

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GENEL AMAÇLI ROBOT KOLU TASARIMI**

**Orhan Efe ALP**

**Nisan, 2012**  
**İZMİR**

# **GENEL AMAÇLI ROBOT KOLU TASARIMI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Mekatronik Mühendisliği Programı**

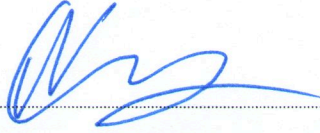
**Orhan Efe ALP**

**Nisan, 2012**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ORHAN EFE ALP, tarafından YRD. DOÇ. DR. NALAN ÖZKURT yönetiminde hazırlanan “GENEL AMAÇLI ROBOT KOLU TASARIMI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Nalan ÖZKURT

Danışman



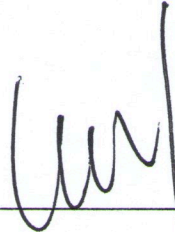
Yrd. Doç. Dr. Yavuz SENOL

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Zeki KIRAL

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, hoşgörü ve sabır gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nalan ÖZKURT'a, yine önemli tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. Erol UYAR hocama, robotik konusunda yoğun tecrübelerinden yararlandığım değerli arkadaşım Aytekin GÜÇLÜ'ye, mekanik aksam konusunda yoğun emeği geçen, atölye ve teçhizatlarını kullanımıma açan değerli ustalarım Önder ve Erkan KURTKAFA'ya, bana verdikleri destek için çok teşekkür ederim.

Son olarak bu günleri görmemi sağlayan, hayatımda herőeyi borçlu olduğum herőeyden çok sevdiğim, güvenlerini ve sevgilerini her zaman yoğun hissettiğim eőim Hatice ALP, annem Nüzhet ALP, babam Ali Ergün ALP, ablalarım Fethiye Yelkin ALP, Ceren SERİNKAN, Canan TOKEM, dayım Niyazi TOKEM ve anneannem Fikriye TOKEM' en büyük teőekkürü borç bildiğimi söylemek isterim.

Orhan Efe ALP

## GENEL AMAÇLI ROBOT KOLU TASARIMI

### ÖZ

Bu tez, üç eksen ve bir adet tutucuya sahip bir robot manipülatör ve robot manipülatöre insansı el hassasiyeti kazandırmak amacı ile ivmeölçer sensörlerden gönderilen komutlarla yönlendirilen, mikroişlemci ailesinden PIC ile kontrol edilen servo motor sürücü kartı tasarım çalışmasını ortaya koymaktadır. Robot manipülatörün tasarımı için Dassault Systemes firmasının ürettiği Solidworks programı kullanılmıştır. Baskı devre tekniği ile üretilen 5 adet servo motoru sürebilen motor sürücü kartı Proteus ve Eagle çizim programlarında tasarlanmış ve çizilmiştir. İnsansı el hassasiyeti, motor sürücü kartının donanımı göz önünde tutularak freescale firmasının ürettiği orta sınıf üç eksen ivmeölçer sensörler seçilerek sağlanmıştır. Robot kolunun gövdesinin ve uzuvlarının oluşturulmasında pleksiglas, kestamid ve alüminyum malzemeler seçilmiş, solidworks'de tasarlanan parçalar lazer kesimle imal edilmiştir.

İnsan elinin hassasiyetini algılayarak çalışan orta sınıf ivmeölçerler ile robot prototibini hareket ettiren düzenek, yüksek yatırım maliyetleriyle profesyonel olarak oluşturulması durumunda, kumanda kolu veya öğretim bilgileriyle kontrolü yapılan robotlardan farklı olarak insan el hassasiyetinin birebir kopyalamasını yapabilecek şekilde tasarlanabilecektir.

**Anahtar sözcükler:** Robot, manipülatör, servo, motor, tutucu, mikroislemci, pic, ivme ölçer, baskı devre, elektronik, proteus, eagle solidworks, insansı hareket.

## DESIGN OF ON GENERAL PURPOSE ROBOTIC ARM

### ABSTRACT

In this thesis, a robotic arm which have three axes with a gripper, controlled by a PIC microcontroller servo driver card, is designed. The purpose of study, is design and implement a robot which processes the signals sent by the acceleration sensors and act like human movements. Solid Works program produced by Dassault Systemes company was used for the design of the robot manipulator. The driver card can drive five servo motors. Middle class three axis accelerometer sensors which produced by Freescale was used for human movements, selected on considering the motor driver card hardware. Plexiglass and aluminum materials were selected to create the body of robot arm and limb and all parts which designed with solid works were made of laser cut.

If mechanism which moves the our robot prototype produced with middle-class accelerometers which works through to detect the sensitivity of the human hand, create by the high cost of investment, as diffrent from the robot controlled with joystick or by teaching method, the sensitivity of the human hand would be able to design one to one copy.

**Keywords:** Robot, manipulator, rc, servo, motor, gripper, microprocessor, microcontroller, pic, printed, circuit, electronic, proteus, solidworks.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Robot Nedir? .....	1
1.2 Önceki Çalışmalar .....	2
1.3 Tezin Amacı.....	6
1.4 Tezin İçeriği.....	6
<b>BÖLÜM İKİ – ROBOT KAVRAMI.....</b>	<b>7</b>
2.1 Robotiğe Giriş .....	7
2.2 Robot Sınıflandırmaları .....	9
2.2.1 Robot Hareketinin Eksenleri.....	9
2.2.2 Çalışma Alanı .....	9
2.2.3 Manipülatörün Yapısına Göre Sınıflandırma .....	10
2.2.3.1 Silindirik Koordinat Sistemi .....	13
2.2.3.2 Küresel Koordinat Sistemi .....	15
2.2.3.3 Döner Koordinat Sistemi .....	16
2.2.4 Robot Tiplerine Göre Sınıflandırma .....	19
2.2.4.1 Kartezyen Robotlar.....	19
2.2.4.2 Mafsallı Robotlar .....	20
2.2.4.2.1 Mafsallı Robotların Özellikleri .....	21
2.2.4.3 Scara Robotlar .....	22
2.2.4.3.1 Scara Tipi Robotların Özellikleri.....	22

2.2.4.3.2 Scara Tipi Robotların Yapısı .....	23
2.2.5 Hareket Yapısına Göre Sınıflandırma .....	24
2.2.5.1 Noktadan Noktaya Hareket Eden Robot Sistemleri .....	24
2.2.5.2 Sürekli Güzergâhlı Robot Sistemleri .....	25
2.2.6 Kontrol Döngüsü Tipine Göre Sınıflandırma .....	26
2.2.6.1 Açık Döngü Kontrol Sistemi.....	26
2.2.6.2 Kapalı Döngü Kontrol Sistemi .....	26
2.3 Tutucular .....	27
2.3.1 Mekanik El .....	28
2.3.2 Vakumlu Tutucular .....	29
2.3.3 Manyetik Tutucular .....	29
2.4 Robotla İlişkili Matris Matematiği .....	30
2.4.1 Koordinat Sistemleri .....	30
2.4.2 Matris Matematiği.....	34
2.5 Robot Programlama .....	35
2.5.1 Öğreti Yöntemi .....	35
2.5.2 Ara Yüz Programı İle Programlama .....	36
<b>BÖLÜM ÜÇ – ROBOT KOLU TASARIMI VE UYGULAMASI.....</b>	<b>37</b>
3.1 Robot Kolunun Tahrik Elemanları ve Montajı .....	37
3.1.1 RC Servo Motorlar.....	37
3.1.2 PWM .....	40
3.2 Robot Kolu Mekanik Tasarımı.....	41
3.2.1 Robot Kolunun Mekanik Elemanları .....	43
3.2.1.1 Robot Kolunun Taban Bölümü .....	44
3.2.1.2 Robot Kolunun Omuz Bölümü.....	51
3.2.1.3 Robot Kolunun Kol Bölümü .....	53
3.2.1.4 Robot Kolunun Uç Etkileyici Bölümü.....	60
3.2.1.5 Robot Kolunun Montajının Tamamlanması.....	61



## **BÖLÜM DÖRT – ROBOT KOLUNUN ELEKTRONİK SİSTEMİ .....64**

4.1 Mikro Denetleyicinin Tanıtılması .....	64
4.2 Mikro Denetleyici Üreticileri ve Ürünleri .....	65
4.2.1 Neden PIC? .....	66
4.2.1.1 Pic Mikro Tanımlamaları .....	66
4.2.1.2 Pic Mikro Denetleyici Ürün Ailesi ve Kodlama Harfleri .....	67
4.2.1.3 Pic Mikro Denetleyici Oluşturan Bileşenler .....	68
4.2.1.4 Pic Programlamak İçin Gereken Programlar .....	69
4.2.1.5 Pic Denetleyici Seçimi .....	70
4.3 PIC12F675'in Tanıtılması .....	71
4.3.1 PIC12F675 Mikro Denetleyicinin Temel Özellikleri .....	71
4.4 RC Servo Motor Sürücü Kartı Tasarımı .....	75
4.4.1 Rc Servo Motor Sürücü Kartında Kullanılan Malzemeler .....	76
4.5 Üç Eksen İvme Ölçer Sensör .....	77
4.5.1 Üç Eksen İvme Ölçer Sensör İç Yapısı .....	77
4.5.2 Üç Eksen İvme Ölçer Sensör Uygulama Alanları .....	78
4.5.3 İvme Ölçer Seçimi .....	79
4.5.4 Freescale MMA7361L İvme Sensörü Özellikleri .....	80
4.6 Pic Basic Pro Programlama Dili .....	82
4.7 Kontrol Devresi Akış Diyagramı .....	83

## **BÖLÜM BEŞ – TORK ANALİZİ .....84**

5.1 Servo Motorların Seçimi .....	84
5.1.1 Omuz Motoru .....	87
5.1.2 Dirsek Motoru .....	88
5.1.3 Tutucu Motoru .....	88

## **BÖLÜM ALTI – DENEY .....89**

6.1 Robot Kol Hareket Örnekleri .....	90
---------------------------------------	----

6.2 Robot Kolu Simülasyon Deneyi.....	92
<b>BÖLÜM YEDİ – SONUÇ.....</b>	<b>97</b>
7.1 Tezin Amacı.....	97
7.2 Yapılan Çalışmalar .....	97
7.3 Robot Kolunun Eksileri ve Artıları .....	98
7.4 Maliyet .....	98
7.5 Robot Kolu Üzerinde Geliştirilebilecek Çalışmalar .....	99
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>100</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>104</b>

# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

### 1.1 Robot Nedir?

Bilgisayarın yazıcısı yada mutfak robotunuz gerçekten birer robot mudur? Bir makineye robot diyebilmek için, en önemli koşullardan biri algılamadır. Bir robot az veya çok dış dünyadan bir algılama yapabilmelidir. Bu algılamalar sensörler sayesinde olur. Isı, ışık, şekil, dokunma gibi olabilir. Daha sonra bu bilgileri otonom olarak yorumlamalı, algıya ne gibi tepkide bulunacağına karar vermelidir. Son olarakta robot verdiği kararı uygulamaya koyabilmelidir. Özetlersek robot 3 ana kısımdan oluşur. Buna göre bir robotta; çevre hakkında gerçek zamanlı bilgi edinmek için kullanılan sensörler, karar vermeyi sağlayan mikro işlemci verilen kararların uygulanmasını sağlayan eyleyiciler ve hareket sistemleri bulunur (Robot nedir, robot tarihi, b.t).

Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir robot şöyle tanımlanır: "Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipulatör (Endüstriyel robotlar ve uygulama alanları, b.t).

Yukarıdaki tanımlarda da görüldüğü gibi robot; canlılara benzer işlevleri olan ve davranış biçimleri sergileyen makinelerdir. Temel olarak bir robotun aşağıdaki özelliklerinin olması gerekir:

**İşlem Yapma Yetisi:** Bir işlemi fiziksel yada farazi olarak yerine getirebilmelidir, yoksa robot olmaz sadece bir madde olur.

**İşlemin Sonucunu Belirleme Yetisi:** İşlemi yaptıktan sonra mutlak olarak işlemin sonucunu belirlemelidir ki işlem tam olarak yapılmış olsun.

**Karar Verme Yetisi:** İşlem sonucuna göre yada dış etmenlere göre mutlaka bir yargı kurabilmelidir.

Bu yapıları bünyesinde barındıran bir sisteme genel olarak ROBOT adını verebiliriz. Fakat asıl robot kavramı bu yapıların çok daha ilerisine giderek doğada en karmaşık olan insanoğlunun yetilerini taklit etmek amacıyla yapılan makinelerdir. Robot kavramı da onlar üzerine kurulmuş olmasına rağmen tanım genel olarak takdire dayanan yapıları da içermektedir (Endüstriyel robotlar ve uygulama alanları, b.t).

Robot teknolojilerinin popüler alt sınıflarından biri robot kollarıdır. Günümüzde hemen hemen her fabrikanın üretiminde, robot kolları yerini almıştır ve gelecekte daha çok kullanım olanağı bulacağı tartışılmaz bir gerçektir. İşte bu çalışmaların ve analizlerin ışığında bu tez çalışmasında robot kolları teorik olarak incelenmiş matematiksel çözümleri hesaplanmıştır. Teorik çalışma uygulama olarak geliştirilip teorik bilgiler uygulama ortamında hazırlanan prototip ile test edilmiştir. Üç Serbestlik Derecesine sahip robot kolu teorik ve uygulama kısımlarında model olarak kullanılmıştır. Bu robot kol bu tip bir tez çalışması için en uygun robot kol olarak belirlenmiştir. Gerek hızı gerekse hassasiyeti, uygulamalar için yeterli verimi sağlamaktadır.

## 1.2 Önceki Çalışmalar

Robotlar ve mekatronik üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar çoğunlukla robot kolu üzerinde yoğunlaşmıştır. Tez konusu robot kolu ile alakalı olduğu için robot kolu ile alakalı yapılmış bazı çalışmalar aşağıda değinilmiştir. Yapılan tez çalışması PIC kontrollü servo motorlar ile çalışan robot özelliği göstermektedir. Bu nedenle robot kolları ile alakalı olan bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Hong Daehie, Steven A. Velinsky ve Kazuo Yamazaki, uygulamalarında otobanların yapım ve bakım onarım işlerinde kullanılan bir mobil robotu ve bu

robotun kontrol sistemini açıklamaktadırlar. Bu robotta Servo sistem kontrolü kullanılarak optimum kontrol gerçekleştirilmiştir (Daehie ve Steven, 1997).

İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi'nde bir çalışmada internet üzerinden erişilebilecek mikrodenetleyici tabanlı bir elektronik kartın tasarlanması ve gerçekleşmesi yapılmıştır. Uygulama olarak, internet üzerinden robot kolu kontrolü başarıyla gerçekleştirilmiştir (Yarım, 2004).

Yayınlanan bir makalede değişik nesnelere tanıma yönelik görüntü işleme sistemi ile bu nesnelere görüntü destekli ayırmak için kullanılan robot manipülatörü ile ilgili çalışmalar sunulmuştur. DC motorların üç boyutlu uzayda verilen bir yörüngeyi takip edebilmesi için C++ ile özel bir mafsalsal kontrol algoritması yazılmıştır. Görüntü tanıma ile bağlantılı olarak robot kolun senkron çalışması ve değişik yolları takip edebilme yeteneği, 24 tanımlı nesne için test edilmiştir. Sonuç olarak, 5 ile 10 mm arasında bir kesinlik değeri ile yörünge takip edilebilmiş ve %95'lik bir nesne tanıma sonucuna ulaşılmıştır (Ayberk, 2001).

Diğer bir yüksek lisans projesinde mikro denetleyici kontrollü algılamalı örümcek robot tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu robot tasarımının çalışmasında da enerji problemi ön plana çıkmıştır. Robottaki 12 adet servo motor yaklaşık olarak 3 Amper akım çekmektedir. 4.5 Amperlik batarya, problemi kısmen çözsede de çok fazla ağır olmasından dolayı denge problemi oluşturmuştur. Dış gövdede kullanılan epoksi malzemesi çok sert ve işlenmesi çok zor bir malzemedir. İstenilen şekle getirilebilmesi için elmas bıçakların kullanılması gerekmektedir. Bunun yanında çok sağlam bir malzemedir (Gören, 2001).

Başka bir yüksek lisans projesinde mekatronik sistemlerde internet tabanlı kontrol ve kartezyen robot üzerinde bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Kontrol birimi olarak bir sunucu bilgisayara bağlı PLC kullanılmıştır. Kartezyen robota 3 ayrı renkte olan lastik topların dokuz ayrı noktaya, renklerin yerlerini de değiştirerek taşınması işlevini gerçekleştirecek bir program yüklenmiştir. Topların gideceği noktaların

koordinatları programa girilmiştir ve istenen işlev gerçekleştirilmiştir (Çalışkan, 2004).

Başka bir yüksek lisans projesinde; yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda altı serbestlik dereceli PUMA 560 robotunun önceden hesaplanmış dinamik parametreler altında; PD kontrol algoritması kullanılarak, hesaplanmış moment yöntemi metodu ile yörünge kontrolü yapılmıştır. Zamana bağlı olarak eklemlerin konum ve hız eğrileri elde edilmiştir (Bostan, 2004).

Başka bir çalışmada üç eklemlili bir SCARA robotu ele alınmış ve dinamiği yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiştir. Sonuç olarak YSA hedeflenen çıkışları müsaade edilebilecek çok küçük sapmalarla başarılı bir şekilde yakalamış ve iyi bir performans sergileyerek SCARA robotun modellenmesi problemine oldukça iyi cevap vererek çözüm üretebilmiştir (Tiryaki, 2005).

Bir doktora tezinde ise üç eklemlili bir robotik manipülatörün, görmeye dayalı kontrolü YSA kullanılarak yapılmıştır. Simülasyon programı kullanılmıştır (Köker, 2002).

Başka bir yüksek lisans projesinde bir labirent robotu tasarımı ve gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Bu robotun da yapısında 2 adet adım motor kullanılmıştır. Robot 2 adet adım motora bağlı iki adet tekerden oluştuğu için denge sorunu yaşanmış ve bu sorun ön ve arkaya bilyeler konarak giderilmiştir. Proje 2003 de yapılan bir proje ile benzerlik göstermektedir (Yağlı, 2005).

Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi'nde yayınlanan bir bildiri bilgisayarlarla haberleşerek x-y düzleminde çizim yapabilen bir mekatronik sistem tasarımı sunulmuştur. Z ekseninde hareketi sağlayan sonlandırıcı eleman (kalem) ile sistem üç ekseninde hareket etmektedir. Üç ekseninde hareketiyle sistem kartezyen robot kol özelliği taşımaktadır. İki eksen, çizim yapılacak zemin ile rölelerden oluşan ve bir anlamda sistemin iskeletini oluşturan makine kısmı; sürücü devre ve mikro denetleyicinin makine kısmıyla bağlantısını

içeren elektronik kısmı; kullanıcının isteğine uygun (mekanik düzenin izin verdiği ölçüler dâhilinde) çizime ait koordinatları girmesine olanak sağlayan ve girilen koordinatları yorumlayarak iki eksendeki motorlara ve rölelere elektronik kart aracılığıyla gerekli sinyali gönderen kısımdır (Yazıcı, 2003).

Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi'nde yayınlanan diğer bir bildiri de Festo tarafından üretilen hassas konumlama kontrolörü SPC200 ardımı ile geliştirilmiş pnömatik tahrikli robot uygulaması açıklanmıştır (Berkay, 2003).

Queen's University'de yapılan bir tez çalışmasında bir kartezyen pnömatik robotun sürekli kayan kipli denetimi (SMC) incelenmiştir. SMC dizaynı ile alakalı genel literatür bilgileri verilmiş ve doğrusal ve doğrusal olmayan bir pnömatik robot sunulmuştur. Açık kapalı döngü testleri yürütülmüştür (Xia, 2001).

Bir makalede, beş eksenli bir edubot robotta, ters kinematik hesaplamalar ve yörünge planlaması yapılmıştır. Ters kinematik probleminde, robotun uç noktasının gideceği yerin koordinatları (x, y, z) ve robot elinin başlangıç pozisyonuna göre açısı ( $\phi$ ) girdi olarak verilmiş ve eklem açılarının alabileceği değerler hesaplanmıştır. Ayrıca bu çalışmada, endüstriyel robotların en önemli sorunlarından birisi olan "Yörünge Planlaması"na 5. dereceden zaman polinomları ile çözüm getirilmiştir (Tonbul, 2003).

Gazi Üniversitesi'nde bir yüksek lisans çalışmasında renge göre (kırmızı, yeşil, mavi) malzeme taşıyan robot kolu tasarımı ve uygulaması yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan kontrol birimi PIC mikro denetleyicisidir. Bu çalışmada gereken program bir defa kontrol birimine yüklenmekte ve daha sonra robot bu programa göre hareket etmektedir. Sonradan harici bir müdahale bulunmamaktadır (Akademik, b.t).

### 1.3 Tezin Amacı

Bu çalışmada robot kolunun konstrüksiyonel ve elektronik olarak nasıl hazırlana bilineceği ve ivme ölçer sensörlerin elektronik kart vasıtası ile konstrüksiyona nasıl hareket verdiğinin detaylı anlatımını içerir. Çalışmamızdaki amaç insanın el hassasiyetinin robot koluna aktarılarak, bu hassasiyetin önem arz ettiği konularda; uzak mesafe veya çalışma şartlarının insan çalışma konforuna elverişsiz olduğu yerlerde çalışmaların insan elinin hareketlerinin kopyalanarak yapılabilirliğini göstermek ve daha sonraki çalışmalara ilham kaynağı olmayı hedeflemektir.

### 1.4 Tezin İçeriği

Yapılan tez çalışmasının içeriği kısaca özetlenir ise,

Bölüm bir'de; Robot kavramı, robotların özellikleri, robot ile yapılmış çalışmalardan bir kısım ve tezin amacı anlatılmaktadır.

Bölüm iki'de; Robotların tarihçesi, sınıflandırılması, çeşitleri ve özellikleri, tutucular, robot matematiği ile ilgili kavramlar, robot programlama yöntemleri yer almaktadır.

Bölüm üç'de; Servo motorların tanıtılması, kontrol yöntemleri, sistemin sanal ortamda tasarlanması sırasında yapılan işlemler anlatılmaktadır.

Bölüm dört'de; Kontrol birimi olarak kullanılacak birimler, mikro denetleyiciler, PIC 12F675 tanımı, sürücü kart tasarımı ve üç eksen ivme ölçerin özellikleri konusunda bilgiler verilmiştir.

Bölüm beş'de ; Sistemin statik tork analizi, robot kolu ile yapılabilmesi mümkün seneryolar ve robot prototibinin görselleri yer almaktadır.

Bölüm altı'da sonuçlar ve çalışmayla ilgili öneriler yer almaktadır.



## **BÖLÜM İKİ**

### **ROBOT KAVRAMI**

#### **2.1 Robotiğe Giriş**

Robotik, Makine Mühendisliği, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği ve Bilgisayar Mühendisliği disiplinlerinin ortak çalışma alanıdır. Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı, "malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç" şeklindedir. Robot kavramının temelleri eski tarihlere dayansa da ilk olarak "Robot" kavramı 1922 yılında Çek yazar Karel Čapek'in piyesinde bir tiplemesinin ismine Robot demesiyle ortaya atılmıştır. Bu tarihten sonra robot bilimi üzerinde bilimsel çalışmalar yoğunlaşmıştır (Özsoy, 2012).

Günümüz çalışma şartları ve rekabet ortamında, yapılan işin mükemmelliği ve kalitesi büyük önem kazanmış durumdadır. İşte bu şartlar altında robot kullanımıyla, kalite arttırılmakta, standard üretim sağlanmakta, işçilik ve malzeme giderleri azaltılmaktadır. Böylece robot sistemine sahip şirketlerin rakipleriyle arasındaki rekabet güçleri artmaktadır. Bunların yanında, robotlar insanları monoton ve ağır hacimli işlerden, kaynakhane ve boyahanenin zehirleyici etkili ortamlarından kurtarırlar. Dar alanlarda bir çok işlemin yapılması imkanını tanırlar. Pek çok alanda üretime katkıları yadsınamayan robotlar, gelişimleri boyunca hep memnunlukla karşılanmamışlar, zaman zaman toplumsal çalkantılara da yol açmışlardır. Buna örnek olarak, otomatik dokuma tezgahlarının son yüzyılda neden olduğu işsizlik gösterilebilir. Ancak, her seferinde teknolojik gelişmenin hemen ardından gelen nesil daha iyi koşullarda çalışmış ve çalışma zamanını kısaltmak suretiyle, daha çok serbest zaman elde etmiştir. Son zamanlarda yapılan ve gelişmiş ülkeleri kapsayan bir araştırmaya göre son 130 yılda kişi başına üretkenlik yaklaşık 25 kat artmıştır. Bu üretkenlik artışının yarısı yani 13 kat kadarı fiziki ürün artışı, diğer yarısı da insanların çalışma sürelerinin yaklaşık yarı yarıya düşmesi şeklinde görülmüştür.

Fiziki ürün artışı ancak, otomasyon, anında üretim ve esnek üretim ile gerçekleşebilmektedir.

Robotlar da; döner, prizmatik, silindirik, küresel, düzlemsel veya helisel eklemlerden biri kullanılır ve robot, bu eklem türüne göre de sınıflandırılır. Döner ve prizmatik eklemler robotikte en çok kullanılan eklem türleridir. Bir robot, mekanik bölümler, hareketlendiriciler ve kontrol birimlerinden oluşmaktadır. Robotun mekanik bölümleri; yapısal parçalar, güç ileten parçalar, (rot, dişliler vs. ), taşıyıcılar ve akuplaj bölümleri olarak sayılabilir. Mekanik bölümler, temel yapı parçaları ve servis parçaları olarak ikiye ayrılabilir. El veya diğer gereçler (kaynak, boyama, öğütme, sıkıştırma araçları) mekaniğin servis parçalarını oluşturur. Modern robotların hareketlendiricileri, çoğunlukla elektrikseldir (DC sürücüler). Endüstride kullanılan robotlar olarak bahsettiğimiz robot kollar, bugün birçok uygulama için yeterli hız, kararlılık ve kolaylığa erişmiş durumdadır. Su an bu robot kollar için en zayıf parça, el: uç noktada bulunan el sıklıkla pnömatik, 2-pozisyonlu pense şeklindedir. Bu yapı, uygulamalarda farklı parçaları tutmaya ve yönlendirmeye fazla izin vermemektedir. Bu konudaki çalışmalar gelecekteki önemli bir uğraş alanı olarak görünmektedir. Bir robot temel olarak beş kısımdan oluşur. Aşağıda verilen kısımlar robotu oluşturan temel unsurlardır, robotun işlevini yerine getirmesi ve sınıflandırması bu beş aşamaya göre yapılır.

1: Mekanik Kısım: Robotun iskelet kısmını oluşturur.

2: Tutacı: ( End Effector) : Bu eleman gerçek işi yapan kısımdır, robotun en uç noktasıdır ve uygulamada aktif olarak yer alır.

3: Motorlar: Eklemleri ve tutacı hareket ettirmek için kullanılır, en çok kullanılanları servo ve hidrolik motorlardır.

4: Kontroller: Girişi işleyip robotun yapması gereken görevini gerçekleştirir.

5: Sensörler: Kontrollere bağlıdır, robotun görevini yapması için robota geri dönüş ve giriş verisi sağlarlar. Her zaman gerekli değildir (Güzel, 2008).

## **2.2 Robotları Sınıflandırılması**

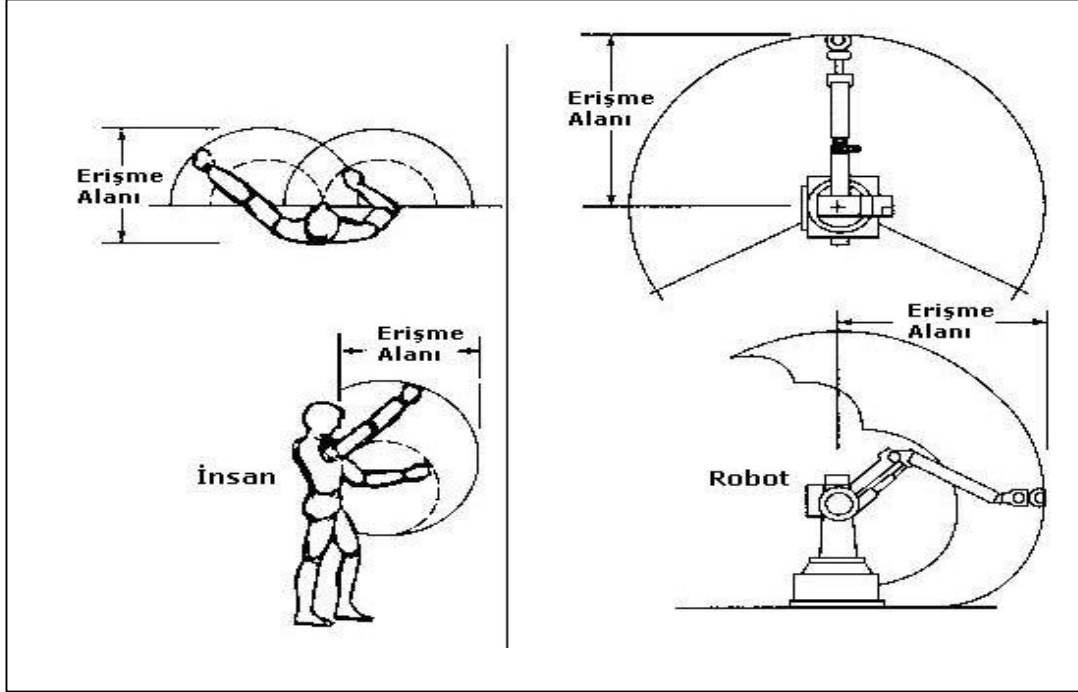
### **2.2.1 Robot Hareketinin Eksenleri**

Manipülâtörün kendi ekseni veya serbestlik derecesi diye tanımlanan değişik hareketleri vardır. Eğer bir manipülâtör kendi ekseni etrafında dönüyorsa, bu robota “tek eksenli robot” denir. Eğer manipülâtör yukarı ve aşağı doğru hareket ediyorsa, bu robota “çift eksenli robot” denir. Kendi ekseni etrafında dönen ve yukarı aşağı hareket eden manipülâtör, yatay ekseninde ileri-geri hareket de edebilir. Bu robota “üç eksenli robot” denir. Endüstriyel robotlar en az üç eksene sahiptirler. Bu hareketler, kendi ekseni etrafında dönmesi, yukarı-aşağı ve ileri-geri hareket edebilmesidir.

### **2.2.2 Çalışma Alanı**

Robot denildiği zaman aklımıza ilk etapta, insan gibi yürüyen, insan davranıőları sergileyen, daha da önemlisi insan gibi düşünen ve karar verebilen makinalar geliyor. Bu da demek oluyor ki robotların tasarlanması ve geliştirilmesinde canlıların yaşama uyum sağlamak amacıyla geliőtirdikleri karakteristiklerden ilham alınmaktadır.

Robot kolunun yetiőebileceđi toplam alana, çalışma alanı denir. Şekil 2.1’de mafsallı bir robotun çalışma alanı ile bir insan kolunun çalışma alanı arasındaki benzerlik görölmektedir.



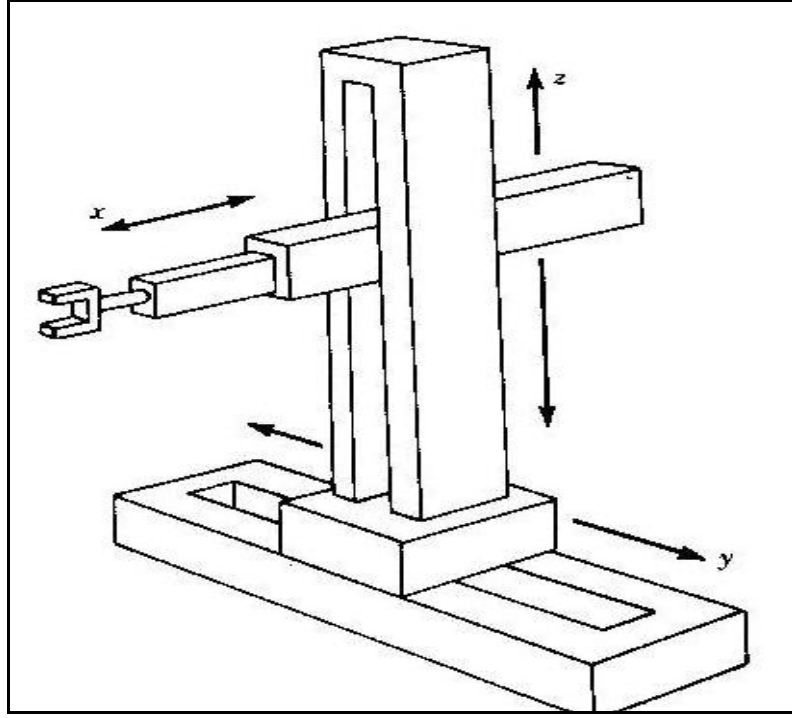
Şekil 2.1 İnsan kolu ile mafsallı robotun çalışma alanları arasındaki benzerlik

Endüstriyel robotlar sınıflandırılırken ilk başta 3 ana bölüme göre sınıflandırılır. Bunlar ;

1. Manipülâtörün (mekanik gövde) yapısına göre sınıflandırma
2. Robot tiplerine göre sınıflandırma
3. Kontrol döngüsü tipine göre sınıflandırma

### ***2.2.3 Manipülâtörün Yapısına Göre Sınıflandırma***

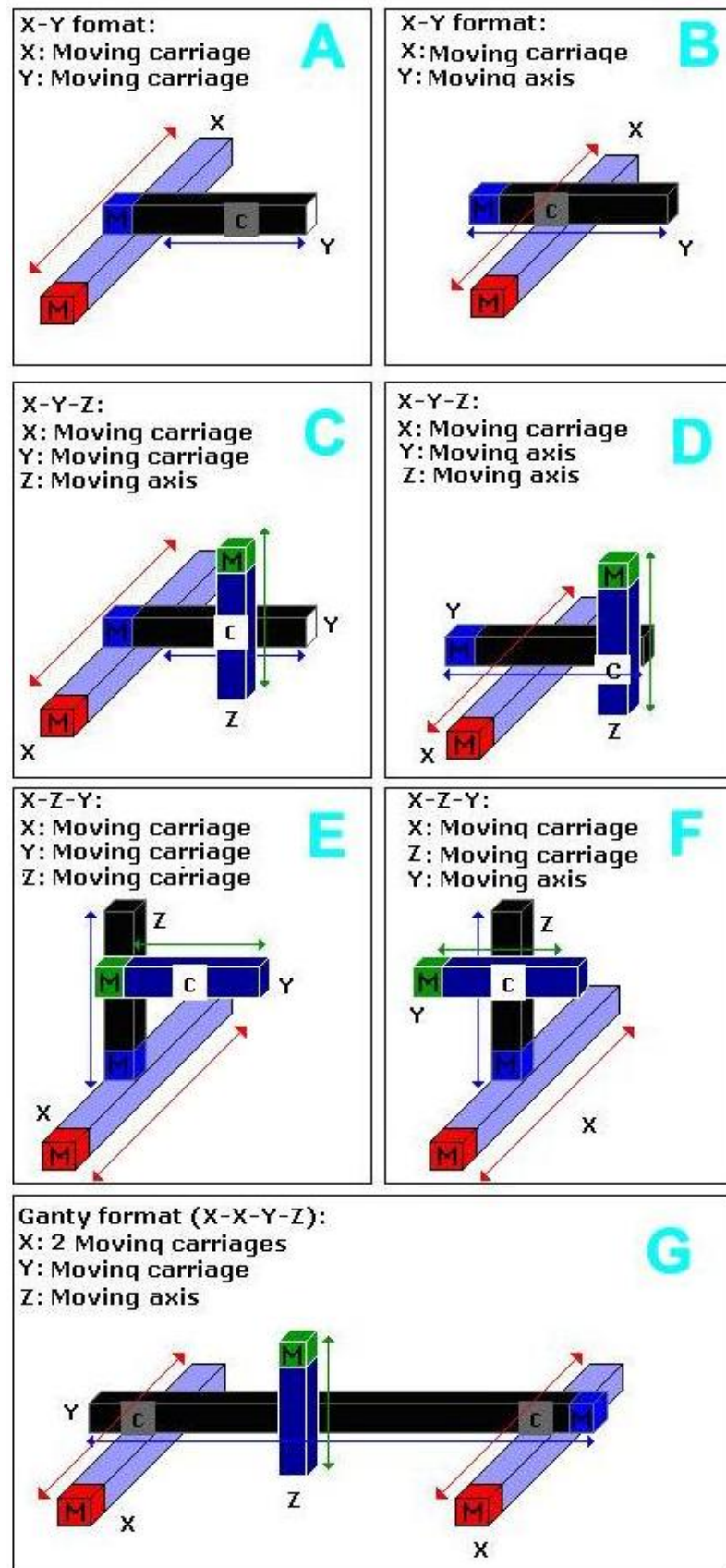
Bu sistemde bütün robot hareketleri; birbirlerine karşı dik açılı şekilde olur. Bu konfigürasyon en kısıtlı hareket serbestine sahip robot tasarım şeklidir. Bazı parçaların montajı için gerekli işlemler kartezyen konfigürasyonlu robotlar tarafından yapılır. Bu robot şekli birbirine dik üç eksenle hareket eden kısımlara sahiptir. Hareketli kısımlar X, Y ve Z kartezyen koordinat sistemi eksenlerine paralel hareket ederler. Robot, üç boyutlu dikdörtgen prizması hacmi içindeki noktalara kolunu hareket ettirebilir.



Şekil 2.2 Kartezyen koordinat sistemine ait şematik çizim



Şekil 2. 3 Kartezyen robot

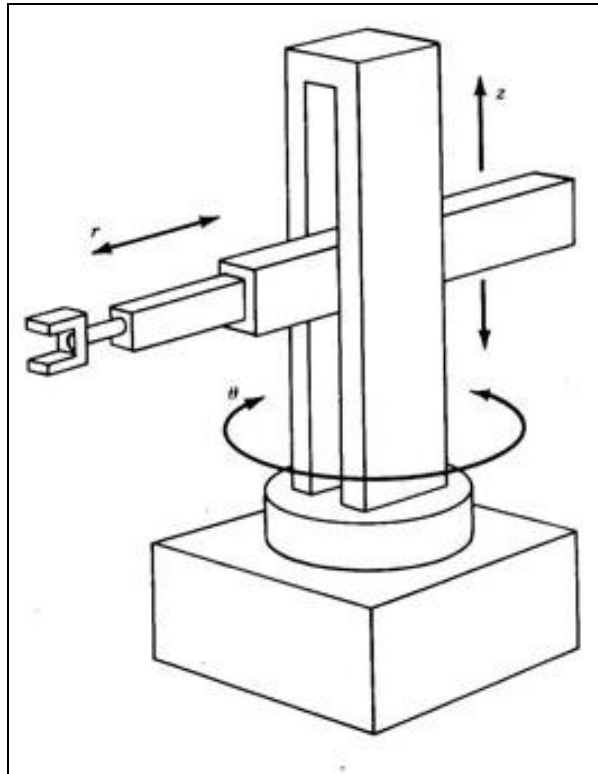


Şekil 2.4 Kartezyen eksenler

Bir kartezyen koordinat sisteminde, koordinat sistem merkezinin yeri, ilk iki bağlantının birleşme yerinin merkezidir. Merkezine doğru yapılan hareketler dışında, merkez hareket etmez yani robotun merkezi sabittir. Robotun yerleştirildiği çalışma alanında eğer X yönündeki hattı bir kolona doğru çevrilirse, X hattı daima aynı kolona doğru yönelir robotun programını yaparken döndüğü yönde sorun yoktur. Bunlar verilmiş bir robot donanımı için, yer koordinatları olarak bilinir.

### 2.2.3.1 Silindirik Koordinat Sistemi

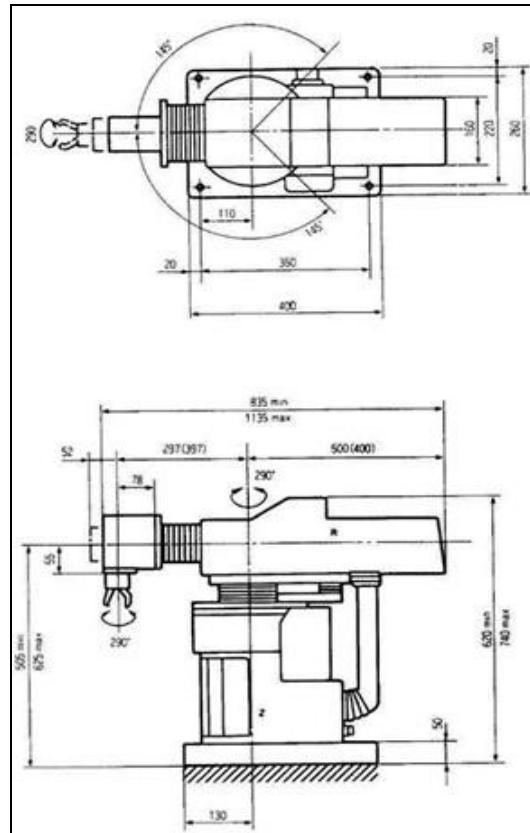
Bu tip robotlar temel bir yatak etrafında dönebilir ve diğer uzuvları taşıyan ana gövdeye sahip özelliktedir (Şekil 2.5). Hareket düşeyde ve ana gövde eksen kabul edildiğinde radyal olarak sağlanır. Dolayısıyla çalışma hacmi içerisinde robotun erişemeyeceği, ana gövdenin hacmi kadar bir bölge oluşur. Ayrıca genellikle, mekanik özelliklerden dolayı gövde tam olarak  $360^\circ$  dönemez.



Şekil 2.5 Silindirik koordinat sistemi

Silindirik koordinatlarda tabana dik eksen etrafında dönme ve bu eksen üzerinde ötelenme yapılırken bu eksene dik bir eksen de başka bir öteleme hareketi yapılır. Dönme serbestliğindeki mekanik engellerden dolayı teorik olarak silindirik bir çalışma alanı oluşması beklenirken bazı bölgelerde silindir yapısı tamamlanamaz. Zemine ulaşabilmenin arzu edildiği durumlarda robot kolu zemine açılan bir yuvaya yerleştirilir. Ancak bu durumda da ulaşılabilecek maksimum yükseklik azalır. Radyal hareketten dolayı, silindirik koordinatlı robotlar montaj, kalıpcılık gibi alanlarda kullanılabilir. Bu tip robotlar da programlama açısından fazla karmaşık değildir. Ancak kartezyen koordinatlı robotlarda olduğu gibi kayar elemanların korozyon ve tozlanmadan korunması gerekir.

Silindirik robotlar genellikle, kendi ekseninde  $300^\circ$  dönmektedir. Geri kalan  $60^\circ$  ise robotun etrafında güvenli bir alan oluşturmak için kullanılır. Bu güvenlik alanına ölü bölge ismi verilmiştir (Şekil 2.6).

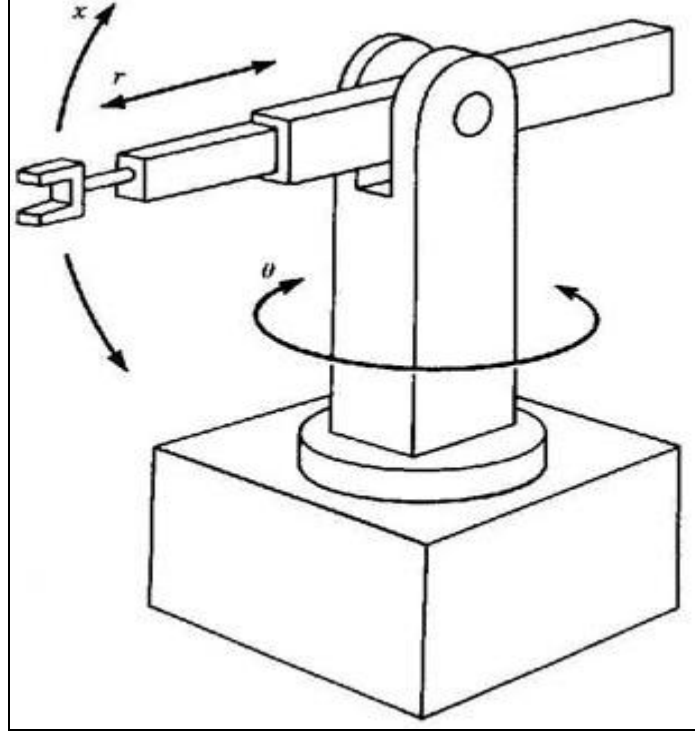


Şekil 2.6. Silindirik koordinat sistemli robotun çalışma alanı



### 2.2.3.2 Küresel Koordinat Sistemi

Matematiksel olarak küresel koordinat sisteminin iki tane dairesel ve bir de doğrusal ekseni olmak üzere üç tane ekseni vardır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Küresel koordinat sistemi

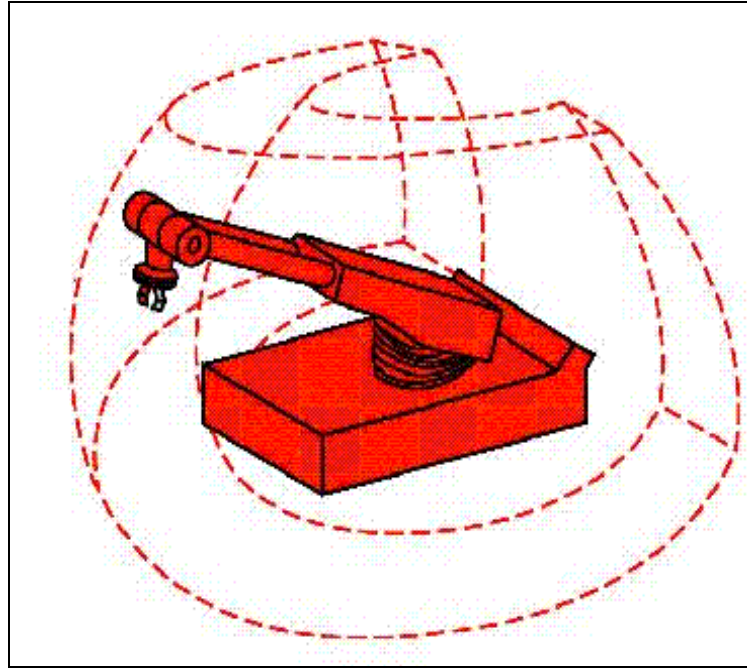
Robotikte küresel koordinat sistemi en eski koordinat sistemlerinden biridir. Oldukça çok işlevli, birçok uygulama alanına sahip özelliğinin yanında, yapım ve montaj açısından da oldukça kolaylık sağlamaktadır.

Şekilden de anlaşıldığı gibi temelde iki hareketi mevcuttur. Bunlar yatay ve düşey dönmedir. Üçüncü bir hareket ise doğrusal (uzama kolunun ileri geri hareketi) harekettir. Doğrusal hareket aynen kartezyen koordinatlardan herhangi bir koordinatın hareketi gibi davranış gösterir.

Kutupsal koordinatlarda çalışan bir robotun çalışma hacmi iki kürenin ara hacminden oluşur. Koldaki uzuvlardan biri doğrusal hareket yaparken bunu destekleyen diğer uzuvlardan biri tabana dik eksen etrafında diğeri ise bu eksene dik

ve tabana paralel eksen etrafında döner. Ölü bölgeler bu tip robotlarda da vardır. Öteleme hareketi yapan uzvun stroğunun yetersizliğinden dolayı zemine ulaşmak mümkün olmaz.

Küresel koordinat robotunun düşey ve yatay çalışma alanı Şekil 8’de görüldüğü gibi silindirik koordinat robotuna benzer (Şekil 2.8).

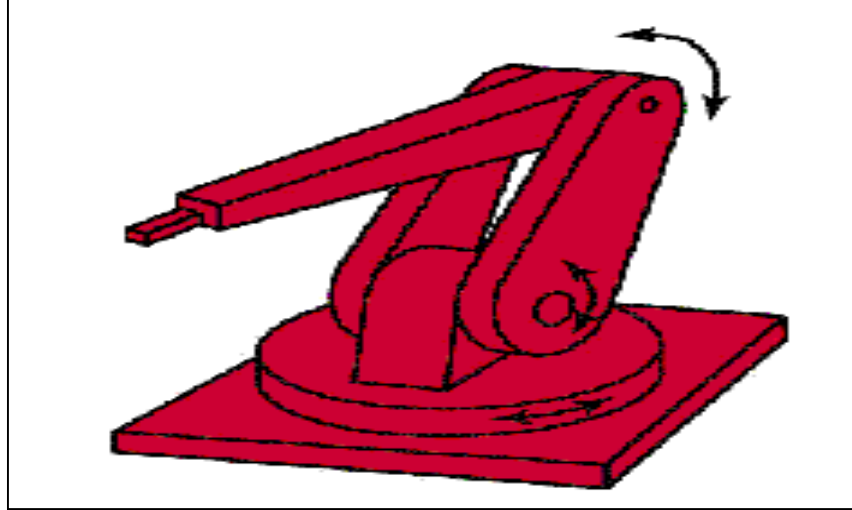


Şekil 2.8. Küresel koordinat robotunun yatay ve düşey hareket alanları

### 2.2.3.3 Döner Koordinat Sistemi

Eğer bir robot herhangi bir iş yaparken kolu dairesel hareketli bağlarla oluşturuyorsa, bu tip robotlara Döner koordinat sistemli robotlar denir.

Robot kolunun bağlantıları gövde üzerine, etrafında dönecek şekilde monte edilmiştir ve dayanak noktaları birbirine benzeyen iki ayrı bölümü taşır. Dönen parçalar yatay ve dikey monte edilebilir (Şekil 2.9).



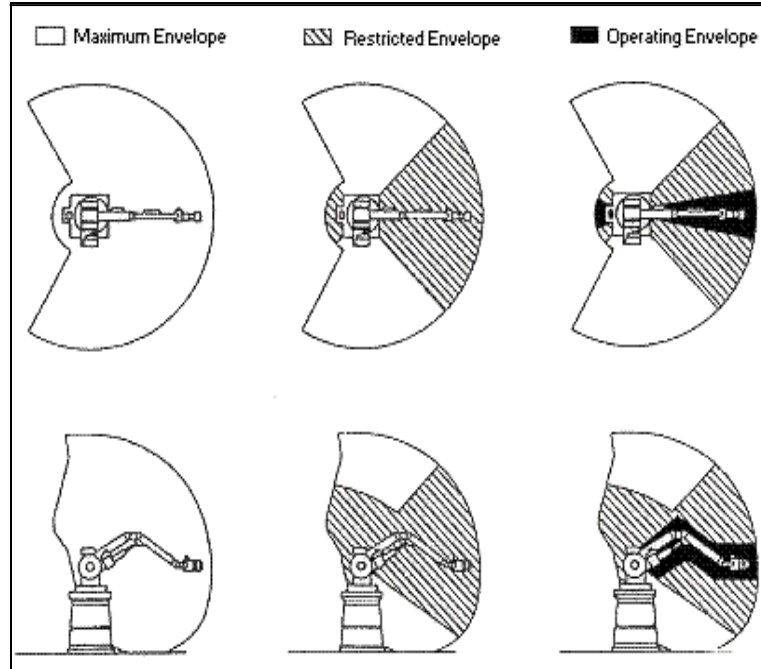
Şekil 2.9. Döner koordinat sistemli robot eksenleri

360° dönme sağlanamaz ancak bu kayıplar minimuma indirilebilir. Şekil 2.11’de döner koordinatlarda çalışma hacmi görülmektedir. Bu tip robotlarda robot kolun çalışması zor gözlenir. Çalışma hacmindeki noktalara farklı yörüngelerle ulaşılabilir. Buna göre sistem parametrelerinin en uygun olduğu yol seçilmelidir.

Döner koordinatlı robotlarda kontrol işlemi karmaşıktır, dolayısıyla kontrol donanımının da bu karmaşıklığı karşılayabilecek kapasitede olması gerekir. Ayrıca bu tip robotlarda mafsallarda sızdırmazlı kolayca sağlanabilmektedir.



Şekil 2.10. Döner koordinat sistemli bir robot



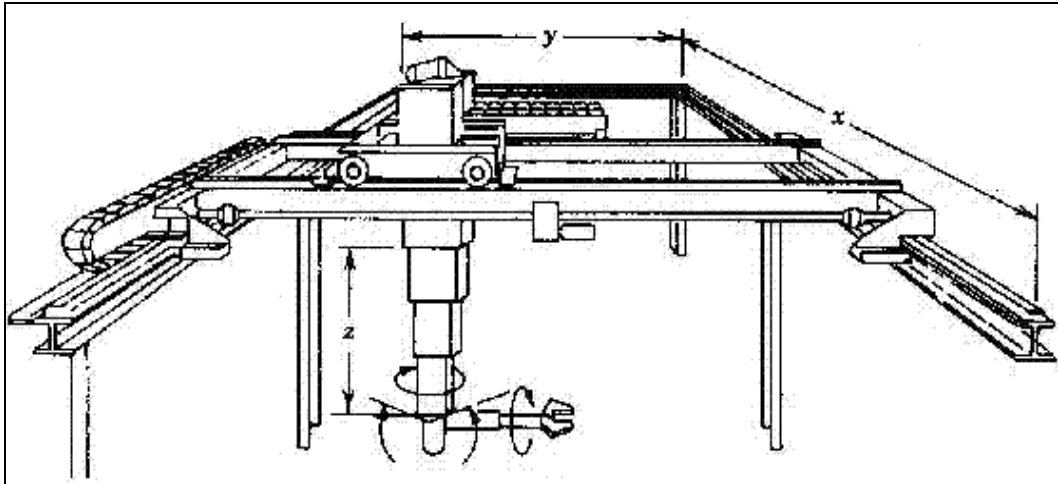
Şekil 2.11. Döner koordinat sistemli robotun çalışma alanı

### 2.2.4 Robot Tiplerine Göre Sınıflandırma

- Kartezyen robotlar,
- Mafsallı robotlar,
- Scara robotlar.

#### 2.2.4.1 Kartezyen Robotlar

Kartezyen koordinat sisteminde bütün robot hareketleri birbirine 90°'lik açıyla hareket eder. Bu nedenle kartezyen robotlar dikdörtgenimsi bir biçimdedir. Günlük hayatımızda sağa sola, aşağı yukarı vb. hareketlerimiz, kartezyen koordinat hareketleridir.



Şekil 2.12. Gantry robot

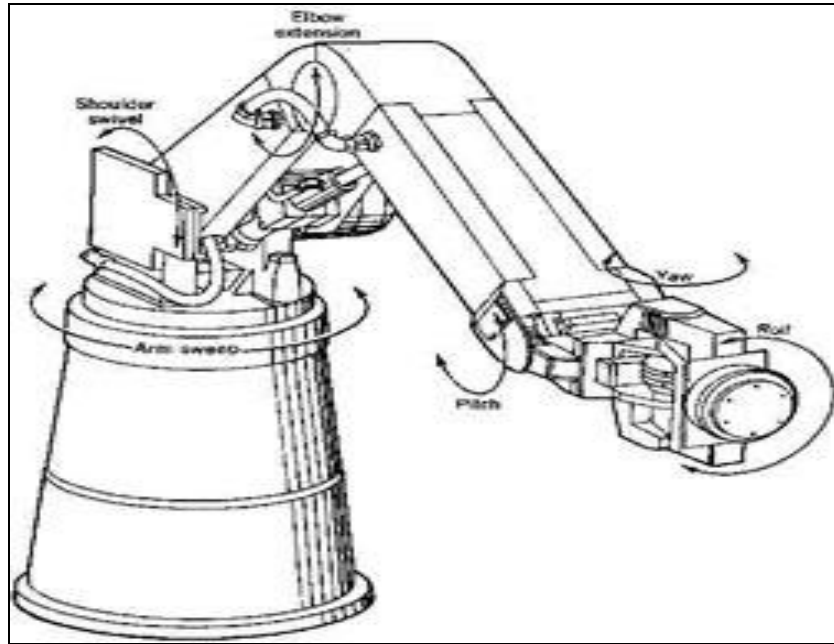
Bu ürün robotları genellikle özel tatbiklerle sınırlandırılır. Devamlı bir yol alanında, robot, bir köprü ve bir ray sistemi aracılığıyla daha çok işlevlik kazanabilir. Tavana monte edilerek, birkaç fonksiyonla birçok istasyona hizmet verilebilir. Robotun tavana asılı olmasıyla, zeminde daha fazla boş saha kazanılmış olur.

Kartezyen robotlar, basitlikleri ve konstrüksiyonları sayesinde rijitliği yüksek ve hızlı bir yapıya sahiptir.

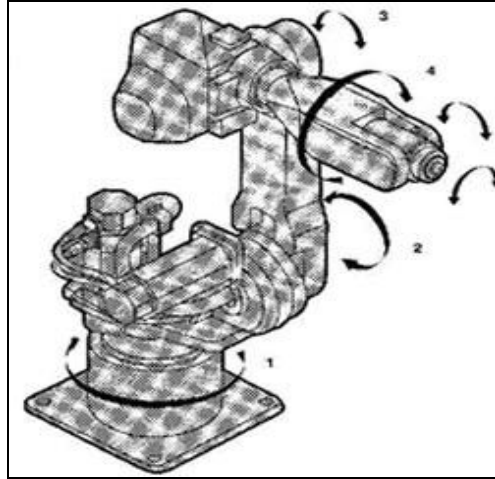
### 2.2.4.2 Mafsallı Robotlar

Mafsallı robotların dizaynını insan kolundan esinlenerek yapılmıştır. Kol eklemleri robotlar yeteneklerine göre, insan kolunun yerine getirebileceği görevleri üstlenmek amacıyla yapılmışlardır. Kol eklemleri robotlar insan kollarında olan tüm esnekliğe ve hassasiyete tam olarak sahiptir ve değişik görevlerde insan kolunu taklit eder (Şekil 2.13).

Kol eklemleri robotlar altı ekseninde rahatça hareket ederler. Bu altı eksenin üç tanesi kol hareketi için, diğer üç tanesi ise bilek hareketi içindir (Şekil 2.14).



Şekil 2.13. Mafsallı robot



Şekil 2.14 6 Eksenli mafsallı robot

*2.2.4.2.1 Mafsallı Robotların Özellikleri.* İnsan kolunun yapabileceği çok sayıda hareketi yapabilmektedirler. Bu özellikleri kullandıkları koordinat sisteminden (döner koordinat sisteminden) almaktadırlar. Bu koordinat sisteminin gereği olarak omuz, dirsek ve bilek bağlantıları vardır(Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Mafsallı robot

Bu bağlantı şeklinin robota kazandırdığı en büyük avantaj, çalışma alanındaki her noktaya rahatça ulaşabilmesidir. Çalışma alanı ise; robot kolunun yatayda dik olarak durması sonucu elde edilir.

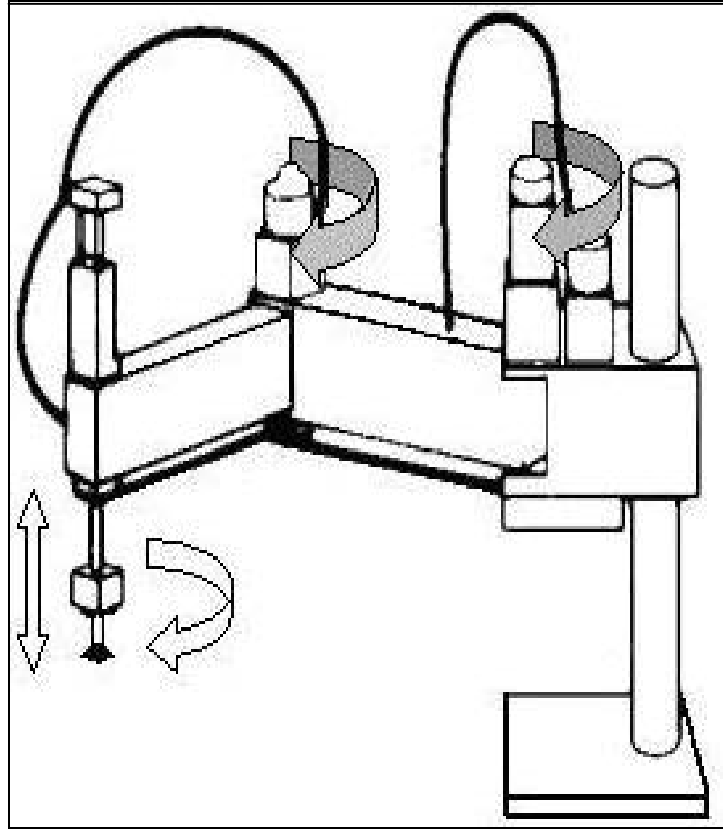
#### 2.2.4.3 Scara Robotlar

Scara, Selective Compliance Assembly Robotic Arm kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. Yani seçilenlere uyan montaj robotu koludur. Bu robot 1970'den sonra Japon Endüstriyel Konsorsiyomu ve bir grup araştırmacı tarafından Japonya'da Yamanashi Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Scara tipi robot, çok yüksek hıza ve en iyi tekraralama kabiliyetine sahip olan bir robot çeşididir.

2.2.4.3.1 Scara Tipi Robotun Özellikleri. Şekil 2.16'de Scara tipi bir robota ait şematik çizim verilmiştir. Bu robotta üç genel özellik bulunmaktadır:

- Doğruluk
- Yüksek hız
- Kolay montaj



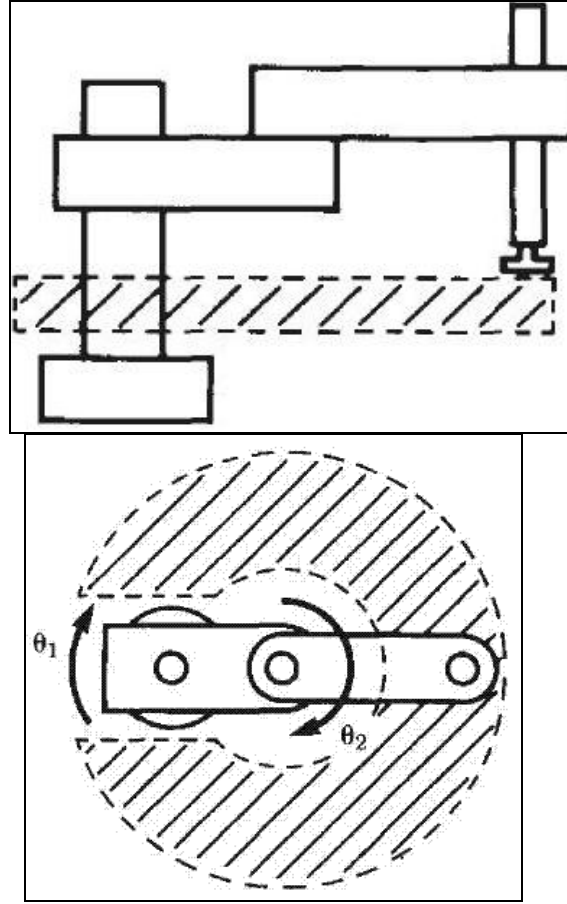


Şekil 2.16. Scara tipi robota ait şematik çizim

**2.2.4.3.2 Scara Tipi Robotun Yapısı.** Bu robot genellikle dikey eksen çevresinde dönen 2 veya 3 kol bölümünden meydana gelmiştir. Şekil 2.16’de görülen 1 numaralı eksen robota ana dönmeyi veren eksenidir. Bu eksen en çok montaj robotlarında kullanılmaktadır.

2 numaralı eksen doğrusal dikey eksenidir. Bu eksende sadece dikey hareket yapılabilir. Bu özellik montaj robotlarında istenildiğinden dolayı, montaj robotlarının büyük bir kısmı aşağıya doğru dikey hareket yapar.

Dikey eksen hareketleri koordinat hareket eksenleri içinde aşağıya doğru yapılan en çabuk ve düzgün hareketlerdir. 3 numaralı eksende robot kolunun erişebileceği uzaklık değiştirilebilir. 4 numaralı eksende ise dönen kol bileği hareket eder. Şekil 2.17’de robotun çalışma alanına ait çizdiği hacim verilmiştir.



Şekil 2.17. Scara robotun çalışma alanı

### 2.2.5 Hareket Sistemine Göre Sınıflandırma

Robot sınıflandırmalarında kullanılan ikinci özellik de, robotun hareket sisteminin tipine göre yapılan sınıflamadır. Hareket sistemi robotların belirlenen noktalara nasıl ulaştıkları ile ilgilidir. Hareket sistemine göre robotlar 2'ye ayrılır.

- Noktadan – Noktaya Hareket Eden Robot Sistemleri (Point to Point Robotic System - PTP)
- Sürekli Güzergâhlı Robot Sistemleri ( Continuous Path Robotic Systems – CP)

#### 2.2.5.1 Noktadan Noktaya Hareket Eden Robot Sistemleri

Noktadan noktaya hareket eden robot sistemlerinde, robot sayısal olarak tanımlanan noktaya gider ve hareketini durdurur. Robot sabit duruyor iken uç

etkileyici programa göre yapması gereken işini yapar. Robotun görevi bitince robot bir sonraki noktaya hareket eder ve bu işlemler böylece tekrar edilir.

Bu sistemde, robot noktadan noktaya giderken robotun güzergâhı ve hızı önemli değildir. Bundan dolayı PTP sisteminin temelinde robotun son pozisyonunu kontrol etmek için sadece eksen pozisyonları sayılır. Ulaşılabilecek her noktanın koordinat değerleri sayıcılara yüklenir. Robot hareketi boyunca, kodlayıcı veya kontrol devresi eklem pozisyonunu belirten palsleri gönderir.

Tipik noktadan noktaya hareket eden robot sistemlerine nokta kaynağı yapan robotlarda sıkça rastlanmaktadır. Nokta kaynak işleminde robot kaynak yapılacak noktaya kadar hareket eder. Kaynak yapılacak nokta, kaynak uzvunun iki elektrotunun ortasına denk gelir ve kaynak işlemi gerçekleştirilir.

Noktadan noktaya hareket eden robot sistemleri, nokta kaynağı, parça taşıma, yükleme – indirme ve basit montaj işlerinde kullanılır.

#### *2.2.5.2 Sürekli Güzergâhlı Robot Sistemleri*

Bu tip sisteme sahip robotlarda, eksenlerin hareketleri farklı hızlarda ve aynı anda olabilir. Bu hızlar kontrol devresinin kontrolünde düzenlenir ve yörüngeyi meydana getiren unsurdur. Sürekli güzergâhlı robotlar düzgün ve kesiksiz bir hareket gerçekleştirir. Yörünge boyunca tüm noktaların kaydedilmesi gerekliliği bu tip sisteme sahip robotlarda, noktadan noktaya hareket eden robot sistemlerine göre daha büyük belleğe ihtiyaç olmasına sebep olmaktadır.

Sürekli güzergâhlı robotlar ark kaynağında, sprey boyama da, metal parçalarının pürüzsüz işlenmesinde, komplike montaj uygulamalarında ve kontrol işlerinde kullanılmaktadır .

### 2.2.6 Kontrol Döngüsü Tipine Göre Sınıflandırma

Kontrol sistemi robotların yapacağı işlemlerdeki giriş değişkenlerine bağlı olarak hareketi ve görevini gerçekleştirir veya giriş değişkenlerinin durumunu göz önüne almadan hareketini ve görevini gerçekleştirir. Bu durumlara göre kontrol tipine göre robotlar 2'ye ayrılır.

- Açık Döngü Kontrol Sistemi
- Kapalı Döngü Kontrol Sistemi

#### 2.2.6.1 Açık Döngü Kontrol Sistemi

Açık döngü kontrol sistemlerinde, çıkışın giriş üzerinde herhangi bir etkisi yoktur. Yani giriş komutuna göre meydana gelen çıkış durumundan girişe geri besleme yapılmaz .

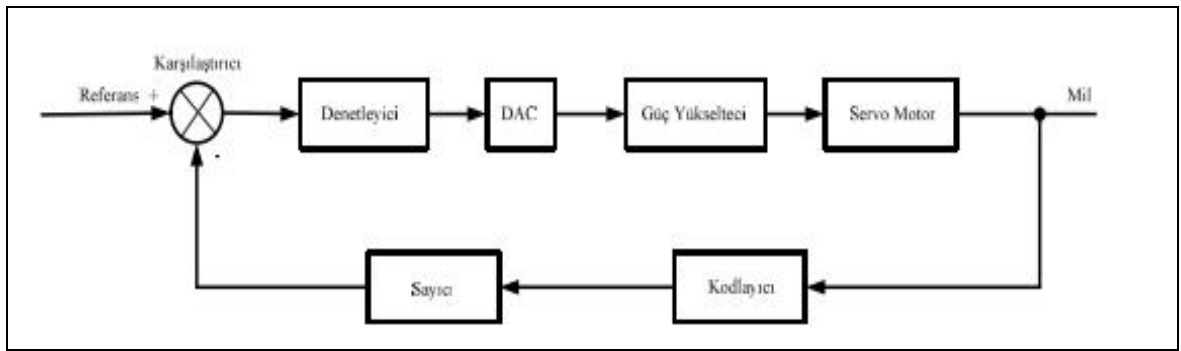
Örnek verecek olursak, diyelim ki bir robot kolu bir malzemeyi belirlenen yerden alarak, belirlenen konuma taşıyor ve bu taşıma sırasında hep 500 gr'lık yükü taşıyacakmış gibi uç elemanına kuvvet sağlıyor. Bu robot ne taşırsa taşıсын hep 500 grama karşılık gelen kuvveti uç elemanına sağlar. Diyelim ki taşınacak yük ağırlığı 300 gr. oldu. Bu durumda robot uç elemanına sağlanacak kuvveti azaltmaz. Bu nedenle kuvvet tasarrufu yapılacak sistemlerde bu döngü tipi kullanılamaz. Kaldırılacak yük 1 kg olduğunda ise robotun uç elemanına sağladığı kuvveti arttırması gerekir. Fakat açık döngülü sistemde duruma göre ek kuvvet sağlanamaz. Her durumda aynı kuvvet sağlanır.

#### 2.2.6.2 Kapalı Döngü Kontrol Sistemi

Kapalı döngü kontrol sistemlerinde, açık döngü kontrol sistemlerinin tam tersine çıkışın giriş üzerinde etkisi vardır. Çıkışta meydana gelen değişimler robotun bir sonraki hareketinin durumunu değiştirmektedir.

Açık döngü kontrol sisteminde anlatılan örneği göz önüne alırsak aynı durumda kapalı döngü kontrol sistemi kullanılsaydı, robotun uç elemanına bağlı yük azalınca hemen girişe bunu bildirir ve uç elemanına sağlanan kuvvet azalır. Aynı şekilde robotun uç elemanındaki yük artınca bu bilgi girişe giderek uç elemanına daha fazla kuvvet sağlanması yapılır.

Kapalı döngü kontrol sistemine örnek olarak tek bir eksenin hareketi için servo motor kullanarak yapılan bir sistemin blok şeması Şekil 2.18'de görülmektedir. (Çiçek 2006).



Şekil 2.18. Kapalı döngü kontrol sistemine örnek sistem

### 2.3 Tutucular

Robot uygulamalarında uç eleman olan tutucular parçaların taşınmasında montaj işlemlerinde, kaynak işlemlerinde, boyama işlemlerinde çok rahat bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat bir montaj hattında aynı tutucunun birden fazla işi yapması veya değişik özellikteki parçaları taşıması düşünüldüğünde bunun işlevsel bakımdan zorlukları görülmektedir. Bu durumda genel maksatlı robot ele ihtiyaç duyulduğu bir gerçektir.

Robot ellerde eklemlerin hareketi için gerekli gücü üreten çeşitli teknolojilere dayalı hareketlendiriciler (actuator) vardır. En yaygın olarak kullanılan hareketlendirici teknolojileri elektrik motorları, hidrolik hareketlendiriciler ve pnömatik hareketlendiricilerdir. Bu geleneksel hareketlendiriciler dışında şekil

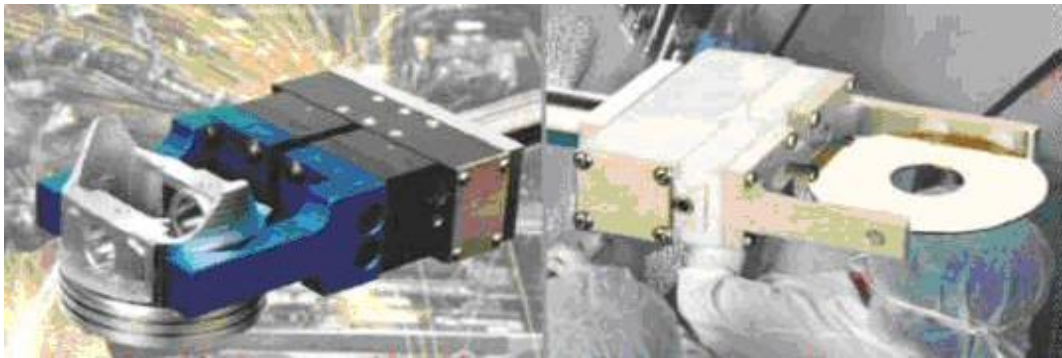
bellekli alaşımları da hareketlendirici teknolojilerine dahil etmek m¼mk¼nd¼r (şekil 2.19).



şekil 2.19. Robot el

### 2.3.1 Mekanik El

Parçaları mekanik tutucular arasında tutarlar ve parmaklar mekanik olarak hareket ederler (şekil 2.20).



şekil 2.20. Mekanik iş parçası tutucuları

### 2.3.2 Vakumlu Tutucular:

Cam gibi düz nesnelere tutmak için kullanılır. İş parçası, tutucu ile arasında oluşan vakum yardımıyla tutulur (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Vakumlu tutucu

### 2.3.3 Manyetik Tutucular:

Metal malzemeleri tutmak için kullanılır (Şekil 2.22).



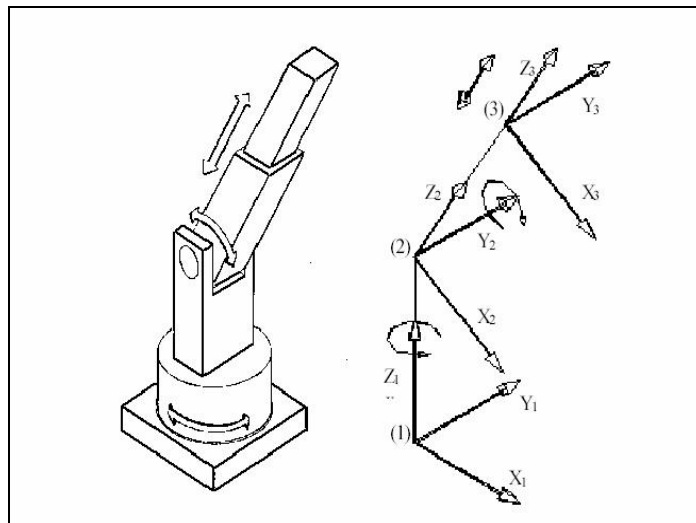
Şekil 22. Manyetik tutucu

## 2.4 Robotla İlişkili Matris Matematiği

Bu bölüm kapsamında, robot bilimi ile ilgili temel matematiksel kavramlar ele alınmıştır. Temel olarak robotun elamanlarını çalışma uzayında konumlanması ve matris matematiğinden bahsedilmiştir.

### 2.4.1 Koordinat sistemleri

Robotlar kendilerinin ve çevrelerindeki nesnelerin bulunduğu 3 boyutlu uzayda hareket ederler. Robotun ve çevresindeki nesnelerin konumlarını ve birbirlerine göre yönelimlerini belirlemek için robotun ve çevresindeki nesnelerin merkezlerine birer koordinat sistemi yerleştirilir. Tanımlanacak bütün konum ve yönelimler evrensel çerçeveye veya evrensel çerçeve içindeki diğer Kartezyen koordinat sistemlerine göre gerçekleştirilir. Robot sistemlerinin çalışma uzaylarında belirlenen noktalara gitmesini sağlamak için koordinat sistemleri ile ilişkilendirilmişlerdir. XYZ koordinat sistemi genelde kullanılan koordinat sistemidir, bu çalışma içinde bu koordinat sistemi tercih edilmiştir. Robotlar her bir özgürlük derecesi için bir küresel (global) bir yerel (local) koordinat sistemine sahiptirler. Global koordinat sistemi robot ya robot üzerinde sabit bir noktaya bağlıdır, ya da çalışma uzayında uygun bir noktadadır. Üç dereceli özgürlüğe sahip robot kol Şekil 2.23'de gösterilmektedir.

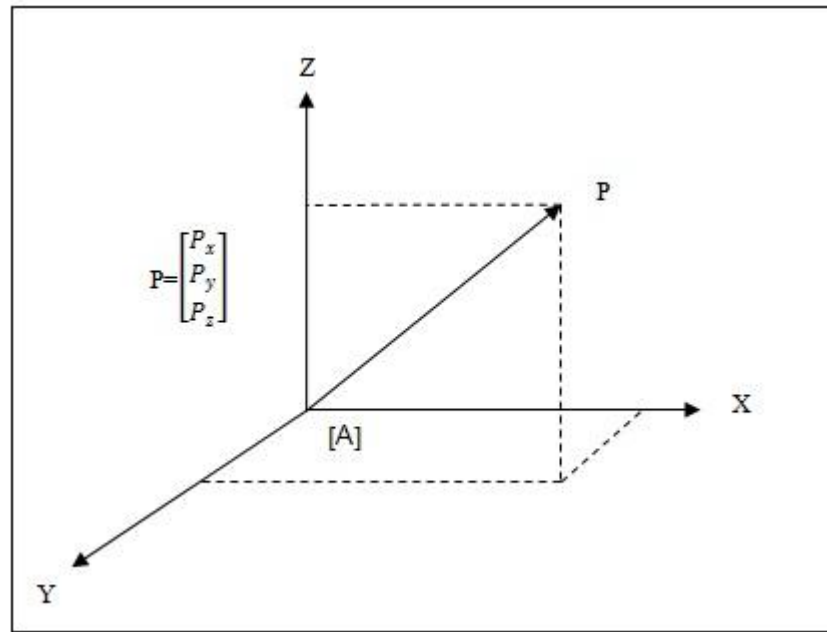


Şekil 2.23 Üç serbestlik derecesine sahip robot modeli



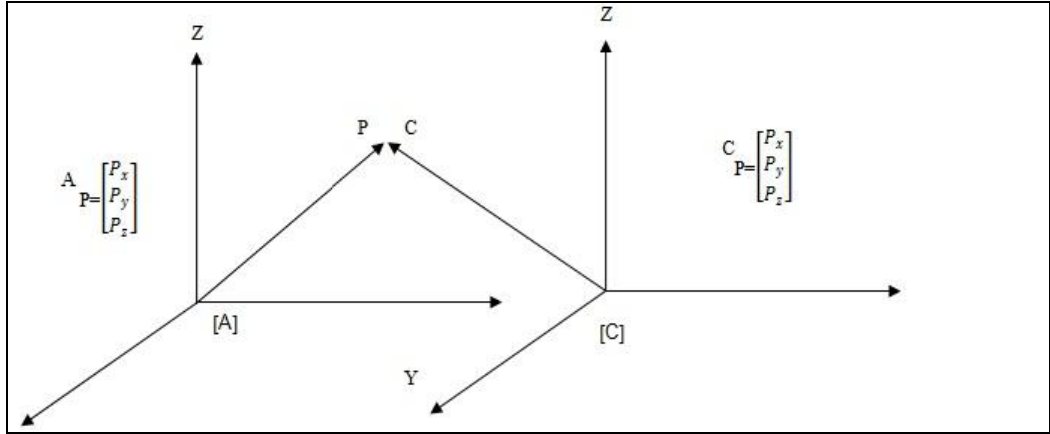
Robotun yerel koordinat sistemini belirlemek için Şekil 2.23'de robot kolun sağ tarafında koordinat sistemleri çizilmiştir. Birinci koordinat sistemi z ekseninde dönme hareketini sağlamaktadır. İkinci koordinat sistemi ise kendi x ekseninde dönme hareketini göstermektedir. Enine hareketi için üçüncü koordinat sistemi dönme değil öteleme hareketini yapar.. Matrislerin kullanımı robotun herhangi bir eklemının yönelme ve ilerleme hareketinin küresel (global) koordinatlarla ilişkisini sağlar robot uygulamalarında ki matris yaklaşımı bir sonraki kısımda anlatılmıştır.

**Konum tanımı:** Bir evrensel koordinat çerçevesi içerisine birçok koordinat sistemi yerleştirilebilir. 3 boyutlu uzayda bir nokta, bu koordinat sistemlerinin merkezine göre tanımlanmış 3x1 boyutlu vektörle gösterilebilir. Evrensel koordinat çerçevesi içerisinde bir {A} koordinat sistemi ve P noktası olduğunu düşünelim. P noktasının {A} koordinat sistemine göre tanımı Şekil 2.24'de verilmiştir.



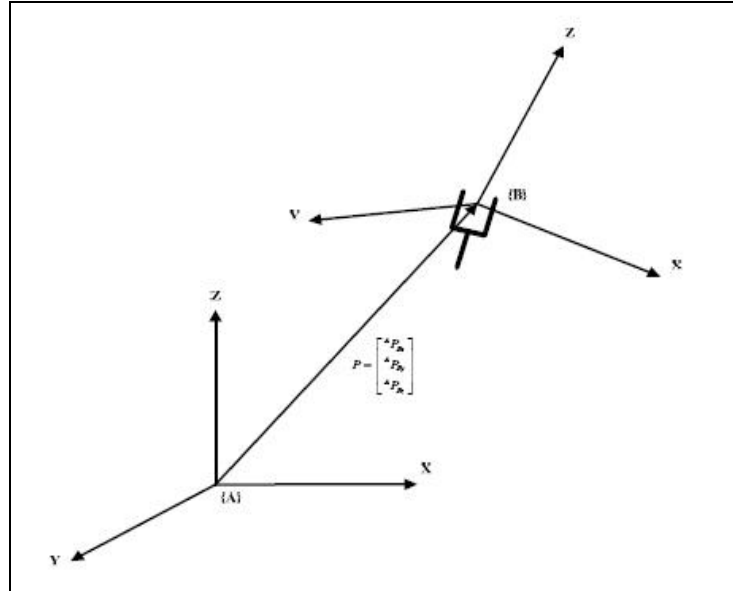
Şekil 2.24 P noktasının A noktasına göre tanımı

Aynı P noktası hem {A} hem de {C} koordinat sistemlerine göre de tanımlanabilir. Burada P noktasının {A} ve {C} koordinat sistemlerine uzaklığı eşit olmak zorunda değildir.



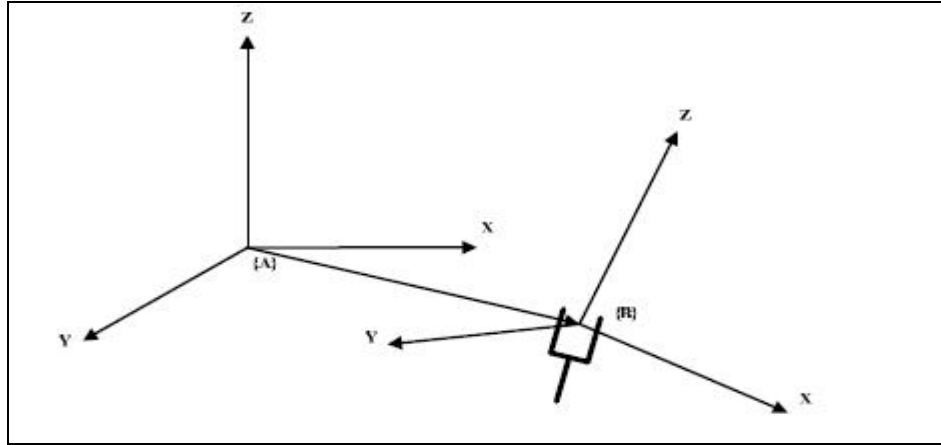
Şekil 2.25 P noktasının {A} ve {C} koordinat sistemlerine göre tanımı

Daha önce de belirtildiği gibi robot ve çevresindeki nesnelere koordinat sistemi yerleştirilir. Şekil 2.26'da bir robotun uç işlevcisinin A noktasına uzaklığını tanımlamak için, A noktasına ve robotun uç işlevcisine koordinat sistemleri yerleştirilmiştir. A noktası ile uç işlevcisine yerleştirilen koordinat sistemlerinin merkezleri arasındaki uzaklık şekilde görülmektedir (Küçük 2005).



Şekil 2.26 A noktası ve uç noktanın koordinat sistemleri.

**Yönelim tanımı:** 3 boyutlu uzayda, bir noktanın herhangi bir koordinat sistemine göre konumunun yanında yönelimi de tanımlanır. Yönelim, bir koordinat sisteminin başka bir koordinat sistemine göre dönme miktarıdır ve 3x3 boyutlu matris olarak ifade edilir. Bir katı cismin yönelimini başka bir referans koordinat sistemine göre tanımlamak için katı cisme bir koordinat sistemi yerleştirilir. Şekil 2.27’de uç işlevcisine, {B} koordinat sistemi yerleştirilerek {A} referans koordinat sistemine göre yönelimi tanımlanır (Küçük 2005).



Şekil 2.27 {B} Koordinat sisteminin {A} sistemine göre yönelimi

#### 2.4.2 Matris matematiği

Matrisler noktaları (points), vektörleri (vectors), çerçevelerin (frames), öteleme, dönme ve aktarma işlemlerini sunmak için kullanılırlar. Robot kolun parçalarının çalışma uzayında küresel (global) koordinat sistemleri ile ilişkisini belirlemek için matris işlemleri yapılır. Yönelme işlemi parametrik hale getirilip homojen dönüşümler kullanılır. Robot sistemlerinde her bir eklemin pozisyonu ve yönelmesi matris gösteriminde sunulur.  $P = [i, j, k]$  vektörü o anki koordinat sisteminin bir önceki koordinat sistemine göre yerini;  $X = [x_1, x_2, x_3]$ ,  $Y = [y_1, y_2, y_3]$ ,  $Z = [z_1, z_2, z_3]$  ise bir önceki koordinat sistemine göre yönelmesini temsil eder.  $X$ ,  $Y$  ve  $Z$  vektörleri birim vektörleridir.  $A$  Matrisi, yönelme ve pozisyon alma işlemlerini temsil eden matrisi göstermektedir.

$$A = \begin{bmatrix} \bar{x} & \bar{y} & \bar{z} & \bar{p} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & i \\ x_2 & y_2 & z_2 & j \\ x_3 & y_3 & z_3 & k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 2.28 Yönelme ve pozisyon matrisi

Her bir eklem koordinat sisteminin bir önceki koordinat sistemi ile ilişkisi incelenerek; homojen aktarım matrisleri elde edilir. Robotun uç noktasının küresel koordinat sistemi ile ilişkisini anlamak için bütün matrisler çarpılır. Şekil 2.29'de son eklem başlangıç durumuna göre konumunu ve yönelimini bulmak için yapılan matris çarpma işlemleri görülüyor (Mikkelsen 1998).

$$M(AC) = A * B * C = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & i \\ x_2 & y_2 & z_2 & j \\ x_3 & y_3 & z_3 & k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 2.29 Üçüncü eklem yönelme ve pozisyon matrisi

$M(AC)$  : Üçüncü eklem küresel koordinat sistemi ile ilişkisini gösteren matris

A: Küresel koordinat sistemi ile ilişkili birinci eklem matrisi gösterimi

B: Birinci Eklem koordinat sistemi ile ilişkili ikinci eklem matris gösterimi

C: İkinci Eklem koordinat sistemi ile ilişkili üçüncü eklem matris gösterimi

x: Üçüncü eklem x koordinatının küresel koordinat ile ilişkisi

y: Üçüncü eklem y koordinatının küresel koordinat ile ilişkisi

z: Üçüncü eklem z koordinatının küresel koordinat ile ilişkisi

i, j, k: Üçüncü eklem küresel koordinat sistemine göre pozisyonu

## 2.5 Robot Programlama

Robotların programlanmasında iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar öğretim yöntemi ve bir ara yüz programı ile programlamaktır. Basit yapılı robotların programlanması ara yüz programı ile yapılırken gelişmiş robotlar da uygulanabilen öğretim yöntemi programcıya büyük kolaylık sağlamaktadır.

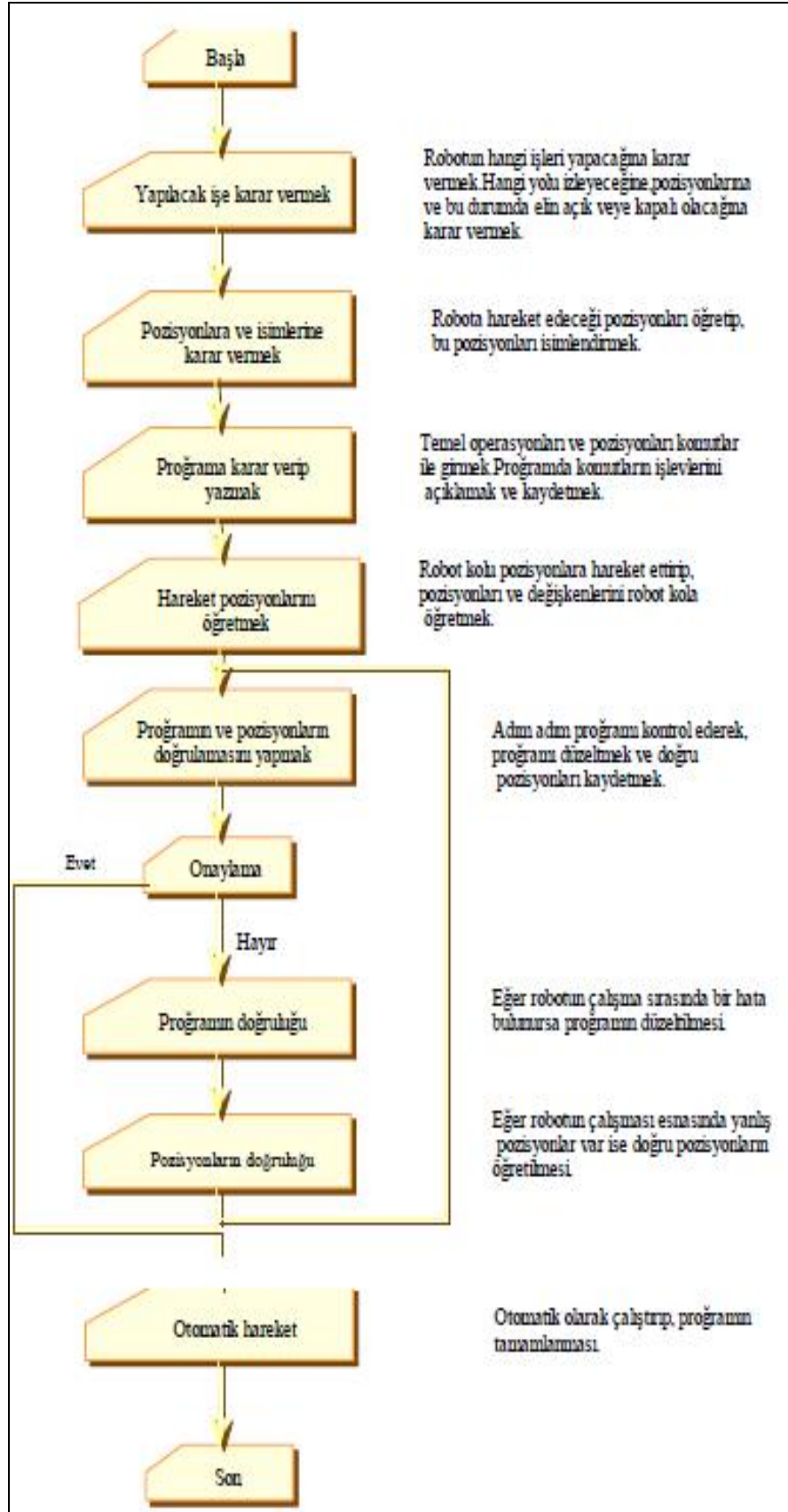
### 2.5.1 Öğreti Yöntemi

Şekil 2.30'da görülen öğretim kutusu sayesinde robot istenilen noktaya hareket ettirilip bu pozisyonlar hafızaya alınabilir. Ayrıca öğretim kutusu üzerindeki menüler kullanılarak robot programlarına bilird bilgisayarın bulunmadığı yerlerde robotun programlanması ve bütün işlevleri öğretim kutusu kontrolü ile sağlanır. Özellikle pozisyonların belirlenmesi işleminde büyük kolaylık sağlamaktadır. Parça hangi pozisyondan alınacak veya bırakılacak ise bu pozisyonlara gelip pozisyonun koordinatları direk olarak hafızaya alınır ve program içerisinde kullanılabilir. Ayrıca robot kola ait bütün set değerleri öğretim kutusu üzerinden yapılmaktadır. Robot ile kullanıcı arasındaki iletişimi sağlayarak kontrolü kolaylaştırmaktadır.

### 2.5.2 Ara Yüz Programı İle Programlama

Robotun kendine ait olan bir ara yüz programı ile robotun gerçekleştireceği işlem bilgisayar vasıtası ile programlanır ve robota yüklenir. Her firmanın geliştirmiş olduğu bir ara yüz programı bulunmaktadır. Bu programlarda kullanılan komutlar her marka robot için farklı olmaktadır. Robotun çalışma alanı içindeki hareket şekli, hızı, pozisyon belirleme işlemleri ara yüz programından gerçekleştirilebilir.

Genel olarak bir robotun programlanması için izlenecek akış diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.30 Öğrenim kutusu

## BÖLÜM ÜÇ

### ROBOT KOLU TASARIMI VE UYGULAMASI

#### 3.1 Robot Kolunun Tahrik Elemanları ve Montajı

Robot Kolu beş adet standart RC servo motor ile yapılan bir robot projesidir. Robot kolunun kontrolü için üzerinde 5 adet RC servo bağlantısı olan RC servo control devresi kullanılacaktır. Bu bölümde kullanılan RC servo motorlar kısaca servo olarak ifade edilecektir.

##### 3.1.1 RC Servo Motorlar

Bir RC servo motor;

- DC motor,
- Deviri düşürmek için yeterli sayıda dişli grubu,
- Kod çözücü ve elektronik devreden meydana gelmiştir.

RC servo motor iç yapısından dolayı 180 derece aralıkta hareket eder. Yapı değişikliği ile sürekli dönmesi sağlanabilir. Servo motor içerisinde çok hassas plastik dişliler bulunduğundan mili dışarıdan elle hızlı şekilde döndürülmemelidir. Yine dışarıdan elle dönmeye fazla zorlanmamalıdır. Aksi halde servo dişlileri bozulacağından kullanılamaz. Servo motoru kontrol etmek demek, içerisindeki elektronik sürücü devresini kontrol etmek demektir. Bu kontrolü sağlayabilecek en kolay yöntemlerden biri mikrodenetleyici ile yapılan kontrol sistemidir. Bir mikrodenetleyici, RC servo motorun elektronik sürücü devresini doğrudan sürebilir.



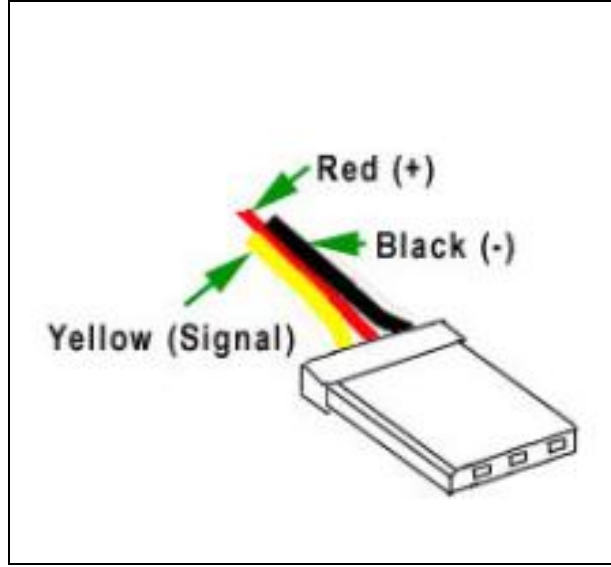
Şekil 3.1 Hitec HS-311 servo motor



Şekil 3.2 Standart servo motorun bileşenleri

Bir RC servo motor üç kablodur. Bunlar, +VCC, GND ve DATA girişleridir. RC servo motorlar 4,8 ile 6V arasında bir DC gerilimle sürülür. Genelde +VCC kırmızı, GND siyah ve DATA (sinyal) kablosu beyaz, sarı veya turuncudur.





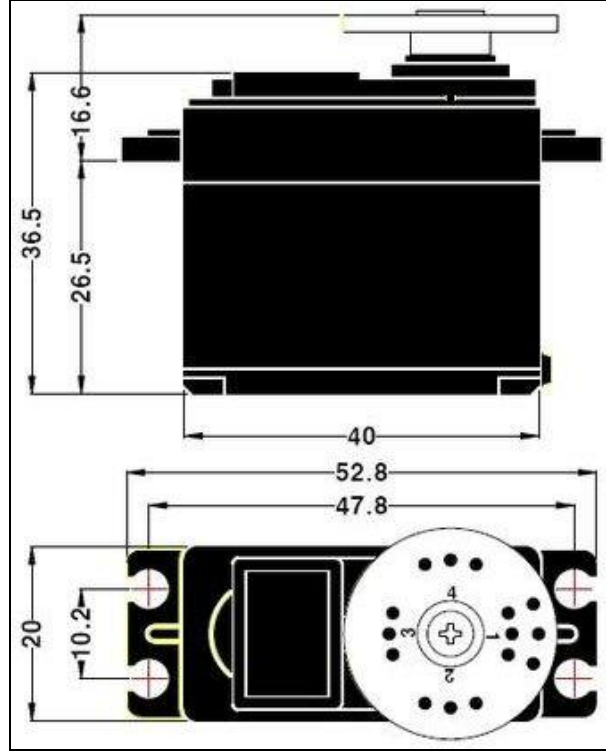
Şekil 3.3 Standart servo motor kablo bağlantı şeması

- Siyah kablo toprak (-)
- Kırmızı kablo güç (+)
- Sarı kablo kontrol kablosudur.

### **Projede kullandığımız Hitec HS-311 Temel Özellikleri;**

- Kontrol : + Pulse Width Control 1500usec Nötr
- Pulse: 3-5 Volt Peak Peak Meydanı Dalga
- Çalışma Gerilimi: 4,8-6,0 Volt
- Çalışma Sıcaklığı Aralığı: -20 / +60 C
- Çalışma hızı (4.8V): boşta 0.19sec/60 °
- Çalışma hızı (6.0V): boşta 0.15sec/60 °
- Tork (4.8V) Stall: 42 oz / in (3.0 kg / cm)
- Tork (6.0V) Stall: 49 oz / in (4.5 kg / cm)
- Akım (4.8V): 160mA yüksüz çalışma 7.4mA/idle
- Akım (6.0V): 180mA yüksüz çalışma 7.7mA/idle
- Ölü Band Genişliği: 5usec
- Potansiyometre Sürücü: 4 Slider / Direct Drive
- Dişli Tipi:Plastik

- Konektörü Kablo Uzunluğu: 300mm
- Ağırlık: 1.52oz (43g)

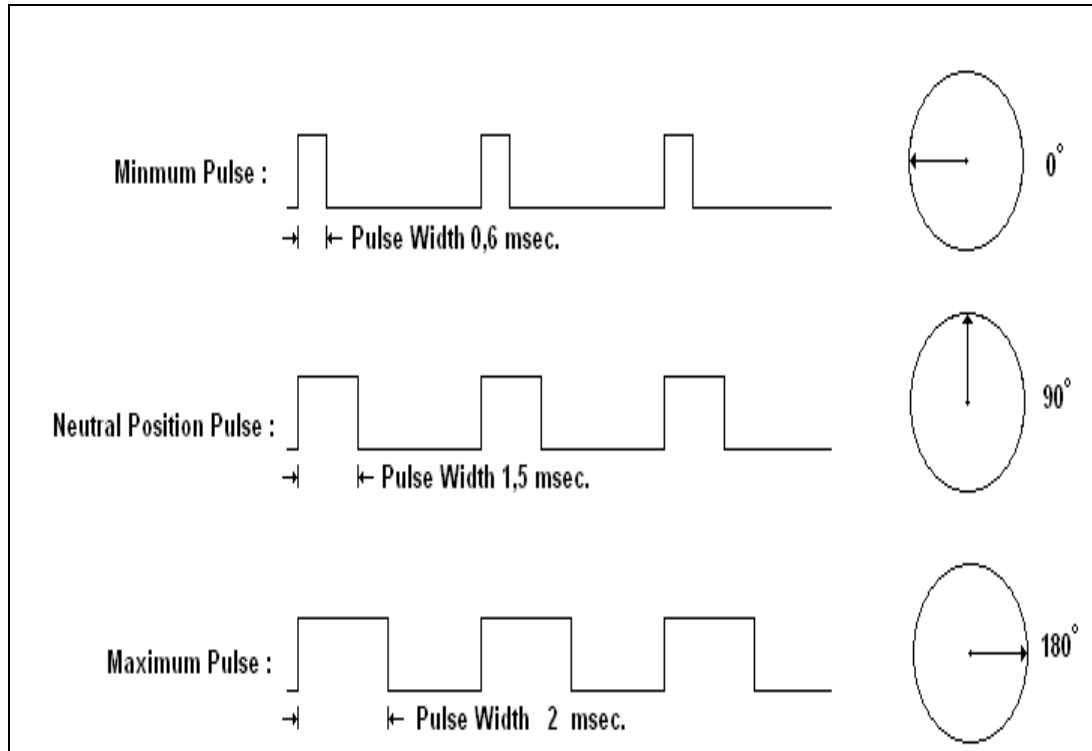


Şekil 3.4 Hitec HS-311

### 3.1.2 PWM

RC servonun kontrolü, data (veri-sinyal) ucundan verilen PWM (puls Genişlik Modülasyonu) sinyalin durumuna göre kontrol edilir. RC servo motora her bir 10..20 msn'de bir, 0,5 ile 1,5 msn arasında bir PWM sinyal uygulandığında kontrol edilebilir. Uygulanacak olan PWM sinyalin lojik 1'de kalma süresi 0,5 msn ise motor mili en sola döner. PWM sinyalin lojik 1'de kalma süresi 0,5 ile 1 msn arasında artırılsa motor mili ortaya doğru konumlanır. PWM sinyalin lojik 1'de kalma süresi 1,5msn'ye doğru artırılsa motor mili sağa doğru konumlanır. Eğer 10..20 msn aralıklarla aynı sinyal verilirse konumunu korur. Servo motorların sinyal değerleri markalara göre farklılık gösterebilir. Değerleri bilinmeyen bir servo motorun puls süreleri deneme yanılma yoluyla bulunabilir. Yukarıda kısaca özellikleri belirtilen RC servo motor bir projede rastgele kullanılamaz. RC servonun projedeki konumu,

gerekli palsler uygulanarak belirlenmelidir. Montajı anlatılmakta olan robot kol servolarında da aynı yöntem uygulanacaktır.



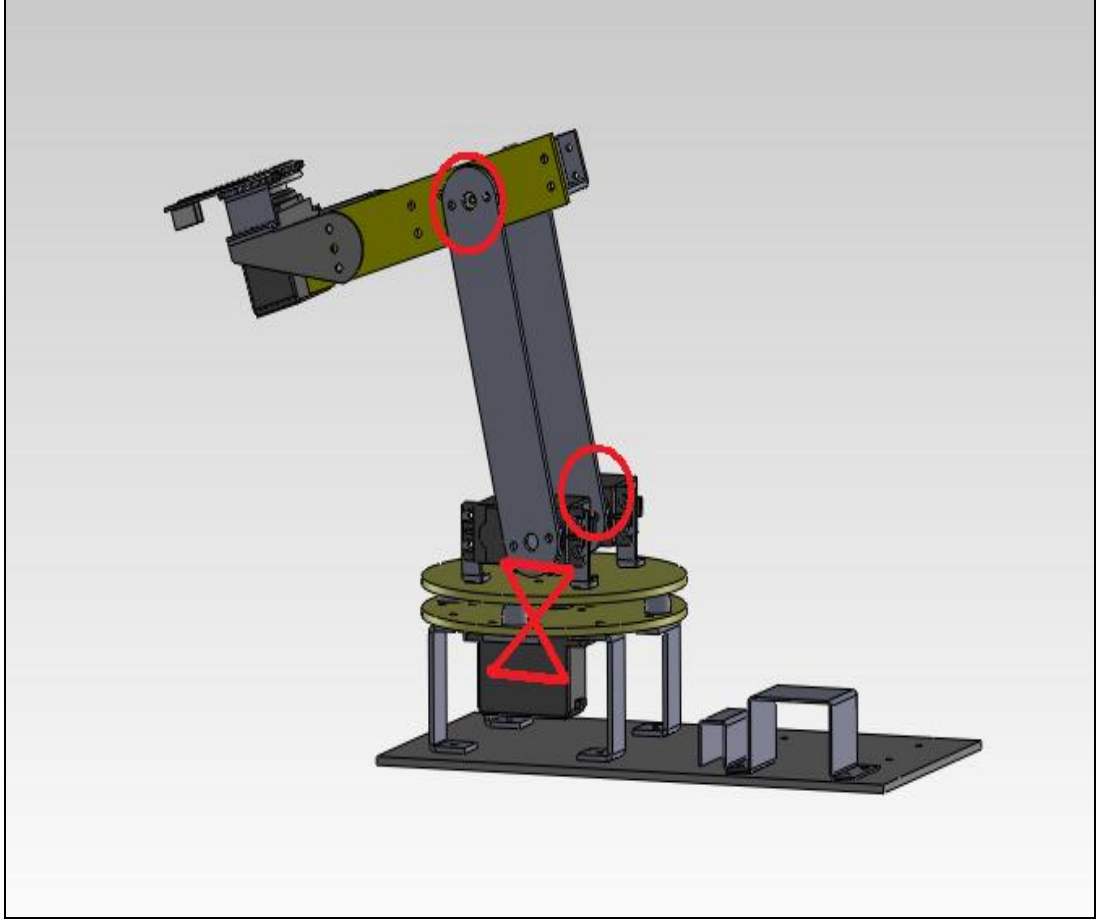
Şekil 3.5 Hitec HS-311

### 3.2 Robot Kolu Mekanik Tasarımı

Üç boyutlu tasarım programları makina tasarlanmanın vazgeçilmez araçlarıdır. Solid Works tasarım programı geniş kütüphane desteği ve döküman temini nedeniyle bu projede kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk kısmında robot çalışma alanı belirlenmiş ve bugüne kadar yapılmış robotlar incelenerek hareket kabiliyeti ve maliyet düşüklüğü ön planda tutularak tasarım ortaya çıkmıştır. Çalışma alanını içinde hareketlerini rahatça uygulayabilecek robotumuzun uzuv uzunluklarını temel alarak, fizik prensipleri ve mühendislik hesapları hesaplanıp robotumuzun servoları seçilmiştir. Servo seçiminde Hitec hassasiyet güçlülüğü ve overshoot problemleri yaratmaması nedeniyle tercih edilmiştir.

Servoların hareket kabiliyeti 180 derecedir. Bu açı dahilinde robot dönme ve öteleme hareketlerinin gerçekleştiği daire ve ters üçgen sembolleri ile belirtilen 3 serbestlik derecesine sahiptir.



Şekil 3.6 Serbestlik dereceleri

”Robot kinematik denklemleriyle robotun hız tork ve ivme analizi yapılır. Her bir robot ekseninin konumu, bir öncekine veya bir sonrakine göre ifade edilir. Arka arkaya oluşturulan bu ilişkiye kinematik zincir denilir. Bu ilişkiyi oluşturan ifadeler, robotun konum ve yönelim bilgisini içeren  $4 \times 4$  homojen dönüşüm matrislerinden (transformasyon matrisi ) oluşturulur. Her bir eklem için bir homojen dönüşüm matrisi oluşturulur. Oluşturulan bu matrislerin sayısını, robotun serbestlik derecesi belirler. Üç boyutlu uzayda herhangi bir noktaya ulaşmak için 6 serbestlik derecesi yeterlidir. Buna karşın, serbestlik derecesi altıdan fazla olan robotlarda artıklık (redundancy ) durumu oluşur (Bingöl ve Küçük, 2005).

### 3.2.1 Robot Kolu Mekanik Elemanları

Robotu dört ana dala ayırsak;

- Taban
- Omuz
- Kol
- Uç Etkileyici

bölmülerinden oluşmaktadır.

#### **Robot Kolu Mekanik Malzemeleri;**

Robot kolunun dış gövdesi için genellikle plastik malzeme kullanılmıştır. Plastik parçaların birleştirilmesi ve robot kolunun el kısmı için ise alüminyum malzeme kullanılmıştır. Robot kolunun yapımında kullanılacak malzemeler aşağıdaki gibidir;

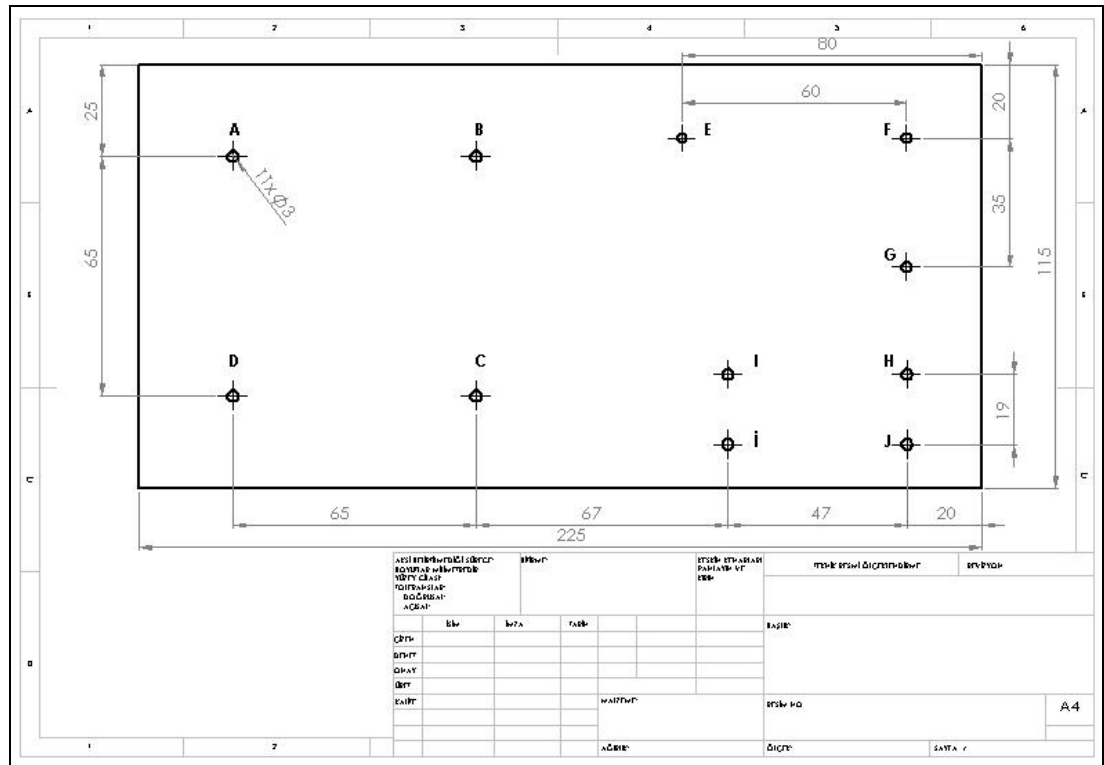
Tablo 3.1 Robot kolu malzemeleri

<b>Elemanın Adı</b>	<b>Özellikleri</b>	<b>Adet</b>
Zemin	Fleksiglas	1
Yükselti	Alüminyum	4
Gövde	Fleksiglas	1
Hareketli Gövde	Fleksiglas	1
Hareketli Gövde Servo Bağlantısı	Alüminyum	4
Kol	Fleksiglas	2
Üst Kol Bağlantı Metali	Alüminyum	4
Üst Kol Gövde	Fleksiglas	1
Tutucu parmak	Alüminyum	2
Dişli	27 mm	2
Dişli Yükselti Parçası	Alüminyum	1
Somunlu Vida	M3 10mm	8
Somun	M3	8
Saç Vidası	M3 6mm	40

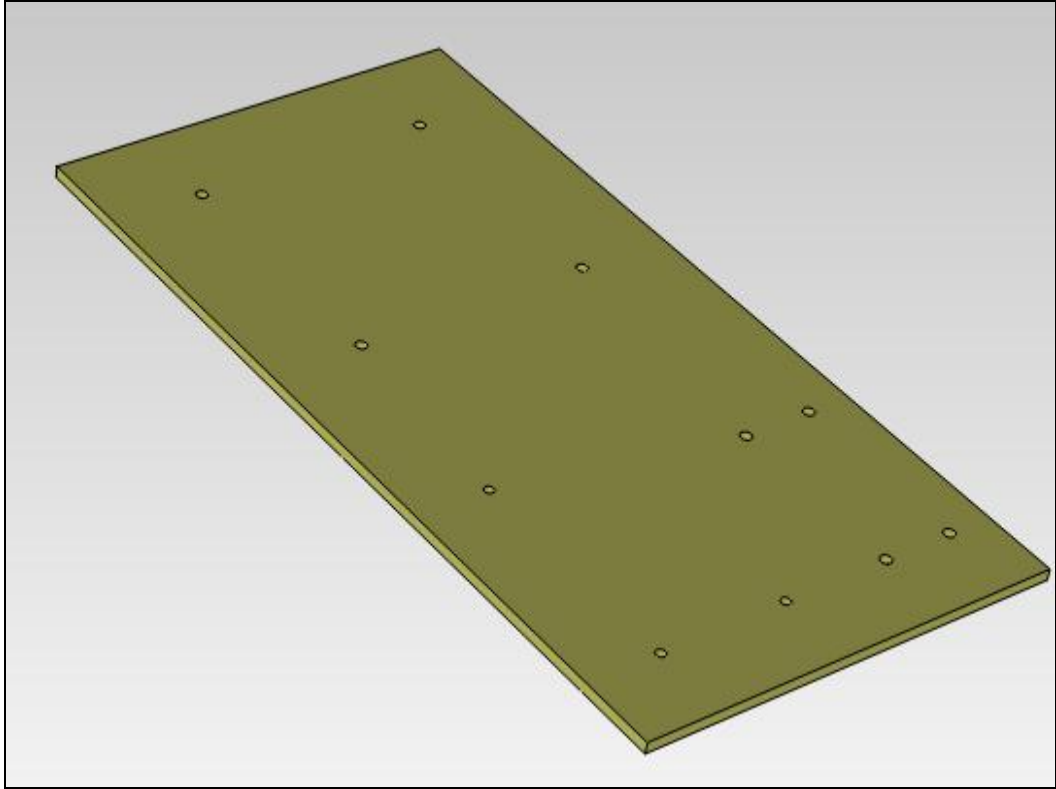
Manşon Başlı Saç Vidası	M3 5mm	8
Perçin	M3 10 mm	4
Servo Motor	Rc servo	5
Servo Başlığı	Plastik	3
Bilya	Metal	4

### 3.2.1.1 Robot Kolunun Taban Bölümü

Robot Kolunun zemininde şekil 3.7'deki gibi 225 mm x 115 mm ebatlarında ve 3mm kalınlığındaki plastik tabaka kullanılır.



Şekil 3.7 Zemin için kullanılacak plastik parça 2D teknik resmi



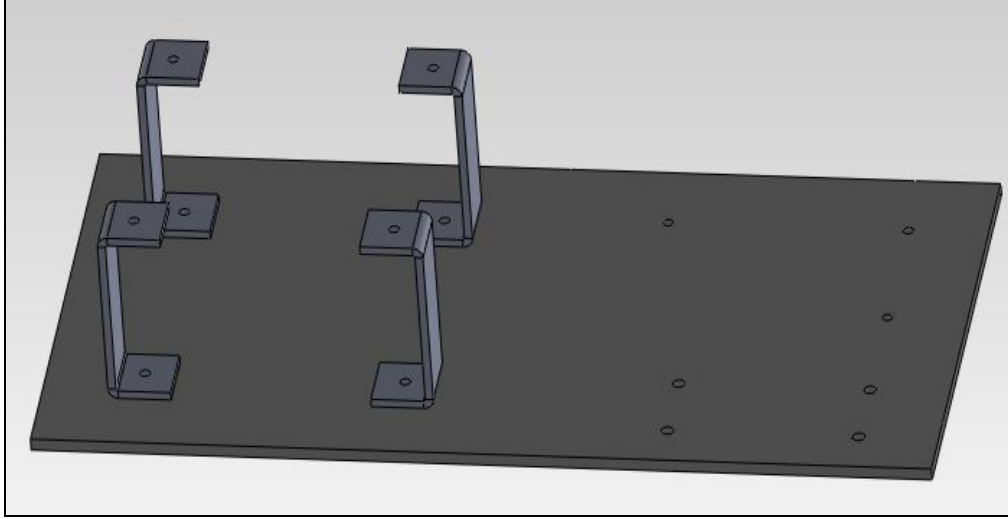
Şekil 3.8 Zemin için kullanılacak plastik parça 3D görünümü

Şekil 3.9'daki plastik parçanın üzerindeki A, B, C, D delikleri 3 mm çapında olup robot kolunu zemin plastiğine bağlamak için kullanılır. Diğer delikler ise servo sürücü motor kartının ve batarya'nın zemin plastiğine bağlanması için kullanılır. Robot kolunun kaymaması için zemin plastiğine kendinden yapışkanlı keçe yapıştırılabilir.





Robot kolunun gövdesi zeminden yaklaşık 40 mm yüksek olmalıdır. Bu yüksekliği sağlamak ve zemin ile gövdeyi birbirine bağlamak için şekil 3.10'daki 2 mm kalınlığındaki alüminyum parçadan 4 adet hazırlanır. Kıvrım çizgilerinden 90 derece kıvrılarak hazırlanır.



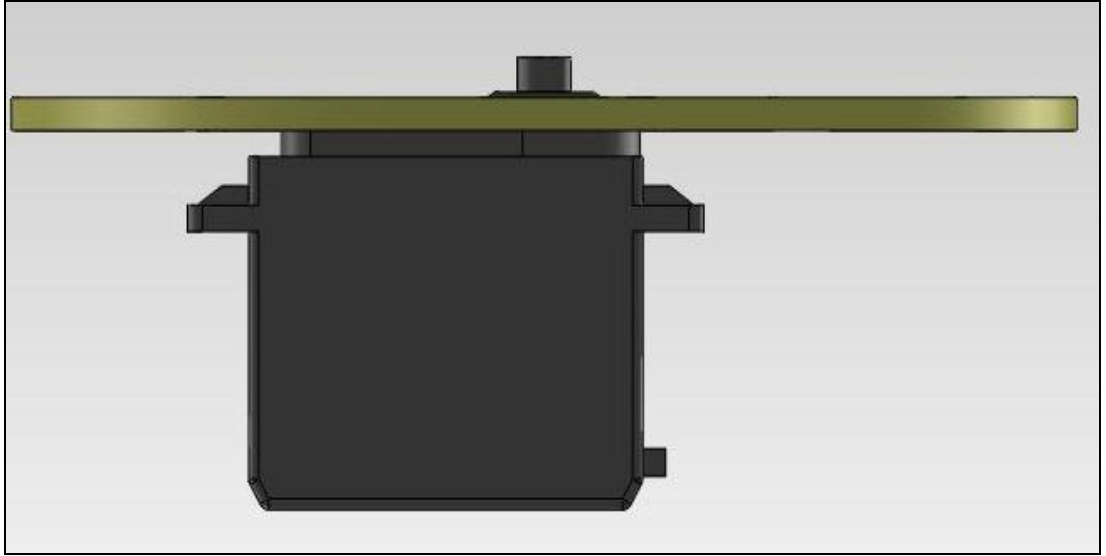
Şekil 3.11 Zemin ile birleştirilmiş metal parçalar

Şekil 3.10 'daki gibi 4 tane hazırlanan alimünyum parça zemin plastiğine 3 mm çapında ve 6 mm uzunluğundaki saç vidaları ile şekil 3.11'deki şekilde monte edilir.

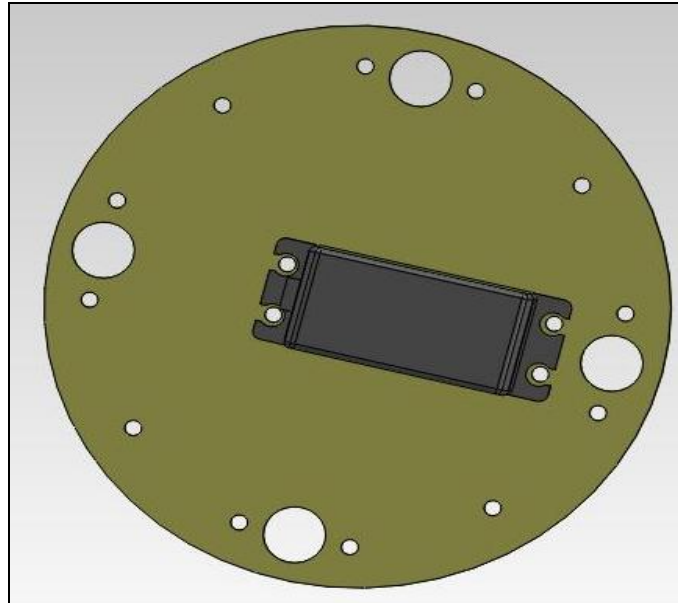
Robotun Gövdesi için şekil 3.12'deki 3 mm kalınlığındaki plastik parça kullanılır. Gövdeyi oluşturacak plastic parça 110 mm çapındadır. Bu parçanın ortasına servoya monte edilebilmek için 15 mm çapında bir delik delinir. Bu parça üzerindeki A, B, C, D delikleri zemin ile gövde parçasını bağlamak için kullanılır ve 3mm çapındadırlar. Diğer delikler servoyu gövdeye bağlamak için kullanılırlar.



Robot kolu için 5 adet servo motor kullanılacaktır. Kullanılacak servoları birbirinden ayırtmak için kuruluş şekline göre aşağıdan yukarı doğru numaralandırılır. Gövdeye bağlanacak servo 1 numara olarak adlandırılır. Robot kolu üzerindeki servoların konumları ile bağlantılarının yapılacağı servo motor devresi arasındaki mesafe önemlidir. Motorların kablolarının uzunlukları bu mesafelere göre düzenlenmektedir. Standart bir servo motorunun kablosu 30 cm uzunluğundadır.! Numaralı servo motorun kablosunun 30 cm olması yeterlidir.

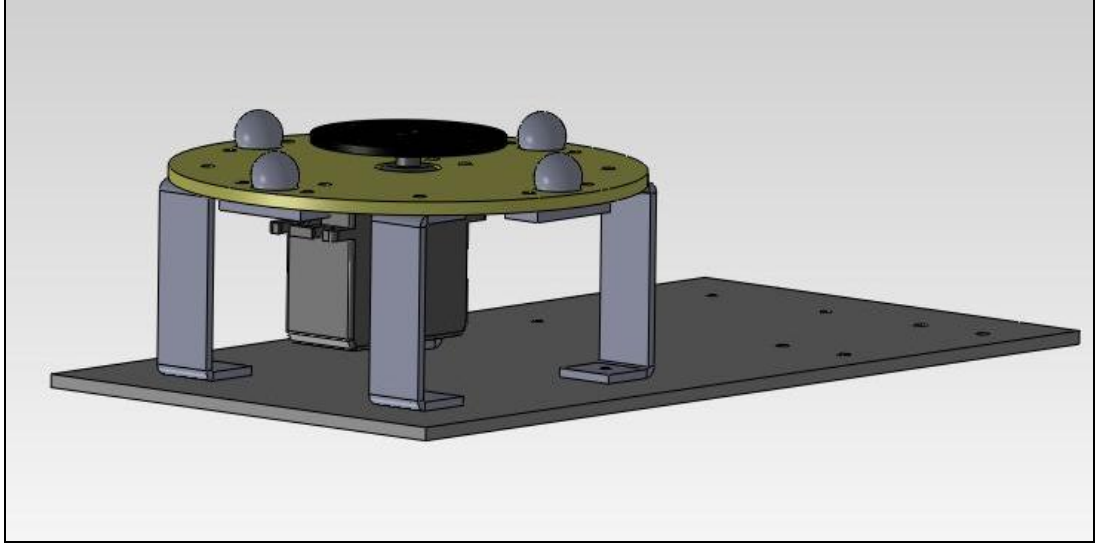


Şekil 3.14 Gövde plastik ve 1 numaralı servo motor ön görünüş



Şekil 3.15 Gövde plastik ve 1 Numaralı servo motor alt görünüş

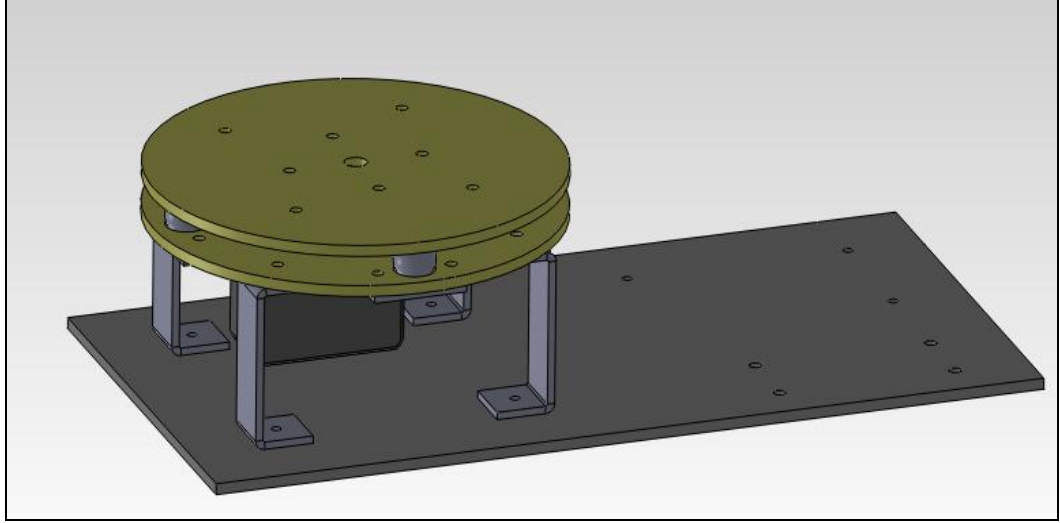
Şekil 3.16’de gövde plastiği gövdeye bağlanacak servo motor görülmektedir. Bağlantı için 3 mm çapında ve 10 mm uzunluğunda 4 adet somunlu vida kullanılır.



Şekil 3.16 Zemin ve gövde parçalarının birleştirilmesi

Şekil 3.16’da robot kolunun zemin ve gövde parçaları görülmektedir. Gövdenin zemin parçasına bağlanması için 4 adet M3 havşa başlı saç vidası kullanılır. Saç vidasının başının gövde çıkıntısı yapmaması için plastik gövdeki vida deliklerinin 10 mm’lik matkap ucu kullanılarak el ile bir miktar delinmesi gerekmektedir. Vida başının gizlenmesi gövdenin üzerine takılabilecek hareketli parçanın düzgün çalışabilmesi için önemlidir.

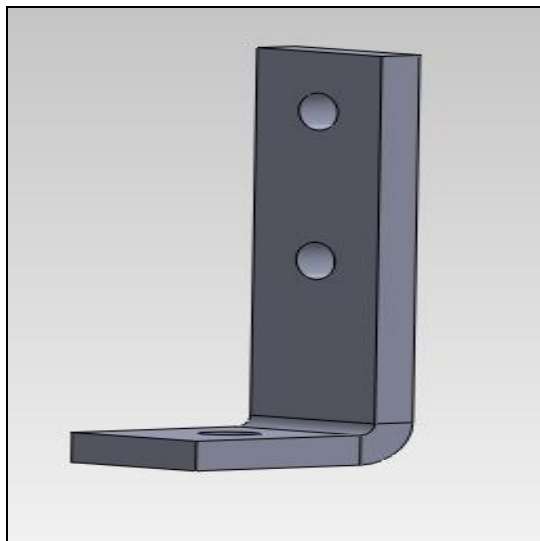
Şekil 3.15’de görüldüğü üzere bir numaralı servo başlığı standart başlıklardan daha büyük seçilmiştir. Gövdenin tüm ağırlığını taşıyacak olan başlığın büyük seçilmesi hareket kolaylığı açısından daha uygun olacaktır.



Şekil 3.17 Gövde hareketli parçasının birleştirilmesi

Robot kolunun üzerinde aynı ebatlarda bir sabit, birde hareketli gövde parçası bulunmaktadır. Hareketli Gövde parçası 1 numaralı servo tarafından hareket ettirilmektedir. Bir nolu servo başlığı vidalanarak bu parçanın hareketi sağlanır, sac vidalar M3 5mm uzunluğunda olması yeterlidir. Ayrıca sabit ve hareketli gövde parçası arasında yer alan bilyalar sürtünmeyi azaltıp salınımın engellenmesine yardımcı olurlar.

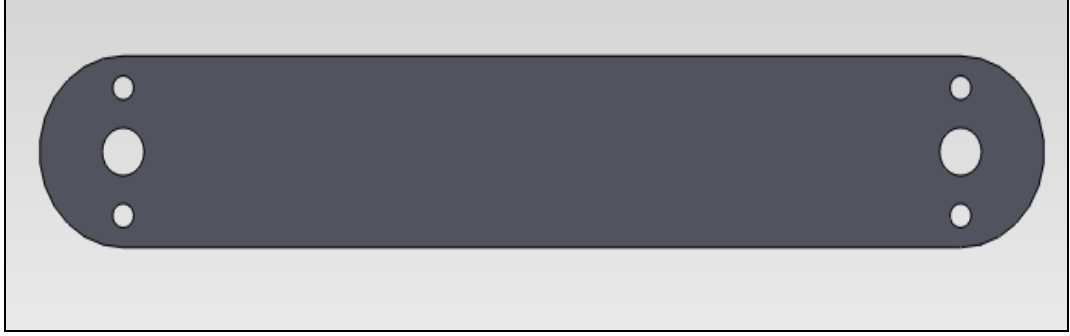
### 3.2.1.2 Robot Kolunun Omuz Bölümü



Şekil 3.18 Hareketli gövdeye servo bağlanmakta kullanılacak alüminyum parça 3D görünümü

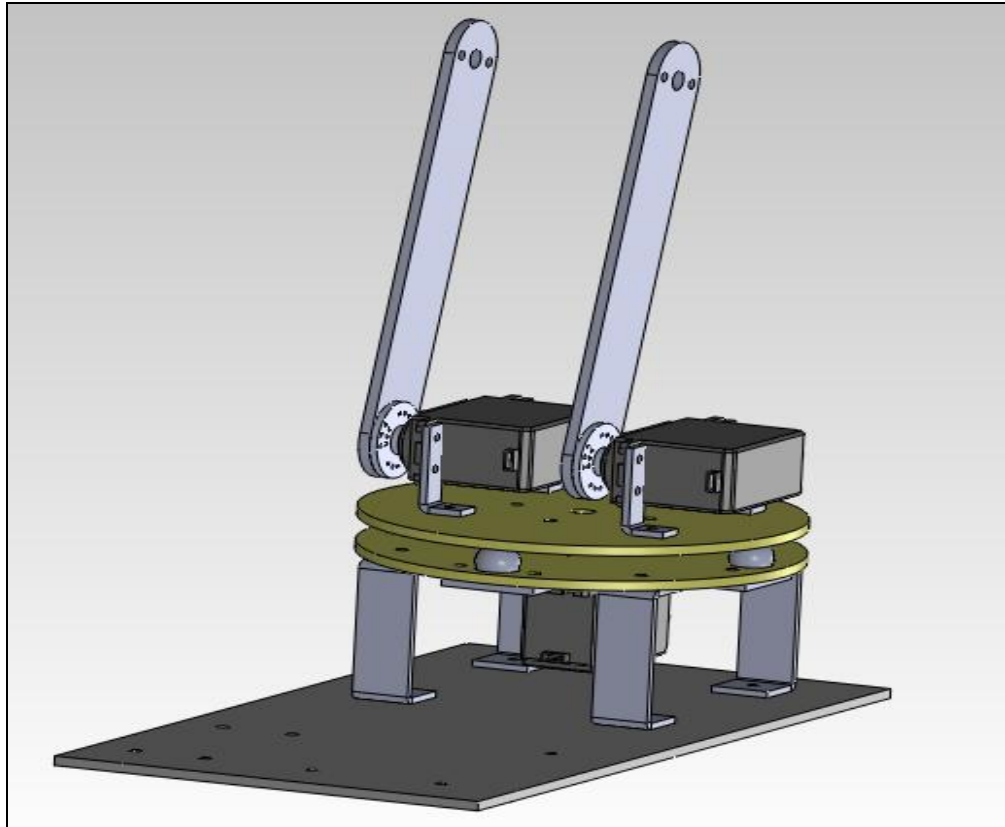






Şekil 3.22 Ön kol plastik parça 3D görünümü

Robot kolunun alt kolunu oluşturmak için iki ve üç numaralı servo motorlara şekil 3.22'deki gibi iki adet 3mm'lik 144mm x 24 mm ebatlarında plastik parça takılmalıdır. Bu plastik parça üzerindeki delikler servo başlıklarına bağlantı yapmak için kullanılır.



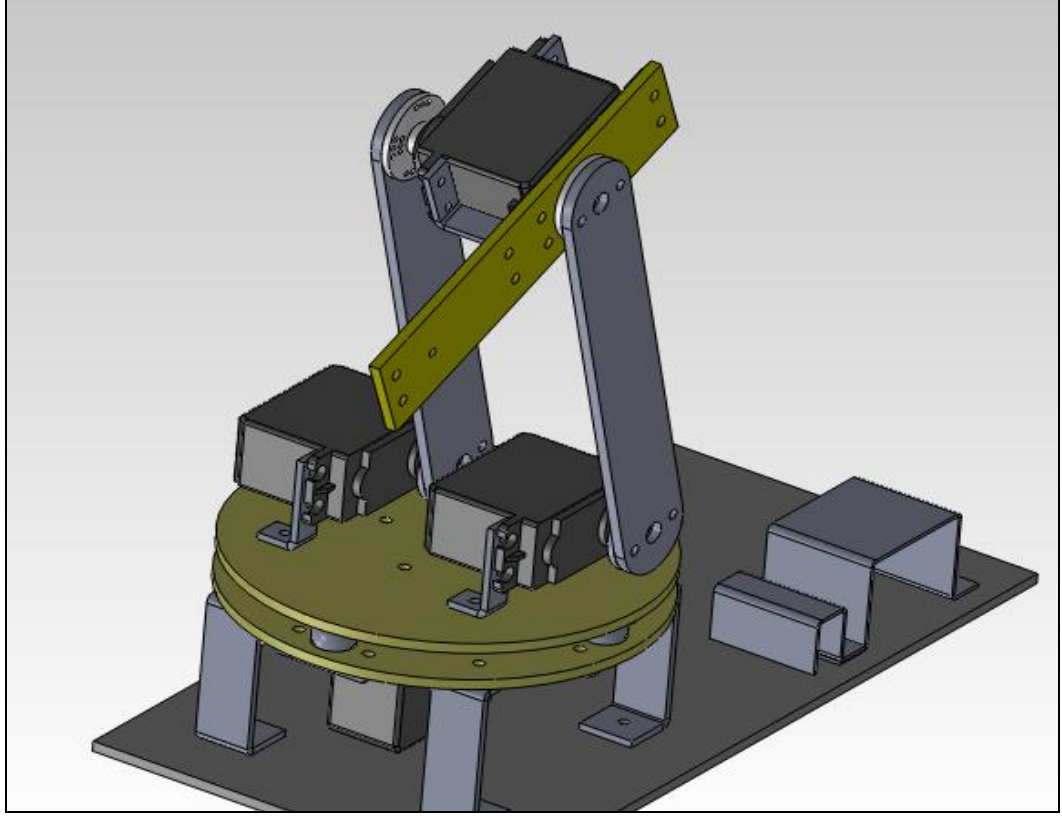
Şekil 3.23 Ön kol plastik parça servolara montaj resmi

Robot kolunun hareketli gövdesine bağlanacak servo ve diğer bağlantı parçaları Şekil 3.23'deki gibi birleştirilir. Robot kolunun hareketli gövdesinde üst kolu

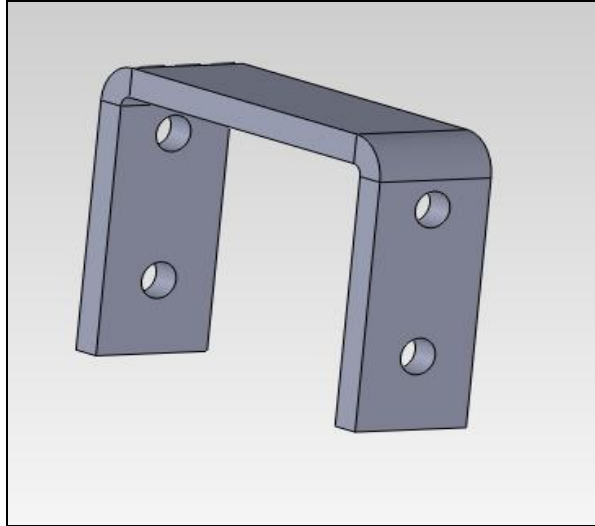




aracılığıyla yapılarak dönme hareketi sağlanmış olur. Perçinlenen servo başlığı rahat dönebilecek kadar sıkılmalıdır.



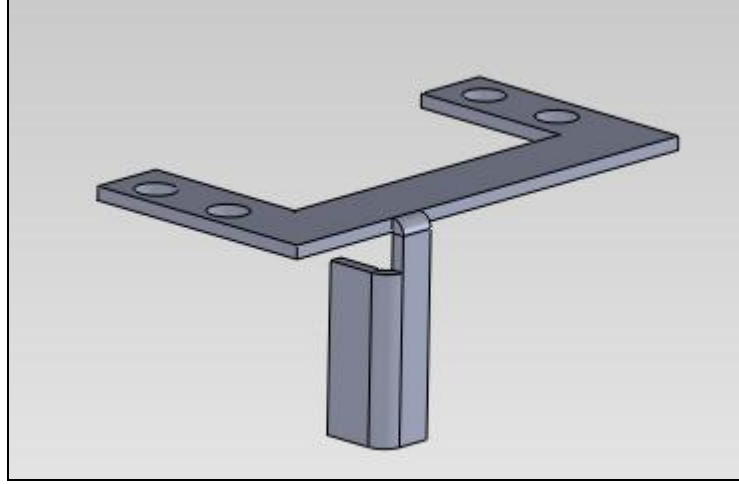
Şekil 3.26 Üst kol plastik parça montaj resmi



Şekil 3.27 Servo üst kol bağlama parçası 3D görünümü

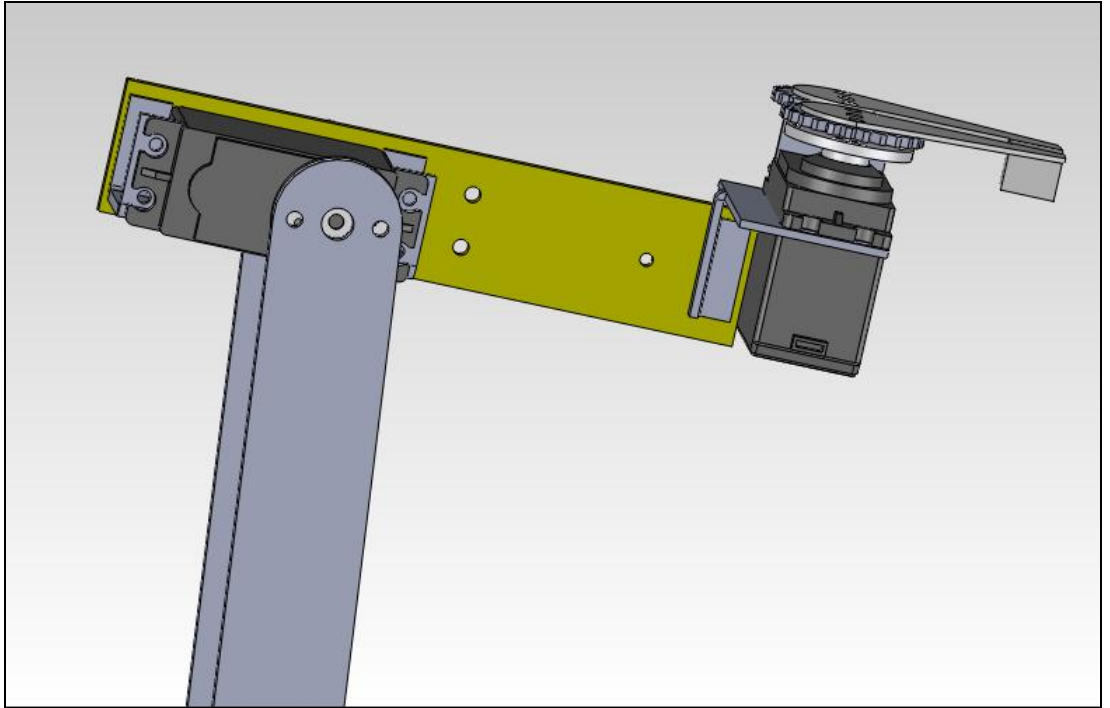






Şekil 3.30 Gripper servo üst kol bağlama parçası 3D görünümü

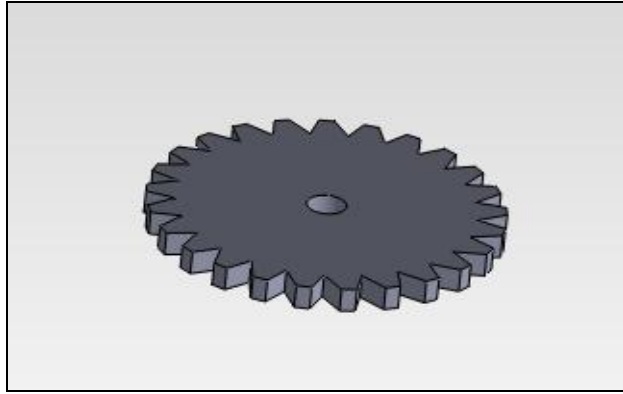
Parça 1 mm'lik alüminyumdan imal edilmiş olup teknik resimde belirtilen kısımlardan 90 derece bükülmelidir.



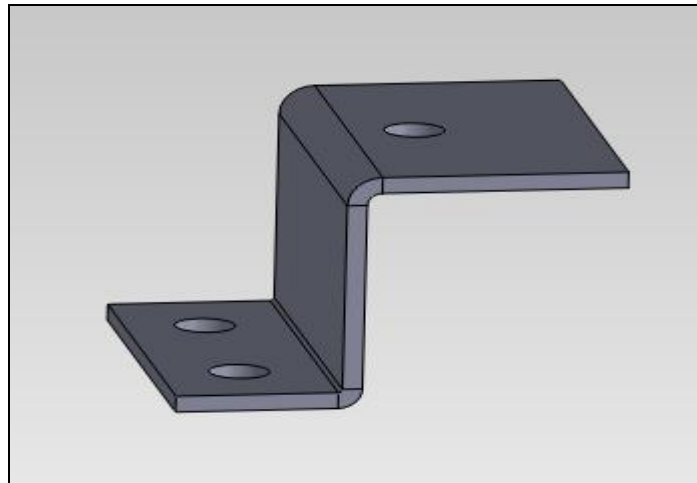
Şekil 3.31 Gripper servo üst kol bağlama parçası montaj resmi

### 3.1.1.4 Robot Kolunun Uç Etkileyici Bölümü

Robot kolunun el kısmında iki tane birbirleri ile ters yönde çalışan parmak bulunmaktadır. Beş numaralı servonun tek çıkışı ile bu hareketi sağlamak için şekil xx'deki gibi iki adet plastil dişli kullanılacaktır. Kullanılan bu dişliler 27 mm çapındadır ve 48 modüldür. Kullanılacak bir numaralı dişli beş numaralı servonun başlığına iki numaralı dişli ise onun tam karşısına takılması gerekmektedir. İki numaralı dişli ile bir numaralı dişliyi aynı seviyeye getirmek için şekil 3.32'deki metal parça hazırlanmalıdır.

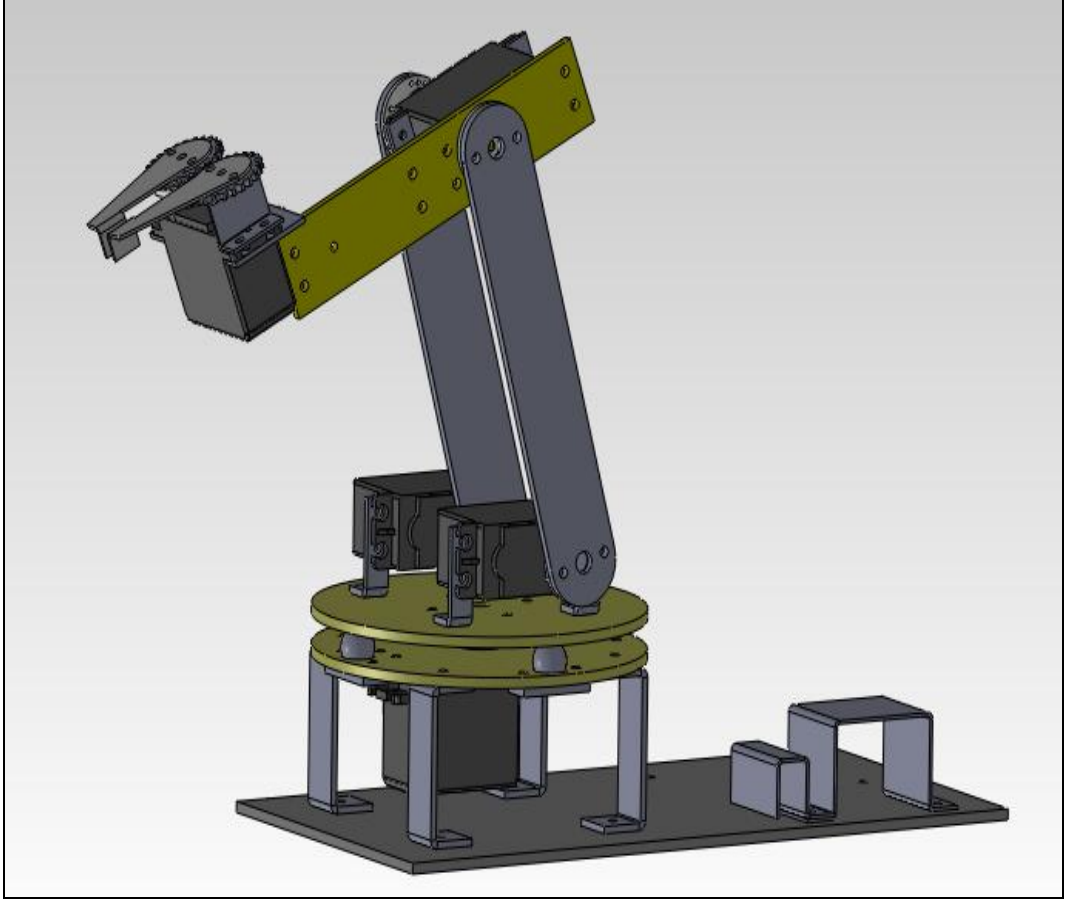


Şekil 3.32 Gripper dişlisi resmi



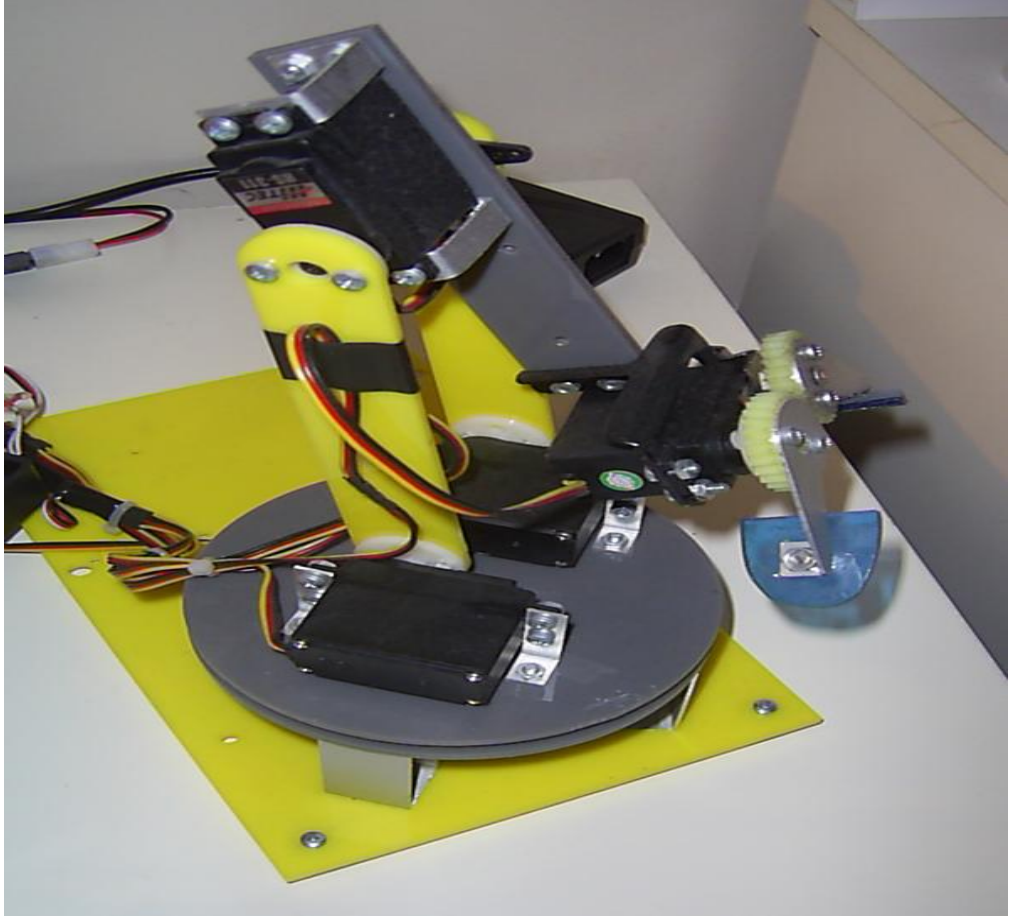
Şekil 3.33 Dişli yükseltici parçası 3D görünümü





Şekil 3.35 Robot kolunun 3D bitirilmiş hali





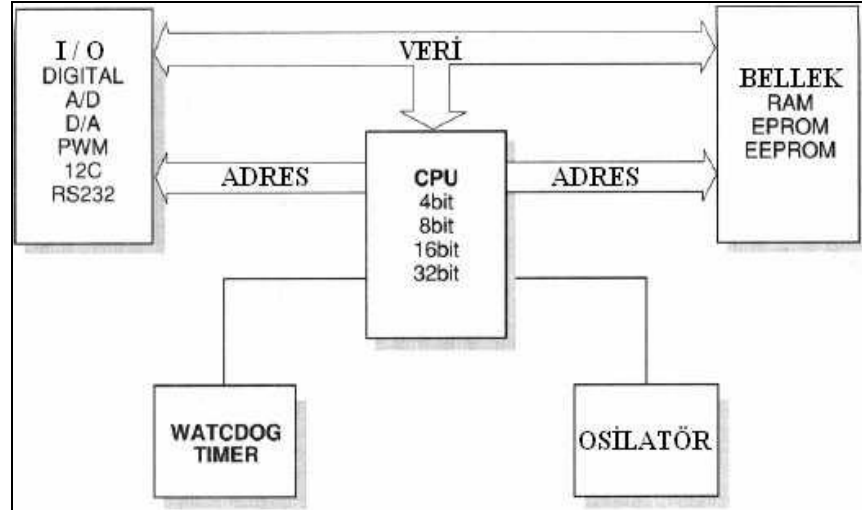
Şekil 3.36 Robot kolunun bitirilmiş hali

## BÖLÜM DÖRT

### ROBOT KOLUNUN ELEKTRONİK SİSTEMİ

#### 4.1 Mikro Denetleyicinin Tanıtılması

Ucuz ve tek bir çipten oluşan bilgisayara mikro denetleyici denir. Tek çip bilgisayar, bir bilgisayar sisteminin içerisinde bulunan tüm çipleri barındıran tümleşik devre çipi (integrated circuit chip) demektir. Mikro denetleyici içine yerleştirilen silicon parçalarının özellikleri standart kişisel bilgisayarlardakine oldukça benzerdir. Mikro denetleyici hakkında söylenebilecek en önemli şey, bir programı içerisinde depolayabilme ve daha sonra da çalıştırabilme yeteneğinin oluşudur. İşte bu yeteneği onu mikroişlemcilerden ayıran en önemli özelliğidir. Mikro denetleyici içerisinde, bir CPU, RAM, ROM, I/O uçları, seri ve paralel portlar, sayıcılar, bazılarında da A/D veya D/A çeviriciler bulunur. Oysa mikro işlemcili sistemde (standart PC' de olduğu gibi) tüm bu yukarıda sayılan parçalar ayrı çipler halinde ana kart denilen baskılı devre üzerine serpiştirilmiş şekilde bulunur.



Şekil 4.1 Mikro denetleyici

Günümüz mikro denetleyicileri otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax- modem cihazlarında, fotokopi, radyo, CD çalar, TV ve bazı oyuncaklar gibi çoğu akıllı cihazlar olarak adlandırabileceğimiz pek çok alanda kullanılmaktadır.

## 4.2 Mikro Denetleyici Üreticileri ve Ürünleri

Neredeyse her mikro işlemci üreticisinin ürettiği birçok mikro denetleyici bulunmaktadır. Bu denetleyicilerin mimarileri arasında çok küçük fark olmasına rağmen aşağı yukarı aynı işlemleri yapabilmektedirler. Aşağıda mikro denetleyici ürünlerine bazı örnekler verilmiştir.

Tablo 4.1 Mikro denetleyici örnekleri

Üreticinin Adı	Ürün Örnekleri
Microchip	PIC 12C508, 16F84, 16C711, 16F877, 17CR42,
Intel	8031AH, 8051AH, 8751AHP, 8052AH, 80C51FA
Motorola	HC05, HC11, 6800, 6801, 6804, 6805, 6809
Atme	ATtiny10, AT90S1200, AT90LS8535, ATmega16
Zilog	Z8
SGS-Thomson	ST6
Scenix	SX18, SX28
Basic Stamp	BS1-IC, BS2-IC

Birçok yonga üretici firma tarafından mikro denetleyiciler üretilmektedir. Her firma üretmiş olduğu mikro denetleyici yongaya farklı isimler ve özelliklerini birbirinden ayırmak için de parça numarası vermektedir. Örneğin; bunlardan Microchip firması üretmiş olduklarına PIC adını verirken, parça numarası olarak da 12C508, 16C84, 16F877 gibi kodlamalar vermiştir. Intel ise ürettiği mikro denetleyicilere MCS-51 ailesi adını vermiştir. İşte tüm bu farklı mikro denetleyiciler arasında hangi firmanın hangi ürününün kullanılacağına karar vermeden önce, uygulamanın gerektirdiği özelliklerin hangilerinin mikro denetleyicide bulunmasının elzem olduğu düşünülmelidir. Aşağıda mikro denetleyicilerde bulunabilen özellikler verilmiştir.

- Programlanabilir sayısal paralel giriş / çıkış
- Programlanabilir analog giriş / çıkış
- Seri giriş / çıkış (senkron, asenkron ve cihaz denetimi gibi)

- Motor / servo kontrolü için darbe işaret çıkışı (PWM gibi)
- Harici giriş ile kesme
- Zamanlayıcı (Timer) ile kesme
- Harici bellek arabirimi
- Harici BUS arabirimi (PC ISA gibi)
- Dahili bellek tipi seçenekleri (ROM, PROM, EPROM ve EEPROM)
- Dahili RAM seçeneği
- Kesirli sayı (kayan nokta) hesaplaması
- D / A ve A / D çeviricileri

Bu özellikler ayrıntıya girdikçe daha da artmaktadır.

#### **4.2.1 Neden PIC?**

MicroChip tarafından üretilen PIC Mikro Denetleyicileri tüm dünyada yaygın bir kullanım alanına sahiptir. İlk başlarda “Programmable Interface Controller” (Programlanabilir Arabirim Denetleyicisi) şeklinde tanımlanan bu denetleyiciler daha sonra “Programmable Intelligent Computer” (Programlanabilir Akıllı Bilgisayar) olarak adlandırılmıştır.

PIC’ler uygun fiyatları, kolay bulunabilirliği, ücretli veya ücretsiz birçok geliştirme aracına sahip olması nedeniyle tüm dünyada oldukça popülerdir. İnternet ortamında PIC ile yapılmış bir sürü örnek uygulama ve doküman bulabilirsiniz.

##### **4.2.1.1 Pic Mikro Tanımlamaları**

**MikroController, MCU,  $\mu$ C:** Mikro denetleyici, birçok tanım var ama ben şöyle diyorum; Düşük güç tüketimi, düşük fiyat ve kendi kendine yetebilme özelliği için optimize edilmiş ve çevre birimlerine sahip mikro işlemci türü. Minyatür bir bilgisayar da diyebiliriz.

**8-Bit İşlemci:** Bir işlemcinin 8-Bit olması, aynı anda sadece 8-bit veri işleyebilmesi demektir. 16-Bit’lik bir işlemciler verileri 2’şer Byte olarak, 32 bit işlemciler 4’er Byte ve 64 Bitlik işlemciler 8’er Byte’lik bloklar şeklinde işleyebilir.

**RISC:** Reduced Instruction Set Computer, Instruction (Komut) seti az tutulan işlemci mimari yapısı. PIC'ler RISC mimarisine sahiptir.

**MIPS:** Mega Instruction Per Second, Bir işlemcinin 1 saniyede işlediği komut sayısını gösteren ve birimi milyon olan değer. Örneğin 1 MIPS hızında çalışan işlemci saniyede 1 milyon komut işleyebilir. 40 Mhz saat sinyali olan PIC 10 MIPS hızında çalışır.

**RAM:** (Random Access Memory) Okunup / Yazılabilen bellek türü.

**ROM:** (Read Only Memory) Sadece okunabilen bellek türü.

**EEPROM:** (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) Elektriksel olarak silinebilen ROM hafıza

#### *4.2.1.2 PIC Mikro Denetleyici Ürün Ailesi ve Kodlama Harfleri*

**8-Bit :** PIC10,PIC12,PIC14,PIC16,PIC18verfPIC'ler

**16-Bit :** PIC24F,PIC24H,dsPIC30F,dsPIC33F

**32-Bit :** PIC32MX340, PIC32MX340, PIC32MX440, PIC32MX460

**F** Harfi, denetleyicinin Flash tipinde olduğunu belirtir. Flash denetleyiciler defalarca programlanıp silinebilir.

**C** Harfi, OTP (One Time Programmable) yani tek bir kez programlanabileceğini belirtir.

**L** Harfi, Low Voltaj yani PIC'in Düşük Voltajlarda çalışabileceğini gösterir.

**CR** Harfleri, ROM tabanlı olduğunu gösterir, bildiğim kadarıyla bunlar da bir kez programlanabiliyor.

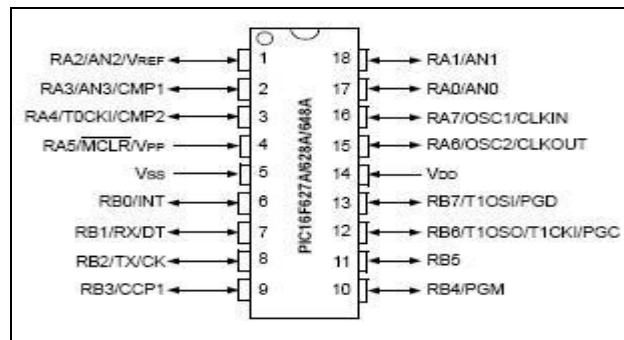
#### 4.2.1.3 PIC Mikro Denetleyiciyi Oluşturan Bileşenler

**Program Memory:** Program kodunun yazıldığı hafıza alanıdır, uzunluğu pic modeline göre 0.5 KByte – 256 KByte arası değişir. PIC programlayıcı cihazlar yazdığınız kodu bu hafızaya yüklerler.

**Ram Memory:** Tıpkı bilgisayardaki ram hafıza gibi, geçici değişkenlerin tutulduğu hafızadır. Elektrik kesildiğinde değerler kaybolur. Boyutu PIC modeline göre 16 Byte – 32 KByte arası değişir.

**EEPROM:** Elektriksel olarak silinebilen hafıza, Elektrik kesildiğinde buradaki veriler kaybolmaz, PIC programlanırken veya kod içerisinden bu hafızaya yazılabilir. PIC'lerin bir kısmında EEPROM yoktur. Maksimum 4096 Kbyte.

**Portlar:** PIC'ler modeline göre değişik sayıda giriş çıkış portlarına sahiptirler. 8 Bacaklı PIC'lerde GPIO olarak adlandırılan port, diğer modellerde PORTA, PORTB.....PORTF vs. şeklinde tanımlanmaktadır. PIC'lerde giriş çıkış portları illa da o amaç için kullanılacak diye bir kural yoktur. Örneğin aşağıdaki şekilde görüleceği gibi PORT B3 istenildiği takdirde CCP1 çıkış olarak kullanılabilir. Projedeki ihtiyaca göre hangi pinin ne için kullanılacağı önceden belirlenir.



Şekil 4.2' Picmikro Pin Tablosu

**Timerlar:** Timer'lar donanımsal zamanlayıcı modüllerdir, ayarlandıklarında belirli değerler arasında sayar ve tekrar başa dönerler, maksimum değere ulaştıklarında kesme oluşturabilirler. Timer0, Timer1, Timer2, Timer3 vs. şeklinde

değişik timer'lar vardır. Kullanacağınız PIC'te hangi timerları kullanabileceğinizi çipin dokümanından öğrenebilirsiniz. Örneğin PIC12F628A çipinde timer0, timer1 ve timer2 modülleri mevcuttur. Timer0 modülü 8 bitlidir ve 0 dan 255'e doğru sayar, timer1 modülü 16 bitlidir ve 0-65535 değerine kadar sayar.

**ADC:** Analogtan dijitale dönüştürme modülü, bu modül sayesinde PIC'ler analog voltajları dijital değerlere çevirebilir. PIC'lerin bir kısmında vardır bir kısmında yoktur. Değişik kapasitelerde ADC modülleri mevcuttur. İleride bunlara değineceğiz.

**CCP:** Capture Compare Pwm modülü, PWM sinyali oluşturmak, sinyalleri karşılaştırmak veya ölçmek için kullanılır. PIC'lerin bazılarında bulunmaz.

**Comparator:** Karşılaştırma modülü, bu modül ile iki analog sinyali karşılaştırıp durumlarına göre çıkış elde edebilirsiniz. PIC'lerin bir çoğunda bulunur.

**Usart:** (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Trasnmitter) Donanımsal seri haberleşme için kullanılır, PIC'lerin bir kısmında mevcut değildir. Mevcut olmayan PIC'lerde yazılımsal olarak seri haberleşme yapılabilir.

**SPI:** Serial Peripheral Interface, Seri Donanım Arabirimi modülü, SPI haberleşmesi için kullanılır.

**CAN:** (Controller Area Network), Özellikle otomotiv sanayisinde kullanılan haberleşme protokolü. PIC'lerin bir kısmında vardır.

**I2C:** Haberleşme protokolü, PIC'lerin bir kısmında vardır.

#### 4.2.1.4 PIC Programlamak İçin Gereken Programlar

PIC progamlama çalışmaları yapmak için iki seçenek kullanılabilir, ya assembler gibi düşük seviye bir dille, ya da c, basic veya pascal gibi yüksek seviye bir dille program yazılır. Assemblerla kod yazabilmek için PIC komut setini bilinmesi

gerekir. Assemblerda kod yazmak yüksek seviye dillerle kod yazmaktan daha zordur ve daha fazla zaman alır. Kodlar daha karmaşık olduğu için hata takibi de zor olacaktır. Yüksek seviye bir dille bile program geliştirildi mutlaka Assembly ve mikrodenetleyicinin yapısı hakkında ön bilgiye sahip olunmalıdır.

MikroChip firması, PIC denetleyicileri için geliştirme ortamı olarak ücretsiz MPLAB programını temin etmektedir. MPLAB'ın geliştirme dili Assembly'dir. MikroChip'in C derleyicileri ücretli olmakla birlikte öğrenciler için özellikleri biraz kısıtlanmış ücretsiz versiyonlar da mevcuttur .

#### ***Açık Kaynak (ücretsiz) PIC Geliştirme Yazılımları***

- Ktechlab: PIC Mikro denetleyicileri için elektronik dizayn ve simulasyon arabirimi
- FreeRTOS: PIC18, PIC24, dsPIC, PIC32 Serileri için Gerçek Zamanlı İşletim Sistemi.
- GPUTILS: GPL Lisanslı Assembler, disassembler, linker.
- GPSIM: PIC Mikro Denetleyicileri için simulator.
- SDCC: C Compiler, PIC16 ve PIC18 Serisini destekliyor.
- JAL: PIC serileri için Pascal benzeri derleyici.

#### ***PIC Programlama Cihazları***

Oluşturulan kodların PIC'e yüklenmesi için PIC programlayıcı cihazlara ihtiyaç vardır. Piyasada farklı türlerde PIC programlayıcılar bulunmaktadır.

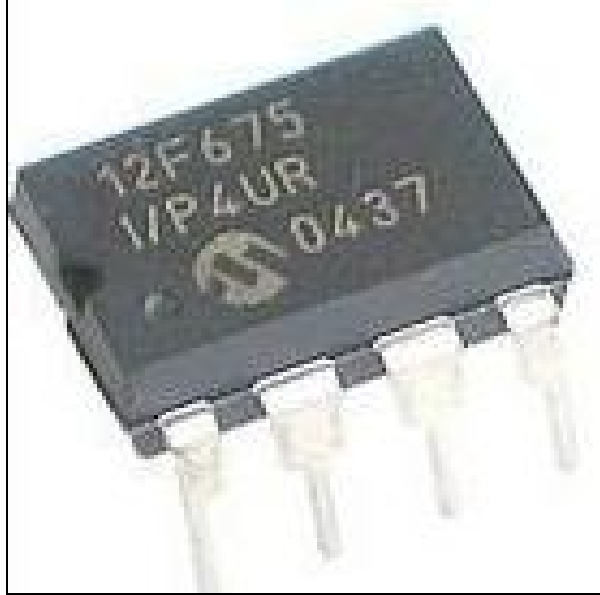
##### ***4.2.1.5 PIC Denetleyicisi Seçimi***

Kullanacağınız PIC denetleyicisini projedeki ihtiyaçlarınıza göre belirlemeniz gerekir. PIC'lerin kapasiteleri arttıkça fiyatları da arttığı için, ihtiyacınıza en uygun PIC'i kullanmak ekonomik olacaktır. MicroChip Firmasının PIC seçimi uygulaması



MAPS (Microchip Advanced Part Selector) bu seçim için yardımcı olabilecek bir programdır. Özellikleri göz önünde tutularak projemizde PIC12F675 kullanılmıştır.

### 4.3 PIC12F675'in Tanıtılması



Şekil 4.3 Pic16F675

Yeri geldiğinde bir çok projeyi gerçekleştirmek için küçük ama etkili mikrodenetleyiciler pic16f (84, 628 vb.) serisi ile yapılan bir çok uygulama 12f serisi ile yapılabilir fakat denetleyicinin kullanımını öğrenmekte ayrı bir iş olduğundan çözülmüş denetleyici hangisi ise o kullanılır. Devrede kapladığı yer ve maliyet açısından bazen 12f serisi daha uygun olabilir.

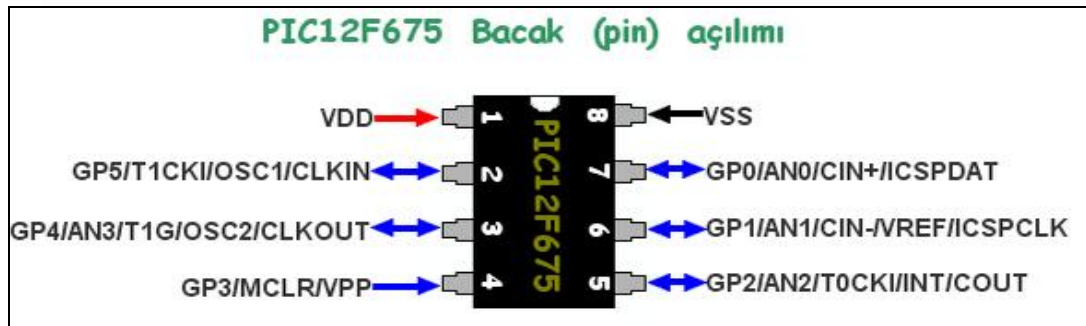
#### 4.3.1 PIC12F675 Mikrodenetleyicilerin Temel Özellikleri

PIC12F675 14 bit komut yapısı vardır ve flash hafıza kullanılır, yazılıp silinebilirler.

Denetleyici	Program Hafızası	Veri Hafızası		I/O	10-bit A/D (ch)	Karşılaştırıcı	Timers 8/16-bit
	FLASH (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				
PIC12F675	1024	64	128	6	4	1	1/1

Şekil 4.4' Pic16F675 temel özellik tablosu

- Yüksek Performanslı RISC CPU
- İşlem hızı 20Mhz
- 7 adet kesme kaynağı
- 6 adet yönlenebilir giriş / çıkış
- Analog karşılaştırıcı
- 25 ma akım çıkışı
- 35 adet assemleler komutu
- İç ve dış osilatör seçenekleri
- Geniş çalışma voltaj aralığı – 2.0V to 5.5V
- Geniş çalışma sıcaklık aralığı
- Düşük güç güç-reset (POR)
- Brown-Detect (BOD çıkış)
- Bekci köpeği Watchdog Timer (WDT)
- Programlanabilir kod koruma
- Yüksek Dayanıklı FLASH / EEPROM Hücre
- Flash 100.000 defa yazılıp silinebilir.
- Eeprom 1.000.000 defa yazılıp silinebilir.
- FLASH / EEPROM veriyi 40 yıl tutabilir.




Şekil 4.5 PIC12F675 Bacak açılımı

Tablo 4.2 Pic 12f675 Pin açıklamaları

Ayak (pin) adı	Fonksiyon	Giriş tipi	çıkış tipi	Açıklama
GP0/AN0/CIN+/ICSPDAT	GP0	TTL	CMOS	Yönlendirilebilen giriş/çıkış bacağı
	AN0	AN		A/D Analog/Dijital çevirici 0 kanal
	CIN+	AN		Analog karşılaştırıcı girişi
	ICSPDAT	TTL	CMOS	I/Q Seri programlama için data girişi
GP1/AN1/CIN-/VREF/ICSPCLK	GP1	TTL	CMOS	Yönlendirilebilen giriş/çıkış bacağı
	AN1	AN		A/D Analog/Dijital çevirici 1 kanal
	CIN-	AN		Analog karşılaştırıcı girişi
	VREF	AN		Harici voltaj referansı
	ICSPCLK	ST		I/Q Seri programlama için clock sinyali girişi
GP2/AN2/T0CKI/INT/COUT	GP2	ST	CMOS	Yönlendirilebilen giriş/çıkış
	AN2	AN		A/D Analog/Dijital çevirici 2 kanal
	T0CKI	ST		TMR0 clock sinyal girişi
	INT	ST		Harici kesme girişi
	COUT		CMOS	Analog karşılaştırıcı çıkışı
GP3/MCLR/VPP	GP3	TTL		Giriş bacağı
	MCLR	ST		Harici resetleme girişi
	VPP	HV		Programlama voltajı
GP4/AN3/T1G/OSC2/CLKOUT	GP4	TTL	CMOS	Yönlendirilebilen giriş/çıkış bacağı
	AN3	AN		A/D Analog/Dijital çevirici 3 kanal
	T1G	ST		TMR1 kapısı
	OSC2		XTAL	Kristal osilatör bacağı
	CLKOUT		CMOS	Komut saykıl clock sinyal çıkışı (Fos/4)
GP5/T1CKI/OSC1/CLKIN	GP5	TTL	CMOS	Yönlendirilebilen giriş/çıkış bacağı
	T1CKI	ST		TMR1 clock sinyal girişi
	OSC1	XTAL		Kristal osilatör bacağı
	CLKIN	ST		Harici clock sinyal girişi (RC osilatör bağlantısı)
VSS	VSS	Power	Şase –	
VDD	VDD	Power	Besleme +	

File Address		File Address	
Indirect addr. <sup>(1)</sup>	00h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	80h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h
PCL	02h	PCL	82h
STATUS	03h	STATUS	83h
FSR	04h	FSR	84h
GPIO	05h	TRISIO	85h
	06h		86h
	07h		87h
	08h		88h
	09h		89h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch
	0Dh		8Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh
TMR1H	0Fh		8Fh
T1CON	10h	OSCCAL	90h
	11h		91h
	12h		92h
	13h		93h
	14h		94h
	15h	WPU	95h
	16h	IOC	96h
	17h		97h
	18h		98h
CMCON	19h	VRCON	99h
	1Ah	EEDATA	9Ah
	1Bh	EEADR	9Bh
	1Ch	EECON1	9Ch
	1Dh	EECON2 <sup>(1)</sup>	9Dh
ADRESH <sup>(2)</sup>	1Eh	ADRESL <sup>(2)</sup>	9Eh
ADCON0 <sup>(2)</sup>	1Fh	ANSEL <sup>(2)</sup>	9Fh
	20h		A0h
General Purpose Registers 64 Bytes		accesses 20h-5Fh	
	5Fh		DFh
	60h		E0h
	7Fh		FFh
Bank 0		Bank 1	

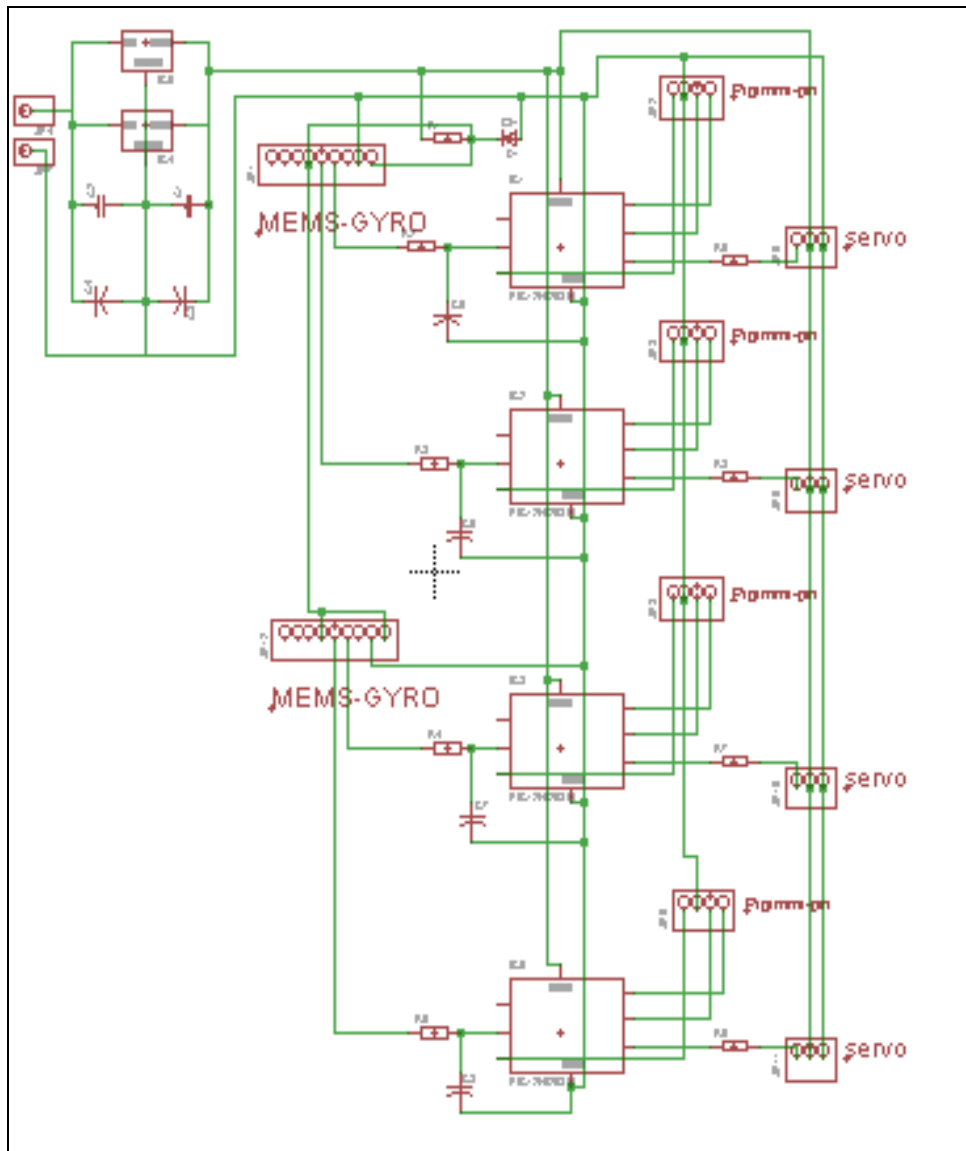
 Unimplemented data memory locations, read as '0'.  
 1: Not a physical register.  
 2: PIC12F675 only.

Şekil 4.6 PIC12F629 veri hafızası

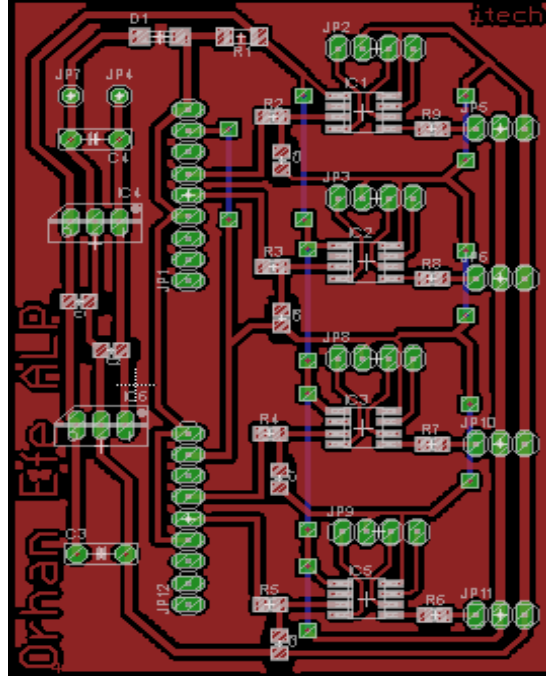
#### 4.4 RC Servo Motor Sürücü Kartı Tasarımı

Robota hareket veren servo sürücü kartının tasarımı yapılmasının ardından, PROTEUS program ile simülasyonlar yapılmış prototip devre breadboard'da denenmiş ardından kart üretilmiştir.

Rc servo motoru sürmek için baskı devre tekniği ile üretilen bir sürücü kartı tasarımı yapılmıştır. Kartın bu versiyonu 5 adet rc servo motoru sürebilmektedir.



Şekil 4.7 Beş adet rc servo motor süren kart açık devre şeması



Şekil 4.8 Beş adet rc servo motoru sürmesi için tasarlanan sürücü kartı baskı devresi ve iletim hatlarının görünümü

#### 4.4.1 Rc Servo Motor Sürücü Kartında Kullanılan Malzemeler

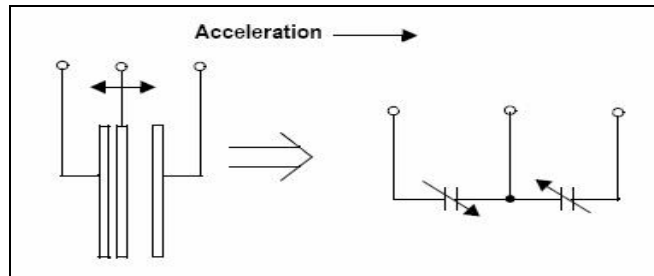
Tablo 4.3 Elektronik kart malzeme listesi

Malzeme listesi;	Miktar
Pic12f675 smd	4 Adt
7805 gerilim regülat	2 Adt
16V 470uF kondansatör	2 Adt
100nF 805 kılıf smd kondansatör	2 Adt
3.1 V zener 1206 kılıf smd	1 Adt
1 K direnç 805 kılıf smd	5 Adt
10 K direnç 805 kılıf smd	4 Adt
Triple Axis Accelerometer Breakout – MMA7361	2 Adt
Tek sıra pin	1 Adt
5 kanal lehim 0.75mm	0.75 mm

## 4.5 Üç Eksen İvme Ölçer Sensör

Günümüzde gelişmekte olan yarıiletken teknolojisi sayesinde MEMs (Micro-ElectroMechanical System) yapılar sayesinde ivme sensörleri devre üzerinde entegre kılıf içerisine girebilmektedir. Bu sayede ivme sensörleri çeşitli uygulama alanları bulabilmektedir. Medikal uygulamalar, güvenlik uygulamaları, MMI (insan makine arayüzleri), robotic uygulamalarına kadar birçok alanda ivme sensörleri kullanılmaktadır.

İvme sensörleri, ivme, titreşim ve mekanik şok değerlerini ölçmede kullanılan elektromekanik elemanlardır. İvme sensörlerinin farklı çalışma yöntemleri vardır. Bazı ivme sensörleri piezoelektrik etkiyi kullanır. İçerdikleri mikroskobik kristal yapılar ivmesel kuvvetle gerilir; bu da voltaj üretilmesini sağlar. Bir başka yol da kapasitedeki değişimi algılamaktır. Birbirine yakın iki mikro yapı arasında kapasitif etki oluşur ve kapasitans değeri açığa çıkar. Kapasitif İvmeölçer; kapasitif iletim prensibi kullanılır. Sismik kütle olarak bir diyafram kullanılır. Bir ivme etkidiği zaman sabit elektrot ile sismik elektrot arasındaki mesafe değişir. Mesafenin değişmesiyle kapasitans değişir ve ivme ile orantılı bir çıkış elde edilir.

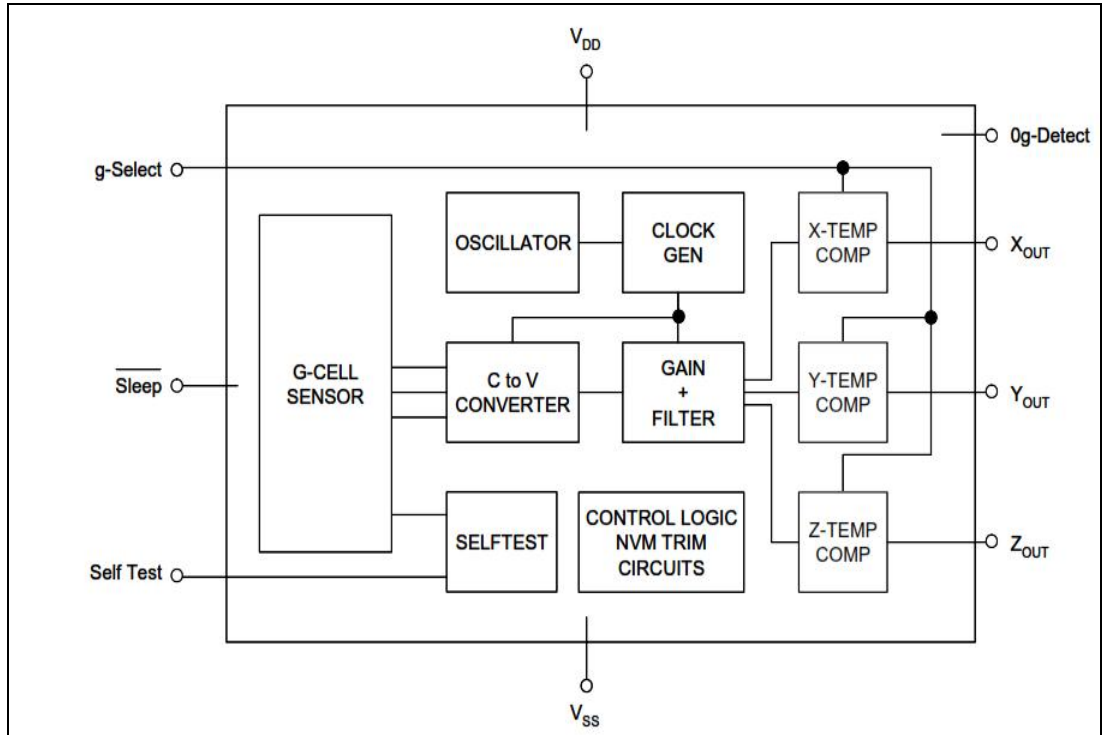


Şekil 4.9 Basitleştirilmiş algılayıcı fiziksel modeli

### 4.5.1 Üç Eksen İvme Ölçer Sensör İç Yapısı

“G-Cell Sensor”ü olarak adlandırılan blok Şekil 2’de verilen fiziksel modeli içeren 3 adet (x, y, z eksenleri için) birer yarı iletken kapasitif algılayıcıdan oluşmaktadır. “C to V Converter” olarak adlandırılan blok kapasite ölçümü köprü devresinden oluşmaktadır. Bunu takip eden “Gain+Fitler” bloğu integral alıcı ve rms

işaretin ortalamasını alarak buna kazanç ekler. İçerisinde bulunan “oscillator” ve “Clock generation” bloğu kapasite ölçümü için gerekli olan osilatör işaretini oluşturur. “X-Temp Comp”, “Y-Temp Comp”, “Z-Temp Comp” blokları sıcaklığa bağlı olarak yarıiletken yapıda meydana gelen değişikliklerden dolayı ölçüm hatalarını gidermek için kompanzasyon devrelerini ve hassasiyeti ayarlamak için gerekli devreleri içerir.



Şekil 4.10 Kapasitif ivme sensörü

#### 4.5.2 Üç Eksen İvme Ölçer Sensör Uygulama Alanları

- İnsan-makine ara yüzleri
- Navigasyon sistemleri
- Çalınmaya karşı korunma sistemleri
- Makine kontrolü
- İnteraktif eğlence
- Remote kontrol
- Spor ve sağlık kontrol sistemleri



- Pusula kompanzasyonu
- Otomotiv de çarpma ve süspansiyon kontrol sistemleri
- GPS uygulamaları
- Düşme algılama
- HDD koruma sistemleri
- Görüntü stabilizasyonu
- Hareket kontrol uygulamaları
- Portatif elektronik ürünler
- Robot uygulamaları
- Sismik görüntüleme sistemleri
- Kargo taşımacılığında paket güvenliği ve takibi
- Araç dinamik kontrol uygulamaları

#### ***4.5.3. İvme Sensörü Seçimi***

İvme sensörlerinin analog ve sayısal çıkış veren tipleri bulunmaktadır. Analog çıkışlı ivme sensörleri ivme değerine bağlı olarak sürekli bir gerilim verirler. Sayısal ivme sensörleri çıkış için çeşitli arayüzleri destekleyen (I2C, SPI, UART, vs...) modelleri olduğu gibi modüle edilmiş şekilde çıkış veren (örn PWM) modelleri de mevcuttur. İvme sensörü seçerken aşağıdaki özellikler göz önünde bulundurulmalıdır.

- **Eksen Sayısı:** Birçok proje için 2 eksenli ivme sensörü yeterli olmaktadır. Fakat 3 boyutlu pozisyon isteniyorsa 3 eksenli ya da doğru açılarda yerleştirilmiş 2 eksenli ivme sensörleri kullanılabilir.

- **Maximum Salınma:** Yerçekimi ivmesini kullanarak yalnızca eğim ölçülmek isteniyorsa +1,5g lik ivme sensörü yeterli olur. Eğer araba, uçak ya da robotun hareketi saptanmak isteniyorsa + 10 lik bir sensör yeterli olacaktır. Ani başlangıçlar ya da durmaların olduğu projelerde + 300°'ye kadarlık sensörlere ihtiyaç duyulabilir.

- **Hassaslık:** İvmenin hassas ölçümü işaretle daha büyük değişimlerin olmasını sağlar. Daha büyük sinyal değişimleri ölçümü kolaylaştırarak doğru sonuçlar meydana getirir.

- **Bant Genişliği:** Yavaş eğimli hareketleri algılama uygulamalarında 50 Hz yeterli olmaktadır. Titreşim ölçümü yapılıyorsa ya da hızlı hareket eden bir makine kontrol ediliyorsa bant genişliğinin yüksek olması gerekir. MEMS yapıdaki ivme sensörleri genelde 100500 Hz band genişliğine sahiptir.

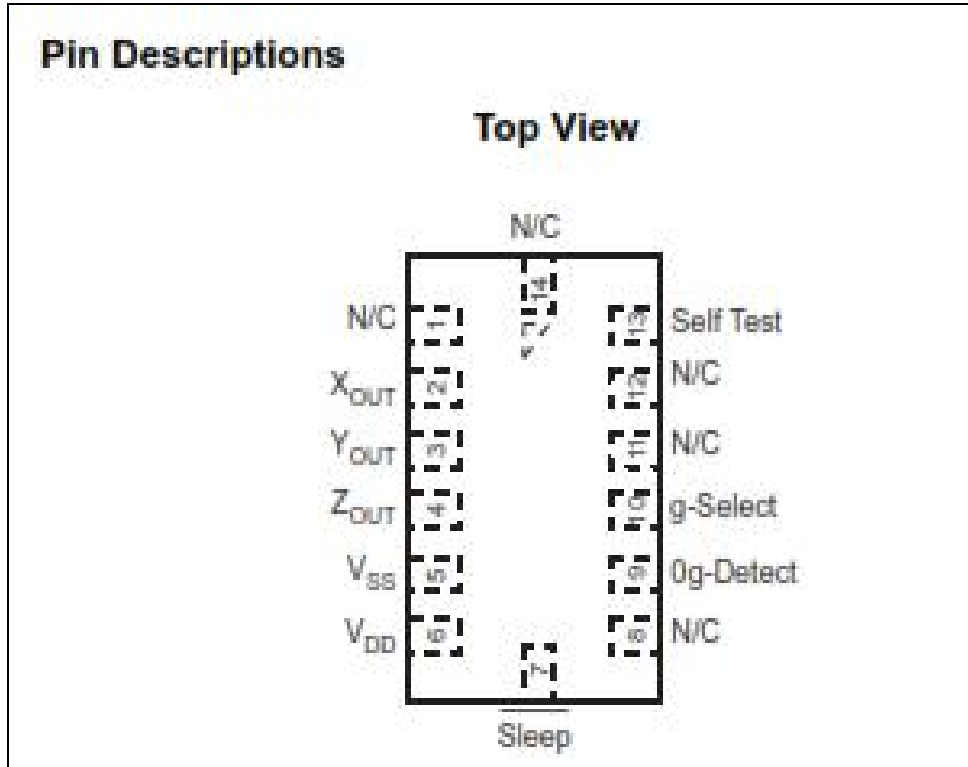
- **Empedans/Bufferlama:** Bir çok ADC'nin düzgün çalışabilmesi için bağlanan elemanın çıkış empedansının 10 k $\Omega$ 'un altında olması gerektiği belirtilmektedir. Bazı üreticilerin analog ivme sensörleri 32 k $\Omega$ 'luk bir çıkış empedansına sahiptir. Bunun çözümü çıkış empedansını düşürmek için bir 'düşük giriş ofseti bulunan rail to rail op amp'ını buffer olarak kullanmaktır.

Bu uygulamada Freescale MMA7361L 3-eksenli ivme sensörü kullanılmıştır.

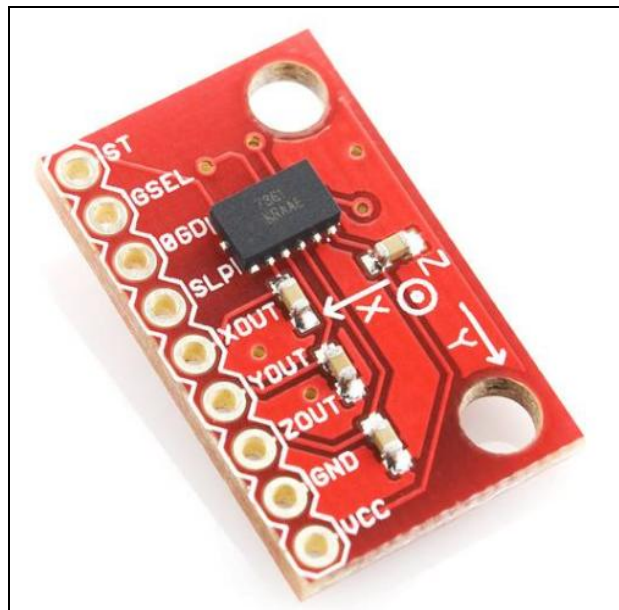
#### ***4.5.4 Freescale MMA7361L İvme Sensörü Özellikleri***

- +2.5g/3.3g/6.7g/10g ayarlanabilir 3 eksenli ivme sensörü
- Düşük güç tüketimi (500uA@3V)
- Uyku modunda 3uA akım tüketimi
- Düşük besleme gerilimi 2.2V - 3.6V
- Hızlı açma zamanı
- Tümlşik tek kutuplu alçak geçiren süzgeç
- XY ekseninde 350Hz, Z 150 Hz frekans yanıtı
- 100mHz - 1KHz 4.7mV RMS gürültü gerilimi
- Çıkış gerilim aralığı  $V_{ss}+0.25V$  ve  $V_{dd}-0.25V$
- Çalışma aralığı içinde % 1 doğrusallıktan sapma
- Çapraz eksen hassasiyeti ( $V_{xy}$ ,  $V_{zx}$ ,  $V_{yz}$ ) %5 (çapraz eksenlerden 90 derece ile uygulanan ivmeyi çıkarma hassasiyeti)

- XY eksenindeki rezonans frekansı 6KHz ve Z eksenindeki rezonans frekansı 3.4KHz



Şekil 4.11 Freescale MMA7361L ivme sensörü pin düzeni



Şekil 4.12 Freescale MMA7361L ivme sensörü

#### 4.6 Pic Basic Pro Programlama Dili

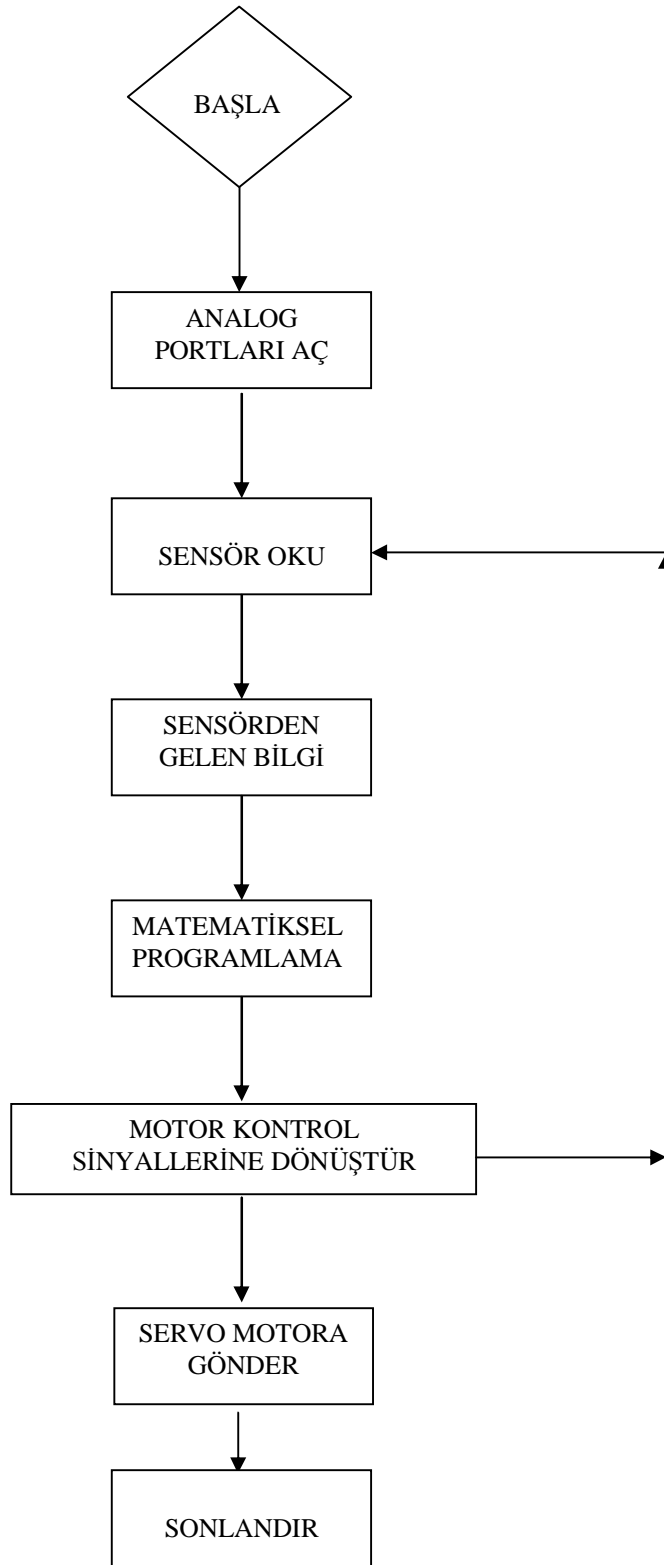
PIC Basic Pro, Micro Engineering Labs firması tarafından PIC mikrodenetleyicileri için geliştirilmiştir ve BASIC programlama dilinin kolay öğrenilebilir özelliğinden dolayı dünyanın en çok kullanılan programlama dillerinden biridir.

PIC Basic Pro programlama dilini kullanabilmeniz için algoritma ( algorithm ), akış diyagramı ( flowchart ) oluşturmayı ve QBASIC ile basit programlar yazmayı bilmeniz yeterlidir. Daha önce PIC assembly ile programlama yapmış olanlar PIC Basic Pro'nun kullanımının ne kadar kolay olduğunu görecektir.

PIC Basic Pro derleyici program kodlarını Assembly dili programlarıyla karışık kullanmak da mümkündür. Özellikle bir işlemi daha hızlı çalıştırmak , program belleğinde daha az yer tutmak ya da PIC Basic derleyicilerinin yapabildiğinden daha farklı bir işlem için program içinde Assembly kodlarını kullanmak gerekebilir.

Konunun amacından sapmaması için detaylı olarak kod yazımı ve kodların pic'e yüklenme prosedürü detaylı olarak anlatılmayacaktır.

#### 4.7 Kontrol Devresi Akış Diyagramı

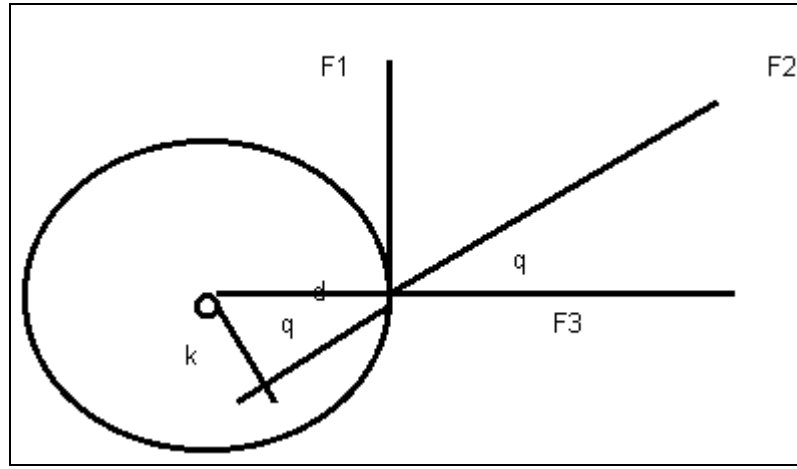


Şekil 4.13 Kontrol akış diyagramı

## BÖLÜM BEŞ TORK ANALİZİ

### 5.1 Servo Motorların Seçimi

Tork veya diğer adı ile dönme momenti: Bir eksen etrafında dönen bir cisim düşünelim, bir tekerlek gibi... Tork; bu dönen tekerleğin dönme eksenini ve kuvvetin uygulandığı nokta arasındaki dikme ile kuvvetin çarpımıdır.



Şekil 5.1 Freescale MMA7361L ivme sensörü

Şekildeki tekerleğin ortasından bir mil geçtiğini ve tekerleğin bu mil etrafında döndüğünü varsayalım. Tekerleğe tatbik edilen kuvvet F3 ise teker dönmez. F2 ise tekerlek bu kuvvetin dik bileşeni oranında döner. F1 ise tekerin dönme eksenine göre momenti tani torku:

Tork =  $d * F$  'dir. d ile uygulanan kuvvet arasındaki açının dik olması gerekir (momentin tanımı).

Eğer F2 kuvveti yönünde bir kuvvet vektörü söz konusu ise bu kuvvetin F1 bileşeni bulmak gerekir.

Şekil xx'de  $q$  açıları eşittir.  $F1 = F2 \cdot \sin q$ 'dur. O halde buradaki tork  $T = d * \sin q \cdot F2$  olur veya kuvvetin dik bileşeni yerine uygulanan kuvvete dik olan uzaklığı bulalım. Şekildeki dik olan doğru parçası  $k$  olsun.

$\sin q = k/d$  dir  $k = d * \sin q$  olur. Moment tanımına göre;

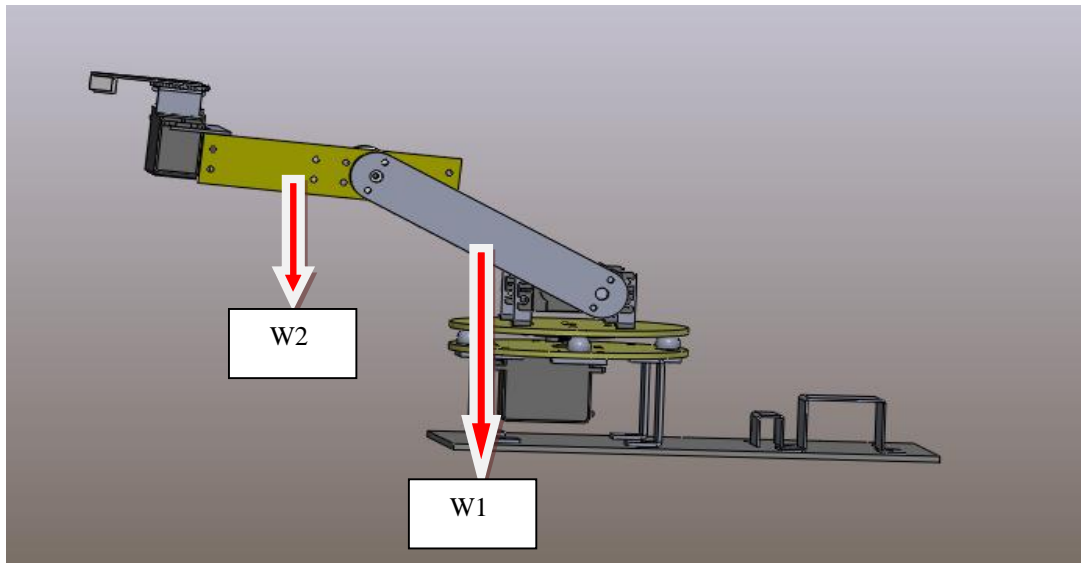
tork =  $k * kuvvet$   $T = d * \sin q \cdot F2$  olur. Yani ilk formüle bu şekilde de ulaşılır.

Bu formülden görüldüğü gibi (  $\sin q$  değeri en fazla 1 olduğu için )  $\sin q \leq 1$  şartını sağlayan kuvvet tatbikinde tork en fazladır.

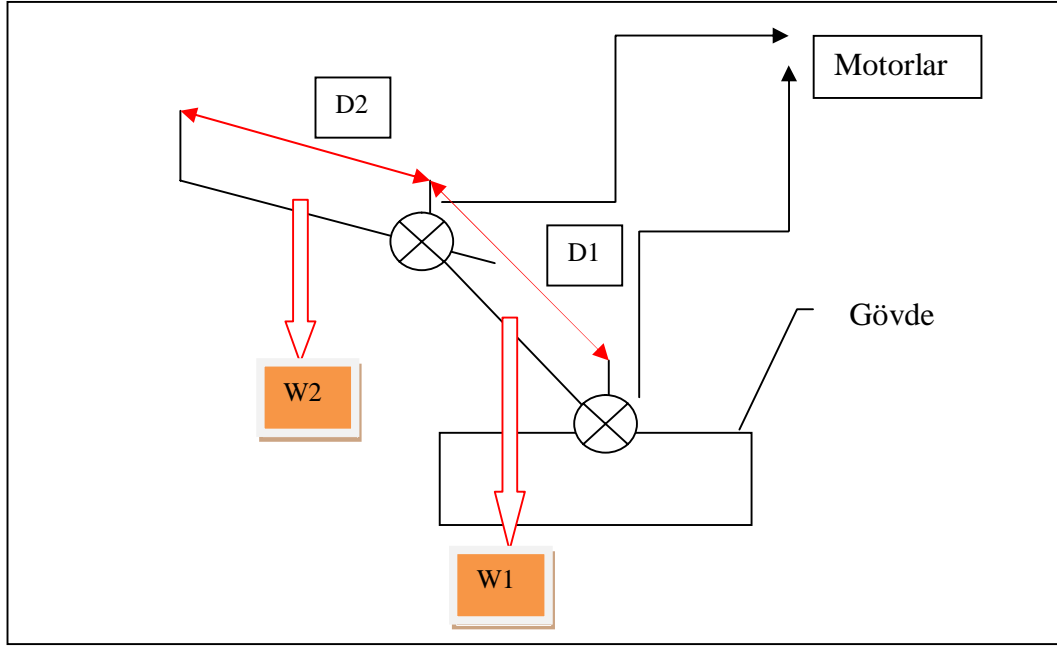
$\sin q = 1$  değeri  $q = 90$  derece için geçerlidir. O halde kuvvet dönme eksenine dik olduğu zaman tork en büyüktür.

$q = 180$  veya  $q = 0$  derece için  $\sin 0$  olduğundan tork 0 olur yani dönme olmaz. Bu da  $F3$  yönünde çekme veya zıddı olan itme kuvvetidir. Bu kapı kanadından dik olarak çekilen bir döner kapının neden dönmediğini açıklar.

Tork birimi newton metredir.



Şekil 5.2 Uzuvlardaki aparatların ağırlık merkez noktaları



Şekil 5.3 Uzuvlardaki aparatların ağırlık merkez noktaları şematik çizimi

Robot kolundaki parçaların ağırlık merkezlerinden kütle indirgeme yöntemini kullanarak sistem ağırlıklarını şematize edelim.

Robotun mafsalları ve  $d_1$ ,  $d_2$  gerçek ölçüleri,

$$W_1 = 70 \text{ gr}$$

$$W_2 = 140 \text{ gr}$$

Sistemde çalışır durumdaki 150 gr'lık bir yük olduğunu varsayarsak, eklemlerine göre alacağımız momentlerle servo motorlarımızın tork'ları bulabilmek mümkün olacaktır.





### **5.1.2 Dirsek Motoru**

İkinci mafsal noktamıza göre moment alırsak;

$$M2 = W2 \times d2/2 + G \times (d2) - W1 \times d1/2 \dots \text{den}$$

$$M2 = 120 \times 50 + 150 \times (100) - 70 \times 60 = 16800 \text{ grmm} = 1,68 \text{ kg cm}$$

Tasarımımız tek motor olarak kullanılmak üzere tasarlandığı için bir adet HS 311 rc servomuz rahatlıkla bu yükü kaldırmaya yeterlidir.

### **5.1.3 Tutucu Motoru**

Yerçekimine karşı iş yapan z ekseninde dönme işlemini gerçekleştiren uzuvlarda motor için herhangi bir moment hesabı yapılmasına gerek yoktur. Yapılan iş kuvvet kaldırmak olmayıp yerçekimine karşı yapıldığından kaldırma işlemi durumu bulunmamaktadır.

## BÖLÜM ALTI

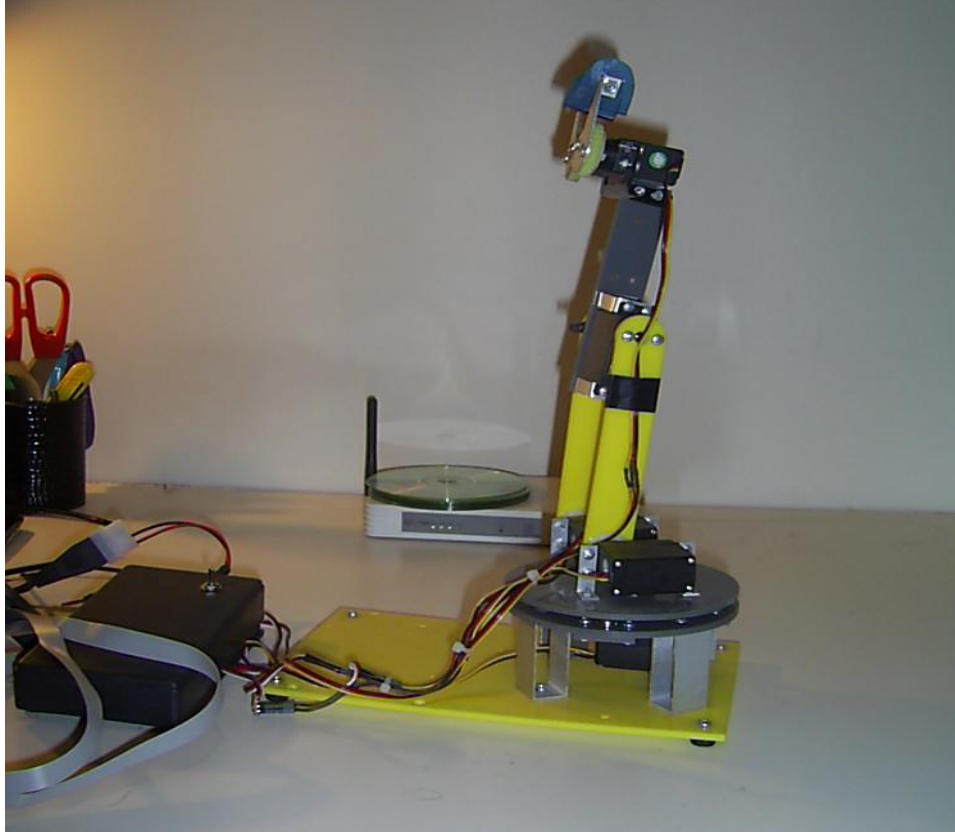
### DENEY

Günümüzde doğal felaket olarak nitelendireceğimiz en güncel konulardan birtanesi Japonyadaki Fukuşima nükleer santralinde oluşan hasar ve çevreye yarattığı etki gösterilebilir. Nükleer sızıntının engellenmesi için insanların çalışmalarına elverişli olmayan santralde, çalışabilecek robotlar içinde uygun bir ortam bulunmamaktaydı. Robotların, molozların içinde yürüyebilmesi, 5 kilograma kadar ağırlık kaldırabilmesi, kurtarma ekiplerine yardımcı olabilmesi için araç kullanabiliyor olması, kapıları açabilmesi, duvarları yıkabilecek aletler kullanabilmesi, hatta soğutma pompalarının yerini değiştirebilmesi gerekmektedir, kısacası karşılaştığı durumlarda insanın düşünme yeteneğine sahip, hızlı karar verebilen bir yapıya sahip olmaları gerekiyordu. Bu özellikler joystick aracılığıyla ya da görüntü işleme yöntemlerinden faydalanarak yapay zeka kazandırılmış robotlarla; bozucu girdinin yüksek olduğu bu durumda başarılı olabilmesi oldukça güçtür. Bu gibi durumlarda üzerinde çalıştığımız yöntem şekli, bir kamera aracılığıyla robotun görüş açısına bağlanarak insan hareketini birebir kopyalayan robotlarla kolaylıkla aşılabilecektir.

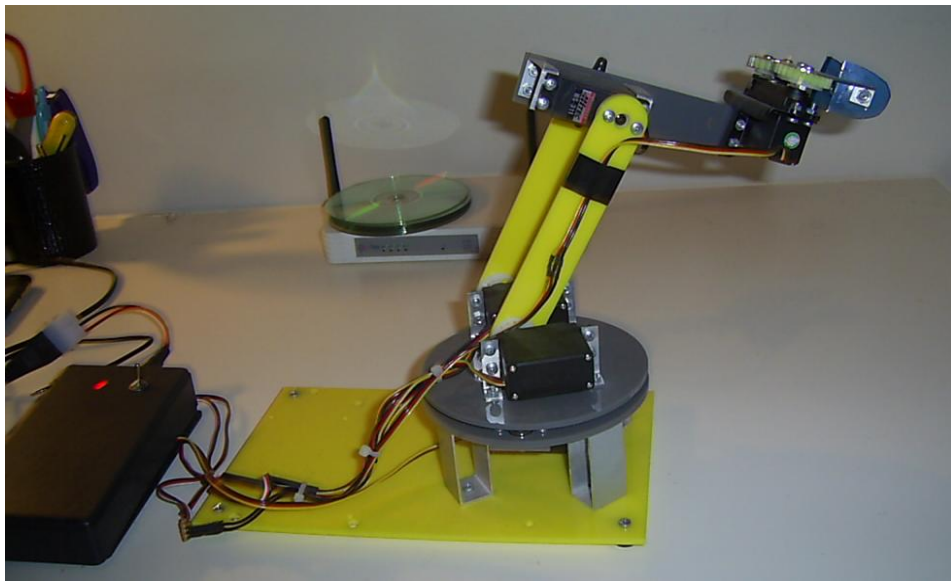
Bu bağlamda, robot prototipinin el hareketleri ile yönlendirilerek bir cisim bir yerden başka bir yere taşıma hareketini gerçekleştirerek yaptığı simülasyon deneyi daha gelişmiş farklı mekanizmalarda çoklu serbestlik derecelerinde robot uygulamalarına uygulandığında yukarıdaki problemlerinin aşılmasına ışık tutacağı kanısı oluşturabilmektedir.

## 6.1 Robot Kol Hareket Örnekleri

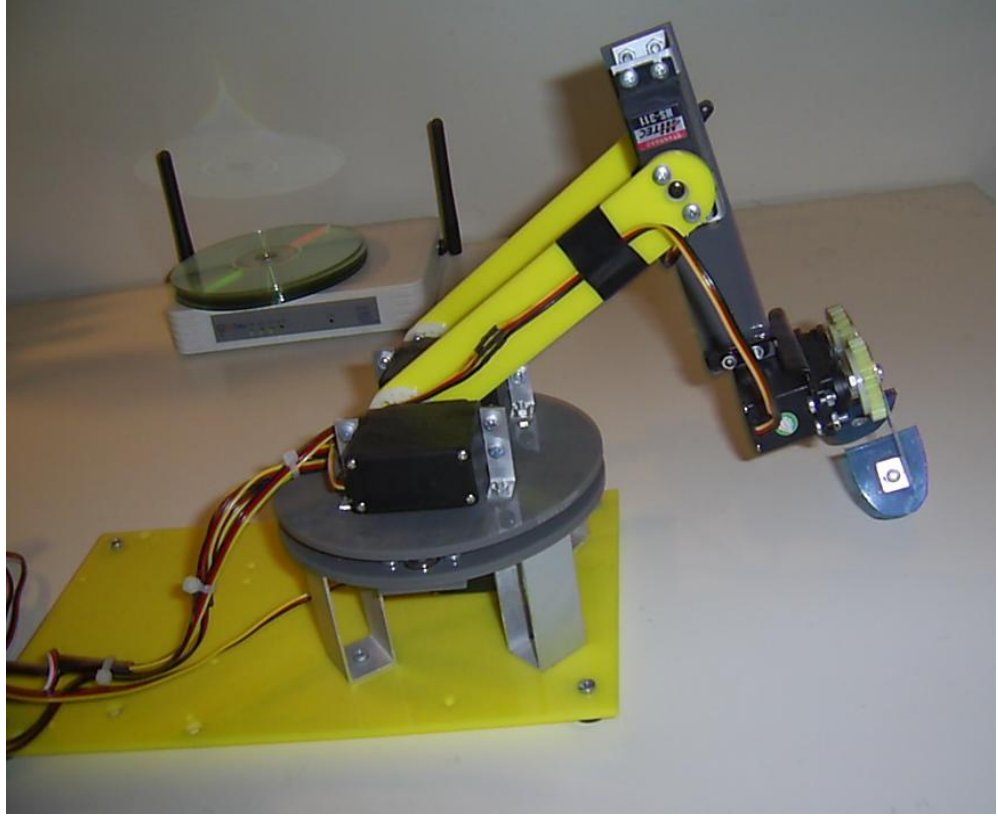
Robot Kolunun farklı düzlemlerde gerçekleştirdiği hareket örnekleri;



Şekil 6.1 Ön kol üst kol yatay düzleme dik durum



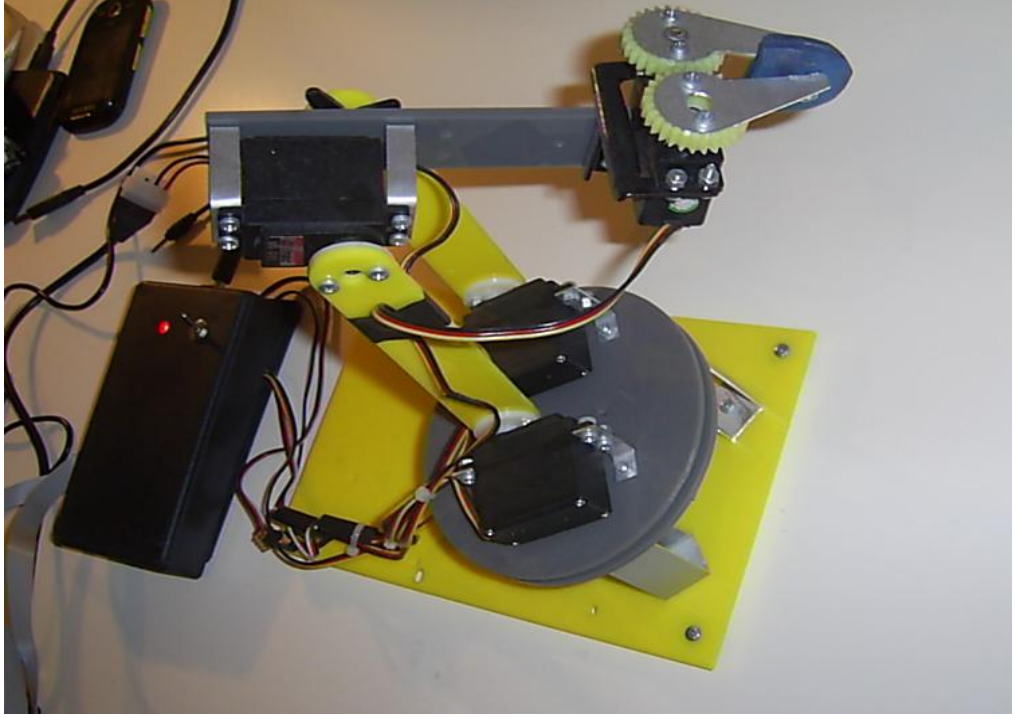
Şekil 6.2 Üst kol yatay düzleme paralel durum



Şekil 6.3 Tutucunun max eğilme durumu



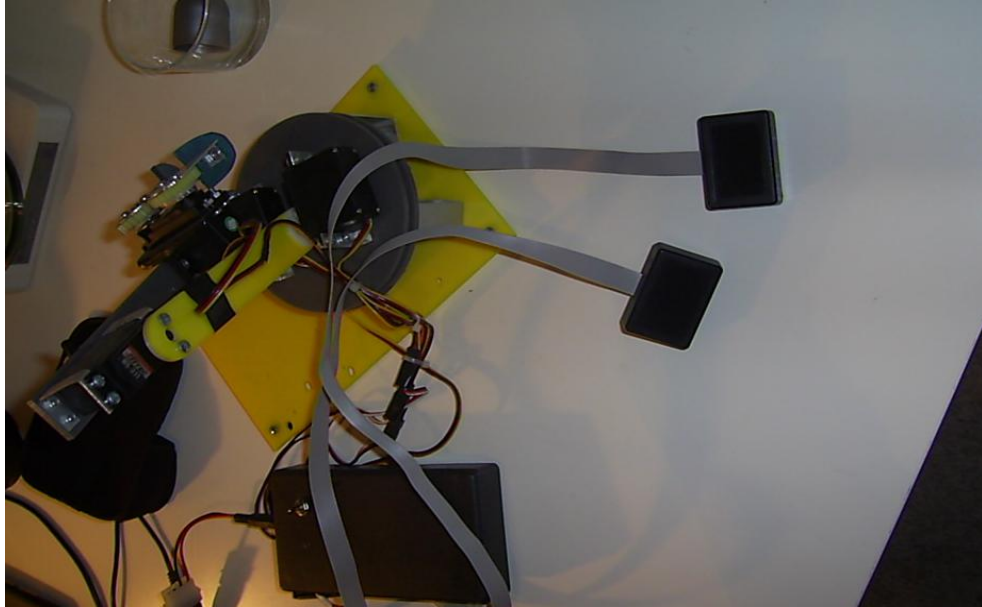
Şekil 6.4 Tutucunun max açık pozisyon durumu



Şekil 6.5 Tutucunun kapalı pozisyon durumu

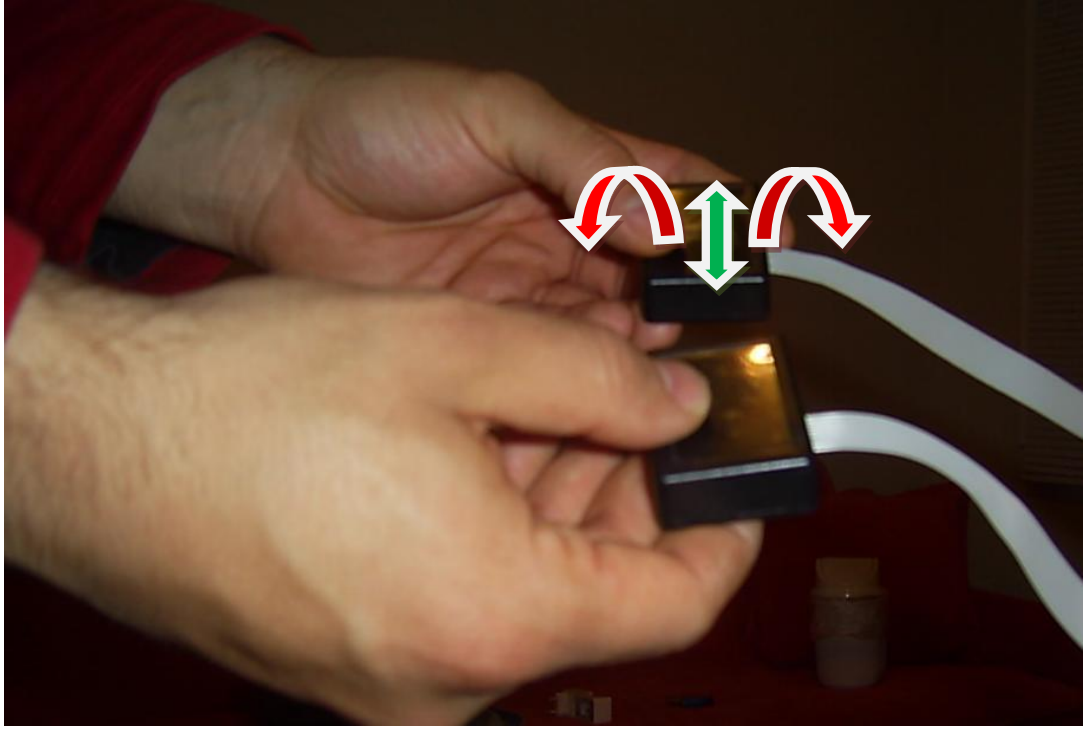
## 6.2 Robot Kolu Similasyon Deneyi

Robot kol simülasyon deneyinde belli bir pozisyonadaki kapak istenilen koordinatlara getirilmiştir. Aşağıda deney ile ilgili fotoğraflar yer almaktadır.

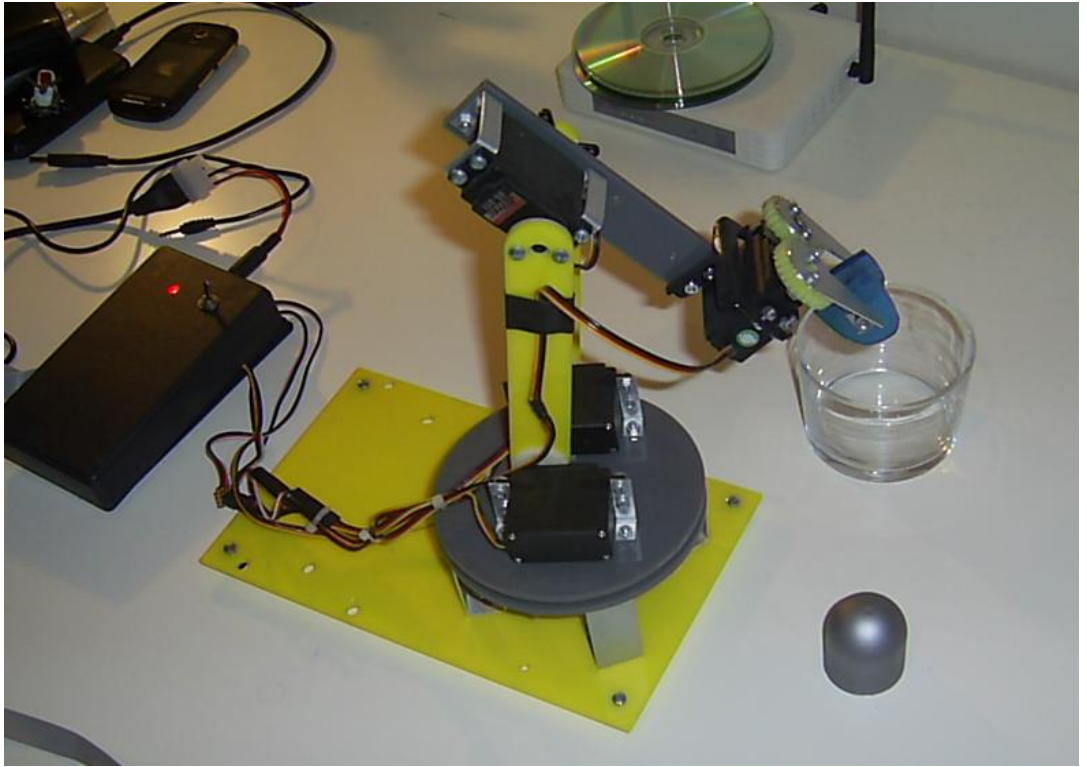


Şekil 6.6 İvme ölçer sensörler

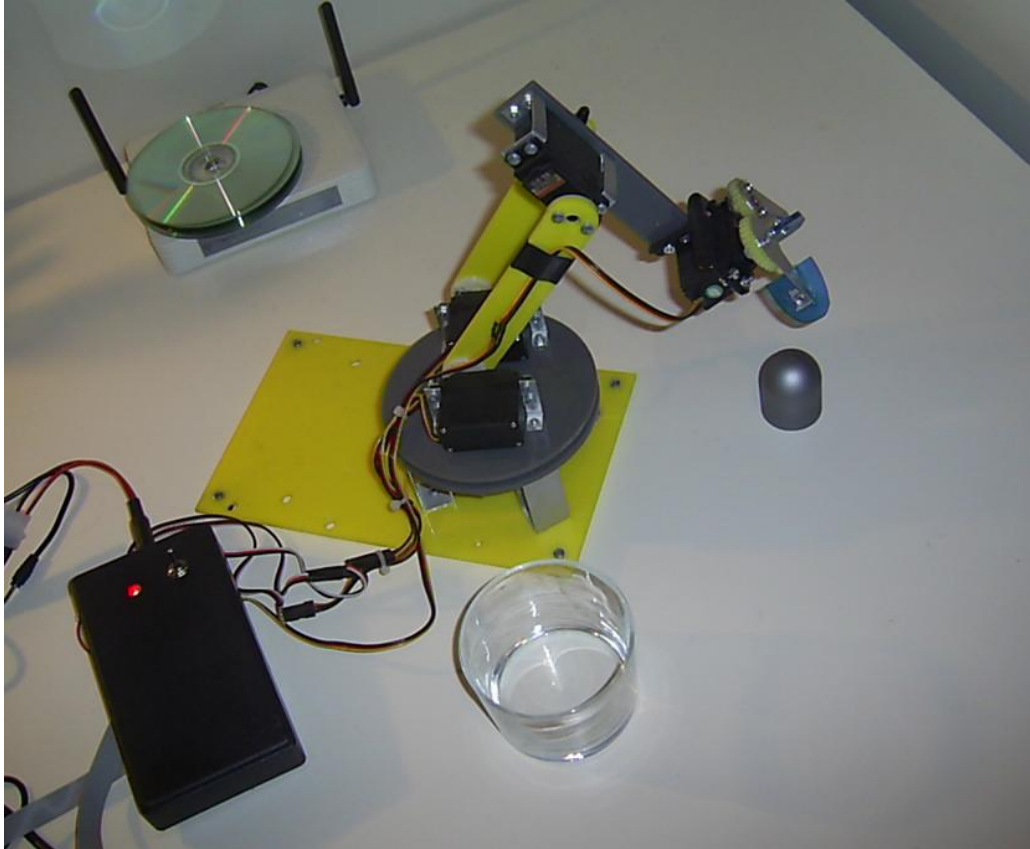




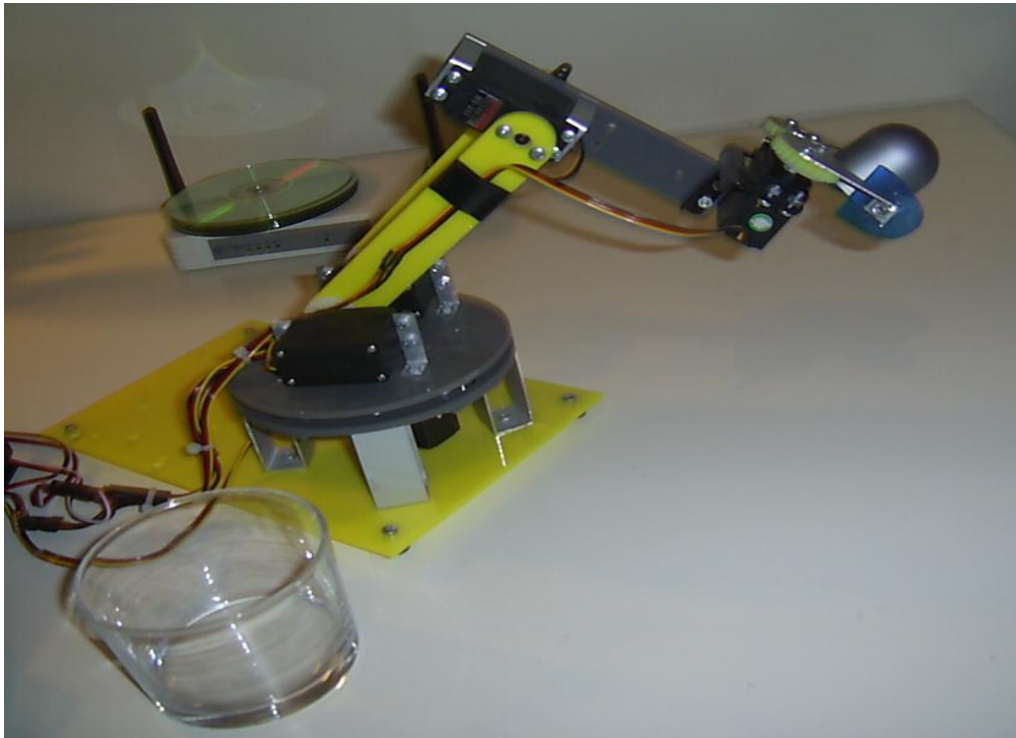
Şekil 6.7 İvme ölçer sensor hareket yönleri



Şekil 6.8 Kapak kaldırma similasyon konum 1

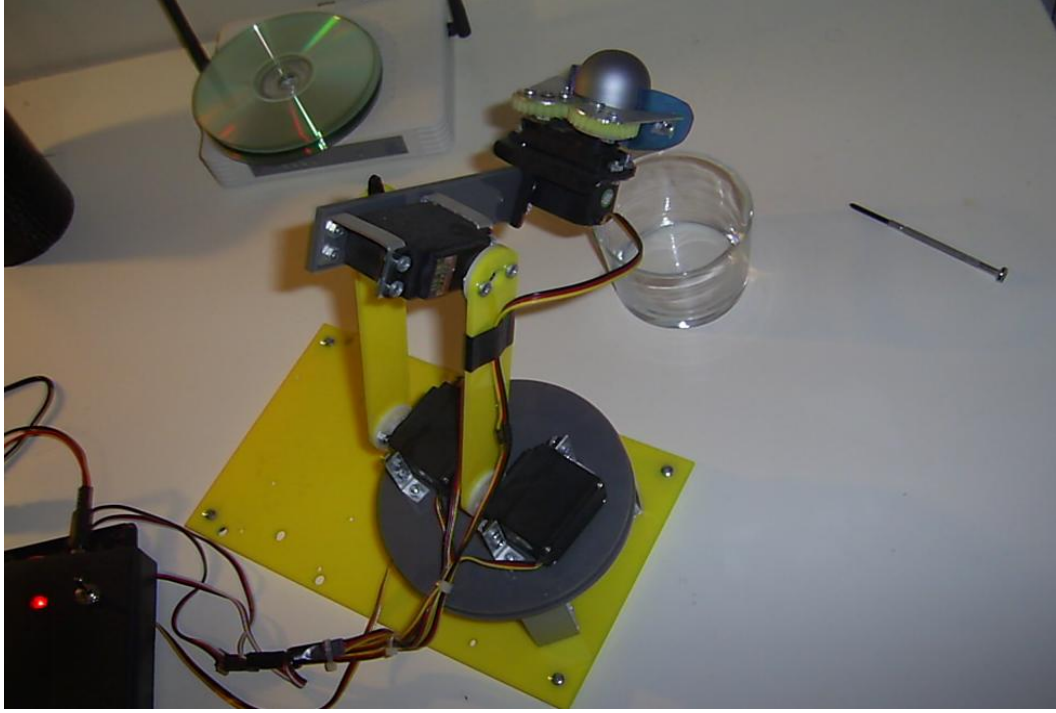


Şekil 6.9 Kapak kaldırma similasyon konum 2

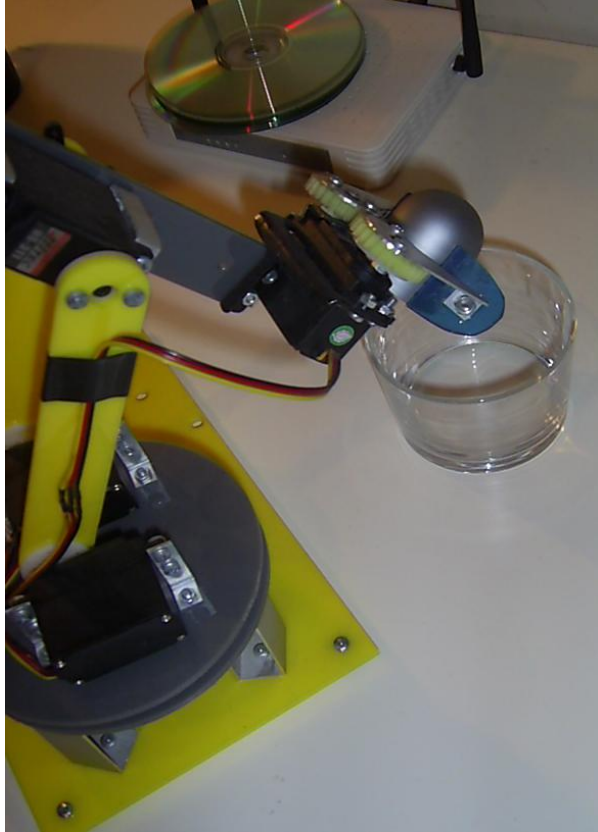


Şekil 6.10 Kapak kaldırma similasyon konum 3

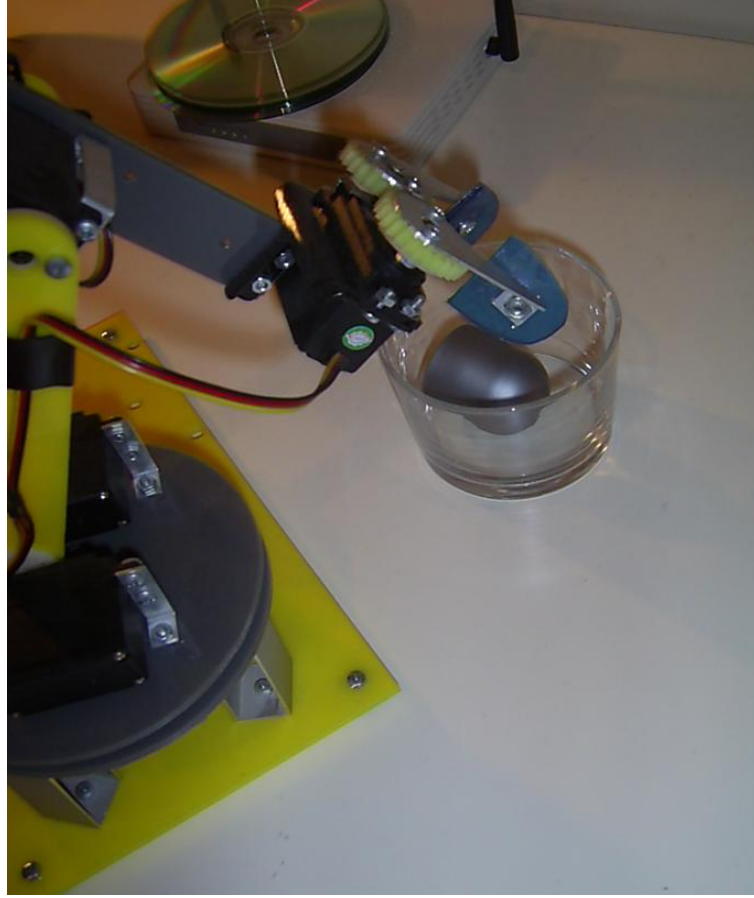




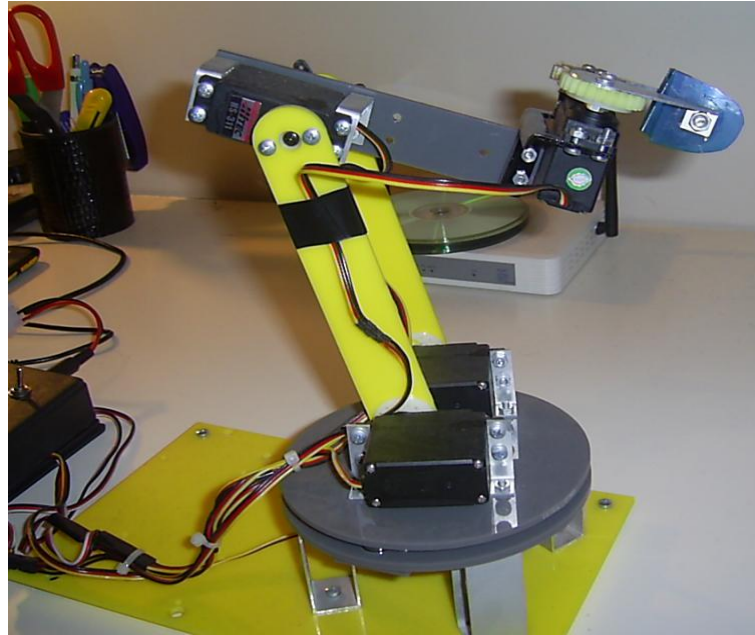
Şekil 6.11 Kapak kaldırma similasyon konum 4



Şekil 6.12 Kapak kaldırma similasyon konum 5



Şekil 6.13 Kapak kaldırma similasyon konum 6



Şekil 6.14 Kapak kaldırma similasyon konum 7, son durum

## BÖLÜM YEDİ

### SONUÇ

#### 7.1 Tezin Amacı

Bu tezin amacı üç eksenli robot kollunun uygun analizler ile hareketsetel karakteristliğinin incelenmesi, tasarımının gerçekleştirilmesi ve mikroişlemci kontrolünde ivme sensörleri vasıtasıyla insan elinin hareket yönüne duyarlı şekilde çalışma düzleminde hareketlerini gerçekleştirebilmesinin sağlanmasıdır. Çalışılan teorik ve algoritmik bilginin gerçek ve simülasyon uygulamalarında kullanılması hedeflenmiştir. Robot kolun pratik çalışma kapsamında gerçek zamanlı ve akıllı uygulamalar için kullanılması amaçlanmıştır.

#### 7.2 Yapılan Çalışmalar

Tez çalışmamızda 4 adet rc servo motora sahip robot kolunun üretim süreçleri takip edilerek tasarımları tamamlanmış, sensörler aracılığı ve kontrol aşamasında kullanılan işlemciye yüklenen kodlarla kontrolü sağlanarak insan elinin duyarlılığına uygun olarak insansı hareketi gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmamızda motor sürücü kart devresi tasarımı, cad programları aracılığıyla birebir başarılı tasarım ve montajların üretilebilmesi için nasıl gerçekleştirebildiği ve servo motorların robot kolu kontrolüne uygunluğuda görülmüştür. Kinematik ve statik tork analizleri ile optimum koşullarda çalışmanın nasıl yapılabildiği üzerine çalışılmış ve uygulamadaki başarısı gözlemlenmiştir. Mukavemet açısından da kuvvetli bir kol ortaya çıkartılmıştır.

Tasarım aşaması tamamlanıp, kinematik analizleri, pozisyon, hız kontrolleri, gerekli hesapları yapılmıştır.

### 7.3 Robot Kolunun Eksileri ve Artıları

Orta sınıf ivmeölçerler ile robot prototibini hareket ettiren düzenek, mümkün olduğu kadar az donanım gerektirecek şekilde yapılmak istenmiştir. Buna rağmen istediğimiz hareketleri ani tepkileri vererek çalışma alanı içerisinde sorunsuz olarak gerçekleştirebilmektedir.

Mekanik aksamda dönen parçaların servo motor aparatlarıyla birbirine bağlanma suretiyle ilişkilendirilmesi, mekanik açıdan uzun kullanımda kolda titreme, salınım yapma gibi beklenmedik durumların oluşmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Bu durumu engellemek için mafsal noktaları özellikle uygun rulman kullanılarak bağlanmalı ve montajı buna göre düzenlenmelidir.

### 7.4 Maliyet

Robot tasarlanırken göz önüne alınması gereken en önemli konulardan biri olan maliyettir. Maliyeti üç boyutlu parça tasarım ve model montajını kusursuz tamamlayıp, tek bir üretimle prototibi ortaya çıkartarak ve gereksiz malzemenin uzaklaşarak, düşürmek mümkün olmaktadır.

Tablo 7.1 Robot Kol Maliyeti

4 Adet Servo Motor	240 TL
1 Tabaka Plexiglass+İşçilik	150 TL
2 Adet Kestamin Düz Dişli	50 TL
2 Adet İvme Sensör	300 TL
1 Adet Elektronik Kart Devresi	200 TL
Yardımcı malzemeler	50 TL
Toplam	990 TL

## 7.5 Robot Kol Üzerinde Geliştirilebilecek Çalışmalar

Robot Kolumuz yüksek yatırım maliyetleriyle imal edilmesi durumunda, insan el hassasiyetinin birebir kopyalayabilecek çalışmalarda kullanım olanağı sağlayabilir ve çalışma uzayı içinde istenilen pozisyona gitme gibi çalışmaların kusursuz yapılabileceğini sağlayabilir.

Yapılabilecek bir başka çalışma, ivme sensörlerinin işlemciye kablosuz bir şekilde bağlanarak internet vasıtasıyla uzak mekanlarda kontrolünün gerçekleştirilmesi olabilir. Oluşturulan prototip gelecekte yapılacak kablosuz uygulama için referans alınabilir. Yaratılacak uygulamalar güvenlik sistemleri ve medical sistemler gibi önem arz eden sektörlerde kullanım olanakları bulabilir.

## KAYNAKLAR

*Akademik*, (b.t). 15 Mart 2012,

<http://www.teknokent.hakkari.gov.tr/academics/plotter>

Altaş Yayıncılık (10 Ocak 2012). *Robot yapım kılavuzu*.

Ayberk, A. (2001). *Visual object recognition and assortment by a robot manipulator*. Yüksek lisans tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Berkay, A., Şeker, M. ve Esin, E. (2003). *Pnömatik robot uygulaması*. Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal kongresi.

Bingül, Z. ve Küçük, S. (2005). *Robot Tekniği I*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Bostan, B. (2004). *Puma 560 robotunun hesaplanmış moment metoduyla kontrolü*. Yüksek lisans tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi.

*CCs-C ile PIC programlama PIC mikro denetleyicileri tanıyalım*, (b.t). 15 Mart 2012,

<http://www.teknobakis.com/ccs-c-ile-pic-programlama-pic-mikro-denetleyicilerini-taniyalim>

Çalışkan, A. (2004). *Mekatronik sistemlerde internet tabanlı kontrol ve kartezyen robot üzerinde bir uygulama*. Yüksek lisans tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi.

Çengelci, B. ve Çimen, H. (2005). Endüstriyel robotlar, makine teknolojileri. *Elektronik Dergisi*.

Daehie, H., & Steven A. (1997). Tethered mobile robot for automating highway maintenance operations. In *Robotics and computer-integrated manufacturing volume* (13) içinde (297-307).

*Endüstriyel robotlar ve uygulama alanları*, (b.t). 10 Şubat 2012,  
[http://www.makinateknik.org/robotik/robot\\_nedir.php](http://www.makinateknik.org/robotik/robot_nedir.php)

Göktaş, S. (11 Temmuz 2010). *PIC basic ile servo motor kontrolü*. 18 Mart 2012,  
<http://www.selimgoktas.com.tr/post/pic-basic-ile-servo-motor-kontrolu.aspx>

Gören, A. (2001) *Remote control of a non-holonomic vehicle via computer*.  
 İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Güven, S. (20 Mart 2012). *Tork nedir?*  
<http://www.antrak.org.tr/gazete/051999/sinan.htm>

Güzel, M. S. (2008). *Altı eksenli robot kolun hareketsel karakteristliğinin görsel programlanması ve gerçek zamanlı uygulamalar*. Yüksek lisans tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi.

Köker, R. (2002) *Üç eklemlili bir robot kolunun görmeye dayalı olarak model tabanlı veri kontrolü*. Doktora tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi.

Mikkelsen, J. (1998). *A machine vision system controlling a lynxarm robot along a path*. South Africa: University of Cape Town

Özsoy, Ö. (25 Mart 2012). *Robot & Elektronik, "Yakın tarihte robotik biliminin gelişimi"*. 10 Nisan 2012,  
<http://www.endtas.com/>

*Robot nedir, robot tarihi*, (b.t). 10 Şubat 2012,  
<http://teknolojivebilim.com/robot/52-robot-nrdirrobot-tarihi-.aspx>

*Robotların sınıflandırılması*, (b.t). 10 Mart 2012,  
<http://www.makinateknik.org/robotik>

*Robotlarda tutucular*, (b.t). 12 Mart 2012,  
<http://www.makinateknik.org/robotik/tutucular>

*Robotların Uygulama Alanları*, (b.t). 13 Mart 2012,  
<http://www.muhendisforum.net/index.php?topic=164.0>

Tiryaki, A. ve Kazan, R. (2005). Scara robot dinamiğinin yapay sinir ağları kullanarak modellenmesi. *Mühendis ve Makine*, 46 (550).

Tokel, Ç. (2009). *Dört eksenli rc servo motor tahrikli bir robot manipulatörü tasarımı ve uygulaması*. Yüksek lisans tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Tonbul, T. ve Sarıtaş M. (2003). Beş eksenli bir edubot robot kolunda ters kinematik hesaplamalar ve yörünge planlaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 145-167.

Yağlı, O. (2005). *Labirent robotu tasarımı ve gerçekleştirilmesi*. Yüksek lisans tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi.

Yarım, M. A. (2004). *Robot control over internet using tcp/ip protocol*. Yüksek lisans tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Yazıcı, Ş., Kılıvan, M. Ertunç, H. ve Erol M. (2003). *Bilgisayar Kontrollü Kartezyen Robot Tasarımı*. Elektrik - Elektronik -Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal kongresi.

Yılmaz, S. (2006). *Bir robot kolu mekanizmasında adım motorlar vasıtasıyla verilen koordinatlara, hareketin gerçekleşmesi*. Yüksek lisans tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi.



Xia, Y. (2001). *Continuous Sliding mode control of a cartesian pneumatic robot*.  
Kingston, Ontario Canada: Queen's University.

## EKLER

Pic 12f675 data sheet'inden alınmıştır

## PIC12F629/675

### 12.1 DC Characteristics: PIC12F629/675-I (Industrial), PIC12F629/675-E (Extended)

DC CHARACTERISTICS			Standard Operating Conditions (unless otherwise stated)				Conditions
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	
D001 D001A D001B D001C D001D	V <sub>DD</sub>	Supply Voltage	2.0 2.2 2.5 3.0 4.5	—	5.5 5.5 5.5 5.5 5.5	V	F <sub>osc</sub> < = 4 MHz: PIC12F629/675 with A/D off PIC12F675 with A/D on, 0°C to +125°C PIC12F675 with A/D on, -40°C to +125°C 4 MHz < F <sub>osc</sub> < = 10 MHz
D002	V <sub>DR</sub>	RAM Data Retention Voltage <sup>(1)</sup>	1.5*	—	—	V	Device in SLEEP mode
D003	V <sub>POR</sub>	V <sub>DD</sub> Start Voltage to ensure internal Power-on Reset signal	—	V <sub>SS</sub>	—	V	See section on Power-on Reset for details
D004	S <sub>VDD</sub>	V <sub>DD</sub> Rise Rate to ensure internal Power-on Reset signal	0.05*	—	—	V/ms	See section on Power-on Reset for details
D005	V <sub>BOD</sub>		—	2.1	—	V	

\* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5.0V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

**Note 1:** This is the limit to which V<sub>DD</sub> can be lowered in SLEEP mode without losing RAM data.

## 12.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

### Absolute Maximum Ratings†

Ambient temperature under bias	-40 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on V <sub>DD</sub> with respect to V <sub>SS</sub>	-0.3 to +6.5V
Voltage on MCLR with respect to V <sub>SS</sub>	-0.3 to +13.5V
Voltage on all other pins with respect to V <sub>SS</sub>	-0.3V to (V <sub>DD</sub> + 0.3V)
Total power dissipation <sup>(1)</sup>	800 mW
Maximum current out of V <sub>SS</sub> pin	300 mA
Maximum current into V <sub>DD</sub> pin	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > V <sub>DD</sub> )	± 20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > V <sub>DD</sub> )	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by all GPIO	125 mA
Maximum current sourced all GPIO	125 mA

**Note 1:** Power dissipation is calculated as follows: P<sub>DISS</sub> = V<sub>DD</sub> x {I<sub>DD</sub> - ∑ I<sub>OH</sub>} + ∑ {(V<sub>DD</sub>-V<sub>OH</sub>) x I<sub>OH</sub>} + ∑ (V<sub>OL</sub> x I<sub>OL</sub>).

† **NOTICE:** Stresses above those listed under 'Absolute Maximum Ratings' may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**Note:** Voltage spikes below V<sub>SS</sub> at the MCLR pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latchup. Thus, a series resistor of 50-100 Ω should be used when applying a "low" level to the MCLR pin, rather than pulling this pin directly to V<sub>SS</sub>.

MMA7361L Data sheet'inden alınmıştır.

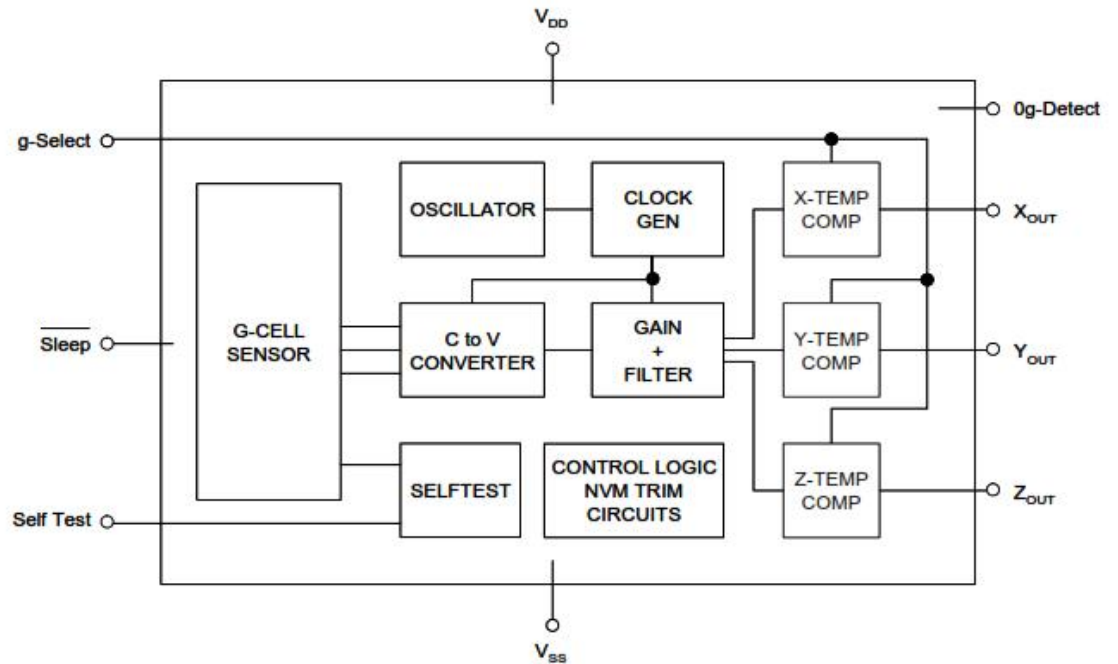
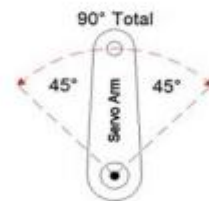


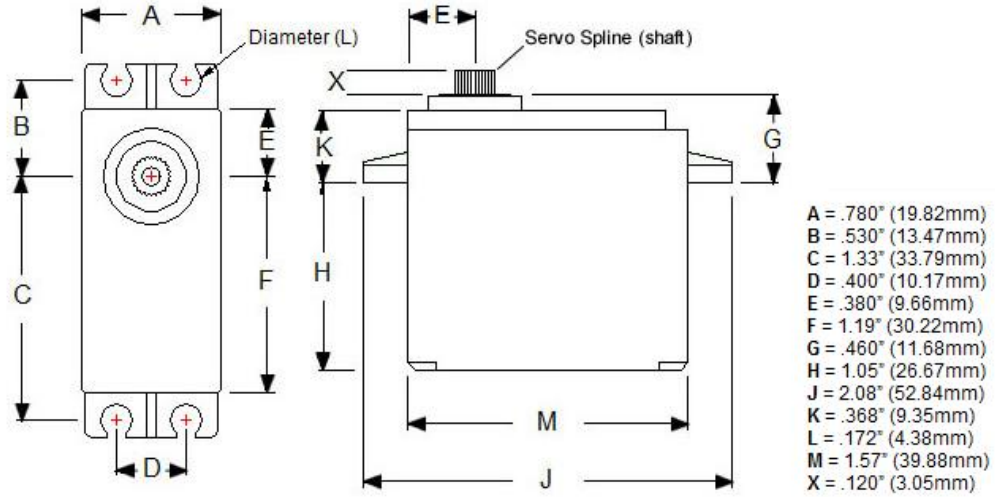
Figure 2. Simplified Accelerometer Functional Block Diagram

### Hitec HS311 Servo motor

#### Detailed Specifications

**Control System:** +Pulse Width Control 1500usec Neutral  
**Required Pulse:** 3-5 Volt Peak to Peak Square Wave  
**Operating Voltage:** 4.8-6.0 Volts  
**Operating Temperature Range:** -20 to +60 Degree C  
**Operating Speed (4.8V):** 0.19sec/60° at no load  
**Operating Speed (6.0V):** 0.15sec/60° at no load  
**Stall Torque (4.8V):** 42 oz/in (3.0 kg/cm)  
**Stall Torque (6.0V):** 49 oz/in (4.5 kg/cm)  
**Current Drain (4.8V):** 7.4mA/idle, 160mA no load operating  
**Current Drain (6.0V):** 7.7mA/idle, 180mA no load operating  
**Dead Band Width:** 5usec  
**Operating Angle:** 40° one side pulse traveling 400usec  
**Direction:** Clockwise/Pulse Traveling 1500 to 1900usec  
**Motor Type:** Cored Metal Brush  
**Potentiometer Drive:** 4 Slider/Direct Drive  
**Bearing Type:** Top/Resin Bushing  
**Gear Type:** Nylon  
**360 Modifiable:** [Yes](#)  
**Connector Wire Length:** 11.81" (300mm)  
**Weight:** 1.52oz (43g)





### PIC Kontrol Yazılımı

- Yazan: Orhan Efe ALP
- Amaç : Program 3 eksenli robot kolunun ivme ölçer sensörlerden alınan komutlarla 4 adet Pic12f675 in insanın el hareketlerini anlayarak gereken döndürme, öteleme, tut bırak işlemlerini yaptırmak için servoların kontrolünü sağlama işidir.

```

@ DEVICE PIC12F67 `kullanılan mikrodenetleyici
@ DEVICE PIC12F675, WDT_OFF
@ DEVICE PIC12F675, PWRT_OFF
@ DEVICE PIC12F675, PROTECT_ON
@ DEVICE PIC12F675, BOD_OFF
@ DEVICE PIC12F675, MCLR_OFF
@ DEVICE PIC12F675, INTRC_OSC_NOCLKOUT

GPIO=%000010000

DEFINE ADC_BITS 10 '10 bit analog okuma çözünürlüğü
DEFINE ADC_CLOCK 3
DEFINE ADC_SAMPLEUS 1200 'adc örnekleme zamanı
ADCON0=%10001101'adc tanımlama
ANSEL=1
CLEAR
HIGHDELAY VAR WORD bank0 system 'değişkenler
LOWDELAY VAR WORD bank0 system

```

```

REAL      VAR WORD bank0 system      '
total     var word bank0 system      '
    total1  var word bank0 system    '
    total2  var word bank0 system    '
    total3  var word bank0 system    '
    total4  var word bank0 system    '
    total5  var word bank0 system    '
    total6  var word bank0 system    '
    total7  var word bank0 system    '
    total8  var word bank0 system    '
    total9  var word bank0 system    '
    total10 var word bank0 system    '
    total11 var word bank0 system    '
    total12 var word bank0 system    '
    total13 var word bank0 system    '
    total14 var word bank0 system    '
    total15 var word bank0 system    '
    hasram  var word bank0 system    '

    SYMBOL SERVO=GPIO.2      'servonun bağlı olduğu pin
    isimlendirildi.

CNTRL:  'cntrl döngüsü

    ADCIN 3,REAL      '3. analog bacağından veriyi
    oku ve real değişkenine yaz
    total      = real + real      'real değişkeni ile real
    değişkenini oku ve total e yaz
    adcin 3,real      '3. analog bacağından veriyi
    oku ve real değişkenine yaz
    total1     = total + real      'total değişkeni ile real
    değişkenini topla total1 değişkenine yaz
    adcin 3,real      '3. analog bacağından veriyi
    oku ve real değişkenine yaz
    total2     = total1 + real      'total1 değişkeni ile real
    değişkenini topla total2 değişkenine yaz
    adcin 3,real      '3. analog bacağından veriyi
    oku ve real değişkenine yaz
    total3     = total2 + real      'total2 değişkeni ile real
    değişkenini topla total3 değişkenine yaz
    adcin 3,real      '3. analog bacağından veriyi
    oku ve real değişkenine yaz
    total4     = total3 + real      '
    adcin 3,real      '
    total5     = total4 + real      '
    adcin 3,real      '
    total6     = total5 + real      '
    adcin 3,real      '

```

```

total7  = total6 + real      '
      adcin 3,real          '
total8  = total7 + real      '
      adcin 3,real          '
total9  = total8 + real      '
      adcin 3,real          '
total10 = total9 + real      '
      adcin 3,real          '
total11 = total10 + real     '
      adcin 3,real          '
total12 = total11 + real     '
      adcin 3,real          '
total13 = total12 + real     '
      adcin 3,real          '
total14 = total13 + real     '
      adcin 3,real          '
total15 = total14 + real     '

      hasram = total15 / 16      'total15 değişkenini
16 ya böl hasram değişkenine yaz
      HIGHDELAY = hasram * 4      'hasram değişkenini 4
ile çarp highdelay değişkenine yaz
      LOWDELAY = 20000 - HIGHDELAY '20000 den highdelay
değişkenini çıkar low delaya yaz

      'giriş analog değerini çıkış pwm sinyaline çevirmek
      için burada matematik işlemleri yapıldı

      HIGH      servo          'servo pinini high'a çek
      PAUSEUS HIGHDELAY        'highdelay kadar bekle
      LOW       servo          'servo pinini low'a çek
      PAUSEUS LOWDELAY         'lowdelay kadar bekle

      IF highdelay>2500 THEN HIGHDELAY=2500      ' eğer highdelay
      2500 den büyükse 2500'e sabitle
      IF HIGHDELAY<500 THEN HIGHDELAY=500        ' eğer lowdelay
      500 den küçükse 500 e sabitle

      GOTO CNTRL      'cntrl döngüsüne geri dön
      END             'program sonu

```