

Mikrodenetleyici Tabanlı Odyometri Cihazı Tasarımı

Microcontroller-Based Audiometer Device Design

Yalçın İler¹, Yiğit Ömer Uzun²

¹Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Çiğli, İzmir
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
islerya@yahoo.com

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak
Bülent Ecevit Üniversitesi
yigitomeruzun@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada taşınabilir, kullanım kolaylığı olan, hem elle hem de otomatik saf ses e ik testi yapabilen, bilgisayar ile haberleşebilen, bilgisayar klavyesinden kontrol edilebilen, otomatik test bitince test sonucunu hem üzerindeki göstergelerde hem de bilgisayar ekranında verebilen yeni bir i tme testi cihazı tasarlanmıştır. Cihazın geliştirilmesinde genel amaçlı bir mikro denetleyici olan PIC serisi kullanılmıştır. Üstelik hem bilgisayarla hem de elle kontrol edilebilmesi ve hasta tepkilerini veren sonuçların hem cihaz üzerindeki göstergelerden hem de bilgisayar ekranından takip edilebilmesi nedeniyle piyasadaki ticari ürünlerle rekabet edebilir düzeydedir.

Abstract

In this study, a new audiometer, which is portable, ease-to-use, capable of conducting both manual and automatic pure tone threshold test, capable of communicating by a computer, controllable via keyboard, and capable of showing results on both its display and computer screen after the test, is designed. Since a PIC series microcontroller, a general purpose controller, is used in the study, many improvements can be added easily in the future. In addition, the proposed device can be compared to its commercial counterparts because it can be controlled via either manual or PC and it can show the results on either the PC screen or its display.

1. Giriş

Ses atmosferde kulağımız tarafından algılanabilen periyodik basınç değişimleridir. Fiziksel boyutta ses "hava, katı, sıvı veya gaz ortamlarda oluşan basit bir mekanik düzensizliktir." Bir maddedeki moleküllerin titreşimi sonucunda oluşur. Bir klinisyene göre ses, i tme duyusunun uyarıcı ekinde tanımlanabilir. nsanda i tme ve denge organı olan kulak, kafatasının yan ve alt duvarlarını oluşturan temporal kemik içinde yer almaktadır [1]. Yapı ve fonksiyonlarına göre üç

ayrılmaktadır: dış kulak, orta kulak ve iç kulak. iç kulağın ön kısmında ise koklea adı verilen ve ekli salyangoza benzeyen bir organ bulunmaktadır. Yaklaşık 30 mm uzunluğunda olan bu organ i tmeden sorumludur [2].

nsanda kulağın i tme fonksiyonlarının incelenmesi amacı ile yapılan tetkikler odyometri olarak bilinir. Odyometri kişinin i tsel uyarılara göstereceği tepkinin izlenmesi yoluyla, i tme yeteneğinin ölçülmesi için uygulanan bir 'psikofizik girişi' olarak da tanımlanabilir. Dört çeşit odyometrik inceleme vardır [3]:

- Tonal odyometri: Kulağa uygulanan belli frekanslardaki seslerin hangi şiddetle uygulandığında i tildiğinin tespit edilmesi tekniğidir.
- Konuşma (Vokal) odyometrisi: Dinleyicinin basit konuşmaları ayırt edebileceği en düşük ses şiddetini ve günlük yaşamdaki konuşmaları ne dereceye kadar ayırt edebildiğini, en rahat nasıl dinleyebildiğini en yüksek konuşma sesini nasıl tolere ettiğini saptamaktır.
- Objektif odyometri: Hastaya uygulanan ses uyarısına kişinin verdiği tepkinin EEG gibi elektriksel yöntemlerle ölçülmesi tekniğidir.
- Çocuk odyometrisi: Çocukların sesli uyarılara verdiği tepki farklı olduğu için hastaya özel ölçüm ve değerlendirme yöntemlerini içermektedir.

Odyometreler kalibre edilmiş saf sesleri üreten, konuşma ve çeşitli maskelenmiş sesleri çıkaran bir uygulayıcı tarafından mikrofonlu, kulaklıklılı ve kemik yolu için vibratörlü cihazlardır. Bu cihazlar sayesinde hastanın saf sese ve/veya konuşma seslerine olan duyarlılığı ölçülebilir [4].

Bu çalışmada taşınabilir, kullanım kolaylığı olan, hem elle hem de otomatik saf ses e ik testi yapabilen, bilgisayar ile haberleşebilen, bilgisayar klavyesinden kontrol edilebilen, otomatik test bitince test sonucunu hem cihaz üzerindeki göstergeler aracılığıyla hem de bilgisayar ekranında verebilen yeni bir i tme testi cihazı tasarımı hedeflenmiştir. Bu nedenle önceden belirlenmiş farklı frekans ve şiddetlerdeki saf sesleri üreten, bu sesleri hastaya kulaklık vasıtasıyla uygulayan ve hastanın tepkisini kayıt eden yeni bir odyometri cihazı tasarımı

gerçekle tirilmi tir. Tasarlanan cihaz hem bilgisayar hem de elle kullanıma imkan tanınması ile di er cihazlardan ayrılmakta ve geli tirilmeye açık olması nedeniyle ekip olarak ileride yapılması planlanan çalı malar temel olu turmaktadır.

2. Ses ve itme

Ses atmosferde kula ımız tarafından algılanabilen periyodik basınç de i imleridir. Fiziksel boyutta ses, hava katı sıvı veya gaz ortamlarda olu an basit bir mekanik düzensizliktir ve bir maddedeki moleküllerin titre mesi sonucunda olu ur. İnsan kula ı frekansı 16 ile 20,000 Hz arasındaki sesleri i tebilir. Saniyede 16'dan az olan titre imlere "subsonik" ve 20,000'in üzerinde olanlara ise "ultrasonik" sesler denir. Di er bazı canlılar, insan kula ının algılayamadı ı frekansları i tebilirler. Örne in i itme üst sınırı üst sınır tav anlarda 30,000 Hz, yarasalarda 60,000 Hz, yunus balıklarında 140,000 Hz, kelebeklerde 160,000 Hz'dir. Günlük ya antuda insanı en çok ilgilendiren konu ma sesleri 500, 1000 ve 2000 Hz civarındadır [5].

Ses titre imlerinin bir ortamda ilerleme hızına "ses hızı" denir. Birimi metre/saniye (m/sn)'dir. Ses farklı ortamlarda farklı hızlarda hareket eder. Sesin hızı 21° sıcaklıktaki havada 344 m/sn, suda 1480 m/sn, insan vücudunda 1588 m/sn'dir. Sesin hızı, ses kayna ına olan uzaklı ın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Ses dalgası yayılırken, kaynaktan iki metre uzaklıkta ses dalgasının genli i 1/2 oranında, dört metre uzaklıkta ise 1/4 oranında azalır. Ses dalgasının ilerlemesi sırasında, kar ısına çıkan engellerin özelliklerine ba lı olarak yansır, emilir ve iletilir.

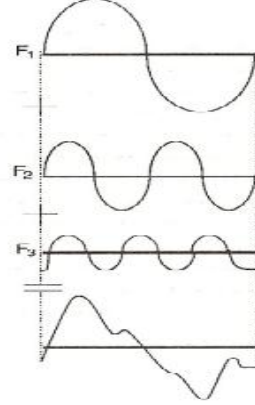
Sesin, kulak tarafından duyulan yüksekli i, sesin iddetini ifade etmektedir. iddet sayısal bir büyüklüktür ve ölçülebilir. Birim alandan, birim zamanda geçen ortalama enerji miktarı olarak tanımlanabilir. Birimi Watt/cm²'dir. İnsan kula ının algılayabildi i en zayıf sesin iddeti 10⁻¹⁶ Watt/cm²'dir. Bu de er desibel (dB) cetvelinde "0" olarak kabul edilmi tir. Örnek olarak fısıltı sesi 30 dB, konu ma sesi 40-60 dB, ba ırma sesi 80-90 dB, uça ın kalkı ı 120-140 dB, yakın mesafede tüfek patlama sesi 130 dB iddetindedir. Fısıltı sesi, e ik sestem 1000 (10³) kat daha kuvvetlidir. Konu ma sesi e ik sestem 10000 (10⁴) ile 1000000 (10⁶) arası daha kuvvetlidir. Ses iddetinin "bel" olarak ölçümünde 10'un katları kullanılmaktadır.

Tek bir frekansta çıkan seslere "saf sesler" adı verilir. Diyapozon sesi buna en iyi örnektir. Do adaki saf sesler çok nadir olarak ortaya çıkarlar. Günlük ya antadaki sesler genellikle birçok sinüzoidal saf sesin birle mesinden olu an "karma ık sesler" eklindedir (ekil 1). Saf sestem tek bir frekans bulundu u için, sinüs e risi ile göstermek mümkündür; ancak, iki veya daha fazla frekanslı sesler karma ık seslerdir ve sinüs e risi ile gösterilemezler. Fourier Teorisi'ne göre, tüm karma ık sesler her biri ayrı frekans, iddet ve dalga boyu özellikleri gösteren birçok sinüzoidal seslere bölünebilirler.

2.1. itme Kayıpları

nsanların i itme becerilerinde yüksek seslere maruz kalma, enfeksiyonlar, ba yaralanmaları, beyin hasarı veya bazı

kalıtsal hastalıklar nedeniyle azalma olabilir [6]. itme kaybının en sık rastlanan nedeni a ırı gürültüye maruz kalmaktır. Bu gürültü silah atı ı gibi tek bir yüksek ses ya da uzun bir süre maruz kalınan yüksek sesler olabilir. Yüksek desibel sesler, iç kulaktaki tüylü hücreleri gere inden fazla uyurup bu hücrelere zarar verir. Kula a uygulanan ses iddetine göre kulakta i itme kaybı olu ması için gereken süreler her 5 dB'lik ses iddeti artı nda yarıya dü mektedir (Çizelge 1).



ekil 1: Karma ık seslerin gösterimi.

Çizelge 1: Ses iddetine göre kulakta i itme kaybı olu abilecek süreler

Ses iddeti	Süre
95 dB	4 saat
100 dB	2 saat
110 dB	30 dakika
120 dB	7,5 dakika

2.2. Saf Ses E ik Odyometrisi

Tonal odyometri tekniklerinden birisi olan saf ses e ik odyometrisi yönteminde, hastaya saf sesler verilerek i itme e i ini saptayan i itme testlerinin standart yöntemidir. Saf ses odyometrisi ton sesler verilerek i itme e i ini saptamaya yarayan bir yöntemdir. Elde edilen grafi e odyogram denir. Sesin Hz birimine göre frekansı x eksenine ve i itme e i i (Hearing level-HL) veya iddeti ise dB birimine göre y ekseninde gösterilir.

itme testine kural olarak her zaman hastanın daha iyi duydu u kulaktan ve 1kHz'den rahat duyabilece i bir iddetten ba lanır. Daha sonra sırası ile 1, 2, 4, 6 ve 8 kHz'lerdeki i itme e ikleri ile 500, 250 ve 125Hz'lerdeki i itme e ikleri de tespit edilir. Böylece hastanın o kula ına ait hava yolu i itme e ikleri belirlenmi olur. Son olarak aynı i itme öbür kulak için de tekrarlanır. Bu yöntemle hava yolu i itme e ikleri tespit edildikten sonra konu ma testleri de uygulanır [7].

Test esnasında iki teknikten herhangi birisi ile yapılabilir: Artırma yöntemi ve azaltma yöntemi. Artırma yönteminde, hastanın i itme e i inin altında (yani i itemedi i) bir ses iddetinden teste ba lanır, her adımda 10 dB ses iddeti artırılır ve i itti inde ise 5dB azaltılır. Azaltma yönteminde ise hastanın i itme e i inin üstünde (yani rahat i itebildi i) bir ses iddetinden teste ba lanır, ses iddeti 10 dB azaltılır ve i itemedi inde ise 5dB artırılır.

2.3. Konu ma Odyometrisi

nsan sesinin, uyarın olarak kullanılıp odyometrik de erlendirme yapılmasına konu ma odyometrisi denir. Konu ma odyometrisi, pediatrik odyolojik de erlendirmede çe itli amaçlar için kullanılmaktadır. Özellikle, uygulanan di er testlerin sa lamasının yapılması açısından yararları olabilmektedir. Ancak, frekansa özel cevap elde edilemedi i için pediatrik grupta mevcut olan i itme kaybının konfigürasyonunun belirlenmesinde tek ba ma yeterli de ildir. Bununla birlikte, bu test ile sonuç alanı, i itme cihazı gereklili inin tespiti ve ne kadar faydalı olabilece i konusunda önemli bilgiler edinilir. Uygulanacak i itme cihazının tipi ve modeli konusunda (analog, dijital, kulak içi, kanal içi, kulak arkası, gözlük gibi...) de erlendirilecek önemli sonuçlar verir [5, 6].

Konu ma odyometrisi, odyometrik ara tırma metotlarının tamamlayıcı parçasını olu turur. itme yetene i ve konu mayı anlama insanın ileti im açısından bütün ton sesleri duymasından daha önemlidir. Bu yüzden konu ma odyometrisinin tanı ve tedavide büyük önemi vardır.

Konu ma sesi 100 ile 8000 Hz arasında bir akustik imaj gibi algılanır. Vokal i itme kaybı iki heceli kelimeler listesi ile ölçülürken, diskriminasyon (normal anla lılabirlik) tek heceli kelimeler yardımıyla ölçülür.

Konu ma test materyali bir teybe kaydedilir ve hastaya ya bir kulaklık yoluyla ya da serbest bir ortamda de i ik ses seviyelerinde bir hoparlör yardımıyla dinletilir. Her bir ses seviyesinde do ru olarak anla lılabilen sayı, kelime ve cümlelerin yüzdesi hesaplanır.

3. Odyometri Cihazı Tasarımı

Tıpta i itme ile ilgili ölçümlerde kullanılan alet, i itsel düzeyin saptanması amacıyla belli frekans ve iddette akustik titre imler yaratan cihazdır. Basit ve karma ık tipleri vardır. itme kayıplarının belirlenmesinde kullanılan odyometre, dene in kula na takılan bir kulaklık vasıtası ile belirli frekanslarda, kademeli olarak de i tirilebilen ses basınç düzeyi uygulayan ve dene in o frekansta duyabildi i en dü ük ses düzeyini belirleyen bir cihazdır.

3.1. Cihazın Çalı ma ekli

Tasarlanan odyometri cihazı saf ses e ik testi yapabilmektedir. Hastanın kula na kademeli bir ekilde 0-10-20-30 dB iddetinde ve 250-500-1000-2000 Hz frekans de erlerinde saf ses verilmektedir. Ayrıca, bu saf seslerin sırayla uygulanmasından ibaret olan otomatik test yapabilmektedir.

Hastanın kula na en dü ük dB de erinden ba layarak saf sesler vererek, hasta sesi duydu unda hasta cevap butonuna bastı nda (Artırma Yöntemi) bu de erler kayıt edilmektedir. Kademeli olarak bu i lem tüm frekanslar için tekrarlanmakta ve hasta butona bastıkça her frekans de erinin hangi dB ses iddetinde duyuldu u kayıt edilmektedir. Cihaz ta inabilir bir 9 Voltluk pille çalı maktadır. ekil 2'de tasarlanan cihazın dı görünü ü verilmektedir.



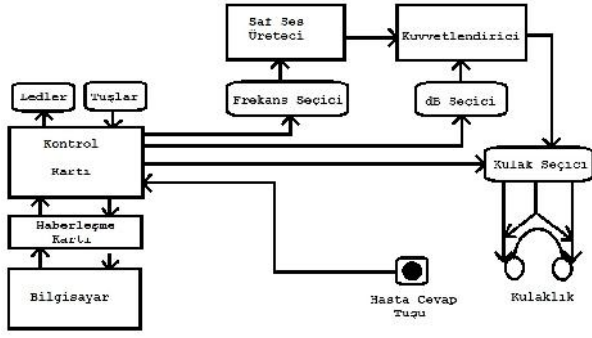
ekil 2: Tasarlanan cihazın dı görünü ü.

Kutunun sa r tarafında otomatik kontrol butonu bulunur, altında sonuç alınırken hangi kulaktan sonuç alındını gösteren sa ve sol kulak göstergeleri ile sonuç butonu bulunmaktadır. Üst tarafta elle test yapılırken, test yapılmak istenilen kula ın seçildi i üç kademeli anahtar bulunmaktadır. Anahtar yukarıdayken sadece sa kulak için, a a ıdayken sadece sol kulak için ve orta konumdayken otomatik test için çıkı verilmektedir. Kutunun sa üst tarafında 3 adet gösterge ve 1 adet buton bulunmaktadır. Bu buton cihazı sıfırlamak için kullanılmaktadır. Göstergelerden birisi hasta cevap butonuna basıldı mı, ikincisi otomatik test i leminin bitti ini ve sonucusu sonuçların ledlere aktarıldı mı gösterir. Kutunun arkasında ise hava yolu ba lı ı (kulaklık) çıkı ı, hasta cevap butonu giri i, açma/kapama anahtarı ve cihazın bilgisayar ile haberle mesini sa layan RS232 ba lantı ucu bulunmaktadır.

3.2. Uygulanabilen Testler

Tasarlanan cihazda iki çe it test uygulanabilmektedir: Elle test ve otomatik test. Bunlardan ilkinde, osilatörün üretti i saf ses cihaz üzerindeki butonlarla seçilen frekanslarda ve ses iddetinde hastanın kula na verilir. Hangi kulaktan ses verilece i cihazın üstünde bulunan anahtar ile seçilir. Ses verme tu na basılı tutuldu u sürece ses hastanın kula na iletilir. Her frekans ve ses iddeti için cihazı kullanan ki i tarafından ayarlar yapılarak hasta kula na seçilen saf ses aktarılır ve hastanın hasta cevap butonuna basarak tepki vermesi beklenir. kinci seçenekte ise, ses iddeti ve frekans de eri otomatik olarak de i tirilir ve hasta cevabına göre de erler kaydedilir. Test bitince sonuç ı ı yanar. Bu ı ık testin bitti ini ve sonuçların görüntülenebilece ini gösterir.

3.3. Donanım



ekil 3: Tasarlanan cihazın blok eması.

Tasarlanan cihazın çalışmasını yöneten PIC16F877 mikrodenetleyicili kontrol kartının kullanımı için kullanıcı ile etkileşimi sağlayan ledler, tuşlar ve haberleşme kartı üzerinden bilgisayar kullanılabilmektedir. Ayrıca hastanın kulaklık kullanılarak kendisine gönderilen sesleri duyduğunu bildirmek için kullanılabildiği hasta cevap tuşu da bulunmaktadır. Cihaz üzerinde bulunan tuşlar veya bilgisayar aracılığıyla yapılan seçimlere göre, hastaya gönderilecek sesin frekansı **frekans seçici devresi** ve iddeti ise **dB seçici devresi** ile belirlenir. Hastanın hangi kulağına sesin uygulanacağı ise **kulak seçici devresi** ile belirlenir. Bu üç seçme devresi de analog multiplexer entegre devresi olan 4052 ile tasarlanmıştır. Saf ses üreticisi devresinde sinüs üreteci entegre devresi olan XR2206 kullanılmıştır. Frekans seçici devresi ile XR2206'nın ürettiği frekansı belirleyen direncin seçimi sağlanmıştır. dB seçici devresi ile de kuvvetlendirici devresindeki dirençlerin seçimi yapılmıştır. Benzer şekilde kulak seçici devresinde de üretilen sesin sadece sağ kulağa, sadece sol kulağa veya her iki kulağa birlikte aktarılması sağlanmıştır. Cihazın beslemesi ise 9 voltluk pil kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ekil 3'de tasarlanan cihazın blok eması ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

3.4. Yazılım

Kontrol kartında kullanılan mikro denetleyici programı C dilinde yazılmış ve CCS C programı ile derlenmiştir [8]. Program yazılırken PIC16F877 mikro denetleyicisinin özelliklerinden yararlanılmıştır. CCP1-CCP2 ve seri haberleşme kesimleri kullanılmıştır. Gerçekleştiren yazılım toplam 598 satırdan oluşmakta ve kullanılan mikrodenetleyicinin program belleğinde 5,87 KB yer kaplamaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada tek başına çalışabilen isteğe bağlı olarak bilgisayarla haberleşerek kontrol edilebilen yeni bir odyometre cihazı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Cihaz özellikleri belirlendikten sonra yapılan tasarım öncelikle Proteus ISIS benzetim programına aktarılmıştır. Daha sonra CCS C derleyicisi yardımıyla devrenin çalışması için gerekli program geliştirilmiştir ve benzetim programına tanıtılmıştır. Benzetim aşamasında yapılan denemeler sonrasında hem donanım kısmındaki hem de yazılım kısmındaki hata ve eksiklikler giderilerek çalışmaları için tasarımı ulaştırılmıştır. Daha sonra devre gerçek malzemeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve

bir kutu içine monte edilerek, yeni bir odyometre cihazı tasarımı tamamlanmıştır.

Cihazın tasarımı için birden fazla devre kartının birleştirilmesi gerekmektedir. İlk olarak saf ses üreten bir osilatör devresi ile XR2206 entegresinin bacakları arasındaki çeşitli direnç değerlerine göre farklı frekanslarda ses üretilmiştir. Piyasadaki diğer odyometre cihazlarında mevcut olan belirli frekans değerleri kullanılmıştır.

Tasarımı gerçekleştirilen cihazda ayrıca ses iddetinin de seçimi yapılabilmektedir. Aslında bu özelliğin tam olarak çalışabilmesi için kalibrasyon cihazı ayarlanarak yapılması gerekmektedir. Fakat kalibrasyon cihazının yüksek maliyetinden dolayı, ses iddetinin ayarları için cep telefonlarına yönelik geliştirilmiş bir desibel metre programı kullanılmıştır. Sonuç olarak tasarımı ve montajı gerçekleştirilen odyometre cihazı başarıyla çalıştırılabilir (ekil 4).



ekil 4: Tasarlanan cihazın çalışır hali.

Tasarlanan cihazın hem ses iddeti hem de frekans aralıklarına göre belirlenen sabit dirençler devrede kullanılmıştır. Bu dirençler yerine veya ilave bir seçenek olarak ayarlı direnç kullanılarak cihazın elle ayarlanabilen farklı ses iddeti ve frekanslarda da ölçüm yapılması sağlanabilir. Dahası mikro denetleyici kontrollü dijital ayarlanabilir dirençlerin kullanılması ile programla ayarlanabilen farklı frekans ve ses iddeti için istenilen testler gerçekleştirilmesine olanak sağlanabilir. Ayrıca ticari amaçlı profesyonel bir kalibrasyon cihazı kullanılarak ses iddeti ve frekans değerleri istenen değerlere tam olarak ayarlanabilir.

Tasarlanan cihaz gönüllü 4 ayrı sağlıklı denek üzerinde başarıyla test edilmiştir ve gönüllülere istenilen testler hem elle hem de otomatik olarak uygulanabilmektedir. Sonuçların sunulması ve yorumlanması bu çalışmanın kapsamı dışında olduğundan buraya dahil edilmemiştir. Elde edilen sonuçlar cihaz üzerindeki LED göstergeler kullanılarak okunmaktadır. Ayrıca standart bir terminal programı kullanılarak bilgisayarın seri port üzerinden cihazla haberleşmesinde sorun olmadığını, istenilen testi terminal programı üzerinden tekrarlanabilir ve sonuçlar görülebilmektedir.

Cihazın geli tirilmesinde genel amaçlı bir mikro denetleyici olan PIC serisi kullanıldı ndan, mevcut donanımda de i ikli e gerek kalmadan ihtiyaç duyulan veya dü ünülen geli tirmeler kolayca uygulanabilir. Üstelik cihaz modüler yapıda tasarlandı ndan, gerekti inde araya donanım eklenerek cihazda donanımsal iyile tirmeler de yapılabilir.

Piyasada mevcut olan ticari ürünlerin ço u sadece elle kumanda elde edilebilir durumda olup gerekti inde bilgisayara test sonuçlarının aktarılabilmesi seçene i bulunmadı ı gibi bazı modellerde ayrı bir donanım ve/veya yazılıma ihtiyaç duyulmaktadır. Geli tirilen cihaz hem bilgisayarda terminal programıyla hem de elle kontrol edilebilir olarak tasarlanmı tır. Böylece hasta tepkilerini veren test sonuçları hem cihaz üzerindeki led göstergelerden hem de bilgisayar ekranından takip edilebildi inden, bu özellik bakımından piyasadaki ticari ürünlere göre üstünlü ü vardır.

Ürün tasarımı sırasında cihaz kalibrasyonu yapılamamı tır. Cihaz tasarımıyla ilerleyen a amalarda kalibrasyon yapılması dü ünülmektedir.

Bazı durumlarda kullanılan sinyaller, testi yapılan kulak yerine di er kulak tarafından algılanabilir. Bu durumda “maskeleme” kar ı kula a yansımaya engellemek için çok defa gereken bir yöntemdir [9]. Cihazın ticari ürünlerle kar ıla tırılabilmesi ve onlarla rekabet edebilecek düzeye gelmesi için bu seçene in de cihaza eklenmesi dü ünülmektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Esmer, N., Akıner, M., Karasaliho lu, A. ve Saatçi, M., *Klinik Odyoloji*, Bilim Yayınları, Ankara, 1995.
- [2] Hacettepe Odiyometri Forum, <http://www.odyoloji.com>, ziyaret 2012.
- [3] Özturan O., *itme Fizyolojisi ve Odyoloji*, nönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Ders Notları, http://medicine.inonu.edu.tr/public_html/anabilimdallari/kbb/documents/dersnot/6.pdf, ziyaret 2012.
- [4] MEGEP, *Biyomedikal Cihaz Teknolojileri Odyometre (itme) Cihazları*, Ankara, 2009.
- [5] Aras, V., “Audiometry Techniques ,circuits and systems M.Tech Credit Seminar Report,” *Electronis System Group* , 2003.
- [6] Kemp, D., *The OAE Story*, Otodynamics Ltd., 2003.
- [7] Hain, T.C., http://www.dizziness-and-balance.com/testing/hearing/hearing_test.htm, güncelleme 2011.
- [8] Çiçek, S., *CCS C le PIC Programlama*, Alta yayınları, stanbul, 2010.
- [9] Ak it M., *Klinik Odyolojide Maskeleme Yöntemleri*, Duysel Odyolojik Tanı Merkezi Yayını