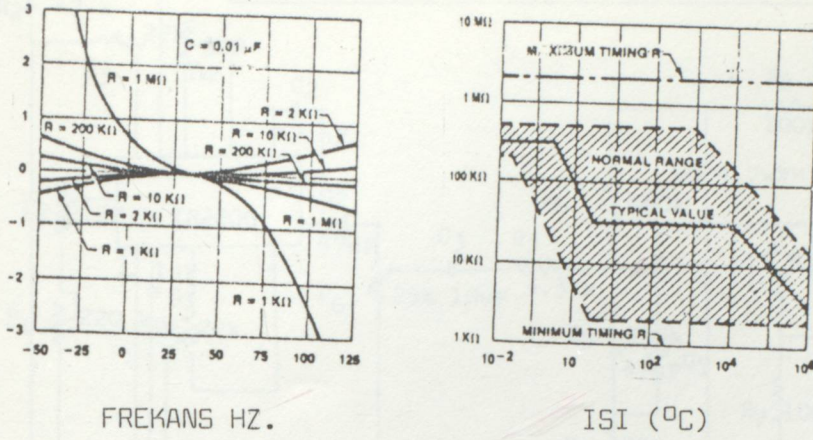
Şekil.18. Osilatör Devresi.

XR-2206 (Chip-Silisyum Kristali) üzerinde sinüs üretmek için gerekli elemanları içeren monolitik bir Entegre devredir.



Şekil.19. XR-2206 ENTEGRE BLOK DİYAGRAMI

* XR-2206'nın katalog değerleri ve özellikleri EK-1'de verilmiştir.



FREKANS HZ.

ISI (°C)

Osilasyon Frekansına göre R değişimi Frekans Eğilimine Karşı Isı Değişimi. (Şekil.20.) a,b

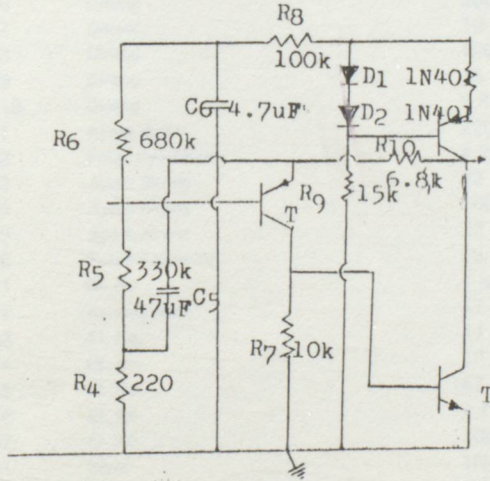
XR 2206'da frekans işlemi 0,01 Hz. ile 1 mHz arasındadır.

AM, fm, FSK generasyonları uygulamaları için ideal entegredir.

P3 : Sinüs fonksiyonunun çıkış katı genliğini

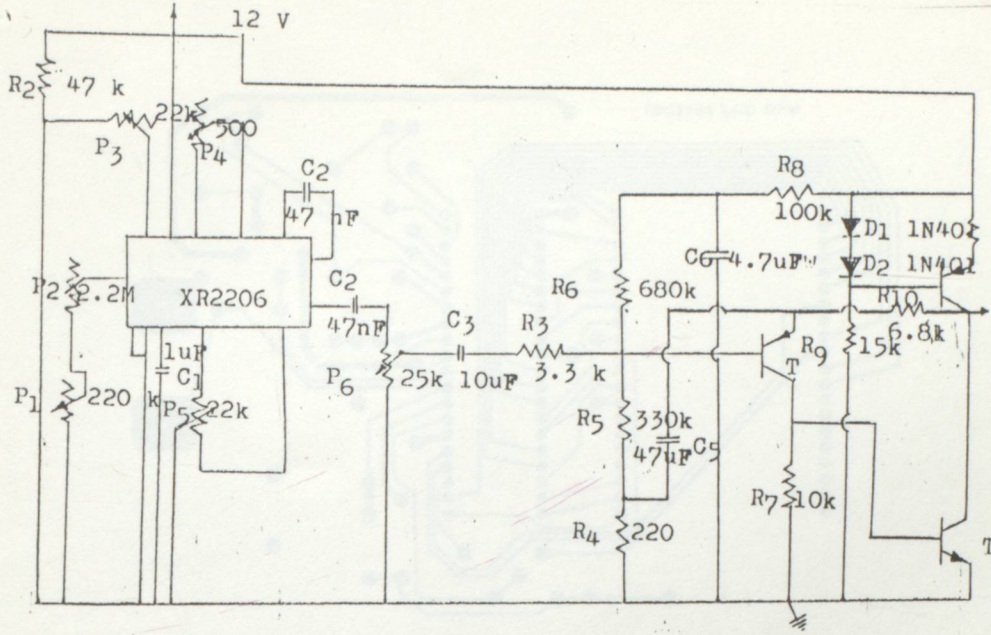
P4 ; P5 : Sinüs işaretinin distorsiyonunu ayarlar.

P 6 : Kulak çıkışı ses işaretinin seviyesini ayarlar.



Şekil.21. Eşlenik Transistorlu Çıkış Katı.

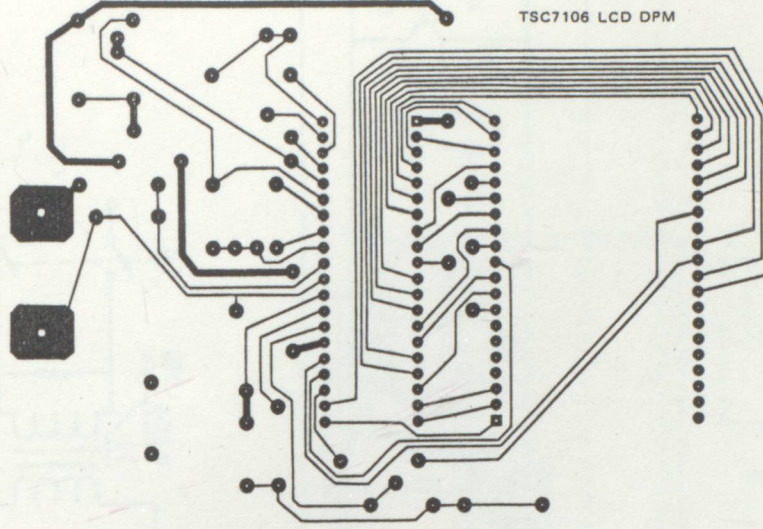
Burada kullanılan bütün kondansatörler elektrolitiktir.



İşitme test devresi (ODYOMETRE)

R1	Direnç	47 kΩ
R2	Direnç	47 kΩ
R3	Direnç	3,3 kΩ
R4	Direnç	220 Ω
R5	Direnç	330 kΩ
R6	Direnç	680 kΩ
R7	Direnç	10 kΩ
R8	Direnç	100 kΩ
R9	Direnç	15 kΩ
R10	Direnç	6,8 kΩ
P1	Ayarlı direnç	220 kΩ lin.
P2	Potansiyometre	2,2 MΩ lin.
P3	Ayarlı direnç	22 kΩ lin.
P4	Ayarlı direnç	500 Ω lin.
P5	Ayarlı direnç	22 kΩ lin.
P6	Potansiyometre	25 kΩ lin.
C1	El. Ko.	1 µF/16 V
C2	Kondansatör	47 nF
C3	El. Ko.	47 µF/16 V
C4	El. Ko.	10 µF/16 V
C5	El. Ko.	47 µF/16 V
C6	El. Ko.	4,7 µF/16 V
C7	El. Ko.	100 µF/16 V
D1	Diyot	1N4148
D2	Diyot	1N4148
T1	Tranzistor	BC 177
T2	Tranzistor	BC 177
T3	Tranzistor	BC 107
Fonksiyon üretici		

Odyometrenin kullanılan devre elemanları



Voltmetrenin baskılı devresi.

Voltmetre ile ilgili katalog bilgi EK-2'de verilmiştir.

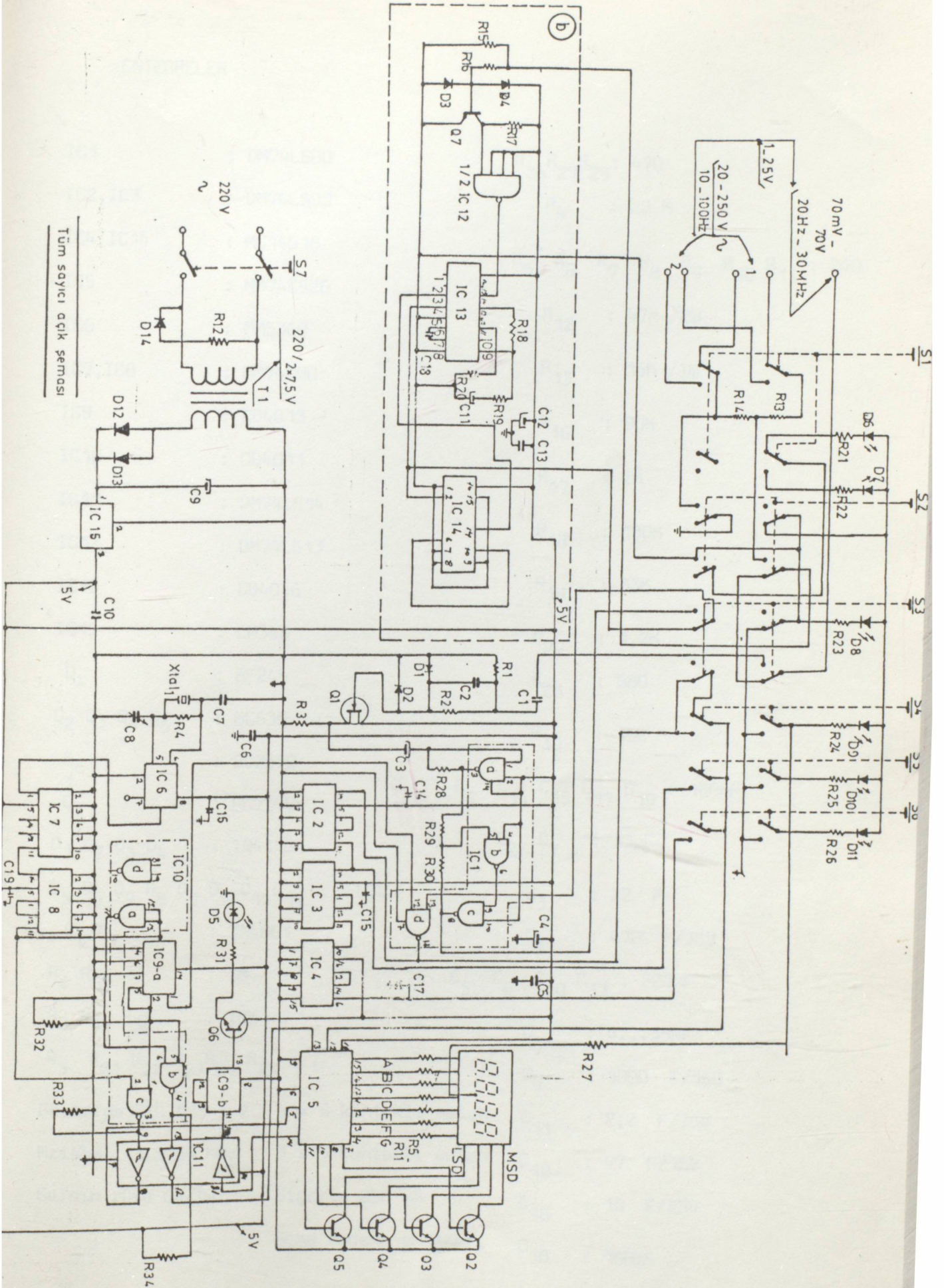
ACTUAL SIZE NOT SHOWN

LEGEND:

C1 0.1 Mf	R1 24 K 1/4 W 5%
C2 0.47 Mf	R2 47 K 1/4 W 5%
C3 0.22 Mf	R3 100 K 1/4 W 5%
C4 100 pf	R4 1 K POT
C5 0.01 Mf	R5 1 M 1/4 W 5%

Voltmetrede kullanılan devre elemanlarının listesi.

EK-2 : Voltmetre için kullanılan kalok değerleri verildi.



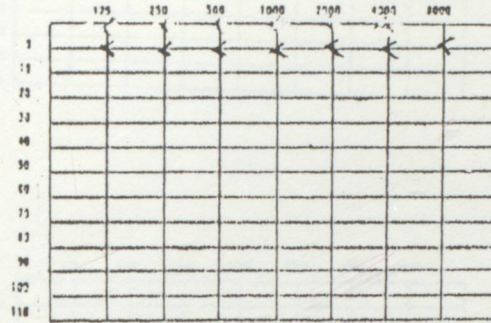
Tüm sayıcı açık şeması

ENTE GRELER

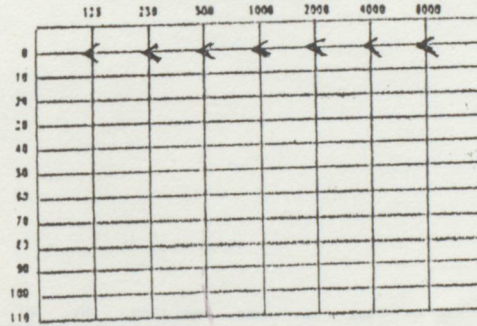
IC1	: DM74LS00	$R_{26} R_{27} R_{29}$	: 470
IC2, IC3	: DM74LS90	R_4	: 22 M
IC4, IC14	: MC14518	$R_5 R_6 R_7 R_8 R_9 R_{10} R_{11}$	: 270
IC5	: MM74C926	R_{12}	: 47K /2W
IC6	: MM5369	R_{13}	: 15K /1W
IC7, IC8	: MM74C90	R_{16}	: 90K
IC9	: CD4013	R_{17}	: 1K
IC10	: CD4011	R_{18}	: 150K
IC11	: DM74LS14	R_{19}	: 33K
IC12	: DM74LS13	R_{20}	: 1,2K
IC13	: CD4046	R_{28}	: 680
IC15	: LM340	R_{30}	: 15K
Q_1	: BF245	$C_1 C_{14} C_{15} C_{17} C_{19}$	: 100nF
$Q_2 Q_3 Q_4 Q_5$	: BC635	$C_2 C_7$	: 33pF
Q_6	: BC237B	C_3	: 22 F
Q_7	: BC239C	C_4	: 470 F/35V
$D_1 D_2 D_3 D_4$	: IN4148	$C_5 C_6 C_{10} C_{13}$	: 220nF
$D_5 D_6 D_7 D_8 D_9 D_{10} D_{11} D_{14}$	: LED	C_8	: 4...35nF
$D_{12} D_{13}$	: IN4001	C_9	: 1000 F/160
$R_1 R_{15}$	: IM	C_{11}	: 2,2 F/35V
$R_2 R_{14} R_{34}$	: 10K	C_{12}	: 47 F/16V
$R_3 R_{21} R_{22} R_{23} R_{24} R_{25}$	: ?	C_{16}	: 10 F/25V
Gösterge TIL 815 x 2	1 x 6 kontaklı swich	C_{18}	: 180pF
Kristal 3,5785 MHz	3 x 3 kontaklı swich	Trofo	: 220/2x7,5 V
Selsin rüle 6V/1W	Sigorta 250 mA		
	Açma kapama anahtarı		

BÖLÜM.6.

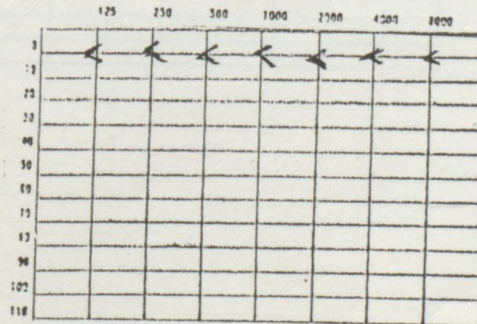
Odyometre ile yapılan ölçümler ve sonuçları;



1. Ölçüm



2. Ölçüm



3. Ölçüm

	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							
110							

4. Ölçüm

	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							
110							

5. Ölçüm

	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							
110							

6. Ölçüm

Monolithic Function Generator

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01 Hz to more than 1 MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20 ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range, with an external control voltage, having a very small affect on distortion.

FEATURES

Low-Sine Wave Distortion	0.5%, Typical
Excellent Temperature Stability	20 ppm/°C, Typical
Wide Sweep Range	2000:1, Typical
Low-Supply Sensitivity	0.01% V, Typical
Linear Amplitude Modulation	
TTL Compatible FSK Controls	
Wide Supply Range	10V to 26V
Adjustable Duty Cycle	1% to 99%

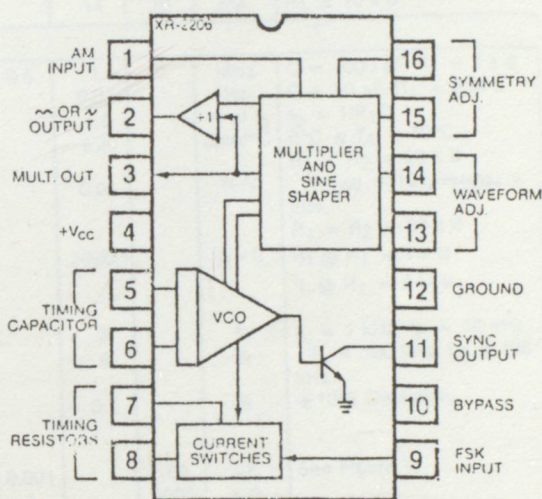
APPLICATIONS

Waveform Generation
Sweep Generation
AM/FM Generation
V/F Conversion
FSK Generation
Phase-Locked Loops (VCO)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V
Power Dissipation	750 mW
Derate Above 25°C	5 mW/°C
Total Timing Current	6 mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-2206M	Ceramic	-55°C to +125°C
XR-2206N	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206P	Plastic	0°C to +70°C
XR-2206CN	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206CP	Plastic	0°C to +70°C

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO actually produces an output frequency proportional to an input current, which is produced by a resistor from the timing terminals to ground. The current switches route one of the timing pins current to the VCO controlled by an FSK input pin, to produce an output frequency. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK Generation Applications.

XR-2206

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 1, $V^+ = 12V$, $T_A = 25^\circ$, $C = 0.01 \mu F$, $R_1 = 100 k\Omega$, $R_2 = 10 k\Omega$, $R_3 = 25 k\Omega$ unless otherwise specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

PARAMETERS	XR-2206M			XR-2206C			UNITS	CONDITIONS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
GENERAL CHARACTERISTICS								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	$R_1 \geq 10\text{ k}\Omega$
Split-Supply Voltage	± 5		± 13	± 5		± 13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	
OSCILLATOR SECTION								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000\text{ pF}$, $R_1 = 1\text{ k}\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50\text{ }\mu\text{F}$, $R_1 = 2\text{ M}\Omega$
Frequency Accuracy		± 1	± 4		± 2		% of f_0	$f_0 = 1/R_1 C$
Temperature Stability		± 10	± 50		± 20		ppm/ $^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$, $R_1 = R_2 = 20\text{ k}\Omega$
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	$V_{\text{LOW}} = 10\text{V}$, $V_{\text{HIGH}} = 20\text{V}$, $R_1 = R_2 = 20\text{ k}\Omega$
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	$f_H @ R_1 = 1\text{ k}\Omega$ $f_L @ R_1 = 2\text{ M}\Omega$
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	$f_L = 1\text{ kHz}$, $f_H = 10\text{ kHz}$
1000:1 Sweep		8			8		%	$f_L = 100\text{ kHz}$, $f_H = 100\text{ kHz}$
FM Distortion		0.1			0.1		%	$\pm 10\%$ Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	μF	See Figure 4.
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	k Ω	
Triangle Sine Wave Output								See Note 1, Figure 2.
Triangle Amplitude		160			160		mV/k Ω	Figure 1, S_1 Open
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/k Ω	Figure 1, S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		V p-p	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Amplitude Stability		4800			4800		ppm/ $^\circ\text{C}$	See Note 2.
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	$R_1 = 30\text{ k}\Omega$
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See Figures 6 and 7.
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		k Ω	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		V p-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		nsec	$C_L = 10\text{ pF}$
Fall Time		50			50		nsec	$C_L = 10\text{ pF}$
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	$I_L = 2\text{ mA}$
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	μA	$V_{11} = 26\text{V}$
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Note 1: Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See Figure 2.

Note 2: For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

XR-2206

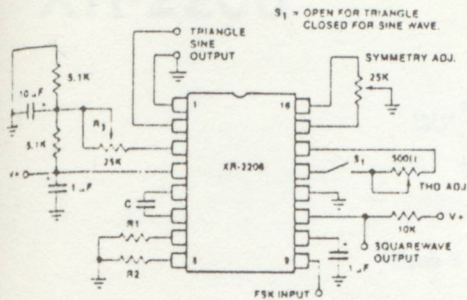


Figure 1. Basic Test Circuit.

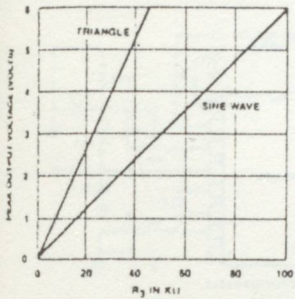


Figure 2. Output Amplitude as a Function of the Resistor, R_3 , at Pin 3.

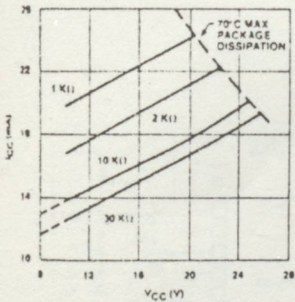


Figure 3. Supply Current versus Supply Voltage, Timing, R .

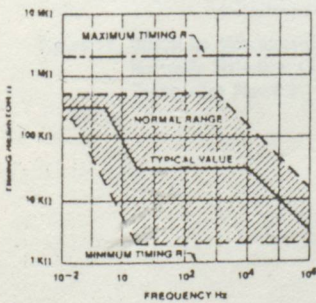


Figure 4. R versus Oscillation Frequency.

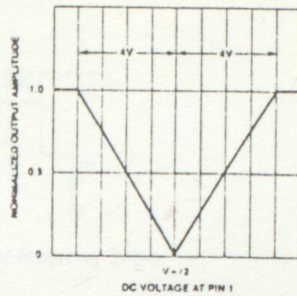


Figure 5. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1).

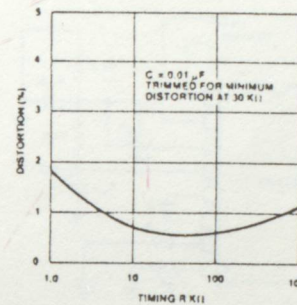


Figure 6. Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

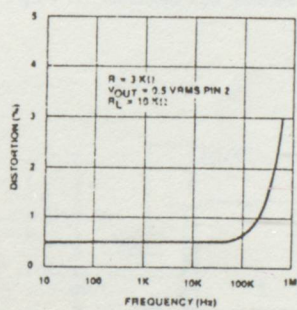


Figure 7. Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with Timing Capacitors Varied.

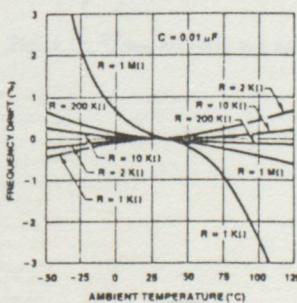


Figure 8. Frequency Drift versus Temperature.

XR-2206

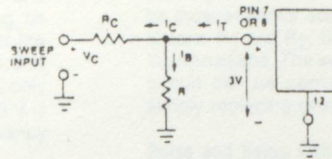


Figure 9. Circuit Connection for Frequency Sweep.

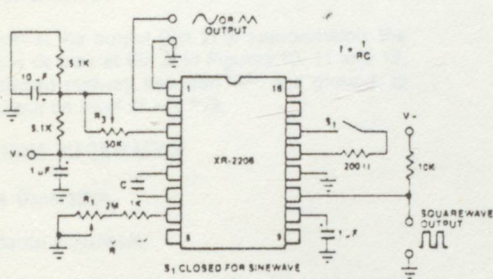


Figure 10. Circuit for Sine Wave Generation without External Adjustment. (See Figure 2 for Choice of R_3 .)

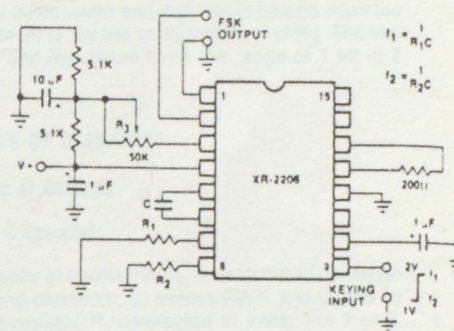


Figure 12. Sinusoidal FSK Generator.

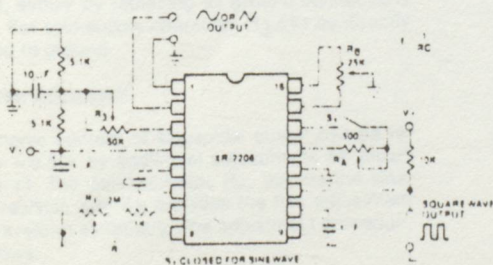


Figure 11. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. (R_3 Determines Output Swing—See Figure 2.)

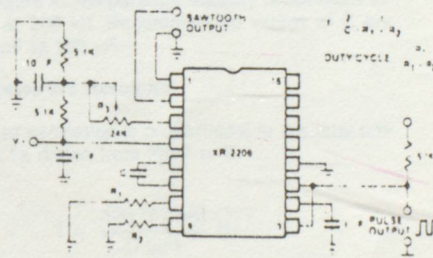


Figure 13. Circuit for Pulse and Ramp Generation.

XR-2206

Frequency-Shift Keying:

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors, R_1 and R_2 , connected to the timing Pin 7 and 8, respectively, as shown in Figure 12. Depending on the polarity of the logic signal at Pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If Pin 9 is open-circuited or connected to a bias voltage $\geq 2V$, only R_1 is activated. Similarly, if the voltage level at Pin 9 is $\leq 1V$, only R_2 is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels, f_1 and f_2 , as:

$$f_1 = 1/R_1C \text{ and } f_2 = 1/R_2C$$

For split-supply operation, the keying voltage at Pin 9 is referenced to V^- .

Output DC Level Control:

The dc level at the output (Pin 2) is approximately the same as the dc bias at Pin 3. In Figures 10, 11 and 12, Pin 3 is biased midway between V^+ and ground, to give an output dc level of $\approx V^+/2$.

APPLICATIONS INFORMATION

Sine Wave Generation

Without External Adjustment:

Figure 10 shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer, R_1 at Pin 7, provides the desired frequency tuning. The maximum output swing is greater than $V^+/2$, and the typical distortion (THD) is $< 2.5\%$. If lower sine wave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

The circuit of Figure 10 can be converted to split-supply operation, simply by replacing all ground connections with V^- . For split-supply operation, R_3 can be directly connected to ground.

With External Adjustment:

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to $\approx 0.5\%$ by additional adjustments as shown in Figure 11. The potentiometer, R_A , adjusts the sine-shaping resistor, and R_B provides the fine adjustment for the waveform symmetry. The adjustment procedure is as follows:

1. Set R_B at midpoint, and adjust R_A for minimum distortion.
2. With R_A set as above, adjust R_B to further reduce distortion.

Triangle Wave Generation

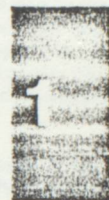
The circuits of Figures 10 and 11 can be converted to triangle wave generation, by simply open-circuiting Pin 13 and 14 (i.e., S_1 open). Amplitude of the triangle is approximately twice the sine wave output.

FSK Generation

Figure 12 shows the circuit connection for sinusoidal FSK signal operation. Mark and space frequencies can be independently adjusted, by the choice of timing resistors, R_1 and R_2 ; the output is phase-continuous during transitions. The keying signal is applied to Pin 9. The circuit can be converted to split-supply operation by simply replacing ground with V^- .

Pulse and Ramp Generation

Figure 13 shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (Pin 9) is shorted to the square-wave output (Pin 11), and the circuit automatically frequency-shifts itself between two separate frequencies during the positive-going and negative-going output waveforms. The pulse width and duty cycle can be adjusted from 1% to 99%, by the choice of R_1 and R_2 . The values of R_1 and R_2 should be in the range of 1 k Ω to 2 M Ω .



PRINCIPLES OF OPERATION

Description of Controls

Frequency of Operation:

The frequency of oscillation, f_o , is determined by the external timing capacitor, C , across Pin 5 and 6, and by the timing resistor, R , connected to either Pin 7 or 8. The frequency is given as:

$$f_o = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

and can be adjusted by varying either R or C . The recommended values of R , for a given frequency range, as shown in Figure 4. Temperature stability is optimum for 4 k $\Omega < R < 200$ k Ω . Recommended values of C are from 1000 pF to 100 μ F.

Frequency Sweep and Modulation:

Frequency of oscillation is proportional to the total timing current, I_T , drawn from Pin 7 or 8:

$$f = \frac{320 I_T (\text{mA})}{C (\mu\text{F})} \text{ Hz}$$

Timing terminals (Pin 7 or 8) are low-impedance points, and are internally biased at +3V, with respect to Pin 12. Frequency varies linearly with I_T , over a wide range of current values, from 1 μ A to 3 mA. The frequency can be controlled by applying a control voltage, V_C , to the activated timing pin as shown in Figure 9. The frequency of oscillation is related to V_C as:

$$f = \frac{1}{RC} \left(1 + \frac{R}{RC} \left(1 - \frac{V_C}{3} \right) \right) \text{ Hz}$$

XR-2206

where V_C is in volts. The voltage-to-frequency conversion gain, K , is given as:

$$K = \partial f / \partial V_C = - \frac{0.32}{R_C C} \text{ Hz/V}$$

CAUTION: For safety operation of the circuit, I_T should be limited to $\leq 3 \text{ mA}$.

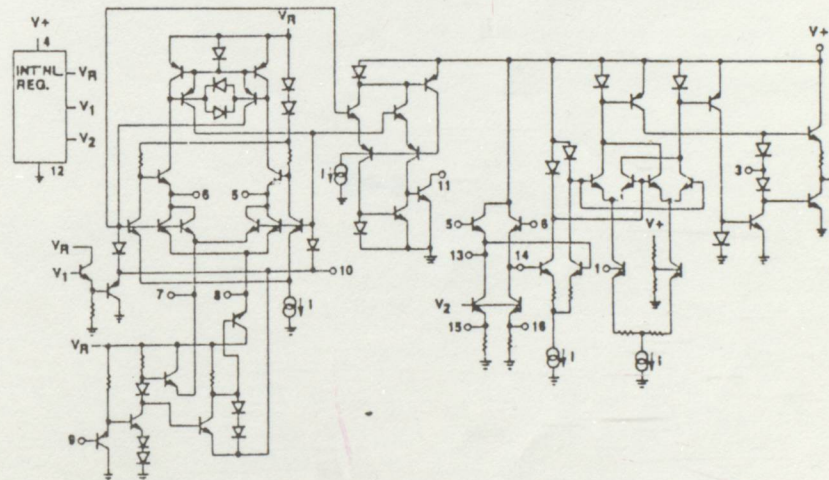
Output Amplitude:

Maximum output amplitude is inversely proportional to the external resistor, R_3 , connected to Pin 3 (see Figure 2). For sine wave output, amplitude is approximately 60 mV peak per $k\Omega$ of R_3 ; for triangle, the peak amplitude is approximately 160 mV peak per $k\Omega$ of R_3 . Thus, for example, $R_3 = 50 \text{ k}\Omega$ would produce approximately $\pm 3 \text{ V}$ sinusoidal output amplitude.

Amplitude Modulation:

Output amplitude can be modulated by applying a dc bias and a modulating signal to Pin 1. The internal impedance at Pin 1 is approximately $100 \text{ k}\Omega$. Output amplitude varies linearly with the applied voltage at Pin 1, for values of dc bias at this pin, within $\pm 4 \text{ volts}$ of $V^+/2$ as shown in Figure 5. As this bias level approaches $V^+/2$, the phase of the output signal is reversed, and the amplitude goes through zero. This property is suitable for phase-shift keying and suppressed-carrier AM generation. Total dynamic range of amplitude modulation is approximately 55 dB.

CAUTION: AM control must be used in conjunction with a well-regulated supply, since the output amplitude now becomes a function of V^+ .



EQUIVALENT SCHEMATIC DIAGRAM

Instructions for the LCD and LED Kits

Two kits are offered; the TSC7106 EV/Kit and the TSC7107 EV/Kit. Each kit contains the appropriate IC, a circuit board, a display (LCD/TSC7106, LED/TSC7107), passive components and miscellaneous hardware.

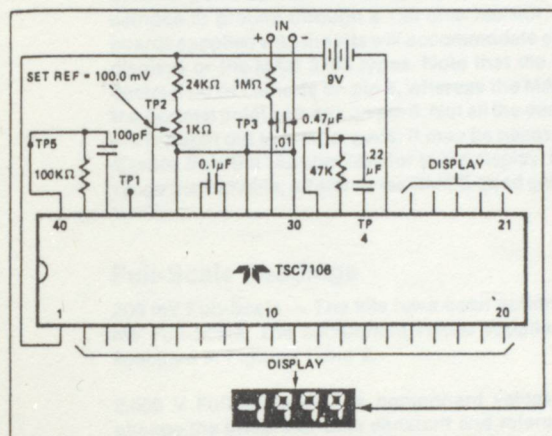


Figure 1: TSC7106 with Liquid Crystal Display

The TSC7106 and TSC7107 contain all the active circuitry for a 3-1/2 digit panel meter on a single chip. The TSC7106 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD), while the TSC7107 is intended for the light-emitting diode (LED) display. Both circuits contain BCD to seven segment decoders, display drivers, a clock and a reference. To build a high-performance panel meter, (with auto-zero and auto polarity features) it is only necessary to add a display, four resistors, four capacitors, and an input filter if required.

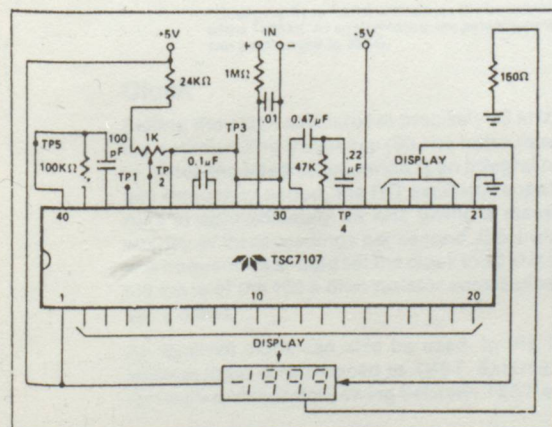


Figure 2: TSC7107 with LED Display

Assembly

The circuit board layouts and assembly drawings are shown in Figure 17 (TSC7106) and Figure 18 (TSC7107). Pin strips are used to provide a low-cost socket. One IC board can thus be used to evaluate several IC's. Solder terminals are provided for the first five test points and for the ± 5 V input on the TSC7107 kit. A provision has been made for separating REF LO from COMMON when using an external reference zener. Provision has also been made for connecting an external clock. A value of 150 ohms is used for decimal point (TSC7107 EV/Kit).

Liquid Crystal Display (TSC7106)

The TSC7106 generates the symmetrical square wave to the back plane (B.P.) internally. The user should generate the decimal point from the plane drive by inverting the B.P. (pin 21) output.

In some displays, a satisfactory decimal point can be achieved by tying the decimal plane to COMMON (pin 32). This pin is internally regulated at about 2.8 volts below V^+ . Prolonged use of this technique, however, may permanently burn-in the decimal, because COMMON is not exactly midway between B.P. high and B.P. low. In applications where the decimal point remains fixed, a simple MOS inverter can be used (Figure 3). For instruments where the decimal point

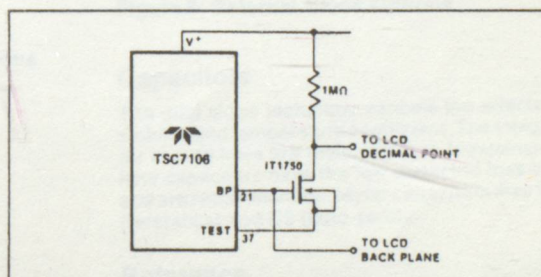


Figure 3: Simple Inverter for Fixed Decimal Point

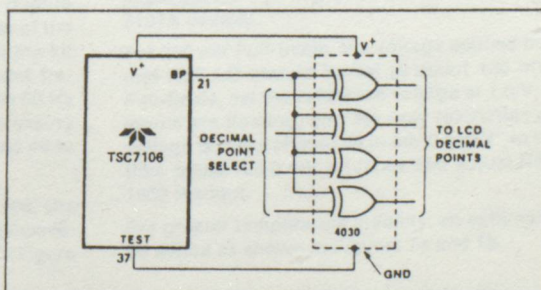


Figure 4: Exclusive 'OR' Gate for Decimal Point Drive

Application Note 11

TSC7106/7107 Digital Meter Applications Including Kit Assembly Instructions

must be shifted, a quad exclusive OR gate is recommended (Figure 4). Note that in both instances, TEST (pin 37, TP1) is used as V^- for the inverters. This pin is capable of sinking about 1 mA and is approximately 5 volts below V^+ . The B.P. output (pin 21) oscillates between V^+ and TEST.

Light Emitting Diode Display (TSC7107)

The TSC7107 will sink 8 mA per segment. This drive produces a bright display suitable for most applications. A fixed decimal point can be turned on by tying the appropriate cathode to ground through a 150 ohm resistor. The circuit boards supplied with the kits will accommodate either HP 0.3 displays or the MAN 3700 types. Note that the HP has the decimal point cathode on pin 6, whereas the MAN 3700 has the decimal point cathode on pin 9. Not all the decimal points are brought out to jumper pads. It may be necessary to wire directly from the 150 ohm resistor to the display. For multiple range instruments, a 7400 series CMOS quad gate should be used.

Full-Scale Readings

200 mV Full-Scale — The kits have been optimized for 200 mV Full-Scale. The component values supplied are those specified in Figures 1 and 2.

2,000 V Full-Scale — The component values in Table 1 change the integrator time constant and reference and the auto-zero capacitor time constant. These extra components are not supplied in the kits. In addition, the decimal point jumper should be changed so that the display reads 1.999.

Table 1: Component Values for Full Scale Options

Component (Type)	200.0 mV Full Scale	2,000 V Full Scale
C ₂ (mylar)	0.47 μ F	.047 μ F
R ₁	24K Ω	1.5K Ω *
R ₂	47K Ω	470K Ω

* Changing R₁ to 1.5K Ω will reduce the battery life of the 7106 kit. As an alternative, the potentiometer can be changed to 25K Ω .

Clock

Setting the clock oscillator at precisely 48 kHz will result in the optimum line frequency (60 Hz) noise rejection (Figure 5). Since the integration period is an integral number of the line frequency period, the RC oscillator supplied in the kit runs at approximately 48 kHz giving a measurement frequency of three readings per second. Countries with 50 Hz line frequencies should set the clock to 40 kHz by increasing the value of the 100 k ohm resistor across pins 39 and 40 to 120 k ohms.

An external clock can also be used. In the TSC7106, the internal logic is referenced to TEST. External clock waveforms should therefore swing between TEST and V^+ (Figure

6A). In the TSC7107, the internal logic is referenced to GND so any generator whose output swings from ground to +5 V will work well, (Figure 6b).

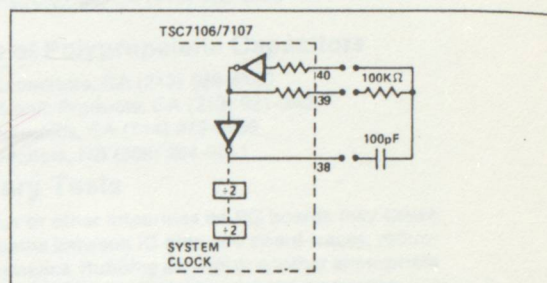


Figure 5: TSC7106/7107 Internal Oscillator/Clock

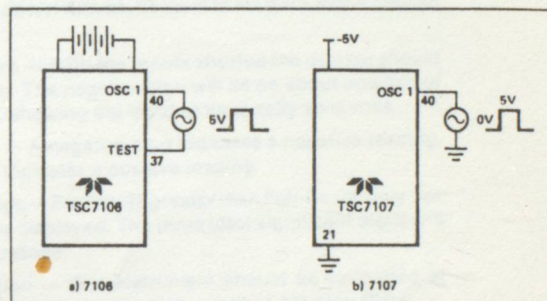


Figure 6: External Clock Options

Capacitors

The dual slope technique cancels the effects of long term stability and temperature coefficient. The integration capacitor should have low dielectric loss. Inexpensive polypropylene capacitors have the low dielectric loss characteristics and are recommended. Mylar capacitors may be used for C₁ (reference) and C₂ (auto-zero).

Reference

The voltage between V^+ and COMMON is internally regulated at about 2.8 volts. This reference is adequate for many applications. For improved performance use TSC7106A/7107A devices.

For 200 mV Full-Scale, the voltage applied between REF HI and REF LO should be set at about 100 mV. For 2,000 V Full-Scale, set the reference voltage at 1.0 V. The reference inputs are floating, and the only restriction on the applied voltage is that it should lie in the range V^- to V^+ . For calibration, place 190.0 mV on input and adjust REF pot (R₄) for 1900 readout.

For greater temperature stability, an external reference can be added as shown in Figures 7a and 7b.

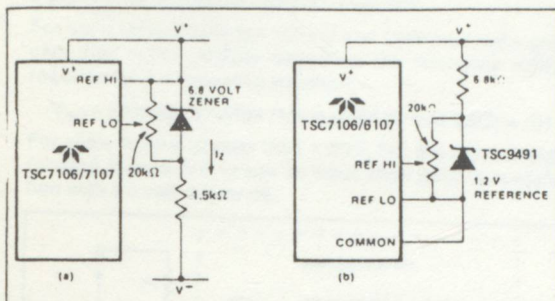


Figure 7: Using an External Reference

Power Supplies

The TSC7106 kit is intended to be operated from a 9 V battery. INPUT LO is shorted to COMMON, causing V^+ to sit at 2.8 volts positive with respect to INPUT LO, and V^- at 6.2 volts negative with respect to INPUT LO.

The TSC7107 kit should be operated from ± 5 volts. Noisy supplies should be bypassed with $6.8 \mu\text{F}$ tantalum capacitors to ground at the point where the supplies enter the board.

If a -5 volt supply is unavailable, a suitable negative rail can be generated locally using the circuit shown in Figure 8.

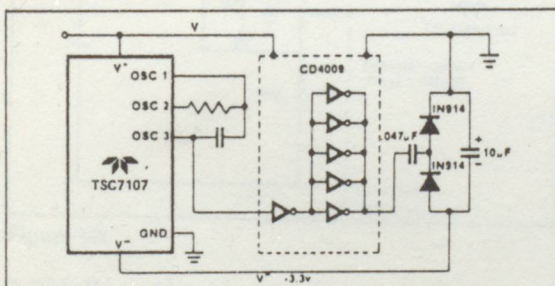


Figure 8: Generating Negative Supply from +5 V

Input Filters

With the leakage current in the order of 1 pA at 25°C, high impedance passive filters may be used. The RC filter used in the evaluation kits (1 megohm — $0.01 \mu\text{F}$) introduces a negligible 1 μV error.

Sources of Supply

The following list of suppliers is intended to help with the development of production meters. It should not be interpreted as a comprehensive list of suppliers, nor does it constitute an endorsement by Teledyne Semiconductor:

Suppliers of LCD's

1. Hamlin Inc., WI (414) 648-2361
2. Crystalloid Electronics, OH (216) 686-1180
3. Printed Circuits Integrated, CA (408) 733-4603
4. IEE Inc., CA (213) 787-0311

Suppliers of LED's

1. AND, CA (415) 347-9916
2. Litronix Inc., CA (408) 257-7910
3. Hewlett-Packard, CA (415) 493-1212
4. General Instruments, CA (415) 493-0400

Suppliers of Polypropylene Capacitors

1. Plessey Capacitors, CA (213) 889-4120
2. IMB Electronic Products, CA (213) 921-3407
3. Elcap Electronics, CA (714) 979-4400
4. TRW Capacitors, NB (308) 284-3611

Preliminary Tests

1. Solder flux or other impurities on PC boards may cause leakage paths between IC pins and board traces, reducing performance. Rubbing alcohol or another appropriate cleaning agent should be used to remove impurities.
2. In order to insure that unused segments on the LCD displays do not turn on, tie them to the Back Plane pin (pin 22).
3. Auto-Zero — With the inputs shorted the display should read zero. The negative sign will be on about one half of the time, showing the input to be exactly zero volts.
4. Polarity — A negative sign indicates a negative reading. No sign indicates a positive reading.
5. Overrange — For inputs greater than Full-Scale, only 1 or -1 will be displayed. The three least significant digits will be suppressed.
6. Calibration — The instrument should be calibrated at 1900 counts by using a high-quality 4 1/2 digit DVM.

Applications

Input Attenuator

There are times it is desirable to have full scale readings other than 199.9 mV or 1.999 V. To measure voltages greater than 2V, an input attenuator is needed as shown in Figure 9.

The Full-Scale sensitivity is given by:

$$V_{IN} \text{ (Full-Scale)} = 1.999 V_{REF} \times \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

It is important that R_1 and R_2 remain fixed for the calibration period of the instrument. Metal film resistors with good long-term drift characteristics, and low temperature coefficients are recommended.

The input attenuator reduces the input resistance of the circuit from $>10^{12}$ ohms to $(R_1 + R_2)$. This places an upper limit of about 10 megohms on the input resistance that can readily be achieved when using an attenuator before the A/D input current causes offset errors.

To measure Full-Scale voltage less than 199.9 mV, an operational amplifier is used prior to the TSC7106/7 inputs. Note that the auto-zero circuitry within the IC can not take care of the op amp offset or voltage drift. For this reason the use of a low power low offset Op Amp such as the TSC900 is recommended.

Application Note 11

TSC7106/7107 Digital Meter Applications Including Kit Assembly Instructions

Figure 10 shows a circuit with ± 20 mV Full-Scale and an input resistance greater than 10 megohms.

For scale factors between 100 mV and 1 mV per least significant digit (LSD), simply determine the reference voltage required for the following equation:

$$V_{REF} = (\text{Voltage Change represented by one LSD}) \times 10^3$$

For scale factors greater than 1 mV/LSD, the most straightforward approach is to use an input attenuator in conjunction with a 1 volt reference.

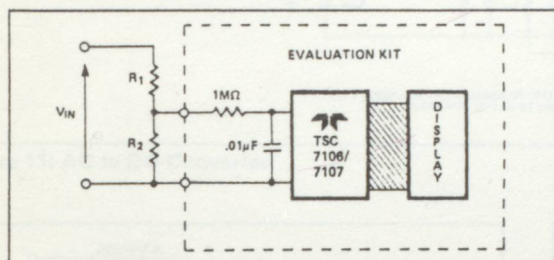


Figure 9: Input Attenuator for $V_{IN} \geq 2.0$ V

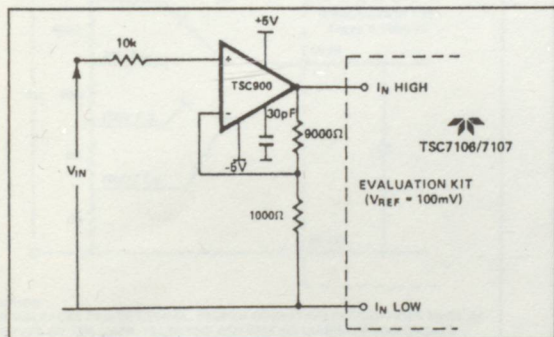


Figure 10:

AC Voltage Measurements

It is necessary to build an AC to DC converter to measure AC voltages with the TSC7106/7. Figure 11 shows a circuit used extensively in commercial 3 1/2 digit DVM's. The circuit responds to the average value of the sinusoidal waveform and assumes low distortion. It has 10 megohms input impedance, 20 Hz to 5 kHz bandwidth, and is AC coupled to the kit introducing no DC errors.

Multi-Range DVM's

Two schemes commonly used are shown in Figures 12a and 12b. The circuit of Figure 12a has the advantage that any switch contact resistance appears in series with the TSC7106/7 input resistance. Since the input resistance is $>10^{12}$ ohms, errors due to the switch are negligible. Precision voltage attenuators (R_1 through R_5) are available from a number of manufacturers. Allen Bradley, for example, makes a thin film network which contains 1 k, 9 k, 90 k, 900 k and 9 M

resistors in one package (FN207) — ideal for a five range voltmeter. However, it is less expensive to use medium precision resistors in series with potentiometers for the attenuator. Then the schematic of Figure 12b has some of the advantages because the resistors in the attenuator are non-interactive. It is also more amenable to solid state range switching. An analog switch or FETs may be used in place of the mechanical switch. Then, by adding a couple of zener diodes (or ordinary silicon diodes in the case of a 200 mV F.S. panel meter) the solid state switch is totally protected against overvoltages. By contrast, the configuration of Figure 12a exposes the switch to the full-input voltage, which may be several hundred volts. However, in Figure 12b the switch resistance forms part of the attenuator and could contribute an error.

Resistance Measurements

The ratiometric technique is used. The unknown resistance is put in series with a known standard and a current passed through the pair. The voltage developed across the unknown is applied to the input (between IN HI and IN LO), and the voltage across the known resistor applied to the reference input (REF HI and REF LO). If the unknown equals the standard, the display will read 1000. The displayed reading can be determined from the following expression:

$$\text{Displayed Reading} = \frac{R_{\text{Unknown}}}{R_{\text{Standard}}} \times 1000$$

Figure 13 shows a typical measurement circuit. Note that due to its ratiometric nature, the technique does not require an accurately defined reference voltage. The display will over-range for $R_{\text{Unknown}} \geq 2 \times R_{\text{Standard}}$.

Current Measurements

The use of a shunt resistor converts the current to a voltage. The relationship between the current and the displayed reading for the circuit of Figure 14 is found by:

$$\text{Displayed Reading} = \frac{I_{IN} \times R_S}{V_{REF}} \times 1000$$

When measuring current the 199.9 mV scale is used. This limits the voltage drop to 100 μ V per count. A multi-range current meter circuit is shown in Figure 15. Note that although the input current passes through the selector switch, IR drops across the switch do not contribute to the measured voltage.

Temperature Measurements

A diode connected transistor may be used as the temperature sensing element. V_{BE} has a temperature coefficient of -2.1 mV/ $^{\circ}$ C. A scale factor of 0.1° C/count may be obtained by setting the reference at 210 mV.

At 0° C and 100 μ A bias current, the diode connected transistor will have a forward voltage drop of approximately 550 mV. A fixed 500 mV source is set up to offset the diode drop. In the circuit of Figure 16, adjust R5 to give 000.0 output reading with Q1 at 0° C. Then adjust for R4 for a 100.0 reading with Q1 at 100° C.

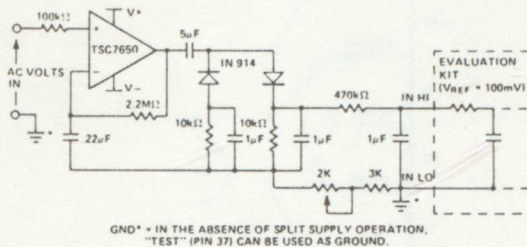


Figure 11: AC to DC Converter

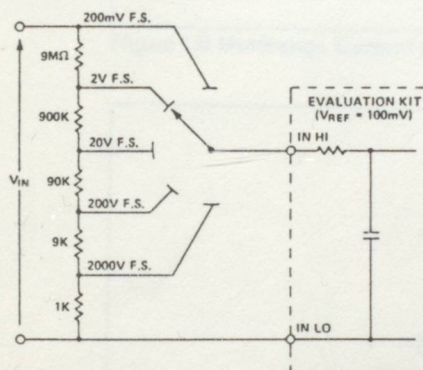


Figure 12a: Multirange Voltmeter

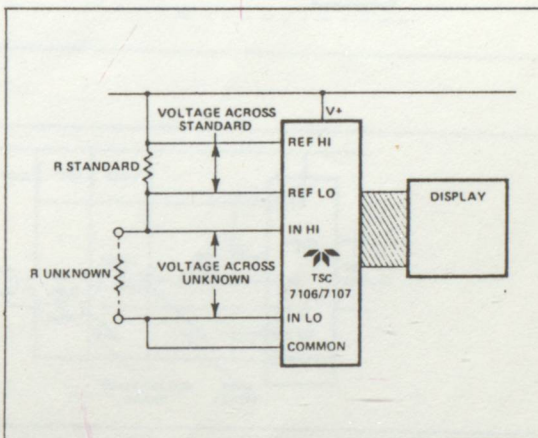


Figure 13: Resistance Measurement*
(*Requires some modification to the kit)

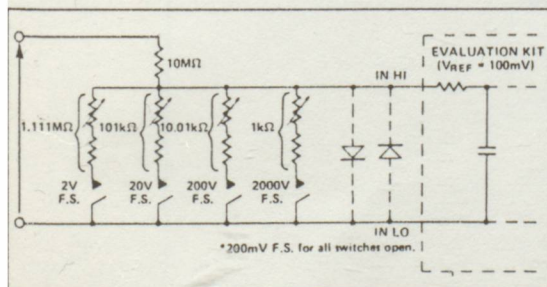


Figure 12b: Multirange Voltmeter, Alternative Scheme

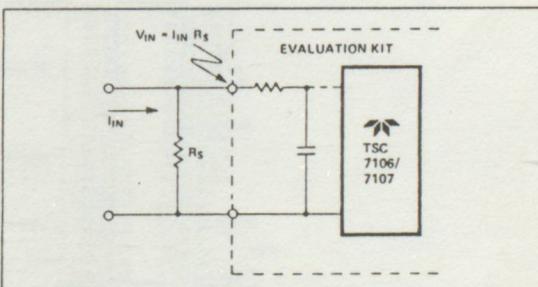
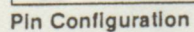
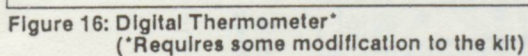
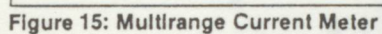
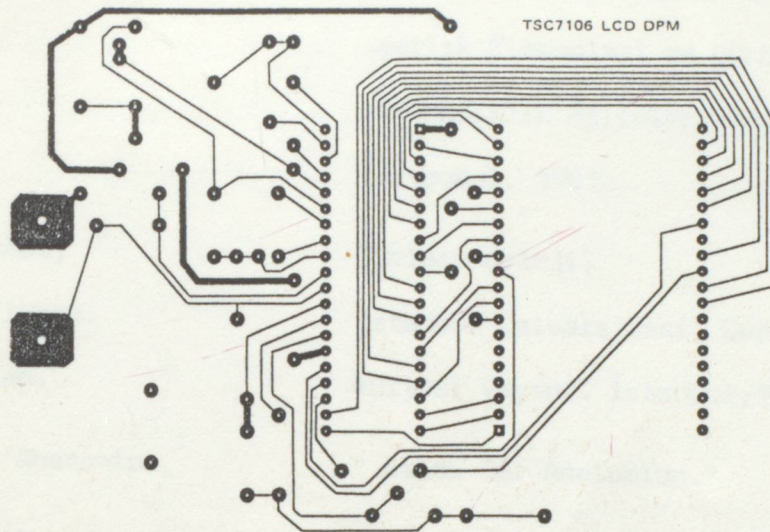


Figure 14: Current Measurement

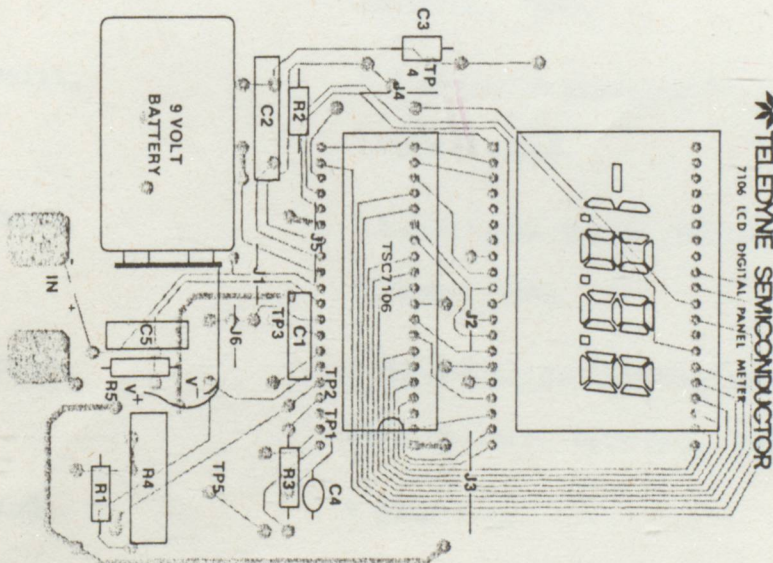




ACTUAL SIZE NOT SHOWN

LEGEND:

C1 0.1 Mf	R1 24 K 1/4 W 5%
C2 0.47 Mf	R2 47 K 1/4 W 5%
C3 0.22 Mf	R3 100 K 1/4 W 5%
C4 100 pf	R4 1 K POT
C5 0.01 Mf	R5 1 M 1/4 W 5%



ACTUAL SIZE NOT SHOWN

Figure 17: TSC7106 - Circuit Board Layout and Component Placement

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AKTAŞ Çelik, "Elektrik ve Elektronik Ölçmelerinde Duyarlık Elemanları ve Dönüştürücüler." Mühendislik Bilimleri Yayınları No:2 İstanbul, 1981.
- ALTUĞ Hikmet, Otolarengoloji, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yayını. İstanbul, 1983.
- ŞENOCAK Fikret, " Atlas Der Anatomian." Atlas Der Anatomian.
- SUNAR Orhan, " Radyoalıcıları Genlik ve Frekans Modülasyonu." İstanbul, 1980.
- DUTAR Celal, Elektronik, İstanbul, 1986.
- PASTACI Halit, " Elektronik Devreler." İstanbul, 1986.
- PASTACI Halit, " Elektronik Devre Tasarımı " İstanbul, 1986.
- PASTACI Halit, " Mühendisliğin Tıptaki Uygulamaları." Ders Notları. İstanbul, 1986.
- AXAR Kataloğu, " EXAR " C.
- Linear Applications, " National Semiconductor Corporation " 1986.
- Data book.
- Data Acquisition, " Teledyne Semiconductor."
- IC Handbook.

ÖZGEÇMİŞ

1959 tarihinde İstanbul'da doğdu. 1970 yılında Atatürk İlkokulunu 1973 yılında Mucur Ortaokulunu 1976 yılında Mucur Lisesini bitirdi. 1978 yılında YILDIZ ÜNİVERSİTESİ Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Gece Bölümüne girdi. 1984 yılında mezun oldu.

Aynı yıl özel bir firmanın tahüdü altında bulunan İskenderun Demir Çelik Fabrikası Orta profil haddehanesinde Kontrol mühendisi olarak çalıştı. 1985 yılında YILDIZ ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans eğitimine başladı. 1976 yılında YILDIZ ÜNİVERSİTESİ Elektrik Mühendisliği Elektrik Makinaları Anabilimdalı Elektronik Ölçme ve Standartları bilim dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı, halen bu görevi sürdürmektedir.

