

**T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**



ARDUINO İLE ROBOT KOL KONTROLÜ

BİTİRME TEZİ

Hazırlayan

BUĞRA AYDOĞAN 2011010225018

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT

2016

KARABÜK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No:
İÇİNDEKİLER.....	1
KABUL VE ONAY.....	2
ÖNSÖZ.....	3
ÖZET.....	4
1. GİRİŞ	5
2. TEORİK ALTYAPI	7
2.1. Servo Motorlar	7
2.2. Arduino Mikrodenetleyici	8
2.3. Bluetooth Modülü	10
2.4. Devre Şeması	11
2.5. Güç	11
3. ROBOT KİNEMATİĞİ	12
3.1. Robot Kolu Kinematığı Genel Özellikleri	12
3.2. D & H (Denavit ve Hartenberg) Koordinat Çerçeveleri	17
3.3. İleri Kinematik	17
3.4. Ters Kinematik	18
4. TASARIM KISMI	19
4.1. Mekanik Kısımın Tasarımı	20
4.2. Mekanik Kısımın Montajı	22
4.3. Android Programlama	23
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	26
5.1. Projede İzlenen Yöntem	26
5.2. Robot Kol Kontrolü	27
6. SONUÇLAR	28
KAYNAKLAR	29
EKLER	30
ÖZGEÇMİŞ.....	41

KABUL VE ONAY

Buğra AYDOĞAN...tarafından hazırlanan " Arduino ile 4 Eksenli Robot Kol Kontrolü " başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. 09/06/2016


Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 09/06/2016

Tez Jürisi

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU



Üye : Yrd.Doç. Dr. Aytül BOZKURT

Üye :



Doç. Dr. Emre ZEKER



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 11.06/2016

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Müh. Bölüm Bşk:



ÖNSÖZ

Lisans öğrenimim sırasında başta bölüm başkanımız olmak üzere, üzerimde emeği geçen bütün hocalarıma bana öğrettikleri üniversite ve hayat dersleri için, tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımlardan dolayı danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Buğra AYDOĞAN
Mekatronik Mühendisi

Mezun durumuna gelen tüm öğrencilerimizin hayat boyu başarılı olmalarını diler, vatana millete ve ailelerine faydalı birer mühendis olarak bundan sonraki yaşamlarını devam ettirmelerini temenni ederim.

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU
Bölüm Başkanı

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 ihtiyaç duyulan robot kolların en fazla gelişme gösterdiği alan endüstri ve tıp sektörüdür.

Projede tasarlanan ve gerçekleştirilen robot kol 5 adet servo motor ile 4 eksen yönünde hareket edebilme yeteneğine sahiptir. Tutucu sayesinde istenilen bir malzemeyi bir yerden alıp başka bir yere taşıyabilir ve ayrıca aldığı malzeme ile karıştırma işlemi de gerçekleştirebilir. Bu işlemi yaparken de arduino ve arduinoya bağlı bluetooth modülü üzerinden android uygulamasına bağlanarak robot kontrolü sağlanmaktadır.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze insanlar her zaman ek yardımcı sistemlere ihtiyaç duymuştur. Bilgi akışının hızla artması ile artık insanları farklı pazar arayışlarına yönlendirmiş ve insanlar kaliteli ürünü ucuza imal edebilmek için rekabete girmişlerdir. Bunu gerçekleştirebilmek için de otomasyon sistemlerine ihtiyaç vardır. Çünkü kaliteli ürün için çalışanların tecrübeli ve iyi eğitilmiş olmalarının yanı sıra hataları minimize eden standartlaştırılmış otomasyon sistemleri de gerekmektedir. İnsanlar, fiziksel özelliklerinden dolayı güçlerinin yetmediği yerlerde yardımcı makineler kullanma ihtiyacı duymuşlardır. Önceleri insan yardımına ihtiyaç duyularak çalıştırılan bu makineler, teknolojinin ilerlemesiyle insan gücüne ihtiyaç duymadan kendiliğinden çalışır hale getirilmiştir. Otomasyon sistemlerinin uygulamalarında en fazla kullanılan elemanlarından birisi de robotlardır. Robotik sistemler; Mekatronik Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve Bilgisayar Mühendisliğinin ortaklaşa çalışmaları sonucu ortaya çıkmıştır.

Projede, önceden belirlenen komutlar doğrultusunda belirlenen görevi yerine getirmesi için tasarlanan robot kolun gerçekleştirilmesinde yapılan işlemler ve bu işlemler esnasında mekanik ve yazılım konusunda çeşitli bilgi sahibi olmak için araştırmalar yapılmış ve projeye uygulanmıştır.

İlk olarak, robot kolun ne işlevde olacağı ve hangi hareketleri yapabileceği saptanmıştır. Android telefon veya tablet kontrolü yapılan robot kol; istenilen malzemeyi taşıyabilir, karıştırabilir ve önceden bir kullanıcı tarafından belirlenen komutları yerine getirebilir. Bu proje de belirlenen görevi ise; robot kol bir malzemeyi alarak istediğimiz konuma getirdikten sonra hareketlerini kaydediyoruz ve biz durdurana kadar aynı hareketi yapmasını sağlıyoruz. Bu işlemlerin düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için seçilecek motorun hassas çalışabilmesi ve yüksek torkta olması gerektiğinden servo motor tercih edilmiştir. Robot kol, 5 adet servo motordan oluşmaktadır ve bu motorlar yardımıyla 4 eksen yönünde hareket edebilmektedir.

Projede Java dilinde yazılan Arduino Nano mikrodenetleyicisi programlanarak servo motor kontrolü sağlanmıştır. Böylelikle servo motor girişlerinin bulunduğu devre dışında herhangi bir devre yapımına gerek kalmaksızın arduino üzerinde bulunan elemanlar sayesinde istenilen işlemler yapılabilmiştir. Mekanik bölüm için SolidWorks programı ile robotun uzuvları çizilerek robot kolunun boyutları belirtilmiştir. Robotun çalışabilmesi için de 5V'luk güç kaynağı tercih edilmiştir.

2. TEORİK ALTYAPI

Projenin teorik alt yapısı, ana başlıklar ve alt başlıklar olarak aşağıda incelenmiştir.

2.1. 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 yapılı 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. Projenin yapım aşamasında kullanılan servo motorlardan biri Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. DA servo motor

Projede Tower Pro SG90 Mini servo motoru kullanılmıştır. Bu servo motorun bazı özellikleri; çok yönlü çalışması, darbe genişlik kontrolünün 10 μ s olması, V_{P-P} : 3-5 V

kare dalga ile çalışması ve çalışma geriliminin 4,8-6V olması gibi sıralanabilir. Kullanılan servo motorun küçük çalışma geriliminde, çalışma hızı yüksüz olarak 0,12 s/60° ve torku 1,2-1,6 kg/cm'dir.

Servo motorlar, sinyal durumuna göre kontrol edilirler. Bunu yaparken veri ucu yardımıyla verilen darbe genişlik modülasyon (PWM) sinyali kullanılır. Her bir servo motor, 10-20 ms'de ve 0,5-1,5 ms'de bir PWM sinyali ile kontrol edilir. Bu sinyalin lojik-1'de kalış süresine (t_k) göre motor milinin konumları belirlenir. Bunlar;

- $t_k = 0,5$ ms iken motor mili en sona döner,
- $t_k = 0,5 - 1$ ms iken motor milinin konumu ortadadır,
- $t_k = 1 - 1,5$ ms iken motor mili sağa döner,
- $t_k = 10-20$ ms iken (tekrar aynı sinyal verildiğinde) eski konumunda kalır,

şeklindedir. Bu motorların konum kontrolü gerekli darbeler kullanılarak belirlenir. Projede kullanılan DA servo motorlar çalışma esnasında gerilimleri 5V civarında tutulmuştur.

2.2. Arduino Nano Mikrodenetleyicisi

Genellikle programlama ve yazılım alanında kullanılan mikrodenetleyici tipi PIC olsa da son zamanlarda arduino dünyada oldukça popüler hale gelmiştir. Arduinonun geçmiş i wiring ve processing projelerine dayanmaktadır. Processing, programlama deneyimi olmayanlara yönelik geliştirilmek amacıyla yazılmış bir dildir. Arduinolar wiring programlama dili temelinde üretilmiştir. İkisinin de ortak özelliği, elektronik ve programlama konusunda temel bilgi sahibi kişilerin dahi kolayca tasarım yapabileceği ortamın sağlanmış olmasıdır. Arduino artık günümüzde giderek daha yaygın hale gelmeye başlamıştır. Neredeyse her alanda kullanımı olan arduino ile yapılan insansız hava aracı projeleri dahi görülmektedir.

Arduinonun bu derece hızlı bir şekilde yaygınlaşma sebepleri şunlardır;

- Sürücü kullanımıyla birlikte geliştirme ortamının basit olmasından dolayı bütün platformlarda kullanılabilir.

- Gelişmiş kütüphanesi yardımıyla karmaşık olan işlemlere bile kolaylıkla çözüm bulunabilir.
- Arduinoya yazılan programlar herhangi bir başka platformda koşturulmadığından hızlı çalışabilirler.
- Arduino ile uyumlu ve birlikte çalışabilecek çok fazla donanım desteği bulunmaktadır.
- Açık kaynak kodlu olduğu için çevresi ile iletişime kolay geçebilmektedir.
- Arduino kullanıcı sayısı fazla olması sebebiyle herhangi bir sorun oluştuğunda kolaylıkla çözüme ulaşılabilir.



Şekil 2. Projede kullanılan Arduino nano mikrodnetleyicisi

Arduino Nano ATmega328 mikrodnetleyici (Arduino Nano 3.x) veya Atmega168 (Arduino Nano 2.x) mikrodnetleyici barındıran, küçük , tam ve breadboard dostu bir Arduino kartıdır. Arduino Duemilanove ile hemen hemen aynı fonksiyonlara sahiptir. Arduino Nano Gravitech tarafından tasarlanmıştır ve kullanılmaktadır.

Arduino Nano bir bilgisayar ile, başka bir Arduino ile ya da diğer mikrodnetleyiciler ile haberleşme için çeşitli imkanlar sunar. ATmega328 ve ATmega168 mikrodnetleyicileri, RX ve TX pinlerinden erişilebilen UART TTL (5V) seri haberleşmeyi destekler. Kart üzerindeki bir FTDI FT232RL seri haberleşmeyi USB üzerinden kanalize eder ve FTDI sürücüsü (arduino yazılımı içinde mevcuttur) ile bilgisayardaki yazılıma sanal bir com portu olarak görünür. Kart üzerindeki RX ve TX ledleri FTDI çipi üzerinden USB den seri çipe ve USB den bilgisayara veri giderken yanıp söner.

SoftwareSerial kütüphanesi Arduino Nano 'nun digital pinlerinden herhangi biri üzerinden seri haberleşmeye imkan sağlar. Ayrıca ATmega328 ve ATmega168 mikrodnetleyicileri I2C (TWI) ve SPI haberleşmelerini de destekler.

2.3. HC-06 Bluetooth Modülü

HC-06 BT modülü sadece slave olarak çalışan ve seri haberleşme protokolünü kullanan bir modüldür. Bluetooth haberleşmede master ve slave, bağlantıyı başlatabilme durumuna göre belirlenir. Bir master modül, bağlantıyı başlatabilir ama slave modül bağlantıyı başlatamaz. Biz projemizde slave olarak çalışan modülün bağlantısını bir pc veya android cihazıyla sağlayacağımız için bağlantıyı harici bir aygıt başlatacaktır. Çift yönlü data sağlıklı bir şekilde gönderilip alınabilir.



Şekil 3. HC-06 Bluetooth modülü

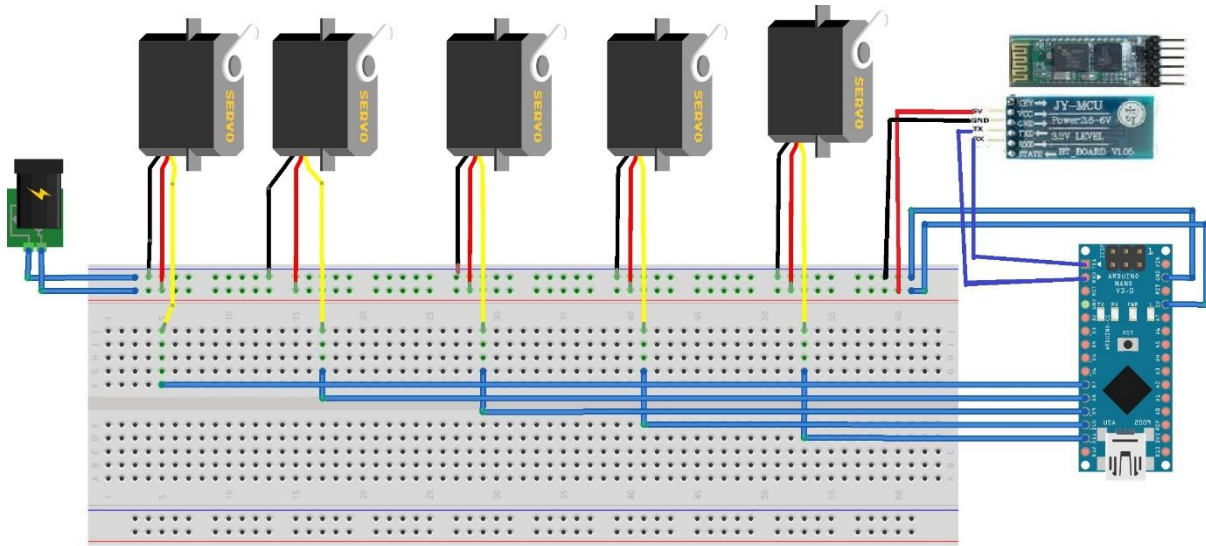
Cihazı bluetooth aygıtlarına ekledikten sonra bilgisayarımızda, modül ile ilişkilendirilmiş sanal bir com port oluşmuş oluyor. Artık modül yardımıyla bluetooth üzerinden haberleşmemiz gerçekleşebilir. Mikrodnetleyici (PIC18F46K22) ile UART üzerinden gönderdiğimiz kodlar bluetooth ile PC ye BT modülünün bağlı olduğu COM üzerinden alınabiliyor. Ve PC den de

COM üzerinden gönderilen datalar, mikrodenetleyiciye ulaşır.

2.4. Devre Şeması (Board Üstünde)

Devre; servo girişleri, arduino pin girişlerinden ve bluetooth modülü girişinden oluşmaktadır. Şekildeki devrede servo motorların, bluetooth modülünün, arduino nanoya bağlantıları ve güç kaynağı bağlantıları gösterilmiştir. Kullandığımız bu devre sayesinde güç kaynağından gelen 5V'un servo motorlara dağıtılması sağlanmıştır.

Devreye ait resim Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Devre

2.5. Güç

Servo motorların kontrol devresini beslemesi için seçilen güç kaynağı, eş zamanlı tüm servo motorların çalışması durumunda dahi aynı akımı verebilmektedir. Tüm servo motorlar aynı anda çalıştırıldığında 0,5 A akım çekmektedirler. Ayrıca projede robotun hareketi için kullanılan arduino için de 5 V'a ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaç 5V'luk güç kaynağı ile sağlanmıştır.

3. ROBOTKOLUKİNEMATİĞİ

3.1. Robot Kolu Kinematığı Genel Özellikleri

Robotikte kinematik, hareket inceleme bilimidir. Robot kolu uzuvları referans koordinat çerçevesine göre dönebilir veya ötelenebilir. Denavit ve Hartenberg tarafından geliştirilen sistematik ve genel bir yaklaşım robotun uç noktası ile robot kolu uzuvlarının toplam yer değiştirmeleri arasındaki ilişkiyi kurar (Fu 1987). Uzuvlar arasındaki açısal ve doğrusal yer değiştirmeler mafsallık koordinatları olarak adlandırılır ve uzuv değişkenleri tarafından tanımlanır. Uç noktasının referans koordinat sistemine göre dönme ve öteleme miktarını belirlemek için, her uzuv dönme ve öteleme miktarlarını gösteren A matrisleri sırayla birbiriyle çarpılır. Uç noktasının koordinatlarının verilmesi durumunda, geriye doğru gidilerek uzuv değişkenleri elde edilebilir. Bu işlemler *ileri* ve *ters* kinematik olarak isimlendirilir. Bundan sonraki kısımda ileri ve ters kinematığın nasıl belirleneceği anlatılacaktır. Genel transformasyon matrisi basit robotlar için bile oldukça karışık olabilmektedir. Standart robotlar için olan Jacobian matrisi (McKerrow 1991) ve (Koivo 1989) gibi standart ders kitaplarında bulunabilir.

Genel Bir Robot Kolu İçin Koordinat Çerçeveleri ve Transformasyon Matrisleri

n boyutlu bir pozisyon vektörünün $n+1$ boyutlu bir vektör ile gösterilmesine homojen koordinat gösterimi denir. Aşağıda koordinat çerçeveleri arasında bir pozisyon vektörünü homojen koordinatlarda gösteren 4×4 'lük bir matris görülmektedir (Fu, 1987).

$$R_{T_H} = \left[\begin{array}{c|c} \text{dönme} & \text{öteleme} \\ \hline (3 \times 3) & (3 \times 1) \\ \hline 0 & 1 \\ \hline (1 \times 3) & (1 \times 1) \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cccc} x_x & y_x & z_x & p_x \\ x_y & y_y & z_y & p_y \\ x_z & y_z & z_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

$$\mathbf{p} = p \mathbf{i} + p \mathbf{j} + p \mathbf{k} \text{ x y z}$$

$$\mathbf{x} = x \mathbf{i} + x \mathbf{j} + x \mathbf{k} \text{ x y z}$$

$$\mathbf{y} = y \mathbf{i} + y \mathbf{j} + y \mathbf{k} \text{ x y z}$$

yeni çerçevenin orijininin vektörünü,

yeni çerçevenin x ekseninin doğrultu vektörünü,

yeni çerçevenin y ekseninin doğrultu vektörünü,

$$\mathbf{z} = z \mathbf{i} + z \mathbf{j} + z \mathbf{k} \quad x \ y \ z$$

yeni çerçevenin z ekseninin doğrultu vektörünü temsil eder.

Transformasyon matrisinin 4. kolonu x, y, ve z doğrultularındaki ötelemeye karşılık gelen 3 elemana sahiptir.

$$\mathbf{Trans}(p_x, p_y, p_z) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & p_x \\ 0 & 1 & 0 & p_y \\ 0 & 0 & 1 & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3 koordinat ekseninin herhangi birinde dönme mümkün olduğundan, x, y ve z eksenlerinde θ açısı kadar olan dönmelere karşılık gelen 3 dönme transformu vardır. x eksenini için aşağıdaki matris yazılabilir;

$$\mathbf{Rot}(x, \theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ 0 & \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

y ve z eksenleri etrafında sadece dönmeleri temsil eden matrisler benzer şekilde yazılabilir.

$$\mathbf{Rot}(y, \theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & \sin(\theta) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

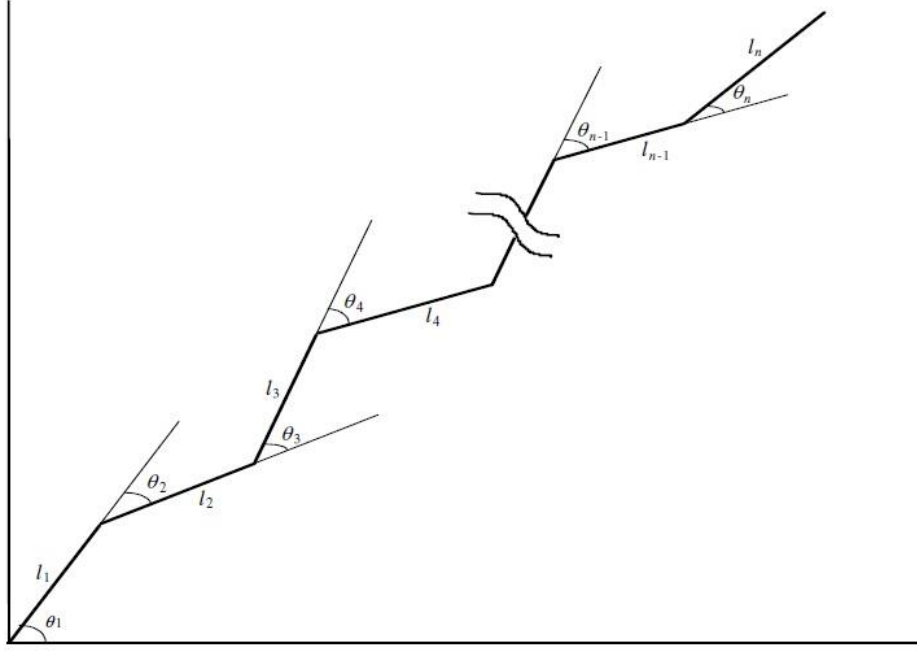
$$\mathbf{Rot}(z, \theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Transformasyon matrisinin elemanları saf dönme ve öteleme matrislerinin ard arda çarpımıyla bulunabilir. Kartezyen uzayda uç noktasının referans çerçevesine göre oryantasyonu istendiğinde, bu, sabit referans çerçevesinin eksenleri etrafındaki dönmelerin bir dizisi olarak elde edilebilir. Bunu yapmak için çok sayıda yol varsa da, en iyi bilinenlerde birisi “roll-pitch-yaw” transformasyonudur. 3 dönmenin belirlenmesiyle olur. Önce x eksenli etrafında dönme, sonra y ve daha sonra da z eksenli etrafında dönme.

$$\mathbf{RPY}(\phi, \theta, \Psi) = \mathbf{Rot}(z, \phi) \mathbf{Rot}(y, \theta) \mathbf{Rot}(x, \Psi)$$

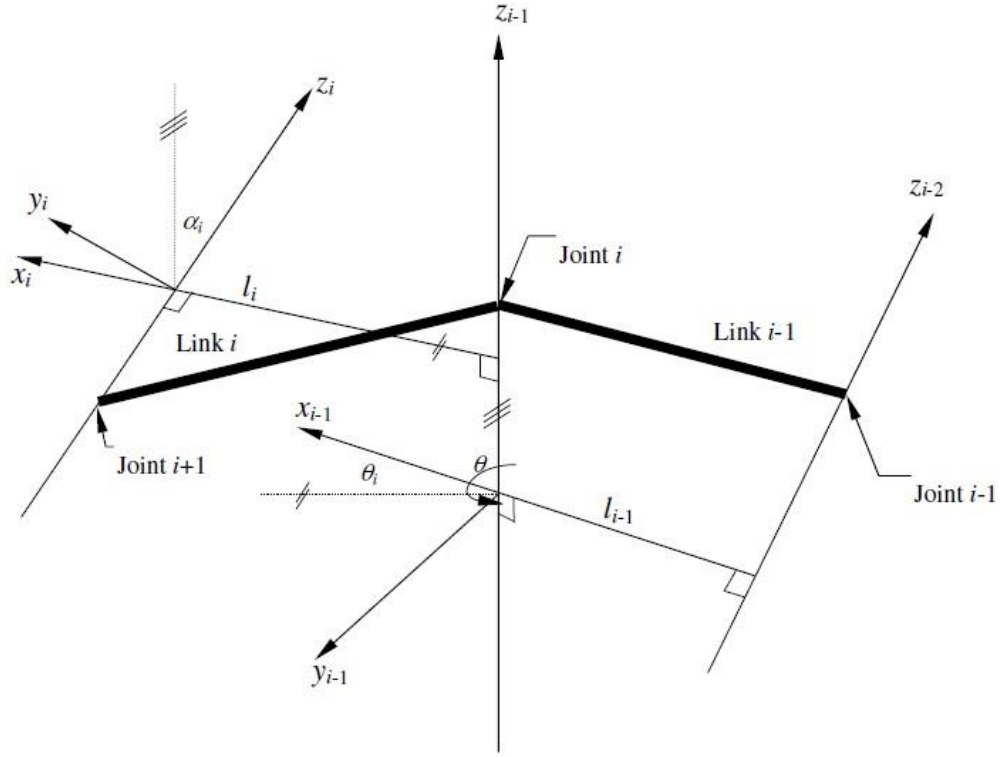
$$= \begin{bmatrix} C(\phi)C(\theta) & C(\phi)S(\theta)S(\Psi) - S(\phi)C(\Psi) & C(\phi)S(\theta)C(\Psi) + S(\phi)S(\Psi) & 0 \\ S(\phi)C(\theta) & S(\phi)S(\theta)S(\Psi) + C(\phi)C(\Psi) & S(\phi)S(\theta)C(\Psi) - C(\phi)S(\Psi) & 0 \\ -S(\theta) & C(\theta)S(\Psi) & C(\theta)C(\Psi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Robotikte kinematik, hareket inceleme bilimidir. Robot kolu uzuvlarının pozisyonları, hızları ve ivmeleri arasındaki ilişkileri, kuvvetleri ve hareketi etkileyen diğer faktörleri dikkate almadan inceler.



Şekil .Bağıl açıları gösterilen n uzuvlu seri robot kolu

Sekil 'de verilen seri uzuv robot kolunu incelendiğinde uzuvlardan birinin pozisyonu ve oryantasyonu veya her ikisi degistiginde, bu uzuv ve uç noktası arasında olan uzuvların pozisyonları ve oryantasyonları da degisecektir. Uzuvların pozisyon ve oryantasyonları degisirken, genellikle uç noktasının pozisyonu ve oryantasyonunun temel referans çerçevesine göre belirlenmesi arzu edilir.



Şekil . D & H parametreleri

Her hareketli uzuvu bir koordinat çerçevesi bağlandığında, her iki uzuv arasındaki transformasyon, **A** matrisi olarak isimlendirilen bir homojen transformasyon matrisi ile tanımlanabilir. Örneğin 1. uzuv temel çerçeveye 1. **A** matrisi olan ${}^0\mathbf{A}_1$ ile bağlanır. Uç noktasının transformasyon matrisi ${}^R\mathbf{T}_H$ ise **A** matrislerinin 1. **A** matrisinden başlayarak uç noktasının **A** matrisine kadar olan **A** matrislerinin ard arda çarpımıyla referans çerçevesine göre ifade edilebilir.

$${}^R\mathbf{T}_H = {}^R\mathbf{T}_1 \cdot {}^1\mathbf{T}_2 \cdot \dots \cdot {}^{n-2}\mathbf{T}_{n-1} \cdot {}^{n-1}\mathbf{T}_H = {}^0\mathbf{A}_1 \cdot {}^1\mathbf{A}_2 \cdot \dots \cdot {}^{n-2}\mathbf{A}_{n-1} \cdot {}^{n-1}\mathbf{A}_n$$

Bu denklem kapalı formda olduğundan, herhangi bir terim bir diğerine göre ifade edilebilir ve robot kolunun kinematik analizinde çok önemlidir. Çünkü robot kolunun ileri ve ters kinematikinin çözümlemesinde kullanılır.

3.2. D & H (Denavit ve Hartenberg) Koordinat Çerçeveleri

Uzuvlar arasındaki açılar ve yer değiştirmeler uzuv değişkenleri tarafından tanımlanan mafsallı koordinatları olarak adlandırılır. Her uzuvu için bir DOF'a sahip olan n mafsallı bir seri uzuv robot kolu $n+1$ tane uzuvu sahiptir. D & H parametrelerini kullanarak Şekil 3.2'de görüldüğü üzere doğrusal olması şart olmayan herhangi bir uzuv, yapısal kinematik uzuv parametreleriyle karakterize edilebilir (Koivo, 1989);

l_n : uzuv uzunluğu, mafsallı eksenleri arasındaki ortak normal boyunca olan mesafedir. z ve z_{i-1} eksenleri arasındaki uzunluğa diktir.

i : pozitif z_{i-1} ekseninden pozitif z_i eksenine olan pozitif x eksenine etrafındaki dönme açısıdır.

θ : pozitif x_{i-1} ekseninden pozitif z_i eksenine olan pozitif z_{i-1} eksenine etrafındaki dönme açısıdır.

d_i 1. koordinat çerçevesinin orijininden x_{i-1} eksenine boyunca olan z_{i-1} ve x_i eksenlerinin kesişimine olan uzaklıktır.

Yapısal parametrelerin bazıları robot kolu hareketi sırasında zamanla değişebilir. Bu değerleri değişen parametreler, örneğin dönel mafsaldaki θ açısı, mafsallı değişkenleri olarak isimlendirilir.

3.3. İleri Kinematik

Bir robot kolunun mafsallı uzayı tanımı, Kartezyen uzayı tanımıyla ilişkilendirilebilir. Yani, verilen bir mafsallı değişkenleri takımı için uç noktasının pozisyonu ve oryantasyonu Kartezyen koordinatlarda belirlenebilir. Bu işlem ileri kinematik olarak bilinir. İleri kinematik, önceden bahsettiğimiz A matrislerini kullanarak uç noktasının pozisyon ve oryantasyonunu veren ${}^R T_H$ transformasyon matrisini bulma olayıdır. ${}^R T_H$ transformasyon matrisi, genel öteleme matrisi ile RPY açılarının oryantasyon transformu matrisiyle çarpılarak da elde edilebilir.

$${}^R\mathbf{T}_H = \begin{bmatrix} x_x & y_x & z_x & p_x \\ x_y & y_y & z_y & p_y \\ x_z & y_z & z_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & p_x \\ 0 & 1 & 0 & p_y \\ 0 & 0 & 1 & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

3.4. Ters Kinematik

Kartezyen koordinatlarda verilen bir uç noktası pozisyonu ve oryantasyonu için, mafsallı değişkenlerinin alması gereken değerleri bulma işlemine ters kinematik denir. Ters kinematik ileri kinematiğe göre çözümlenmesi oldukça zor olabilmektedir. Birçok durumda çözümü garanti etmeyen ve deneme yanılma yöntemini de içeren teknikler kullanmak gerekmektedir.

4. TASARIM KISMI

Tasarım kısmı kendi içerisinde, mekanik kısmın tasarımı ve mekanik kısmın montajı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mekanik kısmın tasarımında, robot kol yapımında kullanılacak olan parçaların milimetrik çizimleri yardımcı program aracılığı ile yapılmıştır. Mekanik kısmın montajında ise robot kolda kullanılan servo motorların isimlendirilmesi ve robotun çalışması esnasındaki görevleri açıklanmıştır. Projenin yapımı bazı basamaklardan oluşmaktadır. Bu basamaklar;

- Projenin yapımı için gerekli mekanik malzemelerin belirlenmesi,
- Projede kullanılacak mikrodenetleyici ve yazılımın belirlenmesi,
- Robot kolu uygun bir biçimde çalıştıracak servo motorların araştırılması ve seçilmesi,
- Mekanik kısım parçalarının uygun şekilde seçilmesi,
- Robot kol montajının gerçekleştirilmesi,
- Sistemin seçtiğimiz mikrodenetleyici ile amaca uygun şekilde çalışıp çalışmadığının test edilmesi,
- Olası hatalar gözden geçirilerek sistemin tekrar yapılandırılması şeklinde verilmiştir. Bu adımlar tamamlanarak robotun tasarımı tamamlanmıştır.

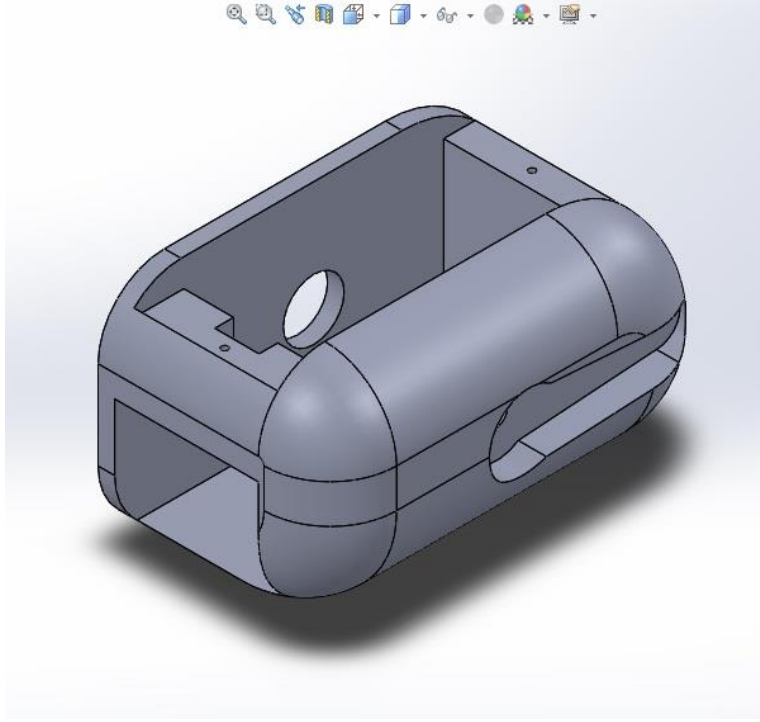
Arduino ile robot kol kontrolü adlı projemizde kullanılan malzemeler aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Malzeme listesi çizelgesi

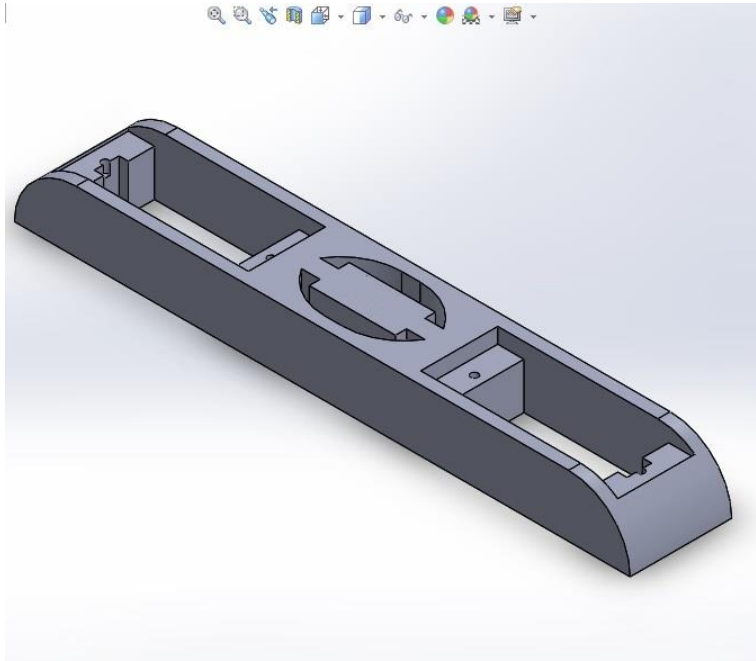
Sıra	Malzeme	Miktar	Fiyat	Tutar
1	Tower Pro SG90 Mini Servo Motor	5	12.00	60.00
2	Arduino Nano (AT Mega328)	1	15.00	15.00
3	Robot uzuvları (3D yazıcı ile yapıldı)	5	10.00	50.00
4	Bluetooth modülü (HC-06)	1	25.00	25.00

4.1. Mekanik Kısım Tasarımı

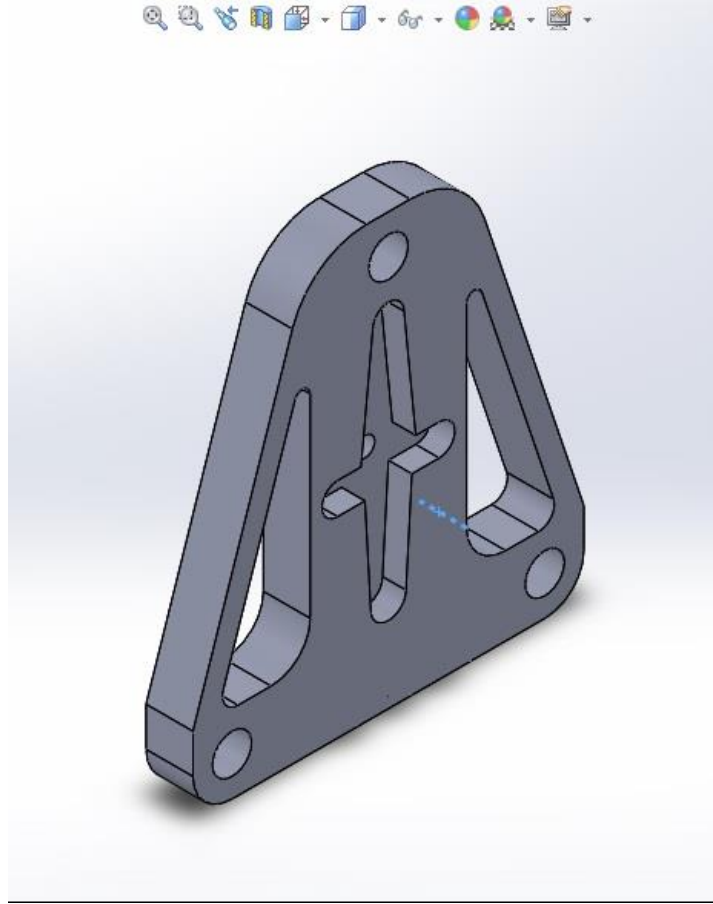
Robot kolun mekanik kısmı için gerekli malzemeler temin edildikten sonra SolidWorks üzerinde çizimi yapılarak malzemeler milimetrik olarak oluşturulmuştur. Bu malzemeler ile mekanik kısmın montajı gerçekleştirilmiştir. Projenin mekanik kısmına ait çizimler Şekil 5, 6, 7, 8’te verilmiştir.



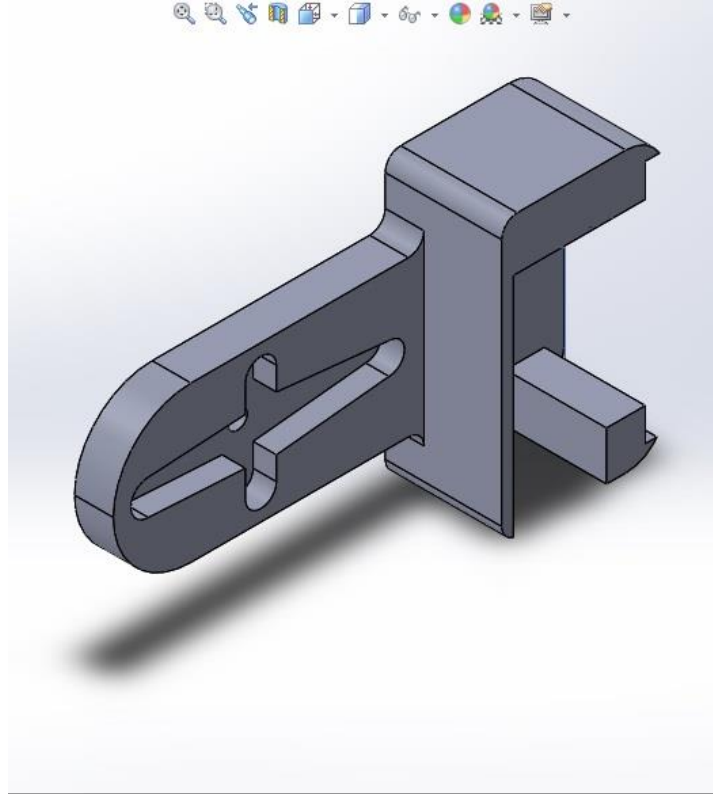
Şekil 5.



Şekil 6.



Şekil 7.



Şekil 8.

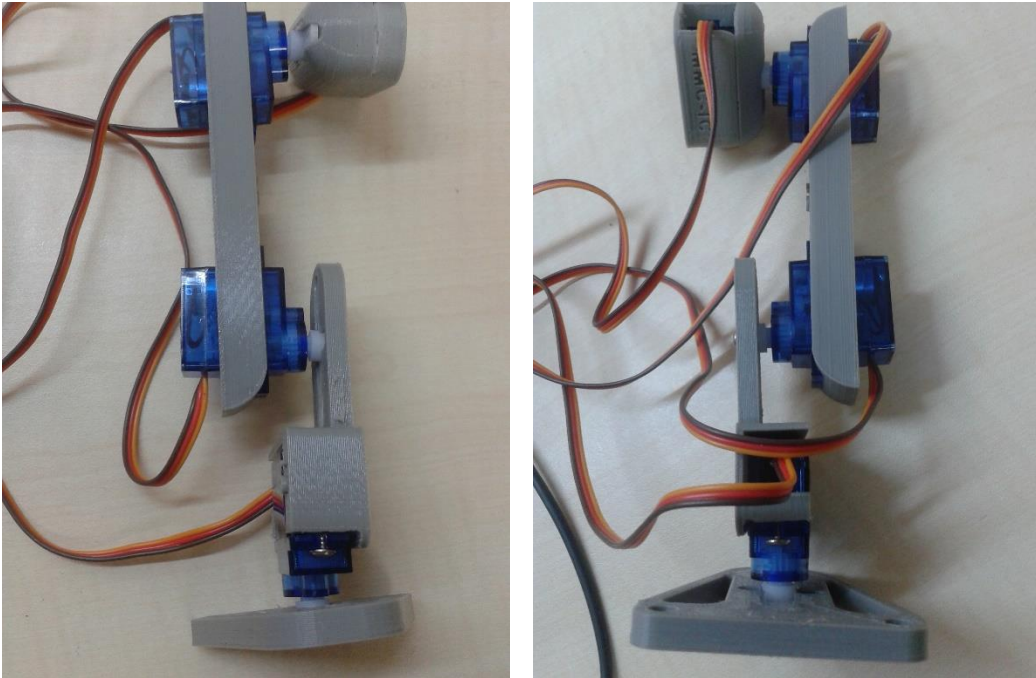
Şekil 5. Mekanik kısımlarının tasarımı

4.2. Mekanik Kısım Montajı

Kesilen parçalar, servo motorlarla birlikte birleştirilerek robot kolun montajı tamamlanmış, robot kol 4 eksende hareket etmekte ve bu hareketini 5 adet Mini Servo Motorla gerçekleştirmektedir.

SolidWorks üzerinde parçaların çizimini yapıp gerekli parçalar edinildikten sonra mekanik kısmın tasarımı başlatılmış ve robot kolun bir hareketsiz alt gövde ve hareketli üst gövdesi hazırlanmıştır. Robot kolun hareketsiz alt gövde kısmında bir adet servo motor bulunmaktadır ve bu robotun 1. eksen olarak adlandırılmıştır. 1. eksen robot kolun sağa sola dönme hareketi sağlamaktadır. Hareketli üst gövde kısmında ise 2 adet servo motor bulunmaktadır. Bu servo motorlar birbirlerine paralel şekilde çalışmaları gerektiğinden ikisinin de başlangıç ve bitiş pozisyonları eş zamanlı ayarlanmıştır. Bu iki servo motorda sırasıyla 2. eksen ve 3. eksen olarak adlandırılmıştır.

2. ve 3. eksenlerinin görevleri ise robot kolun aşağı ve yukarı hareket etmesini sağlamaktır. 1. 2. ve 3. eksenlerdeki servo motorlarının montajı Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. 1, 2 ve 3. eksenlerdeki servo motorlarının montajı

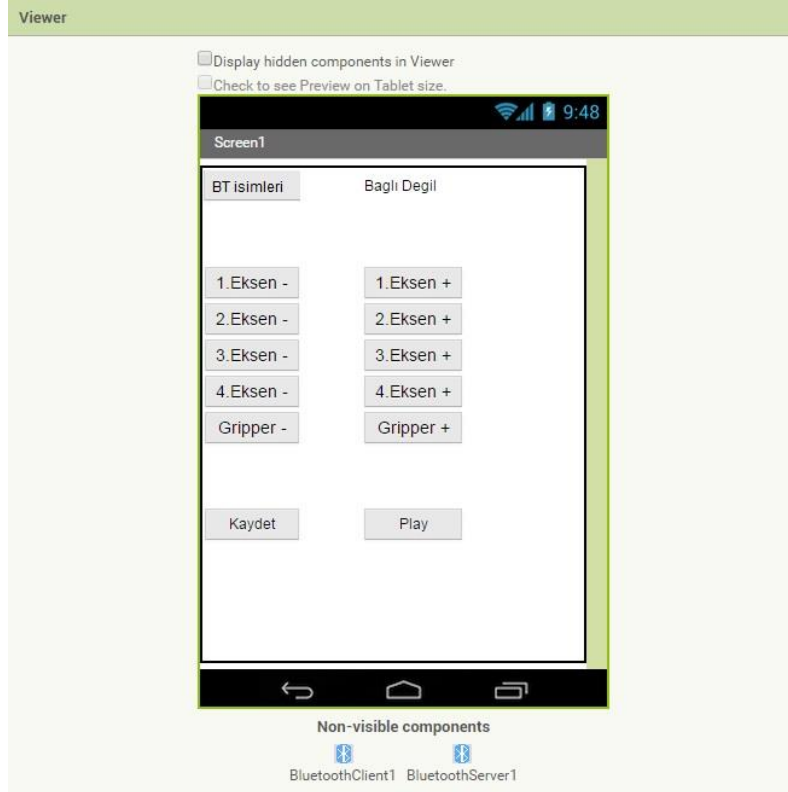
4.3. Android Programlama

Bu projede kullanmış olduğumuz android uygulaması App Inventor ile yapılmıştır.

App Inventor nedir? App Inventor, Google tarafından ortaya çıkarılan ve sonrasında MIT (Massachusetts Institute of Technology) tarafından geliştirilen özgür bir web uygulamasıdır. MIT'nin diğer projeleri Scratch ve StarLogo TNG gibi grafiksel bir arayüz kullanan uygulama, Android işletim sistemi üzerinde çalışan mobil uygulamaların yapımında satırlarca kod yazdırmak yerine görsel objeleri sürükleyip bırak özelliğini kullanıyor.

App Inventor Design arayüzünde yapacak olduğumuz uygulamanın görsel ve aktif bileşenlerinin tasarlandığı kısım olup, Butonlar, Resimler, Metin Alanlarından; Ses , Video gibi Media Bileşenlerine kadar nesnelerin eklenebildiği, bunun dışında cihazın GPS, İvme ve Bluetooth sensörü gibi bileşenlerin de eklenebildiği bir kısımdır. Bu kısımda Boyut, renk , konum gibi bir çok değişkenin kontrol edilebildiği bir tasarım kriterine sahip oluyorsunuz.

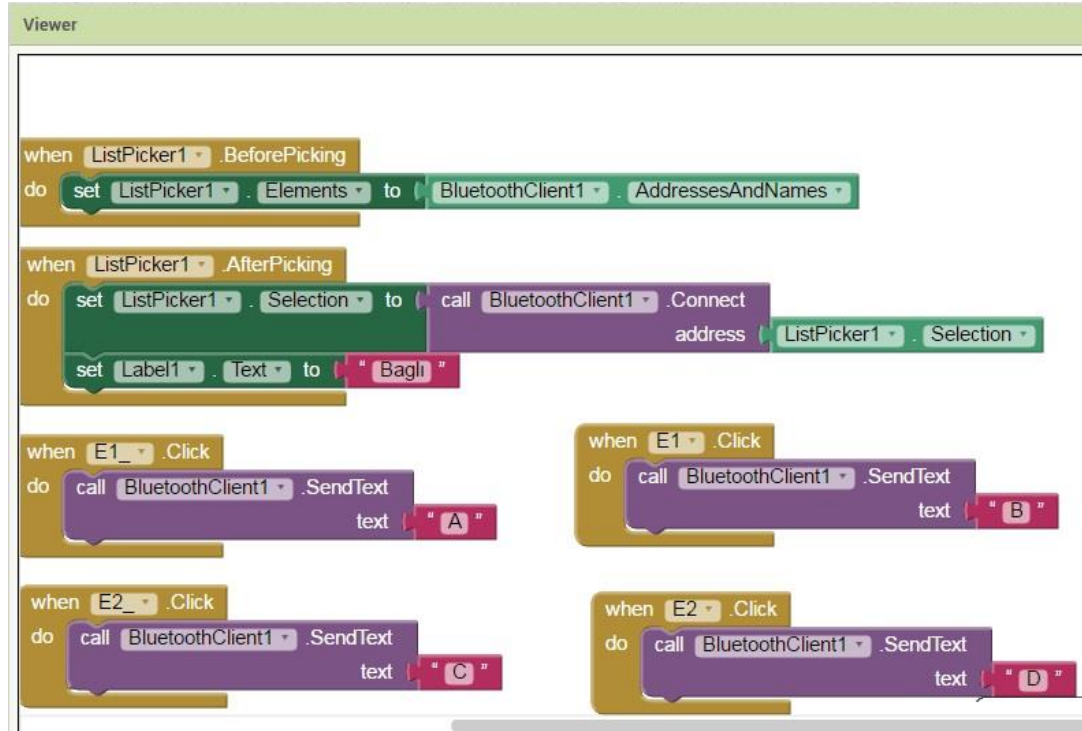
Projede kullandığımız android uygulamasının tasarımı Şekil 12’de gösterilmiştir.



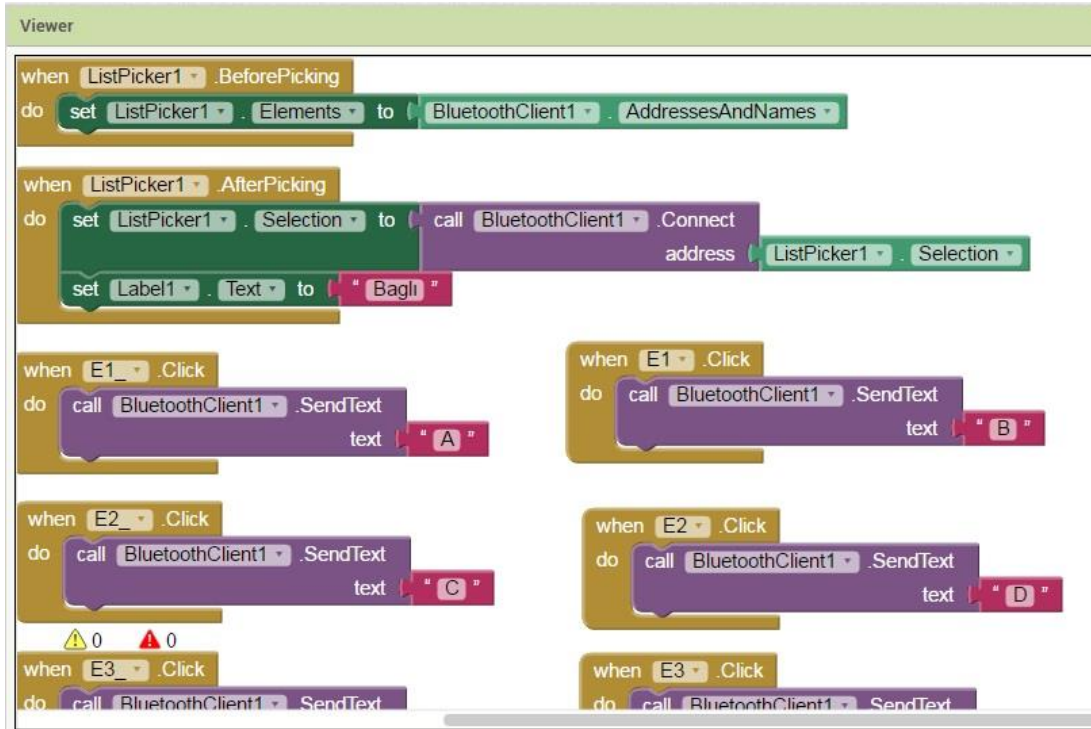
Şekil 12.

App Inventorün Block kısmında ise, yapmış olduğumuz uygulamanın arka planında çalışacak olan kodlamaları birbirine geçen bloklarla tıpkı bir lego gibi birleştirilen kod parçalarıyla oluşturuyoruz. Uygulamamıza eklediğim tüm bileşenlerin kullanılabilecek tüm olaylar/özellikleri (event) yer alıp bunları ilgili bloka birleştirerek çalışmasını sağlıyoruz.

Yapmış olduğumuz projede android bloklar Şekil 13, 14, 15, 16’da gösterilmiştir.



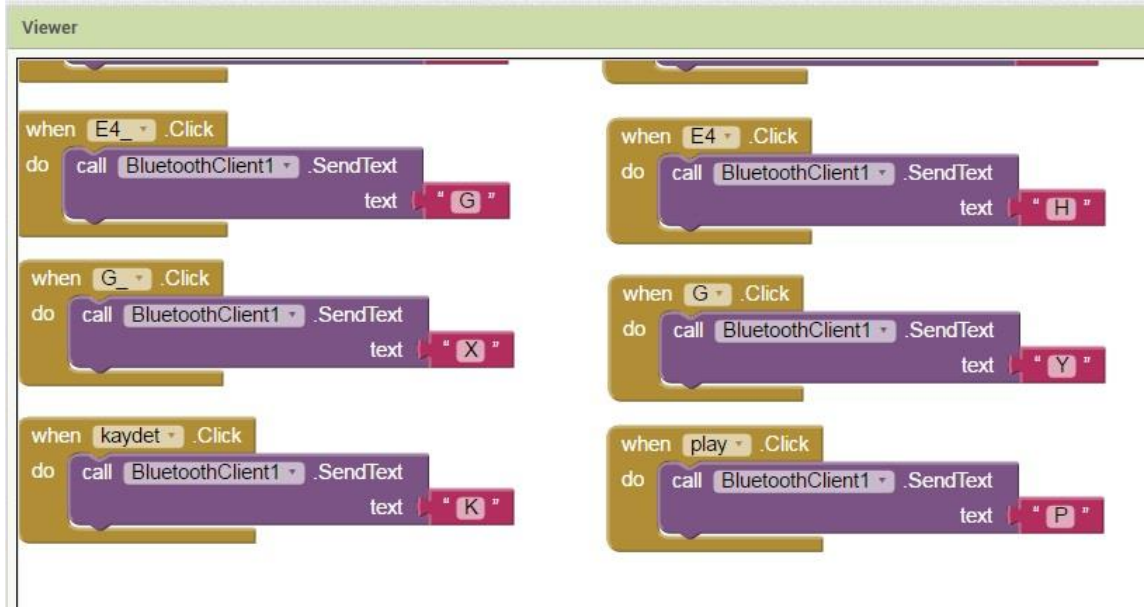
Şekil 13.



Şekil 14.



Şekil 15.



Şekil 16.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar kendi içerisinde; projede izlenen yöntem, robot kol kontrol sistemi ve programlama olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır. Projede izlenen yöntem ve robot kol kontrol sistemi kısımlarında, temel bilgiler verildikten sonra robotun istenilen görevleri gerçekleştirebilmesi için gereken komutlar açıklanmıştır. Programa kısmında ise robotun hareketi için gereken yazılım bilgileri bulunmaktadır. Projenin program kısmı, görsel açıdan projenin daha düzenli olması için Ekte verilmiştir.

5.1. Projede İzlenen Yöntem

İlk olarak robot kollar hakkında bir tarihi araştırma yapılmış ve sistemin kurulması için gerekli temel bilgiler edinilmiştir. Projede kullanılan robot kol eklemli tiptir ve 4 eksen yönünde hareket edebilmekte (sağa sola, yukarı aşağı) ayrıca üzerinde bulunan tutaç sayesinde tutma ve salınım hareketi yapabilmektedir. Robot kolun kontrolünü en uygun biçimde sağlayabilmek için kullanılan mikrodenetleyici Arduino Nano olarak seçilmiştir. Bu mikrodenetleyicinin tercih edilme nedeni, açık kaynak kodlu olması,, kullanımı diğer mikrodenetleyicilere göre daha kolay olması ve kullanıcı sayısı da daha fazla olduğu için oluşabilecek bir hatanın çözümü için yardım alabilmenin daha ulaşılabilir olmasıdır

Bu çalışmalar yapıldıktan sonra kullanılacak servo motorlar hakkında ayrıntılı bilgiler edinilmiştir. Robotun projede yapacak olduğu işlemleri düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, seçilecek motorun hassas çalışabilmesi ve yüksek torkta olması gerektiği için servo motor tercih edilmiştir. Robot kol, 5 adet servo motordan oluşmaktadır. Servo motorların fazla olması sebebiyle görevlerini anlatabilmek için aşağıdan yukarıya doğru numaralandırılmıştır.

5.2. Robot Kol Kontrolü

Besleme kaynağından gelen 5V'luk gerilimin servo motorlara dağıtılması amacıyla bağlantı kutusu yapılmıştır. Bunu yaparken de servo motor girişleri, arduino pin girişleri ve iletişim devresi elemanları kullanılmıştır. Önceden seçilen parçaların uygun şekilde birleştirilmesiyle robot kolun mekanik kısmı tasarlanmıştır. Yapılmış olan robot kolun amacına uygun şekilde hareket ettirilebilmesi için seçilen uygun arduino mikrodenetleyicisi ile yazılımı gerçekleştirilmiş ve ardından bluetooth modül ve servo motorlarla denemeler yapılarak sistem çalışması hakkında bilgi edinilmiştir. Yapılmış olan robot kolun amacına uygun şekilde hareket ettirilebilmesi için seçilen uygun arduino mikrodenetleyicisi ile yazılımı gerçekleştirilmiştir. Robot kolunun kontrolü android uygulamasındaki eksenlerin '-' ve '+' yönünde hareket etmesiyle sağlanmaktadır. Android uygulaması şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 17. Android uygulaması

SONUÇ

Robot kollar, birçok alanda geliştirilebilir yapıdadır. Robot kollar sayesinde birçok işin yapımı kolaylaşmış ve ortaya çıkabilecek hata seviyesi minimuma indirilmiştir. Örneğin; bazı eczanelerde kullanılmakta olan ilaç veren robotlar, projede gerçekleştirilen robot kolun geliştirilmiş halidir. Bunun yanı sıra robot kolun hareket kabiliyeti daha da artırılıp, parmak kısmına kamera yerleştirilip, hassasiyeti artırıldığında tıp sektöründen otomasyon sistemlerine kadar geniş bir kullanım alanına sahip olabilmektedir. Bu şekilde geliştirilen robot kollar ile tıp sektöründe hastanın enfeksiyon kapma riski en aza inerken cerrahi müdahale esnasında insan kaynaklı hatalar da en aza indirilmiş olmaktadır. Bu proje ile yapılan robot kol prototip niteliği taşımasına rağmen daha kapsamlı robotik sistemler için geliştirilebilir bir niteliğe sahiptir. Bunların yanı sıra gelişime açık olan robot kol sektörü ilerleyen zamanlarda önemini koruyacaktır.

Projenin amacı, 4 eksenle hareket eden robot kol tasarımı ve bu robot kolun uygun bir mikrodenetleyici ile bluetooth modül üzerinden android uygulamayla kontrolünün sağlanmasıdır. Bu amaç için gerekli teorik ve pratik bilgiler edinilerek projenin yapılması için gerekli altyapı oluşturulmuştur. Projenin yapılması ve geliştirilmesi sürecinde birçok teorik bilgi pratiğe aktararak, projenin amacına uygun bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1]. *Elektrik Elektronik Teknolojisi-Step ve Servo Motorlar*, MEGEP, 2007.
- [2].T. Coşkun, *Arduino Uygulama Kitabı: Analog- Dijital- Sensörler- Haberleşme- Projeler*, Dikeyksen Yayınları, İstanbul, Türkiye:Şubat, 2013.
- [3].http://www.robotiksistem.com/arduino_nano_ozellikleri.html
- [4].<https://gelecegiyazanlar.turkcell.com.tr/konu/arduino/egitim/arduino-201/bluetooth-ile-iletisim>
- [5].https://tr.wikipedia.org/wiki/Servo_motor
- [6].<http://www.bilgiustam.com/servo-motor-nedir-nasil-calisir/>
- [7].<http://www.zekeriyaanbal.com/2016/01/mit-app-inventor-nedir-ve-dersleri.html>
- [8].<http://mvaslan.blogspot.com.tr/2016/04/mit-app-inventor-nedir.html>
- [9].GEREĞİNDEN ÇOK SERBESTLİK DERECELİ ROBOT KOLU
KONTROL SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI
Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
İlker EREN Haziran, 2006 DENİZLİ

EKLER

EK-1 LİTERATÜR TARAMALARI

Kinect Tabanlı Robot Kolu Kontrolü

İsmail Özkök, Gürkan Küçükyıldız, Suat Karakaya, Hasan Ocak
Mekatronik Mühendisliği Bölümü Kocaeli Üniversitesi, İzmit/Kocaeli

Özetçe

Bu çalışmada Kinect ile robot kolunu anlık olarak hareket ettirmek üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla geliştirilen sistemde Kinect sensör ve bilgisayar kullanılmıştır. Ayrıca çalışma sırasında bir adet üç eksenli robot geliştirilmiş ve deneyler gerçek zamanlı olarak bu geliştirilen robot üzerinde gerçekleştirilmiştir. Üç eksenli robotun hareketi RC servo motorlar ile sağlanmış olup bu motorlar Arduino Uno R3 kartı ile kontrol edilmiştir. Eklem açılarını bulabilmek için Kinect kameradan elde edilen görüntü Processing 2.0b9 ortamında geliştirilen görüntü işleme programı aracılığıyla iskeletleştirilir. Açısı bulunmak istenilen insan uzuvları üzerine bir vektör çizdirilir. Çizilen bu vektörlerin uzunlukları trigonometrik işlemlerden geçirilerek uzuvlar arasındaki açıları vermektedir. Elde edilen açı değerleri seri haberleşme vasıtasıyla Arduino Uno R3 kartına gönderildikten sonra robotun hareketini sağlayan servo motorlar bu açı değerlerine göre döndürülerek sistemin hareketi sağlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda geliştirilen sistemin başarılı olarak çalıştığı ve robotun kollarının yapılan hareketleri anlık olarak taklit edebildiği gözlenmiştir.

GEREĞİNDEN ÇOK SERBESTLİK DERECELİ ROBOT KOLU KONTROL SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI

EREN, İlker Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD

Tez Yöneticileri: Yard. Doç. Dr. Abdullah T. TOLA ve Doç. Dr. E. Sahin ÇONKUR

ÖZET

Bu tezin amacı, gerekinden çok serbestlik dereceli bir robot kolunun bilgisayardan kontrolü için gerekli kontrol sisteminin tasarımının ve uygulamasının yapılmasıdır. Bu çalışma TÜB_TAK tarafından desteklenen, tasarımı ve prototipi üniversitemizde yapılan ilk sanayi tipi robotu içeren projenin bir parçasıdır. Prototipin tahrik mekanizması AC servo motorlardan oluşmaktadır. Visual C++.NET bilgisayar programı içinden bir OCX program parçasığı vasıtasıyla eksen kontrol kartına emir yollanmakta, kart bu emirleri servo sürücülere iletmekte ve servo sürücüler de motorları sürmektedir. Bu tezde, motorların kurulması, ayarlanması ve kontrol kartıyla bilgisayardan kontrolü gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, bu prototipte kullanılan kontrol algoritmaları incelenmiştir. Robotun mafsalları üzerinde ek bir enkoder yerleştirilebilmesi için gerekli çalışmalar yapılmış, bu enkoderlerden alınan bilgi bilgisayar programına aktarılmıştır. Benzer şekilde robotun uç noktasına takılan bir lazer sensörüyle seri port vasıtasıyla iletişim kurulmuş ve sensör verisi bilgisayar programına aktarılmıştır.

EK-2 PROGRAMLAMA KODLARI

Servo motorların kontrolünü sağlayıp robot kolun hareketlerini gerçekleştirebilmek için gerekli program kodları aşağıda verilmiştir.

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

```
#include <EEPROM.h>
```

```
byte paket_sira=0;
```

```
byte gelenveri[200];
```

```
byte MMC_paketSira=0;
```

```
byte veri_boyu=0;
```

```
byte okunan_veri_sayisi=0;
```

```
int data_sayisi=0;
```

```
bool sec_btn_up = 0;
```

```
bool sec_btn_down = 0;
```

```
bool up_btn =0;
```

```
bool down_btn=0;
```

```
bool kaydet_btn =0;
```

```
bool oynat_btn =0;
```

```
String hmisend;
```

```
byte Secili_Servo=1;
```

```
byte hiz=75;
```

```
Servo Alt_servo;
```

```
Servo Alt_omuz;
```

```
Servo Ust_dirsek;
```

```
Servo G_bilek;
```

Servo Tutucu;

int Alt_Servo_Derece=90;

int Alt_omuz_Derece=90;

int Ust_dirsek_Derece=90;

int G_bilek_Derece=90;

int Tutucu_Derece=90;

char bt_data;

void setup() {

Serial.begin(9600);

pinMode(2,OUTPUT);

digitalWrite(2,1);

pinMode(13,OUTPUT);

digitalWrite(13,0);

Alt_servo.attach(5);//3

Alt_omuz.attach(6); //6

Ust_dirsek.attach(9);//11

G_bilek.attach(10);//5

Tutucu.attach(11);//9

Alt_servo.write(90);

Alt_omuz.write(90);

Ust_dirsek.write(90);

G_bilek.write(90);

Tutucu.write(90);

}

```

void derece_updown()
{
    delay(hiz);
    if(bt_data=='B')
    {
        // Serial.print("Alt_servo: ");Serial.println(Alt_Servo_Derece);
        Alt_Servo_Derece++;
        if(Alt_Servo_Derece > 180) Alt_Servo_Derece=180;

        Alt_servo.write(Alt_Servo_Derece);
    }
    else if(bt_data=='D')
    {
        // Serial.print("Alt_omuz: ");Serial.println(Alt_omuz_Derece);
        Alt_omuz_Derece++;
        if(Alt_omuz_Derece > 180) Alt_omuz_Derece=180;

        Alt_omuz.write(Alt_omuz_Derece);
    }
    else if(bt_data=='F')
    {
        // Serial.print("Ust_dirsek: ");Serial.println(Ust_dirsek_Derece);
        Ust_dirsek_Derece++;
        if(Ust_dirsek_Derece > 180) Ust_dirsek_Derece=180;

        Ust_dirsek.write(Ust_dirsek_Derece);
    }
    else if(bt_data=='H')

```

```

{
//  Serial.print("G_bilek: ");Serial.println(G_bilek_Derece);
    G_bilek_Derece++;
    if(G_bilek_Derece > 180) G_bilek_Derece=180;

    G_bilek.write(G_bilek_Derece);
}
else if(bt_data=='Y')
{
//  Serial.print("Tutucu: ");Serial.println(Tutucu_Derece);
    Tutucu_Derece++;
    if(Tutucu_Derece > 180) Tutucu_Derece=180;

    Tutucu.write(Tutucu_Derece);
}

if(bt_data=='A')
{
//  Serial.print("Alt_servo: ");Serial.println(Alt_Servo_Derece);
    Alt_Servo_Derece--;
    if(Alt_Servo_Derece < 0) Alt_Servo_Derece=0;

    Alt_servo.write(Alt_Servo_Derece);
}
else if(bt_data=='C')
{
//  Serial.print("Alt_omuz: ");Serial.println(Alt_omuz_Derece);
    Alt_omuz_Derece--;
    if(Alt_omuz_Derece < 0) Alt_omuz_Derece=0;

```

```

    Alt_omuz.write(Alt_omuz_Derece);
}
else if(bt_data=='E')
{
//    Serial.print("Ust_dirsek: ");Serial.println(Ust_dirsek_Derece);
    Ust_dirsek_Derece--;
    if(Ust_dirsek_Derece < 0) Ust_dirsek_Derece=00;

    Ust_dirsek.write(Ust_dirsek_Derece);
}
else if(bt_data=='G')
{
//    Serial.print("G_bilek: ");Serial.println(G_bilek_Derece);
    G_bilek_Derece--;
    if(G_bilek_Derece < 0) G_bilek_Derece=00;

    G_bilek.write(G_bilek_Derece);
}
else if(bt_data=='X')
{
//    Serial.print("Tutucu: ");Serial.println(Tutucu_Derece);
    Tutucu_Derece--;
    if(Tutucu_Derece < 0) Tutucu_Derece=00;

    Tutucu.write(Tutucu_Derece);
}
}

```

```

int kaydedilen_konum=0;
int adim=1;
void Kaydet()
{
    if(bt_data=='K')
    {

        EEPROM.write(adim, Alt_Servo_Derece);
        adim++;
        EEPROM.write(adim, Alt_omuz_Derece);
        adim++;
        EEPROM.write(adim, Ust_dirsek_Derece);
        adim++;
        EEPROM.write(adim, G_bilek_Derece);
        adim++;
        EEPROM.write(adim, Tutucu_Derece);
        adim++;
        kaydedilen_konum++;

        // Serial.print("Konum Kaydedildi.! Toplan Konum
        Dizini:");Serial.println(kaydedilen_konum);
    }

    EEPROM.write(0,kaydedilen_konum);

}

bool play=0;
int oynatadim=0;
void oynat()

```

```

{
  if(bt_data=='P')
  {
    //Serial.println("Kaydedilen Is yapiliyor...");
    play=1-play;
  }
  if(play==1)
  {
    oynatadim=1;
    kaydedilen_konum= EEPROM.read(0);
    for(int i=0;i<kaydedilen_konum;i++)
    {

      int Derece = EEPROM.read(oynatadim);
      while(Alt_Servo_Derece!=Derece)
      {
        if(Alt_Servo_Derece>Derece) Alt_Servo_Derece--;
        else if(Alt_Servo_Derece<Derece) Alt_Servo_Derece++;
        delay(10);
        Alt_servo.write(Alt_Servo_Derece);
      }

      oynatadim++;
      delay(100);
      Derece = EEPROM.read(oynatadim);
      while(Alt_omuz_Derece!=Derece)
      {
        if(Alt_omuz_Derece>Derece) Alt_omuz_Derece--;
        else if(Alt_omuz_Derece<Derece) Alt_omuz_Derece++;
      }
    }
  }
}

```

```

    delay(10);
    Alt_omuz.write(Alt_omuz_Derece);
}

oynatadim++;
delay(100);
Derece = EEPROM.read(oynatadim);
while(Ust_dirsek_Derece!=Derece)
{
    if(Ust_dirsek_Derece>Derece) Ust_dirsek_Derece--;
    else if(Ust_dirsek_Derece<Derece) Ust_dirsek_Derece++;
    delay(10);
    Ust_dirsek.write(Ust_dirsek_Derece);
}

oynatadim++;
delay(100);
Derece = EEPROM.read(oynatadim);
while(G_bilek_Derece!=Derece)
{
    if(G_bilek_Derece>Derece) G_bilek_Derece--;
    else if(G_bilek_Derece<Derece) G_bilek_Derece++;
    delay(10);
    G_bilek.write(G_bilek_Derece);
}

oynatadim++;
delay(100);
Derece = EEPROM.read(oynatadim);

```

```

while(Tutucu_Derece!=Derece)
{
    if(Tutucu_Derece>Derece) Tutucu_Derece--;
    else if(Tutucu_Derece<Derece) Tutucu_Derece++;
    delay(10);
    Tutucu.write(Tutucu_Derece);
}
oynatadim++;

}

}

}

```

```

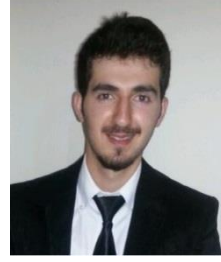
void loop()
{
    if(Serial.available(>0)
    {
        bt_data=Serial.read();

    }
    derece_updown();
    Kaydet();
    oynat();
    if(bt_data=='K' || bt_data=='P')
    {
        digitalWrite(13,1);
        bt_data=' ';
    }
    else digitalWrite(13,0);
}

```

KİŞİSEL BİLGİLER

Buğra Aydoğan
Örnek Mah. Selimiye Cad.
Yasemin apt. No:37/8 Ataşehir/İstanbul
Tel: 0506 636 2424
E-mail : bgr.aydogan@gmail.com



EĞİTİM BİLGİLERİ

2011-2016 Karabük Üniversitesi
Lisans Öğrencisi, Mekatronik Mühendisliği
2007-2011 Çorum Atatürk Lisesi

BİLGİSAYAR BİLGİSİ

Autocad – orta seviye
Ansys – temel seviye
SolidWorks – temel seviye
Matlab – temel seviye
C# - temel seviye
Arduino – temel seviye
Microsoft Office (Word, PowerPoint) - orta seviye

SEMİNER ve KURSLAR

1 Aralık 2012 Europlast Plastik Endüstri Fuarı - Tüyap
27, 28, 29 Aralık 2012 Robogenç Projesi - Üsküdar Gençlik Merkezi
28, 29, 30 Kasım 2013 TR İnovasyon Haftası - İstanbul Kongre Merkezi
22 Mart 2014 Win Otomasyon Fuarı – Tüyap
Temmuz, Ağustos 2014 Yaz Stajı - Genel Sistem Dizaynı A.Ş / İstanbul
Şubat, Haziran 2015 Erasmus - Lucian Blaga Universitate Sibiu, Romanya

REFERANSLAR

Dr. M.Atalay Timur – Genel Sistem Dizaynı Proje Müdürü
Tel: 0216 458 4810
Erdal Karşı – Çekva Yöneticisi
Tel: 0532 608 9973