

**AYAK HAREKET ETTİRME
MEKANİZMASI**

**YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**HASAN IŞIK
ZUHAL ALADAĞ
ABDUL MELİK TOKLU**

**Biyomedikal Mühendisliği Bölümüne Sunulan Lisans
Bitirme Projesi**

LEFKOŞA, 2019

**AYAK HAREKET ETTİRME
MEKANİZMASI**

**YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**HASAN IŞIK
ZUHAL ALADAĞ
ABDUL MELİK TOKLU**

**Biyomedikal Mühendisliği Bölümüne Sunulan Lisans
Bitirme Projesi**

LEFKOŞA, 2019

BİLDİRGE METNİ

Bu belgedeki tüm bilgiler toplandığı zaman akademik kurallar ve etik kurallar çerçevesinde toplanıp, hazırlanmıştır. Bizlerde bu kuralların ve davranışların gerektirdiği gibi hazırlayıp, sunduğumuzu beyan ederiz.

İsim, Soyisim:

İmza:

İsim, Soyisim:

İmza:

İsim, Soyisim:

İmza:

Tarih:

TEŞEKKÜR METNİ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, iki dönem boyunca değerli bilgilerini bizlerle paylaşan, kendisine ne zaman danışsak kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bize faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını sunan güler yüzünü ve samimiyetini bizden esirgemeyen, kullandığı her kelimenin hayatımıza kattığı önemi asla unutmayacağız saygıdeğer danışman hocamız Araştırma Görevlisi Niyazi ŞENTÜRK' e sonsuz teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Yine çalışmamız boyunca bizden biran olsun yardımlarını eksik etmeyen her sorun yaşadığımızda yanına çekinmeden gittiğimiz güler yüzlü, tecrübeli çok değerli hocalarımız Görkem SAY, Ehsan FARAMARZI, Umut MAYETİN'e çok teşekkür ediyoruz.

Son olarak çalışma süresince tüm zorlukları bizimle göğüsleyen hayatımızın her evresinde bize destek olan güvenini bizden esirgemeyen, bugünlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ailelerimiz; Fahri ALADAĞ, Fatma Reyhan ALADAĞ, Hatice IŞIK, İlhan IŞIK, Esmâ TOKLU, Osman TOKLU' ya sonsuz teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti

Lefkoşa, 2019

Zuhal ALADAĞ

Hasan IŞIK

Abdul Melik TOKLU

ÖZET

Bu çalışmada, tek alt ekstremitedeki yürüme bozukluğu olan insanlar için bir dış iskelet sisteminde tasarım ve yapay sinir ağları ile kontrollü yürüme amaçlanmaktadır. Dış iskelet sisteminin tasarlanması SolidWorks programı ve yazılımı kullanılarak üç boyutlu modellenme yapılmıştır. Eş zamanlı olarak insanlar üzerinden deneyler yapılarak yürüme verileri alınmış ve ayak tabanı buna bağlı olarak dörde bölünerek zemin üzerinden etkiyen tepki kuvvetleri belirlenip ölçülmüştür. Deney sonucunda elde edilen veriler kullanılarak insan iskelet sisteminin yürümesi modellenip dış iskelet sisteminde oluşan gerilmeler, kasılmalar, yürüme hareketleri ve şekil değiştirme metodları elde edilmiştir. Bu deneyler ile kontrol aşamasında kullanılacak yürüme ve yürütme verileri elde edilmiştir. Ayrıca ayakta oluşan tepki kuvvetinin mevcut halindeki durumlar için motor gücü tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yürüme Analizi; Alt Eksremite; Dış İskelet Sistemi; Yürüme Hareketi Kontrolü; SolidWorks yazılımı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM BİR.....	1
GİRİŞ 1	
1.1 Amaç	1
1.2. Eklemler:.....	4
1.3. Eklemlerin Gelişmesi:	4
1.4. Eklemlerin Sınıflandırılması	4
1.6. Cavitas Articularis (Eklem Boşluğu):	5
1.7. Cartilago Articularis (Eklem Kıkırdağı):	5
1.8. Capsula Articularis (Eklem Kapsülü	5
1.9. Ligamenta (Eklem Bağları):.....	6
1.10. Tam Hareketli Eklem Yüzlerinin Sayısına Göre Sınıflandırılması	6
1.10.1.Articulatio Simplex (Basit Eklem.....	6
1.10.2.Articulatio Composita (Birleşik Eklem):.....	6
1.10.3.Articulatio Combinata(Kombine Eklem):	6
1.10.4.Articulatio Complexa :	6
1.11.1.Tam Hareketli Eklemlerin Eksenlerine Göre Sınıflandırılması	6
1.11.2.Tek Eksenli (Uniaxial) Eklemler : Bu.....	7
1.11.3.İki Eksenli (Biaxial) Eklemler:	7
1.11.4.İkiden Fazla Eksenli (Poliaxial) Eklemler	7
1.11.5.Belirli Bir Eksenli Olmayan (Monoaxial) Eklemler	7
1.12.Tam Hareketli Eklemlerin Eklem Yüzlerinin Şekline Göre Sınıflandırılması.....	7
1.13.Eklemlerde Yapılan Hareket Çeşitleri	8
1.13.1.Kayma Hareketleri:.....	8
1.13.2.Açısal Hareketler:.....	8
1.14.Eklem Yüzeylerinin Birbirinden Uzaklaşmasını Önleyen Faktörler	9
1.15.Dinamik Stabilizatörler.....	10
1.16.ALT EKSTREMİTE BÜYÜK EKLEMLERİ	11
1.16.1.Kalça Eklemi(Articulatio Coxae)	11
Eklem Hakkında Genel Bilgiler:	11
1.17.AYAK BİLEĞİ EKLEMİ(Articulatio Talocruralis)	12

1.18.1.AYAK EKLEMLERİ(Articulationes pedis)	18
2.1.ARDUİNO:.....	20
2.1.2.Arduino Bileşenleri:	20
2.1.3. Arduino'nun Temel Bileşenleri.....	20
2.1.4. Ardiuno İle Neler Yapılabilir?	20
2.1.5.Arduino Nasıl Kullanılır?	20
2.2.PNP Yöntemi İle Baskı Devre Yapımı.....	21
2.2.1.PNP Yöntemi İle Baskı Devre Yapımında Gerekli Malzemeler	21
2.2.3.İŞLEMLER.....	22
2.2.4.Dikkat Edilmesi Gerekenler:	22
2.2.5.Baskı Devre Kalemi Kullanma Yönteminde Kullanılan Malzemeler:	22
2.2.6.İŞLEMLER.....	23
2.2.7.BASKI DEVRE KARTI.....	23
2.3.DİRENÇ NEDİR?	23
2.3.1.Direncin devredeki amacı:	24
2.3.2.Yapılan Malzemeye Göre Direnç Çeşitleri.....	24
2.3.2.1. Karbon karışımlı dirençler:	24
2.3.2.2. Film direçler (ince tabakalı) :.....	24
2.3.2.4.Tel sarımlı (taş) dirençler:	25
2.4.Direnç Bağlantı Türleri:	25
2.4.1. Paralel bağlantı.....	25
2.4.2. Seri Bağlantı:	25
2.5.DİYOT	26
2.5.1.Diyotların Polarlaması ve Diyotların Çalışması Şekli.....	27
2.5.2.Doğru polarlama	27
2.5.3.Ters polarlama:	27
2.5.4.İDEAL DİYOT	28
2.6.KONDANSATÖR.....	30
2.6.1.Kondansatörlerin Şarjı:	31
2.6.2.Kondansatörlerin Birimi.....	31
2.6.3.Kondansatörlerin Çalışma Voltajı.....	32
2.7.TRANSİSTÖR	32

2.7.1.Transistörlerin İç Yapısı ve Çalışma Prensibi.....	32
2.7.2.NPN Tipi Transistörler:	33
2.7.3.PNP Tipi Transistörler:	34
2.8.LED	35
2.8.1.Ledin Çalışma Prensibi :.....	35
2.9.BUTON.....	36
BÖLÜM 3.....	37
ELEKTRONİK KISIM.....	37
3.1.ELEKTRONİK KART	37
3.2.3 Boyutlu (3D) Yazıcı Nedir.....	38
3.3.3 Boyutlu (3D) Yazıcı Ne İşe Yarar:.. ..	38
3.4. 3 Boyutlu Yazıcı Tarihi	39
3.5. 3D Yazıcılar Nasıl Çalışır:	40
3.6. 3D Yazıcı ile Neler Yapılabilir? 3D Yazıcıların Kullanım Alanları Nelerdir?	41
SONUÇ	49
KAYNAKÇA.....	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Ayak bileğinde bulunan bağlar.....	15
Şekil 2. Ayak Bileğinin Dıştan ve İçten Görünüşü.....	15
Şekil 3. Ayak Bileği Bölümleri.....	16
Şekil 4. Ayak bileğinin görünüş biçimleri.....	16
Şekil 5. Arduino Temel Kartı.....	21
Şekil 6. Direnç ve Sembolü.....	24
Şekil 7. Paralel Bağlantı Şeması.....	25
Şekil 8. Seri Bağlantı Şeması.....	26
Şekil 9. Direnç Renk Kodları.....	26
Şekil 10. Doğru Polarma.....	27
Şekil 11. Ters Polarma.....	28
Şekil 12. Diyot ve Anot Katot Uçları.....	29
Şekil 13. Diyot Çeşitleri ve Gösterimi.....	30
Şekil 14. Diyotun Karakteristik Eğrisi.....	30
Şekil 15. Kondansatörlerin Gösterimi.....	31
Şekil 16. Kondansatörün Şarj Şeması.....	32
Şekil 17. Kondansatör Birimleri.....	32
Şekil 18. Transistör ve İç Yapısı.....	33
Şekil 19. NPN Tipi Transistör İç Yapısı.....	34
Şekil 20. NPN Tipi Transistör.....	34
Şekil 21. PNP Tipi Transistör ve İç Yapısı.....	35
Şekil 22. PNP Tipi Transistör.....	35
Şekil 23. Led ve Renk Çeşitleri.....	35
Şekil 24. Led'in Çalışma Prensibi.....	36
Şekil 25. Buton Çeşitleri.....	36

Şekil 26. Elektronik Kart.....	37
Şekil 27. Elektronik Kart Üzerinde Devre Yolları.....	37
Şekil 28. PIC16F678A.....	38
Şekil 29. 3 Boyutlu Yazıcı	39
Şekil 30. 3D Yazıcıların Çalışma Prensibi	40
Şekil 31. Sanal Ortamda 3D Model Tasarımı.....	41
Şekil 32. Modelleme	42
Şekil 33. 3D Boyutlu Yazıcı Portatifi.....	47

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Amaç

Birçok patolojik durumun açıklanmasında ve yeni tedavi yöntemlerinin oluşturulmasında insan hareket ve fonksiyonun değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle çeşitli test ve değerlendirme yöntemleri geliştirilmekte olup fikir ve çözüm yolu aranmaktadır.

Eklem hareket genişliği, bir eklem gerçekteştirdiği hareket miktarını belirtir. Eklem hareketinin objektif bir şekilde değerlendirilmesi, yapılan tedavinin yeterli olup olmadığının belirlenmesi açısından gereklidir. Bununla beraber eklem genişliği değeri, hastalığın anlaşılmasında, tedavi edici egzersizlerin etkin uygulanmasında ve tedavi programları üzerinde uygulanacak değişikliklerin belirlenmesinde kullanılmakta olup gelişmeler takip edilmektedir.

Klinikte normal eklem hareketinin (NEH) değerlendirme aşamasında inspeksiyon, universal gonyometreler, radyografik ölçümlerde, bilgisayar destekli uygulamalı videoların analizleri gibi birçok yöntem biçimi kullanılmaktadır. İnclinometre son yıllarda kullanılan açısal hareketleri yerçekimi ivmelerine göre kaydeden cihazdır. İnclinometrenin, ölçümde çok sık kullanılan alet olan gonyometreye oranla daha gerçekçi sonuçlar verdiği çalışmalar sonucu tespit edildi. Omurgada oluşan hareketler gibi kompleks hareketlerin ölçümünde inclinometrenin üstünlüğü birçok çalışmada belirtilmiştir.

Eklem hareketlerinin genişlik değerini, eklem etrafındaki yumuşak dokular ve kemik yapılar gösterir. Yumuşak dokular; kaslar, tendonlar, kapsül, cilt, cilt altındaki doku, sinirler ve kan damarlarından oluşmaktadır. Bütün bu yapılar eklem hareket genişliğini etkiler.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin en önemli sağlık problemleri arasında gösterilen obezite, olması gerektiğinden fazla yağ dokusunun sağlığı etkileyecek şekilde vücuttaki birikimi olarak sonuçlanır.

Günümüzdeki bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerin ilerlemesiyle insanların yaşam biçimleri ve beslenme alışkanlıkları gittikçe değişmiştir. Yağlar ve karbonhidratların aşırı

tüketilmesi, azalmış fiziksel aktivite ve sedanter yaşam şekli obezitenin gittikçe artmasına sebep olmaktadır.

İnsan yürüme hareketinin belirlenmesi, tıp alanındaki uzmanları, mühendisler ve matematikçiler için her zaman aşılması zor bir problem olmuştur. Günlük yaşamda insansı robotların insan faaliyetlerine yardım edebilmeleri için insana yakın doğal yürüme yollarının sağlanması gerekmektedir. İnsan yapısının karmaşık olması nedeniyle insan yürütme şeklinin uygulanabileceği alt eksremite destek sistemi tasarlamak oldukça zor bir iştir. Bunun sağlanması için yürüme hareketinin yüksek serbestlik dereceli karmaşık sistemin basitleştirilmesi gerekir.

Bu sorunların üstesinden gelmek için birçok araştırmacı teorik ve deneye bağlı çalışmalarında biped robot modeli oluşturmuşlardır. Alt eksremite destek sisteminin tasarımında, eklemlerin açısal aralığı sınırlaması, bacakların kinematik değeri, eklemlerin açısal hız değerleri, bağlantıları arasındaki temaslar gibi çeşitli faktörler bulunmaktadır. Yürümenin başlangıç süreci basınç aletleri kullanılarak elde edilen mekanik kayıtların biyomekanik analizleri ile incelenir. İnsan yürüme hareketi yan, ön ve dik düzlemlerdeki dinamiksel hareketlerin birleşmesinden oluşmaktadır. Bipedal yürüyüşün yürüme hareketlerini elde etmek için yürüme analizi iki veya daha fazla düzlemde deneysel verilere dayanarak gerçekleştirilmelidir.

Yürüme hareketi temel olarak sağıtal düzlemin ekseninde yer almaktadır. Sağıtal düzlemin ekseninde bipedal yürüme modeli insan yürüme hareketlerine benzerdir. Tüm biped robotlar en fazla bu düzlemin eksenindeki ekleme sahiptir. Yürüme yörüngesinin tespit edilmesi düzgün bir yürüme hareketinin oluşturulup belirlenmesini sağlar. Bu kararlı bir hareketi belirlemek için gereklidir.

Gelişen teknoloji ile dış iskelet sistemlerinde kullanılan sensörler, eyleyici (aktüatör) ve kontrol ünitelerinin boyutları küçültülüp güçleri arttırılmaktadır. Bununla birlikte eklemlerin istenen kinematiğini ve hareketlerindeki artışı veya azalışı belirleyerek, moment ve güç ihtiyaçlarının belirlenmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmada, tek alt eksremite problemi yaşayan insanlar için dış iskelet sisteminin tasarlanması ve sinir sistemin hareketinin yapay sinir ağları ile sağlanması amaçlanmakta ve geliştirilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmalar sağlıklı insan üzerinden bilek, diz ve kalça

eklemlerinin açma germe açıları ve basma sırasındaki ayağa gelen tepki kuvvetleri ile tespit edilmiştir. Tasarım aşamasında, kullanıcının fizyolojisine uyucak şekilde, uzunluğu değiştirilebilir, istenen yörüngelerde hareket etmeyi sağlayan, rijit formlardaki elemanlardan oluşan üç serbestlik dereceli dış iskelet sistemi SolidWorks programı ile tasarlanmıştır. Bu analizlere göre dış iskelet sisteminin taşıyıcılık olan kısımlarının nihai geometrisi ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Yürüme sırasında motorlara gelen moment ve dönme değerlerini analiz etmek için yürümenin kinematik-kinetik analizleri SolidWorks Motion ile gerçekleştirilmiştir ve arduino yazılımı ile desteklenmiştir.

1.2. Eklemler:Hareketli eklem olsun veya olmasın kemiklerin bir şekilde birbirleriyle birleştikleri yerlere eklem (Lat. Articulatio, junctura; Gr. Arthron) denir. Eklemler, kemikler arasındaki fonksiyonel bağlantıyı sağlayan yapılardır. Bazı eklemlerde kemikler birbiriyle hareket etmeyecek şekilde bağlanmıştır. Sınırlı hareket imkanı veren eklemlerde kemik yüzeyler arasındaki süreklilik kıkırdak doku ile sağlanır. Tam hareketli eklemlerde ise eklemlaşen kemik uçları arasında süreklilik bulunmaz.

1.3. Eklemlerin Gelişmesi:İskeletin farklı kısımları tek bir oluşum şeklinde bulunan mezoderm'den gelişir. Bu tomurcuklar mezoderm hücrelerinin çoğalmasıyla oluşur. Mezenşim hücrelerinin çoğalmasıyla oluşur. Mezenşim hücrelerinin çoğalarak kümeleşmesi ve blastema'yı oluşturması yoğunlaşma döneminde gerçekleşir. Bu kümecikler 4. Haftadan itibaren kıkırdaklaşır ve daha sonra (6-9. aylar arasında) da gelişerek kemikleşir.

Embriyolar dönemin sonu ya da erken fetal dönemde, büyük olan eklemlerin sinovyal mezenşiminin interzonunda önce küçük vakuol benzeri boşluklar belirir ve zamanla bunlar belirginleşerek birbiriyle birleşirler. Kaviteleşme olarak adlandırılan bu olay sinoviosit katının farklanması ile hemen hemen aynı dönemde gerçekleşir. Kaviteleşme ilk olarak ortadaki interzondan başlar. Küçük kaviteler genişleyerek ve birbiriyle birleşerek, gelişerek eklem boşluğuna dönüşürler.

1.4. Eklemlerin Sınıflandırılması

Eklemler morfolojik yapılarına veya fonksiyonel özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

Morfolojik yapıya göre:

1. Articulationes fibrosae (Fibröz Bağlantılar)
2. Articulationes cartilagineae (Kartilaginöz Bağlantılar)
3. Articulationes synoviales (Sinovyal Bağlantılar) olarak ayrılırlar.

Fonksiyonel sınıflandırmada eklemlerin hareket olanakları göz önünde alınır. 3 ana başlık altında incelenir. Fonksiyonel sınıflandırmada eklemler:

1. Synarthrosis (Hareketsiz Eklemler)
2. Amphiarthrosis (Az Hareketli Eklemler)
3. Diarthrosis (Hareketli Eklemler) olarak ayrılırlar.

1.5. Diarthrosis Tipi Eklemler

Bu gruptaki eklemler tam hareketli olup vücudumuzdaki eklemlerin çoğu bu grup içerisinde yer alır. Gerek anatomik, gerek fizyolojik bakımdan vücudun en mükemmel eklemleri olmakla beraber vücut parçalarının hareket ederek konumlarını değiştirmelerine olanak sağlarlar. Diarthrosis grubu içerisinde yer alan eklemlerin ortak özellikleri şunlardır:

1.6. Cavitas Articularis (Eklem Boşluğu): Sinovya adı verilen eklem sıvısıyla dolu olan bu boşluk, eklem yüzleri arasında kalan eklem aralığının dıştan eklem kapsülü ile çevrelenmesiyle meydana gelir.

1.7. Cartilago Articularis (Eklem Kıkırdığı): Eklem yüzleri, cartilago articularis adını alan sağlam ve düzgün, genellikle de hyalin kıkırdaktan yapılmış bir doku ile döşelidir. Eklem kıkırdığı, eklem üzerine etki eden yüklerin geniş bir alana dağıtılmasını ve eklemden oluşan hareketlerinin en az sürtünme katsayısı ile gerçekleşmesini sağlar. Eklem yüzlerinin birbirine uygun olması ve temas etmesi, eklem hareketlerinin düzenli ve rahat yapılabilmesi için gereklidir. Eklem yüzleri arasında görülen uyumsuzlukları gidermek için bazı yardımcı durumlar ortaya çıkmıştır. Bunlar;

1.7.1. Discus Articularis : Eklem boşluğunu saran kısmen veya tamamen ikiye bölen bu oluşum fibro-kartilaginöz yapıdadır.

1.7.2. Meniscus Articularis : Os femoris'in condylus lateralis ve medialis'leri ile tibia'nın condylus medialis ve lateralis'leri arasındaki uyumsuzluğun giderilmesini sağlarlar.

1.7.3. Labrum Articulare : Uyumsuz olan eklem yüzünü genişletmek amacıyla fac. Articularis'in kenarlarına tutunmuş oluşumlardır.

1.8. Capsula Articularis (Eklem Kapsülü): Eklemleşen kemik uçlarına tutunan kapsülün, eklem boşluğunda negatif hava basıncının oluşturulması ve eklem boşluğunu dolduran sıvının salgılanması gibi etkin fonksiyonları vardır. Eklem kapsülü iki tabakadan meydana gelmiştir.

- **Stratum Synoviale (Membrana Synovialis):** Capsula articularis'in iç yüzü ile Cartilago Articularis dışında kalan, eklem yüzlerini örten, yassı veya kuboidal hücrelerden oluşmuş bir tabakadır. İçerisinde iki tüp hücre yer almaktadır. Synoviocyte phagocyticus (A hücreleri) hücreleri fagositik özellik gösterir.

Synoviocytus secretorius hücreleri (B hücreleri) gelişmiş endoplazmik retikulumlara sahiptir ve sinovyalı salgılar. Eklem kıkırdığını besleyen sinovyal eklemlerin daha rahat hareket etmesi için eklem yüzlerini yağlar ve kayganlaştırır.

- **Stratum fibrosum (Membrana Fibrosa):** Fibroz bağ dokusundan yapılmış olup capsula articularis'in dış tabakasını oluşturan sert bir yapıdır.

1.9. Ligamenta (Eklem Bağları):Kuvvetli bağ dokusundan yapılmış olan ve kemik uçlarının birbirine bağlanmasını sağlayan bu yapılar eklem kapsülünün dışında (Ligamenta Extracapsularia), eklem kapsülünde (ligamenta Capsularia) ve eklem boşluğu içinde (ligamenta intracapsularia) bulunabilir. Ligamentler tutunduğu kemiğin doğal hareketine izin veren esnek ve bükülgen yapılardır. Aynı zamanda uygulanan kuvvetlere karşı uygun direnç sağlayabilecek ölçüde güçlü bir yapıları vardır.

1.10. Tam Hareketli Eklem Yüzlerinin Sayısına Göre Sınıflandırılması

1.10.1.Articulatio Simplex (Basit Eklem): Eklemi, karşı karşıya gelen iki eklem yüzü oluştururlar. Articulatio Interphalangeae manus bu tip ekleme örnektir.

1.10.2.Articulatio Composita (Birleşik Eklem): İki'den fazla eklem yüzüne sahip olan eklemdir. Articulatio Cubiti örnek gösterilebilir. Burada Articulatio Humeroulnaris, Articulatio Humeroradialis ve Articulatio Radioulnaris proximalis ortak bir kapsülle birleşmişlerdir.

1.10.3.Articulatio Combinata(Kombine Eklem):Eklem kapsülleri ve eklem boşlukları ayrı olmakla birlikte fonksiyonel olarak bir bütünlük içinde çalışan eklemlerdir. Örnek olarak Articulatio Radioulnaris distalis et proximalis fonksiyonel olarak çalışırlar.

1.10.4.Articulatio Complexa :İntraartiküler kıkırdak taşıyan eklemler bu gruptadır. Örnek Articulatio Temporomandibularis.

1.11.1.Tam Hareketli Eklemlerin Eksenlerine Göre Sınıflandırılması

Fonksiyonel bir sınıflandırma olmakla birlikte yapılan tanımlamalar klasik anatomik pozisyonda birbirine dik olan eksenlere göre yapılır. Buna göre eklemleri aşağıdaki gibi 4 ana başlık altında sınıflandırabiliriz:

1.11.2.Tek Eksenli (Uniaxial) Eklemler : Butip eklemlerde eksen tranvers ya da vertikaldır. Transvers ekseninde ginglymus (menteşe) grubu eklemler sadece bükülme (fleksiyon) ve gerilme (ekstansiyon) hareketlerini gerçekleştirir. Vertikal ekseninde trokoid grubu eklemler sağa-sola veya içe-dışa dönme (rotasyon) hareketlerini yapmamızı sağlarlar.

1.11.3.İki Eksenli (Biaxial) Eklemler:İkieksenli eklemlerde bir tranvers bir de sagittal eksen bulunur. Tranvers eksen etrafında fleksiyon-ekstansiyon, sagittal eksen etrafında ise abduksiyon-adduksiyon hareketleri gerçekleşir.

1.11.4.İkiden Fazla Eksenli (Poliaxial) Eklemler : Bu tipeklemlerde üç ana eksen bulunur. Bunlar transvers, sagittal ve vertikal eksenlerdir ve bu eksenlerde sırasıyla fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon-adduksiyon ve iç-dış rotasyon hareketleri yapılabilir. Bu temel eksenlerin yanı sıra sayısız tali eksenlerde görülmektedir. İki ve ikiden fazla eksenli eklemlerde sirkumdüksiyon (circumductio) hareket de ortaya çıkabilir.

1.11.5.Belirli Bir Eksen Olmayan (Monoaxial) Eklemler : ArticulatioPlana grubuna dahil edilen bu tip eklemlerde eklem yüzleri düze yakın şekilde olup ve üç temel düzlemde kısıtlı hareket gerçekleştirirler. (Akbulut&Özmen,1998)

1.12.Tam Hareketli Eklemlerin Eklem Yüzlerinin Şekline Göre Sınıflandırılması

- **Ginglymus:** Eklem yüzlerinden konveks olan makara, konkav olan makaraya uyacak şekildedir. Sadece axis transversalis'te fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri yapılabilir. Articulatio Humeroulnaris ve Articulatio Talocruralis bu tip ekleme örnek olarak verilebilir.
- **Articulatio Trochoidea :** Eklem yüzlerinden biri silindirik, diğeri ise silindire uyabilecek konkavlıktadır. Eklem, vertikal eksen üzerinde dönme hareketi gerçekleştirir. Articulatio Radioulnaris proximalis bu tip ekleme örnek gösterilebilir.
- **Articulatio Ellipsoidea:** Eklem yüzlerinden biri oval (dışbükey) bir yüze diğeri ise buna uyacak konkav (içbükey) bir yüze sahiptir. Elipsoid eklemler

fleksiyon-ekstansiyon ve abduksiyon-adduksiyon hareketlerini tranvers ve sagital eksenlerde gerçekleştirirler. Bu tip ekleme *Articulatio Radiocarpea* örnek gösterilebilir.

- **Articulatio Bicondylaris:** Bu tip bir eklemleşme oluşması için eklem yüzlerinden birinin çift kondil, diğerinin ise bu kondillere uyacak iki eklem yüzü bulunması ve içermesi gerekir. İnsan vücudundaki tek örneği *Articulatio Genus*'tur.
- **Articulatio Sellaris:** Transvers ve sagital eksenini bulanan bu tip eklemdeki eklem yüzleri eyere benzer bir yapıya sahiptir. *Articulatio Carpometacarpea pollicis* bu tip ekleme örnektir.
- **Articulatio Spheroidea :** Eklem yüzlerinden biri küreye benzer şekilde konveks, diğeri onu içine alacak şekilde konkavdır. Her üç ekseninde de hareket açığa çıkarılabilen bu eklem tipi vücutta *Articulatio humeri* ve *Articulatio coxae*'da bulunur.
- **Articulatio Plana :** Eklem yüzleri düze yakın bir şekilde olup büyük çaplı sferik bir eklem yüzünün bir parçası olarak kabul edilirler. Bu tip eklemlerde sadece kayma hareketleri izlenir. *Articulatio zygapophysiales* ve *articulatio intercarpeae*, plana tipi eklemlere örnektir.

1.13.Eklemlerde Yapılan Hareket Çeşitleri

Eklemlerde yapılan hareketleri kayma, açısal, sirkümdüksiyon ve rotasyon hareketleri olmak üzere dört ana gruba ayırabiliriz.

1.13.1.Kayma Hareketleri:Bir eklem yüzünün diğeri eklem yüzü üzerinde her bir yöne doğru hafif kayması şeklinde tanımlanabilir. En basit hareket çeşidi olarak örnek verilebilir.

1.13.2.Açısal Hareketler:Bu hareketlere fleksiyon (*flexio*), ekstensiyon(*extensio*), abduksiyon (*abductio*) ve adduksiyon (*adductio*) hareketleri denir.

- **Flexio:** “Bükülme” veya “Kıvrılma” anlamına gelir. Bu hareket sonucunda eklemi oluşturan kemikler arasındaki açılma azaltılır. Daha rahat hareket sağlanır.
- **Extensio:** Bu hareketle fleksiyon durumundaki eklem tekrar eski durumuna döner. “Gerilme” veya “Açılma” anlamına gelen ekstensiyon hareketinde eklemi oluşturan kemikler arasındaki açının artması sonucu ortaya çıkar.
- **Abductio:** “Uzaklaştırma” anlamına gelmektedir. Abduksiyon ile alt ve üst ekstremiteler gövdeden dış tarafa doğru uzaklaşır. Aynı zamanda el ve ayak parmaklarının elin ve ayağın orta hattından dışa doğru uzaklaşma hareketi de abduksiyon hareketi olarak tanımlanabilir.
- **Adductio:** Alt ve üst ekstremitenin iç tarafa doğru getirilmesiyle ortaya çıkan bir durumdur. Ayrıca el ve ayak parmaklarının el ve ayağın orta hattına doğru getirilmesi hareketidir.
- ❖ **Circumductio:** Eklemelerde görülen bu hareket bir nokta etrafında gerçekleştirilen dairesel dönme hareketi şeklindedir.
- ❖ **Rotatio:** Hareket axis verticalis etrafında gerçekleşir. Rotatio, rotatio interna (iç yana dönme) veya rotatio externa (dış yana dönme) şeklindedir. Eklemlere dönme hareketi yaptırır.

1.14. Eklem Yüzeylerinin Birbirinden Uzaklaşmasını Önleyen Faktörler

Eklem normal dizilimlerinin korunması ve hareketlerinin amaca uygun olarak gerçekleştirilmesi için eklem yüzlerinin birbirlerine sıkıca temas etmeleri gerekmektedir. Eklem yapısı anahtar kilit şeklinde olması gerekir. Eklem instabilitesinin etiyolojisi genellikle birçok nedene bağlı olmakla beraber instabilite sonucunda eklemde mikrosubluksasyon veya dislokasyonlar görülebilir. Bir eklem stabilizasyonunu sağlayan bazı statik ve dinamik yapılar mevcuttur. Statik yapılar; ligamentler, labrum, eklem kapsülü, eklem yüzlerinin şekli ve eklem içi negatif basınçtır. Dinamik yapılar ise eklem çevresini saran kaslardır. (Otman, 1998)

❖ Statik Stabilizatörler

Eklem kapsülü: Eklem kapsülünün sinovyal eklemlerin fonksiyonlarını yerine getirmesinde büyük bir önemi vardır. Yoğun konnektif fibröz dokudan yapılmış olan eklem kapsülü, hareketi sınırlayarak pasif stabiliteyi sağlar. Proprioceptif sinir sonlanmaları sayesinde de aktif stabilizasyonu gerçekleştirir.

Ligamentler: Bağlar iki kemik arası bağlantıyı sağlayıp eklemlerin mekanik stabilitesini artıran yapılardır. Paralel dizilimli kollajen liflerden oluşan bu yapı aşırı hareket oluşumunu engeller ve eklem hareketlerinin düzenli gerçekleştirilmesini sağlar.

Labrum: Labrum, fibrokartilaginöz dokudan oluşmuş olup eklem stabilizasyonundan sorumlu bir yapıdır. Bu stabilizasyonu konkav eklem yüzünün derinliğini arttıracak şekilde gerçekleştirir. Labrum'un aynı zamanda eklemi yağlayıcı ve şok emici özelliği de vardır.

Eklem Yüzlerinin Şekli: Kalça ve ayak bileği gibi eklemlerde kemiklerin anatomik dizilimi sonucu doğal bir stabilizasyon görülür. Yükler altında eklem yüzlerinin geometrik şekli pasif ayak bileği stabilitesinden sorumlu olan temel bir yapısı vardır. Diz ve omuz eklemi gibi eklemlerde anatomik uyumun yetersiz olması eklem doğal stabilizasyonunu azaltır.

Eklem Boşluğundaki Negatif Hava Basıncı: Bu basınç değişik pozisyonlarla değişmekle beraber her zaman dış atmosfer basıncından düşük olmaktadır. Kalça ekleminde negatif basıncın oluşturduğu çekme kuvveti ortalama 15 kg kadardır ve sadece bu kuvvet bile ekstremitayı taşımak için oldukça yeterlidir. (Onat, 2003)

1.15.Dinamik Stabilizatörler

Aktiviteler sırasındaki dinamik eklem stabilitesi (aktif stabilite) kaslar ve muskulotendinöz ünite gibi kasılabilir yapılar tarafından sağlanır. Articulatio gelenohumerale vücudumuzdaki hareketliliği en fazla olan eklemlerden birisidir. Kasların omuz eklemi stabilizasyonuna katkıları aşağıdaki mekanizmalarla açıklanabilir:

- Kasların kendinden kaynaklanan pasif kas gerginliği.
- İntraartiküler yüzeylerin aşınmasına neden olan kontraksiyon.

- Pasif ligamentöz sınırlayıcıları ikincil olarak gerginleştiren eklem hareketi.
- Kontrakte olmuş kasın durma etkisi.
- Kas hareketinin koordinasyonu ile eklem tepki gücünün glenoid yüzeyinin merkezine doğru yönlendirilmesi. (Akdere,1998)

1.16.ALT EKSTREMİTE BÜYÜK EKLEMLERİ

1.16.1.Kalça Eklemi(Articulatio Coxae)

Eklem Hakkında Genel Bilgiler:Vücudun en büyük ve stabil eklemlerinden birisi olan kalça eklemi femur'un caput ossis femoris'i ile os coxae'nın acetabulum'u arasındadır. Articulatio coxae, multiaksial karakterli art.spheroidea tipinde sinovyal bir eklemdir. Eklem konveks eklem yüzünü caput ossis femoris oluşturur. Caput ossis femoris bir kürenin üçte ikisi kadar olup, içyana, yukarıya ve biraz da öne bakar. Fovea capitis femoris kısmı hariç etrafı eklem kıkırdağı ile kaplıdır. Eklem kıkırdağı merkezi kısımlarda kalın, periferde ise daha incedir. Bu yapının böyle olması eklem hareket etmesi açısından incelenebilir bir durumdur. Konkav eklem yüzünü oluşturan acetabulum oblik olarak öne, yana ve aşağı bakar. Acetabulum'un eklem kıkırdağı ile kaplı olan facies lunata'sı eklem katılır. Vücut ağırlığı, pelvis kemiklerinden femur'un caput femoris'ine facies lunata sayesinde nakledilir. Facies lunata'nın kuvvet iletiminin gerçekleştiği üst kısmı, diğer kısımlardan daha geniştir. Acetabulum'un eklem katılmayan bölümü olan fossa acetabuli, sinovyal membran ile çevrilmiş fibroelastik yağ dokusuyla doldurulmuştur. Labrum acetabulare adı verilen fibrokartilaginöz yapıdaki oluşumda acetabulum'u daha çukurdur.

Capsula Articularis:Articulatio coxae'nin eklem kapsülü sağlam ve sık örgülüdür. Kapsül medial'de labrum acetabuli'ye, lateral'de ise ön tarafta linea intertrochanterica'ya, arka tarafta da crista intertrochanterica'nın biraz yukarısında collum femoris'e tutunur. Vücudun yerçekimi merkezi kalça eklemine arkasından geçer ve eklemi hiperekstansiyona zorlar. Buna bağlı olarak kalça eklemine kapsülün ön kısmı arka kısmından daha kalın şekilde gelişmiştir.

Ligamenta Articulares:Articulatio coxae'da dört adet dış bağ bulunmaktadır. Bunlar;ligamenta İliofemorale, ligamenta ischiofemorale, ligamenta pubofemorale ve zona orbicularis'tir. Eklemde ligamenta capitis femoris ve ligamenta transversum acetabuli olarak adlandırılan iki adet de iç bağ bulunmaktadır.

- **Ligamenta Extracapsularia:** Ligamenta iliofemorale eklemde yer alan Y şeklindeki bir bağıdır. Bu bağın tepesi, yukarıda spina iliaca anterior inferior'un alt tarafına, tabanı ise linea intertrochanterica'ya tutunur. Uyluğun ekstansiyonunu önleyen bağ vücudun en güçlü bağıdır ve 300 kg ağırlığı kaldırabilir.
- **Ligamenta ischiofemorale:** Yukarıda acetabulum'un arka ve alt bölümüne tutunan kuvvetli bağ, dışa yukarı doğru seyrederken femur boyunu sarar. Ligamenta ischiofemorale uyluğun arkaya gitmesine engel olur ve iç rotasyon oluşumunu kısıtlar.
- **Ligamenta pubofemorale:** Üçgen şeklindeki bu bağ yukarıda eminentia iliopubica ve crista obturatoria'ya aşağıda ise linea intertrochanterica'nın alt iç ucuna tutunur. Ligamenta pubofemorale femur başını iç yandan destekler ve uyluğun ekstensiyon ve aşırı abduksiyon hareketini kısıtlar.
- **Zona orbicularis:** ligamenta ischiofemorale, ligamenta pubofemorale ve ligamenta iliofemorale'den ayrılıp derine giden lifler collum femoris'i en ince yerinden kaplayarak bu ligamenti oluşumunu sağlarlar.
- **Ligamenta capitis femoris:** Yassı ve üçgen şeklinde bir bağıdır. Ligamenta transversum acetabuli ve incisura acetabuli'nin kenarlarından başlayıp fovea capitis femoris'e tutunur.
- **Ligamenta transversum acetabuli:** İncisura acetabuli'nin uçlarına tutunarak çentiği kapatan yassı lif demetlerinden oluşan kuvvetli bir bağ dokudur. (Korugan, 2000)

1.17. AYAK BİLEĞİ EKLEMİ (Articulatio Talocruralis)

Eklem Hakkında Genel Bilgiler: Ayak bileği eklemi ginglymus sınıfına dahil olan sinovyal bir eklemdir. Eklemleşme, tibia ve fibula'nın alt parçası ile talus'un üst parçası arasında gerçekleşir. Ayak bileği eklemi, ayak bileğinin ön yüzündeki tendonların arasında hafif bir çökme şeklinde görülebilir. Tibia ve fibula'nın alt kısmı, talus'un trochlea tali parçasının yerleşimi için derin bir soket şeklindedir. Bu soket şeklindeki yuvayı iki malleol ve tibia'nın alt parçası oluşturur. Fibula'nın facies

articularis malleoli lateralis'i talus'un dış-yan tarafındaki üçgen şeklindeki facies malleolaris lateralis ile eklemleşir. Tibia ise talus ile iki yerde eklemleşir. Bunlardan ilki tibia'nın alt yüzünde çukurluğun çatısını oluşturan facies articularis inferior'dur. Bu eklem yüzünün ön kısmı arka taraftan daha geniş olmakla birlikte önden arkaya doğru hafifçe konkavdır. Facies articularis inferior, talus'un facies superior kısmıyla eklemleşme yapar. Tibia'nın talus ile eklemleşen ikinci kısmı ise facies articularis malleoli medialis'tir. Bu eklem yüzü, talus'un yarım ay biçimli facies malleolaris medialis'i ile eklemleşme sağlar. (James, 2004)

- **Capsula Articularis:** Ayak bileğinin ön ve arkasında ince olan fibröz yapıdaki eklem kapsülü yan taraflarda güçlü kollateral bağlarla desteklenmiştir. Her iki eklem yüzünü döşeyen kıkırdak dokusu yakınlarında kemiğe tutunur. Yalnız ön tarafta biraz daha aşağı uzanır ve talus'un yapısına ulaşır ve burada talus'un boynuna yapışır.
- **Ligamenta Articulares:** Articulatio talocruralis'te eklem kapsülünü iç yan ve dış yandan kuvvetlendiren bağlardan oluşmaktadır.
- **Ligamenta collaterale mediale (ligamenta deltoideum):** Malleolus medialis'in tepesi, ön ve arka kenarı ile üç tarsal kemik (os naviculare, calcaneus ve talus) arasında uzanır. Bu bağlar eklem fibröz membranının iç yanını kuvvetlendirir ve arcus longitudinalis'in korunmasına yardımcı olur. Üçgen şeklindeki bu bağ dört anatomik parçadan oluşmaktadır:

- I. Pars tibionavicularis
- II. Pars tibiocalcanea
- III. Pars tibiotalaris anterior
- IV. Pars tibiotalaris posterior

Ligamenta collaterale laterale: ayak bileğinin lateral kısmında, malleolus lateralis ile talus ve calcaneus olmak üzere uzanan üç bağ bulunmaktadır.

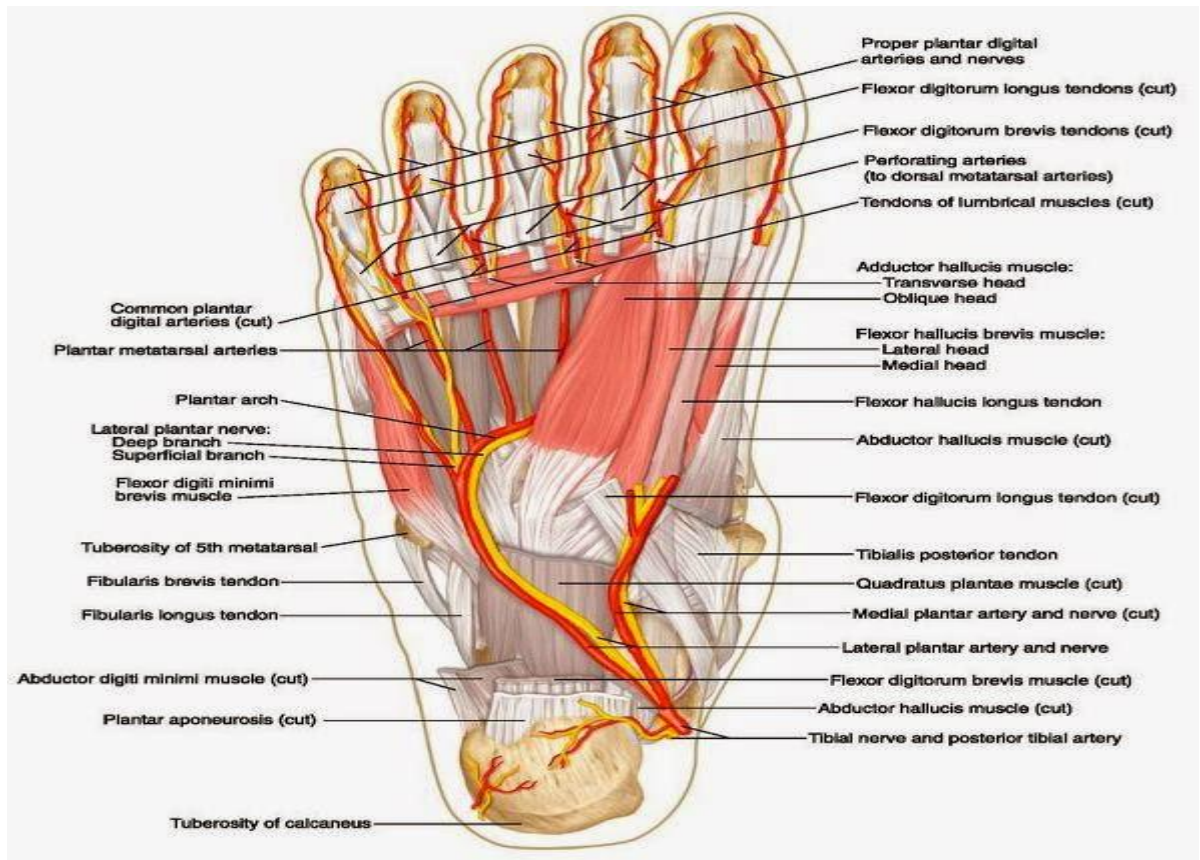
Ligamenta talofibulare anterius: Malleolus lateralis'ten başlayıp anteromedial şekilde collum tali'ye yapışan çok güçlü olmayan bir bağ olarak tanımlanır.

Ligamenta talofibulare posterius: Kalın ve oldukça güçlü bir bağıdır. Fossa malleoli lateralis'ten başlayıp horizontal bir şekilde hafifçe arka kısma yönelerek talus'un tuberculum laterale'sine yapışır.

Ligamenta calcaneofibulare: Posteroinferior bir seyirle malleolus lateralis'in tepesini calcaneus'un dış ve yan yüzündeki tuberculum calcanei'ye bağlar. M.peroneus longus et brevis'in tendonları bu bağın yüzeyinde çaprazlaşır. Çapraz yapılar daha sağlamlılık ve tutunma sağlar.

Ayak Bileği Eklemine Vaskülarizasyonu: Articulatio tibialis anterior'un malleolaris anterior lateralis ve medialis'i ile articulatio fibularis'in malleolares laterales'inden beslenir.

Ayak Bileği Eklemine İnervasyonu: Nervus tibialis ve nervus fibularis profundus tarafından innerve edilir.(Cleffken et al, 2007)

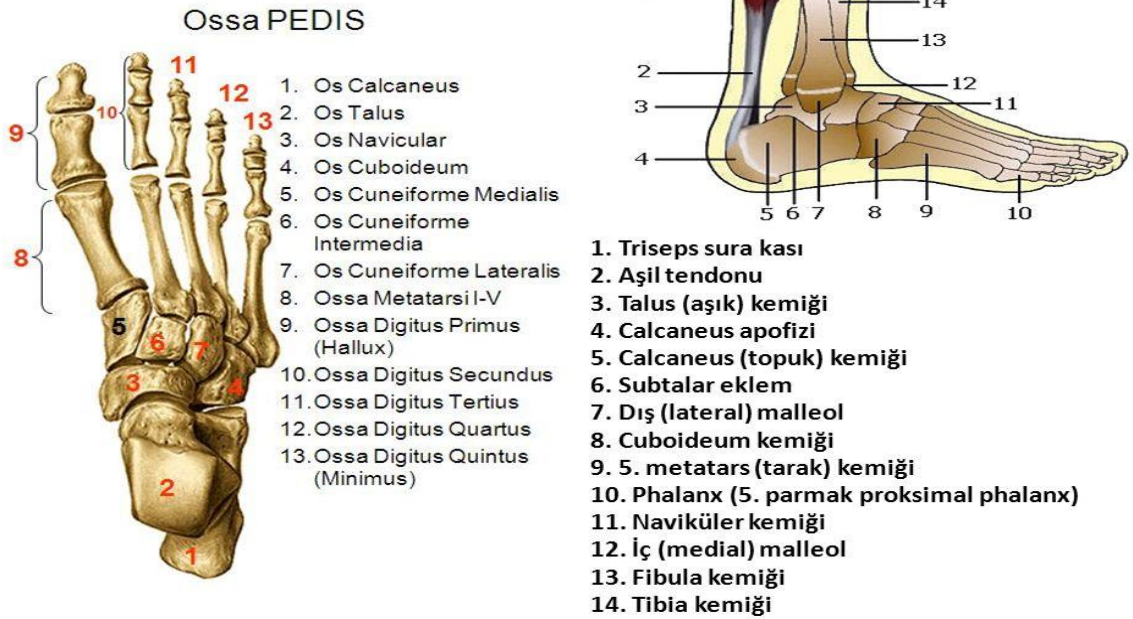


Şekil 1. Ayak bileğinde bulunan bağlar

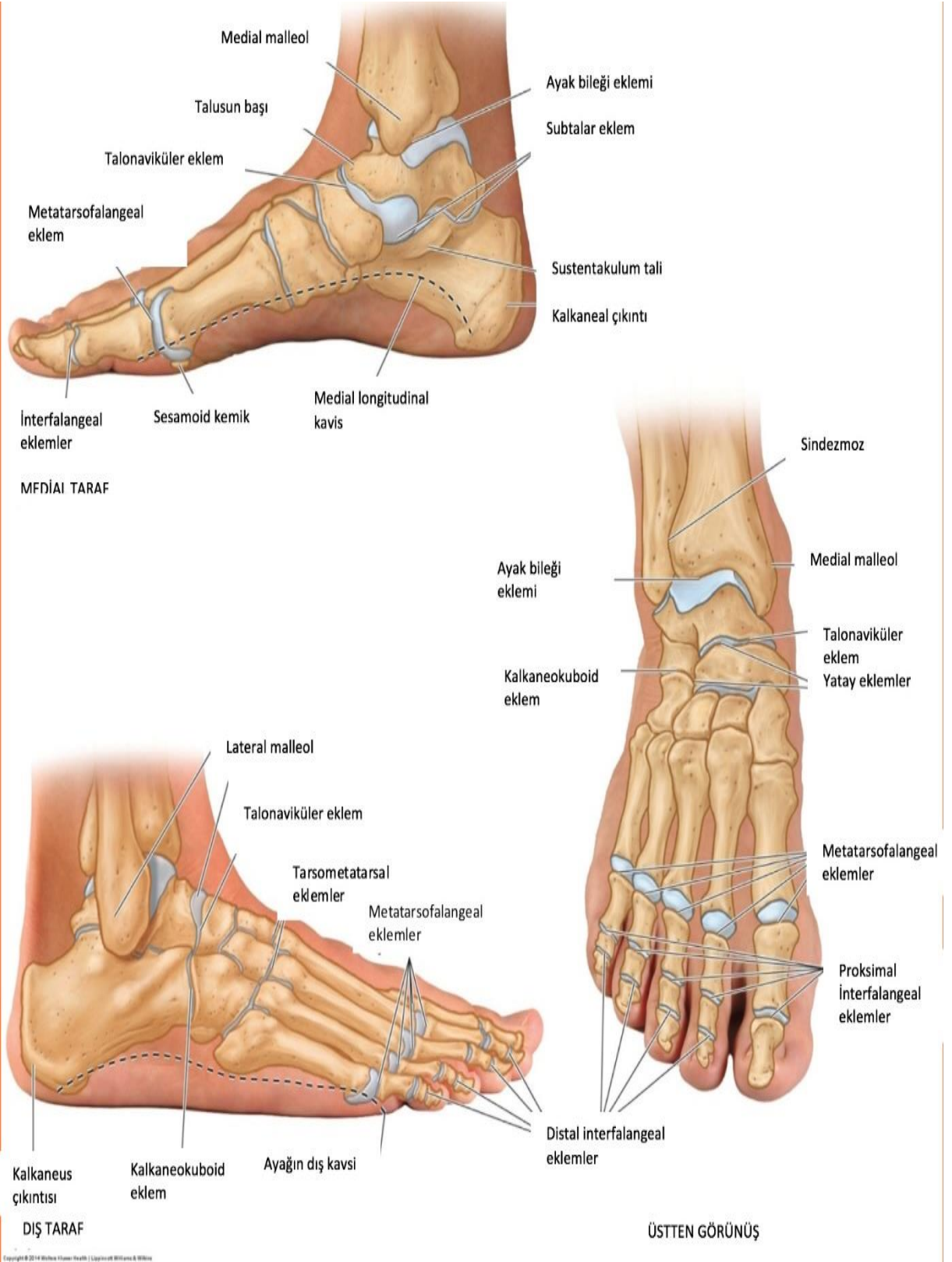


Şekil 2. Ayak Bileğinin Dıştan ve İçten Görünüşü

Ossa Digitorum Pedis (Ayak Parmak Kemikleri)



Şekil 3. Ayak Bileği Bölümleri



Şekil 4. Ayak bileğinin görünüş biçimleri

1.1.8.Ayak Bileği Eklemının Biyomekaniği:

Alt bacak, ayak bileği ve ayak eklemleri ayrı eklemler olarak ele alınmasına rağmen fonksiyonel bir bütünlük içinde hareket ederler. Bu eklemlerin öne doğru gerçekleştirilen hareket ve destek olmak üzere iki temel işlevi bulunmaktadır. Hareket esnasında eklemler esnek bir kaldıraç kolu görevi üstlenirken destek işlevinde bütün vücudun hareketine olanak tanıyan sert bir yapı özelliğine sahiptirler.

Articulatio talocruralis, tibia ve fibulanın distal uçları ile trochlea tali arasında oluşan ginglymus tipi bir eklemdir. Ayak bileği eksenı medial ve lateral malleollerin uçları arasından geçer. Sagital düzlemde ayak bileği dorsal fleksiyon(ekstensiyon) ve plantar fleksiyon(fleksiyon) hareketlerini gerçekleştirmesini sağlarlar. Ayağın plantar fleksiyonunda ayak bileği ekleminde biraz rotasyon, adduksiyon ve abduksiyon hareketleri de ortaya çıkabilmektedir.

Ayak bileği eklemının anatomik şekli kalça eklemındakiyle benzerdir yani bu eklemdede doğal bir stabilizasyon görölmektedir. Eklem stabilizasyonu en çok dorsal fleksiyonda ortaya çıkmaktadır. Dorsal fleksiyonda trochlea tali'nin daha geniş olan ön kısmı (ön kısım yaklaşık olarak 2.4 mm daha geniştir), medial ve lateral malleol tarafından oluşturulan çukurluğu dolduran bir yapıya sahiptir. Talus bu pozisyonda şeklinden dolayı malleoller arasında sıkışır ve hareket edemez. Öbür taraftan, ayak bileği plantar fleksiyon yaparken daha dar olan arka parçası öne doğru hareket etmeye başlar ve eklem çukuruna yerleşir. Bu pozisyonda malleollerin sıkıştırıcı etkisi dorsal fleksiyondaki kadar güçlü bir yapıya sahip değildir. Bunun sonucu ayak bileğinin plantar fleksiyondaki stabilitesi azalır. Talus'un kemik yapılar tarafından desteklenmeyen plantar fleksiyondaki yerleşimi, yüksek topuklu ayakkabı giyen kadınların ayak bileği yaralanmalarına daha çok yatkın olma nedeni bize açıkça gösterir.

Dorsal fleksiyonda fibula, yukarı doğru kayma ve dışa doğru dönme hareketini gerçekleştirir. Plantar fleksiyonda ise aşağı doğru hareket etmeye başlar ve içe döner. Eğer fibulanın bu hareketleri görölmezse ayak bileğinin tam dorsal ve plantar fleksiyonu gerçekleştirmesi imkansız hale gelir.

Ayak bileği eklemının sagital düzlemdeki toplam eklem hareket genişliği değeri yaklaşık olarak 45 derecedir fakat bu değeri kişilerin ayak yapısına göre değışir. Bu hareketin 10-20

derecesi dorsal fleksiyon, kalan 25-35 derecesi de plantar fleksiyondur. Shimada gonyometre kullanarak yapmış olduğu ölçümlerde dorsal fleksiyon 18 derece, plantar fleksiyon ise 47 derece olarak bulunmuştur. Ahlberg ise bu açıları sırasıyla 32 ve 43 derece olarak tespit etmiştir.

Ayak bileği ekleminin yük taşıma yüzeyinin büyük olması nedeniyle, diz veya kalça eklemine nazaran ve bu eklemden geçen streslerin daha az olması sağlanır. Ayakta duruş pozisyonunda vücut ağırlığının %50-60'ı topuktan, %40-50'si ise metatars başlarından geçişi sağlanır.

150 lb ağırlığındaki birinin bir mil koştuğu zaman her bir ayağa etki eden kuvvet miktarı yaklaşık 220 ton civarındadır. Yürüme aktivitesinde ayak bileğine etki eden yük miktarı vücut ağırlığının 1.2 katı, koşmada ise vücut ağırlığının 2 katı olarak belirlenmiştir. Bu oran 60 cm yükseklikten atlayan bir kişide vücut ağırlığının 5 katına kadar çıkmaktadır. (Cumhur, 2001)

1.18.1.AYAK EKLEMLERİ(Articulationes pedis)

Articulationes subtalaris:Ayağın arka bölümünde, calcaneus'un konveks facies articularis talaris posterior'u ile talus'un konkav facies articularis calcanea posterior'u arasında oluşmuştur. Sinovyal bir eklem olup tipi modifiye art.plana'dır. Eklemi saran eklem kapsülü, eklem yüzlerinin kenarlarına yapışır. Zayıf olan eklem kapsülü, eklem çevresindeki kaslar tarafından desteklenir. Bu eklemin birçok anatomist tarafından tanımlanan 4 adet bağı bulunmaktadır.

Ligamenta talocalcaneum laterale: Kısa ve kuvvetli liflerden oluşmuştur. Trochlea tali'den topuk kemiğinin dışyan yüzeyine doğru uzanır.

Ligamenta talocalcaneum mediale: Talus'un tuberculum mediale'sini calcaneus'un sustentaculum tali'sinin arka bölümüne bağlar.

Ligamenta talocalcaneum posterius:Tuberculum laterale tali'den calcaneus'un nonartiküler üst yüzüne ulaşır.

Ligamenta talocalcaneum interosseum: Talus ile calcaneus'un birbirine bağlayan en güçlü bağıdır. (Houghlum, 2005)

Articulationes talocalcaneonavicularis:Talus ve calcaneus'un ön yarıları ile os naviculare arasındaki, art.plana grubu bir eklemdir. Bu eklemi, talus'un başı ile os naviculare'nin arka konkav eklem yüzü arasındaki eklemle, talus ile calcaneus'un ön yarıları arasındaki eklemler meydana getirir. Bununla beraber eklem ligamenta calcaneonaviculare plantare'nin üst yüzünde katılır. Eklemi inkomplent şekilde saran eklem kapsülünün arka kısmı kalın olmaktadır. Ligamenta talonaviculare, ligamenta calcaneonaviculare plantare ayak longitudinal kemerinin korunmasında oldukça önemlidir.

Articulationes calcaneocuboidea:Eklemleşme calcaneus'un ön ucu ile os cuboideum'un arka yüzü arasında olur. Calcaneus'un facies articularis cuboidea'sı ile os cuboideum'un facies articularis calcanea'sı arasında oluşan eklem tipi articulationes plana'dır. eklem kapsülü bağlar tarafından kuvvetlendirilmiş şekildedir. Ligamenta bifurcatum, ligamenta plantare longum, ligamenta calcaneocuboideum plantare ve dorsale eklem kuvvetli bağlarıdır. (Descioğlu, 2008)

Subtalar Eklem Biyomekaniği: Subtalar ekleminde esasen tek bir eksen bulunmaktadır. Bu eksen, hareketin tanımlandığı bilinen düzlemlere oblik alabilecek şekilde seyrederler. İnversiyon ve eversiyon hareketleri, intertarsal ve tarsometatarsal eklemlerde oluşan kayma hareketlerinin katkısı olmasına rağmen büyük ölçüde subtalar ekleminde gerçekleştirilirler. İnversiyon hareketi, ayak tabanının içe doğru dönmesiyle gerçekleşen bir harekettir. Ayak tabanının dışa doğru dönmesi ise eversiyon oluşumuna sebebiyet verir. AAOS'nin verilerine göre ayak bileğindeki inversiyon 38 derece, eversiyon ise 23 derecelik bir değerdir. Wright yürümenin basma fazında subtalar eklemindeki hareket genişliğini sadece 6 derece olarak bulmuştur ve bu değeri fonksiyonel eklem hareket genişliği olarak tanımlamıştır. (Dauber , 2001)

BÖLÜM 2

MALZEMELER VE YÖNTEMLER

2.1.ARDUİNO:G/Ç kartı ve processing/wiring dilinin içeren bir uygulama platformudur. Arduino kartlarında programlama için başka bir sisteme gerek duyulmaz çünkü karttaki mikrodenetleyiciye önceden tanımlı bir program yazılıdır.

2.1.2Arduino Bileşenleri:

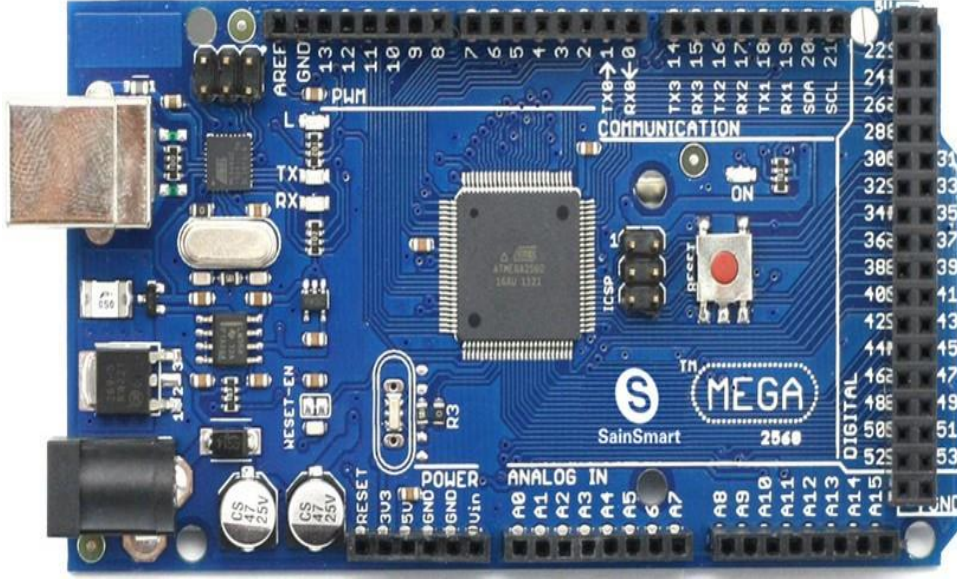
2.1.3. Arduino’nun Temel Bileşenleri: Arduino kütüphaneleri, arduino bootloader, AVR Dude ve derleyiciden(AVR-GCC) oluşur.Arduino’nun bu kadar tercih edilmesinin en büyük sebebi herkesin mikrodenetleyiciler üzerinde kapsamlı bilgi sahibi olmayı gerektirmeden herkesin programlama yapabilmesini sağlar.

2.1.4. Arduno İle Neler Yapılabilir?

Çok kolay programlama yapılabilir. Analog ve dijital sinyalleri işleyebiliriz. Sensörlerden gelen sinyalleri kullanarak robotlar ve sistemler tasarlayabilirsiniz.Arduino birçok ihtiyaca göre de üretilmektedir.

2.1.5.Arduino Nasıl Kullanılır?

Arduino tüm projelerini sıfır elektronik ve yazılım bilgisiyle çabucak yapabilecek bir araç değildir. Hazır kütüphaneleri ve örnekleri kullanarak belli bir değerden sonra tıkanmamak için arduino ile birlikte elektrik ve yazılım öğrenmemiz gerekir. Çalışmaya başlamadan önce arduino hakkında temel bilgiler edinmeliyiz sonrasında sizin için uygun bir arduino kartı seçip bilgi edinmeliyiz. Bütün arduino kartları aynı şekilde programlanabilir ama farklı özellikleri olabilir. (



Şekil 5. Arduino Temel Kartı

- Arduino'nun temel kartıdır
- Üzerinde mikrodenetleyicisi vardır.

2.2.PNP Yöntemi İle Baskı Devre Yapımı

Pnp yöntemi evde uygulanabilecek baskı devre yöntemidir bu yöntemde aktarılmış olan devre çizimi ısı uygulanması ile bakır yüzey üzerinde kopyalanır ve eritme işlemi uygulanır. Transfer kağıdına baskı devre çizimlerinin aktarılması için lazer yazıcı ile devre çizimimizin devre çıktısını almamız gerekir. Pnp transfer kağıtları piyasada a4 kağıtları olarak satılmaktadır. Bu yöntem diğer yöntemlere kıyasla biraz daha kullanışlı olur.

2.2.1.PNP Yöntemi İle Baskı Devre Yapımında Gerekli Malzemeler

- Perhidrol
- Tuz ruhu
- Ütü
- Lazer yazıcı
- Pnp transfer kağıdı
- Bakırlı plaket

- Plastik leğen
- Korucu eldiven
- Su
- Matkap

2.2.3.İŞLEMLER

Devredeki çizim lazer yazıcıdan pnp transfer kağıdına çıkarılır. Baskı devrenin bakırlı olan yüzeyi temizlenir ve iyice kurutulur. İyi derecede baskı elde edebilmek için baskı devre kartının bakırlı tarafı sıcak ütü ile ısıtılır. Sonraki adımda bakırlı yüzeye çizimin aktarılmış olduğu baskı devre kağıdı yerleştirilir ve üzerine preslenerek kağıttaki bakır yüzeyin aktarılması. Bu işlemi yaparken transfer kağıdı bakır yüzeyinde oynatılmamalı ve tüm çizimin tamamı aktarılan kadar ütü ile bastırılmaya devam edilmeli. Bu işlem tamamlandığında baskı devre kağıdı baskı devre kartı üzerinden dikkatlice kaldırılmalı. Daha sonraki adım istenmeyen yüzeylerden kurtulmaktır. Bunu da şu şekilde yaparız: plastik leğene tuz ruhu konur miktarı ise kütlece % 5'i kadar perhidrol ilave edilir. Eritmenin hızlandırılması ve bakır yüzey üzerinde meydana gelen hava kabarcıklarının gitmesi için leğen bir kenardan hareket ettirilerek bakır yüzeylerin erimesi beklenir. İşlem tamamlanınca baskı devre alınır, temizlenir ve kurutma işlemi yapılır. Sonra devre elemanlarını yerleştirmek için oyuklar açılır ve son olarak devre elemanlarını lehimleriz.

2.2.4.Dikkat Edilmesi Gerekenler:

- Eritme işlemleri havalı bir ortamda yapılmalıdır.
- Baskı devre kartını çıkarmak için eldiven kullanılmalıdır.
- Baskı devre kalemi kullanılmalıdır.
- Bu kalemler hemen hemen bütün elektrikçilerde kullanılır.
- Kullanımı ekonomik, kolay yöntemdir yalnız devre yollarının birbirine yakın olması durumunda kullanımı zor olur.

2.2.5.Baskı Devre Kalemi Yönteminde Kullanılan Malzemeler:

- Plastik leğen
- Bakırlı plaket
- Baskı devre kalemi
- Tuz ruhu

- Matkap
- Perhidrol
- Koruyucu eldiven
- Alkol, aseton ya da tiner
- Bir parça pamuk

2.2.6.İŞLEMLER

Devre kartının bakırlı yüzeyi güzelce temizlenir. Hazırlanan baskı devre baskı devre kalemiyle bakırlı yüzey üzerine aynı şekilde çizilir. Devre kalemi eritme işlemini dayanaklı olduğundan devre elemanlarının bağlanacağı noktalar baskı devre kalemi ile çizildiğinde bu kısımlardaki bakırlar kalacak devre ortaya çıkacaktır.

Yüzey üzerinde devre çizimi bittikten sonra eritme işlemi yapmak için plastik leğen içinde eriyik hazırlanması lazım bu eriyiği hazırlamak için leğene tuz ruhu dökülür. Tuz ruhunun %5'i kadar perhidrol konulur. Ondan sonra devre üzerindeki kabarcıkların giderilmesi sağlanır.

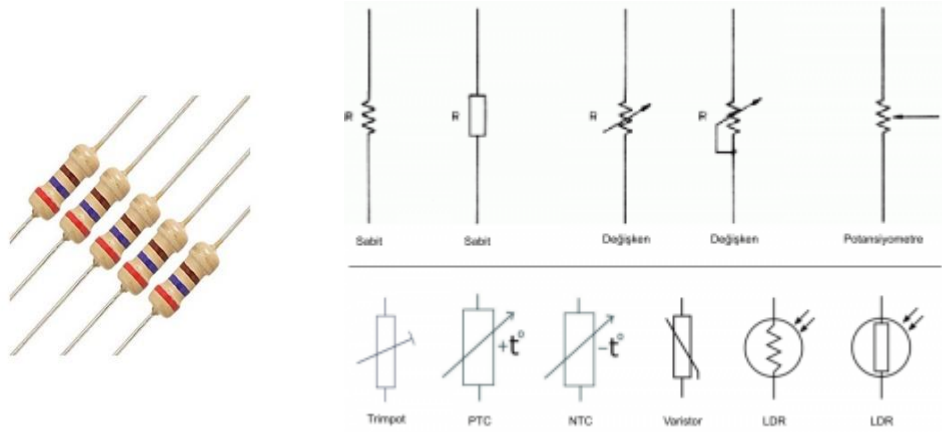
2.2.7.BASKI DEVRE KARTI

Baskı devre tek veya iki yüzeyi bakırla kaplı levhalar üzerinde yapılan bir elektronik devre çizimine aktarılması ve bu devre elemanlarının aktarılmasıyla oluşan elektronik devre kartıdır.

Devre kartlarının kullanılması devrenin bulunduğu alanın ara bağlantılarının ve kablo kullanımını en aza indirmesini sağlar. Devre kartını devre elemanlarını monte etmek delikli pertinaksa devre yapmaktan daha kolaydır. Bu bize zaman kazandırır. Tasarlanmış kartta olası bir arızayı tesbit etmek daha kolaydır.

2.3.DİRENÇ

Kelime anlamı bir şeye karşı gösterilen zorluktur. Devre elemanı olan direncin amacı ise akıma karşı bir zorluk gösterip akım sınırlaması yapmaktır. Elektrik enerjisi direnç üzerinde ısıya dönüşerek harcanır.



Şekil 6. Direnç ve Sembolü

2.3.1.Direncin devredeki amacı:

- Devreden geçen akımı sınırlamak
- Belli bir miktar ısı enerjisi üretmek
- Devrenin besleme gerilimini küçülterek diğer elemanların çalışmasını sağlamak
- Hasas devre elemanlarının yüksek akıma karşı korumak

2.3.2.Yapılan Malzemeye Göre Direnç Çeşitleri

Bunlar 3 tanedir:

1. Karbon karışımli dirençler
2. Film dirençler(ince tabakalı)
3. Tel sarımlı(taş) dirençler

2.3.2.1. Karbon karışımli dirençler:

Toz haldeki karbonun dolgu malzemesi reçineli tutkal ile üretimi yapılır. Karbon dirençlerin tolerans oranları yüksektir ve eskidikçe değişen dirençlerdir.

2.3.2.2. Film dirençler (ince tabakalı) :

Direnç gösteren seramik bir çubuğun etrafında kaplama yapılmasıyla elde edilen dirençlerdir. Bunlar ;Karbon film dirençler, metal cam karışımı dirençlerdir.

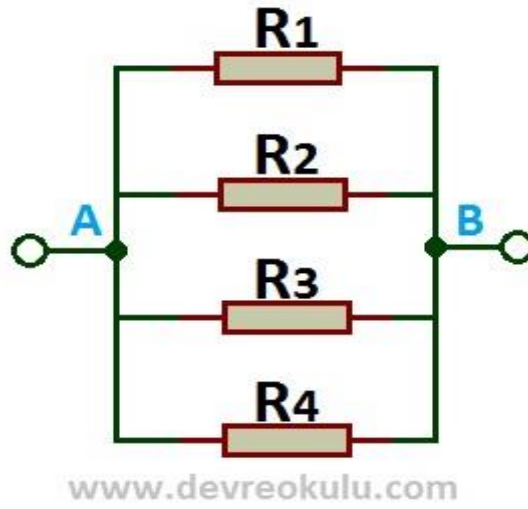
Bu direncin hata payı çok düşüktür %1-2 gibi çok düşük değerlerdir. Bu dirençler yüksek kararlılıkları nedeniyle hassas yapıli elektronik devrelerde çokça tercih edilir.

2.3.2.4. Tel sarımlı (taş) dirençler:

Krom-nikel, nikel-gümüş, konstantan, tungsten, manganin vb. Maddelerden elde edilmiş tellerin porselen bakalit, amyant gibi ısıya karşı duyarlı olan bir madde üzerine sarılmasıyla elde edilen malzemelerdir. Çok güçlüdürler, yüksek akımın olduğu yerde kullanılması uygundur.

2.4. Direnç Bağlantı Türleri:

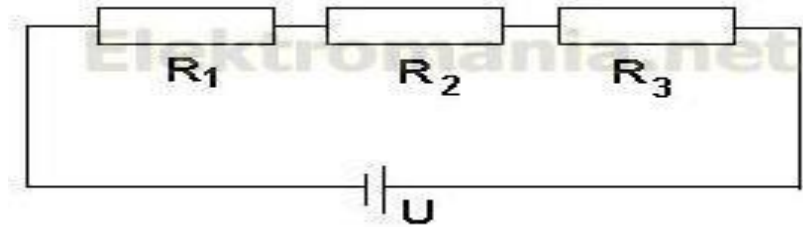
2.4.1. Paralel bağlantı



Şekil 7. Paralel Bağlantı Şeması

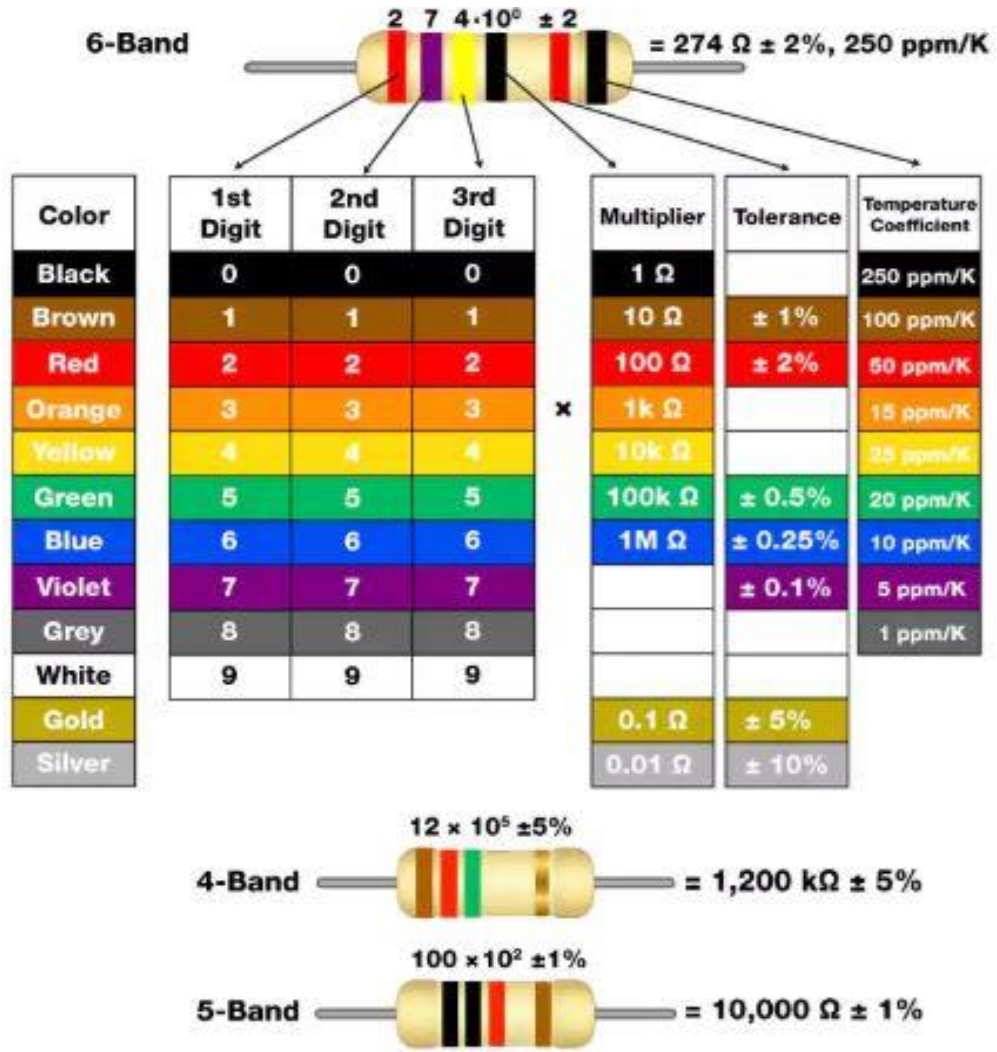
Bunlar satırların alt alta olduğu durumda dirençlerin bağlanmasıdır.

2.4.2. Seri Bağlantı:



Şekil 8. Seri Bağlantı Şeması

Dirençlerin yan yana bağlanmasıdır.



Şekil 9. Direnç Renk Kodları

2.5.DİYOT

Tek bir tarafa elektriği ileten devre parçasıdır. P kutbu anot diğer N kutbu da katottur. N tipi maddeyle P tipi madde bir araya gelerek oluşur. Bu maddeler ilk birleştiğinde P tipi maddedeki oyukluklarla N tipi maddede elektronlar iki madde arasında birleşim oluşarak birbirlerini nötrlerler. Burada nötr bölge oluşmuş olur. İki tarz diyot vardır. Bunlar ;

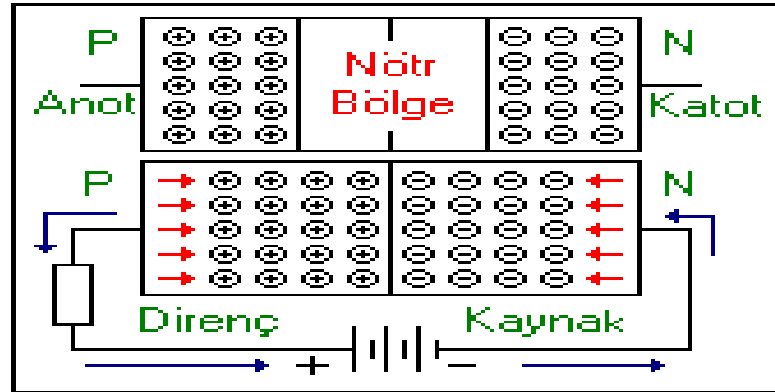
1. Doğrultmaç diyotlar
2. Sinyal diyotlar

Doğrultmaç Diyotlar: Yüksek akımları taşıyan ve yüksek tepe değerinin ters gerilimine dayanabilen diyotlardır.

Sinyal Diyotlar: Yüksek frekansta çalışmaya odaklı, düşük akım ve gerilimde çalışabilen diyotlardır. Bu iki diyot da silisyum ve germanyum gibi yarı geçirgen malzemeler ile yapılır.

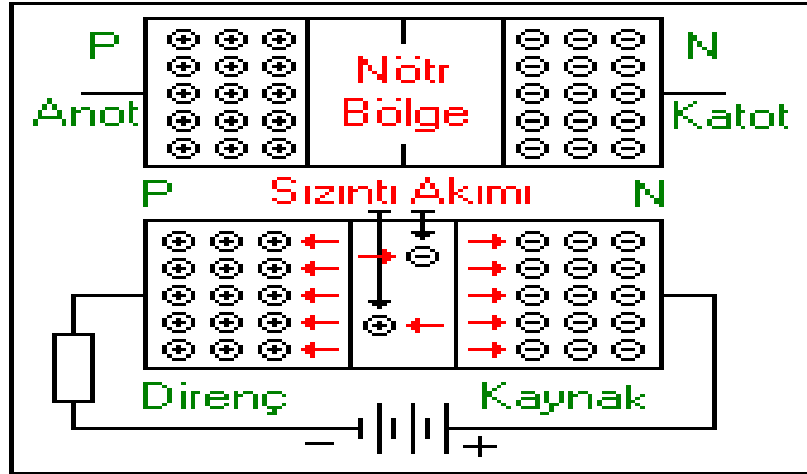
2.5.1.Diyotların Polarlaması ve Diyotların Çalışması Şekli

2.5.2.Doğru polarlama: Anot ucu güç kaynağının pozitif(artı) kutbu katot ucunada kaynağın eksi(negatif) kutbu eklendiğinde P tipi madde oyukluklar güç kaynağından pozitif(artı) kutbu tarafından, N tipi maddede elektronlarda güç kaynağının eksi(negatif) tarafından ilerler. Bu durumda nötr bölge yıkılmış olur kaynaktan artıdan eksiye doğru bir elektron akışı olur. Diyotlar iletişime geçmiş olur.



Şekil 10. Doğru Polarlar

2.5.3.Ters polarlama: Diyotun katot ucu güç kaynağının artı kutbu anot ucunada kaynağının eksi kutbu bağlandığında ise N tipi maddede elektronlar kaynağın negatif(eksi) P tipi maddedeki oyukluklarda kaynağın pozitif(artı) kutbu tarafından ilerler. Böyle bir durumda nötr bölge genişler, yalıtıma geçmiş olur. Eğer diyota ters akım uygulandığında diyot yalıtımdaysa çok küçük derecede akım geçer buda sızıntıdır. Bu istenmeyen bir olaydır akımın sızıntıdaki azlık ve çokluk oranı diyotun yapısında kullanılan yarı iletken malzemeyle doğrudan bağlıdır.



Şekil 11. Ters Polarizasyon

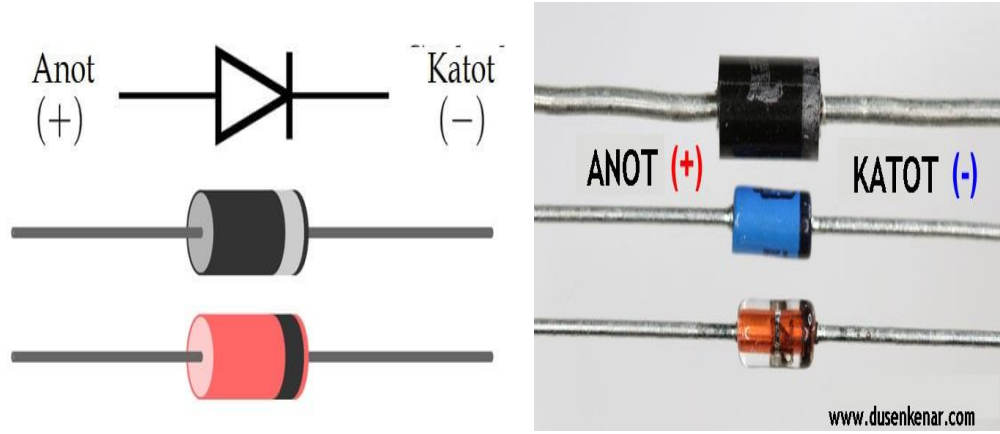
Ters polarlamada diyota uygulanan gerilim belirli bir seviyeye gelinceye kadar yalıttır. Diyot yalıttıyken üstünden çok az sızıntı akımı geçer. Diyottaki gerilim değeri belli bir seviyenin üzerine çıktığında diyot teşhir olur bozulur ve yalıtkan özelliğini kaybeder. Bunun sebebi uygulanan gerilimin yükseltilmesiyle elektronlara verilen enerji arttıkça ve böylece pek çok elektronun valans tarafından iletkenlik bandına geçerek diyot üzerinden geçen akımın artmasıdır.

2.5.4.İDEAL DİYOT

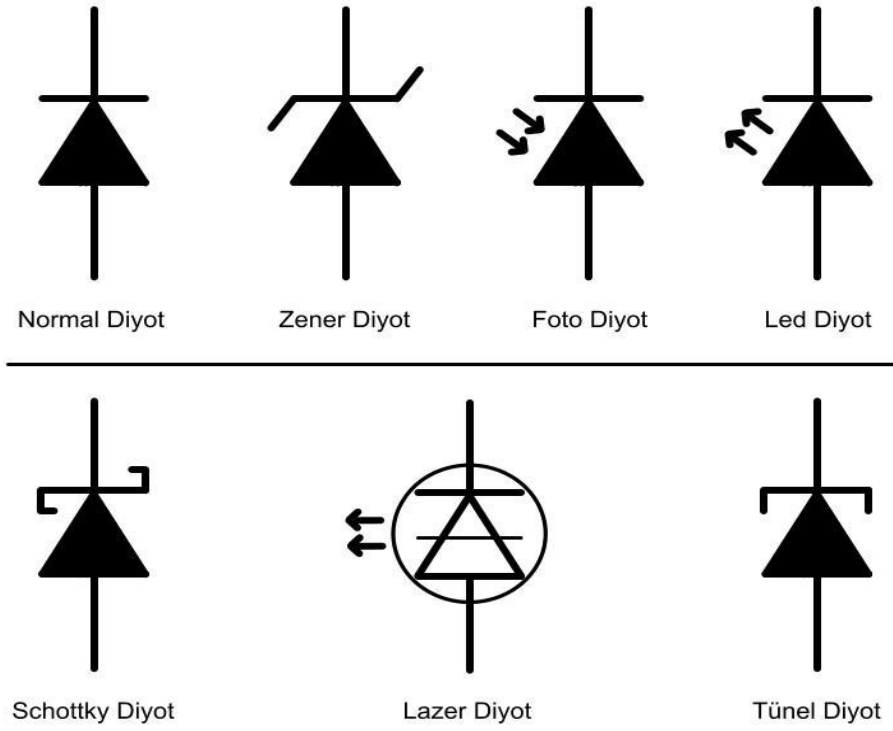
Doğru polarlamada direkt iletimde olan eşik gerilimi olmayan diyottur. Gerçekte bu diyot mümkün olamaz. İdeal diyot bir devredeki bir anahtar gibidir. Bu durumda diyot doğru polarlamadayken kapalı anahtar, ters polarlamadayken açık anahtar görevi yapar.

Kullanılan diyotlar:

- Aşırı akım geçmesi
- Lehimlemenin hatalı olması,
- Uygulanan gerilimin aşırı artması
- Ortam sıcaklığının yükselmesi
- Mekanik zorlamalar
- Diyotun kaliteli olmaması
- Gibi nedenlerden dolayı diyotlar arızanabilirler.



Şekil 12. Diyot ve Anot Katot Uçları



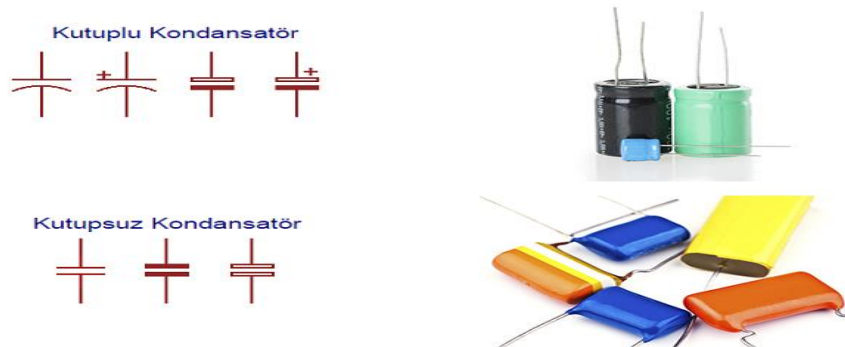
Şekil 13. Diyot Çeşitleri ve Gösterimi



Şekil 14. Diyotun Karakteristik Eğrisi

2.6.KONDANSATÖR

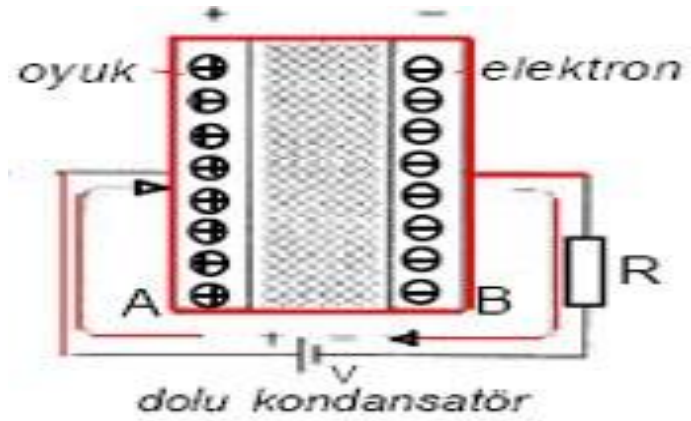
Yüklerin az bir zaman dilimi için depo etmeye yarayan devre elemanlarıdır. Sembolü C, birimi ise faraddır. Yapısal olarak iki iletken levha arasına konulmuş yalıtkandan oluşur. Levhalar arasında bulunan maddeye elektriği iletmeyen dielektrik adı verilir. Di elektrik yapı olarak; mika, kağıt, polyester, metal kağıt, seramik vb. maddeler kullanılabilir.



Şekil 15. Kondansatörlerin Gösterimi

2.6.1.Kondansatör Şarjı:

Kondansatör şarjı kondansatörün levhalar arasında potansiyel fark ortaya çıkmasıdır. İki levhasıda eşit sayıda elektron varken kondansatör boştur. Kondansatör pile bağlandığında pilin pozitif kutbuna bağlanan levhada elektronlar pilin pozitif ucuna doğru ilerlemeye başlar. Bu levha artı olur. Bu levhanın artı yüklenmesi levhaya gelen elektronik durumu arttırır. Sonuç pilin pozitif kısmına yakın olan levha pozitif diğer levhada negatif olarak yüklenir. Kondansatörde dielektrik malzeme yalıtkan olması sebebiyle pilde sürekli bir akım donanımı olamaz. Kondansatörün plakaları arasındaki potansiyel şiddet, pil gerilimiyle eşit seviyede olduğu zaman akım sıfıra düşmeye başlar. Kondansatörün pil ile teması koptuğunda kısa süreliğine kondansatör yüklü kalır.



Şekil 16. Kondansatörün Şarj Şeması

2.6.2.Kondansatörlerin Birimi

Kondansatör birimi farad olan çok yüksek bir kapasite değerine karşılık geldiğinden, kullanımlarda sıklıkla faradın ast katları olan; milifarad, mikrofard, nanofard, pikofard kullanılır. Aşağıdaki kondansatör tablosunda birimler arasında çevrimler belirtilmiştir.

0,000001 μ F	=	0,01 nF	=	1 pF	1 F
0,00001 μ F	=	0,1 nF	=	10 pF	$10^6 \mu$ F
0,0001 μ F	=	1 nF	=	100 pF	10^9 nF
0,001 μ F	=	10 nF	=	1000 pF	10^{12} pF
0,01 μ F	=	100 nF	=	10000 pF	1 pF
0,1 μ F	=	1000 nF	=	100000 pF	10^{-3} nF
1 μ F	=	10000 nF	=	1000000 pF	$10^{-6} \mu$ F
10 μ F	=	100000 nF	=	10000000 pF	10^{-12} F
100 μ F	=		=		

Şekil 17. Kondansatör Birimleri

2.6.3.Kondansatörlerin Çalışma Voltajı

Kondansatörlerde çalışma voltajı çok önemlidir. Örneğin 15v ile çalışan bir devrede 3V luk çalışan bir kondansatör uygun olmaz. Özellikle elektrolitik kondansatörlerin çalışma voltajlarının üstünde gerilim olduğu zaman ısınıp patlayabilirler. (J Prey Med et al, 2007)

2.7.TRANSİSTÖR

Transistör yan yana preslenmiş iki PN diyodundan oluşan, başlangıcına uygulanan sinyali arttırarak akım ve gerilim kazancı çıkan gerektiğinde anahtarlama olarak kullanılan yarı iletken devre elemanıdır. Transver ve rezidans kelimeleri transistör kelimesinin köküdür. Transistörler esas olarak bipolar ve unipolar olmak üzere iki gruba ayrılır. Bi polar transistörler iki tiptir. Bunlar: PNP ve NPN dir.Devre elemanları üç kutuplu olan transistörlerin kutupları emiter beyz kollektör olarak isimlendirilir.

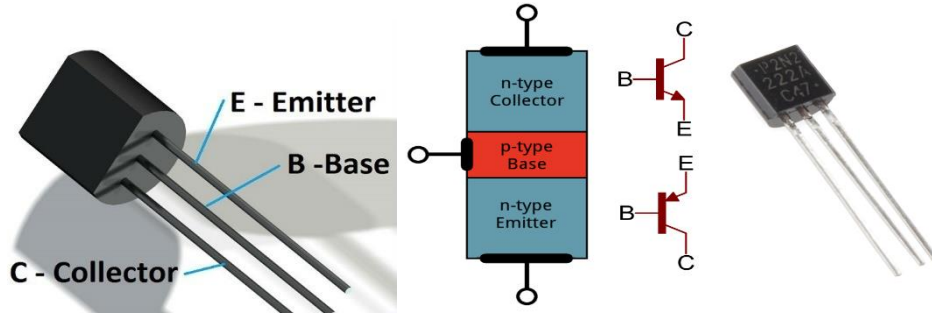
Emiter (yayıcı): Akım taşıyıcılarının hareket ettiği bölge

Beyz (taban): Transistörün çalıştığı bölge

Kollektör (toplayıcı): Akım taşıyıcıların bölgesidir.

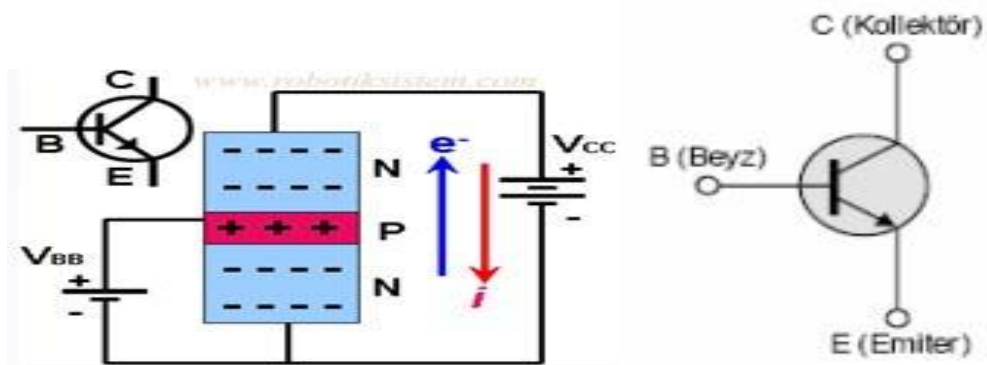
2.7.1.Transistörlerin İç Yapısı ve Çalışma Prensibi

NPN veya PNP şeklinde üç yarı iletken maddenin bileşiminden oluşur. Beyz tetiklendiği zaman kollaktör emiter arasında direnç değeri belli bir miktar düşer ve akım geçirir hale gelir. Emiter ve kollektörden geçen akım beyz kutbuna uygulanan akımın miktarıyla ilişkilidir.

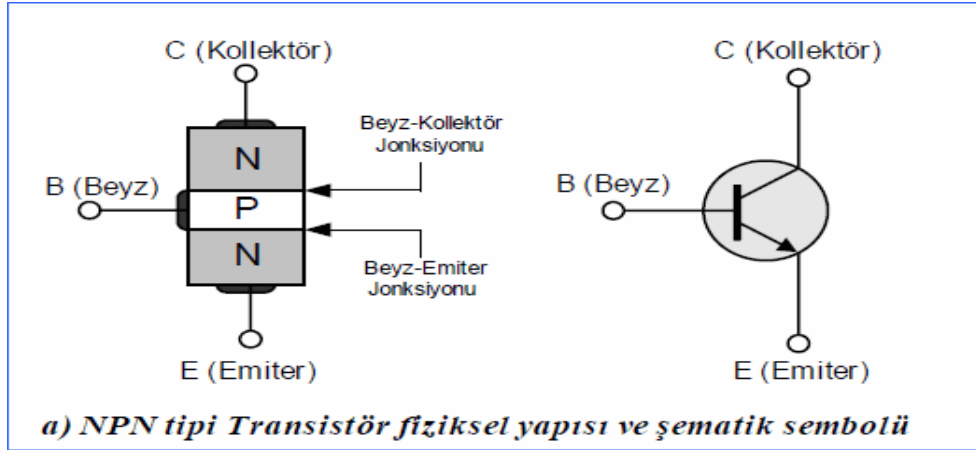


Şekil 18. Transistör ve İç Yapısı

2.7.2.NPN Tipi Transistörler:NPN tipi transistörlerin yapısı iki N tipi yarı iletken madde arasındaki tabaka halinde yerleştirilmiştir. P tipi yarı iletken beyz maddesinden oluşur. İki N tipi madde arasındaki beyz tabakası elektron trafiğini kontrol eder. Transistörler geçen akımı denetleyerek küçük akımları büyültebilir. Büyük akımları da küçülterek akımların çalışmasını sağlar.

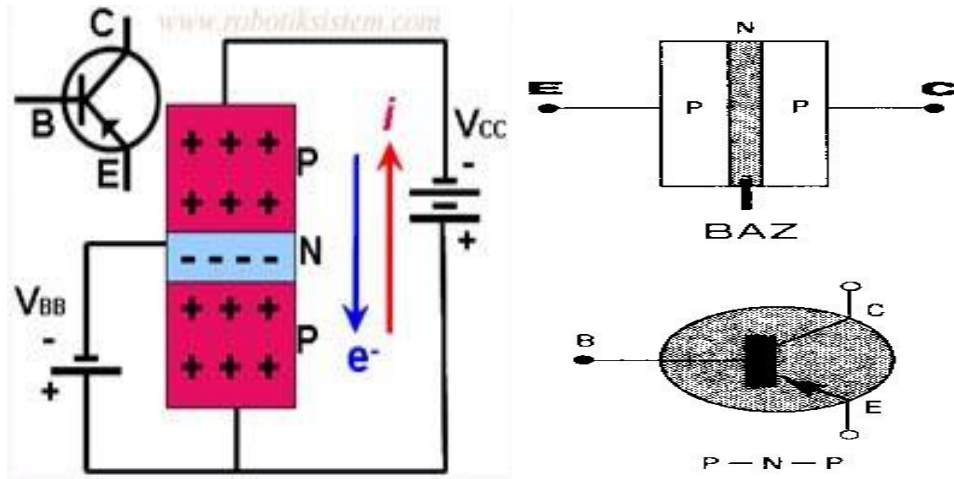


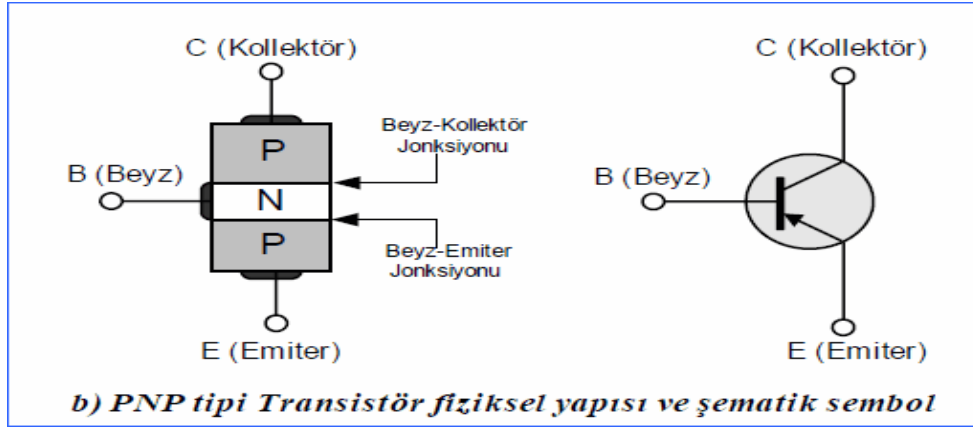
Şekil 19. NPN Tipi Transistör İç Yapısı



Şekil 20. NPN Tipi Transistör

2.7.3.PNP Tipi Transistörler:PNP tipi transistörlerin yapısıda NPN tipi transistörlere benzer. Tek fark bu kez P tipi iki yarı iletken madde arasında ince bir tabaka halinde N tipi yarı iletken maddenin yerleştirilmiş olmasıdır.





Şekil 22. PNP Tipi Transistör

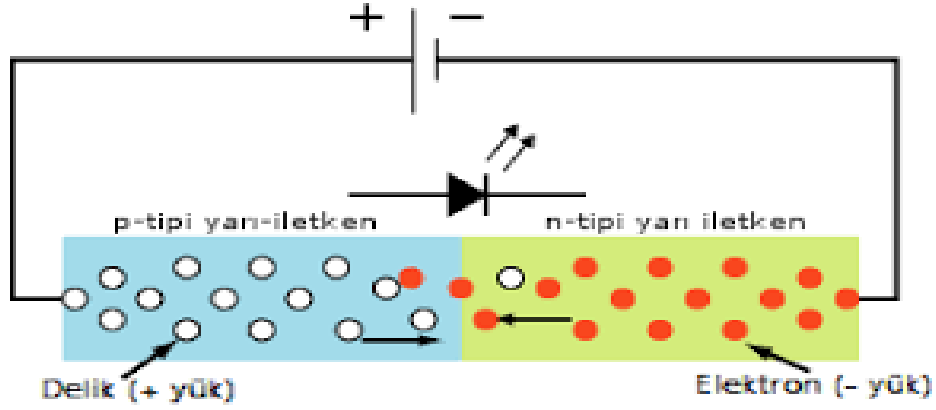
2.8.LED

LED, Light Emitting Diode (ışık yayan diyot) led isminden anlaşılacağı üzere bildiğimiz gibi diyot akımın yalnızca bir taraftan geçmesine iki ayaklı bir iletken devre elemanıdır.



Şekil 23. Led ve Renk Çeşitleri

2.8.1.Ledin Çalışma Prensibi : Diğer diyotlar gibi LED'in yapısında p-tipi ve n-tipi olmak üzere iki farklı çeşit yarı iletken madde bulunur. P-tipi yarı iletkende artı yüklü taşıyıcıları N-tipi yarı iletkende eksi yüklü taşıyıcıları vardır. Bu şekilde, diyot üzerinden anottan katot yönünde elektrik akımı geçişi olabilir.



Şekil 24. Ledin Çalışma Prensibi

LED’de aynı durum geçerlidir. Standart diyotlarda değişik olmak üzere ledlerde p ve n tipi yarı iletkenlerinin birleştiği noktadaki elektron alışverişi ışık oluşumuna neden olur. Bu olaya elektroluminesans denilmektedir.

2.9.BUTON

Buton iterek üzerine basıldığında makine veya yazılımlardaki bir işlemin başlamasını ve kontrolünü sağlayan basit bir mekanizmadır. Şekli insan eline uygun şekilde tasarlanmış olup genellikle basılacak bölümde düz yapıdadır. (Perkoning et al, 2009)



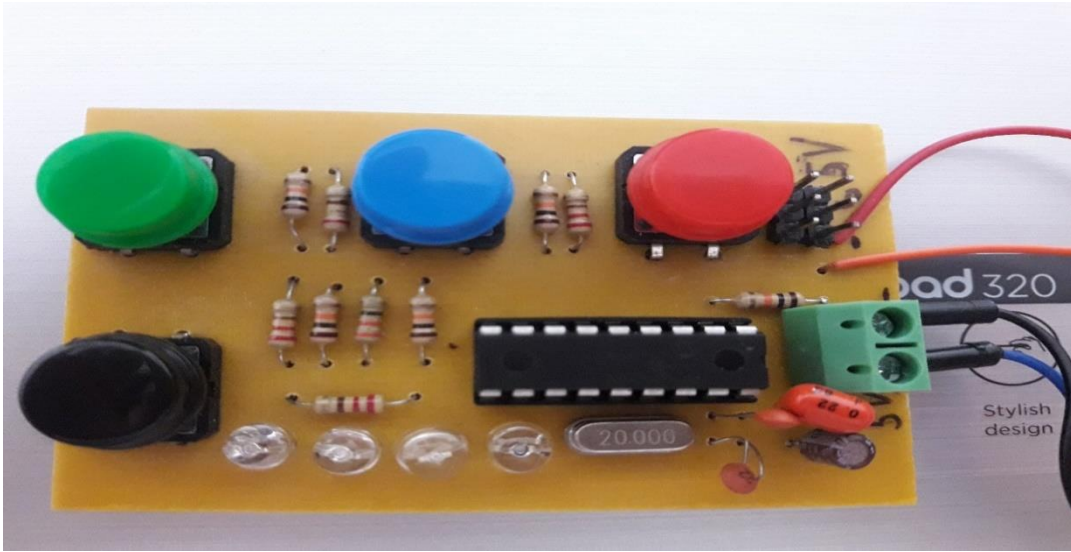
Şekil 25. Buton Çeşitleri

BÖLÜM ÜÇ

ELEKTRONİK KISIM

3.1.ELEKTRONİK KART

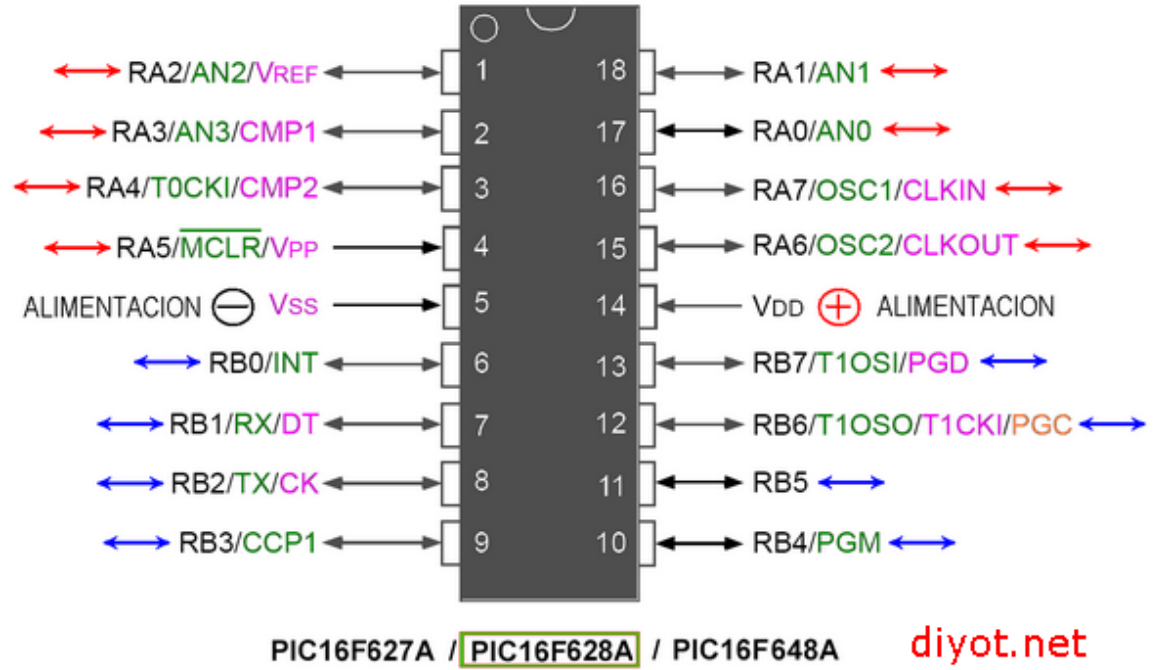
- Elektronik kartın üstünde mekanizmanın beyni mikroişlemci bulunmaktadır.
- Elektronik karta mekanizmayı üç mod(yavaş, orta ve hızlı hareket) da çalıştıran üç buton ve stop butonu bulunmaktadır.
- Ledler hangi mod da olduğunu göstermek için.



Şekil 26. Elektronik Kart



Şekil 27. Elektronik Kart Üzerinde Devre Yolları



Şekil 28. PIC16F628A

3.2.3 Boyutlu (3D) Yazıcı Nedir: Sanal ortamda hazırlanmış 3 boyutlu nesneleri katı formda nesnelere dönüştüren makinelere 3 boyutlu (3D) yazıcı denir.

3.3.3 Boyutlu (3D) Yazıcı Ne İşe Yarar: 3D baskı teknolojisi ile ihtiyaç duyduğunuz bir nesne basabilir, 3D tarayıcı ile taradığınız bir cismin çıktısını alabilirsiniz ve hatta çizdiğiniz bir tasarımı örnekleyebilir, kendi ürününüzü oluşturabilir, 3D yazıcılar ile dilediğiniz her şeyi basabilirsiniz.

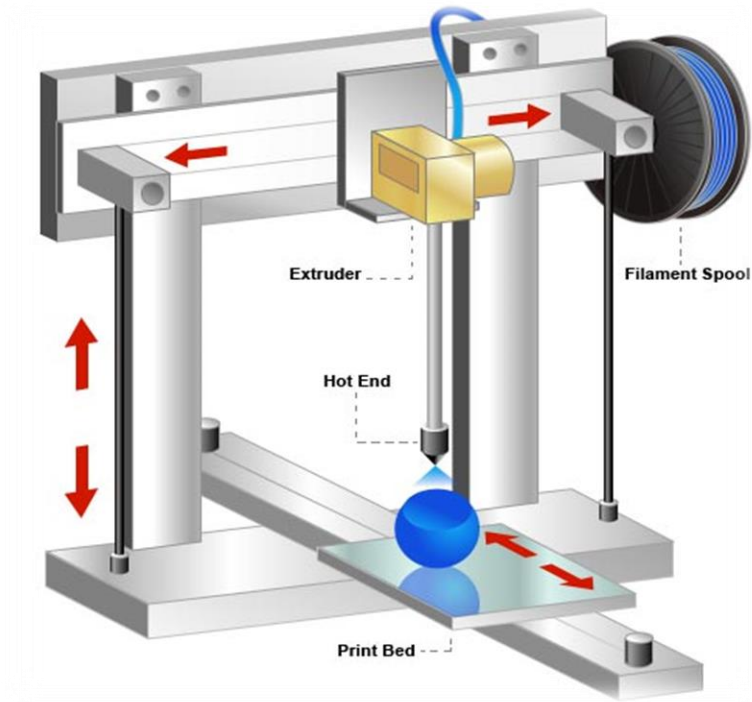


Şekil 29. 3 Boyutlu Yazıcı

3.4. 3 Boyutlu Yazıcı Tarihi

- 1984 yılında ilk 3D yazıcı teknolojisi Charles (Chuck) HULL tarafından keşfedilmiştir. Hull'un bastığı ilk 3D nesnesi bir çay kupası idi.
- 1986 yılında '3D System' adlı ilk 3D yazıcı şirketinin kurulmasıyla birlikte yeni bir sektör doğmuş oldu.
- 1988 yılında 3D System tarafından üretileni SLA-250 adında ilk yazıcı tanıtıldı. Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri bulundu.
- 1990'lı yıllarda ise bu teknoloji hızla ilerlemiş ve Amerika'da ilk renkli baskı alınmıştır.
- 2007 yılında RepRap ismi ile ilk açık kaynak kodlu 3 boyutlu yazıcılar ortaya çıktı ve 3 boyutlu yazıcılara erişim kolaylaştı. Günümüzde bu yazıcılar evlerimize kadar ulaştı. (RepRap; Orijinal adı "Replicating Rapid Prototyper" olan RepRap projesi, kendini oluşturan parçaları dahi kopyalayıp üretebilen bir 3 boyutlu yazıcı geliştirilmesidir.)

3.5. 3D Yazıcılar Nasıl Çalışır:3D yazıcılar, katmanlı imalat (Additive Manufacturing) diye nitelendirilen bir üretim yöntemi ile çalışırlar. Baskı için çeşitli hammaddeler kullanılsa da genellikle filament diye adlandırılan termoplastik materyaller kullanılır. 3D yazıcıları alırken dikkat edilmesi gereken bir husus filament tipidir. Çoğunluk PLA denen filament hammaddesini tercih ediyor.3D yazıcılarda baskı hızı da çok önemli bir kriterdir. Eğer çok yüksek hızda baskı yapmak isterseniz baskı kalitesinden ödün verirsiniz ve sonuç olarak istenmeyen çıktılar elde edersiniz. Hem kaliteli baskı hem de hızlı bir performans sergileyen 3D yazıcılar tercih etmelisiniz.3D yazıcılar için dikkat edilmesi gereken özelliklerden bir diğeri de veri giriş yöntemidir. Bazı 3D yazıcılara SD kart ile veri aktarılabilirken bazılarına da Wifi özelliği kullanılarak veri aktarılabilir.

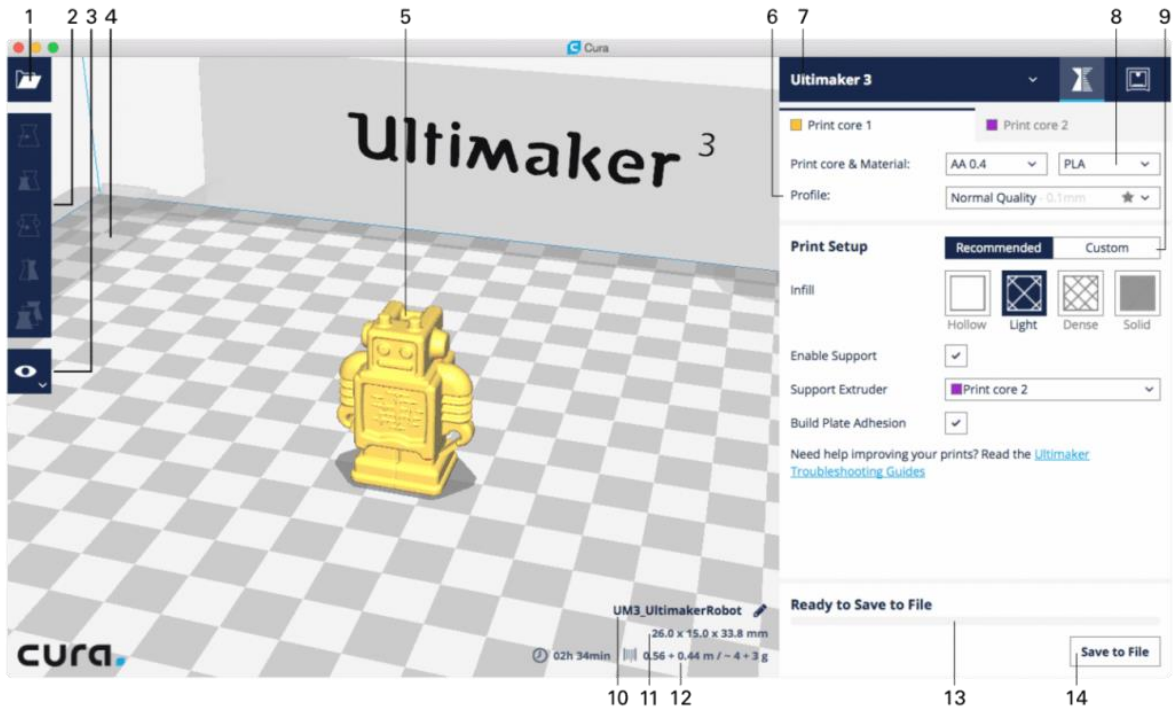


Şekil 30. 3D Yazıcıların Çalışma Prensibi

3D yazıcıların çalışabilmesi için 3D modellemeye, tasarıma ihtiyacı vardır. Sanal ortamda AutoCAD, SolidWorks, 3ds Max vb. gibi bir CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) program ile tasarlanmış çizimler veya 3 boyutlu tarayıcı ile taranmış olan cisimler ‘STL’ formatında

dışa aktarılırlar. 3D yazıcı 'STL' uzantısındaki nesneyi algılar ve baskı işlemini gerçekleştirir.

3D yazıcılarda çalışma prensibini daha detaylı olarak anlatmak gerekirse; baskı işlemi başlamadan önce yazıcının uç kısmında bulunan 'Nozzle' diye adlandırılan kafa bölgesinin belirli bir sıcaklığa erişmesi gerekmektedir. Çünkü 3D baskı işlemi eriyen filamentin katman katman ve üst üste serilmesi şeklinde gerçekleşir. Kafa bölgesi ne kadar yüksek sıcaklıkta olursa filament de o kadar düzgün bir şekilde yayılır. Nozzle'den eriyerek çıkan filament, yüzeyde yayıldığı an donar ve katı forma geçer. Tüm katmanları tamamlandıktan sonra modelimiz tamamen katı formda hazır hale gelir.

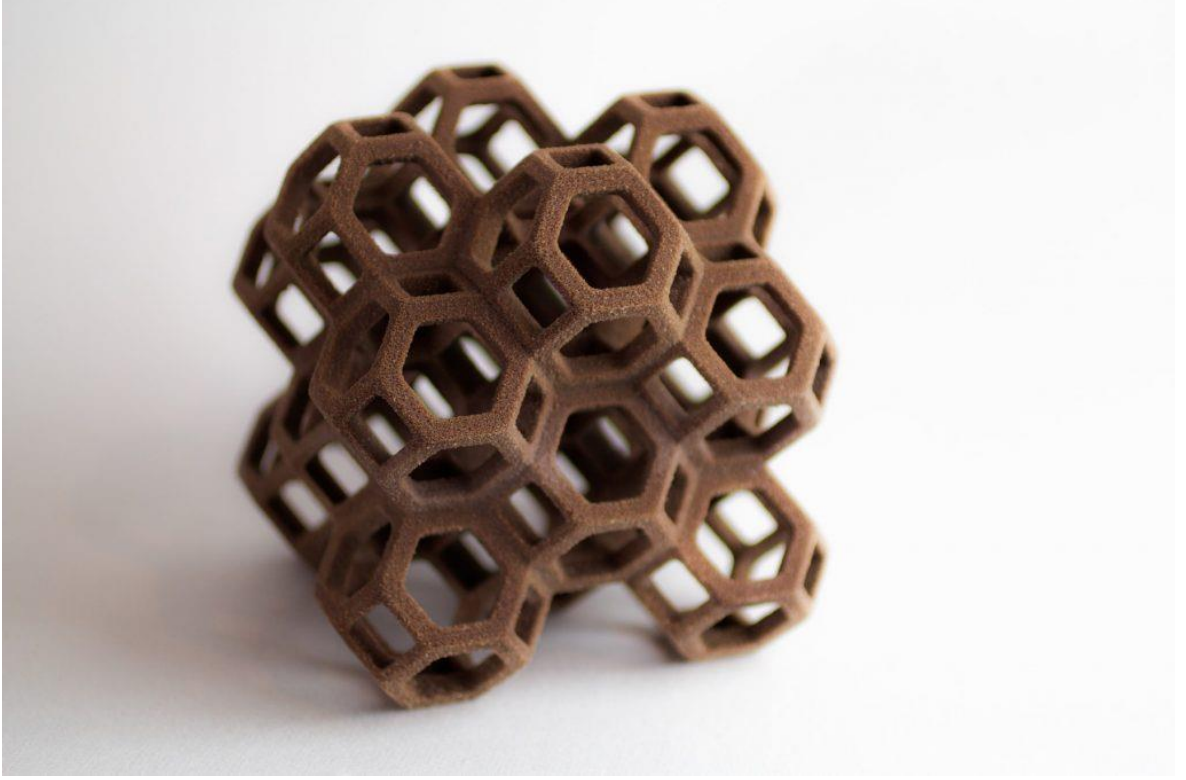


Şekil 31. Sanal Ortamda 3D Model Tasarımı

3.6. 3D Yazıcı ile Neler Yapılabilir? 3D Yazıcıların Kullanım Alanları Nelerdir?

3D yazıcılar ile yapabileceklerinizin bir sınırı yoktur. En yaygın olanları ürün prototipleme, ev dekorasyonu, hediyelik eşya olmak üzere bunun yanı sıra gıda sektörü gibi alanlarda da kullanılır. Örneğin çiçekleriniz için bir vazo, tasarladığınız veya hazır

tasarımını bulduğunuz dekoratif aksesuar vb. basabilirsiniz. Günümüzde kullanımı oldukça yaygınlaşan bu yazıcılar ile kendi tasarladığınız  ikolatalar elde edebiliyorsunuz. Yalnızca  ikolata da değil, 3D yazıcı teknolojisi gıda sektöründe hızla gelişmekte.



şekil 32. Modelleme

- NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) astronotları, ihtiya ı olan materyalleri uzaya gönderdikleri özel bir 3D yazıcıdan basarak elde ediyorlar.

3.7. MİKRO İŞLEMCİ

-Mikro işlemci için Arduino da yazdığımız kodlar

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo myservo;
```

```
int pos = 0;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
myservo.attach(10);
```

```
pinMode(2,OUTPUT);
```

```
pinMode(3,OUTPUT);
```

```
pinMode(4,OUTPUT);
```

```
pinMode(5,OUTPUT);
```

```
pinMode(6,INPUT);
```

```
pinMode(7,INPUT);
```

```
pinMode(8,INPUT);
```

```
pinMode(9,INPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{ basla:
```

```

if (digitalRead(8)==HIGH)

{

int i=1;

int a = 0,b=0;

while (i==1)

{

for(pos = 30; pos &lt;= 60; pos +=1)

{ a=30;

a++;

myservo.write(pos);

if(digitalRead(9)==HIGH)

{

digitalWrite(4, LOW);

digitalWrite(5, HIGH);

i=0;

for(pos = a; pos &gt;=30; pos -= 1)

{

myservo.write(pos);

delay(15);

}

digitalWrite(5,LOW);

```



```

goto basla;

}

delay(15);

}

a =0;

for(pos = 60; pos>=30; pos-=1)

{

b++;

myservo.write(pos);

if(digitalRead(9)==HIGH)

{

digitalWrite(4, LOW);

digitalWrite(5, HIGH);

i=0;

for(pos = 60-b; pos >=30; pos -= 1)

{

myservo.write(pos);

delay(15);

}

digitalWrite(5,LOW);

```

```
goto basla;
```

```
}
```

```
delay(15);
```

```
}
```

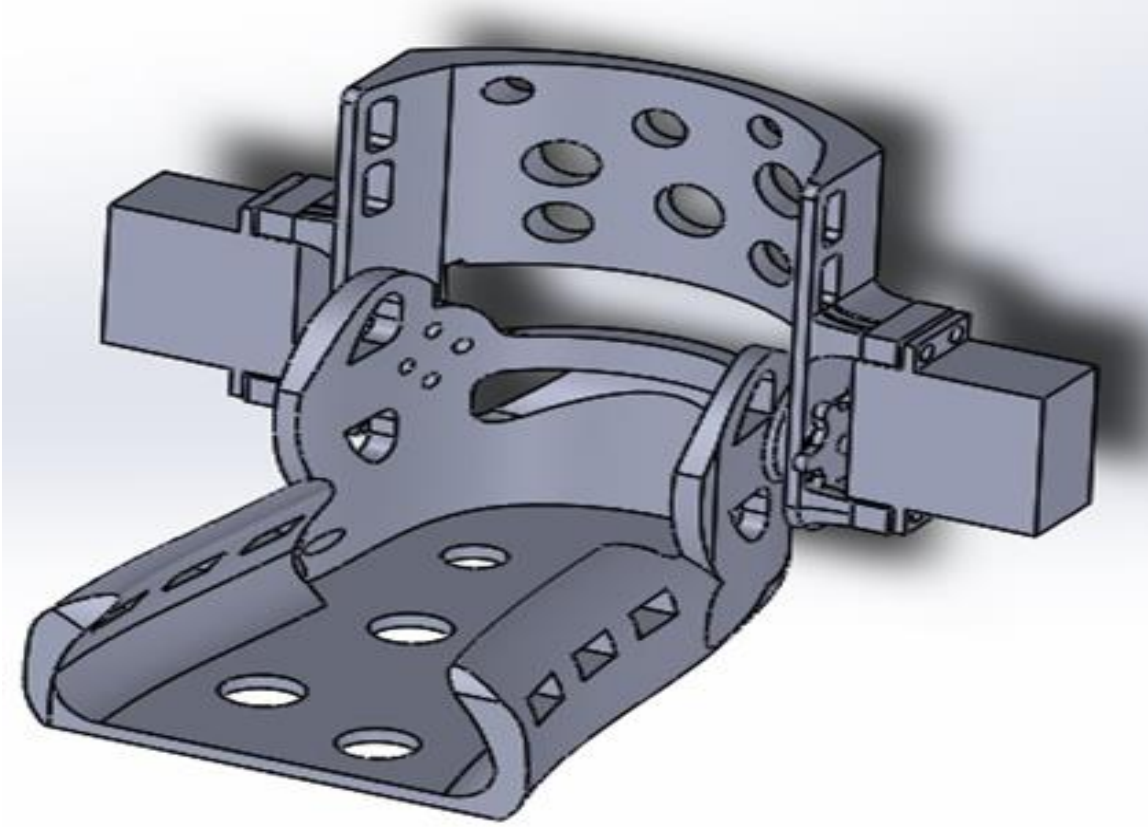
```
b=0;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

-Bu kodla servo motorların hareketini ve buton komutlarını kontrol ediyoruz.



Şekil 33. 3D Boyutlu Yazıcı Portatifi

BÖLÜM 4

BULGULAR

Yaptığımız projenin adı ayak hareket ettirme mekanizması, biz bu projede felçli hastalar, obezite sorunu yaşayıp ayak üzerinde fazla kalamayan veya kramp girmiş hastalar için bir mekanizma tasarladık. Tasarladığımız projenin ileri geri hareket etmesini eklemleri çalıştırmasını planladık. Projede servo motor kullandık tek yönlü olduğundan biri ileri biri geri hareket ettiriyor. Servo motorlar 3V-5V arası güç kaynağında hareket ediyor ve üzerindeki butonlara basıldığı sürece hareket değiştiriyor. Biz bu projede amacımıza ulaştık.

BÖLÜM 5

SONUÇ

Tez çalışmamızda öncelikle obez olan bireylerin, felç geçiren hastaların, yürümekte zorluk çeken bireylerin kalça, dizler ve ayak bileği eklemlerindeki hareket etme değerlerini elektronik olarak dijital olarak kullanılan inklinometre cihazı kullanıp bazı değerler bulup bu değerleri obez olmayan, felç geçirmemiş hasta, ve normal yürüyüş sergileyen bireylerin değerleri ile karşılaştırmaktı.

Projeyi yapmamızdaki bir diğer amacımız, sağlıklı kişiler ve sağlıksız kişiler arasındaki farkın olup olmadığını belirleyip buna göre bir önlem almaktır. Eklemlerdeki hareket genişliği, rahatsızlığın anlaşılmasında, tedavi yöntemi uygulanabilecek egzersizlerin uygulanmasında önemli bir noktadır. Tedavi edilebilecek bir tedavi programı uygulamak üzere değişikliklerin belirlenmesinde kullanmak mümkündür. Günlük hayatta yapmış olduğumuz yürüyüş, merdiven inme-çıkma, sandalyeye oturup-kalkma yapmış olduğumuz her türlü hareketlerin yapılabilmesi için eklem hareket açılarının belirli bir değeri olması gerekir.

Bu sebeple eklemlerin hareket açılarını belirlemek için birçok çalışma öne sürülmüştür. Klinik ortamda normal eklem hareketlerinin (NEH) belirlenmesinde kullanılan inspeksiyon aleti, gonyometre, radyografik ölçümler, bilgisayar ortamında izlenen video analizleri gibi

birçok çalışma yapılmıştır. Ekonomik yönden en çok kullanılan gonyometredir, kullanımı çok yaygındır ve en çok çalışma bu cihaz üzerinde yapılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akbulut GÇ,Özmen(2007) MM, Besler HT. Obezite. Tübitak Dergisi Mart sayısı
- Akdere H.,(1998). Kalça, Diz ve ayak bileği Eklemlerinin Hareket Genişliklerinin Ölçümü. Edirne TÜ: Sağlık Bilimleri Enstitüsü
- Cleffken B, Breukelen GV, Mameren HV, Brink P, Damink SO.(2007;16: 788-94) Test- retest reproducibility of elbow goniometric measurements in a rigid double-blinded protocol: Intervals for distinguishing between measurement error and clinical change.J Shoulder Elbow Surg
- Cumhur M.(2001)Temel Anatomi. 1. Baskı. Ankara:METU PRESS
- Dauber HFW(2001). Uluslar arası Terimlerle Sistemik Resimli Anatomi Sözlüğü.İstanbul:Nobel&Yüce
- Desdicioğlu K.(2008;15(1):45-52).Articulatio genu'nun morfolojik özellikleri. S.D.Ü. Tıp Fak. Dergi
- Houglum AP.(2005) Therapeutic Exercise for Musculoskeletal Injuries. 2 ed. Champaign: Human Kinetics
- http://www.robotiksistem.com/diyot_nedir_diyot_polarlama.html
- James PT.Obesity: (2004;22: 276-80)The Worldwide epidemic. Clinics in Dermatology Kuru Matbaası,
- Damcı T, Özbey N, Özer E. Klinik Obezite.(2000) 1. Baskı. Karakter Color
- Onat A.(2003;31:279-89)Türkiye'de obezitenin kardiyovasküler hastalıklara etkisi. Türk

kardiyol Dern Arş

Otman S, Demirel ,Sade A.(1998) Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri.

Ankara: Sinem Ofset,

Öztora S.(2005)İlköğretim Çağındaki Çocuklarda Obezite Prevalansının Belirlenmesi ve

Risk Faktörlerinin Araştırılması. İstanbul: T.C. Sağlık Bakanlığı Bakırköy Dr. Sadi

Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Perkoning A,Owashi T, Stein MB,Kirschbaum C,Wittchen HU.(2009;36(1): 1-

Posttraumatic stress disorder and obesity evidence for a risk association. Am J Prev

Med

Proper KI, Cerin E,Brown WJ, Owen N.(2007;31:805-12) Sitting time and socio-

economic differences overweight and obesity. International Journal of Obesity