

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK DAVULUN EĞİTİM AMAÇLI
TASARIMI VE BİR MÜZİK EĞİTİM SİMÜLATÖRÜ**

DOKTORA TEZİ

Elektronik Yük. Müh. Hasan Selçuk SELEK

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Zafer DEMİR

Ocak 2012

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

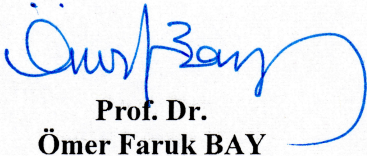
**ELEKTRONİK DAVULUN EĞİTİM AMAÇLI
TASARIMI VE BİR MÜZİK EĞİTİM SİMÜLATÖRÜ**

DOKTORA TEZİ

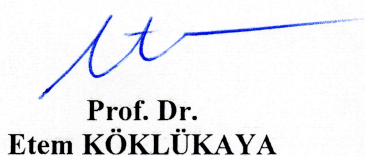
Elektronik Yük. Müh. Hasan Selçuk SELEK

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

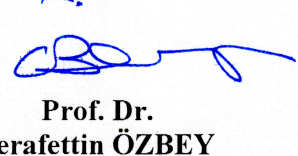
Bu tez 12/01/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



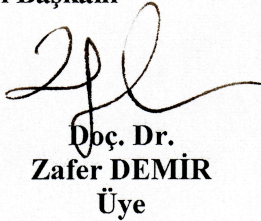
**Prof. Dr.
Ömer Faruk BAY**
Jüri Başkanı



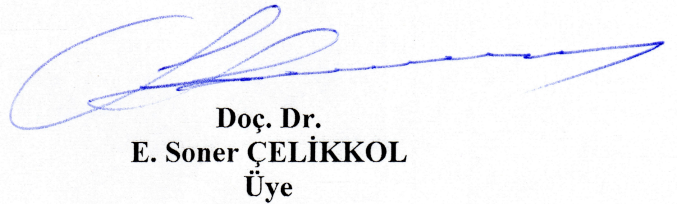
**Prof. Dr.
Etem KÖKLÜKAYA**
Üye



**Prof. Dr.
Şerafettin ÖZBEY**
Üye



**Doç. Dr.
Zafer DEMİR**
Üye



**Doç. Dr.
E. Soner ÇELİKKOL**
Üye

ÖNSÖZ

Bazı sanatçuların müziğin sayısallaşmasının doğru olmadığını düşünmelerine rağmen, eğitim amacıyla müzik aletlerinin simülasyonu ve müzikte elektronik uygulamaların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Elektronik müzik geliştikçe, elektronik uygulamalara duyulan ihtiyaçta aynı oranda artmaktadır.

Özellikle müzik eğitiminde, elektronik uygulamalar öğrenmeyi ve öğretmeyi hızlandırmaktadır. Bu çalışma ile elektro davul modellenerek, eğitimde kullanılabilmesi için bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen model ile, diğer müzik aletleri için de benzer çalışmaların önü açılmıştır.

Bu çalışmada müzik ve elektronik uygulamaların birlikte kullanılabilirliği gösterilmiştir. Aynı zamanda manuel ya da dijital metronom kullanmadan, yazılımsal olarak metronom görevi gören kart tasarımının da mümkün olabileceği gösterilmiştir.

Tasarlanan kart ve yazılan program, öncelikle bilgisayar ortamında denenmiştir. Sonra board üzerinde çalışması kontrol edilerek ve baskı devresi hazırlanarak kart tasarımı bitirilmiştir. Daha sonrasında, malzeme yerleşim tablosuna göre parçalar takılarak davuldan alınan gerçek analog sinyallerle çalışması test ve kontrol edilerek, çalıştığı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmamda, yardımları ve ilgilerinden dolayı; Sayın Hocam Prof. Dr. Şerafettin ÖZBEY, Sayın Danışmanım Doç. Dr. Zafer DEMİR, Sayın Okul Müdürüm Doç Dr. E. Soner ÇELİKKOL, Sayın Ali Kemal AYAR ve çalışma arkadaşım Sayın Öğr. Gör. Vasfi Nadir TEKİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ALGILAYICILAR, SES VE OLUŞUMU.....	5
2.1. Algılayıcıların Sınıflandırılması.....	7
2.1.1. Giriş büyüklüklerine göre algılayıcılar.....	7
2.2.2. Çıkış büyüklüklerine göre algılayıcılar.....	7
2.2.3. Besleme ihtiyacına göre algılayıcılar.....	8
2.2. Piezoelektrik Sensör.....	8
2.2.1. Literatür Tarama.....	10
2.3. Kuvvet Algılayıcılar.....	14
2.4. Algılayıcı Seçimi.....	15
2.5. Sesin Oluşumu, Özellikleri ve Hesaplanması.....	16
BÖLÜM 3.	
SİMÜLATÖRÜN TASARIMI VE UYGULANMASI.....	19
3.1. Metronom, Tarihçesi, Türleri ve Çalışma Şekli.....	19

3.2. Projede Metronomun Yeri, Önemi ve Kullanım Amacı.....	22
3.3. PIC ve Metronomun Gerçekleştirilmesi.....	24
3.4. Metronomun Programı.....	26
3.5. Vuruş (Tuşe) Algılaması.....	26
3.6. PIC ile Vuruş Analizi.....	28
3.6.1. Vuruş analiz programı.....	30
3.7. Vuruş Devre Beslemesi (Gerilim Bölücü ile).....	32
3.8. Vuruş Devre Beslemesi (Enstrümantasyon Yükselteç ile).....	32
3.8.1. Yüksek giriş empedanslı versiyon.....	33
3.8.2. Yüksek giriş voltajlı versiyon.....	36
3.8.3. Yüksek ortak mod bastırma oranlı versiyon	38
3.9. Vuruş ve Metronom Devrelerinin Birleştirilmesi.....	40
3.9.1. Devrenin çalışması.....	45
3.9.2. Devrenin Testi.....	46
3.10. Devrede Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri.....	50
3.11. Etütler.....	61
BÖLÜM 4.	
SİMÜLATÖRÜN EĞİTİMDE KULLANILABİLİRLİK ANALİZİ.....	
4.1. Amaca Uygunluk.....	64
4.2. Veri Toplama Aracı.....	64
4.3. Ana Kitle ve Örnek Kitle.....	65
4.4. Uygulanan Yöntem ve Model.....	65
4.5. Verilerin Değerlendirilmesi.....	66
BÖLÜM 5.	
SONUÇ.....	
KAYNAKLAR.....	
EKLER.....	
ÖZGEÇMİŞ.....	

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Amper, Akım birimi
ADC	: Analog to Digital Converter – Analogdan Dijitale Çevirici
BTIE	: Bilgi Teknolojileri Işığında Eğitim Sempozyumu
CMRR	: Common Mode Rejection Ratio – Ortak Mod Bastırma Oranı
dB	: Desibel
DC	: Direct Current – Doğru Akım
Hz	: Hertz, Frekans birimi
IR	: Infrared, Kızıl ötesi
ISA	: Instrument Society of America
LCD	: Liquid Crystal Display
LDR	: Light Dependent Resistor
LED	: Light Emitting Diode
MATLAB	: Matrix Laboratory
ms	: mili saniye
NOR	: Not OR, VEYADEĞİL kapısı
NTC	: Negatif sıcaklık sabitli direnç
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OP-AMP	: Operational Amplifier, İşlemsel Yükselteç
OR	: VEYA kapısı
PTC	: Pozitif sıcaklık sabitli direnç
SPSS	: Statistical Package for the Social Science
T	: Zaman
T/C	: Termocuople
V	: Volt

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Devre Blok Şeması.....	2
Şekil 2.1.	Piezoelektrik Sensör.....	9
Şekil 2.2.	Piezoelektrik Malzeme Çeşitleri.....	9
Şekil 2.3.	Çalıştırıcı ve Sensör Ölçüm Sonuçları.....	10
Şekil 2.4.	Piezoelektrik sensör Kalibrasyon Düzeneği.....	13
Şekil 2.5.	Strain Gauge (Yük hücresi).....	15
Şekil 3.1.	Mekanik Metronom.....	20
Şekil 3.2.	Dijital Metronom.....	20
Şekil 3.3.	Piezofilm Sensör Uygulanmış Pad.....	23
Şekil 3.4.	Metronom Devresi	24
Şekil 3.5.	Kullanılan Davul.....	27
Şekil 3.6.	Tuşe Kartı.....	28
Şekil 3.7.	Tuşe Analiz Devresi.....	29
Şekil 3.8.	Besleme Ekli Tuşe Devresi.....	30
Şekil 3.9.	Gerilim Bölücülü Giriş Devresi.....	32
Şekil 3.10.	Yüksek Giriş Empedanslı Enstrümantasyon Yükselteç.....	34
Şekil 3.11.	Yüksek Giriş Voltaj Versiyonlu Enstrümantasyon Yükselteç.....	36
Şekil 3.12.	Yüksek Ortak Mod Tepki Oranlı Enstrümantasyon Yükselteç.....	39
Şekil 3.13.	Birleşik Devre 1.....	40
Şekil 3.14.	Gerilim Regülatörü.....	41
Şekil 3.15.	NOR Kapılı Devre.....	42
Şekil 3.16.	Test için Tasarlanan Devre.....	43
Şekil 3.17.	Test için Tasarlanan Devre Arka Yüzü.....	44
Şekil 3.18.	Analog Giriş Yapılmış Kart.....	45
Şekil 3.19.	8 mV Giriş Voltajı için Çıkış.....	47
Şekil 3.20.	15 mV Giriş Voltajı için Çıkış.....	47

Şekil 3.21.	20 mV Giriş Voltajı için Çıkış.....	48
Şekil 3.22.	30 mV Giriş Voltajı için Çıkış.....	48
Şekil 3.23.	200 mV Giriş Voltajı için Çıkış.....	49
Şekil 3.24.	500 mV Giriş Voltajı için Çıkış.....	49
Şekil 3.25.	Regülatör Seti.....	51
Şekil 3.26.	OP-AMP Beslemesi.....	52
Şekil 3.27.	Giriş OP-AMP Devresi.....	52
Şekil 3.28.	Metronom Devresi.....	53
Şekil 3.29.	Baskı Devre 3D Görüntüsü.....	54
Şekil 3.30.	Baskı Devre Şematik Görüntü.....	54
Şekil 3.31.	Birleşik Devre 2.....	55
Şekil 3.32.	Uyumlandırma Devresi.....	56
Şekil 3.33.	Uyumlandırma Devreli Kart.....	59
Şekil 3.34.	Tasarlanan Kart.....	60
Şekil 3.35.	Tasarlanan Kartın Kutulanmış Hali.....	60
Şekil 3.36.	Uygulama Devresi.....	61

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Sık Kullanılan Algılayıcılar İçin Ölçülen Büyüklükler ve ıkış Büyüklükleri.....	6
Tablo 2.2.	Piezoelektrik Malzemelerin Karşılaştırılması.....	9
Tablo 3.1.	Tempolar ve Metronom Sayıları.....	21
Tablo 3.2.	ADC ıkış-LED Durum Tablosu.....	31
Tablo 4.1.	Eğitmenlerden Elde Edilen Veriler Likert leđine Göre Sıralanması.....	67
Tablo 4.2.	Öğrencilerden Elde Edilen Veriler Likert leđine Göre Sıralanması.....	68
Tablo 4.3.	rnek iftin İstatistiği.....	69
Tablo 4.4.	rnek iftin Testi.....	69

ÖZET

Anahtar kelimeler: Piezoelektrik, Piezoelektrik Malzemeler, Metronom, PIC, PIC-C Compiler, Piezofilm Sensör, Elektro Davul, Kıyaslama Devresi, Simülatör

Müzik ve elektrik-elektronik çok ilgili görünmese de günümüzde müzik aletlerinin tasarımı, kullanımı ve öğretilmesi için geliştirilmiş cihazlar mevcuttur. Tüm müzik aletleri, akortlarından çalışma şekillerine kadar bir veya birden fazla Elektrik-Elektronik-Fizik kuralı ile açıklanabilir.

Bu çalışma ile aynı zamanda manüel ya da dijital metronom kullanmadan da yazılımsal olarak metronom görevi gören kart tasarımının mümkün olabileceği gösterilmektedir. Kartta; PIC ile kontrol edilebilen, C programlama dilinde yazılan bir program ve devre kullanılmıştır.

Devrenin ikinci kısmında; elektro davuldan alınan analog sinyal sayısallaştırılıp, vuruşun şiddeti ve hızı, C programlama dilinde yazılan program ile kontrol edilen PIC ile tasarlanmış bir devre tarafından kontrol edilmekte, vuruşun istenilen şekilde olup olmadığı kontrol edilmektedir. Hatalı vuruşlar görsel ve ses ile kullanıcıya bildirilmektedir. Bu şekilde vuruşlar analiz edilmektedir.

Kart öncelikle bilgisayar ortamında denenmiş daha sonra board üzerinde son kontroller yapıldıktan sonra kart tasarımı tamamlanıp, kutulanmıştır.

Tasarlanan simülatörün eğitimde kullanılabilirliğini belirlemek için, eğitimci ve öğrenciler için anketler hazırlanmıştır. Anketler uygulanarak verilen cevaplar SPSS ile analiz edilmiş ve hem eğitimci hem de öğrenciler simülatörün eğitimde kullanılabilirliğini ve simülatörde metronom kullanımını onaylamıştır.

THE EDUCATIONAL DESIGN OF ELECTRONIC DRUM AND A MUSICAL EDUCATION SIMULATOR

SUMMARY

Keywords: Piezoelectric, Piezoelectric Materials, Metronome, PIC, PIC-C Compiler, Piezofilm Sensor, Electro Drums, Benchmarking Circuit, Simulator

Although music and electrical-electronics doesn't seem to be related to each other very much, in today there are many devices, which for the design, usage, and teach of music instruments. All musical instruments can be explained by using some electrical–electronics physical rules and laws from their accords to the working types.

In this study, it has been showed that using a software card design as metronome can be possible without using manual or digital metronome. In this card, a program that has been written in C Programming and a circuit has been used and they are also controlled by the PIC.

In the second part of the circuit, the analog signal that has been received from the electro-drum is digitized; the severity of the stroke and the speed is controlled by a PIC Program, written in C Programming. By this way, the stroke can be controlled whether is desired or not. False hits are reported to the user as visual and audio. In this way the drumbeats are analyzed.

First, the card has been tried in a computer and then after the final checks on the board, the design has been completed and boxed.

Questionnaires have been prepared for some students and teachers to define this simlator's usability in education. The answers for these questionnaires have been evaluated and analyzed with SPSS. Both teachers and students have approved this smilator's usability in education and the use of metronome at similator.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Müzik ile Elektrik-Elektronik çok da ilişkili olarak değerlendirilmez. Aslında her ikisinin temelinde de fizik kuralları vardır. “Müzik ve fizik sözcükleri, söylenişleri ve ses uyumları bakımından birbirine çok yakışıyor olsalar da, toplumun belleğinde yer etmiş temel özellikleri bakımından birbirine çok zıt şeylermiş gibi düşünülürler” [1].

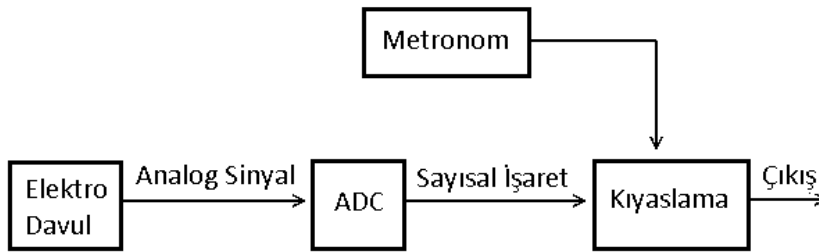
Tüm müzik aletleri, akortlarından çalışma şekillerine kadar bir veya birden fazla Elektrik-Elektronik-Fizik kuralı ile açıklanabilir. Elektronik müzik aletlerinin çalışmaları ve elektriksel olarak açıklanarak, incelenmeleri, modellenmeleri ve elektroniksel olarak değerlendirilmeleri ile simüle edilebilmeleri için, yıllardır Türkiye ve yurtdışında çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Tüm müzik aletlerinde olduğu gibi; vurmali çalgılardan elektro davulun modellenmesi ve analizi içinde metronoma ihtiyaç vardır. Vuruş hızı frekansının ayarlanması için gerekli bir cihazdır. Pek çok müzisyen, beste yaparken ve/veya çalarken ya da çalmayı öğrenirken/öğretirken kişilerin en büyük yardımcısıdır. Bu cihaz öğrenmeyi hızlandırdığı gibi, öğrenmenin kontrol edilip, değerlendirilmesi içinde iyi bir araçtır.

Bu çalışmada; fiziki metronom kullanmak yerine; PIC ile kontrol edilebilen, C programlama dilinde yazılan bir program ve devre kullanılmıştır. Bu devre uygun şekilde tasarlanmış tüm kartlara eklenerek, metronoma ihtiyaç duyulmadan, elektronik enstrümanlardan alınacak analog sinyalin yorumlanmasında kullanılabilir. Bu yönü ile çok yönlü bir devre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu özelliği ile de kendisinden önceki çalışmalardan ayrılmaktadır.

Devrenin ikinci kısmında yine, PIC ile kontrol edilebilen, C programlama dilinde yazılan program ile kontrol edilen bir devre kullanılmıştır. Bu kısımda, analog giriş sayısallaştırılıp, metronomdan alınan sinyal ile karşılaştırarak, vuruşlar analiz edilmektedir. Devrenin ikinci kısmı, kıyaslama devresi şeklinde tanımlansa da aynı zamanda Analog-Dijital Çevirici (ADC) olarak da çalışmaktadır.

Devrenin genel formu ve çalışması aşağıdaki blok şemada gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Devre Blok Şeması

ODTÜ’de düzenlenen; Bilişim Teknolojileri Işığında Eğitim (BTIE) Sempozyumunda sunulan “Elektro gitarlar için eğitim amacıyla ses analizörü kullanılarak gerçekleştirilen bir simülasyon ve uygulaması”[2] isimli bildiri ile, “Kendini Akort Edebilen Gitar”[3] isimli makale bu alanda ülkemizdeki ilk çalışmalardandır.

Pamukkale Üniversitesi’nden Ayvaz M. T. ve Karahan H., yer altı sularının seslerinin modellenerek simüle edilmesi için çalışmışlar ve çalışmalarını yayınlamışlardır [4].

İlgili konu; farklı ülkelerdeki, farklı bilim dallarından birçok akademisyen içinde araştırma konusu olmuştur. MATLAB ile enstrümanların (gitar ve keman) müzik sinyallerinin spektrum analizi yapılmış, sayısal işaret işleme tekniklerinin spektrum analizinde kullanılması ile müzik sinyallerinin simülasyonu denenmiştir. Sinyal karakteristiklerini anlamak için spektral analiz ve MATLAB programı iyi bir araçtır. Spektral analiz, radar sinyalleri, ses sinyalleri, sismik veriler, finansal stok verileri ve biyomedikal sinyalleri de dâhil olmak üzere, tüm sinyal türlerine uygulanabilir.

MATLAB programının Spektrogram işlevi kullanılarak bir sinyalin zaman-frekans gösterimi yapılabilir [5].

Değişik müzik aletleri ve farklı tekniklerle akustik ölçümleri yapıldığında; kayıt tekniği, işaret işleme farklılıkları ve çevresel faktörler sonuçları doğrudan etkilemektedir [6].

Eski sistemlerde özellikle davul başta olmak üzere, değişik müzik aletlerinin ses içeren sinyallerinin analizi ile ilgilenilmiyordu. Daha sonraki sistemlerde gerçek zamanlı taramalar ve popüler müziklerin değişik tekniklerle analizleri yapılmıştır [7]. Çoğu kişi bir müzik parçasına ayağı ile kolayca uyumlu hareketler yapabilir iken, eşdeğer performansı bilgisayarda yazılımsal olarak gerçekleştirmenin oldukça zor olduğu kanıtlanmıştır [8].

Yapılan araştırmalarda, tempo algılama algoritmalarının %80 doğruluğa ulaşabildiği görülmektedir. Halen, müzikteki tempoların insandaki algısı ile makine simülasyonları arasındaki farkları araştırma konusu olarak kullanılmaktadır. En iyi ritmin özelliklerinin bulunması, müzik sinyalleri için en uygun, periyodik tespit yöntemlerinin geliştirilmesi çalışmaları sürmektedir [9].

Bu çalışmada ise ilk kez; sayısal metronom kullanılarak, bir müzik aleti kart üzerinden veri işlenerek, yazılım destekli eğitim amaçlı kullanılabilen bir cihaz tasarlanmıştır. Tasarlanan sayısal metronom, analog metronom gereken tüm uygulamalarda kolaylıkla kullanılabilir şekilde dizayn edilmiştir. Bu yönü ile de kendinden önceki çalışmalardan ayrılmaktadır.

Müzik aletlerinin ses analizleri daha önce bazı çalışmalarda yapılmış olmasına rağmen, ilk kez bu çalışmada; özel olarak tasarlanan kart ve PIC-C Derleyici kullanılarak yapılan analiz, kıyaslama devresi ve yazılan program yardımıyla eğitim modülü şeklinde kullanılmaktadır.

Geliştirilen simülatörün davul eğitiminde kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla istatistiki analiz çalışması yapılmıştır. Bu amaçla eğitimci, serbest sanatçı ve öğrencilerden oluşan 45 kişiye yüz yüze görüşme tekniği ile anket uygulanmıştır.

Anket öğrenci ve eğitimcilerle ayrı ayrı uygulanmıştır. Serbest sanatçılar; aynı zamanda özel yada resmi bir kuruma bağlı olmadan özel ders verdikleri için, eğitimci olarak değerlendirilmiştir.

Anket sonuçları; SPSS 18 (Statistical Packace for the Social Sciences) programıyla eğitimciler ve öğrenciler için hem ayrı hem de ortak sorular için birlikte analize tabi tutularak, frekans çizelgeleri ve grafikler oluşturulmuştur.

Çizelge ve grafiklerden yararlanarak simülatörün amaca uygunluk derecesi sıraya konmuştur. Eğitimcilerin ve öğrencilerin simülatörle ilgili değerlendirmelerinin farklı olup olmadığı t-bağımsızlık testiyle sınanmıştır. Bu test sonucunda bazı farklılıklar bulunmasına rağmen aradaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan analizde eğitimci ve öğrencilerin simülatörün eğitimde kullanılabilirliğini destekledikleri, metronomun simülatörde bulunmasının eğitime katkı sağlayacağına inandıkları t-bağımsızlık analizi kullanılarak belirlenmiştir.

Aynı zamanda simülatörün; içindeki derslerin, ayarlama için kullanılan tuşlar ve menünün ankete katılanlar tarafından kullanışlı bulunduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Yapılan istatistiki analiz sonucunda geliştirilen simülatörün davul eğitiminde kullanılabileceği, eğitimde öğrenmeyi hızlandırıp, kolaylaştıracağı sonuçlarına ulaşılmıştır.

BÖLÜM 2. ALGILAYICILAR, SES VE OLUŞUMU

Algılayıcılar (duyarga, sensör) fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik/elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proses sürecinde kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler.

Günümüzde üretilmiş yüzlerce tip algılayıcıdan söz edilebilir. Mikroelektronik teknolojisindeki hızlı gelişmeler, bu konuda her gün yeni bir buluş ya da yeni bir uygulama tipi geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Piezoelektrik, elektromanyetik, elektrostatik ve manyetostriktif transdüksiyon mekanizmaları yaygın olarak mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır [10]. Geleneksel titreşim enerji algılayıcıları, sadece tek bir sabit frekansta çalışabilir, işletim frekans aralığı daha geniş bir uygulama yelpazesini sunan, gelişmiş stratejileri artırmak için çalışmalar yapılmıştır [11]. Tüm iletim mekanizmaları arasında, piezoelektrik sadeliği nedeniyle en yaygın olanıdır [12].

Teknik terminolojide, Sensor ve Transducer terimleri birbirlerinin yerine sık kullanılan terimlerdir. Transducer, genel olarak enerji dönüştürücü olarak tanımlanır. Sensor ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjiye dönüştüren cihazlardır.

1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiş ve "ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların, kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç" olarak tanımlamıştır [13].

Ülkemizdeki uygulamalarda halen, her iki cihaz/terim ayrı ayrı kullanılmakta ve eğitimlerde farklı cihazlar şeklinde kullanımları, kalibrasyon ve görevleri öğretilmektedir.

Algılayıcılar ölçüm sisteminden elektriksel olarak izole edilmelidir. Gerilim sinyalinin sınırlı olabileceği durumlarda, tehlikeli uygulamalarda algılayıcılar kullanılmalıdır.

Endüstride en sık kullanılan algılayıcılar için ölçülen büyüklükler ve çıkış büyüklüklerine ait bilgiler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Sık kullanılan algılayıcılar için ölçülen büyüklükler ve çıkış büyüklükleri

Ölçülen Büyüklükler		Çıkış Büyüklüğü
Gerilme	Piezoelektrik	Frekans Çıkış
Gerilme	Strain Gauge	Frekans Çıkış
Hava Hızı	Toplam	Sayısal Çıkış
Tork	Kütle	DC Çıkış
Akım	Kızıl Ötesi	AC Çıkış
Radyasyon	Açı	Titreşen element
Basınç	Kapasitif	Diyafram
Kuvvet	Endüktif	Servo
Isı Akısı	Resistif	Yarı iletken
Nem	Elektromanyetik	Ultrasonik
Gerilme	Termoelektrik	Kapsül
Işık	Parlaklık	Anahtar
Sıvı Seviyesi	Yoğunluk	
Hız	Fark	
Sıcaklık	Doğruluk	
İvme	Yüzey	
Mutlak Değer	Gerilme Kuvveti	
Ses Basıncı	Fotokondaktif	
Ani Sarsıntı	Miktar	
Akış Hızı	Fotovoltik	

2.1. Algılayıcıların Sınıflandırılması

Algılayıcıları birbirinden farklı şekilde sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırma ölçülen büyüklüğe göre, çıkış büyüklüğüne göre, ...v.b. yapılabilir. Aşağıda bu sınıflardan bazıları verilmiştir.

1. Giriş Büyüklüklerine Göre Algılayıcılar,
2. Çıkış Büyüklüklerine Göre Algılayıcılar,
3. Besleme İhtiyacına Göre Algılayıcılar.

2.1.1. Giriş büyüklüklerine göre algılayıcılar

Algılayıcılarla ölçülen büyüklükler 6 gruba ayrılabilir. Bunlar;

1. Mekanik: Uzunluk, alan, miktar, kütleli akış, kuvvet, tork (moment), basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalga boyu ve yoğunluğu.
2. Termal: Sıcaklık ve ısı akışı.
3. Elektriksel: Voltaj, akım, elektriksel yük, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı ve frekans
4. Manyetik: Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik
5. Işıma: Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
6. Kimyasal: Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı, PH miktarı

2.1.2. Çıkış büyüklüklerine göre algılayıcılar

Analog çıkışlar dışında dijital çıkışlarda uygulamalarda kullanılır. Sayısal çıkışlar, bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurabilirler. Bu iletişimler kurulurken belli bazı protokoller kullanılmalıdır. Çıkış arabirim tiplerinin başlıcaları; RS232, RS422 ve RS485'dir. Kablo uzunluğu, veri hızı ve iletişim tipine göre birbirleri ile farklılıklar gösterir.

2.1.3. Besleme ihtiyacına göre algılayıcılar

Algılayıcılar besleme ihtiyacına göre iki sınıfa ayrılabilir. Pasif algılayıcılar ve aktif algılayıcılar şeklinde.

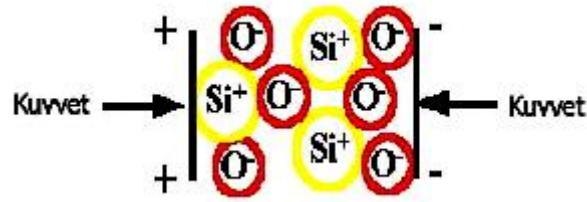
Pasif algılayıcılar; hiçbir şekilde dışarıdan enerji almadan (besleme gerilimine ihtiyaç duymadan) fiziksel ya da kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu algılayıcılar, çevrelerinden aldıkları sinyalleri ölçerler. Işık algılayıcı sensör, piezoelektrik film sensör, sıcaklık sensörü, termocouple (T/C), LDR, NTC, PTC, foto transistörler, foto diyotlar, mikrofon ve basınç sensörü pasif sensörlerdendir.

Aktif algılayıcılar; çalışmalarını için harici bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu algılayıcılar tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif algılayıcılarda dikkat edilmesi gereken nokta giriş ve çıkışlardır. Sinyallerini kendileri üretilen bu sinyalin dış ortamla etkileşimlerini ölçen sensörlerdir. IR sensörler, mesafe sensörleri ve ultrasonik uzaklık sensörleri gibi sensörler aktif sensörlerdendir. Aktif sensörler sinyallerini kendileri yaydıklarından, pasif sensörlerden daha fazla enerjiye gereksinimleri vardır.

2.2. Piezoelektrik Sensör

"Piezo" kelimesi Yunanca sıkmak anlamına gelmektedir. Piezoelektrik elemanlar bir dış kuvvet altında kaldıkları zaman, karşılıklı yüzeyleri üzerinde bir elektrik yükü oluşur [14].

Şekil 2.1'de gösterilen büyük daireler silikon atomlarını, küçük olanlar ise oksijen atomlarını belirtmektedir. Doğal ya da işlenmiş kuvarz kristali en hassas ve kararlı piezoelektrik malzemelerden biridir. Doğal malzemelerin yanı sıra yüksek teknolojilerle üretilen polikristalin ve piezoseramik gibi malzemeler de yüksek elektrik alana maruz bırakıldıklarında piezoelektrik özellik kazanmaları sağlanabilmektedir. Bu kristaller çok yüksek değerlerde yük çıkışı üretirler. Bu özellikleri sayesinde de özellikle düşük genlikli sinyallerin ölçülmesinde kullanılırlar. Tablo 2.2'de piezoelektrik malzemelerin karşılaştırması verilmiştir.

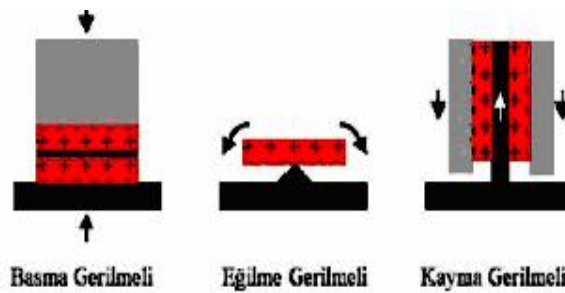


Şekil 2.1. Piezoelektrik Sensör

Tablo 2.2. Piezoelektrik Malzemelerin Karşılaştırılması

Kuvars Kristal	Ploikristalin Seramik
Doğal piezoelektrik malzeme	Yapay olarak polarize edilmiş malzeme
Yüksek voltaj hassasiyeti	Yüksek yük hassasiyeti
Çelikle kıyaslanabilir sertlik	Boyut ve şekilde sınırsız kullanım
Uzun dönemde mükemmel kararlılık	Yüksek sıcaklıkta çalışma ($\leq 540^{\circ}\text{C}$)
Sıcaklıkla çıkış değişmez	Piezoelektrik özellik-geçici sıcaklık rejimlerinde değişen çıkış
Düşük sıcaklık katsayısı	Sıcaklıkla değişen özellikler

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi piezoelektrik algılayıcılarda farklı boyut ve şekillerde piezoelektrik malzemeler kullanılabilir [15].



Şekil 2.2. Piezoelektrik Malzeme Çeşitleri

Basma kuvvetini temel alan piezoelektrik sensörlerin hassasiyetleri düşük, hassasiyetleri azdır. Bu özelliği sayesinde yüksek frekanslı basınç ve kuvvet ölçümlerinde kullanılmaktadır. Olumsuz bir özelliği de sıcaklık değişimlerine gösterdiği hassasiyettir.

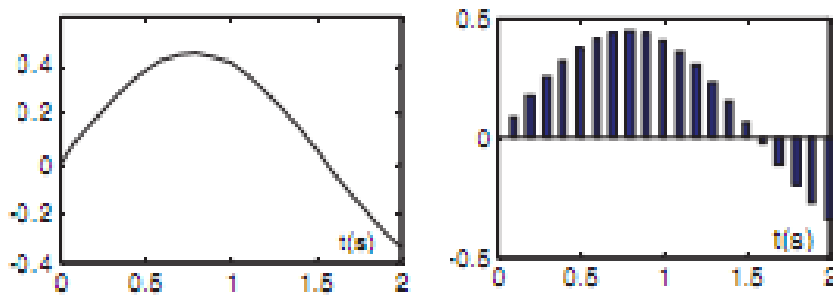
Eğilmeli piezoelektrik sensörler, diğer türlere göre daha basit bir tasarıma sahiptirler. Düşük frekans aralığı ve düşük darbe dayanımı nedeni ile nispeten dar bir kullanım alanına sahiptir.

Kayma gerilmesi tasarımı sensörler; geniş frekans aralığı, düşük eksen kaçıklığı hassasiyeti, ısıl değişimlerden az etkilenmesi gibi olumlu özellikleri ile ön plana çıkar.

2.2.1. Literatür tarama

Piezofilm (piezoelektrik) sensörler elektronik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan algılayıcılardandır. Özellikle Strain Gauge (gerginlik ölçer) sensörler dinamik olarak değişen büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılırlar.

Piezoelektrik elemanlar yaygın olarak akıllı yapısal sistemlerde, sensörler ve çalıştırıcı olarak kullanılırlar Bir piezoelektrik malzemenin iki farklı elektriksel özelliği taşıyabileceği gösterilmiştir. Aynı malzeme ile hem algılayıcı hem de çalıştırıcı tasarlanabileceği deneysel olarak gösterilmiştir [16]. Aşağıdaki grafiklerde aynı malzemenin iki farklı kullanımda benzer sonuçlar verdiği görülmektedir.



Şekil 2.3. Çalıştırıcı ve Sensör Ölçüm Sonuçları [16]

Bu çalışmada; zaman paylaşımı yönünden yeni bir metot kullanılarak, piezoelektrik etki ile ters piezoelektrik etkinin aynı devrede kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Piezoelektrik malzemelerin en önemli özelliği, ters piezoelektrik etkiyi doğrudan algılama etkisine ek olarak, yapısal deformasyonu ölçmede yapıyı harekete geçirmek için kullanmasıdır [13].

Piezoelektrik malzemeler, akıllı yapısal algılama uygulamaları için büyük umutlar göstermektedir. Piezoelektrik sensörlerin, geleneksel folyo tipi gerginlik ölçere göre iyi özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çok daha az sinyal şartlandırma ihtiyaçları olması, özellikle düşük zorlanma düzeyleri ve yüksek gürültü seviyeleri içeren uygulamalarda kullanılabilirliği ön plana çıkan özelliklerindedir. Ayrıca bu sensörleri PVDF gibi ortotropik materyallerin kullanımı ile doğru kalibre etmek de mümkündür. 150 mikrostrain'den büyük gerginlik düzeylerini ölçmek için bu sensörleri kullanmak, malzeme özellikleri ve doğrusallık problemleri çözülmeden tavsiye edilmez [17].

Bu piezoelektrik sensörler kullanılır iken sensörlerin takıldığı yüzeylerdeki mekanik deformasyonların yakınlarında takılı sensör algılayıcılarını gerilim yada diğer elektrik sinyalleri şeklinde etkilemektedir. Bu tür sensörlerin fiziksel boyutlarının büyüklüğü, çalışma frekansının büyümesi durumundaki hassasiyetleri ve gerçek zamanlı çalışmalardaki kapasite sorunları en büyük dezavantajlarıdır [18].

Yüzey kaplamalı piezoelektrik sensörler, malzemelerin deformasyon miktarlarının algılanması, mekanik davranışlarının görüntülenmesi için kullanılabilirler. Elastik malzeme ile kaplı ve kaplamasız piezoelektrik sensörlerin yapısal farklılıkları olmadığı aksine kaplı sensörlerin fiziksel dayanıklılıklarının daha fazla olduğu gözlenmiştir [19].

Ayrıca piezoelektrik sensör kullanımında mesafenin kısa olmasının, sensörün karakteristik özelliklerini korumasında önemli olduğu sonuçlarına varılmıştır. Yüksek frekans ve mekanik yük altında bile kaplı piezoelektrik sensörler; dinamik ve statik elektromekanik davranış özelliklerini korumuşlardır [20].

Projenin devre tasarımında piezoelektrik film sensör bu özellikleri nedeniyle seçilmiştir.

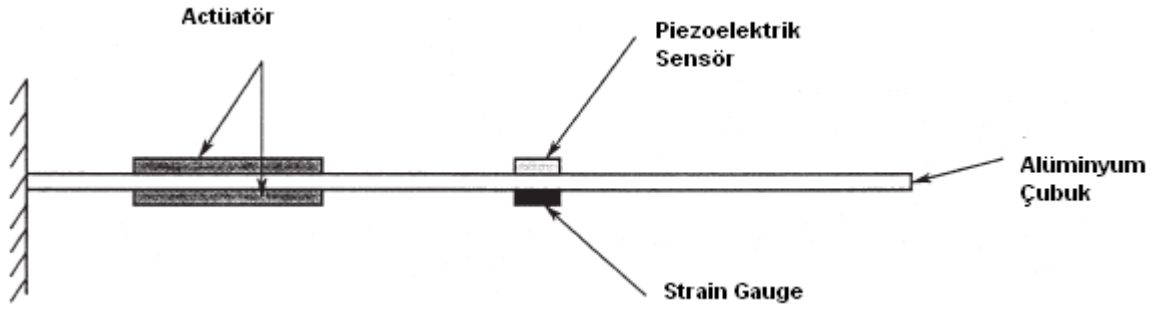
104 E9 [N/m²] gibi birçok metale yakın bir sertlik derecesine sahip olan piezoelektrik malzemeler, çok küçük bir yer değişimi altında bile büyük bir çıkış verirler. Piezoelektrik malzemeler fiziksel olarak kalıcı bir değişime uğramazlar. Bu sebeple piezoelektrik algılayıcılar çok sağlam bir kılıfta korunur ve geniş bir genlik aralığında mükemmel bir doğrusallık gösterirler [21].

Doğru seçilmiş bir sinyal koşullama sistemi ile birlikte kullanıldığında, bu tip piezoelektrik algılayıcılar 120 dB gibi çok geniş bir genlik aralığına sahip olmaktadır. Piezoelektrik malzemeler, sadece dinamik ya da diğer bir deyişle değişen durumları ölçebildiğidir.

Piezoelektrik algılayıcılar, yerçekimi ivmesi, barometrik basınç, ağırlık kuvveti gibi statik, yani zamanla değişmeyen büyüklükleri ölçemezler. Projede bu algılayıcıların kullanılma sebeplerinden biriside, davuldan alınan analog sinyallerin, frekans ve şiddetlerinin değişkenlik göstermesidir.

Sabit olaylar ilk anda bir çıkış doğururlar fakat bu sinyal, piezoelektrik malzemenin ve algılayıcının bağlı olduğu elektronik devrenin zaman sabitine bağlı olarak, zamanla yok olacaktır. Bu zaman sabiti, cihazın üzerindeki kapasitans ve direncin oluşturduğu, birinci dereceden yüksek frekans geçiren filtreden kaynaklanmaktadır. Bu filtre cihazın ölçebileceği en düşük frekansı belirlemektedir. Piezoelektrik sensörlerin müzik enstrümanlarının seslerinin alınıp, işlenmesinde çoğunlukla tercih edilmelerinin sebebi de budur.

Tüm elektriksel malzemeler gibi piezoelektrik sensörlerde kalibre edilmelidir. İyi kalibre edilmemiş sensörler ile yapılan ölçümlerde doğru olmayacaktır. Günümüzde bunlar için ticari olarak geliştirilmiş bir kalibrasyon cihazı bulunmamakla birlikte, değişik bilim insanları bu amaçla birçok düzenek geliştirmiştir. Jayant Sirohi ve Inderjit Chopra'nın geliştirdiği düzenek aşağıdaki şekilde gösterilmiştir [17].



Şekil 2.4. Piezoelektrik Sensör Kalibrasyon Düzeneği [17]

Bu devrede; 280 x 11 x 1,52 mm ebatlarında alüminyum çubuk kullanılmıştır. Çubuk bir duvara sabitlenip, duvardan 20 mm uzağa actüatörler her iki yüzeye bağlanmalıdır.

Alüminyumun alt yüzeyine actüatörden 50 mm uzağa Strain Gauge sabitlenmelidir. Piezoelektrik sensörde Strain Gauge ile aynı uzaklıkta üst yüzeye sabitlenmesinin nedeni her iki sensörün aynı bozulmayı algılamasını sağlamaktır.

5 Hz ile 500 Hz aralığında her iki sensörün ölçümleri kaydedilerek kaydedilir ve sonuçlar karşılaştırılır. Burada referans olarak Strain Gauge kullanılmasının nedeni, bu algılayıcının kalibrasyonunun geleneksel ölçümlerle ve standart kalibrasyon formülleri ile gerçekleştirilebilir olmasıdır.

Piezoelektrik sensörlerin ölçüm sonuçlarında görülen gerilimlerin deformasyon oranına bağlayan denklemler elde edilebilir.

Piezoelektrik sensör imalinde kullanılan piezoelektrik yaprağı, kapasitesi aşağıdaki formül ile hesaplanan tipik bir kondansatör olarak davranır.

$$C_p = \frac{\epsilon_3 \sigma_3 I_C b_C}{t_C}$$

Burada; I_C , b_C ve t_C sırası ile sensörün uzunluğu, genişliği ve kalınlığını temsil etmektedir. Kondansatörde depolanan elektriksel yük ile kondansatörün uçlarında ölçülen gerilim arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

$$V_C = q / C_P$$

Piezoelektrik sensör kullanılarak, ölçülen bozulmanın karşılığı olarak sensörde oluşan gerilimi veren ifade, aşağıdaki şekilde formülize edilir.

$$V_C = \frac{d_{31} Y_C b c}{C_P} \int_{L_C} \varepsilon_1 dx$$

d_{31} piezoelektrik sabiti ve ε_1 hassasiyet parametresi olarak kullanılmaktadır. Y_C ise, piezoelektrik malzemenin Young Modülü yani imal yılına bağlı yorgunluk katsayısıdır [17].

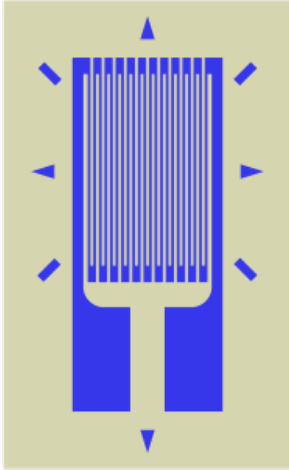
Piezofilm sensörlerin yeni kullanım alanlarından bir tanesi de, yer kabuğunun hareketlerinin kaydedilerek, görüntülenmesi ve yorumlanmasıdır. Bu çalışmalarda önemli olan; tüm mikrosismik olayların yer ve büyüklüklerinin tanımlanmasıdır.

Mikrosismik olaylar kısa süreli ve belirsiz zamanlı oldukları için algılayıcı seçimi çok önemlidir. Algılayıcılar seçilir iken bir çok karakteristik özellik kullanılabilir. Genellikle, algılayıcı seçiminde öncelikle çalışma frekansı ve hassasiyete öncelik verilir. Piezofilm sensörlerin çok geniş uygulama alanları mevcuttur [22].

2.3. Kuvvet Algılayıcıları

Kuvvet algılayıcıları genellikle uygulanan kuvveti elastik bir elemanın deformasyonuna çevirirler. En yaygın olarak kullanılan kuvvet algılayıcıları Strain Gauge Kuvvet Algılayıcılarıdır. Yük hücresi (load cell) olarak da adlandırılırlar. Bu transdüserler, hem basma hem de çekme yönünde çalışabilirler.

Ölçme aralıkları 10 N ile 5 MN arasında değişebilir. Gelişmiş tasarımlarda mekanik olarak aşırı yük sınırlamaları bulunmaktadır. Piezoelektrik Kuvvet Algılayıcıları özellikle dinamik olarak değişen kuvvetlerin ölçülmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 2.5. Strain Gauge (Yük Hücresi)

Gerinim sensörleri yaygın olarak; kuvvet ve basınç ölçümleri, biyomedikal işaretlerin izlemesi ve kontrolü ile biyomekanik sinyallerin taşınması için kullanılır. Ticari uygulamalarda bu tür ölçümler için metal folyo strain gauge (gerginlik ölçerler) kullanılmaktadır [23].

Yük hücrelerinde kullanılan, kurşunsuz alaşımların aşınmasına neden olabilecek birçok mekanizma vardır. Bu mekanizmaların başlıcaları; diskolasyon tırmanışı, tanecik sınırlı kaymalar [24], kısa devre difüzyonu ile kullanılan malzemenin öz difüzyonudur [25].

2.4. Algılayıcı Seçimi

Birçok algılayıcı çeşidi varken yapılacak uygulama için uygun algılayıcının belirlenmesi büyük önem kazanır. Algılayıcı seçimi statik ve dinamik karakteristikler yanında çevresel etkiler, ölçüm koşulları ve işlevsellik gibi birkaç önemli faktöre de bağlıdır.

Dikkate alınması gereken başlıca statik özellikler; doğruluk, uygunluk, hassasiyet, bozulma, mesafe, doğrusallık, off-set, çözünürlük, gürültü, seçicilik, eğrisellik, minimum sinyal algılamadır.

Algılayıcı seçiminde dikkate alınması gereken dinamik özellikler ise; darbe tepkisi, transfer fonksiyonu, adım tepkisi, verim ve frekans cevabıdır.

Çalışma sıcaklık sınırı, çalışma nem sınırı, vibrasyon, depolama sıcaklık sınırı, çalıştırma seviyesi, kimyasal koruma ve şok gibi çevresel etkiler değerlendirilmelidir.

Yukarıda belirtilen tüm faktörler dikkate alınarak projede algılayıcı olarak Strain Gauge yerine, piezofilm sensör kullanılmıştır. Hassasiyet, verim, kontrol edilebilirlik, alınan sinyalin sayısallaştırılabilirliği, çalışma sıcaklığı ve ölçüm koşulları özellikle dikkate alınmıştır.

Algılayıcı belirlendikten sonra, toplanan verilerin saklanması ve bu verilerin saklama koşulları dikkate alınarak kart dizayn edilmiştir.

Vurmali çalgılardaki vuruşlara genel olarak tuşe adı verilmektedir.

Projede; tuşe sinyalleri en başta davuldan analog sinyal şeklinde alınmakta, daha sonra piezofilm sensör ile alınan bu sinyal Analog Dijital Çevirici (ADC) ile sayısallaştırılmaktadır.

2.5. Sesin Oluşumu, Özellikleri ve Hesaplanması

Fiziksel olarak ses, esnek bir ortam içinde periyodik titreşimler yapan bir kaynağın ortamın denge basıncında değişimler meydana getirmesi ve bu basınç dalgalarının sabit bir hız ve belirli bir faz farkı ile ortamın uzak noktalarına kadar iletilmesi şeklinde tanımlanmaktadır [1].

Su, katı, hava gibi ortamlarda insan kulağının algılayabileceği basınç değişimleri “Ses” olarak tanımlanmaktadır [26]. Bütün doğal sesler, frekansları birbirinin tam katı, olan birçok basit sestten oluşur. Fizyolojik yönden ise ses, sözü edilen basınç akımı tarafından uyarılan işitsel bir duydur [27].

Sesin iki temel ögesi frekans ve şiddettir. Frekans, ses dalgalarının birim zamandaki titreşim sayısıdır. Sesin yüksekliğini tanımlar ve Hertz olarak ölçülmektedir. İnsanlar genellikle 500-20000 Hz arası sesleri duyar. Bu sınır dışındaki sesler duyulmaz.

Şiddet ise sesin yapmış olduğu basınca denir. Sesin şiddeti ise atmosfer basıncının milyonda biri olan mikrobar olarak ifade edilir. Sesin şiddetini belirleyen diğer bir ölçü de Bell'dir. Pratikte ise bel'in onda biri olan desibel (dB) kullanılır.

Ses bir enerji şeklidir. Ses gücü, bir ses kaynağından birim zamanda yayılan ses enerjisidir. Eğer ses gücü (P), kaynaktan artan bir uzaklıktaki bir alana (S) göre inceleniyorsa bu sefer ses şiddeti kavramı ortaya çıkar ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$I = \frac{P}{S}$$

Ses basıncı p(t); pratikte en sık karşılaşılan ve sadece sinüs formundaki titreşimler ile karakterize edilemeyen zamana göre değişen bir büyüklüktür. Gözlemin yapıldığı zaman T süresince değişen ses basıncından ortalama değer aşağıdaki formül ile hesaplanabilir. Bu hesap günümüzde ses ölçerler tarafından yapılmaktadır.

$$p = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt} \quad \left[\frac{N}{m^2} \right], [Pa]$$

Sesin ikinci karakteristik büyüklüğü zamana göre değişen Ses Hızıdır. Ses basıncına benzer olarak ses hızı aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

$$v = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

Ölçümlerde belirli standartların kullanılması hem aynı şartlarda aynı sonuçların bulunabilmesi hem de farklı seslerin ölçüm sonuçlarının birbiri ile karşılaştırılabilmesi için önemlidir. Bir sesi oluşturan farklı ton değerleri ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

Zamana göre frekans ve şiddeti değişmeyen seslerin algılanmasında, ölçülmesinde ve değerlendirmesinde bir zorluk yoktur, çünkü elektronik devre ve sistemler bunları kolaylıkla algılayıp, işleyebilmektedir. Buna karşın zamanla şiddet ve frekansı değişen seslerin algılanmasında, ölçülmesinde ve işlenmesinde birçok zorlukla karşılaşılır. Tasarlanan kart, bu tür zorluklara da çözüm üretmiştir. Bu özellik, kartın benzerlerinden ayrılmasını sağlamaktadır.

BÖLÜM 3. SİMÜLATÖRÜN TASARIMI VE UYGULANMASI

Bu bölümde, metronom kısaca tanıtılıp, PIC ile gerçekleştirilen metronom ve tuşe analiz devrelerinin yapısı, çalışma şekli ve bu devreler için yazılan program açıklanmıştır.

3.1. Metronom, Tarihçesi, Türleri ve Çalışma Şekli

Metronom, bir müzik aletinin belli bir hızda ve aynı tempoda çalınmasını sağlamak için belirli tempoda sesler üretebilen alete verilen isimdir [28].

Metronomun, mekanik ve dijital olmak üzere iki türü vardır. Sanatsal çalışmalarda genellikle mekanik türü tercih edilmektedir, çünkü dijital metronomun sesi çok tizdir. Ayrıca, metronom bilgisayarda program olarak da kullanılmaktadır.

Hazır metronom olarak kullanılacak programlar bulunmasına rağmen, özel uygulama ve müzik aletleri için (bu projedeki gibi) özel tasarımlar yapılması gerekir. Bunun nedeni; yazılan her programın kendine özel olması, başka müzik aletlerini ya da metronom hız aralıklarını desteklememesidir.



Şekil 3.1. Mekanik Metronom [7]

Metronom 1812 yılında, Amsterdam'da yaşayan Dietrich Nikolaus Winkel tarafından keşfedilmiştir. Regensburglu J. N. Malzel, Winkel'in buluşu olan ve daha sonra metronom diye adlandırılan aletin ihtira beratını 1816'da Paris'te almıştır [29].

İlk keşfedildiğinden beri tasarımı çok değişmeyen mekanik metronom, bir zemberek tarafından hareket ettirilen ve düzenli salınımlarıyla tık tık sesleri çıkaran bir çubuk sarkaçtan oluşur. Periyodu, çubuk sarkacın üzerinde aşağı yukarı hareket edebilen küçük bir ağırlıkla ayarlanır. Tempoların skalası, dakikada 40 vuruştan başlar, 208 vuruşa kadar çıkar [30].

Dijital metronomlar ise, genelde saatlerde kullanılan Quartz kristali içerir. Bu metronomların çeşitli fiyat aralıklarında çok sayıda işlevi olan türevleri vardır. Ayrıca elektronik müzik klavyeleri de metronom özelliği taşır. Sanatçılar genelde metronomun sürekli olarak kullanılmasının, artistik bir icrayla bağdaşmadığını belirtse de, bu aletin eğitimdeki değeri büyüktür.



Şekil 3.2. Dijital Metronom

Pek çok müzik periyodik bir yapıya sahiptir. Bu periyodiklik; müzik ve dansa performans için gerekli olan tahmini zamanlamanın gerçekleştirilmesini sağlar [31]. Bu yapı darbe yada vuruş olarak adlandırılan tekrar duygusunu meydana getirir. Bunu sonucu olarak; ayak yada kafa sallayarak tempo tutma gibi spontane hareketlerin oluşmasına ve ritim duygusunun yerleşmesine sebep olur [32].

İnsanlar tabii olarak, vuruş hızını ifade etmek için, bir müziğin kendilerindeki etkisini yavaş, hızlı yada diğerinden daha hızlı şeklinde kullanırlar [33]. Bunlar bilimsel olmayan, duygusal ifadeler olup, kişisel değerlendirmeler olduğundan, aynı müzik eseri için değerlendirmeler farklılıklar gösterebilir. Kişisel beğeniler de bu duygusal değerlendirmeleri etkilemektedir.

Müzik parçalarının hızlarının değerlendirmelerinin, kişisel değil bilimsel olması gerekmektedir. Vuruş hızının algılanmasını etkileyen bir çok faktör mevcuttur. Vuruş temposu, psikolojik etki, çevresel etkenler (sesli/sakin ortam, tek yada grup ile dinleme, ...) bunlardan bazılarıdır. Bu faktörlerden tek nesnel olanı vuruş temposudur. Tempolar aynı zamanda elektriksel olarak ölçülebilen büyüklüklerdendir. Diğer faktörler göreceli ve değişken oldukları için bilimsel olmamakla birlikte, bu konuda da çalışmalar yapılmaktadır [34].

Müzikte kullanılan pek çok tempo çeşidi bulunmaktadır. Bunlar birbirlerinden metronom sayıları ile ayrılırlar. Bu sayılar aynı zamanda tempoların hız bilgisini de içerir. Çeşitli tempoların metronom sayıları aşağıdaki Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tempolar ve Metronom Sayıları

Tempo Türü	Metronom Sayısı
Largo	40 – 52
Adagio	48 – 66
Andante	60 – 88
Moderato	84 – 108
Allegretto	104 – 120
Allegro	120 – 144
Vivace	138 – 168
Presto	160 – 200
Prestissimo	200 – 208

3.2. Projede Metronomun Yeri, Önemi ve Kullanım Amacı

Metronom, projede tuşelerin doğru olup olmadığını anlamak için kullanılmaktadır. Davullardaki vuruşlar tuşe şeklinde tanımlanmaktadır. Tuşeler istenilen kuvvet ve periyotta olmazsa hazırlanan etüdlerin kontrolü de mümkün olmayacaktır.

Projede, istenilen sıklık ve kuvvette bagetlerin davulun padlerine vurulması öncelikli konudur. Yazılan program gereği, bu sağlanmadan vuruşun analizi yapılamamaktadır.

Dizayn edilen kartta, ilk önce vuruşun hız ve şiddeti kontrol edilmektedir. Bu aynı zamanda ilk etüd dersidir. Bunu sağlayanlar bir sonraki etüde (derse) geçebilecektir. Böylece, belli bir pratiğe sahip olmayanlar daha sonraki dersleri (etüdlere) göremeyecek, tam öğrenmeden dersler geçilemeyecektir. Proje aynı zamanda bir öğrenme/öğretme simülasyonu sağlayan program içermektedir.

Metronom kullanımı kendi başına bir çalışma olacağı gibi, tuşe modülü ile birleştirilerek, diğer derslerde de kullanılacaktır. Metronom kullanılmaz ise, vuruşlar olması gereken ile karşılaştırılmaz.

Projede fiziki metronom kullanılmamıştır. Metronom PIC programı kullanılarak kart şeklinde dizayn edilip, çalıştırılmıştır. Metronom devresi Proteus programı kullanılarak bilgisayarda gerçekleştirilmiş ve test edilmiştir.

Tasarlanan kartı oluşturan tüm kısımlar (metronom, kıyaslama, besleme,...); önce bilgisayar ortamında programda denenmiş, daha sonra kartlar fiziki olarak gerçekleştirilip gerçek analog sinyaller ile testler yapılmıştır.

Karşılaşılan problemler kart üzerinde ve programda anında düzeltilmiş ve tasarım ile program geliştirilmiştir. Karşılaşılan sorunlar ve devre tasarımındaki değişiklikler ilgili bölümlerde ayrıca, sebepleri ile açıklanmış, eski ve yeni halleri gösterilmiştir.

Analog sinyaller Şekil 3.3’de gösterildiği gibi davulun padinden piezofilm sensör ile alınmıştır.



Şekil 3.3. Piezofilm Sensör Uygulanmış Pad

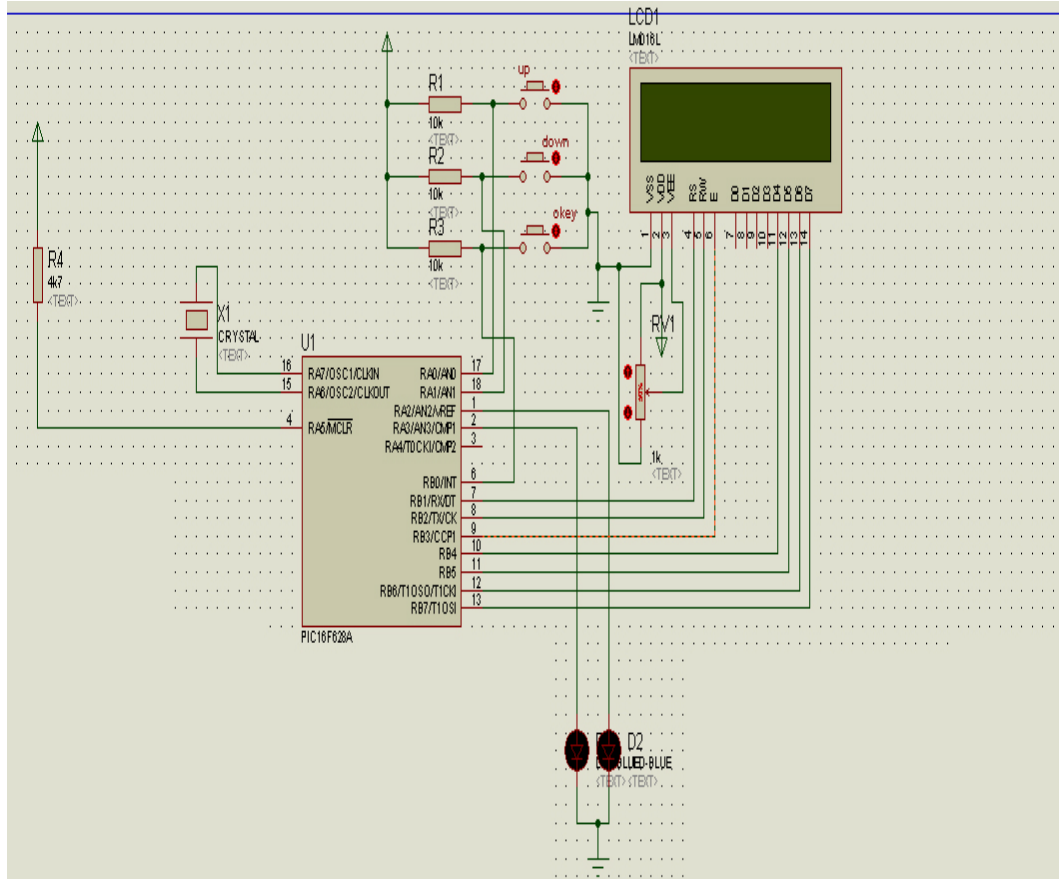
Bu uygulama devrelerinde tuşelerin çok kuvvetli olmaması gerekmektedir. Çok büyük kuvvette vuruş istenmemesinin sebebi ise, padlerden vuruşların alınması için kullanılan piezofilm sensörlerin belli bir voltajdan büyüklerde (5.30V) hata vermesidir.

Bu sensörlerin bozulmaması için; kullanma kılavuzlarından alınan değerler aşılmayacak şekilde, vuruşların kuvvetleri de yazılan program ile sınırlandırılmıştır.

Piezofilm sensörler, vuruşların analog olarak alınması ve elektrik sinyaline çevrilmesi için kullanılmıştır.

3.3. PIC ile Metronomun Gerçekleştirilmesi

PIC kullanılarak tasarlanan kart öncelikle sanal ortamda gerçekleştirilmiş ve Proteus'da programı yazılıp çalışması denetlenmiştir. Şekil 3.4'de metronom için tasarlanan kart ve Proteus programı kullanılarak gerçekleştirilmiş hali verilmiştir.



Şekil 3.4. Metronom Devresi

Devrede PIC18F628A ile LCD panel kullanılmıştır. İki adet LED çıkışın görselleştirilmesi amacıyla konulmuştur.

İstenen vuruş sayısı ile kullanıcının yaptığı vuruş sayısı aynı ise çıkışlar aktif olmakta, değilse LEDler pasif kalmaktadır. Vuruş yok iken buzzer sesi ile kullanıcı uyarılmaktadır.

Devredeki üç adet anahtar ise, fiziki metronomlardaki ayarlama tuşlarının görevini yapmak üzere, vuruş sayısının ayarlanmasında kullanılmaktadır. Tuşlar kullanılarak önce ayarlara girilmekte, istenen vuruş sayısı seçilerek, seçim hafızaya alınmaktadır. LCD ekran ise kullanıcıyı yönlendirmek ve bilgilendirmek için kullanılmaktadır.

Program çalıştırıldığında;

- Öncelikle Programın adı “HSS 2011” şeklinde gelmekte,
- Daha sonra referans olarak 110 vuruş/dak (en sık kullanılan uygulama vuruş sayısıdır) ayarlı olduğu belirtilmekte,
- İstenirse UP, DOWN ve OK tuşları kullanılarak istenilen değere ayarlanabileceği belirtilip, ayarlama ekranda gösterilmektedir.

Dakikadaki vuruş sayısı değiştirilirken aşağıdaki adımlar izlenmelidir;

- UP ve DOWN tuşlarına birlikte basılarak Setup’a (ayarlara) girilir,
- Vuruş sayısı 110’dan azaltılacak ise DOWN tuşuna istenilen değere ulaşana kadar basılır,
- Vuruş sayısı 110’dan arttırılacak ise UP tuşuna istenilen değere ulaşana kadar basılır,
- Artırma ve azaltma yapılırken LCD panelden kontrol yapılır,
- İstenilen değere ayarlanınca OK tuşu kullanılarak kayıt edilir ve Setup’dan çıkılır.

3.4. Metronomun Programı

Metronom için yazılan program C dilinde yazılmış ve “PIC C Compiler CCS PCWHD 4.093 FULL Portable” kullanılarak PIC ile uyumlu çalışması sağlanmıştır.

Programa “HSS 2011” adı verilmiştir. Bu derleyici program kullanılarak aynı zamanda bilgisayar ekranında simülasyon yardımı ile programın doğruluğu da denetlenmiştir.

Seçilen vuruş sayısının fiziki metronomlara uygun olması için, 40 ile 240 arasında ayarlanması yazılım ile sağlanmıştır.

LCD ekrandaki yazıların 1500 ms, çıkışlarda kullanılan LED’lerin 100 ms süre ile aktif olmaktadır. İstenirse programda değişiklik yapılarak bu süreler artırılıp, azaltılabilir.

3.5. Vuruş (Tuşe) Algılanması

Elektro davullarda bagetlerle pad (2-5 arası) ve pedallar (2 adet) kullanılarak yapılan vuruşlara tuşe denmektedir.

Tuşelerin algılanması ve algılanan vuruşların istenen ile karşılaştırılarak yorumlanması tasarlanan kartın ve programın doğru çalışması için çok önemlidir.

Bu çalışmada ilk kez, önceki çalışmalardan farklı olarak, sadece vuruş hızı değil, aynı zamanda vuruş şiddetinin de analizi yapılmakta ve iki karakteristik özellik bir arada değerlendirilmektedir.

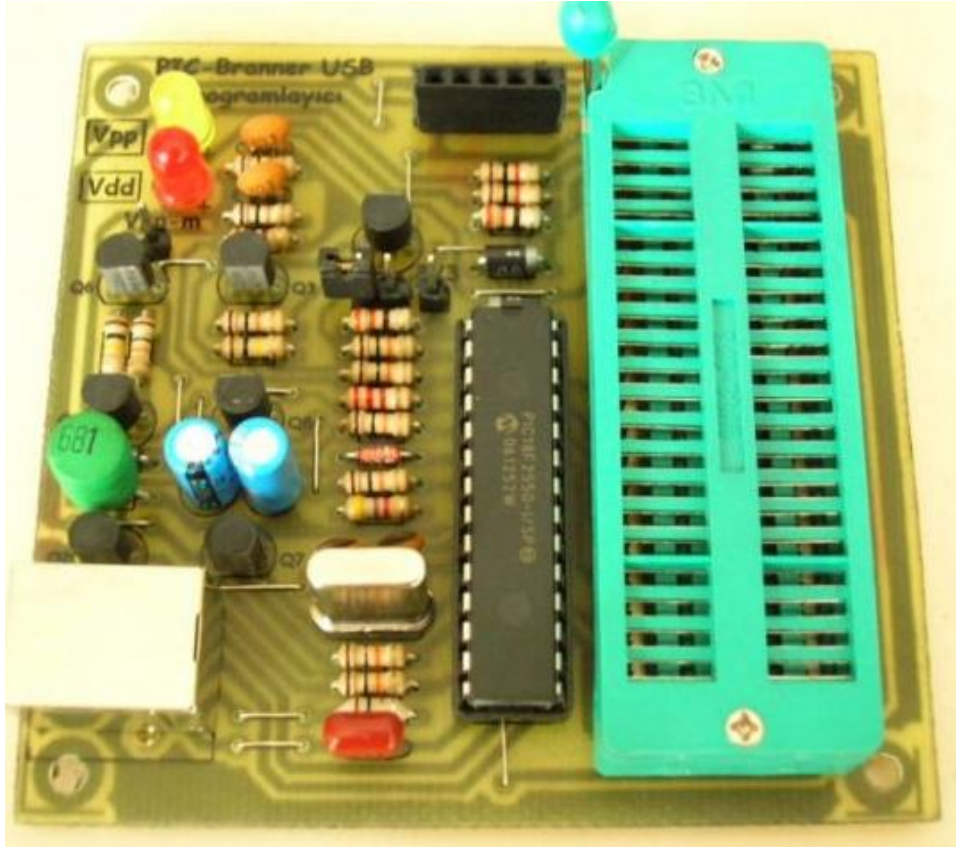
Uygulama ve testlerde Şekil 3.5’de gösterilen elektro davul kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Kullanılan Elektro Davul

Çalışmanın önemli bir aşaması da; davuldan tuşelerin doğru olarak alınması ve analizidir. Bunun içinde PIC ile kontrol edilen bir kart tasarlanmıştır.

Kartın üstten görünüşü Şekil 3.6'da, kartın devresi Şekil 3.7'de verilmiştir.



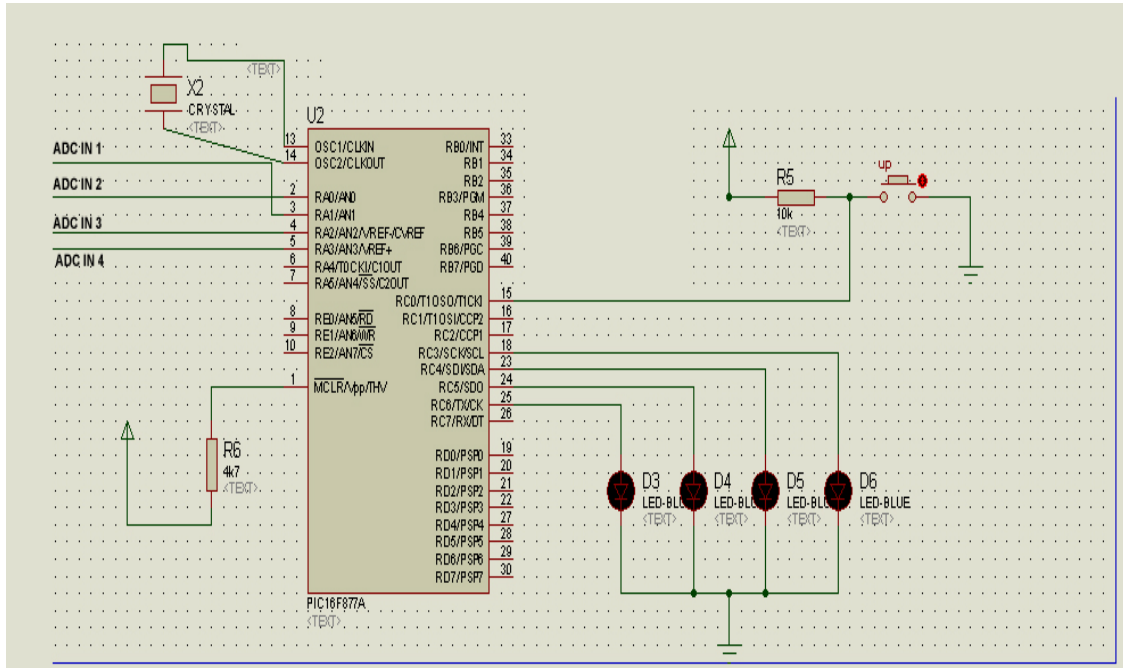
Şekil 3.6. Tuşe Kartı

3.6. PIC ile Vuruş Analizi

Tuşeler algılanıp, sayısallaştırıldıktan sonra; eğitim etütleri için istenen (metronom ile seçilen) vuruş sayılarının gerçekleştirilip, gerçekleştirilmediği belirlenecektir.

Şekil 3.6'daki kart bu amaçla tasarlanmıştır. Bilgisayar simülasyonunda da bu kart denenmiştir. Doğru çalıştığı tespit edilmiştir.

Bu devrede PIC entegresi PIC16F877A kullanılmış olup, istenirse daha küçük kapasiteli ya da daha büyük kapasiteli başka entegreler kullanılabilir.



Şekil 3.7. Tuşe Analiz Devresi

Tuşeler; padden piezofilm sensör ile alınıp, ADC olarak OP-AMP kullanılan Evirmeyen Yükselteç yardımı ile bu Tuşe kartına aktarılacaktır. Tuşe analiz devresi bir karşılaştırıcı olarak çalışmak üzere tasarlanmıştır. Metronomdan ayarlanan ile, davuldan gelen sinyali karşılaştırıp, analiz etmektedir.

Karşılaştırmanın yapılabilmesi içinde, davuldan gelen sinyalin özellikleri bozulmadan, sayısal hale getirilmesi gerekmektedir.

Başlangıçta çalışmada bilgisayardaki testlerde ayrıca bir yükselteç tasarlanmamış, giriş kısmı Gerilim Bölücü kullanılarak tasarlanmıştır. Şekil 3.8’de gösterilen devre testlerde ve devrenin analizinde kullanılmıştır.

Gerilim bölücü ile beslememizin nedeni; değişik vuruş güçlerini deneyebilmek için farklı, gerilim değerlerinin karta girilmesini sağlamaktır. Bu kısmın çalışması test edildikten sonra, bu kısım gerçek sinyallerle çalışmak üzere, değiştirilecektir. Bu işlemin amacı, kartın tuşe analizi kısmını değişik giriş voltajları için test etmektir.

Elektro davullarda vuruş olarak kabul edilen, en küçük tuşe 200 mV'dan büyüktür. Devrenin düzgün çalışması için, ADC'den gelen sinyalin 150 mV'dan az olmaması gerekmektedir. Bu değerin altındakiler, vuruş olarak kabul edilmemektedir. Programın başında bu analiz yapılmaktadır.

Çok kuvvetli vuruşlar da üstten sınırlanmıştır, çünkü entegrenin çalışma voltajı dikkate alınmak zorundadır, aksi takdirde entegre zarar görmektedir. Bu amaçla kartta görüntülü uyarılarda kullanılmıştır. LED kullanılarak, vuruş şiddeti kullanıcıya bildirilmektedir.

Eğitim modülünün en önemli özelliklerinden birisi de, öğretici olmadan, kullanıcıların hatalı ve doğru işlemlerini görebilmesidir. Hazırlanan etütlerde de bu özellik ön plana çıkarılmıştır. Etütler de tuşe programına eklenerek, çalışması test edilmiş, sorunsuz çalıştığı tespit edilmiştir.

ADC çıkışlarının değerine göre LED kullanılarak vuruşun şiddet aralığı Tablo 3.2'de görselleştirilmiştir (1: LED yanık 0: LED sönük).

Tablo 3.2. ADC Çıkışı – LED Durum Tablosu

ADC Çıkış (mV)	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6
<205	0	0	0	0
>205	1	0	0	0
>410	0	1	0	0
>610	0	0	1	0

Enstrümantasyon yükselteçler, yüksek performanslı voltaj yükselteçleridir. Aynı zamanda bu yükselteçler, yüksek kazançlı, yüksek giriş empedanslı ve düşük çıkış empedansı gösteren fark yükselteçleridir. Bu yükselteçler, girişlerine uygulanan sinyallerinin farkını almak suretiyle çalışırlar [19].

Kelime anlamı, yardımcı yükselteçlere karşılık gelmektedir. Enstrümantasyon yükselteçler, negatif geri beslemeden dolayı daha kararlı bir devre karakteristiğine sahiptir.

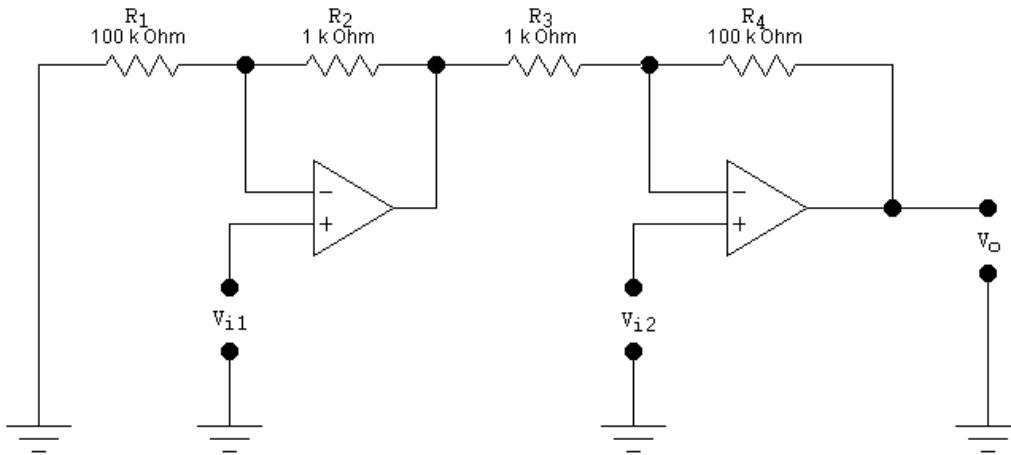
Burada kullanılan geri besleme, negatif geri beslemedir. Çünkü dirençlerle belirlenen voltaj kazancı (kapalı çevrim kazancı), dirençsiz açık çevrim kazancından daha düşüktür.

Geri beslemeli kazanç daima, açık çevrim kazancından (geri beslemesiz kazanç) daha karardır. Her OP-AMP'ta olduğu gibi geri beslemeli kazanç, geri beslemesiz kazançtan daha düşük olduğu için kullanılan geri besleme negatiftir. Çünkü pozitif geri beslemede kazanç artar, negatif geri beslemede ise kazanç azalır.

Bu maçla kullanılabilecek enstrümantasyon yükselteçlerinin bir çok türü mevcuttur. Hepsinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları vardır. En sık kullanılanlar; Yüksek Giriş Empedanslı Versiyonu, Yüksek Giriş Voltajlı Versiyonu ve Yüksek Ortak Mod Tepki Oranlı Versiyonudur.

3.8.1. Yüksek giriş empedanslı versiyon

Yüksek giriş empedanslı Enstrümantasyon Yükselteç, iki adet OP-AMP 'tan oluşur. V_{i1} ve V_{i2} olmak üzere iki giriş kaynağı bulunur. Buradaki V_{i1} ve V_{i2} kaynakları, OP-AMP'ların giriş empedansından daha büyük dirence sahip olduğundan bu devrenin çok yüksek bir giriş empedansı vardır.



Şekil 3.10. Yüksek Giriş Empedanslı Enstrümantasyon Yükselteç

Devrede iki ayrı giriş gerilimi bulunduğu için, bu devrenin çıkış voltaj değeri hesaplanır iken Süperpozisyon Teoremi kullanılır. Bu teorem, kaynakların etkilerinin ayrı ayrı hesaplanarak toplanması esasına dayanır. Bunun için; iki giriş kaynağı olduğundan, hesaplanacak çıkış geriliminin (V_O), iki bileşeni olur.

Birinci kaynak devrede iken diğer kaynak devreden çıkarılır, daha sonra ikinci kaynak devrede bırakılıp birinci kaynak devreden çıkarılır, çıkış gerilimleri her iki durum içinde hesaplanır ve bulunan sonuçlar toplanır. Devredeki gerilim kaynakları yerleri kısa devre edilerek devreden çıkarılır, değeri 0 V alınır.

V_{i1} devrede, V_{i2} kısa devre iken ilk işlemsel yükselteçli devre Terslemeyen yükselteç, ikinci işlemsel yükselteçli devre ise Tersleyen yükselteç gibi çalışır.

Devrenin kazanç ifadesi çıkarılır ve ilk etki hesaplanır.

$$V_{out1} = [1+(R_2 / R_1)].[-(R_4 / R_3)].V_{i1} \text{ olur.}$$

Direnç değerleri formülde yerine konulursa;

$$V_{out1} = [1+(1 / 100)].[-(100 / 1)].V_{i1}$$

$$V_{out1} = (101 / 100).[-(100 / 1)].V_{i1}$$

$$V_{out1} = -101.V_{i1} \text{ olarak bulunur.}$$

V_{i2} devrede, V_{i1} kısa devre iken, devrenin Terslemeyen yükselteç gibi çalıştığı için devrenin kazanç ifadesi buna göre belirlenmiştir.

$$V_{out2} = [1+(R_4 / R_3)].V_{i2} \text{ olur.}$$

Direnç değerleri formülde yerine konulursa;

$$V_{out2} = [1+(100 / 1)].V_{i2}$$

$$V_{out2} = 101.V_{i2} \text{ olarak bulunur.}$$

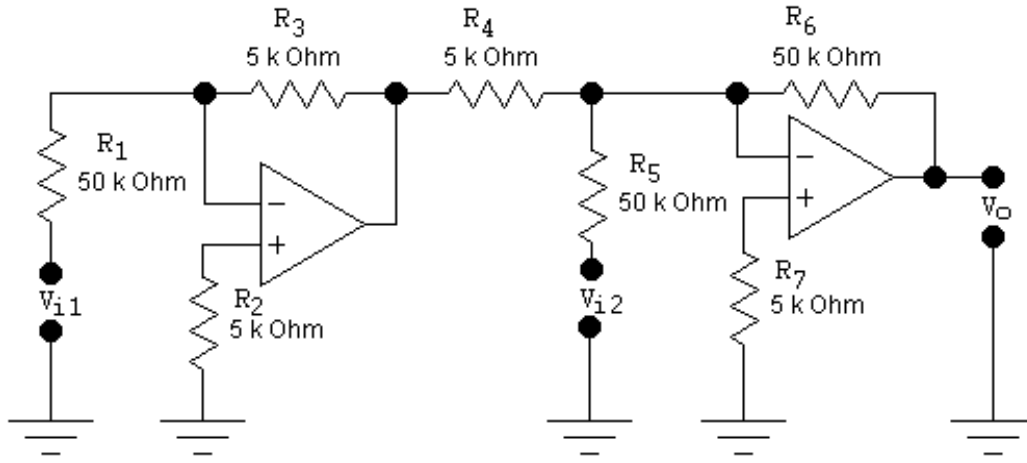
Her iki kaynağı etkisi hesaplandıktan sonra, bulunan iki sonuç toplanarak gerilim hesaplanır.

$$V_o = V_{out1} + V_{out2}$$

$$V_o = -101.V_{i1} + 101.V_{i2}$$

$$V_o = 101(V_{i2} - V_{i1}) \text{ bulunur.}$$

3.8.2. Yüksek giriş voltajlı versiyon



Şekil 3.11. Yüksek Giriş Voltaj Versiyonlu Enstrümantasyon Yükselteç

Şekil 3.11'deki versiyonda, inverting (tersleyen) modda çalışan 2 adet OP-AMP kullanılmıştır. Bu devre çıkışında, V_{i1} ve V_{i2} giriş voltajlarından küçük bir fark sağlar. Yani, iki büyük giriş voltajı arasında küçük bir fark sağlar.

Çıkış geriliminin (V_O) değerini bulmak için; V_{i1} ve V_{i2} olmak üzere iki adet giriş kaynağı olduğundan, Süperpozisyon Teoremi kullanılarak, her iki kaynağın etkisi ayrı ayrı hesaplanır.

Süperpozisyon teoreminde; her seferinde devrede bir kaynak bırakılır, diğer kaynaklar kurala uygun olarak (akım kaynaklarının yeri açık devre, gerilim kaynaklarının yeri kısa devre yapılarak) devreden çıkarılır ve kalan kısım kullanılarak istenilen gerilim hesaplanır.

Bu devrede de bir önceki ile benzer olarak, devrede iki kaynak olduğu için, hesaplanacak gerilimin iki bileşeni olacaktır.

V_{i1} devrede, V_{i2} kısa devre iken, her iki işlemsel yükselteç kısmınında Tersleyen yükselteç gibi çalıştığı görülmektedir. İki tersleyen yükselteç seri bağlandığında, devrenin genel kazanç ifadesinin pozitif olduğu sonuçta da görülmektedir.

$V_{i2} = 0$ V durumunda;

$$V_{out1} = [-(R_3 / R_1)].[-(R_6 / R_4)].V_{i1} \text{ olur.}$$

Direnç değerleri formülde yerine konulursa;

$$V_{out1} = [-(5K / 50K)].[-(50K / 5K)].V_{i1}$$

$$V_{out1} = V_{i1} \text{ olur.}$$

V_{i2} devrede, V_{i1} kısa devre iken ise R_6 direncinin bulunduğu işlemsel yükselteç katının Terleyen yükselteç şeklinde çalıştığı bilinmektedir.

$V_{i1} = 0$ V durumda ise;

$$V_{out2} = [-(R_6 / R_5)].V_{i2} \text{ olur.}$$

Direnç değerleri formülde yerine konulursa;

$$V_{out2} = [-(50K / 50K)].V_{i2}$$

$$V_{out2} = -V_{i2} \text{ olur.}$$

Süperpozisyon teoremine göre bulunan iki bileşen toplanarak (V_{out1} ve V_{out2}) devrenin çıkış voltajı belirlenir.

İkinci kaynağın etkisini temsil eden bileşen (V_{out2}), negatif olduğu için toplanmasına rağmen gerçekte çıkartma işlemi yapılmaktadır.

$$V_o = V_{out1} + V_{out2}$$

$$V_o = V_{i1} + (-V_{i2})$$

$V_o = V_{i1} - V_{i2}$ olarak bulunur.

Devrede direnç değerleri ayarlanarak, çıkış gerilimini, giriş gerilimlerine bağlayan ifadenin kazanç değerlerinden bağımsız olarak görölmesi sağlanmıştır.

3.8.3. Yüksek ortak mod tepki oranlı (CMRR) versiyon

şekil 3.12'de Enstrümantasyon yükselteçlerden uygulamalarda en fazla tercih edileni gösterilmiştir. İşlemsel yükselteçlerde Ortak Mod Tepki (Bastırma) Oranı (Common Mode Rejection Ratio -CMRR), her iki girişinde de ortak olan giriş sinyalini reddetme özelliğidir [35].

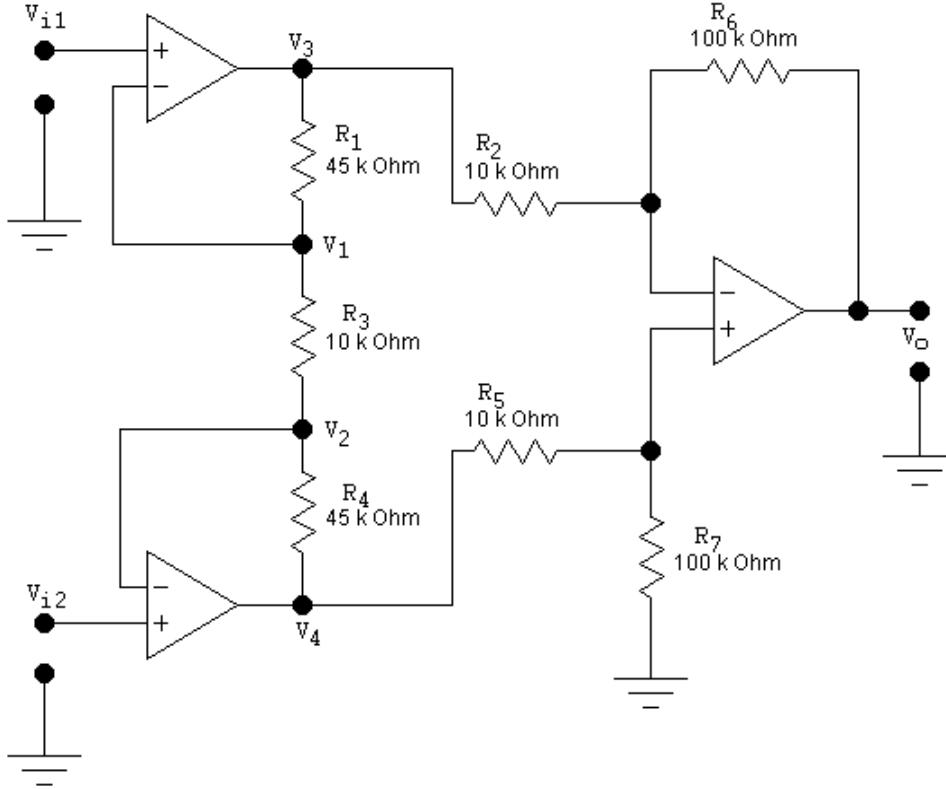
Bu oran, faz çeviren (-) ve çevirmeyen (+) girişe aynı anda uygulanan işaretin, çıkış işaretine oranına eşittir. Bu özellik ile, devrelerdeki parazit ve gürültülerin, süzölmesi ve girişteki sinyallerden çıkarılması için kullanılır. CMRR'nin birimi dB'dir.

$$CMRR \text{ (dB)} = 20 \log (A_d/A_c)$$

A_d = Fark işaret kazancı

A_c = Ortak işaret kazancı

CMRR değeri, genelde frekanstaki artışa bağlı olarak düşer. Bu versiyondaki Enstrümantasyon yükselteçlerde, parazit ve gürültüleri atma oranı da yüksektir.



Şekil 3.12 Yüksek Ortak Mod Tepki Oranlı Enstrümantasyon Yükselteç

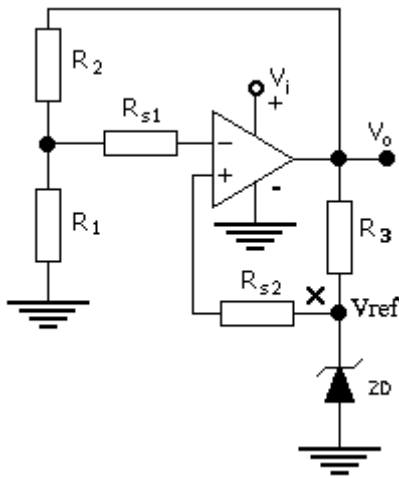
Şekil 3.12'deki Enstrümantasyon yükselteçte V_{i1} ve V_{i2} girişleri OP-AMP'ların faz çevirmeyen (+) girişlerine uygulanmıştır. R_3 direnciyle devrenin genel kazancı kontrol edilebilir.

Girişteki gerilimlerin kazançlarının ikisini birden tek başına etkilemektedir. R_3 direnci ne kadar yükseltilir ise kazançlar o kadar artar, ancak bu konuda kısıtlayıcı faktör, kullanılan OP-AMP'ın besleme gerilimidir.

Baştaki ilk iki OP-AMP çıkışlarından alınan sinyal, fark yükseltecine uygulanmıştır. Devrenin çıkış voltajını bulabilmek için yine Süperpozisyon teoremi kullanılır.

Devremizin analog sinyalinin alındığı giriş kısmında kullanılan 741 entegresi, Gerilim Regülâtörü olarak kullanılmış ve gerilimi sınırlamak içinde Zener diyot kullanılmıştır.

Zener diyot 5 V sınırlıdır (gerçekte 5,25 V), bunun sebebi kullanılan PIC entegrelerine yüksek gerilim (dolayısı ile yüksek akım) gelmesini ve zarar görmelerini engellemektir.



Şekil 3.14. Gerilim Regülâtörü

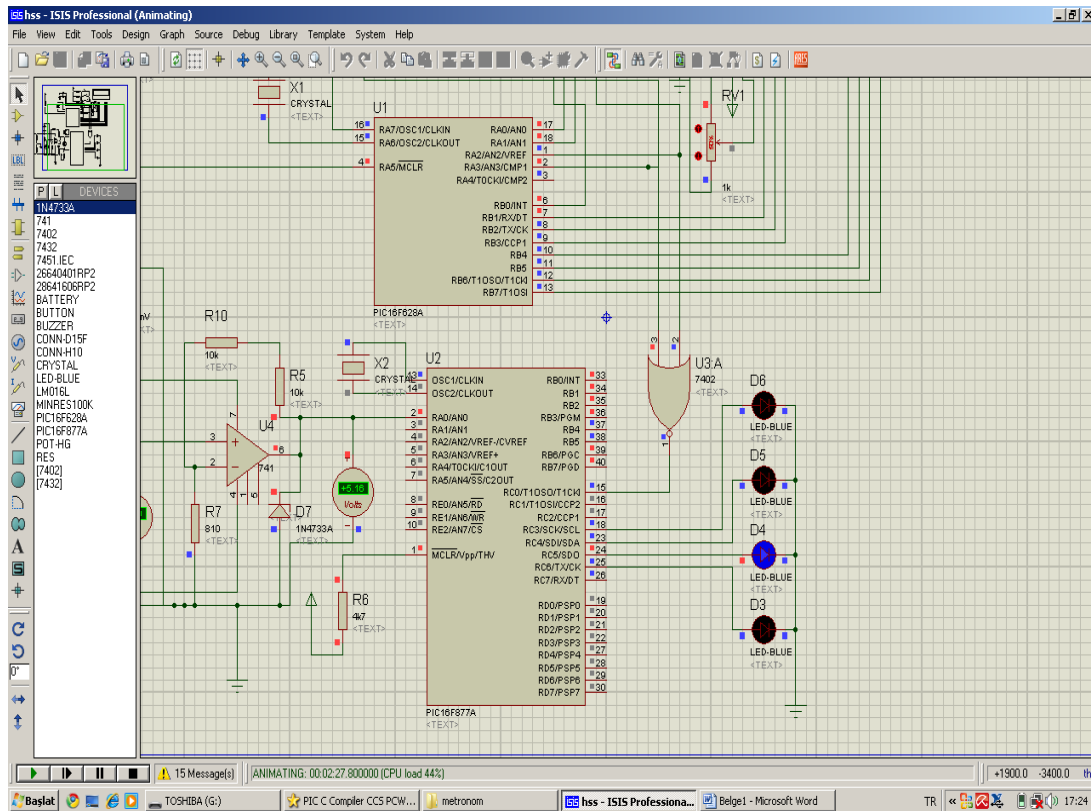
Metronom devresindeki iki LED'in ayrı ayrı tuşe şiddetine göre çalışabilmesi için PIC16F628A entegresinin 1 ve 2 nolu çıkışlarının arasına OR (VEYA) kapısı eklenmiştir. Bu düzenlemeler sonucu her iki devre uyumlu çalışmaktadır. Bu şekilde; metronomda seçilen (ayarlanan) hızda ve şiddette vuruş yapılıp yapılmadığı görülebilmektedir.

Şekil 3.13'de de görülebileceği gibi devreye daha öncekilerde bulunmayan bir NOR kapısı eklenmiştir. Devrenin testleri yapılırken karşılaşılan bazı sorunlara çözümler üretilmiştir. NOR kapısına ihtiyaç duyulmasının sebebi, testler yapılır iken, hazırlanan etütlerde vuruş yokken (bunu bize sesli bildiren) buzer sürekli devrede kalması ve gürültü oluşturmasıdır.

İki girişli NOR kapısı kullanılması sebebi; iki tane LED ile metronomun çalışıp çalışmadığı belirleniyordu, bu iki LED bu NOR kapısı için giriş olarak kullanılmaktadır.

Bu kapı ile; vuruş yok ise metronom 100 ms bekleyecek ve entegreye “vuruş yok” mesajı yollayacak, o bilgide bize hem LCD ekranda, hem de buzzer’ın kısa ötüşü ile bildirilecektir. Bu işlem programa da eklenerek, devrenin buna uygun çalışması sağlanmıştır.

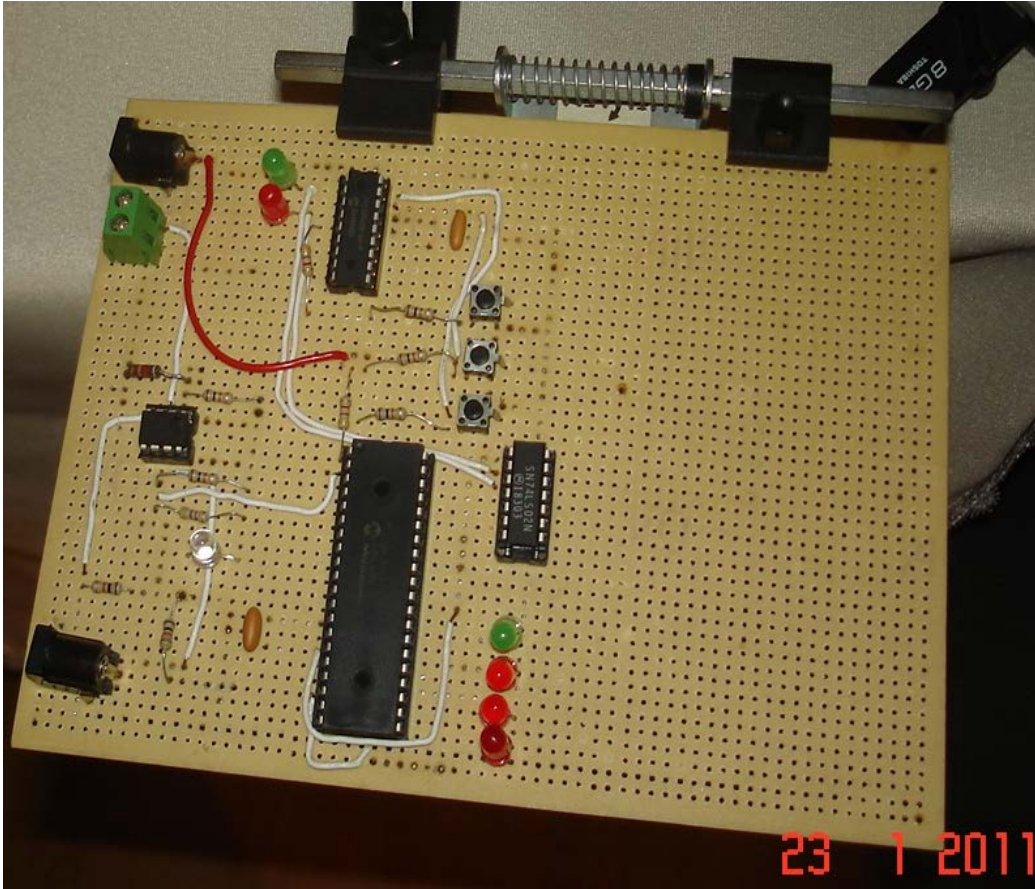
NOR entegresinin çıkışları 0 olduğu sürece PIC entegresi girişteki vuruşları değerlendiriyor, çıkış 1 ise 100 ms sonra “vuruş yok” deyip, girişleri dikkate almıyor. Aşağıdaki şekilde devrenin bu kısmı büyütülerek, NOR kapısının görünürlüğü sağlanmıştır.



Şekil 3.15. NOR Kapılı Devre

Devrenin girişinde Zener Diyottan sonra aşağıdaki kart resminde de görüleceği gibi beyaz bir LED kullanılmıştır. Bu LED'in görevi (analog sinyaller alındığında, deneme amaçlı en son yapılan devre tasarımında kullanılmamıştır) vuruşların yapılıp yapılmadığını görmek ve göstermektir.

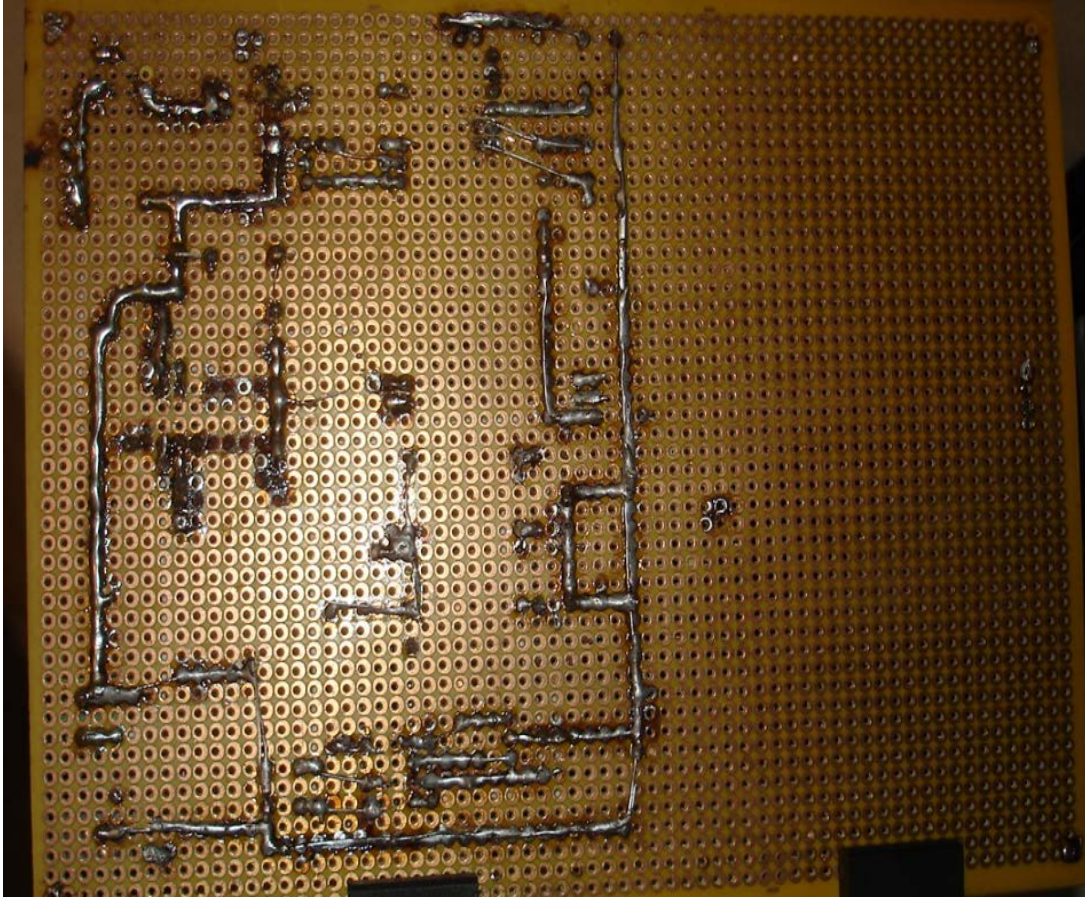
Devrenin son halinde iki pad (sağ ve sol pad) birlikte çalıştırılıp kullanılacağı için NOR kapısı devreden çıkarılmış ve iki giriş kullanılmıştır.



Şekil 3.16. Test İçin Tasarlanan Devre

Bu devre; test ve analiz için kullanıldığından baskı devre çıkarılarak, kutulanmamıştır.

Kartın arka yüzü aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.17. Test İçin Tasarlanan Devre Arka Yüz

Davuldan alınan analog sinyaller programda vuruş şiddeti şeklinde yazılmış ve şiddete göre çıkışta yanacak LEDler belirlenmişti. Ancak devre çalıştırıldığında bu vuruş şiddetlerine karşılık gelen mV cinsinden gerilim karşılıkları analiz edilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- 0 V ile 37 mV arası : Vuruş yok, yetersiz şiddet D3 LEDi yanar,
- 38 mV ile 77 mV arası : D6 LEDi yanar (En üst LED),
- 78 mV ile 115 mV arası: D5 LEDi yanar (Üsten 2. LED),
- 116 mV'dan büyük ise: D4 LEDi yanar (Üsten 3. LED),

Devrenin, PIC girişlerinde harmonik üreteç olarak kristal üreteç değil (küçük kahverengi, mercimek kondansatör benzeri) rezonatör kullanılmıştır.

Bunun sebepleri;

- Kristal üreteçle birlikte 2 tanede kondansatör kullanılmalıdır,
- Kullanılan bu kondansatörler filtre görevi görüp, değerleri etkilemektedir,
- Bir kristal ve iki kondansatörün işini bir tek üç bacaklı rezonatör daha az hata payı ile gerçekleştirmektedir.

3.9.1. Devrenin çalışması



Şekil 3.18. Analog Giriş Yapılmış Kart

Şekil 3.18'de de görülebileceği gibi, davuldan analog sinyalleri almak için bir mikrofon kablosu kullanılmıştır.

Pad'in arakasından piezofilm sensörden gelen sinyal alınarak devrenin giriş kısmındaki gerilim regülâtörüne uygulanmıştır.

Şekil 3.18'de en alt soldaki besleme 5 V olup tüm entegreler için ortaktır. Aynı şekil en alt en sağdaki besleme 19 V olup, 741 entegresinin beslemesi içindir. 5 V'luk gerilim 741 entegresini çalıştırmaya yetmediği için ayrı bir besleme devreye eklenmiştir.

Devre, analog girişleri almakta, vuruş şiddetini analiz edip, PIC'e iletmektedir. PIC entegresine metronom olarak kullanılan PIC628 entegresinden gelen bilgi ile karşılaştırarak vuruşu değerlendirmekte ve etüde göre sonuç vermektedir.

Devremiz bu haliyle üç etüt için kullanılabilir. Aşağıda verilen her üç etüt çalışması da tasarlanan devrede denemiş ve devre sorunsuz çalışmıştır.

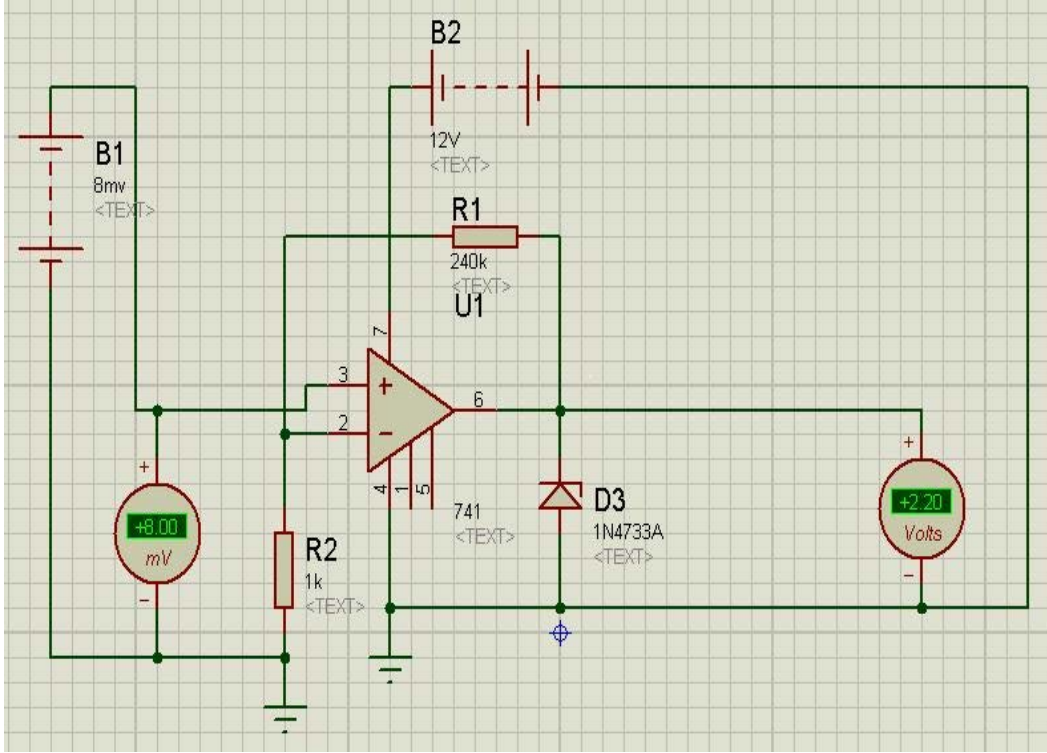
1. Metronomda ayarlanan hıza göre vuruş hızı,
2. Davul Pad'inden vuruşu alıp, işleme ve şiddetine göre işlem yapma,
3. Yavaş ve kuvvetli vuruşlar içeren kısa bir etüdü değerlendirme.

3.9.2. Devrenin testi

Davuldan alınan vuruşların şiddetinin elektriksel karşılığı en yüksek 200 mV kabul edilmiş ve bu değer için Zener diyotun maksimum değeri olan 5 V (5.25 V) kullanılmıştır. Davuldan yapılan vuruşlarda 200 mV üstünde gerilim oluşturulacak olursa, Zener diyot bunu sınırlayıp çıkış sabit 5.25 V'ta tutmaktadır.

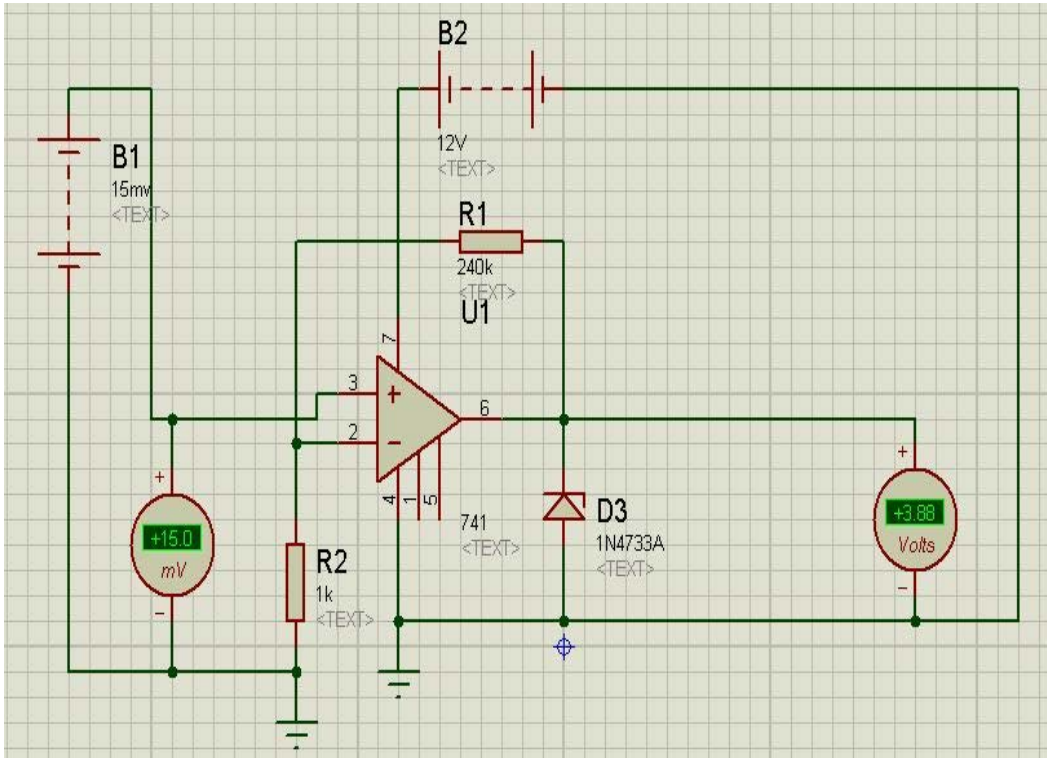
Projemizde tasarlanan devrede, B1 piezofilm sensörümüzü simüle etmektedir. Bu devre çıkış voltajını 5 V civarında sabitlemektedir. Bu amaçla Zener diyot kullanılmıştır. Devre değişik giriş değerleri için devre çalıştırılarak çıkış voltajları ölçülerek devrenin çalışması test edilmiştir. Takip eden sayfalardaki; Şekil 3.19, Şekil 3.20, Şekil 3.21, Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'de simülasyon devre resimleri gösterilmiştir.

$V_i = 8 \text{ mV}$ için $V_o = 2.20 \text{ V}$



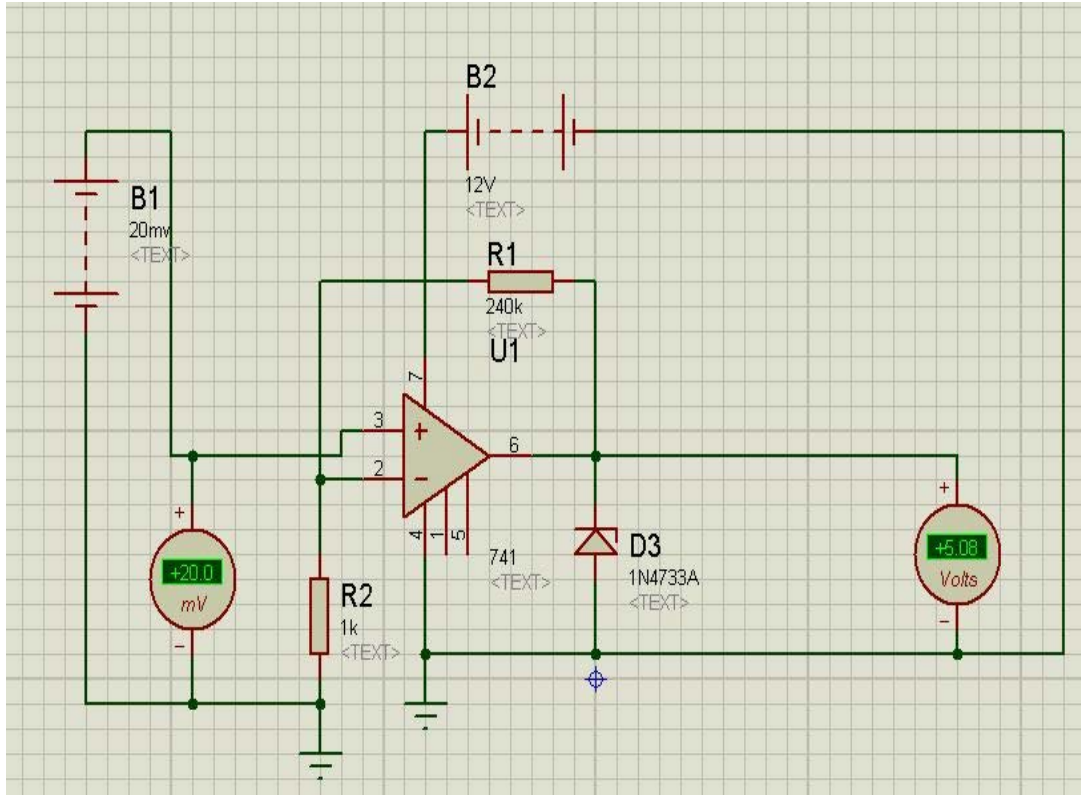
Şekil 3.19. 8 mV Giriş Voltajı İçin Çıkış

$V_i = 15 \text{ mV}$ için $V_o = 3.88 \text{ V}$



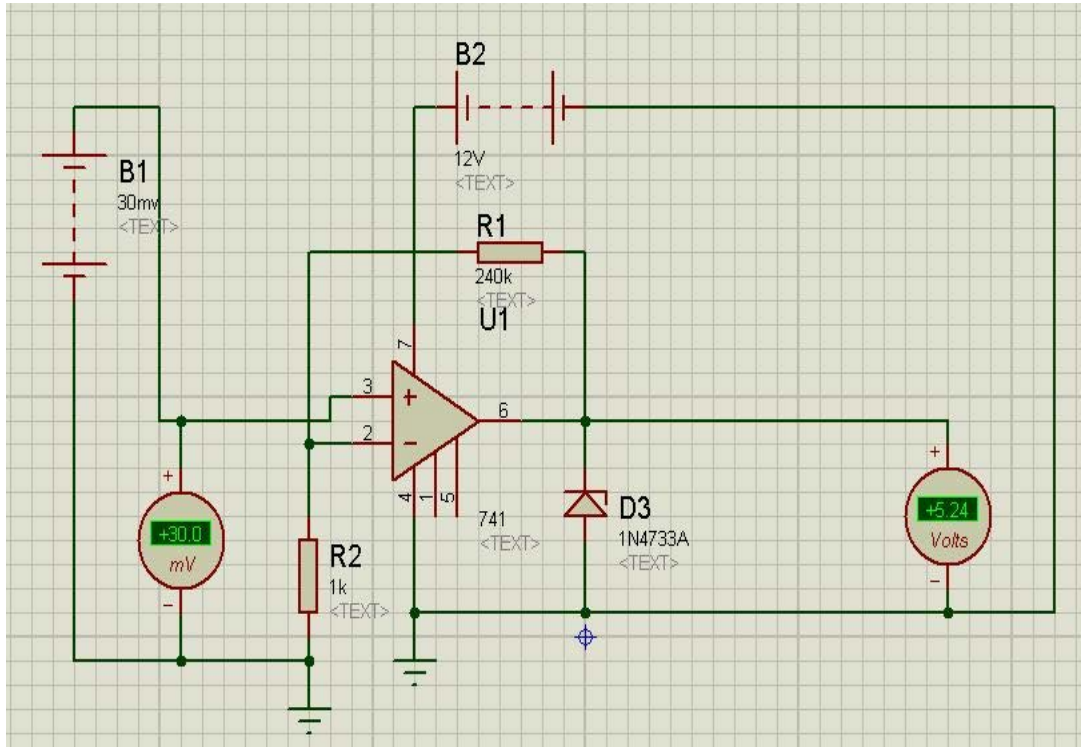
Şekil 3.20. 15 mV Giriş Voltajı İçin Çıkış

$V_i = 20 \text{ mV}$ için $V_o = 5.08 \text{ V}$



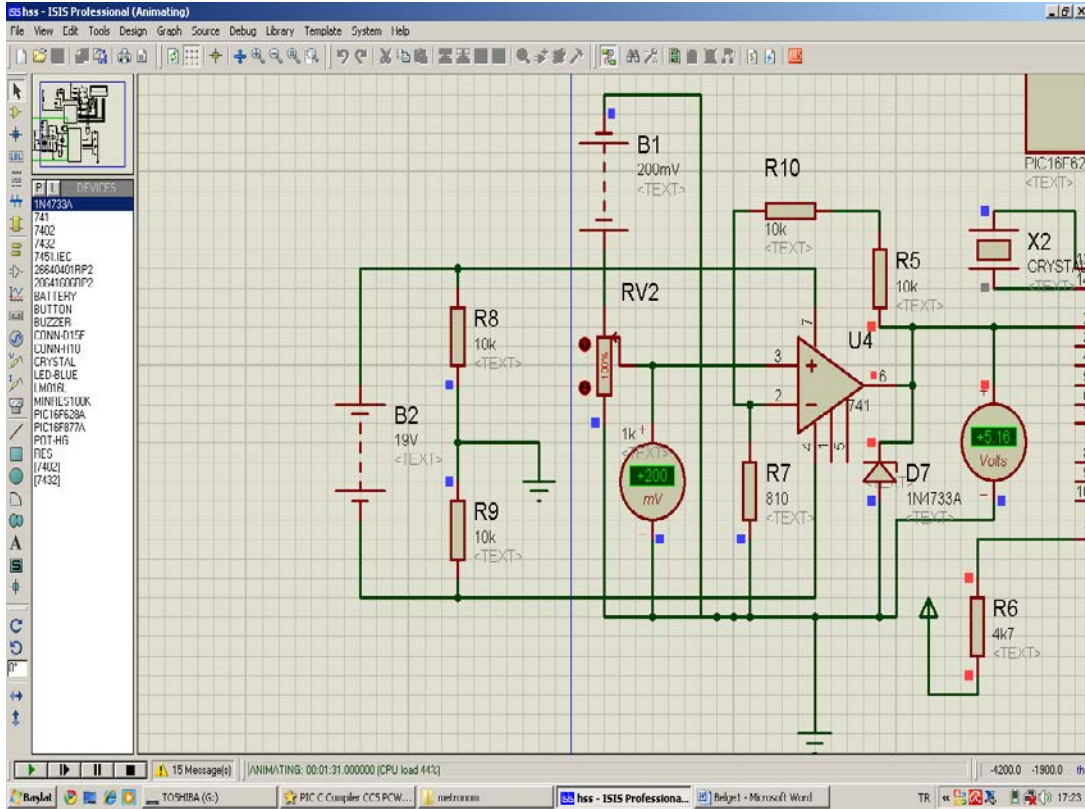
Şekil 3.21. 20 mV Giriş Voltajı İçin Çıkış

$V_i = 30 \text{ mV}$ için $V_o = 5.24 \text{ V}$



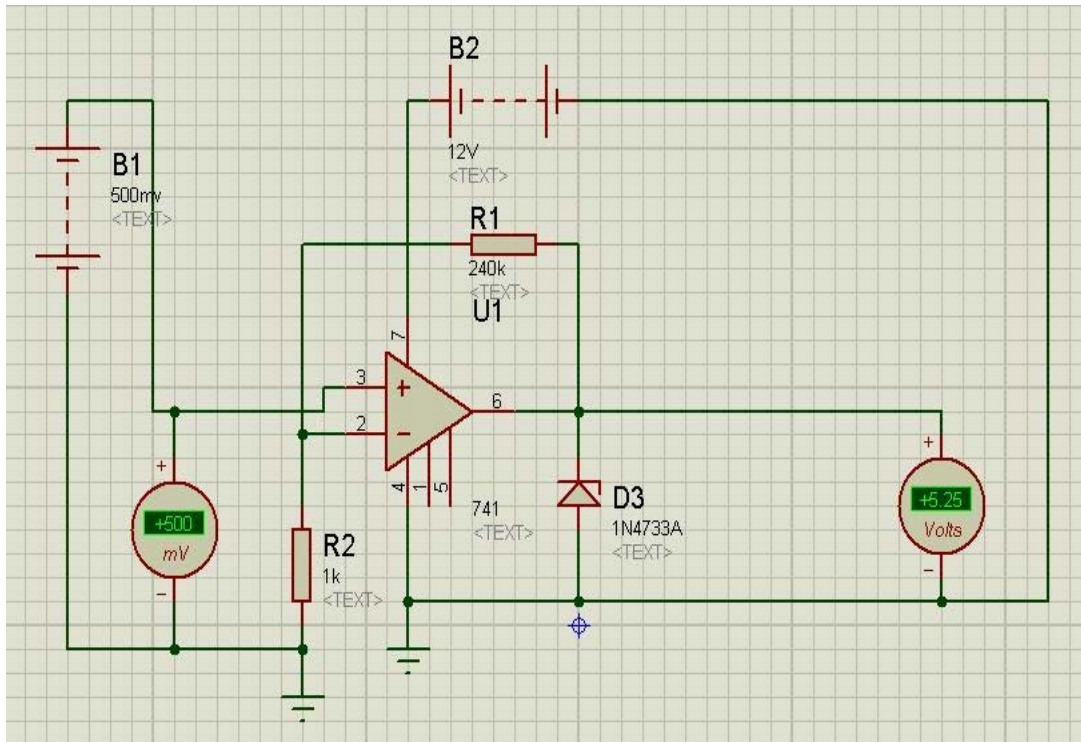
Şekil 3.22. 30 mV Giriş Voltajı İçin Çıkış

$V_i = 200 \text{ mV}$ için $V_o = 5.16 \text{ V}$



Şekil 3.23. 200 mV Giriş Voltajı İçin Çıkış

$V_i = 500 \text{ mV}$ için $V_o = 5.25 \text{ V}$



Şekil 3.24. 500 mV Giriş Voltajı İçin Çıkış

Davuldan yapılan vuruşlar 200 mV üstünde gerilim oluşturduğunda Zener diyotun bunu sınırlayıp çıkış sabit 5.25 V'da tutmasının sebebi entegreleri bozacak gerilimlerden korumaktır.

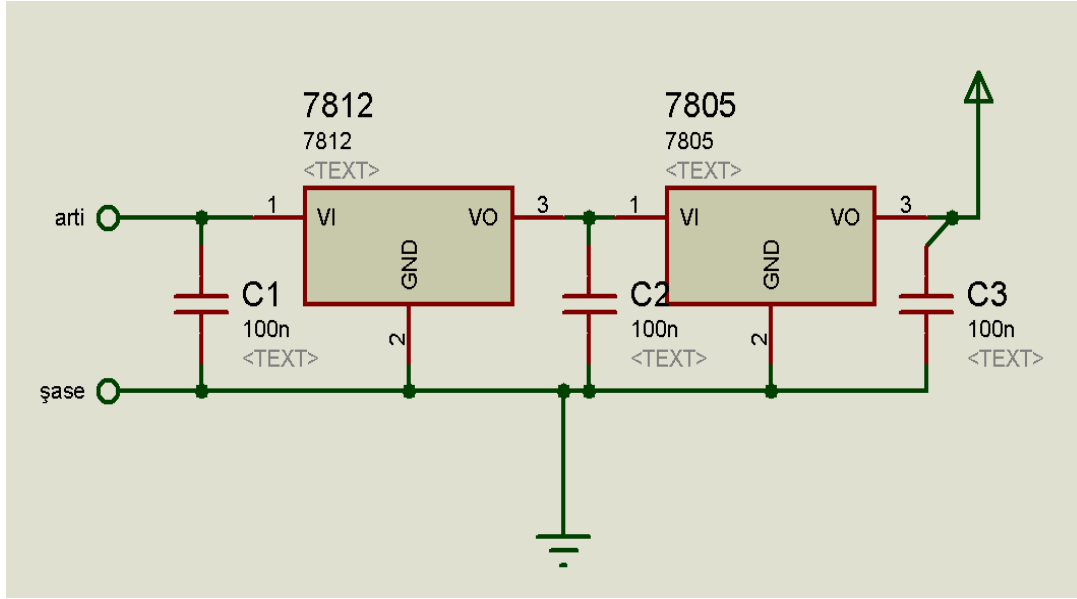
3.10. Devrede Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Devrede bir takım zorunlu değişiklikler, geliştirmeler yapılmıştır. Devrenin baskı devresi çıkarılıp, kartı imal edilmiş, devre elemanları yerleştirilerek çalışması test edilmiştir.

Test sırasında bilgisayar ortamında öngörülmeyen, hata vermeyen bazı sorunlarla karşılaşılmıştır. Devrede ilgili sorunlar için çözümler üretilmiş ve devre sorunsuz çalışır hale getirilmiştir.

Şekil 3.18'de görüldüğü gibi OP-AMP beslemesi (18 V) ve diğer entegreler için (5V) iki adaptör gerekmektedir. Bu malzeme kargaşasını engellemek için devreye iki regülatör (7812 ve 7805) eklendi.

Birbirine seri bağlı bu iki regülatör ile gerilim önce 12 V sonra 5 V'a düşürülüyor. Tek bir 7805 kullanılıp, doğrudan 5V'a düşürülmemesinin sebebi; bu durumda entegrenin çok ısınmasıdır ayrıca entegrenin ömrü kısaltmakta ve daha çabuk bozulmaktadır. Bu sebeplerden Şekil 3.25'de gösterilen devre kullanılarak; gerilim önce 7812 ile 12V'a düşürülmekte, daha sonra 7805 ile 5V'a indirilmektedir.

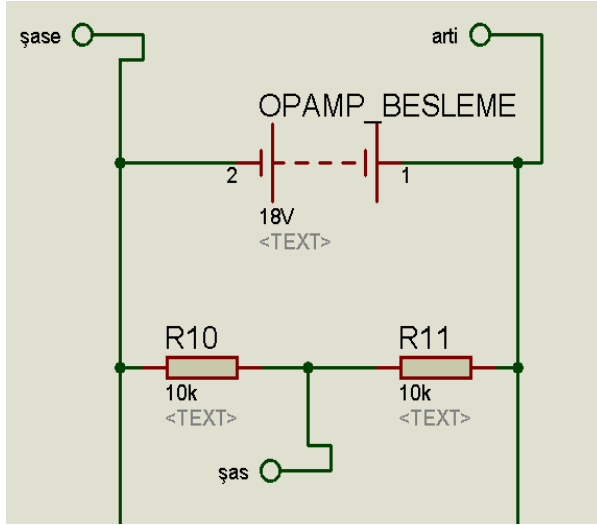


Şekil 3.25. Regülâtör Seti

Devre çalıştırıldığında, giriş kısmındaki OP-AMP beslemesinde ki R_{10} direnci sürekli kısa devre olmakta ve zarar görmektedir. Bu durum bilgisayar ortamındaki testlerde ortaya çıkmamış, kartın fiziken gerçekleştirilip, çalıştırılması aşamasında ortaya çıkmıştır.

Yapılan incelemede 18 V ile 5V'luk beslemelerin şaseleri birleştiğinde OP-AMP devresinin beslemesinin bozulduğu, gerilim bölücünün çalışmadığı ve sonucunda ilgili direncin zarar gördüğü tespit edilmiştir.

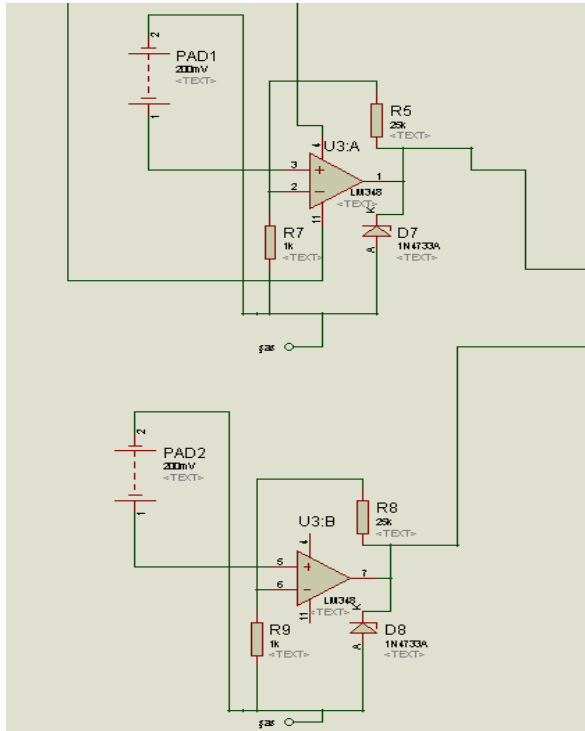
R_{10} direncinin sürekli kısa devre olmasını ve zarar görmesini engellemek için 18V ve 5V için Şekil 3.26'da gösterildiği gibi, iki ayrı şase hattı oluşturulmuş ve problem çözülmüştür. Bu şekilde devrenin giriş kısmında bir revizyon yapılmıştır.



Şekil 3.26. OP-AMP Beslemesi

Devrenin elektro davulun birden fazla padinden veri alabilmesi için giriş kısmında tek işlemsel yükseltece sahip 741 entegresi yerine, dört OP-AMP içeren LM348 entegresi kullanılmıştır.

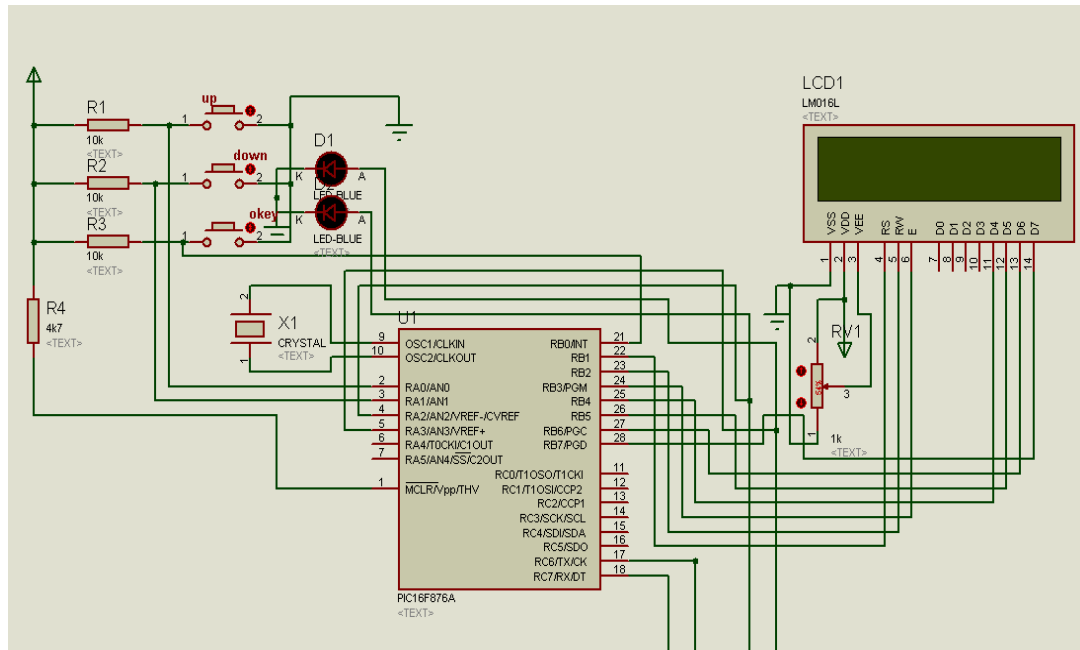
Devrede daha önce kullanılan NOR kapı entegresi de birden fazla pad kullanılacağı için Şekil 3.27'deki gibi devreden çıkarılmış ve devre yeniden yapılandırılmıştır.



Şekil 3.27. Giriş OP-AMP Devresi

LM348 Entegresindeki dört OP-AMP'tan iki tanesi aktif olarak kullanılmaktadır. İstenirse, girişten veri alınacak kanal sayısı dört taneye kadar artırılabilir.

Kartın gerçekleştirilmesi aşamasında, Metronom kısmının kart yerleşimindeki sorunların aşılması için yeniden düzenlenmesi gerekmiş ve devre; çalışma şekli ve devre elemanları değiştirilmeden Şekil 3.28de gösterildiği şekle getirilmiştir.

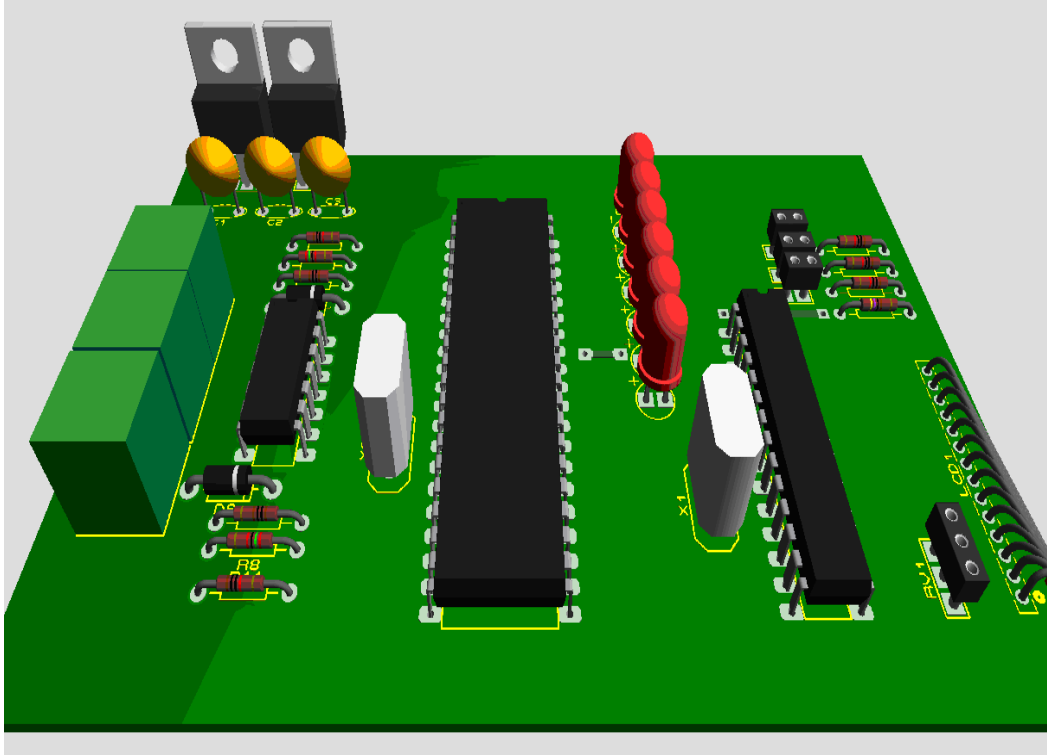


Şekil 3.28. Metronom Devresi

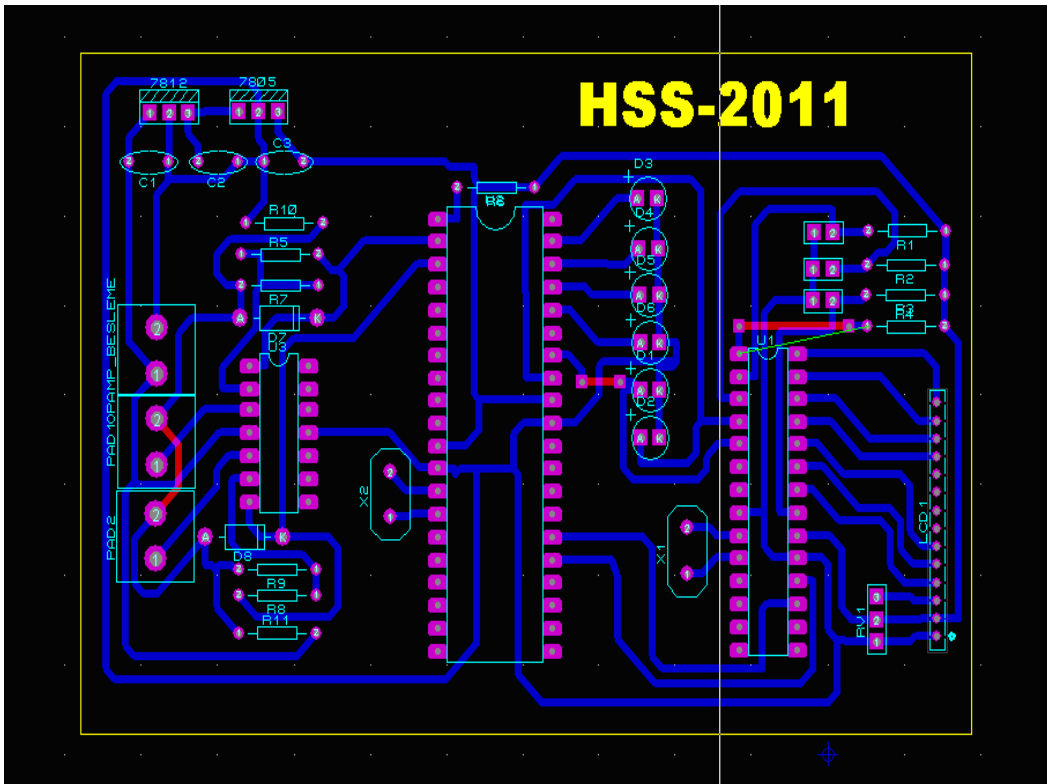
Şekil 3.13'de verilen Metronom ve Kıyaslama devrelerinin birleşimini gösteren devre Şekil 3.31'de verilmiştir.

Baskı devre (Şekil 3.29) sonrası malzeme yerleştirilmesi yapılan (Şekil 3.30) devrede yaşanan bir diğer problem ise; çalışma sırasında metronom çalıştığı halde metronomun görsel çıkışını temsil eden LED'lerin düzenli çalışmaması idi.

Metronom ayrılıp aynı işlem yapıldığında, LED'ler problemsiz çalışmaktadır. PIC16F876A ile PIC16F877A entegreleri birlikte çalıştırıldığında sorun tekrar etmekte, LEDler metronom çalışıp, çıkış verdiği halde sönük kalarak, çalışmıyor görüntüsü vermektedir.



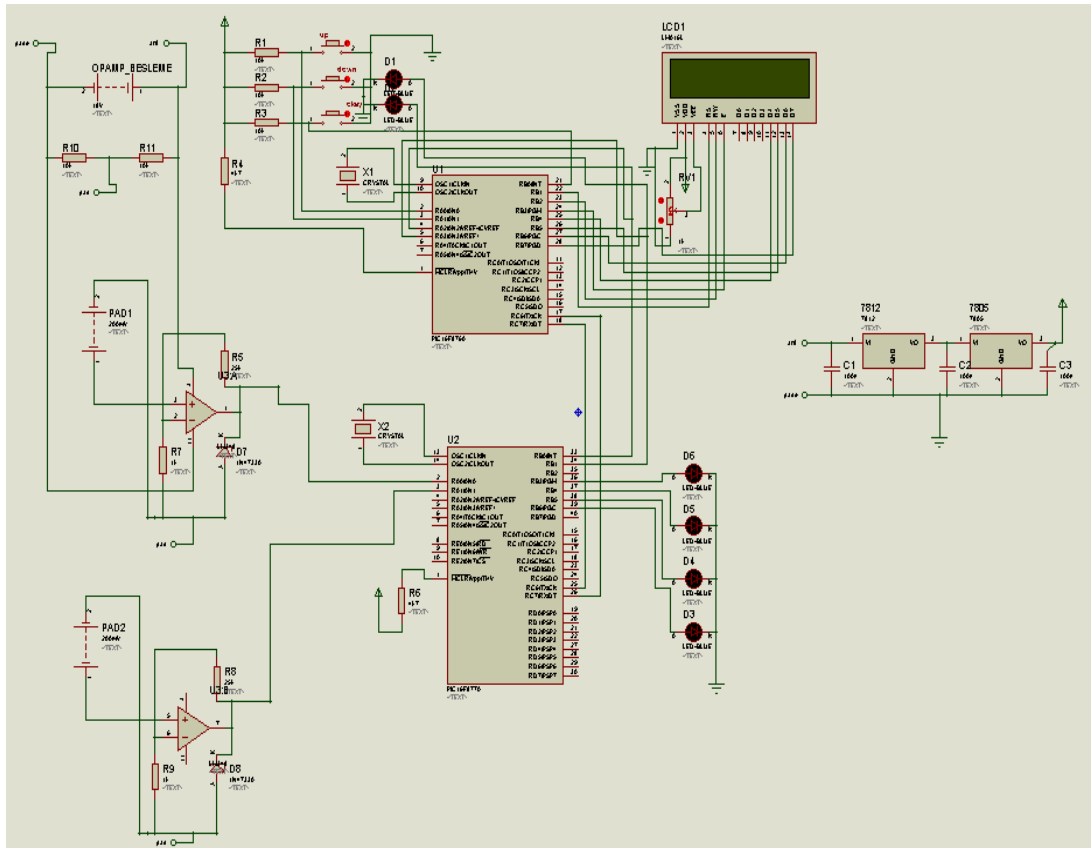
Şekil 3.29. Baskı Devre 3D Görüntüsü



Şekil 3.30. Baskı Devre Şematik Görüntü

LED'lerde yaşanan bu sorunda PIC16F876A entegresinden PIC16F877A'ya veri taşıyan iki LED ucuna direnç eklenerek çözülmüştür. Bu dirençler yük oluşturarak, devrenin aşırı akım çekip kısa devre gibi davranmasını engellemekte ve devre sorunsuz çalışmaktadır.

Sorunları çözülmüş, kart üzerinde elemanlarının yerleştirilmesi tamamlanmış devre aşağıda verilmiştir. Bu devre ile gerçek zamanlı, analog sinyallerin kullanıldığı testler yapılmıştır.



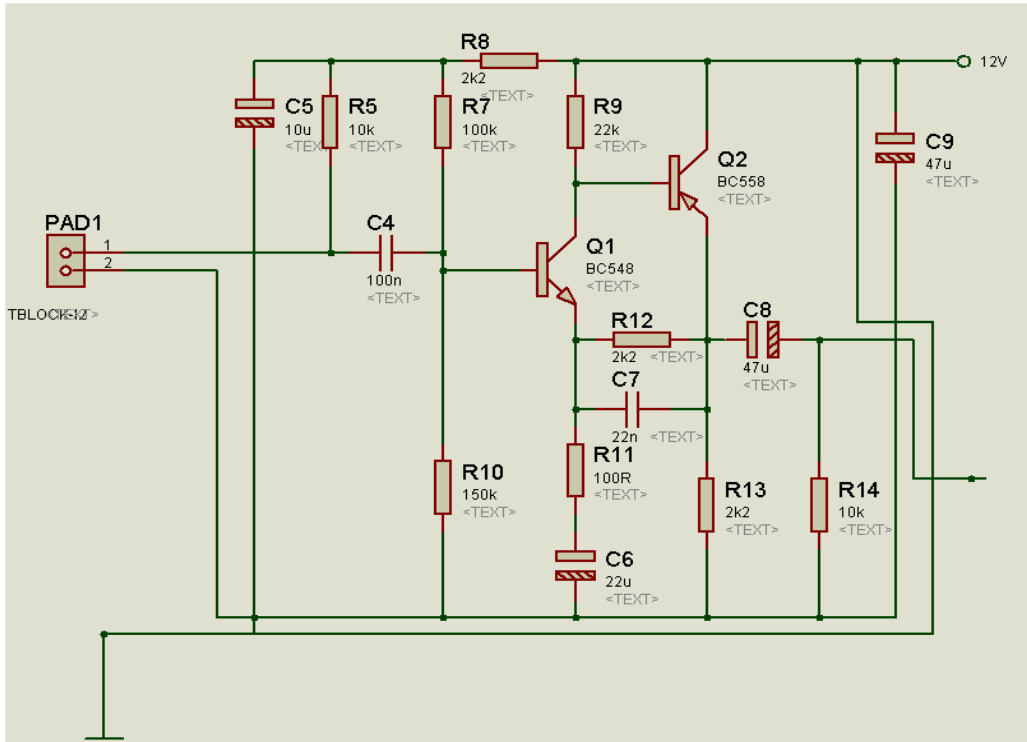
Şekil 3.31. Birleşik Devre 2

Testler sırasında devrede mikrofon kablosu kullanıldığı için, bir ön yükselteç devresi kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu devre; hem girişte kullanılan işlemsel yükselteçlerden (OP-AMP) kaynaklanabilecek yapısal sorunlarını çözmekte, hem de sensör ile kart arasında yaşanan empedans uyumsuzluğunu gidermektedir.

Mikrofon kullanılan tüm devrelerde bu tür bir ön yükselteç, uyumlandırma devresine ihtiyaç vardır. Farklı özellikler ve çalışma şekline sahip devrelerde kullanılabilir.

Piezofilm sensörlerin çıkışları ile devrenin girişinde yaşanan empedans farklılıkları ile işlemsel yükselteçlerin off-set gerilimlerinden kaynaklanan sorunları çözmek için Şekil 3.32'deki devre kullanılmıştır.

Kartta, her iki padden gelen sinyal için iki ayrı uyumlandırma devresi kullanılmıştır. Devredeki her giriş için ayrı bir ön yükselteç, uyumlandırma devresi kullanılmalıdır.



Şekil 3.32. Uyumlandırma Devresi

Bu devrenin en büyük dezavantajı; yeterli büyüklükte giriş sinyali kullanılmadıkça maksimum çıkış gücü elde edilememesidir. Bu dezavantaj bizim projemiz için avantaj olmaktadır. Yeterli vuruş gücü, giriş sinyali oluşmadıkça; çıkışta gerilim oluşmayacağı için istenmeyen, yetersiz vuruşlar kendiliğinden filtrelenmiştir.

Kullanılan devrede besleme gerilimi olarak DC 6 – 12 V kullanılabilir. Devrenin 12 V besleme gerilimi ile yüksüz akımı 3 mA olup, 9 V beslemede ise bu değer 2 mA'ye inmektedir [37].

Devrenin çıkış gerilimi, besleme 12 V iken en fazla 2.5 V olabilmektedir. Bu değerler, daha önceki işlemsel yükselteç ile gerçekleştirilen giriş katındaki devrede PIC entegrelerini korumak için gerilimi sınırlamak amacıyla kullandığımız Zener diyota da ihtiyaç bırakmamıştır. Bu özelliği ile gürültü ve parazit kaynağı olabilecek bir malzeme gurubu daha devreden çıkarılmış, devre daha basitleşmiştir

Devrede iki adet transistör (BC558 ve BC546) kullanılmıştır. Bu iki transistör negatif geri besleme kullanarak bir DC geri besleme çifti oluşturmaktadır. Devrenin kazancı $A_V=23$ civarında olup bizim üst sınırimiz olan $A_V=25$ aşılmamaktadır.

Daha büyük kazançlar gerekmesi durumunda tek bir direnç değeri değiştirilerek istenilen kazanç değeri elde edilebilir.

Devrenin ana kazancı R_{12} ve R_{11} dirençleri ile hesaplanmaktadır.

$$A_V = \left(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}}\right)$$

Bu devrede $R_{12}=2.2\text{ k}\Omega$ ve $R_{11}=100\ \Omega$ kullanıldığı için, devrenin toplam kazancı;

$$A_V = \left(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}}\right) = \left(1 + \frac{2200}{100}\right) = (1 + 22) = 23$$

Giriş sinyali birinci transistörün baz (base) ucuna C4 kondansatöründen geçirilerek uygulanmaktadır. Girişte kullanılan Alçak Geçirgen Filtre (R_8 ve C_5), ön gerilim voltajından gürültülerin ayrılmasında kullanılır. Bu filtreler kullanılarak, çıkış sinyalinin gürültü gibi istenmeyen sinyallerden arındırılması sağlanmış olur.

Girişteki C4 ve çıkış ucundaki C8 kondansatörlerinin bir görevi de DC sinyalleri bloke etmektir. Kondansatörler DC devrelerde başlangıçta kısa devre gibi, tam şarj olunca da kısa devre gibi davranır. Kondansatörler şarj oldukça, akıma karşı gösterdikleri direnç artar ve tam şarj olduklarında açık devre gibi (∞ Ohm) davranırlar.

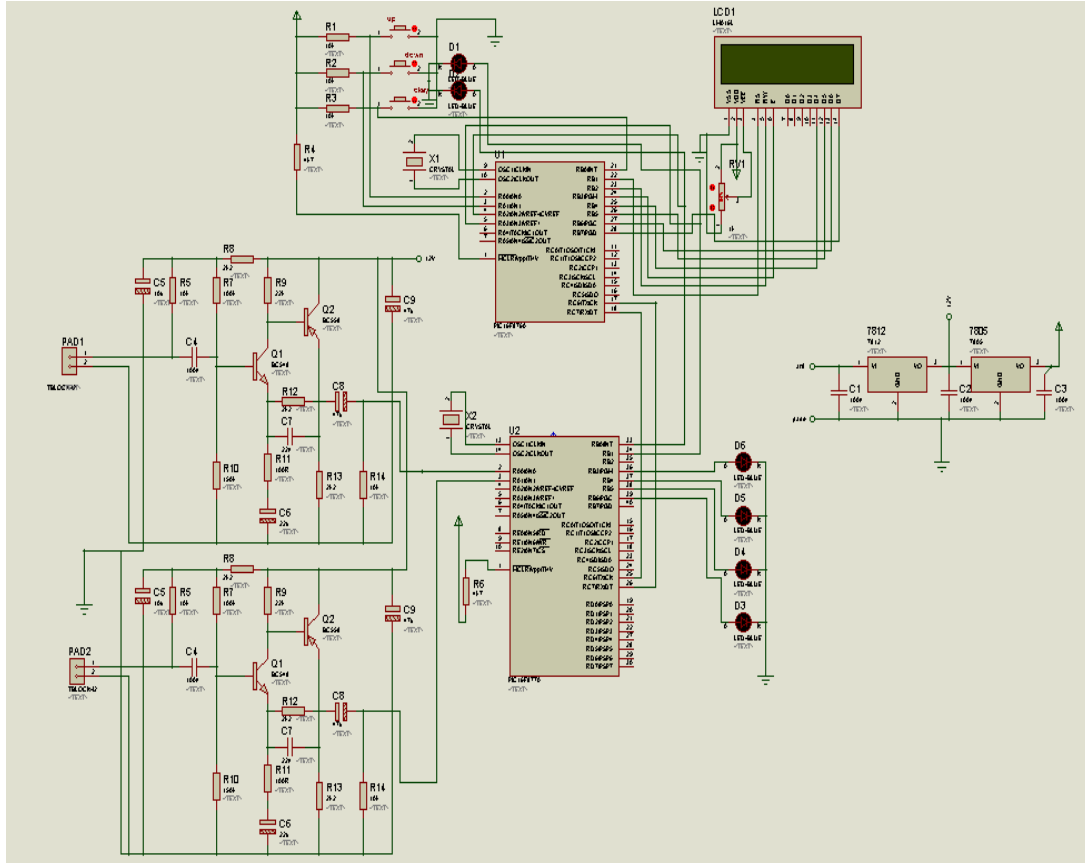
Devrenin birinci kısmında çıkış transistörün kolektör (collector) ucundan alınmakta ve bu gerilim ile ikinci transistör sürülmektedir. İkinci transistörün kolektör ucundan ise devrenin çıkış sinyali elde edilmektedir.

Devrede R₁₁ ve C₆ aynı zamanda alçak geçirgen filtrenin alt sınırını belirlemede kullanılmaktadır. Bu devrede sınır 72 Hz olup, mikrofonun dış etkilerden (rüzgar, nefes,... v.b.) ve çok yakın tutulmasından kaynaklanan etkileri azaltmak için yeterlidir. Bizim devremizde, mikrofon kablosu doğrudan piezofilm sensörün çıkışına bağlanmasından dolayı böyle sorunlar yaşanmamaktadır.

Devre, uyumlandırma devreleri eklenerek yeniden gerçekleştirilmiş ve önce bilgisayar ortamında çalışması denetlenmiştir. Problem yaşanmaması nedeniyle devre fiziksel olarak gerçekleştirilmiş ve test edilmiştir, sorunsuz çalıştığı tespit edilmiştir.

Tasarlanan kart, iki ayrı pad için revize edilmiş ve girişinde işlemsel yükselteç yerine yukarıda anlatılan ön yükselteç devresi empedans uyumu da sağlanması için kullanılmıştır.

Aşağıda tasarlanan kartın en son hali verilmiş olup, etütler Şekil 3.33'deki bu devre için hazırlanarak, test edilmiştir

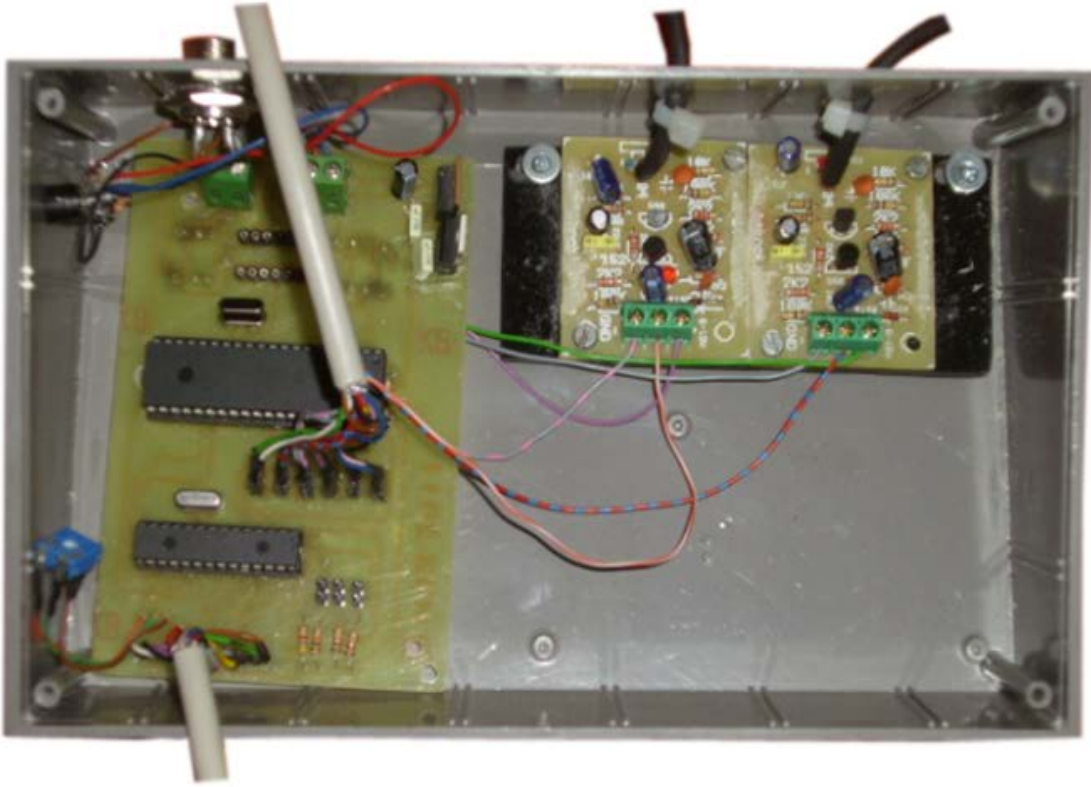


Şekil 3.33. Uyumlandırma Devreli Kart

Devre daha sonra kutularak fiziksel olarak vuruşlar ile, gerçek analog sinyaller kullanılarak denemiştir.

Kart için yazılan programa etütler eklenmiş ve ve bu etütlerde kutulama sonrası, denererek hem yazılım hem de kart test edilmiş, sorunsuz çalıştığı tespit edilmiştir.

Şekil 3.34 ve Şekil 3.35’de tasarlanan kart ve bu kartın kutulanmış hali gösterilmektedir. Şekil 3.36’da ise testleri yapılan simülatör ve iki padli yapı verilmiştir.



Şekil 3.34. Tasarlanan Kart



Şekil 3.35. Tasarlanan Devrenin Kutulanmış Hali



Şekil 3.36. Uygulama Devresi

3.11. Etütler

Kart ve program için sekiz adet etüt hazırlanmıştır. Bu etütler önce tek başlarına her pad için kontrolü sağlamakta, daha sonrada iki padin birlikte çalışmasını test etmektedir. Etütler Ders 1, Ders 2, Ders 3,v.b. şeklinde isimlendirilmiştir. Çalışmalarda titreşim etkisinin sensörü etkileyebileceği göz önünde bulundurularak, etütlerde %5 tolerans payı bırakılmıştır.

Etütlerde amaç; kullanıcının basitten zora doğru adım adım baget kontrolü ve çalma hızı ve şiddetini ayarlatmaktır. Şekil 3.36'daki cihaz üzerinden LED ve tuşların görevleri gösterilebilir.

LCD panelin solundaki iki LED; metronom ayarını göstermekte ve sayısal metronomlardaki gibi max-min (pik-dip) göstermektedir. Vuruşlar arasındaki sürenin takip edilebilmesi için kullanılmaktadır.

Kırmızı tuşun iki yanındaki siyah tuşlara birlikte basılarak, metronom ayarına (Setup) girilmektedir. Şekil 3.36'daki kırmızı tuş, metronom hız ayarı yapılır iken onaylama (okey) tuşu olarak kullanılmaktadır. Kırmızı tuşun solundaki siyah tuş, metronom ayarlama vuruş sayısı azaltılırken (Down) kullanılmaktadır. Kırmızı tuşun sağındaki siyah tuş ise, metronom ayarlama vuruş sayısı arttırılır iken (Up) kullanılmaktadır.

Şekil 3.36’da Metronom hız ayarında kullanılan tuşların altındaki üç LED ise etütlerde vuruşların doğruluğunu bildirmek için kullanılmıştır. Kırmızı tuşun altındaki LED; vuruş yokken ve vuruş ayarlananın dışında (düşük ya da yüksek) ise aktif olmaktadır. Programda bu LED, D3 olarak tanımlanmıştır. Soldaki LED (programda D4) Pad 1’in doğru vuruşlarında (hız ve şiddet), sağdaki LED (programda D5) ise Pad 2’nin doğru vuruşlarında aktif olmaktadır.

Ders 1; sol pad için vuruş kontrolü yapmaktadır. Ayarlanan hızda vuruş yapıldığında D4, ayarlananın dışında vuruş yapıldığında D3 yanmakta, böylece kullanıcı sol/sağ elle bageti doğru kullanmayı öğrenmektedir.

Ders 2; sağ pad için vuruş kontrolü yapmaktadır. Ayarlanan hızda vuruş yapıldığında D5, ayarlananın dışında vuruş yapıldığında D3 yanmaktadır.

Ders 3; sol pad için kuvvetli vuruş kontrolü yapılmaktadır. İstenen şiddetten daha kuvvetli vurulması gerekmektedir. Ayarlanan şiddette vuruş yapıldığında D4, istenenden daha düşük ya da üst sınırdan daha kuvvetli vuruş yapıldığında ise D3 yanmakta, böylece kullanıcı vuruş şiddetini ayarlamayı öğrenmektedir.

Ders 4; sağ pad için kuvvetli vuruş kontrolü yapılmaktadır. İstenen şiddette ya da daha kuvvetli vurulması gerekmektedir. Ayarlanan şiddette vuruş yapıldığında D5, istenenden daha düşük ya da üst sınırdan daha kuvvetli vuruş yapıldığında ise D3 yanmaktadır.

Çok kuvvetli ya da yavaş vuruşlar daha kolay gerçekleştirilebilmektedir. Orta şiddetteki vuruşları ayarlamak daha zordur. Beşinci ve altıncı etütler bu amaçla hazırlanmıştır. İstenen vuruş şiddeti civarında vuruş gerekmektedir.

Ders 5; sol pad için orta kuvvette vuruş kontrolü yapılmaktadır. Ayarlanan şiddette uygun vuruş yapıldığında D4, istenenden daha düşük ya da daha kuvvetli vuruş yapıldığında ise D3 yanmakta, böylece kullanıcı vuruş şiddetini daha doğru ayarlamayı öğrenmektedir.

Ders 6; sağ pad için orta kuvvette vuruş kontrolü yapılmaktadır. Ayarlanan şiddette uygun vuruş yapıldığında D5, istenenden daha düşük ya da daha kuvvetli vuruş yapıldığında ise D3 yanmaktadır.

Ders 7 ve 8'de kullanıcının her iki pad ve bageti eş zamanlı kullanabilme, her iki elini birlikte ya da ayrı kuvvette kullanabilme çalışmaları yaptırılmaktadır.

Ders 7; tek baget ve iki pad için her ikisindeki vuruşları birlikte değerlendirmekte. Her iki pad içinde vuruşlar istenen kuvvet ve sıklıkta ise soldaki LED (D4), vuruş yok ya da en az biri istenenden düşük kuvvette ise ortadaki LED (D3) ve en az biri ayarlanandan kuvvetli vurulmuş ise sağdaki LED (D5) yanarak, kullanıcıyı bilgilendirmektedir.

Ders 8; iki baget ve iki pad için her ikisindeki vuruşları birlikte değerlendirmekte. Her iki pad içinde vuruşlar istenen kuvvet ve sıklıkta ise soldaki LED (D4), vuruş yok ya da en az biri istenenden düşük kuvvette ise ortadaki LED (D3) ve en az biri ayarlanandan kuvvetli vurulmuş ise sağdaki LED (D5) yanarak, kullanıcıyı bilgilendirmektedir.

Bu ilk sekiz ders konservatuar ve müzik eğitim merkezlerinde izlenen yol referans alınarak belirlenmiştir. Dersler ve sıraları ile ilgili İzmit Sanat Merkezi (Alikayha/İzmit/Kocaeli) sanatçılarından yardım/görüş alınmıştır.

BÖLÜM 4. SİMÜLATÖRÜN EĞİTİMDE KULLANILABİLİRLİK ANALİZİ

Herhangi bir konuda kişilerin görüşlerini almak amacıyla hazırlanmış soruların ve muhtemel yanıtların bulunduğu soru kâğıdına anket denir. Anketler oldukça popüler veri toplama yöntemleri olmakla birlikte, ancak uygun kullanılmaları halinde yarar sağlamaktadır.

Bir ürünün amacına uygun olup olmadığının anlaşılması için onu kullanacak olanların beklentilerine uygun olması gerekir. Ürün ister icat edilmiş olsun ister farklılaştırılmış ürün olsun bu böyledir. Uzun bir çalışma sonucu geliştirilen simülatörün amaca uygun olup olmadığını belirlemek için eğitmen ve öğrenciler üzerinde uygulama yapılmıştır.

4.1. Uygulamanın Amacı

Uygulamanın amaçlarından biri, simülatörün eğitim amaçlı kullanılıp kullanılmayacağını ve işlevselliğinin kullanıma uygunluk derecelerini belirlemek, diğeri, elde edilen sonuçları doktora tezimin desteklenmesinde kullanmaktır.

4.2. Veri Toplama Aracı

Simülatörün amacına uygun olup olmadığının belirlenebilmesi için özelliklerinin onu bizzat kullananlar tarafından değerlendirilmesi gerekir.

Bu nedenle simülator kullanıldıktan sonra eğitimci ve öğrenciler üzerinde Likert ölçeğine uygun olarak hazırlanan sorulardan oluşan anket yüz yüze görüşme tekniğiyle uygulanmıştır. Çünkü bu yöntem yanıtlayıcılarla işbirliği sağlayıp, yanıtlamama oranını en aza indirmekte ve sorulara içtenlikle yanıt verilmesi sağlanmaktadır.

4.3. Ana Kitle ve Örnek Kitle

Uygulamanın ana kitle, simülator kullanan ve bunun eğitimini veren eğitimcilerdir. Bu nedenle İzmit'teki özel müzik eğitim merkezindeki, konservatuardaki eğitimci ve sanatçılar ile öğrenciler örnek kitle olarak kabul edilmiştir. Uygulamaya katılanlar bu konuyla doğrudan ilgili olduklarından, aynı özellikleri taşımaktadırlar. Bu nedenle 15 eğitimci/sanatçı ve 30 öğrenciden oluşan toplam 45 kişilik bir örnek hacmi, simülatorün amaca uygun olarak tasarlanıp tasarlanmadığının ölçülmesi için yeterli görülmüştür.

Anketteki sorular; evet-hayır soruları, çoktan seçmeli sorular ile tutum ve davranışların belirlenmesinde kullanılan Likert ölçeği sorularından oluşmaktadır. Bu sorulara verilen yanıtlar; (5) Çok doğru, (4) Doğru, (3) Kararsızım, (2) Yanlış, (1) Çok yanlış, şeklinde sıralanmaktadır. Yanıtlayıcılar her bir soruyla ilgili doğruluk derecesini (x) işareti koyarak belirtmiştir. Sorular, simülatorün dış görünüşü, kullanım kolaylığı, kullanıcıyı bilgilendirme şekli, menülerin içeriği ve cihazın kullanım kolaylığıyla ilgilidir.

4.4. Uygulanan Yöntem ve Model

Uygulamada tanımlayıcı araştırma modeli uygulanmıştır. Çünkü bu model araştırma konusuyla ilgili değişkenlerin amaca uygunluk derecelerini yani yüzdelik değerlerini

belirler. Böylece simülatörün hangi özelliğinin hangi derecede uygun olduğu belirlenmiş olur.

Modelin uygulanma adımları şöyledir:

1. Simülatör eğitmen ve öğrenciler tarafından kullanılmış daha sonra anket uygulanmıştır.
2. Anket SPSS 18 (Statistical Package for the Social Sciences) programıyla eğitmenler ve öğrenciler için hem ayrı hem de ortak sorular için birlikte analize tabi tutularak, frekans çizelgeleri ve grafikler oluşturulmuştur.
3. Çizelge ve grafiklerden yararlanarak simülatörün amaca uygunluk derecesi sıraya konmuştur.
4. Eğitmenlerin ve öğrencilerin simülatörle ilgili değerlendirmelerinin farklı olup olmadığı t-bağımsızlık testiyle sınanmıştır.

4.5. Verilerin Değerlendirilmesi

“Daha önce davul eğitiminde simülatör kullanıldığına dair bilginiz var mıdır?” sorusuna eğitmenlerin %86,7’si ile öğrencilerin %100’ü hayır yanıtını vermiştir. Bu sonuç geliştirilen simülatörün özgünlüğü ve daha önce gerçekleştirilmemiş bir cihaz olduğunu teyit etmektedir.

“Davul eğitiminde simülatöre ihtiyaç var mıdır?” sorusuna eğitmenlerin %73,3’ü ile öğrencilerin %84’ü Evet yanıtını vermiştir. Bu sonuç, sektörün bu tür bir cihaza ihtiyacının göstergesidir.

Eğitmenlere uygulanan anketten elde edilen verilerle öğrencilere uygulanan anketten elde edilen veriler Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Eğitmenlerden Elde Edilen Veriler Likert Ölçeğine Göre Sıralanması

Sıra	Doğruluk Dereceleri	Ortalama	Standart Sapma
1	Simülatör genel olarak eğitim için yeterlidir.	4,80	0,41
2	Simülatörde metronom olması davul eğitimini kolaylaştırır.	4,53	0,74
3	Simülatör ergonomiktir.	4,51	0,81
4	Simülatördeki dersler anlaşılır özelliğe sahiptir.	4,47	0,83
5	Simülatörün ders sayısı yeterlidir.	4,40	0,91
6	Simülatörün boyutları kullanıma uygundur.	4,40	0,91
7	Simülatörün kullanıcı hatalarını ders sırasında göstermesi uygundur.	4,33	1,29
8	Simülatör eğitmenler tarafından benimsenir.	4,27	0,96
9	Simülatörün kullanıcıyı bilgilendiren özellikleri yeterlidir.	3,80	1,08
10	Simülatörün tuş kullanımı kolaydır.	3,67	1,23
11	Simülatör menüsünün kullanımı kolaydır.	3,60	1,24
12	Simülatörün bilgisayar destekli çalışması eğitim kalitesini artırır.	3,60	1,40
13	Simülatörün kullanımla ilgili görselliği yeterlidir.	3,55	1,12
14	Simülatördeki derslerin içeriği eğitime uygundur.	3,54	1,24
15	Simülatör davul eğitiminde kullanılabilir.	3,52	1,35
16	Simülatörün kullanımı kolaydır.	3,07	1,60
17	Simülatörün dış görünüşü estetikdir.	2,93	1,07
18	Simülatör öğrenciler tarafından benimsenir.	2,87	1,06
19	Simülatörün iki petli oluşu kullanım ihtiyacını karşılar.	2,60	0,91
20	Simülatörün ders sıralaması uygundur.	2,27	1,03

Likert ölçeğine göre yapılan değerlendirmede eğitmenler; Simülatörlerin genel olarak eğitim için yeterli olduğu ile ilgili ifadeye ve simülatörde metronom olmasının davul eğitimini kolaylaştıracağı ile ilgili ifadeye “Çok Doğru” yanıtını vermişlerdir.

Eğitmenlerin “Doğru” yanıtını verdiği ifadeler; Simülatördeki derslerin anlaşılır özelliğe sahip olması, Simülatörün ders sayısının yeterliliği, Simülatörün boyutlarının kullanıma uygunluğu, Simülatörde kullanım hatalarının ders sırasında gösterilmesinin uygunluğu, Simülatörün eğitmenler tarafından benimsenmesi,

Simülâtörün kullanıcıyı bilgilendiren özelliklerinin yeterliliği, Simülâtörün tuşlarının kullanım kolaylığı, Simülâtörün menüsünün kullanım kolaylığı, simülâtörün bilgisayar destekli çalışmasının eğitim kalitesini arttıracığı, Simülâtörün kullanımı ile ilgili görselliğinin yeterliliği, Simülâtördeki derslerin içeriğinin eğitime uygunluğu ve Simülâtörün davul eğitiminde kullanılabilirliği ile ilgili ifadelerdir. Öğitmenler, Ders sıralamasına “Yanlış” yanıtını verirken, diğer ifadeler için “Kararsız” olduklarını belirtmişlerdir.

Tablo 4.2. Öğrencilerden Elde Edilen Veriler Likert Ölçeğine Göre Sıralanması

Sıra	Doğruluk Dereceleri	Ortalama	Standart Sapma
1	Simülâtör öğrenciler tarafından benimsenir.	4,64	0,70
2	Simülâtörde metronom olması davul eğitimini kolaylaştırır.	4,64	0,64
3	Simülâtörün bilgisayar destekli çalışması eğitim kalitesini artırır.	4,28	1,06
4	Simülâtörün kullanıcıyı bilgilendiren özellikleri yeterlidir.	4,28	1,10
5	Simülâtör menüsünün kullanımı kolaydır.	4,12	0,88
6	Simülâtörün dış görünüşü estetikdir.	4,08	1,00
7	Simülâtörün tuş kullanımı kolaydır.	4,08	1,04
8	Simülâtör genel olarak eğitim için yeterlidir.	4,00	0,91
9	Simülâtörün ders sıralaması uygundur.	3,96	1,23
10	Simülâtörün ders sayısı yeterlidir.	3,96	1,14
11	Simülâtörün boyutları kullanıma uygundur.	3,92	1,29
12	Simülâtördeki dersler anlaşılır özelliğe sahiptir.	3,92	1,04
13	Simülâtörün kullanımı kolaydır.	3,88	0,93
14	Simülâtör davul eğitiminde kullanılabilir.	3,76	0,97
15	Simülâtörün kullanımla ilgili görselliği yeterlidir.	3,76	1,23
16	Simülâtör ergonomiktir.	3,68	1,07
17	Simülâtörün iki petli oluşu kullanım ihtiyacını karşılar.	3,64	1,32
18	Simülâtörün kullanıcı hatalarını ders sırasında göstermesi uygundur.	3,54	1,23
19	Simülâtördeki derslerin içeriği eğitime uygundur.	3,52	1,36

Likert ölçeğine göre yapılan değerlendirmede öğrenciler; Simülâtörün öğrenciler tarafından benimsenmesi ile ilgili ifadeye ve simülâtörde metronom olmasının davul eğitimini kolaylaştıracağı ile ilgili ifadeye “Çok Doğru” yanıtını vermişlerdir. Öğrenciler, anketteki diğer ifadelerin “Doğru” olduklarını belirtmişlerdir.

Eğitmenlerin ve öğrencilerin bazı ifadelerine verdikleri yanıtlar tam örtüşmediği için; eğitimlerle öğrencilerin simülatörle ilgili değerlendirmelerinin farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacı ile, iki grup t-bağımsızlık testinden geçirilmiştir. Çünkü örnek kitle sayıları 30'dan küçük ve iki örnek kitle birbirinden bağımsızdır.

Bu iki grupta ilgili şu hipotezler oluşturulmuştur:

H_0 : Eğitimlerle öğrencilerin simülatörle ilgili görüşleri arasında fark yoktur.

H_1 : Eğitimlerle öğrencilerin simülatörle ilgili görüşleri arasında fark vardır.

SPSS paket programına girildiğinde, Örnek Çiftler ve Örnek Çiftin Test çizelgeleri elde edilmiştir (Tablo 4.3 ve Tablo 4.4).

Tablo 4.3. Örnek Çiftin İstatistiği

	Mean	N	Std. Sapma	Std. Hata Anlamı
Pair 1 Öğrenci	3,9411	19	,36329	,08334
Eğitmen	3,6474	19	,72982	,16743

Tablo 4.4. Örnek Çiftin Testi

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Öğren. Eğitim.	,29368	,80446	,18456	-,09405	,68142	1,591	18	,129

“Paired Samples Test” çizelgesindeki Sig. (2-tailed) değeri 0,129 ile önem düzeyi 0,05 karşılaştırıldığında ($0,129 > 0,05$) olduğundan, yani verilerden elde edilen değer, önem düzeyinden büyük olduğundan H_0 hipotezi reddedilememiş ve eğitimlerle öğrencilerin simülatörle ilgili değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı anlaşılmıştır.

Bu uygulama sonucunda tüm kullanıcıların simülâtörün özellikleriyle ilgili görüşleri anketle öğrenilmiştir. Anket sonuçlarına göre eğitimci ve öğrenciler simülâtörü kullanım amacına uygun bulmuştur.

BÖLÜM 5. SONUÇ

Bu çalışmada; öncelikle PIC ile gerçekleştirilmiş bir metronom tasarlanmış ve buna uygun bir program yazılmıştır. Daha sonra vuruşların analizinin yapılabilmesi için; yine PIC ile gerçekleştirilen bir Tuşe analiz Devresi geliştirilmiş ve bunu içinde bir uygun program yazılmıştır. Simülatörün tasarımının tamamlanması için bu iki devre birleştirilmiş ve testleri yapılmıştır. Simülatörün eğitim amaçlı kullanılabilirliğinin analizi için gerekli anketler hazırlanarak, örnek kitleye uygulanmış ve sonuçları istatistik teknikler ile analiz edilmiştir.

Tüm deneme ve yazılımlar hem tek, hem de iki PAD için yapılmıştır. Pedal ve birden fazla PAD için de, geliştirilmiş olan kart ve yazılım kullanılabilir. Tasarlanan kart birden fazla girişi (PAD ve/veya pedal) desteklemektedir.

Müzik sinyallerinin algılanmasında kullanılan piezoelektrik sensörden veriler mikrofon kablosu ile alınarak, empedans uyumlandırıcı devre ile karta aktarılmıştır. Bu yönü ile de kendin önceki çalışmalardan ayrılmaktadır. Özel tasarım ve malzeme gerektirmeden, yaygın olarak kullanılan bir malzeme ile gerçekleştirilmesi ciddi maddi kaynak tasarrufu sağlamaktadır.

Tuşe beslemesinin girişinde kullanılan yükselteç devresinin kazancı 23 olarak ayarlanmıştır. Elektro davulda vuruş şiddeti ortalama 200 mV olduğu için PIC’de kullanılacak gerilimin 5 V’u aşmaması gerekmektedir. Vuruş hız ve şiddeti çok yükseldiğinde piezofilm sensörler zarar görmekte yada devre dışı kalmaktadır. Bunun engellenmesi için programlarda gerekli düzenlemeler yapılmıştır, ayrıca eğitim için hazırlanan etütlerde de çok yüksek ritimler kullanılmamıştır.

Ülkemizde devlet ve özel üniversitelere ait toplam otuz bir adet, belediyelere ait toplam altmış beş adet konservatuar bulunmaktadır. Bunların dışında pek çok ses ve enstrüman eğitimi veren müzik merkezleri mevcuttur. Bunlarda ses eğitimi yanı sıra, diğer müzik aletleri ile birlikte davul eğitimi de verilmektedir.

Eğitim amaçlı kullanılan, tasarlanmış bu kart yada benzeri bir başka cihaz olmadığı uygulanan anketler ile tespit edilmiştir. İlgili kart ve yazılım için Türk Patent Enstitüsü nezdinde girişimlere başlanmıştır. Patent alımını müteakip, konservatuar ve diğer müzik eğitim kurumlarında kullanılmak üzere endüstriyel ürün haline getirilecektir.

Etütlerin çalışması da önce Proteus programında denenmiş ve çalıştığı gözlemlendikten sonra, tasarlanan kart kullanılarak ve elektro davulda test edilmiştir. Toplam sekiz etüt hazırlanmış ve hepsi ayrı ayrı test edilerek sorunsuz çalıştıkları tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma; piezoelektrik sensörlerin müzik sinyallerinin algılanmasında kullanım şekli, PIC entegreleri ile C dilinde yazılmış programların entegrasyonu, fiziki metronom yerine bir devre ve program kullanılması özellikleri ile kendinden sonraki çalışmalara örnek teşkil edecektir.

Bu çalışmada tasarlanan kart ve kullanılan programın en önemli avantajı ise; doğru etüt ve kullanım ile bir eğitmene ihtiyaç duymadan elektro davul kullanmayı öğrenmenin mümkün kılınmasıdır. Ancak yine de, başlangıçta programı ve kartı kullanmayı da bilen bir eğitmen ile kullanılması durumunda çok daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

Geliştirilen simülatör için yapılan uygulamanın ana kitlesi, simülatör kullanan ve bunun eğitimini veren eğitmenlerdir. Bu nedenle İzmit'teki özel müzik eğitim merkezindeki, konservatuardaki eğitmen ve sanatçılar ile öğrenciler örnek kitle olarak kabul edilmiştir.

Uygulamaya katılanlar bu konuyla doğrudan ilgili olduklarından, aynı özellikleri taşıdıkları için; 15 eğitimci/sanatçı ve 30 öğrenciden oluşan toplam 45 kişilik bir örnek hacim, simülasyonun davul eğitimi için uygunluğunu belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz ile;

- Simülasyonun eğitim amacıyla kullanılabilir olduğu,
- Simülasyonda metronom bulunmasının davul eğitimi kolaylaştırdığı,
- Simülasyonun menüsünün ve tuşlarının kullanışlı olduğu,
- Derslerin sırasının davul eğitimi için doğru olduğu,
- Simülasyondaki kullanıcıyı görsel olarak uyarmanın uygun olduğu, sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anketler, yüz yüze görüşmeler ve istatistiksel analizden;

- Derslerin sayısının artırılmasının,
- Simülasyonun bilgisayar destekli çalışmasının,
- Pad sayısının beş taneye çıkarılmasının uygulamalarda eğitimci ve öğrencilere daha da faydalı olabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmalardan simülasyonun elektro davul eğitiminde kullanılabilir olduğu ve eğitime yardımcı bir araç olarak kullanılabileceği, eğitimci ve öğrenciler tarafından benimsendiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Tez konusunun belirlenmesi aşamasında ve daha sonra kart tasarımının yapıldığı ve test edildiği zamanlarda, yapılan literatür taramasında; daha önce müzik sinyallerinin algılanması, görüntülenmesi, sınıflandırılması ile ilgili çalışmalar yapılmış olmasına karşın, bir müzik aletinin eğitiminde kullanılacak bir kart, cihaz ile ilgili çalışma yapılmadığı belirlenmiştir. Ortaya çıkan çalışma ülkemizde ve dünyada ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Bu çalışmadan sonra; bu çalışma referans alınarak, benzer/farklı teknikler ve yazılımlar kullanılarak, diğer müzik aletleri içinde eğitim amaçlı başka aletler geliştirilebilecektir. Tasarlanan kart ve yazılan programın telli çalgılarda daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Metronom 440 Hz'e ayarlanarak, tüm notaların frekans karşılıklarını içeren etütlerle analiz yapılabilir. Bunun için en uygun enstrümanlar keman ve gitardır.

KAYNAKLAR

- [1] AYHAN, Z., Müzik Fiziği, Pan Yayınları, İstanbul, 1997
- [2] AYAR, A.K., Elektro gitarlar için eğitim amacıyla ses analizörü kullanılarak gerçekleştirilen bir simülasyon ve uygulaması, Bilişim Teknolojileri Işığında Eğitim (BTIE) Sempozyumu- ODTÜ, 2003
- [3] AYAR, A.K., Elektronik Müzik Eğitmeni - Otomasyon Dergisi (Makale) -, Sf.144-145, Haziran 2003
- [4] AYVAZ, M. T., KARAHAN, H., A Simulation/Optimization Model For The Identification of Groundwater Well Location and Pumping Rates, Journal of Hydrology, Volumme 357, Issues 1-2, pages 76-92, 2008
- [5] LIU, Y., The spectrum analysis to musical signal with Matlab , ISTM/2007: 7th International Symposium On Test And Measurement, Vol 1-7, Conference Proceedings Pages: 781-783 Published: 2007, Conference Information: 7th International Symposium on Test Measurement, Beijing, China, 2007
- [6] FAUSTI, P., FARINA, A., Acoustic measurements in opera houses: Comparison between different techniques and equipment , Journal Of Sound And Vibration, Volume: 232, Issue: 1, Pages: 213-229, Washington, 2000
- [7] GOTO, M., MURAOKA, Y., A real-time beat tracking system for audio signals, Proceedings of the International Computer Music Conference, pages 171-174, 1995

- [8] DIXON, S., A Beat Tracking System for Audio Signals, Proceedings of the Conference on Mathematical and Computational Methods in Music, Citeseer, pages 101-110, 1999
- [9] GOUYON, F., KLAPURI, A., DIXON, S. ALONSO, M., TZANETAKIS, G., UHLE, C., CANO, P., An experimental comparison of audio tempo induction algorithms, Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions, Vol 14, Issue 5, pages 1832-1844, 2006
- [10] BEEBY, S.P., TUDOR, M.J., WHITE, N.M., Energy harvesting vibration sources for microsystems applications, Measurement Science and Technology, Vol: 17, pages. 175–195, 2006
- [11] ZHU, D., TUDOR, M.J., BEEBY, S.P., Strategies for increasing the operating frequency range of vibration energy harvesters: a review, Measurement Science and Technology, Vol:21, pages 0220012010
- [12] ANTON, S.R., SODANO, H.A., A review of power harvesting using piezoelectric materials, Smart Materials and Structures, Vol: 16, pages 1–21, 2007
- [13] CHOPRA, I., Review of Current Status of Smart Structures and Integrated Systems, SPIE Smart Structures and Integrated Systems, Vol: 2717, pages 20–62, 1996
- [14] DALLY, J.W., RILEY, W.F., MCCONNELL, K.G., Instrumentation for Engineering Measurements, John Wiley and Sons, Inc., 1999
- [15] MATTIAT, O.E., Ultrasonic Transducer Materials, Plenum Press, New York, 1998

- [16] WANG, B., WANG, R., Piezoelectric self-sensing actuator for vibration suppression based on time-sharing method, Control and Automation (ICCA), 8th IEEE International Conference, pages 1403-1408, 2010
- [17] SIRAHY, J., CHOPRA, I., Fundamental Understanding of Piezoelectric Strain Sensors, Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Vol:3668, pages 528–542, 2000
- [18] DALTON, R.P., CAWLEY, P., LOWE, M., The Potential of Guided Waves for Monitoring Large areas of Metallic Aircraft Fuselage Structure, Journal of Nondestructive Evaluation, Vol:20, pages 29-46, 2001
- [19] WANG, X.D., HUANG, G.L., The Coupled Dynamic Behavior of Piezoelectric Sensors Bonded to Elastic Media, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol:17, pages 883-894, 2006
- [20] JIN, C., WANG, X., The Effect of Adhesive Layers on the Dynamic Behavior of Surface-Bonded Piezoelectric Sensors with Debonding, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol:22, pages 655-670, 2011
- [21] CHOPRA, I., SIROHI, J., Fundamental Understanding of Piezoelectric Strain Sensors, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 11, 2000
- [22] DAKU, B.L.F., PRUGGER, A.F., A Microseismic Piezofilm Sensor, IEEE CCEC 2002: Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering, Vols 1-3, Conference Proceedings, pages 483-487, 2002
- [23] LEE, D., HONG, H. P., LEE, C.J., PARK, C.W., MIN, N.K., Microfabrication and characterization of spray-coated single-wall carbon nanotube film strain gauges, Journal of Physics D: Applied Physics, Vol: 43, pages 17-29,2010

- [24] EVANS, J.W., A Guide to Lead-Free Solders, London, U.K., SpringerVerlag, 2007
- [25] SHANGGUAN, D., Lead-free solder interconnect reliability, Materials Park, OH: Asm Int., 2005
- [26] BAŞARAN, İ.E., Ses Frekans Tekniği, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1981
- [27] AYHAN, Z., Müzikte Ses Sistemleri, Pan Yayıncılık, İstanbul, 2008
- [28] MİMAROĞLU, İlhan, Müzik Tarihi, Varlık Yayınları, İstanbul, 1995
- [29] SAY, A., Müzik Öğretimi, Müzik Ansiklopedisi Yayınları,, İstanbul, 2001
- [30] SAY, A., Müzik Tarihi, Müzik Ansiklopedisi Yayınları, İstanbul, 2006
- [31] AROM, S., African Polyphony and Polyrhythm: Musical Structure and Methodology (Cambridge University Press, Cambridge, UK), pages 179–200, 1991
- [32] MADISON, G., Experiencing groove induced by music: Consistency and phenomenology, Music Percept., Vol 24, pages 201–208, 2006
- [33] LEVITIN, D.J., COOK, P.R., Memory for musical tempo: Additional evidence that auditory memory is absolute, Percept. Psychophys., Vol 58, pages 927–935, 1996
- [34] MADISON, G., PAULIN, J., Ratings of speed in real music as a function of both original and manipulated beat tempo, Journal of the Acoustical Society of America, Vol 128, Issue 5, pages 3032 – 3040, 2010
- [35] BOYLESTAD, R., NASHELSKY, L., Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 2002

- [36] ŞAHİN, H., DAYANIK, A., ALTINBAŞAK, C., PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A, Altaş Yayıncılık, İstanbul, 2008
- [37] Silicon Chip Electronics Magazine, June - July 1994.

EKLER

Ek A

Metronom Programı

```
#include <16F876.h>

#Fuses XT,NOWDT,NOPUT,NOPROTECT
#use delay(clock=4000000)
#include <mylcd.c>
#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
#define met_1_out pin_a2
#define met_2_out pin_a3

#define up !input(pin_a0)
#define down !input(pin_a1)
#define ok !input(pin_b0)

int16 sure=1000;
int vurus =110,ders=1;
void hesapla()
{
sure=60000/vurus;
}

void ayar()
{
printf(lcd_putc,"\f UP DOWN ILE \n DEGER GIRINIZ");
delay_ms(500);
while(!ok)
{
while(up && down);

if(up)
{
vurus++;
if(vurus>240) vurus=240;
printf(lcd_putc,"\fVURUS SAYISI GIR\n %u",vurus);
hesapla();
while(up);
}
if(down)
{
vurus--;
if(vurus<40) vurus=40;
```

```

        printf(lcd_putc,"\fVURUS SAYISI GIR\n    %u",vurus);
        hesapla();
        while(down);
    }

}
printf(lcd_putc,"\fDERS SECIMI GIR\n    %u.DERS",ders);
while(ok);
while(!ok)
{

if(up)
    {
        ders++;
        if(ders>10) ders=10;
        printf(lcd_putc,"\fDERS SECIMI GIR\n    %u.DERS",ders);

        while(up);
    }
    if(down)
    {
        ders--;
        if(ders<1) ders=1;
        printf(lcd_putc,"\fDERS SECIMI GIR\n    %u.DERS",ders);

        while(down);
    }

}
printf(lcd_putc,"\fDERS SAYISI =%u\nVURUS SAYISI=%u",ders,vurus);
printf("%u",ders);

}

void main()
{
    set_tris_a( 0x03 );
    set_tris_b( 0x01 );
    OUTPUT_B(0x01);
    lcd_init();
    delay_ms(100);
    printf(lcd_putc," METRONOME\n HSS--2011");
    delay_ms(1500);
    printf(lcd_putc,"\f SET ICIN UP VE\n DOWN'A BAS");
    delay_ms(1500);
    // printf(lcdc,"\fVURUS SAYISI GIR\n    %u",vurus);
    while(1)
    {
        if (up && down) ayar();
    }
}

```



```
output_high(met_1_out);  
delay_ms(100);  
output_low(met_1_out);  
delay_ms(sure-100);  
  
output_high(met_2_out);  
delay_ms(100);  
output_low(met_2_out);  
delay_ms(sure-100);  
  
}  
  
}
```

Ek B

Tuše Analiz Programı

```

#include <16F877.h>
#device adc=10

#fuses
XT,NOWDT,PUT,NOPROTECT,NOBROWNOUT,NOLVP,NOCPD,NOWRT
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
#define cikis0 pin_b3
#define cikis1 pin_b4
#define cikis2 pin_b5
#define cikis3 pin_b6

#define met_1 !input(PIN_b0)
#define met_2 !input(PIN_b1)
#BYTE RCREG = 0x1A
#zero_ram

int16 adc0, adc1;
int ders=0;

int16 adc_oku(int8 kanal)
{
    set_adc_channel(kanal);
    delay_us(20);
    return(read_adc());
}

void ders1()
{
    if(met_1)
    {
        adc0 = adc_oku(0);
        delay_ms(15);

        if(adc0<200)
        {
            output_low(cikis0);
            output_low(cikis1);
            output_low(cikis2);
            output_high(cikis3);
            delay_ms(100);
            output_low(cikis3);
        }
    }
}

```

```

    while(adc0<200)
    {
        adc0 = adc_oku(0);
    }

}

if(adc0>200&adc0<300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_high(cikis2);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis2);
    output_low(cikis3);
    while(adc0>200&adc0<300)
    {
        adc0 = adc_oku(0);
    }
}
if(adc0>300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_low(cikis2);
    output_high(cikis3);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis3);
    while(adc0>300)
    {
        adc0 = adc_oku(0);
    }
}

}

while(met_1);

}
}

void ders2()
{
    if(met_2)
    {
        adc1 = adc_oku(1);
        delay_ms(15);

        if(adc1<200)
        {

```

```
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_low(cikis2);
    output_high(cikis3);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis3);
    while adc1 < 200
    {
        adc1 = adc_oku(1);
    }
}

if(adc1 > 200 & adc1 < 300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_high(cikis2);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis2);
    output_low(cikis3);
    while(adc1 > 200 & adc1 < 300)
    {
        adc1 = adc_oku(1);
    }
}

if(adc1 > 300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_low(cikis2);
    output_high(cikis3);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis3);
    while(adc1 > 300)
    {
        adc1 = adc_oku(1);
    }
}

while(met_2);

}

}

void ders3()
```

```
{
  if(met_1)
  {
    adc1 = adc_oku(1);
    delay_ms(15);

    if(adc1<300)
    {
      output_low(cikis0);
      output_low(cikis1);
      output_low(cikis2);
      output_high(cikis3);
      delay_ms(100);
      output_low(cikis3);
      while(adc1<300)
      {
        adc1 = adc_oku(1);
      }
    }

    if(adc1>300)
    {
      output_low(cikis0);
      output_low(cikis1);
      output_high(cikis2);
      delay_ms(100);
      output_low(cikis2);
      output_low(cikis3);
      while(adc1>300)
      {
        adc1 = adc_oku(1);
      }
    }
  }

  while(met_1);
}

if(met_2)
{
  adc1 = adc_oku(1);
  delay_ms(15);

  if(adc1<200&adc1>300)
  {
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
```

```
    output_low(cikis2);
    output_high(cikis3);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis3);
    {
        adc1 = adc_oku(1);
    }

}

if(adc1>200&adc1<300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_high(cikis2);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis2);
    output_low(cikis3);
    while(adc1>200&adc1<300)
    {
        adc1 = adc_oku(1);
    }

}

while(met_2);
}
}

void ders4()
{

}

{

if(met_1)
{
    adc0 = adc_oku(0);
    delay_ms(15);

if(adc0<300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_low(cikis2);
    output_high(cikis3);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis3);
```

```
    while(adc0<300)
    {
        adc0 = adc_oku(0);
    }

}

if(adc0>300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_high(cikis2);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis2);
    output_low(cikis3);
    while(adc0>300)
    {
        adc0 = adc_oku(0);
    }

}

while(met_1);
}

{

if(met_2)
{
    adc0 = adc_oku(0);
    delay_ms(15);

if(adc0<200&adc0>300)
{
    output_low(cikis0);
    output_low(cikis1);
    output_low(cikis2);
    output_high(cikis3);
    delay_ms(100);
    output_low(cikis3);
    {
        adc0 = adc_oku(0);
    }

}

if(adc0>200&adc0<300)
{
    output_low(cikis0);
```

```

        output_low(cikis1);
        output_high(cikis2);
        delay_ms(100);
        output_low(cikis2);
        output_low(cikis3);
        while(adc0>200&adc0<300)
        {
            adc0 = adc_oku(0);
        }
    }

while(met_2);

    }
}
void ders5()
{

}

void ders6()
{

}

#int_rda
void rda_isr()
{
ders=getch(); // gelen = RCREG;
RCREG=0;
}

void main(void)
{
set_tris_a(0xFF);
set_tris_b(0x03);

OUTPUT_B(0x00);
/*
setup_timer_1 ( T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8 );
set_timer1(0x0BDB);
*/
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
setup_adc_ports(ALL_ANALOG );
//enable_interrupts(int_timer1);
//enable_interrupts(global);
enable_interrupts(int_rda);

```



```
enable_interrupts(global);

while(true)
{
switch (ders)
{

case '1':ders1();

break;

case '2':ders2();

break;

case '3':ders3();

break;

case '4':ders4();
break;

case '5':ders5();

break;

case '6':ders6();

break;

}

}
}
```

Ek C**SİMÜLATÖR DEĞERLENİRME FORMU**

Değerli Hocam,

Uygulamasını yaptığımız simülatorün davul eğitiminde kullanılabilirlik derecesini belirlemek için bu konuyla ilgili görüşlerinize ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle aşağıdaki görüşme cetveli düzenlenmiştir. Görüşleriniz doktora tezimize ilgili olarak kullanılacaktır. Sizin yapacağınız değerlendirme bu aracın niteliğini belirlemede önemli katkılar sağlayacaktır.

Katkılarınız için teşekkür ederim.

Hasan Selçuk Selek

Soru 1. Daha önce davul eğitiminde simülator kullanıldığına dair bilginiz var mıdır?

() 1. Evet () 2. Hayır

Soru 2. Davul eğitiminde simülator ihtiyacı var mıdır?

() 1. Evet () 2. Hayır

Soru 3. Aşağıda her bir maddeyle ilgili doğruluk dereceleri; (5) Çok doğru, (4) Doğru, (3) Kararsızım, (2) Yanlış, (1) Çok yanlış, şeklinde sıralanmaktadır. Sizden beklenen, doğruluk derecesini en iyi belirttiğini düşündüğünüz sayıya (X) işareti koymanızdır.

Sıra	Doğruluk Dereceleri	5	4	3	2	1
1	Simülatorün dış görünüşü estetikdir.					
2	Simülatorün kullanımı kolaydır.					
3	Simülator davul eğitiminde kullanılabilir.					
4	Simülatorün tuş kullanımı kolaydır.					
5	Simülator menüsünün kullanımı kolaydır.					
6	Simülatorde metronom olması davul eğitimini kolaylaştırır.					
7	Simülatorün kullanıcıyı bilgilendiren özellikleri yeterlidir.					
8	Simülatorün kullanımla ilgili görselliği yeterlidir.					
9	Simülatorün boyutları kullanıma uygundur.					
10	Simülatorün iki petli oluşu kullanım ihtiyacını karşılar.					
11	Simülator ergonomiktir.					
12	Simülatorün ders sayısı yeterlidir.					
13	Simülatorün ders sıralaması uygundur.					
14	Simülatorün kullanıcı hatalarını ders sırasında göstermesi uygundur.					
15	Simülatordeki derslerin içeriği eğitime uygundur.					
16	Simülatordeki dersler anlaşılır özelliğe sahiptir.					
17	Simülator öğretmenler tarafından benimsenir.					
18	Simülator öğrenciler tarafından benimsenir.					
19	Simülatorün bilgisayar destekli çalışması eğitim kalitesini artırır.					
20	Simülator genel olarak eğitim için yeterlidir.					

Soru 4. Sizce simülator hangi yaş grubu için daha uygundur?

() 1. 8-12 () 2. 13-16 () 3. 17-21 () 4. 21 üstü

Soru 5. Simülatorün hangi düzeydeki öğrenciler tarafından kullanılması uygundur?

() 1. Yeni başlayanlar () 2. Orta düzeydekiler () 3. İleri düzeydekiler

Ek D**SİMÜLATÖR DEĞERLENİRME FORMU**

Değerli Öğrenci,

Uygulamasını yaptığımız simülâtörün davul eğitiminde kullanılabilirlik derecesini belirlemek için bu konuyla ilgili görüşlerinize ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle aşağıdaki görüşme cetveli düzenlenmiştir. Görüşleriniz doktora tezimize ilgili olarak kullanılacaktır. Sizin yapacağınız değerlendirme bu aracın niteliğini belirlemede önemli katkılar sağlayacaktır.

Katkılarınız için teşekkür ederim.

Hasan Selçuk Selek

Soru 1. Daha önce davul eğitiminde simülâtör kullanıldığına dair bilginiz var mıdır?

() 1. Evet () 2. Hayır

Soru 2. Davul eğitiminde simülâtöre ihtiyaç var mıdır?

() 1. Evet () 2. Hayır

Soru 3. Aşağıda her bir maddeyle ilgili doğruluk dereceleri; (5) Çok doğru, (4) Doğru, (3) Kararsızım, (2) Yanlış, (1) Çok yanlış, şeklinde sıralanmaktadır. Sizden beklenen, doğruluk derecesini en iyi belirttiğini düşündüğünüz sayıya (X) işareti koymanızdır.

Sıra	Doğruluk Dereceleri	5	4	3	2	1
1	Simülâtörün dış görünüşü estetikdir.					
2	Simülâtörün kullanımı kolaydır.					
3	Simülâtör davul eğitiminde kullanılabilir.					
4	Simülâtörün tuş kullanımı kolaydır.					
5	Simülâtör menüsünün kullanımı kolaydır.					
6	Simülâtörde metronom olması davul eğitimini kolaylaştırır.					
7	Simülâtörün kullanıcıyı bilgilendiren özellikleri yeterlidir.					
8	Simülâtörün kullanımla ilgili görseelliği yeterlidir.					
9	Simülâtörün boyutları kullanıma uygundur.					
10	Simülâtörün iki petli oluşu kullanım ihtiyacını karşılar.					
11	Simülâtör ergonomiktir.					
12	Simülâtörün ders sayısı yeterlidir.					
13	Simülâtörün ders sıralaması uygundur.					
14	Simülâtörün kullanıcı hatalarını ders sırasında göstermesi uygundur.					
15	Simülâtördeki derslerin içeriği eğitime uygundur.					
16	Simülâtördeki dersler anlaşılır özelliğe sahiptir.					
17	Simülâtör öğrenciler tarafından benimsenir.					
18	Simülâtörün bilgisayar destekli çalışması eğitim kalitesini artırır.					
19	Simülâtör genel olarak eğitim için yeterlidir.					

Soru 4. Hangi yaş grubundansınız?

() 1. 8-12 () 2. 13-16 () 3. 17-21 () 4. 21 üstü

Soru 5. Elektro davul bilginizi sınıflandırınız?

() 1. Yeni başlayan () 2. Orta düzey () 3. İleri düzey

Ek E**SİMÜLATÖR DEĞERLENİRME ANKET SONUÇLARI**

Değerli Hocam,

Uygulamasını yaptığımız simülatörün davul eğitiminde kullanılabilirlik derecesini belirlemek için bu konuyla ilgili görüşlerinize ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle aşağıdaki görüşme cetveli düzenlenmiştir. Görüşleriniz doktora tezimize ilgili olarak kullanılacaktır. Sizin yapacağınız değerlendirme bu aracın niteliğini belirlemede önemli katkılar sağlayacaktır.

Katkılarınız için teşekkür ederim.

Hasan Selçuk Selek

Soru 1. Daha önce davul eğitiminde simülatör kullanıldığına dair bilginiz var mıdır?

(2) 1. Evet (13) 2. Hayır

Soru 2. Davul eğitiminde simülatöre ihtiyaç var mıdır?

(11) 1. Evet (4) 2. Hayır

Soru 3. Aşağıda her bir maddeyle ilgili doğruluk dereceleri; (5) Çok doğru, (4) Doğru, (3) Kararsızım, (2) Yanlış, (1) Çok yanlış, şeklinde sıralanmaktadır. Sizden beklenen, doğruluk derecesini en iyi belirttiğini düşündüğünüz sayıya (X) işareti koymanızdır.

Sıra	Doğruluk Dereceleri	5	4	3	2	1
1	Simülatörün dış görünüşü estetikdir.	1	3	6	4	1
2	Simülatörün kullanımı kolaydır.	1	5	5	2	2
3	Simülatör davul eğitiminde kullanılabilir.	3	6	2	2	2
4	Simülatörün tuş kullanımı kolaydır.	4	6	2	2	1
5	Simülatör menüsünün kullanımı kolaydır.	4	5	3	2	1
6	Simülatörde metronom olması davul eğitimini kolaylaştırır.	10	3	2	0	0
7	Simülatörün kullanıcıyı bilgilendiren özellikleri yeterlidir.	5	4	4	2	0
8	Simülatörün kullanımla ilgili görselliği yeterlidir.	2	7	3	2	1
9	Simülatörün boyutları kullanıma uygundur.	9	4	1	1	0
10	Simülatörün iki petli oluşu kullanım ihtiyacını karşılar.	0	2	7	4	2
11	Simülatör ergonomiktir.	9	4	1	1	0
12	Simülatörün ders sayısı yeterlidir.	0	2	4	5	4
13	Simülatörün ders sıralaması uygundur.	11	1	1	1	1
14	Simülatörün kullanıcı hatalarını ders sırasında göstermesi uygundur.	4	3	5	2	1
15	Simülatördeki derslerin içeriği eğitime uygundur.	9	5	0	1	0
16	Simülatördeki dersler anlaşılır özelliğe sahiptir.	8	4	2	1	0
17	Simülatör öğretmenler tarafından benimsenir.	1	3	5	5	1
18	Simülatör öğrenciler tarafından benimsenir.	6	2	3	3	1
19	Simülatörün bilgisayar destekli çalışması eğitim kalitesini artırır.	12	3	0	0	0
20	Simülatör genel olarak eğitim için yeterlidir.	3	8	2	2	0

Soru 4. Sizce simülatör hangi yaş grubu için daha uygundur?

(6) 1. 8-12 (6) 2. 13-16 (3) 3. 17-21 (0) 4. 21 üstü

Soru 5. Simülatörün hangi düzeydeki öğrenciler tarafından kullanılması uygundur?

(15) 1. Yeni başlayanlar (0) 2. Orta düzeydekiler (0) 3. İleri düzeydekiler

Ek F**SİMÜLATÖR DEĞERLENİRME ANKET SONUÇLARI**

Değerli Öğrenci,

Uygulamasını yaptığımız simülatörün davul eğitiminde kullanılabilirlik derecesini belirlemek için bu konuyla ilgili görüşlerinize ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle aşağıdaki görüşme cetveli düzenlenmiştir. Görüşleriniz doktora tezimize ilgili olarak kullanılacaktır. Sizin yapacağınız değerlendirme bu aracın niteliğini belirlemede önemli katkılar sağlayacaktır.

Katkılarınız için teşekkür ederim.

Hasan Selçuk Selek

Soru 1. Daha önce davul eğitiminde simülatör kullanıldığını dair bilginiz var mıdır?

(0) 1. Evet (25) 2. Hayır

Soru 2. Davul eğitiminde simülatöre ihtiyaç var mıdır?

(21) 1. Evet (4) 2. Hayır

Soru 3. Aşağıda her bir maddeyle ilgili doğruluk dereceleri; (5) Çok doğru, (4) Doğru, (3) Kararsızım, (2) Yanlış, (1) Çok yanlış, şeklinde sıralanmaktadır. Sizden beklenen, doğruluk derecesini en iyi belirttiğini düşündüğünüz sayıya (X) işareti koymanızdır.

Sıra	Doğruluk Dereceleri	5	4	3	2	1
1	Simülatörün dış görünüşü estetikdir.	10	9	5	0	1
2	Simülatörün kullanımı kolaydır.	8	7	9	1	0
3	Simülatör davul eğitiminde kullanılabilir.	5	12	6	1	1
4	Simülatörün tuş kullanımı kolaydır.	10	10	3	1	1
5	Simülatör menüsünün kullanımı kolaydır.	9	12	2	2	0
6	Simülatörde metronom olması davul eğitimini kolaylaştırır.	18	5	2	0	0
7	Simülatörün kullanıcıyı bilgilendiren özellikleri yeterlidir.	14	8	0	2	1
8	Simülatörün kullanımla ilgili görselliği yeterlidir.	9	6	7	1	2
9	Simülatörün boyutları kullanıma uygundur.	11	7	3	2	2
10	Simülatörün iki petli oluşu kullanım ihtiyacını karşılar.	8	7	6	1	3
11	Simülatör ergonomiktir.	10	8	4	2	1
12	Simülatörün ders sayısı yeterlidir.	6	11	3	3	2
13	Simülatörün ders sıralaması uygundur.	6	9	3	4	3
14	Simülatörün kullanıcı hatalarını ders sırasında göstermesi uygundur.	9	8	5	3	0
15	Simülatördeki derslerin içeriği eğitime uygundur.	5	12	4	3	1
16	Simülatördeki dersler anlaşılır özelliğe sahiptir.	13	9	2	0	1
17	Simülatör öğrenciler tarafından benimsenir.	18	6	0	1	0
18	Simülatörün bilgisayar destekli çalışması eğitim kalitesini artırır.	15	4	5	0	1
19	Simülatör genel olarak eğitim için yeterlidir.	10	8	6	1	0

Soru 4. Hangi yaş grubundansınız?

(14) 1. 8-12 (8) 2. 13-16 (3) 3. 17-21 () 4. 21 üstü

Soru 5. Elektro davul bilginizi sınıflandırınız?

(19) 1. Yeni başlayan (6) 2. Orta düzey () 3. İleri düzey

Ek G

ÖĞRETMEN ANKETİ

```
FREQUENCIES VARIABLES=s1 s2 s31 s32 s33 s34 s35 s36 s37 s38 s39 s310
s311 s312 s313 s314 s315 s316 s317 s318 s319 s320 s4 s5
  /STATISTICS=STDDEV MEAN SUM
  /ORDER=ANALYSIS.
```

Frequencies

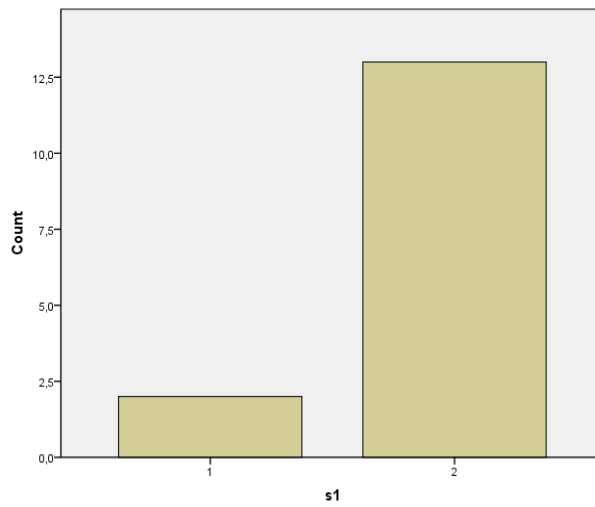
Notes

Output Created		02-Oca-2012 13:58:33
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	15
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data.
Syntax		FREQUENCIES VARIABLES=s1 s2 s31 s32 s33 s34 s35 s36 s37 s38 s39 s310 s311 s312 s313 s314 s315 s316 s317 s318 s319 s320 s4 s5 /STATISTICS=STDDEV MEAN SUM /ORDER=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,031
	Elapsed Time	00:00:00,094

Frequency Tables

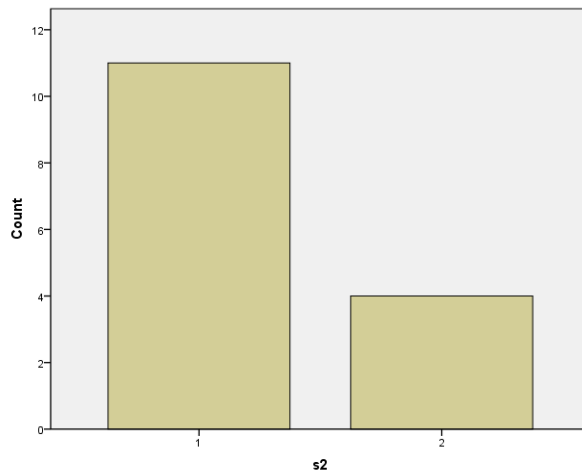
Soru 1

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	2	13,3	13,3	13,3
2	13	86,7	86,7	100,0
Total	15	100,0	100,0	



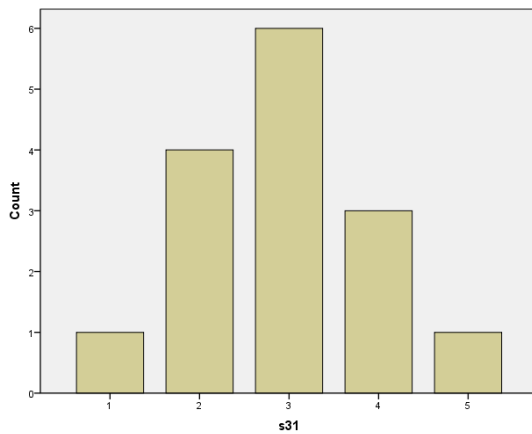
Soru 2

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	11	73,3	73,3	73,3
2	4	26,7	26,7	100,0
Total	15	100,0	100,0	



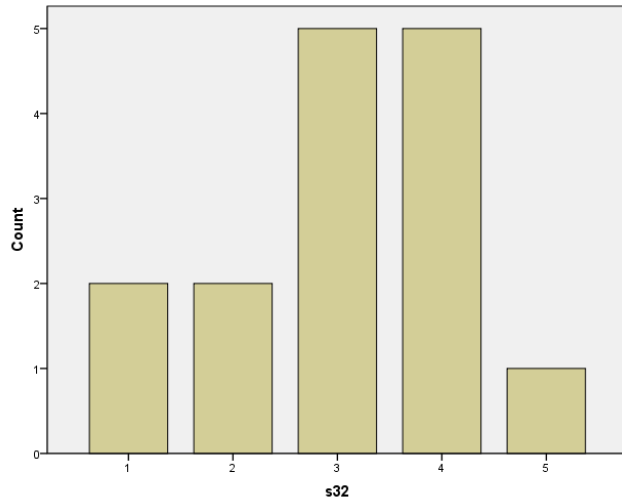
Soru 3.1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	4	26,7	26,7	33,3
	3	6	40,0	40,0	73,3
	4	3	20,0	20,0	93,3
	5	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



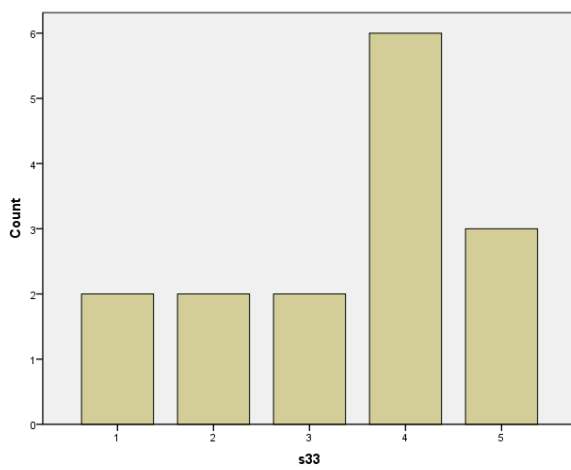
Soru 3.2

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	2	13,3	13,3	13,3
	2	2	13,3	13,3	26,7
	3	5	33,3	33,3	60,0
	4	5	33,3	33,3	93,3
	5	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



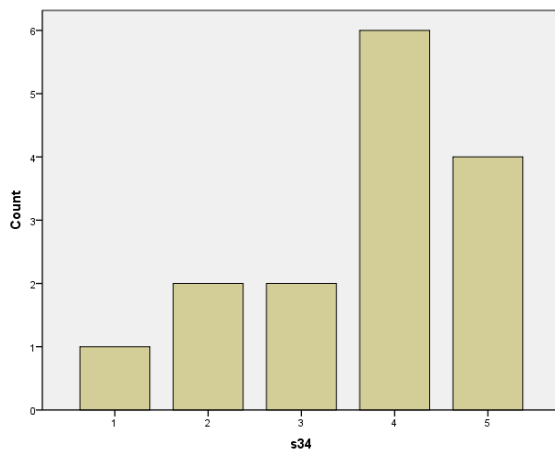
Soru 3.3

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	2	13,3	13,3	13,3
2	2	13,3	13,3	26,7
3	2	13,3	13,3	40,0
4	6	40,0	40,0	80,0
5	3	20,0	20,0	100,0
Total	15	100,0	100,0	



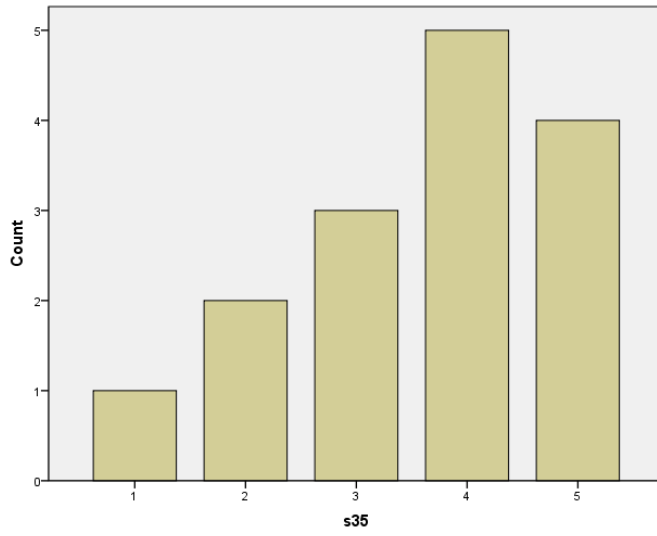
Soru 3.4

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	2	13,3	13,3	20,0
	3	2	13,3	13,3	33,3
	4	6	40,0	40,0	73,3
	5	4	26,7	26,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



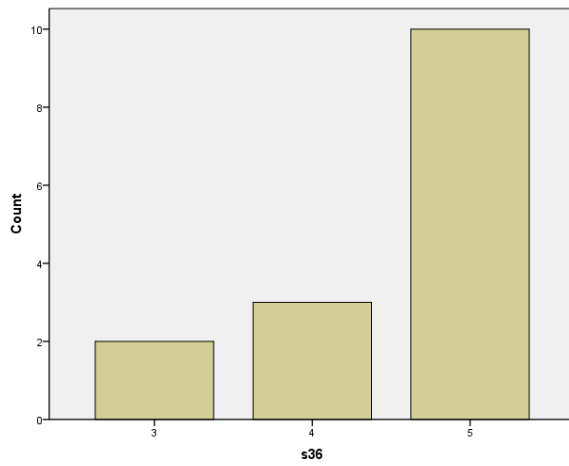
Soru 3.5

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	2	13,3	13,3	20,0
	3	3	20,0	20,0	40,0
	4	5	33,3	33,3	73,3
	5	4	26,7	26,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



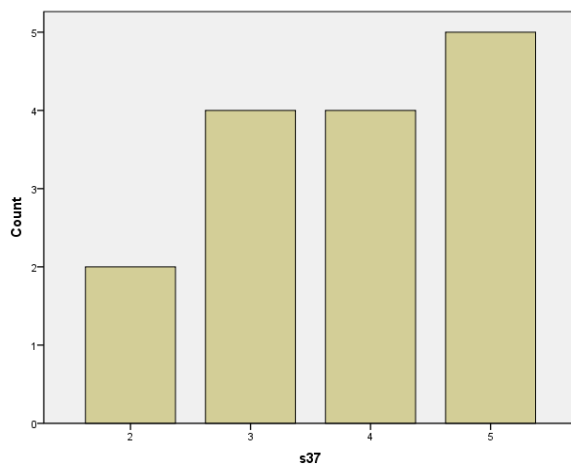
Soru 3.6

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 3	2	13,3	13,3	13,3
4	3	20,0	20,0	33,3
5	10	66,7	66,7	100,0
Total	15	100,0	100,0	



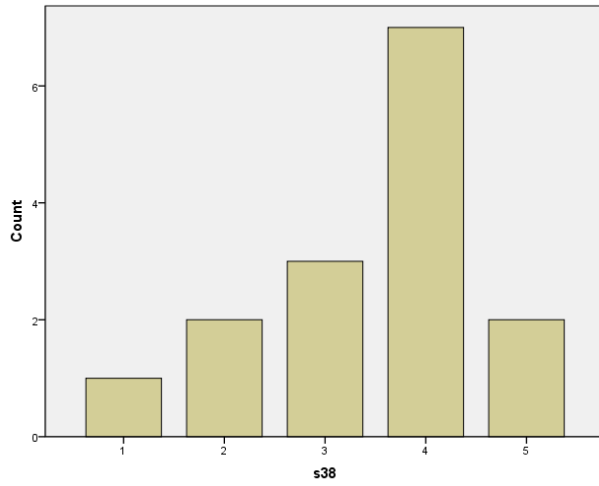
Soru 3.7

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	2	13,3	13,3	13,3
	3	4	26,7	26,7	40,0
	4	4	26,7	26,7	66,7
	5	5	33,3	33,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



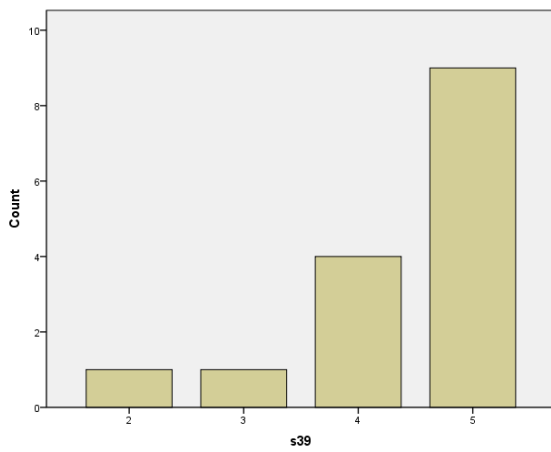
Soru 3.8

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	2	13,3	13,3	20,0
	3	3	20,0	20,0	40,0
	4	7	46,7	46,7	86,7
	5	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



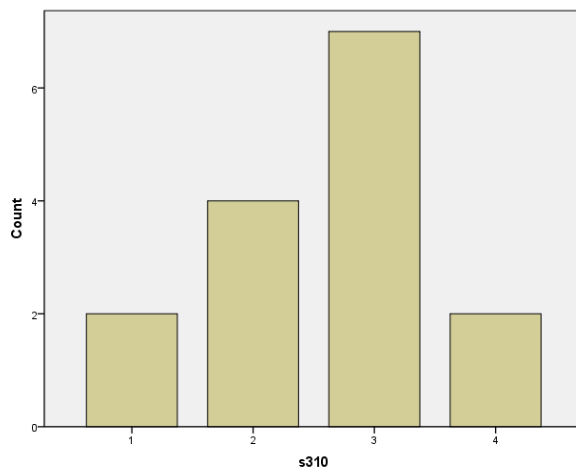
Soru 3.9

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 2	1	6,7	6,7	6,7
3	1	6,7	6,7	13,3
4	4	26,7	26,7	40,0
5	9	60,0	60,0	100,0
Total	15	100,0	100,0	



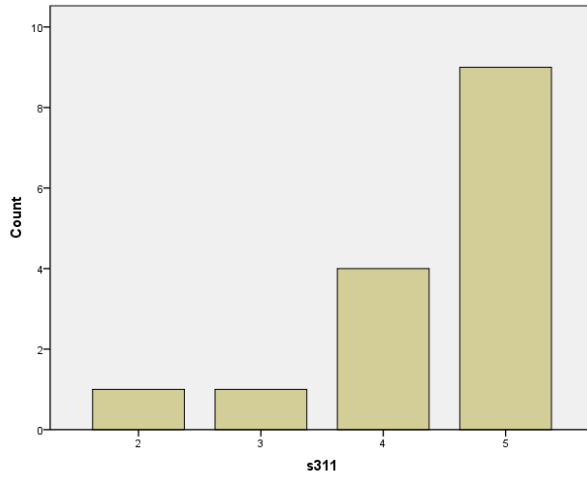
Soru 3.10

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	2	13,3	13,3	13,3
	2	4	26,7	26,7	40,0
	3	7	46,7	46,7	86,7
	4	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



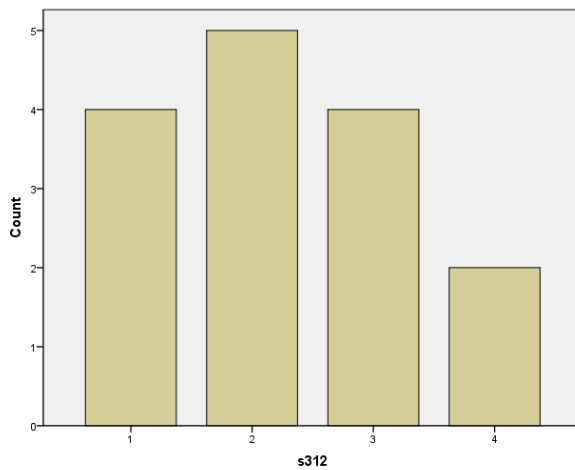
Soru 3.11

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	1	6,7	6,7	6,7
	3	1	6,7	6,7	13,3
	4	4	26,7	26,7	40,0
	5	9	60,0	60,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



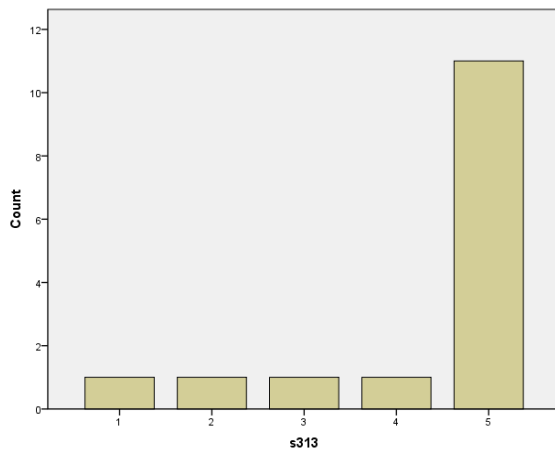
Soru 3.12

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	4	26,7	26,7	26,7
2	5	33,3	33,3	60,0
3	4	26,7	26,7	86,7
4	2	13,3	13,3	100,0
Total	15	100,0	100,0	



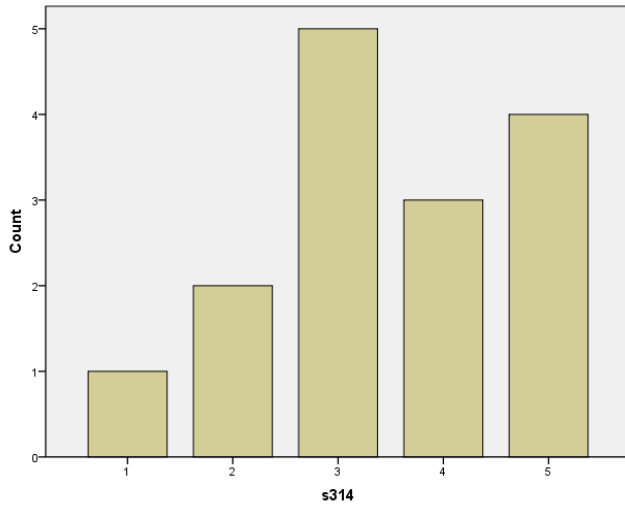
Soru 3.13

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	1	6,7	6,7	13,3
	3	1	6,7	6,7	20,0
	4	1	6,7	6,7	26,7
	5	11	73,3	73,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



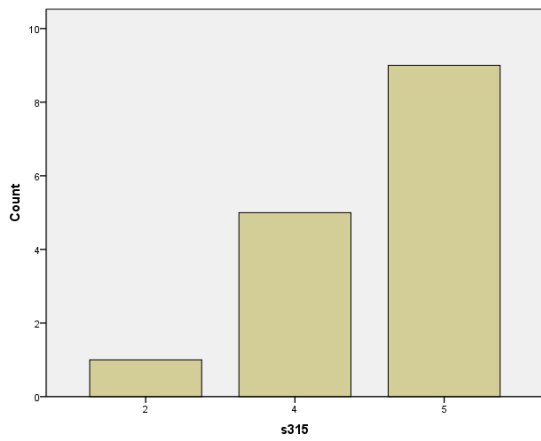
Soru 3.14

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	2	13,3	13,3	20,0
	3	5	33,3	33,3	53,3
	4	3	20,0	20,0	73,3
	5	4	26,7	26,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



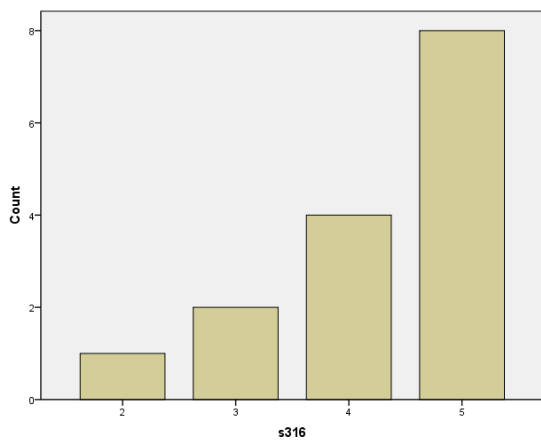
Soru 3.15

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 2	1	6,7	6,7	6,7
4	5	33,3	33,3	40,0
5	9	60,0	60,0	100,0
Total	15	100,0	100,0	



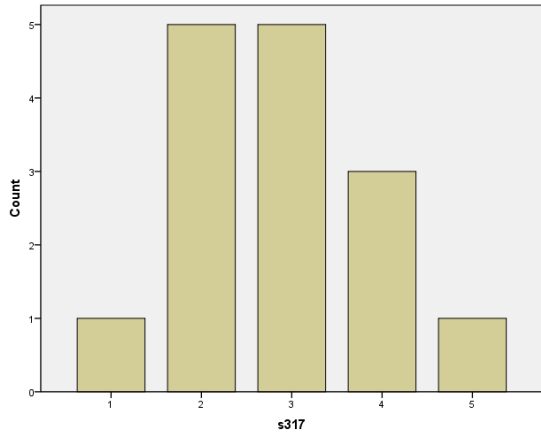
Soru 3.16

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	1	6,7	6,7	6,7
	3	2	13,3	13,3	20,0
	4	4	26,7	26,7	46,7
	5	8	53,3	53,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



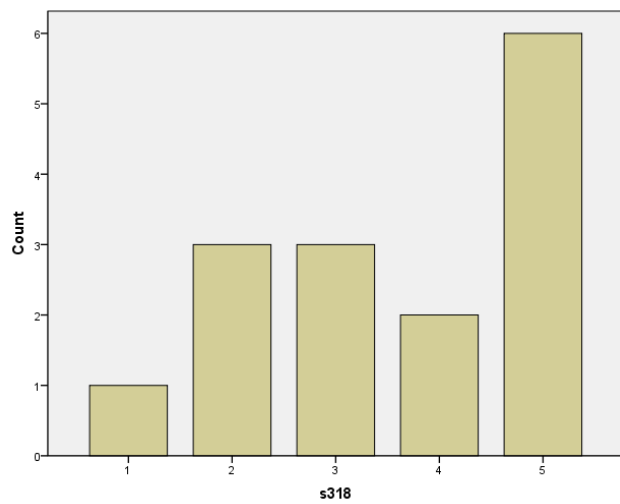
Soru 3.17

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	5	33,3	33,3	40,0
	3	5	33,3	33,3	73,3
	4	3	20,0	20,0	93,3
	5	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



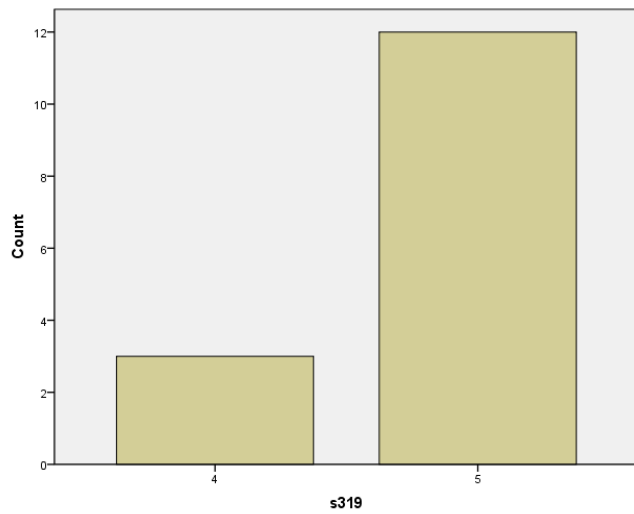
Soru 3.18

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	6,7	6,7	6,7
	2	3	20,0	20,0	26,7
	3	3	20,0	20,0	46,7
	4	2	13,3	13,3	60,0
	5	6	40,0	40,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



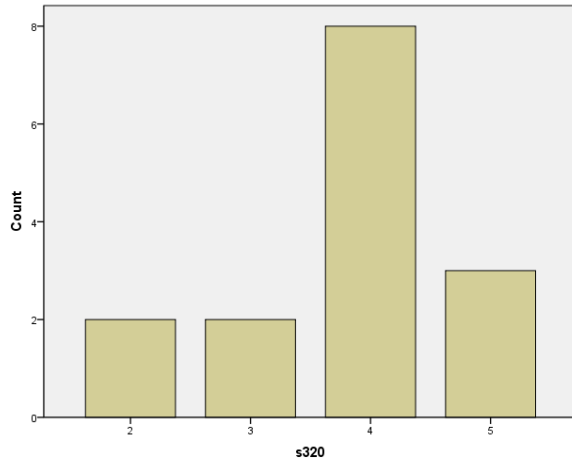
Soru 3.19

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	4	3	20,0	20,0	20,0
	5	12	80,0	80,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



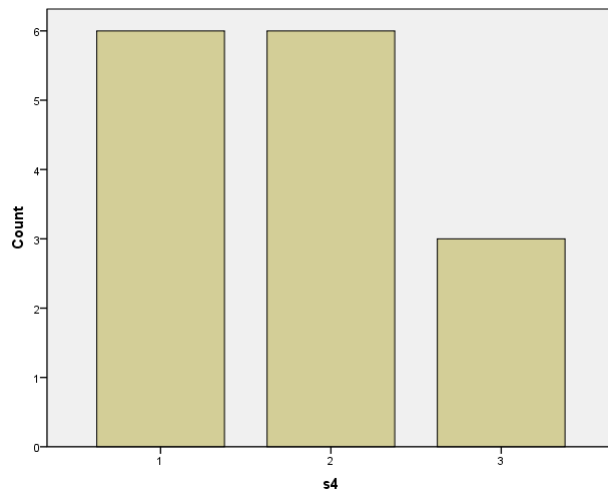
Soru 3.20

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	2	13,3	13,3	13,3
	3	2	13,3	13,3	26,7
	4	8	53,3	53,3	80,0
	5	3	20,0	20,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



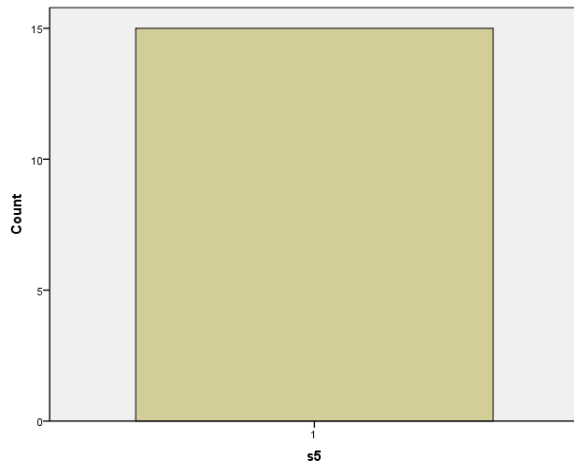
Soru 4

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	6	40,0	40,0	40,0
2	6	40,0	40,0	80,0
3	3	20,0	20,0	100,0
Total	15	100,0	100,0	



Soru 5

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	15	100,0	100,0	100,0



Ek H

ÖĞRENCİ ANKETİ

```
FREQUENCIES VARIABLES=s1 s2 s31 s32 s33 s34 s35 s36 s37 s38 s39 s310
s311 s312 s313 s314 s315 s316 s317 s318 s319 s4 s5
  /STATISTICS=STDDEV MEAN SUM
  /ORDER=ANALYSIS.
```

Frequencies

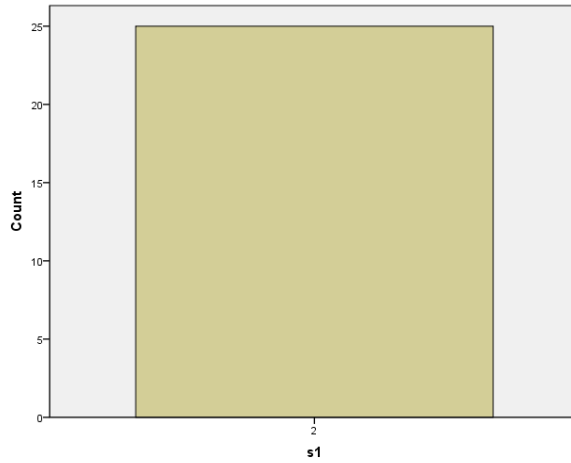
Notes

Output Created		02-Oca-2012 14:38:52
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	25
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data.
Syntax		FREQUENCIES VARIABLES=s1 s2 s31 s32 s33 s34 s35 s36 s37 s38 s39 s310 s311 s312 s313 s314 s315 s316 s317 s318 s319 s4 s5 /STATISTICS=STDDEV MEAN SUM /ORDER=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,015
	Elapsed Time	00:00:00,016

Frequency Tables

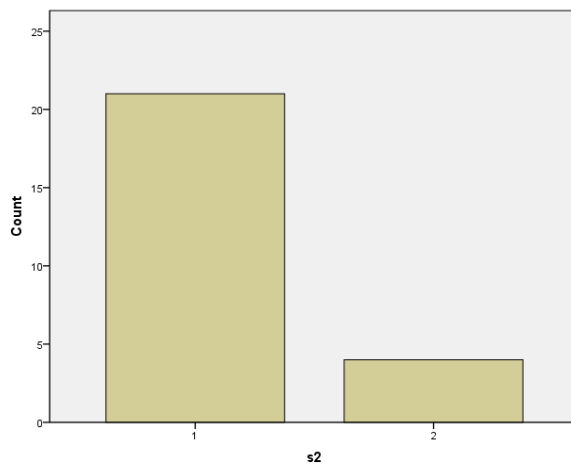
Soru 1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	25	100,0	100,0	100,0



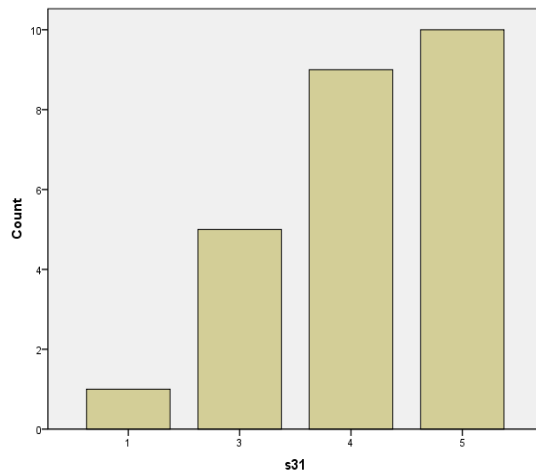
Soru 2

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	21	84,0	84,0	84,0
	2	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

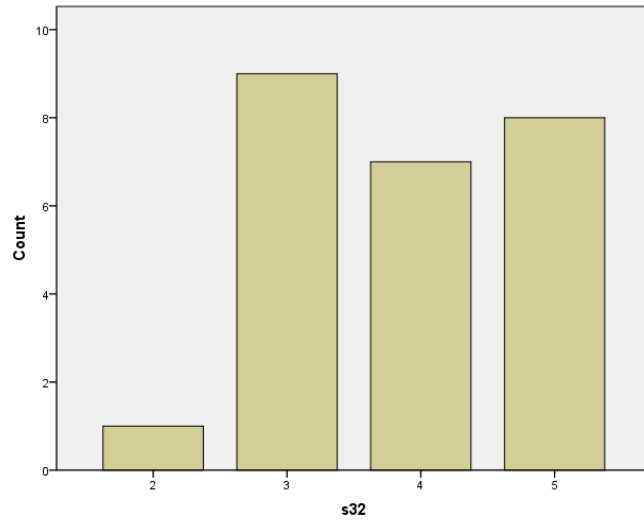


Soru 3.1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	3	5	20,0	20,0	24,0
	4	9	36,0	36,0	60,0
	5	10	40,0	40,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	

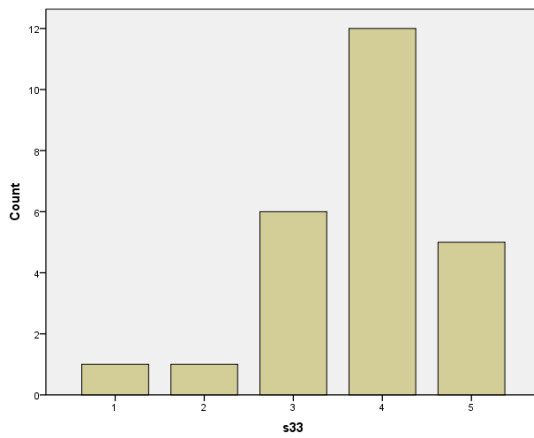
**Soru 3.2**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	1	4,0	4,0	4,0
	3	9	36,0	36,0	40,0
	4	7	28,0	28,0	68,0
	5	8	32,0	32,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	

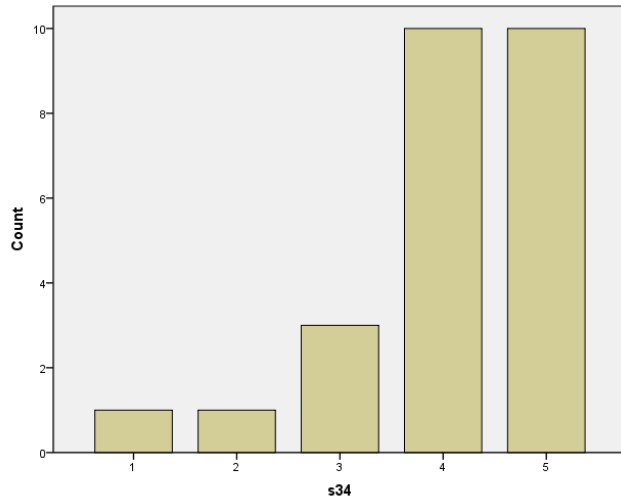


Soru 3.3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	2	1	4,0	4,0	8,0
	3	6	24,0	24,0	32,0
	4	12	48,0	48,0	80,0
	5	5	20,0	20,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	

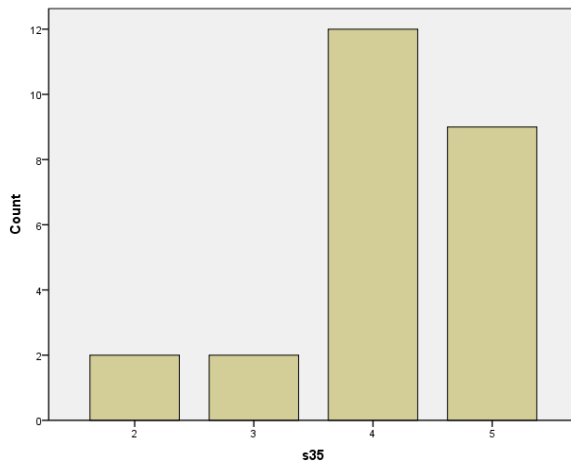
**Soru 3.4**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	2	1	4,0	4,0	8,0
	3	3	12,0	12,0	20,0
	4	10	40,0	40,0	60,0
	5	10	40,0	40,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	



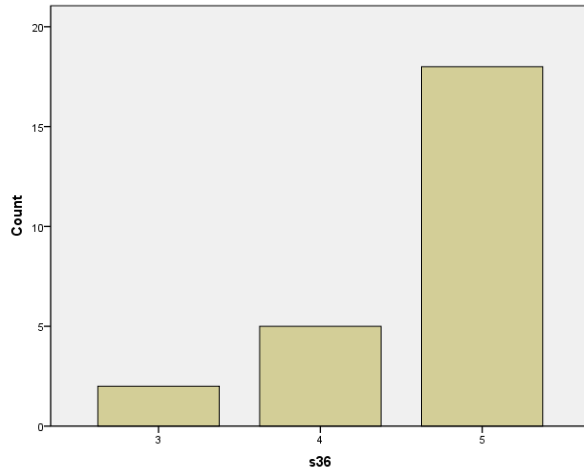
Soru 3.5

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	2	8,0	8,0	8,0
	3	2	8,0	8,0	16,0
	4	12	48,0	48,0	64,0
	5	9	36,0	36,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



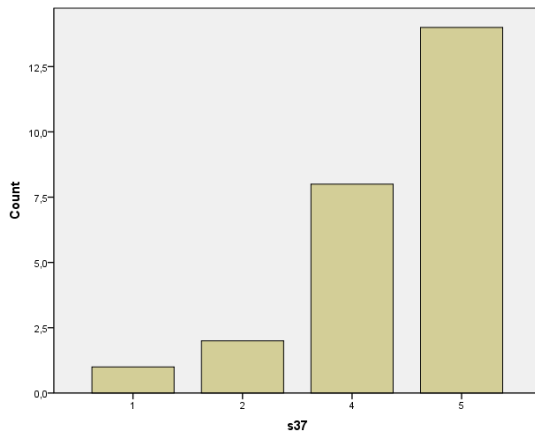
Soru 3.6

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	2	8,0	8,0	8,0
	4	5	20,0	20,0	28,0
	5	18	72,0	72,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



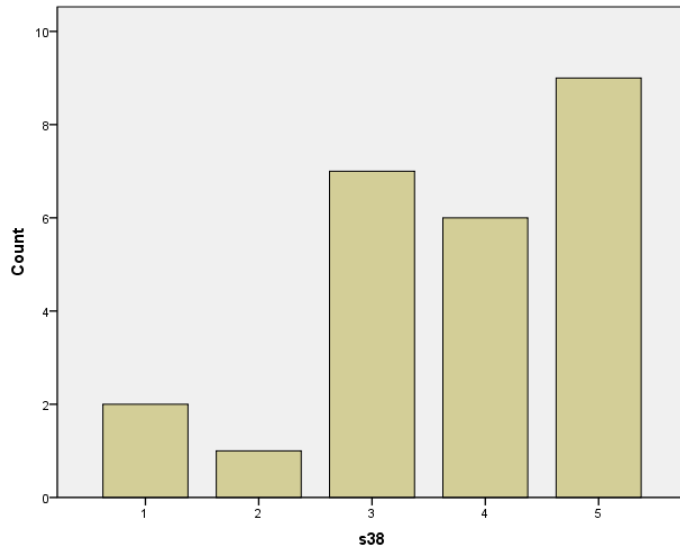
Soru 3.7

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	2	2	8,0	8,0	12,0
	4	8	32,0	32,0	44,0
	5	14	56,0	56,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



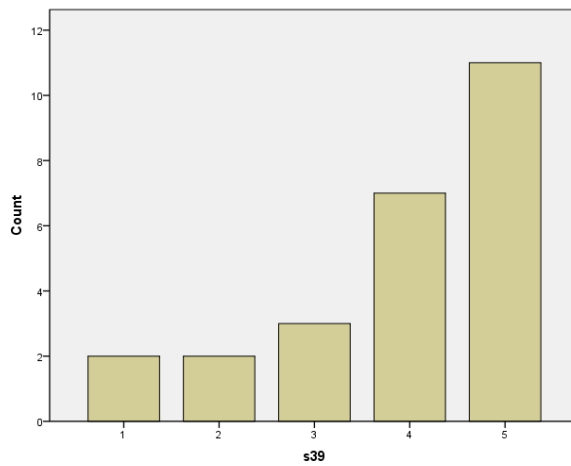
Soru 3.8

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	2	8,0	8,0	8,0
	2	1	4,0	4,0	12,0
	3	7	28,0	28,0	40,0
	4	6	24,0	24,0	64,0
	5	9	36,0	36,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



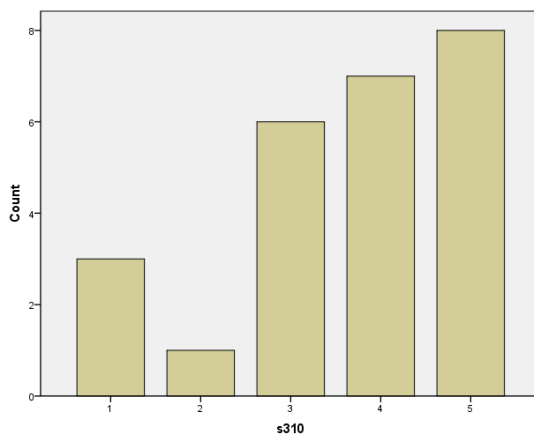
Soru 3.9

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	2	8,0	8,0	8,0
	2	2	8,0	8,0	16,0
	3	3	12,0	12,0	28,0
	4	7	28,0	28,0	56,0
	5	11	44,0	44,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	



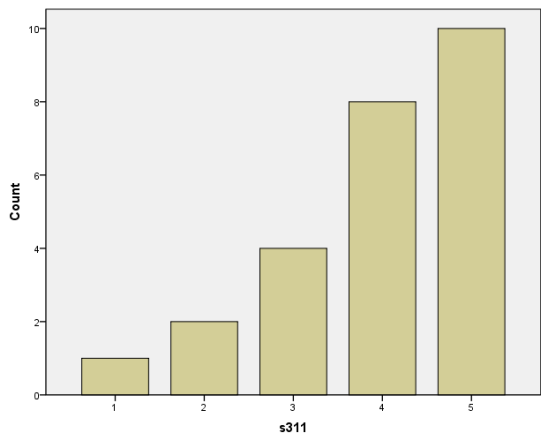
Soru 3.10

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	3	12,0	12,0	12,0
	2	1	4,0	4,0	16,0
	3	6	24,0	24,0	40,0
	4	7	28,0	28,0	68,0
	5	8	32,0	32,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



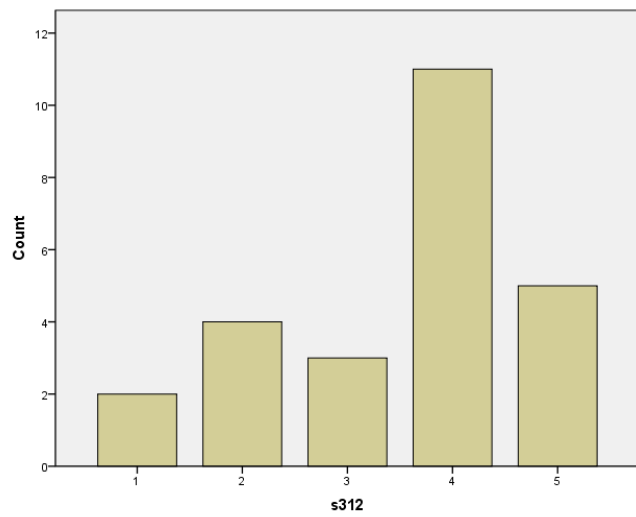
Soru 3.11

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	2	2	8,0	8,0	12,0
	3	4	16,0	16,0	28,0
	4	8	32,0	32,0	60,0
	5	10	40,0	40,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



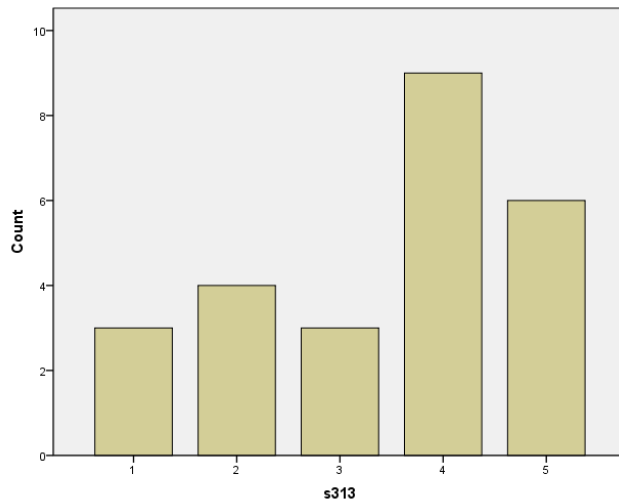
s312

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	2	8,0	8,0	8,0
	2	4	16,0	16,0	24,0
	3	3	12,0	12,0	36,0
	4	11	44,0	44,0	80,0
	5	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

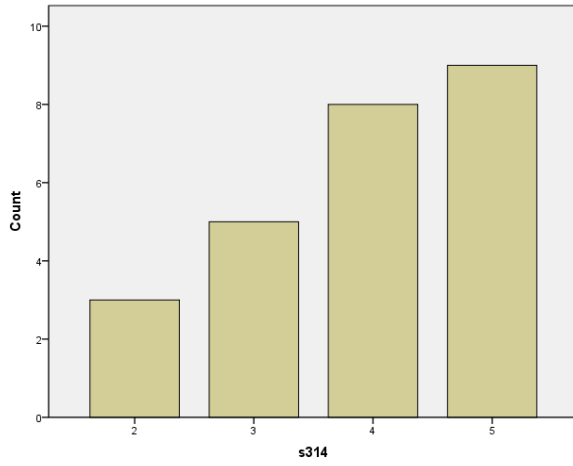


Soru 3.13

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	3	12,0	12,0	12,0
	2	4	16,0	16,0	28,0
	3	3	12,0	12,0	40,0
	4	9	36,0	36,0	76,0
	5	6	24,0	24,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

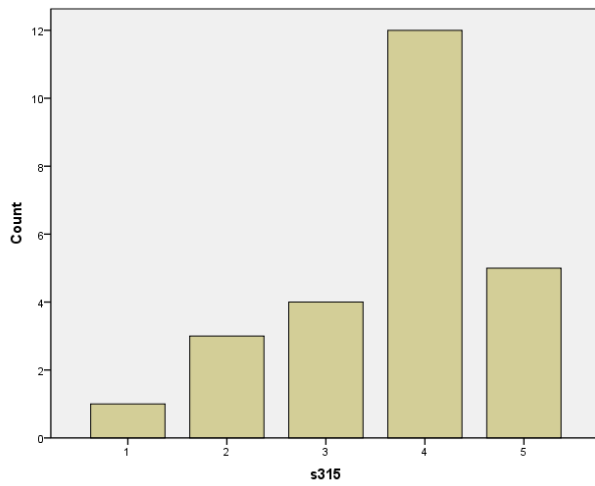
**Soru 3.14**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	3	12,0	12,0	12,0
	3	5	20,0	20,0	32,0
	4	8	32,0	32,0	64,0
	5	9	36,0	36,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



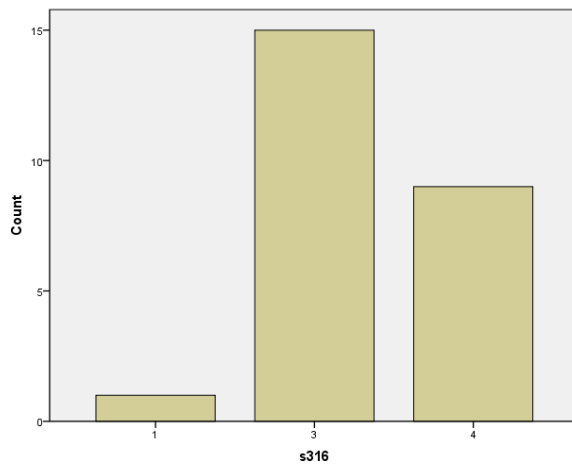
Soru 3.15

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	2	3	12,0	12,0	16,0
	3	4	16,0	16,0	32,0
	4	12	48,0	48,0	80,0
	5	5	20,0	20,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	



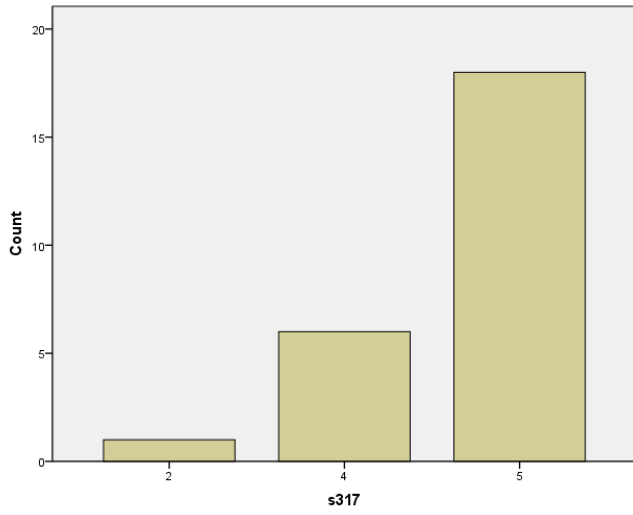
Soru 3.16

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	3	15	60,0	60,0	64,0
	4	9	36,0	36,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	



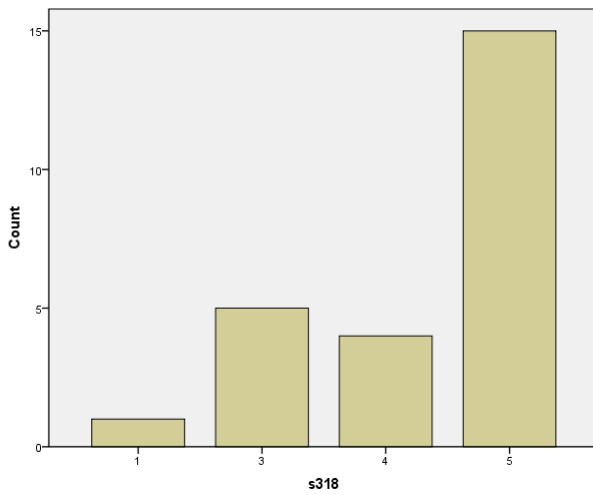
Soru 3.17

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	1	4,0	4,0	4,0
	4	6	24,0	24,0	28,0
	5	18	72,0	72,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	



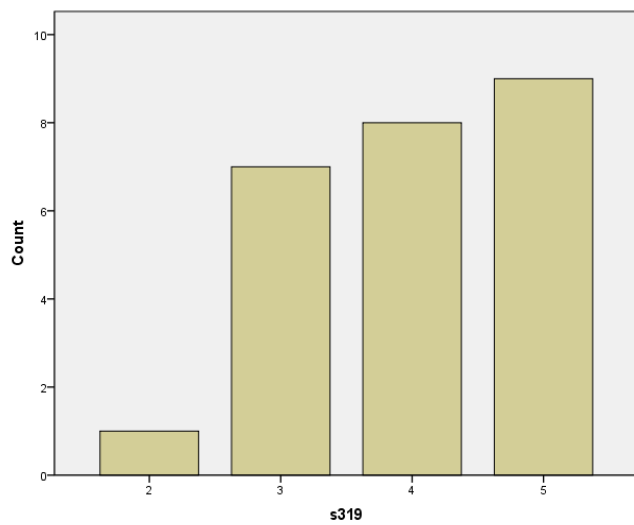
Soru 3.18

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	4,0	4,0	4,0
	3	5	20,0	20,0	24,0
	4	4	16,0	16,0	40,0
	5	15	60,0	60,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	



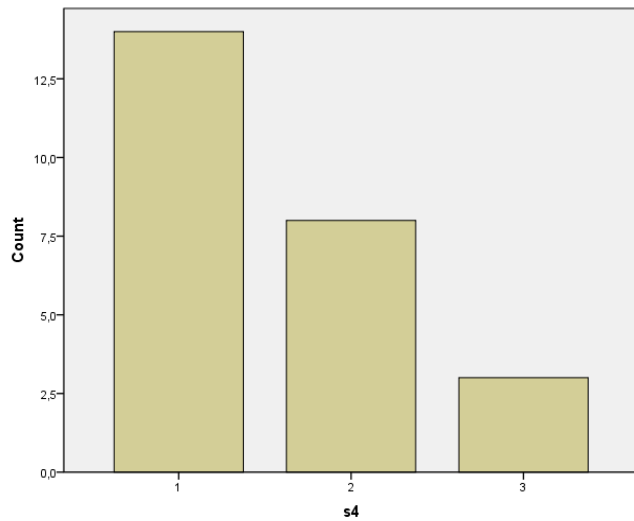
Soru 3.19

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	1	4,0	4,0	4,0
	3	7	28,0	28,0	32,0
	4	8	32,0	32,0	64,0
	5	9	36,0	36,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



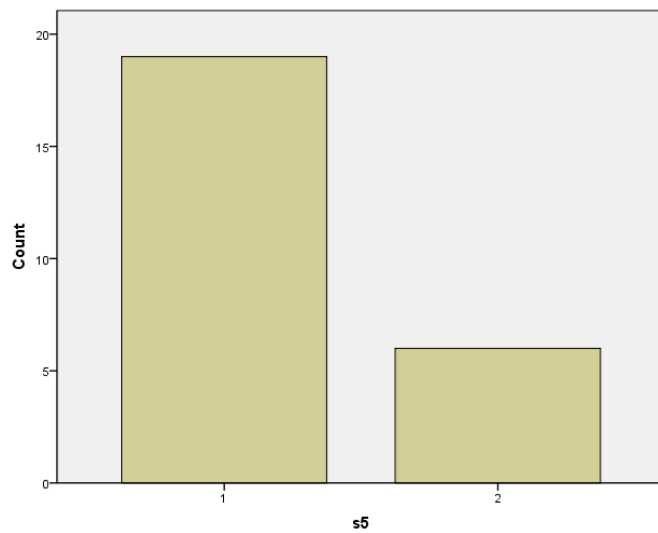
Soru 4

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	14	56,0	56,0	56,0
	2	8	32,0	32,0	88,0
	3	3	12,0	12,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



Soru 5

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	19	76,0	76,0	76,0
	2	6	24,0	24,0	100,0
Total		25	100,0	100,0	



ÖZGEÇMİŞ

Hasan Selçuk SELEK, 1970 yılında Konya’da doğdu. İlköğretimi Konya’da, lise eğitimini Ankara Atatürk Lisesinde 1987 yılında tamamladı.

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendislik Bölümü’nden 1992 yılında elektronik mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Data Şirketler Gurubunda mühendis olarak görev yaptı.

1993 yılında; halen görev yaptığı Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Meslek Yüksekokulu, Kontrol Sistemleri Programı’nda öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1994 yılında YÖK-Dünya Bankası Projesi kapsamında 9 ay A.B.D.’de bulundu.

Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü’nde, 1996 yılında başladığı yüksek lisans eğitimini, 1998 yılında tamamladı ve Yüksek Mühendis ünvanını aldı.

Türkiye’nin değişik üniversitelerinde okutulmakta olan ve Seçkin Yayınevi tarafından basılan dört adet ders kitabı mevcuttur; Doğru Akım (DC) Devre Analizi, Alternatif Akım (AC) Devre Analizi, Elektronik 1 ve Mantık Devreleri 1.

İyi derecede İngilizce bilir. Evli ve bir kız ile bir erkek çocuk babasıdır.