

**İNSANSIZ HAREKET EDEBİLEN OTOMATİK  
DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMİ  
EĞİTİM SETİ TASARIM VE İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fehime Şeyma ÖZTÜRK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat, 2014

Bu tez çalışması 12.Fen.Bil.22 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İNSANSIZ HAREKET EDEBİLEN OTOMATİK DEPOLAMA VE  
BOŞALTMA SİSTEMİ EĞİTİM SETİ TASARIM VE İMALATI**

**Fehime Şeyma ÖZTÜRK**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Şubat, 2014**

## TEZ ONAY SAYFASI

Fehime Şeyma ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “İnsansız hareket edebilen otomatik depolama ve boşaltma sistemi eğitim seti tasarım ve imalatı” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 06/02/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

<b>Başkan</b>	: Prof. Dr. Kubilay ALANTAŞ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	İmza
<b>Üye</b>	: Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi	İmza
<b>Üye</b>	: Yrd. Doç. Dr. Barış GÖKÇE Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım  
bu tez çalışmasında;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**06/02/2014**  
**Fehime Şeyma ÖZTÜRK**

**ÖZET**  
Yüksek Lisans Tezi

**İNSANSIZ HAREKET EDEBİLEN OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA  
SİSTEMİ EĞİTİM SETİ TASARIM VE İMALATI**

Fehime Şeyma ÖZTÜRK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

Sanayi ve Endüstrinin hızla gelişmesi ile birlikte üretilen ürünün depolanması, istenildiğinde depodan tekrar geri alınması ve stok takibi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada serbest hareket edebilen kablosuz kontrol sistemi, esnek ve kolay değiştirilebilir güzergah sistemi ile malzemelerin hassas, doğru ve hızlı bir şekilde taşınmasını, depolanmasını içeren bir model tasarımı planlanmaktadır. Yapılacak olan bu çalışmayla sistem, nesneyi (palet, sepet, koli vb.) üzerine entegre edilen kamera ile algılayıp görüntü işleme metoduyla tanıyacaktır. Nesnenin bulunduğu konumdan, tanımlı olan konuma taşıma işlemi yapılacaktır. Aynı zamanda bu sistem, bilgisayar ortamında kablosuz kontrol sistemleri ile uzaktan kontrol edilecektir. Böylelikle, sistemi kontrol eden personel dışında, herhangi bir personele ihtiyaç duyulmadan, tam otomatik, gereksinimlere uygun ve hızlı bir şekilde operasyonların gerçekleştiği depolama işlemleri yapılacaktır. Prototipi yapılacak olan sistem mekatronik eğitimi için, örnek bir model olacak ve üniversitemiz bünyesinde daha sonra yapılacak olan robotik projelere bir basamak oluşturacaktır.

**2013, xi+ 78 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Serbest Hareket, Kablosuz Kontrol Sistemi, Depolama ve Boşaltma Sistemleri, Mekatronik Tasarım.

## **ABSTRACT**

M.Sc Thesis

### **DESİNG AND PRODUCTION OF EDUCATION SYSTEM OF AUTOMATIC STORAGE SYSTEM MOVABLE UNMANNED**

Fehime Şeyma ÖZTÜRK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Asist. Prof. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

Storage of the product produced in conjunction with the rapid development of the industry taking back from the warehouse on demand and inventory tracking is of great importance.

In this study, a wireless control system capable of moving freely and easily changeableroute system with a flexible material, precise and rapid transportation, storage is planned to design. System which will be held in this work, detects and recognizes the object (pallets, baskets, parcels, etc.). with using a camera integrated image processing method. Transport operations will be performed from the first position of the object to the defined location of the object. On the other hand this system is going to be controlled via wireless control system remotely. Thus, there is no need to personnel resource without a person who manages the system. Storage processes is going to be done by fully automated systems which are pretty rapid and compatible for work and needs. Which will be the prototype of this system will be an exemplary model for the education of mechatronics and robotics projects which will be held later at the universities will create a step.

**2013, xi + 78 pages**

**Key Words:** Free movement, wireless control system, storage and offloading, mechatronic design.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Yaşar nder ÖZGÖREN 'e, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Barış GÖKÇE ile Sayın Güray SONUGR 'e, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma, Ak robot kulübü başkanı Ahmet Yasin CİVAN 'a ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı başta babam Halil ÖZTÜRK olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Fehime Şeyma ÖZTÜRK  
AFYONKARAHİSAR, 2014

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	ivii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....	4
2.1 Robot Tarihçesi ve Tanımı.....	4
2.2 Endüstriyel Robotlar.....	5
2.2.1 Koordinat Sistemine Göre Sınıflandırma.....	6
2.3.1.1 Kartezyen Koordinatlı Robot.....	6
2.2.1.2 Silindirik Koordinatlı Robot.....	7
2.2.1.3 Küresel Koordinatlı Robot.....	7
2.2.1.4 Mafsallı Kol Konfigürasyonlu Robot.....	8
2.2.1.5 SCARA Konfigürasyonlu Robot.....	9
2.2.2 Teknoloji Seviyesine Göre Sınıflandırma.....	9
2.2.2.1 Düşük Teknolojili Robotlar.....	9
2.2.2.2 Orta Teknoloji Seviyesindeki Robotlar.....	10
2.2.2.3 Yüksek Teknolojiye Sahip Robotlar.....	10
2.3 Akıllı Depo Sistemleri .....	10
2.4 Gezgin Robot Çalışmaları.....	11
2.4.1 Yürüyen Kamyon .....	11



2.4.2 Robot Shakey.....	12
2.4.3 Dante 2.....	13
2.4.4 Sojourner .....	13
2.4.5 Merx(Mini Sumo).....	14
2.5 Önceki Çalışmalar .....	14
3. MATERYAL ve METOT .....	21
3.1 Materyaller.....	21
3.1.1 X Düzlemindeki Hareketli Sistem.....	21
3.1.2 Step Motorlar.....	22
3.1.2.1 Değişken Relüktanslı (DR) Step Motorlar .....	24
3.1.2.2 Sabit Mıknatıslı (SM) Step Motorlar.....	24
3.1.2.3 Hybrid (Karışık Yapılı) Step Motorlar .....	25
3.1.3 Step Motorlarına Ait Önemli Parametreler .....	26
3.1.3.1 Tek Adım Tepkisi (Cevap Süresi).....	26
3.1.3.2 Doğruluk (Atep Angle Accuracy) .....	27
3.1.3.3 Step Motorun Moment Parametreleri.....	27
3.1.4 Step Motorların Denetimi.....	30
3.1.4.1 Açık Döngülü Denetim.....	30
3.1.4.2 Kapalı Döngülü Denetim .....	31
3.1.5 Step Motorun Bağlantısı ve Yataklanması .....	32
3.1.6 Step Motor Sürücü Devresi .....	33
3.1.7 Taşıyıcı Plaka.....	34
3.1.8 Step Motor Seçimi İçin Hesaplamalar.....	35
3.1.9 X Ekseni İçin Hesaplamalar.....	37
3.1.10 Alt Şase Sistemi.....	39
3.1.10.1 DC Motor .....	42

3.1.10.2 Rover 5 DC Motor Sürücü Kartı .....	43
3.1.11 Sensörler .....	45
3.1.12 İnsansız Hareket Edebilen Sistemlerde Dikkat Edilecek Hususlar .....	46
3.1.12.1 Çalışma Hacmi .....	46
3.1.12.2 Tekrarlanabilirlik .....	46
3.1.12.3 Yük Taşıma Kabiliyeti ve Hız .....	46
3.1.12.4 Kontrol Ünitesi .....	46
3.1.13 Güç Kaynağı (Batarya) .....	47
3.2 Metod .....	47
3.2.1 Sistemin Çalışma Prensibi .....	47
3.2.2 Çizgi Takip Etme Sistemi .....	48
3.2.3 Yazılım (Arduino) .....	49
3.2.3.1 Shield - Wireless Shield (Arduino XBee Shield) .....	50
3.2.3.2 Kablosuz İletişim Modülü .....	50
3.2.3.3 XBee Explorer USB .....	51
3.2.4 Mekanik Sistemin Kurulması .....	51
3.2.5 Hareket Bilgisinin Oluşturulması .....	52
4. BULGULAR .....	53
4.1 Uygulama Adımları .....	53
5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....	59
6. KAYNAKLAR .....	61
ÖZGEÇMİŞ .....	64
EKLER .....	65

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

Kg	Kilogram
Mm	Milimetre
Km	Kilometre
Tm	Moment
F	Kuvvet
r	Yarıçap
L	Uzunluk
M	Kütle
$\mu$	Kayma yüzeyleri sürtünme katsayısı
$\eta$	Verim
$\Delta t$	Çözünürlük
S	Pozisyonlama periyodu
$\Theta_s$	Gerekli çözünürlük
s	Saniye
Hz	Hertz
N	Newton
E	Elastisite Modülü
I	Atalet Momenti
$\delta$	Kesme Gerilmesi
V	Voltamper
mA	Miliamper
NiMH	Nikel Metal Hidrat
Mhz	MegaHertz

### Kısaltmalar

---

ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
CNC	Bilgisayar Sayımlı Kontrol
SCARA	Selective Compliant Assembly Robot Arm
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
AS/RS	Otomatik Stoklama ve Geri Alma Sistemleri
S/R	Yükleme/Boşaltma
SCADA	Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi
MDF	Orta Yoğunluktaki Fiber (Ahşap) Levha
DR	Değişken Relüktanslı
SM	Sabit Mıknatıslı
LED	Işık Yayan Diyot
USB	Evrensel Seri Veriyolu

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Kartezyen koordinat sistemi (Özyalçın 2006).....	2
Şekil 2.1 Robot ve çalışma alanı (Akpınar 2008).....	4
Şekil 2.2 Kartezyen koordinatlı robotlar (Yabanova 2007).....	7
Şekil 2.3 Silindirik koordinatlı robotlar (Yabanova 2007).....	7
Şekil 2.4 Küresel koordinatlı robotlar (Bayrak 2007). ....	8
Şekil 2.5 Mafsallı kol konfigürasyonlu robotlar( Bayrak 2007). ....	8
Şekil 2.6 SCARA tip robotlar (Bayrak 2007). ....	9
Şekil. 2.7 ASRS Robotu (İnt.Kyn.5).....	10
Şekil 2.8 Depolanan Ürünler (İnt.Kyn.5).....	11
Şekil 2.9 Yürüyen Kamyon (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).....	12
Şekil 2.10 Shakey (Yorulmaz ve Yılmaz 2007). ....	12
Şekil 2.11 Dante-2 (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).....	13
Şekil 2.12 Sojourner (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).....	14
Şekil 2.13 Merx (Yorulmaz ve Yılmaz 2007). ....	14
Şekil 2.14 Robot montajı (Akpınar 2008).....	15
Şekil 2.15 Sisteme ait mekanik yapı (Akpınar 2008).....	15
Şekil 2.16 3 eksenli masaüstü CNC router tasarımı (Uyanık ve arkadaşları 2011).....	16
Şekil 2.17 Tasarlanan robot kol ve kontrol paneli (Yılmaz 2007).....	17

Şekil 2.18 Kartezyen robot tasarımı (Özyalçın 2006) .....	18
Şekil 2.19 Robot kolu uygulama platformu (Çiçek 2006) .....	19
Şekil 2.20 Kartezyen AS/RS istasyonu (Yabanova 2007) .....	20
Şekil 3.1. Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin blok yapısı .....	21
Şekil 3.2. X düzlemindeki Plaka Modeli .....	22
Şekil 3.3 DR step motorun kesit görünüşü (Yılmaz 2007). .....	24
Şekil 3.4 4 fazlı SM step motorun kesit görünüşü (Yılmaz 2007).....	25
Şekil 3.5 Hybrid step motorun yapısı (Morse 1994).....	26
Şekil 3.6 Step motorun tek adım tepki grafiği (Yılmaz 2007).....	26
Şekil 3.7 Dönme momenti (tork) (Yılmaz 2007).....	28
Şekil 3.8 Tutma momentinin ölçülmesi (Yılmaz 2007).....	28
Şekil 3.9 Sürekli rejimde ve kalkışta maksimum yük momenti/hız ergileri (Yılmaz 2007).....	30
Şekil 3.10 Step motorun açık döngülü denetim şeması (Yılmaz 2007).....	30
Şekil 3.11 Step motorun kapalı döngülü denetim şeması (Yılmaz 2007).....	31
Şekil 3.12 Tasarımda kullanılan step motor.....	32
Şekil 3.13 Sonsuz vidalı milin bağlantı modeli .....	32
Şekil 3.14 X düzleminde hareketi sağlayan elemanların montajı .....	33
Şekil 3.15 Sürücü devre kartı.....	34
Şekil 3.16 Taşıyıcı Plaka.....	34
Şekil 3.17 Depolama sisteminin hareketini sağlayan yatak sistemi modeli .....	35
Şekil 3.18 Mile Etki Eden Kuvvet ve Momentlerin Gösterimi .....	37

<b>Şekil 3.19</b> Milin Önden Görünüşü Kesme Gerilmesi ve Moment (Uyanık ve Arkadaşları 2011).....	38
<b>Şekil 3.20</b> Plakaların Montaj Modeli.....	40
<b>Şekil 3.21</b> Tekerleğin görünüşü.....	40
<b>Şekil 3.22</b> Alt Şase.....	41
<b>Şekil 3.23</b> Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin tasarımı.....	41
<b>Şekil 3.24</b> DC motor (İnt.Kyn.6).....	42
<b>Şekil 3.25</b> Şematik Atlama gösterimi.....	43
<b>Şekil 3.26</b> Rover 5 Motor Sürücü Kartı (İnt.Kyn.7).....	44
<b>Şekil 3.27</b> Sürücü Kartı.....	44
<b>Şekil 3.28</b> Çizgi Sensör Kiti (İnt.Kyn.8).....	45
<b>Şekil 3.29</b> Li-Po Batarya (İnt.Kyn.9).....	47
<b>Şekil 3.30</b> Sistem Şeması.....	48
<b>Şekil 3.31</b> Çizgi takip sistemine ait şematik devre.....	48
<b>Şekil 3.32</b> Arduino Mega 2560 R3 (İnt.Kyn.10).....	49
<b>Şekil 3.33</b> Shield - Wireless Shield (İnt.Kyn.11).....	50
<b>Şekil 3.34</b> Kablosuz (wireless) iletişim modülü (İnt.Kyn.12).....	50
<b>Şekil 3.35</b> XBee Explorer USB (İnt.Kyn.13).....	51
<b>Şekil 3.36</b> İnsansız Hareket Edebilen Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistem Eğitim Seti.....	52
<b>Şekil 4.1</b> İlerleme Esnasında Robot Bağlantı Ara Yüzünden Alınan Değerler.....	56
<b>Şekil 4.2</b> Mesafe Kontrolü.....	57

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 2.1</b> Robot Çalışma Alanı Tanımları (Akpınar 2008). .....	5
<b>Çizelge 3.1</b> Seçilen Step Motora Ait Özellikler .....	35
<b>Çizelge 4.1</b> Çıkış Pinlerinin Gösterimi .....	53
<b>Çizelge 4.2</b> Karakterlerin Belirienmesi .....	55
<b>Çizelge 4.3</b> Ses ve Hız Değerleri.....	55
<b>Çizelge 4.4</b> Sistem İle Raf Arasındaki Mesafe Ölçümü.....	57

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesiyle; yüksek maliyet ve iş gücünün yerine, amaca uygun akıllı makinelerin tasarımı önem kazanmıştır. Gelişmiş ülkelerde otomasyon ve robotların kullanımının yaygınlaşmasıyla, bu alana yönelik çalışmalar büyümeye başlamıştır. Otomasyon ile görüntü işleme ve robotların birleştirilmesi sonucunda istenilen alana yönelik sistemler geliştirilebilmektedir (Akpınar 2008).

Gelişen teknolojiyle birlikte, insanların ihtiyaçları doğrultusunda robotlar tasarlanmıştır. İlk yıllarda bu tasarımlar hayali olarak gerçekleşmiştir. Daha sonra eğlence amaçlı kullanılması düşünülse de günümüz teknolojisinin, endüstrinin temel taşı olmuştur.

Robotların bu özellikleri şöyle sıralanabilir:

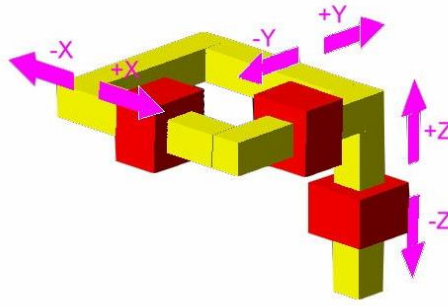
- Programlanabilme
- Çevreyi algılama ve tanımlama
- Fiziksel çevreyle temas
- Esneklik
- Karar verebilme yeteneği (İnt.Kyn.1).

Son yıllarda endüstrinin gelişmesi ile beraber fabrikalardaki depo alanlarının git gide daralması, kullanılan taşıma araçlarının kabiliyetinin artırılması lüzumunu doğurmuştur. Kullanılan taşıma araçlarının başında yer alan forklift bu alanda üstüne en çok düşünülen ve çalışılan olmaktadır. Bahsedildiği gibi fabrika depolarında en ufak alanın dahi işletmeler için önemi büyüktür ve şuan kullanılan forkliftler manevra kabiliyeti olarak oldukça yüksek olmasına rağmen yine de bu hareketler sırasında oldukça büyük bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanı en aza indirgeme düşüncesinden yola çıkılarak oluşturulan fikirde ve bunu takip eden araştırmalarda bir forklifti en az alanda en çok manevra kabiliyetinin nasıl verilebileceği bulunmuştur (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).

Bu sistemle, yüksek ve dar koridorlu depolama alanları oluşturularak kapasitelerin artırılması yönünde etkili olunacaktır. Kapasitenin yükseklikle doğru oranda artmasıyla birlikte standart yüksekliklerin dışında, operatörsüz ve risk olmadan depolama ve boşaltma yapılabilecektir (İnt.Kyn.2).



Robot kolunun yetişebileceği toplam alana, çalışma alanı denilmektedir. Koordinat sistemlerine göre robotların sınıflandırılması robotların hareketlerini esas alan koordinat sistemi yapısına göre gerçekleştirilir. Kartezyen robotlarda X, Y ve Z koordinat düzlemi şeklinde birbirine dik olan üç eksende hareket sağlanmaktadır. Kartezyen koordinat sistemindeki bütün kolların hareketleri birbirlerine dik açılı gelecek şekilde konumlanmıştır. Bu durum hareketleri kısıtlamaktadır. Mekanik yönden sağlam olmalarına karşın çalışma uzayındaki hareket etme kabiliyetleri zayıftır (Şekil 1.1). Bu robot kolu büyük boyut ve ağırlıklara sahip malzemeleri hareket ettirmek ve taşımak için uygundur (Özyalçın 2006).



**Şekil 1.1** Kartezyen koordinat sistemi

Bu çalışmada hem depolama sorunlarının çözümüne yönelik hem de mekatronik eğitime katkı sağlayan bir robot tasarımı yapılacaktır. Ayrıca depolama sisteminde robotu konumlandıran bir yazılım geliştirilecektir. Makinelerin, robotların ve belirli işlevleri yerine getiren tüm mekanizmaların akıllı bir şekilde istenilen işleri yerine getirebilmeleri mekatronik sistem bileşenlerinin oluşturulması ile sağlanabilir. Bu çalışmada aracın denetimi Arduino ile gerçekleştirilecektir. Sistem ile Arduino arasındaki bağlantı, kablosuz olarak kontrol edilecektir. Sistem zeminde belirlenen bir çizgiyi, renk sensörleriyle algılayıp, o çizgi üzerinde öteleme, sağa sola dönme hareketi, y düzleminde düşey hareketle yükselme, z düzleminde de parçayı tutup istenen depoya koyma hareketleri yapacaktır. Hareketler için ayrı ayrı elektronik devre kullanılmadan, Arduino ile programlar oluşturularak denetimi kolayca sağlanacaktır.

Mekatronik eğitiminde laboratuvar ve uygulamalı dersler, uygulama olmadan ders konularının anlaşılır olmasını zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda gerçeğe yakın eğitim

araçlarının laboratuvar ortamında yapılabilmesi ve kullanılabilmesi gerekmektedir. Nihai amacı gerçek olan sistemin portatifi, öğrencilerin eğitimdeki anlayışını da geliştirecektir. Çünkü sistem geliştirilmeye ve genişletilmeye uygun bir yapıdadır. Bu pilot çalışma sadece robot uygulaması olmayıp; mekatronik eğitimde kullanılacak bir laboratuvar ortamının oluşmasına da zemin olacaktır.

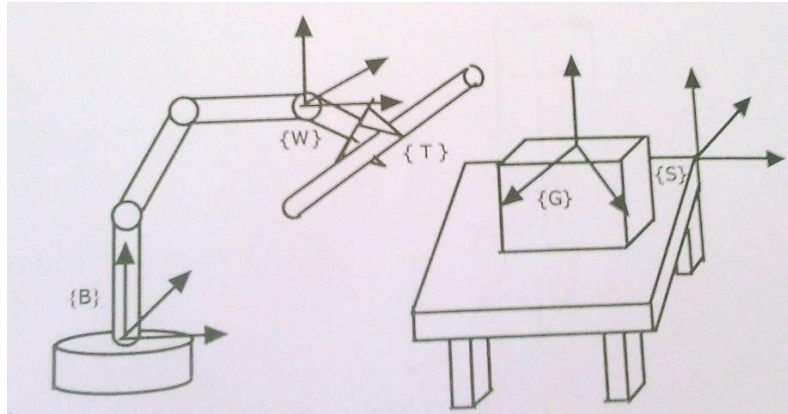
## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

### 2.1 Robot Tarihi ve Tanımı

“Robotik” kelimesi ilk olarak 1941 yılında, bilimkurgu yazarı Isaac Asimov tarafından kullanıldı ve Asimov bu bilimin ileride daha fazla gelişeceğini ve güçlü bir robot endüstrisinin doğacağını öngörüsünde bulundu. Yakın zamanda, endüstride robotların yaygın bir şekilde kullanılması ile “Robot Devrimi”, “Robot Çağı” vs gibi kavramlar günlük hayatımıza girmeye başladı. Günümüzde “Robotik” kelimesi, robotlarla ilgili her türlü teknolojiyi içine almak ve tanımlamak üzere kullanılan ve dünyaca kabul gören bir kelime haline gelmiş bulunuyor (İnt.Kyn.3).

Endüstriyel robot, Robotik Endüstrileri Birliği tarafından, “çeşitli işlerin gerçekleştirilmesi için malzemelerin, parçaların ve özel aygıtların programlanmış hareket ettiriciler aracılığıyla taşınması için tasarlanmış, yeniden programlanabilen çok fonksiyonlu araç” olarak tanımlanmıştır (Akpınar 2008).

Robot ve robotun çalışma alanındaki nesnelere genel isimler verilir. Şekil 2.1 'de bir robot ve çalışma alanındaki nesnelere görülmektedir. Çizelge 2.1'de ise robot çalışma alanına ait tanımlar yer almaktadır (Akpınar 2008).



Şekil 2.1 Robot ve çalışma alanı

**Çizelge 2.1** Robot Çalışma Alanı Tanımları

Ana Çerçeve (B) (Base Frame)	Robotun sabit, yani hareket etmeyen parçasıdır.
İstasyon Çerçeve (S) (Station Frame)	İstasyon çerçevesine evrensel çerçeve de denir. Robot bütün hareketlerini bu çerçevede yapar. İstasyon çerçevesi genellikle ana çerçeveye göre BS T şeklinde tanımlanır.
Bilek Çerçevesi (W) (Wrist Frame)	Bilek çerçevesi robotun son bağlantısına yerleştirilmiştir. Bu çerçeve, ana çerçeveye göre BW T şeklinde tanımlanır.
Araç Çerçevesi (T) (Tool Frame)	Bu çerçeveye robotun herhangi bir işlevi gerçekleştirmesi için eleman yerleştirilir. Araç çerçevesi bilek çerçevesine göre WT T şeklinde tanımlanır.
Hedef Çerçevesi (G) (Goal Frame)	Robotun işlem yapacağı nesnenin üzerindeki çerçevedir. Hedef çerçevesi istasyon çerçevesine göre SG T şeklinde tanımlanır.

## 2.2 Endüstriyel Robotlar

Endüstriyel robot, insana benzer özelliklere taşıyan, programlanabilir bir makinedir (Bayrak 2007). Robotlar, verilen görevi yerine getirmek, nesnelere veya malzemeleri değişken hareketlerle programlanarak taşıma işlemleri için tasarlanmıştır (Yılmaz 2006).

Endüstride robot kullanımının faydalı yönleri aşağıda belirtilmektedir:

1. İşçilik maliyeti azalır
2. Tehlikeli ve riskli yerlerde kullanılır
3. Üretim sistemi daha esnek olur
4. Uzun süre çalışma kabiliyeti ile çıktı miktarını artırır
5. Daha fazla yük kaldırma kabiliyeti bulunur
6. Usandırıcı ve tekrarlı işlerde yeterlilik
7. İnsana göre hataları minimuma indirme

- 8 Kalite kontrol hatalarını minimuma indirdiğinden daha tutarlıdır.
9. Hızla kendini amorti ettiğinden yüksek kar elde edilir
10. Yüksek hareket esnekliği (Yılmaz 2006).

Yukarıda bahsedilen birçok faydalarının yanında şu zararlarından da bahsedilebilir;

1. Düşünemezler
2. Vision System, ile kendisine öğretilen cisimleri algıyabilirler
3. Programlanmadan çalışamazlar
4. Kendisine öğretilenlerin dışındaki hareketleri kısıtlıdır
5. Yatırım maliyetleri yüksektir (Yılmaz 2006).

### **2.2.1 Koordinat Sistemine Göre Sınıflandırma**

Endüstriyel robotlar değişik tip ve boyutlarda yapılmaktadırlar. Bu robotların kapasitesi kontrol edilebilen eksenlerdeki hareketlerinden ibarettir (Yabanova 2007).

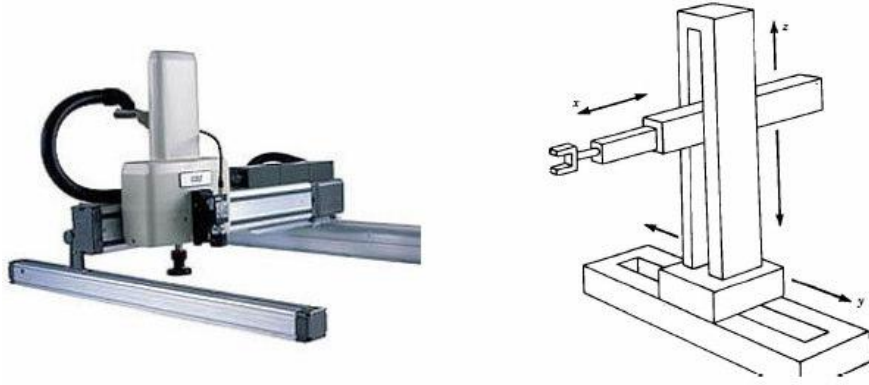
Endüstriyel robotlar ilk üç eksenin yapısına göre şu şekilde sınıflandırılırlar:

- ✓ Kartezyen koordinatlı robot
- ✓ Silindirik koordinatlı robot
- ✓ Küresel (polar coordinate) koordinatlı robot
- ✓ Mafsallı kol konfigürasyonlu robot
- ✓ SCARA konfigürasyonlu robot (Yabanova 2007).

#### **2.2.1.1 Kartezyen Koordinatlı Robot**

Kartezyen koordinat düzlemindeki robot kollar, uzuvlar birbirine dik konumda olacak şartıyla yer değiştirebilirler (İnt.Kyn.4). X, Y ve Z eksenlerinde doğrusal olarak hareket etme yeteneğine sahip bu robot tipi sadece tutma ve taşıma işlemi gerçekleştirirler (Yabanova 2007). Basit geometriye sahip olduğundan tutucunun hareketi kolaydır. Diğer iki uzuv hareketsizken, üçüncü uzuv harekete başlar ve dikey hareketi diğer

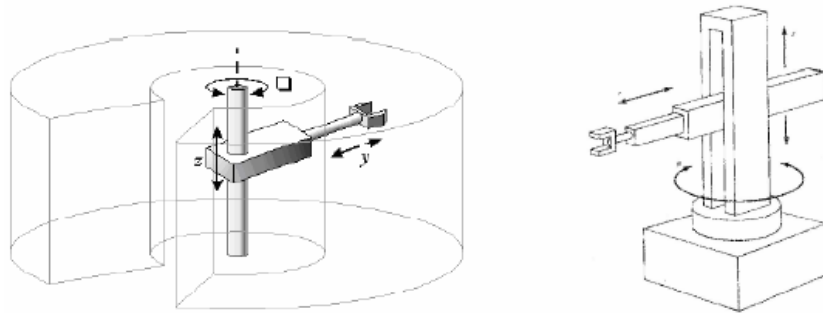
çeşitlere göre daha kolaydır. İstenilen yere ulaşması için hesaplanması gereken yol basitçe bulunabilir (İnt.Kyn.4). Genellikle, yük taşımacılığında ve CNC tezgahlarında bu tip robotlar kullanılırlar (Şekil 2.2) (Yabanova 2007).



Şekil 2.2 Kartezyen koordinatlı robotlar

### 2.2.1.2 Silindirik Koordinatlı Robot

Silindirik koordinatlı robotlarda dönebilen bir temel yatak ve bu yatağa bağlı iki uzuv bulunmaktadır (Şekil 2.3) (Yabanova 2007). Bu uzuvlardan biri radyal doğrultuda diğeri ise düşeyde hareket etmektedir. Başlangıç konumun ve ulaşması istenilen hedefin aynı doğrultuda olmadığı montaj işlerinde kullanılırlar (İnt.Kyn.4).

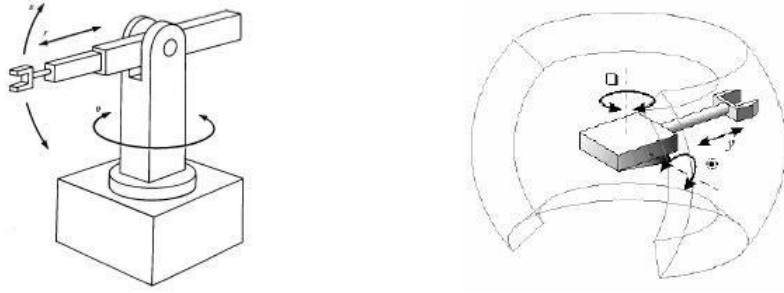


Şekil 2.3 Silindirik koordinatlı robotlar

### 2.2.1.3 Küresel Koordinatlı Robot

Küresel koordinatlı robotlarda, kola ait iki uzuv bulunur. Doğrusal hareket yapan uzuv

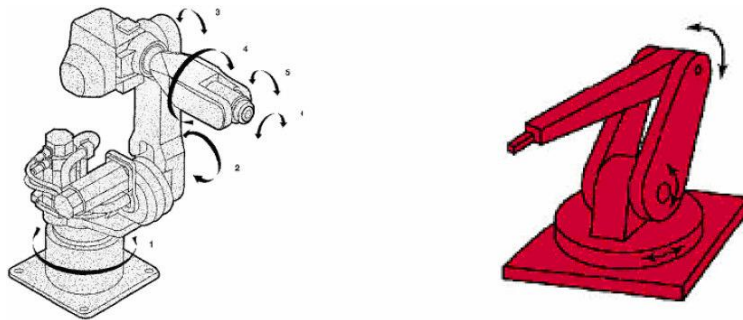
temele dik doğrultudaki eksen etrafında, diğer uzuv ise bu doğrultudaki eksene dik, temele ise paralel olacak şekilde dönmektedir (İnt.Kyn.4). İlk iki eklem döner, üçüncü eklem ise prizmatiktir (Şekil 2.4) (Bayrak 2007). Dikey hareket yapan tutucu kolun açısal hareketine bağlı kalır. Küresel koordinatlı robotlar, cilalama işlemlerinde, transfer ederek taşıma işlemlerinde, test ve kontrol işlemlerinde kullanılmaktadır (İnt.Kyn.4).



**Şekil 2.4** Küresel koordinatlı robotlar

#### **2.2.1.4 Mafsallı Kol Konfigürasyonlu Robot**

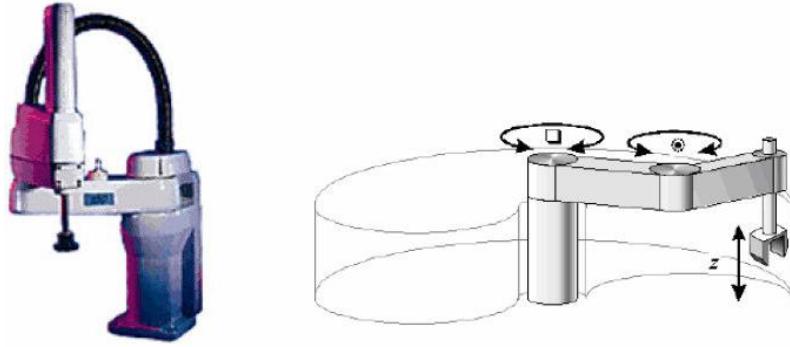
Mafsallı (eklemlili) kol konfigürasyonlu robotlar, yapı ve görünüş itibariyle insan koluna benzerlikleriyle bilinirler. Diğer robot kollarına göre daha büyük hareket uzayına ve esnekliğe sahiptirler. Tüm eklemleri dönerdir (Şekil 2.5). Hareket uzayları küresel ya da silindirikdir. Robot kolunun uç kısmına cisimleri tutabilmesi için robot eli takılabilir. Bu robotların eklem yapılarından ötürü kinematik denklemleri son derece karışıktır. Özellikle otomobil sanayinde, tıbbi araç-gereç yapımında, tıpta ve hassas çalışması gerektiren montaj sanayinde kullanılırlar (Bayrak 2007).



**Şekil 2.5** Mafsallı kol konfigürasyonlu robotlar

### 2.2.1.5 SCARA Konfigürasyonlu Robot

SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm) robotlar, temel yatağın etrafında dönen bir uzuv; bu uzva monte edilmiş ve temele paralel konumdaki kol ucunda, aynı şekilde temele paralel konumda dönen ikinci bir uzuv bulunmaktadır. İlk iki eklem dönel, sonraki eklem ise prizmatiktir ve aşağı yukarı hareket edebilir (Şekil 2.6) (Bayrak 2007). SCARA robotlar, elektronik ve mekanik parçaların montajında, parça test etmede, malzemelerin taşınmasında, yüklenmesinde ve boşaltılmasında kullanılmaktadır (İnt.Kyn.4).



Şekil 2.6 SCARA tip robotlar

### 2.2.2 Teknoloji Seviyesine Göre Sınıflandırma

Robotların teknolojide hangi seviyede olduğunu tespit etmek oldukça güçtür. Bu yüzden düşük, orta ve yüksek seviyeli robotlar diye adlandırılan üç teknoloji seviyesi bulunmaktadır. Örneğin bugün yüksek teknolojide olan robotlar, daha sonraki yıllarda orta veya düşük seviye sınıfına dahil olabilirler (İnt.Kyn.4).

#### 2.2.2.1 Düşük Teknolojili Robotlar

Pnömatik kaynaklı kaldırma özelliğine sahip olduğundan kaldırma kabiliyetleri düşüktür. Bu özellik robotun düşük teknolojide olduğunu gösterir. Bu robotlarda hareket iki, üç veya dört eksen üzerinde olmaktadır. Bu tip robotlar, malzeme taşıma, yükleme ve boşaltmada, basit montaj işlemlerinde kullanılırlar (İnt.Kyn.4).



### 2.2.2.2 Orta Teknoloji Seviyesindeki Robotlar

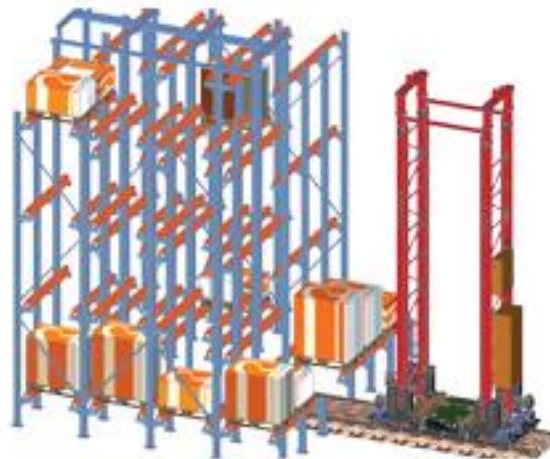
Nesneleri kaldırma, yerleştirmede ve doldurma-boşaltma işlerinde kullanılırlar. Bu tip robotlarda hareket dörd, beş veya altı eksen üzerinde gerçekleşmektedir. 135 kg 'a kadar olan yükleri taşıyabilirler (İnt.Kyn.4).

### 2.2.2.3 Yüksek Teknolojiye Sahip Robotlar

Malzemeleri taşımada, makine yükleme boşaltma işlemlerinde, boyama ve kaynak gibi birçok üretim işlemlerinde kullanılırlar. Altı, yedi, veya sekiz eksenli harekete sahiptirler. 135 kg veya daha fazla ağırlıkta rahatlıkla çalışabilirler (İnt.Kyn.4).

## 2.3 Akıllı Depo Sistemleri

Tüm depolama ve sevkiyat işlemlerinin, sistemi kontrol eden personel dışında, herhangi bir personele ihtiyaç duyulmadan yani tam otomatik veya mümkün olduğunca otomatik yapıldığı sistemlerdir. Tamamen işe ve gereken ihtiyaçlara uygun olarak tasarlanan robotlardan oluşur. Bu robotlar operasyonları hızlı bir şekilde gerçekleştirirler. Depolama, alan kullanılarak değil hacim kullanılarak yapılır. Böylece alan kaybı minimuma indirilmiş olur. Şekil 2.7 'de görüldüğü gibi burada önemli olan ölçü deponun yüksekliği olmaktadır (İnt.Kyn.5).



Şekil. 2.7 ASRS Robotu

Üretim bandına gelen ürünleri, go-car adı verilen robotlar taşır ve bu robotlar, işe ve ihtiyaçlara özel olarak programlanmışlardır.

Örneğin depolanan ürünler, palet / kasa / taşıyıcı kaplar, hep aynı yükseklikte ve ya ölçülerde olmayabilir (Şekil 2.8). İhtiyaçlar doğrultusunda, robot, depolanacak ürünlerin boyutlarını ölçerek uygun yerlere depolanmasını sağlar. Ayrıca, bu işlemler için farklı boyutlarda raf yapılmasına da gerek yoktur (İnt.Kyn.5).



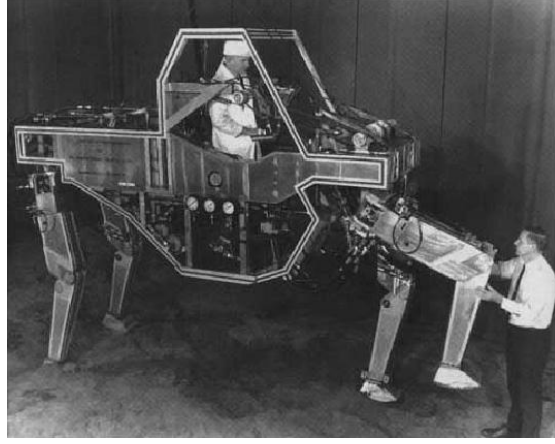
**Şekil 2.8** Depolanan Ürünler

Akıllı Depo Yönetim Sistemlerinde, malzeme sayımı oldukça kolaydır. Böylece zamandan da tasarruf sağlanılmaktadır (İnt.Kyn.5).

## **2.4 Gezin Robot Çalışmaları**

### **2.4.1 Yürüyen Kamyon**

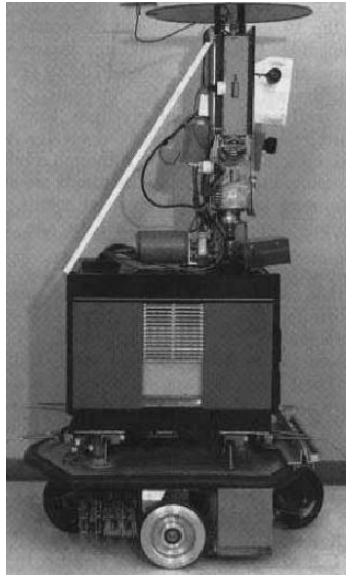
General Electric tarafından 1960'lı yıllarda tasarlanmıştır. Yürüyen kamyon, ayakları üzerinde tonlarca ağırlık bulunmasına rağmen 7 km/sa hızla yürüyebilen, bilgisayar beyinli ilk ayaklı araç özelliğini taşımaktadır (Şekil 2.9) (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).



**Şekil 2.9**Yürüyen Kamyon

### **2.4.2 Robot Shakey**

Bilgisayar ile kontrol edilen “Shakey” adlı robot, 1960’lı yılların sonlarına doğru geliştirilmiştir (Şekil 2.10). Geliştirilen ilk gezgin robot olan Shakey görme yeteneğine de sahiptir. Bu özelliği sayesinde etrafına konulan nesnelere çarpmadan gezinebilmektedir. Shakey verilen sesli komutlar ile de nesnelere düzgün bir şekilde üst üste yerleştirebilmektedir (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).



**Şekil 2.10** Shakey

### 2.4.3 Dante 2

Dante II uzaktan keşif görevleri için tasarlanmış 8 bacaklı bir robottur. Carnegie Mellon Robotik Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. 120 km uzaklıktaki Alaska volkanında bulunan krateri 5 gün boyunca, keşif görevlileri tarafından kumanda edilen Dante II incelemiştir. Dante II, bu görev esnasında birkaç metrelik kaya parçaları ve derin çukurlar gibi zorlu engellerle karşılaşsa da, derin karla örtülü bölgelerden geçmiş, külle kaplı yokuşlara tırmanmış, başarılı bir şekilde incelemesini tamamlamıştır ( Şekil 2.11) (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).



Şekil 2.11 Dante-2

### 2.4.4 Sojourner

Nasa tarafından zemini incelemek amacıyla üretilen robot Sojourner'de altı adet tekerlek bulunmaktadır. 1996 yılında Mars yüzeyine bırakılmıştır. Dünya üzerinden kumanda edildiği için mesaj iletimi zaman almıştır. Küçük kayaları incelemede başarılı olmuştur (Şekil 2.12) (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).



Şekil 2.12 Sojourner

#### 2.4.5 Merx(Mini Sumo)

Merx bir mini sumo robot örneğidir. Mini sumo robotların boyutları standarttır. Yüksek torka sahiptirler ve robotun ön tarafında kızılötesi ışık sensörleri bulunur. Bunlar sayesinde rakibini algılar ve onu yarışılan pist alanının dışına itmeye çalışır (Şekil 2.13) (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).

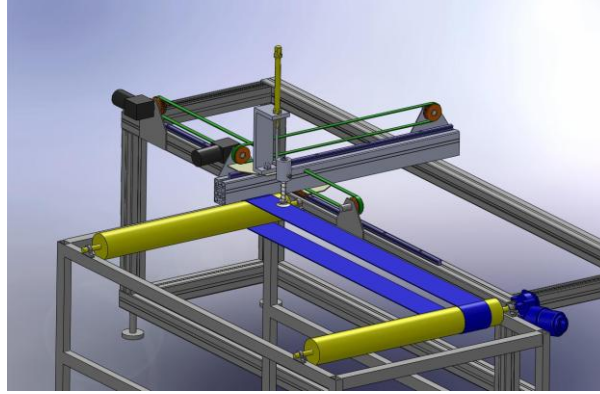


Şekil 2.13 Merx

#### 2.5 Önceki Çalışmalar

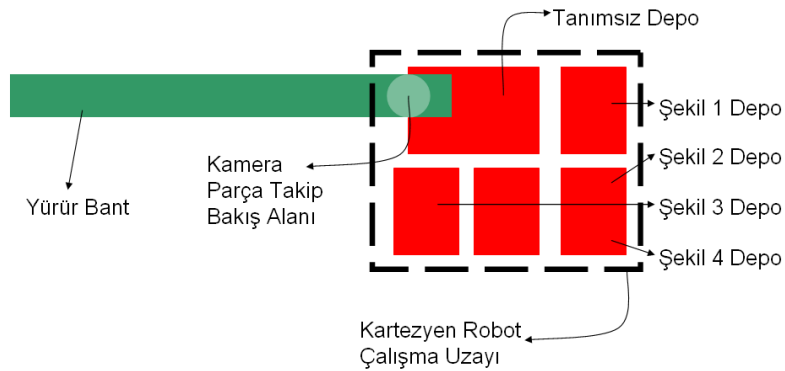
Akpınar (2008) “Depolama Amaçlı Görüntü İşleme Tabanlı Bir Kartezyen Robot

Tasarımı” adlı Yüksek Lisans tezinin, mekanik yapı tasarımı bir CAD programı olan Solid Works 2008 ’de yapılmıştır. Her parça ayrı ayrı modellendikten sonra aynı programda montajı yapıp simülasyonu yapılmıştır. Şekil 2.14’te robotun bazı çizim aşamaları verilmiştir.



Şekil 2.14 Robot montajı

Sistemin işleyiş tarzı Şekil 2.15 ’deki gibidir. Elektrik motoru tarafından beslenen konveyörden akan parçalar kamera tarafından algılandıktan sonra bilgisayara iletilerek sayısallaştırılır ve parçalar uygun depolara yerleştirilir. Uygun olmayan parçalar tanımsız depoya aktarılırken uygun parçalar elde edildiğinde 1, 2, 3 ve 4 nolu depolara robot tarafından aktarılır. Depolar parça sayısına göre arttırılabilir ya da azaltılabilir. Tanımsız depo ise kalite kontrol sonucu istenmeyen parçaları içermektedir.



Şekil 2.15 Sisteme ait mekanik yapı

Aynı robot sistemine, yazılan programla, farklı zamanlarda farklı işler yapması sağlanabilir. Elektrik veya pnömatik olan devre elemanları kontrol merkezi altında

toplanarak sistemi yeniden programlamak kolaylaştırılır. Programlama için pano veya panel üzerine istenilen devre kurulmaktadır. Gelişmiş programlama ise hareket alanı karmaşık ve yüksek seviyeli robotların hareketinde kullanılır.

Elektrik akımı ile oluşturulan manyetik alan kuvvetinde; elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelere motor denir. Step ve servo motor cihazları, hız ve pozisyon kontrolünde sıkça tercih edilen motorlardır. Uygulanan darbelerle göre çalışan step motorlarda, hareketin konumu darbelerin sayısına, hareketin hızı ise darbelerin hızına bağlıdır. Sürekli hareket gösteren servo motorlarda pozisyon ve hız kontrolü için kapalı çevrimde geri besleme işaretleri kullanılır. Motoru sürmek için gerekli olan akım, hareket kontrol birimi ile motor arasında yer alan güç besleme cihazından sağlanmaktadır.

Uyanık ve arkadaşları (2011) “Bilgisayar kontrollü XYZ tablası tasarımı” adlı çalışmalarında Şekil 2.16’da görüldüğü gibi 3 eksenli masaüstü CNC router tasarımı ve imalatı yapılmıştır. 3 eksen CNC router, doğrusal hareket mekanizmaları (hatveli mil ve yataklar) kullanılarak, step motordan alınan tahrik ile doğrusal hareketin elde etmişlerdir. Böylece CNC cihazın amacına yönelik kullanılan uç aksamının, bilgisayar programı ile istenilen konuma getirildiği bir cihaz tasarımı yapmışlardır.



**Şekil 2.16** 3 eksenli masaüstü CNC router tasarımı (Uyanık ve arkadaşları 2011)

Yılmaz (2007) “Step motor ile iki eksenli robot kol tasarımı” adlı Yüksek Lisans tezinde; robotta bulunan kollar, step motorlar ve sistemin kontrolünde kullanılan

yöntem hakkında bilgiler verilmiştir (Şekil 2.17). Yaptıkları çalışmada; otomasyon sistemlerinde sıkça kullanılan step motorların özellikleri, nasıl kontrol edildikleri, avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. Robot bilimi adı altında yapılan bu tür çalışmalara alt yapı oluşturmuşlardır.



**Şekil 2.17** Tasarlanan robot kol ve kontrol paneli (Yılmaz 2007)

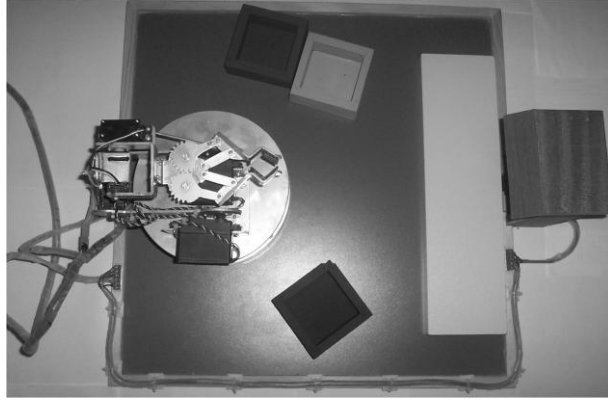
Özyalçın (2006) “Kartezyen robot tasarımı” adlı Yüksek Lisans çalışmasındaki robotun X, Y ve Z eksenlerinde bulunan mekanik kollar birbirinden bağımsız olarak hareket ederler (Şekil 2.18). Bu robot sistemi bir platformdan oluşmaktadır. Bu tasarımla açık yapıya sahip bir robot sistemi oluşturulmuş ve bu alandaki çalışmalara öncülük etmesi amaçlanmıştır. Sistemde kullanılan mekanik parçalar özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Paralel port üzerinden kontrol edilen sistemde, step motorlar kullanılarak kolların hareket etmesi sağlanılmıştır. DXF dosya formatında takip edilecek yol bilgisi tanımlanmıştır. Tanımlanan bu yol bilgisini, ara programlar kullanarak kol hareketine çevirmek mümkündür. Robot kollarının hareket hassasiyeti tam adımda ve yarım adımda sırası ile 0.006250 ve 0.003125 mm olarak gerçekleştirilmiştir.





**Şekil 2.18** Kartezyen robot tasarımı

Çiçek (2006) “Renge göre (Kırmızı, yeşil, mavi) malzeme taşıyan robot kolu tasarımı ve uygulaması” adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında; önce 5 serbestlik dereceli, R/C servo motor kontrollü, alüminyum mekanik sistemli, mikro denetleyici tabanlı robot kolu ile mikro denetleyici tabanlı renk sensörü tasarlanarak, örnek bir platform inşa edilmiş ve robot kolunun bu platform üzerinde çalışması incelenmiştir (Şekil 2.19). Çalışan bir bant üzerinden geçen malzemelerin (ürünlerin) sistemden atılması için genelde pnömomatik veya hidrolik piston ile bant dışına atma işlemi kullanılmaktadır. Bant üzerinden alınmak istenen malzemelerin piston ile bant dışına atılmasının tehlikeli olduğu durumlarda malzemelerin hassas bir şekilde taşınması gerekmektedir. Malzemelerin istenen standartlara uyup uymadığı üretim amacına göre değişen parametreler ile tespit edilmektedir. Bu parametrelerden bir tanesi de malzeme rengidir (veya malzemedeki bir bölgenin rengi). Bir fabrikada malzemelerin rengine göre (Kırmızı, Yeşil, Mavi) hassas taşıma yapan robot kolu tasarımı ve uygulamasını amaçlamışlardır.



**Şekil 2.19** Robot kolu uygulama platformu

Otomatik Stoklama ve Geri Alma Sistemleri (AS/RS) malların pazarlanması, depolanması ve dağıtılması konusunda yöntemleri yeniden şekillendirmektedir. Sadece, otomasyonun gerçekleştirdiği bilindik faydaları (geliştirilmiş üretkenlik gibi) değil, aynı zamanda birçok önemli ikincil faydası da görülmüştür. AS/RS 'nin dizaynının kendine özgü esnekliği günümüz fabrikasında ve geleceğin fabrikasındaki yerini garantilemiştir. Tamamlanan hareketlerin anında rapor edilmesini de içeren hareketlerin kontrolü için araçlar, envanteri, pazarlamanın programlanmasını ve dağıtımı kontrol eden bilgi sistemleri zinciri içinde önemli bir bağlantı sağlamaktadır. Yükleme/Boşaltma (S/R) makinesi taşıdığı birim yükleri, çalışmış olduğu koridorun her iki tarafında belirlenmiş olan alana ve/veya belirli bir alandan dışarı taşır. Kaldırma yüksekliği kapasitesi, yüksek hız, hassas tasıma ve kontrollü hareket S/R makinelerinin önemli özellikleridir (AS/RS Association of the Material Handling Institute, Inc., 1999).

İnceler (2006) S/R makinelerini içeren stoklama sistemi, fonksiyonel üniteleri içeren komponentlerden oluşmaktadır. Bu komponentler; operasyonel bazda imalat, montaj ve deformasyonu kompanse edebilecek toleranslara sahiptir. S/R makineleri, tamamen güvenilir bir operasyon ile, serbestçe seçilen noktalara birim yükleri stoklamak ve bu noktalardan geri almak için tasarlanmıştır.

Bunun yanında, komponentler arası açıklıkların az olması güvenli operasyon açısından risk içermektedir, bunun sonucunda da sistemdeki tasıma operasyonu durabilir. Fakat, açıklıkların fazla tutulması da stoklama alanını boşa kullanmak anlamına gelir. Bu nedenle, toleranslar ve deformasyonların optimize ediliyor olması gereklidir.

AS/RS sistemlerinin büyük bir kısmında her koridorda bir S/R makinesi vardır. Fakat yüklemelerin fazla olduğu bazı sistemlerde her koridora bir S/R makinesi atanması yeterli olmamaktadır. Bu da S/R makinelerin nerelerde kullanılacağı sorusunu getirir. Koridor transfer arabaları bu mesafelerde, koridorlar arasında S/R makinelerini öne arkaya getirerek yükleme işlemlerini gerçekleştirmelerini sağlar (Yabanova 2007).

Yabanova (2007) “Otomatik stoklama ve stok yenileme sistemlerinin incelenmesi ve mermer sektörüne yönelik bir uygulama” adlı Yüksek Lisans tezinde otomatik stoklama ve stok yenileme sistemlerinin yapısı, çeşitleri, kullanım alanları incelenmiş ve mermer endüstrisine yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.20). Mermer fabrikalarında işlenen mermerin taşınmasında ve depolanması esnasında birçok kaza meydana gelmektedir. Bu kazaları önlemek, insan faktöründen kaynaklanan hataları en aza indirmek ve maliyeti azaltmak için böyle bir çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada işlenen mermerlerin renklerine göre depolanması sağlanmıştır. İstasyondaki parçaların stok takibi ve istasyonun kontrolünü görselleştirmek için istasyona SCADA programı yazılmıştır. Sonuç olarak mermer endüstrisine uygulanabilir şekilde otomatik stoklama ve stok yenileme sistemin gerçekleştirilmiştir

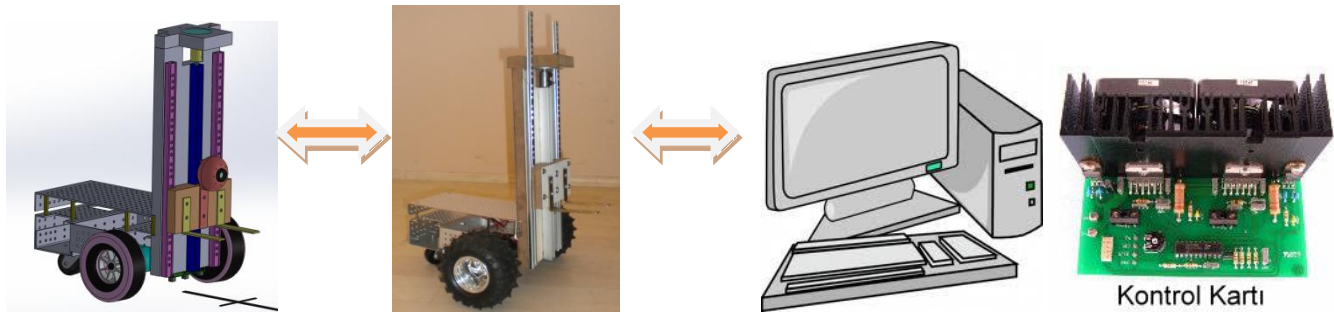


**Şekil 2.20** Kartezyen AS/RS istasyonu

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1 Materyaller

İnsansız hareket edebilen otomatik depolama ve boşaltma sistemi eğitim seti; tasarımı, imalatı ve bilgisayar yazılımı olmak üzere Şekil 3.1. 'de görüldüğü gibi üç ana kısımdan oluşmaktadır. Her kısım kendi içinde incelenmiş ve uygulamada alternatifleri ile birlikte ele alınarak özellikle ekonomik olması nedeniyle fiyat, performans oranı ön plana çıkmıştır (Özyalçın 2006).



Şekil 3.1. Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin blok yapısı

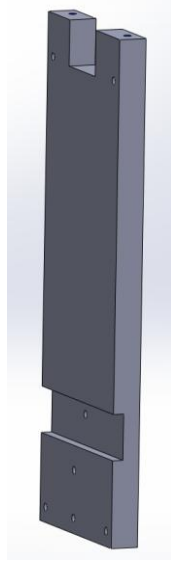
#### 3.1.1 X Düzlemindeki Hareketli Sistem

Bu tez çalışmasında X Düzlemindeki Plaka için aşağıda verilen materyaller kullanılmıştır;

1. 1 Adet 330x120x18 mm Alüminyum plaka
2. 2 Adet 310x16x8 mm Alüminyum Çekmece rayı
3. 1 Adet 52x10x10 mm lama
4. 4 Adet M6 somun
5. 1 Adet 180x80x18 mm Step Motor Yatağı
6. 1 Adet Step Motor
7. 1 Adet 16 mm çapında 24 mm kaplin
8. 1 Adet M10x400 mm sonsuz vidalı mil
9. 1 Adet 120x63x23 mm plaka
10. 2 Adet 77x52x15 "L" tutacak

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi 330x120x18 mm boyutlarında tasarlanan plaka alüminyum

malzemeden temin edilmiştir. Alt Şaseye monte edilecek olan X düzlemindeki plaka freze tezgahına bağlanmıştır. 57 mm yükseklikten, 120x30 mm boyutlarında 7 mm derinlikte kanal açılmıştır. Daha sonra 300 mm yükseklikten 44x30x18 mm boyutlarında kanal dekopaj yardımıyla oluşturulmuştur. Böylece step motor ile sonsuz mili birbirine bağlayan kaplinin serbest hareket etmesi sağlanılmıştır.



**Şekil 3.2.** X düzlemindeki Plaka Modeli

52x10x10 mm boyutlarındaki lama parça torna tezgahına bağlanarak 6 mm çapında delik açılmıştır. Yatak görevi gören U profil ile aynı yükseklikte olması için lama üzerine 2 adet M6 somunu yatay olacak şekilde konumlandırılarak punta makinesinde kaynak yapılmıştır.

### **3.1.2 Step Motorlar**

Çok hassas sinyallerle sürülen, açısal konumunu adımlar halinde değiştiren motorlara step motor denir. Step motorlar; girişlerine uygulanan dijital darbe dizilerine karşı analog dönme hareketi yapan elektromagnetik elemanlardır. Step motorlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilen adımlar vasıtasıyla hareket ederler. Motorun yapacağı hareketin hızı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı da motorun yapısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Uygulanan sinyallerin sırası

değiştirilerek motorun dönüş yönü belirlenir. Motorun dönüş yönü saat ibresi yönünde (CW) veya saat ibresi yönünün tersinde (CCW) olabilir (Yılmaz 2007).

Bilgisayar veya mikroişlemci yardımı ile kontrol edilen step motorlarda hız, dönüş yönü ve konumu ile ilgili değerleri, her zaman bilmek mümkündür. Bu özelliğinden dolayı çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde tercih edilmektedirler (Bal 2004).

Yüksek seviyeli doğru akımları anahtarlayabilen transistörlerin üretimine başlanmasıyla, step motorların ticari olarak kullanılmaları yaygınlaşmıştır. Dijital elektronik ve mikroişlemci teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, step motorların üretimi artmış ve kullanım alanları genişlemiştir. Endüstride birçok kontrol sisteminde hassas konum kontrolü yapmak için de kullanılırlar. Step motorlar; hard disk sürücüler, kart okuyucular gibi bilgisayar cihazlarında, proses kontrol ve sayısal kontrol sistemlerinde, CNC (Computer Numerical Control) tezgahlarında ve robot teknolojisinde tahrik elemanı görevi görür (Yılmaz 2007).

Step motorların avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Motorun hareketlerinde konum hatası yoktur.
2. Açık döngülü olarak kontrol edildiğinden geri besleme yoktur.
3. Dijital bilgiyi işlediklerinden mikroişlemci ve bilgisayarlarla rahatlıkla kontrol edilebilirler.
4. Basit mekanik yapıya sahip olduklarından bakıma ihtiyaçları yoktur.
5. Hasara yol açmazlar ve defalarca çalıştırılabilirler.

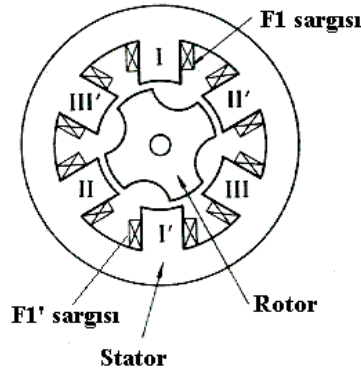
Bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Bu dezavantajlar da aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Aşırı yükleme sonucunda, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana gelebilir.
2. Momenti sınırlıdır. Isındığında verimleri düşmektedir.
3. Adım açıları sabit olduğundan alınan hareket darbelidir.

4. Yüksek atalet momentli yüklerde yetenekleri sınırlıdır.
5. Doğru kontrol edilmediğinde rezonans durumu meydana gelebilir.
6. Yüksek hızlarda çalışması zorlaşmaktadır (Yılmaz 2007).

### 3.1.2.1 Değişken Relüktanslı (DR) Step Motorlar

Değişken relüktanslı step motorun daha iyi anlaşılabilmesi için kesit görünüşü şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



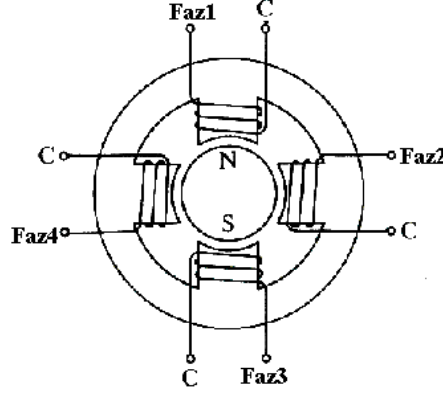
Şekil 3.3 DR step motorun kesit görünüşü

Bu üç-fazlı motorda 6 adet stator kutbu bulunur. Bu kutuplar birbirine  $180^\circ$  açı ile aynı faz altında yer alır. Böylece, karşılıklı kutuplar üzerindeki sargıların seri veya paralel olduğu anlaşılmaktadır. Rotorda ise 4 adet kutup bulunur. Stator ve rotor nüveleri ince tabakalı silisli çelikten yapıldığından, düşük emk uygulansa bile yüksek geçirgenlikli ve içlerinden yüksek manyetik akı geçecek kapasitededirler (Yılmaz 2007).

### 3.1.2.2 Sabit Mıknatıslı (SM) Step Motorlar

Şekil 3.4'te gösterilen sabit mıknatıslı bir step motor örneğinde 4 faz bulunmaktadır. Bu step motorların rotorun da sabit mıknatıs kullanıldığından bu ismi almıştır. Silindirik şeklindeki sabit mıknatıs, rotor görevi görmektedir. Bu rotorun etrafında ise, üzeri sargılar ile sarılı 4 adet kutup (stator) bulunur. Fazların birer uçları birleştirilerek güç kaynağının pozitif ucuna bağlanır. Bağlanan bu ortak uca C kutbu denir. Bu dört faz sırasıyla Faz 1, Faz 2, Faz 3 ve Faz 4 şeklinde uyarılırsa; rotor saat ibresi yönünde (CW)

hareket edecektir. Bu sabit mıknatıslı step motorda, adım açısının  $90^\circ$  olduğu şekil 3.4’te açıkça görülmektedir (Yılmaz 2007).



Şekil 3.4 4 fazlı SM step motorun kesit görünüşü

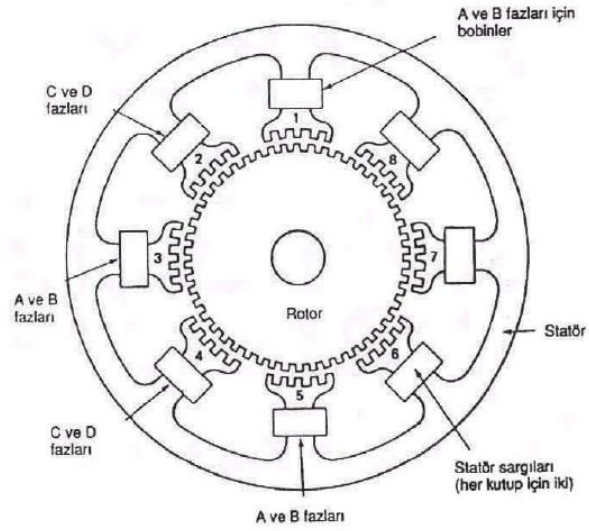
SM step motorunda adım açısını azaltmak istiyorsak, manyetik kutup sayısı ile birlikte stator kutup sayısını arttırmamız gerekmektedir. Fakat her ikisinin de bir sınırı vardır. (Yılmaz 2007).

### 3.1.2.3 Hybrid (Karışık Yapılı) Step Motorlar

Hybrid step motorun rotorunda sabit mıknatıs bulunur. Değişken relüktanslı ve sabit mıknatıslı motorların özelliklerini taşıdığından dolayı “Hybrid” kelimesini almıştır. Hybrid step motorun yapısı şekil 3.5’de gösterildiği gibidir. Statorun nüve yapısı; sargıların bağlantısı hariç olmak üzere değişken relüktanslı step motorun yapısına benzemektedir. Değişken relüktanslı step motorda her bir kutba ait bir fazın iki sargısından bir tanesi sarılı iken, 4 fazlı hybrid step motorda farklı iki fazın sargıları aynı kutupta sarılmıştır. Bu sebeple bir kutbun altında bir faz bulunmaz.

Hybrid step motorlarda, dış yapılarındaki hava aralıklarında, manyetik alanlarının etkileşimi ile moment oluşturulur. Bu tip motorların sürekli mıknatıs özelliği, sürücü kuvvetini oluşturmada önemlidir. Hybrid step motordaki rotor ve stator dişlerinin dizaynı sayesinde küçük adım açıları elde edilmektedir (Morse 1994).



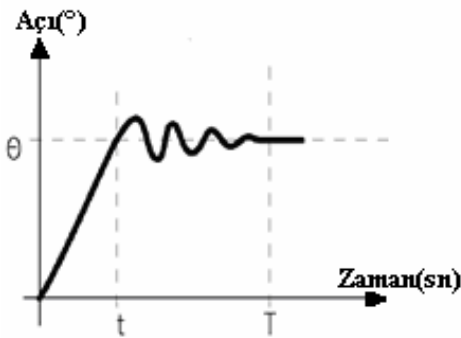


Şekil 3.5 Hybrid step motorun yapısı

### 3.1.3 Step Motorlarına Ait Önemli Parametreler

#### 3.1.3.1 Tek Adım Tepkisi (Cevap Süresi)

Motorun kararlı bir adım konumunda olması için, motor fazlarından biri uyarılmış durumda olmalıdır. Rotorun bir adım atması için, bir fazın uyarılması kesilip yeni bir faz uyarılmalıdır. Tek adım tepkisinde rotor konumu zamana göre değişim göstermektedir. Başka bir deyişle motorun girişine uygulanan sinyalden sonra adımlara verdiği cevap için geçen süreye cevap süresi veya tek adım tepkisi denmektedir. Bu süre motorun sürücü devresine ve parametrelerine bağlıdır. Şekil 3.6'da step motorun tek adım tepki grafiği verilmiştir (Yılmaz 2007).



Şekil 3.6 Step motorun tek adım tepki grafiği

Tek adım tepkisi ile tepkinin asım ve salınım miktarını, motorun adım hareketinin hızını, adım açısı bulunmaktadır. Tek adım tepkisindeki yerleşme zamanının kısaltılması, asım ve salınımların azaltılması ile maksimum performans elde edilebilmektedir. Step motorlarının kontrolünü sağlamada, tek adım tepkisinin iyileştirilmesinin önemi büyüktür. (Yılmaz 2007).

Sürme esnasında, motora uygulanan giriş darbeleri ile çıkış hareketi arasındaki uyumu bozmamak için, iki darbe arasında geçen süre, cevap süresinden kısa olmamalıdır. Motorun daha hızlı adım atabilmesi, cevap süresinin kısalmasına bağlıdır. Step motorlarının cevap davranışlarında dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da yaptıkları asım ve salınımın miktarıdır (Yılmaz 2007).

### **3.1.3.2 Doğruluk (Atep Angle Accuracy)**

Doğruluk parametresi, rotorun yaptığı her bir adımdaki hata miktarının yüzde olarak gösterim şeklidir. Tasarım ve üretimi yapılan parçaların boyutları ile motorun adım konumu belirlenir. Bu parçaların boyutlarındaki toleranslar ve sürtünmeler adımlarda da toleranslara neden olurlar. Bu durumdaki maksimum açısal hata, nominal tek adım değerinin yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Klasik step motorlarda bu hata  $\% \pm 1$  ile  $\% \pm 5$  arasında değişmektedir. Bu hata değeri birikimli olmadığı için rotorun gerçek hız doğruluğu, adım açısına ve adımın hızına bağlıdır (Yılmaz 2007).

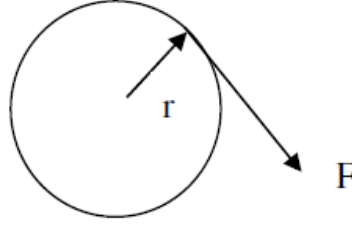
### **3.1.3.3 Step Motorun Moment Parametreleri**

Elektrik devrelerindeki direnç, potansiyel etkisinde olduğunda akımı sınırlar; mekanik devrelerde de sürtünme kuvvetleri, mil moment etkisinde olduğunda açısal hıza sınır getirmektedir. Elektrik devre sistemlerinin potansiyel kaynağı aküdür, mekanik sistemlerde ise moment kaynağı motordur. Motor mili, moment etkisinde dönmeye zorlanır. Motorun milinden alınan devir arttıkça motorun verdiği moment düşer. Şekil 3.7'de dönme momenti gösterilmiştir. Motorda, moment ile açısal hızın çarpımı mekanik gücü verir (Yılmaz 2007).

Moment  $T_m$  ile gösterilir ve

$$\mathbf{Tm} = \mathbf{F} \times \mathbf{r} \quad (3.1)$$

Şekilde ifade edilir

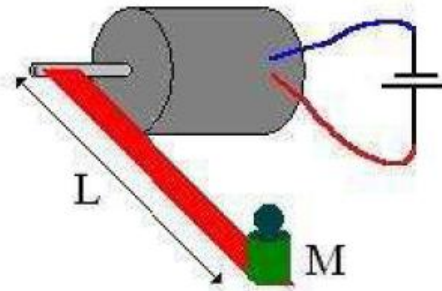


Şekil 3.7 Dönme momenti (tork)

Herhangi bir devirde beklenen momentin büyüklüğü, motorun gücü ile orantılıdır. Sabit güç altında hız artarken, itme kuvveti düşer ve dolayısıyla momentte düşer. Step motorlarla ilgili, moment parametreleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yılmaz 2007).

**a. Yüksüz ve Enerjisiz Tutma Momenti:** Motor enerjisiz durumdayken, rotor ve stator dişlerindeki etkileşimden oluşan momente yüksüz ve enerjisiz tutma momenti denir. Bu durum step motorun tipine göre değişkenlik gösterir (Yılmaz 2007).

**b. Yüksüz ve Enerjili Tutma Momenti:** Sargılardan sadece birisinden nominal değerde akım akıtılıyorken milden elde edilen momente yüksüz ve enerjili tutma momenti denir. Tutma Momenti, şekil 3.8'deki gibi ölçülebilir (Yılmaz 2007).



Şekil 3.8 Tutma momentinin ölçülmesi

Motor miline şekil 3.14'te görüldüğü gibi ağırlıksız bağlanan çubuğun yatayla sıfır derece açı yapmaktadır. Motor sargısından nominal değerde akım verilir. Şekilde

görüldüğü gibi çubuğun ucuna ağırlık oturtulur ve bu durum farklı ağırlıktaki kütlelerle denenir. Hangi ağırlıktan sonra motor mili sapma yapıyorsa tespit edilir (Yılmaz 2007).

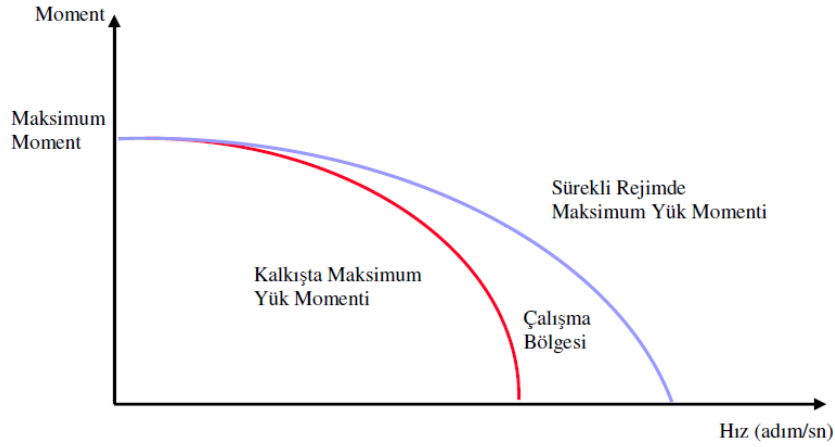
Çubuğun boyunun L ve Kütleinin ağırlığının M olması durumunda;

$$\begin{aligned} \text{Tutma Momenti} &= L \times M \times 9,81 & (3.2) \\ (\text{Nm}) &= (m) \times (\text{Kg}) \times (\text{N/Kg}) & (\text{Yerçekimi ivmesi}) \end{aligned}$$

Yazılabilir.

**c. Kalkıştaki Maksimum Yük Momenti:** Açık döngülü sistemlerde duran bir sistemi istenen konuma getirebilmek için motora uygulanan uyartım darbelerinin, motor tarafından hiç kaçırılmadan takip edilmesini sağlanmalıdır. Bu yüzden step motorlar için, kalkışta maksimum yük momenti eğrileri tanımlanır (Yılmaz 2007).

**d. Sürekli Rejimdeki Maksimum Yük Momenti:** “Sürekli rejimde ve kalkışta maksimum yük momenti/hız eğrileri” şekil 3.9’da görülmektedir. Sürekli rejim hareketinde maksimum yük momenti hız eğrisi ile belirlenirken; motor miline uygulanan maksimum yük momenti de, rotor hareketinin giriş darbe dizisiyle olan uyumunu bozmadan sabit hızda dönen motor miline uygulanan maksimum yük ile belirlenir. Maksimum moment-hız çalışma eğrisi çalışma noktalarını göstermez, çalışma bölgesinin sınırlarını belirler. Durma tehlikesi olmaksızın, giriş darbe dizilerini de kaybetmeden; sınırlanan bu bölge içerisindeki herhangi bir noktada belirlenen maksimum yük ve hız momenti motorun çalışmasını sağlar. Sınırların dışına çıktığında ise bu durum değişebilir (Yılmaz 2007).

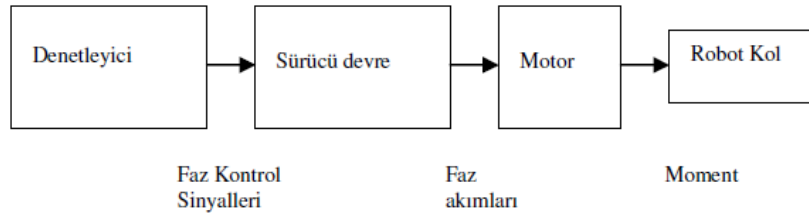


Şekil 3.9 Sürekli rejimde ve kalkışta maksimum yük momenti/hız ergileri

### 3.1.4 Step Motorların Denetimi

#### 3.1.4.1 Açık Döngülü Denetim

Açık döngülü denetim sistemlerinde; denetleyici tarafından üretilen sayısal kontrol sinyalleri, sürücü devre tarafından da yükseltilecek step motorun sargılarına uygulanır. Denetleyici olarak mikroişlemci veya bilgisayarlar kullanılabilir. Bu denetleyicilerin esneklik özelliğinden dolayı aynı denetleyici ile farklı step motorlar kontrol edilebilir. Kontrol edilecek step motorların faz sayısı farklı olabilir. Ayrıca kullanılacak olan uyarım metodu için tek-fazlı, iki-fazlı veya karma uyarımlardan biri seçilebilir. Bu uyarım metotlarından hangisinin kullanılacağına karar vermek, motorun kullanılacağı sisteme bağlıdır. Motorun cinsi ve yükün durumuna göre denetleyici tasarlanmalıdır. Şekil 3.10'da açık döngülü denetim şeması verilmiştir (Yılmaz 2007).

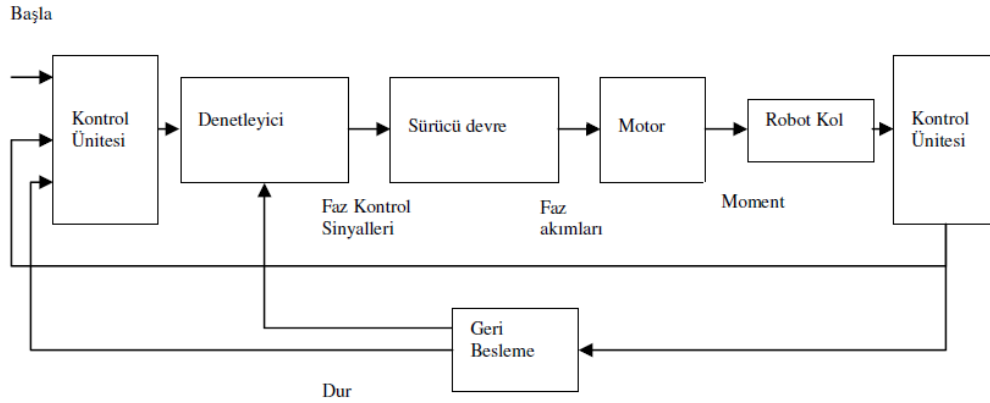


Şekil 3.10 Step motora ait açık döngülü denetim şeması

Açık döngülü denetimde; motor konumunun belirsizliğinden veya uyarım hızının yüksek olmasından kalıcı durum hataları meydana gelir. Bu hataların oluşmaması için, üzerinde uyarım yapılmamış, hatasız en yüksek hız belirlenmelidir (Yılmaz 2007).

### 3.1.4.2 Kapalı Döngülü Denetim

Kapalı döngülü denetim sistemlerinde, ani rotor konumu tahmin edilir ve denetim birimine iletilir. Step motorun kapalı döngülü denetim şeması şekil 3.11’de verilmiştir. Sistemde her adım için, bir önceki adımda gerçekleşen bilginin alınması gerekmektedir. Böylelikle motor ile denetleyici arasında herhangi bir adım kaybı yaşanmamaktadır.




Şekil 3.11 Step motorun kapalı döngülü denetim şeması

Sistemin çalıştırılabilmesi için öncelikle belirlenen hedef konum geri sayıcıya yüklenir. Adım komutlarının sıralayıcıya uygulanması için başla komutu verilir. Bu adım komutlarına bağlı olarak çalışan motor, adım hareketi yapmaya başlar. İlk adım tamamlandığında konum sezici ile geri sayıcı, denetim birimlerini uyardığından geri sayıcı değeri önceki değerinden bir azalır. Aynı denetim açık döngülü şekilde yapıldığında; geri sayıcı, adım komutlarının sayısını hafızaya alır fakat komutun çalışıp çalışmadığı bilinmemektedir. Hız ayarlaması yüke göre yapılır ve motor istenilen konuma gelinceye kadar bu çalışmalar tekrarlanır. Son olarak motor istenilen konuma geldiğinde, sistemin denetim birimi dur komutu ile uyarılır. Böylelikle yeni bir işlem basamağı oluşması engellenmiş olunur. Kapalı döngü sisteminde ise, step motorun yük durumu göz önüne alınarak uyarım süreleri ayarlanır ve en uygun hız profili seçilerek sistem çalıştırılır (Yılmaz 2007).

### 3.1.5 Step Motorun Bağlantısı ve Yataklanması

Tasarladığımız sistemde TYPE KP54FP8-755 step motor modelinde 1 adet step motor kullanılmıştır. Kullanılan step motorun teknik özellikleri (Şekil 3.12) de verilmiştir.

Dönme adımı	7,5 derece 1 tur 48 adım
Besleme gerilimi	14.8 volt
Ağırlığı	88 gr
Kutup şekli	Unipolar Step motoru
	

Şekil 3.12 Tasarımda kullanılan step motor

İki adet M6 somun arasına konumlandırılan dikdörtgen lama parçanın içerisinden geçirilen sonsuz vidalı mil step motor mili ile Şekil 3.13'te görüldüğü gibi merkezlenmiştir. Böylece step motordan elde edilen güç sonsuz vidalı mile iletilecek, mil dönmeye başlayacaktır. Sonsuz vidalı mil üzerindeki somunlar döndükçe dikdörtgen lama aşağı yukarı hareket etmeye başlayacaktır.



Şekil 3.13 Sonsuz vidalı milin bağlantı modeli

X düzlemindeki plaka üzerine sonsuz vidalı milin montajı yapılmıştır (Bkz. Şekil 3.14). Sonsuz vidalı mil bağlantısının her iki tarafına, eşit konumlandırılacak şekilde X düzleminde hareketi sağlayan 8 mm çapında miller monte edilmiştir. Sistem aşağı yukarı hareket ederken bu millerden destek alacaktır. Step motoru sabitlemek için tasarlanan step motor yatağı üst tarafa yataklanmıştır. Alüminyum malzeme delinmiş daha sonra büküme girerek 180x80x18 mm boyutlarında parça imal edilmiştir.



Şekil 3.14 X düzleminde hareketi sağlayan elemanların montajı

### 3.1.6 Step Motor Sürücü Devresi

Step motorun sürülmesi ve fazların sırayla enerjilenmesi için Toshiba TA8435HQ modelinde step motor sürücü, stabil çalışabilmesi için elektronik karta kurulmuştur (Şekil 3.15).Aurdino üzerinden PWM sinyalleri gönderilerek step motor sürücüsü çalıştırılır ve motoru adım adım döndürme işlemi gerçekleştirilir. Motor sürücüsü için Li-Po pil'den 14.8 volt ile besleme sağlanır.

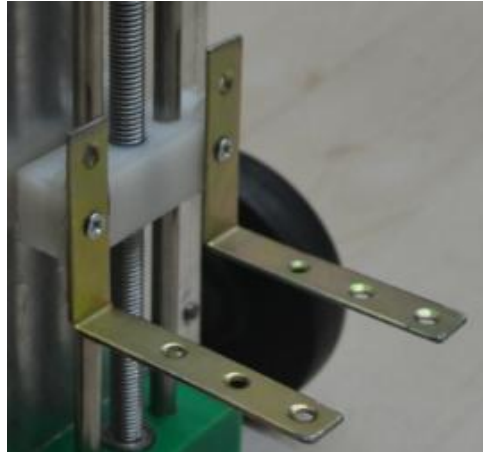




**Şekil 3.15** Sürücü Devre Kartı

### 3.1.7 Taşıyıcı Plaka

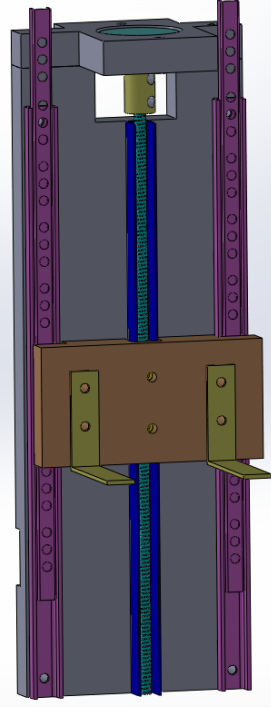
Sistemde malzemeleri taşıyacak olan plaka şekil 3.16’de görüldüğü gibi 69x28x22 mm boyutlarında tasarlanmıştır. Taşıyıcı plaka kestamit malzemedinden temin edilmiştir. Sonsuz vidalı mil üzerine destek millerin yardımıyla monte edilmiştir. Plaka üzerine 77x52x15 mm boyutlarında 2 adet L lama civata ile monte edilmiştir. Böylece L lama tutacak görevi görecektir. Malzemeleri depolanan yerden alıp belirlenen raflara taşıma işlemi gerçekleştirecektir.



**Şekil 3.16** Taşıyıcı Plaka

X düzleminde hareketi sağlayacak olan sistem şekil 3.17’de görüldüğü gibi tasarlanmıştır. Depolama sisteminin dikey hareketiyle malzemenin istenilen rafa

çıkarması, yerleştirmesi öngörölür. Yataydaki kızak üzerine malzemeyi alma/yerleştirme işlemleri tutacaklar vasıtasıyla yapılacaktır. Aynı şekilde raftan malzemeyi alıp istenilen yere dizmesi de söz konusudur.



Şekil 3.17 Depolama sisteminin hareketini sağlayan yatak sistemi modeli

### 3.1.8 Step Motor Seçimi İçin Hesaplamalar

Seçilen step motorun ve yatakla ilgili verileri yazalım (Bkz. Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Seçilen step motora ait özellikler

Seçilen Motor	TYPE KP54FP8-755
Toplam kütle m (gr)	88
Kayma yüzeyleri sürtünme katsayısı $\mu$	0,05
Vidalı mil verimi $\eta$	0,9
Tutma momenti Nm	25
Somun iç sürtünme katsayısı $\mu_0$	0,3
Vidalı mil çapı $D_b$ (mm)	10
Vidalı Milin uzunluğu $L_b$ (mm)	300

Vidalı mil malzemesi için yoğunluk p (kg/m <sup>3</sup> )	2705x10 <sup>üzeri-12</sup>
Vidalı mil adımı Pb (mm)	1
Çözünürlük Δl (mm/step)	0,015
İlerleme l (mm)	60
Pozisyonlama periyodu (s)	0,8
Gerekli çözünürlük Θs	6 veya daha kısa

-Gerekli çözünürlük:

$$\theta_s = \frac{360^\circ \times \text{adım başına ilerleme } (\Delta l)}{\text{vidalı milin adımı}} = \frac{360 \times 0.015}{1} = 5,4^\circ \quad (3.3)$$

-Çalışma pulse sayısı:

$$\text{Çalışma pulse sayısı} = \frac{\text{ilerleme miktarı} \times 360}{\text{vidalı mil adımı} \times \theta_s} = \frac{60 \times 360}{1 \times 5,4^\circ} = 4000 \quad (3.4)$$

-İvmeleme periyodunun belirlenmesi t1 (s):

İvmelenme periyodu pozisyonlanma periyodunun %25' dir.

$$t1 = 0,25 \times 0,8 = 0,2 \text{ s} \quad (3.5)$$

-Çalışma pulse hızı f2 (Hz):

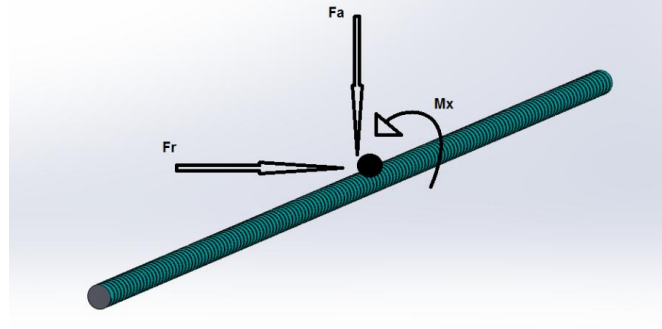
Çalışma pulse hızı

$$= \frac{\text{çalışma pulse sayısı} - \text{başlangıç pulse sayısı} \times \text{ivmeleme periyodu}}{\text{pozisyonlanma periyodu} - \text{ivmelenme periyodu}}$$

$$\frac{4000-0}{0,8-0,2} = 6666,6 \text{ (Hz)} \quad (3.6)$$

### 3.1.9 X Ekseni İçin Hesaplamalar

Aşağı-yukarı hareketin sadece sonsuz vidalı mil üzerinde olması ile oluşacak sehimin lineer harekette kasmalara yol açacağı için destek yataklar kullanılmıştır (Bkz Şekil 3.18).



Şekil 3. 18 Mile Etki Eden Kuvvet ve Momentlerin Gösterimi

Kütle = 88 gram

Hacim = 8096.08 mm<sup>3</sup>

Yüzey alanı = 8345.58 mm<sup>2</sup>

Kütle merkezi: ( milimetre )

$$X = 0.00$$

$$Y = 0.00$$

$$Z = 155.03 \text{ mm}$$

Birincil Eylemsizlik Eksenleri ve Birincil Eylemsizlik Momenti: ( gr \* mm<sup>2</sup> )

Kütle merkezinden alınmış (Şekil 3.19).

$$I_x = (-0.00, 0.00, 1.00) \quad P_x = 34.34$$

$$I_y = (-0.70, -0.72, 0.00) \quad P_y = 64871.71$$

$$I_z = (0.72, -0.70, 0.00) \quad P_z = 64873.07$$

Tabla ağırlığından gelen maksimum kuvvet (Fa):

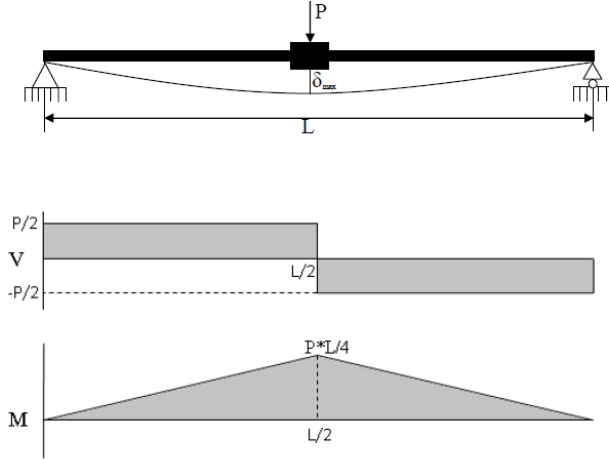
$$F_a = 0,647 \text{ N}$$

Mil Uzunluğu (L):

L= 400 mm

$$Mx = \frac{0,647}{2} \times \frac{0,3}{2} = 0,048 \quad (3.7)$$

$Mx <$  Statik moment ise uygundur.



Şekil 3. 19 Milin Önden Görünüşü Kesme Gerilmesi ve Moment

Eksene gelen max. kuvvet (P): 0,079 N

Mil Uzunluğu (L): 400 mm

Elastisite Modülü (E): 703599,9 kg/m<sup>2</sup>

Asal Atalet Momenti (I):

$$I1 = \frac{\pi}{4} \times r^4 \quad (r = 8 \text{ mm için}) \quad I1 = \frac{\pi}{4} \times 0,08^4 = 3 \times 10^{-5} \quad (3.8)$$

$$I2 = \frac{\pi}{4} \times r^4 \quad (r = 10 \text{ mm için}) \quad I2 = \frac{\pi}{4} \times 0,10^4 = 7 \times 10^{-5} \quad (3.9)$$

$$\delta_{\max} = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$(r = 8 \text{ mm için}) \quad \delta_{\max} = \frac{0,079 \times (0,4)^3}{48 \times 703599,9 \times 3 \times 10^{-5}} = 4,99 \times 10^{-6} \text{ mm hesaplanır.} \quad (3.10)$$

$$(r = 10 \text{ mm için}) \quad \delta_{\max} = \frac{0,079 \times (0,4)^3}{48 \times 703599,9 \times 7 \times 10^{-5}} = 2,13 \times 10^{-6} \text{ mm hesaplanır.} \quad (3.11)$$

Bu değerlere bakılarak sistemimizin daha hassas ve rijit çalışması için  $r = 10$  mm'lik vidalı mil kullanılması uygun görülmüştür (Uyanık ve Arkadaşları 2011).

### 3.1.10 Alt şase Sistemi

Bu tez çalışmasında Alt şase sistemi için aşağıda verilen materyaller kullanılmıştır;

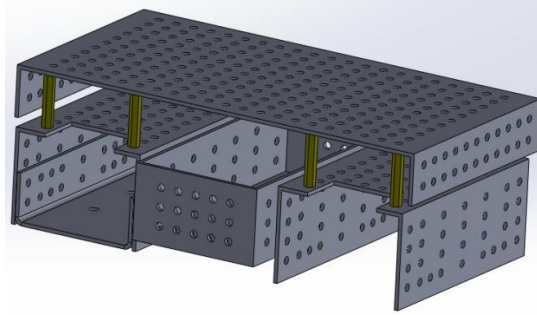
1. 2 Adet Al Malzeme 120x72x50 mm H Plaka
2. 1 Adet Al Malzeme 144x70x40 mm Orta Kutu Plaka
3. 2 Adet Plastik Malzeme 30x50x5 mm H plaka ile orta plaka arası destek
4. 8 Adet Al Malzeme M6x30 mm Destek ayaklar
5. 1 Adet Al Malzeme 230x120x27 mm st Plaka
6. 2 Adet  $\Phi 35$  Dış ap 67 mm,  $\Phi 34$  dış çap 68 mm T şeklinde Motor yuvası plastik
7. 2 Adet  $\Phi 27$ x50 mm Step Motor
8. 2 Adet Rover 5 Motor Sürücü Kartı
9. 2 Adet  $\Phi 10$ x17 mm şaft Kaplini
10. 2 Adet  $\Phi 120$ x60 mm Tekerlek
11. 1 Adet hareketli Oynak Maşa Tekerlek
12. 1 Adet Al Malzeme 120x67,5x27 mm Plaka
13. 1 Adet izgi Sensör Kiti

Alüminyum ve alüminyum alaşımları, korozyon dirençleri, mukavemet özelikleri ve özgül ağırlığının düşük olması, kolay biçimlendirilebilir olması, elektriği ve ısıyı iyi bir şekilde iletmesi gibi özeliklerinden dolayı son yıllarda endüstrideki kullanım alanları artma göstermiştir. Uygulama alanlarından bazıları aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- Nükleer uygulamalarda
- Kimya ve Gıda Sanayinde
- Araç gövdeleri, tanker ve kasa yapımında
- Boru ve ubuk (Hidrolik yapımında)
- Gemi ve bot yapımında

- Basınç ve kaynatma kap malzemelerinde
- Ofis ekipmanlarında
- Makine parçaları imalatında
- Gemi ve bot yapımında (Topalak 2012).

Birbirine paralel hizalanan 120x72x50 mm boyutlarındaki 2 adet H plaka, arasına desteklerde konularak 144x70x40 mm boyutlarındaki orta plaka ile sabitlenmiştir. Şekil 3.20’de görüldüğü gibi paralel sabitlenen plakalar üzerine, 8 adet destek ayaklarda konularak 230x120x27 mm boyutlarındaki üst plaka montajlanmıştır. Plakalar üzerinde ağırlığın azaltılması, ağırlık merkezinin kaymaması ve montajda kolaylık sağlaması amacıyla simetrik delikler bulunmaktadır.



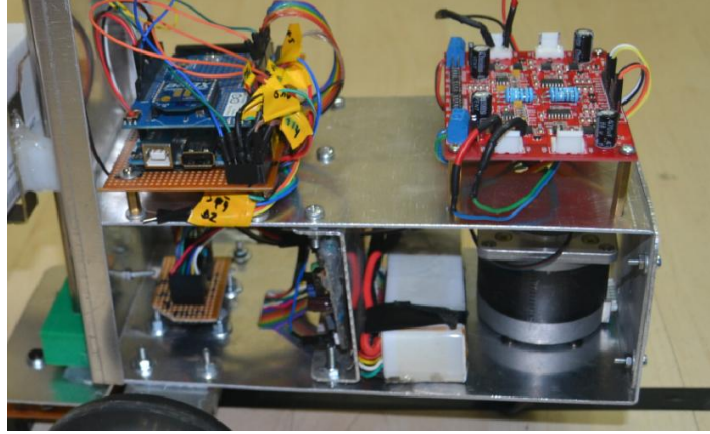
**Şekil 3.20** Plakaların Montaj Modeli

$\Phi 120 \times 60$  mm boyutlarındaki tekerleğe sıkı geçme olan şaft kaplini ile motor mili sabitlenmiştir (Bkz. Şekil 3.21).



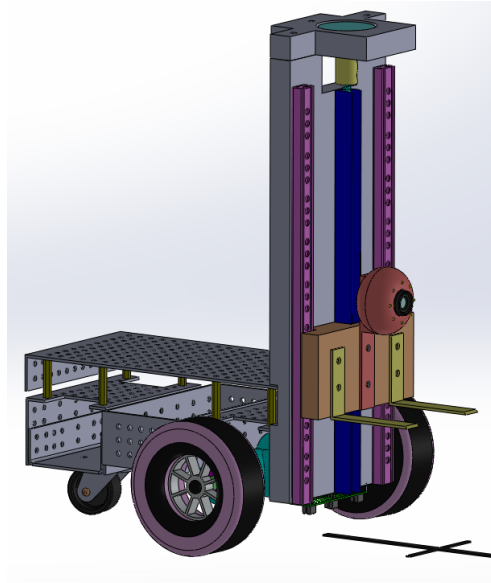
**Şekil 3.21** Tekerleğin görünüşü

35 mm ve 34 mm çapında 68 mm boyutlarındaki T şeklinde olan motor yuvasına sıkı geçme ile motor montajlanmıştır. Şekil 3.22’de görüldüğü gibi tasarlanan tekerlek düzeneği alt şasedeki H plakalara merkezlenmiştir. Böylece DC motordan elde edilen güç ile tekerleklere direk tahrik sağlanır. Tahrik edilen tekerlekler sayesinde Y ve Z düzleminde hareket elde edilmiştir.



Şekil 3.22 Alt Şase

Alt şase üzerine X düzleminde hareketi sağlayacak olan sistem 120x30x7 mm boyutlarındaki kanal kısmından konumlandırılarak Şekil 3.23’te tasarlandığı gibi montajı yapılmıştır.



Şekil 3.23 Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin tasarımı



### 3.1.10.1 DC Motor

Doğru akım uygulandığında elektrik enerjisini, sabit manyetik alan meydana getirerek mekanik enerjiye çeviren motorlara DC motor denir. DC motorlar; stator (gövde), mıknatıslar, armatür ve sargılardan oluşan rotor devre elemanlarından oluşur.

DC motorların çalışma prensibi; içerisinde bobinler sarılı olan rotor ve statorda oluşan manyetik akının birbirini itip çekmesi ile çalışmaktadır. İletkenden geçen akımı sabit tutup, manyetik alanın yönünü değiştirirsek veya manyetik alanı sabit tutup iletkenden geçen akımın yönünü değiştirildiğinde de hareket yönü değişmektedir. İletkenden geçen akım etrafında oluşan manyetik alanda iletkeni alanın dışına doğru itirmektedir. Bu itirme sonucunda mıknatısların N-S kutupları etkileşime girer ve ters kuvvetten dolayı rotor durmaktadır (İnt.Kyn.6).

Bu çalışmada 172:1 Metal Gearmotor 25Dx54L mm HP with 48 CPR Encoder DC motor modülü kullanılmıştır (Şekil 3.24).

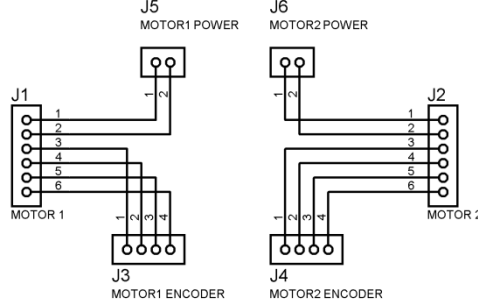


Şekil 3.24 DC Motor

Özellikleri:

- Çapı 4mm ve boyutları 66.5x25x25 mm ve silindirik yapıdadır
- Sarı kablo Hall sensor A output
- Beyaz kablo Hall sensor B output
- Mavi kablo Hall sensor VCC (3.5-20V)
- Yeşil kablo Hall sensor (GND)
- Siyah ve kırmızı kablo motor power (İnt.Kyn.6).

DC motorlardan gelen kabloların aktif bir şekilde kullanılabilmesi için encoder ve motor power iki ana parçaya ayrılmıştır (şekil 3.25).



Şekil 3.25 Şematik atlama gösterimi

### 3.1.10.2 Rover 5 DC Motor Sürücü Kartı

Bu motor sürücüsü ile motorların yünü için locik 0 ya da locik 1 ve PWM sinyali için hız pini ile kontrolü yapılabilir. Bu yol ile dört motorun ayrı bir şekilde kontrolü 8 GPIO pin bağlantısı ile sağlanabilmektedir (Şekil 3.26). Sadece bir interrupt pininden XOR kapısı kullanarak tüm enkoderlerin bilgisi okunabilmektedir. Kartta iki güç bağlantı ucu bulunmaktadır (İnt.Kyn.7).

Özellikleri:

- 4 x Düşük Direnç FET "H" Köprüleri
- Her kanal 4A Stallakım
- Kullanımı kolay konntrol Locik
- Her Kanal için akım izleme.
- Enkoder sinyal birleştirici devresi (İnt.Kyn.6).



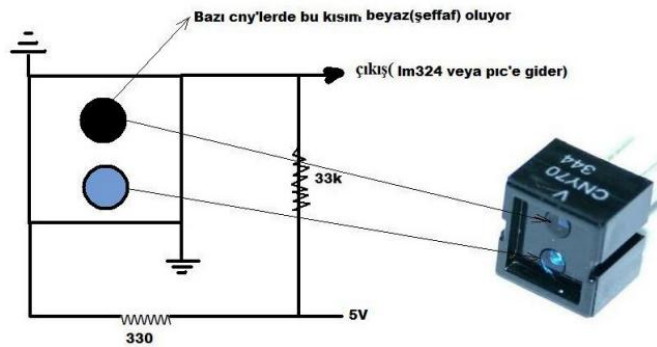
### 3.1.11 Sensörler

Sensörler; insan duyu ve algılarını makine uygulamalarında taklit etme yeteneğine sahip araçlardır. Fiziksel bir büyüklüğün algılanması veya ölçülmesi amacı ile bir sinyal üretmektedir. Fiziksel büyüklükler: konum, hız, ivme, kuvvet, tork, sıcaklık, uzama olabilir. Algılayıcılar makina ve süreç denetiminde sıkça kullanılmaktadır. Sayısal veya analog olarak çalıştırılmaktadır. Sayısal algılayıcılar; bilgisayarda kullanıma hazır sinyaller üretmektedir. Analog algılayıcılar ise; A/D dönüştürücü yardımıyla bilgisayarla iletişim kurulmaktadır.

Algılayıcıları değerlendirmek için şu kriterler mevcuttur:

- Doğruluk : Ölçülen büyüklük ile algılayıcı çıkışı arasındaki uyumdur.
- Çözünürlük : Ölçülen büyüklükteki en küçük değişim miktarına algılayıcının verebileceği değer olarak tarif edilir. Denetim açısından önemlidir.
- Tekrar Edilebilirlik : Tekrar eden ölçümler halinde değerden sapmalar ortaya çıkar.
- Menzil ( Range): Ölçülebilen büyüklüğün alt ve üst sınırıdır.
- Dinamik Cevap : Ölçülen değişkenin sahip olduğu dinamik davranışa algılayıcının gösterdiği reaksiyondur. Dinamik cevap algılayıcının elektrik ve mekanik özellikleri ile sınırlıdır (Ersöz 2007).

Bu çalışmada 6 adet CNY 70 sensör modülü kullanılmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28 Çizgi Sensör Kiti

Yayıdığı kızılötesi ışıklardan çıkış veren kontrast sensör tipine CNY70 sensör modülü denir. Bu sensör modülü algılayıcıları ile önündeki beyaz yansıtıcı yüzeylerin kontrolü yapılmaktadır. Kızılötesi ışıkları yere temas edip, transistörün üzerine düşmesiyle transistörün anahtarlama görevi görmesi sağlanılmaktadır. Böylelikle transistör anahtarlama görevi görerek pinini sıfıra çekmiştir. Siyah gördüğü zaman ışığı soğurarak yansıma yapmaz ve pin her zaman 5 volt'u göstermektedir. Beyaz gördüğü zaman ise ışığı yansıtır ve sensör pinini sıfıra çektiğinden tetikleme gerçekleşmektedir (İnt.Kyn.8).

### **3.1.12 İnsansız Hareket Edebilen Sistemlerde Dikkat Edilecek Hususlar**

#### **3.1.12.1 Çalışma Hacmi**

Robotun duruş şekline göre her türlü ulaşabileceği konum, o robotun uzaysal hacmi oluşturur. Bir robotun çalışma alanının büyümesi, robot uzuv boyutlarının artmasına bağlıdır. Bununla birlikte robotun; ataleti, gerekli motor gücü, enerji tüketim miktarında da artış görülür (Ersöz 2007).

#### **3.1.12.2 Tekrarlanabilirlik**

Robottan istenilen hareketleri tekrarlaması sonucunda, robotun uç noktası ile öğretilen işlem arasında oluşabilecek maksimum hata miktarıdır. Genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değeri; 0,1mm ile 0,2mm arasında olması yeterli olabilmektedir (Ersöz 2007).

#### **3.1.12.3 Yük Taşıma Kabiliyeti ve Hız**

Yük taşıma kapasitesi değerleri, taşınan malzemenin boyutu ve şekline göre değişir. Tekrarlanabilirlik değerini koruyarak minimum hızda taşıyabileceği yüke maksimum yük değeri denir (Ersöz 2007).

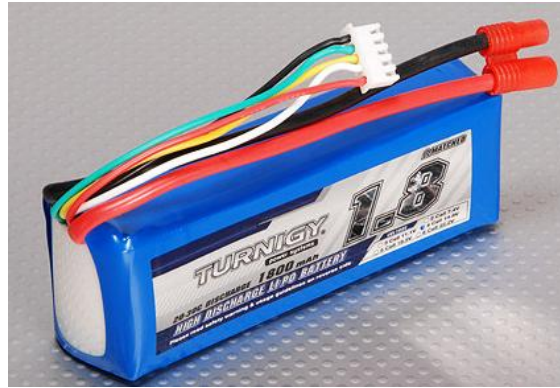
#### **3.1.12.4 Kontrol Ünitesi**

Kontrol ünitesi kulacının esnekliğine göre değişim göstermektedir. Kullanılan kontrol

ünitesi robot sistemine eklenen yeni bir konumlandırıcıya ilave edilen eksen kartlarına cevap verebilecek yapıda olmalıdır. Öncelikle robot üretim basamaklarında izlenmesi istenilen yol, programlanmaktadır. Robotun kendi programındaki komutlarla izlenmesi gereken yörünge üzerindeki referans noktaları belirlenmektedir. Kontrol ünitesi ile de algıladığı bu değerler üzerinden robotun izlenmesi gereken yolu ve yapılması gereken işlem basamakları öğrenilmiştir. Programdan elde edilen bu verilere ve geri besleme sinyallerine dayanarak, motora uygulanması gereken hız, moment ve dönme miktarı kontrol ünitesi tarafından belirlenmiştir (Ersöz 2007).

### 3.1.13 Güç Kaynağı (Batarya)

Bu çalışma için şekil 3.32’de görülen; kapasitesi 1800 mAh olan, şarj edilebilir 14.8V dört hücreli Li-Po batarya kullanılmıştır (Şekil 3.29) (İnt.Kyn.9).



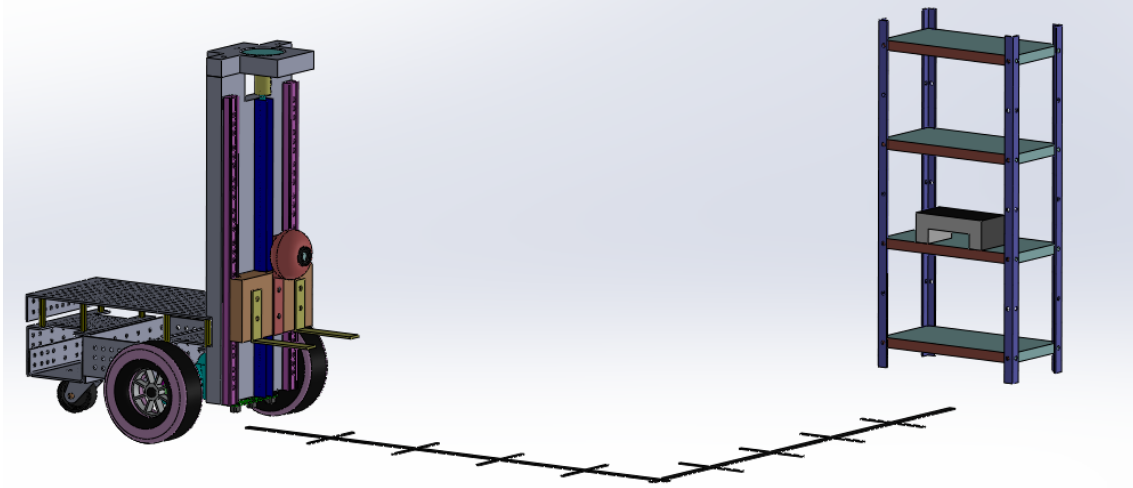
Şekil 3.29 Li-Po batarya

## 3.2 Metod

### 3.2.1 Sistemin Çalışma Prensibi

Bu çalışmadaki ölçüt robotun öteleme ve dönme hareketi yaparak istenilen konuma gelmesidir. Bununla birlikte ürünün yerini tespit ederek, cismi sarsmadan veya herhangi bir yere çarpmadan alınıp yerine konulmuştur. Parça tanımlandıktan sonra tanımlanan parçanın hangi depo alanına götürüleceği veritabanından sorgulanmıştır. Daha sonra o koordinata varabilmek için gerekli olan hareketler hesaplanmıştır. Hesaplanan

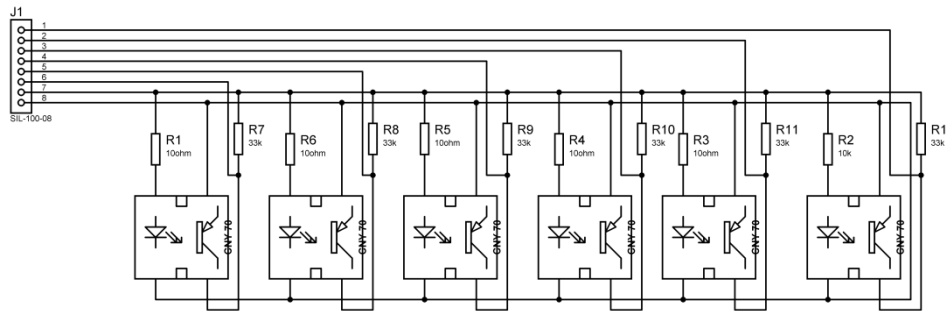
hareketler sürücülerin anlayacağı türden sinyal bilgisine dönüştürülmüştür. Dönüştürme işlemi ile step motorun hareket ettirilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan bu bilgi, step motor kontrolörüne gönderilmiştir. Bu sayede sistem harekete geçmiş bulunmaktadır. Sistemin hareketiyle parçaların taşınması sağlanmaktadır (Bkz. Şekil 3.30).



Şekil 3.30 Sistem Şeması

### 3.2.2 Çizgi Takip Etme Sistemi

Sistem için tasarlanan çizgi izleme takip sistemine ait şematik devre şekil 3.31’de gösterilmiştir.



Şekil 3.31 Çizgi takip sistemine ait şematik devre

8 girişli dişli sokette; 1,2,3,4,5,6 numaralı pinler sensörlerden alınan verileri okumak için, 7 numaralı pin +5 besleme volt ve 8 numaralı pinde ise GND (topraklama)

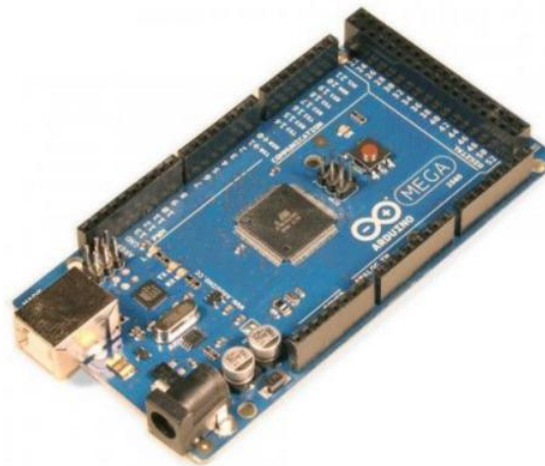
bulunur. Bu şematik devre ile çizgi takip ettirilerek, sistemin siyah bant çekili pistte hareket ettirilmesi sağlanılmıştır.

### 3.2.3 Yazılım (Arduino)

Bu sistemde Arduino Mega 2560 R3 kullanılmıştır (Şekil 3.32). Arduino Mega 2560, basit bir I/O kartı ve İşleme/Kablolama dilini kullanan, açık kaynaklı fiziksel hesaplama platformudur. Arduino Mega Atmega 2560 tabanlı bir mikroişlemci kartıdır. Üzerinde 54 dijital giriş / çıkış pini (bunlardan 14'ü PWM çıkışları olarak kullanılabilir), 16 analog girişten, bir 16 MHz kristal osilatör, 4 UART'tan (donanımsal seri portları), bir USB bağlantısı, bir ICSP bağlantısı, bir güç girişi ve bir reset butonu bulunmaktadır (İnt.Kyn.10).

Arduino özellikleri:

- ATmega2560 mikrodenetleyici
- 16Mhz Hızı
- 256k Flaş Bellek
- 16 Analog Girişleri
- 54 Dijital I / O Pini (14 pini PWM çıkışı olarak kullanılabilir)
- Giriş voltajı -> 7-12V (İnt.Kyn.10).

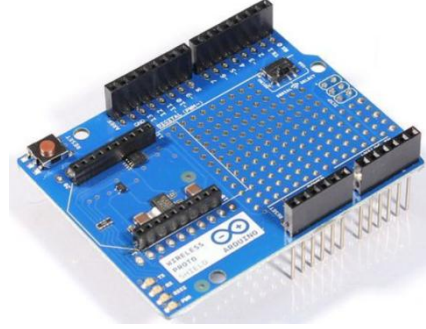


Şekil 3.32 Arduino Mega 2560 R3

#### 3.2.3.1 Shield - Wireless Shield (Arduino XBee Shield)



Bu sistemde Shield - Wireless Shield (Arduino XBee Shield) kartı kullanılmıştır (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Shield - Wireless Shield

Bu, Arduino platformu için mükemmel bir shield'dır. Bu shield'in üzerinde bir XBee modül yeri bulunmaktadır. Herhangi bir XBee modülü shield ile çalıştırılabilmektedir. (İnt.Kyn.11).

### 3.2.3.2 Kablosuz İletişim Modülü

XBee XB24-Z7CIT-004 bir kablosuz (wireless) iletişim modülüdür. Seri 2 data protokolünü ve güç çıkışını düzeltmektedir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34 Kablosuz (wireless) iletişim modülü

Xbee mikro işlemciler, bilgisayarlar, sistemler ve hatta seri portu olan her şey ile oldukça güvenilir ve kolay bir haberleşmeyi sağlamaktadır. Noktadan noktaya (point to point) ve çoklu-nokta ağları (multi point) desteklenmektedir. Xbeeler ile sadece seri

iletişim protokolünü kullanarak point to point ve multipoint kablosuz ağlar kurulabilmektedir (İnt.Kyn.12).

Kablosuz (wireless) iletişim modülünün özellikleri:

- 3.3V - 40mA
- AT or API komut seti
- FCC Sertifikası
- 128-bit şifreleme
- Dahili PCB Anten
- 400ft (120m) aralık
- 6 10-bit ADC giriş pinleri
- 250kbps Maksimum data oranı
- 2mW Çıkış (+3dBm)
- 8 dijital I/O pinleri (İnt.Kyn.12).

### 3.2.3.3 XBee Explorer USB

Bu çalışmada XBee modülleri ile beraber kullanmak için kullanımı kolay bir USB'den seriye gövde ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.35). Bu ünite Seri 1 ve Seri 2, standart ve Pro versiyonları da dahil olmak üzere bütün XBee modülleri ile çalışmaktadır (İnt.Kyn.13).



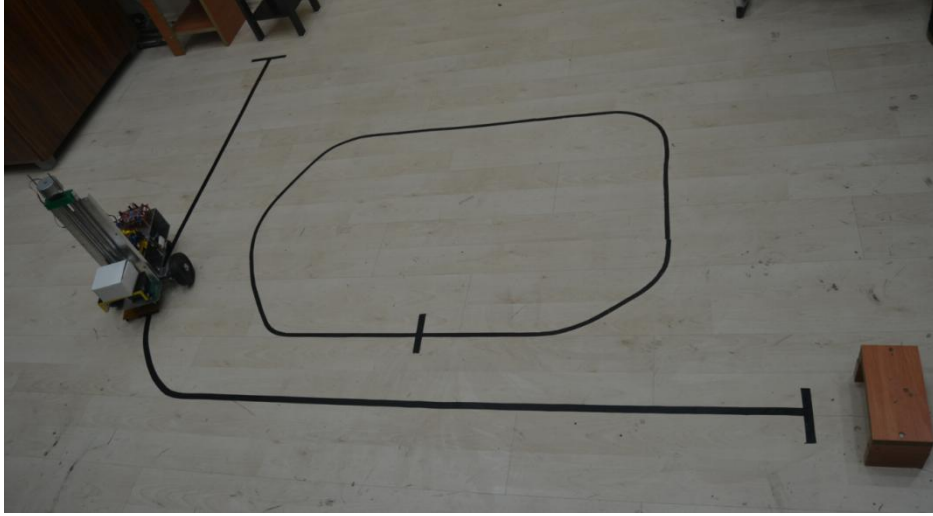
Şekil 3.35 XBee Explorer USB

### 3.2.4 Mekanik Sistemin Kurulması

Sistem kurulurken parçaların ağırlığı, sürtünmeleri gibi etkenler önceden hesap edilerek tasarıma katılmamıştır. Bu etkenler mekanik sistem kurulduktan sonra çeşitli

müdahalelerle en aza indirilmeye çalışılmıştır. Bu müdahaleler sürtünme olan yerlerin yağlanması ya da sürtünmenin en aza indirilmesi için tekerlekli bir mekanizmanın sağlanması gibi işlemler olmuştur (Yılmaz 2006).

İnsansız hareket edebilen otomatik depolama ve boşaltma sistem eğitim setinin imalatı Şekil 3.36’da görüldüğü gibi kurulmuştur.



Şekil 3.36 İnsansız hareket edebilen otomatik depolama ve boşaltma sistemi eğitim seti

### 3.2.5 Hareket Bilgisinin Oluşturulması

Parça tanımlandıktan sonra tanımlanan parçanın hangi depo alanına götürüleceği veritabanından sorgulanmıştır. Daha sonra o koordinata varabilmek için gerekli olan hareketler hesaplanmıştır. Hesaplanan hareketler sürücülerin anlayacağı türden sinyal bilgisine dönüştürülmüştür. Dönüştürme işlemi ile DC motorun hareket ettirilmesi amaçlanmıştır (Akpınar 2008).

Oluşturulan bu bilgi DC motor kontrolörüne gönderilmiştir. Seçilmiş olan DC motor kontrolörü kapalı çevrim çalışan zeki bir kontrolördür. Bu kontrolör gayet hassastır. Daha önceden hesaplanmış olan koordinat bilgileri ilgili DC motora gönderilir. Bu sayede robot harekete geçmiştir (Akpınar 2008).

## 4. BULGULAR

### 4.1 Uygulama Adımları

Motorları sürmek için output pinleri çıkış olarak ayarlanmıştır. 7 numaralı pin step motorun yönü, 8 numaralı pin step motor olarak maskelenmiştir. 3 numaralı pin sol motor, 11 numaralı pin sağ motor pini olarak geçmektedir. 12 numaralı pin sol motor yön pini, 13 numaralı pin ise sağ motor yön pini olarak kodlaması yapılmıştır (Çizelge 4.1). Arduino programındaki uygulama adımlarının tamamı EK-1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çıkış Pinlerinin Gösterimi

Çıkış Pinleri	Açıklama
7 numaralı pin	Step motor yönü
8 numaralı pin	Step motor
3 numaralı pin	Sol DC motor
11 numaralı pin	Sağ DC motor
12 numaralı pin	Sol DC motor yönü
13 numaralı pin	Sağ DC motor yönü

Değişken ve gecikme miktarı tanımlanıp değerleri sıfır olarak atanmıştır. Tanımlanan hız miktarının değeri 40 olarak belirlenmiştir. 3 ve 11 numaralı pinler, Arduinio ‘dan motor sürücüyeye giden PWM bacakları olarak belirlendi

const int M2\_A = 13 (4.1)

const int M1\_A = 12 (4.2)

şeklinde kodlanılmıştır.

2,4 ve 5 numaralı pinlere, sensörlerin pinleri atanmıştır. Ara yüze gelen metin; 15 karakterli string bir veri olarak tanımlanmıştır. Gelen metnin ilk dört karakteri STP, CZG, DNM ve MNL ilk metin olarak; ikinci dört karakteri STP için YUKR, ASAG ve STOP ikinci metin olarak belirlenmiştir. Üçüncü metin gelen metnin üçüncü üç karakteri ve dördüncü metin gelen metnin dördüncü beş karakteri olarak

tanımlanmıştır. Ayarlamaların başladığı alt program aşağıda görüldüğü gibi yazılmıştır.

```
void setup()
{
  pinMode(solMotorPini, OUTPUT);
  pinMode(sagMotorPini, OUTPUT);
  pinMode(solMotorYonPini, OUTPUT);
  pinMode(sagMotorYonPini, OUTPUT);

  pinMode(M1_A, OUTPUT);
  pinMode(M1_PWM, OUTPUT);

  pinMode(M2_A, OUTPUT);
  pinMode(M2_PWM, OUTPUT);

  // turn motors Off by default
  M1_stop();
  M2_stop();

  pinMode(stepyon,OUTPUT);
  pinMode(steppe,OUTPUT);
  digitalWrite(stepyon,LOW);
```

Aşağıda belirtilen komutlar girildikten sonra programın robot ile iletişime hazır hale geçtiği görülmektedir.

```
Serial.begin(9600);
Serial.println("Program Basladi"); // so I can keep track of what is loaded
Serial.println("Robot Iletisime Hazir"); // so I can keep track of what is loaded
```

Döngü başlatılmıştır (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2** Karakterlerin belirlenmesi

	<b>Karakter</b>	<b>Açıklama</b>
İlk metin	0-3	İlk üç karakterden sonra sayısal değer gelmektedir.
İkinci metin	3-7	İkinci dört karakterden sonra sayısal değer gelmektedir.
Üçüncü metin	7-10	Üçüncü üç karakterden sonra sayısal değer gelmektedir.
Dördüncü metin	10	Dördüncü beş karakterden sonra sayısal değer gelmektedir.
Gecikme miktarı	7-8	Dördüncü beş karakterden sonra sayısal değer gelmektedir.

İlk metin işlemlerinin yazılmasında; step motor işlemleri STP, çizgi takip işlemleri CZG, arac dönme işlemleri DNM, Manuel kontrol işlemleri MNL, arac durma işlemleri DUR komutları ile tanımlanmıştır.

Motor işlemleri için yazılan alt programda ise seri porttan alınan veriler karaktere dönüştürülmüştür. Daha sonra çağrılarak ana program içerisinde çalıştırılmıştır. Adım gecikme miktarı değerleri değiştirilerek motorda ses ve hız ayarları yapılmıştır. Gürültüsüz ve istenilen hız değeri için adım gecikme miktarı 2 mili saniye olarak seçilmiştir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3** Ses ve hız değerleri

<b>Adım Gecikme Miktarı</b>	<b>Ses</b>	<b>Hız</b>
1 mili saniye	Gürültülü	Hızlı
2 mili saniye	Sessiz	Kararlı

3 mili saniye	Az gürültülü	Yavaş
4 mili saniye	Gürültülü	Çok yavaş
5 mili saniye	Çok gürültülü	Çok daha yavaş

Dördüncü metin gelen adım değeri ile sensör değerleri okunmaya başlanılmış ve sistem çizgiyi takip etmiştir.

Sensör değerleri okunmaya başlanmıştır. Case 20 değerinde, en soldaki sıfır ve birinci sensör siyah bantı gördüğünde sağdaki DC motora tam güç verilerek sistemin sola doğru dönmesi sağlanmıştır. Case 30, Case 40 ve case 60 değerinde, soldan 1. sensörün algıladığı durum, sağdaki DC motor tam güç soldaki DC motorun yarım güç verilerek harekete devam edilmiştir. Case 70, case 80 ve case 90 değerinde, 3. ve 4. sensörün algıladığı durum olup, soldaki DC motora tam güç sağdaki DC motora yarım güç verilerek harekete devam edilmiştir. Case 100 değerinde sensörün beyaz olduğu durumda sistemin kendi etrafında dönmesi gerçekleştirilmiştir. Robot Sistemi siyah bant üzerinde ilerlemeye başlarken şekil 4.1 'de görüldüğü gibi değerler almaktadır.

Şekil 4.1 İlerleme esnasında robot bağlantı ara yüzünden alınan değerler

Rafların arasındaki mesafe 100 mm ve kalınlığı 15 mm olarak ölçülmüştür. Toplam adım değeri 310 olduğunda 6.2 mm'lik mesafe olarak ölçüm testi yapılmıştır (Şekil 4.2).

Şekil 4.2 Mesafe kontrolü

Hedeflenen merkeze varan robotun malzemeyi raftan alması için aşağı yukarı gidilecek mesafe belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Sistem ile raf arasındaki mesafe kontrolü

Raf numarası	Toplam Adım Değeri	Mesafe Değeri (mm)
1	6000	120
2	11750	235
3	22500	450

Üzerinde malzeme bulunun robot sistemi, hedef noktasına kadar sensörlerin okunmasıyla harekete devam edildi. Çizgiyi takip ederek hedef noktasına varan sistem malzemeyi düşürmeden bırakması için gerekli manevralar yaparak raf sistemine yanaşması gerekmektedir. Bu kontrol manuel olarak da sağlanabilmektedir.

Sistemde adım adım yapılan işlemler kısaca özetlenir;

- Daha önce tanımlanan cismin alınması için yerinin belirlenmesi (palet, kasa vb. parçaların belirlenmesi)
- Taşıyıcı Plakanın L tutacaklarına Z ekseninde hareket verip cismin



yakalanmasının sağlanması ve tutacakların Z ekseninde eski pozisyonuna gelmesi

- Tanımlanan cismin depolanacağı alanın belirlenmesi ( tanımlanan bütün parçalar için farklı depolama alanlarının belirlenmesi, bu sayede uygun istiflemenin yapılabilmesi )
- İnsansız hareket edebilen robotun istenilen depolama alanına uygun pozisyona getirilmesi (Taşıyıcı plaka üzerindeki cismi, depolama alanına bırakılması )
- İnsansız hareket edebilen robotun başlangıç pozisyonuna ait koordinatlara geri gelmesi.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Birçok alanda uygulama ortamı bulan gezgin robot sistemlerinde bu teknolojiyi kullanmak, gelişimine katkı sağlamak ve bu alanda araştırmacı yetiştirmek önemlidir. Gezgin robotlarda, çalışma alanları ve kullanılan yöntemler geliştirilmesiyle uygulanan şekilde güncellenmektedir. Gerçek boyuttaki robotlarla, bu döngüyü gerçekleştirmek ortamın kurulumu esnasında zaman kaybına, zamanla robotların yıpranmasına, enerji kaybına ve maddi sıkıntılara sebep olmaktadır. Bu nedenle, portatif dediğimiz benzetim araçlarının kullanımı bu olumsuz faktörlerin giderilmesini sağlamıştır. Diğer taraftan kullanıma hazır portatif bu robotlar, sundukları görsellik ve gerçeğe yakın veriler ile eğitim amacıyla da kullanılmaktadır. Bu portatif robotlar eğitimde, bir laboratuvar ortamında gerçek robot sistemlerine ihtiyaç duyulmadan öğrenilen yöntemleri uygulayabilmeyi, analizleri gerçekleştirmeyi ve sonuçlarını gözlemlemeyi sağlamaktadır (İnt.Kyn.14).

İnsansız hareket edebilen otomatik depolama ve boşaltma sisteminin sürüş testlerinde çizgiyi sorunsuz bir şekilde sağa sola yalpa yapmadan takip etmesi sağlanılmıştır. Sisteme değişik besleme gerilimleri uygulanmış ve farklı hızlarda çalıştırılması sağlanılmıştır. 12 volt'luk besleme geriliminde DC motorların çalışma hızının düştüğü görülmüştür. İstenilen en iyi hız değerine 14.8 volt'luk besleme gerilimi uygulandığında varılmıştır.

Sistemin sorunsuz bir şekilde çalışabilmesi için bir düzenek kurulmuştur. Beyaz zemine çekilen siyah bantlar üzerinde sistemin hareket ettirilmesi sağlanılmıştır. Kullanılan beyaz zeminin temiz olması dikkat edilmesi gereken bir husustur. CNY70 sensörler siyah bantları algılayarak sistemi hareket ettirdiğinden, zemin üzerindeki kirlilik oranının hareketin doğrusal ilerlemesinde sorun teşkil ettiği gözlemlenilmiştir.

Aşağı yukarı hareket edilerek raftan malzemenin sorunsuz bir şekilde alınması gerekmektedir. L tutacakların malzemenin altına gelecek mesafeye indirilmesi, sistemin bir miktar yukarı çıkarak malzemeyi alması ve bir miktar geriye gelerek 180°'lik dönüşle tekrar çizgi takip yolunu yakalaması için, raf ile sistem arasındaki mesafe doğru bir şekilde ayarlanmalıdır.

Sistem hareket halinde iken üzerinde bulunan step motorun bir miktar ısındığı gözlemlenilmiştir. Bu sebeple sistem üzerine anahtar görevi gören röle devresinin kurulması öngörülmektedir. Böylece step motorun kullanılmadığı durumlarda enerji kesilmiş olacak ve ısınmanın önüne geçilecektir.

Bu çalışmada; sadece ürün geliştirme ve proses iyileştirme çalışmaları değil, aynı zamanda malzeme taşıma-aktarma, depolama-boşaltma sistemlerinin tasarımında da otomasyon teknolojilerinin, etkin bir şekilde kullanılabilir olduğu gösterilmiştir. Otomasyonlu depolama ve boşaltma sistemlerinde iş gücü ve maliyeti azaltmak, kısıtlı alanda yüksek depolama kapasitesini sağlamak mümkündür.

Bu çalışma ile tasarlanan robot uygulaması makine mühendisliği, elektrik ve elektronik mühendisliği ve mekatronik mühendisliği öğrencilerine de örnek eğitim aracı olacaktır. Mekatronik eğitiminde laboratuvar ve uygulamalı dersler, uygulama olmadan ders konularının anlaşılır olmasını zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda gerçeğe yakın eğitim araçlarının laboratuvar ortamında yapılabilmesi ve kullanılabilmesi gerekmektedir. Nihai amacı gerçek olan sistemin portatifi, öğrencilerin eğitimdeki anlayışını da geliştirecektir. Çünkü sistem geliştirilmeye ve genişletilmeye uygun bir yapıdadır. Bu pilot çalışma sadece robot uygulaması olmayıp; mekatronik eğitimde kullanılacak bir laboratuvar ortamının oluşturulmasına zemin oluşturacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- AKPINAR, Ö. (2008). Depolama Amaçlı Görüntü İşleme Tabanlı Bir Kartezyen Robot Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- AS/RS Association of the Material Handling Institute, Inc., (1999). Consideration for Planning an Automated Storage/Retrieval System.
- BAL, G. (2004). Adım Motorları, Özel Elektrik Makineleri. Aydın Kitapevi, Ankara. 197
- BAYRAK, A. (2007). Beş Eksenli Bir Robot Kolunun Simülasyonu ve Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ÇİÇEK, S. (2006). Renge Göre (Kırmızı, Yeşil, Mavi) Malzeme Taşıyan Robot Kolu Tasarımı ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ERSÖZ, H. (2007). Endüstriyel Robotlar ve Uygulama Alanları. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İNCELER, S. (2006). Otomatik Stoklama Sistemi İşletme Uygulaması Sistem Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KOCA, H. (2007). Robot Manipülator Denetimi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- MORSE, M.J. (1994). Adım Motorlar, 8. Mikroişlemci-Tabanlı Sistemler. (Editör Prof. Dr. ALSAN, S.) Everen Ofset, Ankara. 338
- SEN, P.C. (1997). Special Machines,8. Principles of Electric Machines And Power Electronics. (Editors:Robey,C., Kuehn,T.). USA. 615
- OKUR, S. (2002). Çok İşlevli Paletli Robot Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÖZYALÇIN, İ. (2006). Kartezyen Robot Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.

- TOPALAK, M. (2012). Tabakalı Kompozit Levhalarda Cıvata ve K r Perçinlerin BirleŖmeye Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar
- UYANIK, S., AKPINARLI, L., SABANCI, S., ÖZCAN, R., KUYUCU, M., YILDIZ, S. (2011). Bilgisayar Kontrollü X-Y-Z Tablası Tasarımı ve İmalatı. Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- YABANOVA, İ. (2007). Otomatik Stoklama ve Stok Yenileme Sistemlerinin İncelenmesi ve Mermer Sektörüne Yönelik Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- YILMAZ, M. (2007). Step Motor İle İki Eksenli Robot Kol Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- YILMAZ, S. (2006). Bir Robot Kolu Mekanizmasında Adım Motorları Vasıtasıyla Verilen Koordinatlara Hareketin Ger ekleŖtirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- YORULMAZ, S., YILMAZ, A. (2007). Hedef Bulan Robot Projesi. Elektrik Mühendisleri Odası 3. Proje Yarışması, İstanbul.

## İnternet Kaynakları

1. <http://robotbilim.org.tripod.com/tarihce.html> , (11.12.2013).
2. <http://www.lojisturk.net/haber.php?hid=1296659445> , (15.05.2012).
3. <http://www.endtas.com/robot/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=28> , (11.12.2013).
4. <http://www.genbilim.com/content/view/4096/91/> , (11.12.2013).
5. [http://robast.com/Robotlu\\_Akilli\\_Depo\\_Yonetim\\_Sistemleri.html](http://robast.com/Robotlu_Akilli_Depo_Yonetim_Sistemleri.html), (11.12.2013).
6. <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/dc-motor-calisma-prensibi-472/> ,(05.02.2014)
7. <http://www.robitshop.com/Rover-5-Motor-Surucu-Karti-Rover-5-Motor-Driver-Board,PR-2828.html>, (26.12.2013).
8. <http://robot.ee.hacettepe.edu.tr/Dosyalar/makaleler/CNY70.pdf> , (26.12.2013).
9. [http://forum.donanimhaber.com/m\\_39225706/tm.htm](http://forum.donanimhaber.com/m_39225706/tm.htm), (26.12.2013).
10. <http://www.robitshop.com/Arduino-Mega-2560-R3-Yeni-Versiyon,PR-1735.html>, (26.12.2013).
11. <http://www.robitshop.com/Shield-Wireless-Shield-Arduino-XBee-Shield,PR-1752.html>, (26.12.2013).
12. <http://www.robitshop.com/XBee-2mW-PCB-Antenna-Series-2-ZigBee-Mesh,PR-2301.html>, (26.12.2013).
13. <http://www.robitshop.com/XBee-Explorer-USB,PR-420.html>, (26.12.2013).
14. [http://www.emo.org.tr/ekler/d9f7023d393e7e9\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/d9f7023d393e7e9_ek.pdf) , (05.02.2014).

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fehime Şeyma ÖZTÜRK  
Doğum Yeri ve Tarihi : ADAPAZARI 27/10/1987  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 0554 311 55 74 / fehimeseyma@hotmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mithatpaşa Anadolu Lisesi Fen Bölümü 2001-2004  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Makine Resmi ve  
Konstrüksiyon Öğretmenliği 2006-2010  
Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği  
Tamamlama Programı 2013-Devam  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı 2010-2014

## **EKLER**

### **EK-1**

#### **Arduino Programı**

```
const int stepyon = 7; // STEP MOTOR YÖNÜ
const int stepp = 8; // STEP
const int solMotorPini = 3;
const int sagMotorPini = 11;
const int solMotorYonPini = 12;
const int sagMotorYonPini = 13;

int incomingByte = 0;
int GecikmeMiktari = 0;
int hiz = 40;

// if using Ardumoto, change to pin 13
const int M1_PWM = 3;
const int M2_PWM = 11;

const int M2_A = 13; // if using Ardumoto, change to pin 12
const int M1_A = 12;

#define NUM_SENSORS 5 // number of sensors used
#define NUM_SAMPLES_PER_SENSOR 4 // average 4 analog samples per sensor
reading
#define EMITTER_PIN 2 // emitter is controlled by digital pin 2

unsigned int sensorValues[NUM_SENSORS];
int durum;
int mesafe = 0;

String GelenMetin; // gelen metin 15 karakterli string bir veridir.
```



```
String ilkMetin; // Gelen metnin ilk üç karakteridir. STP, CZG, DNM, MNL
String ikinciMetin; // Gelen metnin ikinci dört karakteridir STP için YUKR, ASAG,
STOP
String ucuncuMetin; // Gelen metnin üçüncü üç karakteridir
String dorduncuMetin; // Gelen metnin dördüncü beş karakteridir.
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
pinMode(solMotorPini, OUTPUT);
```

```
pinMode(sagMotorPini, OUTPUT);
```

```
pinMode(solMotorYonPini, OUTPUT);
```

```
pinMode(sagMotorYonPini, OUTPUT);
```

```
pinMode(M1_A, OUTPUT);
```

```
pinMode(M1_PWM, OUTPUT);
```

```
pinMode(M2_A, OUTPUT);
```

```
pinMode(M2_PWM, OUTPUT);
```

```
// turn motors Off by default
```

```
M1_stop();
```

```
M2_stop();
```

```
pinMode(stepyon,OUTPUT);
```

```
pinMode(steppe,OUTPUT);
```

```
digitalWrite(stepyon,LOW);
```

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

```
Serial.println("Program Basladi"); // so I can keep track of what is loaded
```

```
Serial.println("Robot Iletisime Hazir"); // so I can keep track of what is loaded
```

```

}

void loop()
{

while (Serial.available())
{
if (Serial.available() >0)
{
GelenMetin = Serial.readStringUntil('\n'); // enter'e kadar girin metinsel değerleri
okur
// Serial.println(GelenMetin);
}
}

if (GelenMetin.length() >0)
{
// Serial.println(GelenMetin); // STPYUKR0001000
ilkMetin = GelenMetin.substring(0,3); // ilk üç karakterden sonra sayısal değer
geliyor.
ikinciMetin = GelenMetin.substring(3,7); // ikinci dört karakterden sonra sayısal
değer geliyor.
ucuncuMetin = GelenMetin.substring(7,10); // üçüncü üç karakterden sonra sayısal
değer geliyor.
dorduncuMetin = GelenMetin.substring(10); // dördüncü beş karakterden sonra
sayısal değer geliyor.
GecikmeMiktari = stringToInt(GelenMetin.substring(7,8)); // dördüncü beş
karakterden sonra sayısal değer geliyor.
}

if(ilkMetin.equals("STP"))

```

```
{
  STEPMotorIslemleri();
}
else if(ilkMetin.equals("CZG"))
{
  CizgiTakipIslemleri();
}
else if(ilkMetin.equals("DNM"))
{
  AracDonmeIslemleri();
}
else if(ilkMetin.equals("MNL"))
{
  ManuelKontrolIslemleri();
}
else if(ilkMetin.equals("DUR"))
{
  AracDurmaIslemi();
}
}
```

void STEPMotorIslemleri() // dorduncuMetin gelen adım değeridir.

```
{

if (ikinciMetin.equals("YUKR"))
{
  digitalWrite(stepyon,HIGH);
}
else if (ikinciMetin.equals("ASAG"))
{
  digitalWrite(stepyon,LOW);
}
```

```

}
else if (ikinciMetin.equals("STOP")) // mesafe ve hedef sıfırlanacak.
{
    mesafe = 0;
    dorduncuMetin = 0;
    digitalWrite(step,LOW);
    return;
}

if (mesafe == stringToInt(dorduncuMetin))
{
    mesafe = 0;
    dorduncuMetin = 0;
}
else
{
    digitalWrite(step,HIGH);
    delay(GecikmeMiktari); // BU DEGERLER DEGISTIRILEREK // BU
DEGERLER DEGISTIRILEREK MOTOR HIZI AYARLANABILIR
    digitalWrite(step,LOW);
    delay(GecikmeMiktari);
    mesafe = mesafe + 1; // record this step
    Serial.println(mesafe);
}
}

int stringToInt(String string){

    char char_string[string.length()+1];
    string.toCharArray(char_string, string.length()+1);

    return atoi(char_string);
}

```

```

}
void CizgiTakipIslemleri() // dorduncuMetin gelen adım değeridir.
{
  //cizgiTakipBasla:
  //Serial.println("cizgi takip()");
  delay(50);
  // qtra.read(sensorValues);
  SensorOku();

  // SensorEkran();

  birinci_kontrol(); // Sensör değerleri karşılaştırılıyor.

  //Serial.print(" birinci kontrol cikti ");
  Serial.print(durum);
  Serial.print(" ");

  switch(durum) // soldaki 0. sensörün algıladığı durum sağdaki motor tam güç
soldaki az
  {

    case 0: // 5 sensöründe siyah olduğu durumda motorlar çalışmaz
      M1_stop();
      M2_stop();
      delay(1000);
      // goto hepsiSiyahCik;
      break;
    case 10:
      M1_forward(10); //50
      M2_forward(18); //255
      delay(25);
      break;

```

case 20: // soldaki 0. ve 1. sensörlerin algıladığı durum sağdaki motor tam güç  
soldaki 0

```
M1_stop();  
M2_forward(18); //255  
delay(25);  
break;
```

case 30: // soldaki 1. sensörün algıladığı durum. sağdaki motor tam güç soldaki az

```
M1_forward(10); //50  
M2_forward(18); //255  
delay(25);  
break;
```

case 40: // soldaki 1. ve ortaki sensörün algıladığı durum. sağdaki motor tam güç  
soldaki yarım

```
M1_forward(14); //120  
M2_forward(18); //255  
delay(25);  
break;
```

case 50:

```
M1_forward(18);  
M2_forward(18);  
delay(25);  
break;
```

case 60: // ortaki sensörün ve onun sağındaki sensörün algıladığı durum. soldaki  
motor tam güç sağdaki yarım

```
M1_forward(18);  
M2_forward(14);
```

```

    delay(25);
    break;

    case 70: // ortanın sağındaki sensörün (3. sensör) algıladığı durum. Soldaki motor
tam güç sağdaki az
        M1_forward(18);
        M2_forward(10);
        delay(25);
        break;

    case 80:// 3. ve 4. sensörlerin algıladığı durum soldaki motor tam güç sağdaki 0
        M1_forward(18);
        M2_forward(0);
        delay(25);
        break;

    case 90:// 4. sensörün algıladığı durum soldaki motor tam güç sağdaki az
        M1_forward(18);
        M2_forward(10);
        delay(25);
        break;

// case 100:// 4 sensöründe beyaz olduğu durumda kendi etrafında dönüyor.
//     digitalWrite(solMotorYonPini,HIGH);
//     analogWrite(solMotorPini, 100);
//     digitalWrite(sagMotorYonPini,LOW);
//     analogWrite(sagMotorPini, 0);
//     break;
//     default:
//         M1_stop();
//         M2_stop();
//         delay(25);

```

```

//      Serial.print("Hicbir sarta uymuyor");
//      break;
    }

// goto cizgiTakipBasla;
//hepsiSiyahCik:
///AracDurmaIslemi();
//return;
}

void birinci_kontrol()
{
    // Serial.print("birinci kontrol ");

    if(sensorValues[0]>100 && sensorValues[1]>100 && sensorValues[2]>100 &&
sensorValues[3]>100 && sensorValues[4]>100) durum=0; // hepsi siyah
    if(sensorValues[0]>100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]<100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]<100) durum=10;
    if(sensorValues[0]>100 && sensorValues[1]>100 && sensorValues[2]<100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]<100) durum=20;
    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]>100 && sensorValues[2]<100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]<100) durum=30;
    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]>100 && sensorValues[2]>100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]<100) durum=40;
    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]>100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]<100) durum=50;
    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]>100 &&
sensorValues[3]>100 && sensorValues[4]<100) durum=60;
    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]<100 &&
sensorValues[3]>100 && sensorValues[4]<100) durum=70;
    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]<100 &&
sensorValues[3]>100 && sensorValues[4]>100) durum=80;

```



```

    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]<100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]>100) durum=90;
    if(sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]<100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]<100) durum=100; // Hepsi Beyaz
    //Serial.print(durum);

}

```

```

void AracDonmeIslemleri() // dorduncuMetin gelen adım değeridir.

```

```

{
    M1_reverse(15);
    M2_forward(15);
    delay(2000);

    ilk:
    delay(50);
    SensorOku();
    // SensorEkran();

    M1_reverse(15);
    M2_forward(15);
    delay(25);

    if(((sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 && sensorValues[2]>100 &&
sensorValues[3]<100 && sensorValues[4]<100)||((sensorValues[0]<100 &&
sensorValues[1]>100 && sensorValues[2]>100 && sensorValues[3]<100 &&
sensorValues[4]<100)||((sensorValues[0]<100 && sensorValues[1]<100 &&
sensorValues[2]>100 && sensorValues[3]>100 && sensorValues[4]<100))
    {
        Serial.println("yakaladı....." );
    }
}

```

```

else
{
    goto ilk;
}

if(ilkMetin.equals("DUR"))
{
    exit;
    return;
}
ilkMetin="CZG";
CizgiTakipIslemleri();
}

void SensorOku()
{
    sensorValues[4] = analogRead(A0);
    delay(18);
    sensorValues[3] = analogRead(A1);
    delay(18);
    sensorValues[2] = analogRead(A2);
    delay(18);
    sensorValues[1] = analogRead(A3);
    delay(18);
    sensorValues[0] = analogRead(A4);
    delay(18);
}

void SensorEkran()
{
    for (unsigned char i = 0; i < NUM_SENSORS; i++)

```

```

    {
        Serial.print(sensorValues[i]);
        Serial.print('\t');
    }
    Serial.println(); // uncomment this line if you are using raw values
}

void ManuelKontrolIslemleri() // dorduncuMetin gelen adım değeridir.
{
    if(ikinciMetin.equals("ILER"))
    {
        M1_forward(hiz);
        M2_forward(hiz);
        delay(25);
    }
// if (incomingByte == 49)
// {
//     M1_forward(hiz);
//     M2_forward(hiz);
//     delay(25);
// }
// if byte is equal to "100" or "d", go left
else if (ikinciMetin.equals("SOLA"))
{
    M2_reverse(hiz);
    M1_forward(hiz);
    delay(25);
}
// if byte is equal to "97" or "a", go right
else if (ikinciMetin.equals("SAGA"))
{
    M2_forward(hiz);

```

```

M1_reverse(hiz);
delay(25);
}
// if byte is equal to "115" or "s", go reverse
else if (ikinciMetin.equals("GERI"))
{
M1_reverse(hiz);
M2_reverse(hiz);
delay(25);
}
// otherwise, stop both motors
else if (ikinciMetin.equals("STOP"))
{
M1_stop();
M2_stop();
}
}

```

////////// motor fonksiyonları //////////

```

void M1_reverse(int x){
digitalWrite(M1_A, LOW);
analogWrite(M1_PWM, x);
}

```

```

void M1_forward(int x){
digitalWrite(M1_A, HIGH);
analogWrite(M1_PWM, x);
}

```

```

void M1_stop(){
digitalWrite(M1_A, LOW);
}

```

```
digitalWrite(M1_PWM, LOW);  
}
```

```
void M2_forward(int y){  
digitalWrite(M2_A, HIGH);  
analogWrite(M2_PWM, y);  
}
```

```
void M2_reverse(int y){  
digitalWrite(M2_A, LOW);  
analogWrite(M2_PWM, y);  
}
```

```
void M2_stop(){  
digitalWrite(M2_A, LOW);  
digitalWrite(M2_PWM, LOW);  
}
```

////////// motor fonksiyonları bitti //////////

```
void AracDurmaIslemi()  
{  
M1_stop();  
M2_stop();  
ilkMetin="DUR";  
  
return;  
}
```