



T.C

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

MM4006 – BİTİRME PROJESİ

RAFLARA ÜRÜN YERLEŞTİREN ROBOT
TASARIMI VE İMALATI

HAZIRLAYANLAR:

Doğuş Nuri GÜNAÇTI: 364897

Mertcan ÖZBEK: 364979

Buğra KÜÇÜK: 364985

PROJE DANIŞMANI: Dr. Öğr. Üyesi Nurhan GÜRSEL ÖZMEN

TRABZON 2021

Önsöz

Bu çalışmada günümüzde endüstrinin birçok alanında kullanılan robot kolların ürün yerleştirme konusunda özelleştirilmiş küçük ölçekli modeli olan bir robot kolun tasarım ve imalatı yapılmıştır.

Çalışma konusunun belirlenmesinde ve projenin tasarım-imalat sürecinde bize bilgi ve tecrübesiyle destek olan tez danışmanımız Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Makine Teorisi ve Dinamiği Anabilim Dalı'ndan Dr. Öğr. Üyesi Nurhan Gürsel ÖZMEN'e, kaynak alıp bilgi birikiminden yararlandığımız tüm kişi ve kurumlara ve her zaman destekçimiz olan sevgili ailelerimize teşekkürlerimizi sunarız.

Doğuş Nuri GÜNAÇTI

Mertcan ÖZBEK

Buğra KÜÇÜK

Trabzon 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa Numarası

ÖZET	5
GİRİŞ	6
BÖLÜM 3- ROBOTLARIN TARİHÇESİ	6
BÖLÜM 4- MÜHENDİSLİK BAKIŞ AÇISINDAN ROBOTLAR	8
BÖLÜM 5- ROBOTLARIN SINIFLANDIRILMASI	9
5.1.1. Robot Kollar- Eklemlili Robotlar.....	9
5.1.2. Robot Kolları ile İlgili Terimler ve Tanımlar.....	9
5.2. Kartezyen ve Kızak Robotlar.....	12
5.3. Silindirik Robotlar.....	12
5.4. Küresel Robotlar.....	13
5.5. SCARA Robotlar.....	13
5.6. Paralel Robotlar.....	14
BÖLÜM 6 -PROBLEMİN TANIMI	14
BÖLÜM 7- MALZEME LİSTESİ	15
7.1. Servo Motorlar.....	15
7.2. Arduino.....	16
7.3. Bağlantı Elemanları.....	18
7.4. Yazılım Elemanları.....	18
7.4.1. SolidWorks.....	19
7.4.2. SolidWorks Simulation.....	19
7.4.3. Altium Designer.....	19
7.5. Mikro Denetleyici.....	20
7.5.1. Mikro Denetleyici Üreticileri ve Ürünleri.....	20

BÖLÜM- 8 MEKANİK TASARIM.....	21
8.1 Parçaların 3D ve Teknik Resim Üzerinden Gösterimleri.....	21
8.1.1. Tabla.....	21
8.1.2 1. Servo Motor.....	22
8.1.3. Tabla Kapağı.....	23
8.1.4. Kol 1.....	24
8.1.5. 2. Servo Motor.....	25
8.1.6. Kol 2.....	25
8.1.7. 2. Servo Motor.....	26
8.1.8. Gripper Gövdesi.....	26
8.1.9. 3. Servo Motor.....	27
8.1.10. Gripper Dişlisi.....	27
8.1.11. Küçük Servo Motor.....	28
8.1.12. Gripper Ara Bağlantısı.....	28
8.1.13. Gripper Kıskaç.....	29
8.2. Montaja Ait Üç Boyutlu Tasarımın Gösterilmesi.....	30
BÖLÜM 9- GERİLME ANALİZLERİ.....	32
9.1. Gripper İçin Gerilme Analizi.....	32
9.2. Kol 1'in Gerilme Analizi.....	33
9.3. Tablanın Gerilme Analizi.....	33
9.4. Tabla Kapağının Gerilme Analizi.....	34
9.5. Kol 2'nin Gerilme Analizi.....	34
BÖLÜM 10- ELEKTRONİK DEVRE.....	35
10.1. Arduino Kodları.....	35
10.2. Devre Şeması.....	36
10.3. PCB Görünümü.....	36

BÖLÜM 11- HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI.....	37
BÖLÜM 12- MALİYET HESABI.....	39
BÖLÜM 13- İMALAT SONRASINDA YAPILAN DENEYLER VE HESAPLAR.....	40
13.1. Deney.....	40
13.2. Enerji ve İş Gücü Hesabı.....	41
13.3. Deney Sonuçlarından Grafik Oluşturulması.....	42
BÖLÜM 14- SONUÇLAR.....	43
BÖLÜM 15- ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ.....	43
15.1. Tehlike Açısından Çevresel Etki Değerlendirilmesi.....	43
15.2. Çevre Koşulları Açısından Çevresel Etki Değerlendirilmesi.....	43
BÖLÜM 16- EKLER.....	44
16.1. Tower Pro MG996 Servo Motor.....	44
16.2. Metrik Cıvata Ölçüleri.....	45
16.3. Metrik Somun Ölçüleri.....	45
16.4. Yıldız Başlı Cıvata Metrik Ölçüleri.....	46
BÖLÜM 17- PROJENİN BİTMİŞ HALİNE AİT FOTOĞRAFLAR.....	46
BÖLÜM 18- KAYNAKÇA.....	48

ÖZET

Günümüzde hızla artan insan ihtiyaçları doğrultusunda teknoloji de aynı oranda gelişmektedir. Bu ihtiyaçların karşılanması için yapılan çalışmalar her geçen gün hayatı daha da kolaylaştırmakta ve bu çalışmalar robot kol çalışmalarında yoğunlaşmaktadır. Robot kollar, dışarıdan bir kullanıcıyla ya da daha önceden belirlenen komutları yerine getirerek çalışırlar. Günümüzde nerdeyse her alanda robot kollara ihtiyaç duyulur. Bu bitirme projesi kapsamında fabrika ve atölyelerdeki depolara ürünlerin yerleştirilmesinin daha hızlı ve planlı şekilde yapılabilmesi için iki eklemlili rijit robot kolu geliştirilmiş ve Arduino ile kontrolü sağlanmıştır.

Robot kol tasarımı ve malzemelerin dayanım analizleri için katı modelleme programı olan SolidWorks kullanıldı. Uzuvarların hareketlerinin yönlendirilmesi için Arduino yazılımı kullanıldı. Projede 5 adet servo motor, 3B yazıcıdan baskılanmış parçalar, Arduino sürücü kartları, bazı mekanik parçalar ve diğer devre elemanları kullanıldı.

Anahtar sözcükler: Rijit robot kol kontrolü, SolidWorks, Arduino kontrol, servo motor, mekanik parça, robot, yazılım.

SUMMARY

In line with the rapidly increasing human needs today, technology is developing at the same rate. The work done to meet these needs makes that life easier day by day and these studies focus on robot arm studies. Robot arms work with an outside user or by performing predetermined commands. Robotic arms are needed in almost every field today. Within the scope of this graduation project, a two-jointed rigid robot arm was developed and controlled with Arduino in order to place the products in the warehouses in the factories and workshops more quickly and in a planned way.

SolidWorks, a solid modeling program, was used for robot arm design and strength analysis of materials. Arduino software was used to direct the movements of the parts. 5 servo motors, 3D printed parts, Arduino driver boards, some mechanical parts and other circuit elements were used in the project.

Keywords: Rigid robot arm control, SolidWorks, Arduino, servo motor, mechanic parts, robot, software.

GİRİŞ

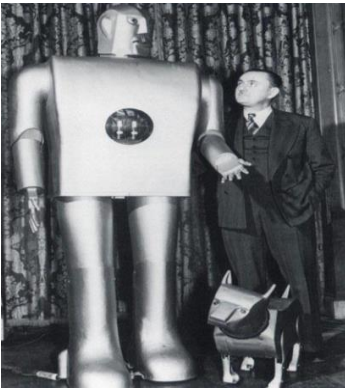
Robotlar, mekanik sistemleri ve bunlarla ilişkili kontrol ve algılama sistemleri ile bilgisayar algoritmalarına bağı olarak akıllı davranan, yeniden programlanabilen; maddeleri, parçaları, aletleri, programlanmış hareketlerle yapılacak işe göre taşıyan veya işleyen çok fonksiyonlu makinelerdir.

İhtiyaçların karşılanması yanı sıra kaliteli ürünü ucuza imal edebilmek, iş yükünü hafifletmek, zamandan tasarruf etmek ve hatayı minimize etmek için robotlara ihtiyaç duyulmuştur.

Robot kollar ilk başlarda insan gücünün yetmediği yerlerde yardımcı eleman olarak kullanılırken gün geçtikçe insan gücüne ihtiyaç duymadan kendiliğinden çalışır hale getirilmiştir. Robotik sistemler; Mekatronik Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve Bilgisayar Mühendisliği'nin iş birliği sonucu oluşmuştur.

BÖLÜM 3-ROBOTLARIN TARİHÇESİ

“Robot” sözcüğünü ilk olarak Karel Capek adlı Çekoslovak bir yazar 1921’de yazdığı RUR (Rossum’s Universal Robots) adlı tiyatro oyununda kullanmıştır. Çekoslovakça’da ”Robota” sözcüğü zorla çalıştırılan işçi demektir. Reel olarak ilk robot projesi uçak tasarımcıları tarafından 1930’lu yıllarda uçaklar için otomatik kontrollü robot pilotu olarak tasarlandı. 1940’lı yıllarda Westinghouse yatay düzlemde bağımsız hareket eden robot projesini gerçekleştirdi. Fakat robot fikri 3000 sene öncesine kadar uzanır. Farklı inanışlar ve mitolojilerde insanların hayal gücünün bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır, çok ilkel bir biçimde olsa da bazı örnekleri vardır. Örneğin Eski Mısırlılar yaptıkları tanrı heykellerine mekanik kollar eklemişlerdir. Bu heykeller, tanrılardan ilham aldıklarına inanılan rahipler tarafından hareket ettirilirdi.



Şekil 3.1 İlk robotlar Elektro ve Westinghouse [1]

20.yüzyılın sonlarına doğru teknoloji devi Sony ev hayvanı Aibo'yu, Honda firması ise Asimo'yu üretti. Herrmann ve iş arkadaşları (2014) yay-amortisörün geometrik uygunluğu nedeniyle koordinat sistemini kullanarak, sistemi uyumlu bir yörüngede takip eden denetleyici tasarımı için çalışmışlardır.



Şekil 3.2. Sony tarafından geliştirilen Aibo robot [2]

Jacofsky ve Allen (2016) robotik destekli ortopedik cerrahın yeteneğini geliştirerek total eklem protezi geliştirmek için çalışmışlardır. Robotik sistemler öncelikle bileşen konumlandırma ve hizalamaya odaklanarak, değişkenliğini azaltmış ve hassasiyetini artırmışlardır.



Şekil 3.3. Cerrahi robot [3]

Cheng ve Ji (2016) düşük maliyetli çift tekerli ve çift kollu insansı robot platformunun tasarım ve uygulamasını yapmışlardır. Ayrıca bir eldiven sistemini de, robot programlama teknolojisine yeni bir tür keşfetmek için tasarlamışlardır. Geliştirilen bu insansı robot platformu düşük maliyetli ve tam işlevselliğe sahiptir.

Chaidir ve iş arkadaşları (2016) insan eli hareketlerini taklit eden bir robot kolu tasarlamışlardır. Ulaşılamaz ya da tehlikeli bölgeyi keşfeden ve tehlikeli bir görev yapabilen bir robot kolu yapmışlardır. Operatörün el hareketi kamera tarafından kayıta alınacak ve video işleme ile el ve parmak hareketleri algılanıp ve kavranıp işlenecektir. Bu projede %85 başarı elde etmişlerdir. Günümüzde; donanım ve yazılım birimleri oluşturulup Arduino, PLC gibi programlanabilen kartlar sayesinde servo motorlar kontrol edilerek wireless üzerinden uzaktan bağlantı sağlanmaktadır. [6] Şekil 3.4’de bir Arduinio UNO örneği, Şekil 3.5’de ise bir servo motor örneği görülmektedir. [4] [5]



Şekil 3.4



Şekil 3.5

BÖLÜM 4- MÜHENDİSLİK BAKIŞ AÇISINDAN ROBOTLAR

Robotların mühendislik bakış açısından tanımını yapacak olursak bir mekanizmanın robot olarak adlandırılabilmesi için dört temel kısmı içermesi gerekir. Bu temel kısımlar:

- 1- Robotun çevresindeki verileri algılayabilmesi için gerekli sensörler (alıcılar)
- 2- Verilerin toplanmasını ve kontrolü sağlayan elektronik devreler
- 3- Bu sensör verilerini kullanarak robotun amacına uygun matematiksel ve mantıksal işlemler ile karar verme olayının gerçekleşmesini sağlayan bir program (robotun mikro denetleyicilerine yüklenecek algoritma)
- 4- Verilen kararlar doğrultusunda gerekli hareketleri gerçekleştirebilecek bir mekanik düzenektir.

BÖLÜM 5-ROBOTLARIN SINIFLANDIRILMASI

- 5.1. Robot Kollar - Eklemlı Robotlar
- 5.2. Kartezyen ve Kızak Robotlar
- 5.3. Silindirik Robotlar
- 5.4. Küre Robotlar
- 5.5. SCARA Robotlar
- 5.6. Paralel Robotlar

5.1.1. Robot Kollar- Eklemlı Robotlar

Eklemlı robotlar, dönel eklemleri olan robotlardır(Örneğin ayaklı robotlar ya da endüstriyel robotlar). Eklemlı robotlar basit iki eklemlı yapılı sistemler halinde de, oldukça karmaşık 10 eklemlı sistemler halinde de bulunabilirler. Eklemler elektrik motorları da dahil olmak üzere pek çok çeşitli yöntemle hareket ettirilebilirler.



Şekil 5.6. Eklemlı robot [7]

5.1.2. Robot Kolları ile İlgili Terimler ve Tanımlar

A. Eklemlı Robot: Eklemlı robotlar çalışma alanında hareket edebilmek için dönel eklemler kullanan robotlardır. Genellikle eklemler “zincir” oluşturacak şekilde düzenlenmektedir. Böylece bir eklem kendisinden sonraki eklemleri destekleyebilmektedir.

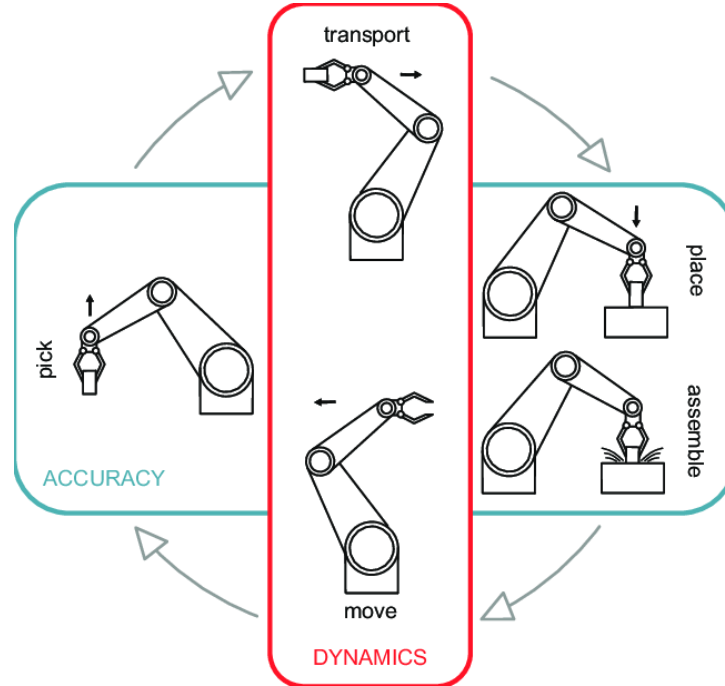
B. Sürekli Yol: Hareket yolu üzerindeki bütün noktaların girişler ya da komutlarla belirlendiği bir kontrol şemasıdır. Yol manipülatör eklemlerinin koordine hareketleri ile kontrol edilmektedir.

C. Serbestlik Derecesi (DOF – Degrees of Freedom): Son aletin yapabileceği bağımsız hareketlerdir. Bu hareketler manipülatörün hareketli eksen sayısı ile belirlenmektedir.

D. Kıskaç: Kavramak ve tutmak için kullanılan bir araçtır. Son manipülatör bağlantısının ucuna eklenerek kullanılmaktadır. Aynı zamanda robotun eli olarak da adlandırılmaktadır.

E. Taşıma Yüğü: Maksimum taşıma yükü manipülatörün yavaşlatılmış şekilde normal doğruluğunu koruyarak taşıyabildiği maksimum yük miktarıdır. Nominal taşıma yükü manipülatörün maksimum hızda normal doğruluğunu koruyarak taşıyabildiği maksimum yüküdür. Bu değerler yükün boyutuna ve şekline oldukça bağlıdır.

F. Topla ve Yerleştir Döngüsü: Bu döngü aşağıdaki hareket sekansını gerçekleştirmek için gereken sürenin saniye cinsinden değeridir.



Şekil 5.7. bir robot kola ait çalışma senaryosu [31]

G. Erişme (Reach): Robotun temelinden dirseğin ucuna kadar olan maksimum yatay uzaklıktır.

H. Doğruluk: Robotun asıl ulaşmak istediği nokta ile ulaştığı asıl nokta arasındaki farktır. Kesin doğruluk robot kontrol sistemi tarafından istenilen nokta ile robotun gittiği nokta olarak tanımlanabilmektedir.

I. Tekrar Edilebilirlik: Bir sistem ya da mekanizmanın aynı kontrol sinyalleri ile aynı hareketleri tekrar tekrar elde edebilme yeteneğidir.

J. Çözünürlük: Mekanizmanın kontrol sistemi tarafından kontrol edilebilen ya da saptanabilen en küçük hareket ya da uzaklık artışıdır. Herhangi bir eklem çözümlülüğü enkoderin dönüş başına darbelerinin ve sürüş oranının bir fonksiyonudur ve araç merkez noktası ile eklem eksenini arasındaki uzaklığa bağlıdır.

K. Robot Programı: Bilgisayarlar için bir robot haberleşme programıdır. Terminal emülasyon ve kullanım fonksiyonları sunmaktadır. Bu program bütün kullanıcı hafızasını ve bazı sistem hafızasını disk dosyalarına kaydedilmektedir.

L. Maksimum Hız: Hareketli bir robotun ucunun, tüm eklemler hareket ederkenki hızının bileşkesidir. Bu hız teorik maksimum hızdır ve hiçbir durumda herhangi bir döngünün süresini hesaplamak için kullanılmamalıdır. Gerçek hız bilgisi için daha doğru bir yaklaşım 12 inçlik topla ve yerleştir döngüsünün süresidir.

M. Servo Kontrolü: Robotu kontrol eden sinyalin bir hata mekanizmasına göre üretildiğini belirtmektedir. Hatanın tanımını robotun olması gereken durumla o anki durumu arasındaki farktır.

N. Via Noktası: Robotun ucundaki aracın duraklama yapmadan geçmesi gereken noktaları tanımlamak için kullanılmaktadır. Via noktaları engellerin ötesine geçmek için ya da kolu hareketin bir kısmında eylemsizliği daha düşük bir pozisyona getirmek için programlanmaktadır.

5.2. Kartezyen ve Kızak Robotlar

Kartezyen robotlara lineer robot da denir. 3 eksenleri lineer olarak kontrol edilen ve birbirlerine dik açılarla yerleştirilmiş endüstriyel robotlardır. Kayan üç eklemleri, dirseği yukarı-aşağı, içeri-dışarı ve ileri-geri götürmek amacıyla çalışmaktadırlar. Diğer avantajları yanında bu mekanik düzenleme robot kol kontrolünü oldukça basitleştirir. Yatay elemanı iki uçta da desteklenmiş Kartezyen robotlar bazen kızak robotlar olarak da adlandırılmaktadır. Bu robotlar genellikle oldukça büyük olmaktadır. Bu tarz robotlar için popüler bir kullanım alanı CNC (computer numerical control – bilgisayarlı nümerik kontrol) makinelerdir. En basit uygulamaları freze ve çizim makinelerinde kalem ya da freze ucunun x-y ekseninde hareket ederken aynı zamanda yukarı aşağı kontrollerinin sağlanmasıdır.



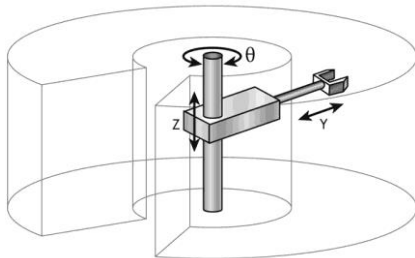
Şekil 5.8. Kartezyen Robot [8]

5.3. Silindirik Robotlar

Silindirik robotlar eksenleri silindirik bir koordinat sistemi oluşturan robotlardır. Genellikle kullanıldığı uygulamalar:

- Montaj operasyonları
- Makine araçlarını kontrol etme
- Nokta kaynaklama
- Kalıplama makineleri

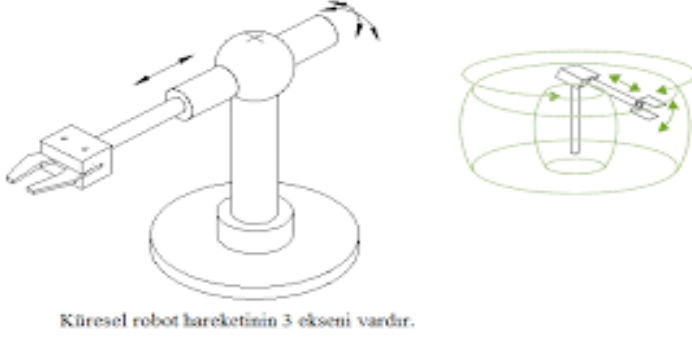
Temel kolun hareketi yukarı ve aşağı yöndedir. Robot bu hareketini kola yerleştirilmiş bir silindiri uzatarak yapmaktadır. Silindirik robotlar, yukarı aşağı hareketini bir pnömomatik silindir yardımıyla gerçekleştirmektedir. Dönme genellikle motor ve dişliler sayesinde olmaktadır.



Şekil 5.9. Silindirik Robot [9]

5.4. Küresel Robotlar

Küresel robotlar, iki dönel ve bir prizmatik eklemleri olan robotlardır. Yani iki dönel bir lineer eksenleri vardır. Küresel robotların küresel koordinat sistemini oluşturan bir kolları bulunur.



Şekil 5.10. Küresel Robot [10]

5.5. SCARA Robotlar

SCARA, Selective Compliant Assembly Robot Arm (Seçici Uyumlu Montaj Robot Kolu) ya da Selective Compliant Articulated Robot Arm (Seçici Uyumlu Eklemlerli Robot Kol) kısaltmasıdır. 1981 yılında Sankyo Seiki'de Pentel ve NEC, montaj robotları için tamamen yeni bir konsept sundu. Robot Yamanashi Üniversitesi'nden Profesör Hiroshi Makino rehberliğinde tamamlanmıştır. Robot SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm) olarak isimlendirilmiştir. Robotun kolu Z-ekseninde oldukça sert, x-y eksenlerinde ise oldukça esnek. Bu sayede XY eksenindeki deliklere adapte olabilmektedir.



Şekil 5.11. SCARA Robot [11]

5.6. Paralel Robotlar

Paralel manipülatör tek bir platformu ya da son aleti desteklemek için bilgisayar kontrollü farklı seri zincirler kullanan bir mekanik sistemdir. En iyi bilinen paralel manipülatör uçuş simülatörü gibi hareket edebilen bir temeli altı lineer eyleyici ile destekleyen sistemlerdir. Aynı zamanda paralel robotlar olarak da bilinen bu sistemler, temeldeki robotun ya da bir ya da daha fazla manipülatörün hareket etmesi için benzer mekanizmalar kullanan eklemli robotlardır. İsimdeki paralel kelimesi seri manipülatörlerin tersine son aracın birden fazla bağlantı ile desteklenmesindedir. Paralel kelimesi geometrik anlamda kullanılmamıştır. Paralelden kasıt bağlantı doğrularının birbirlerine paralel olması değil, bağlantıların beraber hareket etmesidir.

[13] [14] [15]



Şekil 5.12. Paralel Robot [12]

BÖLÜM 6-YAPILAN ÇALIŞMALAR

Depolar, ardiyeler veya ambarlar gibi çok fazla ürün bulunan yerlerde bu alanların verimli kullanılması, düzenli olması, aranan ürünlerin yerlerinin kolay saptanabilir ve kolay ulaşılabilir olması gereklidir. Ürünlerin taşınması veya üretimde kullanılması gibi birçok sebep de göz önüne alınırsa tedariklerinin hızlı olması gerektiği yani zaman açısından tasarrufun da ne kadar önemli olduğu anlaşılır. Tüm bu maddeler ışığında insan gücünün tek başına yetersizliği ortadadır.

İçerisinde çok fazla sayıda ürün bulunduran ortamların (depo, ardiye, ambar vs.) genel olarak iç dizaynına bakılırsa ortamın en ekonomik ve ergonomik şekilde kullanılabilmesi için bu ortamlarda rafların kullanıldığı gözlemlenir.

Bir önceki paragrafta içerisinde çok sayıda ürün bulunan ortamların verimli kullanılması için gerekli olan maddeler verilmiş ve tek başına insan gücünün yetersiz olduğu anlatılmıştır. Tüm bu sebeplerle beraber bu ortamlarda teknolojinin kullanımının önemi anlaşılıyor. Proje konumuz olan “**raflara ürün yerleştiren robot**” da bu teknolojilerin önemli bir parçasıdır.

BÖLÜM 7- MALZEME LİSTESİ

7.1. Servo Motorlar

Servo; bir mekanizmanın işleyiş hatasını algılar, geri besleme yöntemiyle denetler ve hataların giderilmesini sağlar. Servo motorun içinde alternatif akım (AA), doğru akım (DA) veya step motorlar bulunabilir. Bunların yanı sıra sürücü ve kontrol devreleri bulunmaktadır. Servo motorlar istediğimiz komutları yerine getirebilen motor çeşitleridir. Çok küçük ya da çok büyük hızlarda bile kararlı bir şekilde çalışabilirler. Bu motorlarda küçük boyuttan büyük moment elde edilebilir. Servo motorlar kontrol sistemlerinde hızlı çalışmalar, fazla eksen hareketinin yapılması, durum kontrolü ve bunun gibi alanlarda kullanılmaktadırlar. Servo motorlar bir mekanizmanın son kontrol elemanıdır. Duyarlılıkları yüksektir ve servo motorlar elektronik yapıya veya programlayıcı devrelerle birlikte kullanılmaktadırlar. Bu motorlar AA ve DA olmak üzere ikiye ayrılır. AA servo motorlar fırçasız tip motorlar iken DA servo motorlar fırçalıdır. Servo motorlar çoğunlukla üç kablodur. Bunlar güç için kırmızı kablo, topraklama için siyah ve kontrol (data, veri) için sarı renkli kablolardır. [16]



Şekil 7.13. Servo Motor [17]

7.2. Arduino

Arduino bir G/Ç kartı ve Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamından oluşan bir fiziksel programlama platformudur.

Arduino kartlarının donanımında bir adet Atmel AVR mikrodenetleyici (ATmega328, ATmega2560, ATmega32u4 gibi) ve programlama ve diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlar bulunur. Her Arduino kartında en azından bir 5 voltluk regüle entegresi ve bir 16MHz kristal osilator (bazılarında seramik rezonatör) vardır. Arduino kartlarında programlama için harici bir programlayıcıya ihtiyaç duyulmaz, çünkü karttaki mikrodenetleyiciye önceden bir bootloader programı yazılıdır.

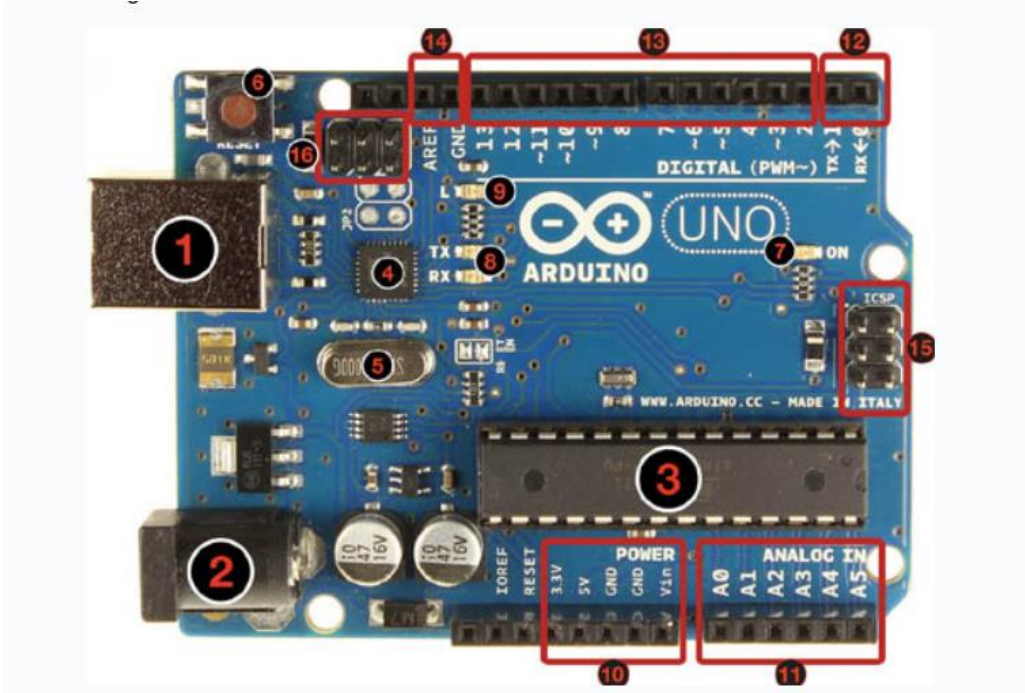
Arduino 'nun temel bileşenleri : Arduino geliştirme ortamı (IDE), Arduino bootloader (Optiboot), Arduino kütüphaneleri, AVR Dude (Arduino üzerindeki mikro denetleyici programlayan yazılım) ve derleyiciden (AVR-GCC) oluşur.

Arduino yazılımı bir geliştirme ortamı (IDE) ve kütüphanelerden oluşur. IDE, Java dilinde yazılmıştır ve Processing adlı dilin ortamına dayanmaktadır. Kütüphaneler ise C ve C++ dillerinde yazılmıştır ve AVR-GCC ve AVR Libc. ile derlenmiştir.

Optiboot bileşeni Arduino 'nun bootloader bileşenidir. Bu bileşen, Arduino kartlarının üzerindeki mikrodenetleyicinin programlanmasını sağlayan bileşendir. [18]

Arduino Uno ATmega328 mikrodenetleyici içeren bir Arduino kartıdır. Arduino 'nun en yaygın kullanılan kartı olduğu söylenebilir. Arduino Uno 'nun ilk modelinden sonra Arduino Uno R2, Arduino Uno SMD ve son olarak Arduino Uno R3 çıkmıştır. Arduino 'nun kardeş markası olan Genuino markasını taşıyan Genuino Uno kartı ile tamamen aynı özelliklere sahiptir.

Arduino Uno 'nun 14 tane dijital giriş / çıkış pini vardır. Bunlardan 6 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Ayrıca 6 adet analog girişi, bir adet 16 MHz kristal osilatörü, USB bağlantısı, power jakı (2.1mm), ICSP başlığı ve reset butonu bulunmaktadır. Arduino Uno bir mikrodenetleyiciyi desteklemek için gerekli bileşenlerin hepsini içerir. Arduino Uno 'yu bir bilgisayara bağlayarak, bir adaptör ile ya da pil ile çalıştırabilirsiniz. Aşağıdaki resimde Arduino Uno R3 'ün kısımları gösterilmektedir. [19]



Şekil 7.14. Arduino UNO Kart [20]

- 1: USB jakı
- 2: Power jakı (7-12 V DC)
- 3: Mikrodenetleyici ATmega328
- 4: Haberleşme çipi
- 5: 16 MHz kristal
- 6: Reset butonu
- 7: Power ledi
- 8: TX / NX ledleri
- 9: Led
- 10: Power pinleri
- 11: Analog girişler
- 12: TX / RX pinleri
- 13: Dijital giriş / çıkış pinleri (yanında ~ işareti olan pinler PWM çıkışı olarak kullanılabilir.)
- 14: Ground ve AREF pinleri
- 15: ATmega328 için ICSP
- 16: USB arayüzü için ICSP

Arduino Uno Teknik Özellikleri

Mikrodenetleyici : ATmega328

Çalışma gerilimi : +5 V DC

Tavsiye edilen besleme gerilimi : 7 - 12 V DC

Besleme gerilimi limitleri : 6 - 20 V
Dijital giriş / çıkış pinleri : 14 tane (6 tanesi PWM çıkışını destekler)
Analog giriş pinleri : 6 tane
Giriş / çıkış pini başına düşen DC akım : 40 mA
3,3 V pini için akım : 50 mA
Flash hafıza : 32 KB (0.5 KB bootloader için kullanılır)
SRAM : 2 KB
EEPROM : 1 KB
Saat frekansı : 16 MHz

7.3. Bağlantı Elemanları

Cıvata; somun kullanılarak parçaları sökülebilir şekilde birleştiren, sıkma momenti genellikle somuna uygulanan, altıgen vb başı olan gövdesine vida dişi açılmış silindirik bağlama elemanıdır.

Bağlantı elemanları seçiminde, somun dayanım sınıfı, cıvata dayanım sınıfına denk olmalıdır.

7.4. Yazılım Elemanları

Proje tasarımında SolidWorks ve gerilme analizleri için SolidWorks Simulation programları kullanılmıştır.

7.4.1. SolidWorks

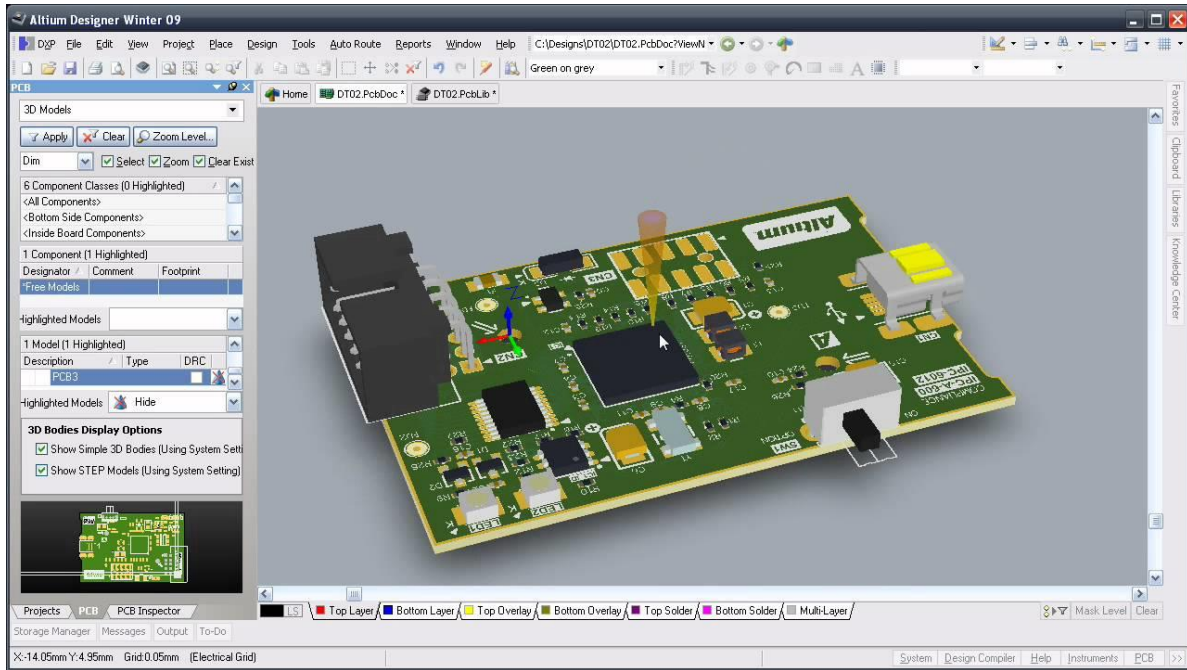
SolidWorks, basit, hızlı ve etkin şekilde 2D ve 3D katı modeller ortaya çıkarmak için kullanılan bir CAD yazılımıdır. Diğer CAD programları gibi, kendine has bir ekosistem oluşturarak pratik anlamda özgün hedeflere uygun olarak uzmanlaşmıştır. 1995 yılından bu yana sürekli geliştirilerek geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmış olan SolidWorks, temelde Windows işletim sistemleriyle çalışan ilk 3D modelleme programı olma özelliğine sahiptir. [21]

7.4.2. SolidWorks Simulation

Solidworks Simulation, çeşitli fiziksel ortamları sanal olarak analiz etmemize, doğrusal ve doğrusal olmayan statik, titreşim, yorulma, termal, optimizasyon, dinamik ve doğrusal olmayan dinamik analizler gibi çok çeşitli yapısal analizler yapmamıza, farklı malzemelerle yapılmış ürünlerin mukavemet değerlerini belirlememize, ürünlerin tasarımlarını geliştirmemize olanak sağlar. [22]

7.4.3. Altium Designer

Elektronik ürün geliştirmek için gereken tüm gereçleri içerisinde barındıran yazılım entegrasyon platformudur. Bu platform sayesinde oluşturmak istediğimiz devrenin şematik çizimini, PCB tasarımını ve bu tasarımın 3B görüntülerini burada kolayca elde edebiliriz. Kütüphanesinde aradığımız tüm komponentler ve bu komponentlerin data-sheet verileri bulunduğu için devre kart tasarımını oluşturmak da oldukça kolaydır.



Şekil 7.14. Altium Designer Arayüzü [27]

7.5. Mikro Denetleyici

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

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

7.5.1 Mikro Denetleyici Üreticileri ve Ürünleri

Neredeyse her mikro işlemci üreticisinin ürettiği birçok mikro denetleyici bulunmaktadır. Bu denetleyicilerin mimarileri arasında çok küçük fark olmasına rağmen aşağı yukarı aynı işlemleri yapabilmektedirler. Aşağıda mikro denetleyici ürünlerine bazı örnekler verilmiştir. [23]

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

Aşağıda mikro denetleyicilerde bulunabilen özellikler verilmiştir.

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

Bu özellikler ayrıntıya girdikçe daha da artmaktadır

8. MEKANİK TASARIM

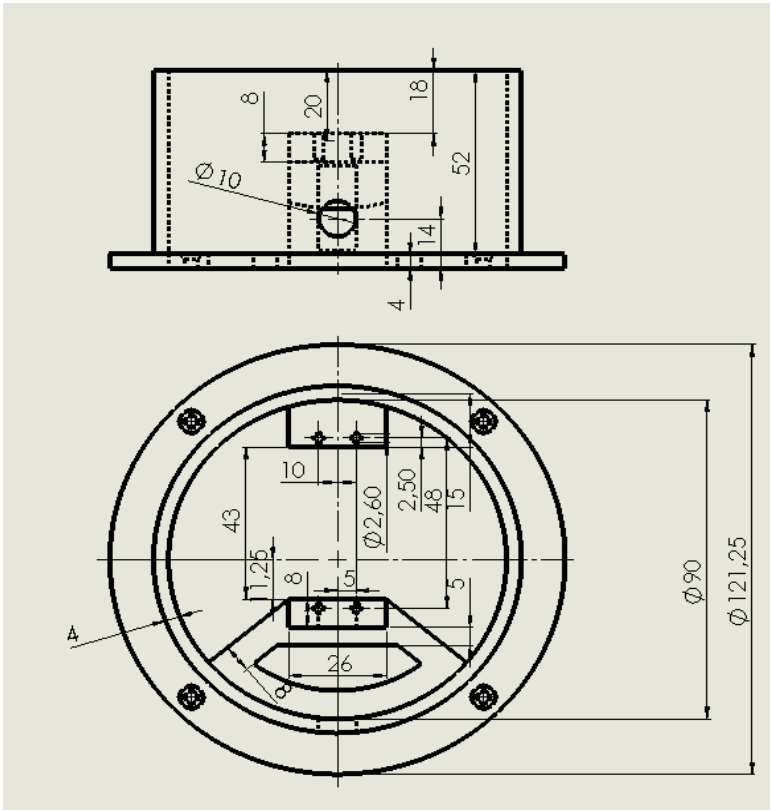
Amaç: Yaptığımız tasarımın amacı raflara ürün yerleştirirken hem zamandan tasarruf etmek hem de insan gücünden daha az faydalanmaktır. Bunun yanında tasarım hem pratik olmalıdır hem de taşıyacak olduğu malzemeye zarar vermemelidir.

Raflara ürün yerleştirmesi için düşündüğümüz sistem kendi ekseninde 360 derece dönebilecek ve yerde bulunan koliyi gripper yardımıyla kaldırıp, rafta istenilen bölgeye yerleştirebilecektir. Kaldırılacak olan kolinin kütlesi azami 2 kg dır ve sistem kolyi 190 mm ye kadar kaldıracaktır.

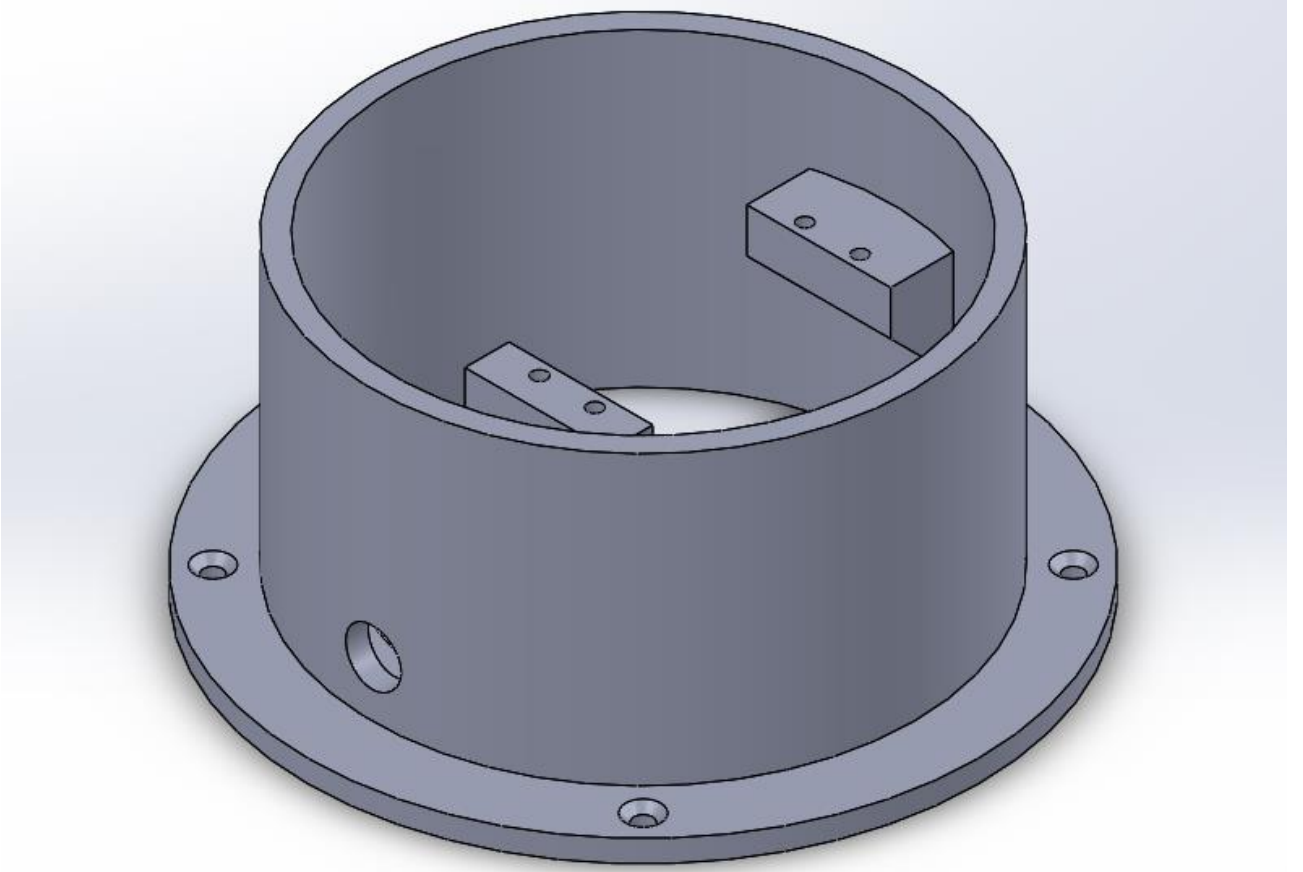
8.1. Parçaların Kullanım Amaçlarının açıklanması, 3D ve Teknik Resim Üzerinden Gösterilmesi

8.1.1. Tabla

Tabla zemindedir ve sistem bu tablanın üzerindedir.



Şekil 8.1.1. Tabla



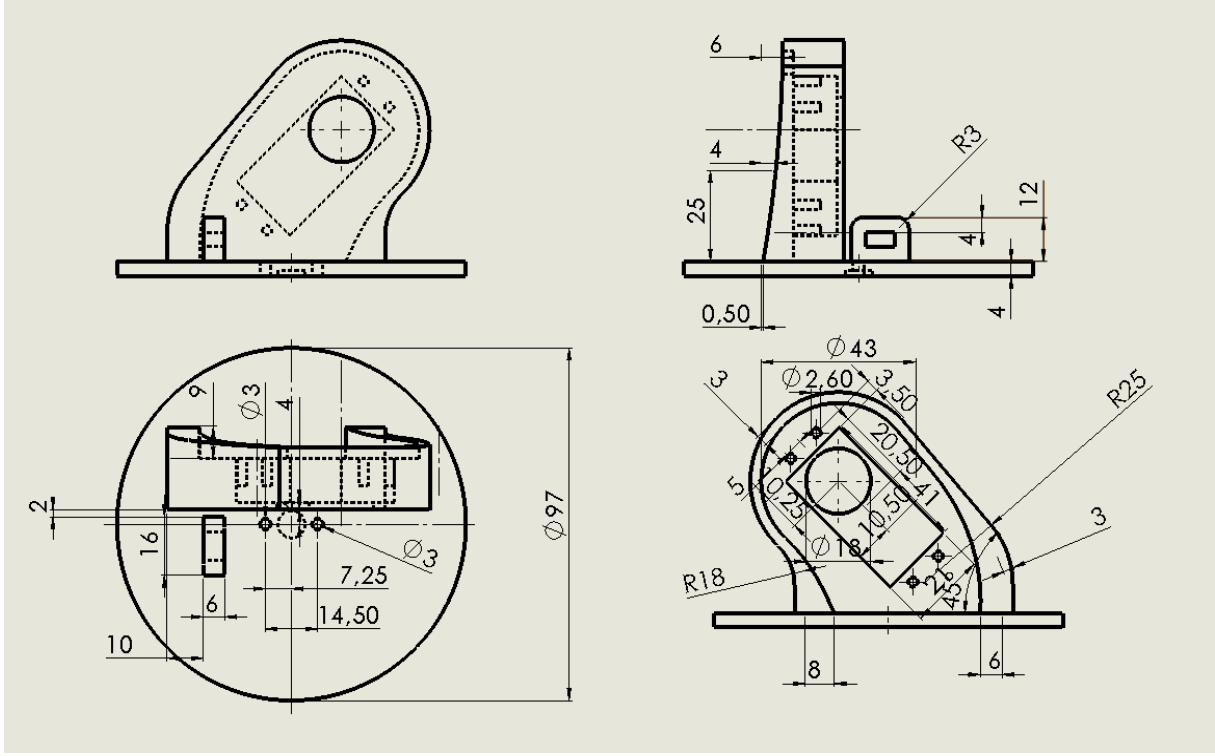
Şekil 8.1.2. Tablaya ait katı model

8.1.2. 1.Servo Motor

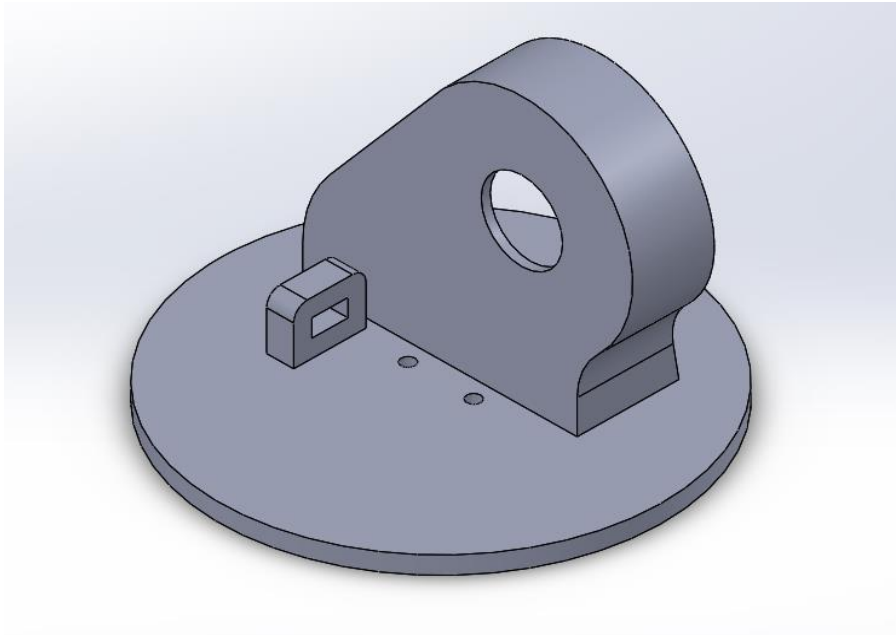
İlk kullanılan servo motor tablanın içerisindeydir. Amacı ise tablanın üzerinde bulunan sistemi 360 derece döndürmektir.

8.1.3. Tabla Kapağı

Tablanın üzerindedir. Hem 1. servo motor yardımıyla sistemi döndürür hem de üzerinde bulunan servo motor ile kol 1'in hareket etmesine yardımcı olur.



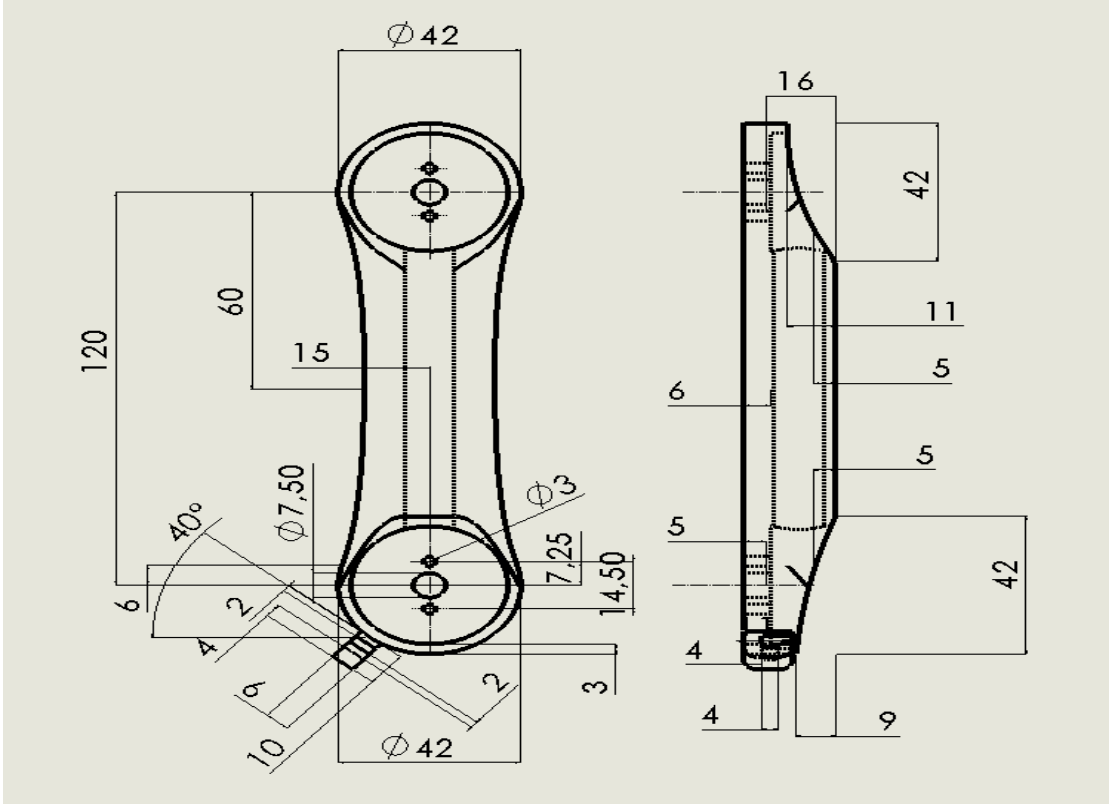
Şekil 8.1.3. Tabla kapağına ait teknik resim



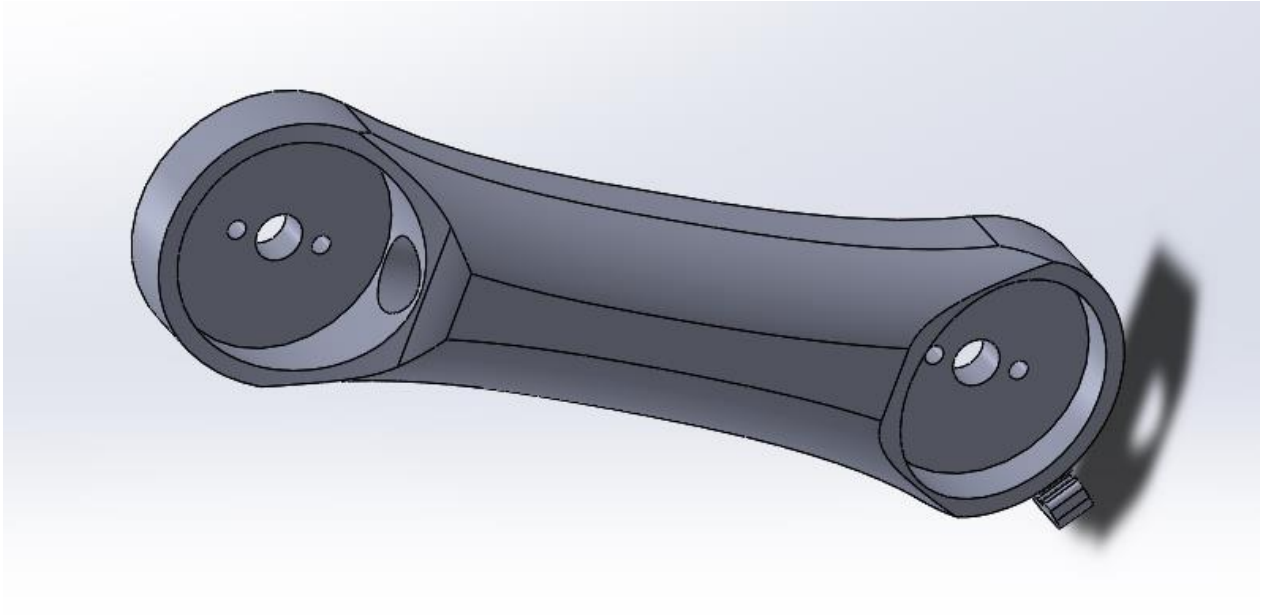
Şekil 8.1.4. Tabla kapağına ait katı modelleme

8.1.4. Kol 1

Tabla ile Kol 2 arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır.



Şekil 8.1.5. Kol 1'e ait teknik resim



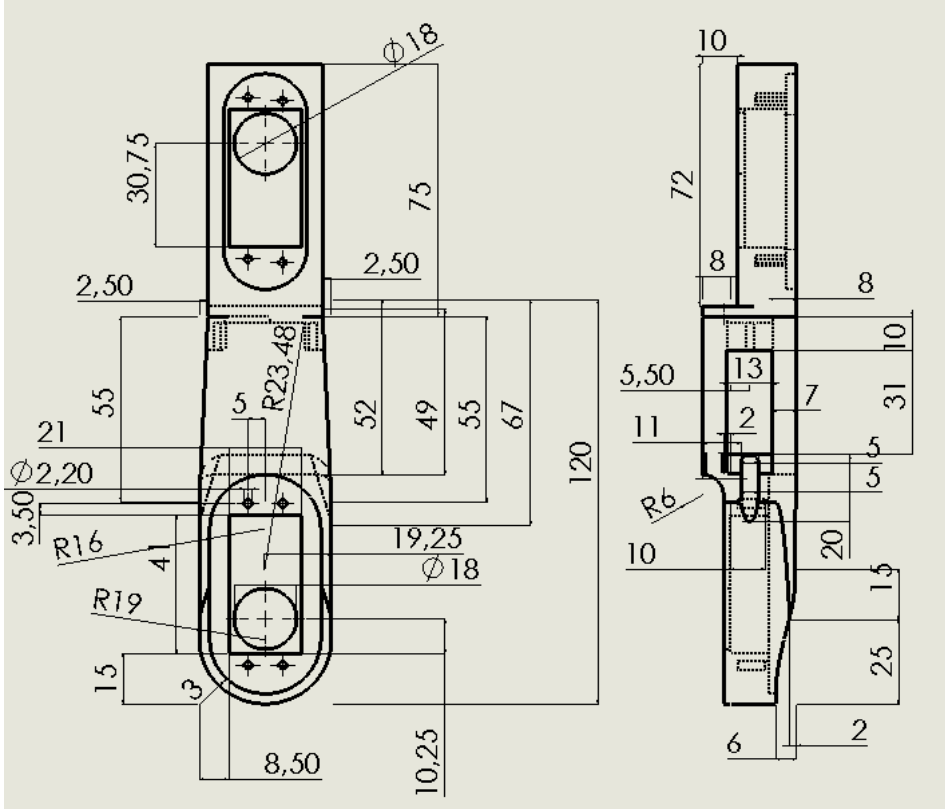
Şekil 8.1.6. Kol 1'in üç boyutlu gösterimi

8.1.5. 2.Servo Motor

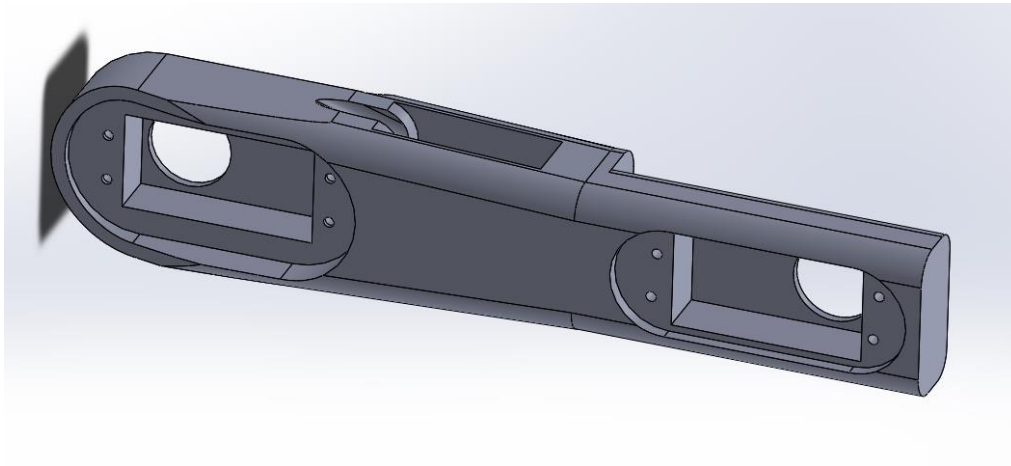
Tabla kapağına bağlıdır. Amacı ise kol 1'i döndürmektir.

8.1.6. Kol 2

Kol 1 ile gripper arasındaki bağlantı bu kol ile sağlanır.



Şekil 8.1.7. Kol 2'ye ait teknik resim



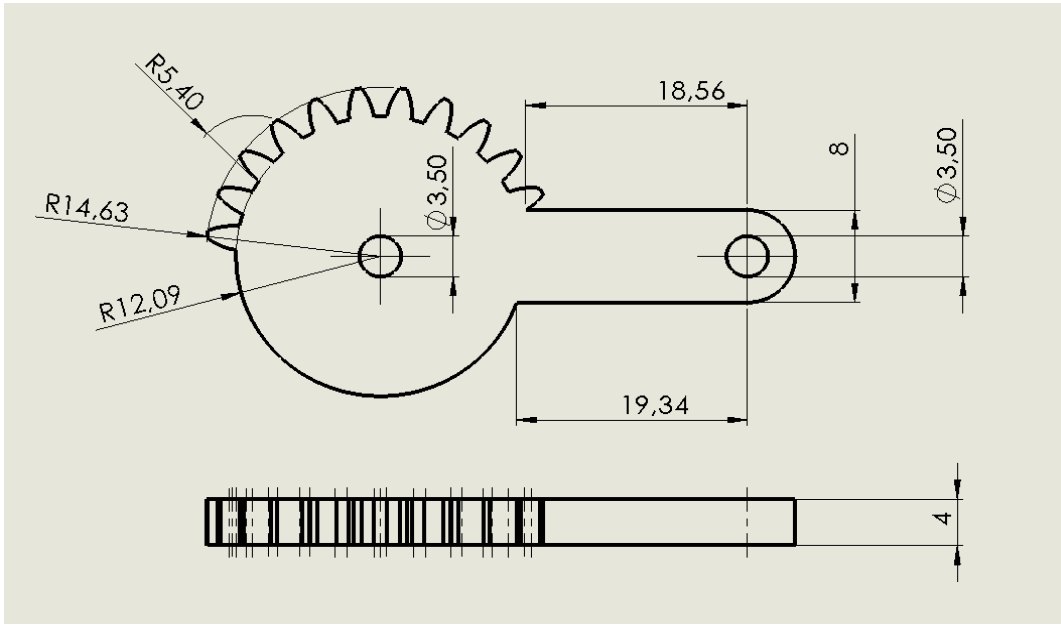
Şekil 8.1.8. Kol 2'ye ait katı modelleme

8.1.9. 3. Servo Motor

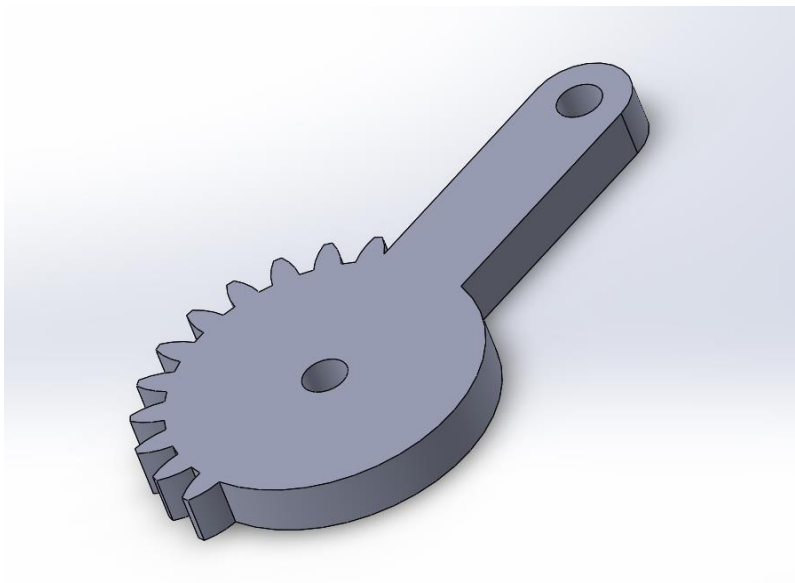
Kol 3 ile gripperın gövdesinin birleştigi bölgededir. Gripper'ın yukarı-aşağı hareketini sağlar.

8.1.10. Gripper Dişlisi

Küçük servo motor ile hareket ettirilerek uç tarafta bulunan kısılcacın kutuyu sıkıştırmasını sağlar.



Şekil 8.1.11. Dişli 1 parçasına ait teknik resim

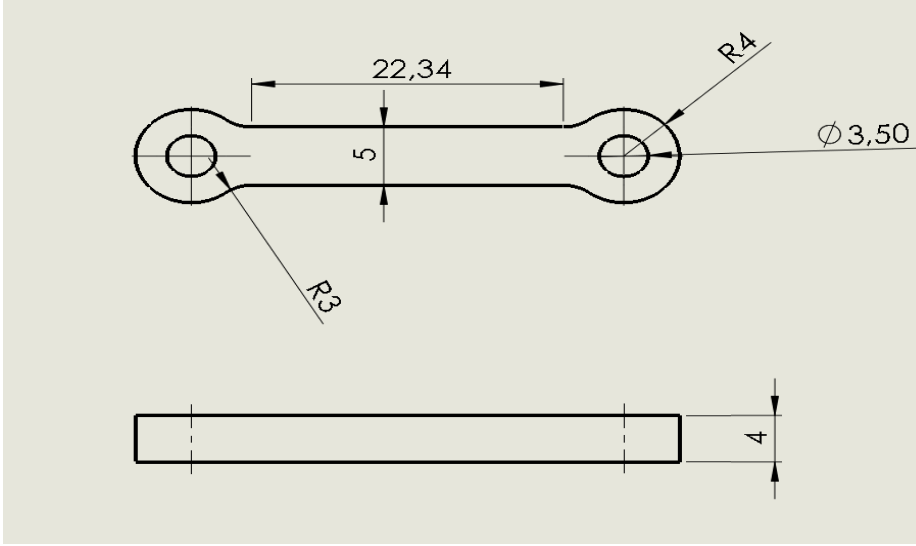


Şekil 8.1.12. Dişli 1 parçasına ait katı modelleme

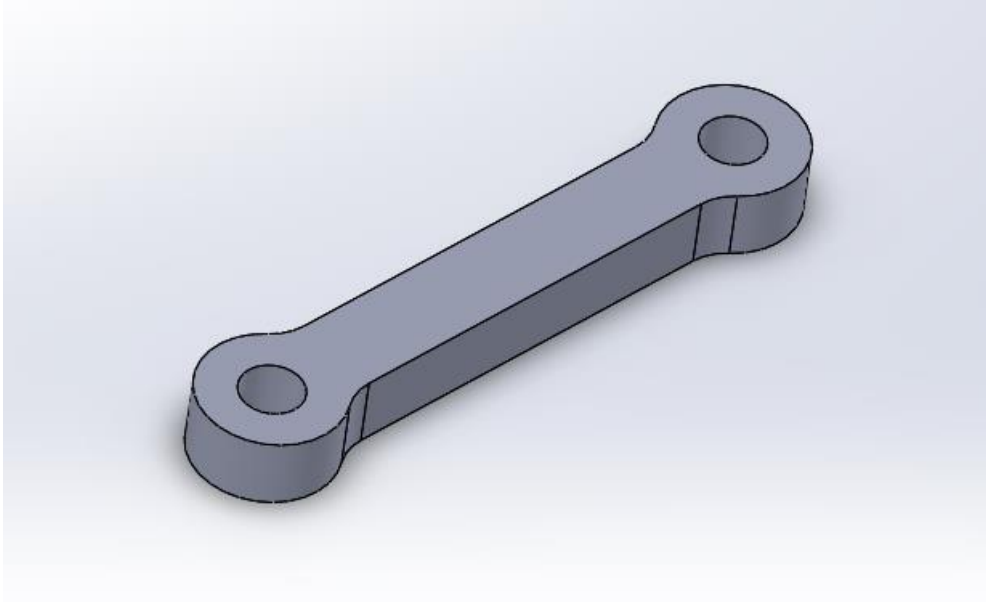
8.1.11. Küçük Servo Motor

Dişlileri hareket ettirerek kutunun kısıkaç ile yakalanıp bırakılmasını sağlar.

8.1.12. Gripper Ara Bağlantısı



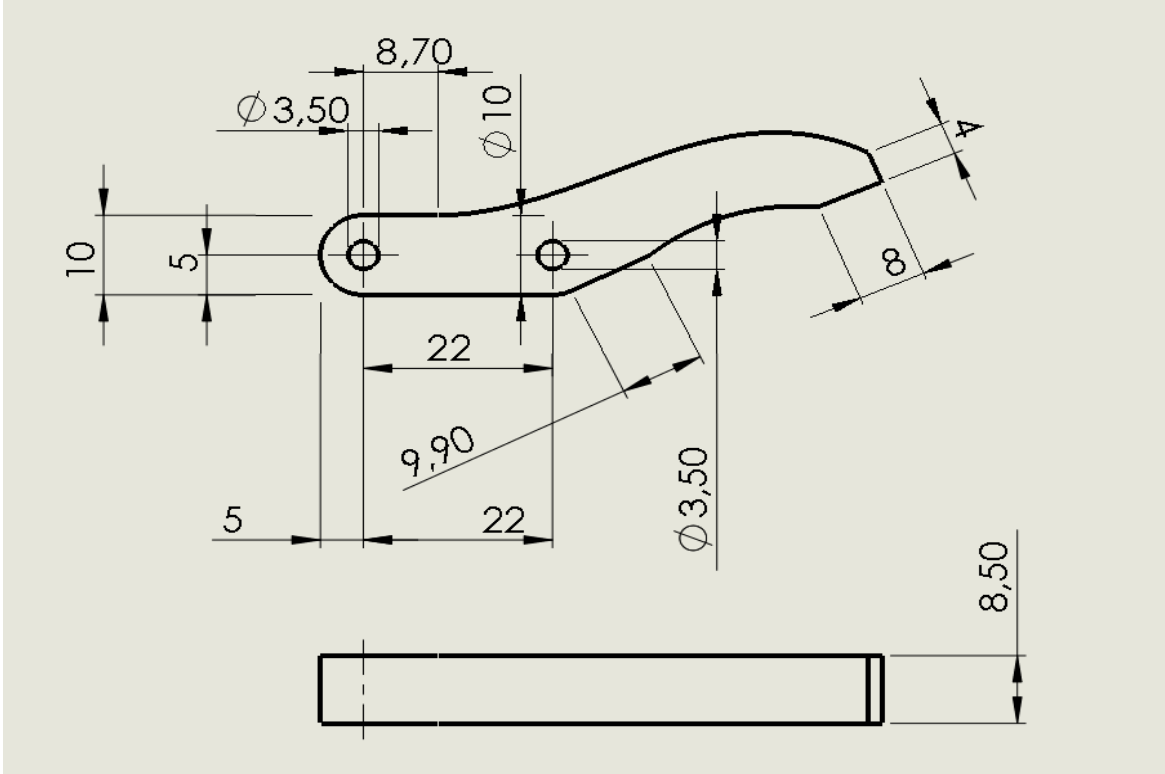
Şekil 8.1.13. Gripper ara bağlantı parçasına ait teknik resim



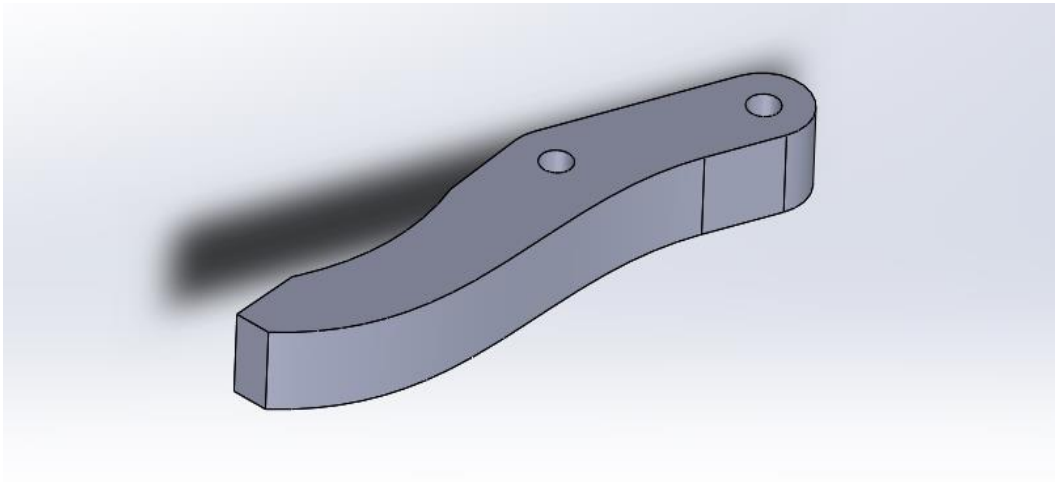
Şekil 8.1.14. Gripper ara bağlantı parçasına ait katı modelleme

8.1.13. Gripper Kıskaç

Kutuyu sıkıştırma parçasıdır.

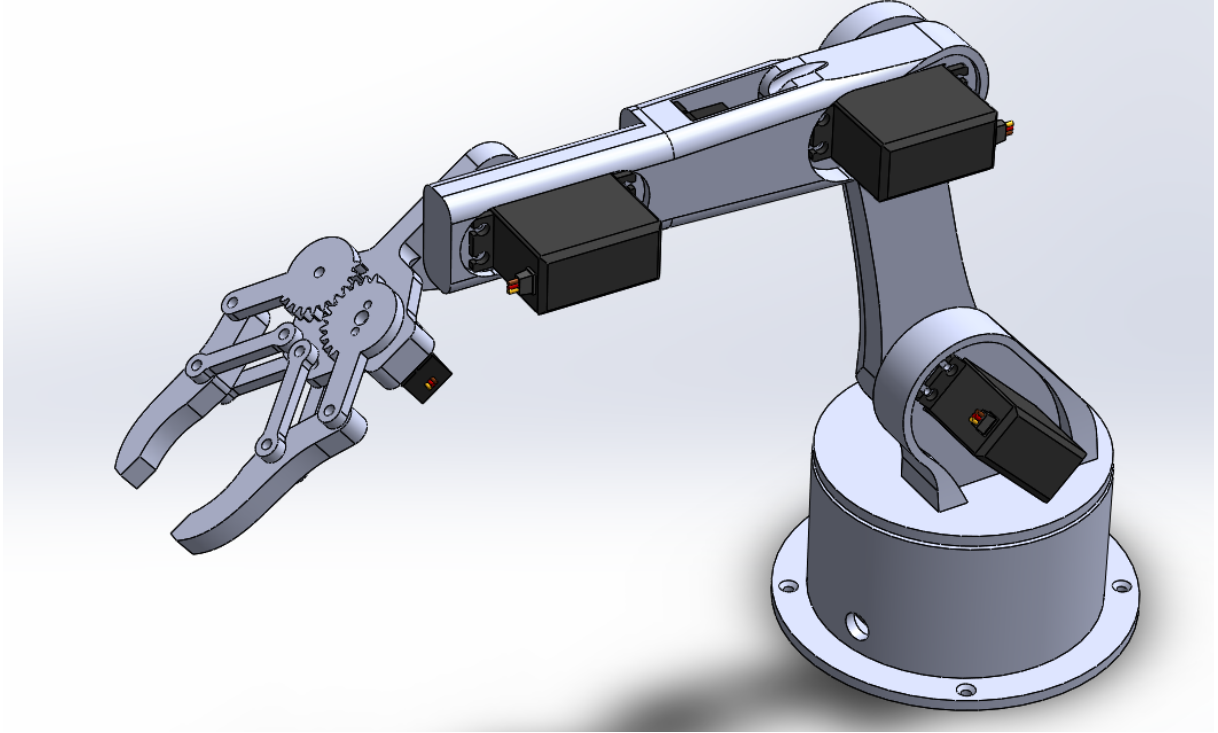


Şekil 8.1.15. Gripper kıskaçına ait teknik resim

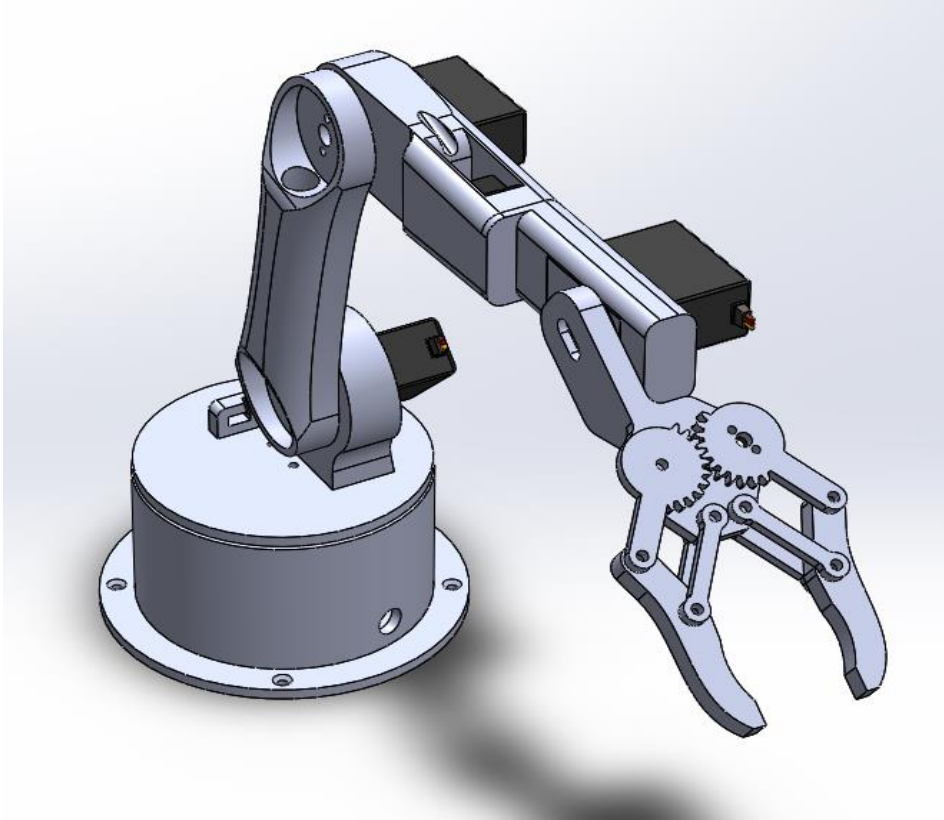


Şekil 8.1.16. Gripper kıskaçına ait katı modelleme

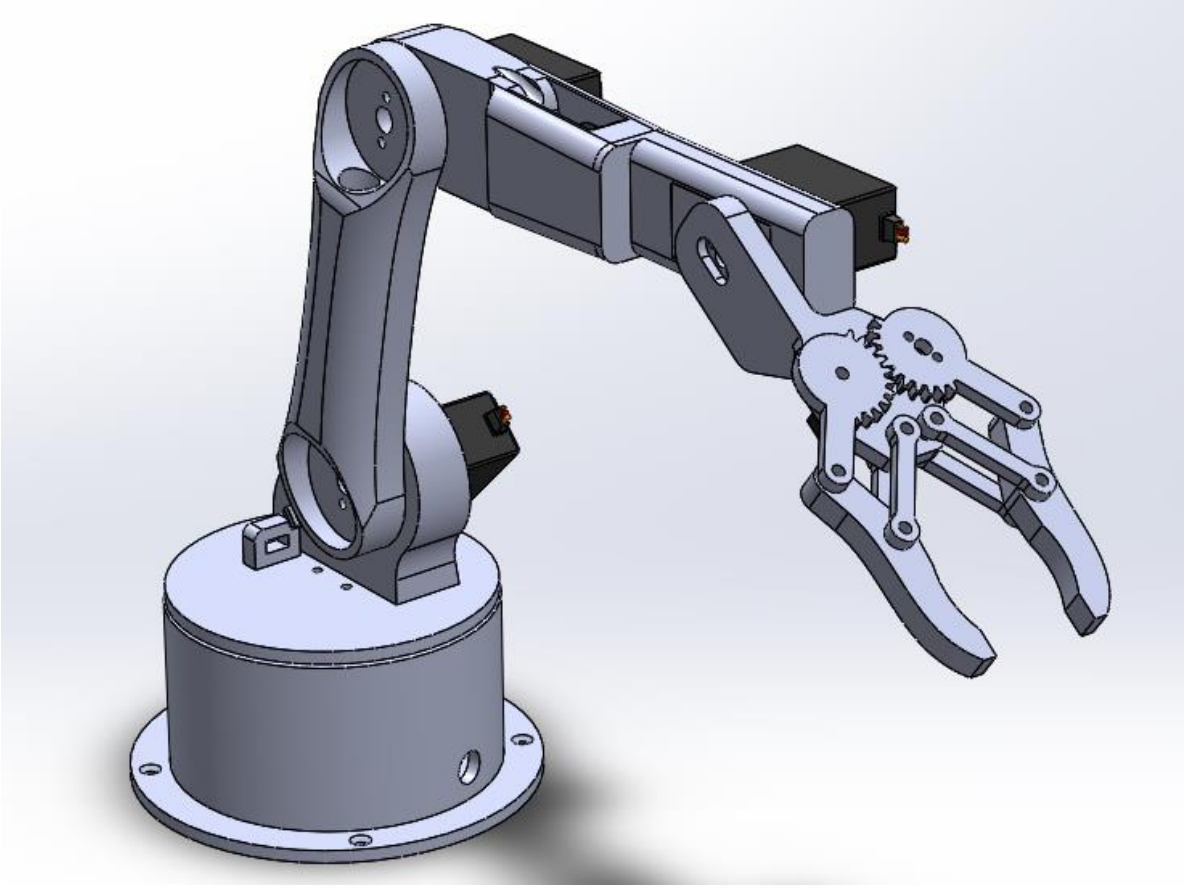
8.2. Montaja Ait Üç Boyutlu Tasarımın Gösterilmesi



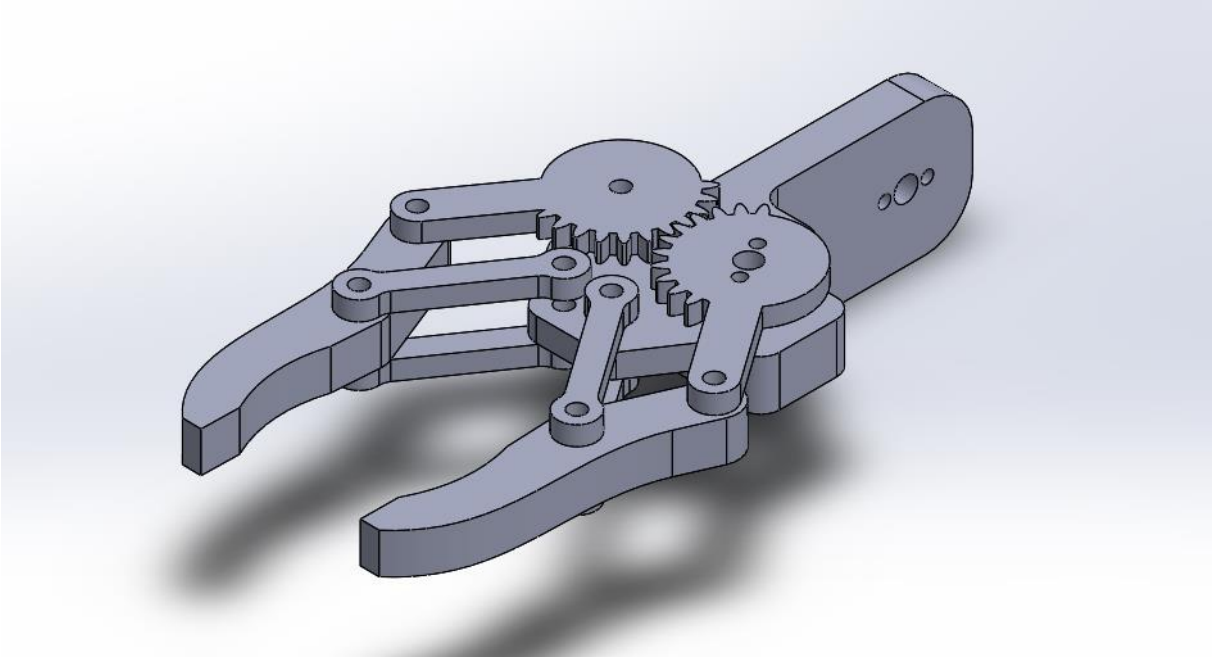
Şekil 8.2.1.



Şekil 8.2.2.



Şekil 8.2.3.



Şekil 8.2.4.

BÖLÜM 9- GERİLME ANALİZLERİ

Tasarımı yapılan, ölçülendirilen, kullanılacak malzemesi seçilen, taşıyacağı yük ve bu yüklerin uzuvlara uygulayacağı kuvvetlerin yerleri ve büyüklükleri belli olan projenin sahip olduğu dayanımı öğrenmek için gerilme analizleri yapılır.

Analiz için plastik malzeme seçilmiş olup mukavemet değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

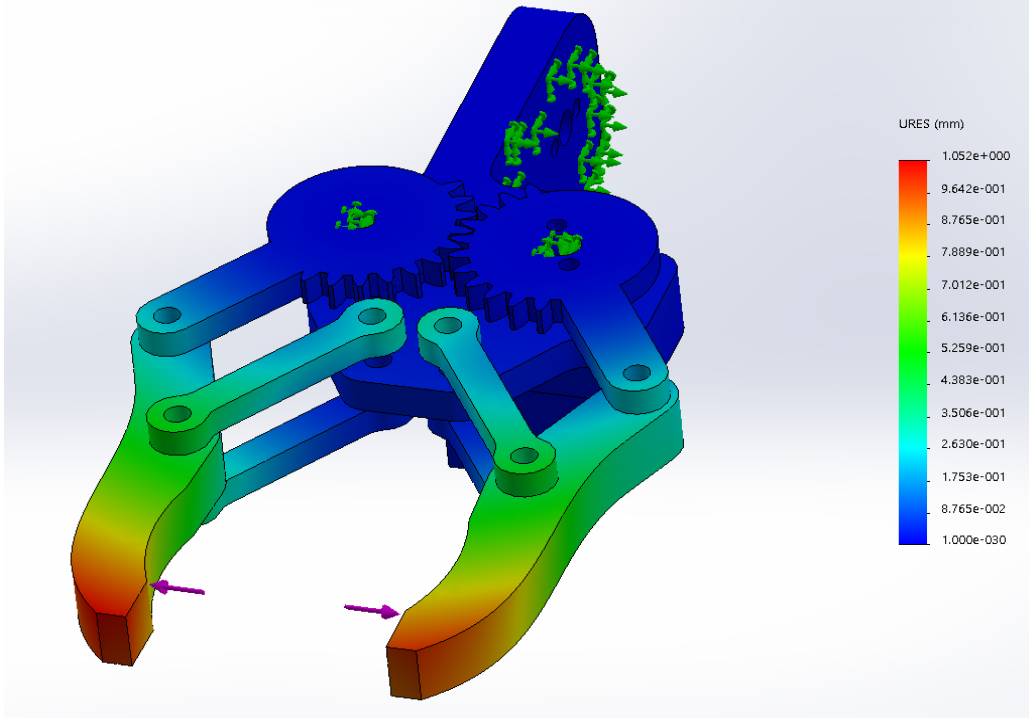
Özellik	Değerler	Birimler
Elastikiyet Modülü	2410000000	N/m ²
Poisson Oranı	0.3825	Yok
Yırtılma Modülü	866700000	N/m ²
Kütle Yoğunluğu	1300	Kg/m ³
Gerilme Mukavemeti	40700000	N/m ²
Termal İletkenlik	0.147	W/(m*K)
Özgül Isı	1355	J/(kg*K)
Kullanım Sıcaklığı	50-70	°C

9.1. Gripper İçin Gerilme Analizi

Kutuyu gripper taşıyacağı için yükün kütlesi 2 kg, emniyet katsayısı ise 1.2 alındı.

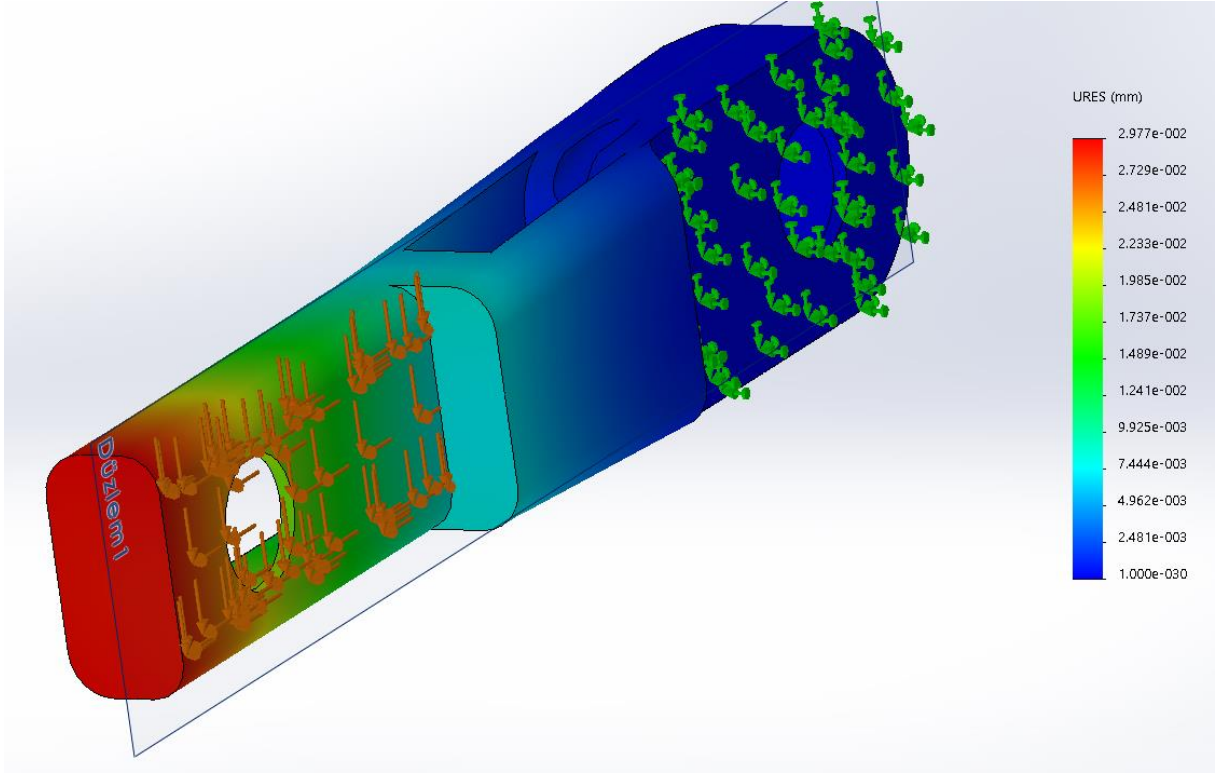
$$F = (m * g) * S$$

$$F = (2 * 9.81) * 1.2 = 23.544 \text{ N hesaplanıp analiz yapıldı.}$$



Şekil 9.1. Gripperin yük altındaki görüntüsü

9.2. Kol 1'in Gerilme Analizi

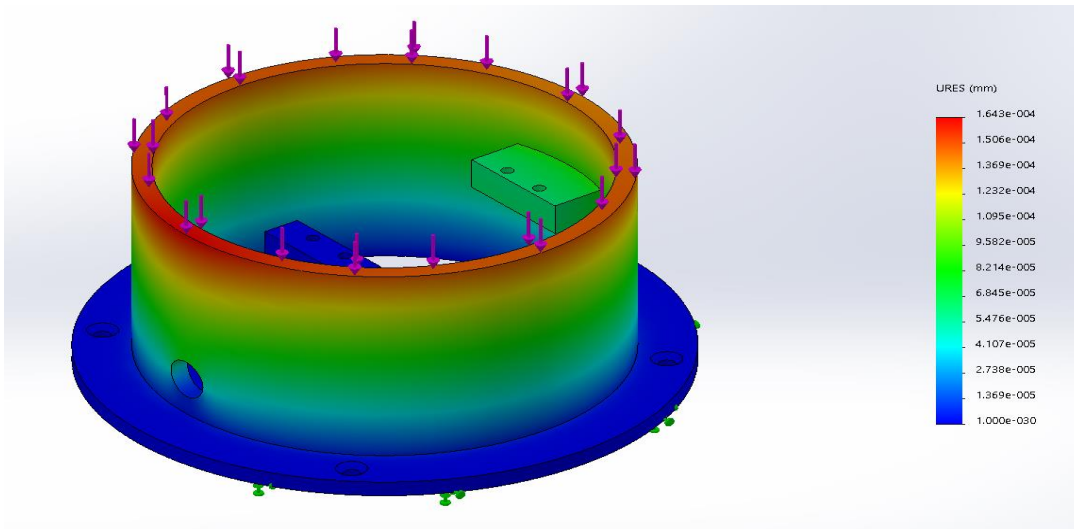


Şekil 9.2. Kol 1'in kuvvetler altındaki görüntüsü

9.3. Tablanın Gerilme Analizi

Tablanın üzerindeki elemanların toplam kütlesi 1.8 kg ve taşınan yük 2 kg alındı.

$F = (2 + 1.8) * 1.2 * 9.81 = 44.7336 \text{ N}$ hesaplanıp analiz yapıldı.

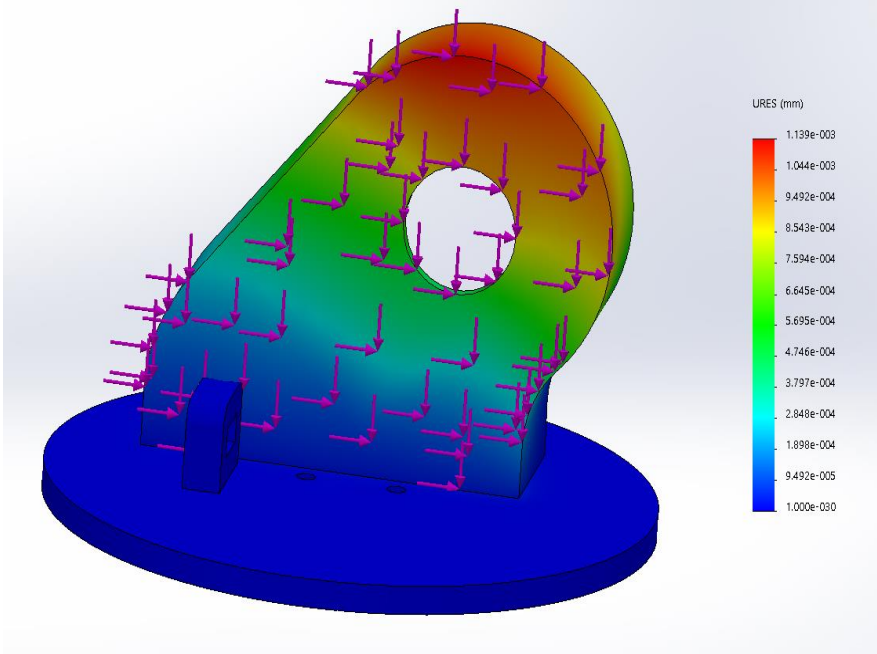


Şekil 9.3. Tablanın kuvvet altındaki görüntüsü

9.4. Tabla Kapağının Gerilme Analizi

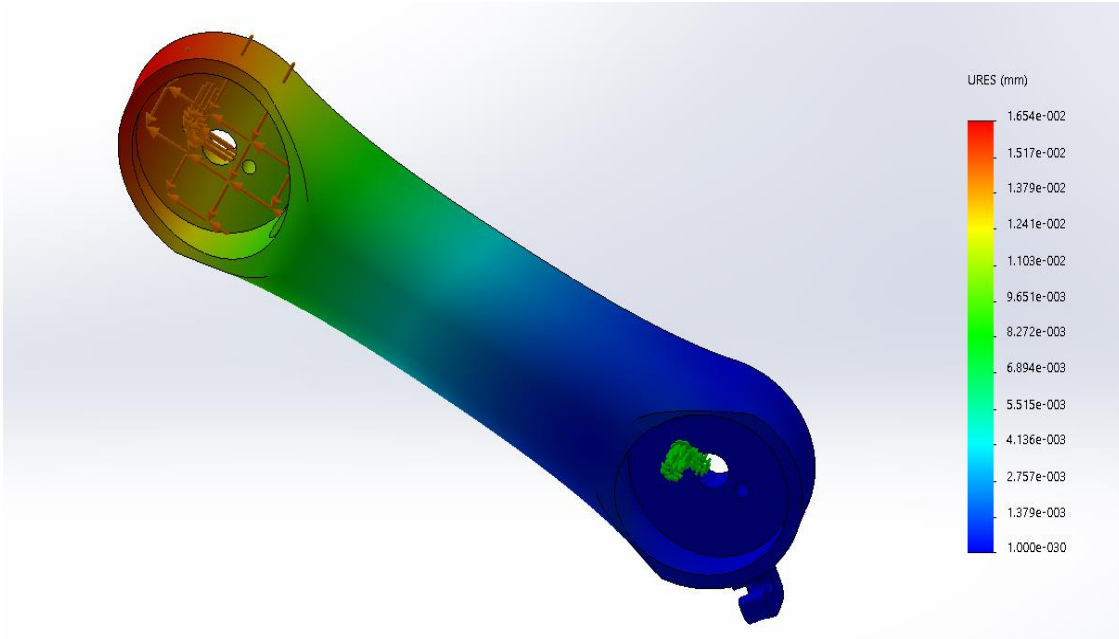
Üst tablanın üzerindeki elemanların toplam kütlesi 1.7 kg ve taşınan kütle ise 2 kg alındı.

$F = (2+1.7) \cdot 1.2 \cdot 9.81 = 10.3005 \text{ N}$ hesaplanıp analiz yapıldı.



Şekil 9.4. Tabla kapağının kuvvet altındaki görüntüsü

9.5. Kol 2'nin Gerilme Analizi



Şekil 9.6. Kol 2'nin kuvvet altındaki görüntüsü

BÖLÜM 10- ELEKTRONİK DEVRE

10.1. Arduino Kodları

```
#include <Servo.h>

Servo myservo; // create servo object to control a servo
Servo myservo1;
Servo myservo2;
Servo myservo3;
Servo myservo4;
// analog pin used to connect the potentiometer
int val; // variable to read the value from the analog pin
int val1;
int val2;
int val3;
int val4;
void hareket(Servo, int);
void poshareket(int, int, int);
void setup() {
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
  pinMode(A3, INPUT);
  pinMode(A4, INPUT);
  myservo.attach(3); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
  myservo1.attach(4);
  myservo2.attach(5);
  myservo3.attach(6);
  myservo4.attach(7);
}

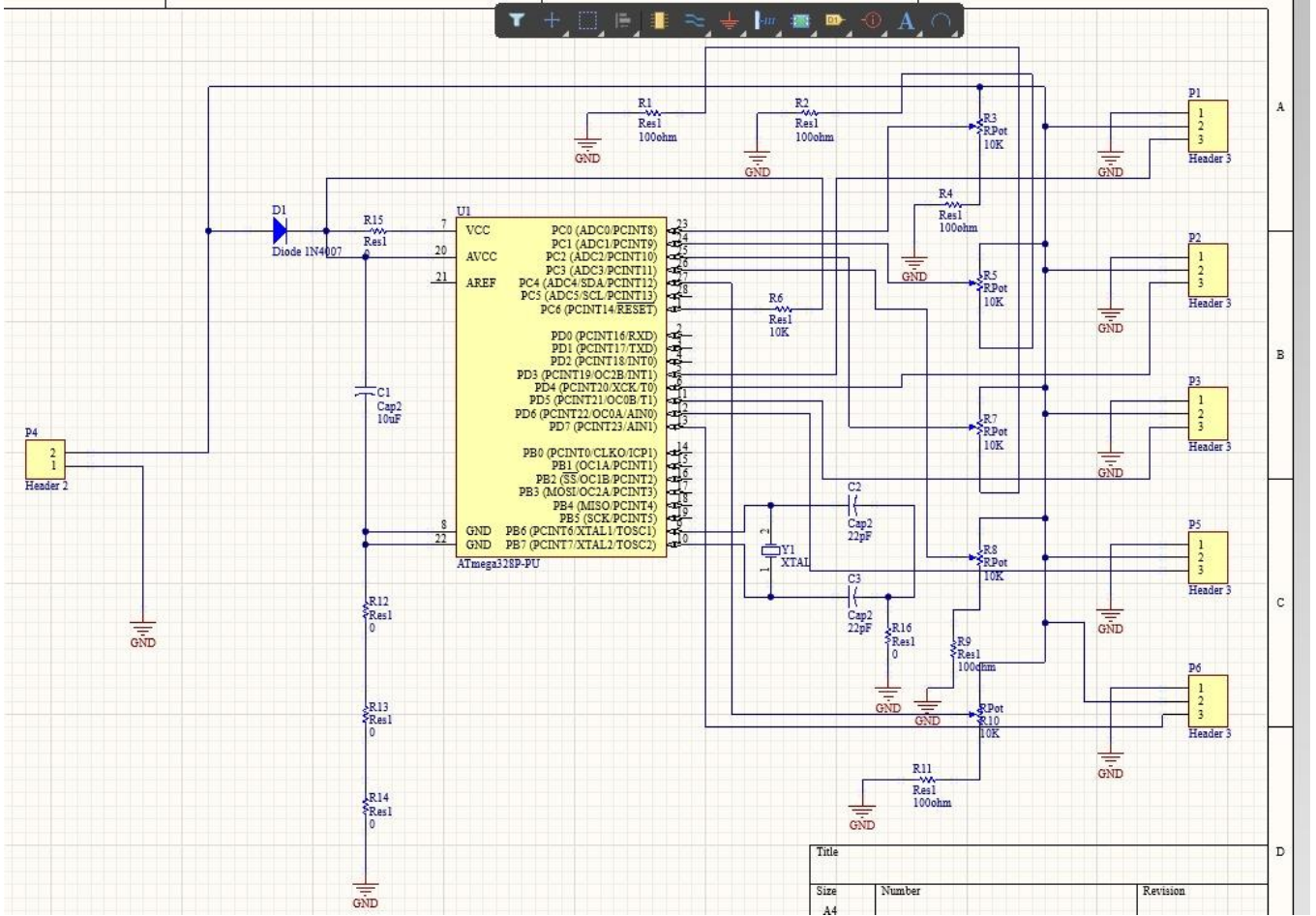
void loop() {
  val = analogRead(A0);
  val1 = analogRead(A1);
  val2 = analogRead(A2);
  val3 = analogRead(A3);
  val4 = analogRead(A4);

  hareket(myservo, val);
  hareket(myservo1, val1);
  hareket(myservo2, val2);
  hareket(myservo3, val3);
  hareket(myservo4, val4);

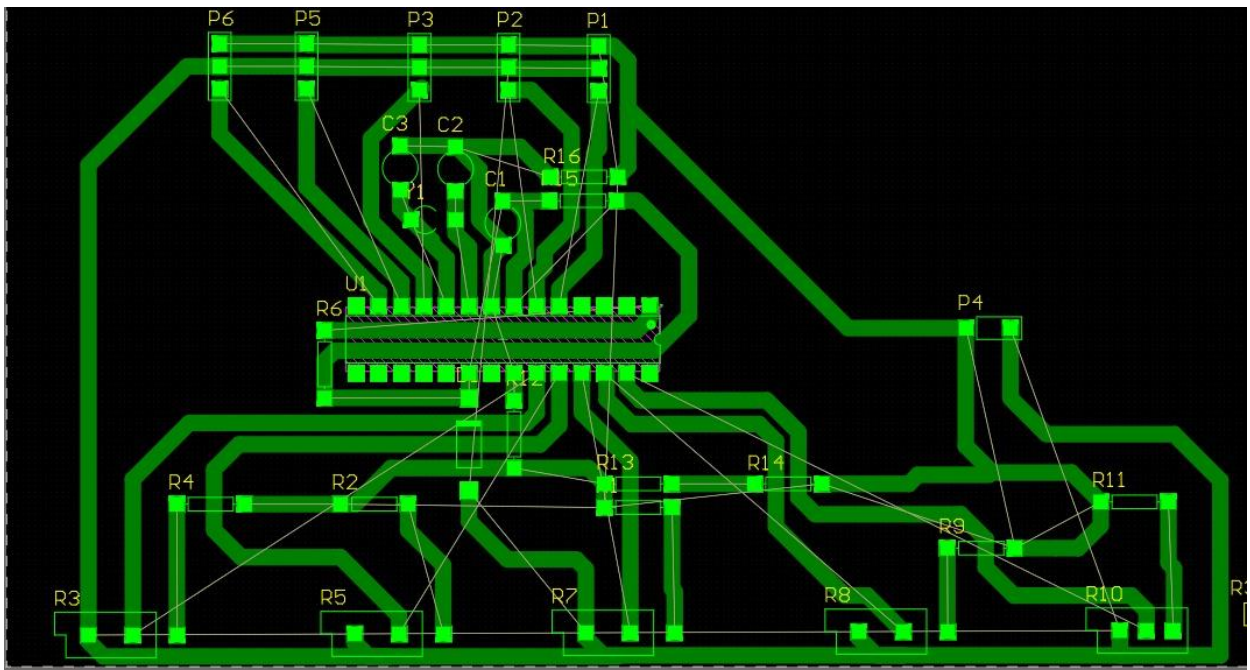
  delay(15);
}

void hareket(Servo servo, int gelen)
{
  int pos=0;
  pos = map(gelen, 0, 1023, 0, 180);
  servo.write(pos);
}
```

10.2. Devre Şeması



10.3. PCB Görünümü



BÖLÜM 11- HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI

HAFTALAR	YAPILAN İŞ
1. Hafta	Hali hazırda yapılmış projelerin incelenmesi
2. Hafta	Robotların tarihçesinin ve gelişim sürecinin öğrenilmesi
3. Hafta	Literatür araştırmasının yapılması
4. Hafta	Robot çeşitlerinin, robotik sistemlerin çalışma prensiplerinin araştırılması
5. Hafta	Kullanılan elemanların neler olduğunun ve nasıl çalıştığının öğrenilmesi
6. Hafta	Tasarım için taslak oluşturulması
7. Hafta	SolidWorks ile katı modelleme
8. Hafta	SolidWorks ile katı modelleme
9. Hafta	SolidWorks ile katı modelleme
10. Hafta	Montaj ve Teknik Resminin oluşturulması
11. Hafta	SolidWorks ile dayanım analizleri ve mukavemet hesapları
12. Hafta	Maliyet hesabının yapılması
13. Hafta	Kaynakça, ekler ve sonuçların oluşturulması
14. Hafta	Projenin sanal ortamda yazılıp düzenlenmesi

15. Hafta	Projenin sanal ortamda yazılıp düzenlenmesi
16. Hafta	Devre kart tasarımının oluşturulması
17. Hafta	Devre kart tasarımının oluşturulması
18. Hafta	Arduino üzerinden kod yazılımı
19. Hafta	Tasarımın katı model parçalarının revize edilmesi
20. Hafta	Tasarımın katı model parçalarının revize edilmesi
21. Hafta	Solidworks üzerinden gerilme analizlerinin revize edilmesi
22. Hafta	Tasarımın katı model parçalarının .stl formatında oluşturulması
23. Hafta	Tasarımın 3B yazıcı ile baskısının yapılması
24. Hafta	Tasarımın 3B yazıcı ile baskısının yapılması
25. Hafta	Proje elemanlarının sipariş edilmesi
26. Hafta	Tedarik süreci
27. Hafta	Tedarik süreci
28. Hafta	Tezin revize edilip düzenlenmesi
29. Hafta	Tezin revize edilip düzenlenmesi
30. Hafta	Projenin imal edilmesi
31. Hafta	Projenin imal edilmesi
32. Hafta	Projenin bitmiş halinin denenmesi

BÖLÜM 12- MALİYET HESABI

Robot tasarlanırken göz önüne alınması gereken en önemli konulardan biri maliyettir. Maliyetin düşmesi için üç boyutlu parça tasarım ve model montajının eksiksiz tamamlanması, tek bir üretimle prototipin ortaya çıkartılması ve gereksiz malzemeden uzak durulması gerekmektedir.

Ürün	Adet	Tutar
3B yazıcıda üretilmiş tasarım parçaları		300 TL
MG996 13 kg Servo Motor	4 Adet	117 TL
1X40 15MM 180 Derece Erkek Pin Header	1 Adet	1 TL
50V 1 uF Kondansatör	3 Adet	0,5 TL
4 Pinli Push Buton - Siyah (6x6x5mm)	13 Adet	6,34 TL
1W 150R Direnç – 10'lu	1 Adet	1,2 TL
Mini Ayarlanabilir 3A Voltaj Regülatör Kartı - LM2	2 Adet	10,9 TL
1W 82R Direnç – 10'lu	1 Adet	1,2 TL
1W 68R Direnç – 10'lu	1 Adet	1,2 TL
1W 39R Direnç – 10'lu	1 Adet	1,2 TL
32.768 kHz Kristal	2 Adet	1,46 TL
1W 33R Direnç – 10'lu	1 Adet	1,2 TL
1/2W 47K Direnç – 10'lu	1 Adet	1,06 TL
1W 390R Direnç – 10'lu	1 Adet	1,22 TL
Buzzer	1 Adet	3,25 TL
16 Mhz Kristal	3 Adet	3,41 TL
1/4W 1M Direnç Paketi – 10'lu	1 Adet	0,41 TL
Atmega-328p-pu	1 Adet	28 TL
Potansiyometre	5 Adet	15 TL
Harici Kırtasiye Malzemeleri		20 TL
Led Trafosu	1 Adet	30 TL
Civata		10 TL
Anahtar	1 Adet	15 TL
TOPLAM		570,55 TL

BÖLÜM 13- İMALAT SONRASINDA YAPILAN DENEYLER VE HESAPLAR

İmalat sonrasında proje üzerinde belirlenmiş bir senaryo ile yapılan deneylerin sonuçları ve ilgili hesaplar aşağıda verilmiştir.

13.1. Deney

Senaryo:

Adım1: Kol1 ve Kol2'yi hareket ettiren servo motor çalışır ve kol 20 cm aşağı iner.

Adım2: Gripper'a ait mini servo motor çalışır ve kutu kavranır.

Adım3: Kol1 ve Kol2'yi hareket ettiren servo motor tekrar çalışır ve kol 20 cm yukarı çıkar.

Adım4: Tablanın altındaki çembersel hareket sağlayan servo motor çalışır ve robot kol $(2 * \pi * 20) / 4 = 31.4$ cm hareket eder.

Adım5: Kol1 ve Kol2'yi hareket ettiren servo motorlar çalışır ve kol 15 cm aşağı hareket eder.

Adım6: Kutuyu kavrayan gripper'a ait servo motor çalışır ve kutu rafa bırakılır.

Farklı zamanlarda belirtilen senaryo ile yapılan 55 çalıştırma deneyinden 53 tanesi başarı ile sonuçlanmıştır. Kalan 2 deneyin başarısız olma sebepleri deneylerin birinde güç kaynağından, diğer bir deneyde ise servo motorlardan kaynaklanmıştır. Buna göre deneyler: $(53/55) * 100 = \%96.364$ başarı ile güven aralığındadır.

13.2. Enerji ve İş Gücü Hesabı

1 kg yük için:

Yüklü çalışma akımı= 6.6 V

Yüklü çalışma akımı: 1.4 A

$$P_0 = I \cdot V,$$

$$P_0 = 1.4 \cdot 6.6 = 9.24 \text{ W}$$

Servo Motor Verimi (η) = (Alınan Güç x 100) / Verilen Güç = (6 * 100) / 6.6 = %90.9

$$P_1 = P_0 / \eta$$

$$P_1 = 9.24 / 0.909 = 10.165 \text{ W}$$

Hareket senaryosu 19.25 saniye sürüyor. (t=19.25 s)

$$\text{Enerji (E)} = P_1 \cdot t$$

$$E = 9.24 \cdot 19.25 = 177.87 \text{ W.s} = 4.941 \times 10^{-5} \text{ kW.h}$$

1 kW.h elektrik tüketim bedeli 0.3967 TL

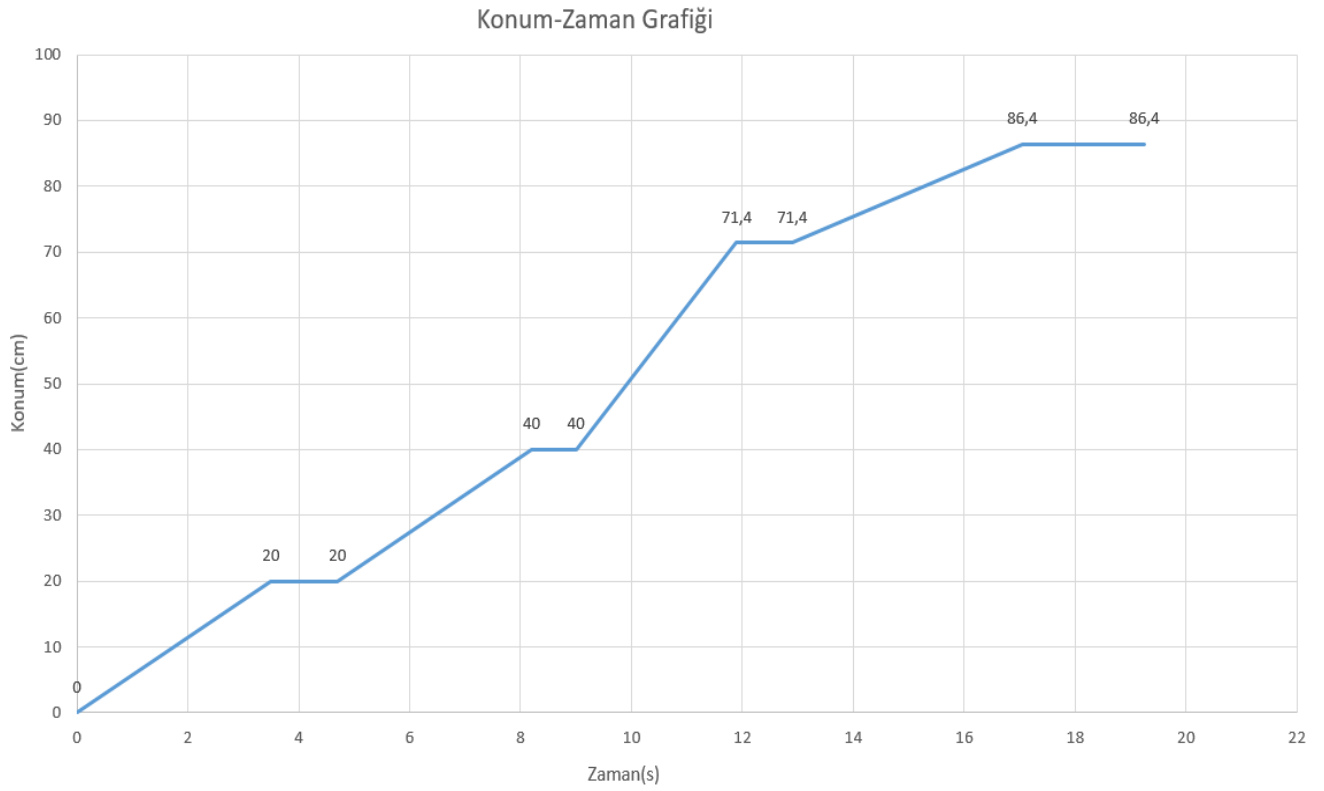
Bir senaryoyu tamamlamak için harcanan elektriğin tüketim bedeli:

$$(4.941 \times 10^{-5}) \cdot 0.3967 = 0.0000196 \text{ TL}$$

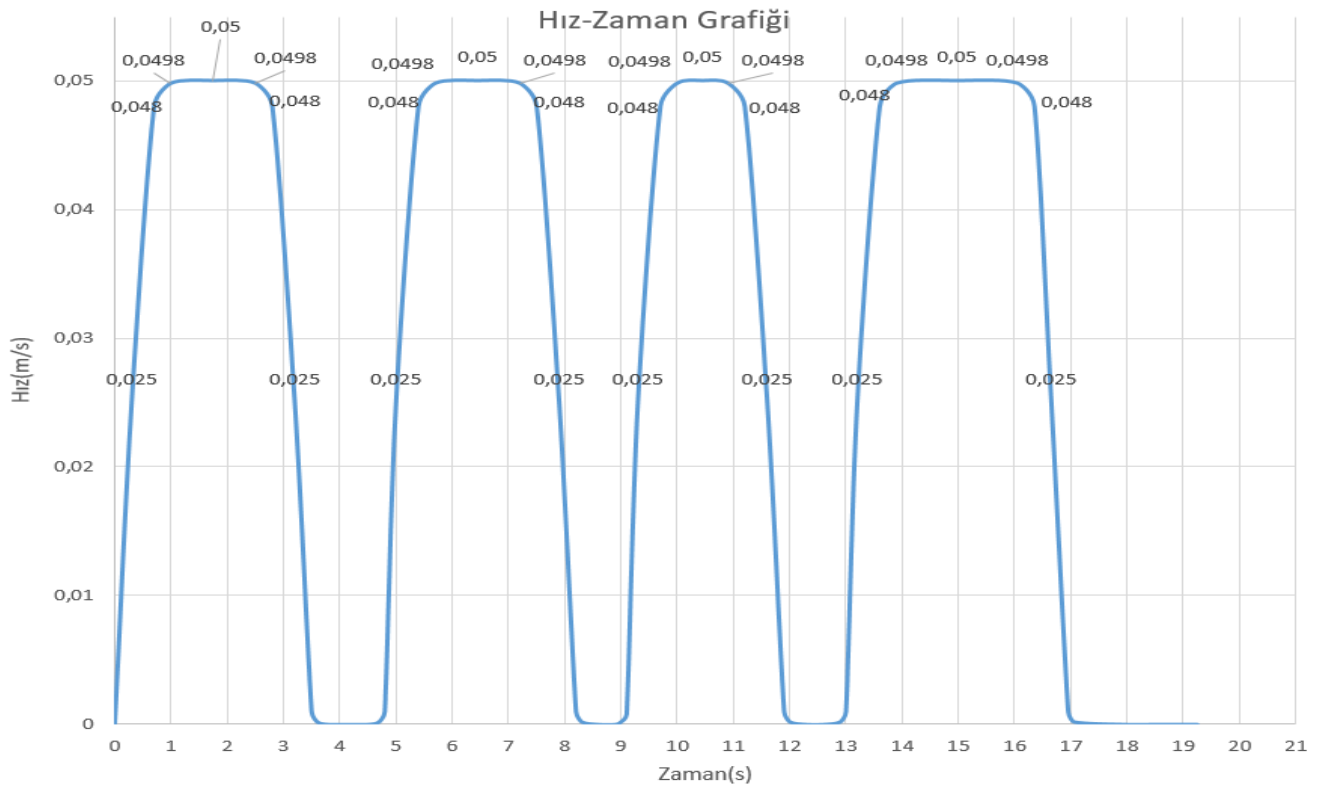
24 saatlik kullanım bedeli:

$$0.0000196 \cdot [(24 \cdot 60 \cdot 60) / 19.25] = 0.088 \text{ TL}$$

13.3. DeneY Sonuçlarından Grafik Oluşturulması



Şekil 13.1. Konum-Zaman GrafiĐi



Şekil 13.2. Hız-Zaman GrafiĐi

BÖLÜM 14- SONUÇLAR

Üretilmiş olan ‘Raflara Ürün Yerleştiren Robot Projesi’nin üzerinde yapılmış deneyler sonucunda proje şu şekilde analiz edilebilir:

- İş yükünü hafiflettiği görüldü.
- Gereken insan gücünü büyük ölçüde azalttığı belirlendi.
- Hata oranının azaldığı tespit edildi.
- Maliyet durumu göz önüne alındığında daha avantajlı olduğu hesaplandı.
- Daha düzenli ve tertipli bir çalışma ortamı hazırlayabileceği saptandı.
- Daha kısa zamanda daha çok iş yapılabildiği için kar oranını artırdığı belirlendi.

BÖLÜM 15- ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

15.1. Tehlike Açısından Çevresel Etki Değerlendirilmesi

Tehlike tanımlamasında, tanımlanan tehlikeler üzerinde bir risk değerlendirmesi yapılır. Bu risk değerlendirmelerinden özellikle dikkat edilmesi gerekenler aşağıda belirtilmiştir.

- a)Robota yönelik operasyon, bakım, ayar ve temizlik esansında dikkat edilmesi,
- b)Kişilerin robota her yönden erişiminin olması,
- c) Robot kontrol sisteminde makul şekilde öngörülebilir yanlış kullanıma dikkat edilmesi

15.2. Çevre Koşulları Açısından Çevresel Etki Değerlendirilmesi

Robot sistemleri ve robot hücreleri korucuyu önlemler dikkate alınarak dizayn edilmesi gerekmektedir. Çevre sıcaklığı nem elektromanyetik etkileşimler, aydınlatma vs. gibi çevre koşulları dikkate alınmalıdır. Bu çevre koşulları teknik kısıtlamalar nedeniyle bazı gereksinimlere yol açabilir. Robot, robot sistemleri ve bu robotlara ait hücreler çevre koşullarına göre seçilmelidir

BÖLÜM 16- EKLER

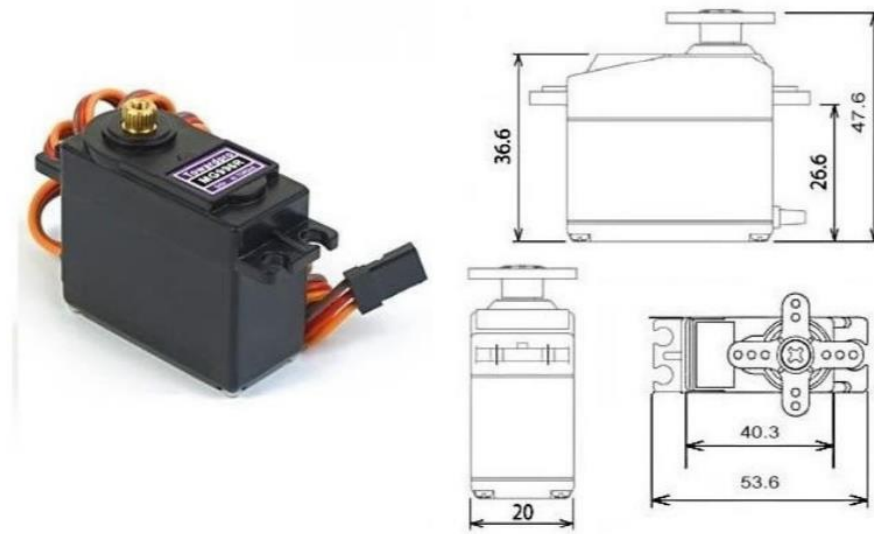
16.1 Tower Pro MG996 Metal Servo - 13KG

MG996 Servo Motor, ucuz uygulamalar için mükemmel bir servodur. Uygun fiyatlı olmasına rağmen bu servo, daha pahalı servoların birçok özelliğine sahiptir. Üzerinde bulunan bir devre kartı ve ona eşlik eden iç içe geçmiş dişli kutusu yüksek mukavemet sağlar. Montaj donanımına sahip çeşitli servo aparatları ve aksesuarları bulunur. Bu servo, 600us - 2400us arasında değişen bir PWM sinyali ile çalışır. 120 derecede tarama yapabilir.

Tower Pro MG996 Metal Servo Motor Özellikleri

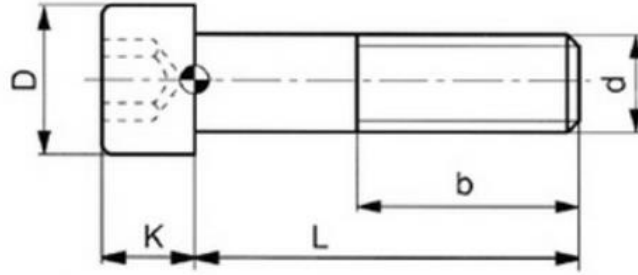
- Ağırlık: 55 g
- Boyut: 40,7 x 19,7 x 42,9 mm yaklaşık
- Çalışma voltajı: 4,8 V - 7,2 V
- Akım 500 mA
- Durma Akımı 2,5 A (6V)
- Sıkıştırma torku: 11 kgf · cm (4,8 V), 13 kgf · cm (6 V)
- Çalışma hızı: 17sec / 60 derece - 0.13sec / 60 derece
- Ölü bant genişliği: 5 µs
- Dişli tipi: tüm Metal dişliler
- İstikrarlı ve şok geçirmez çift bilyeli rulman tasarımına sahiptir. [28]

Tower Pro MG996 Metal Servo Motorun Ölçülendirmesi:



Şekil 14.1. [29]

16.2. Metrik Cıvata Ölçüleri

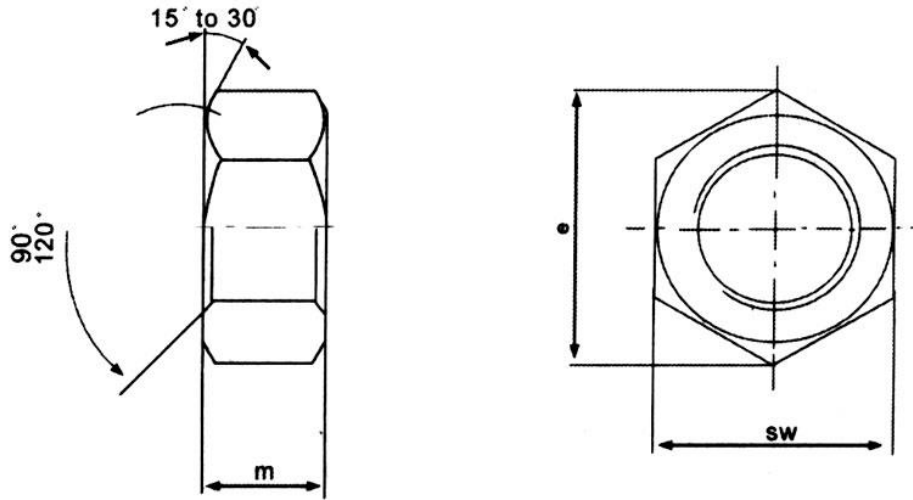


İmbus Başlı Cıvata Ölçüleri

Çap d	D	K	Allen AA	L Boy (mm)																			
				10	16	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
M3	5.3	2.8	2.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M4	7	4	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M5	8.5	5	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M6	10	6	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M8	13	8	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M10	16	10	8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M12	18	12	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M14	21	14	12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M16	24	16	14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M20	30	20	17	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M24	36	24	19	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

[30]

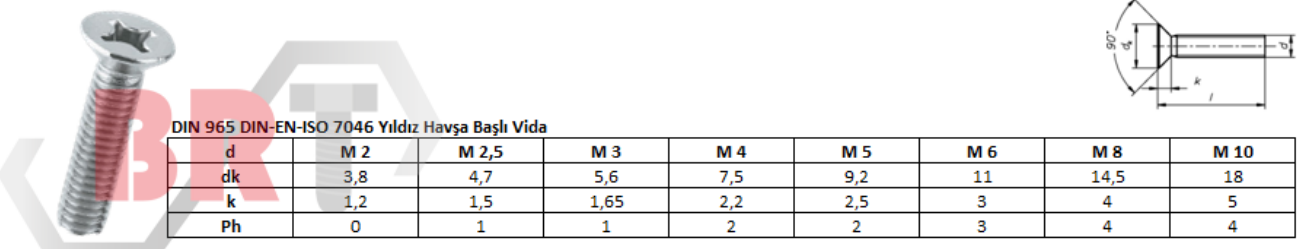
16.3. Metrik Somun Ölçüleri



Thread size / Anma çapı		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39
Pitch / Diş adımı	P	0,50	0,70	0,80	1,00	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,50	3,50	4,00	4,00
	P _i																			
Head width / Anahtar a.	sw	5,5	7	8	10	11	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55	60
Diagonal / Köşegen	e	6,01	7,66	8,79	11,05	12,12	14,38	18,90	21,10	24,49	26,75	30,14	33,53	35,72	38,98	45,20	50,85	55,37	60,79	66,44
Height / Yükseklik	m	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19	22	24	26	29	31
	min	2,10	2,90	3,70	4,70	5,20	6,14	7,64	9,64	10,30	12,30	14,30	14,90	16,90	17,90	20,50	22,50	24,00	27,00	28,50
Weight / Ağırlık	gr/p.	0,38	0,81	1,23	2,50	3,12	5,20	11,6	17,3	25,0	33,3	49,4	64,4	79,0	110	165	223	288	393	502

[24]

16.4. Yıldız Başlı Cıvata Metrik Ölçüleri

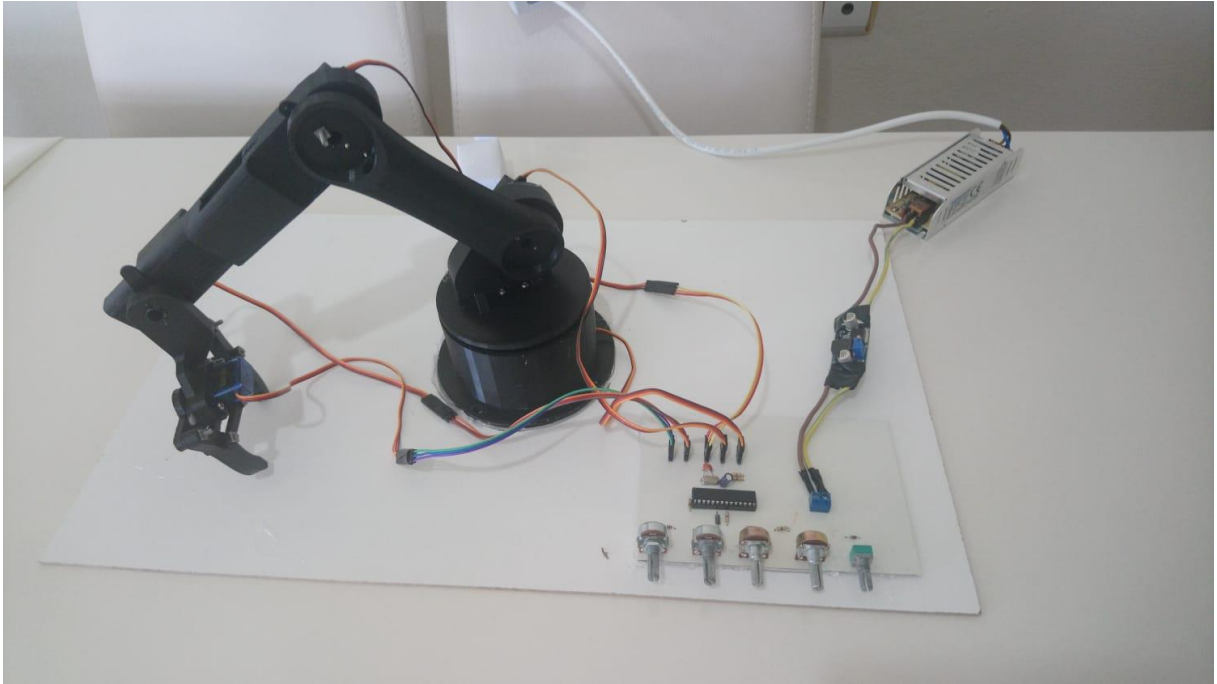


DIN 965 DIN-EN-ISO 7046 Yıldız Havşa Başlı Vida

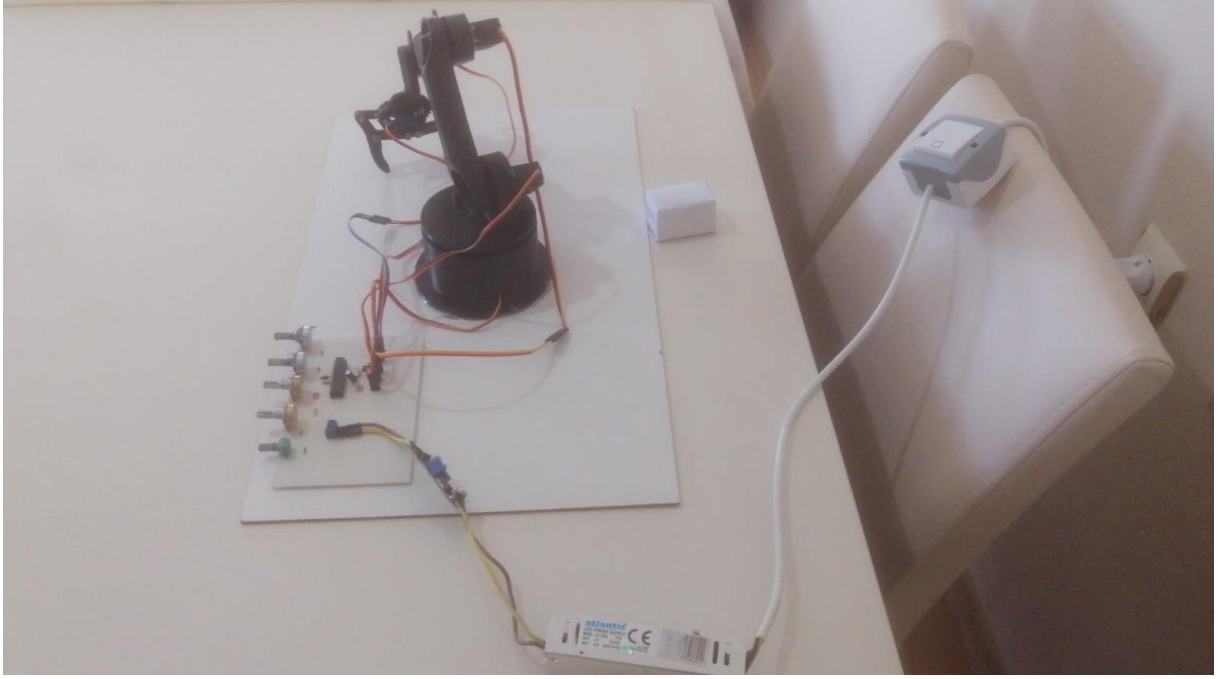
d	M 2	M 2,5	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
dk	3,8	4,7	5,6	7,5	9,2	11	14,5	18
k	1,2	1,5	1,65	2,2	2,5	3	4	5
Ph	0	1	1	2	2	3	4	4

[25]

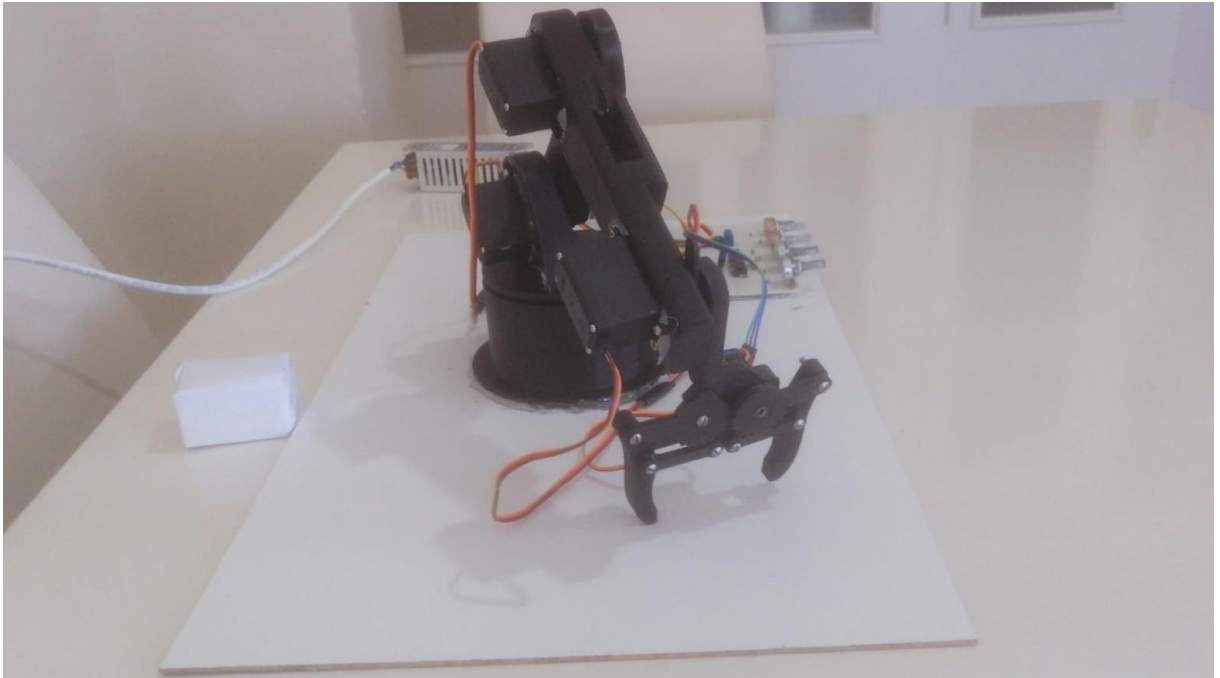
BÖLÜM 17- PROJENİN BİTMİŞ HALİNE AİT FOTOĞRAFLAR



Şekil 17.1.



Şekil 17.2.



Şekil 17.3.

BÖLÜM 18- KAYNAKÇA

- [1] <https://www.sciencesource.com/archive/Robotics--Electro-and-Sparko--1939-World-s-Fair-SS2698167.html>
- [2] <https://robots.ieee.org/robots/aibo/>
- [3] <https://www.cnnturk.com/teknoloji/cerrahi-robotlarlar-geliyor>
- [4] <https://market.samm.com/arduino-uno-r3-dip-klon-usb-kablo-dahil>
- [5] <https://www.motorobit.com/urun/mg995-tower-pro-servo-motor-360-derece>
- [6] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [7] <https://www.fanuc.eu/tr/tr/robotlar/robot-%C3%BCr%C3%BCn-serisi-sayfas%C4%B1>
- [8] <http://rlcotomasyon.com/kartezyen-robotlar/>
- [9] <https://bahusus.com/yapay-zekaya-sahip-robotlar/>
- [10] <http://www.robotpark.com.tr/blog/tum-robot-tipleri/sabit-robotlar/kure-robotlar/>
- [11] <https://sorry.epson.eu/>
- [12] <http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr/seri-paralel-robotlar/>
- [13] <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/661990>
- [14] https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/155240/mod_resource/content/0/2.%20Robot%20T%C3%BCrleri%20ve%20E%C4%9Fitsel%20Ama%C3%A7%C4%B1%20Robotlar.pdf
- [15] <https://blog.universal-robots.com/tr/robot-nedir>
- [16] <https://maker.robotistan.com/rc-servo-motor-nedir/>
- [17] <http://meraklibot.com/servo-motor-ile-akilli-kapi-uygulamasi/911/>
- [18] https://www.robotiksisitem.com/arduino_nedir_arduino_ozellikleri.html
- [19] <https://teknolojiprojeleri.com/arduino/arduino-uno-nedir-ozellikleri-nelerdir>
- [20] http://www.robotiksisitem.com/arduino_arduino_ozellikleri.html
- [21] <https://www.abakuskitap.com/blog/icerik/solidworks-nedir-ve-nerelerde-kullanilir>
- [22] <https://yasincapar.com/tr/calismalar/cae-2/solidworks-simulation-tr/>
- [23] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Mikrodenetleyici>
- [24] https://www.karacacivata.com/index.php?sayfa=kat-biz&kat_id=80&makale_id=93
- [25] http://www.beratcivata.com/metrik_vidalar.html
- [26] [SolidWorks Malzeme Kütüphanesi](#)
- [27] <https://turhancankargin.wordpress.com/2017/08/07/altium-designer/>

[28] <https://www.robotistan.com/mg996-13-kg-servo-motor>

[29] <https://datasheetspdf.com/pdf-file/942981/ETC/MG996R/1>

[30] http://www.ersinalkan.com/imbus_basli_civata_olculeri.html

[31] https://www.researchgate.net/figure/a-generalized-robot-assembly-cycle_fig2_302921968