

ODYOMETRE TASARIMI

Gökhan MANAV

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali SAYGIN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ (BAP)

KESİN RAPOR

Proje Kodu: 07/2010-13

Teknoloji Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Ekim 2010

ANKARA

Özet

Odyometrede yapılan ölçümlerin doğruluğu; cihaz kalibrasyonuna, ölçüm yapılan yerin ses izolasyonuna ve ölçüm sırasında cihaza etki edebilecek şebeke veya elektromanyetik ışıyım kaynaklı gürültülerin iyi şekilde filtre edilmesine bağlıdır. Hastanelerde kullanılan röntgen, tomografi gibi x-ray sistemler 0,1 ile 1 saniye içerisinde anlık 60-120kW gibi yüksek güç çekerler. Eğer gerekli filtreleme önlemleri alınmazsa, bu durumdan hastanede çalışan diğer cihazları etkileyebilir. Bu nedenle odyometre tasarımında öncelikle güç kaynağı ile ilgili çalışma yapıldı. Bu çalışmada analog yapıda güç kaynakları ile anahtarlamalı mod çalışan güç kaynakları (SMPS) incelendi.

İkinci aşama olarak odyolojide birçok testte kullanılan saf ton ses sinyallerin üretimine geçildi. Saf ton ses sinyalleri ile maskeleme amaçlı kullanılan geniş bant gürültü (beyaz gürültü) ve dar bant gürültü (pembe gürültü) sinyallerinin gerçekleştirilmesine geçildi. Bahsi geçen tüm sinyaller Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından alınan deneme bordu üzerinde gerçekleştirildi. Üretilen tüm sinyaller kesim frekansı 12kHz olan alçak geçiren filtre devresinden geçirildikten sonra TDH-39 kulaklıkları sürebilmesi için kuvvetlendirildi. Bu sayede odyolojide en çok kullanılan sinyaller dışında oluşan gürültüler güç katından önce filtrelendi.

Teşekkürler

Bu çalışmada odyoloji alanında temel bir cihaz olan fakat ülkemizde üretiminin gerçekleştirilemeyen odyometrenin yapımı ve geliştirilmesi, odyoloji için istenen sinyal ve test düzeneklerinin oluşturulabilmesi için araştırma ve testler gerçekleştirildi. Çalışmalarda konu ile ilgili tecrübesini, ölçümler için gerekli donanımını bizlerde esirgemeye Entek Elektronik Ltd. Şti. ve projenin hayata geçirilmesinde bize verdiği desteklerinden ötürü Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürü borç biliriz.

İçindekiler

ÖZET	i
TEŞEKKÜRLER.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
RESİM LİSTESİ.....	vi
GİRİŞ	1
ODYOGRAM	3
ODYOMETRİK TESTLER	3
ODYOMETRE	4
ODYOMETREDE KULLANILACAK SMSP KAYNAK TASARIMI	5
SAF TON SİNYALLERİNİ ELDE EDİLMESİ.....	10
GENLİK ZAYIFLATMA ÜNİTESİ.....	15
FREKANS MODÜLASYONLU SİNYALLERİN ÜRETİLMESİ	16
MASKELEME İŞLEMİ	16
BEYAZ GÜRÜLTÜ.....	16
PEMBE GÜRÜLTÜ.....	17
FİLTRE DEVRESİ	22
GÜÇ KATI.....	27
SONUÇ	28
KAYNAKÇA	30

Çizelge Listesi

ÇİZELGE 1 STANDART FREKANSLARA GÖRE NORMAL BİR İNSANIN DUYMA SEVİYELERİ.....	2
ÇİZELGE 2 AKTİF FİLTRE DEVRESİNİN UYGULAMA SONUCUNDA ELDE EDİLEN VERİLER.....	26

Şekil Listesi

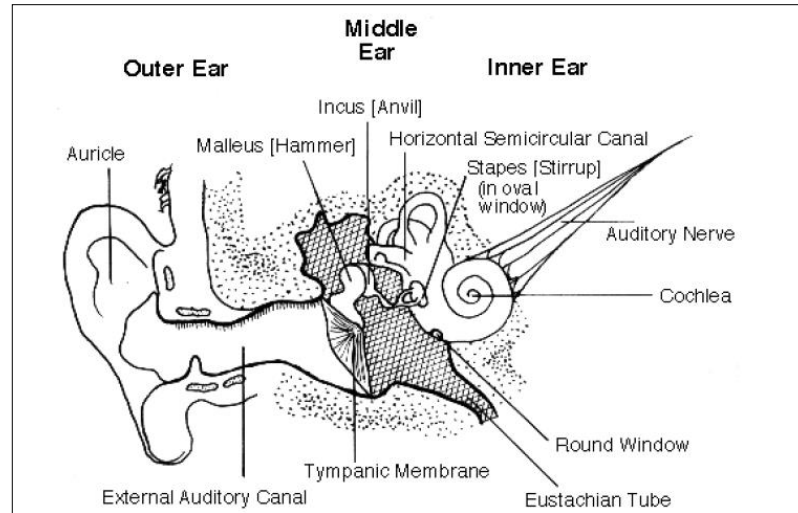
ŞEKİL 1 NORMAL VE 4000Hz 'DE İŞİTME KAYBINI GÖSTEREN ODYOGRAM (3)	3
ŞEKİL 2 DOĞRUSAL YAPIDAKİ GÜÇ KAYNAĞI SPEKTRUM ANALİZİ	7
ŞEKİL 3 PİYASADAN ALINAN ANAHTARLAMALI MOD GÜÇ KAYNAĞI SPEKTRUM ANALİZİ	7
ŞEKİL 4 ODYOMETRE İÇİN TASARLANAN ANAHTARLAMALI MOD GÜÇ KAYNAĞI SPEKTRUM ANALİZİ.....	7
ŞEKİL 5 125 Hz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	11
ŞEKİL 6 250 Hz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	11
ŞEKİL 7 500 Hz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	12
ŞEKİL 8 750 Hz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	12
ŞEKİL 9 1 kHz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	12
ŞEKİL 10 1,5 kHz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	13
ŞEKİL 11 2 kHz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	13
ŞEKİL 12 3kHz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	13
ŞEKİL 13 4 kHz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	14
ŞEKİL 14 6 kHz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	14
ŞEKİL 15 8 kHz SİNYAL ÇIKIŞI SPEKTRUM ANALİZİ	14
ŞEKİL 16 BEYAZ GÜRÜLTÜ SPEKTRUM ANALİZİ	17
ŞEKİL 17 125Hz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ	17
ŞEKİL 18 250Hz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ	18
ŞEKİL 19 500Hz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ	18
ŞEKİL 20 750Hz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ	19
ŞEKİL 21 1kHz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ.....	19
ŞEKİL 22 1,5kHz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ.....	19
ŞEKİL 23 2kHz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ.....	20
ŞEKİL 24 3kHz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ.....	20
ŞEKİL 25 4kHz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ.....	21
ŞEKİL 26 6kHz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ.....	21
ŞEKİL 27 8kHz MERKEZ FREKANS SAHİP PEMBE GÜRÜLTÜNÜN SPEKTRUM ANALİZİ.....	22
ŞEKİL 28 KODEK ÇIKIŞINDAKİ SİNYALİN SPEKTRUM ANALİZ SONUÇLARI	23
ŞEKİL 29 TASARLANAN 12kHz ALÇAK GEÇİREN FİLTRE ÇIKIŞININ SPEKTRUM ANALİZ SONUÇLARI	23
ŞEKİL 30 12kHz FİLTRE DEVRESİNİN MATLAB SİMÜLASYONUNDA ELDE EDİLEN BODE EĞRİSİ	24
ŞEKİL 31 SİMÜLASYON İLE UYGULAMA SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	26
ŞEKİL 32 SİMÜLASYON İLE UYGULAMA ARASINDAKİ HATA SİNYALİ.....	26

Resim Listesi

RESİM 1 KULAĞIN YAPISI	1
RESİM 2 HER ODYOMETREDE BULUNMASI GEREKEN TEMEL ÜNİTELER (4)	4
RESİM 3 STANDART BİR ODYOMETRE VE KULLANILAN DONANIMI.....	4
RESİM 4 PİYASADAN ALINAN ANAHTARLAMALI MOD ÇALIŞAN GÜÇ KAYNAĞI ÇIKIŞ SİNYALİNİN OSİLASKOP EKRANINDAKİ GÖRÜNTÜSÜ	6
RESİM 5 DOĞRUSAL YAPIDAKİ GÜÇ KAYNAĞI ÇIKIŞ SİNYALİNİN OSİLASKOP EKRANINDAKİ GÖRÜNTÜSÜ	6
RESİM 6 ODYOMETRE İÇİN TASARLANAN ANAHTARLAMALI MOD ÇALIŞAN GÜÇ KAYNAĞI ÇIKIŞ SİNYALİNİN OSİLASKOP GÖRÜNTÜSÜ	6
RESİM 7 PİCO ADC 212 VİRTUAL INSTRUMENT	8
RESİM 8 DOĞRUSAL YAPIDAKİ GÜÇ KAYNAĞI BASKIDEVRE ÇİZİMİ	8
RESİM 9 ODYOMETRE İÇİN TASARLANILAN SMPS KAYNAĞI BASKIDEVRE ÇİZİMİ.....	8
RESİM 10 TOP244Y SMPS GÖMÜLÜ SİSTEMİ ÖRNEK ŞEMATİK	9
RESİM 11 TASARLANAN DOĞRUSAL YAPIDAKİ GÜÇ KAYNAĞI	9
RESİM 12 ODYOMETRE İÇİN TASARLANAN SMPS	9
RESİM 13 SES SİNYALLERİN PROJE KAPSAMINDA ALINAN PADK DENEME KARTINDA ÜRETİLMESİ	10
RESİM 14 THAT2181A VCA ENTEGRESİNİN UYGULAMA ŞEMATİĞİ.....	15
RESİM 15 THAT2181A UYGULAMASININ ÜSTEN GÖRÜNÜŞÜ.....	15
RESİM 16 THAT2181A UYGULAMA DEVRESİNİN BASKIDEVRE ÇİZİMİ	15
RESİM 17 ÇOK KATMANLI GERİBESLEME YAPISINA SAHİP AKTİF FİLTRE DEVRESİ.....	24
RESİM 18 6.DERECEDEN AKTİF FİLTRE DEVRESİNİN BASKI-DEVRE ÇİZİMİ.....	25
RESİM 19 4 KHZ GİRİŞ SİNYALİ VE ÇIKIŞ SİNYALİNİN GÖSTEREN OSİLASKOP EKRANI	25
RESİM 20 THAT2181A UYGULAMA ŞEMATİĞİ (10).....	27
RESİM 21 GÜÇ KATI DEVRESİ ÜSTEN GÖRÜNÜŞÜ.....	28
RESİM 22 GÜÇ KATI BASKIDEVRE ŞEMASI	28

Giriş

Kulak; dış kulak, orta kulak ve iç kulak olmak üzere 3 kısımdan meydana gelmektedir. Burada dış kulak diye adlandırılan ve kulak kepçesinden kulak zarına kadar olan kısım, hava titreşimlerinin kulak zarına ulaşması ve kulak zarının toz gibi dış etkenlerden korunmasını sağlar. Orta kulak zarından iç kulağa kadar olan kısımdır. Orta kulakta sesi iletimini sağlayan çekiç, örs ve üzengi olmak üzere üç kemik bulunur. Bu kemikler kulak zarından gelen titreşimleri iç kulaktaki salyangoza iletirler. Sonuç olarak hava yolundaki ses titreşimleri kemik yoluna geçirilmiş olur. Orta kulağın bir önemli yapısı ise östaki borusunun orta kulak ile boğaz arasında bağlantı oluşturulmasıdır. Bu sayede kulak zarının her iki tarafı arasında basınç farkı oluşması engellenmiş olur. İç kulak üzengi kemiğinden gelen titreşimleri elektrik sinyaline çevirerek sinirler aracılığı ile beyne iletir (1).



Resim 1 Kulağın yapısı

İnsan kulağının 20Hz ile 20kHz arasındaki frekanslara tepki verebilecek yapıya sahip olmasına rağmen, 100 Hz ile 8000kHz frekans aralığının dışındaki frekansların algılanması güçleşir. Bu frekans aralığının dışındaki testler işitme kaybı hakkında önemli bilgi içermez. Bu yüzden standart odyometrik testler 250Hz ile 8000Hz arasında oktav artışlar ile gerçekleştirilir. Standart test frekansları 250,

500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 ve 8000 Hz olmasına rağmen bu aralığın dışında da test frekansları kullanılabilmektedir (2).

Akustik ölçümlerde ses seviyesi 20 mikro Paskal basınç referans alınarak dB türünden ifade edilir (2).

$$\text{Ses seviyesi dB SPL "Sound Pressure Level"} = 20\log(\text{Ölçülen ses basıncı}/20\mu\text{Pa})$$

Odyometrik testlerde ses seviyesi hesaplanırken referans değer olarak yetişkin bir bireyin ortalama duyma seviyesi alınır (2).

$$\text{Duyma seviyesi HL "Hearing Level"} \text{ dB} = 20\log(\text{ölçülen ses}/\text{ortalama duyma seviyesi})$$

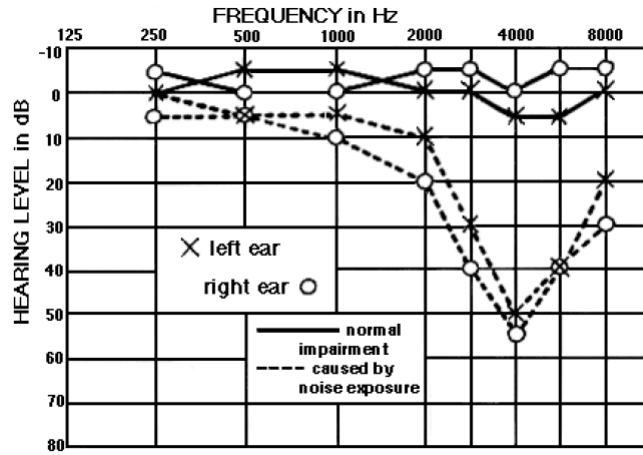
Duyma seviyesi frekansa göre değişiklik gösterir. Çizelge 1’de 1984 yılında ISO tarafından oluşturulan standart frekanslara göre normal bir insanın duyma seviyeleri ses basınç seviyesi referans alınarak verilmiştir (2).

Çizelge 1 Standart frekanslara göre normal bir insanın duyma seviyeleri

Frekans (Hz)	250	500	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
dB SPL	25.5	11.5	7	6.5	9	10	9	10.5	13

Odyogram

Odyometri ile elde edilen, kişinin işitme kaybını gösteren eğrilere odyogram denilir. Odyogramlar yatay ekseninde odyolojide kullanılan standart frekansları gösterirken, dikey ekseninde hastanın işitme seviyesini desibel cinsinden gösterir. Şekil 1 sağlıklı bir insanın ve 4000 Hz frekanslarda işitme kaybı olan bir insanın odyogramlarını gösterilmektedir.



Şekil 1 Normal ve 4000Hz 'de işitme kaybını gösteren odyogram (3)

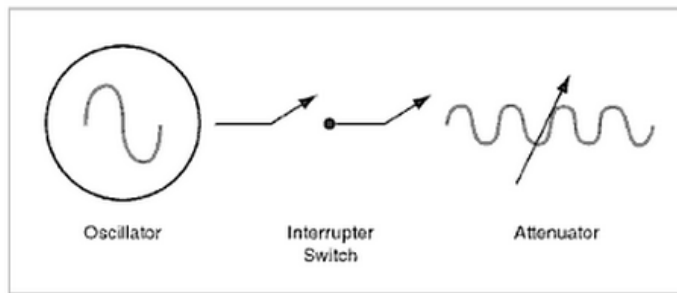
Odyometrik Testler

Odyometrik testler sağ ve sol kulak için hem havayolu hem de kemik yolu için ayrı ayrı gerçekleştirilebilirler. Kulak zarı veya hava yolu üzerinde oluşabilecek bozukluklardan dolayı kişi işitme kaybına sahip olabilir. Bu tür durumlarda orta kulak içerisinde bulunan ve kemik yolundaki titreşimleri salyangoza ileten çekiç, örs ve üzengi kemiklerinde bir sorun yoksa kulak kepçesi arkasındaki kemik üzerinden ses sinyal titreşimleri salyangoza gönderilebilir. Bu bağlantı yoluna kemik yolu bağlantısı denilmektedir.

Odyometre

Odyometre, odyolog tarafından işitme testinin gerçekleştirildiği elektronik bir cihazdır. Odyometre farklı frekans ve şiddette sahip saf sinüs tonlarını üretir. Aynı zamanda geniş bant (beyaz gürültü) ve dar bant (pembe gürültü) olmak üzere gürültü sinyalleri üretebilmektedirler. Bu temel özelliklerin yanında kullanıldıkları yerlere göre odyometreler değişik özelliklere sahiptirler. Odyometre çeşitlerine bağlı olmaksızın her odyometrede bulunması gereken temel üniteler vardır (4). Bunlar;

- Osilatör ünitesi
- Genlik kontrol ünitesi
- Kontrol ünitesi



Resim 2 Her odyometrede bulunması gereken temel üniteler (4)



Resim 3 Standart bir odyometre ve kullanılan donanımı

Osilatör devreleri odyometride kullanılan 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 ve 8000 Hz saf ton frekansları üretirler (4) (5). Bazı odyometrelerde standart frekansların yanında daha yüksek frekanslarda sinyallerde üretilebilmektedir (4).

Genlik kontrol ünitesi genellikle 5dB aralıklarla -10dB'den çıkış frekansına ve kullanılan dönüştürücü tipine göre izin verilen maksimum ses şiddetine kadar ses sinyalinin genliğini değiştirir. Kulaklık çıkışında izin verilen maksimum genlik değerleri; 125Hz'de 85dB, 250Hz 'de 105dB, 500Hz ile 4000Hz arasında 120dB, 6000Hz ve 8000Hz frekanslarında 110dB şeklindedir. Kemik yolu çıkışında izin verilen maksimum genlik değerleri; 500Hz'de 65dB, 1000Hz ile 4000Hz arasında 80dB şeklindedir (4).

İnsan kulağı 1dB ses şiddetindeki artış ve azalmaları algılayamamasına rağmen orta kulaktan kaynaklanan bozukluklarda bu ses artış algılanabilmektedir. Bu gibi özel testlerin de gerçekleştirilebilmesi için bazı odyometreler 5dB'den daha az miktarda ses şiddetinin değiştirilmesine izin verebilirler.

Kontrol ünitesi hastaya gönderilecek ses sinyalinin kontrolünü sağlar. Genellikle cihaz üzerinde bulunan bir butona basılı tutulduğu sürece ayarlanan ses sinyalli hastaya ulaşır (4).

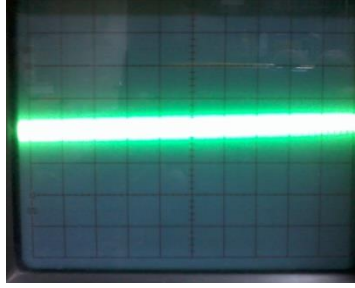
Odyometrede Kullanılacak SMSP Kaynak Tasarımı

Güç kaynağı olarak doğrusal yapıya sahip bir güç kaynak tasarımına gidilebilirdi. Bu tür yapıdaki güç kaynaklarında şebeke gerilimi transformatör yardımı ile istenilen gerilim seviyesine düşürülür. Doğrultma ve filtreleme işleminden sonra çıkış gerilimi doğrusal regülasyon işlemine tabi tutulur. Bu yapıdaki güç kaynaklarında hat frekanslı transformatör kullanımı ve gerekli filtreleme işleminin gerçekleştirilebilmesi için kullanılacak filtre elemanlarının boyutlarının büyük olması tasarlanan güç kaynağının ağır, maliyetli ve boyutlarının büyük olmasına neden olmaktadır (6).

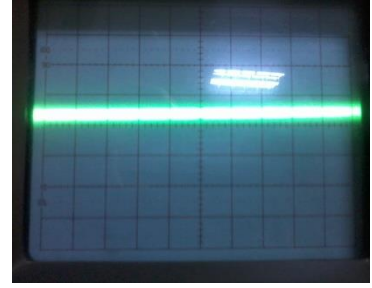
Uygulamada bu alanda kullanılmak üzere tasarlanmış TOP246YN gömülü sisteminin kullanım kılavuzu ve uygulama notlarından yararlanılarak, sitemde gereksinim duyulan $\pm 18V$ ve $+5V$ gerilimler regüleli olarak şebeke gürültülerinden bağımsız bir şekilde elde edildi. Elde edilen güç kaynağı doğrusal yapıya sahip güç kaynağı ve piyasadan alınan başka bir SMPS kaynak ile karşılaştırıldı.



Resim 4 Piyasadan alınan anahtarlama mod çalışan güç kaynağı çıkış sinyalinin osilaskop ekranındaki görüntüsü

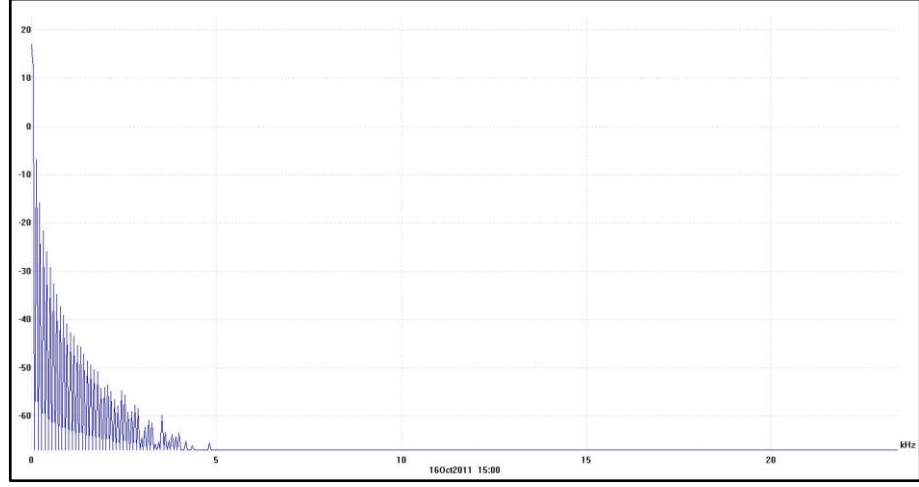


Resim 5 Doğrusal yapıdaki güç kaynağı çıkış sinyalinin osilaskop ekranındaki görüntüsü

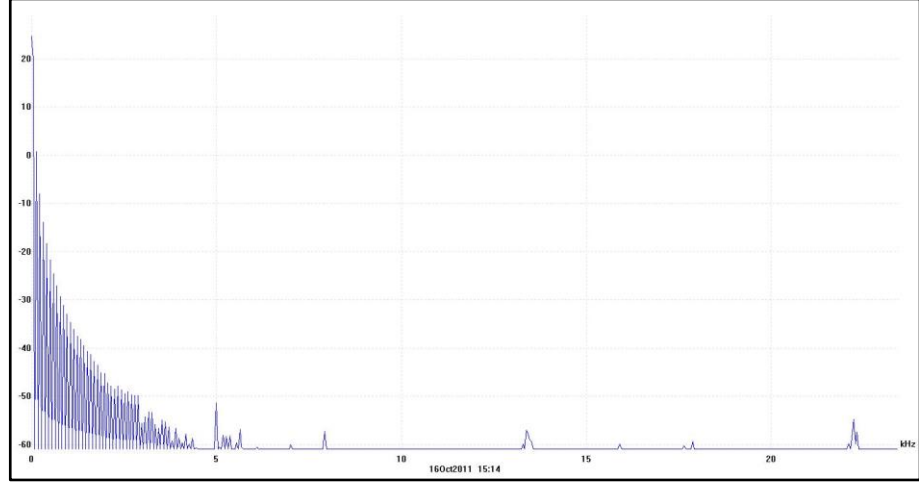


Resim 6 Odyometre için tasarlanan anahtarlama mod çalışan güç kaynağı çıkış sinyalinin osilaskop görüntüsü

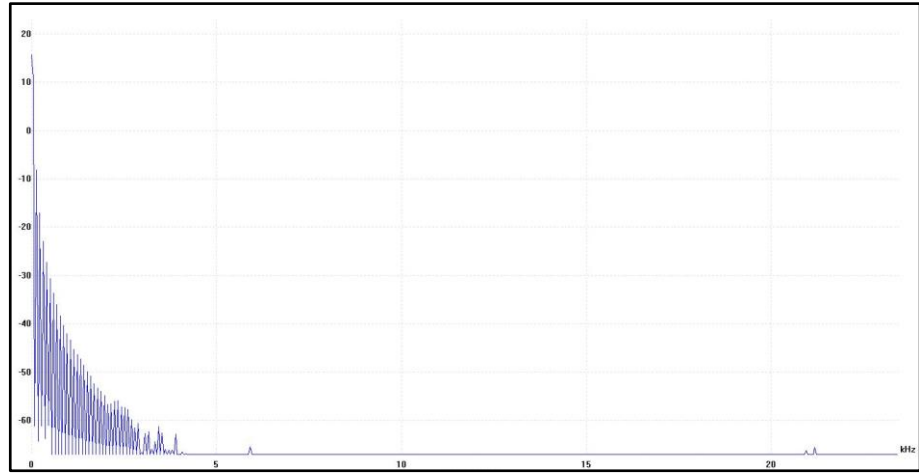
Resim 4’de piyasadan anahtarlama mod çalışan bir kaynak seçilmiş ve çıkış gerilimi osilaskop ekranında gözlenmiştir. Resim 4’de osilaskop time/div kademesi 50us, volt/div kademesi 50mV kademesindedir. Resim 5’de doğrusal yapıda çalışan bir güç kaynağı oluşturuldu ve çıkış gerilimi osilaskop ekranında gözlemlendi. Bu ölçüm sırasında osilaskop time/div kademesi 50us, volt/div kademesi 5mV kademesindedir. Son olarak odyometre için tasarlanan anahtarlama mod çalışan güç kaynağının çıkış geriliminin osilaskop ekranındaki görüntüsü incelenmiştir. Elde edilen çıkış Resim 6’daki gibidir. Bu ölçümde osilaskop time/div kademesi 50us, volt/div 5mV kademesindedir.



Şekil 2 Doğrusal yapıdaki güç kaynağı spektrum analizi



Şekil 3 Piyasadan alınan anahtarlama mod güç kaynağı spektrum analizi

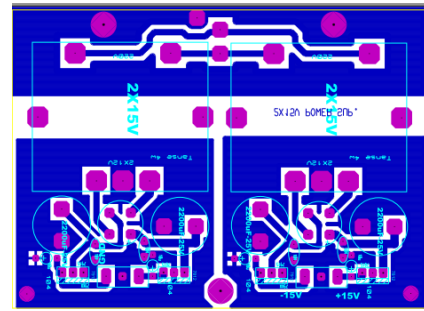


Şekil 4 Odyometre için tasarlanan anahtarlama mod güç kaynağı spektrum analizi

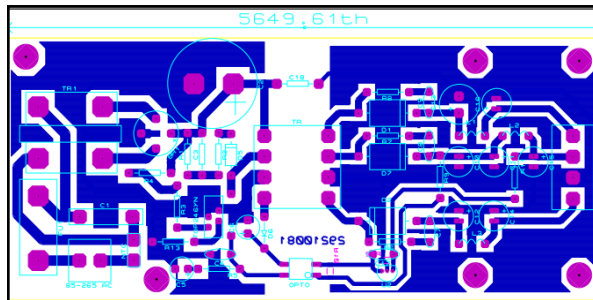
Şekil 2 ile Şekil 4 arasında karşılaştırılan güç kaynaklarının çıkış gerilimlerinin spektrum analizleri görülmektedir. Karşılaştırma gün içerisinde en yüksek gürültü bileşenleri kaydedilerek elde edilmiştir. Spektrum ölçümünde Resim 7 gösterilen “Pico ADC-212 Virtual Instrument” ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Resim 7 Pico ADC 212 Virtual Instrument

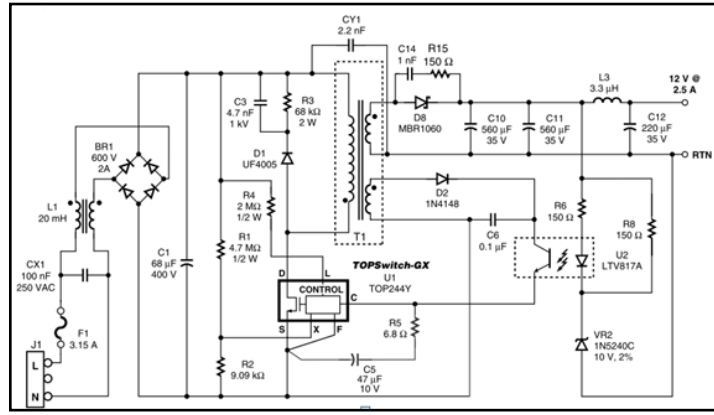


Resim 8 Doğrusal yapıdaki güç kaynağı baskıdevre çizimi



Resim 9 Odyometre için tasarlanılan SMPS kaynağı baskıdevre çizimi

Yukarıdaki Resim 8 ve Resim 9’da doğrusal güç kaynağı ve odyometre için tasarlanmış anahtarlama mod güç kaynağı devresinin baskıdevre şeması görünmektedir. Tasarlanan anahtarlama mod güç kaynağı devresi TOP244Y entegresi kullanılarak gerçekleştirildi. Örnek bir şema Resim 10’da gösterildi. Konu ile ilgili daha fazla bilgi için TOP244Y entegresinin kullanım kılavuzuna bakılabilir (7).



Resim 10 TOP244Y SMPS Gömülü Sistemi Örnek Şematik



Resim 11 Tasarlanan Doğrusal yapıdaki güç kaynağı

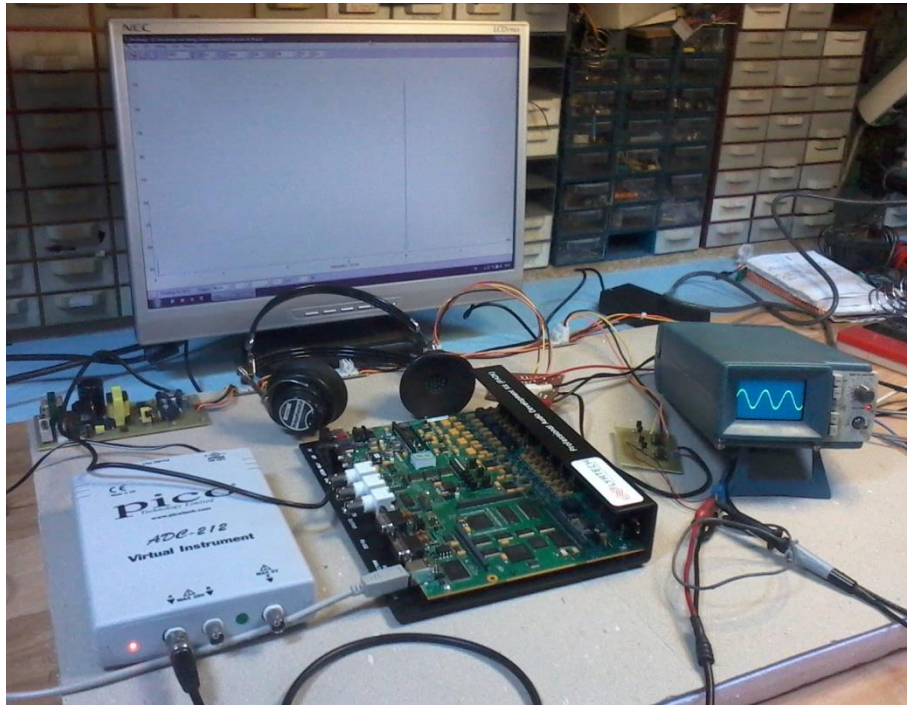


Resim 12 Odyometre için tasarlanan SMPS

Karşılaştırma için tasarlanan doğrusal güç kaynağı ve odyometre için tasarlanan anahtarlama mod güç kaynağının baskıdevre montajı yapıldıktan sonraki görünüşleri Resim 11 ve Resim 12’de gösterilmektedir.

Saf Ton Sinyallerini Elde edilmesi

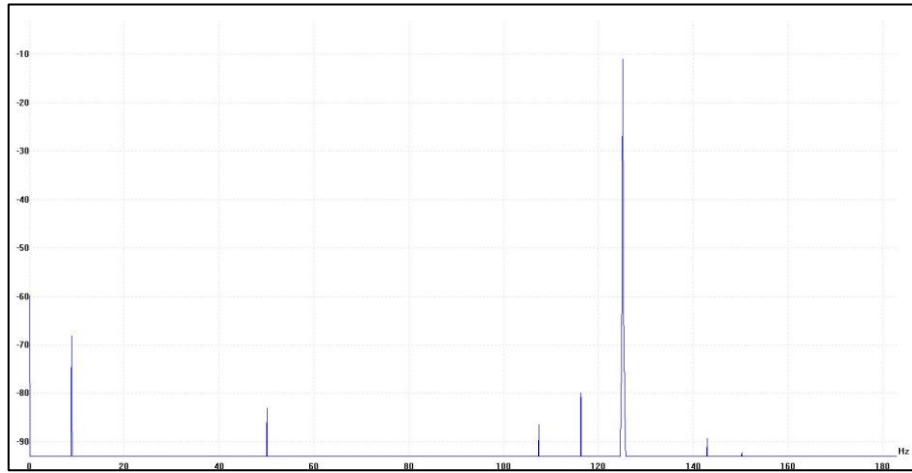
Odyometrik testlerde 125Hz, 250Hz, 500Hz, 750Hz, 1kHz, 1,5kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz, 6kHz ve 8kHz olmak üzere 11 adet saf ton sinüs sinyali yaygın olarak kullanılmaktadır. Proje kapsamında her bir sinyal kodek entegresi aracılığı ile projeden alınan PADK “*Professional Audio Developer’s Kit*” deneme kartı üzerinde üretildi. Elde edilen saf ton sinyallerinin spektrum analizleri Pico ADC-212 ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. Her frekans için elde edilen sonuçlar Şekil 5 ile Şekil 15 arasında gösterilmektedir. Resim 13’de sinyallerin PADK deneme kartında üretimi sırasında kurulan platform görülmektedir.



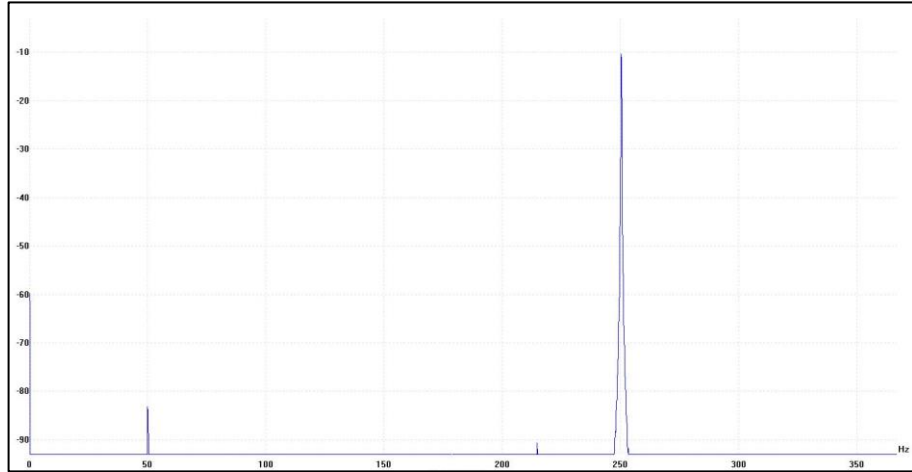
Resim 13 Ses sinyallerin proje kapsamında alınan PADK deneme kartında üretilmesi

Bu amaçla kullanılan birçok kodek entegresi vardır. Oluşturulmak istenen ses sinyali sağ yaslamalı veya sola yaslamalı olarak istenilen formatta I^2S arayüzü veya DSP arayüzü aracılığı ile kodek entegresine gönderilebilir. Dijital sinyal işlemede istenilen sinyalin düzgün bir şekilde örneklenebilmesi veya oluşturulabilmesi için en yüksek frekansa sahip frekans bileşeninden en az iki kat daha hızlı örnekle yapılması gereklidir (8) (9). Bu nedenden ötürü sinyal örneklenirken örneklenecek sinyal alçak

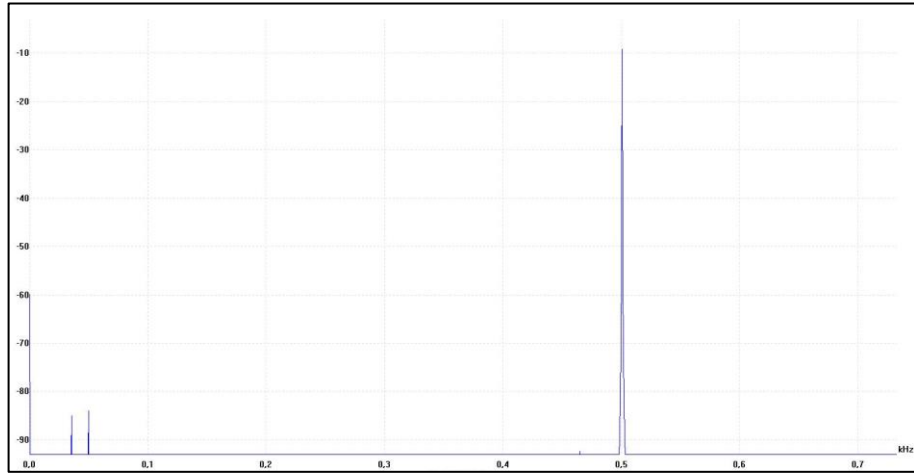
geçiren filtreden geçirilerek sinyal içinde ölçülmesi yeterli olacak maksimum sinyal frekansı sınırlanır. Bu durum sinyalin üretilmesinde de geçerlidir. Uygulama üretilen saf sinüs sinyalleri içinde en yüksek frekansa sahip bileşen 8kHz frekansa sahiptir. Kodek entegresinin örnekleme zamanını 64kHz yapıldı. Böylelikle en yüksek frekansa sahip sinyal bileşeni sekiz ayrı noktadan örneklendi.



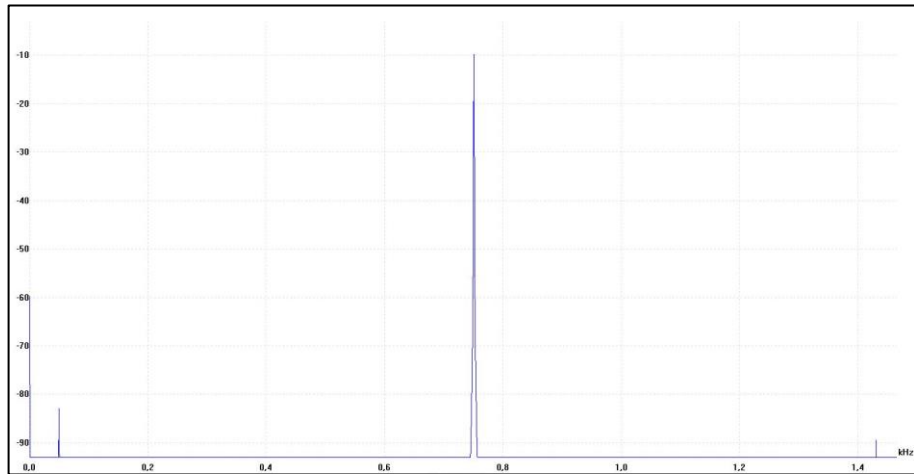
Şekil 5 125 Hz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



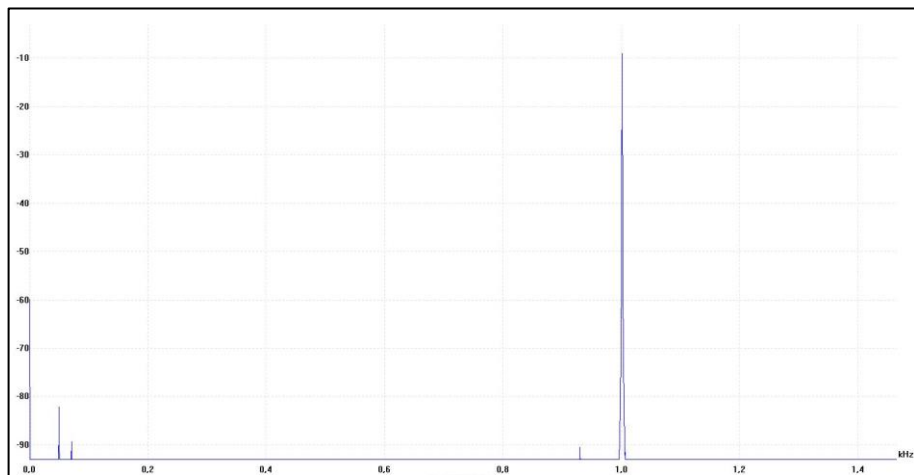
Şekil 6 250 Hz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



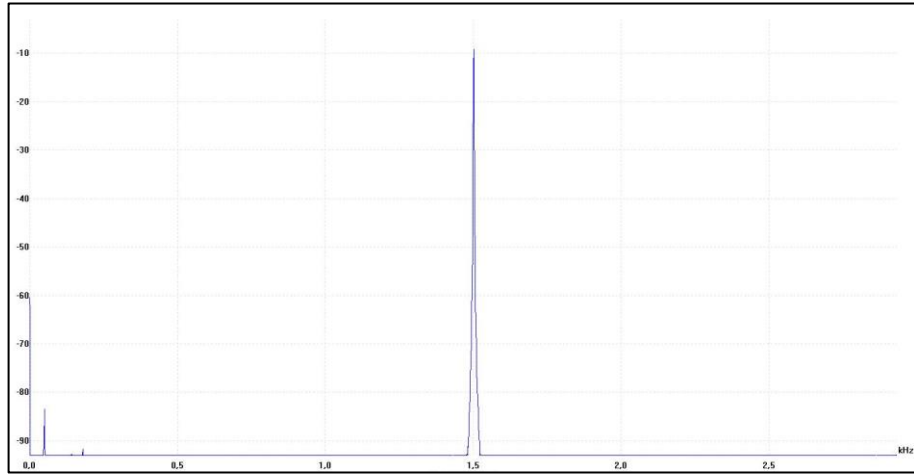
Şekil 7 500 Hz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



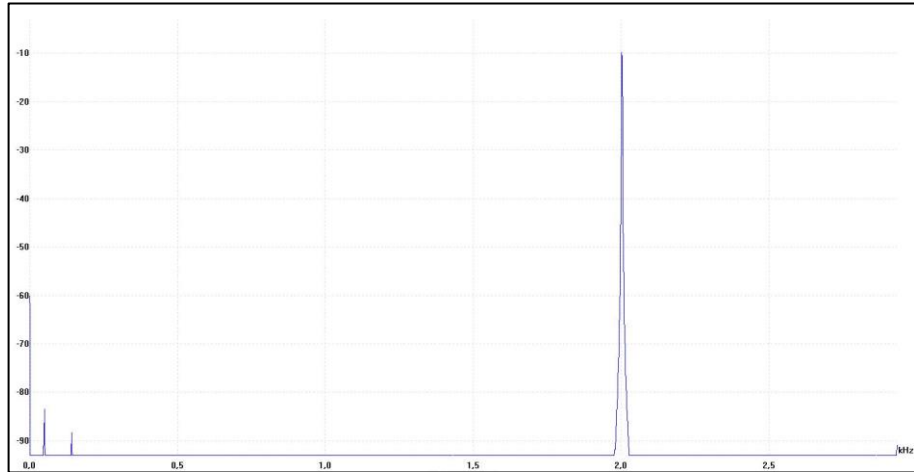
Şekil 8 750 Hz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



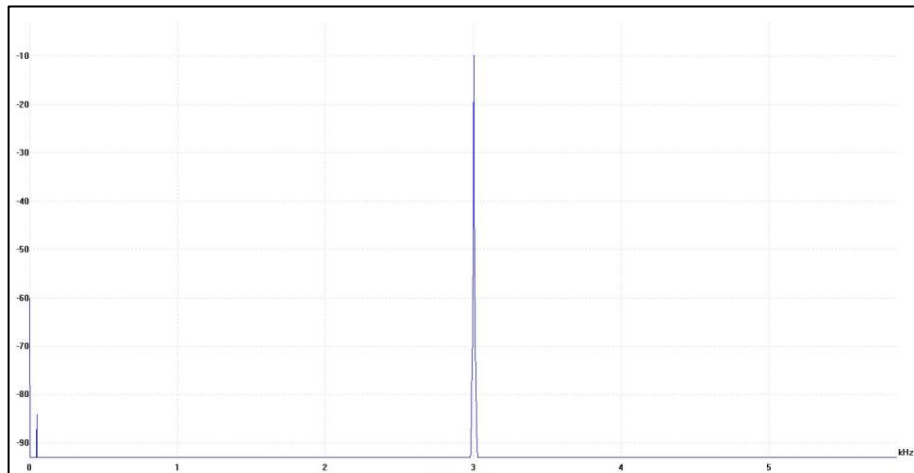
Şekil 9 1 kHz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



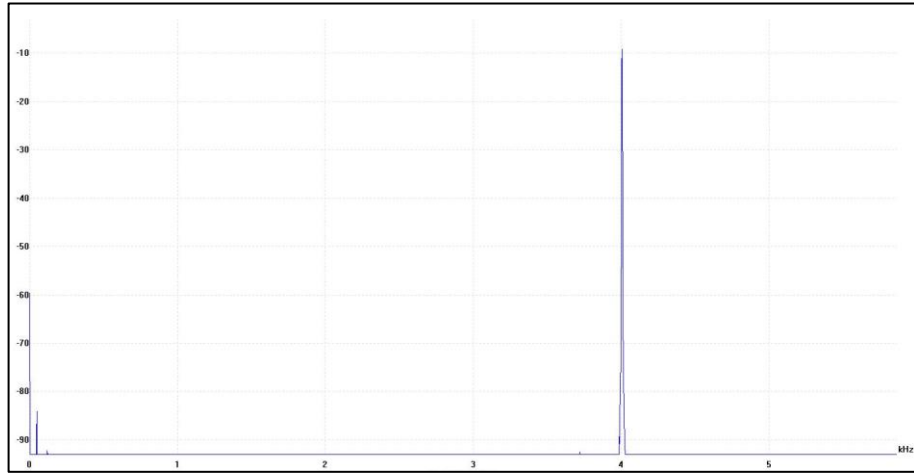
Şekil 10 1,5 kHz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



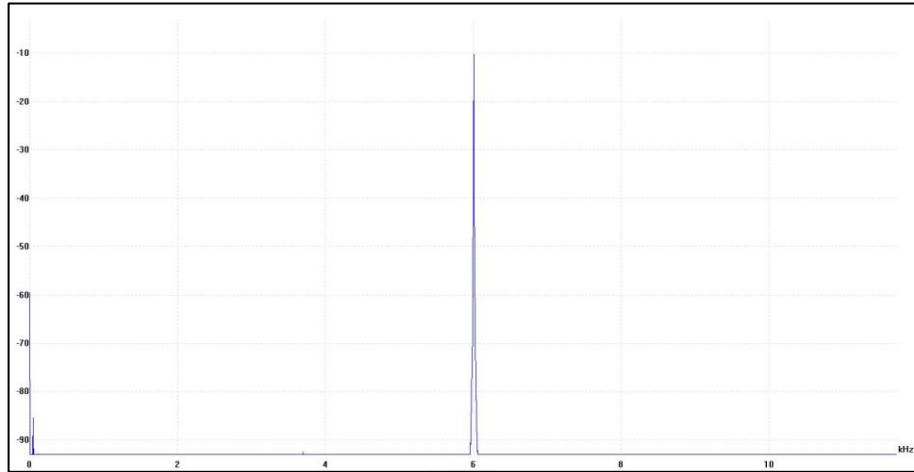
Şekil 11 2 kHz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



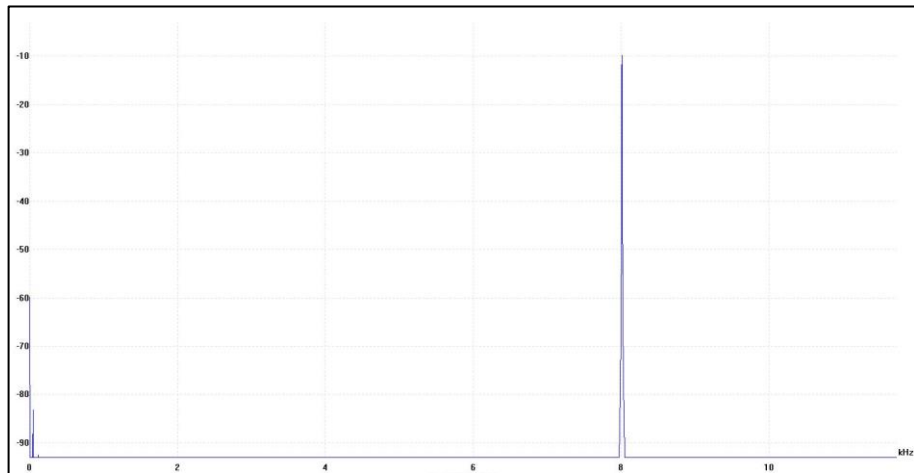
Şekil 12 3kHz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



Şekil 13 4 kHz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



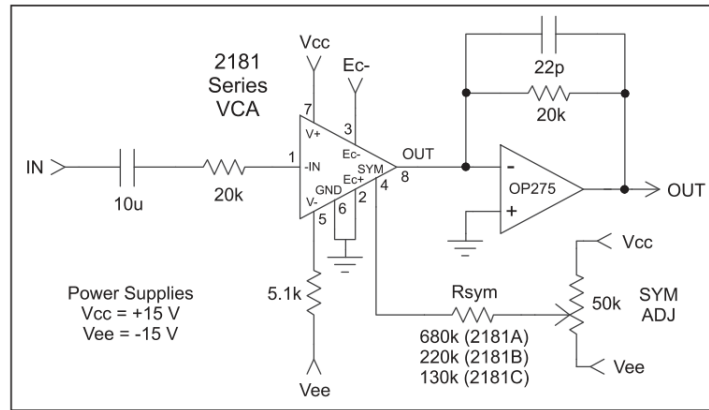
Şekil 14 6 kHz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi



Şekil 15 8 kHz Sinyal Çıkışı Spektrum Analizi

Genlik Zayıflatma Ünitesi

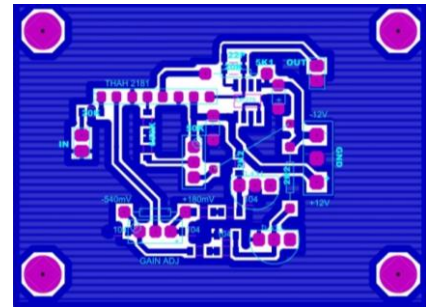
Deneme kartının kodek çıkışındaki ses sinyali voltaj kontrollü yükselteç entegresi olan THAT2181A sayesinde istenilen ses seviyesine getirilmiştir. Entegre kontrol girişlerine uygulanan gerilim seviyesine göre girişine uygulanan sinyali lineer olarak zayıflatabilmektedir. Entegre içerisindeki kapalı akım döngüsü sayesinde sıcaklık değişimlerine karşı kararlı bir çalışma gerçekleştirebilmektedir (10).



Resim 14 THAT2181A VCA entegresinin uygulama şematiği



Resim 15 THAT2181A uygulamasının üstten görünüşü



Resim 16 THAT2181A uygulama devresinin baskıdevre çizimi

Resim 14 uygulamada kullanılan devre şematiği görülmektedir. Entegrenin kullanım kavuzundan yararlanarak Proteus ISIS programında oluşturulan bağlantı dosyası, Proteus ARES programına atılarak baskıdevre çizimi gerçekleştirildi. Resim 15 ve Resim 16'de uygulama devresinin üstten görünüşü ve baskı-devre şeması gösterilmektedir.

Frekans Modülasyonlu Sinyallerin Üretilmesi

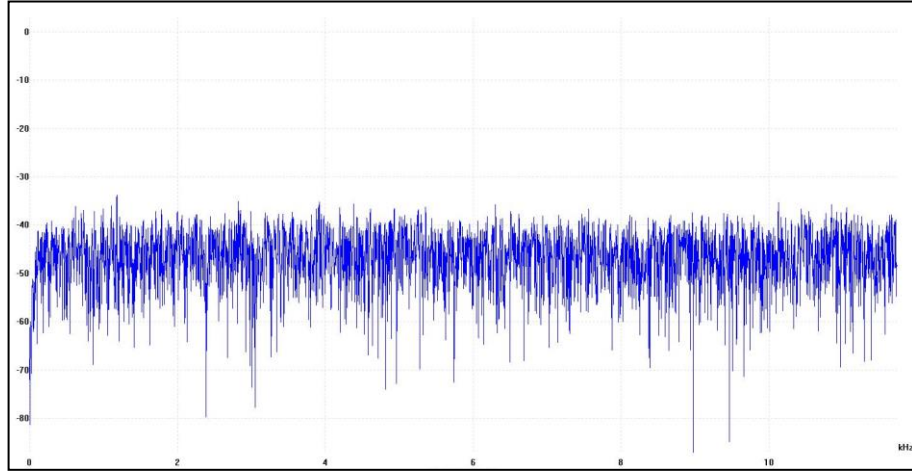
“Warble” sinyali, odyometrik testlerde temel sinyaller olan 125Hz ile 8000Hz arasındaki sinyaller ile 5Hz’lik sinyalin %5’lik frekans modülasyonu ile oluşturulan sinyallerdir. Odyolojide kullanılan bu sinyaller deneme kartında oluşturuldu. Bu modülasyon sonunda merkez frekans f_o olmak üzere iki yan bant sinyal oluşmaktadır. Oluşan yeni sinyaller $f_o \pm f_m$ şeklinde ifade edilirler. Burada f_m modüle edilen 5Hz’lik sinyaldir. Oluşan yeni sinyali 5Hz hassasiyetle gösterebilecek bir spektrum ölçü aleti bulunamadığı için uygulamada elde edilen ses sinyalleri kulaklık çıkışında kaydedildi. Bu ses sinyalleri mp3 formatında CD’ye çekilmiş olarak projenin ekindedir.

Kayıt esnasında elimizdeki kayıt cihazlarının bant genişliğinin yetmemesinde ötürü 8kHz’lik warble sinyali kayıt esnasında bozulmaya uğramıştır. Kayıt spektrumu daha geniş profesyonel bir kayıt cihazı ile bu sorunun üstesinden kolaylıkla gelinebilir. Kayıt esnasında böyle bir cihaz temin edilememiştir.

Maskeleme işlemi

Beyaz Gürültü

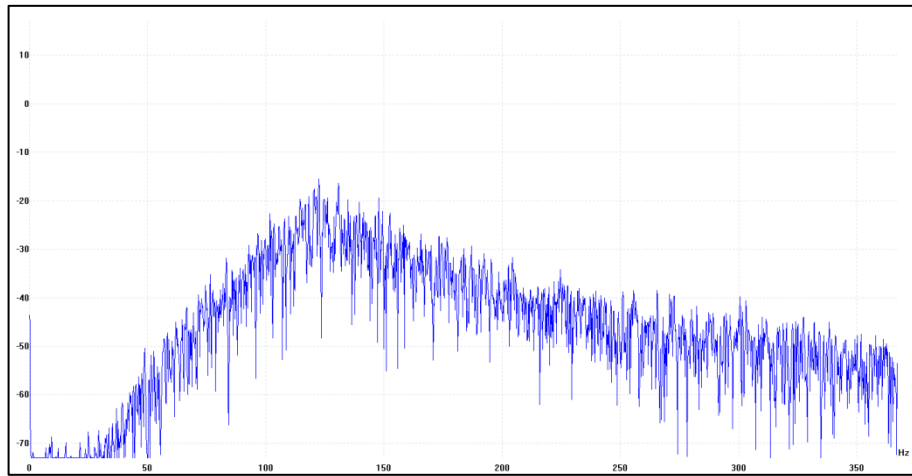
Genlik ve frekansı rastgele değişen, odyolojinin tüm frekans spektrumlarını kapsayan gürültüdür. Bu gürültü hastanın bir kulağına uygulanırken diğer kulaktan başka bir ses sinyali uygulanır. Beyaz gürültünün iki kulağa birden uygulanması gibi bir durum yoktur. Bu işleme odyolojide maskeleme denilmektedir. Şekil 16’de deneme kartında üretilen beyaz gürültünün spektrum analizi verilmiştir.



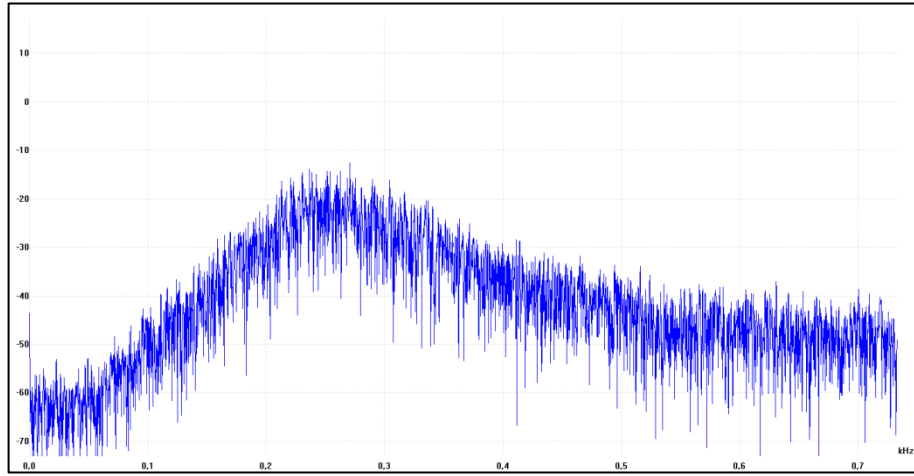
Şekil 16 Beyaz gürültü spektrum analizi

Pembe Gürültü

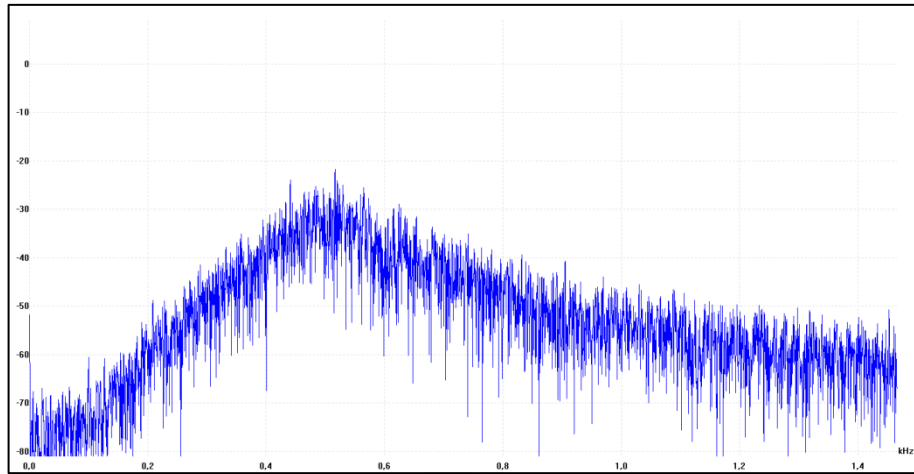
Beyaz gürültünün istenilen merkez frekansta bant geçiren filtre ile filtrelenmesi sonucu elde edilen gürültüye pembe gürültü denilir. Şekil 17 ile Şekil 27 arasında odyometride kullanılan merkez frekanslarda üretilen pembe gürültü sinyalleri gösterildi.



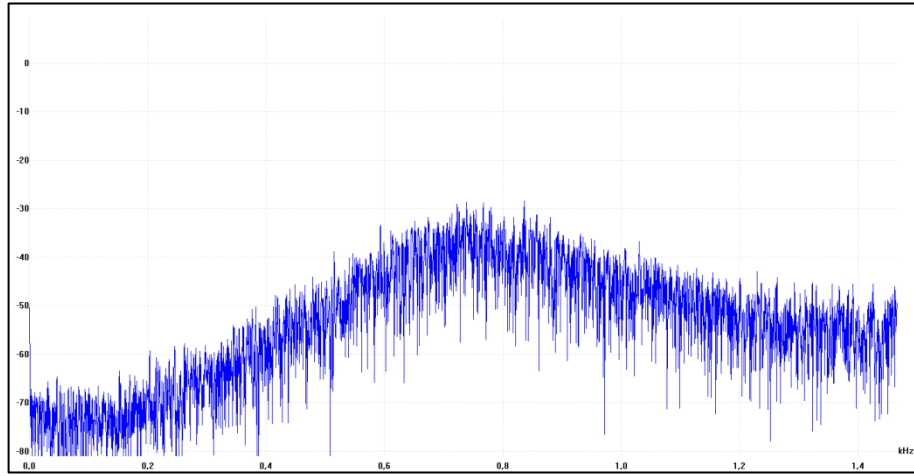
Şekil 17 125Hz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



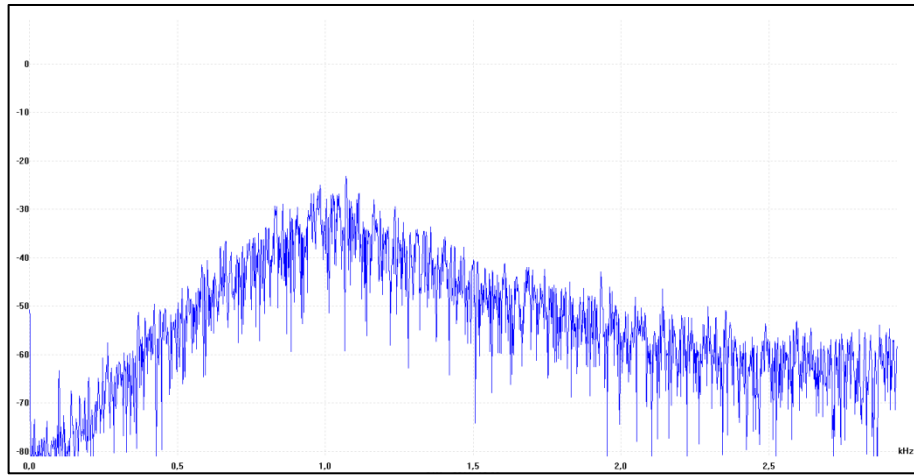
Şekil 18 250Hz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



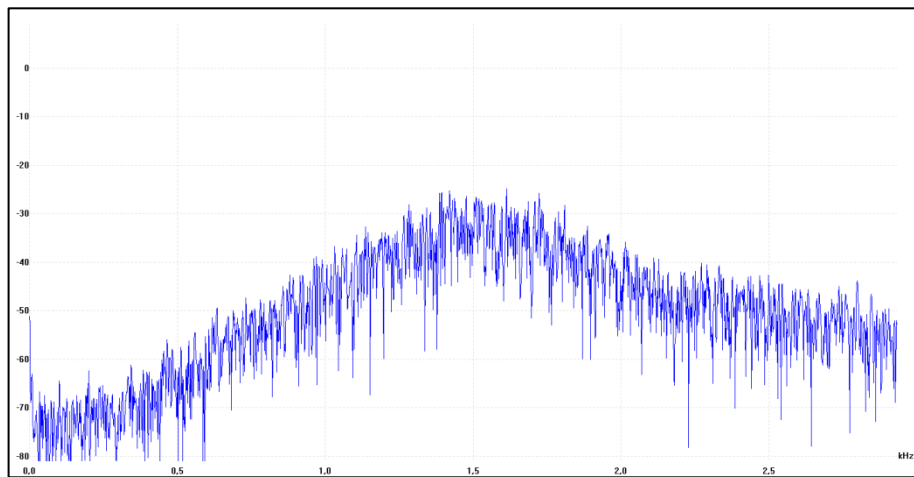
Şekil 19 500Hz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



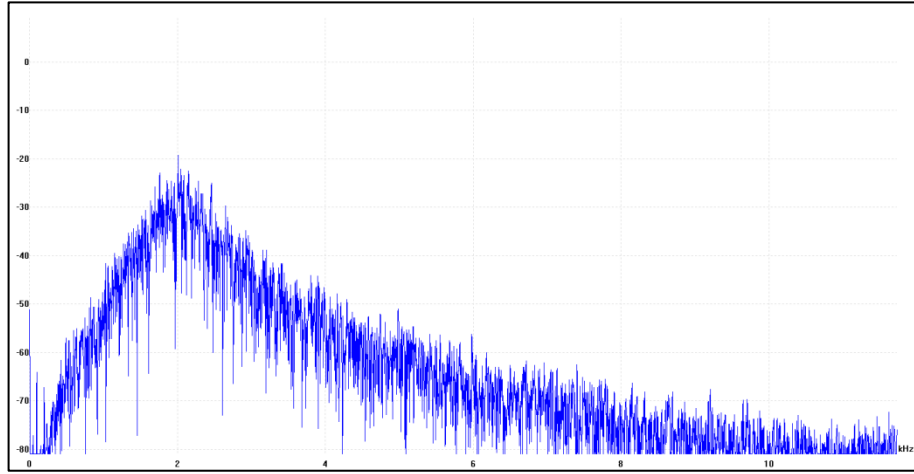
Şekil 20 750Hz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



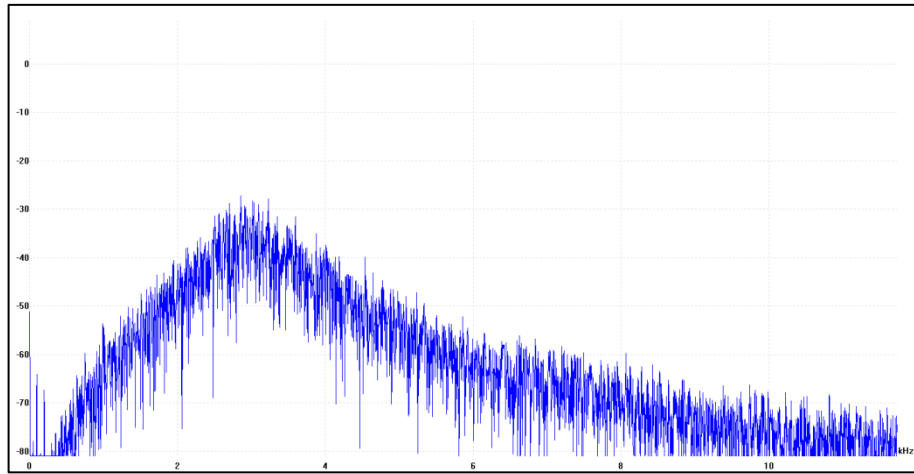
Şekil 21 1kHz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



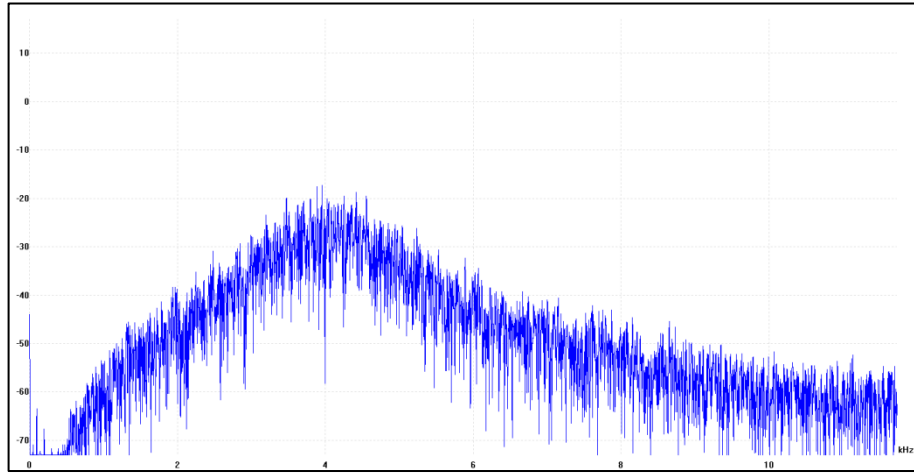
Şekil 22 1,5kHz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



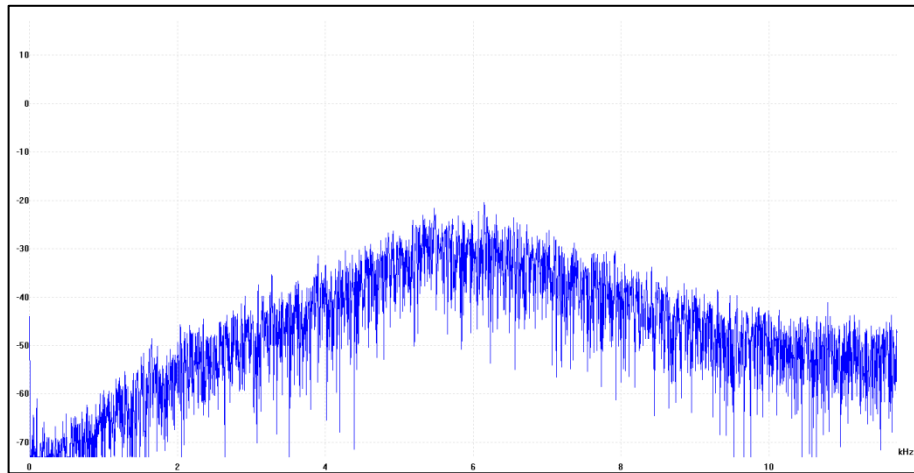
Şekil 23 2kHz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



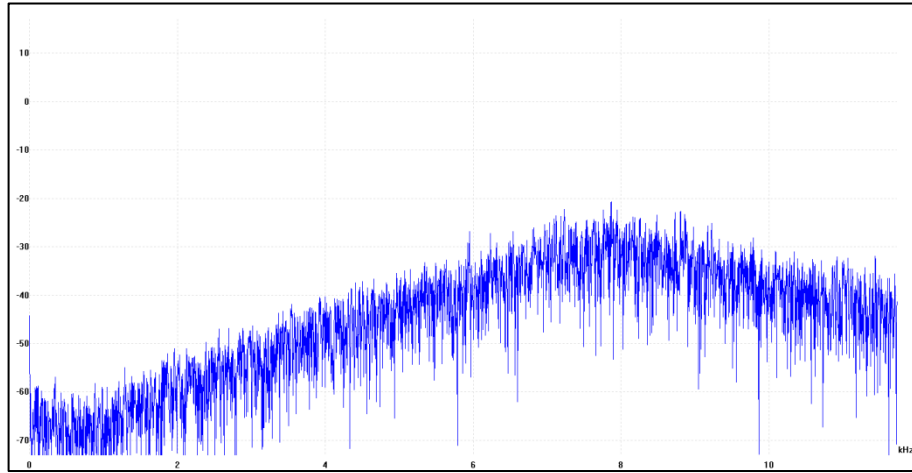
Şekil 24 3kHz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



Şekil 25 4kHz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi



Şekil 26 6kHz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi

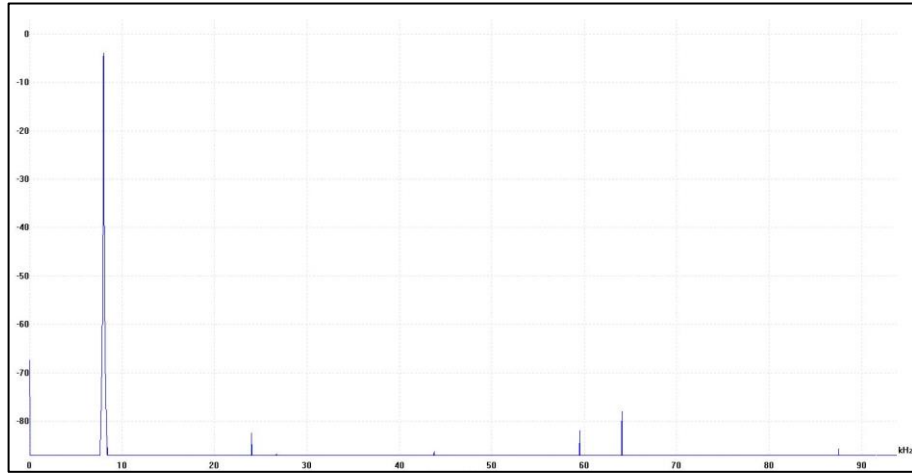


Şekil 27 8kHz merkez frekansa sahip pembe gürültünün spektrum analizi

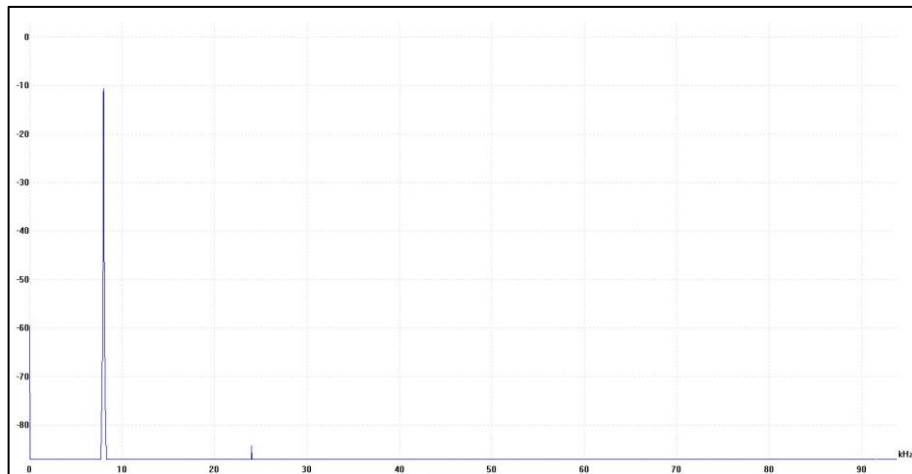
Filtre devresi

İnsan kulağı yapısı gereği 20Hz ile 20kHz arasındaki ses sinyallerine tepki verebilir (2). Odyometrik testlerde insan kulağının 125Hz ile 8kHz arasındaki tepkileri ölçülür. Bu nedenle işitme kaybının ölçülmesinde kullanılan sinyaller filtre aracılığı ile sınırlandırılabilir (4) (5).

Uygulamada odyometre için geliştirilmiş 6. Dereceden çok katmanlı geribesleme (Multiple-Feedback) yapıdaki aktif filtre devresinin MATLAB programında benzetimleri yapıldı. Devrenin uygulaması gerçekleştirildi ve elde edilen sonuçlar benzetim sonuçları ile karşılaştırıldı. Son olarak filtre devresi proje kapsamında alınan deneme kartı çıkışında test edildi. Test sonuçları elde edilen spektrum analizleri pico ADC-212 aracılığı ile ölçüldü. Şekil 28’de kodek çıkışında elde edilen sinyalin spektrum analizi görülmektedir. Çıkış sinyali tasarlanan 12kHz alçak geçiren filtre devresinden geçirildikten sonra elde edilen çıkış sinyali ise Şekil 29’da gösterildi.



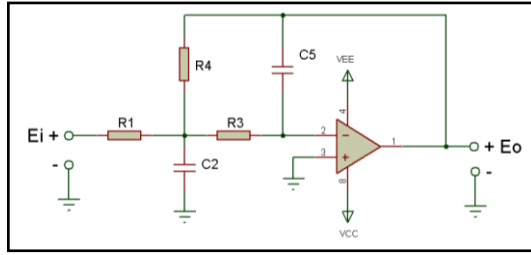
Şekil 28 Kodek çıkışındaki sinyalin spektrum analiz sonuçları



Şekil 29 Tasarlanan 12kHz alçak geçiren filtre çıkışının spektrum analiz sonuçları

Günümüzde filtre devrelerin aktif filtre devresi olarak tasarlanması boyutlarının küçülmesine ve çalışma frekans bandının genişlemesine olanak sağlar. Özellikle alçak frekans filtre devrelerinde pasif filtre devrelerinde kullanılan kondansatörün kapasitesi ve bobinin endüktansının artması, maliyetin ve devre boyutlarının artmasına neden olmaktadır. Aktif filtre devrelerinin bu avantajlarının aynı sıra, güçlerinin düşük olması ve sinyal genliğinin aktif elemanın besleme gerilimi ile sınırlı olması dezavantajlarındandır (11). Uygulamada ses sinyali filtre edileceği ve çıkış sinyalleri genliklerinin düşük olması sebebi ile devre yapısı olarak çok katmanlı

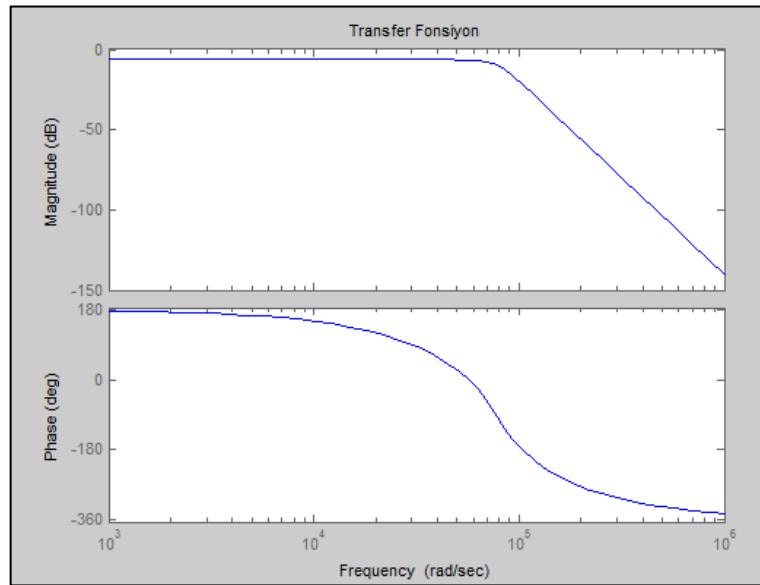
geri besleme yapıya sahip aktif filtre tercih edildi. Bahsedilen filtre yapısı Resim 17’da gösterilmiştir. Resim 17’deki yapı kaskat bağlanarak elde edilen filtre devresinin transfer fonksiyonu Eşitlik 1 verilmiştir. Elde edilen transfer fonksiyonu MATLAB programı kullanılarak benzetimi yapıldı. Benzetim sonucunda elde edilen Bode eğrisi Şekil 30’daki gibidir.



Resim 17 Çok katmanlı geribesleme yapısına sahip aktif filtre devresi

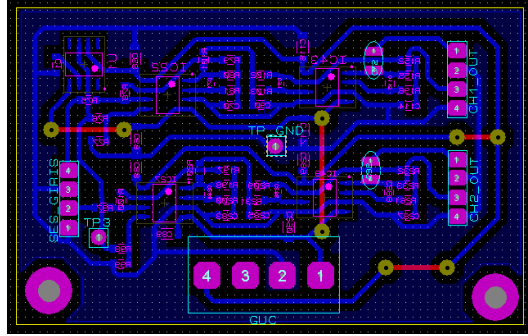
$$\frac{E_o}{E_i}(s) = \frac{-\frac{1}{R_1 R_3 C_2 C_5}}{s^2 + \left(\frac{s}{C_2}\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right) + \frac{1}{R_1 R_4 C_2 C_5}}$$

Eşitlik 1 Çok katlı geribeslemeli aktif filtrenin transfer fonksiyonu



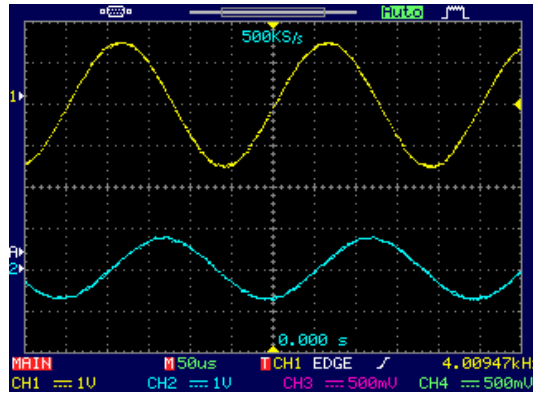
Şekil 30 12kHz Filtre devresinin MATLAB simülasyonunda elde edilen Bode eğrisi

Uygulama aşamasında aktif filtre devresi hem sağ kanal hem de sol kanal için aynı plaket üzerine çizildi. Proteus ISIS programı kullanılarak oluşturulan bağlantı dosyası Proteus ARES programına aktarılarak baskıdevre çizimi gerçekleştirildi. Uygulama devresinin baskıdevre çizimi Resim 18’de gösterilmektedir.



Resim 18 6.Dereceden aktif filtre devresinin baskı-devre çizimi

Devrenin gerçekleştirilmesinden sonra, devre girişine odyometrik testlerde kullanılan farklı frekanslardaki sinyaller ve filtre devresinin kesim frekansındaki frekanslar “*TT T-Echni-C VC2002 Function Signal Generator*” sinyal jeneratörü ile uygulanmıştır. Filtre devresinin giriş ve çıkış sinyalleri ise “*GwInstek GDS-2204*” osilaskobu kullanılarak ölçülmüştür. Filtre girişine 4kHz’lik sinyal uygulanırken giriş ve çıkış sinyallerinin osilaskop ekranındaki görüntüsü Resim 19’deki gibidir. Ölçülen değerler ve giriş sinyalinin filtre devresi çıkışında zayıflatılması desibel olarak Çizelge 2’de verildi.

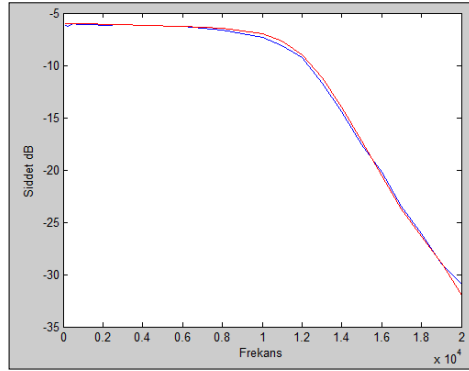


Resim 19 4 kHz giriş sinyali ve çıkış sinyalinin gösteren osilaskop ekranı

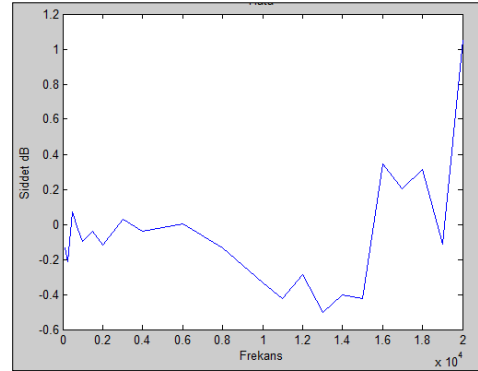
Çizelge 2 Aktif filtre devresinin uygulama sonucunda elde edilen veriler

Frekanslar	Giriş Sinyali (RMS)	Çıkış Sinyali (RMS)	Zayıflatma
125Hz	1,04V	511mV	-6,17dB
250Hz	1,06V	516mV	-6,25dB
500Hz	1,03V	518mV	-5,97dB
750Hz	1,03V	512mV	-6,07dB
1kHz	1,03V	508mV	-6,14dB
1.5kHz	1,04V	516mV	-6,09dB
2kHz	1,04V	510mV	-6,19dB
3kHz	1,03V	512mV	-6,07dB
4kHz	1,04V	510mV	-6,19dB
6kHz	1,04V	505mV	-6,27dB
8kHz	1,04V	485mV	-6,63dB
10kHz	1,05V	453mV	-7,3dB
11kHz	1,05V	414mV	-8,08dB
12kHz	1,04V	357mV	-9,29dB
13kHz	1,05V	273mV	-11,7dB
14kHz	1,05V	200mV	-14,4dB
15kHz	1,05V	138mV	-17,63dB
16kHz	1,04V	101mV	-20,25dB
17kHz	1,05V	70,2mV	-23,5dB
18kHz	1,05V	52,1mV	-26,09dB
19kHz	1,05V	37,2mV	-29,01dB
20kHz	1,04V	29,5mV	-30,94dB

Şekil 31’da mavi eğri, uygulama sonucu aktif filtre devresinin çıkış sinyalindeki zayıflatma miktarını desibel cinsinden göstermektedir. Kırmızı eğri ise benzetim sonucunda elde edilen grafik. İki eğri arasındaki hata desibel cinsinden Şekil 32’de gösterilmektedir.



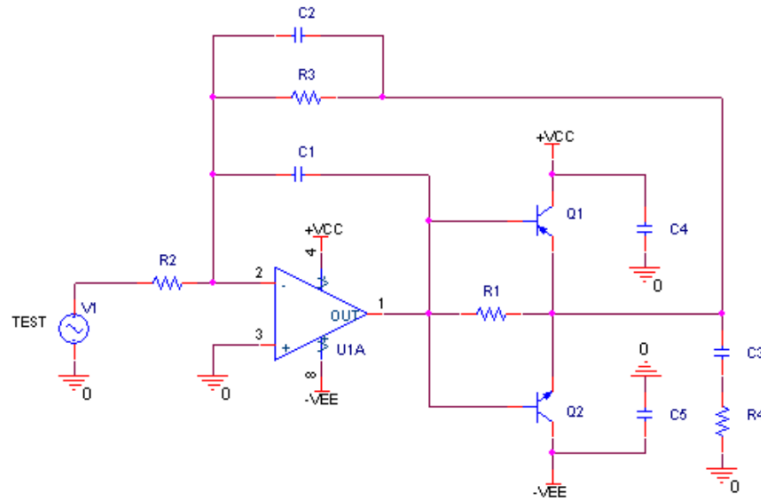
Şekil 31 Simülasyon ile uygulama sonuçlarının karşılaştırılması



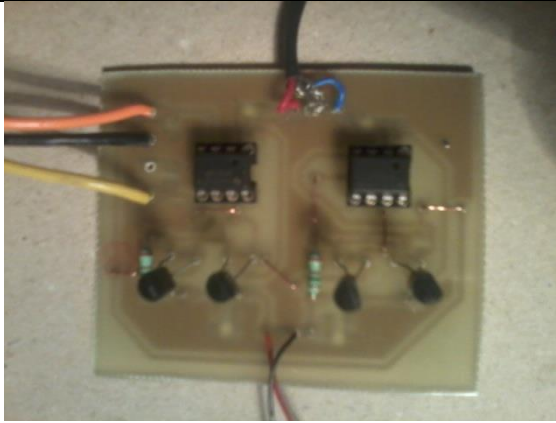
Şekil 32 Simülasyon ile uygulama arasındaki hata sinyali

Güç katı

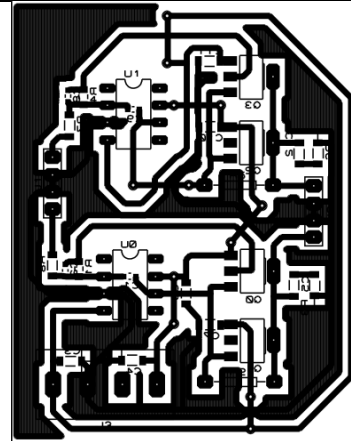
Filtreleme işleminden sonra ses sinyalinin 8Ω içdirencine sahip TDH-39 kulaklıkları sürebilmesi için kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla her çıkış kanalı için Resim 20'deki devre tasarlanmıştır. Devrenin çalışması Cadence OrCad programı kullanılarak analiz edildi. Analiz çalışmalarından sonra Proteus Ares programı kullanılarak baskıdevre şeması çıkarıldı. Devrenin üstten görünüşü ve baskıdevre şeması Resim 21 ve Resim 22'de verilmiştir.



Resim 20 THAT2181A uygulama şematiği (10)



Resim 21 Güç katı devresi üsten görünüşü



Resim 22 Güç Katı baskıdevre şeması

Sonuç

Bu çalışmada odyometre cihazının temel işlevleri olan saf ton ses sinyalleri, merkez frekansları temel odyoloji frekansları olan 5Hz ile %5 modüle edilerek üretilen warble ses sinyalleri, maskelemede kullanılan geniş bant ve dar bant gürültü sinyalleri üretimi deneme kartı üzerinde gerçekleştirildi. Bunların yanı sıra çalışma koşulları göz önünde alınarak cihazın dış etkilerden ve şebeke gürültülerinden daha az etkilenmesini sağlayacak güç kaynağı tasarımına gidildi. Son olarak çıkış sinyalinin filtrelenmesi, ses sinyalinin genliğinin kontrolü ve TDH-39 kulaklık setini sürebilmek için güç katı gerçekleştirildi.

Güç kaynağı yapımında kullanılan TOP244Y entegresi 132kHz ile anahtarlama yapmaktadır. Bu sayede çıkışında kullanılan filtre elemanlarının boyutları küçüldü. Entegre çıkışından 30W'a kadar güç çekilebilir. Bu özelliklerinin yanında sıcaklık koruması, kısadevre koruması ve çıkışından akım çekilmediği zaman anahtarlama frekansını 66kHz seviyesine indirerek anahtarlama kayıplarını azaltmaktadır.

Ses sinyalinin genliğinin kontrolü denemelerinde kullanılan THAT2181A entegresi gerilim kontrollü amplikatör entegresi olup, kontrol girişine uygulanan -180mV ile 540mV arasındaki analog sinyal ile çıkışında -90dB ile 30dB arasında ses şiddetini doğrusal olarak kontrol edebilmektedir. Ayrıca entegre içerisinde oluşturulmuş kapalı akım döngüsü sayesinde sıcaklık değışimlerine karşı daha karalı çalıştığı görüldü.

Bu aşamadan sonra cihazın akredite işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Akredite için istenen standartların sağlanmasıyla cihaz üretimi için gerekli finansman arayışına gidilebilir. Bu sayede cihazın nihai üretimi için gerekli malzeme alım ve tasarımlarına geçilebilir. Gerekli finansman bulunabilirse cihazın Türkiye’de de üretimi gerçekleştirilebileceği inancındayız.

Kaynakça

1. *Audiometry techniques, circuits, and systems*. **Pande, Prof. P. C. and Vineet P. Aras**. Now 2003, M. Tech. Credit Seminar Report, Electronic Systems Group, EE Dept, IIT Bombay submitted.
2. **Truax, Barry**. *Handbook For Acoustic Ecology*. s.l. : Originally published by the World Soundscape Project, Simon Fraser University, and ARC Publications, 1999.
3. **Schafer, R.M.** *Simon Fraser University*. [Çevrimiçi] http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/Sound_Propagation.html.
4. **Stach, Brad A.** *Clinical Audiology An Introduction Second Edition*. Delmar : Cengage Learning, 2010.
5. **A.Gelfand, Stanley**. *Essential of audiology second edition*. s.l. : Thieme, 2001.
6. **Mohan, Undeland ve Robbins**. *Power Electronics*. s.l. : Media Enhanced Third Edition, 2002.
7. *TOP242-250 TOPSwitch-GX Family Extended Power*. s.l. : Design Flexible, EcoSmart, Integrated Off-line Switcher.
8. **Chassaing, Rulph**. *Digital Signal Processing and Application with the C6713 and C6416 DSK*. s.l. : Wiley-Interscience, 2005.
9. **Lynn, Paul A.John**. *Digital Signal Processing with computer applications, second edition*. s.l. : Wiley, 2000.
10. *That corporation Trimmable IC, Voltage Controlled Amplifiers THAT 2181A*.
11. **Notes, Texas Instruments Application**. Chapter 16 Active Filter Design Techniques. *Excerpted from Op Amps for Everyone*. 2008.