



MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
BİL 395 PROJE -1

BALL ON PLATE

Proje Final Raporu

Danışman: Prof. Dr. Erkan ZERGEROĞLU

Grup - 8

Alper MÜLAYİM
Kaan UÇAR
Mehmed MUSTAFA
Mehmet Gürol ÇAY
Mutlu POLATCAN
Özgü GÖKSU
Selman AHATLI
Yunus ATMACA

İçindekiler

1.	GİRİŞ :	4
1.1	Proje Dokümanının Kapsamı	4
1.2	Proje Dokümanının İçeriği.....	4
1.3	Projenin Oluşturulması	4
1.4	Projenin Detayı.....	4
2	Projenin Özellikleri.....	5
2.1	Donanım Özellikleri	5
2.2	Yazılım Özellikleri.....	5
3	GEREKSİNİMLER	5
3.1	Fonksiyonel Gereksinimler	5
3.2	Fonksiyonel Olmayan Gereksinimler	5
4	Projenin Geliştirme Aşamaları.....	6
4.1	Donanım Modülü	6
4.2	3D Modülü	11
4.2.1	Dokunmatik panelden topun pozisyonunun belirlenmesi ve 3D arayüzde çizdirilmesi	11
4.2.2	Topun Konumu ve Motor Pozisyonlarının Alınması	12
4.2.3	Topun ve Düzlemin Çizdirilmesi	13
4.2.4	Motorun Çizdirilmesi Hareketi ve Bağlantı Kolları	14
5	YAZILIM MODÜLÜ.....	15
5.1	Topun Dengelenmesi	15
5.2	Dokunmatik Panelden Verilerin Alınması.....	16
5.3	Arayüzün Tasarımı	16
5.4	Haberleşme.....	18
6	GEREKLİ YAZILIMLAR.....	18
6.1	Windows ve Linux İşletim Sistemi.....	18
6.2	Arduino Software	18
6.3	Open Scene Graph 3.4.0	18
6.4	QT 5.6	19
7	Ek Modul : Şekil Çizdirme Oyunu.....	19
8	SONUÇ	19
9	Referenslar	19

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 : Dokunmatik ekran[1].....	6
Şekil 2: Servo Motor	6
Şekil 3: Arduino Mega.....	7
Şekil 4:Sistemin ana şeması	7
Şekil 5:Sistem Mimarisi.....	8
Şekil 6: Mafsal	8
Şekil 7: Düzlem Şeması	9
Şekil 8: Yeke.....	9
Şekil 9: Carbon Pushrod	9
Şekil 10: Easy Link Şekil 11 :Ball Link	9
Şekil 12: Yeke- Servo motor üst düzlem bağlantısı	10
Şekil 13: Servo Motor - Kol bağlantısı	10
Şekil 14: Tüm düzene kurulumuş hali.....	11
Şekil 15: World ve Plane Koordinat Sistemi.....	11
Şekil 16: Top ve Plane Koordinat Sistemi.....	12
Şekil 17 : 3D Ekran Görünüsü Tüm Sistem.....	13
Şekil 18: Rotate Edilmiş Motor ve Düzlem.....	14
Şekil 19: Motor Hareketi	14
Şekil 20: PID Hesaplama Algoritması.....	15
Şekil 21:Panelden Gelen Verilerin Maplanması	16
Şekil 22: QT Arayüz.....	16
Şekil 23:Arayüz	17
Şekil 24: Haberleşme	18

1. GİRİŞ :

1.1 Proje Dokümanın Kapsamı

Ball on The Plate Projesi dokümantasyonu ; Proje-1 Dersi kapsamında dönem projesi olarak tasarlanmış olan sistemin, tasarımı, yazılımı, donanımı ve arayüzü ile ilgili bilgi verme amacıyla oluşturulmuştur. Projenin detayları diğer başlıklar altında detaylı olarak belirtilmiştir.

1.2 Proje Dokümanın İçeriği

Proje raporunda düzlem üzerinde bir topu motorlar yardımıyla dengede tutma ile ilgili genel bilgiler, projede kullanılan malzemeler ve donanımların bir araya getirme şemalarını ve yazılım kısmı hakkında detaylı bilgileri içermektedir.

1.3 Projenin Oluşturulması

Proje dersi kapsamında başlatılan topu bir düzlem üzerinde dengede tutma projesi için ilk başta bilgi elde edilebilmesi için hem yazılım, hem donanım ile ilgili araştırmalar yapıldı. Proje ile ilgili olarak internette bir çok video ve doküman incelenip, nasıl bir yapısı olacağı ile ilgili bilgiler elde edildi. Grup olarak bir araya gelip elde edilen bilgilerin kullanılması için nasıl bir yol izleyeceğimiz proje de kullanılacak malzemelerin neler olacağıyla ilgili görüşmeler yapıldı.

1.4 Projenin Detayı

Ek özellik olarak çocuklar için şekil tanıma oyunu tasarlandı.

Topun konumu ile ilgili bilginin elde edilebilmesi için dokunmatik ekran kullanıldı. Düzlemin hareketini sağlamak için Arduino Mega kullanıldı. Panel servo motorlar ile hareket ettirildi. Panlede topun yerinin belirlenmesi için dokunmatik panel kullanıldı.

Dengenin sağlanması için Arduinio PID kütüphanesi kullanıldı.Arduino ile Arayüzler arasındaki iletişim RS232 kütüphanesi

3D Arayüz için OpenScene Graph (OSG) kütüphanesi kullanıldı. Topun x-y grafiği ve tasarlanan oyun için QT C++ Kütüphanesi kullanıldı.

2 Projenin Özellikleri

2.1 Donanım Özellikleri

- 1 adet Arduino Mega 2560 R3
- 2 adet MG996 Metal Servo Motor
- 1 adet HD-170 Model 4 telli Rezistif Dokunmatik Panel

2.2 Yazılım Özellikleri

- Arayüz için Qt
- Genel Yazılım C++
- 3D Animasyon OpenSceneGraph
- Arduino kütüphaneleri
 - Arduino.h
 - Servo.h
 - TouchScreen.h
 - PID_v1.h

3 GEREKSİNİMLER

3.1 Fonksiyonel Gereksinimler

- Düzlemde topun yerinin belirlenmesi dokunmatik ekran ile yapılacak.
- Ardunio Mega ile düzlem motorlarının kontrol edilmesi.
- 3D user interface tasarımı yapılması
- Bilgisayar arayüzüyle kontrolün sağlanması.
- PID kütüphanesinin kullanımının uygulanması
- Haberleşmenin Socket ile yapılması

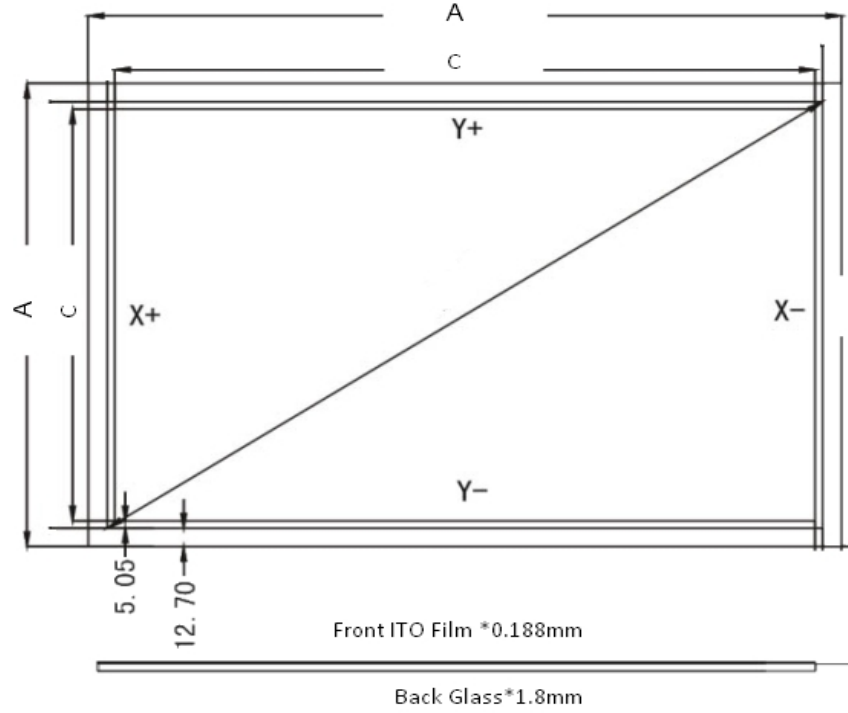
3.2 Fonksiyonel Olmayan Gereksinimler

- 3D Kullanıcı Yazılımının kullanıcı dostu olması.
- Linux ve Windows tabanlı cihazlarda çalışması.
- Bilgisayar arayüzüyle kontrol edilmesi.

4 Projenin Geliştirme Aşamaları

4.1 Donanım Modülü

Topun düzlem üzerindeki konumunu tespit edebilmek için düzlem üzerine rezistif dokunmatik panel yerleştirmeyi tercih ettik. Panel boyutu için 15 inç'in ideal olacağına kara



verildi.

Şekil 1 : Dokunmatik ekran[1]

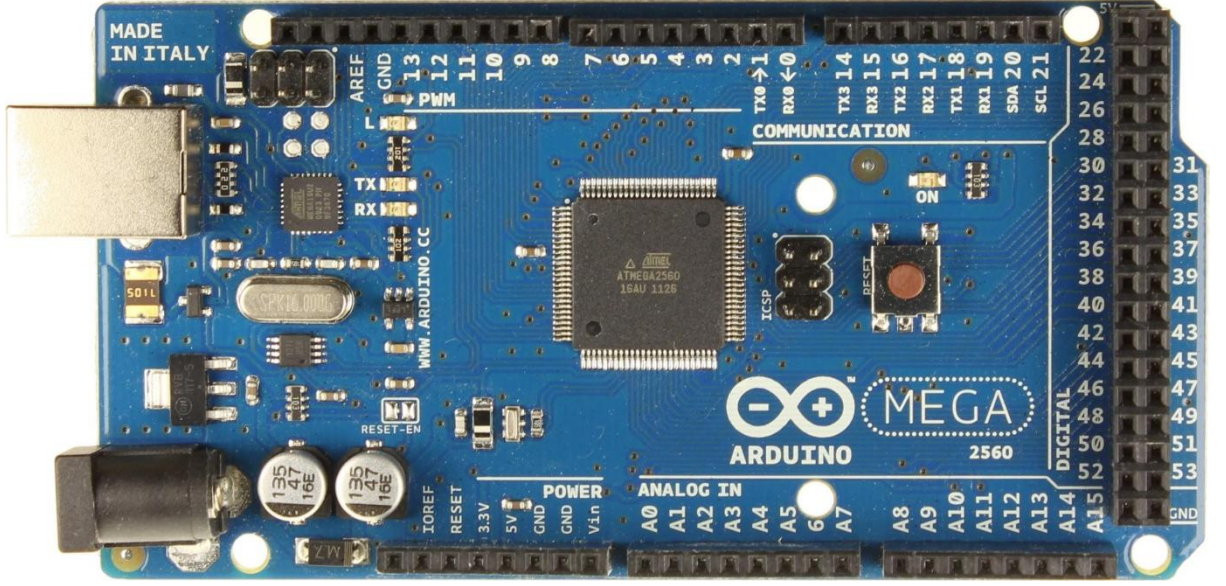
Topu düzlem üzerinde kontrol edebilmek için iki adet servo motor kullanılmasını tercih edildi. Bu motorlar düzlemin iki kenarında bulunuyor ve hareketlerini x-y-z eksenlerinde hareket etmesini sağlıyor.



Şekil 2: Servo Motor

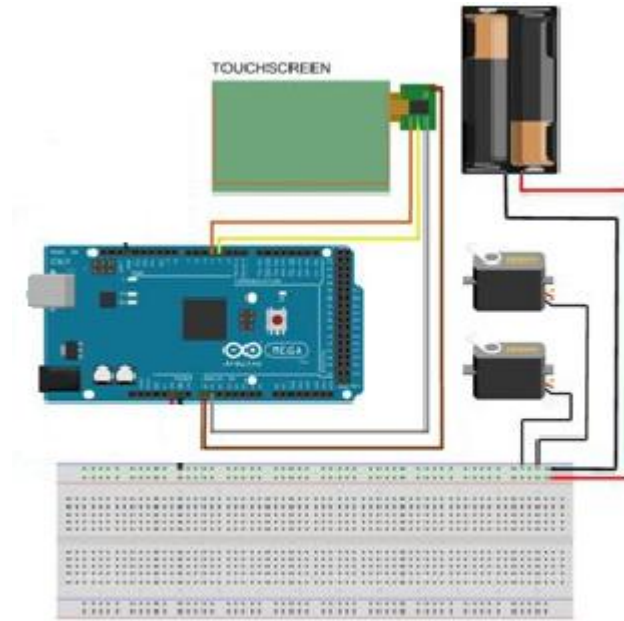
Motorun dengeyi sağlayabilmesi için durma torkunun 4.8 V için 9.4 kgf·cm, 6V için 11 kgf·cm olan bir motor tercih edilmiştir.

Yukarıdaki modülleri Arduino Mega 2560 üzerinde kullanmaya karar verildi. Çok fazla işlem gücüne ihtiyacımız olmadığından yeterli oldu.. Dokunmatik Panel ve servo motorların fazladan bir sürücü devresi gerektirmeden Arduino üzerinden sürülebilmesi de tercih nedenlerimizden biri oldu. Arduino çeşitlerinden Megayı tercih etme sebeplerimizden biri de daha fazla pin sayısına sahip olmasıdır.



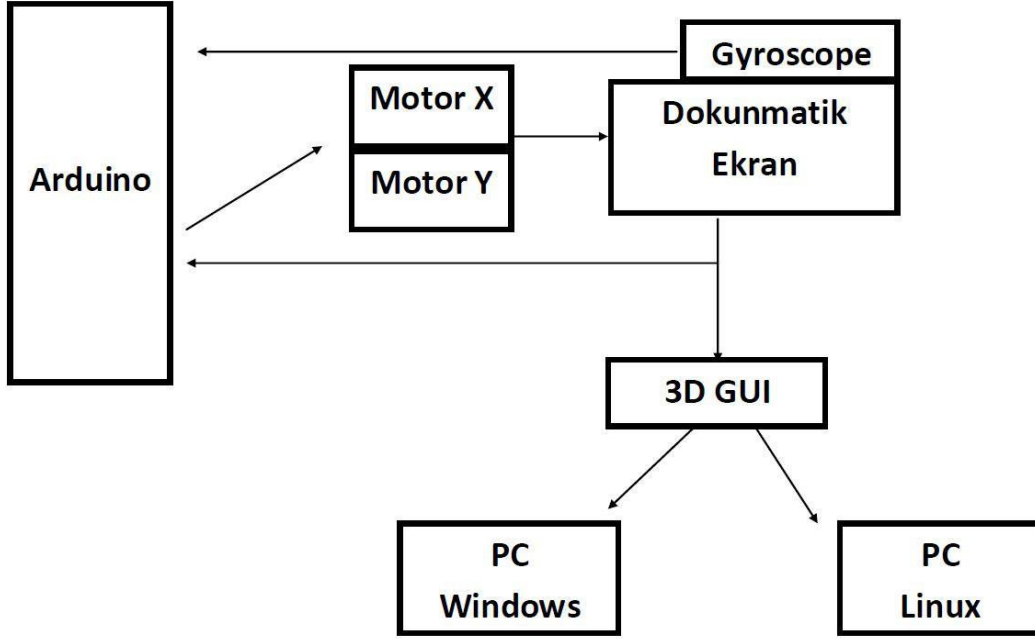
Şekil 3: Arduino Mega

Motorları dışarıdan beslemek için 5V, 2A çıkışa sahip iki adet adaptör kullanıldı. Genel olarak bağlantı şemamız aşağıdaki yapıda olacaktır. Bu şemadaki pil bağlantısı yerine 5V, 2A çıkışa sahip iki adet adaptör kullanılmıştır.



Şekil 4:Sistemin ana şeması

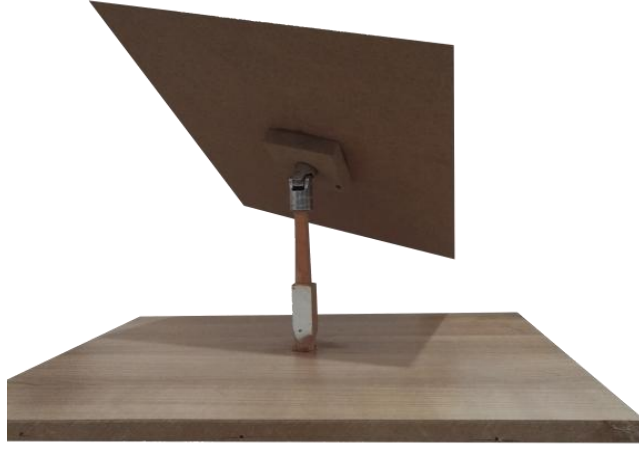
Sistemin mimarisi aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 5:Sistem Mimarisi



Şekil 6: Mafsal



Şekil 7: Düzlem Şeması

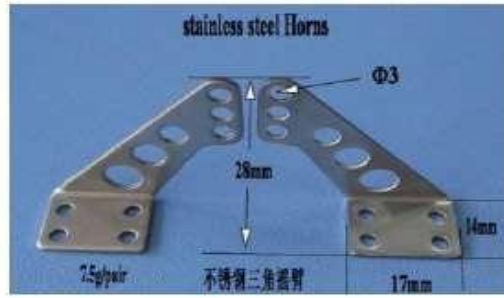
Fiziksel olarak donanımın diğer parçaların bulunacağı ana gövde kontraplak (3mm) ve sunta (1.8cm) kullanıldı. Dokunmatik panelin konulacağı kontraplağın istediğimiz açılarda hareket edebilmesi için mafsal kullanıldı.

Motor ve kontraplak arasındaki bağlantılar için:

- İki adet çelik Yeke L14×H17×28mm D3mm 3.75gr
- İki adet easy Link 3mm
- İki adet ball link 30-50cc
- İki adet carbon pushrod
- Mafsal 1/2 inc



Şekil 9: Carbon Pushrod



Şekil 8: Yeke



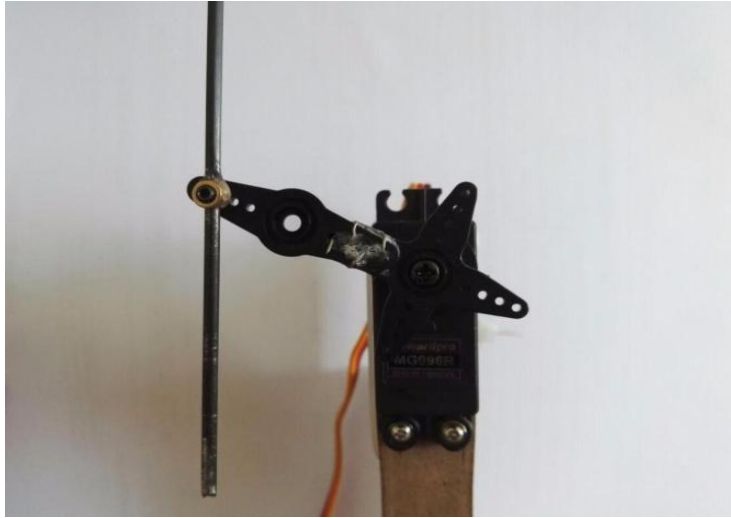
Şekil 10: Easy Link



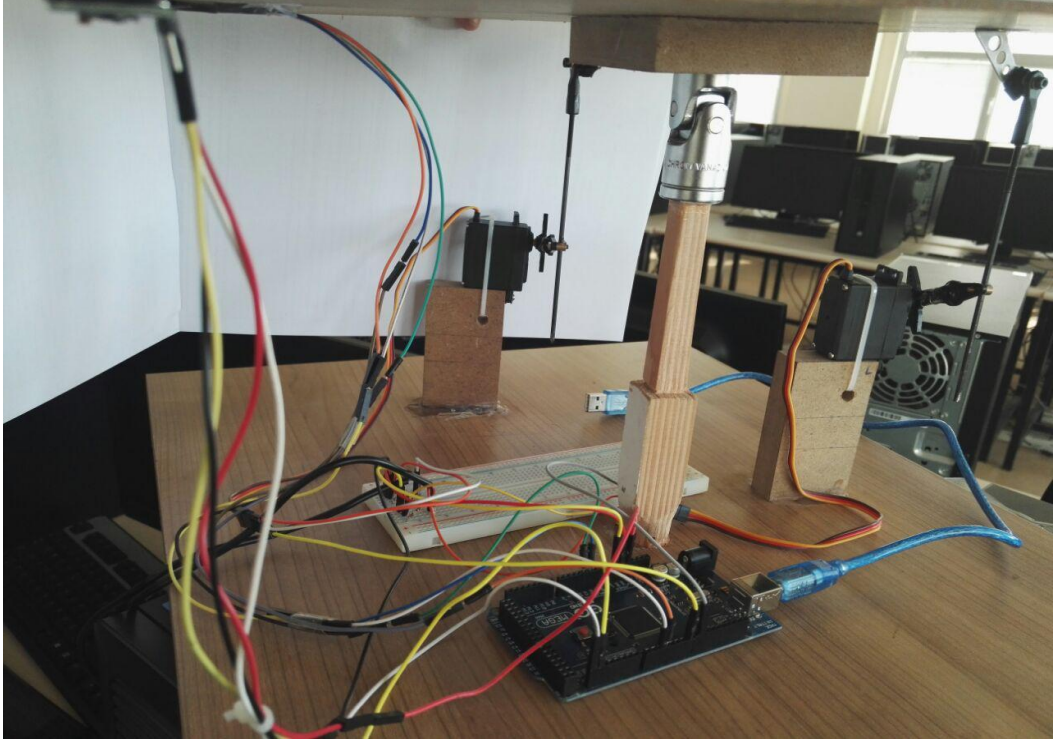
Şekil 11 :Ball Link



Şekil 12: Yeke- Servo motor üst düzlem bağlantısı



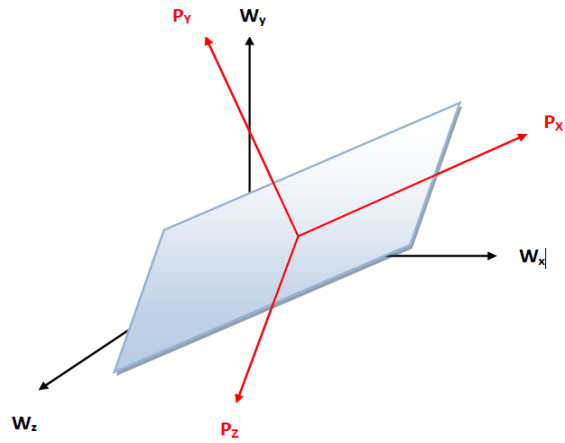
Şekil 13: Servo Motor - Kol bağlantısı



Şekil 14: Tüm düzenek kurulmuş hali

4.2 3D Modülü

4.2.1 Dokunmatik panelden topun pozisyonunun belirlenmesi ve 3D arayüzde çizdirilmesi



Şekil 15: World ve Plane Koordinat Sistemi

3D World ile Plane arasında Şekil 9'da olduğu gibi bir bağlantı var. Top düzlemin koordinat sisteminde olması gerektiğinden düzlem ile 3D World arasındaki transformasyonun yapılması gerekmektedir.

Topu düzlemin üzerinde gösterebilmek için topu düzlemin koordinat sistemine taşımak gerekmektedir. Bu işlemi aşağıda belirtilen bağıntı ile yapılmaktadır.

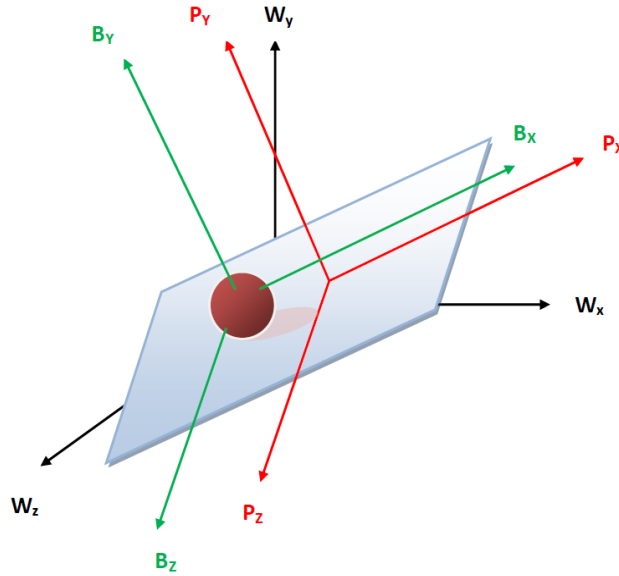
W : 3D world koordinat sistemi

P : Plane koordinat sistemi

B : Topun koordinat sistemi

$$B = W \times P$$

Top düzlemin koordinat sistemine taşınarak topun düzlem üzerinde ifade edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 16: Top ve Plane Koordinat Sistemi

Dokunmatik panelden gelen pozisyon bilgisine göre topun OpenSceneGraph ile anlık olarak çizdirilmesi sağlanacaktır. Bunun için Arduino'dan gelen X ve Y koordinatlarına göre topun 3B ortamda hareket ettirilmesi sağlanacak. Ayrıca seçilen yeni denge noktasına göre top o pozisyonda sabit kalması sağlanacaktır.

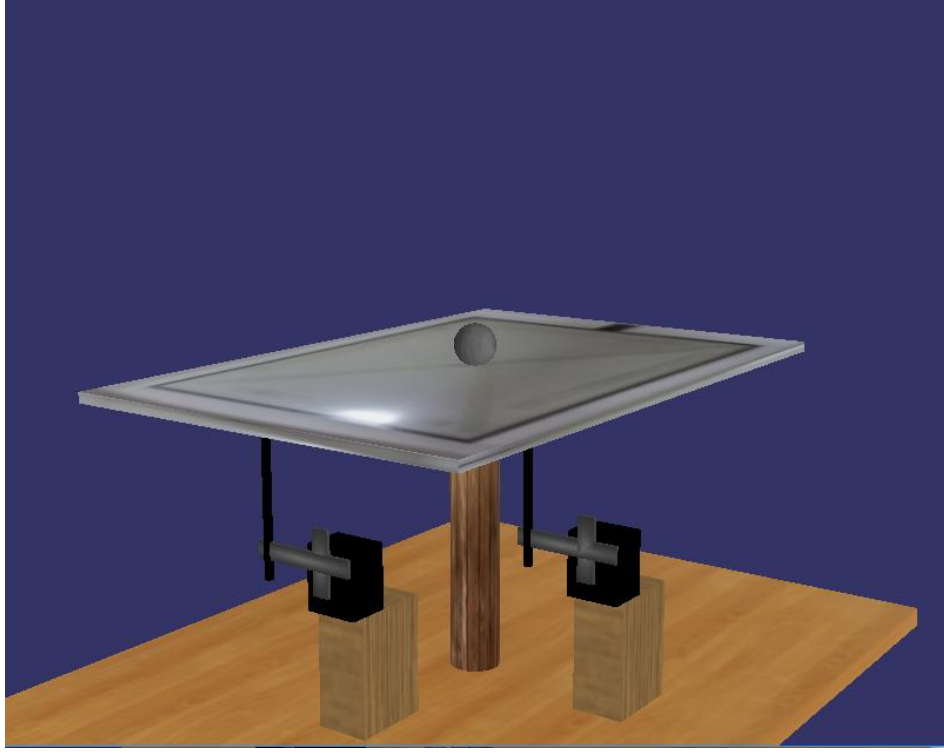
Topun X ve Y koordinatlarını ve topu çizdirmek için gereken fonksiyon prototipler aşağıdaki gibidir.

4.2.2 Topun Konumu ve Motor Pozisyonlarının Alınması

Topun konumu Yazılım modülünden socket ile alınmıştır. Yazılım modülünden topun x – y koordinatı ve motorların pozisyonu alınmıştır. Alınan topun x-y koordinatı ile top düzlem üzerinde çizdirildi. Motor pozisyonları ile düzlemin hareketi sağlandı.

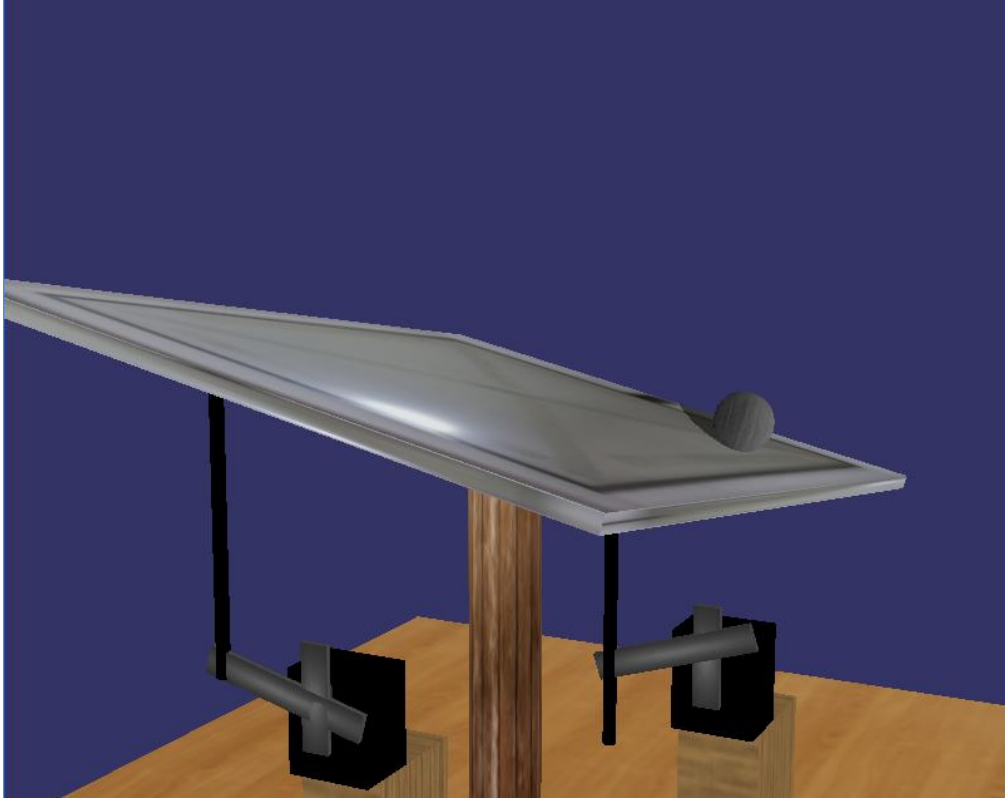
4.2.3 Topun ve Düzlemin Çizdirilmesi

Düzlem hareketi için yazılım modülünden alınan motor pozisyonları kullanıldı. OSG Plane motor pozisyonları kadar rotate edildi. Top alınan koordinat noktaları kadar düzleme eklendi. Top ve Düzlem donanım ile gerçek zamanlı benzetim sağlamaktadır.



Şekil 17 : 3D Ekran Görünüsü Tüm Sistem

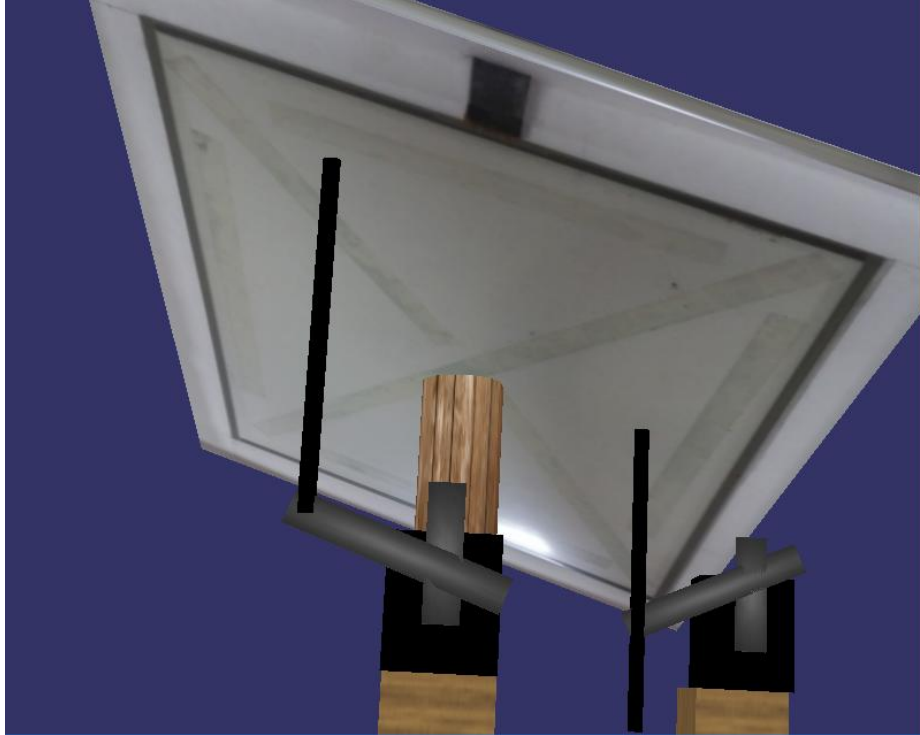
Motor kolları rotate edilerek gerçek zamanlı motor hareketi gerçekleştirildi.



Şekil 18: Rotate Edilmiş Motor ve Düzlem

4.2.4 Motorun Çizdirilmesi Hareketi ve Bağlantı Kolları

Motorun hareketi için yazılım modülünden alınan motor pozisyonları kullanıldı. Motor kolları motor pozisyonları kadar rotate edildi. Bağlatı kolları motor hareketleri kadar translate edildi. Motor hareketi ile bağlantı kolları donanım ile gerçek zamanlı çalışmaktadır.



Şekil 19: Motor Hareketi

5 YAZILIM MODÜLÜ

5.1 Topun Dengelenmesi

Topun dengede tutulabilmesi ve hesaplanan değerlerdeki hata paylarının giderilmesi için PID (Proportional-Integral-Derivative) oransal-integral-türevsel denetleyici PID kontrol döngüsü yöntemi kullanıldı. PID geri besleme yönteminde K_i , K_p , K_d değerlerinin hesaplanması için ise **Ziegler–Nichols** ayarlama metodu ile heuristik olarak değerleri hesaplandı. K_p değerinin yüksek tutulması durumunda ise düzlemde hızlı hareketler meydana geldiği gözlemlendi. PID kütüphanesi olarak PID_V1.h kullanılmıştır.

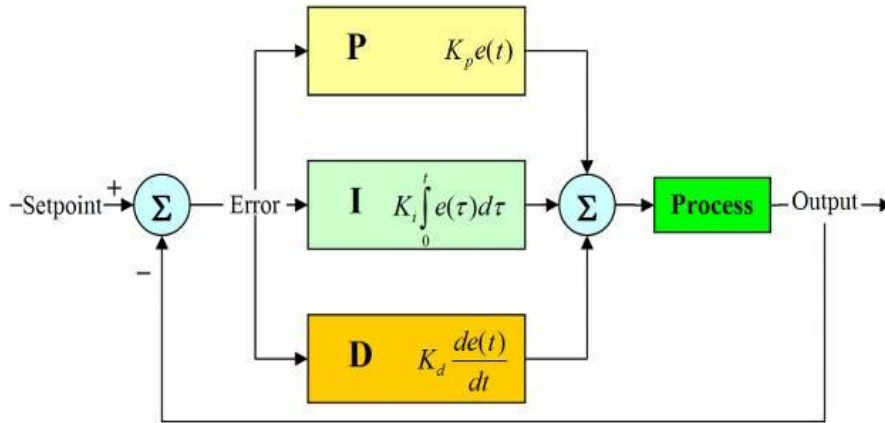
Kullanılan PID Parametreleri :

Zaman değeri: 30 ms

Merkezde sabit konum değerleri olarak

X: 486

Y: 523 (set-points)



Şekil 20: PID Hesaplama Algoritması

Projede kullanılan PID parametre değerleri:

1.Servo motor için(X düzlemi):

K_p : 0.135

K_i : 0.007

K_d : 0.014

2. Servo motor için(Y düzlemi):

K_p : 0.1

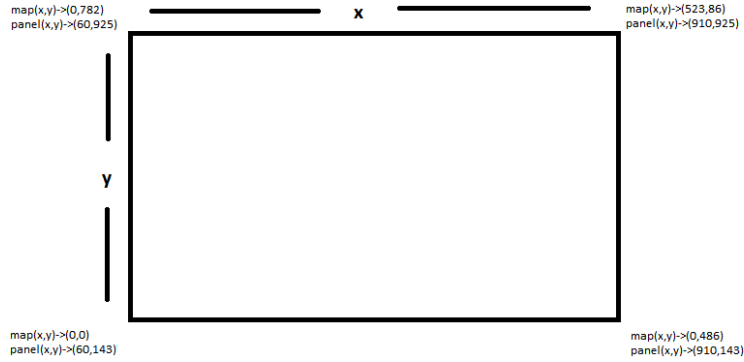
K_i : 0.0025

K_d : 0.01

5.2 Dokunmatik Panelden Verilerin Alınması

Dokunmatik Panelden veriler `touchScreen.h` kütüphanesi kullanılarak alındı. Dokunmatik Panelin donanım arayüzünden kaynaklı panelden alınan veriler konfigure edildi.

Yapılan filtreleme aşağıda belirtilmektedir.

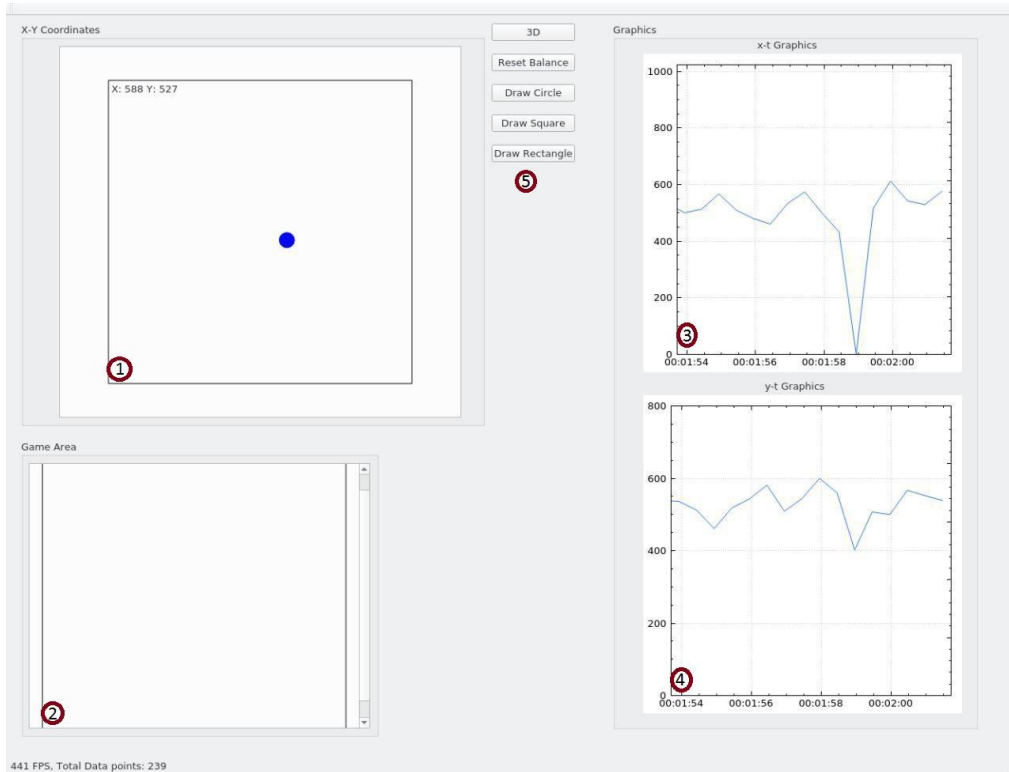


Şekil 21:Panelden Gelen Verilem Maplanması

5.3 Arayüzün Tasarımı

Arayüz QT C++ kütüphanesi ile tasarlandı. Tasarlanan arayüz topun üstten görünümü , topun hareketini gösteren x-t ve y-t grafikleri ile düzleme gönderilecek komutlar ile ek modül arayüzü ve 3D modülünü çalıştıran komut bulunmaktadır.

Arayüz bilgileri Arduinodan RS232 kütüphanesi ile almaktadır



Şekil 22: QT Arayüz

1- Topun Düzlem Üzerindeki Görüntüsü

Topun düzlem üzerinde üstten görüntüsü nü gösteren panel. Topun anlık hareketini göstermektedir.

2- Oyun Alanı

Oyun Alanından kullanıcı tıklama yaparak şekil çizdirilmesini sağlamaktadır. Girilen şekilden kapalı şekil elde edilerek ardunioya gönderilmektedir.

Yapılan şekil kullanıcının önceden belirlenmiş şekillere ait olması kontrol ediliyor.

3- x – t grafiği

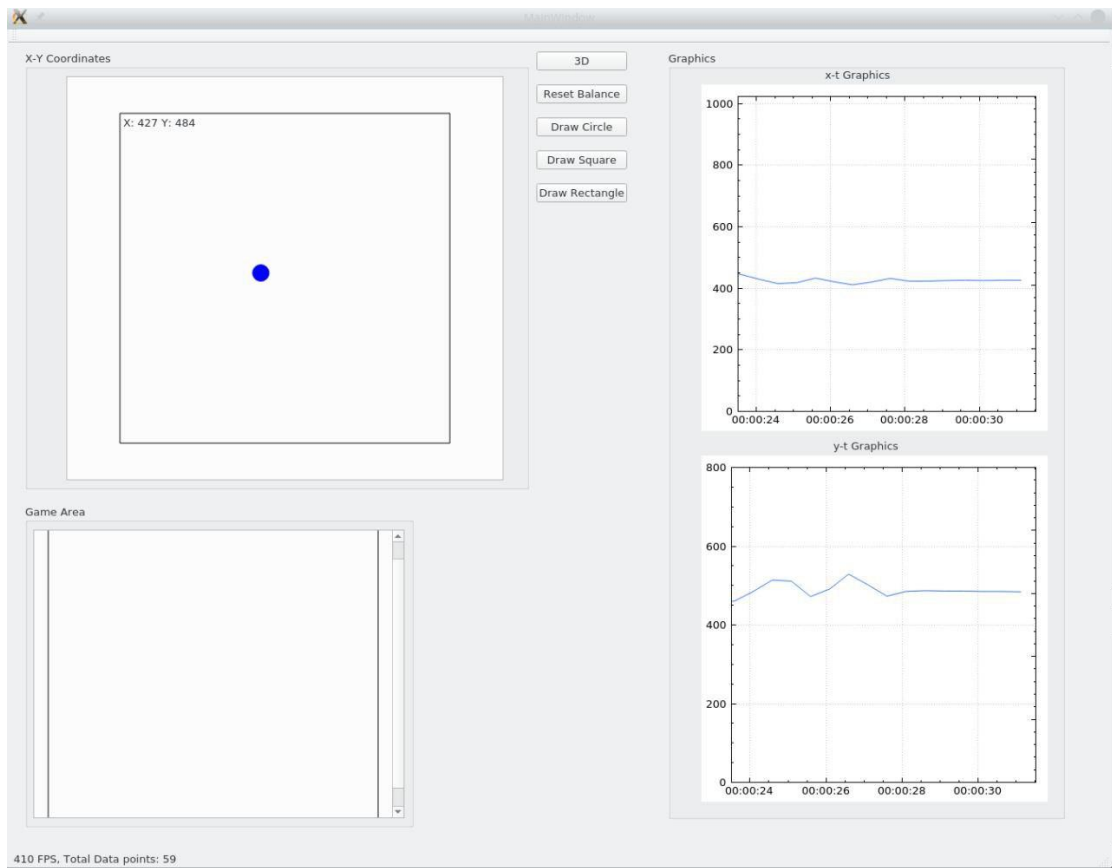
Topun düzlem üzerindeki x ekseninde zamana göre hareket değişimini göstermektedir.

4- y – t grafiği

Topun düzlem üzerindeki y ekseninde zamana göre hareket değişimini göstermektedir.

5- Komut Butonları

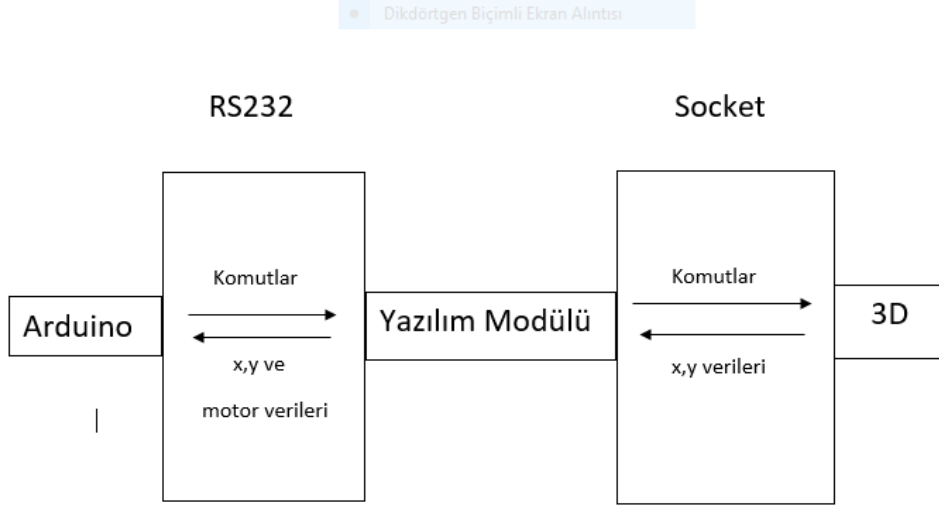
Komut Butonları ve 3D Ekran Butonu



Şekil 23:Arayüz

5.4 Haberleşme

Arduino ile Arayüz arasında iletişim RS323 ile sağlanmaktadır. Arayüz ile 3D arasındaki iletişim TCP Socket ile sağlanmaktadır. Haberleşme için protokol tanımlanmıştır.



Şekil 24: Haberleşme

6 GEREKLİ YAZILIMLAR

- Windows 7/8/8.1/10 ve Linux İşletim Sistemi
- Arduino Software 1.0.6
- Open Scene Graph 3.4.0

6.1 Windows ve Linux İşletim Sistemi

Arayüzün ve sistemin anlık 3 boyutlu görüntüsünün işlenebilmesi için Windows ya da Linux işletim sistemlerinden birinin yüklü olması gerekmektedir. Birçok bilgisayarda bu iki işletim sisteminden biri hazır olarak geldiği için kurulumu anlatılmamıştır.

6.2 Arduino Software

Arduinio'nun programlanabilmesi için Arduinio Geliştirme Ortamı'nın yüklenmesi gerekmektedir. Windows için kurulumu linkte verilmiştir[3].

6.3 Open Scene Graph 3.4.0

Sistemin anlık 3 boyutlu görüntüsü Open Scene Graph kütüphanesiyle programlanacaktır. Kütüphanenin stabil indirme linkleri verilmiştir[4].

6.4 QT 5.6

Sistemin arayüzü tasarlanması için kullanılmıştır. Kütüphanenin stabil indirme linkleri verilmiştir[5].

7 Ek Modul : Şekil Çizdirme Oyunu

Projede donanım yani düzlem üzerinde denge de tutulan topla birlikte hedef kitle olarak belirlenen çocuklar için şekillerin öğretilmesi adına şekil çizdirme oyunu ile birlikte yürütülmesi olarak bir oyun yapmaya karar verdik. Oyun ilk başta düz bir çizgi çizmeyi başardıktan sonra şekillerin zorlukları artarak ilerleyecektir. Yanlış çizgi çizdiği sürece yani şekli yanlış bir şekilde oluşturdu zaman tekrar çizmesi istenecektir. Doğru bir şekilde çizilen şekil ise düzlem üzerinden gösterilerek şekil öğretilmesi etkin hale gelecektir.

8 SONUÇ

Projede bir cismi bir düzlem üzerinde dengede tutabilecek yani hiç bir şekilde kurulu sistemin dışına çıkarmadan merkezi bir noktada sabit bir şekilde tutabilecek algoritmalar, PID değeri ve Arduino mega kullanımı, arayüz geliştirme yöntemleri ile ilgili bilgiler bir araya getirilerek oluşturulan bu proje sayesinde herhangi bir cismi dengede tutabilme sağlanabilmiştir. Ek özellik olarak bu projeye kullanımı yani işlevselliğini artırmak adına bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama ise çocukların zeka gelişimini artırmak adına tasarlanmıştır. İlerleyen zamanlarda oyun ve donanım üzerinde ek özellikler geliştirilip yeni versiyonlar oluşturulabilir.

9 Referenslar

- [1] "Dokunmatik Ekran özellikleri " <http://dokunmatikpanel.com.tr/Details.aspx?id=11>
- [2] "PID algoritması " <http://www.projehocam.com/pid-kontrol-algoritmasi-nedir/>
- [3] "Ziegler–Nichols method " https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller#Ziegler.E2.80.93Nichols_method
- [4] "Arduino IDE " <http://www.moderntesla.com/2015/02/arduino-gelistirme-ortam-windows-nasl.html>
- [5] "Open Scene Graph" <http://www.openscenegraph.org/index.php/download-section/stable-releases>
- [6] "QT Kütüphanesi" <https://www.qt.io/download/>