

TOP VE ÇUBUK MEKANİZMASI KONUM KONTROL UYGULAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Sinan Başaran

Bilecik-2018

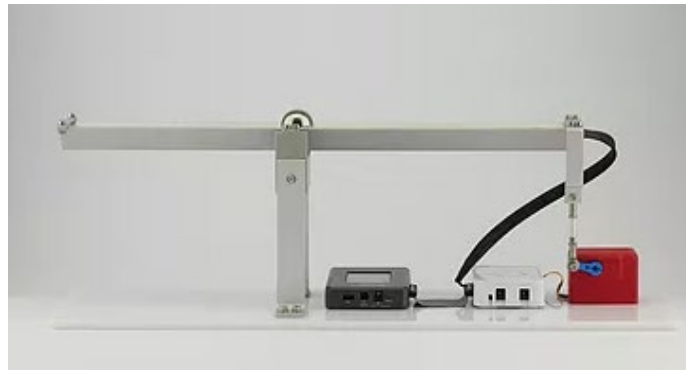
Motivasyon

Top ve çubuk sistemi gerçekte bir sistemin bir modeli olmasa da dinamikleri modern kontrolün en zorlu alanlarına benzemektedir. Top ve çubuk sisteminin dinamikleri, roketlerde veya uçaklarda dikey itme kontrolü gibi havacılık sistemlerine özel olarak benzer. Kontrol olmadan uçağın devrilme riski yüksektir.

Roket veya hava aracının sabit bir yönde hareket etmesini sağlamak için iticilerin açısı sürekli kontrol edilmelidir.



Top ve Çubuk deney düzeneği ile kontrol teorisini gerçekleştirmiş olacağız. Çubuk üzerindeki topun konum kontrolü, kontrol teorisinin sıradan problemlerinden biridir. Top ve çubuk sistemi, temel doğrusal kontrol sistemlerinden ileri düzey doğrusal olmayan kontrol sistemlerine kadar olan kontrol sistem tasarımı uygulamalarının çoğunda kullanılabilir. Öğrenciler yaparak öğrenme metodolojisi ile sistem tasarımı yaklaşımını anlayabileceklerdir. Kullanıcılar lineerleştirme, varsayım ve modelleme hatalarının etkilerini eş zamanlı olarak simülasyon ve gerçek deney düzeneği üzerinde görerek ayırt edebilmektedirler.



Şekil.1 Sistem Genel Görünüşü

Sistemin Özellikleri

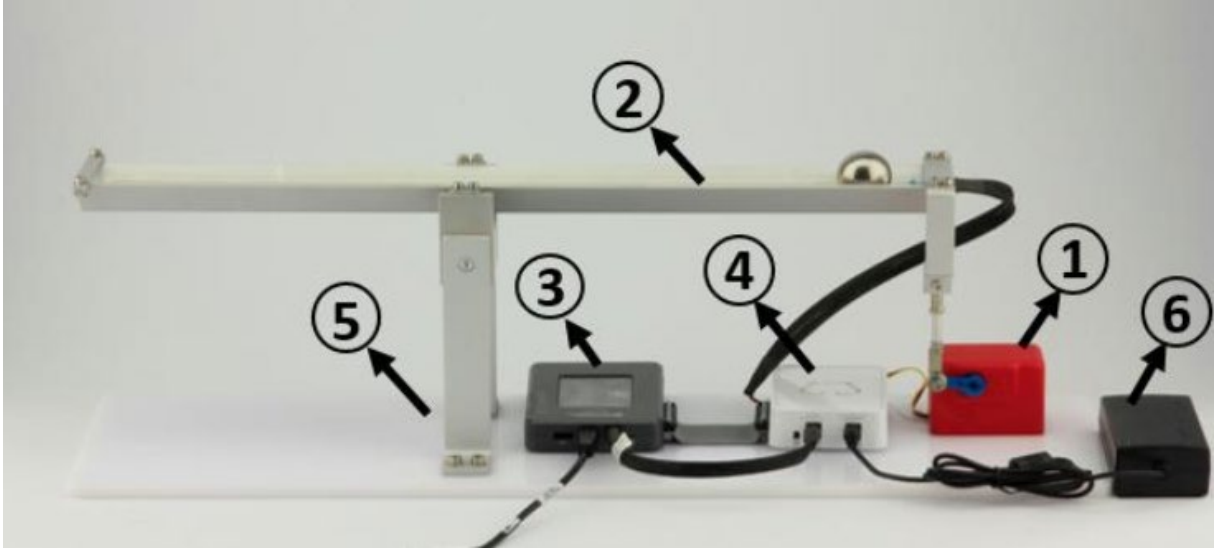
- Top ve Çubuk Sistemi; RC Servo Motor, potansiyometre, güç kaynağı, myRIO ve sistem mekaniğinden oluşmaktadır.
- NI LabVIEW yazılımı sayesinde lineer ve lineer olmayan kontrol yöntemleri sisteme uygulanabilir.
- Topun konumu lineer potansiyometre ile belirlenir.
- Akademik alanda sıklıkla kullanılan RC Servo Motorlar ile sistem hareket ettirilmektedir.

- Sistem açık kaynak kodlu olduğu için öğrenciler tarafından tasarlanan farklı kontrol algoritmaları myRIO cihazı aracılığı ile gerçek zamanlı olarak sisteme uygulanabilmektedir.

Teknik Ayrıntılar

- Çubuk uzunluğu: 530 mm
- Kaldıracın kol uzunluğu: 143 mm
- Destek kolunun uzunluğu: 165 mm
- Potansiyometrenin algılayabileceği uzaklık: 500 mm
- Motor kol uzunluğu: 24 mm
- Motor momenti: 4,8 V:0,5 N.m
- Motor hızı:4,8 V:60 derece/0,2saniye

Top ve Çubuk Düzenegi Bileşenleri



Şekil 2. RC Servo (1), Potansiyometre Sensörü (2), myRIO (3), ACROME Güç Dağıtım Kutusu (4), Top ve Çubuk Sisteminin Mekaniki (5), Güç kaynağı (6).

RC Servo:

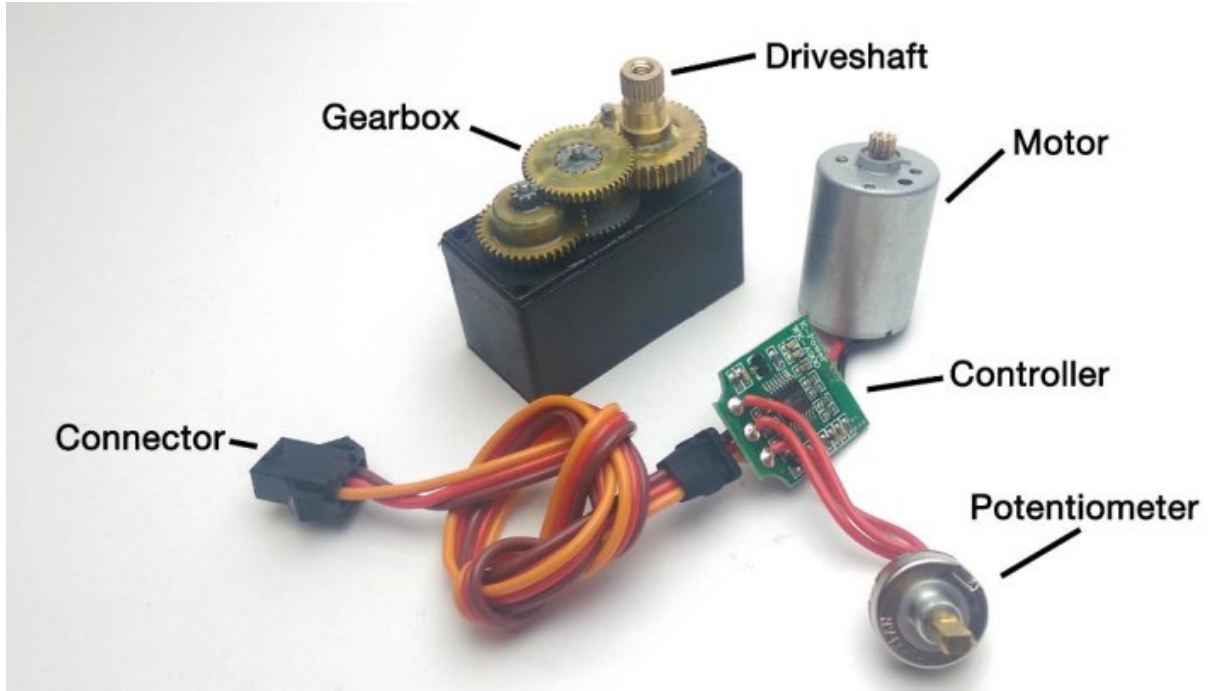
RC servolar, elektrik sinyallerini dönme hareketine çeviren elektromekanik cihazlardır. Çoğu kontrol ve robotik uygulaması için basit ve kullanışlı çözümler sunarlar.



Şekil 3. RC Servo motor

Motor üzerinde bulunan kontrol devresi kontrol sinyalini okumak ve motoru çalıştırmak ile sorumludur. Kontrol devreleri servo tipini belirler; servolar dijital veya analog olabilirler. Analog servolar 50 Hz frekansa kadar PWM sinyalini kullanırlar. Dijital servolar bu PWM sinyallerini daha hassas bir şekilde ele alır. 330 Hz'ye kadar sinyalleri çözebilir. Genel olarak; Dijital servolar, maliyet ve güç tüketimi açısından analog servolara göre çok daha avantajlıdır.

Ana milin konum geri beslemesi potansiyometre tarafından sağlanır. Potansiyometre, tahrik miline bağlıdır. Böylece tahrik milinin dönüşü potansiyometrede farklı dirençlere neden olur. Kontrolör, direnç değerlerini okuyarak tam tahrik mili açısını belirler. Servo motorların içinde, kontrol devresinde bulunan H-köprüleri tarafından kontrol edilen yüksek hızlı DC motorlar bulunmaktadır. Tahrik mili ve motor arasında bulunan dişli sistemi (Gearbox), düşük devir sayısı ve daha fazla tork üretecek şekilde motorun devir sayısını düzenler. Tahrik mili (Driveshaft) ise tüm sistemin çıkışıdır.

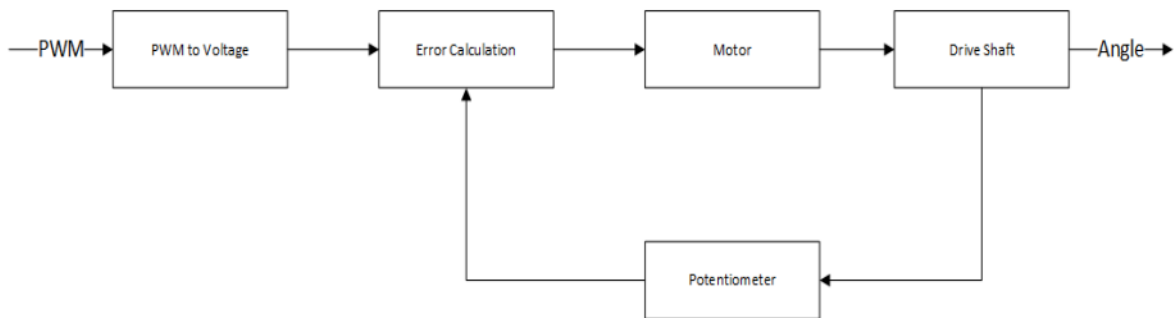


Şekil 4. RC Servo motor elemanları

RC Servo çalışma prensibi:

Servo aslında sürekli giriş sinyali gerektiren bir kapalı döngü kontrol sistemidir. Servonun çalışması birkaç temel adımla açıklanabilir:

- 1- Denetleyici, PWM giriş sinyalini çözer ve onu bir açıya karşılık gelen bir voltaja dönüştürür.
- 2- Denetleyici, potansiyometre voltajı değerlerini okur ve mil konumunu belirler.
- 3- Denetleyici, giriş ve potansiyometre voltajı arasındaki farkı hesaplar.
- 4- Denetleyici, hatayı H köprüsü çıkışına dönüştürür.



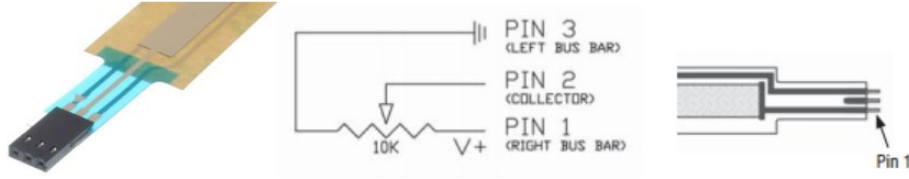
Şekil 5. RC Servo blok diyagramı

Potansiyometre Sensörü

Topun pozisyon geri beslemesi, aşağıda gösterilen potansiyometre sensöründen elde edilir.



Şekil 6. Potansiyometre sensörü



Şekil 7. Potansiyometre çıkış pinleri

Potansiyometre sensörünün uzunluğu 50 cm'dir.

Şekil 7'de görebileceğiniz gibi, "+", "-" ve "data" olarak potansiyometrenin 3 pini vardır. Data pini (PIN2) analog girişe bağlıdır. PIN1 ve PIN 3 ise besleme pinleridir.

Sensör çalışma prensibi şu şekilde açıklanabilir: Top, şeridin üzerine baskı yaparak temas eder. Bu şekilde rezistans lineer olarak 100Ω ile 10.000Ω arasında değişen direnç gösterir. Topun o anki konumu, analog voltaj olarak 0 ile 5 volt aralığındaki toplayıcı (PIN 2) üzerinden okunur.

$$\text{Çözünürlük} = \frac{5-0}{2^{10}} \text{ Volt} \cong 0.00488 \text{ Volt}$$

NI myRIO (National Instruments)

myRIO, kullanıcıların robotik veya mekatronik sistemleri tasarlamalarını ve kontrol etmelerini sağlayan portatif yerleşik bir cihazdır.

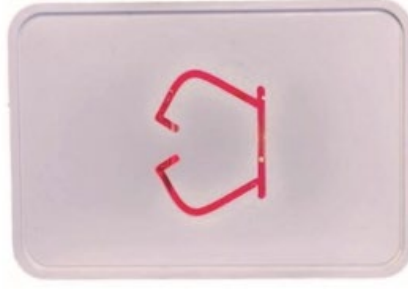


Şekil 8. NI myRIO

myRIO'nun dahili birçok çıkışı ve sensörü vardır; analog girişler (AI), analog çıkışlar (AO), dijital girişler ve çıkışlar (DIO), ses ve güç çıkışları, ivmeölçer ve LED'ler. Ayrıca myRIO üzerinde bilgisayar ile host ve Ethernet bağlantısı yapan bir usb portu vardır. myRIO, yerleşik FPGA (Field Programmable Gate Array) çipi ile diğer gömülü kontrolörlerden farklıdır.

ACROME Güç Dağıtım Kutusu

Potansiyometre, RC servo motor ve myRIO bağlantıları, Şekil 9'da gösterilen ACROME güç dağıtım kutusu üzerinde bulunmaktadır.

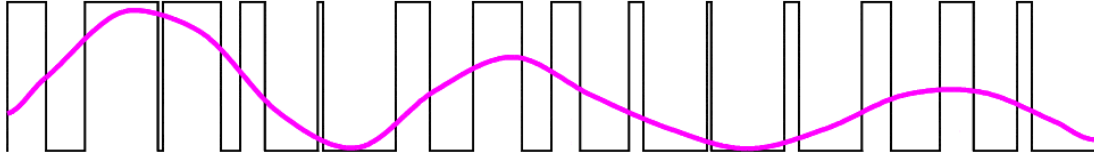


Şekil 9. ACROME Güç Dağıtım Kutusu

GENEL BİLGİLER:

Darbe Genişliği Modülasyonunu - Pulse Width Modulation (PWM)

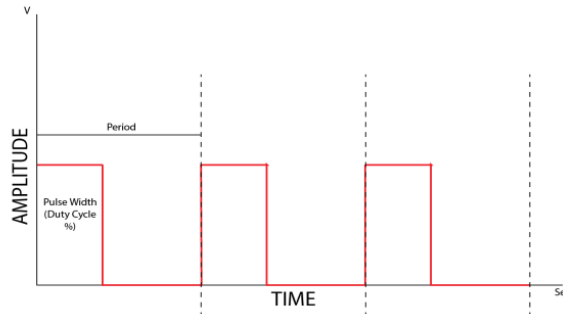
Darbe Genişliği Modülasyon Tekniği ağırlıklı olarak endüstride kullanılmaktadır. Teknik, kısaca dijital sinyaller kullanarak analog sinyaller üretir. Kolayca üretilip uygulanabilen bir sinyaldir. RC servo motorlar basit açma / kapama sinyalini kullanır. Giriş sinyaline bağlı olarak RC servo motor çıkış olarak bir açı (yer değiştirme) verir. Analog sinyal bir sinüs eğrisi gibi dalgalıdır, fakat dijital sinyal sadece 1 ve 0' lardan oluşmaktadır. Bir şekilde 1 ve 0' lar ile bu sinyale yakın bir sinyal elde edebiliriz.



Şekil 10. Dijital ve analog sinyal

Gördüğünüz gibi, dalga boyu ON durumunun miktarı (frekans) değiştirilerek dijital sinyalle simüle edilebilir. Eğer boyu yüksekse ON kaldığı süre de yüksek oluyor.

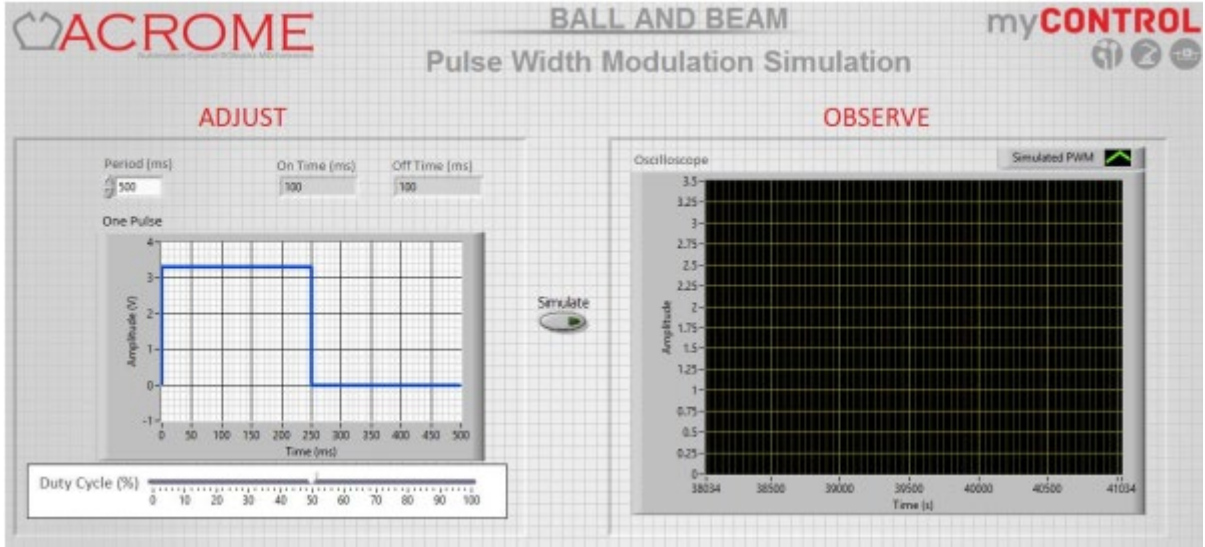
PWM tekniği; periyot, frekans, genlik ve duty cycle gibi çeşitli özelliklere sahip kare bir PWM sinyali üretir. Periyot, sinyalin tekrarlanması için gereken zaman aralığıdır ve frekans, bu sinyallerin 1 saniyede meydana gelen sayısıdır. Genlik, PWM sinyalinin yüksek veya düşük durumunun voltaj seviyesini gösterir. Duty cycle toplam sinyalin yüzdesi olarak sinyalin yüksek durumunu tanımlamak için kullanılır ve darbe genişliği sinyalin yüksek durumda olduğu zamandır.



Şekil 11. PWM sinyali

LAB UYGULAMA-1

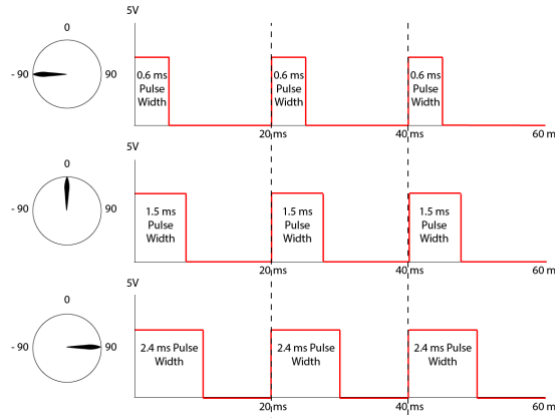
Proje klasöründen Ball and Beam Project.lvproj dosyasını açınız. Karşınıza gelen ürün ağacından My Computer altından 2.1 Generating and Reading PWM.vi dosyasını çift tıklayarak açın. Bu aşamada sisteme güç bağlamanız gerekli değildir. Karşınıza çıkan arayüzde PWM duty Cycle yüzde oranını kaydırarak değiştirin ve OK simgesi olan RUN tuşuna basın. Bu aşamada seçtiğiniz duty cycle'a göre oluşacak sinyali OBSERVE penceresinden görebilirsiniz.



Şekil 12. 2.1 Generating and Reading PWM.vi

RC servolar analog veya dijital olabilir. Servo motorun tipi, servoları kontrol etmek için gerekli sinyalin özelliklerini etkiler. Tüm analog servolar, 20 milisaniyelik (ms) periyotlara sahip ortak benzer sinyallere ve dolayısıyla 50 Hz frekansa sahiptir.

Görev döngüsü bitiş zamanı veya Darbe Genişliği 600 ile 2400 mikrosaniyedir (μs). Darbe genişliği, servoların konumunu belirler. Genellikle; 600 μs -90 ° konumuna, 1500 μs nötr veya 0 ° konumuna ve 2400 μs + 90 ° konumuna karşılık gelir. Bir analog RC servo motorunu pozisyonuna göre kontrol etmek için gerekli olan PWM sinyalleri aşağıdaki şekilde görülebilir.



Şekil 13. PWM Sinyal ve Servo Motor Pozisyon İlişkisi

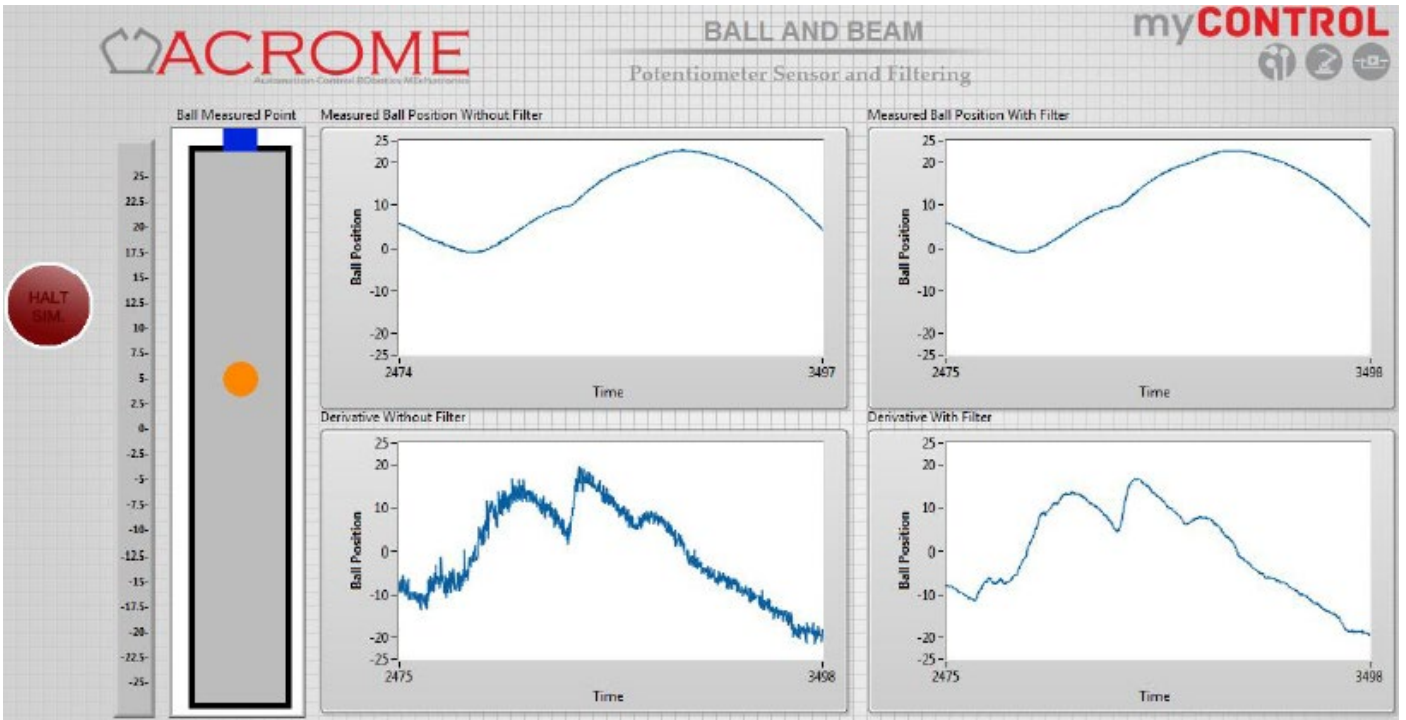
Filtreleme

Genel olarak sensörlerden ölçülen sinyal gürültü içerebilir. Bu gürültü elektriksel bağlantıdan, çevresel şartlardan ya da örnekleme frekansından kaynaklanabilir. Potansiyometre sensöründen konum bilgisini okurken gürültü, ölçülen verileri deforme edebilir ve yüksek frekanslı ölçüm gürültüsü oluşabilir. Gerçek ve ölçülen veriler arasındaki fark, yanlış hesaplamalar ve sistem üzerinde yanlış davranma ile sonuçlanır. Bu gürültüyü ortadan kaldırmak için ölçülen verilere harici filtre olarak düşük geçiş filtresi (low pass filter) uygulanır.

$$Filter(s) = \frac{15}{s + 15}$$

LAB UYGULAMA-2

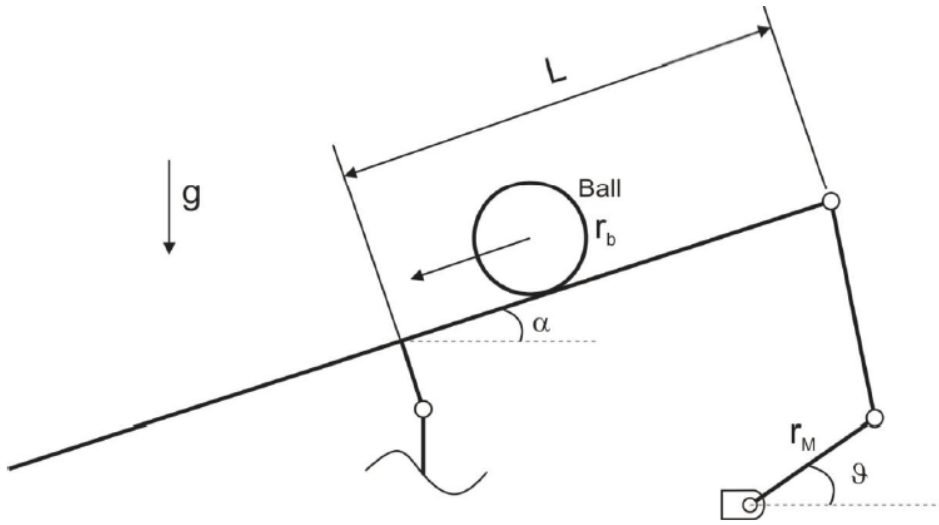
Proje klasöründen Ball and Beam Project.lvproj dosyasını açınız. Karşınıza gelen ürün ağacından "3.1 Potentiometer Sensor and Filtering.vi" dosyasını çift tıklayarak açın. Filtre etkilerini gözlemlemek için, çubuk üzerinde bir konum girişi olmalıdır. Ekranda soldaki kısımda; çubuğun 2D temsili görülebilir. Kırmızı daire topun gerçek konumunu gösterir. Topu elinizle hareket ettirerek okunan konumu görebilirsiniz. Filtrelenmemiş ve Filtrelenmiş konum veri grafikleri ortada görülebilir.



Şekil 14. Filtrenmiş ve filtrenmemiş top konum dataları

- Filtrelenen verilerin istenilen yer değiştirme sonuçlarını gerçeğe daha yakın gösterdiğini gözlemleyiniz.
- Kontrol uygulamalarında bir filtre kullanmanın avantaj ve dezavantajını tanımlayın.

Sistemin hareket denklemlerinin elde edilmesi



Şekil 15. Serbest cisim diyagramı

Modellemenin ilk adımı, dinamik hareket denklemini türetmektir. Hareket denklemi, topun hareketi (x_b) ile çubuğun açısı (α) arasındaki ilişki ile açıklanır. Aşağıdaki bölümlerde hareket denklemleri Lagrange Yöntemi ve Newton'un Hareket Yasası gibi iki farklı yöntemle elde edilecektir.

Lagrange Yöntemi ile hareket denkleminin elde edilmesi

Lagrange ifadesi:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i$$

Buradan elde edilecek denklem bize topun hareketi (x_b) ile çubuğun açısı (α) arasındaki ilişkiyi verecektir.

Tablo 1. Sistemin fiziksel değerleri

Sembol	Tanım	Değer	Birim
L	Çubuk uzunluğu	0,5	[m]
r_M	Motor kol uzunluğu	0,0245	[m]
r_b	Top yarıçapı	0,0175	[m]
m_b	Top kütlesi	0,175	[kg]
J_b	Top kütle ataleti	0,00002143	[kgm ²]
g	Yerçekimi ivmesi	9,81	[m/s ²]
α	Çubuk açısı	(değişken)	[derece]
φ	Motor açısı	(değişken)	[derece]

Sistemin kinetik enerjisi: $E_{Kin} = \frac{1}{2}m_b v_b^2 + \frac{1}{2}J_b \omega_b^2 = \frac{1}{2} \left(m_b + \frac{J_b}{r_b^2} \right) \dot{x}_b^2$

Sistemin potansiyel enerjisi: $E_{Pot} = m_b g h_b = -m_b g x_b \sin(\alpha)$

Lagrange ifadesi: $L = E_{Kin} - E_{Pot}$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}_b} \right) = \left(m_b + \frac{J_b}{r_b^2} \right) \ddot{x}_b,$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_b} = m_b g \sin(\alpha)$$

$$Q = F_{x,t} = k_f \dot{x}_b$$

Gerekli düzenlemeleri yaparsak hareket denklemi:

$$\left(m_b + \frac{J_b}{r_b^2} \right) \ddot{x}_b - m_b g \sin(\alpha) = k_f \dot{x}_b$$

olarak elde edilir. Denklemi diferansiyel denklem formunda yazalım.

$$\ddot{x}_b - \frac{k_f r_b^2}{m_b r_b^2 + J_b} \dot{x}_b = \frac{m_b g r_b^2}{m_b r_b^2 + J_b} \sin(\alpha)$$

Modellemenin amacı, bir sistemin çıkışı ve girişi arasındaki fiziksel ilişkiyi türetmektir. Bizim durumumuzda, sistemin çıkışı topun pozisyonudur (x_b). Sistemin girişi, Şekil 16'da görülebileceği gibi motor açısıdır (φ). Şekil 16'ya göre aşağıdaki ilişki elde edilebilir.

$$\sin(\varphi) r_M = \sin(\alpha) L = h$$

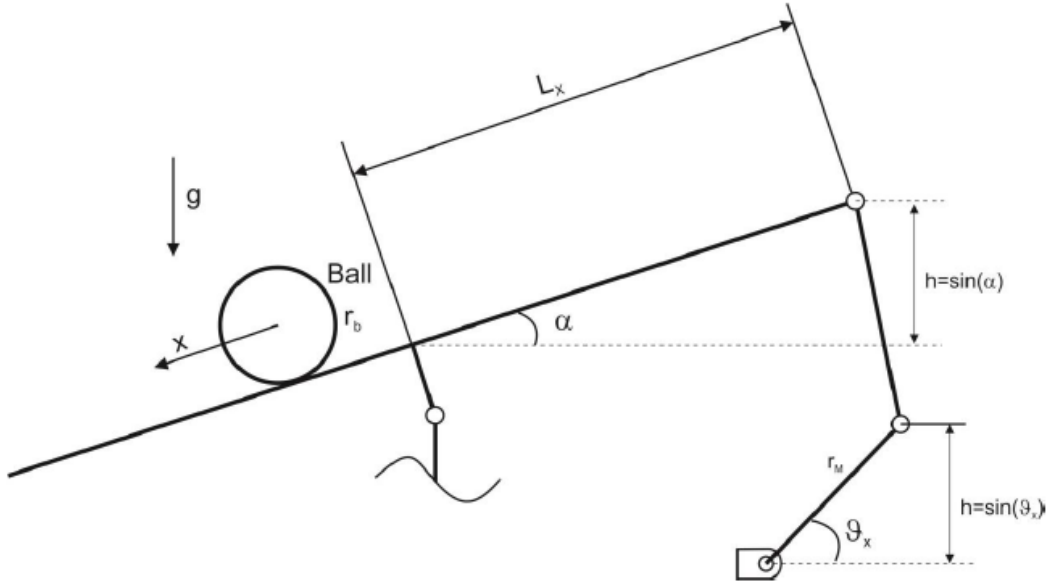
Buradan $\sin(\alpha)$ terimini çekersek asıl denklemde elimine edebiliriz.

$$\sin(\alpha) = \frac{r_M}{L} \sin(\varphi)$$

Hareket denkleminde yerine yazarsak

$$\ddot{x}_b - \frac{k_f r_b^2}{m_b r_b^2 + J_b} \dot{x}_b = \frac{m_b g r_b^2 r_M}{(m_b r_b^2 + J_b) L} \sin(\varphi)$$

elde edilir.



Şekil 16. Motor Açılı ve çubuk Açılı Arasındaki İlişki

Küçük açı yaklaşımı ile sadeleştirme yapılabilir. $\sin(\varphi) \approx \varphi$ alınırsa hareket denklemini:

$$\ddot{x}_b - \frac{k_f r_b^2}{m_b r_b^2 + J_b} \dot{x}_b = \frac{m_b g r_b^2 r_M}{(m_b r_b^2 + J_b) L} \varphi$$

Sistemin fiziksel özelliklerini içeren terimlere K_{FF} ve K_{BB} dersek hareket denklemini basit formda yazabiliriz.

$$\ddot{x}_b + K_{FF} \dot{x}_b = K_{BB} \varphi$$

Eşitliğin her iki yanının Laplas'ını alalım:

$$s^2 X_b(s) + K_{FF} s X_b(s) = K_{BB} \varphi(s)$$

Sistemin transfer fonksiyonu:

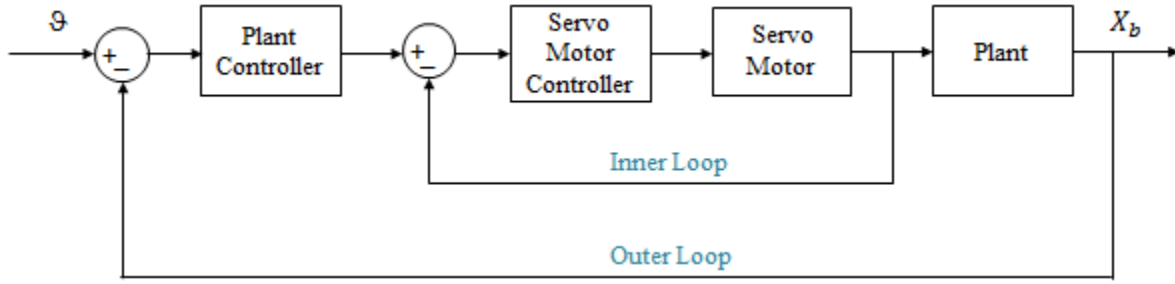
$$G_{BB}(s) = \frac{X_b(s)}{\varphi(s)} = \frac{K_{BB}}{s^2 + K_{FF} s} = \frac{0.53}{s^2 + 0.25s}$$

olarak elde edilir. Top ve çubuk sisteminin aktüatörü bir servo motordur. Servo motorun transfer fonksiyonu aşağıdaki şekilde birinci dereceden bir fonksiyon olarak tahmin edilebilir.

$$G_M(s) = \frac{\varphi(s)}{V_m(s)} = \frac{K_M}{\tau s + 1} = \frac{2}{0.01s + 1}$$

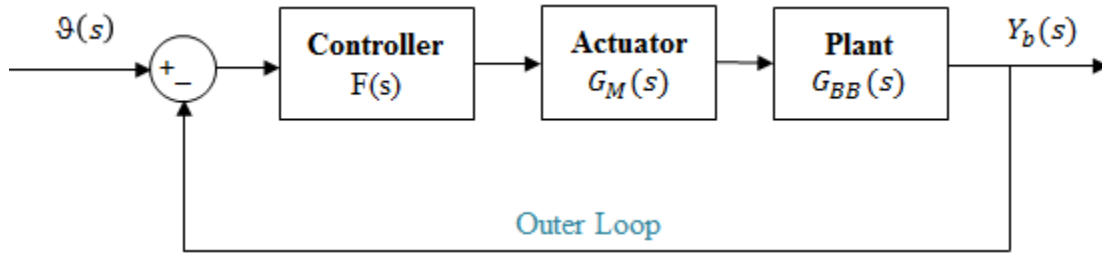
Top ve Çubuk Sisteminin Kontrolü

Top ve kiriş, Şekil 17'de gösterildiği gibi iç ve dış loop içeren basamaklı bir kontrol yapısına sahiptir.



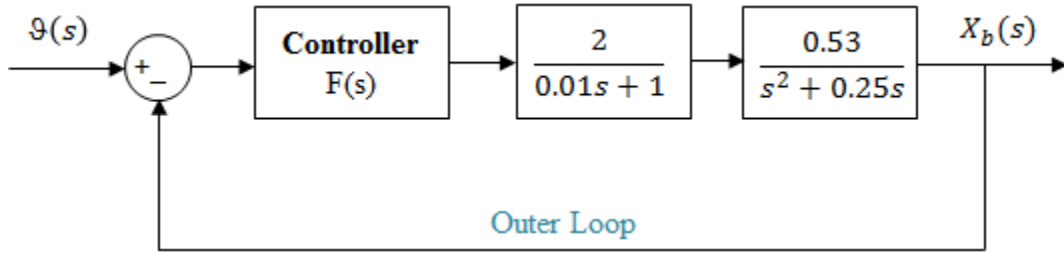
Şekil 17. Top ve çubuk sisteminin blok diyagramı

Inner loop, birim geri besleme kapalı döngü sistemidir ve servo motor konumunu kontrol eder. Top ve çubuk mekanizmasının servo motoru kendi kontrolörü sayesinde konumunu otomatik olarak kontrol eder. Blok diyagram üzerinde indirgeme yaparsak yeni blok diyagramı elde ederiz.



Şekil 18. Top ve çubuk sisteminin indirgenmiş blok diyagramı

Elde ettiğimiz transfer fonksiyonlarını blok diyagram üzerinde yerlerine yazalım:

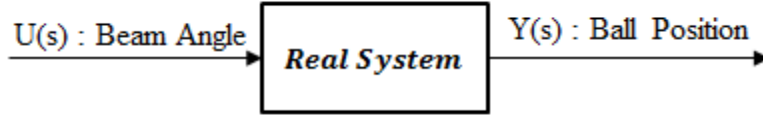


Şekil 19. Top ve çubuk sisteminin indirgenmiş blok diyagramı

Sistem Tanımlama (System Identification)

Bu bölümde, transfer fonksiyonunun elde edilmesinde sistem tanımlama metodu olarak adlandırılan yeni bir modelleme yöntemi kullanılmıştır. Bir tanımlama prosedürü; uygun bir giriş verisinin üretilmesi, giriş verilerine karşılık gelen sistem yanıtının ölçülmesi ve son olarak dinamik sistemin modelini elde etmek için toplanan verilerin kullanılmasıdır. Beyaz kutu, gri kutu ve kara kutu gibi üç tanımlama yaklaşımı vardır. Veriden fiziksel bir modelin parametrelerini tahmin eden beyaz kutu, top ve çubuk sistemi için kullanılır.

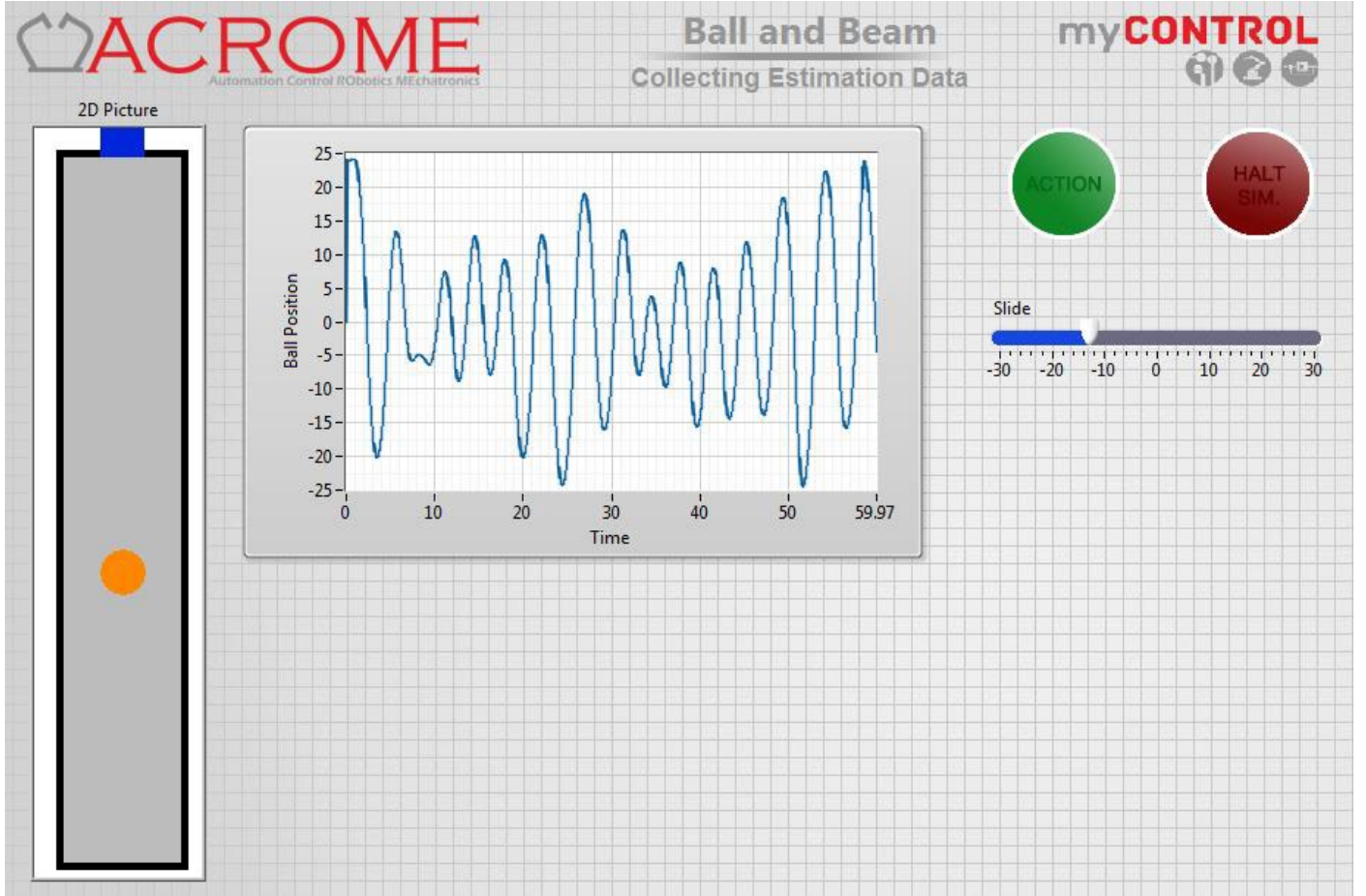
Veri edinimi, doğru sistem modellemesi için en kritik noktadır, bu yüzden ilk önce fiziksel sistemden giriş ve çıkış verilerini elde ederiz. Giriş verileri, çubuğun açısıdır ve çıkış verileri, topun pozisyonudur. Açık çevrim sistemi kararsız olduğu için, çubuğun açısı, topun konumuna göre kaydırıcının yardımıyla değiştirilir.



Şekil 20. Açık çevrim blok diyagramı

LAB UYGULAMA-3

“Collecting Estimation Data.vi” dosyasını çift tıklayarak açınız. Ekran görünen ‘ACTION’ butonuna basınız. ‘Slide’ yardımı ile topu sağa sola kaydırınız. DİKKAT bu aşamada topu kenarlara çarptırmamaya çalışınız. Toplanan veriyi ekranda gözlemleyiniz. Eğer uygun olduğunu düşünüyorsanız ‘HALT’ butonuna basarak işlemi sonlandırınız.



Şekil 21. Collecting Estimation Data.vi

Tahmin edilen sistem modeli elde etmek için “System Identification.vi” dosyasını açın ve model derecesini 2 olarak seçin.

Sistem derecesi 2 olarak seçilip ve sistem kutbunu orjinde sıfır olarak seçtikten sonra elde edilen transfer fonksiyonunu kaydedin. Aşağıdaki transfer fonksiyonu, kontrolörlerin tasarımı için de kullanılabilir. Model doğrulama grafiğinde gösterilen modeli ve gerçek sistem tepkilerini gözlemleyin.

$$G_{BB}(s) = \frac{22.5}{28.3s^2 + 16s + 1}$$

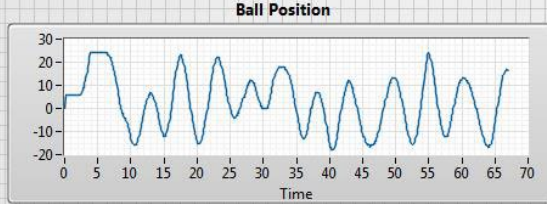
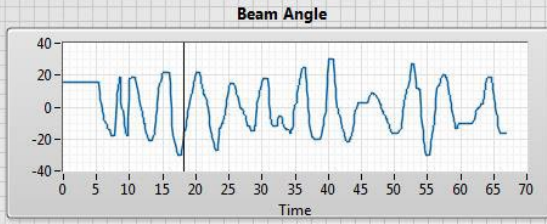
Settings Of the Model Order

Orders of Transfer Function Model

Numerator Order
0
Denominator Order
2

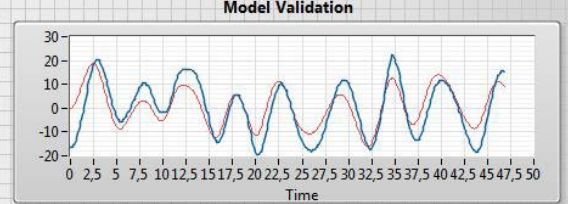
Number of Poles at Origin

zeros/poles
poles
number
0



Estimated Model

$$y(s) = \frac{7,99425}{1 + 5,41249s + 10,7554s^2} u(s)$$



Şekil 22. System Identification.vi

Performans Ölçümleri

Adım girişi uygulanmış olan ikinci mertebeden sistemler için performans ölçüleri veya kriterleri tanımlanabilir. Sistemler dikkate alınarak farklı performans ölçüleri belirlenir. İkinci dereceden bir transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

Tepe Süresi, T_p :

Sistem cevabının tepe veya maksimum noktaya ulaştığında geçen süredir.

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \xi^2}}$$

Aşım, %OS:

Sistem cevabının tepe veya maksimum noktası ile kararlı haldeki değeri arasındaki farkın kararlı haldeki değere oranıdır. % olarak ifade edilir.

$$\%OS = e^{-\left(\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right)} \times 100$$

Yerleşme Zamanı, T_s :

Sistem cevabının %98'ine ulaşıncaya kadar geçen süre olarak tanımlanır.

$$T_s = \frac{4}{\xi\omega_n}$$

LAB UYGULAMA-4

Ürün ağacından "Performance Measures.vi" dosyasını açınız. $K = 1.1$, $\xi = 0.3$, $\omega_n = 2$ değerlerini ekrandan giriniz. Bu değerler için Tepe Süresi, Aşım ve Yerleşme Zamanı değerlerini formülleri ile hesaplayınız. Bulduğunuz bu değerleri simülasyonu çalıştırarak ('start simulation') karşılaştırın.

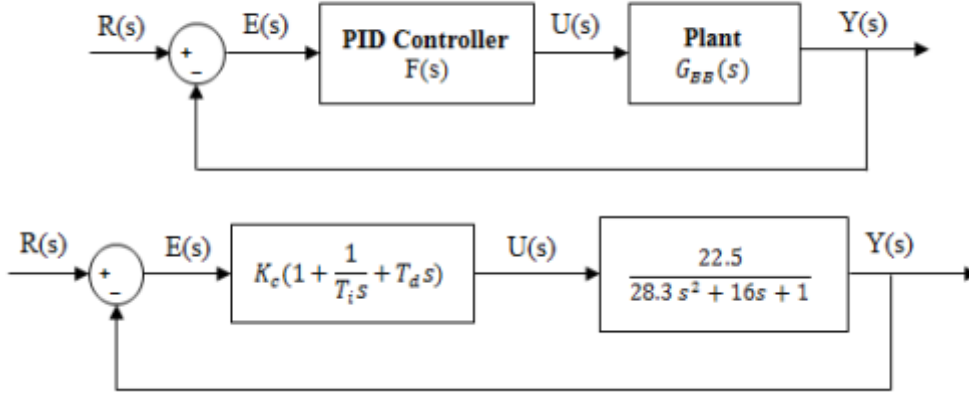
Kontrol sistem tasarımı - PID kontrol:

Açık döngü sistemlerine (open loop), çıkışın giriş üzerinde etkisi olmadığından manuel kontrol sistemleri denir. Açık döngü yapısı basit, ekonomik ve istikrarlı olmasına rağmen, her zaman güvenilemez. Kapalı çevrim sistemleri, otomatik kontrol sistemleri olarak adlandırılır ve gürültü azaltma, doğrusal olmayan ve sağlamlık gibi birçok avantajı vardır. Bu nedenle kontrol uygulamalarında genellikle kapalı çevrim kontrol sistemleri tercih edilir. Kontrolör tasarımının amacı kapalı döngü sistemiyle daha önce belirtilen performans ölçülerini elde etmektir.

Kontrolörün tipini seçmek, sistem hedeflerine ve ihtiyaçlara bağlıdır. Genel olarak PID kontrolün üç ayarlama parametresi vardır; orantısal (P), integral (I) ve türev (D). Akademik PID denetleyicisi aşağıdaki gibi matematiksel olarak ifade edilir:

$$u(t) = K_c \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Burada P terimi kontrolcünün kazancı olan K_c katsayısıdır. T_d türevsel katsayı ve T_i integral terimi katsayısıdır.



Şekil 23. PID kontrol blok diyagramı.vi

LAB UYGULAMA-5

Ürün ağacından “PID Controller Design.vi” dosyasını açınız. Bu ekranda istenilen referans değerine göre topun konum kontrolü PID kontrol yardımı ile yapılmaktadır. K_c simulation, T_d simulation ve T_i simulation katsayıları simülasyon modelinde kullanılan katsayılardır. K_c real, T_d real ve T_i real ise deneysel çalışmada kullanılan katsayılardır. Öncelikle T_d real ‘0’ değerini ve T_i real için ise ‘inf’ değerini giriniz. Bu şekilde I ve D etkilerini devre dışı bırakarak basit bir P kontrol konum uygulaması yapabileceksiniz. P değeri için K_c real değerini 0,5 ile 3,5 arası bir değer seçerek en iyi konum kontrolünü sağlayabilecek bir sayıyı tayin ediniz. Girdiğiniz değeri test etmek için topu ekrandaki slider yardımı ile ileri geri kaydırabilirsiniz ya da kontrol katsayılarının en üstündeki boş kutucuğa değer yazabilirsiniz. (-5 ya da 5 gibi.)

Daha sonraki adım olarak

- K_c real değerini 0,5 ile 3,5 arası
- T_d real değerini 0,2 ile 1,2 arası
- T_i real değerini 0,5 ile 1,5 arası

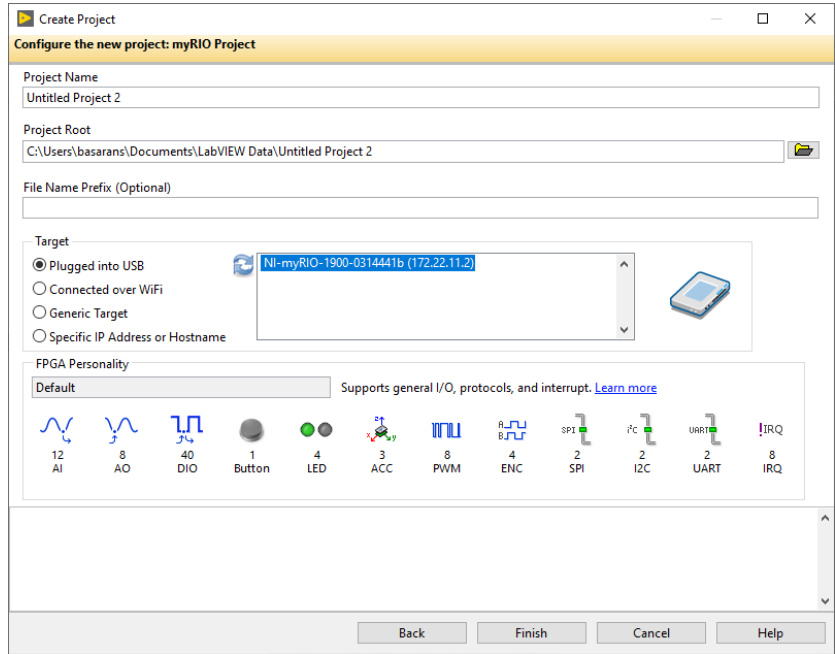
bir değer seçerek PID kontrol konum uygulamasını gerçekleştiriniz.

NOT: Seçilebilecek katsayıları sınırlamamızın sebebi deneyin daha kısa sürede tamamlanabilmesi içindir.

LAB UYGULAMA-6

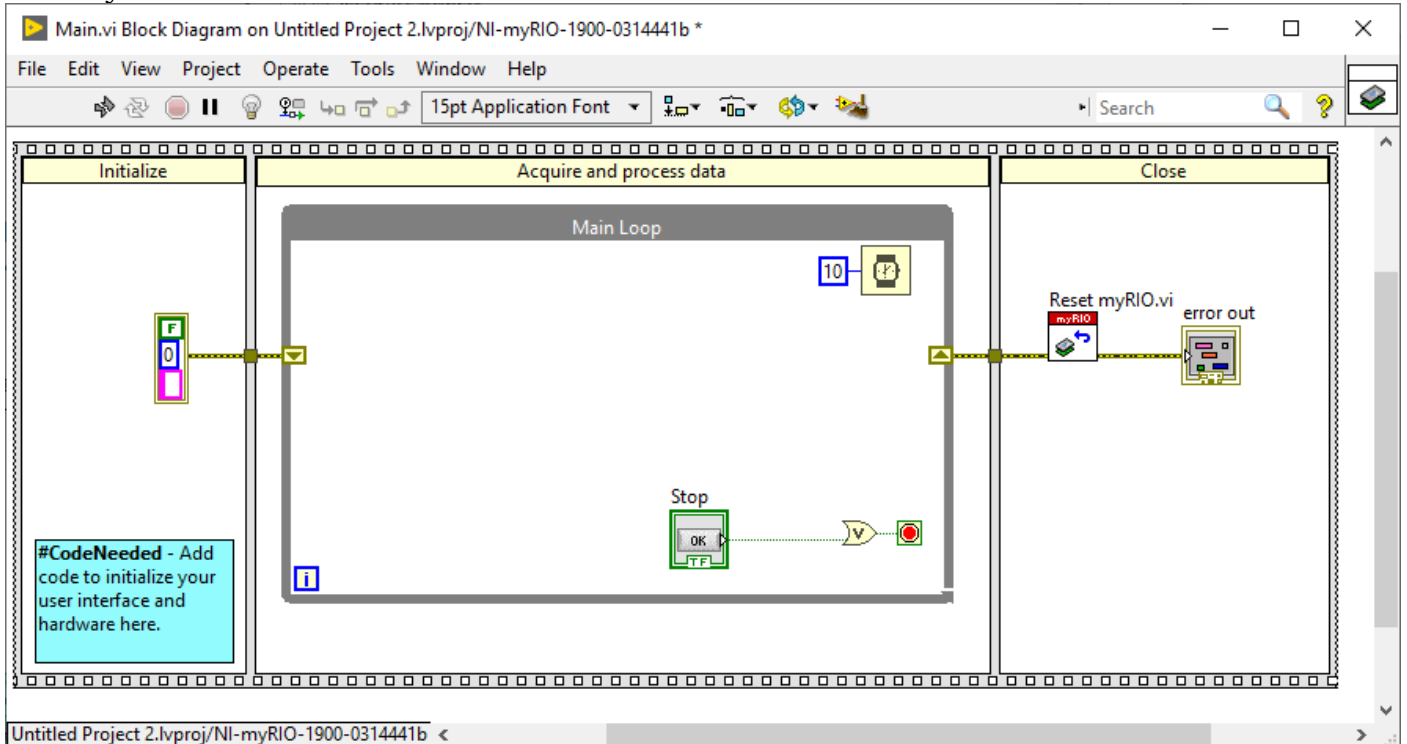
Bu uygulamada labview programında basit bir motor uygulaması yaparak programı tanıyacağız.

NI myRIO'nuzu güç kaynağına bağlayın. Güç göstergesi yanmalı. MyRIO ile birlikte verilen USB kablosunu bilgisayarınıza bağlayın. Bilgisayarın usb bağlantı noktasını tanımmasını bekleyiniz. Bilgisayardan Labview programını açınız. (myRIO >> myRIO Project) Proje dosyasını oluşturunuz. Bu pencerede proje dosyasına isim verebilirsiniz. (USB bağlantısından cihazın tanımlı olduğundan emin olunuz.)



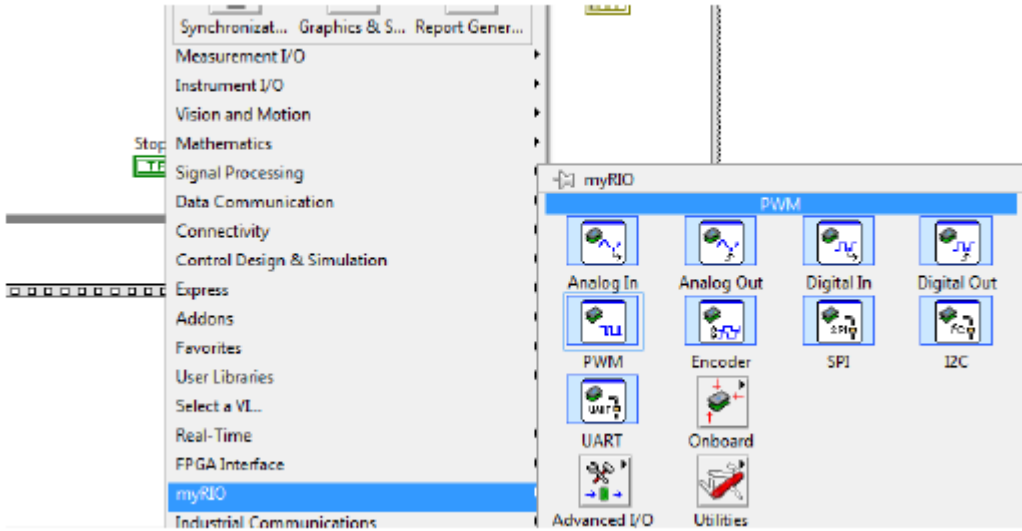
Şekil 24. NI myRIO'yu çalıştırma ve proje dosyası oluşturma

Proje oluşturulduktan sonra ürün ağacından Main.vi örneğini açın. Bu örnek dosya cihazın içindeki ivme ölçer için oluşturulmuş hazır bir dosyadır. Bir kez çalıştırıp inceleyebilirsiniz. Daha sonra bu dosya temizlenerek motor kontrol için gerekli bloklar hazırlanacak. Window Show block diagram seçerek ivme ölçer için oluşturulmuş hazır şablonu şekildeki gibi temizleyim.



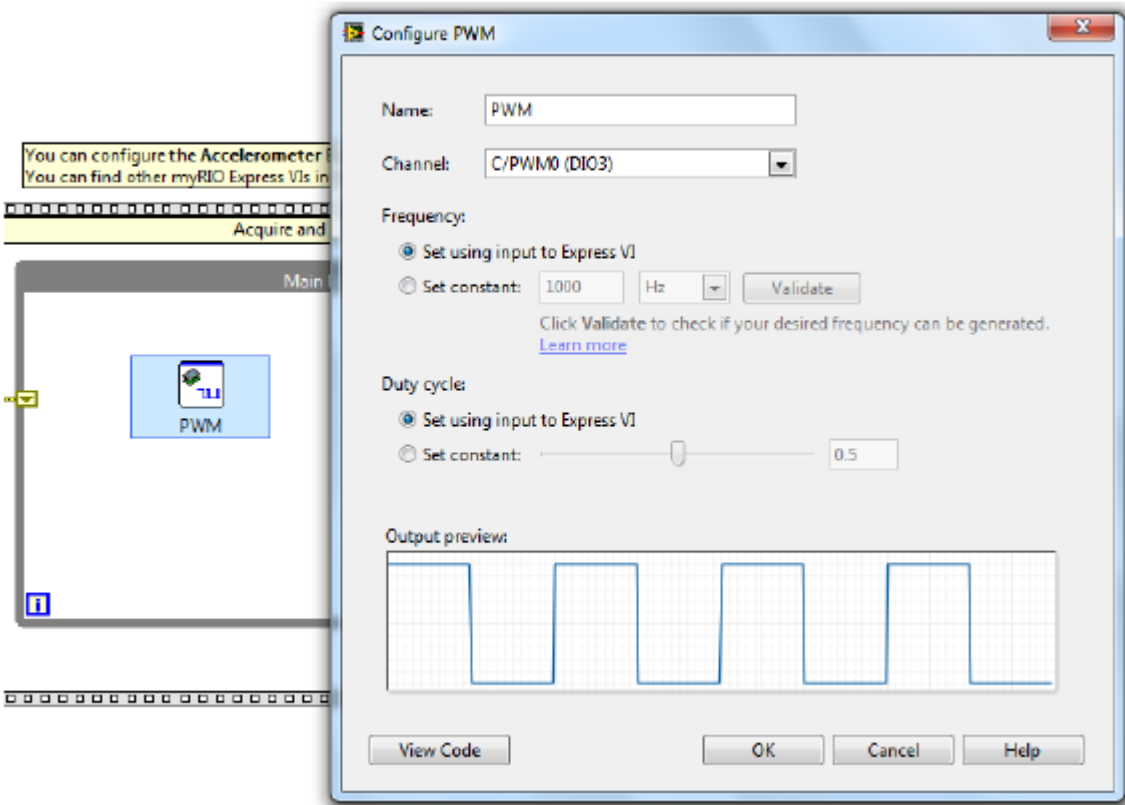
Şekil 25. Örnek programı değiştirin

Temizlediğiniz proje dosyasına sağ klik yaparak myrio altında şekildeki gibi PWM bloğunu ekleyiniz.



Şekil 26. PWM bloğu eklenmesi

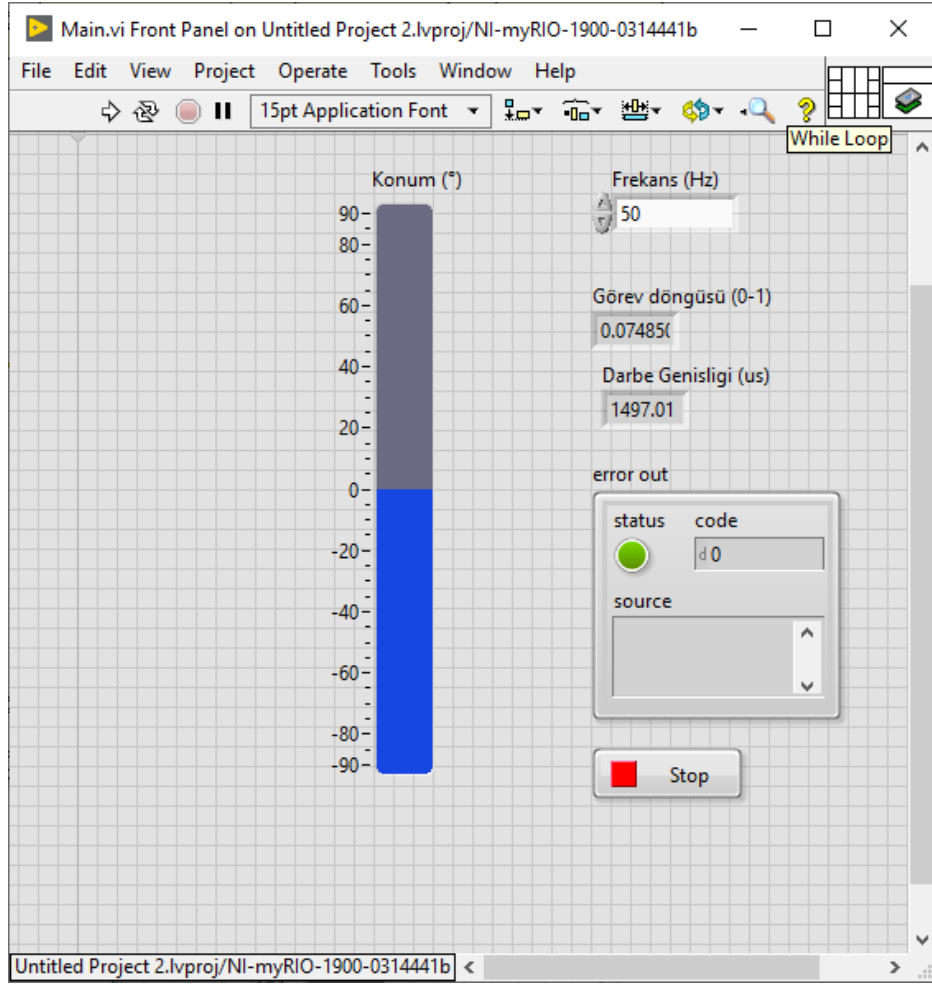
Express VI'yı süre döngüsüne ekledikten sonra bir yapılandırma penceresi açılacaktır. Bu pencereyi, C / PWM0 (DIO3) portunun modüle edilmiş darbenin çıkışı olacak şekilde yapılandırın. Pencerenin aşağıda gösterildiği gibi olması gerekir. Tamamlandığında Tamam'a basın.



Şekil 27. PWM için Express VI Yapılandırma Penceresi

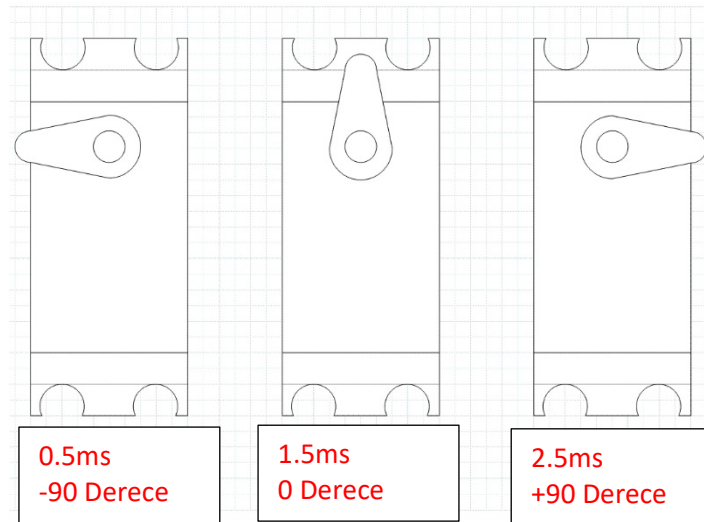
Diğer ekrana geçiniz (Front Panel) ve ekranı şekildeki gibi yapılandırın. (sağ klik yaparak sırası ile ekleyerek düzenlemesini yapınız)

- Numeric – vertical fill slide - ismini (Konum (°) olarak değiştirin
- Numeric - Numeric Control - ismini Frekans (Hz) olarak değiştirin
- Numeric - Numeric Indicator – ismini Görev döngüsü (0-1) olarak değiştirin
- Numeric - Numeric Indicator – ismini Darbe Genişliği (us) olarak değiştirin



Şekil 28. Front Panel Penceresi

Deneyin bu aşamasında MG90s servo motor kullanacağız. Her motorda farklı darbe genişlikleri olabilir. (şekil 13'e bakınız.) Bu servo motorun datasheet'ini incelediğimizde 50 Hz frekansında, 180 derece hareket yapabildiğini ve bu hareketlere ait olan darbe genişliğinin şekildeki gibi olduğunu görüyoruz. Labview ekranında PWM bloğu için giriş portlarının frekans ve Duty cycle(0-1) olduğu için aşağıdaki formülasyonu uygulayarak modeli kurmamız gerekiyor.

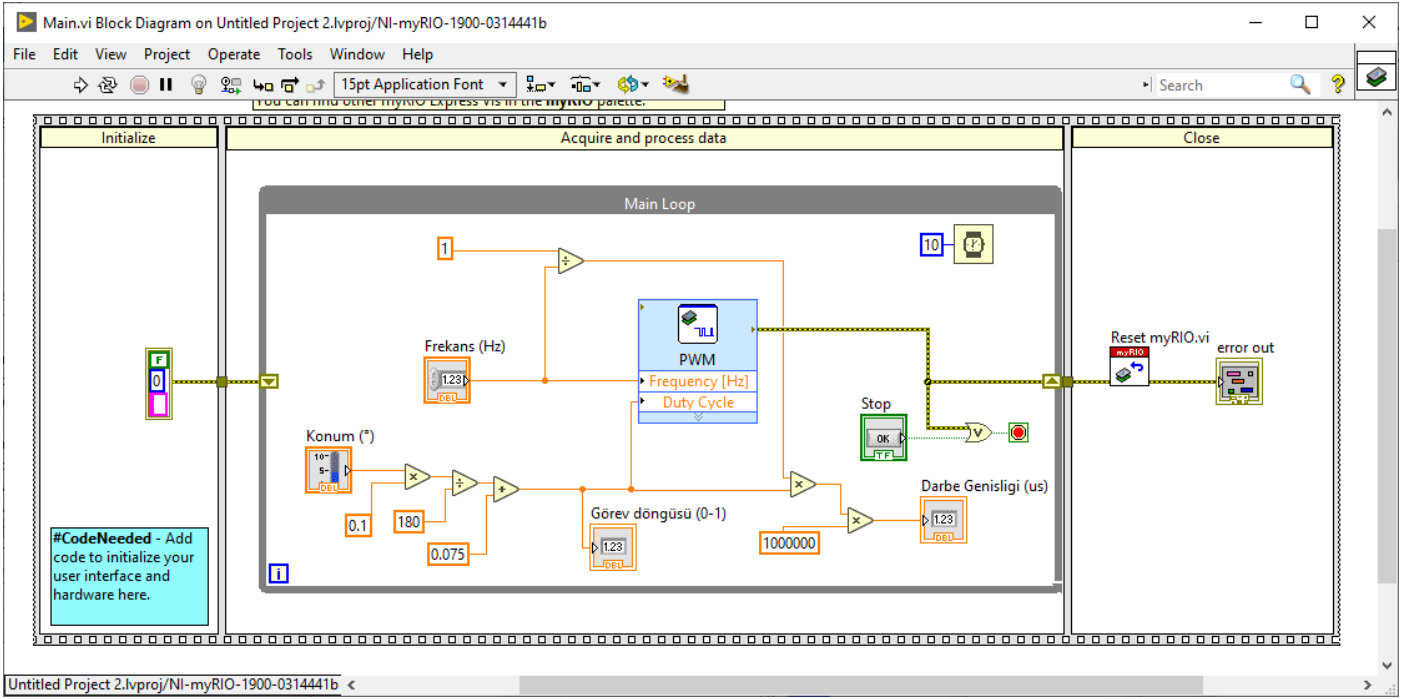


Şekil 29. MG 90s servo motor katalog bilgisi

$$Duty\ cycle\ (0 - 1)(görev\ döngüsü) = Pulse\ Width \times frekans$$

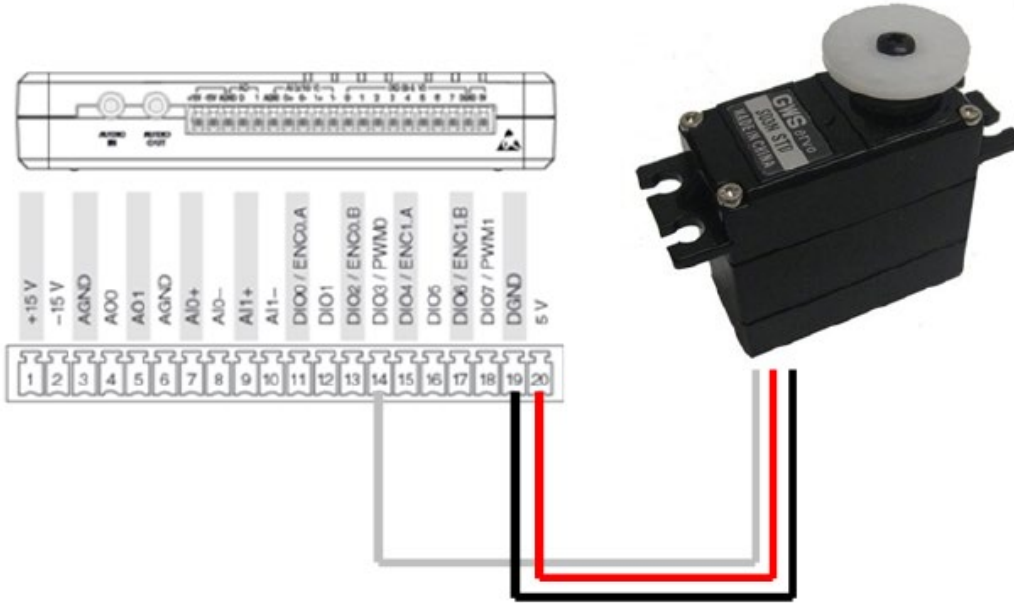
Örnek olarak -90 derece için:

0.5 ms == 0.0005 s dolayısı ile görev döngüsü $0.0005 \times 50 = 0.025$ elde edilir. Dolayısı ile istenilen bir derece değeri için (-90 +90 arası bir konum bilgisi) gerekli duty oranını verecek olan blok aşağıdaki gibi kurulabilir.

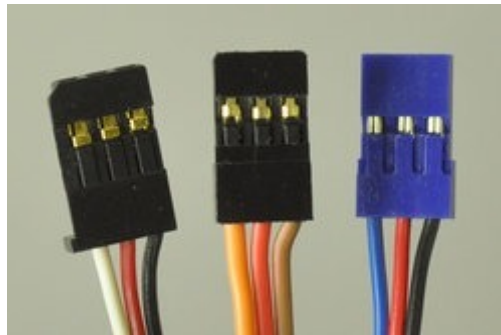


Şekil 30. Blok diyagram penceresi

Son olarak, servo motorunuzun NI myRIO kartınızla aşağıdaki bağlantılarını yapın. Servo motorların standart kablo renk kodları gene aynı resimde gösterilmektedir. (Bizdeki motor kablo renkleri kahverengi -kırmızı -turuncu ortadaki resim.)



Şekil 31. Servo motor bağlantı yapısı



kahverengi veya siyah = toprak (GND, negatif terminali)
kırmızı = servo güç (Vservo, pozitif terminali)
turuncu, sarı, beyaz veya mavi = servo kontrol sinyal hattı

Bağlantıyı yaptıktan sonra Front Panel Penceresi üzerinden 50Hz değerini girerek uygulamayı çalıştırabilirsiniz.

Slider üzerinden konum bilgisini sürükleyerek değiştirin ve servo motor pozisyonunun nasıl kontrol edildiğine dikkat edin.

Deney Raporunda İstenenler:

LAB UYGULAMA-1

PWM mantığını kısaca tanımlayınız. PWM duty Cycle yüzde oranının değişimi ile neler olduğunu kısaca yazınız.

LAB UYGULAMA-2

Filtre kullanmadaki amacı kısaca tanımlayınız. Filtreli ve filtresiz ölçülen sensör çıkış değerlerini karşılaştırarak yorumlayınız.

LAB UYGULAMA-4

$K = 1.1$, $\xi = 0.3$, $\omega_n = 2$ değerleri için tepe süresi, aşım ve yerleşme zamanı değerlerini hesaplayınız. Bu değerler simülasyon ekranında ölçülen değerlere yakın mı kıyaslayınız.

LAB UYGULAMA-5

P kontrol uygulaması için seçtiğiniz K_c real değerini ve PID kontrol uygulaması için K_c real, T_d real ve T_i real katsayılarını yazınız. P kontrolde top sağlıklı bir şekilde kontrol edilebiliyor mu ve PID kontrolde top nasıl kontrol edildi? Her iki durum için hata (istenilen konum ile ölçülen konum arası fark) nasıl oluştu kısaca yorumlayarak yazınız.

LAB UYGULAMA-6

İstenilen açı değeri için gerekli duty cycle değerini verecek formülü elde ediniz. Not Şekil 30'daki yapıdan yararlanabilirsiniz.