

**TC
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA SANAT DALI
MÜZİK VE SAHNE SANATLARI DOKTORA PROGRAMI**

DOKTORA TEZİ

**DAVUL İÇİN TAM OTOMATİK BİR AKORT SİSTEMİNİN
TASARIMI VE OPTİMİZASYONU**

**ÖZGÜN ARDA NURAL
18740002**

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. ARDA EDEN**

2025

TC
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA SANAT DALI
MÜZİK VE SAHNE SANATLARI DOKTORA PROGRAMI

DOKTORA TEZİ

DAVUL İÇİN TAM OTOMATİK BİR AKORT SİSTEMİNİN
TASARIMI VE OPTİMİZASYONU

ÖZGÜN ARDA NURAL
18740002
ORCID NO: 0000-0002-9236-1625

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. ARDA EDEN

ŞUBAT 2025

Özgün Arda NURAL tarafından hazırlanan “Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin Tasarımı ve Optimizasyonu” başlıklı çalışma, 28/01/2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği ile başarılı bulunmuş ve jürimiz tarafından Sanat ve Tasarım Ana Sanat Dalı Müzik ve Sahne Sanatları Doktora Programında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

İmza

PROF. DR. ARDA EDEN

.....

Jüri Üyeleri

İmza

PROF. DR. ARDA EDEN

.....

PROF. DR. TURAN SAĞER

.....

PROF. DR. CAN KARADOĞAN

.....

DOÇ.DR. ECE MERVE YÜCEER NISHIDA

.....

DOÇ.DR. GÖKHAN DENEÇ

.....

ÖZET

DAVUL İÇİN TAM OTOMATİK BİR AKORT SİSTEMİNİN TASARIMI VE OPTİMİZASYONU

Bu çalışmada, davul için tam otomatik bir akort sisteminin tasarım ve optimizasyon süreçleri incelenmiştir. 20. yüzyılın başlarında bas davul pedalının üretilmesiyle birlikte davulcular aynı anda birden fazla vurmali çalgıyı icra edebilmiş ve böylece davul seti standart hale gelmiştir. Bir davul setinin parçaları olan trampet ve alto gibi davullar, kasnak üzerindeki vidaların sıkılıp gevşetilmesi yoluyla akort edilmektedir. Ancak, bu işlemin zorluğu, davul derisinin farklı bölgelerinde farklı gerinimler yaratmakta ve bu da akort sürecini karmaşık hale getirmektedir. Davulun doğru bir şekilde akort edilmesi, müziğin kalitesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, akustik davulların karmaşık akortları için çeşitli araçlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Çalışmada, davul derisini tam otomasyonlu olarak, elektro-mekanik şekilde akort edebilen prototip bir cihaz tasarlamak ve bu süreçte yararlanılacak araçlar ve yöntemler ile uygun optimizasyon algoritmalarını belirlemek hedeflenmiştir. Bu sistemin merkezinde bir Arduino mikrodenetleyicisi yer almakta olup, çeşitli motorlar ve sensörler ile desteklenmiştir.

Tasarım sürecinde adım motorlar, DC motorlar ve çeşitli dişli çark sistemleri kullanılarak farklı prototipler oluşturulmuştur. İlk aşamada adım motorların yetersizliği nedeniyle DC motorlara geçilmiş ve bu motorlar ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, sistemin ağırlığı ve mekanik aşınma gibi sorunlar nedeniyle tasarım sürekli olarak optimize edilmiştir. Sonuç olarak, davul derisinin titreşimlerini analiz eden ve bu verilere göre akort vidalarını otomatik olarak sıkıp gevşeten bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, modüler yapısıyla farklı boyutlardaki davul setlerine uyum sağlayabilmekte ve hızlı, doğru akort imkânı sunmaktadır. Gelecekte, bu sistemin daha da geliştirilerek mekanik ve elektronik bileşenlerin kalitesinin artırılması, alt deri ve üst deriyi eş zamanlı olarak akort edebilme yetisi ve farklı davul boyutları için optimizasyon yapılması önerilmektedir. Bu çalışma, davul akort sürecini otomatikleştirerek müzisyenlere büyük bir kolaylık sağlamayı amaçlamakta ve bu alandaki literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akort, Davul, Otomasyon

ABSTRACT

DESIGN AND OPTIMIZATION OF A FULLY AUTOMATIC TUNING SYSTEM FOR DRUM

In this study, the design and optimization processes of a fully automatic tuning system for drums were examined. With the production of the bass drum pedal in the early 20th century, drummers were able to play multiple percussion instruments simultaneously, leading to the standardization of the drum set. The components of a drum set, such as snare and alto drums, are tuned by tightening and loosening the screws on the drum rim. However, the difficulty of this process is increased by the varying tensions in different parts of the drum skin, complicating the tuning process. Proper tuning of a drum plays a significant role in the quality of music. Therefore, various tools and methods have been developed for the complex tuning of acoustic drums. This study aimed to design a prototype device that can automatically tune the drum skin in an electromechanical manner and determine the tools, methods, and appropriate optimization algorithms to be used in this process. The system is centered around an Arduino microcontroller and supported by various motors and sensors.

During the design process, different prototypes were created using stepper motors, DC motors, and various gear systems. Initially, due to the inadequacy of stepper motors, DC motors were used, which yielded successful results. However, due to issues such as the system's weight and mechanical wear, the design was continuously optimized. As a result, a system was developed that analyzes the vibrations of the drum skin and automatically tightens or loosens the tuning screws based on this data. This system, with its modular structure, can adapt to different sizes of drum sets and provides fast, accurate tuning. Future improvements suggest enhancing the system with better mechanical and electronic components, adding the capability to tune both the top and bottom skins simultaneously, and optimizing for different drum sizes. This study aims to significantly ease the tuning process for musicians and make a substantial contribution to the literature in this field.

Keywords. Automation, Drum, Tuning



Kızım Nil Su NURAL' a ...

ÖN SÖZ

Sanayi devrimi ile gelişen teknoloji, iki binli yıllara gelindiğinde insan hayal gücünün düşünemediği bir noktaya erişmiş gerek sanayi, ulaşım ve tarım gibi alanlarda gerekse kültür, sanat ve sosyal yaşam gibi her alanda insan yaşamı üzerinde etkili hale gelmiştir. Şüphesiz teknolojinin gelişimi başta korunma, avlanma, günlük ihtiyaçlarını karşılanması vb. için insan tarafından geliştirilmiştir. Zamanla gelişen teknoloji insanın kullandığı her türlü araç gerece yansımış ve bu teknoloji bütün bilim dallarında yaygın olarak araştırma geliştirmede kullanılmıştır. Bu gelişmelerden müzik endüstrisinde etkilenmiş gelişen teknoloji ile sanal enstrümanlar, sanal sesler hatta tam otomatik elektronik enstrümanlar üretilmiştir. Bu doğrultuda “Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin Tasarımı ve Optimizasyonu” isimli bu çalışma ile gelişen müzik endüstrisine katkı yapmak amaçlanmıştır.

Bu çalışma sürecinde başta benden hiçbir desteğini esirgemeyen danışmanım, Prof. Dr. Arda Eden'e, süreç içerisinde benden bilgi ve birikimlerini esirgemeyen tez izleme komisyonumda bulunan Prof. Dr. Turan Sağer ve Prof. Dr. Can Karadoğan'a akademik hayatımda bana rol model olan bilgi ve birikimlerini benimle her zaman paylaşan saygı değer çok sevgili hocam Prof. Dr. Abdullah Akat'a, lisans ve lisansüstü süreçlerimin tümünde yanımda olan Prof. Dr. Cahit Aksu' ya, değerli meslektaşım, arkadaşım Öğr. Gör. Dr. Gökhan Altınbaş'a, bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar her soruma bıkmadan cevap veren Yüksek Makine Mühendisi Serkan Karakaş'a, çalışma esnasında tüm donanımıyla bilgisiyle yol gösteren Makine Mühendisi Oğuzhan Selim'e ve yaşına rağmen bıkmadan usanmadan, yorulmadan her istediğimi yapmaya çalışan torna ustası Hüseyin Aytekin'e teşekkür ederim.

Ayrıca sevgili ailem annem Prof. Dr. Nesrin Nural, babam Dr. Öğretim Üyesi. Eşref Nural, kardeşim hâkim Cansu Nural ve eşim müzik öğretmeni Selvihan Nural'a bu süreçte benden hiçbir desteklerini esirgemedikleri ve her an yanımda oldukları için teşekkürü bir borç bilirim.

Özgün Arda NURAL

Şubat, 2025; İstanbul

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLOLAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	2
1.2. Alt Problemler	2
1.3. Sayıtlar	3
1.4. Sınırlılıklar	3
1.5. İlgili Araştırmalar	3
1.5.1. Tezler	3
1.5.2. Makaleler	4
1.5.3. İlgili Çalışmalar.....	4
1.5.4. İlgili Teknolojiler	5
1.5.5. Kitaplar.....	5
1.5.6. Patentler	5
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	7
2.1. Ses ve Sinyal Kavramı	7
2.2. Ses Dalgası Ölçüm Birimleri	10
2.2.1. Frekans ve Perde	10
2.2.2. Sinyal Bant Genişliği (Signal Bandwidth).....	11
2.2.3. Dalga Boyu	11
2.2.4. Desibel	11
2.2.5. Desibel ve Ses Basınç Seviyeleri	12
2.2.6. Ses Şiddeti/Gürlük (Loudness) ve Genlik.....	13
2.2.7. Faz	13
2.2.8. Tını (Timbre).....	13
2.3. Dijital (Sayısal) Ses Sinyali Ölçüm Birimleri ve İlgili Kavramlar	14
2.3.1. Digitizing (Dijitalleştirme).....	15
2.4. Sinyallerin Frekans Ortamı Analizi	17
2.4.1. Fourier Transform (Fourier Dönüşümü, FT)	17
2.4.2. Hızlı Fourier Dönüşümü	18
2.5. Davul İçin Akort Uygulamaları	18
2.5.1. Davul Akordunda Tını, Deri ve Frekans İlişkisi.....	22

2.6. Elektrik Motorlar ve DC Motorlar	23
2.7. Motor Sürücüleri	23
2.8. Mikrodenetleyiciler	23
2.8.1. Arduino	24
2.9. Sensörler.....	24
3. YÖNTEM.....	26
3.1. Araştırma Modeli	26
3.2. Evren Örneklem	26
3.3. Verilerin Toplanması	26
3.4. Verilerin Analizi	29
4. BULGULAR VE YORUM.....	30
4.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorum.....	30
4.1.1. Tasarım 1	31
4.1.2. Tasarım 2.....	32
4.1.3. Tasarım 3.....	33
4.1.4. Tasarım 4.....	35
4.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorum.....	37
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKÇA.....	56
EKLER.....	60

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. Sesin Varlığından Söz Edebilmek İçin Bulunması Gereken Öğeler ve Koşullar	7
Tablo 2. Basınç Seviyeleri Örnekleri	12
Tablo 3. Çeşitli Davul Seti Konfigürasyonları İçin Önerilen Temel Notalar ve Frekansları.....	21
Tablo 4. Maksimum Rezonans.....	21
Tablo 5. Yüksek Rezonans.....	21
Tablo 6. Orta Rezonans.....	21
Tablo 7. Düşük Rezonans	22
Tablo 8. Frekans Süre Tablosu	39
Tablo 9. Frekans Süre Tablosu	43
Tablo 10. Frekans Süre Tablosu	51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Ses Dalgalarının Karşılaştığı Engeller	9
Şekil 2. Ses Dalgasına Ait Temel Özellikler.....	10
Şekil 3. Fourier Dönüşümü	18
Şekil 4. Davul (Bateri) Seti	19
Şekil 5. Davul Akort Vidasının Tork Metre İle Gerinim Ölçülmesi.....	27
Şekil 6. Taslak Çizim Yapılması.....	28
Şekil 7. Dişli Çark ve Tablanın Oluşturulması	28
Şekil 8. Mikrofonun Deriden Aldığı Frekansın Spektrum Analizi	29
Şekil 9. Devre Tasarımı	32
Şekil 10. Adım Motorun Davul Kasnağı Üzerine Montajı	32
Şekil 11. Devre Tasarımı ve Donanım Bağlantısı.....	33
Şekil 12. Spectrum Analyser ile Doğrulama.....	34
Şekil 13. Devre Tasarımı ve Donanım Bağlantısı.....	34
Şekil 14. Devre Tasarımı ve Donanım Bağlantısı.....	35
Şekil 15. Akort Mekaniğinde Bulanık Parçaların Boyutları	36
Şekil 16. Akort Mekaniği Çizim ve Parçalı Görünüm.....	37
Şekil 17. Spectrum Analyser ile Doğrulama.....	37
Şekil 18. Tasarım Parçalı Numaralı Görünüş	44
Şekil 19. Tasarım Genel Numaralı Görünüş	45

KISALTMALAR LİSTESİ

- A/D : Analog-To-Digital Converters (Analog-Sayısal Dönüştürücüler)
CPU : Central Processing Unit (Merkez İşlem Birimi)
D/A : Digital-To-Analog Converters (Sayısal-Analog Dönüştürücüler)
DC : Doğru Akım
Hz : Hertz
I/O : İnpıt/Output Hatları (Seri ve Paralel Portlar, Zamanlayıcılar)
RAM : Random-Access Memory (Rastgele Erişimli Bellek)
ROM : Read-Only Memory (Sadece Okunabilir Bellek)

1. GİRİŞ

Kültür; canlıların içine doğup büyüdüğü hazır olarak bulduğu her şeydir. Fakat keşfedilen evrende kültürünü yenileyebilen, geliştirebilen, geliştirdiği kültürü eleştirip tekrar yenileyen tek canlı türü de insandır. İnsanın etkilendiği ve etkilediği kültür, yeni bir kültürün doğmasına, bir başkasının kültürlenmesine ve kültür çeşitliliğine nedendir. İnsan kültürünü oluşturan en önemli bileşenlerden biri olan ses çıkarma eyleminin, birbirinden farklı müzik kültürlerine dönüşmesi, bunun en iyi örneklerinden biri olarak gösterilebilir. Müzik icrası kullandığı ses sistemi, ritmik yapı, tarz vb. gibi icra edildiği toplumlara göre birbirinden ayrılmış, zamanla müzik kültürü haline gelmiştir. Dolayısıyla ses sisteminin içerisinde bulunan tanımlanmış perdeler akort yapmayı zorunlu hale getirmiş ve enstrüman akordu, müzik icrası sırasında ortaya çıkan sonuca doğrudan etki eden, en önemli unsurlardan biri olmuştur. Say (2010), akort yapmayı; “Çalgıların perdelerini belirli ve kesin oranlara göre düzenleme işlemine başka bir deyişle doğru sesler üretmek için yapılan düzenleme” olarak tanımlamıştır. (36).

Tüm enstrümanlarda aynı perdeleri elde etmek amacıyla standartlaştırılmış belirli notaların mutlak perdesi dünya genelinde “La” sesi olarak kabul edilmiştir. “La” sesinin saniyedeki titreşim sayısı en eski biçimi ile 1495 yılında 506 Hz olarak belirlenmiş, bu titreşim sayıları birçok defa 377, 423, 422, 428, 457, 435 olarak değişmiştir (Demir, 2012). 1939' da uluslararası standartlar birliği himayesinde Londra'da düzenlenen uluslararası konferansta “La” sesi evrensel olarak 440 Hz kabul edilmiştir (Apel, 2003). Standardizasyon beraberinde endüstriyi getirmiş, endüstride beraberinde araç gereçlerin gelişip çoğalmasına sebep olmuştur. Tarihsel süreç incelendiğinde akort düdüğü ve çatal diyapazon akort yapmaya yardımcı olan ilk endüstriyel araçlar olarak göze çarpmaktadır. Elektrik kullanımının yaygınlaşması ve ardından hızla gelişen teknoloji, frekansların veya müzikal aralıkların elektronik ölçüm araçları veya yazılımlar ile birlikte tespit edilebilmesini sağlamıştır. Günümüzde gelinen son noktada ise mekanik, elektronik ve yazılım alanları

birleşmiş elektromekanik şekilde çalışan otomatik akort cihazları tasarlanmaya hatta üretilmeye başlamıştır. Gitar için üretilen otomatik akort cihazı dikkat çekmiş ve “Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin Tasarımı ve Optimizasyonu” isimli çalışmanın esin kaynağı olmuştur.

Bu doğrultuda vürmalı çalgılar ailesinde bulunan davul enstrümanı için üretilmiş akort cihazlarıyla ilgili literatür taranmış, klasik davul anahtarı, tork sistem davul anahtarı, eş zamanlı dönen çoklu çember anahtarı, kasnak germe aparatları, kadranlı gerginlik ölçer cihaz, elektronik davul akort cihazı gibi araçlara, çok sayıda patente ve çeşitli projelere ulaşılmıştır. Amerika’da bulunan Connecticut Üniversitesinin 2018 yılında düzenlediği “Fred and Harriet Cox Senior Design Competition” isimli proje yarışmasında, Clayton Frister ve Jeremy Garrod tarafından yapılan davulu otomatik akort edebilen bir cihaza rastlanmış, fakat cihaz hakkında sadece bir videoya ulaşılabilmiş bu cihazın başarımının ne boyutta olduğuna dair bir bilgiye erişilememiştir. Akort cihazı elde edilen videodan incelendiğinde, cihazın sabit, tek parça ve büyük olması, sadece 14 inçlik davul için tasarlanmış olması, akort esnasında deriye birden çok defa vurarak akort etmesi gibi eksiklikler tespit edilmiş ve vürmalı çalgılar ailesinde bulunan davul enstrümanın derisini tam otomasyonlu olarak, elektro-mekanik şekilde akort edebilen prototip bir cihaz tasarımı yapmak hedeflenmiştir. Buna bağlı olarak tam otomatik bir davul akort cihazının tasarımı sürecinde yararlanılacak araçlar ve yöntemler ile uygun optimizasyon algoritmalarını belirlemek ve bu parametrelerin başarımı ne derece etkilediğini tespit etmek araştırmanın amacını oluşturmuştur.

1.1. Problem Durumu

Davul derisini tam otomatik olarak akort edebilecek bir aracın tasarım sürecinde, faydalanılacak araçlar ve teknikler ile tercih edilecek optimizasyon yöntemleri, başarımı nasıl etkilemektedir?

1.2. Alt Problemler

1. Çalışmanın odağındaki Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin geliştirilmesine ilişkin Tasarım süreçleri nelerdir?

2. Çalışmanın odağındaki Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin geliştirilmesine ilişkin Optimizasyon süreçleri nelerdir?

1.3. Sayıtlar

1. Tam otomatik bir davul akort aracının tasarım ve optimizasyonu için literatürden seçilen yöntemlerin doğru ve yeterli yöntemler oldukları varsayılmıştır.

1.4. Sınırlılıklar

1. Çalışma; geliştirilmesi planlanan davul için tam otomatik akort aracının davul seti içinde bulunan 10 inçlik davulun üst derisinin akortlanması ile sınırlıdır.
2. Çalışma; geliştirilmesi planlanan davul için tam otomatik akort aracının davul seti içinde bulunan 10 inçlik davulun üst derisinin dört vidalı olan formunun akortlanması ile sınırlıdır.

1.5. İlgili Araştırmalar

Çalışma sırasında ulaşılan ilgili araştırmalar aşağıda açıklanmıştır.

1.5.1. Tezler

Mutlu (2013), yılında yaptığı “Otomatik Gitar Akort Cihazı” isimli Yüksek Lisans tezinde; müzisyenlerin gitarlarını etkili şekilde akort etmelerini sağlayan Otomatik Gitar Tuner sunmaktadır ve bu cihazı iki ana parçadan oluşturmaktadır: Frekans Analizi ve Tel Ayarlama. Yazar yaptığı çalışmanın sonucunda bu cihazın yeterli doğrulukta ve akort işlemini kolaylaştırdığını göstermektedir.

Kılıçoğlu (2018), yılında yaptığı “Türkiye’de Popüler Müziğin Tarihsel Gelişimde Davul Çalım Yaklaşımları” isimli yüksek lisans tezinde; davulcuların popüler müzikte çalım yaklaşımlarını oluşturan unsurlar, davul setinin dünyada ve ülkemizdeki tarihsel gelişimi ile kayıt stüdyolarındaki konumu incelenmeye çalışmış, dönemin önde gelen aranjör, müzisyen ve davulcularıyla gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen veriler dikte edilerek yorumlanmaya çalışmıştır.

Güneşer (2019), yılında yaptığı “Kemençe Tınısının Spektrum Analizi Yöntemiyle İncelenmesi” isimli yüksek lisans tezinde kemençe kayıtlarından elde ettiği ses kayıtlarını spektrum analizi yöntemi ile incelenmiş, ve kemençe tınısının özellikleri analitik veriler cinsinden ölçmüştür. Spektrum analizinden elde edilen verilerin değerlendirilmesini sağlamak için somut kıstaslar belirlemiş olup, belirlenen kıstaslarla spektrum analizi araştırmalarına yöntemsel bir katkı sunulmasını amaçlamıştır.

1.5.2. Makaleler

Johnson (1999) yılında yayınladığı “Drum Tuning Bible” isimli yazısında davul akordu hakkında temel noktalara değinerek davul seçimi hakkında yönlendirmeler yapmıştır.

Esparza (2017), Systems and Methods for Capturing and Interpreting Audio isimli çalışmasında; müzik aleti tarafından üretilen titreşimleri yakalamak için ürettiği cihazda, ses verilerinde bir ses olayının başlangıcını belirlemeyi, analiz için verilerde bir pencere seçmeyi, ses olayının bir temsilini oluşturmak için dönüştürmeleri uygulamayı ve bu temsili bir modelde beklenen temsillerle karşılaştırmayı amaçlamıştır.

1.5.3. İlgili Çalışmalar

Frister ve Garrod (2018), yılında katıldıkları yarışmada tasarladıkları davul akort projesinde; kullanıcının davul derisini ayarlamak istediği notayı seçmesine imkân tanıyan led ekranlı bir otomatik davul akort cihazı tasarlamışlardır. Cihaz deriden ses frekansı olarak önceden programlanmış notalara karşılık gelen frekansı tespit ederek her bir vidayı motorlar kullanarak ayarlamaktadır. Eğer bir vida ayarlı değilse, mükemmel ayar elde edilene kadar işlem tekrarlanmaktadır.

Zuffante ve diğerleri (2012), “Automatic Drum Tuner” isimli çalışmalarında; Rezonansa neden olması için davul derisinin uyarılmasını sağlayarak, her germe mekanizmasında bir veya daha fazla noktada bir titreşim frekansının algılanması, görelî noktalar için düzeltme değerine dayanarak her bir motorun otomatik olarak

döndürülmesi; bütün noktaların her birinin titreşim frekanslarının her biri büyük ölçüde benzer olana kadar (a) - (e) adımlarının otomatik olarak tekrarlanması; ve her bir motorun büyük ölçüde eş zamanlı olarak bir yönde otomatik olarak döndürülerek davulu akort edecek cihaz üzerine çalışmalar yapmıştır.

1.5.4. İlgili Teknolojiler

Over Tone laboratuvarı (2012a), tarafından geliştirilen “Tune-Bot”, davul setinin parçalarını belirli bir nota veya frekansa doğru şekilde ayarlanmasına olanak sağlayan dijital led ekranlı akort cihazıdır. Ayrıca aynı laboratuvarın (2012b), yılında yayınladığı Drum-Set Tuning Guide isimli yazıda davul parçalarının boyutlarına göre temel frekans ölçümlerine değinilmiştir.

1.5.5. Kitaplar

Owsinski (2009), “*The Recording Engineer's Handbook*” isimli kitabında; ses kayıtlarında dikkat edilmesi gereken temel yaklaşımlardan söz ederek davul kaydı hakkında önemli bilgiler vermektedir.

Karaosmanoğlu, (2017), “Müzik Aritmetiği ve Ses Sistemleri” isimli kitabında.; asal sayılar ve müzik, logaritma ve müzik, fizik ve müzik ve akort gibi konuları disiplinler arası ilişkilendirerek açıklamıştır.

1.5.6. Patentler

EK-6 bir davulun veya benzer bir vurmali çalgının akort edilmesi için bir davul kafası akort aparatı açıklanmaktadır. Buluş, davul kasnağı ile davul derisinin sert dış çevresel dudağı arasına yerleştirilmiş dairesel bir şekle sahip, şişirilebilir bir mesane içermektedir. Kafa davul kabuğuna monte edildiğinde ve kasnak, kabuğun dış tarafındaki kulaklara gerdirme elemanlarıyla kilitlendiğinde, mesanenin hacmini artırmak için mesaneye hava pompalanmaktadır. Genişleyen mesane çevresel dudağı yerinden oynatır ve sonuç olarak davulun perdesini yükseltmek için davul derisinin kasnaktaki açıklığın üzerine daha sıkı çekmektedir. Tersine hareketle, mesaneden hava basıncının serbest bırakılması, gerilmiş davul derisini geri yaylanmasını

sağlamaktadır, böylece gerginliği serbest bırakıp ve davulun perdesini düşürmektedir (Hall & Calif, 1995).

EK-7 Akort motoru tertibatı, enstrümanın başlığının üzerine takılan bir elektronik kutu ve bir güç pedalı içeren bir otomatik akort cihazıdır. Telli bir enstrümanın analog sinyal bilgilerini, hangi telin çalındığını ve akortlu olup olmadığını hesaplayan ve ardından kablosuz olarak gönderen güç pedalındaki elektronikler tarafından işlenmektedir. Bu bilgiler enstrümanın başlığının üzerine monte edilen bir elektronik kutu tarafından alınıp daha sonra ilgili akort burgusunu gerektiği gibi döndürmek için bir motoru harekete geçirmektedir. Akort motorları, enstrüman başlığının üzerinde duracak şekilde tasarlanmış evrensel bir bağlantı kelepçesi üzerine yerleştirilmiştir (Valdivia, 2014).

EK-8 bir davul derisinin otomatik olarak ayarlanmasına yönelik yöntem ve sistemler açıklanmaktadır. Bu doğrultuda, yöntemler ve sistemler (a) derinin rezonansa girmesi (b) her bir gergi çubuğuna göre bir veya daha fazla noktada bir titreşim frekansının algılanması (c) her bir gergi çubuğuna göre noktalar için titreşim frekanslarının global bir ortalama titreşim frekansının belirlenmesi (d) her bir gergi çubuğuna göre noktaların her birinin titreşim frekanslarının global ortalama titreşim frekansıyla karşılaştırılarak global ortalama titreşim frekansına göre her bir nokta için bir düzeltme değerinin belirlenmesi; (e) ilgili noktalar için düzeltme değerine göre her bir gergi çubuğunu otomatik olarak döndürülmesi; (f) her bir gergi çubuğuna göre noktaların her birinin titreşim frekansları büyük ölçüde benzer olana kadar (a)-(e) adımlarını otomatik olarak tekrarlanması; ve (g) her bir gergi çubuğunu büyük ölçüde aynı anda tek tip bir yönde otomatik olarak döndürmesi olarak tanımlanmaktadır (Zuffante vd., 2011)

EK-9 Davul derisini sabitlemek ve ayarlamak için çok sayıda yivli yatak tekerliği içeren ve aralıklı olarak döndürülebilir davul derisi ayarlama çember aparatı davul derisi üzerine oturacak şekilde yapılandırılmıştır. Davul kasnağının çevresine yivli yatak tekerlekleri arasından ve etrafından dönüşümlü olarak geçmek üzere yapılandırılmış bir germe kablosu ve germe kablosundaki gerilimi seçici olarak ayarlamak için bir araçtır (Bedson & Mesa, 2014).

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Ses ve Sinyal Kavramı

Ses doğal olarak farkında olduğumuz, hayatımızla iletişimden sanata, mühendislikten tıbbı birçok alanda işlevi olan fiziksel bir olgudur. Ses, titreşim yapan nesnelere tarafından oluşturulan dalgalardır. Bu titreşimler ses telleri, çalgı, diyapazon ya da motor gibi çok çeşitli kaynaklar tarafından üretilir. Ses üretildikten sonra hava ya da su gibi ortamlara yayılır ve kulakla ya da ses algılama yeteneği olan herhangi bir alıcı ile algılanır (Tarıkçı, 2015, s. 9). Titreşen cisimlerin etkisiyle meydana gelen dalgalar, ses dalgaları (sound waves) olarak adlandırılır. Titreşen bir cisimden yayılan ses dalgalarının ilerleyebilmeleri, yol alabilmeleri için başka bir maddenin aracılığına ihtiyacı vardır (Önen, 2008, s. 21). Titreşmekte olan bir cisim, çevresindeki hava moleküllerinin uzayda sıkışmasına ve genişmesine yol açar bunlar da aynı etkiyi kendi çevrelerindeki öteki moleküllere iletirler. Bu basınç değişiklikleri, ses kaynağından başlayarak her bir yöne doğru ses dalgalarını oluşturur. Söz konusu dalgalar kulağı ulaştığında kulak zarını da titreşir. Bu olgu, beyinle etkileşim halinde oluşan bir takım nörofizyolojik süreçler sonucunda işitme sistemi tarafından ses olarak yorumlanır (Karaosmanoğlu, 2017, s. 59).

Tablo 1. Sesin Varlığından Söz Edebilmek İçin Bulunması Gereken Ögeler ve Koşullar

Kulağı Uyarabilecek Nitelikte Etkenler	Etkenleri Kesintisiz ve Yeterli Şiddette İleten Ortam veya Ortamlar	Etkenleri Değerlendirilecek Nitelikte Kulak ve Beyin
Ses Kaynağı ⇒	İletici Ortam ⇒	Alıcı ⇒

Kaynak: Zeren, 2003, s. 11

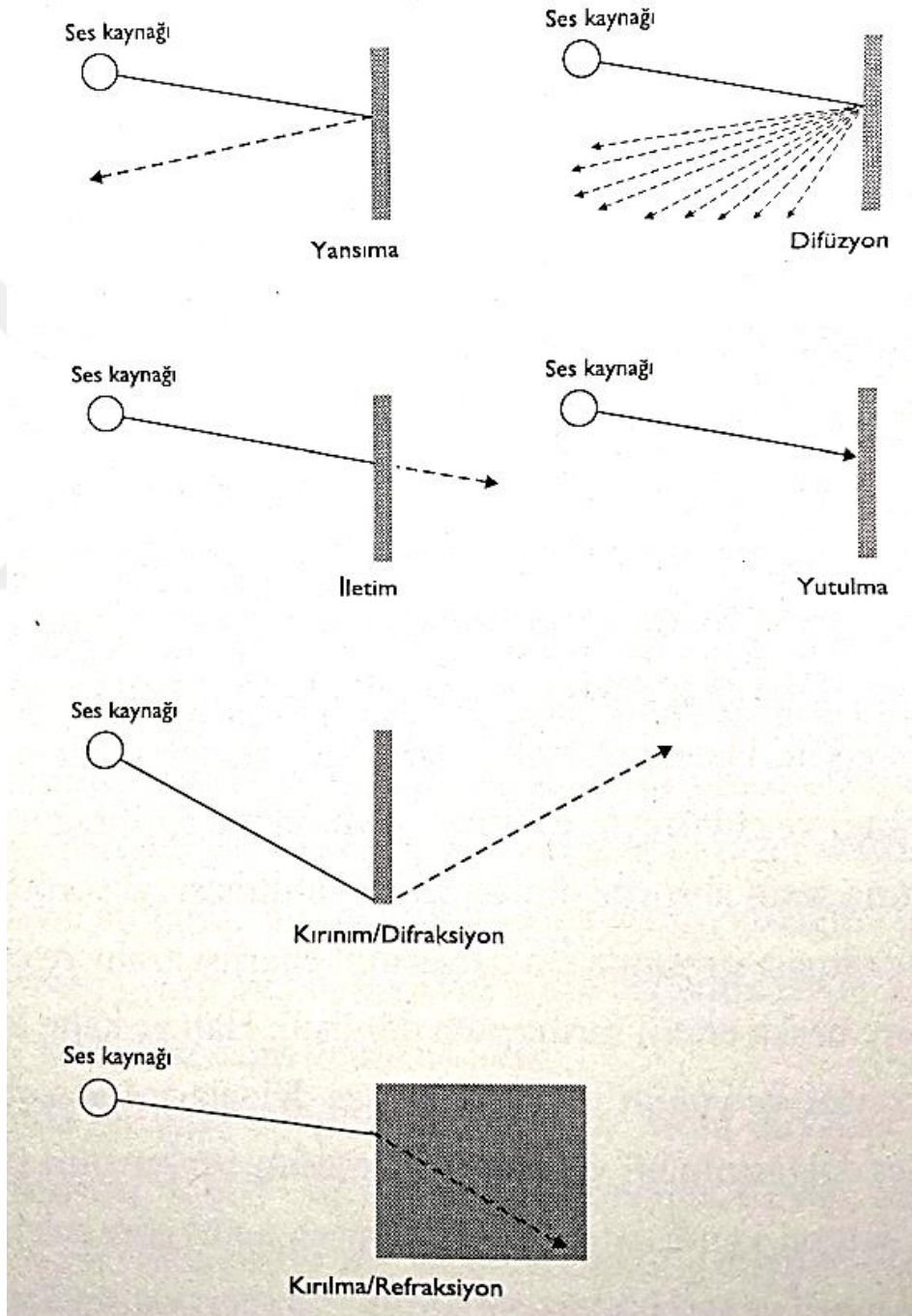
Sesin ne olduğunu anlamak için 3 temel ilkesini kavramamız gerekir. Bunlar oluşum, yayılma ve algılama olarak tanımlanabilir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016). Bir ses olayını incelemek istiyorsak, ses kaynaklarının uyarıcı etkenleri nasıl oluşturduğunu, bu etkenlerin niteliklerinin ortamlarda nasıl iletildiklerini, iletilme sırasında ne gibi değişmezler olabileceğini ve etkenlerin işitme sistemimizde nasıl değerlendirildiği öğrenilmelidir (Zeren, 2003, s. 12). Havanın bulunduğu bir ortamda cisimler hava molekülleri ile çevrilidir. Titreşen bir cisim, çevresindeki molekülleri dışa doğru iter. Dışa doğru itilen moleküller de çevrelerinde bulunan diğer molekülleri iterler ve bu itiş zincirleme olarak devam eder. Bu itiş sırasında moleküller bir araya toplanır ve sıkışır. İngilizcede compression olarak adlandırılan bu sıkışma, hava basıncının artmasına sebep olur. Diğer yandan, dışarı doğru itilen ve sıkışan moleküller titreşen cisimden uzaklaştıkça bu moleküllerin terk ettiği yerde düşük basınçlı, vakumlu bir bölge oluşur. Bu oluşum rarefaction olarak adlandırılır. Ses dalgaları titreşen bir cisimden küresel ve üç boyutlu olarak dışarı doğru yayılır. Ses dalgalarının yayılımı İngilizcede propagation of sound waves olarak adlandırılır (Önen, 2008, s. 21).

Bir ses dalgası havada hareket ederken cisimler veya çeşitli yüzeyler gibi engellerle karşılaşır ve bu engeller Şekil 1’de görüldüğü gibi ses dalgasının yayılımını etkiler. Eğer bir ses dalgası bir yüzeye çarpar ve içinden geçecek olursa buna iletim (transmission) denir. İletim sırasında dalga enerji kaybeder. Diğer bir deyişle gücü azalır. İletim kaybı genelde desibel (dB) ile ifade edilir. Dalga yüzeyin içinden geçmek yerine içinde hapsolabilir (trapping) veya yüzeyin gerisindeki malzeme tarafından emilebilir (soaking). Buna sesin absorbe olması ya da yutulması (absorption) denir. Sesin absorbe olması sırasında ses dalgasının enerjisi azalır ve çoğunlukla ısı olmak üzere başka enerji formlarına dönüşür. Halı ve kalın kumaş gibi yumuşak yüzeyler ve yoğun malzemeler ses dalgalarını absorbe etmeye eğilimlidir. Ses dalgasının bir yüzeyden sekmesine ise yansıma (reflection) denir. Bir ses dalgası, kendi dalga boyuna (wavelength) göre çok büyük olan bir duvar gibi masif ve sert bir yüzeye çarptığında geri yansır. Yansıma, sıklıkla karşılaşılan eko yani yankılanma oluşumunun da temelini oluşturur.

Ses dalgası yüzeye çarptığında hiç iletim veya absorbe olmadığını varsayarsak yansıyan dalganın genliği (amplitude) ve frekansı orijinaliyle aynı olacaktır. Ancak

pratikte iletim, yutulma ve yansıma her yüzeyde gerçekleşir. Yüzeğe bağlı olarak enerjinin bir kısmı iletilir, bir kısmı absorbe olur ve bir kısmı dalgalarının da geri yansır. Dolayısıyla yüzeğe çarpan ve geri dönen ses genlik ve frekans spektrumlarında değişiklikler meydana gelebilir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 28).

Şekil 1. Ses Dalgalarının Karşılaştığı Engeller

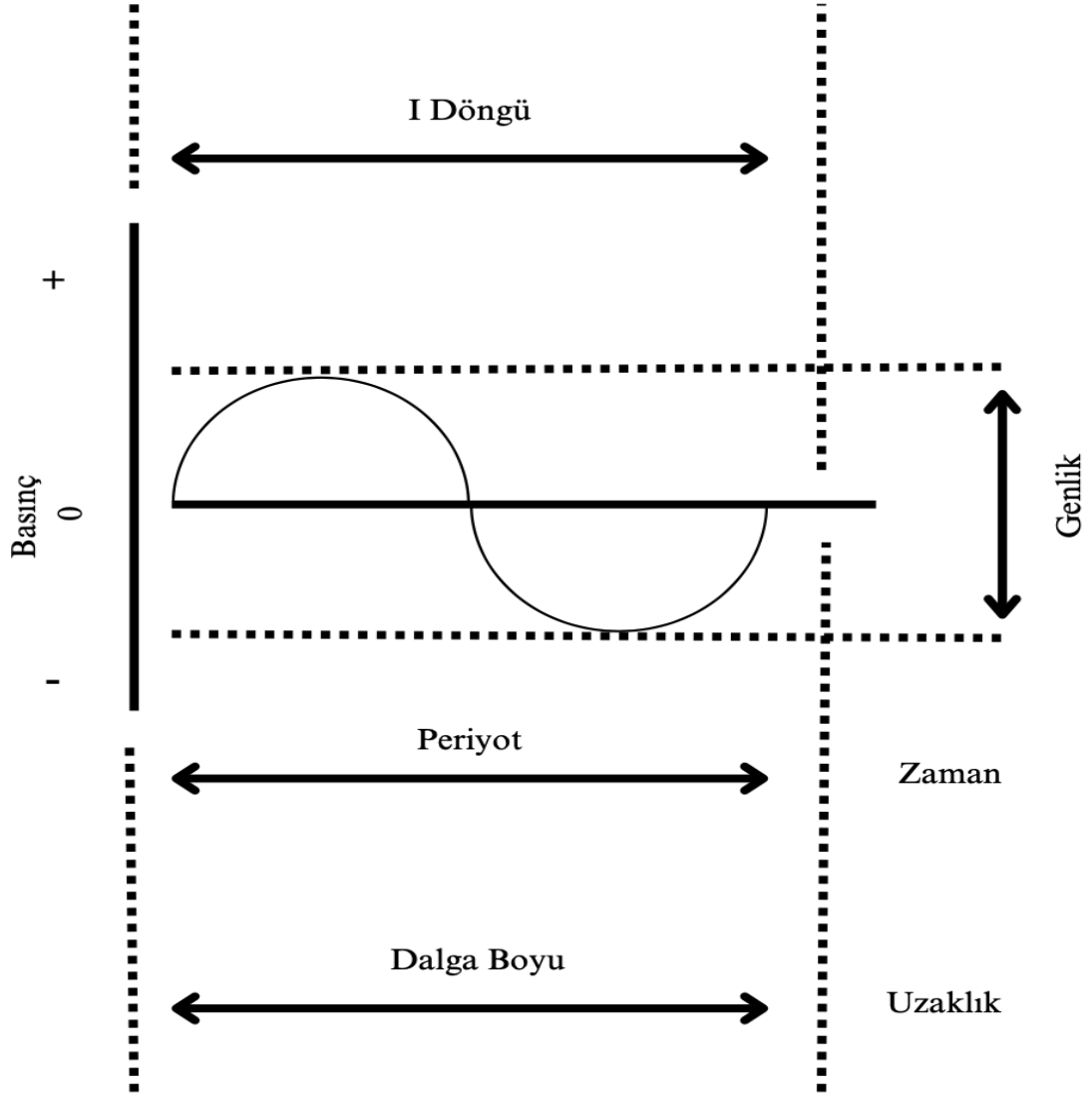


Kaynak: Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 28

2.2. Ses Dalgası Ölçüm Birimleri

Ses dalgalarının akustik davranışlarını anlamakta ve ifade etmekte kullanılan ölçülebilir temel metrikler ve ilgili kavramlar vardır. Bu kavramlar sırasıyla şu şekilde açıklanabilir. Ses dalgasına ait temel özellikler Şekil 2’de görülmektedir.

Şekil 2. Ses Dalgasına Ait Temel Özellikler



Kaynak: Pasinlioğlu & Kürşad, 2016. s. 31

2.2.1. Frekans ve Perde

Frekans (frequency), bir saniye içindeki titreşim ya da çevrim (cycle) sayısıdır. Frekans için birim olarak Hertz (Hz) kullanılır. Bir saniye içindeki titreşim sayısı

arttıkça, diğeri bir deyişle frekans yükseldikçe ses tizleşir veya incilir. Frekans düştükçe ses kalınlaşır. Frekans *pitch* (perde) doğru orantılıdır. Frekans yükseldikçe perde yükselir, frekans düştükçe perde kalınlaşır (Önen, 2008, s. 23). Bir ses dalgasının frekansı sıkışma ve seyrek deşme döngüsünün sayısı ile ölçülür. Parçacıkların tek bir ileri-geri titreşim hareketi bir döngüyü teşkil eder. Frekans bir saniyede meydana gelen döngü sayısıdır. Bir saniyede 100 döngü 100 Hz'e eşittir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 31).

2.2.2. Sinyal Bant Genişliği (Signal Bandwidth)

Ses sinyalleri ses dalgalarının elektriksel karşılığı olarak değerlendirilebilir. Elektriksel ve akustik nicelikler Genelde farklı olsa da bant genişliği gibi ortak niteliklerde bulunur. Bant genişliği, dalgayı meydana getiren tüm frekans bileşenlerini tanımlar. En yüksek ve en düşük frekanslar arasındaki fark Hz ifade edilen sinyal bant genişliğidir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 32).

2.2.3. Dalga Boyu

Dalga boyu ardışık 2 tepe nokta arasındaki mesafe olarak tanımlanabilir (Tarıkçi, 2015, s. 9). Ses dalgalarının boyu sesin yayılma hızının frekansına bölünmesi ile bulunur (Önen, 2008, s. 24).

2.2.4. Desibel

Desibel, ses ve sinyal ölçümleri için kullanılan logaritmik bir birimdir. Logaritmik olması sebebiyle bu birimi kullanarak çok büyük değerleri küçük değerlerle ifade etmek mümkündür. Desibel, Bel biliminin onda biridir. Diğeri bir deyişle 10 desibel, 1 Bel'e eşittir. Bel adı, Alexander Graham Bell'in isminden gelmektedir; desibel için kullanılan dB kısaltmasındaki B harfinin büyük yazılması bu sebepten dolayıdır (Önen, 2008, s. 35). Akustik ve elektronik alanlarında ses şiddeti, ses basıncı, güç, voltaj gibi ölçüm birimlerinin değerleri arasındaki farklar çok büyük olabildiğinden büyük sayı aralıklarıyla uğraşmayı kolaylaştırması için doğrusal (linear) bir ölçek yerine logaritmik bir ölçek kullanılmaktadır (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 36).

2.2.5. Desibel ve Ses Basınç Seviyeleri

Ses dalgalarının belli bir alan üzerinde yarattığı basınca ses basınç (sound pressure level) seviyesi adı verilir. Ses basınç seviyesi Paskal (Pa) ya da dyne/cm² birimleri ile ifade edilir (Önen, 2008, s. 37). Ancak kolaylık açısından genelde dB SPL cinsinden ifade edilir. İki güç seviyesinin oranını belirlemek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$\text{dB SPL} = 20 \log_{10} (P/P_{\text{ref}})$$

P=Basınç Seviyesi (Pa)

P_{ref} = Referans Basınç Seviyesi (0.00002 Pa)

Referans seviye olarak olan 0.00002 Pa duyma eşiği alınmıştır (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 37).

Tablo 2. Basınç Seviyeleri Örnekleri

Duyma Eşiği	0.00002 Pa	0 dB SPL
Yaprak Hıştırları	0.0002 Pa	20 dB SPL
Oda; Gece	0.002 Pa	40 dB SPL
Konuşma	0.02 Pa	60 dB SPL
Gürültülü Bir Sokak	0.2 Pa	80 dB SPL
Gürültülü Bir Fabrika	2 Pa	100 dB SPL
Rock Müzik Prova Stüdyosu	20 Pa	120 dB SPL
Ağrı Eşiği	200 Pa	140 dB SPL

2.2.6. Ses Şiddeti/Gürlük (Loudness) ve Genlik

Kavram olarak gürlük algısal, genlik ise fiziksel olandır. Genlik ses dalgaları nedeniyle oluşan hava basıncındaki değişikliktir. Gürlük ise günlük hayatta ses seviyesi kişiye göre değişiklik gösterebilen bir kavramdır (Tarıkçı, 2015, s. 22-23). Aynen frekans ve perdede olduğu gibi, genlik ve sesin şiddeti ya da gürlüğü olarak ifade edilen loudness da birbiriyle ilişkilidir ancak aynı şey değildir. Sesin gürlüğü kişinin algısına göre değişirken genlik kişiden bağımsız bir ölçüdür. Sesin gürlüğünün algılanması öncelikli olarak genliğe bağlı olsa da aynı zamanda ses dalgasının devam ettiği uzunluk olan süreye ve sesin frekansına da bağlıdır (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 38). Ses kaynağından uzaklaştıkça ses şiddeti azalır. Açık havada, ses kaynağı ile ölçüm yapılan nokta arasındaki mesafe iki katına çıktığında ses şiddeti 6 dB SPL azalır (Önen, 2008, s. 39).

2.2.7. Faz

Faz (phase), sinyal veya ses dalgalarının çevirilerinin referans alınan zamana göre ilişkisidir. Faz derece ($^{\circ}$) cinsinden ifade edilir. Bir çevrim 360° 'dir. İki sinüs dalgasının genlik tepe noktaları zaman içinde aynı yerde ise bu iki dalga aynı fazdadır; başka bir şekilde ifade edecek olursak, bu iki dalga arasında faz farkı yoktur. İki sinüs dalgasının genlik tepe noktaları zaman içinde farklı yerlerde ise bu iki dalganın arasında faz farkı ya da başka bir deyişle faz kayması vardır (Önen, 2008, s. 27). Faz (phase), ses dalgaları veya sinyal döngüleri arasındaki zaman ilişkisidir. Bir ses dalgası veya sinyalin bir diğeriyle etkileşiminde derece önemli bir etkidir. Bir dalga veya sinyalin tam bir döngüsü 360° 'dir ve bu değer aralıklara bölünebilir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 41).

2.2.8. Tını (Timbre)

Tını, çok basit haliyle, farklı müzik enstrümanlarının çıkardığı sesleri ayırt etmemizi sağlayan özelliktir. Bu özellik sayesinde aynı ses şiddetinde ve aynı perdeden çalan farklı enstrümanlar kulağa tümüyle değişik gelebilir (Önen, 2008, s. 31). Algısal bir özellik olan tını, ton rengi ya da ton kalitesi biçiminde tanımlanabilir. Hatırladım

fiziksel karşılığı ses dalgasının şekliyle, yani spektrumu ya da dalga formu görüntüsü ile ilgilidir. Ancak deneyim sadece dalga formu ile ilişkilendirmek doğru olmaz. Tını, sesin yayıldığı ortam, çevresel sesler ve benzeri etmenlere de bağlıdır. Örneğin gitarın tınısı banyoda farklı, salonda farklı, açık alanda farklıdır (Tarıkçı, 2015, s. 25). Tını sesin perdesi veya gürlüğüne değil, armonik yapısına bağlıdır. Tını çoğunlukla ton kalitesi ya da sesin rengi olarak tanımlanır. Müzik enstrümanlarının ses karakteristikleri sık sık parlak, koyu, zengin, soluk, sıcak ve benzeri olarak tarif edilir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 44).

2.3. Dijital (Sayısal) Ses Sinyali Ölçüm Birimleri ve İlgili Kavramlar

Önen (2008, s. 167), sinyal işlemcileri; sinyali değiştiren, işleyen, cihaz, devre ve bilgisayar yazılımları olarak tanımlamaktadır. Ayrıca bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ve yaygınlaşmasından önce bu işlemcilerin sadece dış ünite, diğer bir deyişle cihaz ve devre olarak var olduğunu söylemiştir. Fakat iki binli yılların başından itibaren iyice ilerleyen yazılım ve donanım teknolojileri ile sinyal işlemcilerin dijital mikserlerde ve bilgisayarlarda yaygın olarak kullanılmaya başladığını söylemiştir. Ve sinyal işlemcileri çalışma prensiplerini;

- Ton-frekans
- Dinamik alan
- Zaman
- Zaman-pitch
- Psikoakustik-alansal olarak göre beş kategoriye ayırmıştır.

Her türlü sinyal matematiksel anlamda birer fonksiyon olarak değerlendirilebilir. Sinyalleri meydana getiren söz konusu fonksiyonlar temel fonksiyonlar olarak adlandırılır. Akustik, sismik, manyetik ya da mekanik herhangi bir sinyal, her biri farklı genlik seviyelerine ya da katsayılara sahip bu tür fonksiyonların genel bir kombinasyonu olarak düşünülebilir. Bu temel fonksiyonlar ya da sinyaller toplanarak kombine edildiğinde asıl sinyali meydana getirir. Bu bakış açısıyla, bir sinyali bir takım temel fonksiyonların kombinasyonu olarak ifade etmek "analiz", tam tersine temel fonksiyonları toplayarak sinyali elde etme işlemine de "sentez" adı verilmektedir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 60).

2.3.1. Digitizing (Dijitalleştirme)

Dijitalleştirme (Digitizing), analog bir sinyali dijital ortamda temsil edebilmek ve bilgisayar kullanarak işlemek için dijital biçime dönüştürme sürecidir. Dijitalleştirme sürecini anlayabilmek için öncelikle dijital işlemlerin nasıl çalıştığını anlamak gerekir. Dijitalleştirme işlemi analog sinyalleri anlık olarak sayısal değerleri dönüştürme eylemi olarak da algılanabilir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 46). Digitizing, analog sinyali dijital çevirme işlemine verilen isimdir. Digitizing ve genel olarak dijital ses teorisi, İngilizcede “*binary*” adı verilen ikili sayı sistemini kullanır. Diğer bir deyişle dijital sistemde sadece 0 ve 1 vardır. Bir bit en küçük birimdir (Önen, 2008, s. 96). Dijitalleştirme işlemi örnekleme (sampling), nicemleme (quantization) ve kodlama (coding) işlem dizisi ile gerçekleşir ve bir analog-dijital dönüştürücüyle başlar (A/D converter veya kısaca ADC). ADC, analog sinyalden belirli bir oranda (sampling rate, örnekleme oranı) örnekler alır ve bunları dijital sözcüklere dönüştürür. Analog sinyal sürekli olmasına karşın dijital sinyal ayrık basamaklardan meydana gelir. Başka bir deyişle dijital sinyal aynı aralıklarla alınmış örneklerin bir araya gelmesinden oluşur. Buna göre dijitalleştirme işlemi, sürekli bir sinyali ikili (binary) kodlu kesintili değer veya sembollere dönüştürmek olarak da tanımlanabilir (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 47).

Dijital ses cihazları analog sinyaldeki anlık voltajı ölçer ve bu ölçümleri *digital words*, dijital kelimelere çevirir. Bu işleme *sampling*, Türkçede ise örnekleme adı verilir (Önen, 2008, s. 97). Sesin dijitalleşmesi esnasında, ses dalgasının genlik değeri sabit aralıklarla ölçülür. Bu ölçme işlemine örnekleme (sampling), ölçülen her değere de örnek (sample) adı verilir. Örneklemenin üç önemli değişkeni vardır. Bunlar, örnekleme oranı (sampling rate), örnek çözünürlüğü (sample resolution) ve kuantizasyondur (quantization).

Örnekleme oranı, sesin dijitalleştirilmesi esnasında saniyede kaç adet ölçüm yapıldığını ifade eder. Frekans gibi, örnekleme oranı da Hertz (Hz) birimini kullanır. Ses teknolojisinde genelde 44100 Hz (saniyede 44100 adet ölçüm) ve üzerindeki örnekleme oranları kullanılır. 44100 Hz örnekleme oranı, CD kalitesinde dijital ses olarak adlandırılır. Burada CD kalitesi ile kastedilen müzik kalitesi ya ses kayıt kalitesi değildir. Anlatılmak istenen dijital dönüşümün CD kalitesinde olduğudur.

Örneğin, kötü mikrofon ve uygun olmayan koşullarda kaydedilmiş ses de CD kalitesinde örnekleme frekansına sahip olabilir (Tarıkçı, 2015, s. 88).

Sayısal ortama veri aktarabilmek için gerekli işlemler dizisinin ilki örneklemedir. Bu işlem sayesinde analog sinyalden anlık kesitler alınır ve süreklilik arz eden analog sinyal bir kesitler dizisi haline getirilir. Bir sinema filminin artarda dizilmiş karelerden oluşması da temelde benzerdir. Analog sinyalden ne sıklıkla örnek alınması gerektiği sinyalin bazı özelliklerine bağlıdır. Örnekleme oranı (sampling rate) olarak adlandırılan sıklık değeri sürekli analog bir sinyalden bir saniyede alınan örnek sayısıdır ve birimi Hz veya kHz'dir. Örnekleme oranı aynı zamanda örnekleme sıklığı veya örnekleme frekansı (sampling frequency) olarak da bilinir. Örnekleme oranı 48 kHz ise bu, analog sinyalden bir saniyede 48000 örnek alındığı anlamına gelir. İdeal olarak örnekler referans bir sinyal sayesinde eşit aralıklarla alınmalıdır (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 47).

Sayısal ortama veri aktarabilmek için gerekli işlemler dizisinin ilki örneklemedir. Bu işlem sayesinde analog sinyalden anlık kesitler alınır süreklilik arz eden analog sinyal bir kesitler dizisi haline getirilir. Bir sinema filminin artarda dizilmiş karelerden oluşması da temelde benzerdir. Analog sinyalden ne sıklıkla örnek alınması gerektiği sinyalin bazı özelliklerine bağlıdır. Örnekleme oranı (sampling rate) olarak adlandırılan sıklık değeri sürekli analog bir sinyalden bir saniyede alınan örnek sayısıdır ve birimi Hz veya kHz'dir. Örnekleme oranı aynı zamanda örnekleme sıklığı veya örnekleme frekansı (sampling frequency) olarak da bilinir. Örnekleme oranı 48 kHz ise bu, analog sinyalden bir saniyede 48000 örnek alındığı anlamına gelir (Önen, 2008, s. 99).

Kuantizasyon kuantize sözünden türemiş bir terimdir. Kuantize sayılabilir demektir. Kuantizasyon ise sayılabilir hale dönüştürmek şeklinde tanımlanabilir (Tarıkçı, 2015, s. 89). Analog sinyalden alınan örneklerin voltaj değerlerinin dijital sistemde binary karşılığı ile temsil edilen değerlerine çevrilmesine quantization (nicemleme) adı verilir. Analog sinyaldeki voltaj değeri dijital sistemde iki değer arasında kaldığı durumlarda bu değer en yakın dijital basamağa yuvarlanır. Buna nicemleme hatası (quantization error) denir ve sinyalde bozukluğa sebep olur. Daha uzun sözcükler daha az hata anlamına gelmektedir, çünkü kesintili basamakların sayısı arttıkça iki

basamak arasında kalan alan küçülür ve bu da örneklerin voltaj değerlerinin basamakların arasına düşme olasılığını azaltır. Bir analog sinyalin 24-bit'te 16-bit'e göre daha iyi temsil edilebilmesinin sebebi budur (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 49).

2.4. Sinyallerin Frekans Ortamı Analizi

Ses sinyallerini inceleyen bilim dalına akustik denir. Ses analizleri ses bozuklarının değerlendirilmesinde, sinyallerin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Perde, jitter ve shimmer bu işlemlerde kullanılan temel parametrelerdir. Perde, ses sinyalinde oluşan kıvrımların saniyede oluşturduğu açılma-kapanma durumudur (Çeven & Bayır, 2020, s. 331)

Ses sinyalleri, genlik ve frekans içerikleri bakımından değişkenlik göstermektedirler. Sesin sahip olduğu genlik davranışı daha çok duyum şiddeti ile ilgiliyken, frekans davranışı ise sesin subjekt algısına etki eden rengi, parlaklığı ya da matlığı ile ilgili bilgiler taşır. Genliğin zamana karşı davranışı zaman ortamı (time domain), frekansa karşı davranışı ise frekans ortamı (frequency domain) adı verilen kavramsal uzaylarda tanımlanır. Bu farklı uzaylar tıpkı ayrı birer dünya ya da sanal boyut gibi düşünülebilir ve belli şartlar altında birbirleri arasında yolculuk yapmak mümkündür (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 58). Zaman dizilerinin spektral analizi; Fourier, dalgacık (wavelet) gibi birçok yöntemle yapılabilir.

2.4.1. Fourier Transform (Fourier Dönüşümü, FT)

Yöntemin temelleri ünlü Fransız bilim insanı Jean Baptiste Joseph Fourier'in çalışmalarına dayanmaktadır. Fourier tekniği daha çok lineer sistem analizleri, optik, rastgele süreç modelleme, olasılık teorisi, kuantum fiziği ve sınır değer problemi gibi bilimsel ve mühendislik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.

Zaman dizilerinin istatistiksel analizinde, dizinin elemanları rastgele değişkenler kümesinin elemanları olarak görülür. Diğer analiz yöntemlerinde olduğu gibi, gözlem değerlerinin deterministik (tanımlanabilir sistematik büyüklükler) ve stokastik (tanımlanamayan rastgele büyüklükler) bileşenlerden meydana geldiği

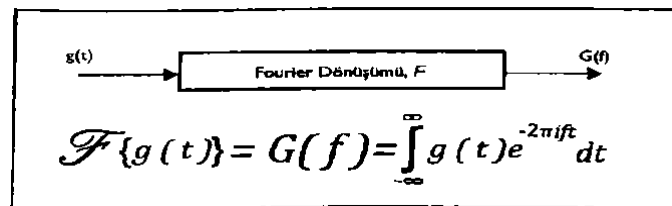
kabul edilir. Çoğu analiz işlemi, stokastik bileşenlerin deterministik bileşenlerden ayrıştırılması (filtreleme) konusunu da kapsar.

Fonksiyonel yaklaşım açısından bir zaman dizisi iki temel parametre kümesi yardımıyla gösterilebilir: Trend ve mevsimsellik (periyodiklik). İçinde doğrusal ya da doğrusal olmayan parametreleri barındıran trend, dizinin zamana bağlı genel eğilimini verir. Dizide periyodik salınımlar şeklinde görülen mevsimsellik etkisi ise trigonometrik sinüs ve kosinüs'lü terimlere karşılık gelen parametre kümesi ile açıklanır. İşte zaman dizilerinin analiz edilmesinin nedeni gözlenen dinamik sistemin zaman içindeki davranışına etki eden tekrarlı fiziksel etkenleri analiz etmektir. Zaman dizisini meydana getiren sinyalin ayrıştırılması, Fourier tekniklerinin çıkış noktasıdır (Abrak & Yerci, 2012, s. 32)

2.4.2. Hızlı Fourier Dönüşümü

Fourier Dönüşümü, genlik seviyesini zaman içinde gözlemlediğimiz tipik bir sinyalin sahip olduğu frekans spektrumunu hesaplayarak bize sunan bir tekniktir. Zaman ortamında tanımlı sinyalleri analiz ederek frekans ortamında sahip oldukları özelliklerini belirleyen yaygın ve popüler bir araç şeklinde de ifade edilebilir. Fourier Dönüşümü Şekil 3 sinüzoidal matematiksel temel fonksiyonları kendi değerlendirme kriterleri olarak kullanır ve analiz ettiği sinyalin bu kriterlere ne ölçüde sahip olduğuna bakar (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016, s. 63).

Şekil 3. Fourier Dönüşümü



Kaynak: Pasinlioğlu & Kürşad, 2016. s. 63

2.5. Davul İçin Akort Uygulamaları

Davullar neredeyse insan ırkı kadar eskiye dayanmaktadır. Eski davulların topraktaki deliklerin üzerine yerleştirilmiş tahta veya taş parçalarından yapıldığı

düşünülmektedir. İlk membran davulun nerede yapıldığını bilinmemekle birlikte yaklaşık 5000 yıllık davullar bulunmuştur. Muhtemelen çıplak elle çalınan davullar hayvan ya da balık derileri, içi boş ağaç gövdelerinden yapılıyordu. Daha sonra deri ve davullardaki ilerleme sayesinde özel şekillere sahip davullar üretilmiş olup davul derilerine gerilim uygulamak için çeşitli araçlar da üretilmiştir. Davullar müzikal olduğu kadar dini bir öneme de sahip olmuştur ve davul yapımı bir birçok kültürde önemli bir ritüeldir. Modern davullar, timpani, tabla, boobam gibi bir perdesi olanlar bas davul, trampet, tenor davul, tom-tomlar, bongo, conga gibi belirli bir perdesi olmayalar olarak iki gruba ayrılabilir (Fletcher, & Rossing, 1998).

20. yüzyılın başlarında bas davul pedalının üretilmesiyle davulcular aynı anda birden fazla vurmali çalgıyı icra edebilmiş bunun sonucunda da davul ve zillerden oluşan standartlaşmış “Davul Seti¹” (Şekil 4) doğmuştur. Bir davul seti üzerinde bulunan trampet ve alto gibi parçalar, davul kasnağı üzerindeki vidaların tek tek sıkılıp gevşetilmesi yoluyla akortlanmaktadır. Kasnak üzerindeki herhangi bir vida döndürüldüğünde, derinin vidanın yakınında bulunan bölgesinin gerginliği, dolayısıyla tonu da değişmekte ve bu değişim belirli bir oranda, diğer bölgelerin gerginliğini de etkilemektedir. Dolayısıyla davulcular, çalgılarını akortlarken her bir vidayı tekrar tekrar sıkıp gevşeterek akort sürecini tamamlamaktadırlar.

Şekil 4. Davul (Bateri) Seti



Toulson ve diğerlerine (2009) göre: Canlı olarak veya kayıt stüdyosunda nerde olursa olsun akustik davulların karmaşık akortları, müziğin kalitesi ve bağlamsallığı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Birçok müzisyen, ses mühendisi veya

¹ Davul seti; *Bas davul*, *Bas davul pedalı*, *Trampet*, *Tom*, *Floor tom*, *Hi-hat* denilen pedallı çift taraflı zil, crash, ride, splash gibi çeşitli efekt zilleri ve vurmali çalgıyı bünyesinde barındırır.

prodüktör, bir performanstan önce tercih edilen bir davul sesi(tınısı) elde etmek için birkaç saat harcamaktadır. (1).

Akort vidasındaki en küçük hareket büyük farklar yaratarak perdeyi büyük ölçüde değiştirmektedir. Üst deri atağı ve çınlamayı kontrol ederken, alt deri ise rezonans veya uzama (sustain) üretmektedir. Davul derisine vurulduğunda, kulak çoğunlukla atağı ve davulun temel perdesini duymaktadır. Üst tonlar veya doğuşkanlar belirli bir mesafeden sonra duyulmamaktadır. Bir davul seti içinde bulunan herhangi bir davulun, üretildiği ağaç ve bu ağacın geçirdiği süreçlere bağlı olarak kendi temel perdesi (tınısı) bulunmaktadır. Fakat frekans olarak aynı sayıyı ifade etse de tını ve nota/perde aynı şeyi ifade etmemektedir. Tını, davulun “açık” veya “rezonanslı” olduğu ve en iyi ton ürettiği frekansa karşılık gelen temel perdesi veya davulun genel karakterini ifade etmektedir. Aslında bir davulu akort etmek, ürettiği temel frekansı bulmak ve o davulun tüm doğal seslerini işlemektir. Davul derisi herhangi bir frekansa ayarlanabilse de aslında davulun en iyi ürettiği tek bir (temel) frekans vardır. Örnek olarak bir davul Sol notası üretebilmekte ancak bu davulun temel perdesi Sol diyez olarak öne çıkmaktadır (Johnson, 1999).

Tablo1’de çapı 8 ile 16 inç arasında değişen davul seti konfigürasyonları için önerilen akortlar listelenmiştir. Davul derisine vurulduğunda üst ve alt deri birlikte aynı anda titreştiğinden iki deride aynı temel perdeyi üretmektedir. Bununla birlikte, alt ve üst derilerin vida aralıkları birbirinden bağımsız olup farklı davul boyutları için temel sestem 1,2-2,3 kat daha yüksek frekansta olabilmektedir. Davulun rezonansı (veya sustain’i) üst-alt deri arasındaki vida-frekans ilişkisine bağlı olup düşükten yükseğe istenen herhangi bir temel perde için kolayca ayarlanabilmektedir. Doğru olan rezonans miktarını seçmek, istenilen ses türüne bağlıdır: Örnek olarak maksimum rezonans (Tablo 2) aynı perdeye ayarlanmış üst ve alt deri aralıkları ile elde edilirken, üst ve alt deri aralıklarındaki daha büyük farklılıklar, yüksek rezonans (Tablo 3), orta rezonans (Tablo 4) veya düşük rezonans (Tablo 5) üretebilmektedir (Labsb, 2012).

Tablo 3. Çeşitli Davul Seti Konfigürasyonları İçin Önerilen Temel Notalar ve Frekansları

Tom Boyutlar	Tom Sayısı (Hz cinsinden Notalar, Aralıklar ve Frekanslar)									
	2	2	3	3	3	3	4	4	5	6
8									E ₃ 165 Hz	G# ₃ 208 Hz
10	C ₃ 131Hz		C ₃ 131 Hz	C ₃ 131Hz			D ₃ 147Hz	E ₃ 165 Hz	C ₃ 131 Hz	E ₃ 165 Hz
12		A ₂ 110 Hz	A ₂ 110 Hz	G ₂ 98 Hz	A ₂ 110Hz	A ₂ 110 Hz	B ₂ 124Hz	B ₂ 124Hz	G# ₂ 104Hz	C ₃ 131Hz
13					F ₂ 87.3Hz					G# ₂ 104Hz
14	F ₂ 87.3Hz		F ₂ 87.3Hz			F ₂ 87.3Hz	G ₂ 98Hz	F# ₂ 92,5Hz	E ₂ 82.4Hz	E ₂ 82.4Hz
16		D ₂ 73.4Hz		D ₂ 73.4Hz	2C# ₂ 69.3Hz	C ₂ 65.4Hz	D ₂ 73.4Hz	C# ₂ 69.3Hz	C ₂ 65.4Hz	C ₂ 65.4Hz
Aralık	Beşli	Beşli	Akor	Dörtlü	Artık Beşli	Dörtlü	3+3+4	Dörtlü	Artık Beşli	Artık Beşli

Kaynak: Labsb, 2012. s. 2

Tablo 4. Maksimum Rezonans.

Tom Boyutu	Temel Nota	Temel Frekans (Hz)	Üst ve Alt Davul Akort Vidası Önü Frekansı (Hz)
10	D3	147	257 (= 147x1,75)

Kaynak: Labsb, 2012. s. 3

Tablo 5. Yüksek Rezonans.

Tom Boyutu	Temel Nota	Temel Frekans. (Hz)	Üst Davul Akort Vidası Önü Frekansı (Hz)	Alt Davul Akort Vidası Önü Frekansı (Hz)
10	D3	147	221 (= 147x1,5)	272(=147x1.85)

Kaynak: Labsb, 2012. s. 4

Tablo 6. Orta Rezonans.

Tom Boyutu	Temel Nota	Temel Frekans. (Hz)	Üst Davul Akort Vidası Önü Frekansı (Hz)	Alt Davul Akort Vidası Önü Frekansı (Hz)
10	D3	147	206 (= 147x1,4)	294(=147x2)

Kaynak: Labsb, 2012. s. 4

Tablo 7. Düşük Rezonans.

<i>Tom Boyutu</i>	<i>Temel Nota</i>	<i>Temel Frekans. (Hz)</i>	<i>Üst Davul Akort Vidası Önü Frekansı (Hz)</i>	<i>Alt Davul Akort Vidası Önü Frekansı (Hz)</i>
<i>10</i>	D3	147	176 (= 147x1,2)	338(=147x2.3)

Kaynak: Labsb, 2012. s. 4

2.5.1. Davul Akordunda Tını, Deri ve Frekans İlişkisi

Vurmalı enstrümanların temel ses üretim mekanizması, gövde ve deri olmak üzere iki ana bileşene dayanır. Kullanılan deriler ve gövde materyalleri, enstrümanın tınısı ve rezonansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, davul setlerinde kullanılan deri malzemelerin yapısal özelliklerinin tınıya etkisi, müzikal performans ve deneyim açısından büyük önem taşımaktadır (Eden & İmik, 2024).

Karaosmanoğlu Tını'yı; Sese kalitesini-rengini veren, o sesin hangi insan- çalgı vb'den çıktığının anlaşılmasına yarayan özelliklerden biri... Tını, çalgıda asıl sesi veren tel gibi malzemelerin yanı sıra, bu sesin armoniklerinden, çalgının tahta-pirinç aksamının cinsinden, kuruluşundan, çalgı gövdesinin biçim ve hacminden vb. etkilenecek oluşan yan titreşimlerin bileşkesinden oluşur şeklinde tanımlamaktadır (2017).

Davul derilerinin tınısal yapıları, farklı katman özelliklerine sahip deriler arasında çeşitlilik göstermektedir. Deri türleri temel olarak tek katmanlı kaplamasız-kaplamalı ve çift katmanlı kaplamasız-kaplamalı olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmıştır. Akustik analizler sonuçlarına tek katmanlı deri örneklerinin çift katmanlı derilere göre daha yüksek genlikte akustik özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Frekans, tını ve harmonik analizleri temel alındığında, tek katmanlı deri örneklerinin welchogram grafiklerine yansıyan daha zengin bir tını profiline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu özel tını yapısının kaplamalı ve kaplamasız tek ve çift katmanlı deri örneklerinde de bulunduğu gözlemlenmiştir. Kaplamasız yüzeye sahip deri örnekleri ile kaplamalı olanlar karşılaştırıldığında, kaplamasız deri örneklerinin akustik genlik ve harmonik oluşumları açısından daha üstün ve zengin bir profil sergilediği sonucuna varılmıştır. (Eden & İmik, 2024).

2.6. Elektrik Motorlar ve DC Motorlar

Elektrik motorları tarım, ulaşım, uzay teknolojileri gibi birçok endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Direkt olarak bataryadan veya DC güç kaynağından beslenebilen DC motorlar, elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirmektedir. Üretim araçları, endüstriyel robot vb. birçok uygulama ile uyumludurlar. Ayrıca DC motorlar, çok basit ve kararlı kontrol yöntemleri ile uyum sağlamaktadırlar. Diğer bir avantajı ise yüksek verimlilik ve ani oluşan yük artışlarına yüksek başlama torkudur (Köse ve diğerleri, 2013).

Gençkaya (2021, s. 4), DC motorları sabit mıknatıslı ve endüktör olarak bilinen sabit kısım ile rotordan oluştuğunu söylemektedir. Rotor endüvi sargılarından oluşan ve dönecek şekilde endüktör içerisinde bulunan DC motorlarının hız ve konum kontrol başarımlarının yüksek, moment-hız karakteristiklerinin kararlı ve kontrolünün kolay olması gibi sebeplerden dolayı ev aletleri ve endüstriyel alanlarda yaygın bir kullanım alanına sahip olduğunu belirtmektedir.

2.7. Motor Sürücüler

Motor sürücüler belirli uygulamalar ve gereksinimler için uygun özelliklere göre seçilmektedir. Dolayısıyla hangi tür motor sürücünün seçilmesi sırasında motorun kullanılacağı ve uygulamanın hangi gereksinimleri gerektirdiği dikkate alınmalıdır. Motor sürücüler; hız, tork, akım ve pozisyon kontrolü, motor koruma ve hataların teşhisi ve enerji verimliliğini sağlama gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Motor hızının ve yönünün kontrol edilmesinde motor sürücülerden faydalanılmaktadır. Ayrıca, motor sürücüler arızaları raporlayabilmekte, motor hata ayıklama sürecini kolaylaştırabilmekte ve bununla birlikte motorun enerji verimliliğini sağlamakta işlevsel bir rol oynamaktadır (Kraftek, 2023).

2.8. Mikrodenetleyiciler

Bir mikrodenetleyici içerisinde bir merkezi işlem birimi CPU, RAM, ROM, I/O, hatları, seri ve paralel portlar, zamanlayıcılar, A/D) ve D/A gibi yerleşik çevresel arabirimler bulunmaktadır. Bir mikrodenetleyici tek bir çip üzerine inşa edilmiş tek

çiplik bir bilgisayar gibi düşünülebilir. Çünkü içerisinde bilgisayarın tüm birimlerini barındırmaktadır. Öncelikle, mikrodenetleyicinin en önemli özelliği bir programı saklayabilmesi ve çalıştırabilmesidir. Bir mikrodenetleyici ile mikroişlemciyi ayıran temel fark, tek bir çip içerisinde CPU, RAM ve I/O ünitelerinin yerleştirilmiş olmasıdır. Bu durumda bu birimler arasında ayrıca veri iletişim hattı “data bus” ve de adresleme hattı “*address bus*” kurulması gerekmemektedir. Bu bağlantılar çip içerisinde dahili olarak mevcuttur (Akar & Yağımlı, 2006, s.1).

2.8.1. Arduino

Arduino, cihaz ve ona bağladığınız harici bileşenler arasındaki giriş ve çıkışları işlemek için programlanabilen küçük bir bilgisayardır. Arduino, donanım ve yazılım kullanımı yoluyla çevresiyle etkileşime girebilen etkileşimli bir sistem olup Fiziksel veya Gömülü Bilgi İşlem platformudur. Bağımsız etkileşimli nesnelere geliştirmek için kullanılabilir veya Arduino'ya veri alıp göndermek ve ardından bu verilere göre hareket etmek için bir bilgisayara, ağa ve hatta internete bağlanabilir. Örnek olarak, bazı sensörlerden alınan bir dizi veriyi bir web sitesine gönderebilir ve bu veriler daha sonra bir grafik şeklinde görüntülenebilir (McRoberts, 2011).

2.9. Sensörler

Sensörler, bir başka adıyla algılayıcılar; fiziksel ortamlarla endüstriyel amaçlı elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görmektedir. Bu cihazlar endüstriyel süreçlerde; kontrol, koruma ve görüntüleme gibi birçok farklı kullanım alanına sahiptir. Elektronik cihazlara bağlanan yüzlerce farklı tipteki sensör vardır. Mikro elektronik teknolojisinde yaşanan gelişmeler sayesinde, her geçen gün bu sensörler de gelişmektedir. Örnek olarak; renk sensörü, gaz sensörü, kızılötesi algılama sensörü, basınç sensörü, görüntü sensörü, nem sensörü, fotoelektrik sensör, titreşim sensörü, hareket sensörü ve ses sensörü gibi birçok sensör çeşidi bulunmaktadır. Tıpkı insanların çevrelerinde olup bitenleri duyu organları sayesinde algılamasına benzer şekilde; makineler de basınç, sıcaklık, hız ve benzeri değerleri bu sensörler sayesinde algırlarlar. Otomasyon sistemlerinde ya da robotlarda çevredeki değişkenleri algılamak, yorumlamak ve ona göre kararların verilmesi

gerekmektedir. Değişken tipleri algılamak için ise sensörlere ihtiyaç vardır (Botem, 2024).

Sensörler temelde iki çeşittir. Besleme gerilimine göre sensörler; analog (pasif) ve dijital (dijital) olarak adlandırılmaktadır. Sinyal üretebilmek için dışarıdan harici hiçbir güç kaynağına ihtiyaç duymayan fiziksel ya da kimyasal değerleri istenilen çıkış değişkenine dönüştürebilen analog (pasif) sensör denmektedir. Bu pasif sensör çeşitlerine en basit örnek ise buton ve anahtardır. Bunlardan farklı olarak potansiyometre limit anahtarları, ısı sensörleri (PTC ve NTC), basınç sensörleri, LDR, fototransistörler, fotodiyotlar ve mikrofonlar örnek olarak söylenebilir. Bu sensörlerin çalışması için harici hiçbir enerjiye ihtiyaç yoktur. Bu sensörler sadece giriş değişkenlerini ölçerek tepki verirler. Sinyal üretebilmesi için dışarıdan harici bir güç kaynağına ihtiyaç duyan sensörlere ise aktif sensör denilmektedir. Bu sensörlerin en önemli özelliklerinden biri düşük sinyalli ölçümlerde kullanılmasıdır. Bundan dolayı oldukça hassas ölçüm yapabilirler (Aksa, 2024).

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

“Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin Tasarımı ve Optimizasyonu” isimli bu çalışma; akort aracının tasarım sürecinde oluşturulacak olan deney düzeneği ve ses frekanslarının ölçümlerinin laboratuvar (stüdyo) ortamında gerçekleştirilecek olmasından dolayı “Uygulamalı Araştırmalar” dan “Araştırma-Geliştirme” (AR-GE) araştırması olarak belirlenmiştir.

3.2. Evren Örneklem

Araştırmanın evreni, “Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin Tasarımı ve Optimizasyonu” ile ilgili tasarım ve optimizasyona ilişkin literatürün tamamıdır. Bu bağlamda literatürde yer alan davul seti olarak; Bas davul, Trampet, Tom, Floor Tom vb. davulların akorduna dönük tasarım ve optimizasyonlarına ilişkin literatür, evren olarak öngörülmüştür

Araştırmanın örnekleme ise, bu çalışma kapsamında referans noktası olarak alınan ve yukarıda örneklenen davul setinin içinde bulunan, 4 vidalı ve 10 inçlik bir davul olan ‘Tom’ a dönük tam otomatik akort aracının tasarımı ve optimizasyonudur.

3.3. Verilerin Toplanması

Araştırmanın verilerini oluşturma aşamasında, veri toplama süreci planlanmış ve bu sürecin aşama aşama işleyişi aşağıdaki gibi organize edilmiştir.

1. Araştırmanın amacına uygun deney düzeneğinin kurulması ve araştırma malzemelerinin temin edilmesi.
2. Literatürde daha önce bu konuda geliştirilmiş bir otomatik davul akort cihazında (Frister & Garrod, 2018) hangi araçların kullanıldığının analiz edilmesi.

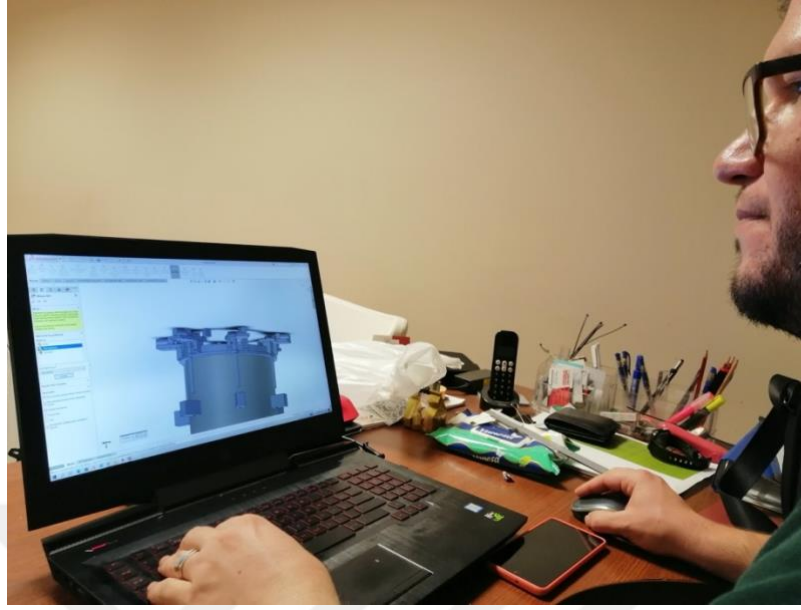
3. Enerji tüketimini minimize etmek amacıyla, farklı güç ve özelliklerdeki motorlar ile dişli sistemleri bir araya getirilerek, akort vidalarının döndürülmesi sırasında en verimli tasarımın ne şekilde olması gerektiğinin tespiti.
4. Verileri değerlendirerek algoritmaları denetleyecek olan mikro denetleyicinin türünün belirlenmesi.
5. Davul dersinde oluşan sesin hangi mikrofonla ölçüleceği, bu mikrofonun yeri ve yönünün tespiti.
6. Sistemin ana beyin kutusunun tasarımı.
7. İstenilen frekansa göre mekanizmanın davul derisini akort etmesinin sağlanması.
8. Motorun tur sayısı ve motorun vidaları sıkma sırasının tespiti.
9. Davul derisinin minimum temas ile uygun frekansa getirilmesinin sağlanması.
10. Ayarlanan gergi miktarına göre mekanizmanın gergiyi sabit tutmasının sağlanması.
11. Optimizasyon çalışmalarının yapılması.

Çalışmanın literatüre dayalı verileri ise; akort cihazları hakkındaki kitap, dergi, ekler, ilgili gazete köşelerindeki makaleler, akort cihazı katalogları ve kullanım kılavuzları, projeler, patentler, internet, bu konuda yazılmış tezler ve yapılan deneylerin yansıdığı çalışmalardan elde edilmiştir.

Şekil 5. Davul Akort Vidasının Tork Metre ile Gerinim Ölçülmesi



Şekil 6. Taslak Çizim Yapılması



Şekil 7. Dişli Çark ve Tablannın Oluşturulması

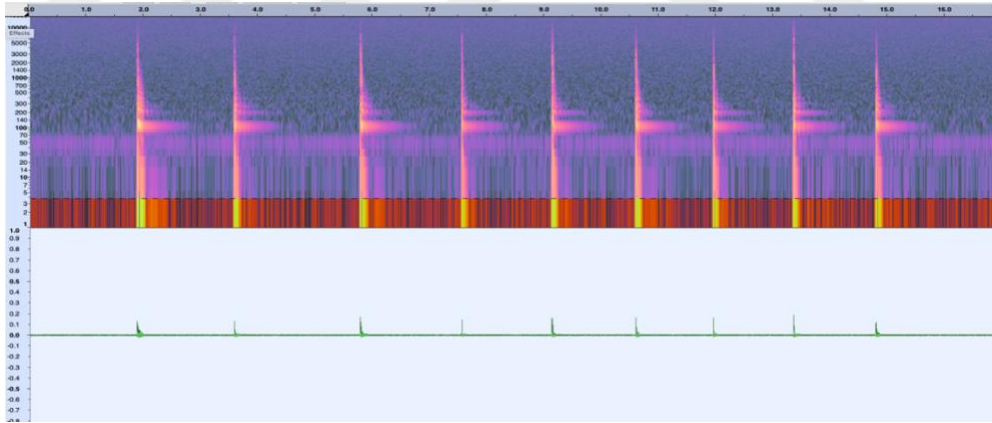


3.4. Verilerin Analizi

“Bilimsel araştırmalarda verilerin çözümlenmesinde temel amaç, veriler üzerinde ‘ortak ölçütlü’ bir tespit, bir sınama ve anlam vermedir. Amaç; başkaları için de anlamlı olan sonuçlara ulaşmaya çalışmak olduğuna göre, çözümlemede olabildiğince durağan (nicel) ölçütlü veriler kullanmakta yarar vardır” (Karasar, 2021, s. 257).

Bu araştırma, ses frekanslarının nasıl ve ne düzeyde oluştuğuna odaklı olduğu için veriler üzerinde başta “FFT (Fast Fourier Transform)” analizi ile “Spektrum Analizi” yapılmıştır. “Spektrum analizi; karmaşık dalga fonksiyonlarının belirli yaklaşıklar kullanılarak basit dalga fonksiyonlara dönüştürülmesini sağlayarak bir dalga paketini, onu oluşturan birimlere ayırıştırma çalışmalarına verilen genel isimdir” (Güneşer, 2019, s. 13). FFT analizi ise; “Zaman ortamında tanımlı sinyalleri analiz ederek frekans ortamında sahip oldukları özelliklerini belirleyen yaygın ve popüler bir araç şeklinde de ifade edilebilir” (Pasinlioğlu & Kürşad, 2016).

Şekil 8. Mikrofonun Deriden Aldığı Frekansın Spektrogram Analizi



Şekil 8’de mikrofonun deriden aldığı frekansın spektrogram analizi ile üst armoniklerin değişimi gösterilmektedir.

4. BULGULAR VE YORUM

Araştırmadan elde edilen bulgular aşağıda belirlenen alt problemler paralelinde ele alınmıştır.

4.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorum

Çalışmanın birinci alt problemi; “Çalışmanın odağındaki Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin geliştirilmesine ilişkin *Tasarım* süreçleri nelerdir?” şeklindedir. Buna göre:

Tasarlanan otomatik davul akort sisteminin merkezinde bir Arduino mikrodenetleyicisi yer almaktadır. Tasarımın farklı süreçlerinde Arduino Uno ve Arduino Mega geliştirme kartları tercih edilmiştir. Bununla birlikte tasarımda yararlanılan diğer donanımsal araçlar aşağıda sıralanmıştır:

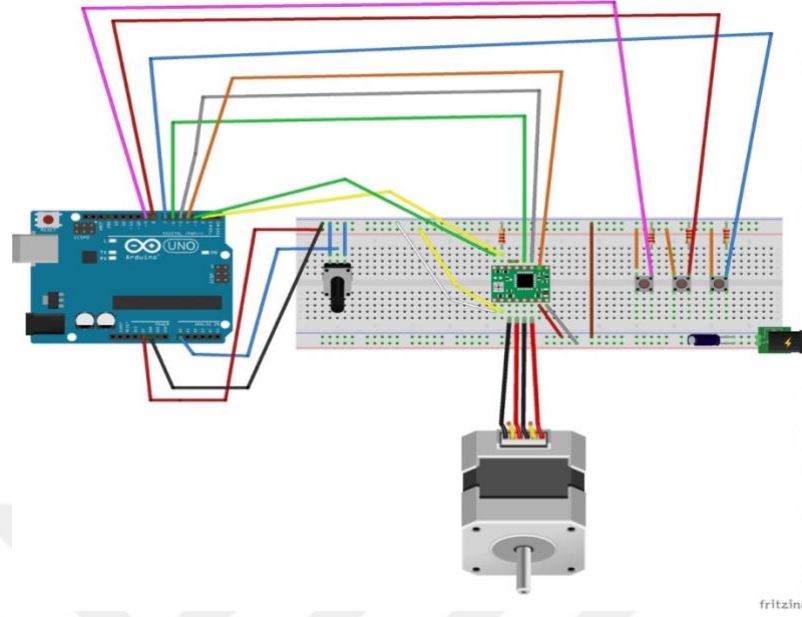
- A4988 Stepper Motor Sürücü
- Nema 14 Stepper Motor
- Nema 24 Stepper Motor
- 24V 80 RPM Redüktörlü DC Motor
- 4 adet NovaMax 6V 400 RPM Redüktörlü DC Motor
- 4 adet BTS960B 20 Amper Motor Sürücü Kartı
- 4 Pinli Buton
- Direnç
- B10k Potansiyometre
- Board
- Jumper Kablo
- 37 mm Motor Tutucu Aparat
- 2x16 LCD Ekran
- Sunline DC Power Supply Güç Kaynağı
- 12v 20 A Güç Kaynağı
- 3cm Çapında 61 Dişli Çark

- 8 Dişli Sonsuz Vida
- 4 adet Montaj Aparatı
- 4 adet Akort Vidası
- 4 adet Punto Vida Aparatı
- 4 adet Tabla
- 8 adet Dişli Çark
- 4 adet Analog Dijital Ses Mikrofon Kartı
- 3 Adet Buton

4.1.1. Tasarım 1

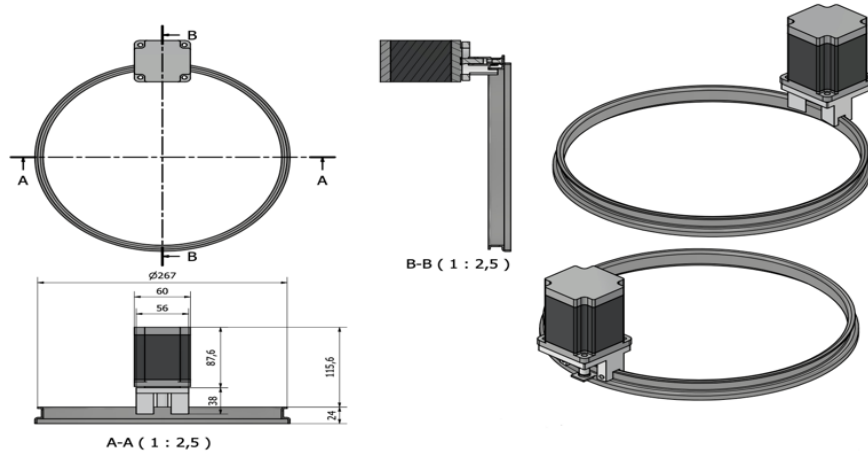
Tasarımın ilk sürecinde motorlar incelendiğinde yön, hız, adım (gidilen mesafe) gibi süreçlerin kontrol kolaylığı açısından adım motor tercih edilmiştir. Bu aşamada Arduino ile motor sürücü arasındaki bağlantı kurularak adım motorun yön, hız ve adım sayısı gibi kontrollerin yazılım aracılığı ile ne şekilde gerçekleştirileceği tespit edilmiştir. Tasarımda kullanılan birinci buton motorun hareketini, ikinci buton yönünü üçüncü buton ise adım sayısını kontrol etmektedir. Aynı zamanda potansiyometre motorun hızını kontrol etmektedir. Ayrıca motorun davul vidası ile arasındaki dişli çark sistemi tasarlanmış olup henüz montajı yapılamamıştır. Motorun hız ve yön testleri başarılı olmasına rağmen gücü yetersiz kalmıştır. Yapılan diğer deneylerde çeşitli step motorlar denenmiş denen motorlar arasında sisteme yanıt verebilecek en iyi step motor elde edilmiş ve testleri yapılmıştır.

Şekil 9. Devre Tasarımı



Bu süreçte motor, davula motorun üzerindeki mile davul anahtarı takılarak davula tak çıkar biçimde yerleştirilmiştir. Motorun büyük ve ağır olması ve aynı zamanda çalışırken çok fazla ses çıkarması gibi olumsuz koşullar sebebiyle farklı motor seçenekleri araştırılmaya başlanmıştır.

Şekil 10. Adım Motorun Davul Kasnağı Üzerine Montajı



4.1.2. Tasarım 2

Yapılan araştırmalar sonucunda motorlar incelendiğinde tasarıma DC motor ile devam edilmesi kararlaştırılmış ve ardından 24V 80 RPM redüktörlü DC motor

temin edilmiştir. Bu süreç doğrultusunda DC motorlar için üretilen yeni bir motor sürücü edinilmiş tekrar Arduino ile arasındaki bağlantı kurularak motorun yön ve hız gibi kontrollerinin yazılım aracılığı ile ne şekilde gerçekleştirileceği tespit edilmiştir. Devam eden süreçte RC yarış arabalarında kullanılan şanzıman sistemi incelenerek bir deney yapılmış bu doğrultuda bir dişli çark sistemi tasarlanmış ve davulun üstüne geçici olarak monte edilmiş ayrıca derinin hangi frekansta olduğunu gösteren LED ekranda tasarıma eklenmiştir. DC motor ile akort denemeleri yapılmış sonuç olarak tek akort vidası ve DC motor ile istenilen frekansa hareket etmiş ve istenilen frekansta durmuştur.

Şekil 11. Devre Tasarımı ve Donanım Bağlantısı



4.1.3. Tasarım 3

Bir davul seti (bateri) üzerindeki farklı boyutlarda, dolayısıyla farklı sayılarda akort vidalarına sahip bileşenlerin (trampet ve alto davullar) yanında zil sehpaları ve ziller gibi birçok ekipmanı bünyesinde barındırır. Bu doğrultuda davul seti oldukça ağır ve fazla yer kaplamaktadır. Bu sebeple tasarım için kullanılan motorun küçük ve aynı zamanda vidaları döndürecek güçte olması gerekmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda davul vidasının çevirmek için gereken moment 1 Nm olarak ölçülmüştür. Bu doğrultuda ortalama 1.1 Nm moment için motor devri 63 seçilmiştir. Bunun için giriş devri 400 RPM çıkış devri 63 RPM olacak şekilde çevrim $400 / 63 = 6.33$ olarak belirlenmiştir.

$$\text{Moment (N.m)} = 9.5488 \times \text{Güç (kW)} / \text{Hız(RPM)}.$$

$$0,18 = 9.5 \times P_m / 400$$

$$1.1 = 9.5 \times P_m / 63$$

Bu süreç doğrultusunda tasarım yeniden gözden geçirilmiş ve DC motorlar ile ilgili kapsamlı araştırma yapılarak nispeten daha küçük daha hızlı ve hemen hemen aynı oranda güç üretilebilecek bir DC motor arayışına girilmiştir. Bu doğrultuda Nova Max 400 RPM 3,6 cm/kg tork üretilen motor tespit edilmiş ve sistem içi entegre çalışmaları başlamıştır. Yeni tasarıma farklı frekanslarda akort denemeleri yaptırılmış ve eş zamanlı olarak Spectrum Analyzer (Şekil 12) ile kontrol edilmiştir.

Şekil 12. Spectrum Analyser ile Doğrulama



Sonuç olarak cihaz belirtilen frekansa göre otomatik olarak hareket etmiş ve belirtilen frekansta durmuştur. Fakat yapılan çalışmalar sonucu bir süre sonra dişli çark ve sonsuz vida arası gerinim artmış dişli çark ve sonsuz vida sürtünme dolayısı ile aşınmış birbirine tutunamaz hale gelmiştir.

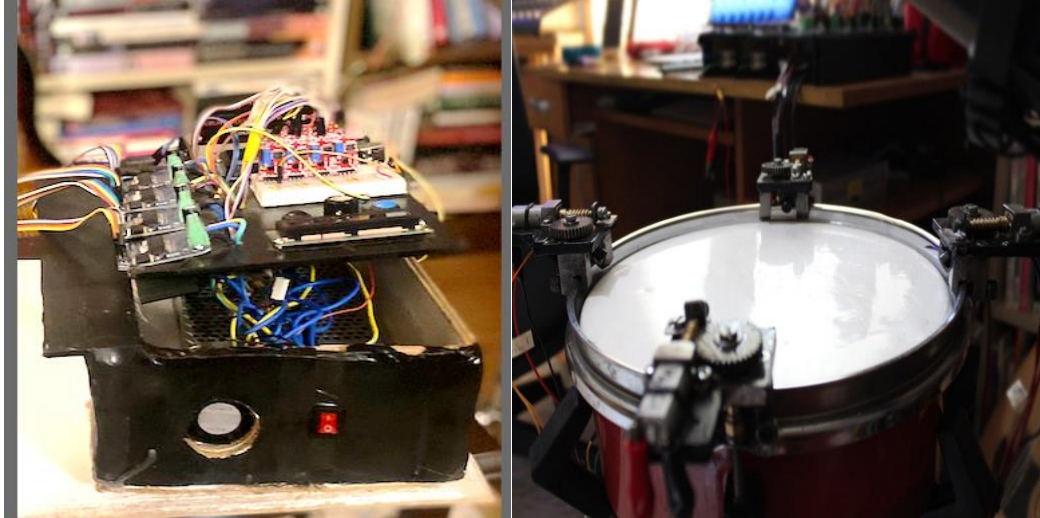
Şekil 13. Devre Tasarımı ve Donanım Bağlantısı



4.1.4. Tasarım 4

Devam eden süreçte tekrar tasarım çalışmalarına başlanmış sonsuz vidaya karşı yatak koyularak sonsuz vidanın hareketi sabitlemiştir. Yapılan deneylerde akort esnasında motorun da gerinim dolayısıyla sallanması dişli sonsuz vida uyumunu bozduğu gözlemlenmiş bu duruma da motora kelepçe takarak çözüm bulunmuştur. Mekanizmanın kasnağa tutunabilmesi ve sallanmaması içinde iki adet vidalı şekil alabilen sabitleme çenesi tasarlanmıştır. Gergi mekanizmasının tasarım ve üretim süreci tamamlanarak 4 adet mekanizma davulun üstüne tak çıkar biçimde yerleştirilmiştir. Bu aşamada ayrıca gergi mekanizmalarının üstüne 4 adet mikrofon yerleştirilmiştir. Tasarımın başında kullanılan Arduino Uno modeli projenin bu aşamasında yetersiz kalmış bu sebeple yine Arduino'nun geliştirdiği Arduino Mega 2560 Mikro denetleyici temin edilmiş ve gergi mekanizması, mikrofon ve donanım bağlantısı (Şekil 14) yapılmıştır.

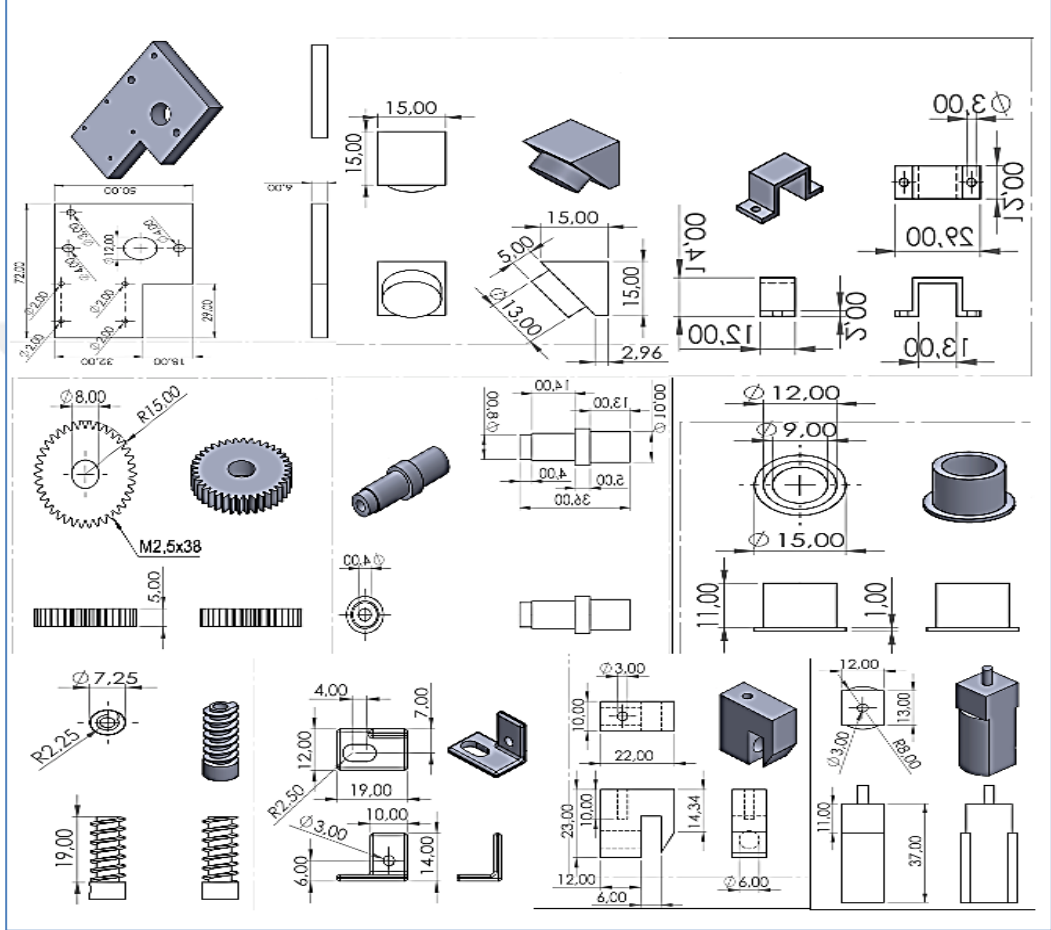
Şekil 14. Devre Tasarımı ve Donanım Bağlantısı



Bu süreç doğrultusunda sisteme bir kutu tasarlanmış (Şekil 14) ve tasarımın geliştirme kartı, motor sürücüleri, butonlar, ekran, potansiyometre, fan, ses sürücüleri, güç kaynağı ve güç düğmesi bir araya getirilerek donanım bağlantısı oluşturulmuştur. Tasarımın bu aşamasında kullanılan potansiyometre istenilen frekansın seçilmesi için kullanılırken, ekran seçilen frekansı görmemize ve sürecin gözle takibini sağlamaktadır. Fan gereksiz ısınmalardan korurken, butonlar

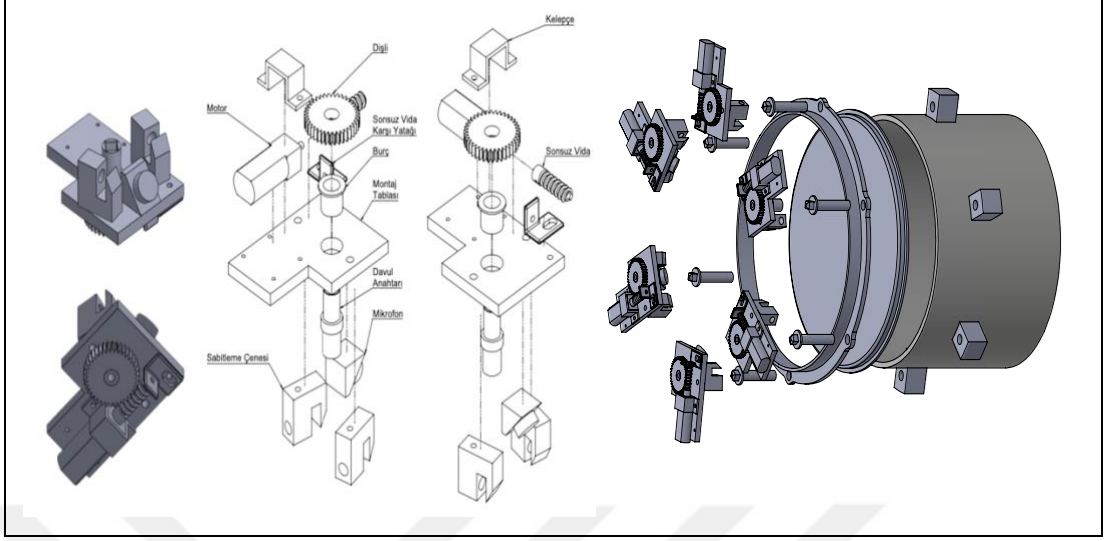
mekanizmaları manuel bir şekilde çalıştırmaktadır. Birinci buton mekanizmaların yönünü ikinci buton ise üstüne basıldığı sürece istenilen yönde hareket etmesini sağlamaktadır.

Şekil 15. Akort Mekanizminde Bulunan Parçaların Boyutları



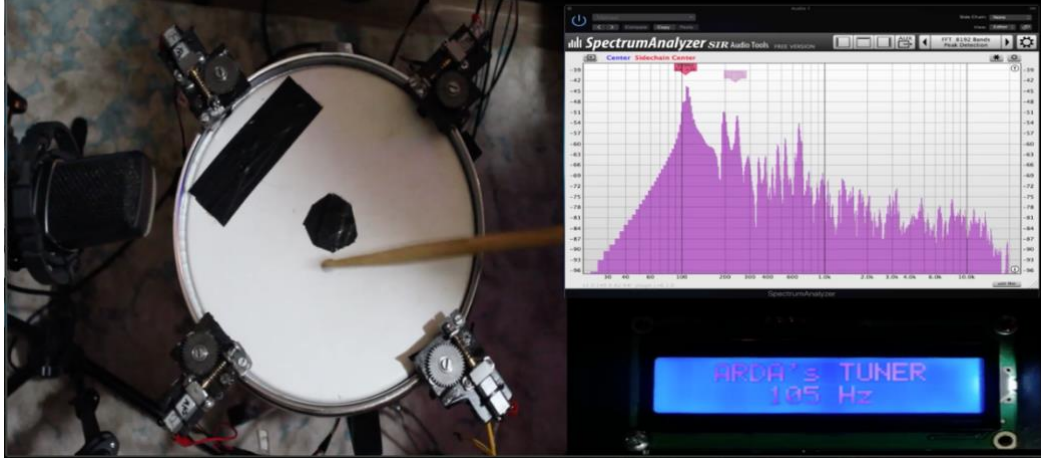
Devam eden süreçte tasarımın çizimleri yapılmış ve hangi parçanın hangi boyutlarda olması gerektiği Şekil 15'te detaylı şekilde milimetrik olarak verilmiştir. Şekil 16'da ise akort mekanizminin parçalarının ayrıık ve birleşik durumları gösterilmiştir.

Şekil 16. Akort Mekanik Çizim ve Parçalı Görünüm



Yeni tasarıma farklı frekanslarda akort denemeleri yaptırılmış ve eş zamanlı olarak Spectrum Analyzer (Şekil 17) ile kontrol edilmiştir. Sonuç olarak cihaz belirtilen frekansa göre otomatik olarak hareket etmiş ve belirtilen frekansta durmuştur.

Şekil 17. Spectrum Analyser ile Doğrulama



4.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorum

çalışmanın ikinci alt problemi; “Çalışmanın odağındaki Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin geliştirilmesine ilişkin *Optimizasyon* süreçleri nelerdir?” şeklindedir. Buna göre:

Tasarımın ilk sürecinde motorlar incelendiğinde yön, hız, adım (gidilen mesafe) gibi süreçlerin kontrol kolaylığı açısından adım motor tercih edilmiştir. Bu doğrultuda adım motor ile çeşitli deneyler yapılmış gerek büyüklüğü gerekse gürültülü çalışması gibi olumsuz koşullar nedeni ile tasarım için farklı bir motora ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda tasarım için en uygun motorun DC motor olduğu tespit edilmiştir. Bu süreç doğrultusunda DC motor ile yeni bir tasarım yapılmış, bu tasarım sonucunda tek akort vidası otomatik olarak hareket ettirilmiştir. Bir baget yardımıyla deriye vurulmuş mekanizma deriye vurulması ile harekete geçmiş vurulduğunda bulunduğu frekanstan istenilen frekansa (Tablo 8) gelmiş ve mekanizma hareketi durdurmuştur. Fakat tasarlanan bu dişli sistemi 520 gram gibi oldukça yüksek bir ağırlığa ulaşmış olup bir sonraki aşamada daha küçük ve hafif bir mekanizma için yeni bir tasarıma ihtiyaç duyulmuştur.

```
#define RPWM 3
```

```
#define R_EN 4
```

```
#define R_IS 5
```

```
#define LPWM 6
```

```
#define L_EN 7
```

```
#define L_IS 8
```

```
#define CW 1
```

```
#define CCW 0
```

```
#define debug 1
```

```
#include <RobojaxBTS7960.h>
```

```
RobojaxBTS7960 motor(R_EN,RPWM,R_IS, L_EN,LPWM,L_IS,debug);
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  motor.begin();
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  motor.rotate(25,CCW);
```

```
delay(4000);
motor.stop();
delay(3000);
motor.rotate(25,CW);
delay(2000);
motor.stop();
delay(3000);
}
loop ends
```

Tablo 8. Frekans Süre Tablosu

Akort Başlangıç ve Bitiş Frekansı	Akort Süresi
90Hz-120 Hz	1 dk. 30 sn.

Tasarımın üçüncü aşamasında dişli çark sistemi modüler olarak yeniden tasarlanmıştır. Yapılan yeni tasarım ile cihazın ağırlığı 520 gramdan 190 grama düşürülmüş boyutları ise (G/13,5cm-Y/8cm-D/5cm) 'den (G/6,5cm-Y/3,5cm-D/3,5cm)'ye küçültülmüştür. Bir baget yardımıyla deriye vurulmuş mekanizma deriye vurulması ile harekete geçmiş vurulduğunda bulunduğu frekanstan istenilen frekansa (Tablo 9) gelmiş ve mekanizma hareketi durdurmuştur. Fakat mekanizma bir süre sonra dişli çark ve sonsuz vida arası gerinim artmış dişli çark ve sonsuz vida sürtünme dolayısı ile aşınmış birbirine tutunamaz hale gelmiştir. Devam eden süreçte tasarım yeniden gözden geçirilmiş, mekanizma modüler olarak yeniden tasarlanmış ve dört adet olarak tekrar üretilmiştir.

```
#define RPWM 3
```

```
#define R_EN 4
```

```
#define R_IS 5
```

```
#define LPWM 6
```

```

#define L_EN 7
#define L_IS 8
#define CW 1
#define CCW 0
#define debug 0

#include <RobojaxBTS7960.h>
RobojaxBTS7960 motor(R_EN,RPWM,R_IS, L_EN,LPWM,L_IS,debug);
#include "arduinoFFT.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);

#define SAMPLES 128
#define SAMPLING_FREQUENCY 2048
arduinoFFT FFT = arduinoFFT();
unsigned int samplingPeriod;
unsigned long microSeconds;

int buttonpin=9;
double vReal[SAMPLES];
double vImag[SAMPLES];
void(* resetFunc) (void) = 0;
int peakler[10] = {};
int say=0;
int top=0;
void printArray(int *a, int n)
{
    top=0;
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        if(i<10)
            top+=a[i];
    }
}

```

```

//Serial.print(a[i], DEC);
//Serial.print(' ');
}
//Serial.println();
top = top/9;
}

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  samplingPeriod = round(1000000*(1.0/SAMPLING_FREQUENCY));
  pinMode (buttonpin, INPUT);
  motor.begin();
  lcd.begin();
}
void loop()
{
  /*Sample SAMPLES times*/
  for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
  {
    microseconds = micros();

    vReal[i] = analogRead(0);
    vImag[i] = 0;
    while(micros() < (microseconds + samplingPeriod))
    {
    }
  }

  FFT.Windowing(vReal,          SAMPLES,          FFT_WIN_TYP_HAMMING,
FFT_FORWARD);
  FFT.Compute(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);
  FFT.ComplexToMagnitude(vReal, vImag, SAMPLES);

```

```

double peak = FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);
if ( peak > 40 and peak < 150) {
peakler[say]=(int)peak;
say=say+1;
}

if(say==9){
say=0;
printArray(peakler, sizeof(peakler));
Serial.println(top)
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("ARDA's TUNER");
lcd.setCursor(5, 1);
lcd.print(top);
lcd.print(" Hz ");
delay(500);

if(top < 80)
{
motor.rotate(50,CCW);
delay(500);
}

else if(top > 80)
{
motor.rotate(50,CW);
delay(500);
}
while(top == 80);
{
motor.stop();
delay(500);
}

```

```
}  
}  
delay(1);  
//resetFunc();  
}
```

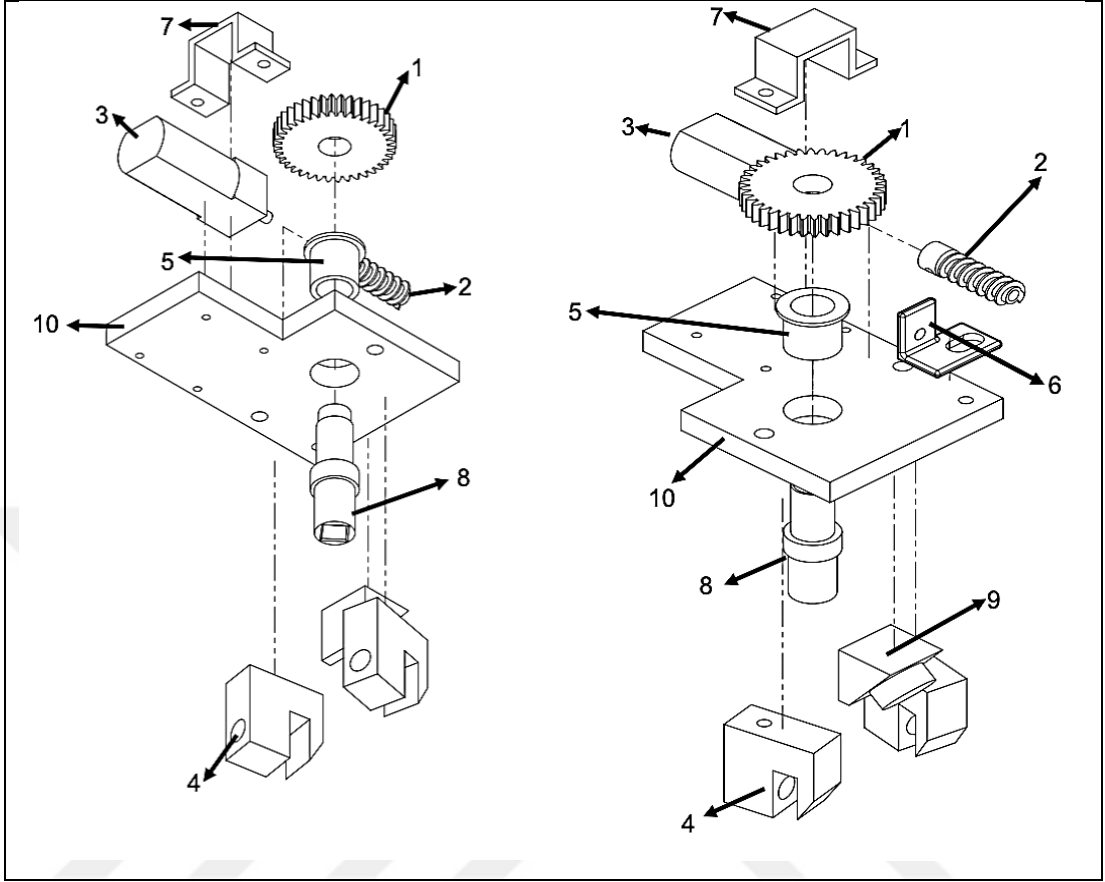
Tablo 9. Frekans Süre Tablosu

Akort Başlangıç ve Bitiş Frekansı	Akort Süresi
97Hz-80Hz	58 sn.
87Hz-100Hz	35 sn.
76Hz-90Hz	30 sn.

Tasarımın dördüncü aşamasında yapılan ilk deneyler, tek mikrofondan alınan sinyal ve dört gergi mekanizmasının çeşitli dönüş ve çalışma sırası kombinasyonları uygulanarak gergi mekanizmaları belirtilen frekansta göre otomatik olarak hareket etmiş ve belirten frekansta durmuştur. Bu süreç doğrultusunda dört motor ve dört mikروفon aynı anda çalıştırılmış, farklı frekanslarda akort denemeleri yaptırılmış ve eş zamanlı olarak Spectrum Analyzer ile kontrol edilmiştir.

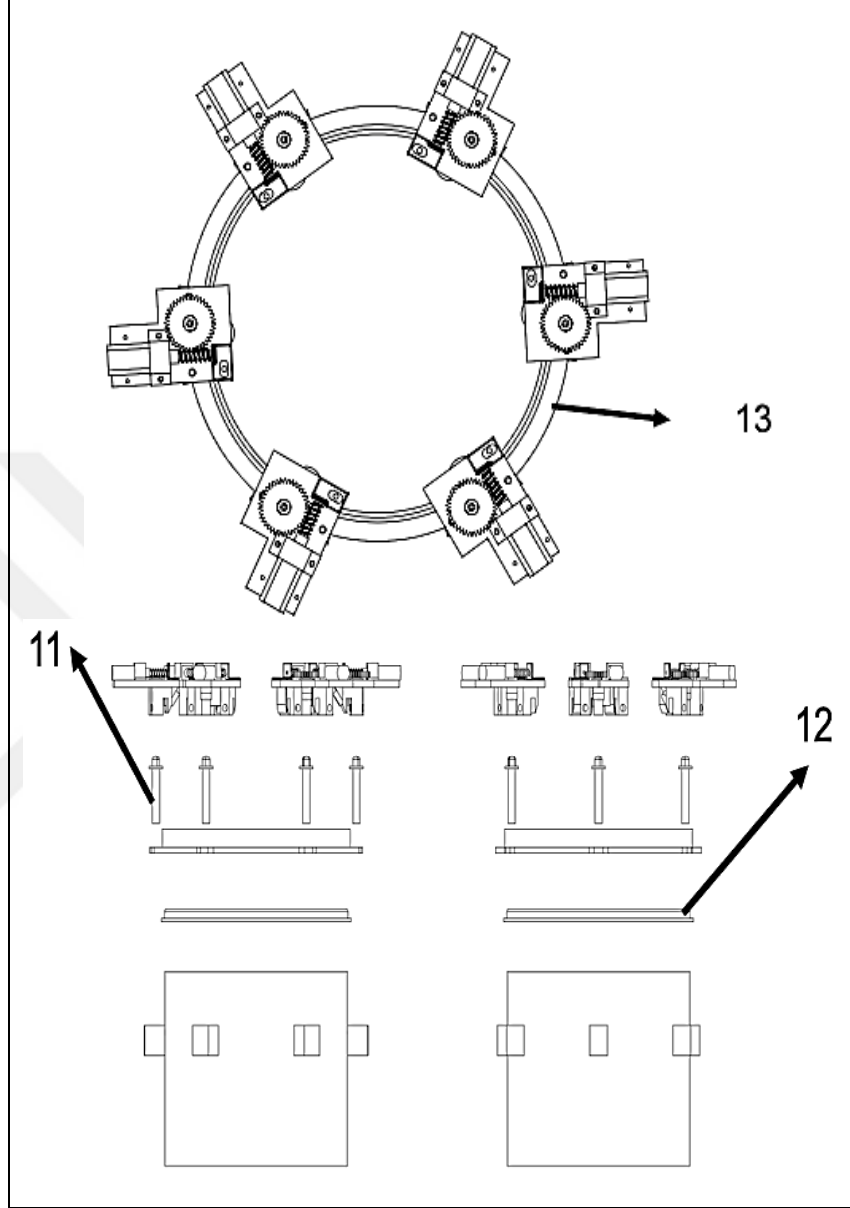
Tasarımda kullanılan montaj tablası (10) tasarımı bir araya getirip bütün parçaların üstüne monte edildiği parçadır. Sonsuz vida (2) dişli çarkın (1) dönmesini sağlamaktadır. Dişli çarkın (1) merkezine sabitlenmiş davul anahtarı (8) davul vidasının (11) dönmesini sağlamaktadır. Burç (5), montaj tablası üzerindeki davul anahtarının (8) yatak görevini üstlenip davul anahtarının düzensiz hareketlerini engellemektedir.

Şekil 18. Tasarım Parçalı Numaralı Görünüş



Sonsuz vida karşı yatağı (6) sonsuz vidanın düz bir eksen etrafında dönmesi ve işlem sırasında salgı yapmasını önlemek amacıyla yerleştirilmiştir. Kelepçe (7) motoru (3) montaj tablası (10) üzerinde sabit tutmaktadır. Mikrofon (9) davul derisinden (12) gelen sinyallerin algılanmasını sağlamaktadır.

Şekil 19. Tasarım Genel Numaralı Görünüş



Yapılan denemeler doğrultusunda dört mikrofon ve dört gergi mekanizması aynı anda çalıştığında gergi mekanizmaları istenilen frekans doğrultusunda hareket etmemiştir. Sonuç olarak tek mikrofondan alınan sinyal ve dört gergi mekanizması aynı anda çalıştırılarak mekanizmalar belirtilen frekansta göre otomatik olarak hareket etmiş ve belirten frekansta (Tablo 10) durmuştur.

```
#define RPWM_1 2
#define R_EN_1 22
#define R_IS_1 24
```

```
#define LPWM_1 3
#define L_EN_1 26
#define L_IS_1 28
```

```
#define RPWM_2
#define R_EN_2 30
#define R_IS_2 32
```

```
#define LPWM_2 5
#define L_EN_2 34
#define L_IS_2 36
```

```
#define RPWM_3 6
#define R_EN_3 38
#define R_IS_3 40
```

```
#define LPWM_3 7
#define L_EN_3
#define L_IS_3
```

```
#define RPWM_4 8
#define R_EN_4 46
#define R_IS_4 48
```

```
#define LPWM_4 9
#define L_EN_4 50
#define L_IS_4 52
```

```
#define CW 1 //
```

```

#define CCW 0 //
#define debug 0 //

#include <RobojaxBTS7960.h>
RobojaxBTS7960
motor1(R_EN_1,RPWM_1,R_IS_1, L_EN_1,LPWM_1,L_IS_1,debug);
RobojaxBTS7960
motor2(R_EN_2,RPWM_2,R_IS_2, L_EN_2,LPWM_2,L_IS_2,debug);
RobojaxBTS7960
motor3(R_EN_3,RPWM_3,R_IS_3, L_EN_3,LPWM_3,L_IS_3,debug);
RobojaxBTS7960
motor4(R_EN_4,RPWM_4,R_IS_4, L_EN_4,LPWM_4,L_IS_4,debug);

#include "arduinoFFT.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);

#define SAMPLES 128
#define SAMPLING_FREQUENCY 2048

arduinoFFT FFT = arduinoFFT();

unsigned int samplingPeriod;
unsigned long microSeconds;

int buttonpin=9;
double vReal[SAMPLES];
double vImag[SAMPLES]; values
void(* resetFunc) (void) = 0;
int peakler[10] = {};
int say=0;
int top=0;

```

```

void printArray(int *a, int n)
{
  top=0;
  for (int i = 0; i < n; i++)
  {
    if(i<10)
    top+=a[i];
    //Serial.print(a[i], DEC);
    //Serial.print(' ');
  }
  //Serial.println();
  top = top/9;
}
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  samplingPeriod = round(1000000*(1.0/SAMPLING_FREQUENCY));
  pinMode (buttonpin, INPUT);
  motor1.begin();
  motor2.begin();
  motor3.begin();
  motor4.begin();
  lcd.begin();
}

void loop()
{
  for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
  {
    microSeconds = micros();
    vReal[i] = analogRead(0);
    vImag[i] = 0;
  }
}

```

```

while(micros() < (microSeconds + samplingPeriod))
{
}
}

FFT.Windowing(vReal,          SAMPLES,          FFT_WIN_TYP_HAMMING,
FFT_FORWARD);
FFT.Compute(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);
FFT.ComplexToMagnitude(vReal, vImag, SAMPLES);
double peak = FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);
if ( peak > 40 and peak < 200) {
//Serial.println(peak);
peakler[say]=(int)peak;
say=say+1;
}
if(say==9){
say=0;
printArray(peakler, sizeof(peakler));
Serial.println(top);
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("ARDA's TUNER");
lcd.setCursor(5, 1);
lcd.print(top);
lcd.print(" Hz ");
delay(500);
if(top < 85)
{
motor1.rotate(100,CCW);
motor2.rotate(100,CCW);
motor3.rotate(100,CCW);
motor4.rotate(100,CCW);
if(top < 80){
delay(1000);
}
}
}
}

```

```
}else{
delay(150);
}
}
else if(top > 85)
{
motor1.rotate(100,CW);
motor2.rotate(100,CW);
motor3.rotate(100,CW);
motor4.rotate(100,CW);
if(top > 90){
delay(1000);
}else{
delay(150);
}
}
while(top == 85);
{
motor1.stop();
motor2.stop();
motor3.stop();
motor4.stop();
delay(250);
}
}
// delay(1);
//resetFunc();
}
```

Tablo 10. Frekans Süre Tablosu

Akort Başlangıç ve Bitiş Frekansı	Akort Süresi
1. 90Hz-110Hz	15 sn.
2. 110Hz-90Hz	07 sn.
3. 90Hz-120Hz	40 sn.
4. 120Hz-115Hz	16 sn.
5. 115Hz-85Hz	1 dk. 15 sn.
6. 85Hz-115Hz	25 sn.
7. 115Hz-85Hz	31 sn.
8. 95Hz-105Hz	12 sn.
9. 85Hz-90Hz	07 sn.
10. 90Hz-120Hz	18 sn.
11. 120Hz-115Hz	08 sn.
12. 115Hz-85Hz	15 sn.
13. 85Hz-115Hz	23 sn.
14. 115Hz-85Hz	27 sn.
15. 90Hz-110Hz	15 sn.
16. 102Hz-92Hz	07 sn.
17. 90Hz-125Hz	20 sn.
18. 123Hz-113Hz	16 sn.
19. 119Hz-89Hz	15 sn.
20. 82Hz-112Hz	25 sn.
21. 111Hz-81Hz	32 sn.
22. 85Hz-105Hz	21 sn.
23. 103Hz-83Hz	07 sn.
24. 91Hz-121Hz	21 sn.
25. 120Hz-115Hz	13 sn.
26. 115Hz-85Hz	15 sn.
27. 85Hz-115Hz	25 sn.
28. 115Hz-85Hz	33 sn.

İkinci tasarım 1 dakika 20 saniyede tamamlarken dördüncü tasarım 30Hz.'lik bir akort işlemi yapılan 6 (Toblo 7) “3,10,12,13,14,24 numaralı deneyler” akordun

ortalaması sonucu bu işlemi 24 saniyede tamamlamaktadır. Bu doğrultuda akort süresi, tasarımın başlangıç noktası göz önüne alındığında yaklaşık olarak 3,33 kat iyileştirmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Tasarlanan otomatik davul akort sistemi için bir Arduino mikro denetleyicisi ön görülmüş, bu işlemler için Arduino Uno ve Arduino Mega geliştirme kartları tercih edilmiştir. Proje Devresinin Tasarımı ve Programlanması aşamasında 4 farklı tasarım süreci işletilmiştir.
2. Birinci tasarım sürecinde; cihazın motor gücü için adım motor tercih edilmiştir. Tasarımda kullanılan butonlar; motor hareketi, motor yönü ve adım sayısını yönetmiştir. Motorun hızı potansiyometre ile denetlenmiştir.
3. İkinci tasarım sürecinde; 24V 80 RPM redüktörlü DC motor temele alınarak, Arduino bağlantısıyla, motorun yön ve hız gibi kontrolleri tespit edilmiştir. RC yarış arabalarındaki şanzıman sistemi incelenerek bir dişli çark tasarlanmış, geçici olarak davulun üstüne uyarlanmış ve frekansı gösteren LED ekran geliştirilmiştir. Denemeler sonucunda; planlanan frekans yönünde hareket sağlanmış ve gösterge planlanan frekansı göstermiştir.
4. Üçüncü tasarım sürecinde; bir yeniden gözden geçirme süreci işletilmiş, boyut olarak daha küçük ancak daha hızlı bir DC motor araştırılmıştır. Sonuçta, Nova Max 400 RPM 3,6 cm/kg tork üretilen bir motor bulunup sisteme eklenmiştir. Farklı denemeler sonucunda; tasarım, planlanan frekans doğrultusunda hareket ederek ve planlanan frekansı göstermiştir. Ancak zamanla dişli çark ve sonsuz vida arasındaki sürtünme dolayısıyla sistemde sorunlar oluşmuştur.
5. Dördüncü tasarım sürecinde ise; bir kutu tasarlanmış ve tasarımın geliştirme kartı, motor sürücüleri, butonlar, ekran, potansiyometre, fan, ses sürücüleri, güç kaynağı ve güç düğmesi bir araya getirilerek donanım bağlantısı oluşturulmuştur. Fan, aşırı ısınmalardan korumuştur.

6. Sonuçta; davul kasnağı üzerindeki akort vidalarının sıkılması veya gevşetilmesine imkân tanıyan elektromekanik bir sistem meydana getirilmiştir. Ayrık parçalardan oluşan bu modüler tasarımın parçaları ayrık olarak işlev görmüş ve bir davul setindeki farklı alt yapıların otomatik olarak akortlanabilmesini sağlamıştır. Ayrıca 2022 yılında çalışma için patent başvurusunda bulunulmuş olup 2024 yılında yenilenmiş halen kurulun onayı beklenmektedir.
7. Davul İçin Tam Otomatik Bir Akort Sisteminin Tasarım ve Optimizasyonuna dönük bu ve benzeri yeni çalışmalar; organoloji disiplininin bilgi birikimine yeni katkılar sağlayacaktır.
8. Bu araştırmada yapılan deneysel tasarımlar sadece davul üst derisi ile sınırlandırılmış olup, davulların farklı bölümleri ve bileşenleri için uyarlanabilir. Böylece bütüne ilişkin yeni teknolojiler geliştirme olanakları sağlanmış olur.
9. Bu ve benzeri çalışmalar; davulların bileşenlerinden, deri türü, deri ömrü, davuldaki vida sayısı, davulun hacmi ve kütlesi gibi değişkenler açısından ele alınabilir.
10. Elektronik veya elektro-mekanik araç-gereçler müzik teknolojilerinin gelişimine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu kapsamdaki çalışmaların yaygınlaştırılması hem müzik teknolojisi hem de onun eğitimi boyutunda yeni olanaklar sunacaktır.
11. Bu araştırmanın odağındaki davul akort sistemi, eksiklerinin giderilip daha gelişkin olarak üretildiğinde, davul icracılığına ve icracılara dönük pratik katkılar sunacaktır.
12. Bu araştırmanın odağındaki davul akort sistemine ilaveten akort mekanizmalarının, icra sırasında hareket etmesi sağlanarak enstrümandan çıkan frekansı değişime uğratarak farklı tınlar üretebilir ve böylece arttırılmış enstrüman elde edilebilir.
13. Bu içerikteki daha gelişkin yeni çalışmalar; müzikal performans içinde müziğin en önemli iki bileşeninden birisi olan ritim olgusunu ağırlıklı olarak taşıyan vurmali çalgılar ve bunlar içinde de davul setlerinin icra kalitesini arttıracaktır.

Bu durum, daha kaliteli ve işitsel zevki olan yeni ritimsel icralara olanak taşıyacaktır.

14. Bu içerikteki yeni çalışmalar, sadece evrensel değil yerel müzik kültürlerine ait vurmali çalgılara da uyarlanabilir. Böylece buradan elde edilecek maksimum fayda hem müziğin işitsel tınısına hem de icracılarının performanslarına olumlu katkılar sağlayacaktır.



KAYNAKÇA

- Abak, R. A., & Yerci, M. (2012). En Küçük Karelerle Spektral Analiz ve Fourier Tekniğinin Karşılaştırılması. *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 11(1), 32-47.
- Akar, F., & Yağımlı, M. (2006). PIC mikrodenetleyiciler: 16F84A & 16F628A. Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ.
- Aksa. (23 Aralık 2021). Sensörler ve Sensör Çeşitleri. <https://www.aksaotomasyon.com/sensorler-ve-sensor-cesitleri/>. 05 Temmuz 2024.
- Apel, W. (2003). *The Harvard dictionary of music*. Harvard University Press. s.678.
- Bedson, B. T., & Mesa, C. (2014). Drum Head Tuning Rim Apparatus and Method of Use. Patent No: US 8,642,867 B2, United States Patent.
- Botem. (05 Temmuz 2024). Sensör Nedir? Nasıl Çalışır? Nerelerde Kullanılır?[Yazı] <https://www.botem.com.tr/sensor-nedir>. 05 Temmuz 2024.
- Çeven, S., & Bayır, R. (2020). Ortam Sesinden İnsan Sesinin Ayırıştırılması için Filtre Geliştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 331-337.
- Demir, Ş. (2012). *Eğitim müziği besteleme: teknik bilgiler ve uygulama*. Ötüken Neşriyat. s.167.
- Drum Key. (25 Nisan 2008). Wikipedia. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CleBatterieRock.JPG#> . 09 Mayıs 2024.
- DrumDial. (6 Kasım 2012). DrumDial Drum Tuning Part 2 (Tom Tuning) [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=qLHAbqeDi9I>. 09 Mayıs 2024.
- Eden, A., & İmik, O. H. (2024). Sentetik Davul Derilerinin Yapısal Farklılıklarının Tımsal Etkileri; Tek Kat ve Çift Kat Karşılaştırması. *İnönü Üniversitesi Kültür ve Sanat Dergisi*, 9(2), 200-211. <https://doi.org/10.22252/ijca.1401081>.

- Esparza, T. M. (2017), U.S. Patent No. 9,536,509. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Fletcher, N. H., & Rossing, T. D. (1998). The physics of musical instruments. Springer
- Frister, C., Garrod, J. (2018), "S.A.F. Drum Tuner", Fred and Harriet Cox Senior Design Competition, Connecticut Üniversitesi, Amerika.
- Gençkaya, Ö. (2021), "DC Motorun Sürü Algoritma Tabanlı Pıdkontrolörle Performans Analizi" (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Guitarist. (25 Nisan 2013). Gibson's Min-ETune Self Tuning System First Look Demo [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=Z6BY-JpAwgo> . 7 Mayıs 2024.
- Güneşer, O. (2019), "Kemençe Tınısının Spektrum Analizi Yöntemiyle İncelenmesi" (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Hall W., L., & Bernardino, S. (1995). Drum Tuning Device. No: 5,392,681, United States Patent.
- <https://clydelettsome.com/blog/2019/12/18/my-weekend-project-audio-frequency-detector-using-an-arduino/>. Erişim Tarihi: 09.11.2022.
- <https://www.arduino.cc/>. Erişim Tarihi: 09.11.2022.
- <https://www.arduino-libraries.info/libraries/liquid-crystal-i2-c/>. Erişim Tarihi: 09.11.2022.
- Johnson, J. S. (1999), Drum Tuning Bible, Prof. Sound, E-book.
- Karaosmanoğlu, M. K. (2017). Müzik aritmetiği ve ses sistemleri. İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları. s.11-251.
- Karasar, N. (2021). *Bilimsel Araştırma Yöntemi, Kavramlar-İlkeler-Teknikler*, 37. Basım. Ankara; Nobel Yayın.

- Kılıçoğlu, H. (2018), "Türkiye'de Popüler Müziğin Tarihsel Gelişimde Davul Çalım Yaklaşımları" (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Köse, F., Kaplan, K., & Ertunç, H. M. (2013). PID ve bulanık mantık ile DC motorun gerçek zamanda STM32F407 tabanlı hız kontrolü. Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013, 26-28.
- Kraftek. (2023). Motor Sürücü Nedir, Nasıl Çalışır? [Yazı]. <https://www.kraftek.io/motor-surucu/>. 05 Temmuz 2024.
- Labs, O. (2012a), Tune-Bot, Amerika.
- Labs, O. (2012b), Drum-Set Tuning Guide, Amerika.
- McRoberts, M. (2011). Beginning arduino. Apress.
- Mutlu, S. (2013), "Automatic Guitar Tuner", (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara: Çankaya Üniversitesi.
- Overtone Labs. (19 Temmuz 2012). Mike Johnston Introduces Tune-Bot Drum Tuner [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=8Jz3QhJu-0k>. 09 Mayıs 2024.
- Owsinski, B. (2005), *The Recording Engineer's Handbook*, Boston, Amerika
- Önen, U. (2008). Ses kayıt ve müzik teknolojileri. Çitlembik, İstanbul.
- Palcoprincipal. (2 Temmuz 2007). DTS "One-Touch Drum Tuning System" [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=JYxBNrQ8Idc>. 09 Mayıs 2024.
- Pasinlioğlu, T., & Kürşad, P. (2016). Ses Uygulamalarında Efekt ve Sinyal İşlemciler (1. Baskı). İstanbul: Cinius Yayınları.
- Prodrumtips. (12 Mart 2008). How to Use The Evans Torque Key [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=LM9PBIZWE-A>. 09 Mayıs 2024.
- Say, A. (2010). Müzik ansiklopedisi: A-G (İkinci basım). Müzik Ansiklopedisi Yayınları. s.36.
- Science & Business Media.

- Tarikçi, A. (2015). *Müzik Teknolojisine Giriş*. Müzik Eğitimi Yayınları, Ankara.
- Toulson, R., Crigny, C. C., Robinson, P., & Richardson, P. (2009). The perception and importance of drum tuning in live performance and music production. *The Journal on the Art of Record Production*, (4).
- Tru Tuner. (13 Aralık 2013). Tru Tuner: Rapid Drum Head Replacement System [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=KSVVn3BaoI>. 09 Mayıs 2024.
- Unlvece. (9 Ağustos 2018). S A F Drum Tuner [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=GutKZl1cBJk>. 09 Mayıs 2024.
- Valdivia, L., V., (2014). Automatic Guitar Tuner. Patent No:8,872,010 B2, United States Patent.
- Zeren, M. A. (2003). *Müzik fiziği*. Pan Yayıncılık, İstanbul.
- Zuffante, D., Kumar V., Ellison., Baronowski, J., E., & Milienos E., S. (2011). Automatic Drum Tuner. Patent No: US 2011/0252943 A1, United States Patent Application Publication.
- Zuffante, D., Kumar, V., Ellison, R., Baronowski, E. J., & Milienos, E. S. (2012), U.S. Patent No. 8,283,544. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Ek 2. FFT Örnek Motor Kod

```
#include "arduinoFFT.h"
int x = 0;
#define SAMPLES 128
#define SAMPLING_FREQUENCY 2048
arduinoFFT FFT = arduinoFFT();

unsigned int samplingPeriod;
unsigned long microSeconds;
double vReal[SAMPLES];
double vImag[SAMPLES];
void setup()

{
  Serial.begin(115200);
  samplingPeriod = round(1000000*(1.0/SAMPLING_FREQUENCY));
}
void (*reset)(void) = 0;
void loop()
{
  for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
  {
    microSeconds = micros();
    vReal[i] = analogRead(0);
    vImag[i] = 0;
    while(micros() < (microSeconds + samplingPeriod))
    {
      //do nothing
    }
  }

  /*Perform FFT on samples*/
  FFT.Windowing(vReal, SAMPLES, FFT_WIN_TYP_HAMMING,
  FFT_FORWARD);
  FFT.Compute(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);
  FFT.ComplexToMagnitude(vReal, vImag, SAMPLES);
```

```
/*Find peak frequency and print peak*/  
double peak = FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);  
Serial.println(peak);  
while (20);  
}”. Erişim Tarihi: 22.11.2022.
```



Ek 3. Robot Sürücü Örnek Kod

```
#define RPWM_1 3
#define R_EN_1 4
#define R_IS_1 5
#define LPWM_1 6
#define L_EN_1
#define L_IS_1 8

#define RPWM_2 9
#define R_EN_2 10
#define R_IS_2 12
#define LPWM_2 11
#define L_EN_2 A0
#define L_IS_2 A1
// motor 2 pins end here
#define CW 1 //
#define CCW 0 //
#define debug 1 //
#include <RobojaxBTS7960.h>
RobojaxBTS7960 motor1(R_EN_1,RPWM_1,R_IS_1,
L_EN_1,LPWM_1,L_IS_1,debug);
RobojaxBTS7960 motor2(R_EN_2,RPWM_2,R_IS_2,
L_EN_2,LPWM_2,L_IS_2,debug);
void setup() {

Serial.begin(9600);
motor1.begin();
motor2.begin();
}
void loop() {

motor1.rotate(100,CW);
delay(5000);
motor1.stop();
delay(3000);
motor1.rotate(100,CCW);
```

```
delay(5000);
motor1.stop();
delay(3000);
motor2.rotate(100,CW);
delay(5000);
motor2.stop();
delay(3000);
motor2.rotate(100,CCW);
delay(5000);
motor2.stop();
delay(3000);
for(int i=0; i<=100; i++){
motor1.rotate(i,CCW);
delay(50);
}
for(int i=100; i>0; i--){
motor2.rotate(i,CCW);
delay(50);
}
motor2.stop();
delay(3000);
}
```

ERİŞİM TARİHİ: 22.11.2022.

Ek 4. Otomatik Akort Cihazı Örnek Kod

```
#define RPWM_1 2
```

```
#define R_EN_1 22
```

```
#define R_IS_1 24
```

```
#define LPWM_1 3
```

```
#define L_EN_1 26
```

```
#define L_IS_1 28
```

```
#define RPWM_2 4
```

```
#define R_EN_2 30
```

```
#define R_IS_2 32
```

```
#define LPWM_2 5
```

```
#define L_EN_2 34
```

```
#define L_IS_2 36
```

```
#define RPWM_3 6
```

```
#define R_EN_3 38
```

```
#define R_IS_3 40
```

```
#define LPWM_3 7
```

```
#define L_EN_3 42
```

```
#define L_IS_3 44
```

```
#define RPWM_4 8
```

```
#define R_EN_4 46
```

```
#define R_IS_4 48
```

```
#define LPWM_4 9
```

```
#define L_EN_4 50
```

```
#define L_IS_4 52
```

```
#define CW 1
```

```
#define CCW 0
```

```
#define debug 0
```

```

#include <RobojaxBTS7960.h>
RobojaxBTS7960 motor1(R_EN_1,RPWM_1,R_IS_1,
L_EN_1,LPWM_1,L_IS_1,debug);
RobojaxBTS7960 motor2(R_EN_2,RPWM_2,R_IS_2,
L_EN_2,LPWM_2,L_IS_2,debug);
RobojaxBTS7960 motor3(R_EN_3,RPWM_3,R_IS_3,
L_EN_3,LPWM_3,L_IS_3,debug);
RobojaxBTS7960 motor4(R_EN_4,RPWM_4,R_IS_4,
L_EN_4,LPWM_4,L_IS_4,debug);

#include "arduinoFFT.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);

#define SAMPLES 128
#define SAMPLING_FREQUENCY 2048

arduinoFFT FFT = arduinoFFT();

unsigned int samplingPeriod;
unsigned long microSeconds;

double vReal[SAMPLES];
double vImag[SAMPLES];
void(* resetFunc) (void) = 0;
int peakler[10] = { };
int say=0;
int top=0;

void printArray(int *a, int n)
{ for
top=0;
(int i = 0; i < n; i++)
{
i<10)

if(

```

```

top+=a[i];
//Serial.print(a[i], DEC);
//Serial.print(' ');
}
//Serial.println();
top = top/9;
}
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  samplingPeriod = round(1000000*(1.0/SAMPLING_FREQUENCY));

  motor1.begin();
  motor2.begin();
  motor3.begin();
  motor4.begin();
  lcd.begin();
}
void loop()
{
  for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
  {
    microseconds = micros();

    vReal[i] = analogRead(0);
    vImag[i] = 0;
    while(micros
    {(
    ) < (microseconds + samplingPeriod))

  }
}

(vReal, SAMPLES, FFT_WIN_TYP_HAMMING, FFT_FORWARD);
(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);
(vReal, vImag, SAMPLES);
FFT.Windowing
FFT.Compute

```

FFT.ComplexToMagnitude

```
double peak = FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);
if ( peak > 40 and peak < 200) {
    peakler[say]=(int)peak;
    say=say+1;
}
if(say==9){
    say=0;
    printArray(peakler, sizeof(peakler));
    Serial.println(top);

    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("ARDA's TUNER");
    lcd.setCursor(5, 1);
    lcd.print(top);
    lcd.print(" Hz ");
    delay(500);

    if(top < 140)
    {
        motor1.rotate(100,CCW);
        motor2.rotate(100,CCW);
        motor3.rotate(100,CCW);
        motor4.rotate(100,CCW);
        if(top < 135){
            delay(300);
        }else{
            delay(150);
        }
        if(top < 138){
            delay(50);
        }
    }
    else if(top > 140)
    {
```

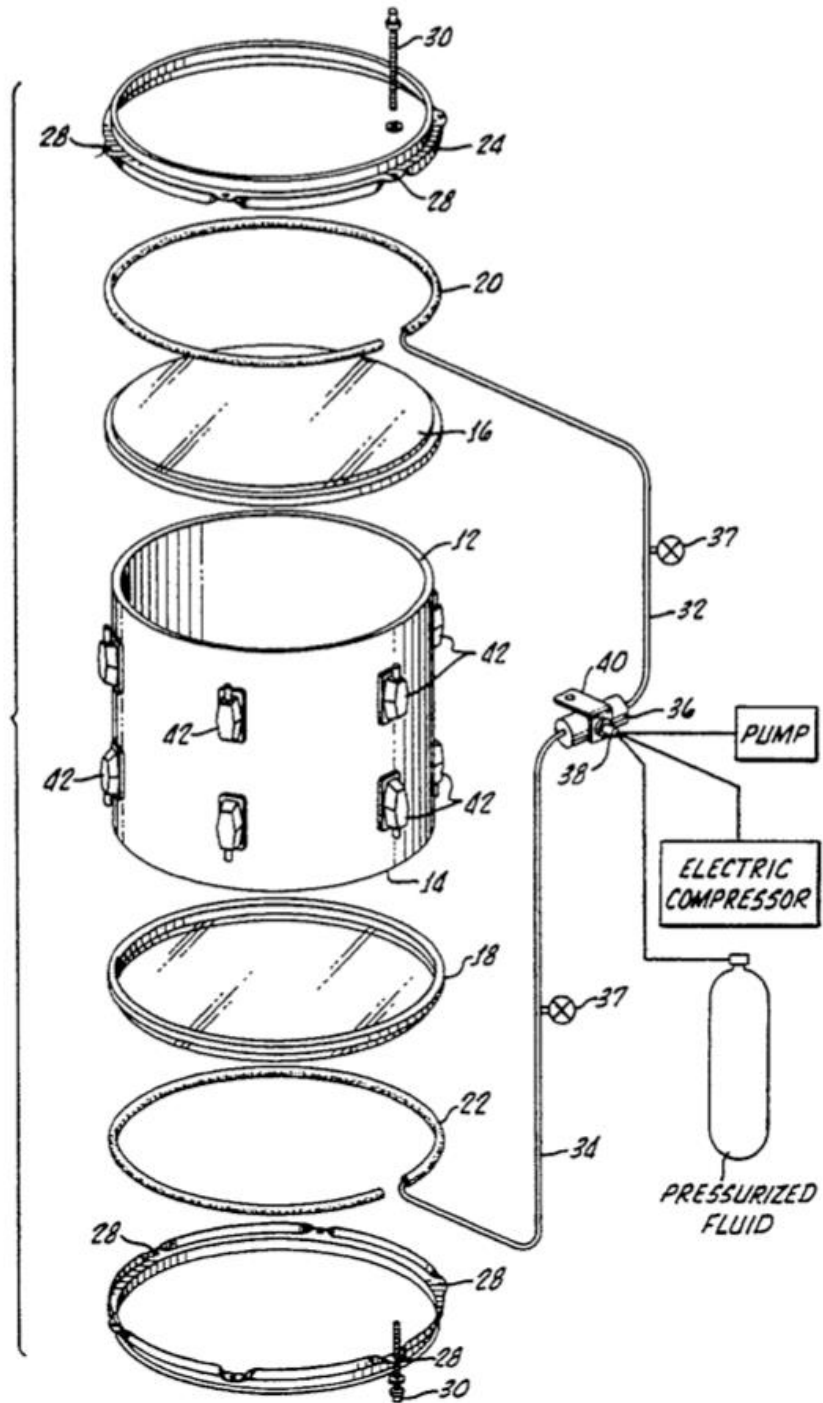
```
motor1.rotate(100,CW);
motor2.rotate(100,CW);
motor3.rotate(100,CW);
motor4.rotate(100,CW);
if(top > 145){
delay(300);
}else{
delay(150);
}
if(top < 143){
delay(50);
}
}

while(top == 140);
{
motor1.stop();
motor2.stop();
motor3.stop();
motor4.stop();
delay(250);
}
}
// delay(1);
//resetFunc();
}
```

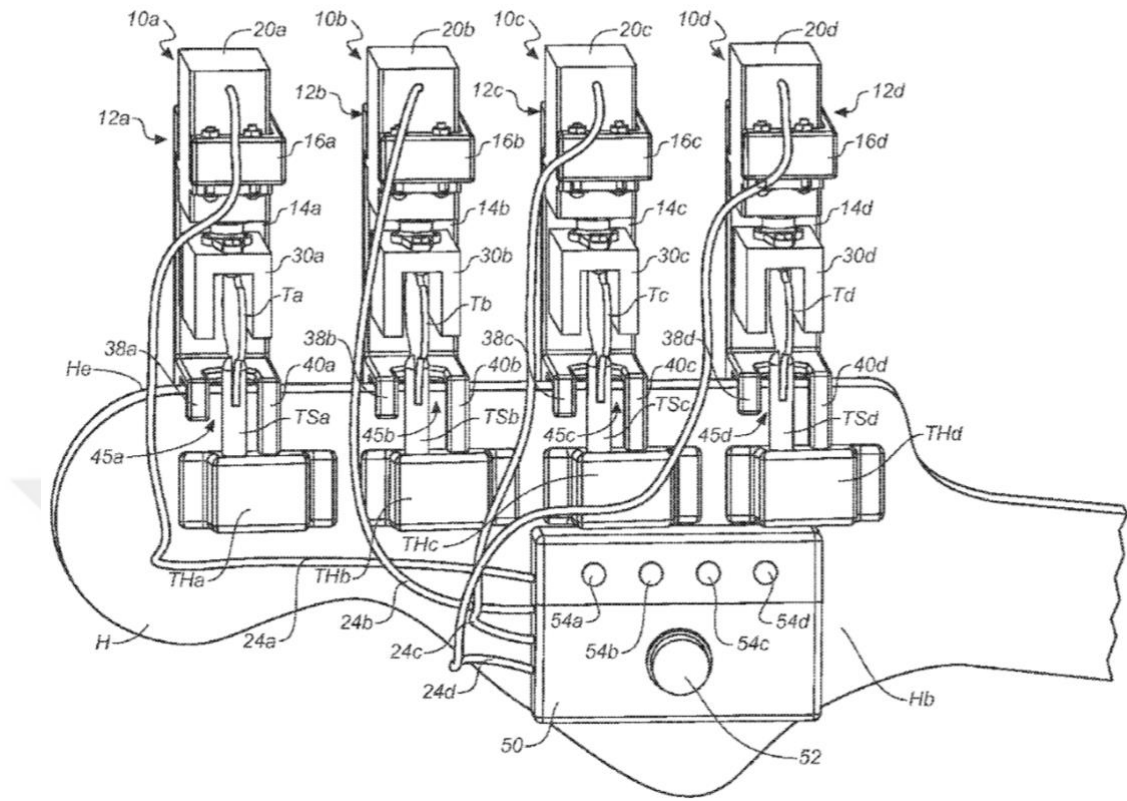
Ek 5. Patent Başvurusu

ePaTS [] TÜRK PATENT VE MARKA KURUMU Elektronik Başvuru Sistemi			
PATENT BAŞVURUSU			
Tahakkuk No		Başvuru Numarası	
Evrak Numarası		Evrak Tarihi	30.12.2022 18:38:37
Erken Yayın Talebi	Evet, başvurum 18 aylık süre dolmadan yayımlansın.	Başvuru ile Birlikte Araştırma/ İnceleme Talebi	Talep Etmiyorum
Tarifname Dili	Türkçe	Genetik Kaynak	Hayır
Tarifname Sayfa Sayısı	4	Kaynağın / Bilginin Coğrafi Kökeni	-
İstem Sayısı	3	Kamu Desteği	Hayır
Resim Sayfa Sayısı	5	Destek Sağlayan Kamu Kurumu	-
Patent Sınıfı	-	Proje Numarası	-
Referans No			
BULUŞ BAŞLIĞI / ÖZETİ			
Buluş Başlığı	OTOMATİK DAVUL AKORT CİHAZI MEKANİĞİ		
Buluş Özeti	Bu buluş, davul Deri(12)sinden alınan seslerin analiz edilmesiyle davul kasnağı üzerindeki akort vida(11)larının sıkılması veya gevşetmesine olanak sağlayacak elektromekanik bir sistem olan otomatik davul akort cihazı mekanikliği ile ilgilidir.		
BAŞVURU SAHİPLERİ			
Ad Soyad/Unvan	YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ DÖNER SERMAYE İŞLETME MÜD		
TC Kimlik/Vergi No		Sahip Türü	Tüzel
Uyruk	TÜRKİYE	Başvuru Hak Oranı	98
Telefon		E-Posta	
Ad Soyad/Unvan	YILDIZ TEKNOLOJİ TRANSFER OFİSİ ANONİM ŞİRKETİ		
TC Kimlik/Vergi No		Sahip Türü	Tüzel
Uyruk	TÜRKİYE	Başvuru Hak Oranı	2
Telefon		E-Posta	
BULUŞ SAHİPLERİ			
Ad Soyad/Unvan	ÖZGÜN ARDA NURAL	Gizlilik Beyanı	Hayır
TC Kimlik/Vergi No		Başvuru Hakkı Beyanı	Hizmet İlişkisi
Uyruk	TÜRKİYE	E-Posta	
Telefon			
Ad Soyad/Unvan	ARDA EDEN	Gizlilik Beyanı	Hayır
TC Kimlik/Vergi No		Başvuru Hakkı Beyanı	Hizmet İlişkisi
Uyruk	TÜRKİYE	E-Posta	
Telefon			
Ad Soyad/Unvan	TURAN SAĞER	Gizlilik Beyanı	Hayır
TC Kimlik/Vergi No		Başvuru Hakkı Beyanı	Hizmet İlişkisi
Uyruk	TÜRKİYE	E-Posta	
Telefon			
VEKİL BİLGİSİ			
Unvan	ADIM PATENT FİKRİ VE SINAİ HAK. EĞT. DAN. MATBAACILIK YAYN. HZM. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.		
Vergi Numarası			
FATURA DÜZENLENECEK BAŞVURU SAHİBİ			
Ad Soyad/Unvan	ADIM PATENT FİKRİ VE SINAİ HAKLARI EĞİTİM DANIŞMANLIK MATBAACILIK YAYINCILIK HİZMETLERİ SANAYİ VE TİCARET LIMITED SİRKETİ		
Tc Kimlik/Vergi No			

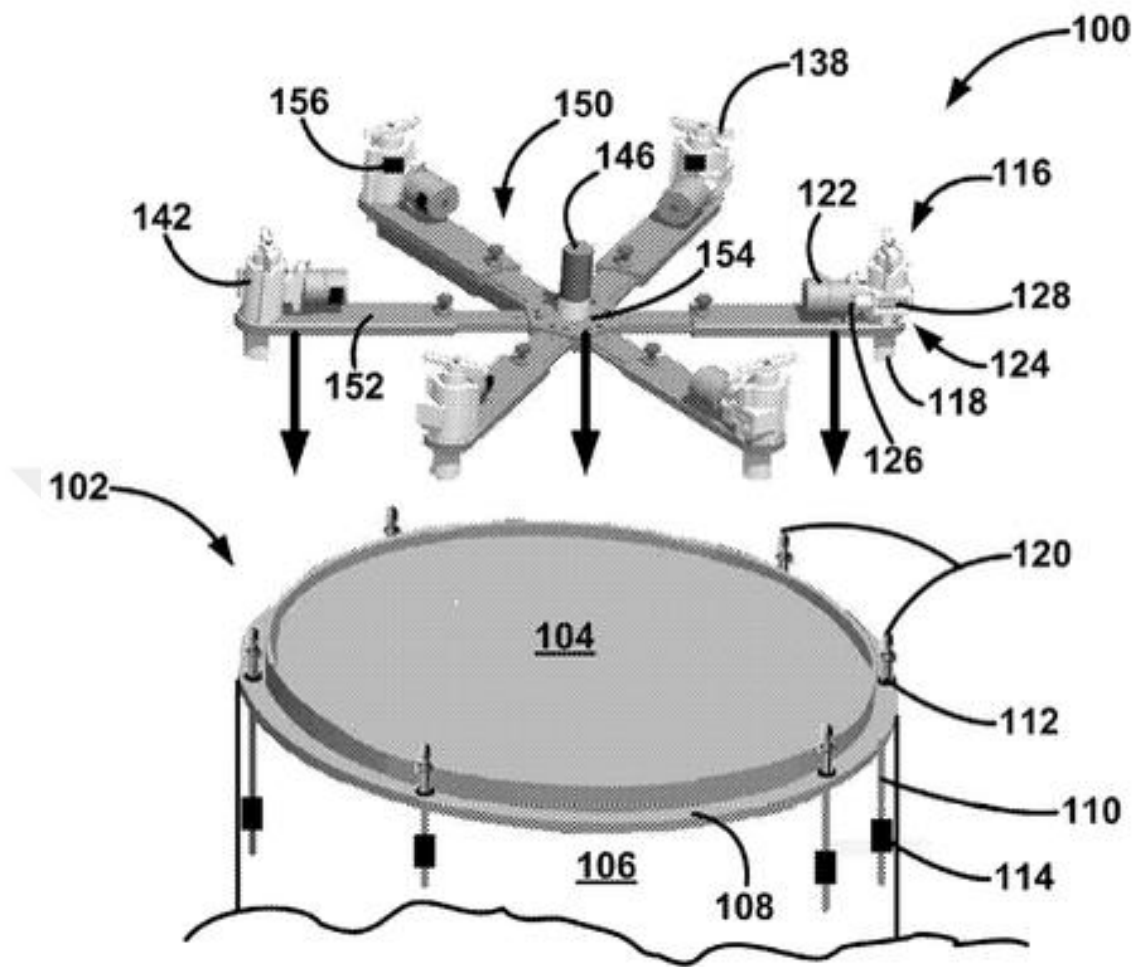
Ek 6. Örnek Patent



Ek 7. Örnek Patent



Ek 8. Örnek Patent



Ek 9. Örnek Patent

