

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKTİF SÜSPANSİYON SİSTEMİNDE YOL KESTİRİM ALGORİTMASININ
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

ÖMER İZZET TURGUT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONTROL VE OTOMASYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. İBRAHİM BEKLAN KÜÇÜKDEMİRAL**

İSTANBUL, 2011

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKTİF SÜSPANSİYON SİSTEMİNDE YOL KESTİRİM ALGORİTMASININ
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

ÖMER İZZET TURGUT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONTROL VE OTOMASYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. İBRAHİM BEKLAN KÜÇÜKDEMİRAL**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKTİF SÜSPANSİYON SİSTEMİNDE YOL KESTİRİM ALGORİTMASININ
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Ömer İzzet TURGUT tarafından hazırlanan tez çalışması 16.12.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. İbrahim Beklan KÜÇÜKDEMİRAL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. İbrahim Beklan KÜÇÜKDEMİRAL

Yıldız Teknik Üniversitesi

.....

Yrd. Doç. Dr. İlker ÜSTOĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi

.....

Yrd. Doç. Dr. Semih SEZER

Yıldız Teknik Üniversitesi

.....

Bu alışma, 108E089 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmektedir.

ÖNSÖZ

Aktif süspansiyon sistemini incelediğim ve bu sistemde uygulanabilecek bir yol kestirim algoritmasını gerçekleştirmenin sevinci içerisindeyim. Yüksek lisans tezimin bu konuda çalışmakta olan herkese yardımcı olmasını temenni ederim.

Yıllarca kontrol ve otomasyon alanlarında çalışmakta olan, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini benden esirgemeyen, tez danışmanım ve değerli hocam Doç. Dr. İbrahim Beklan KÜÇÜKDEMİRAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Elektrik Mühendisliği Kontrol ve Otomasyon Anabilim Dalında bulunan değerli hocalarım, Prof. Dr. Galip CANSEVER, Doç. Dr. Haluk GÖRGÜN, Yrd. Doç. Dr. Akın DELİBAŞI ve Arş. Gör. Levent UCUN ile Elektrik Mühendisliği Bölümündeki tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez süresi boyunca yardımlarını esirgemeyen tüm Siemens San. ve Tic. A.Ş. I&S Proje Mühendislik gurubuna, uygulamamda yardımcı olan Metin ZORLU, Duran ARIN ve İbrahim SARI'ya çalışmalarında destek ve yardımlarından ötürü teşekkürü borç bilirim.

TÜBİTAK'a da projede bize sağlamış olduğu destekten ötürü teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca yanımda olan ve her zaman bana destek olan annem Nur TURGUT, babam Mustafa Erol TURGUT ve kardeşim Zeynep TURGUT ile desteklerini esirgemeyip yanımda olan tüm dostlarıma şükranlarımı sunarım.

Temmuz, 2011

Ömer İzzet TURGUT

Elektrik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	5
AYRIK ZAMANLI İŞARETLER VE SİSTEMLER	5
2.1 İşaretler	5
2.1.1 Analog İşaretler	6
2.1.2 Sayısal İşaretler	7
2.1.2.1 Ayrık Zamanlı İşaretler ve Diziler	7
2.1.2.2 Dizinin Ötelenmesi	7
2.2 Sistemler	7
2.2.1 Ayrık Zamanlı Sistemler ve Özellikleri	9
2.2.1.1 Doğrusallık	9
2.2.1.2 Zamanla Değişmeme	10
2.2.1.3 Nedensellik	10

2.2.1.4	Kararlılık	10
2.2.2	Doğrusal ve Zamanla Değişmeyen (DZD) Sistemler.....	11
2.2.2.1	DZD Sistemlerin Birim Dürtü Cevabı	11
2.2.2.2	Konvolüsyon Toplamı.....	12
BÖLÜM 3	.....	13
SAYISAL FİLTRELER	.....	13
3.1	Sonlu Darbe Cevap Filtreleri	14
3.1.1	FIR Filtrelerin Avantajları ve Dezavantajları.....	15
BÖLÜM 4	.....	16
FREKANS ANALİZİ	.....	16
4.1	Ayrık Zamanlı Fourier Dönüşümü	18
4.2	Ayrık Fourier Dönüşümü	19
4.3	Hızlı Fourier Dönüşümü	20
BÖLÜM 5	.....	22
VERİ TOPLAMA	.....	22
5.1	Veri Toplama	22
5.1.1	Sistem Kurulumu	22
5.1.2	Kalibrasyon.....	25
5.1.3	Ölçüm Denemeleri	26
5.2	Veri Toplama Sistemleri	27
5.2.1	Veri Toplama Donanımı	27
5.2.2	Algılayıcılar ve Aktuatörler (Dönüştürücüler)	31
5.2.2.1	Algılayıcıların Özellikleri	32
5.2.3	Sinyal Düzenleyici.....	32
5.2.4	Bilgisayar	33
5.2.5	Yazılım	33
5.2.5.1	NI-DAQ Yazılımı	33
5.2.5.2	Matlab Yazılımı.....	35
BÖLÜM 6	.....	43
AKTİF SÜSPANSİYON SİSTEMİ VE YOL KESTİRİM ALGORİTMASININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ	.....	43
6.1	LPD Yaklaşımına Dayalı Süspansiyon Sisteminin Modellenmesi	43
6.2	Yol Profili Algılama Tasarımı	46
BÖLÜM 7	.....	54
SONUÇ VE ÖNERİLER	.....	54

KAYNAKLAR.....	57
EK-A.....	59
MEASUREMENT & AUTOMATION YAZILIMI İLE ONLINE VERİ ALIMI.....	59
EK-B.....	65
ÖRNEK SIMULINK AI UYGULAMASI VE AYARLARI	65
ÖZGEÇMİŞ.....	69

SİMGE LİSTESİ

t	Zaman değişkeni
T	Örnekleme periyodu
H	Sistem
m_s	Yaylanmakta olan kütle (gövde kütlesi)
m_u	Yaylanmaz kütle
k_t	Lastik sertliği
k_s	Süspansiyon sertliği
b_s	Süspansiyon sönüm oranı
w	Bozucu
L	Sensörler arası mesafe

KISALTMA LİSTESİ

SGSÇ	Sınırlı Giriş Sınırlı Çıkış
DZD	Doğrusal Zamanla Değişmeyen
FIR	Finite Impulse Response
IIR	Infinite Impulse Response
A/D	Analog - Dijital dönüştürücü
D/A	Dijital - Analog dönüştürücü
DSP	Digital Signal Processor
FD	Fourier Dönüşümü
AFD	Ayrık Fourier Dönüşüm
HFD	Hızlı Fourier Dönüşümü
LPD	Lineer Parametre Değişimi
NI	National Instruments
DAQ	Data Acquisition

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Sürekli - zamanlı işaret [11]	6
Şekil 2.2	Ayrık - zamanlı işaret [11]	6
Şekil 2.3	Sistem yapısı [12]	8
Şekil 2.4	Sistem gösterimi	8
Şekil 2.5	Sürekli - Zaman Sistem gösterimi	8
Şekil 2.6	Ayrık - Zaman Sistem gösterimi	8
Şekil 2.7	Sistemin çarpımsallık özelliği [14]	9
Şekil 2.8	Sistemin toplamsallık özelliği [14]	9
Şekil 2.9	Doğrusal sistem [14]	10
Şekil 2.10	Zamanla değişmeyen sistem	10
Şekil 2.11	Sistemler uzayı [14]	11
Şekil 2.12	DZD Sistemlerin birim dürtü cevabı [14]	12
Şekil 3.1	Filtre elementlerinin blok diyagramı [15]	13
Şekil 3.2	N inci dereceden ayrık zaman FIR filtre	14
Şekil 4.1	Kompleks ayrık fourier ve ters ayrık fourier dönüşümleri	20
Şekil 5.1	Yazılımsal ve donanımsal olarak sistem kurulumu	23
Şekil 5.2	Sistemin enerji bağlantısı (Donanımsal kurulum)	24
Şekil 5.3	Sensörlerin bağlantısı	25
Şekil 5.4	Sensörlere minimum ve maksimum değerlerinin atanması	26
Şekil 5.5	Veri toplama donanımı	28
Şekil 5.6	DAQCard-6036E blok diyagramı [22]	29
Şekil 5.7	NI 6036E Pin dizilimi [22]	29
Şekil 5.8	PCMCIA ekipmanın kurulumu [23]	30
Şekil 5.9	Kurulu bir PCMCIA veri toplama donanımı	30
Şekil 5.10	Ultra sonik mesafe algılayıcısı	31
Şekil 5.11	Veri toplama yazılım aşaması	33
Şekil 5.12	DAQmx yazılımı	34
Şekil 5.13	Measurement & Automation Explorer ekranı	37
Şekil 5.14	Simulink Real-Time Windows Target bileşeni	40
Şekil 5.15	Simulink veri toplama kartının açılır penceresi	40
Şekil 5.16	Simulink veri toplama kartı testi başarılı mesaj kutusu	41
Şekil 6.1	Çeyrek taşıt modeli	43
Şekil 6.2	İkili sensör sistemi konfigürasyonu	47
Şekil 6.3	Yol algılama sistemi durum şeması	48
Şekil 6.4	30km/s Bozuk yol verisi	49

Şekil 6.5	40km/s Bozuk yol verisi	50
Şekil 6.6	40km/s Asfalt yol verisi	51
Şekil 6.7	40km/s Asfalt yol verisi 2	52
Şekil 6.8	Yol algılama donanımı	53
Şekil 6.9	Yol algılama uygulaması	53

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1	Sick UM30-14113 Ultrasonik sensör özellikleri	31
-------------	---	----

AKTİF SÜSPANSİYON SİSTEMİNDE YOL KESTİRİM ALGORİTMASININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Ömer İzzet TURGUT

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim Beklan KÜÇÜKDEMİRAL

Yol araçlarında süspansiyon sisteminin iki ana fonksiyonu bulunmaktadır. İlk fonksiyonu yol yüzeyindeki düzensizlikler nedeniyle meydana gelen şok ve titreşimleri araç gövdesinden izole etmektir. İkinci fonksiyonu da iyi bir sürüş sağlamaktır. Bu alanda araç performansını arttırmak için bilgisayar kontrollü aktif ve yarı aktif süspansiyon sistemi olarak birçok kontrol tasarımları oluşturulmuştur.

Bu çalışmada iki serbestlik derecesine sahip çeyrek araba modeli aktif süspansiyon sisteminin etkilerini analiz etmek için kullanılmıştır. Kontrol sinyali iki sensör tipli yol algılama algoritması ile elde edilen önceden ölçülmüş yol verisinin kullanımı ile hesaplanır.

Bu yol algılama tasarımında iki adet ultrasonik sensör veri toplama donanımı ile yol yüzeyinden araç gövdesine olan mesafeyi ölçer. Ölçülen veri dijital filtre ile filtrelenir ve trigonometrik ve matematiksel fonksiyonlar içeren algoritma kullanılarak yol profili elde edilir.

Anahtar Kelimeler: bilgisayar kontrollü süspansiyon sistemi, aktif süspansiyon sistemi, çeyrek araba modeli, iki sensör tipli yol algılama algoritması, veri toplama, yol profili

**ROAD-SENSING ALGORITHM APPLICATION IN THE ACTIVE SUSPENSION
SYSTEM**

Ömer İzzet TURGUT

Department of Electrical Engineering
MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim Beklan KÜÇÜKDEMİRAL

In the ground vehicles have two main functions for a suspensiyon system. The first function is to isolate the vehicle body from schocks and vibrations caused by irregularities of the road surface. The second function is to provide good vehicle handling. In order to improve the vehicle performance relating in this area, a lot of control schemes have been proposed in the framework of computer-controlled suspension system such as active or semi-active suspension system.

In this study, the quarter car model with two degrees of freedom was employed to analyze the effects of the controlled active suspension system. The control signal was calculated by using previous measured road data which is obtained by the two sensor type road-sensing algorithm.

In this road-sensing design, two ultrasonic sensors measure the distance from the road surface to the vehicle body with data acquisition hardware. The measured data is filtered with digital filter and with the use of the algorithm which has trigonometric and mathematic functions road surface profile is obtained.

Key words: computer-controlled suspension system, active suspension system, quarter car model, two sensor type road-sensing algorithm, data acquisition, road surface profile

1.1 Literatür Özeti

Kara aracındaki araç süspansiyon sistemi ile sürüş konforunu ve yol tutuş karalılığını eş zamanlı olarak sağlamak karmaşık ve zordur. İlgili aracın performansını artırmak için bu alanda bilgisayar kontrollü süspansiyon sistemi çerçevesinde aktif ve yarı aktif süspansiyon sistemi gibi birçok kontrol planı ileri sürülmüştür [1], [2], [3]. Yapılan çalışmaların bir kısmında önizleme kontrolünün yararlı olduğu ortaya çıkmıştır. Önizleme bilgilerinin ilk kullanımında actüatörlerde meydana gelen faz farkının azaltılmasına yoğunlaşılmıştır. Morita et al. [4] skyhook kontrollü yarı aktif süspansiyon sisteminde amortisör zaman gecikmesinin üstesinden gelmek için bilateral ultrasonik sensör kullandı. Eğer gidilecek olan yolun bozukluklarından oluşan yol profili elinizin altında olursa kontrol performansı daha da geliştirilebilir. Önizleme kontrolünün araştırıldığı çoğu teorik çalışmada, [5], [6], [7] performans gelecekteki yol profili zaten bilinen olduğu varsayımı altında değerlendirilir.

Karayolu profili elde etmek için, profilometre [8], ileri okuyan algılayıcı ve tekerlek yanıtı tahmini [9] içeren çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu durumda, profilometre gibi araç dışında bir uzantısı bulunan ekipmanlarda aşılması gereken bazı sorunlar vardır. Aracın parametre varyasyonlarıyla tahmini yol verileri etkilenebilmektedir. Basit bir ileri okuma algılayıcısıyla direk olarak ölçülen veri düzensiz yol yüzeyinde ilerleyen aracın gövdesinin dinamik hareketinden dolayı bozulabilmektedir. Bu nedenle,

doğrudan ölçülerek algılanan verinin uygunhesaplama yöntemine uygulanabilmesi için koşulların seyahat eden araçla aynı olaması gereklidir.

Bir aracın sürüş, yol tutuş, dayanıklılık performansı ve her bir parçasının analizi için düzensiz yol yüzeyinden uygun girişlerin alınarak doğru verinin elde edilmesi arzu edilir. Ölçülen karayolu profilleri geçerli olmadığında, yollar çoğu kez tesadüfi değişkenlerin kullanıldığı taklit durum girişlerinin sahip olduğu spektral güç yoğunluğu foksiyonu ve yol yüzeyi yükseltisi de beyaz gürültü entegresi ile temsil edilmektedir [7]. Aracın bozucuya karşı verdiği tepki, aracın dinamik davranışını analiz etmede ve zaman domenindeki simülasyon modelinde kara yolu giriş verilerinin doğruluğuna bağlıdır.

1.2 Tezin Amacı

Günümüzde otomotiv sektöründeki gelişmelerle beraber taşıt süspansiyon sistemlerinde de birçok araştırma ve geliştirme olmuştur. Bilimsel çalışmalar kontrol ve makine mühendisleri tarafından bir takım ekipmanlar kullanılarak taşıt süspansiyonlarının otomatik kontrolü amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda iyi bir süspansiyon sisteminden beklenen özellikleri şöyle sıralayabiliriz:

- Gövde Hareketinin Ayarlanması: Gövdede yol bozukluklarından, kalkış ve duruş esnasındaki ani hızlanma ve yavaşlama hareketlerinden, virajda dönmelerden dolayı meydana gelen hareketlerin ayarlanmasıdır.
- Süspansiyon Hareketinin Ayarlanması: Hareket esnasında tekerleğin aşırı dikey hareketi lastiğin yola göre uygun olmayan hareket sergilemesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda rahat bir yol tutuş sağlanamaktadır.
- Kuvvet Dağılımı: İyi bir yol tutuş sağlanması için araç üzerindeki kuvvet dağılımının düzgün yapılarak yol temasının uygun bir şekilde sağlanması gerekir.

Bu sıralanan özelliklerin birbirleriyle çakıştığı noktalarda olmaktadır ve geleneksel süspansiyon sistemleri bütün bu özellikleri sağlayamamaktadır. Örneğin gövdenin yana

yatmasını azaltan bir tasarımın rijitliği fazla olacağından yoldan gelen titreşimlerin gövdeye iletilmesine neden olur [10].

Yukarıda da belirtildiği gibi günümüz teknolojisinin hızla gelişmesiyle geleneksel süspansiyon sistemlerinin karşılayamadığı bir takım problemleri ortadan kaldırmak için aktif ve yarı aktif süspansiyon sistemlerine yönelinmiş ve bu konularda birçok uygulama yapılmıştır.

Aktif süspansiyon sistemi genel olarak önceden bilinen yol profiline göre aracın süspansiyon sisteminin yoldan gelen bozuculardan dolayı oluşacak osilasyonu devre dışı bırakarak sürücüye ve yolcuya konforlu yolculuk sunmayı amaçlamaktadır. Bu sitem sayesinde araç iyi bir yol tutuş ve direksiyon kabiliyetine sahip olacaktır.

Bu çalışmada aktif süspansiyon sisteminde kullanılmak üzere ikili sensör konfigürasyonuna sahip yol profili algılama sistemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan bu profil lineer parametre değişimi kullanılarak kontrol edilen bir aktif süspansiyon sistemi modeline yol verisi olarak uygulanacaktır. Çalışmada yol verisinin algılana bilmesi için:

- National Instruments (NI) firmasının
 - Laptoplar ile uyumlu olan DAQCard-6036E PCMCIA kartı,
 - CB-68LP bağlantı kartı,
 - SHC68-68-EPM kablosu,
 - NI firmasının yazılımı,
- Sick firmasının
 - İki adet Sick UM30 Ultrasonic mesafe sensörü
 - İki adet izoleli sensör bağlantı kablosu

- MathWorks firmasının
 - Matlab yazılımı
 - Matlab yazılımının Simulink ve DAQ Toolboxes eklentileri

Kullanılmış ve Matlab yazılımı ile okunan veriler çeşitli işlemlerden geçirilerek yol verisi oluşturulmuştur.

1.3 Hipotez

Aracın performansını arttırmak için ilk olarak hesaplamalı yol algılama algoritmasına dayalı yol profili ölçüm sistemi tasarlanır. Bu sistemde direk ölçülen veriyle aracın dinamik hareketi birbirine karışmış olmasına rağmen araç hareket halindeyken yol yüzeyinin boylamasına yönde kesitsel profili oluşturulabilir.

Algoritma geliştirilirken sistemin frekans cevabını geliştirmek amacıyla iki sensör sistemi temeline bağlı kompozit algılayıcı sistemi tasarlanır. Sistemde transfer fonksiyonunu optimal şekilde elde etmek için algılayıcıların yerleri dikkatli bir şekilde seçilmelidir.

BÖLÜM 2

AYRIK ZAMANLI İŞARETLER VE SİSTEMLER

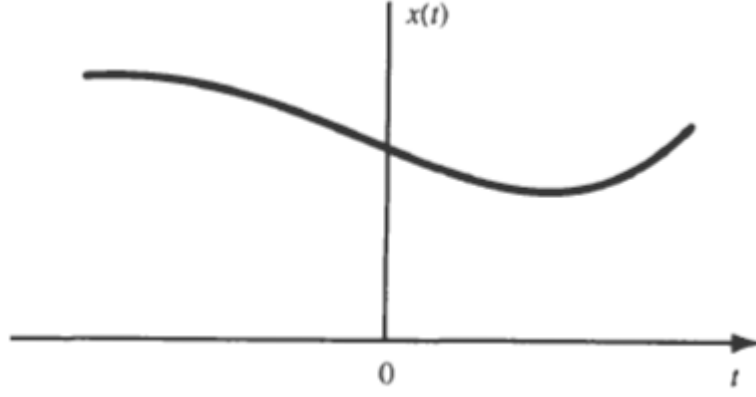
2

Bu bölümde işaretler ve sistemler hakkında genel olarak bilgi verildikten sonra ayrık zaman işaretleri ve sistemleri üzerinde durulmaktadır. Bunun nedeni uygulamada algılayıcılardan alınan verilerin bilgisayar ortamında yorumlanıp çeşitli işlemlerden geçirilmesi için ayrık zamanda çalışılmasındandır.

2.1 İşaretler

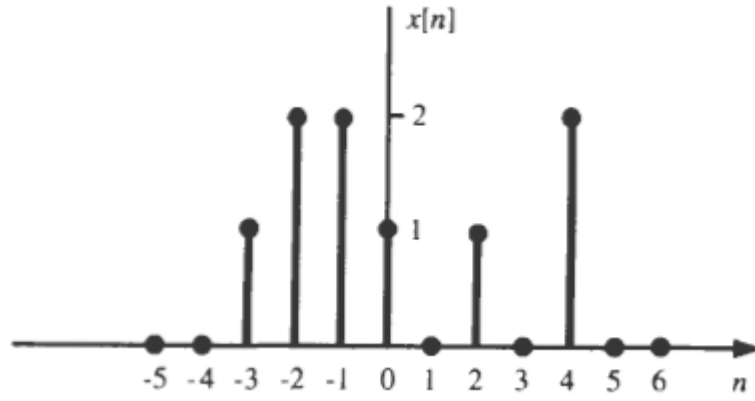
İşaret, bir fiziksel büyüklüğü ya da değişkeni temsil eden bir veya daha fazla değişkeni içeren fonksiyondur ve genellikle bir davranış ya da doğa olayı hakkında bilgi içermektedir. Matematiksel olarak bir işaret t değişkeninin bağımsız bir fonksiyonu olarak temsil edilir. Buradaki t zamanı ifade etmektedir ve t sinyalinin zaman içerisindeki durumuna göre işaretler iki grupta isimlendirilmektedir [11].

- Sürekli $x(t)$, t gerçel ve sürekli değişken.



Şekil 2.1 Sürekli - zamanlı işaret [11]

- Ayırık $x[n]$, n tam sayı ve ayırık.



Şekil 2.2 Ayırık - zamanlı işaret [11]

Örneğin, herhangi bir ısı fonksiyonu sürekli – zamanlı işarettir. Şekil 2.2’ deki işaretler zamanın sadece belirli anlarında tanımlanmış olduklarından ayırık – zamanlı işaretlerdir. Belirli bir noktadan kaydedilen hava sıcaklığı ayırık – zamanlı işarete örnek verilebilir. Ayırık – zaman aralıkları milisaniye, dakika veya gün olabilir.

2.1.1 Analog İşaretler

Hem zaman hem de genliğe göre sürekli olan işaretler analog işaret olarak adlandırılır. Klasik devreler ve sistem teorisinde karşılaştırılan akım ve gerilim türündeki işaretler analog işaretlerdir. Burada, sürekli – zamanlı işaret sürekli bir aralık içerisinde herhangi bir değeri alabilir.

2.1.2 Sayısal İşaretler

Ayrık zamanlı işaretin genliği sadece ayrık değerler alabiliyorsa bu işarete sayısal işaret adı verilir. Örneğin bir anahtarın açık kapalı konum bilgisi veya buna eşdeğer olarak 1'ler ve 0'lardan oluşan durum bilgisi sayısal işarettir. Sayısal işaret $x(nT)$, $n=0, 1, 2, \dots$ ile gösterilebilir. Burada T , örnekleme periyodu veya örnekleme aralığı olarak adlandırılır.

2.1.2.1 Ayrık Zamanlı İşaretler ve Diziler

Ayrık zamanlı işaret x bir dizi sayıdan oluşur ve dizinin sayıları x_n , $x(n)$ veya $x(nT)$ biçiminde gösterilir. $x(nT)$ gösteriminde, n tam sayı olup dizinin sürekli – zamanlı $x(t)$ işaretinin $t=nT$ anlarında örneklenmesinden elde edildiğini göstermektedir. Dizi sürekli – zamanlı bir örnekleme yoluyla elde edilmediği durumlar dışında $x(n)$ gösteriminde kullanılacaktır. Matematiksel olarak x dizisinin n . elemanı $x(n)$ biçiminde gösterilirken $\{x(n)\}$, sonlu veya sonsuz tüm diziyi gösterir. Ancak, burada genel uygulamaya uygun olarak $x(n)$ hem dizinin elemanı hem de dizinin tamamı için kullanılacaktır.

2.1.2.2 Dizinin Ötelenmesi

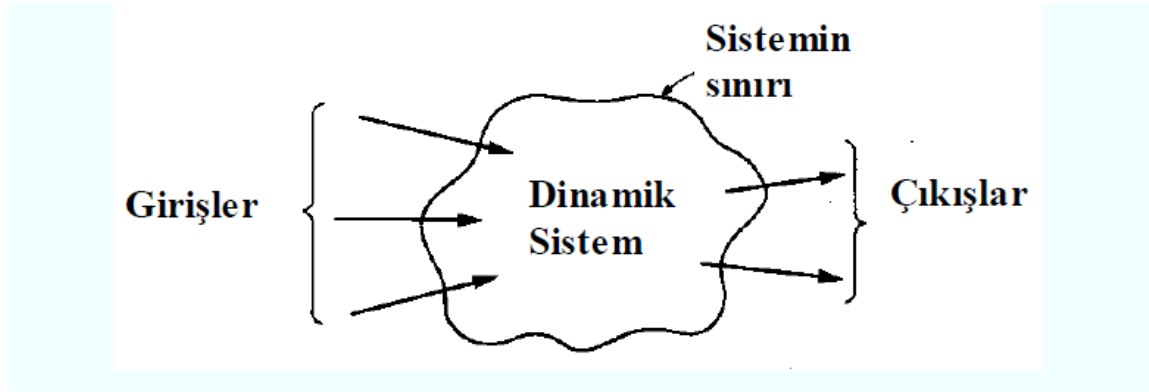
n_0 kadar ötelenmiş $x(n)$ dizisi yeni bir dizi oluşturur.

$$y(n) = x(n - n_0) \quad (2.1)$$

Öteleme n_0 ' ın pozitif olması durumunda gecikme, negatif olması durumunda ise ilerleme olarak adlandırılır. Herhangi bir ayrık zamanlı işaret çarpılmış ve ötelenmiş birim örnek dizilerinin toplamı biçiminde yazılabilir.

2.2 Sistemler

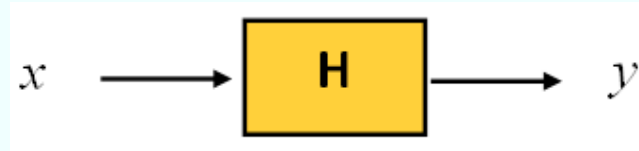
Sistem, giriş (veya uyarım) sinyalinden çıkış (veya cevap) sinyaline olan fiziksel bir sürecin matematiksel modelidir. Diğer bir değişle de bir amacı gerçekleştirmek için düzenlenmiş ve bütün bir birim olarak hareket etmek üzere birleştirilen etkileşimli ya da ilişkili fiziksel elemanlar düzenidir.



Şekil 2.3 Sistem yapısı [12]

Sistemin giriş sinyali x ve çıkış sinyali y olsun. Bu durumda x ten y ye olan matematiksel notasyon aşağıdaki şekildedir ve Şekil 2. 4 te de bu notasyon görülmektedir.

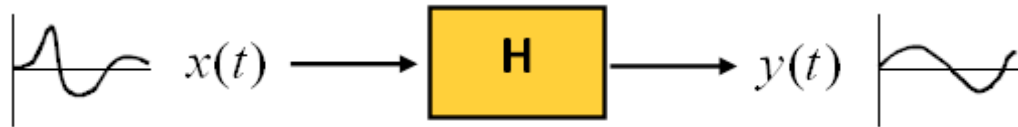
$$y = Hx \quad (2.2)$$



Şekil 2.4 Sistem gösterimi

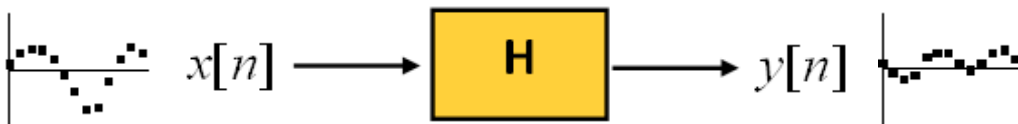
Sinyallerde olduğu gibi sistemler de giriş ve çıkış sinyallerinin zaman içerisindeki değişimine göre isimlendirilebilir.

- Sürekli – Zamanlı Sistem: Giriş ve çıkış sinyalleri sürekli.



Şekil 2.5 Sürekli - Zaman Sistem gösterimi

- Ayırık – Zamanlı Sistem: Giriş ve çıkış sinyalleri ayırık.



Şekil 2.6 Ayırık - Zaman Sistem gösterimi

- Kombinasyon: Sürekli – Zamanlı ve Ayırık – Zamanlı sistemlerin birleşiminden oluşur. A/D (Analog/Dijital) D/A (Dijital/Analog) dönüştürücüler [13].

2.2.1 Ayırık Zamanlı Sistemler ve Özellikleri

Şekil 2.6' da Ayırık – zamanlı sistem yapısı görülmektedir. Bu sistem $x(n)$ giriş işaretini (dizisini) $y(n)$ çıkış işaretine dönüştürmektedir. Eğer $x(n)$ ve $y(n)$ sonlu sayıda genlik değeri alabiliyorsa bu ayırık – zamanlı sistem sayısal sistem olarak adlandırılır ve $y(n)=H[x(n)]$ şeklinde gösterilir.

Sayısal işaret işlemede karşılaşılan sistemlerin çoğu doğrusal, zamanla değişmeyen, nedensel ve kararlı olan sistemlerdir.

2.2.1.1 Doğrusallık

Bir sistemin doğrusallığı o sistemin çarpımsallık ve toplamsallık özellikleri ile tanımlanır. Sistem her iki özelliği de taşıması halinde doğrusal sistem olarak adlandırılır.

Çarpımsallık özelliği, ölçekleme veya homojenlik olarakta bilinmektedir.

$$H\{ax\} = ay \quad (2.3)$$

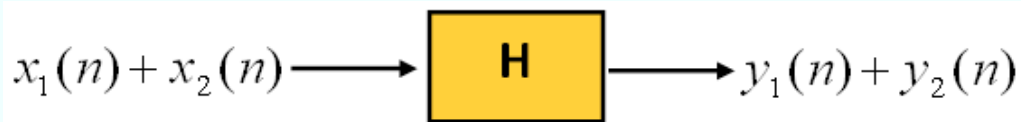
a karmaşık bir sayıdır.



Şekil 2.7 Sistemin çarpımsallık özelliği [14]

Toplamsallık özelliğine göre, herhangi iki giriş dizisi $x_1(n)$ ve $x_2(n)$ sırasıyla $y_1(n)$ ve $y_2(n)$ dizisi üretiyor ve giriş dizilerinin toplamı çıkış dizilerinin toplamını oluşturuyorsa sistem toplamsallık özelliği taşımaktadır.

$$H\{x_1 + x_2\} = y_1 + y_2 \quad (2.4)$$



Şekil 2.8 Sistemin toplamsallık özelliği [14]

Eğer sistem yukarıdaki iki özelliği de taşıyorsa sistem doğrusaldır.

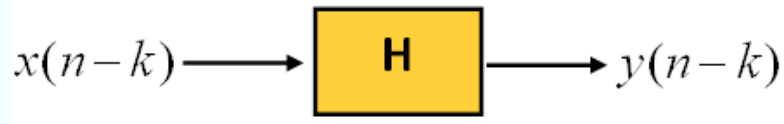
$$\begin{aligned} H\{ax_1 + bx_2\} &= H\{ax_1\} + H\{bx_2\} \\ &= aH\{x_1\} + bH\{x_2\} \\ &= ay_1 + by_2 \end{aligned} \quad (2.5)$$



Şekil 2.9 Doğrusal sistem [14]

2.2.1.2 Zamanla Değişmeme

Bir sistem zamandan bağımsız ise girişteki kayma çıkış sinyalinde de aynı kaymaya sebep olur, sistemde giriş işareti k örnek ötelendiğinde çıkış da aynı miktarda öteleniyorsa sistem zamanla değişmeyendir.



Şekil 2.10 Zamanla değişmeyen sistem

2.2.1.3 Nedensellik

Nedensel sistemlerde sistemin çıkışının bulunmasında gelecekteki giriş değerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Eğer herhangi bir anda sistemin çıkışı sadece o andaki ve geçmişteki girişlerine bağlıysa o sisteme nedensel sistem adı verilir.

2.2.1.4 Kararlılık

Sınırlı bir giriş dizisinin sınırlı bir çıkış dizisi ürettiği sistemlere kararlı sistem denir. Bu tanım sınırlı – giriş sınırlı – çıkış (SGSÇ) anlamında kararlılığı ifade etmektedir. Yani, M_1 ve M_2 sonlu sayılar olduğuna göre

$$|x(n)| \leq M_1 \quad \text{tüm } n \text{ için} \quad (2.6)$$

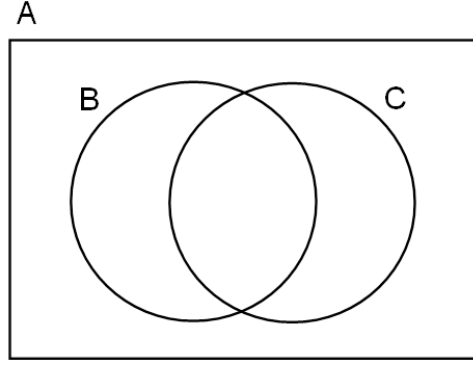
Olan herhangi bir giriş dizisine kararlı sistemin cevabı

$$|y(n)| \leq M_2 \quad (2.7)$$

olan bir çıkış dizisi olacaktır.

2.2.2 Doğrusal ve Zamanla Değişmeyen (DZD) Sistemler

Sistemler uzayında bulunan bir sistem doğrusal ve aynı zamanda zamanla değişmiyorsa sistem doğrusal ve zamanla değişmeyen sistem olarak adlandırılır.



Şekil 2.11 Sistemler uzayı [14]

A – Sistemler Uzayı

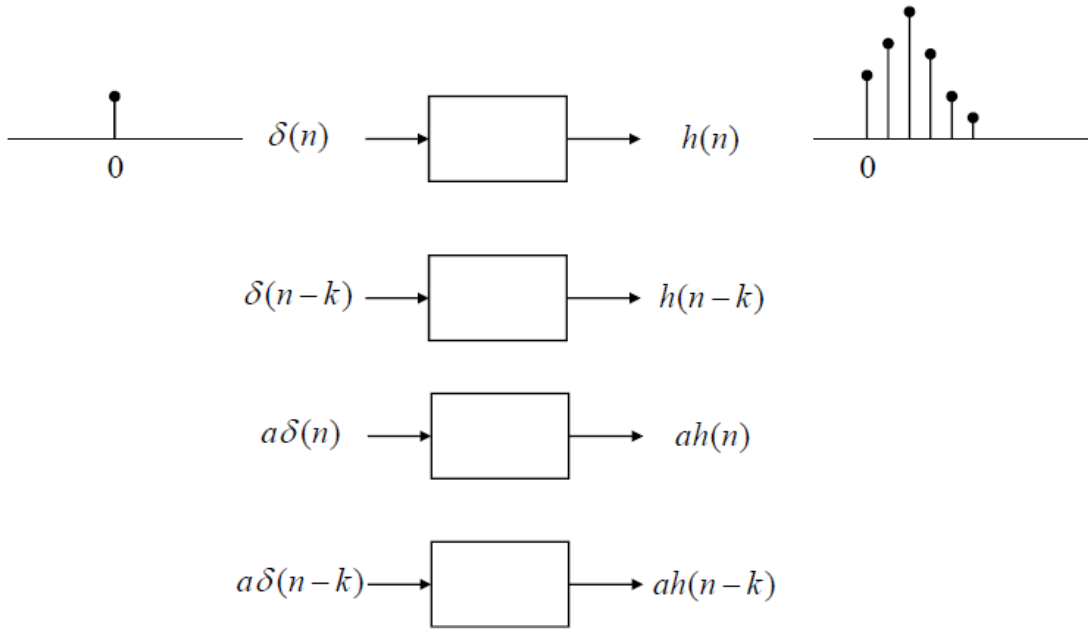
B – Doğrusal Sistemler

C – Zamanla Değişmeyen Sistemler

B ve C nin kesişim kümesi de DZD Sistemler kümesini oluşturmaktadır [14].

2.2.2.1 DZD Sistemlerin Birim Dürtü Cevabı

Sistemin girişine bir dürtü uygulandığında çıkışta elde edilen işarete, sistemin birim dürtü yanıtı denir.



Şekil 2.12 DZD Sistemlerin birim dürtü cevabı [14]

2.2.2.2 Konvolüsyon Toplamı

Ayrık zamanlı, doğrusal zamanla değişmeyen (DZD) sistem H için, $h[n]$ dürtü cevabı olsun. Sisteme herhangi bir $x[n]$ sinyali giriş olarak verildiğinde yeni çıkış sinyali $y[n]$ konvolüsyon veya süperpozisyon toplamı olarak adlandırılır ve aşağıdaki gibi gösterilir [13].

$$y[n] = x[n] * h[n] \quad (2.8)$$

$x[n]$ sinyali birim dürtü sinyalleri şeklinde gösterilirse;

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n-k] \quad (2.9)$$

Bu durumda $y[n]$ sinyali aşağıdaki gibi olacaktır;

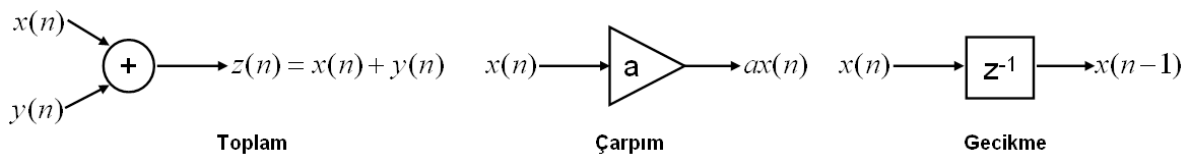
$$y[n] = H[x[n]] = H \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n-k] \right] \quad (2.10)$$

SAYISAL FİLTRELER

3

Sayısal işaret işlemenin amaçlarından biri, bir işaretin frekans spektrumu üzerinde belirli frekanslarda istenilen işlemleri yapan, yapılan bu işlemler neticesinde de istenilen özelliklerde sonuç alabilecek yapıyı oluşturmaktır. İşte oluşturulan bu yapıya sayısal filtre adı verilir. Sayısal filtreler yazılımsal veya donanımsal olarak gerçekleştirilebilir.

Dijital sinyallerin işlenmesinde ana eleman filtredir. Dijital filtreleri tamamiyle ifade edebilmek için üç temel elemana ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar toplam, çarpım ve gecikme elemanlarıdır. Toplam, iki inputu toplayarak tek bir output oluşturur. Çarpım, kazanç elemanıdır ve giriş sinyalini bir sabitle çarpar. Gecikme elemanı ise gelen sinyali bir örnekleme zamanı geciktirmeye yarar [15].



Şekil 3.1 Filtre elementlerinin blok diyagramı [15]

Filtreler sinyal düzelticisidir. Her giriş sinyali, önceden tanımlanan frekans bileşenleri ile filtrelenerek istenmeyen bileşenlerden arındırılır ve esas sinyal çıkış olarak geçmektedir.

Dijital filtre, dijital bileşenlerden oluşan giriş sinyalini alır ve dijital sinyal olarak çıkış verir. Tipik bir dijital filtre uygulamasında, dijital sinyal işlemcisinde (DSP) çalışmakta olan yazılım analog – dijital (A/D) dönüştürücünden okunan giriş örneklerini istenilen

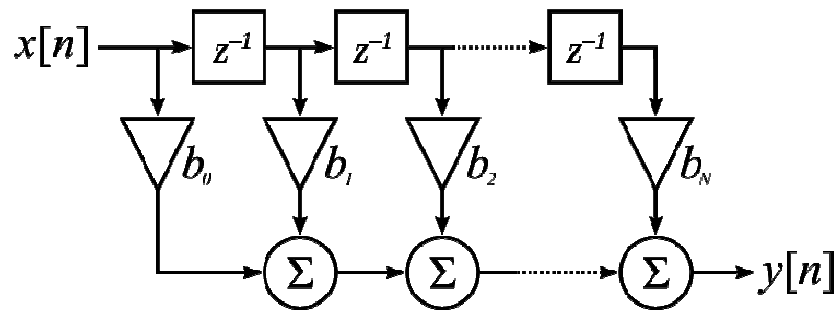
filtre tipine uygun bir şekilde çeşitli matematiksel işlemlerden geçirerek çıkışları dijital – analog dönüştürücüye sonuç olarak iletir [16].

Sayısal filtreler impuls cevaplarına göre, FIR (sonlu impuls cevaplı) filtreler ve IIR (sonsuz impuls cevaplı) filtreler olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Sayısal filtreler bir ayrık zamanlı sistem olarak incelenebilir.

Uygulamada FIR filtre kullanıldığı için bu bölümde FIR filtre ele alınarak bu filtre türünün özellikleri üzerinde durulmaktadır.

3.1 Sonlu Darbe Cevap Filtreleri

Sonlu darbe cevap (FIR) filtreleri yazılımsal olarak gerçekleştirilebilen ve en çok kullanılan dijital filtrelerdir. FIR filtrelerine, noniteratif filtreler, konvolüsyon filtreleri veya MA filtreleri (moving – average) de denir.



Şekil 3.2 N inci dereceden ayrık zaman FIR filtre

Bir FIR filtrenin transfer fonksiyonu, z^{-1} in fonksiyonu ve reel katsayılı olması gerekmektedir. Bu durumda filtrenin transfer fonksiyonu olan $H(z)$, N terim için,

$$H(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_{N-1} z^{1-N} = \sum_{n=0}^{N-1} b_n z^{-n} \quad (3.1)$$

olur. Buradan da anlaşılacağı gibi FIR filtreler de çıkış, girişin o andaki ve daha önceki değerlerine bağlı olup, çıkışın değerine bağlı değildir. Yani gerçekleştirilen filtre tekrarsız bir filtredir.

3.1.1 FIR Filtrelerin Avantajları ve Dezavantajları

Sayısal FIR filtrenin kullanılmasının nedenleri arasında sahip olduğu bazı avantajlar vardır. Bu avantajlar:

- Sayısal FIR filtreler, önceden belirlenmiş genlik ve faz cevabı özellikleri sağlayabilecek şekilde ve lineer fazlı olarak tasarlanabilir.
- FIR filtreler, hem tekrarlı hem de tekrarsız olarak gerçekleştirilebilirler. Tekrarlı gerçekleştirilen bir FIR filtre de, tarak (comb) ve rezonatör bankası kullanılır. Tekrarsız gerçekleştirmede ise doğrudan konvolüsyon ve Hızlı Fourier Dönüşüm (FFT, Fast Fourier Transform) yöntemlerinden birisi kullanılarak gerçekleşir.
- Tekrarsız olarak gerçekleştirilen bir filtrenin transfer fonksiyonunda, sadece sıfırları olup kutupları olmadığından bu tür gerçekleştirilen filtreler daima kararlıdır.
- Bir FIR filtrede, doğal olarak yuvarlatma ve kuvantalama hataları olacaktır. Ancak tekrarsız olarak gerçekleştirildiklerinden dolayı, yani herhangi bir andaki çıkış girişin sadece o andaki değerine bağlı olup, çıkış geri besleme olarak tekrardan sisteme eklenmediğinden dolayı bu hatalarda önemsizdir.
- Keskin kesim frekanslı filtre tasarımında FIR filtreler, Katsayı hatalarına daha az duyarlıdır.

FIR filtrelerin sahip olduğu bu avantajların yanında, istenilen özellikleri sağlayan bir filtreden daha yüksek derecede gerçekleştirilmeleri sahip oldukları dezavantajlarıdır. Bu da donanımsal olarak gerçekleştirmede kullanılan eleman sayısını ve dolayısıyla da maliyetini arttırmaktadır.

FREKANS ANALİZİ

4

Sinyal işleme, sinyallerde bulunan verileri elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Sinyal işleme sayesinde bir sinyalin özellikleri zaman ve frekans domenlerinde eşzamanlı olarak incelenebilir.

Bir sinyalin özellikleri zamanla değişmiyorsa, bunlara "durağan sinyal" denir. Durağan bir sinyalde de beklenmeyen olaylar görülebilir, fakat bu olayların olasılığı istatistik olarak tahmin edilebilir bilgilerdir. Durağan sinyalleri incelemek için Fourier dönüşümü (FD) kullanılır. FD ile bu sinyaller, sinüs ve kosinüs dalgalarının lineer birleşimine ayrıştırılır [17].

Fourier analizi kullanılarak, sinyalin frekans spektrumu oluşturulur. Ancak bu yöntem frekans değerlerinin hangi zaman dilimlerine karşılık geldiği hakkında bilgi vermez. Bunun sebebi standart Fourier analizinde kullanılan taban fonksiyonlarının sınırsız olmasıdır. Bu nedenle sinyalin zamanla değişimi için bir şey söylenemez. Bu sebeplerden dolayı FD durağan olmayan sinyallerin analizinde yetersiz kalır.

Doğadaki sinyallerin büyük çoğunluğu durağan olmayan sinyallerdir. Durağan olmayan sinyallere en iyi örnek olarak insan sesi verilebilir. Sinyaller belirli zaman aralıklarında incelendiğinde, frekans spektrumları daha iyi gözlemlenebilir. Hem zamanda hem de frekansta sınırlı fonksiyonlar kullanılarak sinyalin analizi yapılırsa zaman ve frekans düzlemlerinde sinyal daha iyi incelenebilir.

Bu amaçla sinyaller bir pencere fonksiyonu ile çarpılıp, sinyalin bu pencere fonksiyonu içerisinde kalan kısmının FD göz önünde bulundurularak frekans spektrumu incelenir.

Bu işlemler, pencere fonksiyonu zaman ekseninde ötelenerek tekrar edilir. Böylece sinyal bütün zaman ekseninde incelenmiş olur. Sinyal durağan olmasa bile bu pencere fonksiyonu içerisinde kalan kısım durağan olur veya durağan kabul edilir. Böylelikle pencere fonksiyonunun öteleme miktarına ve frekans değerine bağlı olarak sinyal incelenebilir. Bu inceleme sonunda sinyalin zaman - frekans gösterimi elde edilir. Bu yöntem kısa süreli FD olarak adlandırılır ve Gabor tarafından önerilmiştir. Gabor, pencere fonksiyonu olarak Gauss fonksiyonunu seçmiştir.

Periyodik bir sinyal, çeşitli genlik ve frekanstaki birçok sinüs sinyalinin toplamı şeklinde ifade edilebilir. Bu işlem Fourier analizi olarak bilinmektedir. En düşük frekanslı sinüs sinyali birinci harmonik (temel dalga), diğerleri ise harmonik bileşenler adını almaktadır. Analiz sonunda A_0 katsayısı ve A_n , B_n seri katsayıları hesaplanarak harmonik genlikleri bulunmuş olur. n indisi harmonik mertebesini göstermekte olup, A_n ve B_n n . harmoniğin bileşenleridir. Fourier analizinde integral alma işleminin kullanılması, analiz süresini oldukça uzatmaktadır [18].

Periyodik olmayan sinyallerin de harmonik analizinin yapılabilmesi amacıyla, sayısal işlemci tabanlı Ayırık Fourier Dönüşüm (AFD) yöntemi tanımlanmıştır. Algoritması gereği, AFD yöntemi de Fourier analizi gibi uzun bir zaman almaktadır. Daha sonraki yıllarda dönüşüm süresini kısaltmak için AFD'nin özel bir durumu olan Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) yöntemi geliştirilmiştir. HFD algoritmasının hızlı olması, uygun veri sayısının (2^n , n pozitif tamsayı) işlenmesi ile sağlanmıştır.

Fourier analizi periyodik olan sinyalin fonksiyonunu kullanırken, AFD ve HFD yöntemleri periyodik olan veya olmayan sinyalin örneklenmiş verilerini kullanmaktadır. Sürekli zaman işaretleri devamlı değer almakta, ayırık zaman işaretleri ise sadece belirli anlar için değer almaktadır. Sürekli zaman işaretleri ile ayırık zaman işaretlerinin gösterim aşamasında ayırt edilebilmesi için yaygın olarak sürekli zaman işaretleri için t değişkeni kullanılırken ayırık zaman işaret değişkeni olarak n kullanılmaktadır. Sürekli zaman işaretlerinde bağımsız değişken parantez içerisinde gösterilirken ayırık zaman işaretlerinin bağımsız değişkeni köşeli parantez içerisinde gösterilmektedir. Bu bağlamda $x(t)$ şeklindeki gösterim bir sürekli zaman işaretini, $x[n]$ şeklindeki gösterim ise ayırık zaman işaretini göstermektedir. Ayırık zamanlı işaretlerin gösterilmesinde

değişkenler bir niteliği temsil etmeyip sadece dizin olarak kullanılırlar. Bu nedenle ayrık zaman işaret değişkenleri tam sayılarla sınırlandırılmıştır.

Bir sürekli zaman işaretinin alabileceği değerler sınırlandırılmamış ise bu işaret analog işaret olarak adlandırılır. Analog işaretler hem zaman ekseninde, hem de değer bakımından sürekli. Bir ayrık zaman işaretinin alabileceği değer sayısı sınırlı ise bu işaret sayısal işaret olarak adlandırılır. Örneğin bilgisayar işaretleri tipik olarak sayısaldır.

Analog işaretlerin sayısal şekle, sayısal işaretlerin analog şekle çevrilmesi mümkündür. Analog/sayısal çeviriciler önce sürekli zamanda tanımlı analog işareti bir ayrık zamanlı işarete çevirmekte (örnekleme) daha sonra ise ayrık zaman işaretinin alabileceği değerleri sınırlandırarak sayısal bir işaret elde etmektedir. Bir işaretin alabileceği değerlerin sınırlı olması işaretin bilgisayarla işlenmesi için şarttır. Fakat teorik olarak analiz ve sentez aşamalarında çoğunlukla sayısal sistemin özelliklerini, yapısını ve çalışmasını belirleyen faktör işaret değerlerinin sınırlı olması değil, işaretin ayrık zamanlı olarak tanımlı olmasıdır. Bu bağlamda, sayısal işaret işleme prensipleri ayrık zamanlı işaretlere genişletilebilmektedir. Bu nedenle, sayısal yöntemlerle işaret ve sistemlerin incelenmesinde ayrık zamanlı işaret ve ayrık zamanlı sistemler temel alınmaktadır. [18]

4.1 Ayrık Zamanlı Fourier Dönüşümü

Bir ayrık zaman işaretinin ayrık zamanlı Fourier dönüşümü,

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]e^{-j\omega n} \quad (4.1)$$

olarak tanımlanır. Ayrık zamanlı Fourier dönüşümü, bir ayrık zaman işaretinin farklı frekanslardaki karmaşık üstel işaret bileşenlerini vermektedir. Ayrık zamanlı Fourier dönüşümü bir ayrık zaman işaretini, sürekli frekans bileşenlerine ayrıştırmaktadır. Bu nedenle bir ayrık zamanlı işaretin ayrık zamanlı Fourier dönüşümü frekansa bağlı sürekli bir fonksiyondur. Ayrık zamanlı Fourier dönüşümü 2π periyodu ile periyodiktir, bu nedenle sadece 2π temel aralıkta incelenmesi yeterli olmaktadır.

Ters ayrık zamanlı Fourier dönüşümü,

$$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) e^{-j\omega n} d\omega \quad (4.2)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Ters ayrık zamanlı Fourier dönüşümü bir ayrık zaman işaretini farklı frekanslardaki karmaşık üstel işaret bileşenlerinin toplamı olarak oluşturulmaktadır. Bir işaretin Fourier dönüşümünün genlik spektrumu ve faz spektrumu,

$$\left| X(e^{j\omega}) \right| \angle X(e^{j\omega}) \quad (4.3)$$

şeklindedir.

4.2 Ayrık Fourier Dönüşümü

Bir işaretin frekans spektrumu hesaplanırken 2π ile periyodik olan ayrık zamanlı frekansın bir periyodunun dikkate alınması yeterlidir. Frekans spektrumu hesabı sırasında N adet frekans değeri için hesaplama yapılacaksa eğer bu frekans değerlerinin 2π 'lik temel frekans bölgesinde N adet eşit aralıklı frekans değeri,

$$\omega = \frac{2\pi}{N} k \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4.4)$$

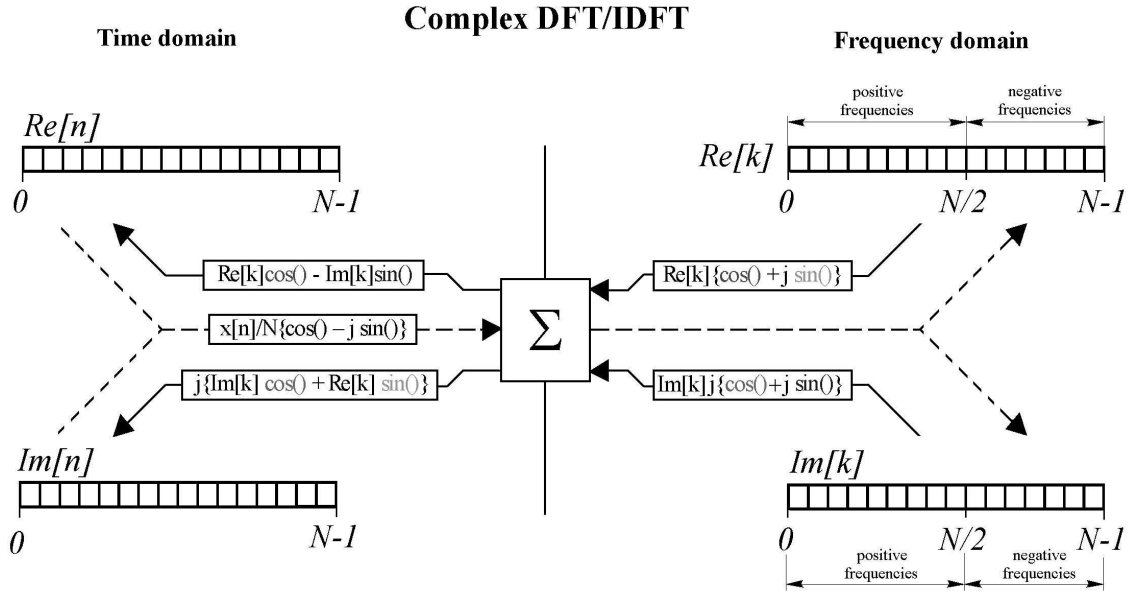
olarak bulunmaktadır. Ayrık frekans dönüşümünün N adet ayrık frekans değeri için hesaplanması,

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j\omega k} \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4.5)$$

şeklindedir. Ters ayrık Fourier dönüşümü,

$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{j\omega k} \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4.6)$$

olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.1 Kompleks ayrık fourier ve ters ayrık fourier dönüşümleri

4.3 Hızlı Fourier Dönüşümü

Ayrık Fourier dönüşümünün hızlı bir biçimde hesaplanmasına olanak tanıyan yöntemler hızlı Fourier dönüşümü olarak adlandırılmaktadır. Hızlı Fourier dönüşümü, ayrık Fourier dönüşümünün işaret işleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bir işaretin ayrık Fourier dönüşümü Eşitlik (4.7)'deki gibi doğrudan,

$$x[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j \cdot \omega \cdot n} \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4.7)$$

eşitliği ile hesaplanabilmektedir. Bu durumda, dönüşümün her k değeri için N adet karmaşık çarpma ve $N-1$ adet karmaşık toplama işlemi yapılması gerekmektedir. N noktalı bir ayrık Fourier dönüşümü için N^2 ile orantılı bir hesap yükü anlamına gelmektedir. Ayrık Fourier dönüşümündeki faz faktörü,

$$W_N = e^{-j \cdot (2 \cdot \pi / N)} \quad (4.8)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Faz faktörünün simetri ve periyodiklik özellikleri kullanılarak, ayrık Fourier dönüşümünün daha verimli hesaplanabilmesi mümkündür.

Faz faktörünün simetri özelliği,

$$W_N^{k+N/2} = -W_N^k \quad (4.9)$$

Faz faktörünün periyodiklik özelliği de,

$$W_N^{k+N} = W_N^k \quad (4.10)$$

ilişkisini vermektedir.

Hızlı Fourier dönüşümü, ayrık Fourier hesabı için faz faktörünün simetri ve periyodiklik özelliğinden faydalanılarak hızlı bir hesaplama sağlamaktadır [19].

VERİ TOPLAMA

5

Bu bölümde veri toplama için yapılması gereken işlemlerden bahsedilerek veri toplama sistemleri hakkında bilgi verilmektedir.

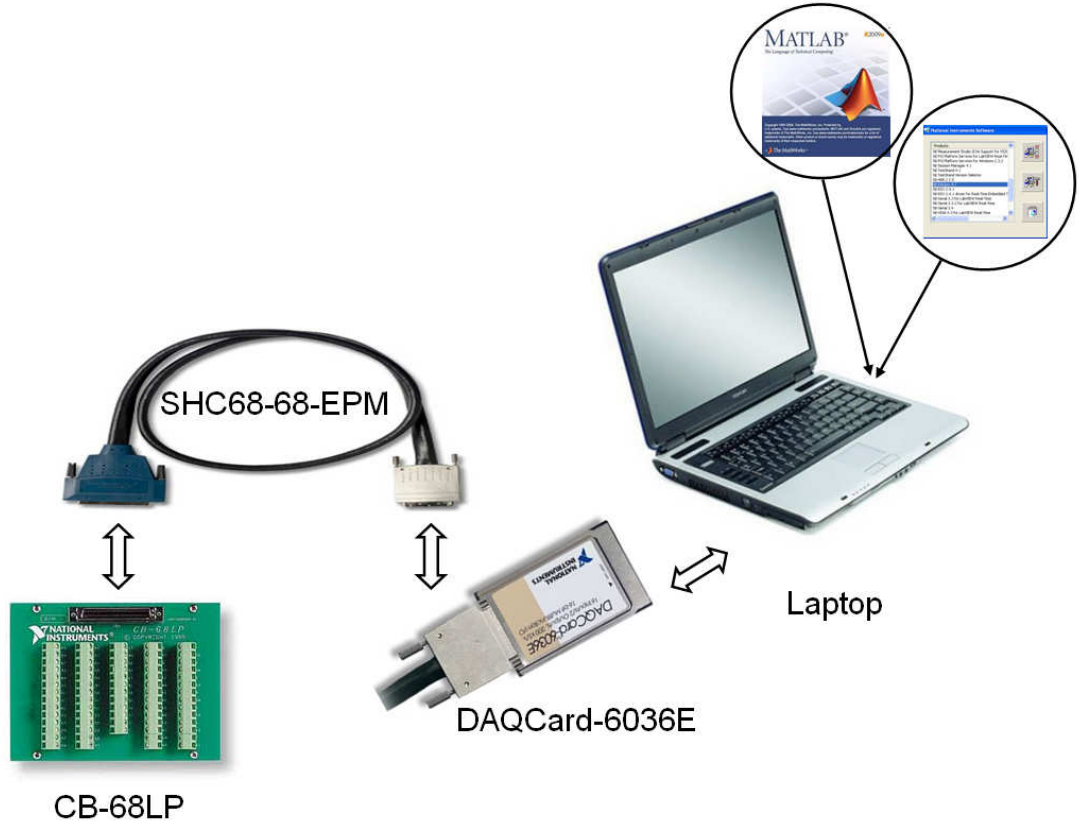
5.1 Veri Toplama

Veri toplama işleminin gerçekleştirilebilmesi için aşağıdaki işlemler uygulanmalıdır.

- Sistem kurulumu
- Kalibrasyon
- Ölçüm denemeleri

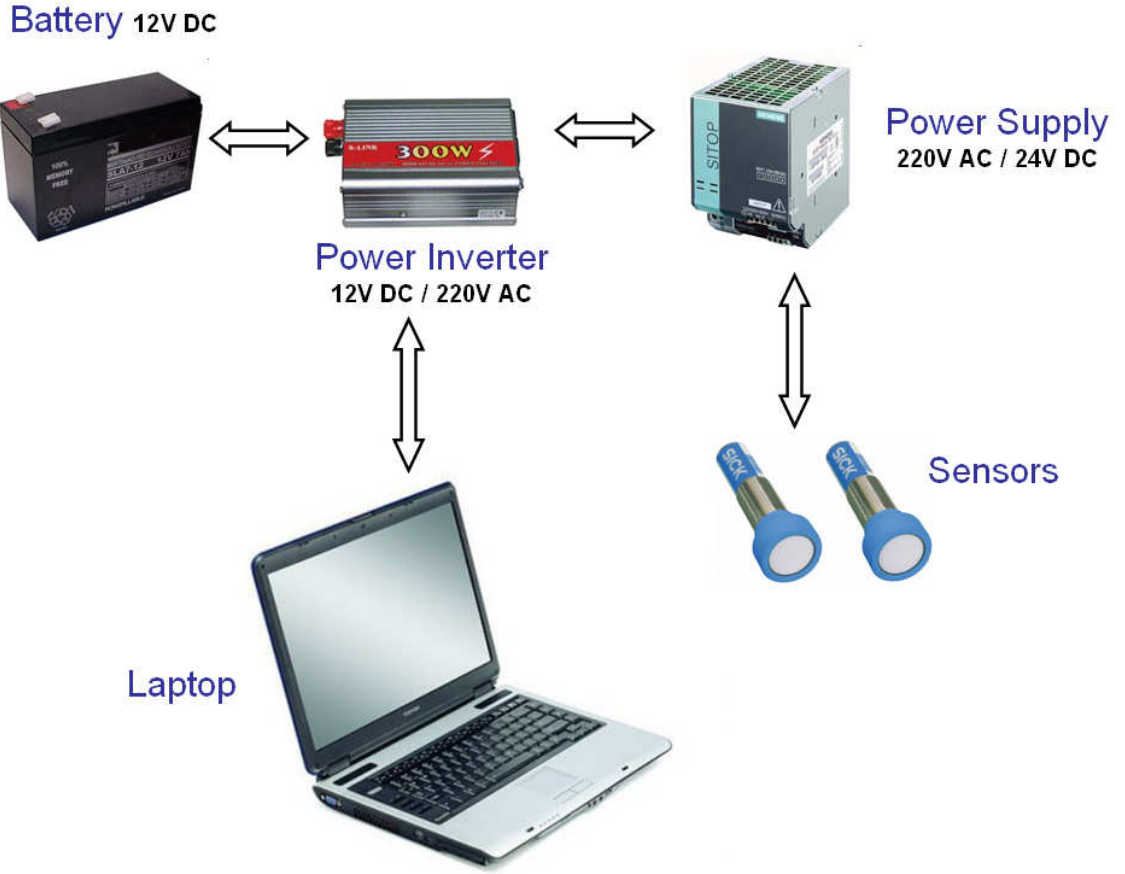
5.1.1 Sistem Kurulumu

Veri toplama işleminin ilk aşaması donanımsal ve yazılımsal olarak sistemin kurulumudur. Bu aşamada donanımsal olarak veri toplama kartlarının ve cihazlarının bilgisayara bağlanarak yazılımsal olarak da donanımsal cihazlarının sürücülerinin ve uygulama yazılımlarının bilgisayara yüklenmesi gerekmektedir. Donanımsal ve yazılımsal olarak kurulumlar tamamlandıktan sonra sistem algılayıcıların takılması için hazır hale gelmektedir [20].



Şekil 5.1 Yazılımsal ve donanımsal olarak sistem kurulumu

Uygulamada donanımsal olarak National Instruments firmasını DAQCard-6036E veri toplama kartı ve CB-68LP bağlantı kartı bulunmaktadır. Bu iki ekipman yine aynı firmanın üretmiş olduğu SHC68-68-EPM kablosu ile birbirine bağlanmaktadır. DAQCard-6036E dizüstü bilgisayarlarla uyumlu bir kart olup bilgisayarın PCMCIA girişine takılarak kullanılmaktadır.

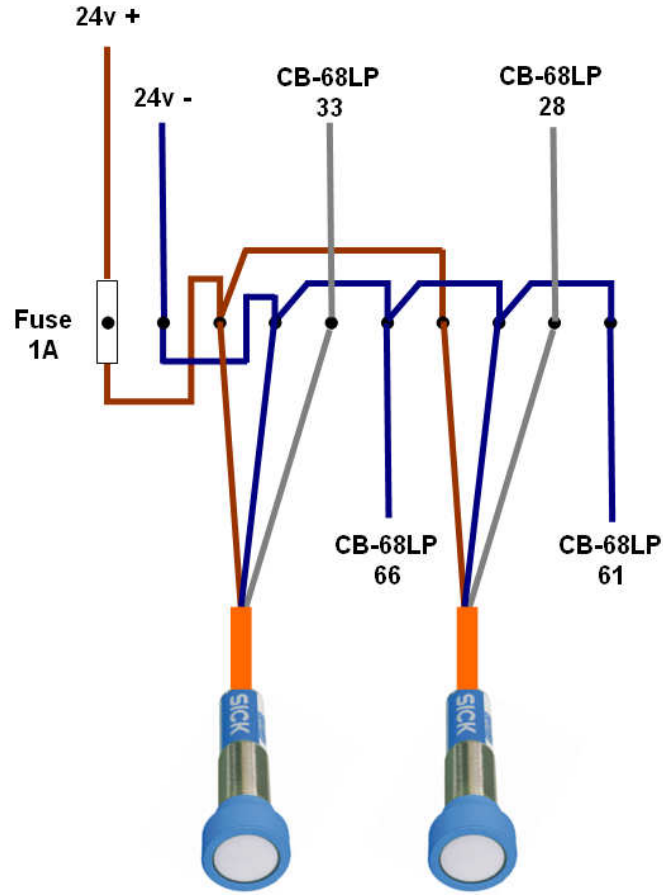


Şekil 5.2 Sistemin enerji bağlantısı (Donanımsal kurulum)

Şekil 5.2' de sistemdeki ekipmanların enerji bağlantıları görülmektedir. Mevcut sistemde dizüstü bilgisayar için 220V AC, sensörler için de 24V DC gerilime ihtiyaç duyulmaktadır. Sisteme gerekli olan enerji 12V DC aküden sağlanarak 12V DC / 220V AC dönüştürücü yardımıyla araç içerisinde 220V AC enerji elde edilmiştir. Sensörler için gerekli olan 24V DC gerilimde 220V AC / 24V DC güç kaynağı kullanılarak sağlanmıştır.

Donanımsal olarak tüm bağlantılar tamamlandıktan sonra dizüstü bilgisayara NI firmasının veri toplama kartı ile gelen yazılım ve MathWorks firmasının Matlab yazılımıyla birlikte DAQ Toolboxes paketi kurulumu yapılır.

Sistemde donanımsal ve yazılımsal kurulumlar tamamlandıktan sonra iki adet Sick UM30 ultrasonik mesafe sensörü CB-68LP bağlantı kartına uygun şekilde bağlanarak kurulum aşaması tamamlanır.



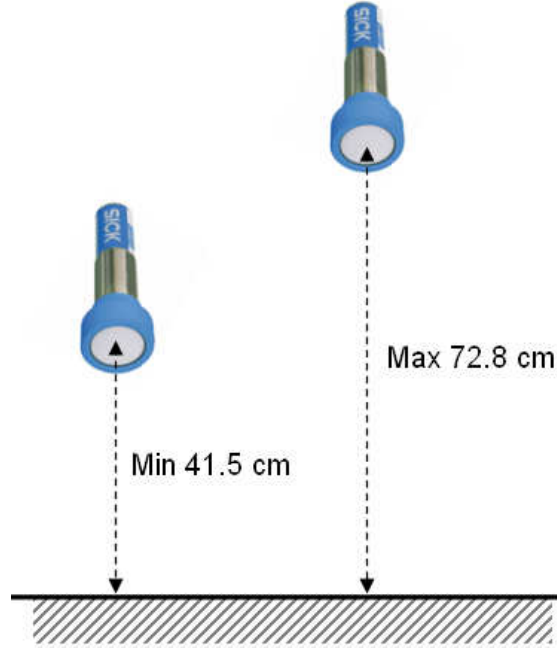
Şekil 5.3 Sensörlerin bağlantısı

5.1.2 Kalibrasyon

Donanımsal ve yazılımsal kurulumlar tamamlandıktan ve algılayıcılar bağlandıktan sonra veri toplama ekipmanın kalibrasyonu yapılabilir hale gelmektedir. Kalibrasyon işlemi sistemin bilinen bir giriş sinyaline karşılık gelen çıkış sinyalinin kaydı ile gerçekleştirilir. Genellikle veri toplama ekipmanlarının kalibrasyonu üretici firmanın sağlamış olduğu yazılım ile kolaylıkla yapılmaktadır [20].

Sick UM30 Ultrasonik sensörlerinin kalibrasyonu fabrika çıkışı esnasında varsayılan bir değere göre yapılmaktadır. Varsayılan bu değer UM30 sensörünün modeline göre değişmektedir. İlgili sensörün kataloğuna bakılarak bu değere ulaşılabilir.

Uygulamada mevcut olan UM30 sensörünün üzerinde iki adet buton ve iki adet ikaz ledi bulunmaktadır. Bu butonlar sayesinde sensöre öğretme tekniği ile maksimum ve minimum değerleri atanarak kalibrasyonu sağlanır.



Şekil 5.4 Sensörlere minimum ve maksimum değerlerinin atanması

5.1.3 Ölçüm Denemeleri

Donanımın kurulumundan ve kalibrasyonundan sonra sistem veri toplamak için hazır hale gelmektedir. Ölçülecek olan sinyalin karakteristiği doğrultusunda veri toplama sisteminin yapılandırılması yapılarak veri toplamaya başlanabilir.

Pratikte veriler alınırken teoriktekinin aksine algılayıcı istenmeyen bir takım gürültülere maruz kalabilir ve topraklamaya gerek duyulabilir veya uygun filtre eklenerek istenmeyen frekans bileşenleri ortadan kaldırılabilir.

Ölçümler esnasında meydana gelebilecek olumsuzlukları ortadan kaldırmak için farklı donanımsal ve yazılımsal yapılandırma şekilleri test edilerek sisteme en uygun yapılandırılma bulunmalıdır [20].

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda veri toplamanın yapılma aşamalarını şu şekilde özetleyebiliriz [21]:

- Sistem kurulumu
 - Donanım kurulumu
 - Donanımın yapılandırılması (kanal tanımlaması, voltaj aralıkları, vb.)

- Yazılımın ve ekipman sürücülerinin kurulumu
- Algılayıcılarının takılması
- Kalibrasyon
 - Bilinen girişlerin sağlanması (statik ve/veya dinamik sinyaller)
 - Ölçüm, karşılaştırma ve ayarlama
- Ölçüm denemeleri
 - Sistemin gerçek sinyaller ile testi
 - Sinyal seviyesinin ve kanal kazançlarının testi
 - Gürültü etkisi ve giderilmesi

5.2 Veri Toplama Sistemleri

Veri toplama sistemi yazılımsal ve donanımsal olarak fiziksel dünya ile bağlantı halindedir. Tipik bir veri toplama sistemi şu bileşenlerden oluşmaktadır:

5.2.1 Veri Toplama Donanımı

Veri toplama sisteminin en temel elemanıdır. Analog ve dijital sinyallerin birbirleri arasında dönüşümünü sağlar.

Veri toplama donanımı dahili olarak bilgisayarın ilgili slotuna takılabilir veya harici olarak bir kablo ile bilgisayara bağlanabilir. Bu donanımlar alt sistemleri ile karakterize edilirler. Alt sistem veri toplama donanımının bileşenidir. Genel olarak alt sistemler şunları içermektedir:

- Analog giriş
- Analog çıkış
- Dijital giriş/çıkış
- Sayıcı/zamanlayıcı

Donanım cihazları çoklu alt sistemler içerebilir. Bu sistemlere çok fonksiyonlu donanım adı verilir [20].

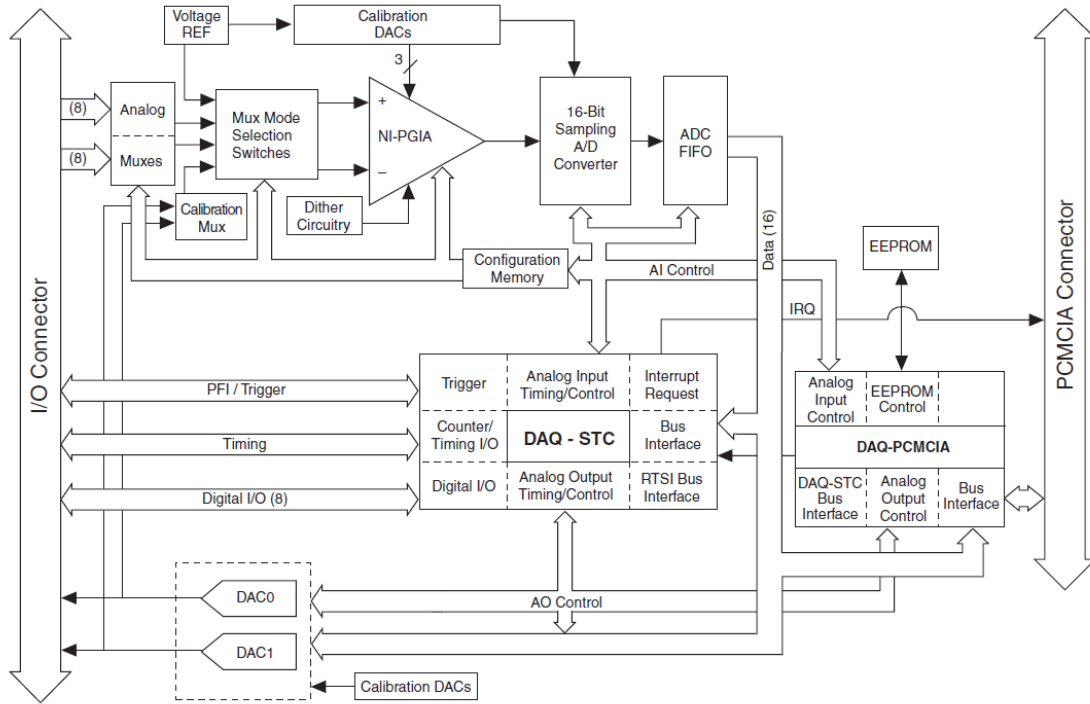
NI PCI-6036E



Şekil 5.5 Veri toplama donanımı

Mevcut sistemde veri toplama donanımı olarak Şekil5.5' teki NI DAQCard-6036E kartının PCMCIA tipi kullanılmıştır. Bu kartın özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

- 16 analog giriş (16-bit, 200 kS/s)
- 2 analog çıkış (16-bit, 1 kS/s); 8 DIO; 24-bit sayıcı
- Çok fonksiyonlu NI M serisi DAQ içerir (yüksek performans için)
- NI LabVIEW PDA El Modülü ile veri toplama uygulamalarında kullanılabilir
- NI LabVIEW, LabWindows™/CVI ve Measurement Studio gibi birçok test ve uygulama geliştirme yazılımı ile uyumludur.

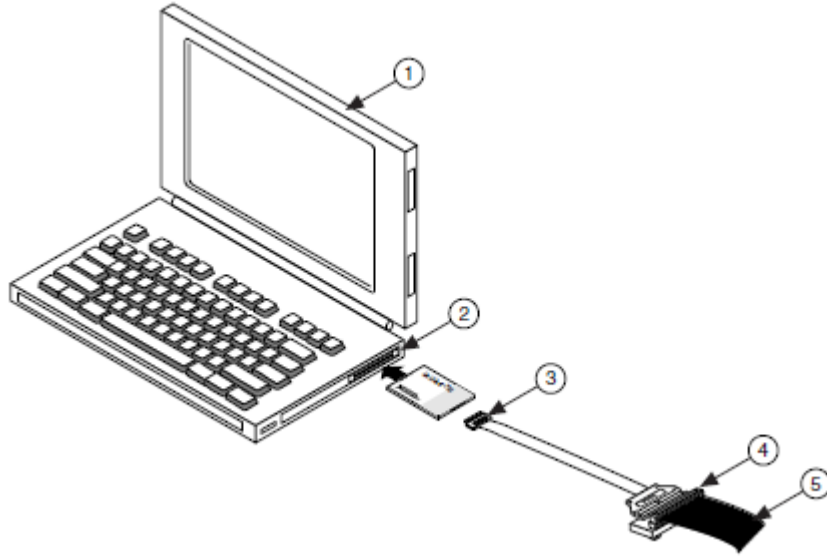


Şekil 5.6 DAQCard-6036E blok diyagramı [22]

AI 8	34	68	AI 0
AI 1	33	67	AI GND
AI GND	32	66	AI 9
AI 10	31	65	AI 2
AI 3	30	64	AI GND
AI GND	29	63	AI 11
AI 4	28	62	AI SENSE
AI GND	27	61	AI 12
AI 13	26	60	AI 5
AI 6	25	59	AI GND
AI GND	24	58	AI 14
AI 15	23	57	AI 7
AO 0	22	56	AI GND
AO 1	21	55	AO GND
NC	20	54	AO GND
P0.4	19	53	D GND
D GND	18	52	P0.0
P0.1	17	51	P0.5
P0.6	16	50	D GND
D GND	15	49	P0.2
+5 V	14	48	P0.7
D GND	13	47	P0.3
D GND	12	46	AI HOLD COMP
PFI 0/AI START TRIG	11	45	EXT STROBE
PFI 1/AI REF TRIG	10	44	D GND
D GND	9	43	PFI 2/AI CONV CLK
+5 V	8	42	PFI 3/CTR 1 SRC
D GND	7	41	PFI 4/CTR 1 GATE
PFI 5/AO SAMP CLK	6	40	CTR 1 OUT
PFI 6/AO START TRIG	5	39	D GND
D GND	4	38	PFI 7/AI SAMP CLK
PFI 9/CTR 0 GATE	3	37	PFI 8/CTR 0 SRC
CTR 0 OUT	2	36	D GND
FREQ OUT	1	35	D GND

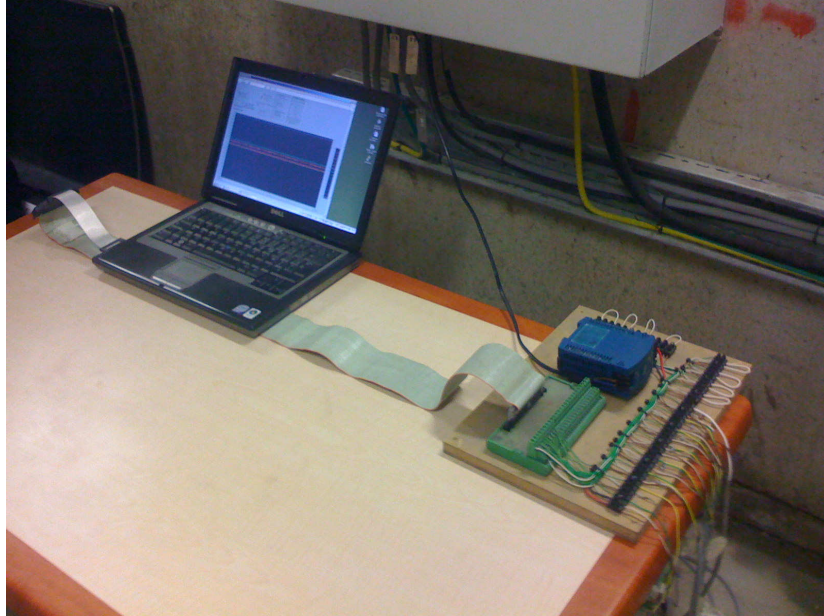
NC = No Connect

Şekil 5.7 NI 6036E Pin dizilimi [22]



Şekil 5.8 PCMCIA ekipmanın kurulumu [23]

1. PCMCIA girişı olan dizüstü bilgisayar
2. PCMCIA soketi
3. I/O kablosu
4. Arabağlantı ekipmanı
5. I/O sinyalleri



Şekil 5.9 Kurulu bir PCMCIA veri toplama donanımı

5.2.2 Algılayıcılar ve Aktuatörler (Dönüştürücüler)

Algılayıcılar ve aktuatörlerin hepsi enerji dönüşümü yapan ekipmanlardır. Bu ekipmanlar girişlerine uygulanan enerjiyi farklı bir forma dönüştürmektedir. Örneğin mikrofon bir çeşit algılayıcıdır ve ses enerjisini (basınç formunda) elektrik enerjisine çevirir. Aktuatör olan hoparlör ise mikrofonun işleminin tam tersini yapar yani elektrik enerjisini ses enerjisine çevirir. Algılayıcıların temel amacı bir değişimi izlemek ve gözlemlemektir.

Algılayıcıların dijital ve analog olmak üzere iki tipi bulunmaktadır [20].



Şekil 5.10 Ultra sonik mesafe algılayıcısı

Uygulamada iki adet Sick UM30-14113 model ultrasonik sensör kullanılmıştır. Aşağıda bu sensörün özellikleri bulunmaktadır.

Çizelge 5.1 Sick UM30-14113 Ultrasonik sensör özellikleri

Tarama Aralığı	5000mm
Çıkış Tipi	4-20mA, 0-10V
Cevap Süresi	180ms
Ölçüm Mesafesi	350-3400mm
Ultrasonik Frekansı	120kHz

5.2.2.1 Algılayıcıların Özellikleri

- **Kalibrasyon:** Ayarlama
- **Duyarlık:** Ölçülen büyüklüğün birim değişimine karşılık gelen cihaz çıkışının değişimidir.
- **Standartlar**
- **Okunabilirlik:** Bir büyüklüğü doğruya en yakın okuma derecesidir. Sayısal ölçmede en küçük sayma aralığına eşittir.
- **En küçük Sayı:** Sayısal bir aygıtın virgülden sonra gösterdiği en küçük birimdir. Analog bir cihazın gösterge tablosundaki çizgiler arasındaki en küçük farktır.
- **Başlangıç:** Değişkenin ölçülmeye başlandığındaki değeridir.
- **Doğruluk:** Ölçüm cihazının bilinen bir büyüklüğü ölçerken meydana gelen sapma miktarıdır.
- **Çalışma aralığı:** Değişkenin ölçülebileceği aralıktır.
- **Çalışma karakteristikleri:** Tekrar tekrar ölçmesi sırasında gösterdiği değişim aralığıdır [12].

5.2.3 Sinyal Düzenleyici

Algılayıcılar her zaman veri toplama donanımı ile uyumlu olmayabilir. Bu uyumsuzluğun üstesinden gelmek için sinyal uygun hale getirilmelidir. Örneğin giriş sinyali yükseltilebilir veya istenmeyen frekans bileşenlerinden arındırılabilir. Giriş sinyalleri gibi çıkış sinyalleri de ihtiyaca göre düzenlenebilir [20].

Başlıca sinyal düzenleme yolları şunlardır:

- **Güçlendirme:** Milivolt sinyallerinin volt seviyesine yükseltilmesi
- **Filtreleme:** Sinyalin istenmeyen frekans bileşenlerinden arındırılması
- **Elektriksel İzolasyon:** Bilgisayarın ve sinyalin yüksek gerilimden korunması
- **Çoklama:** Birkaç sinyalin tek bir ölçüm cihazı ile ölçümüdür

- **Uyartım Kaynağı:** Algılayıcının çalışma bilmesi için ihtiyaç duyduğu uyartım kaynağıdır

5.2.4 Bilgisayar

Bilgisayar sistem için işlemci, sistem saati, veri transfer hattı, hafıza ve verileri depolamak için boş bellek sağlar [20].

5.2.5 Yazılım

Veri toplama yazılımı bilgisayar ve donanım arasındaki bilgi dönüşümünü sağlamaktadır. Örneğin tipik bir yazılım kullanıcıya tanımlanan bir sinyalin örnekleme zamanı düzenlemeye izin verir.

Veri toplama sırasında yazılım aşaması kendi içerisinde sürücü yazılımı ve uygulama yazılımı olmak üzere ikiye ayrılır. Sürücü yazılımı donanımdan gelen verilerin alınmasını sağlar ve veri toplama oranlarını kontrol eder. Uygulama yazılımı ise sürücü yazılımını kontrol eder, program olaylarını yaratır, hafızada veya diskte bulunan alınan veriyi yönetir, mühendislik birimlerini dönüştürür ve sistemin durumu hakkında rapor verir [20].

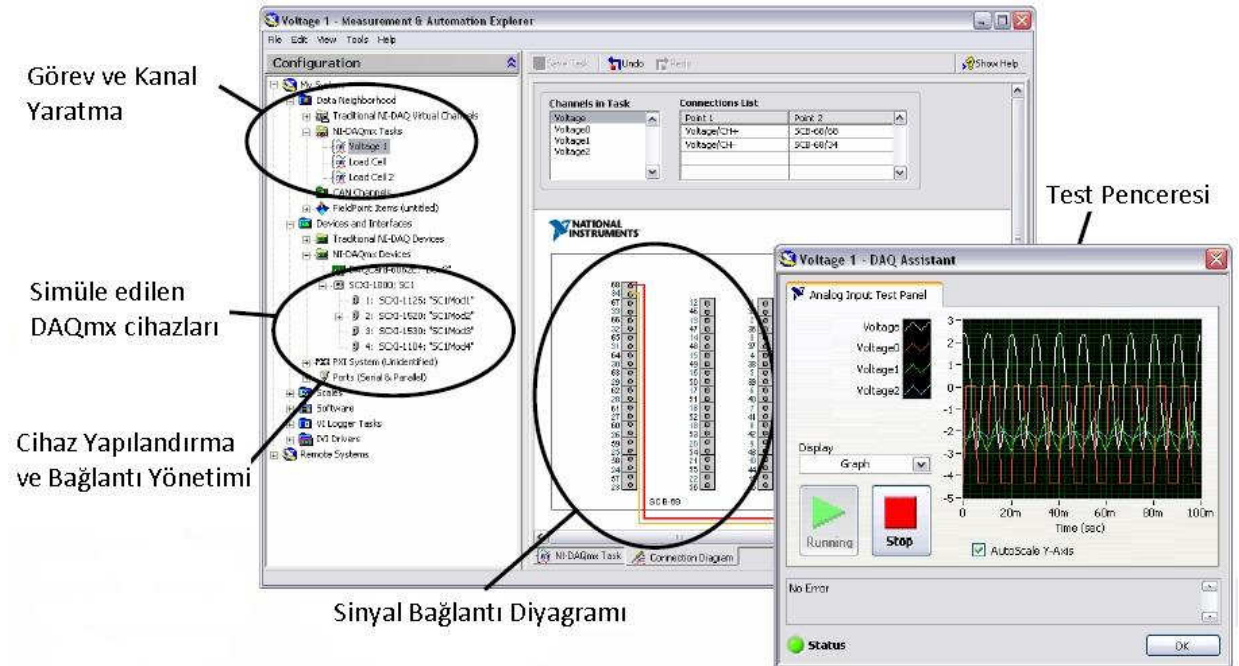


Şekil 5.11 Veri toplama yazılım aşaması

5.2.5.1 NI-DAQ Yazılımı

National Instruments firması test, kontrol ve gömülü tasarım uygulamalarında geliştirmiş olduğu birçok donanım ve yazılım ile dünya üzerinde geniş bir müşteri ağına sahiptir. Bu çalışmada National Instruments firmasının veri toplama kartından ve bu kart için geliştirmiş olduğu yazılımından yararlanılmıştır.

NI-DAQ yazılımı National Instruments firmasının bünyesinde bulunan kartlar için geliştirmiş olduğu bir yazılımdır ve veri toplama donanımı ile gelmektedir.



Şekil 5.12 DAQmx yazılımı

Bu yazılım ile ilgili NI veri toplama işlemi ve kart konfigürasyonu kolaylıkla yapılabilmektedir. Ayrıca bu yazılımın kurulumu ile Matlab National Instruments firmasının adaptörlerini destekler hale gelmektedir. Matlab' in NI donanımını destekleyip desteklemediğini anlamanın en kolay yolu Matlab komut satırında aşağıdaki kodların yazılmasıdır.

```
>> out = daqhwinfo
```

out =

```
ToolboxName: 'Data Acquisition Toolbox'  
ToolboxVersion: '2.5.1 (R14SP1)'  
MATLABVersion: '7.0.1 (R14SP1)'  
InstalledAdaptors: {2x1 cell}
```

```
>> out.InstalledAdaptors
```

ans =

```
'parallel'  
'winsound'
```

Buradan da anlaşılacağı gibi sistemde “parallel” ve “winsound” adında iki adet adaptor bulunmaktadır. Eğer sisteme DAQ kartıyla gelen CD kurdulduktan sonra “nidaq” adaptoru mevcut değilse bunun nedeni mevcut Matlab sürümünün kurulu NI yazılımını desteklememesindendir. Böyle bir durumda Measurement & Automation programı çalıştırılarak (Kartla gelen CD den yüklediğiniz yazılım.) Software >> NI-DAQmx dizininden NI-DAQmx Device Driver versiyonu görüntülenir.

5.2.5.2 Matlab Yazılımı

MATLAB, temel olarak nümerik hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için yazılmış yüksek performansa sahip bir yazılımdır. Matlab programının tipik kullanım alanları:

- Matematik and hesaplama işlemleri,
- Algoritma geliştirme,
- Modelleme,
- Simülasyon (benzetim) ve öntipleme,
- Veri analizi ve görsel etkilerle destekli gösterim,
- Bilimsel ve mühendislik grafikleri,
- Uygulama Geliştirme şeklinde özetlenebilir.

MATLAB adı, *MATrix LABoratory (Matrix Laboratuvarı)* kelimelerinden gelir. MATLAB, ilk olarak Fortran Linpack ve Eispack projeleriyle geliştirilen ve bu programlara daha etkin ve kolay erişim sağlamak amacıyla 1970’lerin sonlarında yazılmıştır. İlk başlarda bilim adamlarına problemlerin çözümüne matris temelli teknikleri kullanarak yardımcı olmaktaydı. Bugün ise geliştirilen yerleşik kütüphanesi ve uygulama ve programlama özellikleri ile gerek üniversite ortamlarında (başta matematik ve mühendislik olmak üzere tüm bilim dallarında) gerekse sanayi çevresinde yüksek verimli araştırma, geliştirme ve analiz aracı olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca işaret işleme, kontrol, fuzzy, sinir ağları, wavelet analiz gibi bir çok alanda sahip olduğu

Toolbox adı verilen yardımcı alt programlarla da farklı kullanım alanlarında yer bulmaktadır [24].

Uygulamada kullanılmakta olan veri toplama sisteminde MathWork firmasının Matlab yazılımı ve DAQ Toolbox eklentisi kullanılmıştır.

Matlab DAQ paketi Matlab yüklü bir sisteme veri algılama özelliği kazandırmak için kurulan yardımcı bir pakettir. Bu paket ile Matlab birçok veri toplama donanımı ile uyumlu hale gelmektedir.

5.2.5.2.1 Matlab DAQ Toolbox Yazılımı

Matlab DAQ Toolbox eklentisi ile Matlab birçok firmanın sağlamış olduğu veri toplama donanımı ile uyumlu hale gelmektedir. Sisteme yüklü olan Matlab programı ve bunun bileşenleri hakkında bilgi edinmek için aşağıdaki kodlar kullanılmaktadır.

ver – MATLAB versiyonu ve bileşenleri hakkında bilgi verir.

```
>> ver
```

```
-----  
MATLAB Version 7.0.1.24704 (R14) Service Pack 1  
MATLAB License Number: 253453  
Operating System: Microsoft Windows XP Version 5.1 (Build 2600: Service Pack 3)  
Java VM Version: Java 1.4.2_04 with Sun Microsystems Inc. Java HotSpot(TM) Client  
VM  
-----
```

```
MATLABVersion 7.0.1    (R14SP1)  
SimulinkVersion 6.1    (R14SP1)  
Aerospace BlocksetVersion 1.6.1    (R14SP1)  
Bioinformatics ToolboxVersion 1.1.1    (R14SP1)  
CDMA Reference BlocksetVersion 1.1    (R14SP1)  
Communications BlocksetVersion 3.0.1    (R14SP1)  
Communications ToolboxVersion 3.0.1    (R14SP1)  
Control System ToolboxVersion 6.1    (R14SP1)  
Curve Fitting ToolboxVersion 1.1.2    (R14SP1)  
Data Acquisition ToolboxVersion 2.5.1    (R14SP1)
```

```
...
```

daqhwinfo – Veri toplama donanımı hakkında bilgi verir.

```
>> out = daqhwinfo
```

out =

```
ToolboxName: 'Data Acquisition Toolbox'  
ToolboxVersion: '2.5.1 (R14SP1)'  
MATLABVersion: '7.0.1 (R14SP1)'  
InstalledAdaptors: {2x1 cell}
```

x.InstalledAdaptors komutu ile sistemde yüklü olarak bulunan tüm adaptörler görüntülenir.

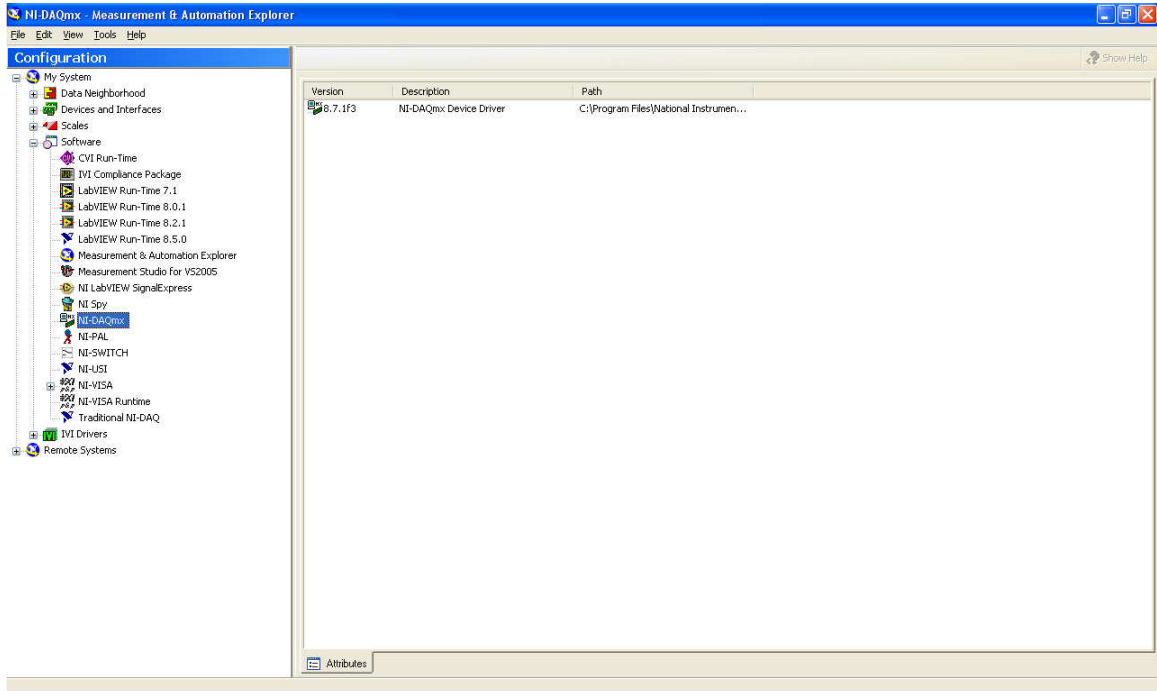
>> out.InstalledAdaptors

ans =

```
'parallel'  
'winsound'
```

>> daqsupport

Daqsupport komutu yüklü olan tüm adaptörleri test eder.



Şekil 5.13 Measurement & Automation Explorer ekranı

Şekil 5.13 de program sürümünün 8.7.1f3 olduğu görülmektedir. Bu sürüm MATLABVersion: '7.0.1 (R14SP1)' sürümü ile desteklenmemektedir. Bu durumda Matlab sürümü ile uyumlu versiyon bulunarak yüklenmesi gerekir. Birbiri ile uyumlu sürümü www.mathworks.com ve www.ni.com sitelerinden bulabilir ve uygun NI programını www.ni.com sitesinden ücretsiz üyelik ile indirebilirsiniz. Burada dikkat edilmesi gereken NI programlarının **NI-DAQmx** ve **Traditional NI-DAQ** olmak üzere iki adet olmasıdır. Mesela MATLABVersion: '7.0.1 (R14SP1)' yüklü sisteme **Traditional NI-DAQ7.1** kurulumu ile “nidaq” adaptörüne ulaşılmaktadır.

5.2.5.2.2 Real-Time Windows Target Kurulumu

Matlab ve National Instruments yazılımları kurulduktan sonra Simulink’ de simülasyon ve test yapılabilmesi için Real-Time Windows bileşeninin kurulması gereklidir.

Öncelikle Matlab komut satırında aşağıdaki komut ile Real-Time Windows hakkında yardım alınır.

>> help rtwin

Real-Time Windows Target
Version 2.5.1 (R14SP1) 05-Sep-2004

SIMULINK Libraries

rtwintlib - Real-Time Windows Target block library.
rtwtdemo - Real-Time Windows Target demo library.

SIMULINK Demos

rtctrl - Real-time controller.
rtfilter - Real-time filter.
rtsiggen - Real-time signal generator.
rtvdp - Real-time van der Pol demo.

Utility Functions

rtwintgt - Install and remove the Real-Time Windows Target kernel.
rtwho - Print information about Real-Time Windows Target status.
rtwinconfigset - Use default Real-Time Windows Target configuration set.
rtload - Load hardware driver manually.
rtunload - Unload all hardware drivers.
rtclear - Clear Real-Time Windows Target kernel process.
rtdrvfn - Get hardware driver file properties.
rttool - Call Real-Time Windows Target kernel directly.

Additional commands (M-files, MEX-files) in this directory are not designed for command line execution.

Yukarıdaki yardım satırında da görüldüğü gibi Real-Time Windows Target' ın kurulması için **rtwintgt** komutu kullanılarak kurulum kodu öğrenilmektedir.

>> **rtwintgt**

RTWINTGT Install and remove the Real-Time Windows Target kernel.

The Real-Time Windows Target is a package that allows you to run C code generated by Real-Time Workshop on a PC in real time. Please refer to the Real-Time Windows Target documentation for more information.

Available options are:

- setup Install Real-Time Windows Target kernel on your system.
- install Same as -setup.
- uninstall Remove Real-Time Windows Target kernel from your system.
- forceuninstall Forcibly remove Real-Time Windows Target kernel from your system.
- version Display the kernel version currently installed.

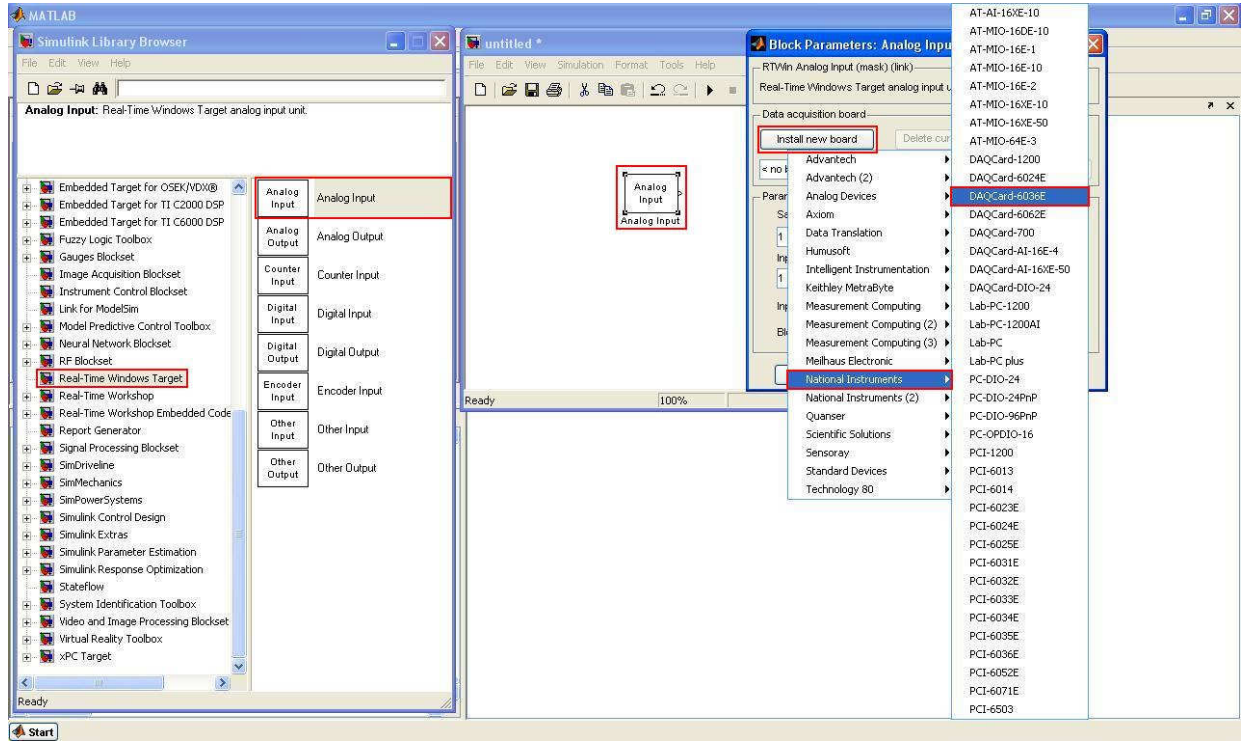
>> **rtwintgt -setup**

You are going to install the Real-Time Windows Target kernel.

Do you want to proceed? [y] : **y**

The Real-Time Windows Target kernel has been successfully installed.

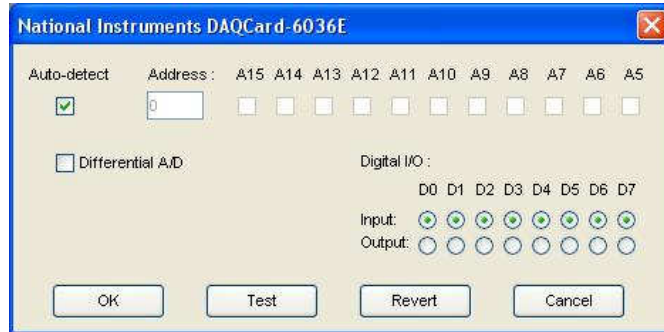
Son olarak kurulum işleminin tamamlanabilmesi için “y” yazılarak onaylanır ve Real-Time Windows Target bileşeninin kurulumu tamamlanır. Bu kurulum ile Simulink' e eklenen analog input donanımı testten geçecektir.



Şekil 5.14 Simulink Real-Time Windows Target bileşeni

Real-Time Windows Target bileşeninin testi kolaylıkla şu şekilde yapılır:

- Şekil 5.14' te görüldüğü gibi Simulink kütüphanesinden Real-Time Windows Target altında bulunan Analog Input bileşeni uygulama ekranına eklenir.
- Analog Input bileşeninin Block Parameters ekranından Install new board butonuna tıklanarak ilgili veri toplama kartı modeli seçilir.
- Veri toplama kartının açılır penceresindeki Test butonuna basılarak Real-Time Windows Target bileşeninin testi tamamlanmış olur.



Şekil 5.15 Simulink veri toplama kartının açılır penceresi



Şekil 5.16 Simulink veri toplama kartı testi başarılı mesaj kutusu

5.2.5.2.3 C Derleyicisinin Tanıtımı

Son olarak Simulink' de Real-Time Windows bileşeninin kurulumu gerçekleştirildikten sonra Simulink bileşenlerinin ve veri toplama kodlarının derlenmesi ve yüklenmesi için bir derleyiciye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sistemde mevcut olan bir derleyicinin Matlab programına tanımlanması gerekmektedir.

Aşağıda C derleyicisinin Matlab programına tanıtımı için gerekli kod satırı görülmektedir:

```
>> mex -setup
```

Please choose your compiler for building external interface (MEX) files:

Would you like mex to locate installed compilers [y]/n? **y**

Select a compiler:

[1] Digital Visual Fortran version 6.0 in C:\Program Files\Microsoft Visual Studio
[2] Lcc C version 2.4 in C:\MATLAB701\sys\lcc
[3] Microsoft Visual C/C++ version 6.0 in C:\Program Files\Microsoft Visual Studio

[0] None

Compiler: **3**

// Yukarıdaki satırda sisteme tanımlanacak olan derleyicinin sıra numarası yazılmalıdır.

Please verify your choices:

Compiler: Microsoft Visual C/C++ 6.0

Location: C:\Program Files\Microsoft Visual Studio

Are these correct?([y]/n): **y**

Try to update options file: C:\Documents and Settings\Satellite\Application Data\MathWorks\MATLAB\R14\mexopts.bat

From template: C:\MATLAB701\BIN\WIN32\mexopts\msvc60opts.bat

Done . . .

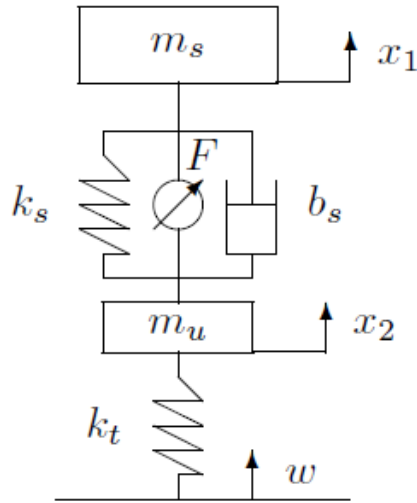
AKTİF SÜSPANSİYON SİSTEMİ VE YOL KESTİRİM ALGORİTMASININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

6

Bu bölümde aktif süspansiyon sistemi üzerinde durularak LPD yaklaşımına dayalı bir sistem modellemesi çıkarılmaktadır ve daha sonra da yol kestirim algoritmasına geçilerek ikili sensör sistemine dayalı model gerçekleştirilmektedir.

6.1 LPD Yaklaşımına Dayalı Süspansiyon Sisteminin Modellenmesi

Aşağıdaki şekilde iki serbestlik derecesine sahip çeyrek taşıt modeli görülmektedir.



Şekil 6.1 Çeyrek taşıt modeli

Bu şekilde m_s gövde kütlesini yani yaylanmakta olan kütleyi temsil ederken, m_u yaylanmaz kütleyi yani aracın tekerini belirtmektedir. Buradaki parametreler ise k_t lastik

sertliği, k_s süspansiyon sertliği, b_s süspansiyon sönüm oranıdır. Dikeyde yaylanır ve yaylanmaz gövdenin yerdeğiştirmeleri sırası ile x_1 ve x_2 ile ifade edilirken yol düzensizliğinden kaynaklanan bozucu da w olarak belirtilmiştir. Gerçekte fiziksel sistemlerde her zaman göz önüne alınması gereken lineer olmayan bir takım bileşenlerde de bulunmaktadır. Sönümleyici (damper), yay gibi süspansiyon komponentlerinin dinamik karakteristikleri lineer olmayan özelliklere sahiptir ve bu özellikler zamanla değişen özellikte değildir. Fakat aracın kullanım evresi içerisinde değişmektedirler. Alleyne and Hedrick (1992), Sz'aszi et al. (2002)

Yukarıdaki çeyrek taşıt modelinin kuvvet eşitlikleri şu şekildedir:

$$F_{ms} = F_{ks} + F_{bs} \quad (6.1)$$

$$F_{mu} = -F_{ks} - F_{bs} - F_{kt} \quad (6.2)$$

Buradan yaylı ve yaylanmaz gövdenin ivmesinden oluşan kuvvet, süspansiyon sönüm kuvveti, süspansiyon yay kuvveti, tekerlek kuvveti aşağıdaki gibidir:

$$F_{ms} = m_s \ddot{x}_1 \quad (6.3)$$

$$F_{mu} = m_u \ddot{x}_2 \quad (6.4)$$

$$F_{bs} = b_s^l (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - b_s^{sym} \left| \dot{x}_2 - \dot{x}_1 \right| + b_s^{nl} \sqrt{\left| \dot{x}_2 - \dot{x}_1 \right|} \text{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \quad (6.5)$$

$$F_{ks} = k_s^l (x_2 - x_1) + k_s^{nl} (x_2 - x_1)^3 \quad (6.6)$$

$$F_{kt} = k_t (x_2 - w) \quad (6.7)$$

Lineer olamayan sönümlenme karakteristiklerindeki b_s^l sönümlenme kuvvetine lineer etki eden katsayı, b_s^{nl} sönümlenme karakteristiğine etki eden lineer olmayan bileşen, b_s^{sym} de sönümlenme karakteristiğinin asimetrik olan davranışını ifade etmektedir. Lineer olamayan süspansiyon sertliğindeki k_s^l lineer katsayıyı, k_s^{nl} lineer olmayan katsayıyı belirtmektedir.

Lineer parametre değişimi (LPD) sistemleri sonlu boyutlu lineer sistemlerdir, durum uzayı girdileri sürekli olarak zamanla değişen parametre vektörlerine $\rho(t)$ bağlıdır. Vektör değerli sinyallerin yörüngesi, değerine ulaşılabilir veya gerçek zamanlı ölçülebilir olmasına rağmen $\rho(t)$ bilinmiyor sayılır ve tanımlanmış sınırlı set değeri ile kısıtlanır.

Bu durumda bağıl hız ve bağıl yer değiştirme aşağıdaki şekilde seçilir:

$$\rho_b = x_4 - x_3 \quad (6.8)$$

$$\rho_k = x_2 - x_1 \quad (6.9)$$

Bu eşitliğe bağlı olarak ve (6.3), (6.4), (6.5), (6.6) ve (6.7) eşitlikleri kullanılarak aşağıdaki lineer olmayan modelin durum uzay gösterimi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{k_s^l}{m_s} & \frac{k_s^l}{m_s} & -\frac{b_s^l}{m_s} & \frac{b_s^l}{m_s} \\ \frac{k_s^l}{m_u} & -\frac{k_s^l}{m_u} - \frac{k_t}{m_u} & \frac{b_s^l}{m_u} & -\frac{b_s^l}{m_u} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \frac{k_s^{nl}}{m_s} & -\frac{b_s^{sym}}{m_s} & \frac{b_s^{nl}}{m_s} \\ -\frac{k_s^{nl}}{m_u} & \frac{b_s^{sym}}{m_u} & -\frac{b_s^{nl}}{m_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho_k^3 \\ |\rho_b| \\ \sqrt{|\rho_b|} \operatorname{sgn}(\rho_b) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{k_t}{m_u} \end{bmatrix} w \quad (6.10)$$

Burada $\dot{x}_1 = \dot{x}_3$ ve $\dot{x}_2 = \dot{x}_4$.

Kolon vektör

$$\phi(\rho_k, \rho_b) = \begin{bmatrix} \rho_k^3 & |\rho_b| & \sqrt{|\rho_b|} \operatorname{sgn}(\rho_b) \end{bmatrix}^T \quad (6.11)$$

Şeklinde tanımlanırsa LPD modeli aşağıdaki hali alır:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -p_{11} & p_{11} & -p_{12} & p_{12} \\ p_{21} & -p_{21} - p_t & p_{22} & -p_{22} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ p_{13} & -p_{14} & p_{15} \\ -p_{23} & p_{24} & -p_{25} \end{bmatrix} \phi(\rho_k, \rho_b) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ p_t \end{bmatrix} w \quad (6.12)$$

Burada

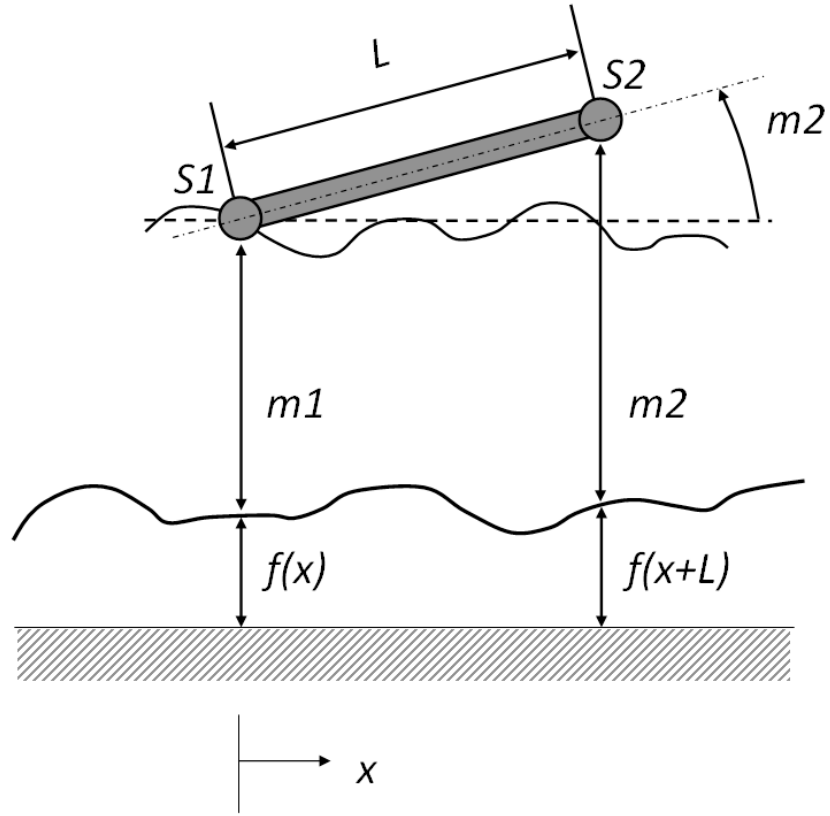
$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{k_s^l}{m_s} & \frac{b_s^l}{m_s} & \frac{k_s^{nl}}{m_s} & \frac{b_s^{sym}}{m_s} & \frac{b_s^{nl}}{m_s} \\ \frac{k_s^l}{m_u} & \frac{b_s^l}{m_u} & \frac{k_s^{nl}}{m_u} & \frac{b_s^{sym}}{m_u} & \frac{b_s^{nl}}{m_u} \end{bmatrix} \quad (6.13)$$

$$p_t = \frac{k_t}{m_u} \quad (6.14)$$

6.2 Yol Profili Algılama Tasarımı

Bir aracın dinamik yanıtlarını analiz etmek ve önizleme kontrol düzenini uygulamak için seyahat boyunca yol hakkında doğru veriler gereklidir. Ne yazık ki düzensiz bir yolda hareket eden aracın sahip olduğu dinamik hareketlerinden dolayı araç üzerinden direk olarak yapılan ölçümlerde bozulmalar olmaktadır. Bu çalışmada yol algılama algoritması geliştirilirken aracın dinamik hareketleriyle karışmış olan direk ölçüm verisi kullanılmaktadır.

Tasarımda ikili algılayıcı sistemi kabul edilerek iki adet ultrasonik sensör kullanılmıştır. Bu sensörler birbirlerinden L kadar uzaklıkta bulunan S_1 ve S_2 noktalarına monte edilerek araç gövdesinden yola olan uzaklık ölçülmektedir. Araç gövdesi ile yol arasındaki mesafelerde sırasıyla m_1 ve m_2 olarak kabul edilmektedir. Aşağıdaki şekilde ikili sensör sisteminin konfigürasyonu görülmektedir [25].



Şekil 6.2 İkili sensör sistemi konfigürasyonu

Dikey yönde hedef yolun profilinin yol kesiti $f(x)$, x koordinatında uzunlamasına ölçülen bağıl mesafe m_1 , m_2 nin geometrik ilişkisiyle (6.15)' te görüldüğü gibi ifade edilir. Bu ifadede araç gövdesinin salınım açısı çok küçük olduğu var sayılır.

$$m_1 + f(x) = m_2 + f(x+L) - L\theta \quad (6.15)$$

(6.16)'daki gibi bir $a(x)$ eşitliği tanımlandığında eşitlik (6.15)'ten (6.17) eşitliği oluşur.

$$a(x) = m_1 - m_2 + L\theta \quad (6.16)$$

$$a(x) = -f(x) + f(x+L) \quad (6.16)$$

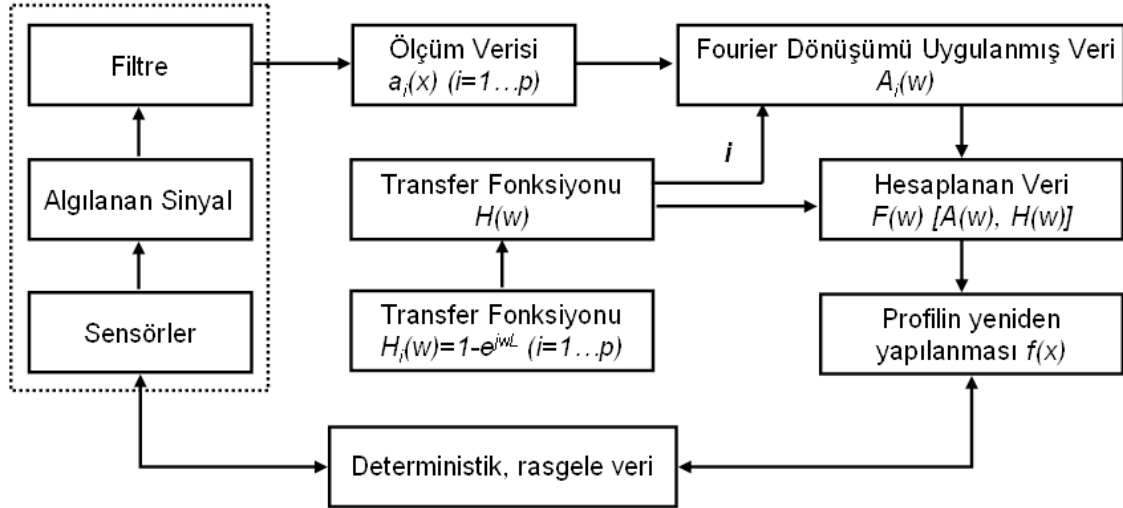
(6.16)'daki eşitliğin Fourier dönüşümü şekli aşağıdaki şekildedir.

$$A(w) = F(w)H(w) \quad (6.17)$$

Bu eşitlikteki $H(w)$ 'nin transfer fonksiyonu tanımı şu şekildedir:

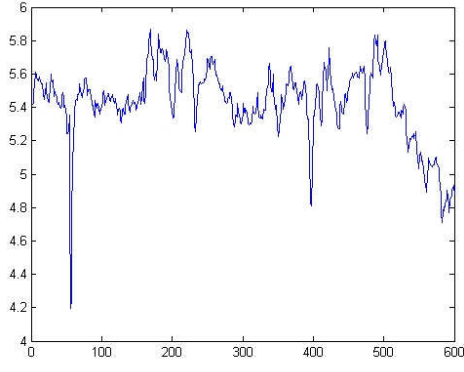
$$H(w) = 1 - e^{jwL} \quad (6.18)$$

Bu nedenle her alınan veri fourier dönüşümü şeklindedir ve böylelikle frekans domeninde izafi mesafe verisi elde edilir. Son olarakta eşitlik (6.17)' nin ters fourier dönüşümünden $f(x)$ yol verisi giriş fonksiyonu elde edilir.

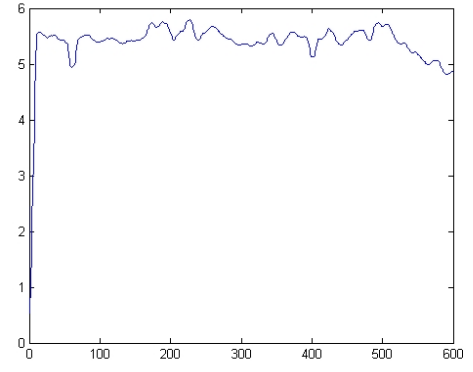


Şekil 6.3 Yol algılama sistemi durum şeması

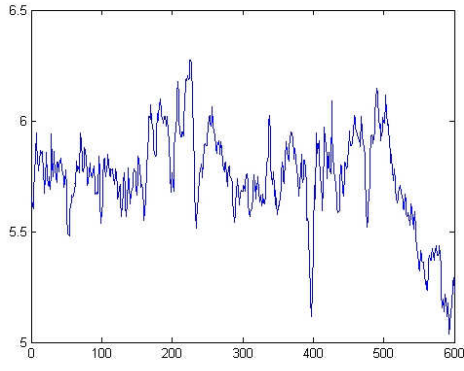
Uygulamada Şekil 6.3'te bulunan durum şeması esas alınarak kullanıcı programı oluşturulmuştur. Oluşturulan veri toplama donanımı ile bozuk ve asfalt yollarda farklı hızlarda veri alınarak yol profili oluşturulmuştur.



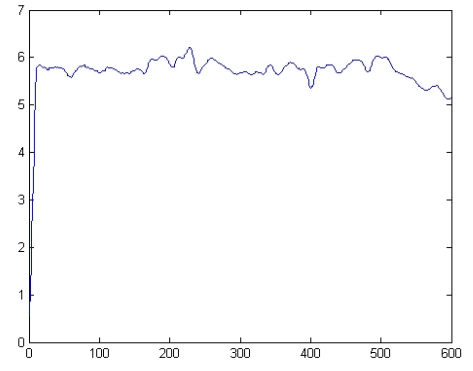
1. sensör çıkış verisi (30km/s – Bozuk yol)



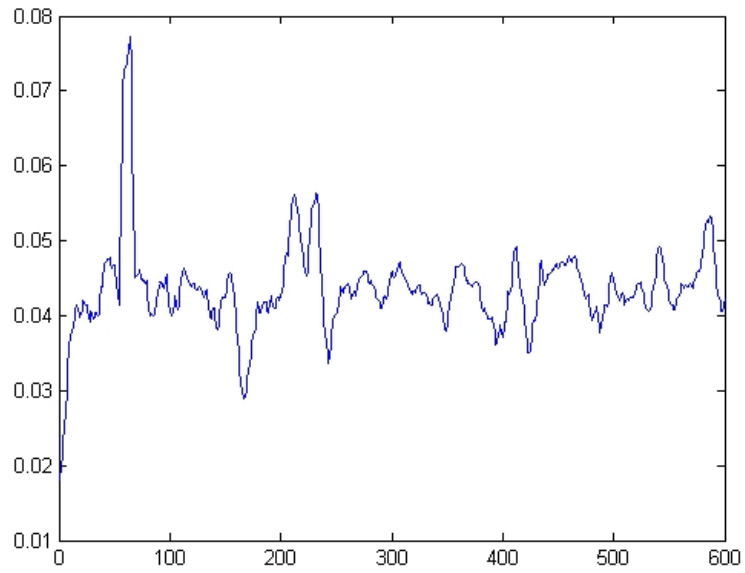
1. sensör verisi (filtrelenmiş) (30km/s – Bozuk yol)



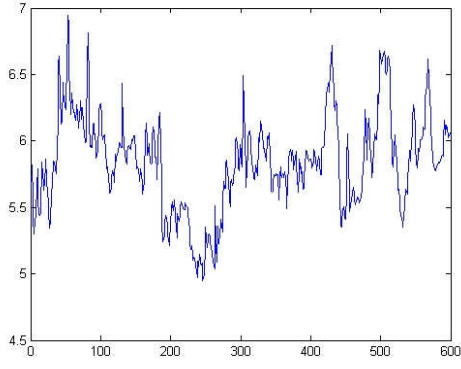
2. sensör çıkış verisi (30km/s – Bozuk yol)



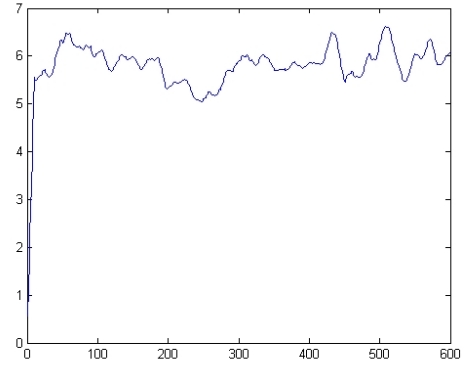
2. sensör verisi (filtrelenmiş) (30km/s – Bozuk yol)



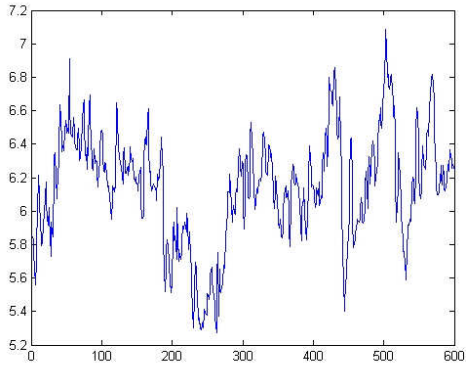
Şekil 6.4 30km/s Bozuk yol verisi



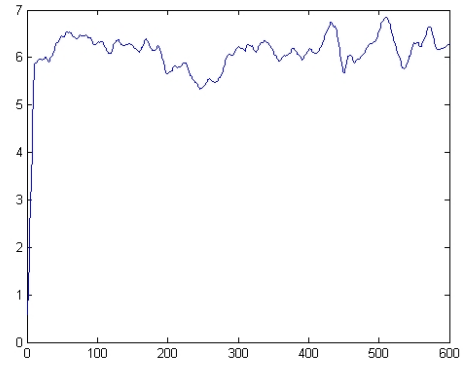
1. sensör çıkış verisi (40km/s – Bozuk yol)



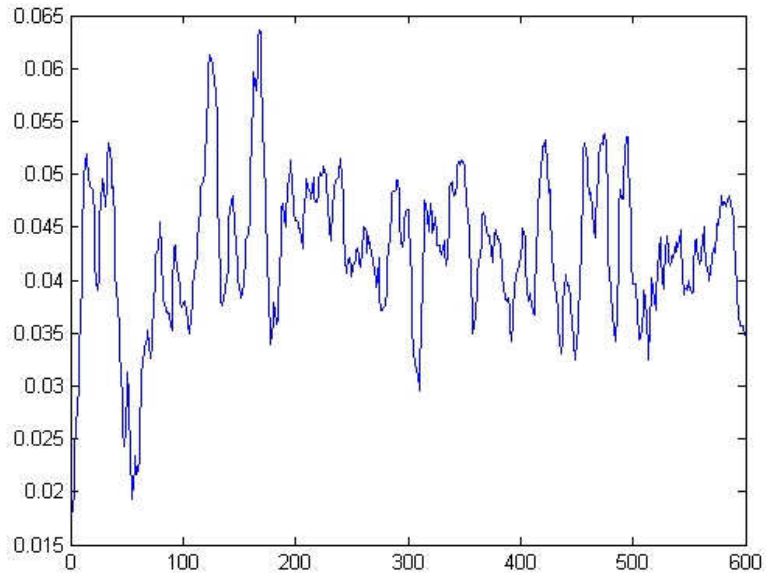
1. sensör verisi (filtrelenmiş) (40km/s – Bozuk yol)



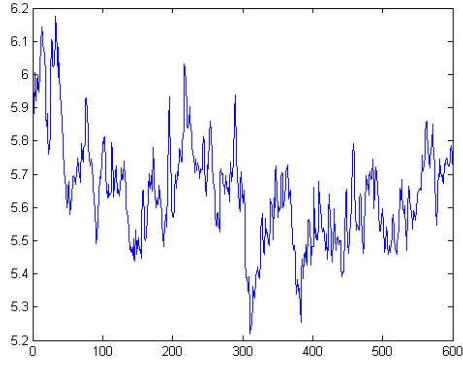
2. sensör çıkış verisi (40km/s – Bozuk yol)



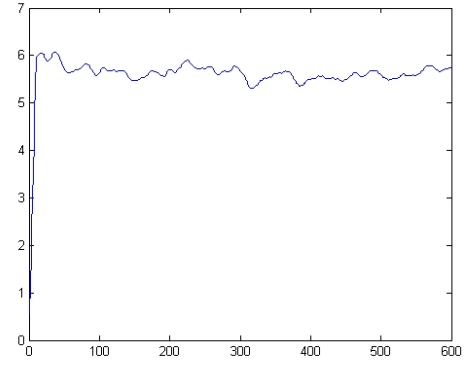
2. sensör verisi (filtrelenmiş) (40km/s – Bozuk yol)



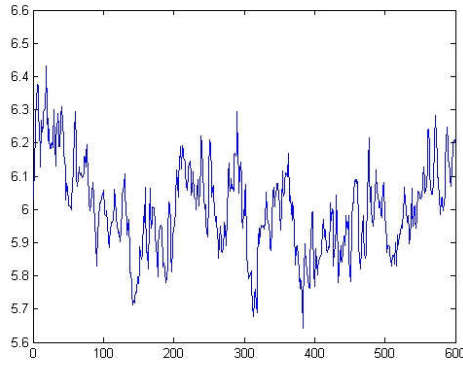
Şekil 6.5 40km/s Bozuk yol verisi



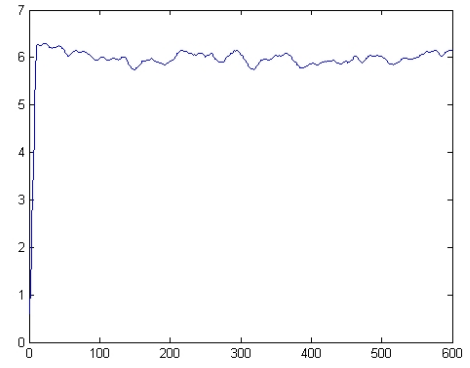
1. sensör çıkış verisi (40km/s – Asfalt yol)



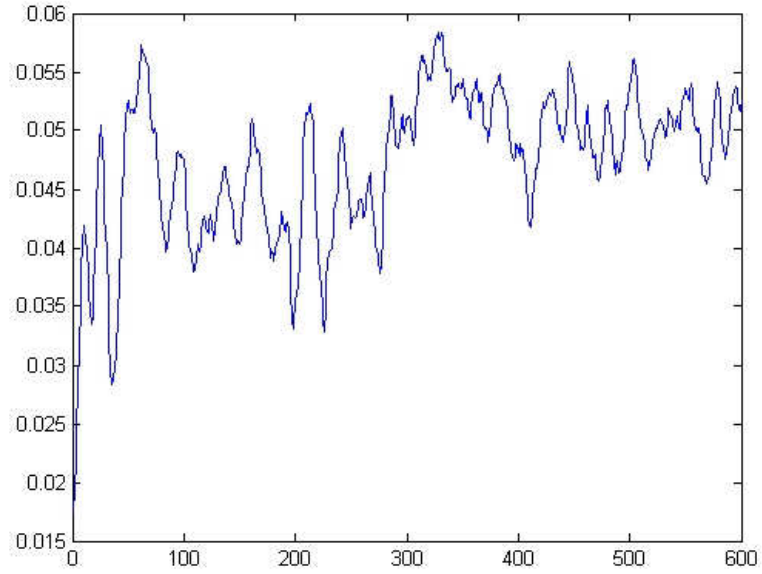
1. sensör verisi (filtrelenmiş) (40km/s – Asfalt yol)



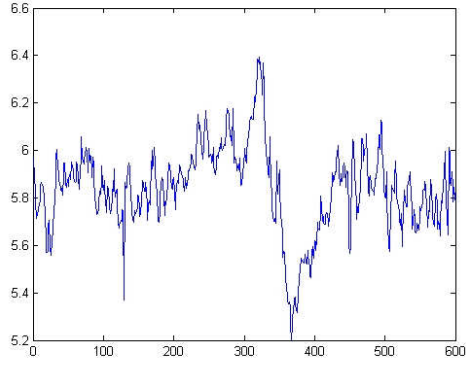
2. sensör çıkış verisi (40km/s – Asfalt yol)



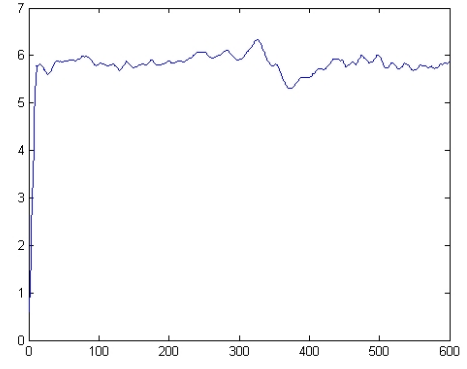
2. sensör verisi (filtrelenmiş) (40km/s – Asfalt yol)



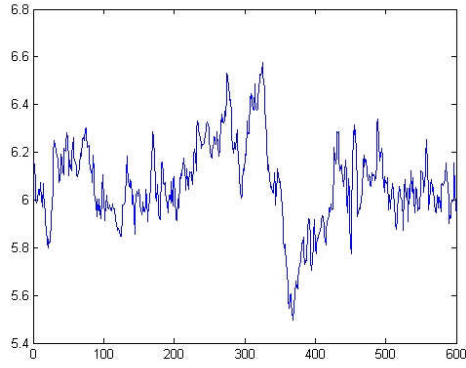
Şekil 6.6 40km/s Asfalt yol verisi



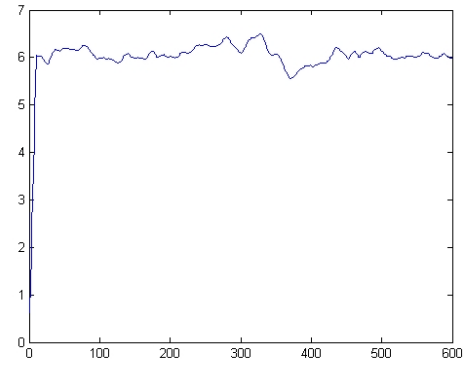
1. sensör çıkış verisi (40km/s – Asfalt yol)



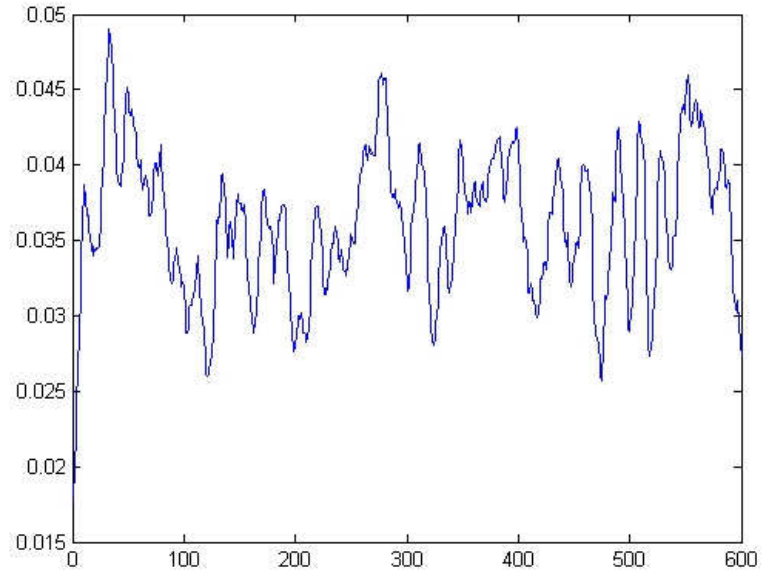
1. sensör verisi (filtrelenmiş) (40km/s – Asfalt yol)



2. sensör çıkış verisi (40km/s – Asfalt yol)

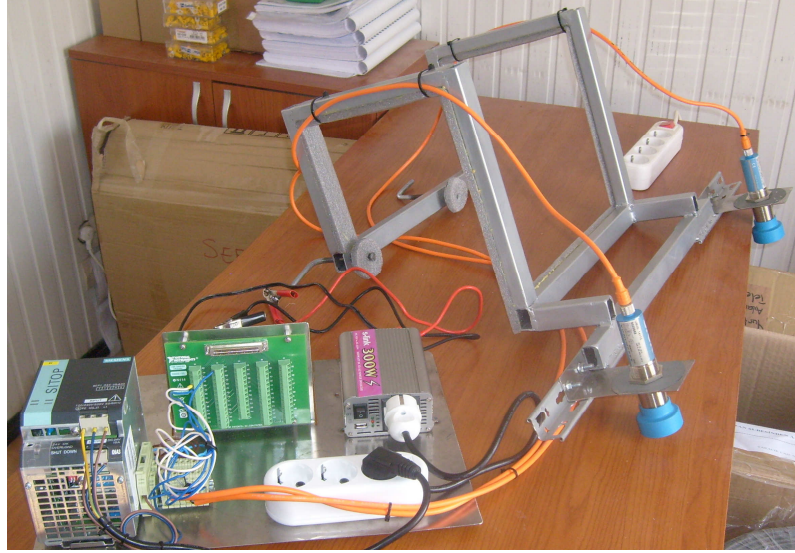


2. sensör verisi (filtrelenmiş) (40km/s – Asfalt yol)



Şekil 6.7 40km/s Asfalt yol verisi 2

Elde edilen yol profilleri daha sonra çeyrek taşıt modeline gre tasarlanmış aktif ssponsiyon modeline uygulanarak test edilmiştir.



şekil 6.8 Yol algılama donanımı



şekil 6.9 Yol algılama uygulaması

SONUÇ VE ÖNERİLER

7

Uygulamada iki algılayıcı sistemini temel alan kompozit algılayıcıya sahip yol algılama algoritması kullanılmıştır. Sistemin gerçekleştirilmesinde iki adet ultrasonik mesafe sensör seçilmiştir. Bu sensörlerden veri toplama donanımı ve Matlab yazılımı ile farklı ölçümler alınmış ve yol profili elde edilmiştir.

Donanım gerçekleştirirken kullanılan sensörler uygun ölçüm mesafesi içerisinde öğretim tekniği ile minimum ve maksimum ölçüm değerlerine ayarlanmıştır. Bu öğretim tekniği uygulanırken sensörün ölçü bölgesi unutulmamalı ve minimum ölçüm noktası ayarlanırken bu mesafeye dikkat edilmelidir. Sensörlerin minimum ve maksimum ölçüm değerleri ayarlandıktan sonra sensörler yerden eşit ve uygun yükseklikte olacak şekilde konumlandırılmıştır. Sensörlerin konumlandırılması sırasında yerden olan yüksekliklerinde olduğu gibi iki sensörün aralarındaki mesafeye de çok dikkat edilmelidir. Bu mesafenin kısa seçilmesi durumunda aracın yatayla yaptığı salınım açısı çok küçük değişimlerde olacaktır fakat bu mesafenin gereğinden fazla kısa olması durumunda da sensörlerin sinyallerinin karışmalarına ve bozulmalarına neden olacaktır. Bu nedenle sensörlerin arasındaki mesafe ölçüm ve hesaplamalar esnasında büyük önem taşımaktadır. İki sensörlü sistemde sensörler arası mesafe seçimi daha fazla sensör sayısına sahip sistemlere göre daha kolay olmaktadır. p ($p > 2$) sensöre sahip bir sistemde sensör pozisyonları performansı etkileyen önemli bir etken

olduğundan iyi şekilde seçilmeli ve Matlab optimizasyon paketi ile gerekli hesaplamalar yapılarak uygun mesafe aralıkları ile sensörler yerleştirilmelidir.

Sensörler ile ilgili dikkat edilmesi gereken bir diğer husus sensörlerin tepki süreleridir. Yazılımda örnekleme zamanı seçilirken sensörün cevap süresine bakılması gerektiği unutulmamalıdır. Bu değere ilgili cihazın kataloğundan veya teknik dokümanından ulaşılabilmektedir. Kullanılan ekipmanın cevap süresine bakıldıktan sonra bu değerden biraz daha büyük bir örnekleme zamanı ile veri toplama işlemi yapılmalıdır. Aksi halde sensör gerçekleştirmekte olduğu ölçüm işlemini yerine getiremeyecek ve ölçülen değerler düzgün olmayıp hatalı bir veri üzerinden işlem yapılmış olacaktır. Kullanılan sensörün cevap süresi aynı zamanda ölçülen verinin hassasiyetini de etkilemektedir. Sensörün cevap süresi ne kadar kısa olursa birim zamanda ölçülen veri sayısı artacak ve ölçüm hassas bir şekilde gerçekleşecektir.

Hassas ölçümün sağlanabilmesinde veri toplama kartında etkisi büyüktür. Burada donanımın sahip olduğu özellikler önem kazanmaktadır. Uygulamada kullanılan National Instruments firmasına ait DAQCard-6036E PCMCIA veri toplama kartı 16bit çözünürlüğe sahip olduğundan daha hassas ölçümler gerçekleştirilebilmektedir.

National Instruments firmasının geliştirmiş olduğu DAQCard-6036E veri toplama donanımı 16 analog girişe sahip olup eş zamanlı olarak birden çok ölçümü çok rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir. Donanımın sahip olduğu bu analog girişlerin Matlab yazılımında tanımlanmasında ve kullanılmasında bilinmesi gereken bir husus vardır. Bu kartın giriş numaraları ile Matlab yazılımının girişlerinin farklı isimlendirildiğidir.

Gerçeklenen veri toplama sisteminin yazılım kısmında Mathwork firmasının Matlab ve Simulink yazılımlarından ve bu yazılımların sunmuş olduğu geniş veri toplama kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Simulink yazılımında sensörlerden okunan analog değerleri filtrelemek için anlık değer ve bu değerlerin önceki dokuz değerinden oluşan bir FIR filtre oluşturulmuştur. Oluşturulan filtre yardımı ile analog sinyalde meydana gelen anlık ölçüm değişiklikleri yumuşatılmıştır. Sistemde daha yumuşak bir giriş sinyali istenmesi durumunda mevcut FIR filtresi geliştirilerek istenen değişiklik elde edilebilir.

Uygulama sonucunda iki sensör yapısına sahip yol algılama donanımı ve bu donanım ile veri alabilmeyi sağlayan kullanıcı programı gerçekleştirilmiştir. Yol algılama donanımı ile farklı yol tiplerinde (bozuk ve asfalt) farklı hızlarda (ölçüm esnasında hız sabit tutularak) çeşitli yol verileri elde edilmiştir. Elde edilen yol verileri çeyrek taşıt modeline göre tasarlanmış aktif süspansiyon simulatöründe denendiğinde olumlu sonuçlar alınmıştır.

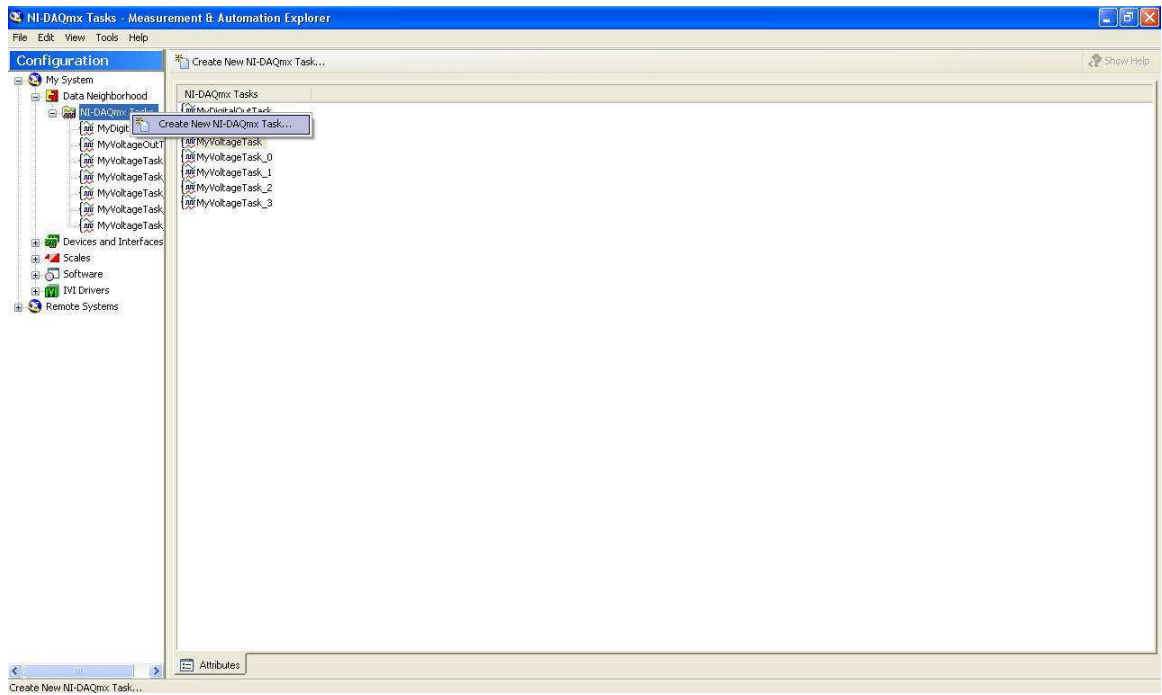
KAYNAKLAR

- [1] Matsumoto K., Yamashita K. and Suzuki M., et al. (1999). "Robust H^∞ - output feedback control of decoupled automobile active suspension systems", IEEE Trans Autom Control; 44:392-6.
- [2] Elmaday M., (1992). "Integral and state variable feedback controllers for improved performance in automotive vehicles", Comput Struct; 42(2):237-44.
- [3] Isobe T. and Watanabe O., et al. (1998). "New semi-active suspension controller design using quasi-linearization and frequency shaping", Control Engng Pract; 6:1183-91.
- [4] Morita T., Tanaka T. and Kishimoto N., (1992). "Ride comfort improvement using preview sensor", In: International Symposium on Advanced Vehicle Control.
- [5] Gordon TJ. and Sharp RS., (1998). "On Improving the performance of automotive semi-active suspension systems through road preview", J Sound Vib; 217(1):163-82.
- [6] Hac A. and Youn I., (1992). "Optimal semi-active suspension with preview based on a quarter car model", J Vib Acoust Trans ASME; 114:84-92.
- [7] Prokop G. and Sharp RS., (1995). "Performance enhancement of limited-bandwidth active automotive suspensions by road preview", IEE Proc Control Theory Appl; 142(2):140-8.
- [8] Healey AJ. and Nathman E. Smith CC., (1977). "An analytical and experimental study of automobile Dynamics with random roadway inputs", J Dyn Sys Meas Control Trans ASME; 284-92.
- [9] Jeong W., Yoshida K. and Kobayashi H., (1990). "State estimation of road surface and vehicle system using a kalman filter", JSME Int J Series III; 33(4):528-34.
- [10] Yapıcı K. O. ve Tozan A., (2006). Aktif Süspansiyonun Bilgisayarla Kontrolü, Yüksek Lisans Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [11] Hwei P. Hsu., (1995). Signals and Systems, Mc Graw-Hill Book Co., New York.
- [12] Kıncay O., (2008). Otomatik Kontrol YTÜ Ders Notları, 2003, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [13] Kaplanoğlu E., (2011). Sayısal İşareteler ve Sistemler MÜ Ders Notları, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

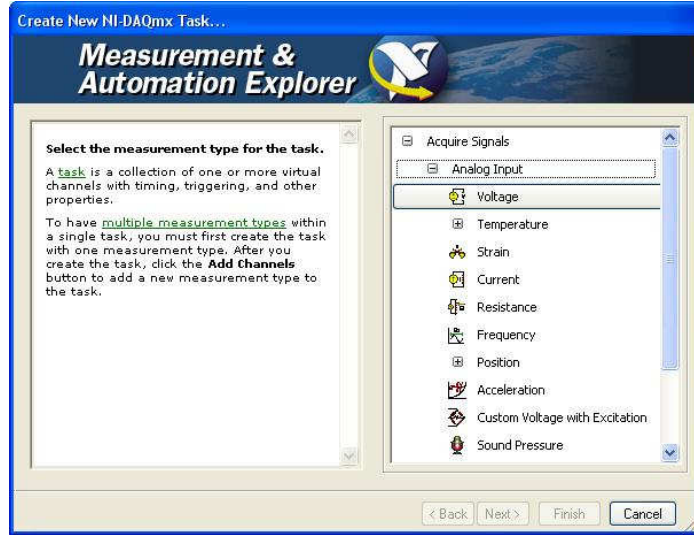
- [14] Akan A., Önen E., Karakaya B. ve Kayabol K., (2008). İşaret İşleme Uygulamaları İÜ Ders Notları, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [15] Schlichter T. J., (1999). Digital Filter Design Using Matlab, Mississippi State University, United States.
- [16] Wagner B. and Barr M., (2002). Introduction to Digital Filters, Embedded Systems Programming, 47-48.
- [17] Ayaz E., (1997). Dalgacıklar ve Elektrik Mühendisliğindeki Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- [18] Ertürk S., (2005). Sayısal İşaret İşleme, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [19] Yücel F., (2008). DSP Tabanlı Çevrimiçi Durum İzleme Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar A.B.D, Isparta.
- [20] The MathWorks, (2002). Data Acquisition Toolbox User's Guide, Version 2, U.S.A.
- [21] Craig J. I., (2000). Data Acquisition Notes, Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- [22] NI, (2007). DAQ E Series User Manual, U.S.A.
- [23] NI, (2003). DAQ Quick Start Guide for NI-DAQ 7.0, U.S.A.
- [24] İnan A., (2007). Temel Bilgisayar Bilimleri Ders notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [25] Kim H. J., Yang H. S. and Park Y. P., (2002). "Improving the vehicle performance with active suspension using road-sensing algorithm", Samchock National Uni. – Yonsei Uni., South Korea
- [26] P. G'asp'ar, Z. Szab'o and J. Bokor, (2003). "Estimating road roughness by using a linear parameter varying model", 4th IFAC Symposium on Robust Control Design.
- [27] I. Sz'aszi, P. G'asp'ar and J. Bokor, (2002). "Nonlinear active suspension modelling using linear parameter-varying approach", Mediterranean Control Conference, Lisabon.
- [28] P. G'asp'ar, Z. Szab'o and J. Bokor, (2007). "Parameter identification of a suspension system and road disturbance estimation", International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing 2(2):128 - 137.

MEASUREMENT & AUTOMATION YAZILIMI İLE ONLINE VERİ ALIMI

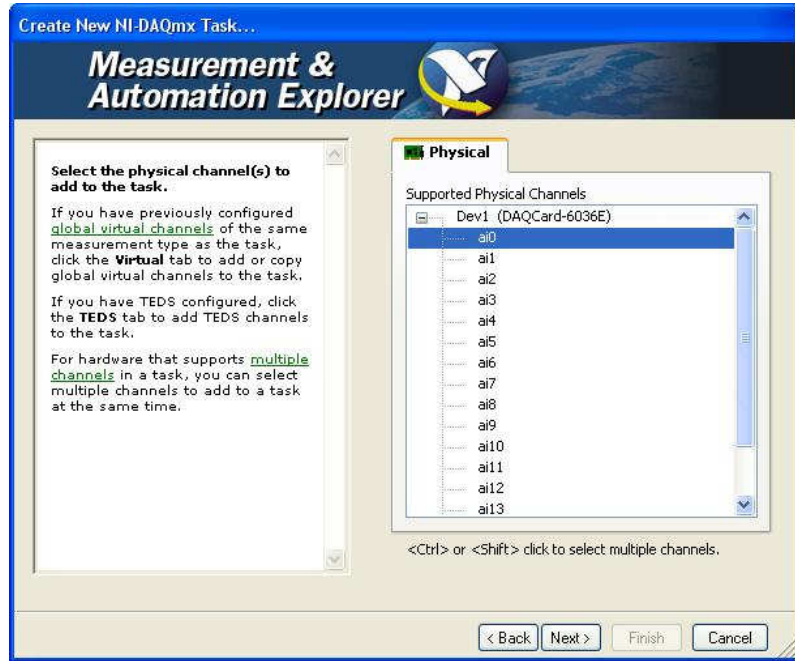
Measurement & Automation Explorer açılarak **My System >> Data Neighborhood** dizininden **NI-DAQmx Tasks** a sağ tıklanar “**Create New NI-DAQmx Task...**” seçilir.



Gelen ekrandan **Acquire Siganls >> Analog Input >> Voltage** seçilir (Ölçüm yapılacak cihaz 0-10V çıkışlı olduğundan Voltage seçilmiştir.).



Bir sonraki ekrandan kartın kullanılacak olan kanalı seçilir ve **Next** butonuna basılır.



Son olarak yaratılacak olan ölçüm sekmesine isim verilerek Finish butonu ile tanımlama tamamlanır.

Create New NI-DAQmx Task...

Measurement & Automation Explorer

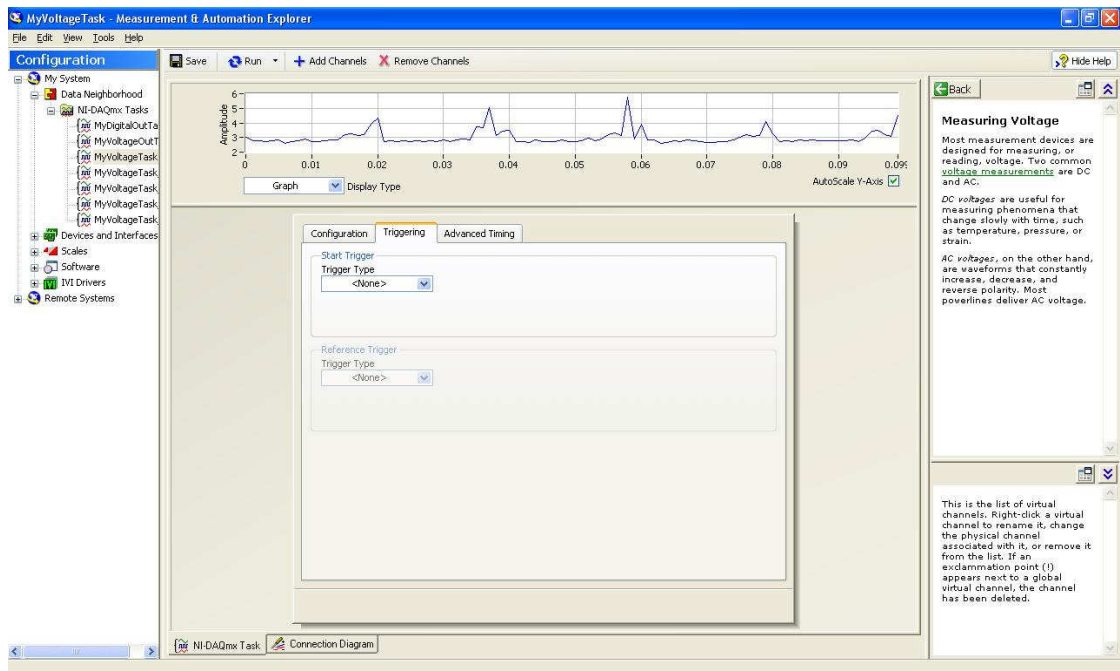
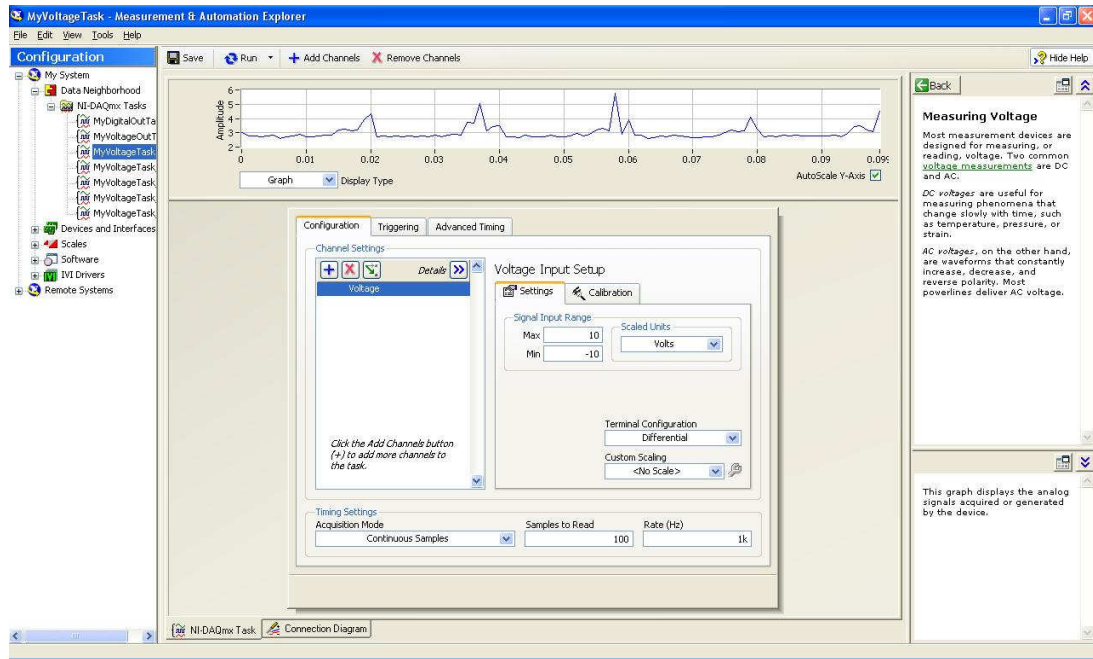
Enter a name for the task.

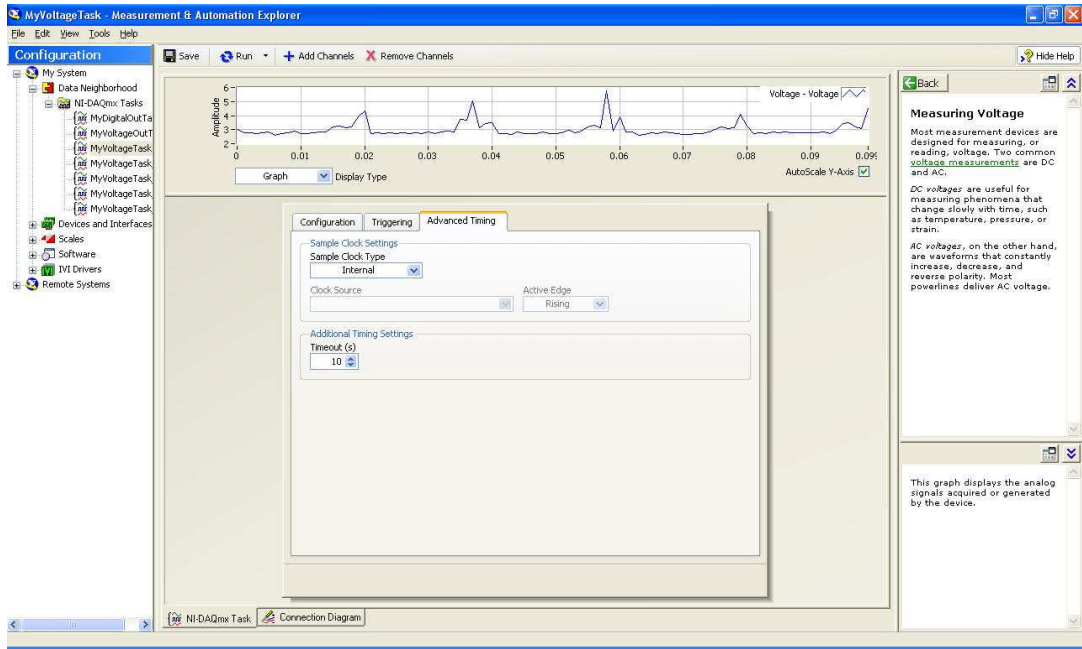
Enter Name:

MyVoltage

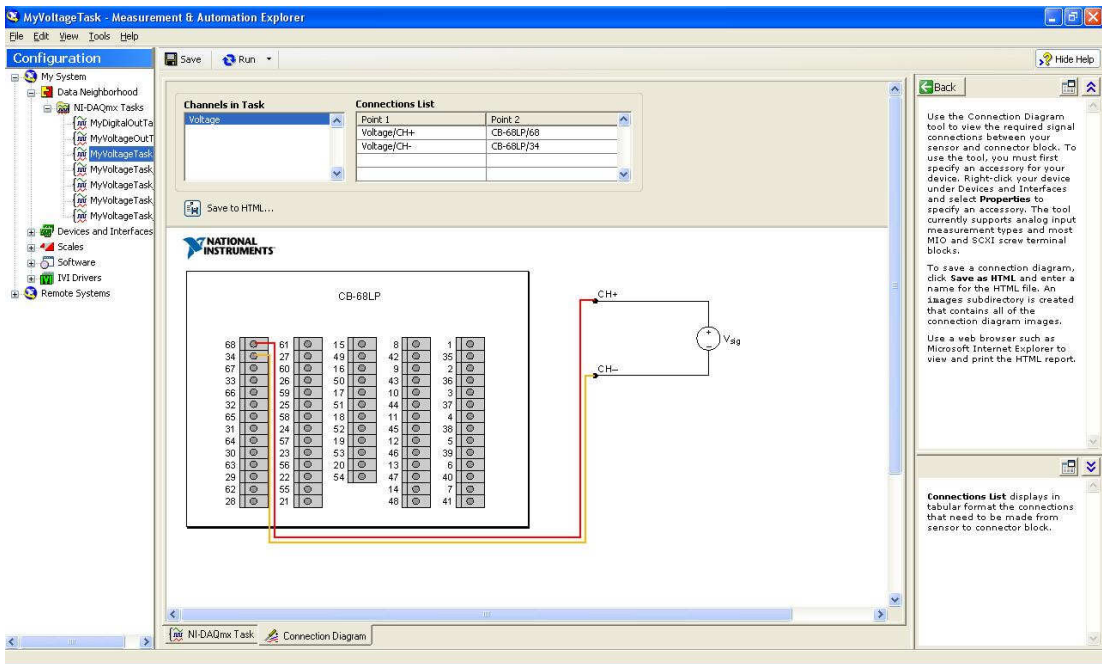
< Back Next > Finish Cancel

Online veri alımı için yaratılan ölçüm sekmesini girilerek ayarlar yapılır.

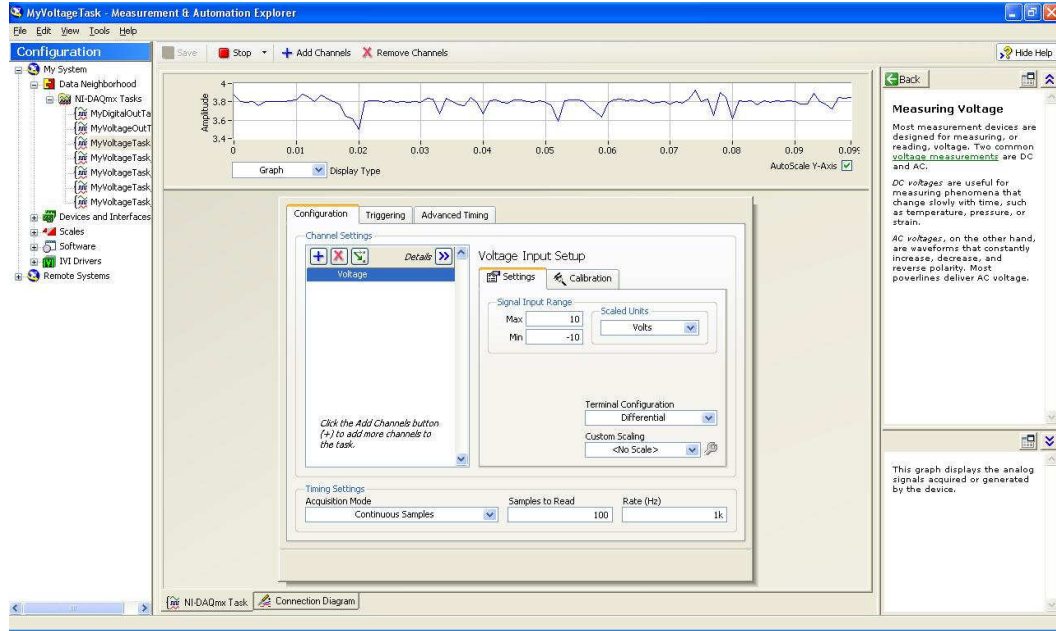




Connection Diagram bölümünden ilgili sensörün bağlantı şekli görülmektedir.

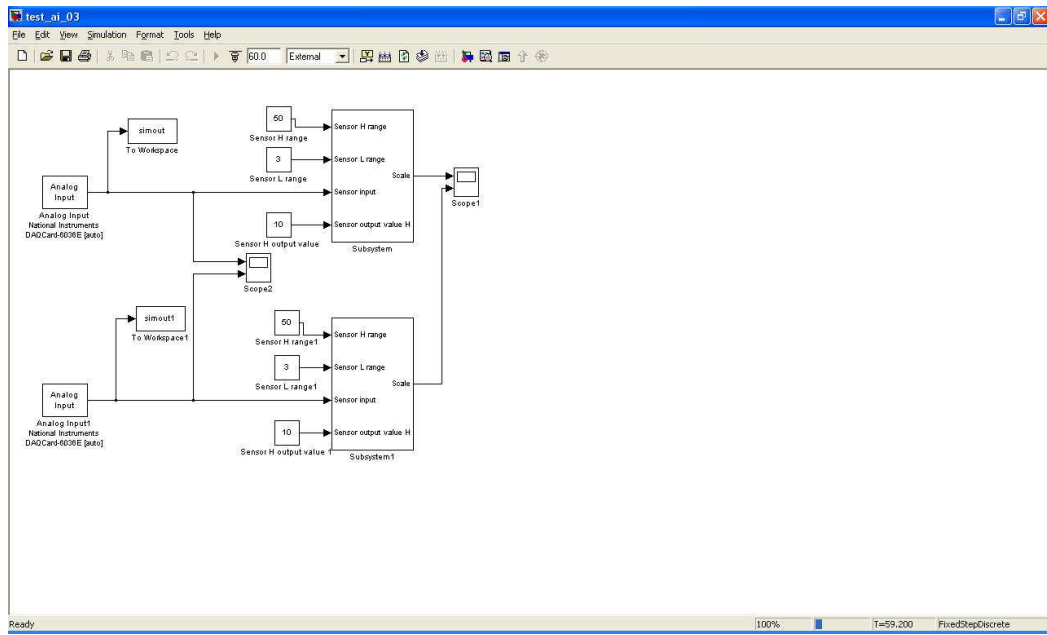


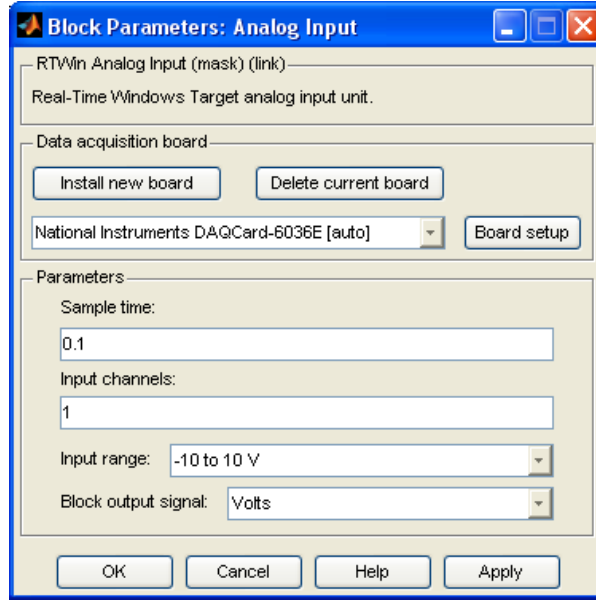
Bütün ayarlamalar ve sensör bağlantıları yapıldıktan sonra **RUN** butonuna basılarak sensörden veri alınmaya başlanmaktadır. İşlem sonlandırılmak istendiğinde de **STOP** butonuna basılmalıdır (Continuous Samples için).



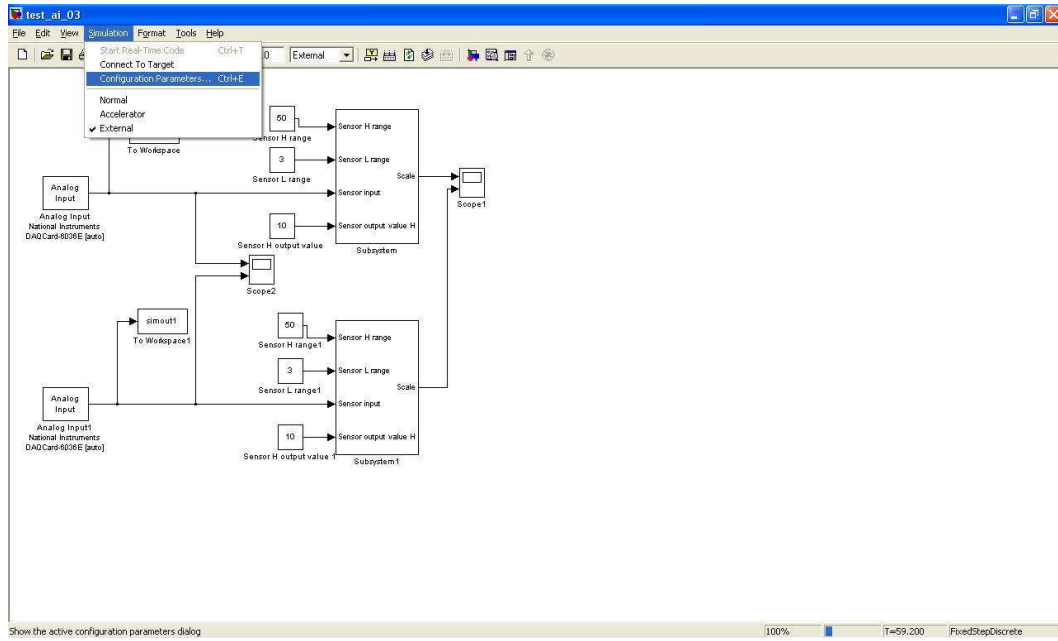
ÖRNEK SIMULINK AI UYGULAMASI VE AYARLARI

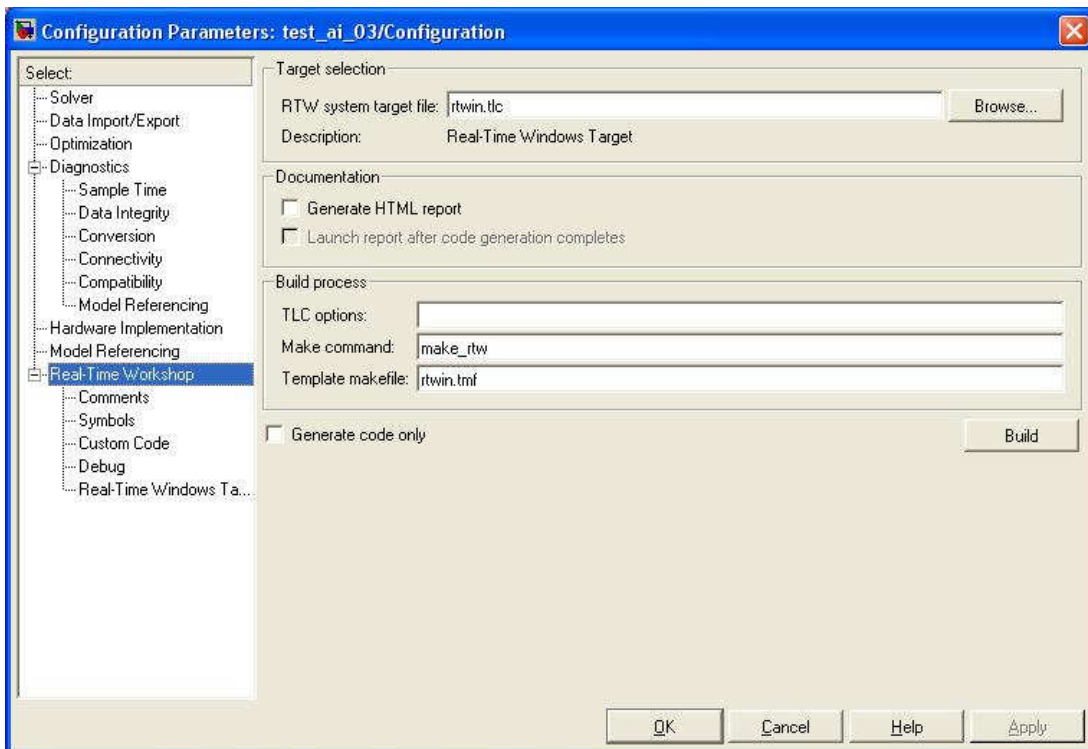
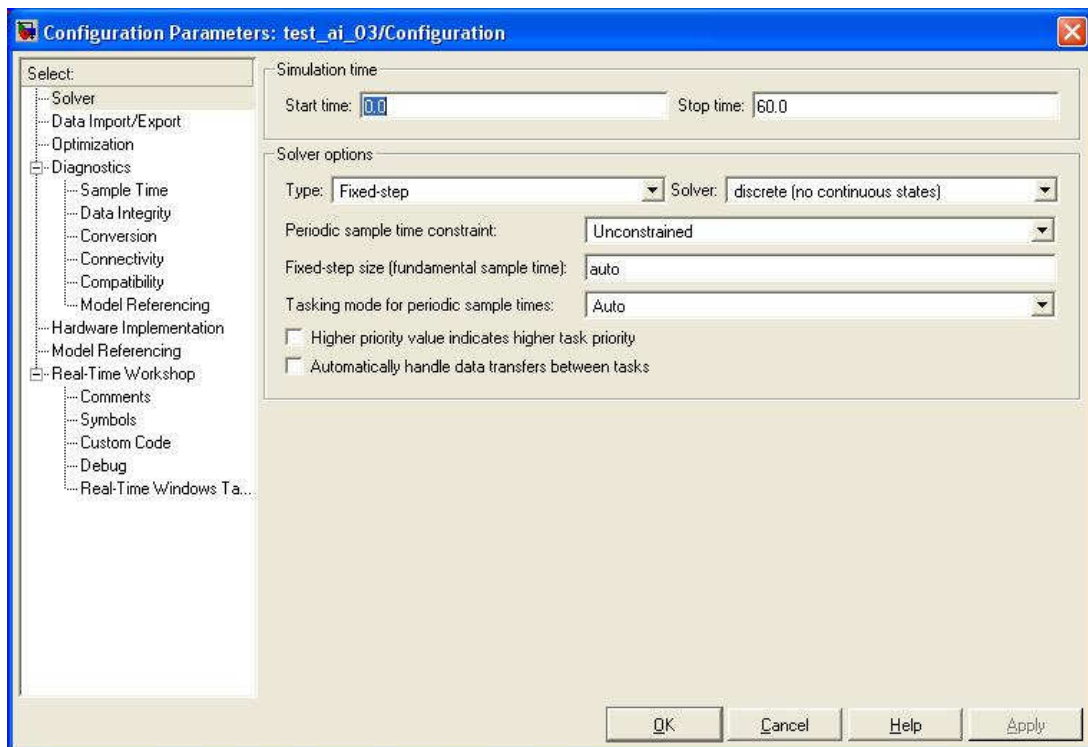
Simulink çalışma ekranına Analog Input eklenerek ayarları yapılır. Burada input kanalına dikkat edilmelidir. Measurement & Automation yazılımında seçilen ve buna göre bağlantısı yapılan kanalın simulinkte bir fazlası seçilmektedir. (Measurement & Automation --- Kanal 0 – Simulink Kanal 1 e denk gelmektedir.)



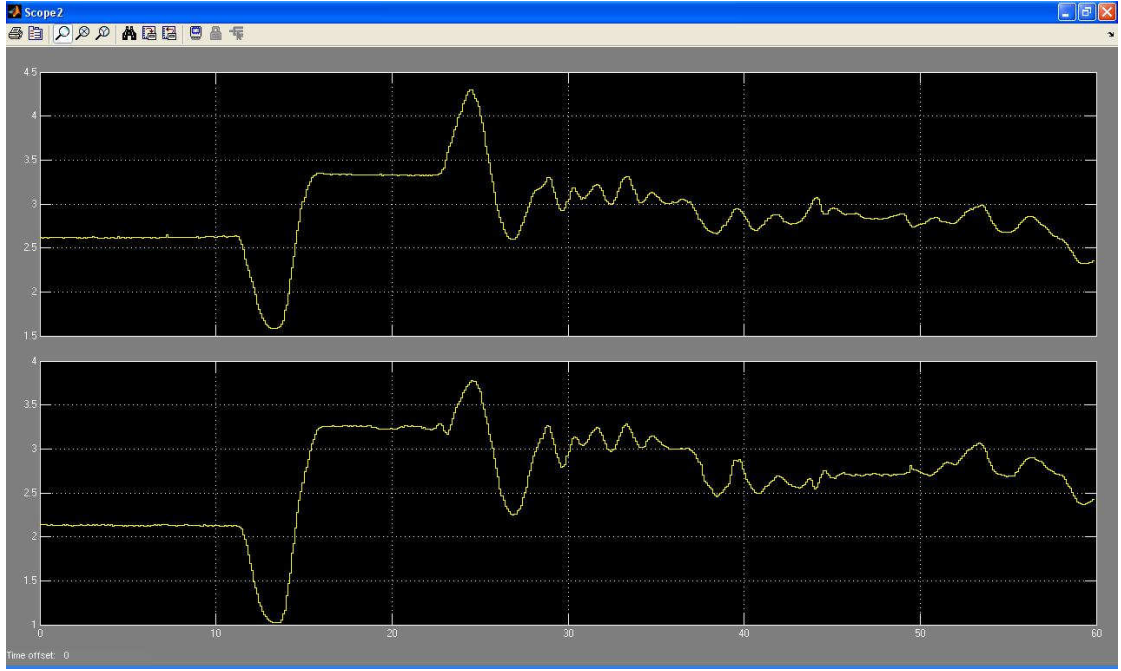


İlgili simulink ayarları aşağıda görüldüğü gibi yapılır.





Online olunduğunda 2 sensörden alınan veri aşağıda görülmektedir.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Ömer İzzet TURGUT
Doğum Tarihi ve Yeri :31.03.1986 / Edirne
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :turgut.omer@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Elektrik Mühendisliği	T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi	2008 - 2011
Lisans	Elektrik Mühendisliği	T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi	2004 - 2008
Lise	Fen - Matematik	Kadir Has Anadolu Lisesi	2001 - 2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2008 – 2011	Siemens I&S	Proje Mühendisi
2007	Siemens	Stajyer
2006	Ford Otosan	Stajyer