



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALGILAMA VE ÖZELLİK ÇIKARTMA TABANLI MANYETİK ARAÇ SENSÖRÜ TASARIMI

Fuat YALÇINLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALGILAMA VE ÖZELLİK ÇIKARTMA TABANLI MANYETİK ARAÇ SENSÖRÜ TASARIMI

Fuat YALÇINLI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Seral ÖZŞEN

2013, 118 Sayfa

Jüri
Danışman Yrd. Doç. Dr. Seral ÖZŞEN
Doç. Dr. Salih GÜNEŞ
Yrd. Doç. Dr. Gülay TEZEL

Günümüz dünyasında, hayatı kolaylaştıracak, güvenliği arttıracak ve tasarruf sağlayacak akıllı sistemler önem kazanmıştır. Bu tip akıllı sistemlerin çalışma yapıları incelendiğinde, ölçme ve değerlendirme yapıları karşımıza çıkmaktadır. Ölçme ve değerlendirme işlemleri çeşitli sensörlerle gerçekleştirilmektedir.

Şehirleşme sonucu günden güne artan ulaşım problemi, özellikle büyük yerleşim yerlerinde insanların güvenlik ve zaman verimliliği açısından yadsınamaz bir önem kazanmaktadır. Bu problemler temelde uygun trafik akış yönetiminin tam verimli gerçekleştirilememesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple trafikte aşırı yoğunlukların oluşması gerçekleşmektedir. Geliştirilen sensör, akıllı kavşak uygulamalarında, radar uygulamalarında, değişken mesaj sistemlerinde, hemzemin geçit sistemlerinde, raylı sistemlerde, otopark gibi giriş-çıkış işlemlerinde ve hareketli tartım sistemlerinde kullanılabilecektir.

Manyetik alan şiddeti, normal durağan durumlarda önemli bir değişkenlik göstermemektedir. Dünyamız üzerinde, 1 Gauss 'un altında manyetik alan mevcuttur. Bu doğrultuda, hareketli iletken cisimler manyetik alanın değerini değiştirir altyapısıyla doğan manyetik entegreler temelli Akıllı Manyetik Araç Sensörü tasarlanmış ve zemine yerleştirilmiştir. Yerleştirilen Akıllı Manyetik Araç Sensörü ile aracın geçişi sırasında yapısındaki ferro-manyetik malzemelerden dolayı araç algılamaları ve araca ait bazı özellik çıkartma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu kapsamda, her türlü yeniliğe ve adaptasyona hazırlıklı devrelerin geliştirilmesi esas alınmıştır. Geliştirilen devrede RS-232 gibi kablolu haberleşme birimleri tasarlandığı gibi, ZigBee gibi kablosuz haberleşme alternatifleri de eklenmiştir. Ayrıca, sistem güneş enerjisi ile beslenebilecek yapıda tasarlanmıştır. Tüm devre gelecekteki taleplere ve ihtiyaçlara uygun olarak tasarlanmış ve bu ihtiyaçlar tahmin edilerek devrenin çizimine dahil edilmiştir.

Trafik mühendisliği alanında çok önemli bir yer tutacak olan Algılama ve Özellik Çıkartma Tabanlı Manyetik Araç Sensörü ile ilgili tasarım ve gerçekleme süreçleri gerçekleştirilmiştir. Trafik Mühendisliği 'nin en önemli sensör yapıları arasında yer alacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Manyetik Araç Sensörü, Akıllı Ulaşım Sistemleri, Manyetik Entegreler, Trafik Mühendisliği, Trafik Sensörleri

ABSTRACT

MS THESIS

DETECTION AND FEATURE EXTRACTION BASED MAGNETIC VEHICLE SENSOR DESIGN

Fuat YALCINLI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING

Advisor: Asst.Prof.Dr. Seral ÖZŞEN

2013, 118 Pages

Jury
Advisor Asst.Prof.Dr. Seral ÖZŞEN
Assoc. Prof. Dr. Salih GÜNEŞ
Asst.Prof.Dr. Gülay TEZEL

Intelligent systems, which making life easier, increasing security and saving, come into prominence in today's world. When we examine working structure of this type intelligent systems, measurement and evaluation structures emerge. Measurement and evaluation procedures are carried out with various sensors.

As a result of urbanization, transportation problems are increasing day by day, especially they are an undeniable importance for safety and time efficiency of people in large settlements. Mainly, these problems occur because of not having traffic flow management as fully productive. Therefore, excessive intensity occur in traffic. The developed sensor can be used in smart intersection applications, radar applications, variable message systems, the level crossing systems, rail systems, the input-output operations as parking and weighing in motion systems.

Magnetic field violence doesn't change markedly at stable state. Earth has magnetic field under 1 gauss violence. At this direction, moving conductive objects change the magnetic field value, magnetic IC's are produced with this infrastructure. Magnetic IC's are fundamental of Smart Magnetic Vehicle Sensor, which is mounted on road. Smart Magnetic Vehicle Sensor can be done detecting vehicle and determining some specifications of vehicle thanks to ferromagnetic materials of vehicle. Therefore, developed circuits are ready for all kinds of innovations and adaptation. There is a cable communication as RS232 in circuit. Besides, there is a wireless communication as ZigBee. Additionally, system can work with solar energy. All circuits are designed in accordance with the demands and needs of the future and are included in drawing of circuit with estimating these needs.

Implementation and design studies were carried out regarding with Detectıon and Feature Extraction Based Magnetic Vehicle Sensor, which will hold a very important place in the field of traffic engineering. It is expected to take place between structures of the most important sensor in field of Traffic Engineering.

Keywords: Magnetic ICs, Smart Magnetic Vehicle Sensor, Smart Transportation Systems, Traffic Engineering, Traffic Sensors

ÖNSÖZ

Trafik mühendisliği, dünyada çok önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Yurtdışındaki üniversitelerde, Trafik Mühendisliği bölümleri var olmaktadır. Ülkemizde de bu anlamda bir bilinçlenme ve yerli trafik sistemleri konusunda bir yapılanma gerekliliği vardır. Yurtdışından alınan hazır sensörler ve sistemler, ciddi maliyetlere mal olmaktadır. Yurt içinde kurulan akıllı trafik sistemlerine bakıldığında, sistemi oluşturan parçalarda dış ülkelerden tedarik edilen sensörler, dedektörler ve yazılımlar karşımıza çıkmaktadır. Ülke olarak kendi akıllı trafik sistemlerimizi kurabilecek bir alt yapının oluşması ve bu konuda bilinçlenme sağlamak, bu çalışmanın amaçları arasında yer almıştır. Bu doğrultuda, ulaşım sistemlerinde evrensel olarak kullanılmak üzere bir sensör tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamın başlangıcından bitimine kadar, benden yardımlarını esirgemeyen pek çok kişiye teşekkür borçluyum. Özellikle değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Seral ÖZŞEN 'e bana ayırdığı değerli zaman ve sağladığı destek için minnettarım. Tez süresince benden yardımını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. S. Sinan GÜLTEKİN 'e teşekkürlerimi sunarım. Bu fikrin doğmasında önemli bir yere sahip olan ENC Mühendislik sahibi Sayın H. İbrahim ENEÇ 'e ve bu çalışmamı maddi ve teknik altyapı olarak destekleyen Rayennur Elektronik Ulaşım Endüstrisi San. Tic. Ltd. Şti. kurumuna teşekkürlerimi sunarım. Tezin bazı aşamalarında yardımını esirgemeyen Sayın Ahmet AKSU 'ya teşekkür ederim. Son olarak ta; gösterdiği sabır ve destek için aileme minnettarım.

Bu tezin altyapısını oluşturduğu 'Manyetik Adaptif Kavşak Kontrolü' adlı projemizi de Teknogirişim Sermayesi Desteği programı altında 100.000 TL 'lik hibe ile destekleyerek yerli trafik sistemlerine katkıda bulunan Bilim ve Sanayi Teknoloji Bakanlığı 'na teşekkürü bir borç bilirim.

Fuat YALÇINLI
KONYA-2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. TRAFİK VERİ ANALİZİ VE ÖZELLİK ÇIKARTMA TEMELLİ SENSÖR YAPILARI **6**

3.1. Endüktif Kapalı Devre Sistemleri 6
3.1.1. Endüktif kapalı devre sisteminin avantajları ve dezavantajları 9
3.2. Mikrodalga Radar Sensörler 10
3.2.1. CW mikrodalga radarlar 13
3.2.1.1. Karıştırma katı 15
3.2.2. FMCW mikrodalga radarlar 16
3.2.3. Mikrodalga radar sensörler avantajları ve dezavantajları 17
3.3. İnfrared (Kızılötesi) Sensörler 17
3.3.1. Infrared (Kızılötesi) sensörlerin avantajları ve dezavantajları 25
3.4. Akustik Tabanlı Sensörler 25
3.4.1. Akustik tabanlı sensörlerin avantajları ve dezavantajları 32
3.5. Ultrasonik Sensörler 33
3.5.1. Ultrasonik sensör ile mesafe ölçümü 34
3.5.2. Ultrasonik sensör ile hız ölçümü 36
3.5.3. Ultrasonik sensörlerin avantajları ve dezavantajları 38
3.6. Video Görüntü İşleme Tabanlı Sensörler 38
3.6.1. Ön-işlem (Pre-processing) 40
3.6.2. Morfolojik işlemler (Morphological processing) 41
3.6.3. Özellik çıkartma (Feature extraction) 42
3.6.4. Karar verme ve yönetim 42
3.6.5. Video görüntü işleme tabanlı sensörlerin avantajları ve dezavantajları 48

4. ALGILAMA VE ÖZELLİK ÇIKARTMA TABANLI MANYETİK ARAÇ SENSÖRÜ TASARIMI, KULLANILAN MATERYAL VE YÖNTEMLER **49**

4.1. Genel Çalışma Prensibi 49
4.2. Elektronik Devre Katmanları ve Tasarımlar 55
4.2.1. Manyetik katman 55
4.2.1.1. Manyetik entegreler 55
4.2.1.2. Manyetik entegre çıkışındaki sinyalin TTL seviyede elde edilişi 58

4.2.2. Ana işlemci katmanı 62
4.2.2.1. NXP LPC2378 (Philips) 62
4.2.3. Haberleşme katmanı 67
4.2.3.1. Seri Haberleşme (RS232-RS485) 67
4.2.3.2. ZigBee Kablosuz Haberleşme 69
4.2.4. Hafıza katmanı 76
4.2.5. Besleme katmanı 78
4.2.6. I/O katmanı 81
4.2.7. Ana işlemci programlama katmanı 81
4.3. Yazılım Algoritması ve Kullanılan Yapılar 84
4.3.1. Timer 84
4.3.2. I/O portlarını kullanma 85
4.3.3. Kesme 86
4.3.4. Yazılım algoritması 87

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 89

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 96

6.1. Sonuçlar 96
6.2. Öneriler 97

KAYNAKLAR 98

EKLER 100

ÖZGEÇMİŞ 118

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

V : Araç hızı [m/s]

L : Araç uzunluğu [m]

t_1 : Araç 1. loop dedektöre giriş zamanı [s]

t_2 : Araç 2. loop dedektöre giriş zamanı [s]

ot_i : Aracın dedektör üzerinden geçme zamanı [s]

c_0 : Işık hızı = $3 \cdot 10^8$ [$^m/_s$]

Δt : Geçen zaman süresi [s]

R : Anten- nesne (yeryüzünde) arası mesafe [m]

T_{BV} : Aracın görünür sıcaklığı [Kelvin]

T_{sky} : Gökyüzü sıcaklığı [Kelvin]

εV : Yol yüzeyinin yayılım gücü

εr : Aracın yayılım gücü

v : Dalganın ortamdaki yayılım hızı [m/s]

f : Frekans [Hz]

λ : Dalga boyu [nm]

ρ_0 : Karıştırılmamış sıvı yoğunluğu [kg/m^3]

ΔV : Hacimdeki değişiklik [m^3]

Δp : Basınçtaki değişiklik [N/m^2]

V : Hacim [m^3]

γ : Gaz için sıcaklık oranı

p_0 : Gaz basıncı [N/m^2]

θ_1 : Gelme açısı

θ_2 : Kırılma açısı

V_1 : Akustik dalganın birinci ortamdaki yayılma hızı [m/s]

V_2 : Akustik dalganın ikinci ortamdaki yayılma hızı [m/s]

c : Akustik dalganın bir ortamdaki yayılma hızı [m/s]

d : Ortam yoğunluğu

z : Ortamın karakteristik empedansı [ohm]

r : Şiddet yansıma katsayısı

F_D : Doppler kayması

B : Manyetik akı yoğunluğu [Wb/m^2]

J : Akım yoğunluğu [amper]

μ0 : Hava geçirgenliği

μr : Ortamın bağıl geçirgenliği

f_{kesim} : Kesim frekansı [Hz]

Kısaltmalar

TTL : Transistor-Transistor Logic

I/O : Input /Output

ITS : Intelligent Traffic Systems

EMI : Elektromanyetik Parazit

CCD : Charge Coupled Device

CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor

CCTV : Closed - Circuit Television

RADAR: Radio Detection And Ranging

LED : Light-Emitting Diode

ATA : Adaptive Threshold Algorithm

DMP : Değişken Mesaj Panoları

GMR : Giant Magneto-Resistive

AMR : Anisotropic Magneto-Resistive

CW : Continuous Wave

FMCW: Frequency Modulated Continuous Waves

DCT : Discrete Cosine Transform

DMS : Değişken Mesaj Sistemi

RF : Radio Frequency

EEPROM: Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory

SD : Secure Digital

FM : Ferromanyetik Metal

NM : Non-Ferromanyetik Metal

CMR :Colossal Magneto Resistance

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers

PDA : Personal Digital Assistant

MAC : Medium Access Control

PHY : Physical

FDD : Full Function Devices

RFD : Reduced Function Devices

USB : Universal Serial Bus

CAN : Control Area Network

ADC : Analog Digital Converter

DAC : Digital Analog Converter

SPI : Serial Peripheral Interface

PWM : Pulse Width Modulation

WLAN: Wireless Local Area Network

WPAN: Wireless Personal Area Network

GND : Ground

GPIO : General Purpose IO

FIQ : Fast Interrupt Request

IRQ : General Purpose Interrupt Request

1. GİRİŞ

Trafik, günümüzde insanların yaşamlarının içerisinde çok aktif rol oynamakta ve insanların güvenliğini, zamanını, sosyal yaşamlarını, psikolojilerini, sağlıklarını ve maddiyatlarını direkt olarak etkilemektedir. Bu doğrultuda, etkilerin olumlu olması veya olumsuz etkilerin en aza indirgenmesi için akıllı trafik kontrol sistemleri çok önemli bir rol oynamaktadır.

Akıllı trafik kontrol sistemleri vasıtasıyla bir şehrin ulaşım sorunu en aza indirgenmekte, güvenlik maksimum düzeye çıkarken gereksiz zaman ve maddi kayıplar önlenmektedir. Özellikle büyük şehirlerdeki trafik sıkışıklığının sosyal yaşama olumsuz etkisi en aza indirgenmekte, insanların stresten uzak, huzurlu bir şekilde yolculuk etmeleri sağlanmaktadır (Öztürk, 2006).

Akıllı trafik kontrol sistemlerinin temelleri olan sensörler ailesinde aktif olarak kullanılabilecek Akıllı Manyetik Araç Sensörü ile trafik problemlerinin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan Akıllı Manyetik Araç Sensörü ’nün yollara yerleştirilerek kavşak kontrol cihazları ile haberleştirilmesi sonucu trafik ışıklarının yoğunluğa göre düzenlenmesi mümkün olacaktır. Bu projede gerçekleştirilen Algılama ve Özellik Çıkartma Tabanlı Manyetik Araç Sensörü, yoğunluğa göre trafik ışıklarını düzenleyen kavşakların temelini oluşturacaktır. Bu uygulamanın yanı sıra, aracın hızına göre herhangi bir ihlal söz konusu olduğunda Akıllı Manyetik Araç Sensörü ile analiz edilen veri, değişken trafik işaretçilerine iletilerek sürücüler daha etkin uyarılabilecektir. Akıllı Manyetik Araç Sensörü, radar uygulamalarında da kullanılabilecektir. Raylara yerleştirilecek olan sensör ile tren algılama ve konum-hız belirleme ile demiryolu bariyer geçiş sisteminin devreye sokulması gibi işlemler de gerçekleştirilebilecektir. Araç algılama temelli otopark sistemleri ve geçiş sistemleri gibi alanlarda da kullanılabilecek olan sensör, daha birçok tünel, hareketli tartım gibi sistemler içerisinde de yer alabilecektir.

Tasarlanan elektronik devrede her türlü giriş-çıkış işlemlerini düzenleyen ve sensörün içerisindeki çevresel yapıları kontrol eden bir mikroişlemci(NXP LPC2378) kullanılmıştır. Araç algılama, hızı belirleme ve ters yönde giden araçları belirleme için

manyetik entegrelerden çıkan sinyaller değerlendirilerek çıkarımlar yapılmıştır. Bu doğrultuda, mikroişlemci tabanlı bir sinyal değerlendirme yapısı oluşturulmuştur. Akıllı Manyetik Araç Sensörü çıkışında, ölçtüğü değerleri belirli bir protokole göre vermektedir. Bu protokol sayesinde kullanıcılar sensörü rahatlıkla kullanabileceklerdir. Yol üzerindeki sensör, ölçtüğü değerleri kablosuz veya kablolu iletişimle gerekli yerlere iletebilmektedir. Bunun için gerekli ZigBee, RS-232 ve RS-485 ile ilgili elektronik devreler geliştirilmiştir. Tasarlanan sensörün ergonomik ve sök-çıkar tabanlı çalışması için güneş enerjisi ile besleme devreleri oluşturulmuştur. Ayrıca, devrede gelecekteki ihtiyaçlar göz önüne alınarak EPROM ve SD kart gibi hafıza birimleri de dahil edilmiştir.

Tezin bundan sonraki kısımlarında, trafik mühendisliği kapsamında günümüzde kullanılan trafik sensör yapıları ve bu çalışmada geliştirilen Akıllı Manyetik Araç Sensörü ’nün özgün yönleri, genel yapısı, çalışma prensibi, elektronik devre tasarım aşamaları, devredeki yapıların çalıştırılması, geliştirme bölümleri, yazılım ve algoritma detayları ve saha testleri ile ilgili detaylar yer almaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Trafik mühendisliği alanında sensörlerle ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Manyetik alan tabanlı veya benzer altyapılara sahip çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Bu kısımda, tez çalışması ile ilişkili olan çalışmalar verilmiştir.

Jiagen (Jason) Ding ve arkadaşları (2004) 'Signal Processing of Sensor Node Data for Vehicle Detection' adlı makalede, akustik ve manyetik sinyallerin işlenmesine dayalı bir araç algılama algoritması geliştirmişlerdir. Akustik ve manyetik sinyalleri temel alan bu algoritmaya Adaptive Threshold Algorithm (ATA) adı verilir. Gerçek zamanlı olarak bu algoritma ile araç algılama konusunda verimliliği ön plana çıkaran bir çalışma ortaya çıkarmışlardır.

Nadir AYDEMİR (2008) 'RF Haberleşmeli Trafik Yoğunluğu Analiz Sistemi Uygulaması' adlı çalışmasında, endüktif dedektör ile araç algılayarak RF haberleşme kanalı ile kontrol ünitesine ileterek gerçek zamanlı trafik takip sistemini gerçekleştirmiştir. Sistemin temelini 16f877 mikrodenetleyicisi üzerine kurgulamıştır.

Hang Liu ve arkadaşları (2009) 'Commercial Vehicle Classification using Vehicle Signature Data' adlı çalışmada, endüktif döngü sensörleri ve manyetik sensörlerin karşılaştırılmasına yönelik bir araştırma yapmışlardır. Performans sonuçlarına göre araç sınıflandırmada kullanılan endüktif döngü sensörlerinin manyetik sensörlere göre daha verimsiz olduğunu gözlemişlerdir. Manyetik sensörlerin değerlendirmesinde %93,5 'luk bir doğruluk oranı elde etmişlerdir.

Wei Zhang ve arkadaşları (2010) 'A Distributed Threshold Algorithm for Vehicle Classification Based on Binary Proximity Sensors and Intelligent Neuron Classifier' adlı makalede, yaklaşım tipi sensörlerle araç sınıflandırma yapısı üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Araçların yaklaşım tipi sensördeki manyetik alanı bozmasını temel alan bu çalışmada ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümlere göre %90 'lık doğruluk oranı elde edilmiştir.

Stanley G. Burns (2009) ’In-Situ Vehicle Classification Using an ILD and a Magnetoresistive Sensor Array’ adlı çalışmasında, araç sınıflandırmayı konu almıştır. Araştırmada endüktif loop dedektör ve magnetoresistive sensör temelli iki farklı sistem kurmuştur. Değişik araç sınıflarını kullanarak bu sensörlerin çıkışlarındaki sinyalleri gözlemiştir. Değişik sınıflara göre ayırt edilebilecek ve işlenebilecek sinyaller elde etmiştir.

Sing Yiu Cheung ve arkadaşları (2004) ‘Traffic Measurement and Vehicle Classification with a Single Magnetic Sensor’ adlı çalışmada, araç algılama, hızı ölçme ve sınıflandırma özelliklerine sahip manyetik tabanlı bir sensör gerçekleştirerek bu sensörü test amaçlı bir caddeye yerleştirmişlerdir. Kavşaklarda ve trafik ölçümlerinde maliyet açısından çok avantajlı olduğunu vurgulayan Sing Yiu Cheung ve arkadaşları, geliştirilen sensörü belli bir zaman gözlemiş ve değerler üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu araştırmaya göre araç algılama konusunda %99 ’luk bir oran elde edilmiştir. Araç hızı ve sınıflandırma konusunda da %90 ’lık bir doğruluk tespit etmişlerdir.

Hamid Reza Hajimohammadi (2009) ‘Classification of Data Series at Vehicle Detection’ adlı çalışmada, araç sınıflandırma konusu üzerine algoritmalar geliştirmiştir. Araç sınıflandırma ile ilgili sinyalleri elde etmede fouirer dönüşümü temelli bir algoritma kullanmıştır. Araç sınıflandırmada, birçok algoritmayı kullanan Hamid Reza Hajimohammadi en çok verimi Adaptif Spektral ve Dalgacık Analizi tabanlı algoritmadan sağlamıştır. Adaptif Spektral ve Dalgacık Analizi tabanlı algoritmadan çıkan özellik vektörlerinin incelenmesiyle %76 ’lık bir doğruluk oranı yakalamıştır.

İbrahim Delibaşoğlu, İrfan Kösesoy ve Ahmet Akbaş (2011) ‘GMR Sensörler ile Gerçek Zamanlı Trafik Verilerinin Elde Edilmesi için bir Gömülü Sistem Tasarımı’ adlı bildiride, manyetik entegre tabanlı devre tasarlayıp üzerinden muadil mini araç geçirerek sinyaller elde etmişlerdir. Bu sinyaller üzerinde çapraz korelasyon algoritmasını kullanarak aracın hızını ve uzunluğunu ölçmüşlerdir. Bu çalışmada bölgesel bazda trafik verileri amaçlanmıştır.

Carl H. Smith ve Robert W. Schneider (2002) ‘Chip-Size Magnetic Sensor Arrays’ adlı makalede, GMR manyetik sensörü ile ilgili genel bir araştırma

yapmışlardır. Manyetik sensörlerin sanayide giderek yaygınlaştığını vurgulayan Carl H. Smith ve Robert W. Schneider, sanayideki yapıların maliyetlerinin manyetik sensör ile düştüğünü vurgulamışlardır. Katı hal teknolojisinin en önemli nimetlerinden olan GMR sensörlerinin ölçme ve değerlendirme kapasitesinin diğer kullanılan sensörlere göre çok daha yüksek olduğunu söylemişlerdir. Daha kesin ölçümler için GMR sensörlerinin giderek yaygınlaşacağını ve aynı işi yapan ekipmanlara karşı çok önemli bir maliyet avantajının olduğunu vurgulamışlardır.

Manish Prakash Srivastava (2010) 'Vehicle Tracking in Wireless Sensor Network using Magnetic Sensors' adlı çalışmada, üniversitede yaptığı araştırmada araç algılama ve takip konusu üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Araç algılama ve takipte AMR sensörleri kullanan Manish Prakash Srivastava, Kalman and Particle filtre temelli algoritmalar geliştirmiştir. Takipte tek araç için geliştirdiği algoritmayı daha sonra birden fazla araçların takibi için düzenlemiştir. Birden fazla araç takibinde küme takip algoritmasından yararlanmıştır.

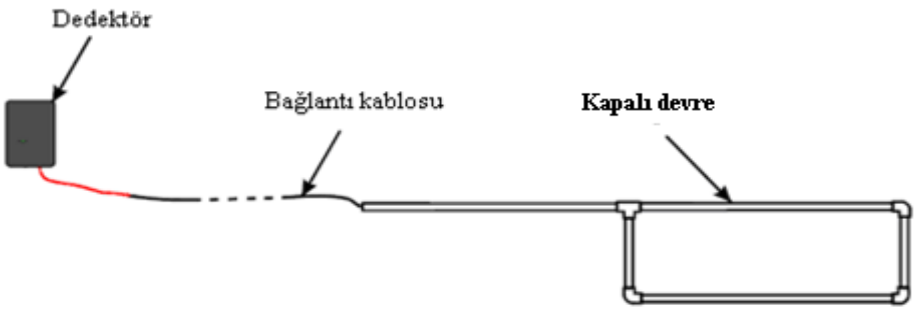
Jun Xing ve Qı Zeng (2007) 'A Model Based Vehicle Detection and Classification Using Magnetic Sensor Data' adlı çalışmada, üniversitede manyetik sensör temelli araç algılama ve araç sınıflandırma üzerine araştırma yapmışlardır. Manyetik dipollerinin kombinasyonundan oluşturdukları sistemde araç algılama ve araç sınıflandırma ile ilgili sinyaller elde etmişlerdir. x-y-z olmak üzere üç eksenli elde ettikleri sinyallerle araç sınıflandırma konusunda algoritmalar geliştirmişlerdir.

K. Dimitropoulos ve arkadaşları (2006) 'Detection, Tracking and Classification of Vehicles and Aircraft based on Magnetic Sensing Technology' adlı makalede, manyetik temelli algılama ve sınıflandırma sistemlerinin havaalanlarındaki uygulamalarını incelemişlerdir. Havaalanı güvenliği açısından ve belirlenmesi gereken parametreler olan uçakların sınıflandırılması ve algılanması için manyetik sensörlerin kullanılmaya başlanıldığını vurgulamışlardır. Test amaçlı 2 havaalanında kullanılan sensörlerle ilgili olumlu sonuçlar alındığını ve giderek bu sensörlerin kullanımının artacağını vurgulamışlardır.

3. TRAFİK VERİ ANALİZİ VE ÖZELLİK ÇIKARTMA TEMELLİ SENSÖR YAPILARI

3.1. Endüktif Kapalı Devre Sistemleri

Bir endüktif kapalı devre araç algılama sistemi 3 ayrı yapıdan oluşur. Bunlar halka halinde izoleli bakır iletkenden sarılmış bobin(loop), loop bağlantı kablosu ve dedektördür. Şekil 3.1.'de böyle bir sistem görülmektedir.



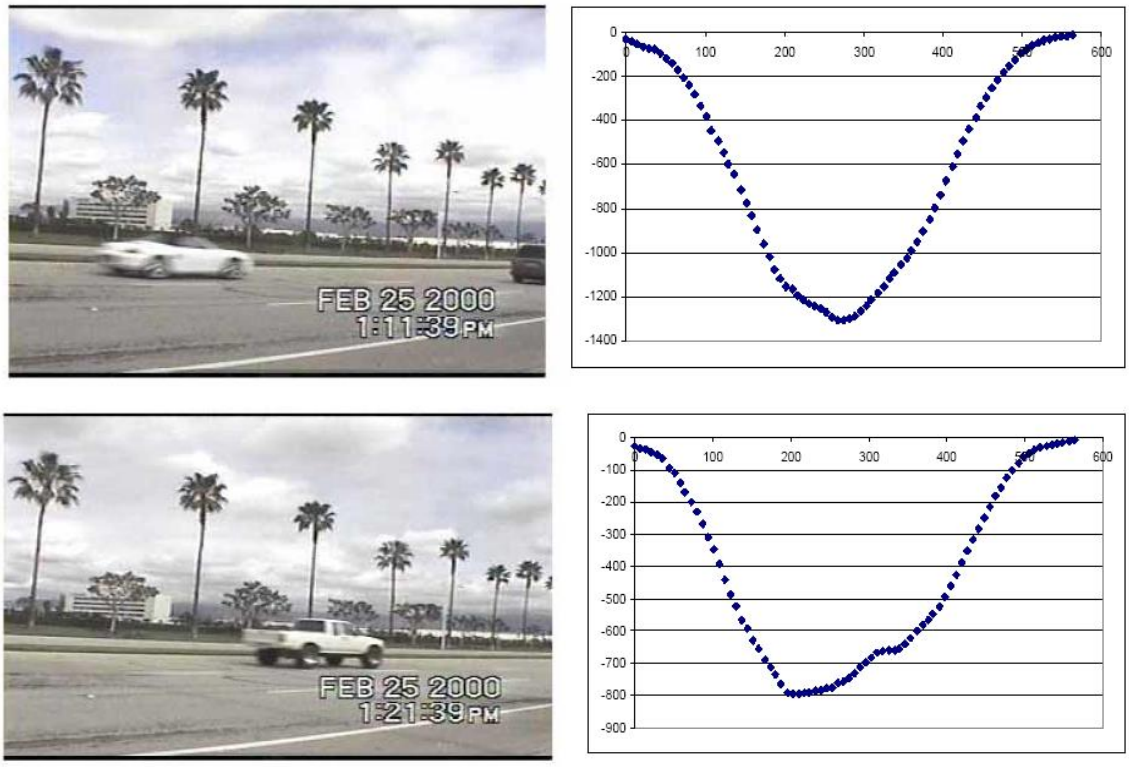
Şekil 3.1. Endüktif Kapalı Devre Sistem Yapısı

Kapalı devre endüktif araç algılayıcı sistemleri trafik akışının izleneceği yolda, Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi loop zeminin 5-10 cm altına yerleştirilir. Bağlantı kablosuyla da dedektöre bağlanır ve üzeri kapatılır. Sistem çalıştırıldığında loop kısmında bir manyetik alan oluşur. Oluşan bu alana bir metal yoğunluğu fazla olan araç gibi cisimler girerse girdap akımları bu metal üzerinde dolaşır. Girdap akımları oluşan manyetik alana zıt bir alan oluşturarak loop üzerindeki manyetik alanın bozulmasına sebep olurlar (Aydemir, 2008).



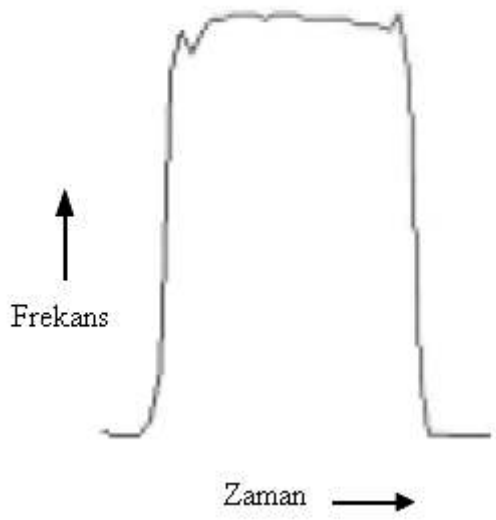
Şekil 3.2. Endüktif Kapalı Devre Sisteminin Yola Yerleşimi

Şekil 3.3'de bir yola yerleştirilen endüktif döngü elemanı üzerinden geçilmesi esnasında oluşan değişim gözlenmektedir. Araçların, endüktif kapalı devre sisteminin üzerinden geçtiği anlarda sistemin endüktans değerinin düştüğü görülmektedir. Araçlar geçtiği anda oluşan girdap akımlarından dolayı var olan manyetik alan bozulmaktadır.



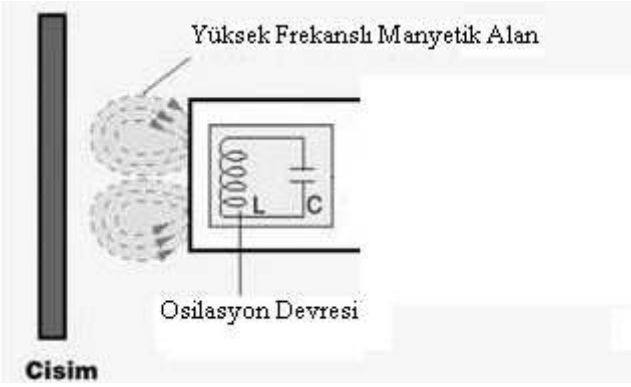
Şekil 3.3. Aracın Geçmesine Endüktif Kapalı Devre Sisteminin Tepkisi

Bu bozulmayla birlikte loop 'un gösterdiği endüktans değeri düşer. Endüktans değeri düştüğü için rezonans frekansı artar. Şekil 3.4'deki grafikte bu artış görülmektedir.



Şekil 3.4. Geçen Araç ile Birlikte Rezonans Artışı

Bu akım yüksek bir değere ulaştığında bir yük artışına sebep olur ve Şekil 3.5.'de de görülen dedektörün içindeki osilatörü durdurabilir.

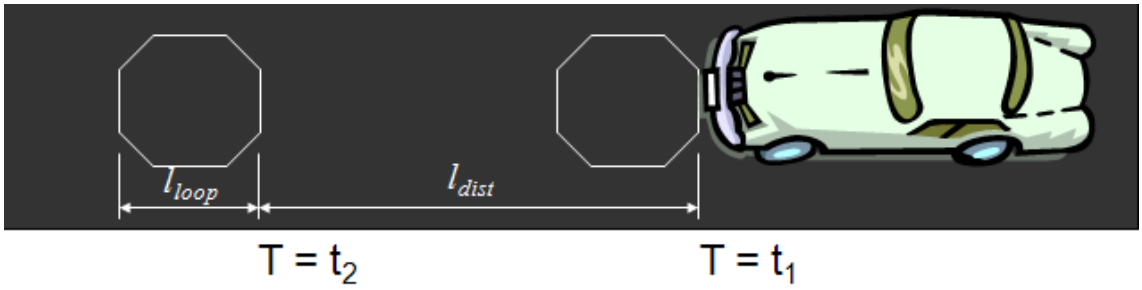


Şekil 3.5. Endüktif Algılayıcı

İşte bu anda çıkışta bir durum değişikliği olduğu için araç algılaması yapılmış olur. Yani endüktif sensör, iletken malzeme içerisinde girdap akımı kayıplarının neden olduğu bir rezonans devresinin kalite faktöründeki değişikliğin fiziksel etkisinden yararlanır. Sistemin algılama mesafesi kullanılan loop 'un boyutları ile ilgilidir (Aydemir, 2008).

Endüktif kapalı devre sistemi ile hız belirleme ve araç sınıflandırma işlemleri de yapılabilir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi araç loop dedektöre girmesiyle birlikte yukarıda

bahsedilen değişiklikler olacak ve 1. loop dedektöre giriş zamanı (t_1) tutulabilecektir. 2. loop dedektör içinde aynı değişiklikler geçerli olacak ve 2. loop dedektöre giriş zamanı (t_2) tutulacaktır. Daha sonra basit bir hesaplama ile hız belirlenebilir. Ayrıca aracın loop dedektör üzerinden geçme süresi de belirlenebileceği için aracın uzunluğu da tespit edilebilir. Dolayısı ile araç sınıflandırma mümkün hale gelmektedir.



Şekil 3.6. Çift Loop Dedektörlü Yapı

$$V = \frac{l_{dist}}{t_2 - t_1} \tag{3.1}$$

$$L = \frac{V(ot_2 + ot_1)}{2} \tag{3.2}$$

V= Aracın hızı

L= Aracın uzunluğu

t_1= Aracın 1. loop dedektöre giriş zamanı

t_2= Aracın 2. loop dedektöre giriş zamanı

ot_i = Aracın dedektör üzerinden geçme zamanı

3.1.1. Endüktif kapalı devre sisteminin avantajları ve dezavantajları

Avantajları;

- Çeşitli uygulamalarda kullanılabilen esnek bir tasarıma sahiptir.
- Bugüne kadar birçok sistemde kullanıldığı için altyapı oluşturmaktadır.
- Müdahale süresi ve maliyeti düşüktür.
- Temel trafik parametrelerini (hız, algılama, uzunluk) sağlar.

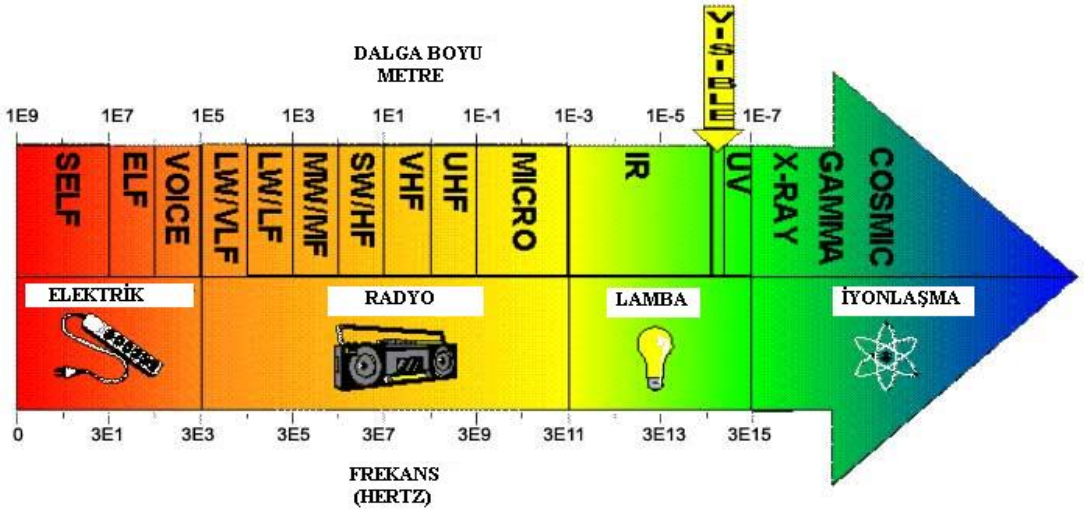
- Sınıflandırma yapabilir.
- Olumsuz çevre koşullarından etkilenmemektedir.

Dezavantajları;

- Kurulum ve onarım sırasında trafiğin kapatılması gerekir. Bu esnada en az bir şerit kapatılır.
- Kötü yol yüzeylerinde başarısız sonuçlar verebilir.
- Olası bir yol bakımında tekrar sökülmesi gerekebilir.
- Asfaltın yol ömrünün azalmasına yol açar.
- Rutin bakım gerektirir.

3.2. Mikrodalga Radar Sensörler

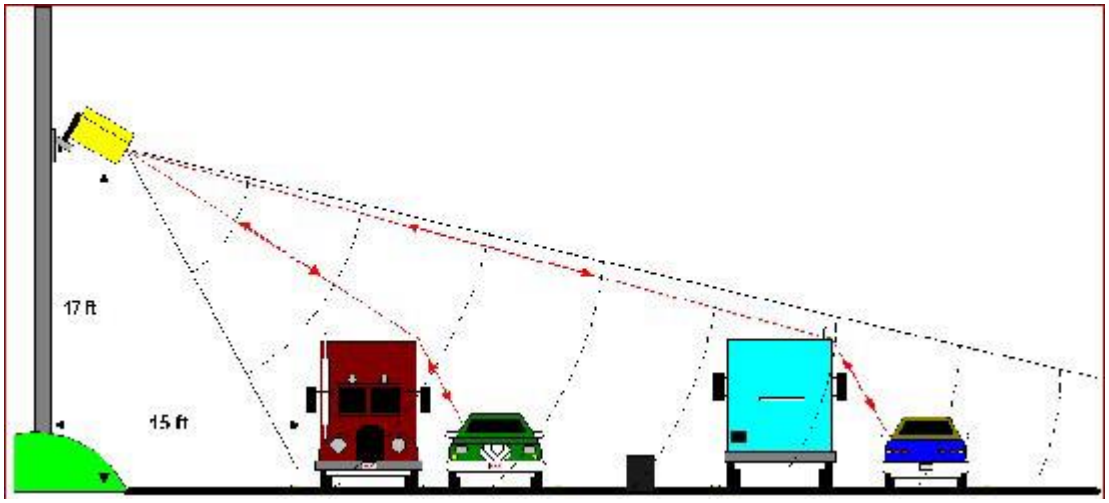
Mikrodalga frekansları genel olarak 300-300.000 MHz frekans aralığını kapsar. Mikrodalgalar elektromanyetik dalga olarak yayılırlar, radarlarda, mikrodalga fırınlarında, cep telefonlarında, kablosuz Internet erişiminde, Bluetooth kulaklıklarda, mağaza güvenlik sistemlerinde, mikrodalga frekansları kullanılır. "Mikrodalga" sözü elektromanyetik dalganın dalga boyunun 1 metreden kısa olduğu frekansları tanımlar. Dalga boyunun 1 cm 'den kısa olduğu frekanslara (30-300 GHz aralığı) "milimetrik" dalga ismi de verilir. Dalga boyunun 1 mm 'den kısa olduğu frekanslara (300-3000 GHz) "submilimetrik" dalga ismi verilir.



Şekil 3.7. Frekans Spektrumu

Şekil 3.7.'deki frekans spektrumunda görüldüğü gibi, mikrodalga fırınlarda kullanılan mikrodalgaların frekansı TV dalgalarının üstünde ve radar dalgaları ile aynı frekans bölgesinde yer almaktadır. Aynı zamanda mikrodalgalar iyonize olmayan ışınlar bölgesinde yer almaktadır. İyonize olmayan ışınlar maddenin moleküler yapısına ve canlı hücrelerin yapısına bir zarar vermezler. İyonize olan ışınlar ise yüksek frekanslıdır ve maddelerin, hücrelerin yapısında kalıcı hasarlara yol açabilirler.

Radar, kısaca kapsama alanında bulunan nesnelere gönderdiği elektromanyetik sinyallerin ekosunu algılayan bir cihazdır. RAdio Detection And Ranging ifadesinin baş harflerinden türetilmiş bir kelimedir. Şekil 3.8.'de bir mikrodalga radar araç algılama sistemi görülmektedir.



Şekil 3.8. Mikrodalga Radar Sensörü

Şekil 3.8.'den de görüldüğü üzere mikrodalga radar kapsama alanı boyunca sürekli bir enerji göndererek yayınım yapmaktadır. Bir araç kapsama alanına girdiğinde radarın gönderdiği bu enerji cisimden yansıyacak ve radarın alıcı ünitesi bunu algılayıp, bu veriyi trafik akış parametrelerine çevirir. Mikrodalga radar sistemleri yoğun kavşaklarda trafiği yönlendirmek için de kullanılabilir (Aydemir, 2008). Şekil 3.9.'da örnek bir mikrodalga sensörü görülmektedir.



Şekil 3.9. Örnek Bir Mikrodalga Sensörü

Bir mikrodalga radarın çalışma prensibi Şekil 3.10.'da gösterildiği gibidir. Trafik uygulamalarında kullanılan mikrodalga sensörler bu tip kurulumla çalışmaktadır (Martin, 2003).



Şekil 3.10. Mikrodalga Sensörü Sistem Yapısı

Mikrodalga radar, yol üzerinde yaklaşan araçların elektromanyetik enerjisinden yararlanarak tespit işlemini gerçekleştirmektedir. Değişen hava koşullarından etkilenmeyen bu algılayıcılar, gece ya da gündüz çalışabilme yetisine sahiptir. Ebat olarak küçük olan bu algılayıcıların kurulumu veya bakımı sırasında trafiğin kapatılması gerekmemekte ve birden fazla şerit için bir tanesi yeterli olmaktadır. Diğer taraftan işletmesi ya da bakımı için gereken lisans ihtiyacı ve güçlü sinyale kilitlenmesi, mikrodalga radarın dezavantajları arasındadır (Memiş, 2008).

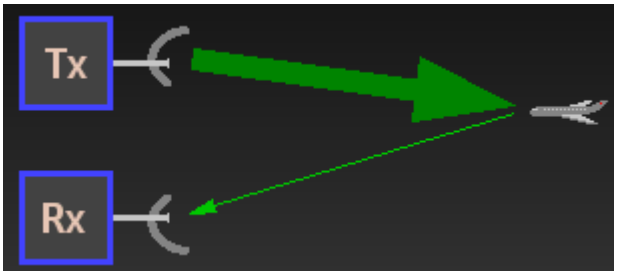
Ulaşım sistemlerinde kullanılan mikrodalga radar çeşitleri iki ana başlıkta toplanabilir. Bunlardan birincisi, sürekli dalga verici yapısındaki CW (Continuous Wave) Doppler dalga formundaki radarlar, ikincisi ise frekans modülasyonlu sürekli dalga verici yapısındaki FMCW (Frequency Modulated Continuous Waves) radarlardır (Martin, 2003).

3.2.1. CW mikrodalga radarlar

Şekil 3.11.'de de örneği görülen, sürekli-dalga [CW Radar, Continous - Wave Radar] radarları yüksek frekanslı bir sinyali durmaksızın yayınlarlar. Yansıma sinyali aynı şekilde sürekli alınır ve işlenir. Burada iki temel problemin açıklığa kavuşturulması gerekir:

- Göndericinin yolladığı sinyallerin alıcı tarafından bir geri besleme gibi kapılmasının (coupling) önlenmesi.

- Alınan yansıma sinyallerinin geçen zaman sürelerinin hesaplanması için bir zaman ölçme sistemine yönlendirilmesi.



Şekil 3.11. Sürekli Dalga Radar Yöntemi

İlk maddede bahsedilen, gönderilen sinyallerin alıcı tarafından doğrudan kapılmasının önüne geçmek için:

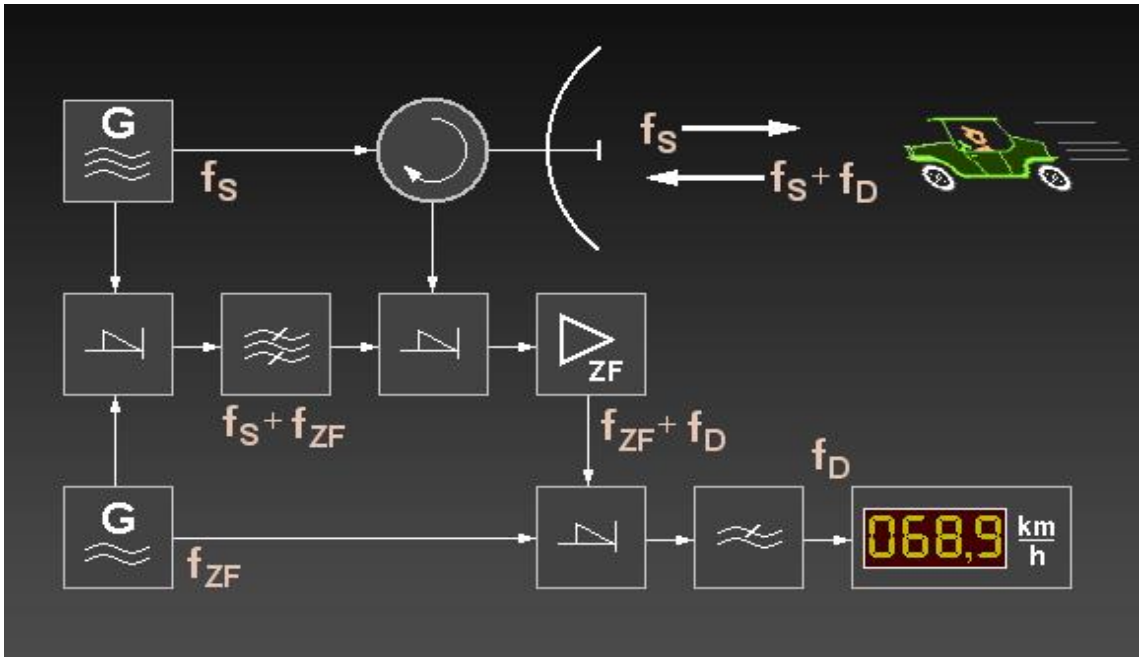
- Gönderici anteni ile alıcı antenin farklı yerlere tesisi; örneğin uçak yerden güçlü bir sinyalle ışınır, vurucu füzenin üzerinde bulunan alıcıya hedeften yansıyan sinyaller ulaşır ve füze uçağı vurmak üzere hedefine kitlenir.

- Hız ölçümlerinde Doppler frekansı tekniğinin kullanıldığı frekansa dayalı ayırım.

Doppler radarlarıyla hız tayininde geçen zaman sürelerine bilinmesine gerek yoktur, bu sadece menzil tayini için gerekir. Menzil tayini için bir zaman ölçümü yapılması gerekirse, o zaman gönderilen sinyallerin modülasyonunun (örneğin, zamansal yavaş frekans değişiklikleri), bu gönderilen sinyallerden alınan yansımanın zamanına göre (time-referenced) olmalıdır.

Modüle edilmemiş dalgalar yayan bir sürekli-dalga radarı, bir nesnenin hızını ancak Doppler etkisi ile algılayabilir. Bu yöntemle bir hedefin menzilin tayini ve iki farklı hedefin birbirinden ayırt edilebilmesi mümkün değildir.

Basit bir sürekli-dalga radarının elemanları Şekil 3.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Sürekli Dalga Radarının Sistem Yapısı

3.2.1.1. Karıştırma katı

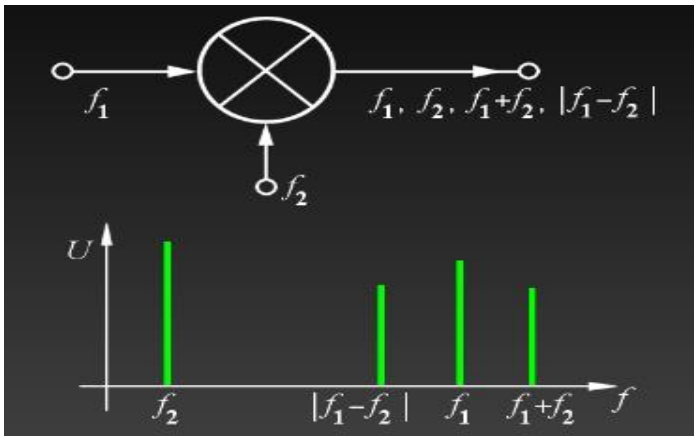
İki farklı sinyalin birişmesinin ardından iki sonuç mümkün olabilir:

- Eğer bu birişme bir doğrusal akım-gerilim karakteristiğine sahip, direnç gibi bir elemanda gerçekleşirse, o zaman iki sinyalin genliklerinin o anki polaritelerine bağlı olarak eklenmesi sonucu bir vuru (beat frequency) ortaya çıkar.

  Klasik örnekler arasında radyodaki genlik modülasyonu ve müzikteki vibratoyu sayılabilir.

- Eğer bu iki sinyalin birişmesi diyot gibi doğrusal olmayan akım-gerilim karakteristiğine sahip bir elemanda gerçekleşirse, o zaman ortaya sinyallerin ana frekanslarına ilaveten Şekil 3.13.'deki gibi kendi frekanslarından türetilmiş yeni kombinasyonlar ortaya çıkar:

  Frekansların toplamı $\mathbf{f = |f_1+f_2|}$ ve
  Frekansların farkı $\mathbf{f = |f_1-f_2|}$.



Şekil 3.13. Blok Şemasındaki Karışma Katı

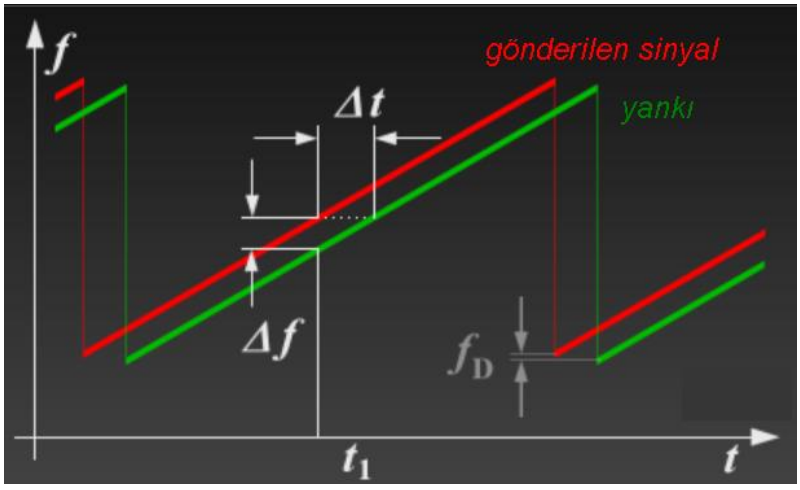
Örnek olarak radyodaki frekans modülasyonu gösterilebilir. Fakat çok nadir durumlarda dört frekansın hepsi istendiğinden, karıştırıcı katın çıkışına istenen ve istenmeyen frekansları ayırmak için bir süzgeç konur.

3.2.2. FMCW mikrodalga radarlar

Sürekli-dalga radarları, zaman referansları olmayışı nedeniyle mesafe ölçememeleri gibi bir dezavantaja sahiptir. Sorunu çözmek için frekans kayma teknikleri kullanılır. Frekans kayma tekniğinde, hareket etmeyen nesneleri algılamak için, sabit bir referansa göre frekansı sürekli değişen bir sinyal kullanılır. Bu tekniği kullanan radarlara Frekans Modülasyonlu Sürekli-Dalga Radarı [FMCW: Frequency-Modulated Continuous Wave] denilir. Bir yansıma alındığında, alınan frekansın hangisi olduğuna bakılır ve bu frekansın en son ne zaman yollandığı tespit edilir. Böylece, bu frekanstaki sinyalin gidiş zamanı ve alınma zamanı arasındaki süre tespit edildikten sonra mesafe hesaplanabilir. Periyodik olarak tekrarı en yüksek bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşen, birden fazla anlamı bulunan yansımaların beklenmediği karmaşık frekans örneği yollandığı pekala düşünülebilir. Modülasyon için en basit bir çözüm olarak, frekansların aşağı veya yukarı yönde yumuşak olarak değiştiği, temiz bir ölçüm bölgesine (yani "rampaya") sahip testere-dişi yada üçgen dalga seçilebilir (Bunting, 2008). İlgili mesafe tayini Şekil 3.14.'deki gibidir.

$$R = \frac{c_0 . \Delta_t}{2} \tag{3.3}$$

c_0 = Işık hızı = $3 \cdot 10^{8}$ $^{m}/_{s}$
Δt = Geçen zaman süresi [s]
R = Anten- nesne (yeryüzünde) arası mesafe [m]



Şekil 3.14. FMCW-Radarı ile mesafe tayini

Bu tarz mesafe tayini, örneğin uçaklardaki radar altimetrelerde veya yer yüzeyinden sabit uçuş yüksekliğinin ölçüldüğü yer takip radarlarında kullanılır. Radar altimetreleri uçağın inişi sırasında yüksekliğini ölçer. Radar altimetresi aynı zamanda pilota yeryüzüne ne kadar yakın uçtuğunu veya yeryüzünün uçağa göre ne kadar yükseldiğini de uyarır. Bu gibi radar sistemleri karayolu ulaşımında da kullanılmaktadır. Tünel sistemlerinde yükseklik belirleme işlemlerinde ve hız tespitlerinde bu radarlar uygulama alanlarına göre tercih edilmektedir.

3.2.3. Mikrodalga radar sensörler avantajları ve dezavantajları

Avantajları;

- Genellikle kötü hava koşullarına karşı dayanıklıdır.
- Doğrudan hız ölçümü mümkündür.
- Birden fazla şeritte çalışması mümkündür.

Dezavantajları;

- Anten ışın genişliği ve iletilen dalga formu uygulama için uygun olmalıdır.
- Mikrodalga radar sensörleri duran araçları tespit edemezler.
- Mikrodalga radar sensörleri kavşak noktaları gibi kesişen yol düzeneklerinde, araç sınıflandırma gibi işlemlerde kötü performans sergiler.

3.3. İnfrared (Kızılötesi) Sensörler

Kızılötesi algılayıcılar, aktif ve pasif olmak üzere iki tipten oluşmaktadır. Aktif kızılötesi algılayıcılar, elektromanyetik enerjiyi transfer ederek aracın yerini belirlerken, pasifler enerji transferi yapmadan, görüş alanındaki nesnelerin emdiği enerji miktarını ölçmektedir. Ebat olarak küçük olan bu algılayıcılar, kurulumu veya bakımı sırasında trafiğin kapatılması gerektirmemekte, gündüz / gece çalışabilmekte ve temel trafik parametrelerini sunabilmektedirler. Performansının hava koşullarına göre değişmesi, hızlanmayı algılamakta zorlanması, kararsız bir görüş alanına sahip olması ise bu algılayıcıların dezavantajları arasında yer almaktadır (Memiş, 2008).

Kızılötesi sensör görünümü ve montajına ait görüntü Şekil 3.15. ve 3.16.'da görülmektedir.



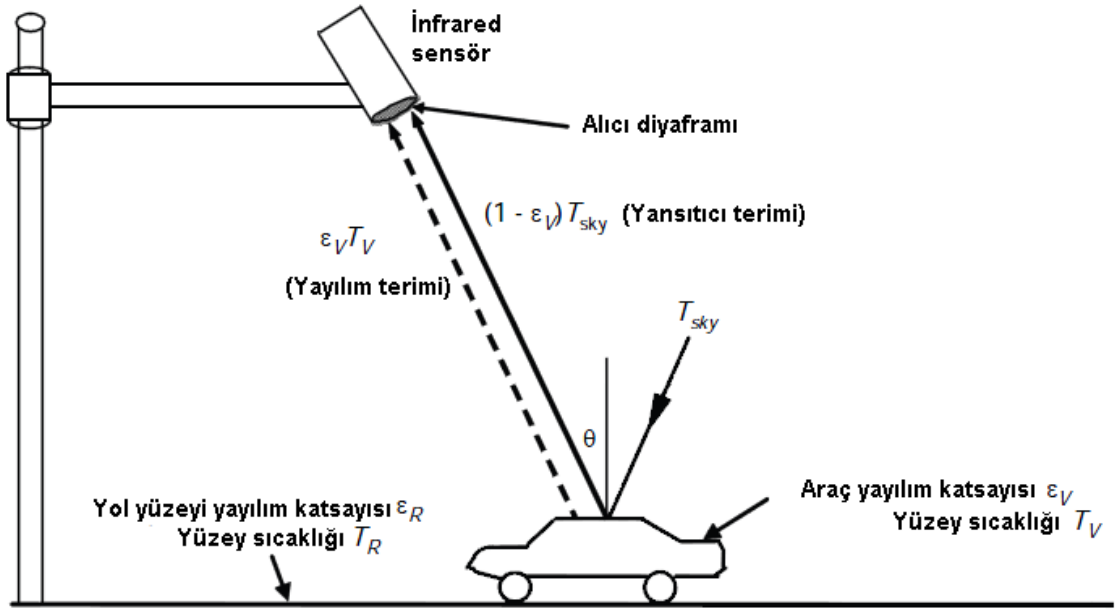
Şekil 3.15. Infrared Sensör Örneği

Trafik akış denetleme uygulamaları için aktif ve pasif infrared sensörler kullanılabilir. Aktif infrared sensörler elektromanyetik spektrumda 0.85 mm de infrared bölgesi civarında lazer diyot vasıtasıyla düşük güçlü infrared enerji yayınımı yaparlar. Yayımlanan bu enerjinin bir kısmı tekrar sensöre doğru yansır. Algılanan bu sinyallerin yorumlanmasıyla parametreler elde edilir. Pasif sensörler ise kendileri enerji yaymazlar. Sensörün görüş alanındaki araçlardan, yol yüzeyinden ve diğer cisimlerden alınan enerji ile algılama yaparlar (Aydemir, 2008). Bu sensörler algıladıkları bu enerjiyi elektriksel sinyallere çevirmektedirler. Pasif kızıl ötesi sensörler, taşıtın motor ve egzos bölgesindeki sıcaklığın oluşturduğu enerjiyi kızılötesi sensör tarafından algılarlar. Fakat ortam sıcaklığının aracın yaydığı ısıdan fazla olması durumunda aracın algılanması güçleşir.



Şekil 3.16. Infrared Sensör Montaj

Bir araç bir pasif infrared sensör alanına girdiğinde, tespit edilen enerji, aracın varlığı nedeniyle değişir. Bu enerji farklılığı ışınımsal transfer teorisi ile açıklanmıştır. İlgili bölgenin dalga boyu içerisindeki yol yüzeyinin ve aracın yayılım gücü: ε_V ve ε_R, yüzey sıcaklıkları Kelvin cinsinden sırasıyla T_V ve T_R ile gösterilmiştir. Şekil 3.17.'de de bu gösterim biçimleri görülmektedir (Martin, 2003).



Şekil 3.17. İnfrared Sensör Sistem Yapısı

Aracın görünür sıcaklığı (T_{BV});

$$T_{BV}(\theta, \varphi) = \varepsilon_V T_V + (1 - \varepsilon_V)\, T_{sky} \qquad (3.4)$$

sensör tarafından kızılötesi enerji yayılımı varsayılarak ihmal edilebilir düzeydedir. Gökyüzü sıcaklığı (T_{sky}); atmosferik, galaktik ve kozmik yayılımın bir fonksiyonudur. Kızılötesi spektrumdaki atmosferik yayılım; su, ozon, karbon dioksit, azot oksit ve metan konsantrasyonlarına bağlıdır. θ ve φ açıları, araç yüzeyi ve buna bağlı olarak yol yüzeyi ile olan düşümlerdir. $\varepsilon_V T_V$ terimi, araçtan yayılan enerjiyi temsil eder. $(1 - \varepsilon_V)$ T_{sky} terimi, metal araçtan pasif sensöre yansıyan gökyüzü sıcaklığının bir kısmıdır. Buradan anlaşıldığı gibi, büyük yayıcı yüzeyler (ε), küçük yayıcı etkilerde (1-ε) içermektedir.

(3.4) denklemine benzer bir ifade de yol yüzeyi sıcaklığı eşitliği baz alınarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$T_{BR}(\theta, \varphi) = \varepsilon_R T_R + (1 - \varepsilon_R)\, T_{sky} \tag{3.5}$$

(3.5) denklemi için (3.4) ifadesindeki yorumlar yapılabilir. Bu eşitlikler doğrultusunda, araç olmadığı zaman infrared sensör yolun sıcaklığını hissedecektir. Araç geçtiği durumda aracın sıcaklığı hissedileceği için infrared sensör bir sıcaklık farkı tespit edecektir. Buna göre;

$$\Delta T_B(\theta, \varphi) = (\varepsilon_R\, T_R - \varepsilon_V\, T_V) + (\varepsilon_V - \varepsilon_R)\, T_{sky} \tag{3.6}$$

eşitliği yazılabilir.

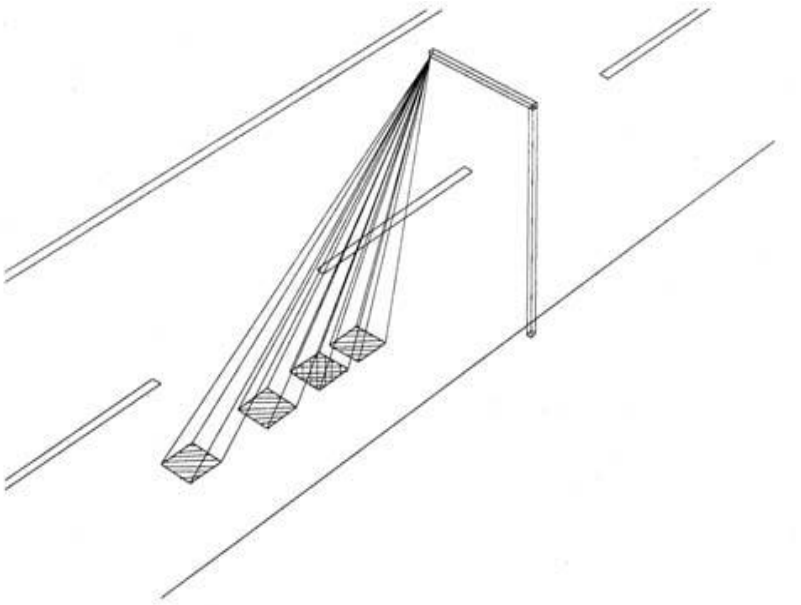
$T_V = T_R$ iken eşitlik;

$$\Delta T_B(\theta, \varphi) = (\varepsilon_R - \varepsilon V)\,(T_R - T_{sky}) \tag{3.7}$$

şeklindedir.

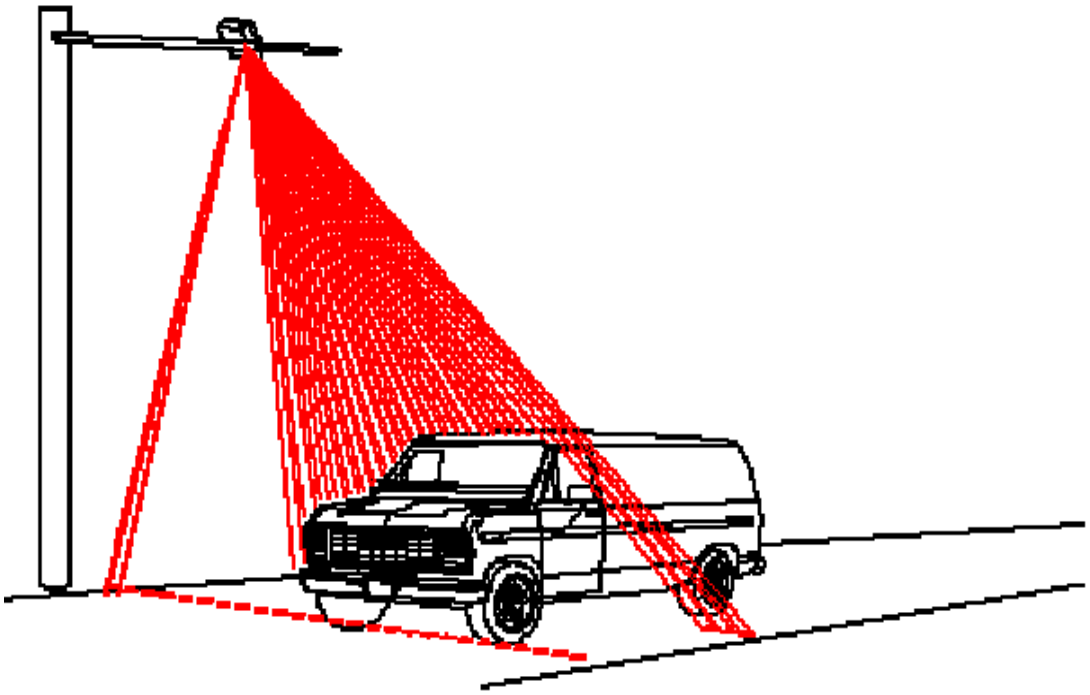
Buna göre infrared sensör ile ilgili alandaki yol arasına araç girdiğinde, eğer yol sıcaklığı ve araç yüzeyi sıcaklığı birbirine eşit ise yayılım katsayıları farkı ve sıcaklıklar farkı ile orantılı sinyal üretilir. Yayılım terimi, yol yüzeyi ve araç yüzeyi yayılım katsayısı farkına; sıcaklık terimi ise, yol yüzeyi ve araç yüzeyi sıcaklık farkına eşit olmaktadır. Bulutlu, yüksek nem ve yağışlı günler gökyüzü sıcaklığını direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle de bu gibi havalarda sensörün sinyallerinde hata oranları yükselmektedir. Ancak bu hata oranları yazılımlarla veya çeşitli elektronik devrelerle elimine edilmektedir.

Şekil 3.18'de görüldüğü gibi infrared sensörlerle hız ölçümü yapabilmek mümkündür. Bu gibi sensörler ara mesafeleri belli olan ilgili yerler belirlenerek aracın bu alanlara girme algısını sağlayarak hız ölçme yapabilmektedirler. Belirlenen alanlara giren araçlar için, aradaki mesafeler bilindiği için, süreler önem arz etmektedir. Yol ile beraber sensör algısı ile beraber zamanda belirleneceği için dolayısıyla hız da belirlenmiş olur.



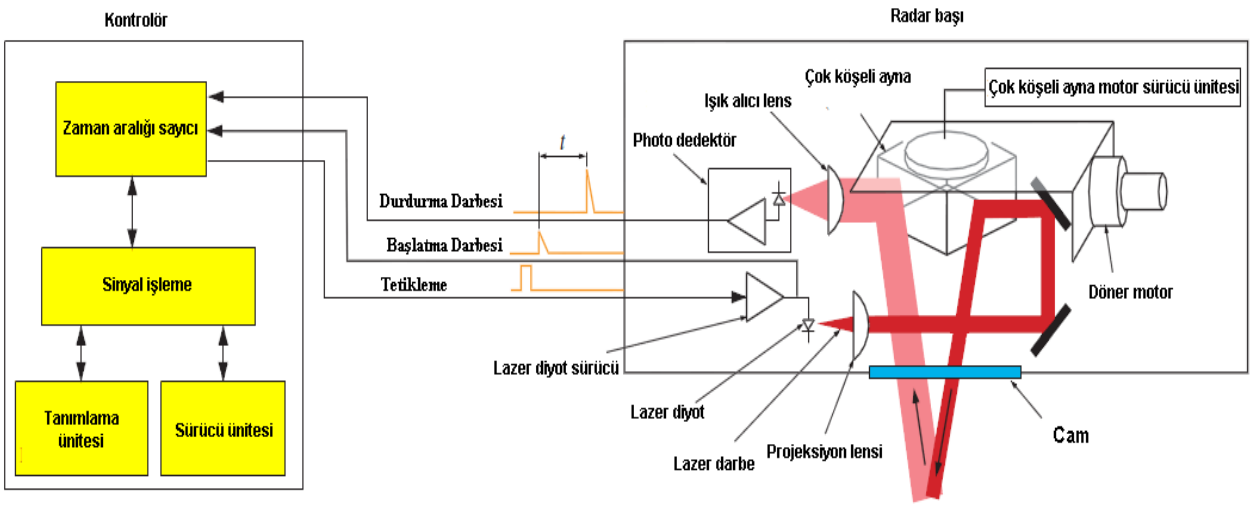
Şekil 3.18. İnfrared Sensör ile Hız Ölçümü

Lazer radarlar infrared spektrumu civarında enerji yayan aktif sensörlerdir. İstenilen genişlikte tarama yapabilmek için bir veya daha fazla lazer diyot kullanılabilir. Şekil 3.19.'de trafik ışığında duran aracın incelendiği bir sistem görülmektedir. Bu sistemle de aracın hızı, boyutları gibi bilgiler elde edilip sınıflandırma yapılabilir. Aynı kavşağa çoklu modüller konulabilir ve bu modüllerin gönderdiği ve aldığı sinyaller karışmaz. Modern lazer radar sistemleri araçların iki ve üç boyutlu analizini yapıp sınıflandırma yapmaya uygun halde resimler elde edebilecek kapasitededirler (Aydemir, 2008).



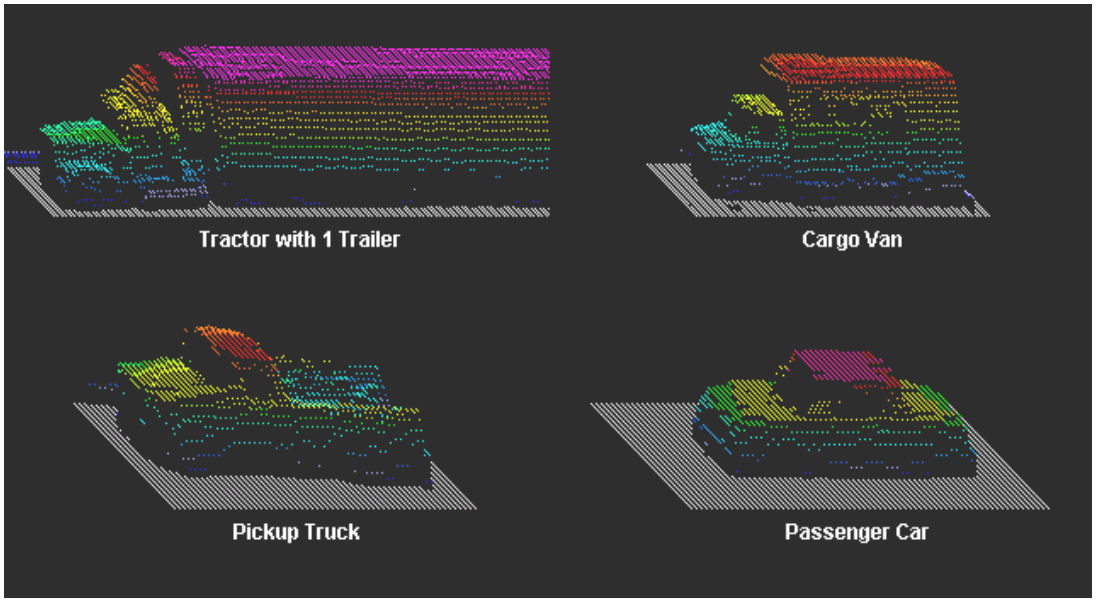
Şekil 3.19. Lazer Dedektör Çalışması

Trafik uygulamalarında kullanılan 3D lazer dedektörler, Şekil 3.20.'de de görüldüğü gibi radar başı ve kontrolör olarak iki kısımda incelemek mümkündür. Radar başı kısmında genelde optik malzemeler bulunmaktadır. Kontrol kısmında ise sürücü ve değerlendirici devreler bulunmaktadır. Lazer darbeleri, lazer diyottan paralel ışınlar şeklinde yayılmaktadır. Bu yayılma olayı projeksiyon lensine bağlıdır. Projeksiyon lensinden çıkan ışınlar çok köşeli aynalar vasıtasıyla dışarıya salınır. Daha sonra cisimlerden yansıyan ışınlar pencere yardımıyla tekrar radar başı kısmına alınır. Çok köşeli aynalar aracılığı ile ışık lense ve photo dedektöre iletilir. Photo dedektörde, alınan ışınlar elektriksel sinyale çevrilir.



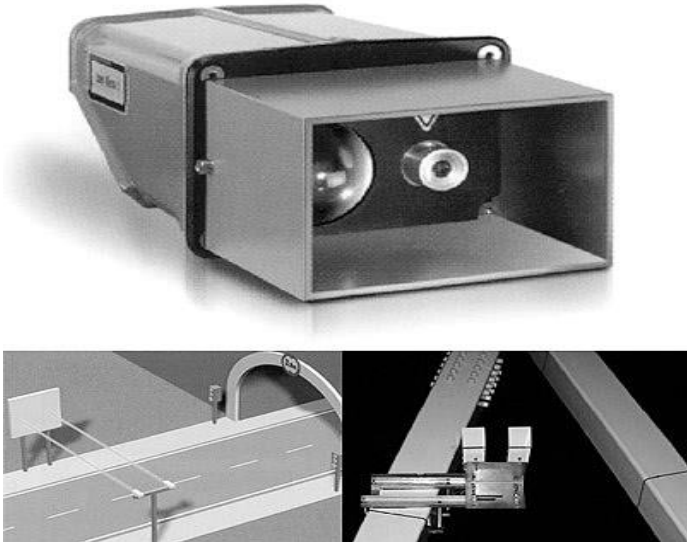
Şekil 3.20. Lazer Dedektör Çalışma Yapısı

3D Lazer dedektördeki kontrolör kısmında genel sinyal işleme, kontrol ve karar verme mekanizmaları bulunur. Başlangıç darbesi ile ışın tekrar yansıyıp photo dedektöre geldiğinde sonlandırma darbesi üretilir. Bu zaman aralığını, zaman aralığı sayıcı düzenler. Sinyal işleme, tanımlama ve sürücü üniteleri yansıyan ve gelen ışınların zaman aralıklarını değerlendirerek gerekli tanımlama ve çevre sistemleri tetikleme işlemini düzenlemektedir. Şekil 3.21.'de örnek bir lazer dedektörün çıktısı görülmektedir.



Şekil 3.21. Lazer Dedektör Araç Tanımlama

Lazer yükseklik belirleme birimi, tünellerden köprülerden veya yükseklik limiti olan diğer yerlerden geçmek için çok yüksek olan araçları tek yönlü olarak belirlemesini sağlar (Öztürk, 2006). Bu kapsamdaki örnek bir uygulama Şekil 3.22.'de görülmektedir.



Şekil 3.22. Yükseklik Belirleyici Lazer Dedektör

Lazer yöntemi, ışık sinyali ile hız ölçer. Trafik aracı, gelen araca lazer ışığı gönderir. Gelen araca çarpıp yansıyan ışığın gidiş-dönüş zamanına göre hız ölçümü yapılır. Lazer yöntemine göre de dedektörler vardır. Bu tip dedektörler de pasif veya aktif olabilir. Pasif olan lazer dedektörü kendisine doğru yollanan lazer ışığını algılar ve uyarı sinyali verir. Bu uyarı ile sürücü yavaşlar ancak çoğunlukla yakalanmaktan da kurtulamaz. Çünkü dedektör polis aracını algıladığında, polis de sürat yapan aracı algılamıştır. Çoğunlukla yavaşlamak için yeterli süre olmaz. Polis hız limitini aşan aracı yakalamış bile olsa lazer dedektörünü fark edemez.

Lazer dedektörlerinin aktif olanları da vardır. Bu türler kendi içindeki LED ile polis aracına doğru yanıltıcı lazer sinyali gönderir ve aleti yanıltır. Yasa dışı ve etnik olarak kullanılmayan bu amaçlı sensörler polis cihazı tarafından fark edilebilir.

3.3.1. Infrared (Kızılötesi) sensörlerin avantajları ve dezavantajları

Avantajları;

- Araç hızı ölçme, yüksek belirleme gibi işlemlerde yüksek doğruluk oranına sahiptir.
- Çok bölgeli pasif sensörler hız ölçebilmektedirler.
- Birden fazla şeritte çalışması mümkündür.
- Ölçüm süresi oldukça performanslıdır.
- Herhangi bir altyapı çalışması gerektirmez.

Dezavantajları;

- Çevre koşullarından çabuk etkilenen bir yapıya sahiptir. Özellikle karlı veya sisli havalarda ölçümler oldukça etkilenmektedir.
- Pasif sensörlerde, yağmur ve sis gibi hava koşullarında hassasiyet oldukça düşmektedir.
- Maliyet açısından diğer sensörlere göre bir artış söz konusudur.

3.4. Akustik Tabanlı Sensörler

Şekil 3.23.'de örneği görülmekte olan akustik algılayıcılar, araçlarla ilişkili sesleri dinleyerek sinyal işleme teknolojisini kullanan mikrofonlar yardımıyla araçları algılamaktadırlar. Hava şartlarından genellikle etkilenmeyen bu algılayıcılar, gündüz/gece çalışabilmektedir. Pasif türdeki bu algılayıcılar, trafik izlemede yeni bir teknoloji olarak nitelendirilebilir (Memiş, 2008).

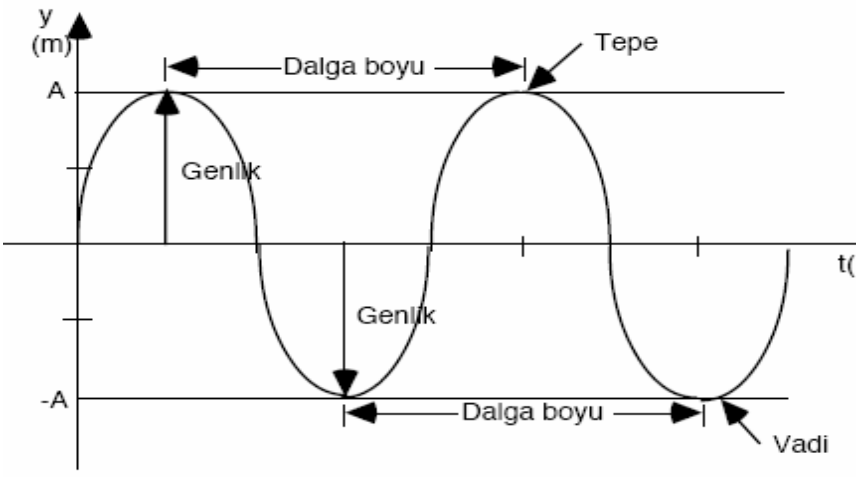


Şekil 3.23. Akustik Sensör

Akustik algılayıcılar, yönden bağımsız olarak ortamdaki ses bilgisini 360° algılama özelliğine sahiptirler. Taşıtın motor ve diğer aksamı her taşıt için farklı özelliğe sahip akustik bir imzaya sahiptir. Fakat ortamda bulunan hedefin ürettiğinden başka mevcut diğer sesler yanlış alarm verilmesine sebep olabilir. En önemli dezavantaj ise kaydedilmiş taşıt sesleri ile ortamda sahte bilgi oluşturmanın çok kolay olmasıdır. Sismik sensörler taşıtın hareketi ile oluşan sismik sinyali algılarlar. Her taşıt için farklı bir sismik imza meydana gelir. Akustik sensörlerde olduğu gibi sismik sensörler de ortamda fazla hareket olması durumunda başarısız olabilirler. Akustik ve sismik sensörlerin diğer sensörlere göre daha avantajlı olduğu noktalar görülmekle birlikte, araç tanıma başarılarının yeterli olup olmadığının da iyi değerlendirilmesi için akustik ve sismik sensörlerden alınmış araç sinyallerini yazılımlarla çok iyi işlenmesi ile doğru orantılı olduğu söylenebilir (Özgündüz, 2009).

Ses dalgaları boyuna elastik dalgalardır. Basınç dalgaları yayılımla beraber değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlik yayılım boyunca olur. Örneğin, akustik dalgalarının işitmedeki etkisi kulak zarını itmek veya çekmek şeklindedir. Akustik dalgaların üç temel özelliği vardır. Bunlar, frekans, dalga boyu ve yayılım hızıdır.

Ses dalgalarının tekrarlanan seri basınç dalgalarından meydana geldiği ve yayıldığı ortamlardaki molekülleri titreştirerek ilerlediği bilinmektedir. Şekil 3.24.'de bir ses dalgasının genliği, periyodu ve dalga boyu gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Ses dalgalarının genliği, dalga boyu ve periyodu

Bütün akustik dalgalar,

$$v = \lambda f \tag{3.8}$$

eşitliğine uygun olarak yayılırlar.

Burada;

v : Dalganın ortamdaki yayılım hızı (m/s)

f : Frekans (Hz)

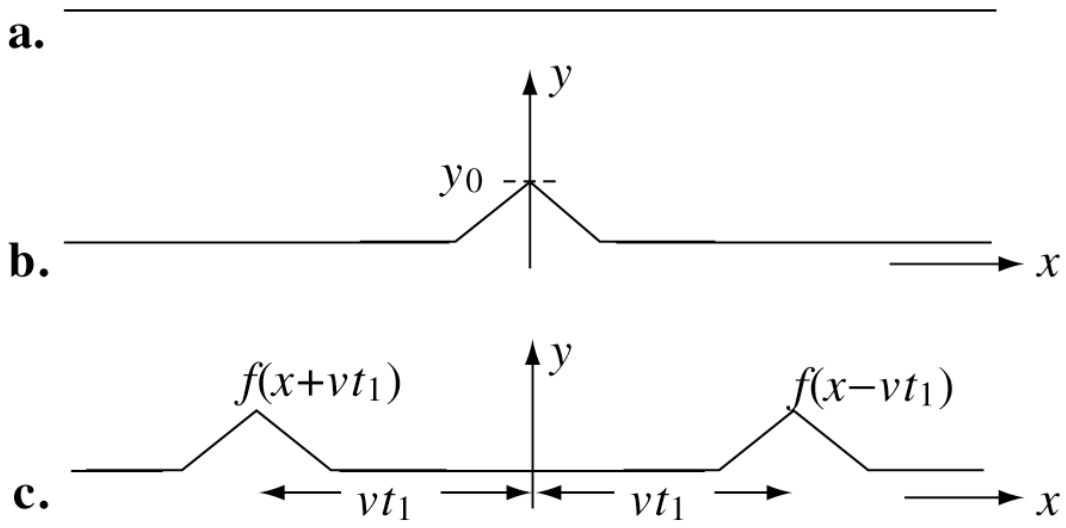
λ : Dalga boyu (m) dir.

Aynı denklem; dalganın periyodu, T (s) cinsinden v = λ / T olarak da yazılabilir. Ses dalgalarının yayılma hızını; ortamın cinsi, yoğunluğu, ısısı ve diğer bazı faktörler belirler. Ortam ne kadar yoğun ise yayılma hızı o kadar artar. Çizelge 3.1'de sesin bazı maddeler içindeki yayılma hızları verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çeşitli ortamlarda (0° C'de)sesin yayılma hızı

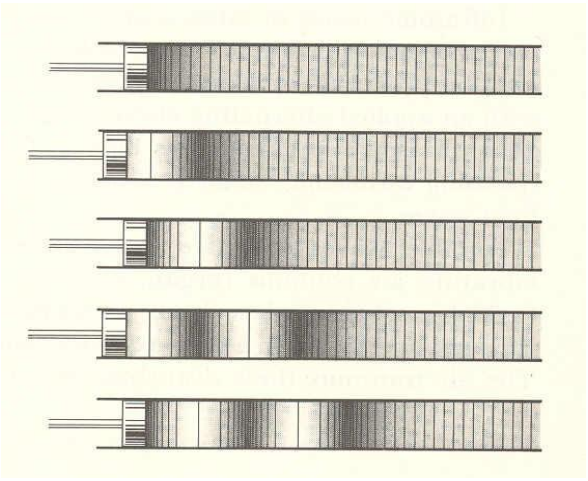
Madde	**Ses Hızı (m/s)**
Hava	332
Su	1454
Tahta	3828
Demir	5103
Taş	5971

Akustik dalgalar, enine dalgalar, boyuna dalgalar ya da bu ikisinin kombinasyonu olabilir. Şekil 3.25.'de de görüldüğü gibi enine dalga olan akustik dalgalarda yayılım yönünde genlik değişim meydana gelmektedir. Bu tip yayılımlarda kaynaktan diğer yönlere yayılım meydana gelmektedir.



Şekil 3.25. Enine Akustik Dalgalar

Boyuna dalgalar üretimi tüp içindeki pistonun hareketi ile meydana gelen titreşimler örnek bir benzetim içerebilir. Şekil 3.26.'da da görüldüğü gibi pistonu çektiğimizde frekansı yüksek dalgalar elde edilir, tekrar piston itilirse frekansı daha sık dalgalar iletilir. Bu işlem tekrarlanırsa boyuna dalgalara örnek bir benzetim ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.26. Boyuna Akustik Dalgalar Benzetimi

Akustik dalgaların hızları maddelere göre değişkenlik göstermektedir. Buna göre örnek olarak aşağıda sıvı ve gaz ortamlarındaki akustik dalgaların hızlarının nelere bağlı olduğu ve nasıl hesaplandığı açıklanmıştır. Akustik bir dalganın hızı, doğrudan hacim

değişikliği ve basınç değişikliği ile ilgilidir. Bu bilgiler doğrultusunda sıvılardaki hız (3.9) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$c = \sqrt{\left| \frac{\Delta p.V}{\Delta V.\rho_0} \right|} \tag{3.9}$$

ρ_0 : karıştırılmamış sıvı yoğunluğu,

ΔV: hacimdeki değişiklik,

Δp: basınçtaki değişiklik,

V: hacim

Gaz ortamındaki akustik dalgaların hızı (3.10) bağıntısı ile hesaplanır.

$$c = \sqrt{\frac{\gamma.P_0}{\rho_0}} \tag{3.10}$$

ρ_0 : karıştırılmamış sıvı yoğunluğu,

γ: gaz için sıcaklık oranı,

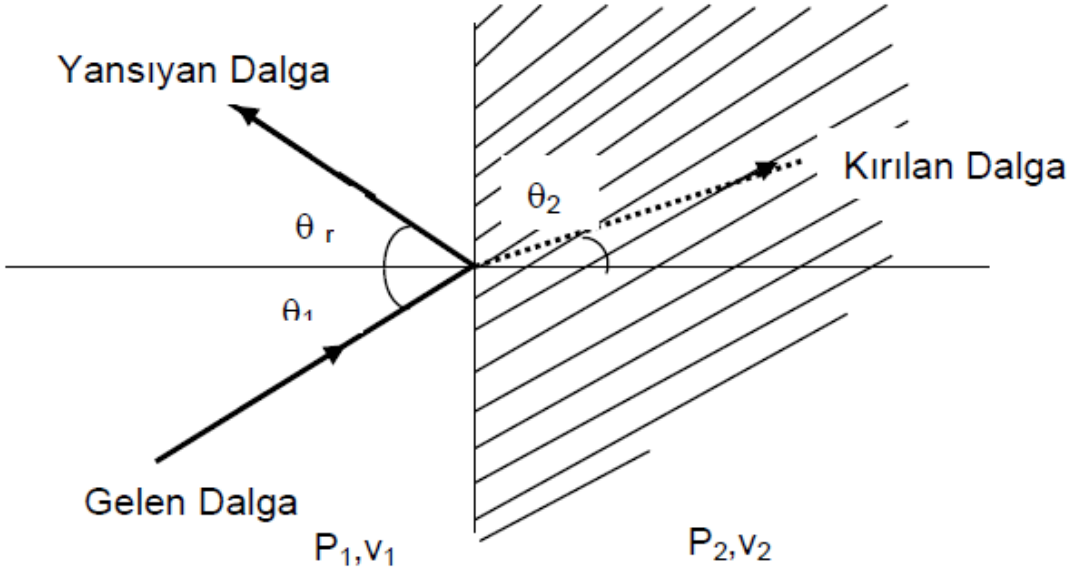
P_0 : gaz basıncı,

Bu bağıntılardan akustik dalgaların hızı, malzeme, basınç ve sıcaklık bağlı olduğu görülmektedir. Çizelge 3.2.'de belirli sıcaklıkta çeşitli malzemelerde, akustik dalgaların hızı görülmektedir.

Çizelge 3.2. Malzemelere Göre Akustik Dalgaların Hızı

Materyal	Hız [m/s]	Sıcaklık [ºC]
Hava	331	20
Tatlı Su	1,486	20
Deniz Suyu	1,520	20
Granit	6,000	20
Çelik	5,200	20
Bakır	3,600	20
Alüminyum	6,320	20
Berilyum	12,900	20

Optikteki ışığın yansıması ve kırılması ile ilgili kurallar akustik için de geçerlidir. Şekil 3.27.'da gelen dalganın farklı bir fiziksel ortama girdiğinde bir kısmının yansıması ve kırılması gösterilmiştir.



Şekil 3.27. Gelen, Yansıyan ve Kırılan Akustik Dalga

Yansımada : $\theta_1 = \theta_r$ dir.

θ_1 : Gelme açısı,

θ_r : Yansıma açısıdır.

Yoğunluğu farklı bir ortam ile karşılaşan akustik dalgalarının kırılarak ikinci bir ortama geçmeleri optikteki Snell Yasasına uygun olarak gerçekleşir.

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{V_1}{V_2} \tag{3.11}$$

Burada:

θ_1 : Gelme açısı

θ_2 : Kırılma açısı

V_1 : Akustik dalganın birinci ortamdaki yayılma hızı

V_2 : Akustik dalganın ikinci ortamdaki yayılma hızı

Şekil 3.27'den görüleceği gibi $V_1 < V_2$ ise $\theta_1 < \theta_2$ dir. Diğer bir deyimle, akustik dalgası az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçiyor demektir. Aynı şekilde $V_1 > V_2$ ise $\theta_1 > \theta_2$ dir. Akustik dalgası çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçmektedir.

Akustik dalganın bir ortamdaki yayılma hızı (c) ile ortam yoğunluğu (d) çarpımına ortamın karakteristik empedansı (Z) adı verilir.

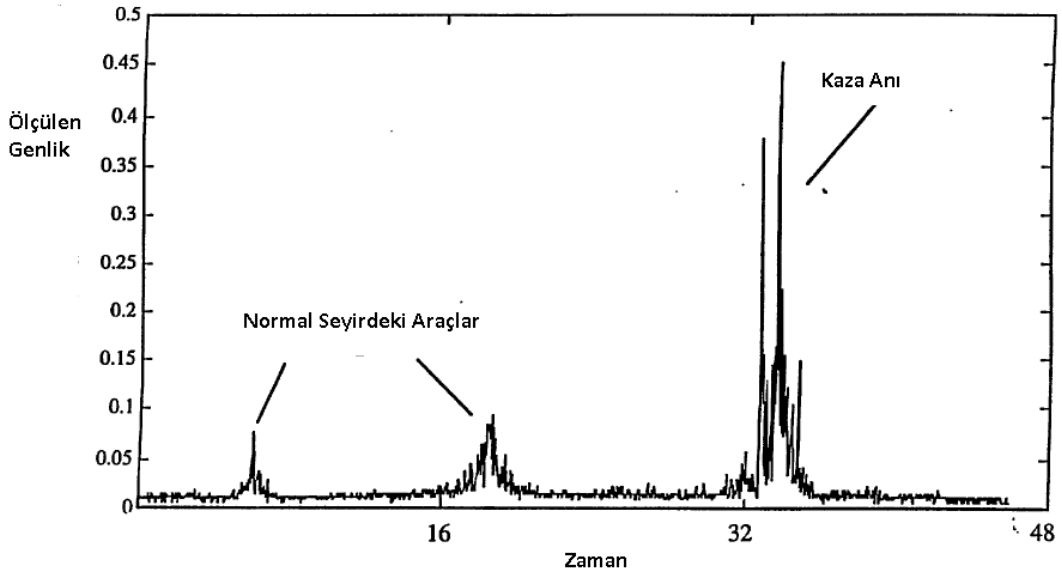
$$Z = c.d \tag{3.12}$$

Akustik ses iki farklı ortamı ayıran bir ara yüze düştüğünde, enerjinin bir kısmı ikinci ortama geçerken bir kısmı yansımaya uğrar. Enerjini yansımaya uğrayan bağıl miktarı şeklinde ifade edilen şiddet yansıma katsayısı ile anlatılır.

$$r = \frac{I_r}{I_i} = \left[\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right]^2 \tag{3.13}$$

Bağıntıya göre, iki ortamın karakteristik empedansları birbirine yakın ise (Z_1 ile Z_2) enerjinin çoğu ikinci ortama geçerken, birbirinden çok farklı ise enerjini çoğu yansımaya uğrar.

Buraya kadar anlatılan akustik dalgalara ait formüller ve prensipler doğrultusunda üretilen akustik sensörler çeşitli amaçlarda kullanılmaktadır. Örnek olarak, Şekil 3.28.'da görülen sinyaller ölçülen akustik sinyallerdir. Tünele yerleştirilen akustik alıcılar sayesinde alınan bu sinyaller ile kaza tespit işlemleri gerçekleştirilmektedir. Normal geçen aracın oluşturduğu akustik sinyal genliği ile kaza anı yaşanan akustik sinyal genliği farklı olup bu fark kullanılarak kaza uyarı sistemleri yapılmaktadır.



Şekil 3.28. Tünel Kaza Tespiti Yapan Akustik Sensör Sinyali

Literatürde araç sınıflandırma ile ilgili yapılmış pek çok çalışma vardır. Choe ve Karlsen, akustik sensörler aracılıyla alınan ses bilgisini kullanarak dalgacık (wavelet) tabanlı bir askeri araç tanıma sistemi geliştirmiştir. Nooralahiyan ve Dougherty, prototip düğüm sensöründen elde edilen tümevarımsal işaretleri kullanan bir araç sınıflandırma algoritması geliştirmiştir. Bu yöntemde araç tiplerini sınıflandırma amacı ile olasılıksal sinir ağları, çok değişkenli Bayesian sınıflandırma metodunun bir yapay sinir ağları uygulaması ve sezgisel bir sınıflandırma algoritması kullanılmıştır. Eom; araç tipleri, yol durumu, motor hızı gibi araç faaliyetlerini gözlemlemek için akustik işaretlerin zaman değişimli modellerini değerlendirmiştir. Siegel ve Khosla, ses frekans dağılım özelliklerini modellemek amacıyla Temel Bileşen Analizi tabanlı bir yöntem sunmuştur. Duarte ve Hu, araç tipi sınıflandırma uygulamasını kablosuz dağıtık sensör ağı ortamında değerlendirmiştir. Bu sistemde, mikrofon veya geofonla donatılmış sensörler kullanılmıştır (Özgündüz, 2009).

3.4.1. Akustik tabanlı sensörlerin avantajları ve dezavantajları

Avantajları;

- Birden fazla şeritte çalışması mümkündür.
- Kolay kuruluma sahiptir.
- Hareketli nesneler tespit edilip mesafeler ölçülebilir.

- Yağışlara karşı duyarsızdır. Yağmurlu havalarda rahatlıkla çalışabilir.

Dezavantajları;

- Bazı çevre koşulları, sıcaklık değişimi ve aşırı hava türbülansı performansını etkileyebilir. Sıcaklık kompanzasyonu bazı modellerde içine eklenmiştir.
- Akustik tabanlı sensörler, özellikle soğuk havalardan etkilenirler.
- Dur kalk şeklindeki yavaş trafiklerde, akustik tabanlı sensörler tavsiye edilmez.

3.5. Ultrasonik Sensörler

Şekil 3.29.'da örneği görülen ultrasonik algılayıcılar, 20 - 200 KHz arasında gönderdikleri ses dalgalarının dönüş değerlerine göre araçları algılarlar. Bu algılayıcılar, temel trafik parametrelerini sunabilmekte, ancak fazla bakım gerektirmekte ve çevresel koşullardan etkilenmektedir (Memiş, 2008).



3.29. Ultrasonik Sensör

Ultrasonik sinyaller frekansı çok yüksek ses dalgaları gibidir. Birçok ultrasonik sensörde istenilen frekansı oluşturabilmek ve elektrik enerjisini akustik enerjiye (veya tam tersi) dönüştürmek için kullanılan piezoelektrik kristaller kullanılır.

Ses sinyallerinin yayılımı ve hedef cisme çarptıktan sonra sensöre geri dönmesi prensibine göre çalışır. Çıkış sinyali bir şeyleri veya kontrol fonksiyonlarını tetiklemek

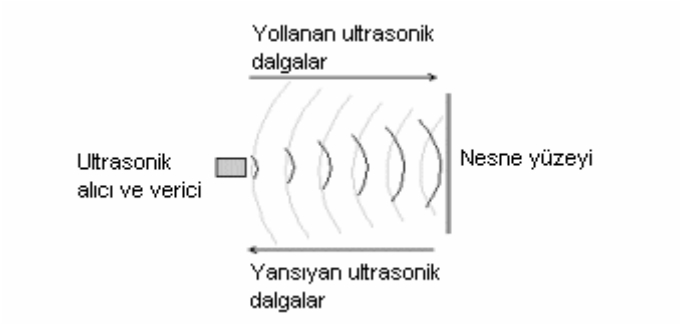
için kullanılır. Cisimle sensör arasında yansıyan sinyallerin değerlendirilebilmesi için aralarında minimum bir mesafe olması gereklidir. Ultrasonik ölçüm işlemlerini etkileyebilecek değişkenler;

- Hedef yüzey açısı,
- Yansıtıcı yüzeyin pürüzsüzlüğü,
- Isı değişimi,
- Nem değişimi.

Hedef cisim yansıtıcı özellikteki herhangi bir cisim hatta yuvarlak bir obje bile olabilir.

3.5.1. Ultrasonik sensör ile mesafe ölçümü

Ultrasonik kullanılarak bir temassız mesafe ölçümü sesin havadaki yayılma hızının bilinmesi ile yapılmaktadır. Klasik ultrasonik mesafe ölçüm sistemlerinde bir ultrasonik verici 40kHz ile insan kulağının duyamayacağı ses dalgalarını gönderir. Ultrasonik vericiden gönderilen bu sesler bir süre sonra etrafta bulunan nesnelerden yansıyarak ultrasonik alıcıya gelir. Ultrasonik alıcı ve verici çifti beraber bir modül olarak bulunabilecekleri gibi ayrı ayrı ve yan yana da olabilirler. Ultrasonik vericiden sesin yollanması ve ultrasonik algılayıcının ortamdaki bir nesneden yansıyan eko ses dalgalarını yakalamasına kadar geçen süre dikkate alınarak ultrasonik verici ve eko sinyalini meydana getiren nesne arasındaki mesafe hesaplanılır. Şekil 3.32.'de ultrasonik vericiden gönderilen 40kHz 'lik ses dalgalarının düzlemsel nesne yüzeyinden yansıyıp ultrasonik alıcıya nasıl ulaştığı görülmektedir. Burada önemli olan parametrelerden biri de nesne yüzeyinin sertliğidir. Bir nesnenin yüzey sertliği arttıkça üzerine çarpan ses dalgalarını yansıtma kabiliyeti artmaktadır. Nesne yüzeyinin düzlemsel olmaması durumunda, algılayıcıya ilk olarak ulaşan ses dalgaları, nesnenin algılayıcıya en yakın noktasından yansıyan ekolar olacaktır. Eğer kullanılan ultrasonik algılayıcı nesnenin bu en yakın noktasından yansıyan ekoları algılayabilecek şekilde ayarlanmışsa cismin ultrasonik algılayıcıya olan uzaklığı bu en yakın nokta olarak hesaplanacaktır.



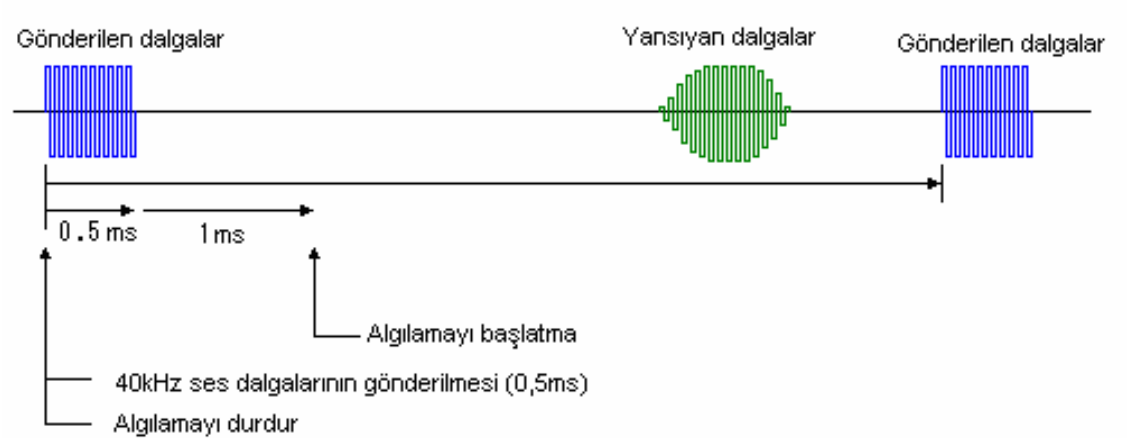
Şekil 3.30. Ultrasonik Vericiden Gönderilen ve Nesne Yüzeyinden Geri Gelen Ultrasonik Ses Dalgaları

Ultrasonik verici mesafesi ölçülecek nesneye belirli bir açıyla tutulması durumunda Şekil 3.31.'deki gibi nesneden yansıyan ultrasonik ses dalgalarının ultrasonik alıcı tarafından algılanamaması gibi durumlar ortaya çıkabilir. Bu durumun ortaya çıkmasını engellemek için mesafe ölçümü yapılacak nesne ultrasonik algılayıcının mümkün olduğu kadar karşısında durmalıdır. Belli bir açı ile nesneden gelen sinyallerin algılanabilmesi durumunda bile ses dalgaları havada daha uzun süre kalacağından mesafe ölçümü sonucunun yanlış hesaplanmasına yol açabilir.



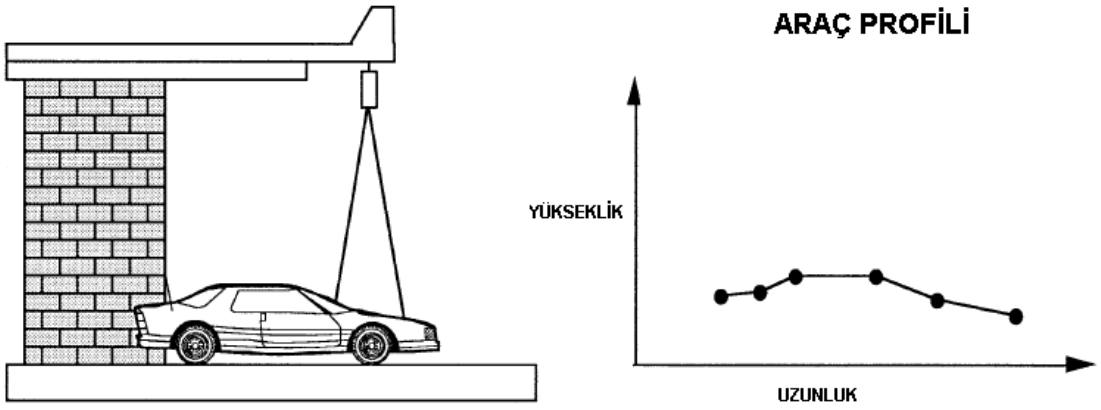
Şekil 3.31. Ultrasonik Algılayıcıdan Gönderilen Ultrasonik Ses Dalgalarının Ultrasonik Alıcıya Ulaşamama Durumu

Şekil 3.32.'de 40kHz ile gönderilen ultrasonik ses dalgalarının genlikleri görülmektedir. Klasik ultrasonik mesafe ölçüm sistemlerinde eğer ultrasonik ses dalgalarının yansıdığı nesne yüzeyi sesi emmeyen bir yüzey ise algılanan işaret osiloskopta aşağıdaki gibi gözükür. Şekilde ses darbeleri gönderildikten sonra yaklaşık 1ms beklenip daha sonra algılayıcının devreye sokulduğu görülmektedir. Bunun sebebi ne kadar kaliteli olursa olsun klasik mesafe ölçüm sistemlerinde ultrasonik sinyal gönderildiği anda alıcının bir eko sinyal algılamasıdır. Ultrasonik ses dalgalarının gönderilme süresi yaklaşık 0,5ms olup bu işlem için ideal bir süredir.



Şekil 3.32. Ultrasonik Algılayıcıdan Gönderilen ve Nesne Yüzeyinden Yansıyan Ultrasonik Ses Dalgaları

Klasik ultrasonik mesafe ölçüm sistemlerinde unutulmaması gereken bir nokta ise mesafesi ölçülmek istenen nesne yüzeyinden yansımayan küçük genlikli ses dalgalarının algılayıcı tarafından algılanmasının engellenmesidir. Şekil 3.33.'de örnek olarak bir ultrasonik sensör uygulaması görülmektedir. Ultrasonik sensör ile mesafe ölçümü yapılarak araç profili çıkarma işlemi yapılmıştır.



Şekil 3.33. Ultrasonik Sensör ile Araç Profili Çıkartma

3.5.2. Ultrasonik sensör ile hız ölçümü

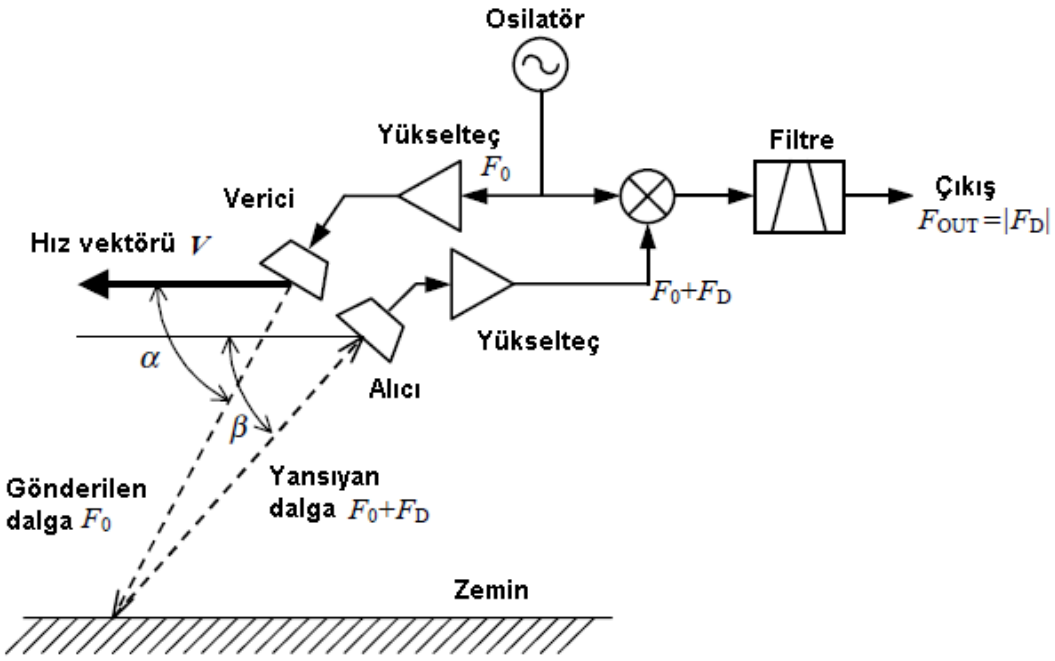
Şekil 3.34.'de ultrasonik hız ölçümü yapan bir sensör görülmektedir. Osilatörden üretilen F_0 frekanslı sinyal yükselteçte gerekli güçlendirme işlemi yapıldıktan sonra vericiye iletilir. Verici bu sinyali hız ölçümü için yerleştirilen bölgedeki alana gönderir. Yansıyan dalgalar, alıcı ile tekrar alınıp tekrar gerekli

güçlendirme işlemleri yapılır. Burada F_0+F_D frekanslı dalga mikserden ve filtreden geçirilerek FD frekanslı araçlara ait hız sinyalleri elde edilir.

Doppler kayması da denilen F_D, (3.14) bağıntısı ile hesaplanır.

$$F_D = F_0\left(\frac{C_S + V\cos\beta}{C_S - V\cos\alpha} - 1\right) \tag{3.14}$$

Burada, C_s sesin havadaki hızı, V yere göre aracın hızı, α ultrasonik sensörün vericisinden çıkan dalga ile hız vektörü arasındaki açı ve β ultrasonik sensörün alıcısından aldığı yansıyan dalga ile hız vektörünün iz düşümü arasındaki açıdır.



Şekil 3.34. Ultrasonik Sensör Hız Ölçümü

Eğer $V<<C_s$ seçilirse çıkış sinyalinin bağıntısı (3.15)'deki gibi yazılır. Ultrasonik sensörlerle bu bağıntılar yardımıyla hız ölçülür.

$$F_{OUT} = |F_D| = F_0 \left| \frac{C_S + V\cos\beta}{C_S - V\cos\alpha} - 1 \right| \approx F_0 \frac{|V|}{C_S} (\cos\alpha + \cos\beta) \quad (3.15)$$

3.5.3. Ultrasonik sensörlerin avantajları ve dezavantajları

Avantajları;

- Birden fazla şeritte çalışması mümkündür.
- Kolay kuruluma sahiptir.
- Ultrasonik sensörler, renkten etkilenmez, yüzey şeklinden ve hedef cismin malzemesinden diğer sensörlere göre daha az etkilenir. Uzak mesafelerden bile küçük objeleri tespit edebilir.
- Ultrasonik sensörler, titreşim, kızılötesi radyasyon, çevre gürültüsü ve EMI radyasyonuna karşı dirençlidir.

Dezavantajları;

- Ultrasonik sensörlerde, büyük darbe tekrarlama dönemlerinde yoğunluk ölçümü yaparken doğruluk oranı düşebilir.
- Bazı çevre koşulları ve sıcaklık değişimi performansını etkileyebilir.

3.6. Video Görüntü İşleme Tabanlı Sensörler

Görüntü işleme, analog veya sayısal bir sensör aracılığıyla (kamera, CCD veya CMOS sensor, vb) yakalanan hareketli veya sabit bir görüntünün, önce sayısal biçime çevrilmesi, daha sonra bu sayısal verinin bir takım algoritmalar yardımı ile anlamlandırılmasıdır.

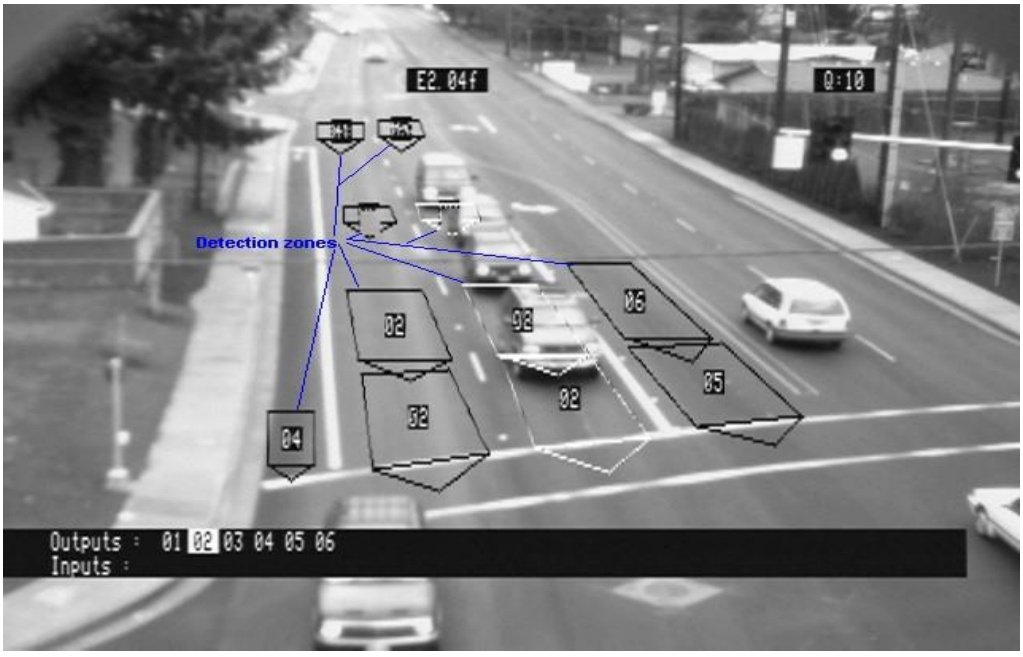
Görüntü işleme uygulamaları hemen her sektörde uygulanmakta ve bu uygulamaların kullanım alanları giderek artmaktadır. Bu sektörlerin başlıcaları:

- Endüstriyel otomasyon (kalite kontrol, robotik vb.)
- Savunma sanayi
- Elektronik son kullanıcı ürünleri (TV, fotoğraf makinesi vb.)
- Güvenlik (insan takip, araç takip, termal görüntüleme vb.)

- Trafik denetimi (araç takibi, plaka tanıma, hız denetimi vb.)

Örnek olarak, üretim bantlarında kameralarla objelerin 2 veya 3 boyutlu resimleri üzerinde yüzey alanı, hacim, renk analizi gibi işlemler yapılıp, standart dışı üretilmiş parçaların üretim bandından çıkarılması verilebilir. Savunma sanayinde, birçok askeri ekipman görüntü işleme sistemlerine bağımlı olarak çalışmaktadır. Örnek olarak insanız hava araçları, görüntü ile hedef takibi yapan roketler verilebilir.

Temelde video kamerayla karayolu yüzey tarama işlemi yapıp, kapalı devre televizyon sistemleriyle merkezi kontrol birimlerinde verilerin operatörler tarafından veya bilgisayar yazılımlarıyla değerlendirildiği sistemlerdir. Günümüzde kullanılan sistemler otomatik olarak tespit ettikleri olağan dışı ve normal durumları analiz edebilecek şekildedir. Tipik bir video görüntü işleme sistemi bir veya daha fazla kamera, görüntülerin sayısallaştırılması ve analizi için gerekli bir bilgisayar ve verileri trafik akış bilgilerine çevirip değerlendiren bir yazılımdan oluşur. Şekil 3.35.'de tipik bir video görüntü işleme tabanlı trafik kontrol sistemi görülmektedir. Video görüntü işleme sistemleriyle de araçlar sınıflandırılabilir, hızları ölçülebilir ve araç sayıları tespit edilebilir. Video görüntü işleme sistemlerinde aracın çekilen fotoğrafları siyah beyaz olarak kaydedilir ve bunun üzerinde değişik algoritmalar kullanılarak piksel bazında inceleme yapılarak istenen bilgiler elde edilmeye çalışılır (Aydemir, 2008).



Şekil 3.35. Görüntü İşleme Teknolojisi ile Yapılmış Sensör

Şekil 3.36.'da da görüldüğü gibi video görüntüsü işleyen işlemciler, video kameralarından bilgi toplamakta ve bunları analiz için algoritmalardan faydalanmaktadırlar. Bu algılayıcıların avantajları arasında, yeni bir algılama bölgesi eklemenin kolay olması, temel trafik parametrelerini sunması ve geniş bir alanda algılama yapabilmesi bulunmaktadır. Diğer taraftan performansları hava şartlarından, gölgelerden, az ışıktan etkilenmekte ve yüksek seviyede işlem gücü ile iletişim alt yapısına ihtiyaç duymaktadır (Memiş, 2008).



Şekil 3.36. Görüntü İşleme Teknolojisi

Trafikte kullanılan görüntü işleme tabanlı sensörler belirli basamaklardan oluşmaktadır. Görüntü işleme teknolojisinde birçok algoritma ve yöntem bulunmaktadır. Trafik sistemlerinde kullanılan belirli yöntem basamakları ön işlem, morfolojik işlemler, özellik çıkartma ve karar verme-yönetim şeklindedir.

3.6.1. Ön-işlem (Pre-processing)

Özellik çıkartma ve sınıflama işlemlerinin performansını artırabilmek için görüntünün bir ön-işlemden geçirilmesi oldukça önemlidir. Ön-işlem aşamaları aşağıda özetlenmiştir.

Gri-seviye dönüşümü ve eşikleme

Video dizisinden elde edilen renkli görüntü örneğinin her bir pikseli 3 RGB bileşenine sahiptir. Böylece her bir piksel 3 adet 8-bitlik bilgiye sahip olup toplam 24-

bit renk düzleminde ifade edilir. Gri seviye dönüşümü uygulandığında renk bilgisi yerine, piksel değeri 0-255 arasında değişen görüntüler kullanılmakta ve boyut azaltılmaktadır. Boyut azaltımından sonra görüntü eşik değerinden geçirilmekte ve kullanılan bütün görüntüler için bir standardizasyon elde edilmektedir.

Filtreleme

Elde edilen görüntüdeki gürültü bileşenlerini ortadan kaldırabilmek için filtreleme işlemi kullanılır ve görüntü sonraki aşamalar için hazır hale getirilir.

3.6.2. Morfolojik işlemler (Morphological processing)

Morfolojik işlemlerin sonucunda video görüntüsünde yer alan araca ait çeşitli parametrelerin elde edilmesi öngörülmektedir. Morfolojik işlemler:

Kenar Belirleme (Edge Detection)

Kenar belirleme metotları ile görüntüdeki sınır noktalarına bakılarak aracın kenar noktaları çıkartılacak bir başka deyişle görüntü içerisinden istenen obje (araç) tanımlanmış olacaktır.

Binary Genişleme ve Boşluk Doldurma (Binary Dilation and Filling of Holes)

Kenarları belirlenmiş görüntüye yatay, düşey veya açılı olarak binary genişletme algoritması uygulanarak aracın şekli daha belirgin hale getirilir. Sınıflama ve parametre çıkartımı için ihtiyaç duyulacak katı cisim modellemesinin tamamlanabilmesi için boşluklar doldurularak (kapatılarak) görüntüde yer alan büyük objeler açığa çıkartılır. Ayrıca objenin arka plan görüntüsünden ayırt edilmesi kolaylaştığı gibi görüntüde yer alan ve istenmeyen küçük objelerin boyutlarında da herhangi bir artışa sebep olunmayacaktır.

Obje Seçimi

Trafik görüntüsünü alan kameranın yüksekliğine bağlı olarak ortaya çıkan küçük boyutlu objeler ortadan kaldırılır.

3.6.3. Özellik çıkartma (Feature extraction)

Araçların özelliklerinin belirlenebilmesi ve algılanması için kullanılacak işlemlerin doğruluklarını artırabilmek için görüntüye ait özelliklerin çıkartılması ve sadece bu özelliklerin sınıflayıcıya giriş olarak verilmesi gerekmektedir.

Morfolojik işlemler bölümünde bahsedilen parametrelerinin haricinde, histogram analizi, dalgacık dönüşümü (wavelet transform), temel bileşen analizi (principal component analysis) gibi oldukça güncel ve görüntü işleme alanında verimli olduğu bilinen metotlar kullanılarak araçlara ait özellikler çıkarılmaktadır.

Dalgacık dönüşümü görüntü sıkıştırma için kullanılan bir metottur. Bu metot, görüntü işlemede geleneksel Fourier tabanlı ayrık kosinüs dönüşümü (discrete cosine transform, DCT) 'nden daha iyi sonuçlar vermektedir. DCT, görüntüyü küçük görüntü bloklarına ayırmakta ve bu bloklar üzerinde ayrı ayrı işlem yapmaktadır. Bu bloklara ayırma işleminde ortaya çıkan artifactler görüntü kalitesini bozmaktadır. Dalgacık dönüşümünde ise görüntünün bütünü ele alınarak özellikler çıkartılmaktadır.

Temel bileşen analizi ise bir görüntü matrisi içerisinden o matrisi en iyi temsil eden katsayıların (temel bileşenlerin) belirlendiği ve eigen-vektör metodunu temel alan çok değişkenli analiz yöntemidir. Görüntünün birinci temel bileşeni, görüntüyü en iyi şekilde temsil ederken, ikinci bileşen daha az temsil etmekte ve bileşen-temsil ilişkisi bu şekilde devam etmektedir. Sınıflayıcı performansının belirlenmesi için, kaç adet bileşenin seçileceği oldukça önemlidir.

3.6.4. Karar verme ve yönetim

Trafikte belirlenmek istenen özelliği tam verimli bir şekilde ortaya koymak için yapay zeka yöntemleri kullanılarak karar verme mekanizmaları kurulmaktadır. Örneğin, araç sınıflandırma yapan görüntü işleme tabanlı bir sensör için geliştirilecek algoritma ve yapay zeka yöntemleri ile maksimum doğruluk oranlarında sensörler üretilebilir.

Ayrıca, görüntü işleme yapan birimin dahil olduğu sistemin senkronizasyonu ve yönetimi için donanımlar ve yazılımlar geliştirilmektedir.

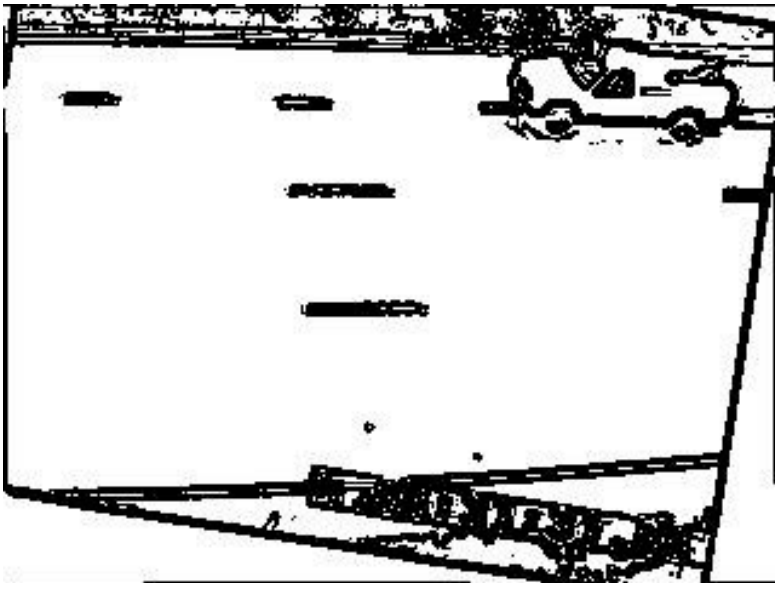
Görüntü işleme teknolojisiyle geliştirilmiş trafikte birçok amaçla yerini almış sensör bulunmaktadır. Örnek olarak, aşağıdaki şekillerde araç algılama ve sınıflandırma amacıyla kullanılan bir sensörün çeşitli basamakları verilmiştir.



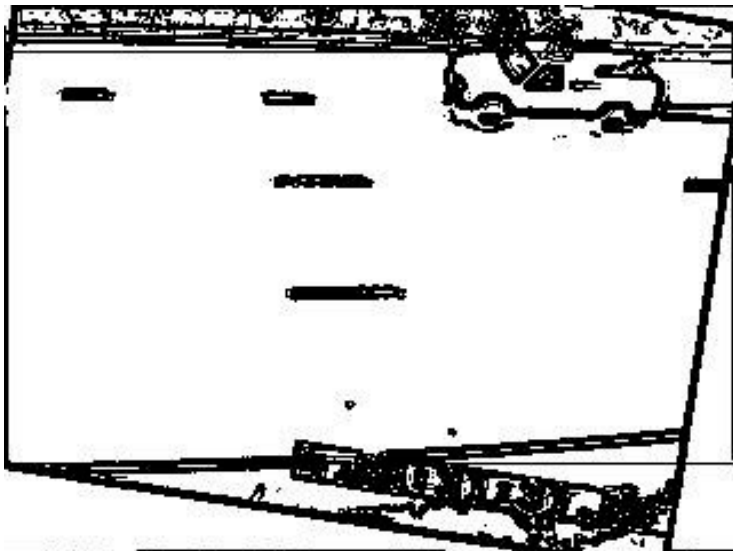
Şekil 3.37. Giriş Görüntüsü Frame1



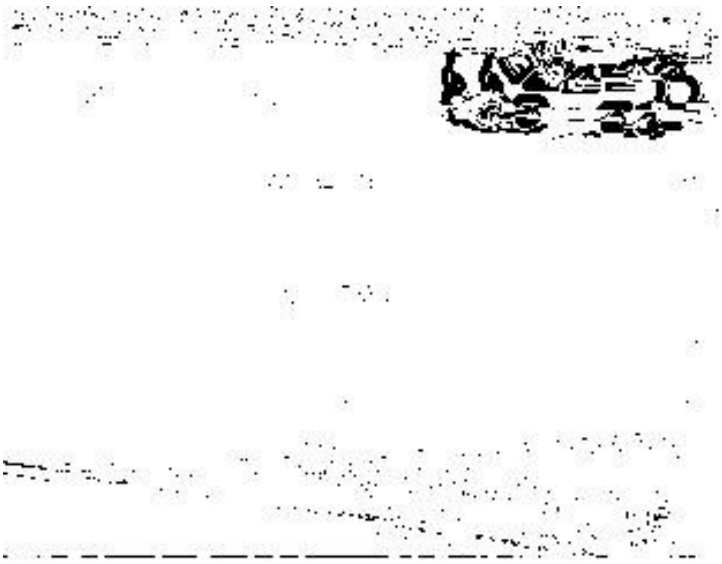
Şekil 3.38. İkinci Görüntü Frame2



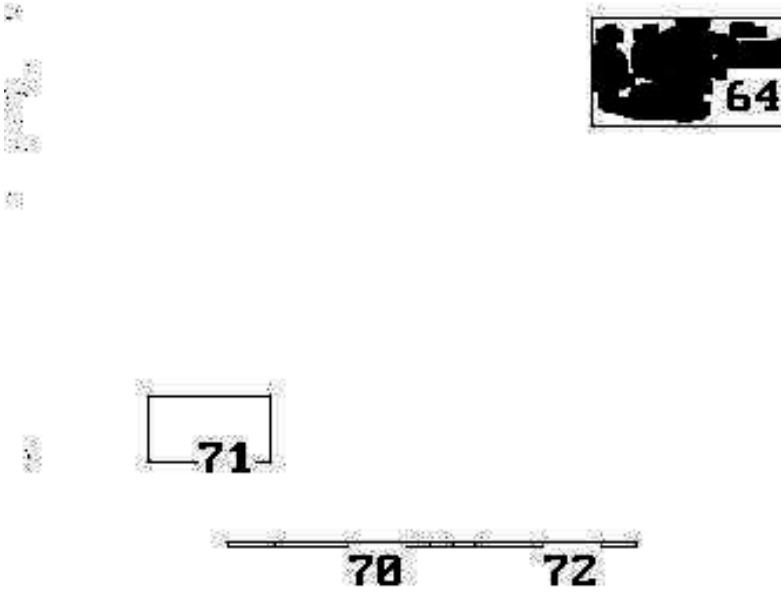
Şekil 3.39. Frame1 Kenar Belirleme (Frame3)



Şekil 3.40. Frame2 Kenar Belirleme (Frame4)



Şekil 3.41. Frame3 ve Frame4 XOR İşlemi(Frame5)



Şekil 3.42. Frame5 Binary Genişleme ve Boşluk Doldurma

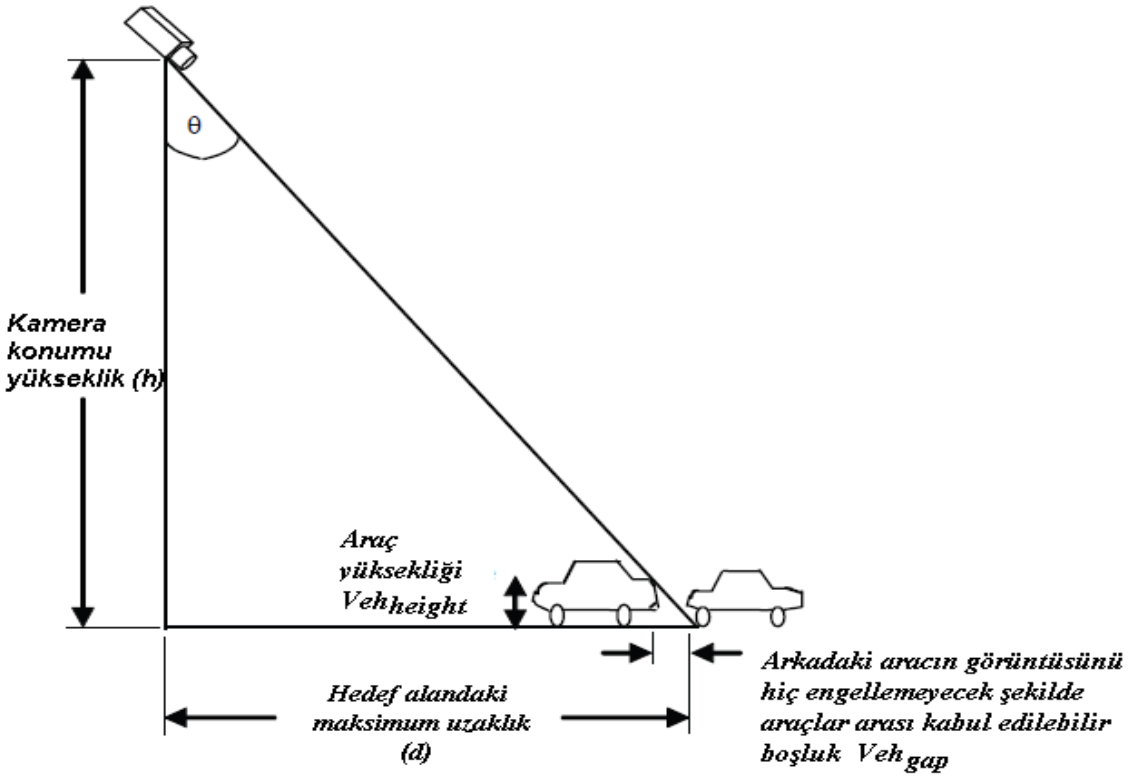


Şekil 3.43. Araç Algılama İşaretlenmesi ve Sınıflama

Şekil 3.37-43'de görüldüğü üzere görüntü işleme teknolojisindeki çeşitli yöntemler kullanılarak araç algılama ve sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kamera görüntüsüne giren hareketli araç algılanmış çeşitli işlemler yapılarak yeri belirlenmiştir. Şekil 3.42.'deki siyah olan pikseller sayılarak araç büyüklüğüne ve uzunluğuna sınıflandırma işlemi yapılmaktadır.

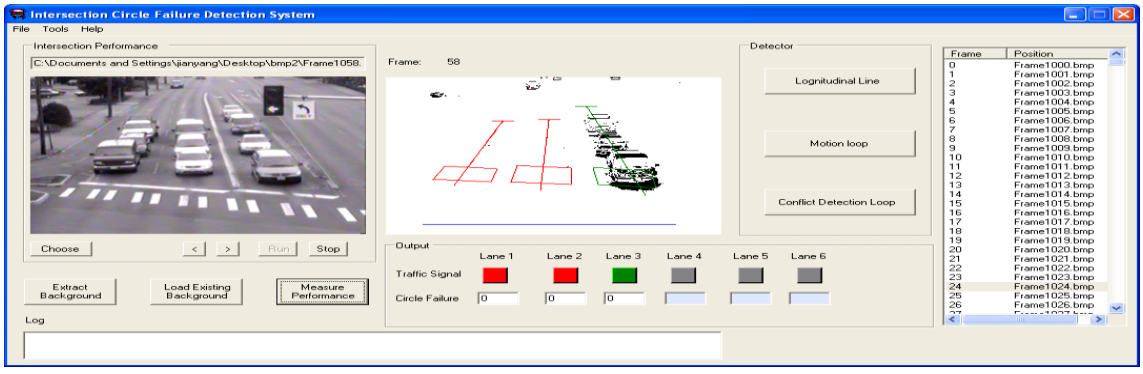
Görüntü işleme teknolojisinin temel elektronik donanımı kameradır. Bu nedenle kameranın yerleşimi çok önemlidir. Bu doğrultuda, görüntülerde araçların görüntülerinin birbirini engellememesi istenir. Yandan veya önden yerleştirilecek kameralar için Şekil 3.44.'de de gösterilen şekil ve (3.16) bağıntısına dikkat edilmelidir.

$$d = h\frac{Veh_{gap}}{Veh_{height}} \tag{3.16}$$



Şekil 3.44. Kamera Yerleşimi Parametreleri

Şekil 3.45.'de de örnek bir uygulaması görüldüğü gibi CCTV Sistemi şu anda dünyanın en ileri teknoloji ürünlerinden biri olan video görüntüsünü işleyerek bilgisayar verisi olarak değerlendirme sistemine kolaylıkla uyum sağlayacak durumdadır. Bu sistemde kavşakları izleyen kamera görüntüleri bilgisayar tarafından kolaylıkla değerlendirilerek; araç sayımı, araç sınıflandırma, akış yoğunluğu, kuyruk tespiti, akış hızı, hatalı park etme, kaza tespiti, dönüşler gibi trafik olaylarını sayısal olarak hesaplamakta ve grafik tablo-istatistik olarak ekranda göstermekte ve renkli çıktı olarak verebilmektedir (Öztürk, 2006).



Şekil 3.45. Görüntü İşleme Teknolojisine Ait Örnek Bir Program

Örnek olarak İstanbul ’da kent genelinde 110 kritik noktaya yerleştirilen ve 270 derece dönüş açısına sahip trafik kameraları ile ana arterlerdeki trafik durumu anlık olarak Trafik Kontrol Merkezinden izlenmektedir. Elde edilen anlık trafik durum bilgileri DMP (Değişken Mesaj Panoları), Ulusal ve Yerel 10 adet TV kanalı, 32 adet radyo kanalı, Mobil Cep Uygulamaları ve Web aracılığı ile sürücü ve yolcuların bilgilendirilmesi sağlanarak kent içi ana arter yol ağının en uygun şekilde kullanımı sağlanmaktadır.

3.6.5. Video görüntü işleme tabanlı sensörlerin avantajları ve dezavantajları

Avantajları;

- Birden çok şerit veya birden çok bölge izlenebilir.
- Algılama veya tespit bölgesi eklemek oldukça rahattır.
- Oldukça geniş çaplı tespitler ve belirlemeler yapılabilir.
- Tek bir kamera ile birçok faaliyet gerçekleştirilebilir.

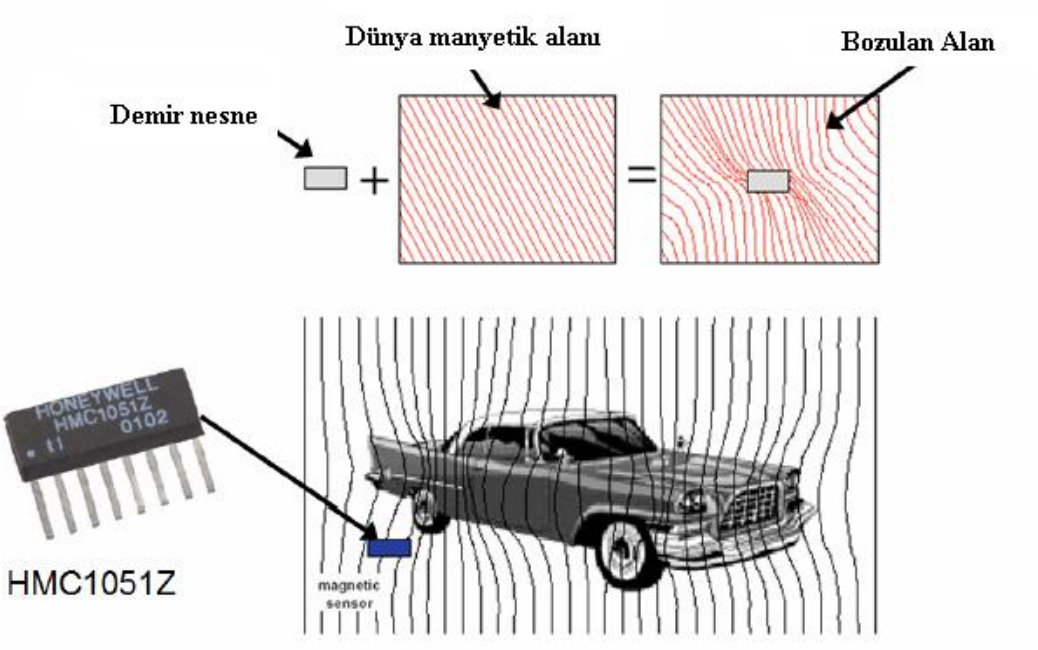
Dezavantajları;

- Sert hava koşulları, gölgeler, bitişik şerit, tıkanıklık, gündüz-gece geçişi, araç / yol kontrast, su ve tuz kiri, buz sarkıtları ve kamera lensi üzerinde örümcek ağları gibi etkiler performansını etkileyebilir.
- Optimum düzeyde, varlık algılama ve hız ölçümü için belirli bir kamera montaj yüksekliği gerektirir.
- Çok güçlü rüzgarlarda kameralar merkezinden kayabilir.
- Görüntü işlemenin sağlıklı olması için özellikli ve performanslı kameralar gerektirmektedir. Bu da maliyet açısından dezavantajdır. Bir sistemde birden fazla kamera kullanılması gerekebilir.

4. ALGILAMA VE ÖZELLİK ÇIKARTMA TABANLI MANYETİK ARAÇ SENSÖRÜ TASARIMI, KULLANILAN MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Genel Çalışma Prensibi

Manyetik sensörler demir gibi metallerin yeryüzünün manyetik alanında meydana getirdiği değişikliği algılayabilen algılayıcılardır. Şekil 4.1.'de bu değişim görülmektedir.



Şekil 4.1. Manyetik Alanda Meydana Gelen Değişim

Trafik akış parametrelerinin ölçülmesi için iki tür manyetik alan sensörü kullanılır. Bunlardan birincisi, Şekil 4.2.'de de görülen yatay ve dikey eksen boyunca hareket eden bir araçtan kaynaklanan yeryüzünün tabii manyetik alanındaki değişmeyi tespit eder. İkinci tür manyetik sensörler ise diğerine göre çok tercih edilmeyen indüksiyon manyetometrelerdir. Bunlar duran araçları tespit edemezler. Bu sensörlerin

algılama yapabilmesi hareketli aracın tabii manyetik alanın oluşturduğu manyetik akı vektörlerindeki bozulumun algılanması prensibine dayanır.



Şekil 4.2. Akıllı Manyetik Araç Sensörü Yerleşimi

Manyetik sensörler Maxwell denklemlerini temel almaktadır. Maxwell denklemleri elektromanyetiğin en önemli yapıtaşlarındandır.

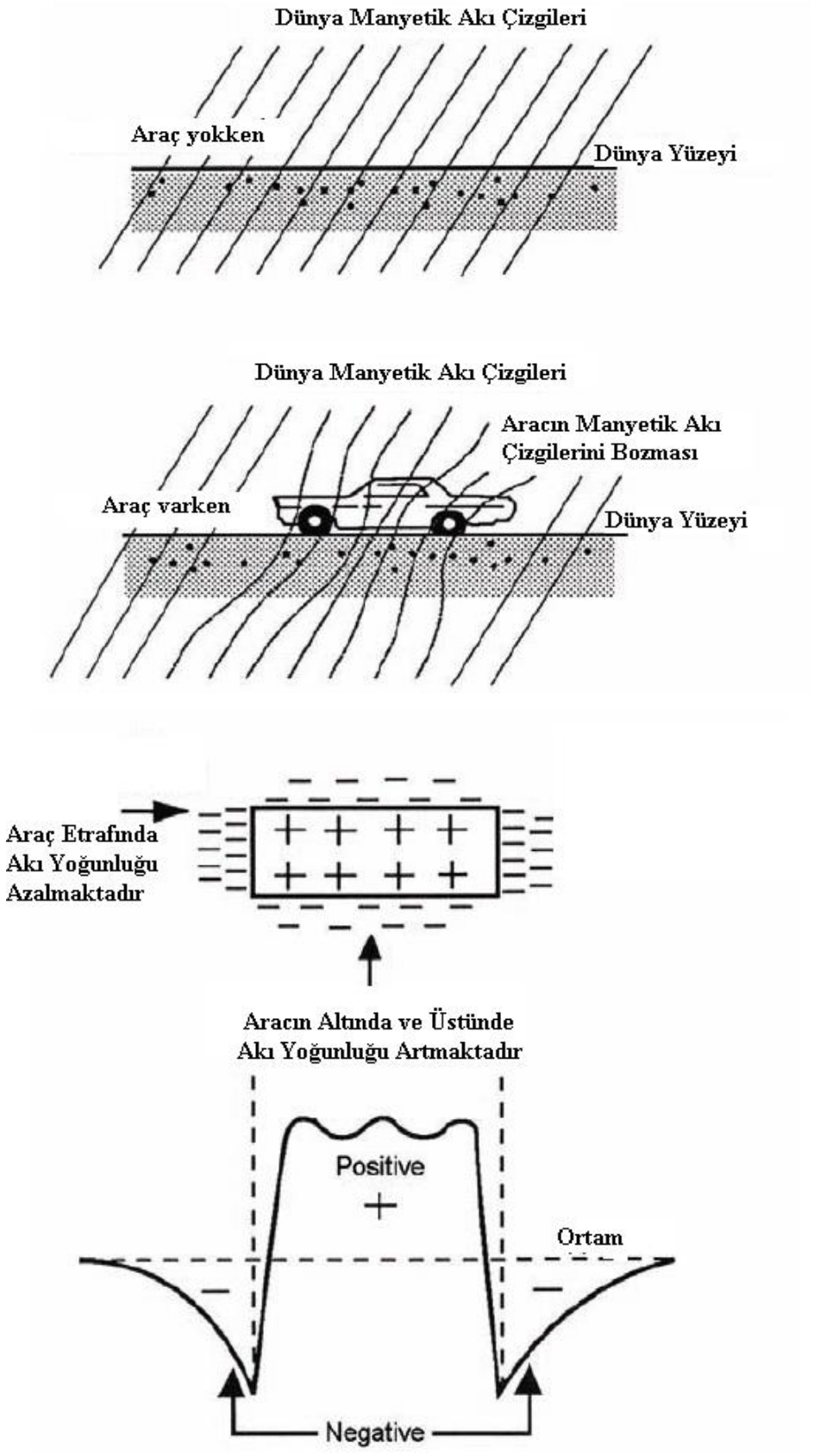
$$\nabla . B = 0$$
$$\nabla \times B = \mu_0 \mu_r J \tag{4.1}$$

B: Manyetik Akı Yoğunluğu

J: Akım Yoğunluğu

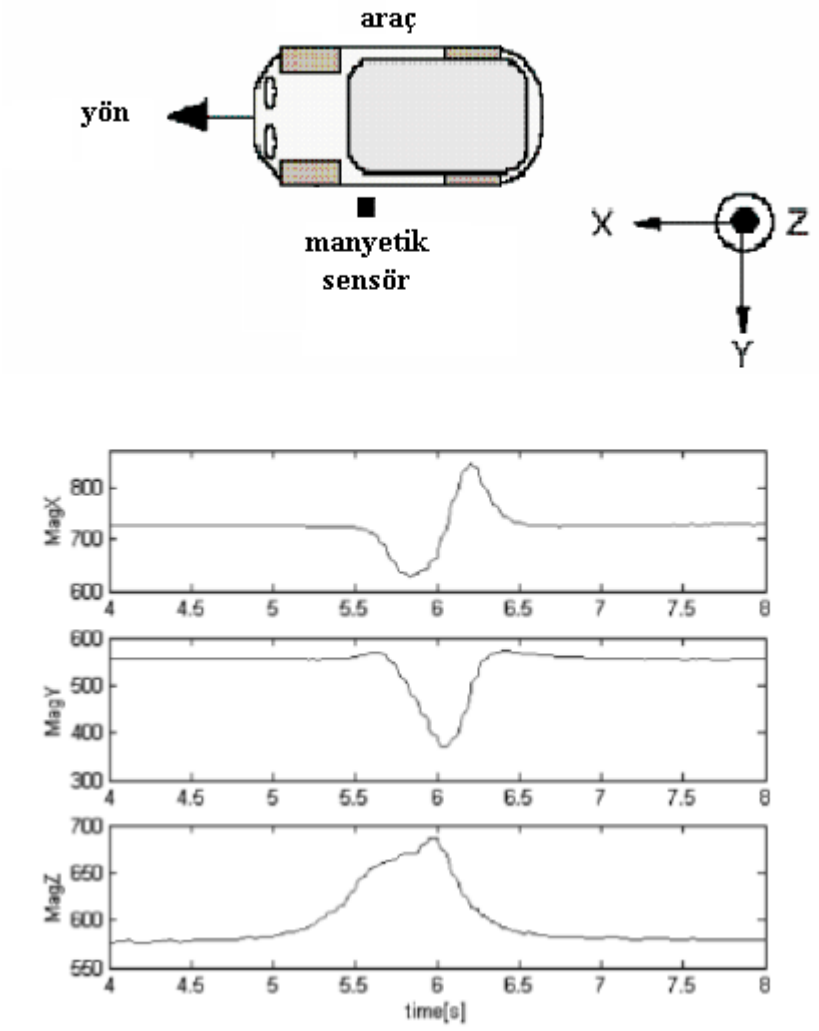
μ_0 : Hava Geçirgenliği

μ_r: Ortamın Bağıl Geçirgenliği



Şekil 4.3. Aracın Manyetik Akıdaki Değişimi ve Yoğunluk Analizleri

Şekil 4.3.'de de görüldüğü gibi araçlar geçtikleri yerde var olan manyetik alanlarda bozulmalara neden olmaktadır. Bu bozulmalar da manyetik sensörlerle algılanmaktadır. Bu noktada sensörlerin asıl görevi ortaya çıkmaktadır. Sensörlerin üzerinden geçen araçlar sensörlere, manyetik alanı bozdukları için manyetik imza bırakır. Şekil 4.4.'de aracın manyetik sensörden geçerken çıkış sinyalleri görülmektedir.



Şekil 4.4. Manyetik Sensör Çıkış Sinyalleri

Geliştirilen manyetik sensörler ile birlikte sistem tasarımlarında maliyet, verimlilik ve işlevsellik açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Yollara yerleştirilen Akıllı Manyetik Araç Sensörleri ile birlikte araçların yoğunluğu ölçülebilmekte ve kavşak kontrol cihazlarıyla olan haberleşme sonucu trafik ışıklarının yoğunluğa göre düzenlenmesi sağlanabilmektedir. Şekil 4.5.'de örnek bir manyetik araç sensörü görülmektedir.

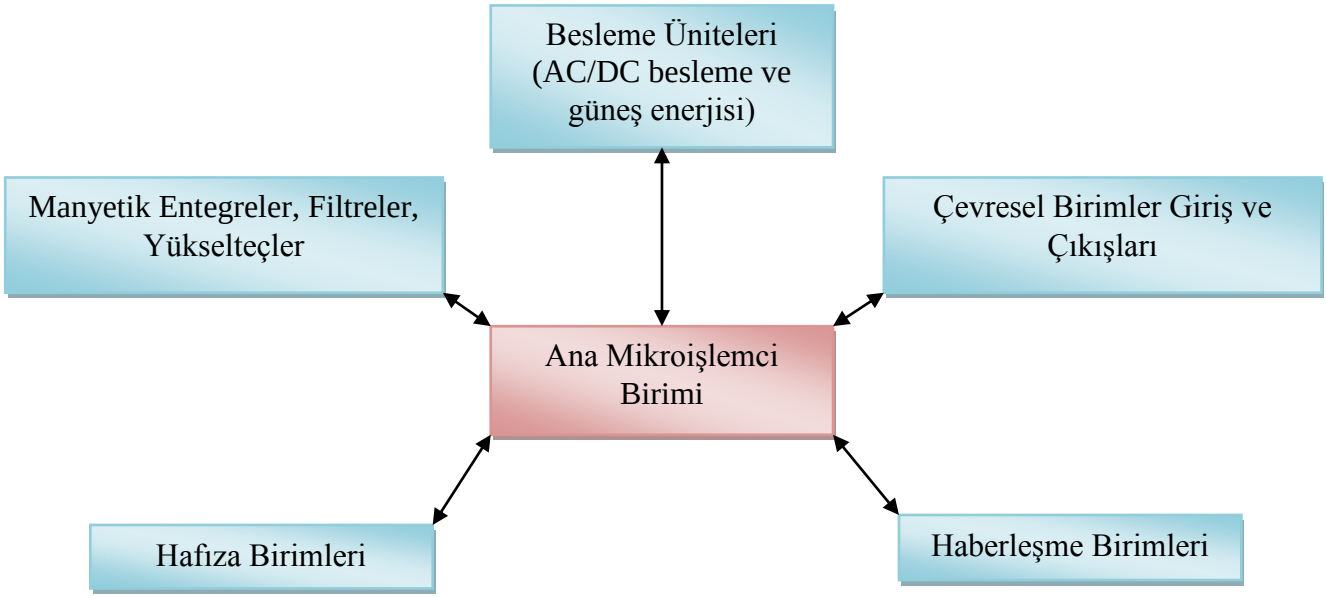


Şekil 4.5. Manyetik Araç Sensörü Örneği

Tasarlanan Algılama ve Özellik Çıkartma Tabanlı Manyetik Araç Sensörü, genel olarak Şekil 4.6.'da belirtildiği gibi besleme üniteleri, manyetik entegreler, filtreler, yükselteçler, ana mikroişlemci birimi, çevresel birimler giriş ve çıkışları, hafıza birimleri ve haberleşme birimlerinden oluşmaktadır. Aracın sensör üzerinden geçişi ile birlikte elde edilen milivolt seviyesindeki sinyaller, filtreleme ve yükseltme işlemlerine tabi tutulur. Bundan sonra, sinyal belli bir referans değerde TTL seviyelere dönüştürülür. TTL seviyelere dönüştürülen sinyal mikroişlemci ünitesine alınarak değerlendirmeye alınır. Devre tasarımında, besleme olarak kablolu besleme ve güneş enerjili besleme gerçekleştirilmiştir. Saha koşulları baz alınarak gerekli yerlerde asfalt kazısına izin verilmeyebilir. Bu nedenle güneş enerjili besleme dahil edilmiştir. Devrede kullanılmak üzere EPROM ve SD kart birimleri dahil edilmiştir. Hafıza ile ilgili bir sınırlama oluşmaması için artırılabilir hafıza olan SD kart kullanılmıştır.

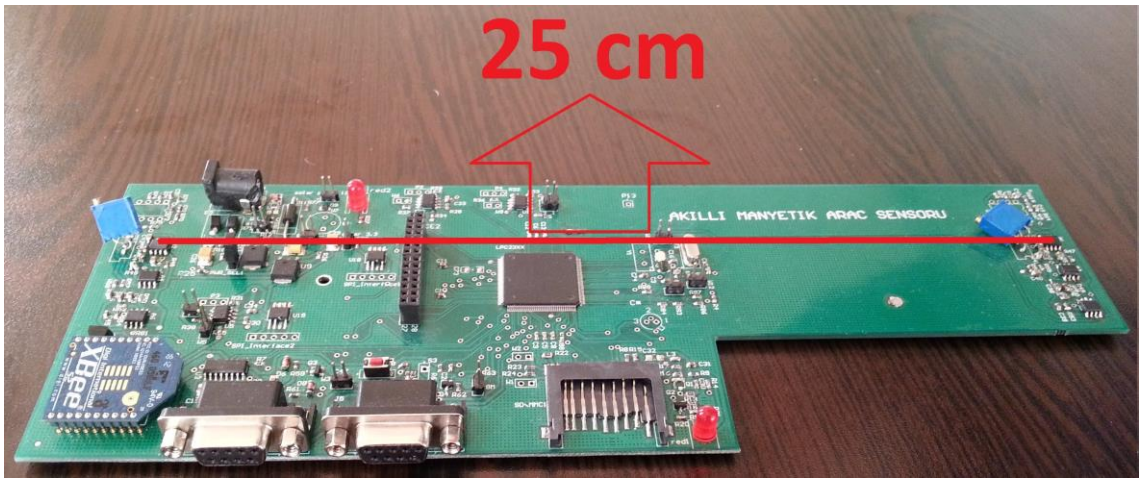
Haberleşme birimi olarak kablolu ve kablosuz haberleşme tasarımları yapılmıştır. Yine asfalt kazısına izin verilmeyen yerlerde kullanılmak üzere ZigBee

kablosuz haberleşme devrede yer almaktadır. Bunun yanı sıra, RS232 ve RS485 gibi haberleşme birimleri tasarımları da dahil edilmiştir.



Şekil 4.6. Akıllı Manyetik Araç Sensörü Genel Blok Yapıları

Genel yapıda, devrede 2 adet manyetik entegre bulunmaktadır. Şekil 4.7.'de de görüldüğü gibi bu manyetik entegreler devrenin iki ayrı ucunda bulunmaktadır. İki manyetik entegre arasındaki mesafe tam olarak 25 cm 'dir. Araç bir uçtan girdiğinde algılanmakta ve zamanlayıcı bu anda başlatılmaktadır. Daha sonra, ikinci manyetik entegreden sinyal geldiğinde zamanlayıcı durdurulur ve değere bakılmaktadır. Böylelikle, aracın 25 cm 'lik yolu ne kadar sürede aldığı bulunmuş olmaktadır. Artık, araçla ilgili çeşitli özelliklerin çıkarımı mümkün olmaktadır. Araç algılama, hız ölçme, ters yönde giden araç algılama ve çeşitli özellikler saptanabilmektedir. Bu özelliklerle beraber, çevresel birimleri de tasarım içine katarak genel ulaşım sistemlerinde kullanılabilecek bir sensör ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 4.7. Akıllı Manyetik Araç Sensörü Elektronik Devre Görünümü

4.2. Elektronik Devre Katmanları ve Tasarımlar

Akıllı Manyetik Araç Sensörü, genel olarak besleme katmanı, haberleşme katmanı, hafıza katmanı, manyetik katman, ana işlemci katmanı, programlama katmanı ve I/O katmanı olarak tasarlanmıştır.

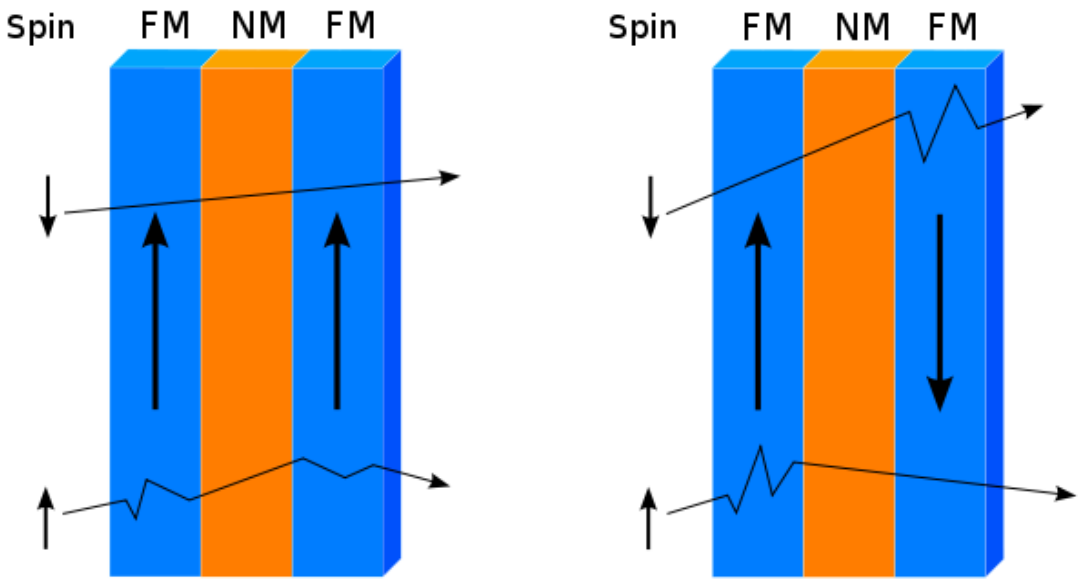
4.2.1. Manyetik katman

4.2.1.1. Manyetik entegreler

Son yılların teknolojisi olan GMR manyetik entegreler vasıtasıyla küçük manyetik alanlardaki değişimler algılanabilmekte ve bu özellikler üzerine sistemler kurulmaktadır. GMR sensor, iki tane ferromanyetik malzemenin ve manyetik olmayan bir malzemenin alaşımıdır. GMR ’nin açılımı büyük manyetik dirençtir.

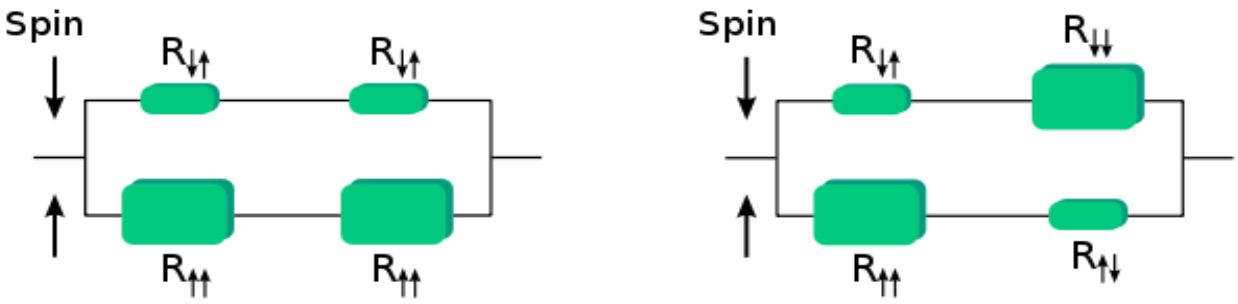
Çok katmanlı GMR entegre oluşturmak için iki veya daha fazla ferromanyetik katman arası yaklaşık 1nm açılmakta ve bu açıklığa ferromanyetik olmayan malzeme yerleştirilmektedir. Örneğin, Fe/Cr/Fe şeklinde bir yapı meydana getirilir. GMR sensörler de manyetik alanın ve elektron spinlerinin yönü sayesinde direnç değişimleri meydana gelmektedir.

Şekil 4.8.'e göre sol tarafta ferromanyetik malzemelerin paralel yönlerde mıknatıslanmaları ve sağ tarafta ise zıt yönde mıknatıslanmaları siyah oklarla gösterilmektedir. Diğer küçük oklar ise elektronların spin yönlerini belirtmektedir. Yatay olarak geçen oklar elektronların iletim yollarını göstermekte, spine ve mıknatıslanmaya göre yollarda elektronların geçişi zorlanmaktadır. Bu durumda, iletim olmamakta veya tekrar spin yönüne ve mıknatıslanma yönüne göre elektron geçişi rahatlıkla olmaktadır. Burada direncin büyüklüğü farklı değerler almakta ve bu sayede farklı direnç değerleri ortaya çıkmaktadır. Bu direnç değerlerine göre sensör kullanılmaktadır.



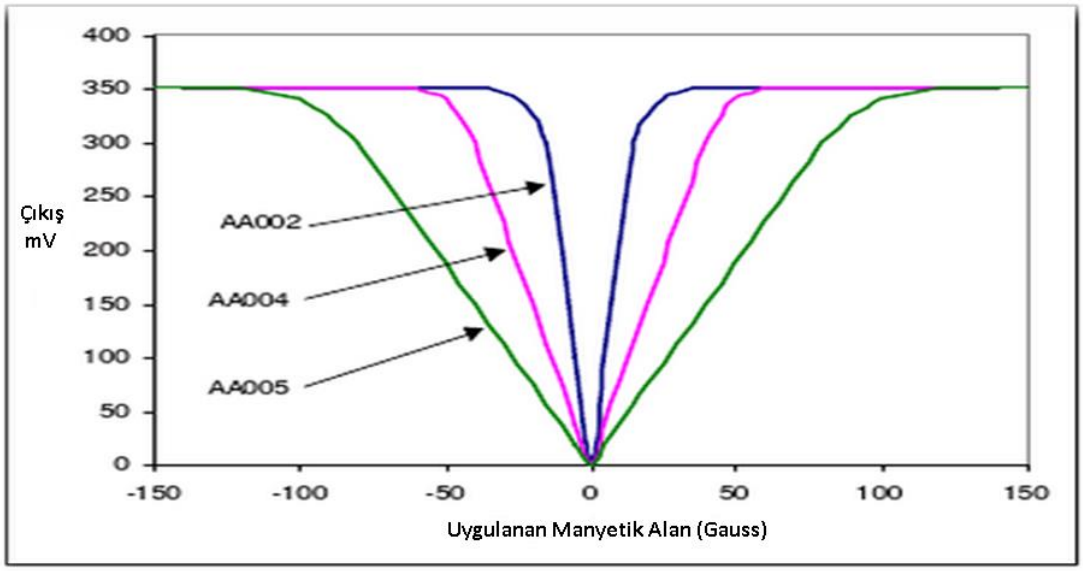
Şekil 4.8. GMR yapısı
FM: Ferromanyetik Metal
NM: Non-Ferromanyetik Metal
Spin: Elektron Dönme Yönleri

Şekil 4.9.'da mıknatıslanma ve elektron spin yönlerine göre direnç değişimleri ifade edilmektedir. Spin valfı yüksek GMR 'ler kullanarak daha fazla performans elde edilebilir ve uygun dirençler ile katmanlar arasındaki polarizasyonlar ayarlanarak maxsimum performans elde edilebilir, bunun yanında ara madde Cu ve ferromanyetik katman olarak NiFe kullanımı daha verimlidir.



Şekil 4.9. GMR Direnç Değişimleri

Uygulanan manyetik alana göre oluşan gerilim değeri, GMR sensör türlerinde Şekil 4.10'daki gibi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.10. Manyetik Entegre Çıkışı

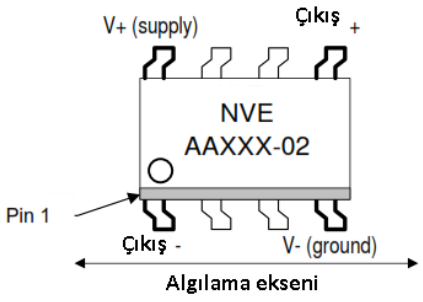
Çizelge 4.1.'de de görüldüğü gibi çok katmanlılar taneli zarlardan daha çok duyarlılığa sahiptir Taneli zarlar basit fabrikasyon işlerinde kullanılırken çok katmanlı GMR 'ler bilgisayar kontrollerinde kullanılırlar. CMR 'lerde manyetik alana göre çok daha fazla direnç değişimi olmaktadır. Taneli filmler heterojen olarak üst üste gelmiş manyetik ve manyetik olmayan iletken zarlardan oluşur.

Çizelge 4.1. Özelliklerine Göre Manyetik Entegreler

	Magnetik Direnç (ohm)	**Doyum Alanı (gauss)**	**Duyarlılık (%)**
AMR	2	5–20	0.4
Çok Katmanlı	10–80	100–2000	0.1
Taneli	8–40	800–8000	0.01
Spin valf	5–10	5–50	1.0
Sandviç	5–8	10–40	0.5
CMR	100	1000	0.1
Tünel	10–25	5–25	2.0

4.2.1.2. Manyetik entegre çıkışındaki sinyalin TTL seviyede elde edilişi

Manyetik entegre seçiminde dünya manyetik alanındaki değişim söz konusu olduğu için düşük manyetik alanlardaki değişimleri algılayabilen bir entegre seçilmesine dikkat edilmiştir. Buna göre, Şekil 4.11.'de de görüldüğü gibi NVE firmasının ürünü olan AAH002E entegresi seçilmiştir.



Şekil 4.11. AAH002E Pinleri

Genel olarak entegre özellikleri;

- Yüksek hassasiyet
- Wheatstone köprüsü analog çıkışı
- 150°C sıcaklığa kadar dayanıklılık

- DC gerilimde >1MHz frekans tepkisi
- Küçük yüzey montaj

şeklindedir.

AAH002E entegresine ait teknik özellikler çizelge 4.2.'de verilmiştir.

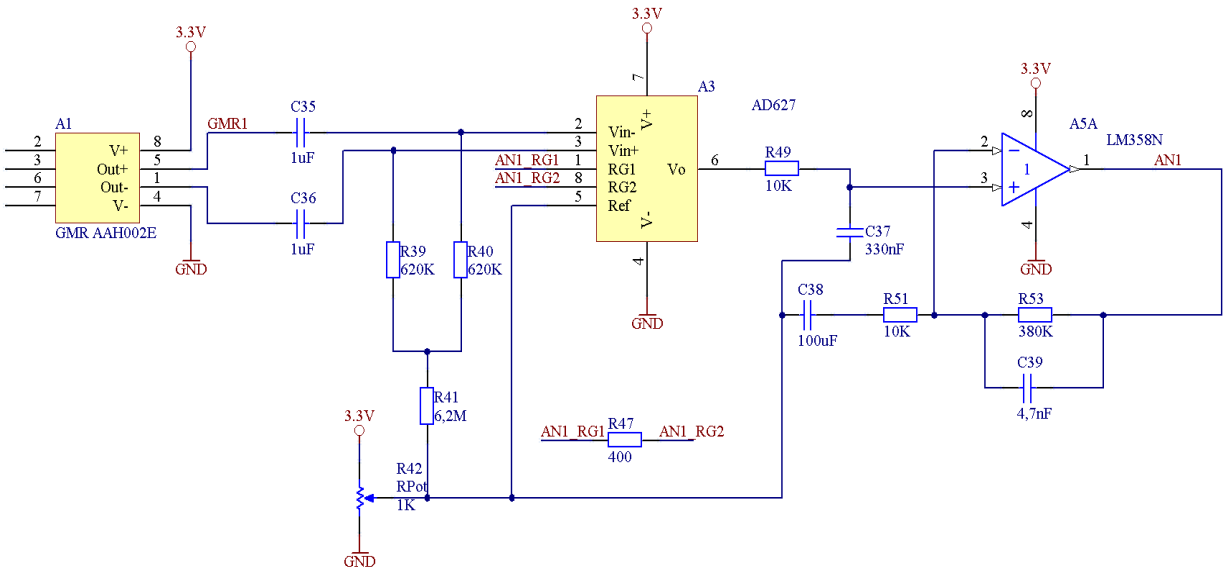
Çizelge 4.2. AAH002E Özellikleri

ENTEGRE ADI	SATURASYON ALANI (Oe)	LİNEER ALAN (Oe)		DUYARLILIK (mV/V-Oe)		DİRENÇ (ohm)	PAKET	ÖLÇÜLER (um)
		Min	Max	Min	Max			
AAH002-02	6	0.6	3.0	11.0	18.0	2K ±20%	SOIC8	436x3370
AAH004-00	15	1.5	7.5	3.2	4.8	2K ±20%	MSOP	411x1458

*1 Oersted (Oe) = 1 Gauss

Yüksek sıcaklık uygulamaları, yüksek hassasiyetli sistemler, dünya manyetik alanındaki değişimlerin algılanması ve akım algılama başlıca kullanım yerleridir.

Şekil 4.12.'den de görüldüğü gibi AAH002E entegresinin çıkışı filtreleme ve yükseltme işlemlerine tabi tutulmuştur. GMR entegresinden çıkan mV seviyesindeki analog sinyal ilk olarak yüksek geçiren filtreye sokulmuştur.



Şekil 4.12. GMR Çıkışı Analog Sinyal Üretimi

$$f_{kesim} = \frac{1}{2\pi.R.C} \tag{4.2}$$

(4.2) bağıntısına göre yüksek geçiren filtrenin kesim frekansı hesaplanırsa;

$$f_{kesim} = \frac{1}{2\pi.620K\Omega.1uF} = 0{,}256 \text{ Hz}$$

sonucu ortaya çıkmaktadır. Böylece DC sinyaller elimine edilmektedir. Yüksek geçiren filtreden çıkan sinyal diferansiyel yükselteç olan Analog Devices firmasının entegresi AD627 'ye sokulmaktadır. Burada sinyal yaklaşık 500 kat yükseltilmektedir. Kazanç (4.3) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$Kazanç = 5 + 200K\Omega / R_G \tag{4.3}$$

(4.3) bağıntısındaki R_G direnci, R_{47} direncidir.Buna göre net kazanç;

$$Kazanç = 5 + 200K\Omega / 400\Omega = 505$$

dir.

Daha sonra, sinyal R49 ve C37 elemanlarından oluşan alçak geçiren filtreden geçirilmektedir. (4.2) bağıntısına göre kesim frekansı;

$$f_{kesim} = \frac{1}{2\pi.10K\Omega.330nF} = 48{,}25Hz$$

dir.

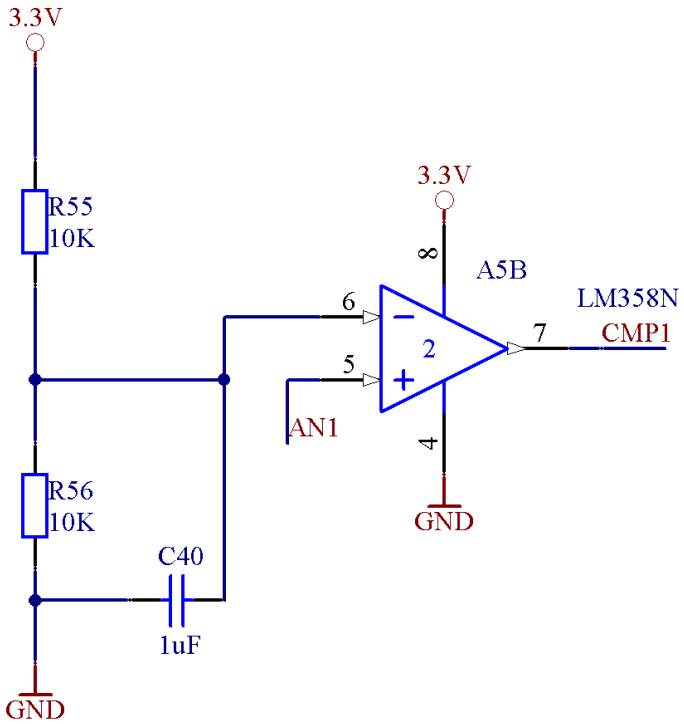
Böylelikle sinyal yüksek frekanslı bileşenlerden temizlenmiştir. Sinyal son olarak, karşılaştırma devresine girmeden önce band geçiren aktif filtreye sokulmuştur. C38-R51, C39-R53 çiftleri ve LM358 'den oluşan band geçiren aktif filtrenin kesim frekansları (4.2) bağıntısından yararlanarak;

$$f_{kesim} = \frac{1}{2\pi.10K\Omega.100uF} = 0{,}16Hz$$

$$f_{kesim} = \frac{1}{2\pi.380K\Omega.4,7nF} = 89,15Hz$$

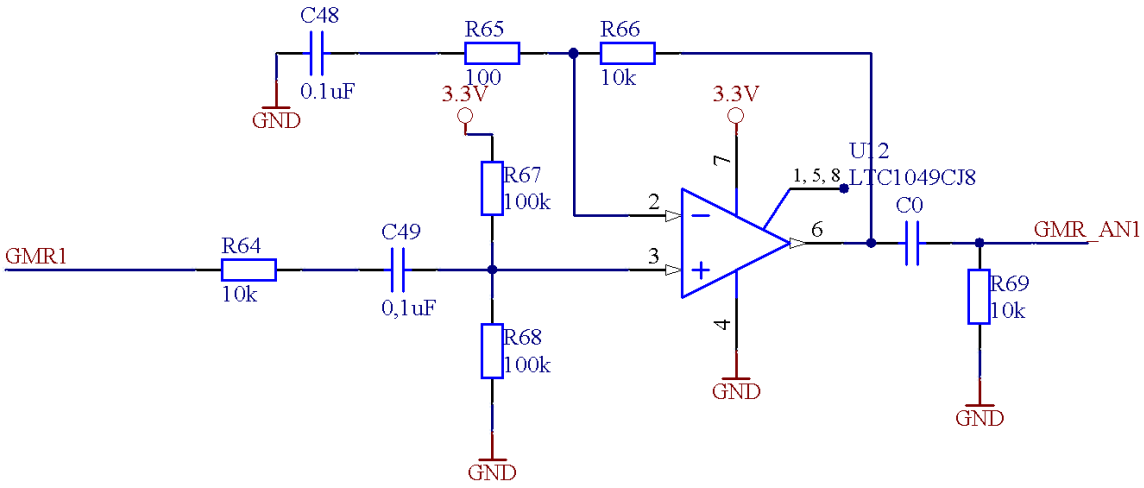
olarak hesaplanır. Böylelikle sinyal band aralığı 0.16 – 89.15 Hz olan band geçiren filtreden geçirilerek DC ve yüksek frekanslı bileşenlerden arındırılarak karşılaştırıcı devresine iletilmektedir.

Şekil 4.13.'de de görüldüğü gibi analog sinyal, yaklaşık 1.5V 'luk gerilimle karşılaştırılmaktadır. Buna göre, analog sinyal 1.5V 'un altında ve üstünde TTL seviyelere dönüştürülmektedir. Örneğin, araç geçtiğinde manyetik entegre çıkış üretecek dolayısı ile analog sinyal 1.5V un üstüne çıkacaktır. Böylelikle, TTL seviye değişecek ve ana işlemci ile araç algılanacaktır. Karşılaştırıcı devre çıkışı ana işlemciye bağlanmaktadır.



Şekil 4.13. Karşılaştırıcı Devre

Manyetik entegre gelişim teknolojileri ve ilerideki ihtiyaçlar göz önüne alınarak analog sinyalin direkt işlemciye bağlanması gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.14.'deki devre ile çıkış, ana işlemci devresinin analog dijital dönüştürücü pinine bağlanmıştır. Burada, uygun algoritmalarla sinyallerden çıkarımlar yapılabilmektedir.

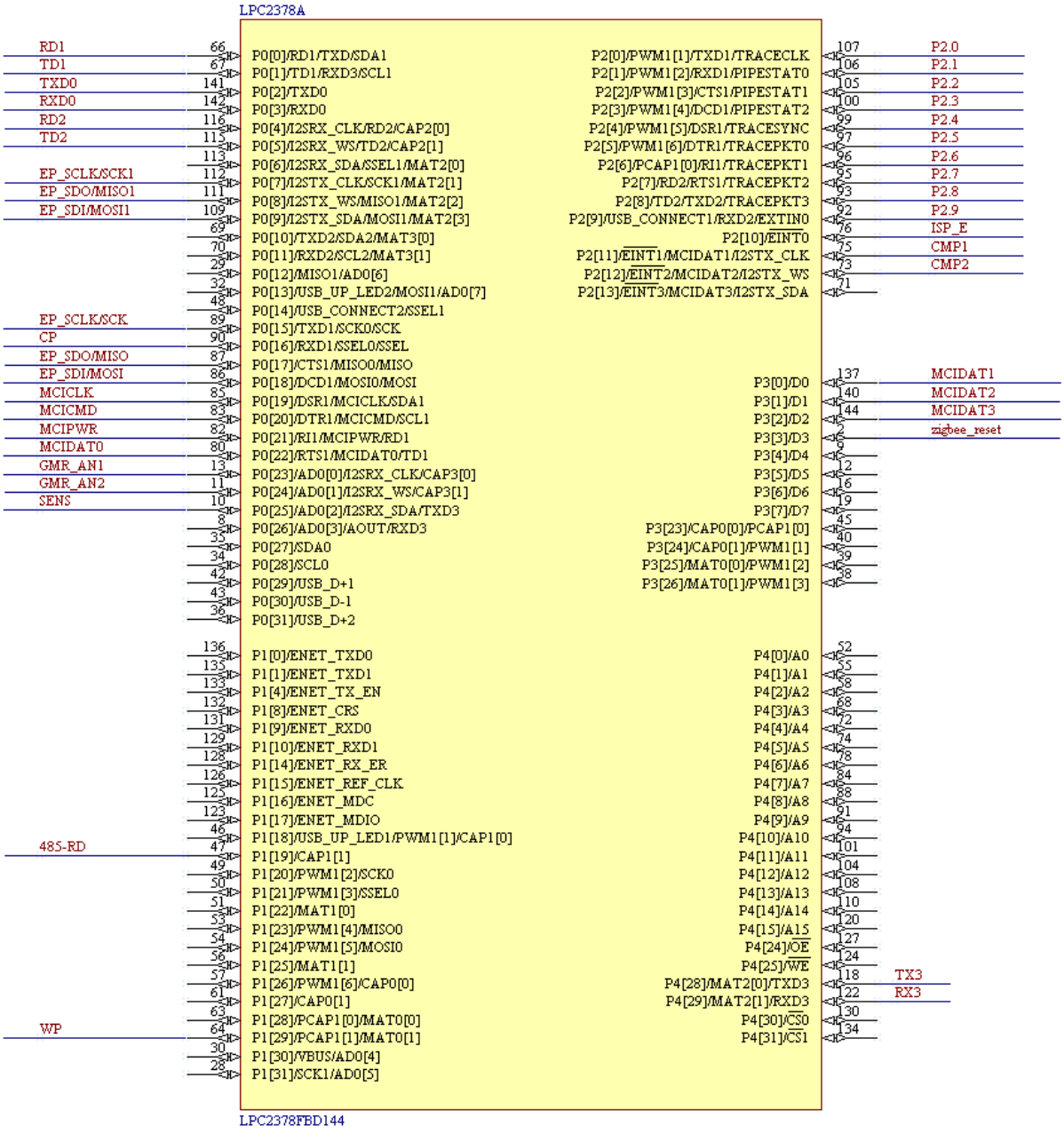


Şekil 4.14. Analog Sinyalin Ana İşlemciye İletilmesi

4.2.2. Ana işlemci katmanı

4.2.2.1. NXP LPC2378 (Philips)

Şekil 4.15.'de de görülen LPC 2378, ARM tabanlı bir mikroişlemcidir. ARM mimarisi 1983 yılında "Acorn Computers Ltd" isimli bir şirket tarafından ARM1 adıyla (Acorn RISC Machine 1) ismiyle tasarlanmaya başlanmış ve 1985 yılında piyasaya sürülmüştür. Takip eden sene 32 bitlik ARM2 modeli piyasaya sürülmüş, basit ve kullanışlı yapısıyla ses getirmiştir. 1990 yılında firma ismi Advanced RISC Machines Ltd. olarak değiştirilmiştir. 1998 yılında firma ismini tekrar değiştirerek günümüzde de kullanılan ARM Ltd. yapmıştır.

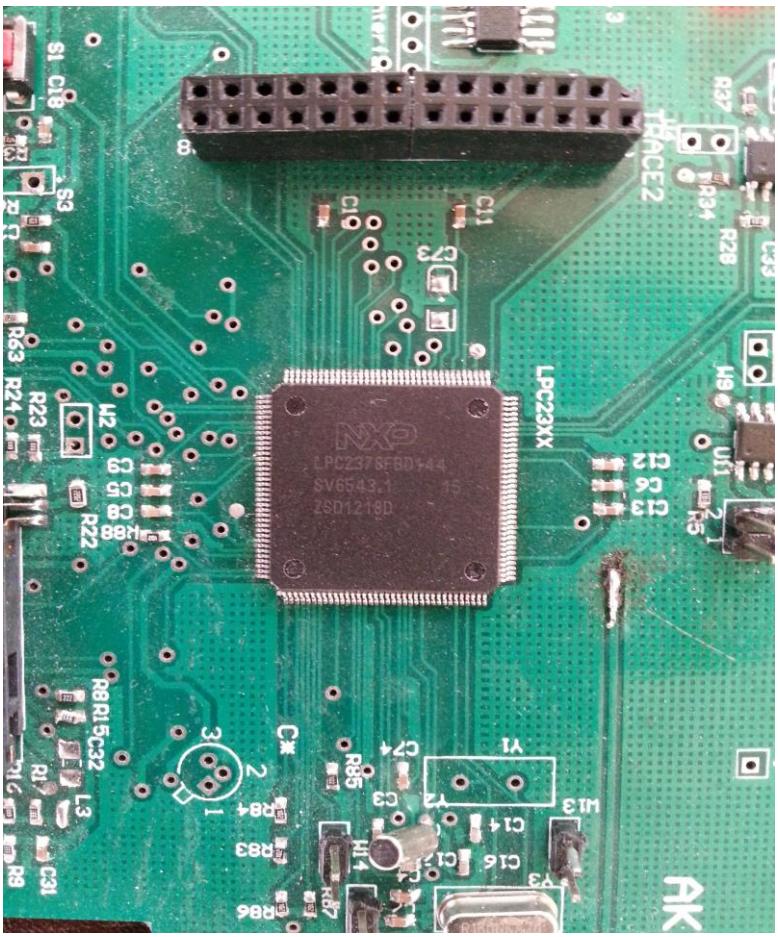


Şekil 4.15. LPC 2378

ARM firması 32 bitlik işlemci çekirdekleri üretmektedir ve NXP(Philips), Samsung, NEC, Atmel gibi diğer firmalara lisanslı olarak bu çekirdekleri satmaktadır. ARM şirketinin verdiği bilgilere göre şu anda 200 üzerinde firmaya 600 'ün üzerinde işlemci mimarisi ve çekirdeği lisanslanmış durumdadır. ARM işlemciler 32 bitlik yapısı, düşük güç tüketimi, yüksek performansı gibi özelliklerinden dolayı sektörde açık ara lider durumdadırlar. 2009 yılı verilerine göre tüm dünyadaki 32 bitlik gömülü sistemlerde kullanılan işlemcilerin %90 'ı ARM mimarisini kullanmaktadır. Düşük güç tüketimi sayesinde cep telefonları, PDA 'lar ve taşınabilir cihazlarda tercih

edilmektedir. Bazı ARM işlemciler GHz 'lik saat hızlarına ulaşmışlardır. Böylece çok çekirdekli ve yüksek saat hızlarıyla yüksek performanslı ARM işlemciler piyasaya çıkmaya başlamışlardır. (Samancı, 2010)

Ülkemizde, fiyatlarının düşmesi ve ülkemizde yaygınlaşmaya başlamasından dolayı ARM işlemciler uygulamalarda kullanılabilir hale gelmiştir. Giriş/çıkış pini sayısı ve sahip olduğu bazı niteliklerden dolayı 32 bitlik ARM işlemcileri daha tercih edilebilir hale getirmektedir. Philips NXP firmasının ürettiği ucuz ve yüksek performanslı ARM7 mimarisine sahip olan LPC2378 işlemcileri bu Akıllı Manyetik Araç Sensörü devresinin ana işlemcisi seçilmiştir. İşlemcinin devre üzerindeki yerleşimi Şekil 4.16.'daki gibidir.

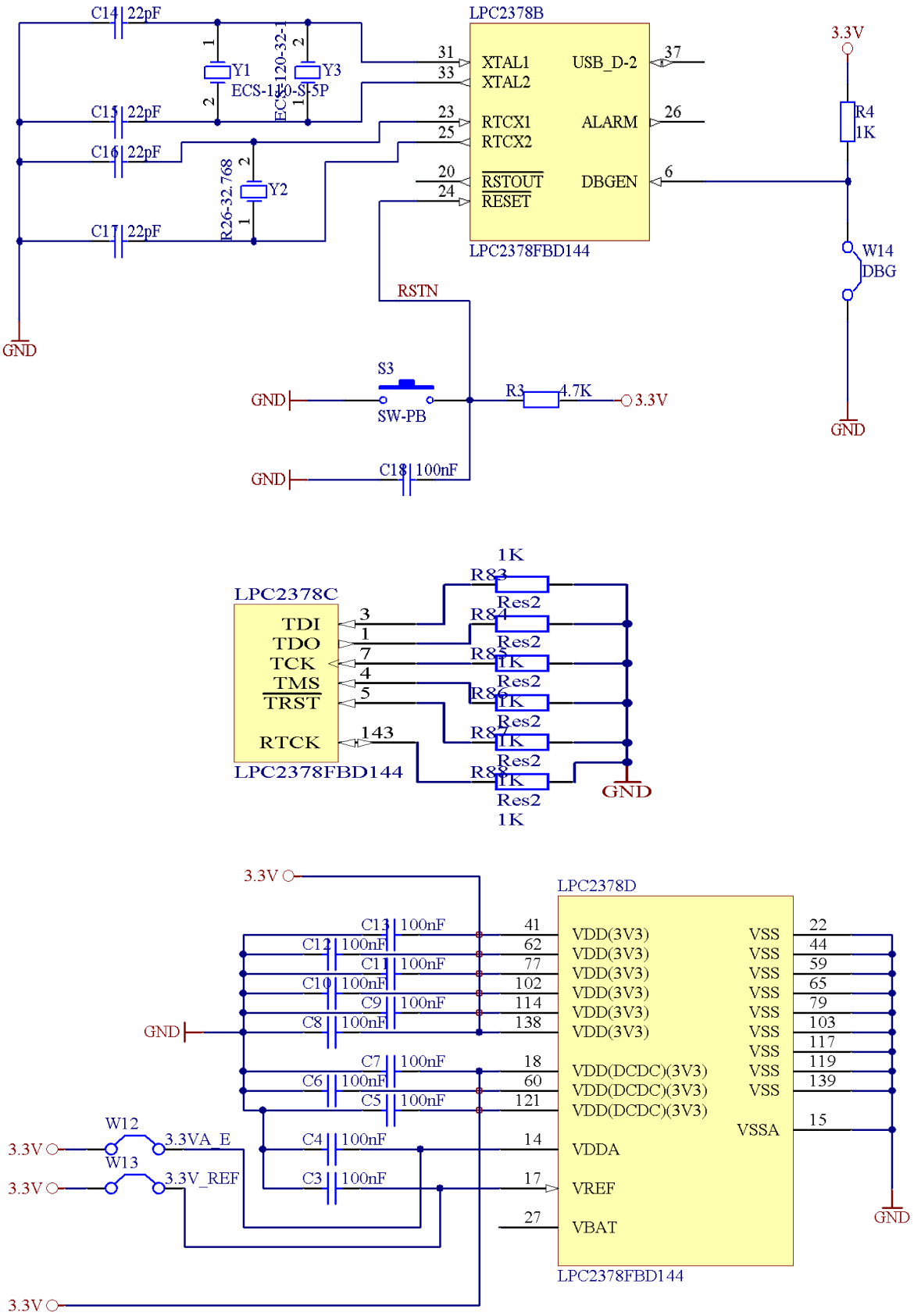


Şekil 4.16. LPC 2378'nin Devre Üzerindeki Konumu

LPC serisi işlemcilerinin ve ARM7 mimarisinin özelliklerinden bazıları;

- Dahili bootloader ’ları sayesinde LPC2000 işlemcilerini programlamak için harici programlayıcı devrelere gerek kalmamaktadır. RS232 üzerinden program atılabilmektedir.
- Çoğu komut tek makina çevriminde işletilmektedir. 72Mhz hıza çıkabilen işlemcilerde bu saniyede 72 milyon işlem anlamına gelmektedir.
- 32 bitlik saklayıcılar ve özel donanımlar sayesinde matematik ve çarpım işlemleri daha hızlıdır.
- Tek yonga üzerinde USB, USB OTG, Ethernet, CAN gibi kompleks donanımları bulundurabilmektedirler.
- Düşük güç tüketimleri sayesinde pil ile çok uzun süre çalıştırılabilmektedir.
- 512 kB ’a kadar çıkabilen flash program hafızası bulunmaktadır.
- Geliştirilmiş vektörel kesme donanımı sayesinde kesmelere daha hızlı cevap verebilme ve 32 adet vektörel kesme desteği bulunmaktadır.
- Geliştirilmiş ADC, DAC, SD/MMC, I2C, SPI, PWM ve Timer modülleri bulunmaktadır.
- 32 bit ARM komut seti ve 16 bit THUMB komut seti ile birlikte çalışabilme özelliği mevcuttur (Samancı, 2010).

Şekil 4.17.’de de görüldüğü LPC 2378 ’in çalışması için bazı bağlantıların yapılması gerekmektedir. Bu bağlantılar içerisinde, osilatör devresi bağlantıları, kondansatör bağlantıları, reset devresi bağlantısı, beslemeler, referans değer bağlantıları ve bazı pinlerin dirençle toprağa bağlantısı bulunmaktadır. Akıllı Manyetik Araç Sensörü devresindeki ana işlemci ünitesi 16 MHz ’lik osilatör devresi ile çalışmaktadır. Ayıca, Şekil 4.15.’de LPC 2378 ’e ait tüm pin bağlantıları görülmektedir. Devrenin tüm bileşenleri bu kısımdan yönetilmektedir.



Şekil 4.17. LPC2378 Bağlantı ve Devreleri

4.2.3. Haberleşme katmanı

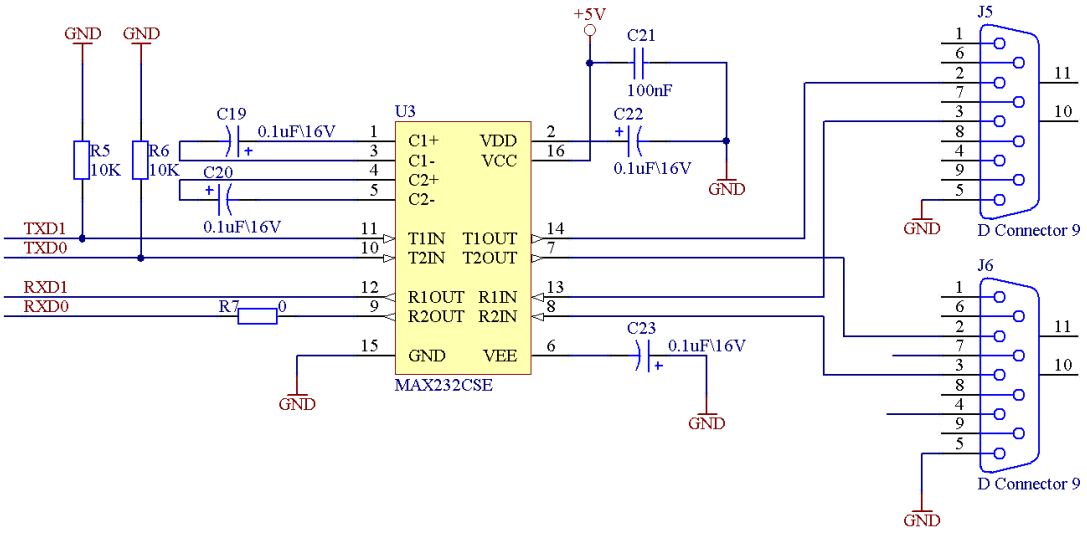
4.2.3.1. Seri Haberleşme (RS232-RS485)

Akıllı Manyetik Araç Sensörü devresi üzerinde kablolu ve kablosuz haberleşme türleri mevcuttur. Tasarımda değişik ihtiyaçlar öngörülerek RS232, RS485 ve ZigBee alternatifleri dahil edilmiştir.

RS232 ve RS485, bilgisayarlar ve diğer elektronik cihazlarda kullanılan seri haberleşme metotlarıdır. Kuşkusuz ki RS232 bu seri haberleşme metodları arasında en iyi bilinenidir, hemen hemen tüm bilgisayarlarda bir RS232 çıkışı bulunmaktadır.

RS232 maksimum 20 kbps veri iletim hızında sadece bir data terminal cihazının sadece bir data haberleşme cihazına bağlanabildiği bir haberleşme arayüzüdür ve bu iki cihaz arasındaki maksimum kablo uzunluğu 15 metre olabilir. Bu mesafe bazı uygulamalarda yeterli gelmektedir ancak bazı ihtiyaçlarda daha uzun mesafelere çıkmak gerekmektedir.

Devrede tasarlanan RS232 devresi Şekil 4.18.'de görülmektedir. Bu kısımda seri haberleşme için MAX232 entegresi kullanılmıştır.

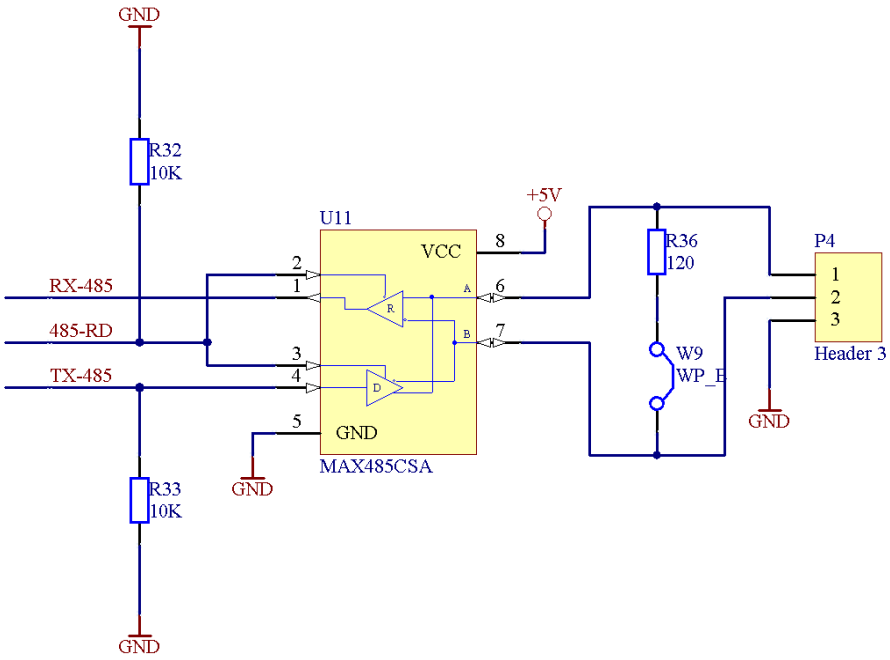


Şekil 4.18. RS232 Devresi

RS485, çok yönlü bir seri haberleşme standardıdır. Yukarıda anlatılan ihtiyaçların hepsini sağlamaktadır. Bu yüzden birden fazla cihazın birbirleriyle

haberleşmesi gereken veri işleme ve kontrol uygulamalarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Şekil 4.19.'dan da görüldüğü gibi RS485 devresinde seri haberleşme entegresi olarak MAX485 kullanılmıştır.

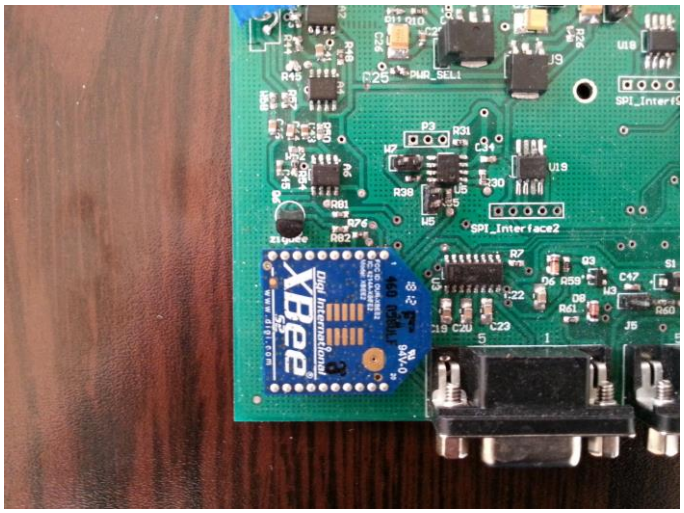


Şekil 4.19. RS485 Devresi

RS232 'nin en temel problemi sinyal hattı üzerindeki gürültüden kolay etkilenir olmasıdır. RS232 protokolü alıcı ve verici arasındaki data ve handshake line voltajlarını ortak bir toprak hattı kullanarak karşılaştırır. Toprak hattındaki herhangi bir voltaj artımı çok değişik sonuçlar doğurmaktadır. Bu yüzden, RS232 tetikleme seviyesi +/-3 volta ayarlanmıştır. Bu nedenle, mesafe arttığında gürültü hızla artar. RS485 standardında ise sinyal referansı için ortak sıfır kullanılmaz. Bu sebeple, RS485 alıcı ve verici ünite arasındaki voltaj seviye farkı bir problem oluşturmaz. RS485 sinyalleri değişkendir ve her bir sinyal Sig+(A) ve Sig-(B) hatları üzerinde iletilmektedir. RS485 alıcısı sinyal hattı üzerindeki kesin voltaj seviyesi yerine iki hat arasındaki voltaj farkını karşılaştırmaktadır. Bu sayede bir çok haberleşme sorunun temeli olan toprak döngüsü önlenmiş olur.

4.2.3.2. ZigBee Kablosuz Haberleşme

ZigBee, adını arıların çiçekler arasındaki zig-zaglı karmaşık hareket yapılarından almaktadır. Bu zig-zaglı yapı mesh (karmaşık) ağındaki düğümler arası haberleşmeyi sembolize etmektedir. Ağ bileşenleri kraliçe arı, erkek arı ve işçi arıları temsil etmektedir. Şekil 4.20.'de ZigBee 'nin devre üzerindeki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 4.20. ZigBee Devre Üzerindeki Konumu

ZigBee birçok farklı alanda uygulamaya sahip olan yeni sayılabilecek bir kablosuz ağ teknolojisidir. Uluslar arası şirketlerin kurduğu küresel bir şirketler birliği olan "ZigBee Alliance"ın çalışmaları sonucunda oluşmuştur. ZigBee; IEEE 802.15.4 temelinde özelleşmiş endüstriyel, bilimsel ve medikal radyo bantlarında kullanılan teknolojik bir standarttır. Bu teknoloji, aletlerin birbirleriyle düşük güç kullanarak iletişim kurmasını ve böylece bataryaların daha uzun süre kullanılmasını sağlamaktadır. ZigBee hızlı iletişim için ideal olduğundan otomasyonun birçok farklı çeşidini hedeflemektedir.

ZigBee 'nin önemli özellikleri:

- Güvenilirlik
- Fazla sayıda düğüm desteği
- Hızlı ve kolay kurulum
- Uzun pil ömrü
- Güvenlik
- Düşük maliyet
- Üretici/sağlayıcı bağımsızlığı

ZigBee; IEEE 802.15.4 temelinde özelleşmiş, özel olarak kontrol ve sensör ağları için oluşturulmuş bir teknolojik standarttır. IEEE içerisinde 802 numaralı grup ağ operasyonları ve teknolojilerini içeren bölümdür. Grup 15 daha temel olarak kablosuz ağlarla(WLAN) ilgili detayları içermektedir ve görev grubu 4 ise 802.15.4 kablosuz kişisel alan ağlarında(WPAN) düşük veri hızları standardını içermektedir. WPAN düşük veri hızıyla beraber aynı zamanda düşük güç kullanımını ve düşük karmaşıklığı de kapsamaktadır. Veri hızı endüstriyel, bilimsel ve medikal banda göre global 2.4 GHz ’de 250 kbps ’dır Avrupa ’da kullanılan banda göre 868 MHz ’de 20 kbps ve Kuzey Amerika ve Avustralya için 915 MHz ’de 40 kbps ’dir. ZigBee IEEE standardında oluşturulmuştur ve uzaktan denetim ile sensörlü ağ uygulamalarının kontrolünü adreslemektedir.

ZigBee, ilk olarak bu standarda uyan kontrol cihazını üretmeye çalışan birçok şirket ve endüstri liderleri tarafından oluşturulmuştur. 802.15.4; frekans ve veri hızı gibi özellikleri adresleyen orta erişim kontrolü katmanını (Medium Access Control - MAC) ve fiziksel katmanı (Physical - PHY) geliştirmiştir. Fiziksel katman aynı zamanda tam fonksiyonlu cihazlar (Full Function Devices - FDD) ve azaltılmış fonksiyonlu cihazlar (Reduced Function Devices – RFD) için geçerlidir. ZigBee ayrıca uygulama destek alt katmanını, ZigBee aygıt nesnesini ve son olarak da güvenlik servisini içeren ağ katmanı ile uygulama katmanını geliştirmiştir. Ağ katmanı ve uygulama katmanı IEEE katmanından daha fazla özelleşmiştir ve ZigBee ağ kurulumunu ve cihazların birbirleriyle iletişimini içermektedir.

ZigBee temelde aletlere diğerleriyle iletişim kurma izni veren dijital radyoları kullanmaktadır. Tipik bir ZigBee ağı birkaç tip aygıttan oluşmaktadır. Ağı kuran, ağ koordinatörü ağın her düğümünün (node) farkındadır ve network içindeki alınmış ya da gönderilmiş bilgiyi her safhada yönetmektedir. Her ZigBee networkü bir koordinatör içermektedir. Başka tam fonksiyonel cihazlar (FFD) ağ içinde bulunabilir ve bu aygıtlar bütün 802.15.4 fonksiyonlarını desteklemektedir. Bunlar bütün network koordinatörlerine, network dağıtıcılarına ya da fiziksel dünyayla bağlantılı bütün cihazlara hizmet etmektedirler. Networkte bulunan uç cihaz ise indirgenmiş fonksiyonlu aygıt (RFD) sadece fiziksel dünyayla bağlantılı aygıtlara hizmet etmektedir.

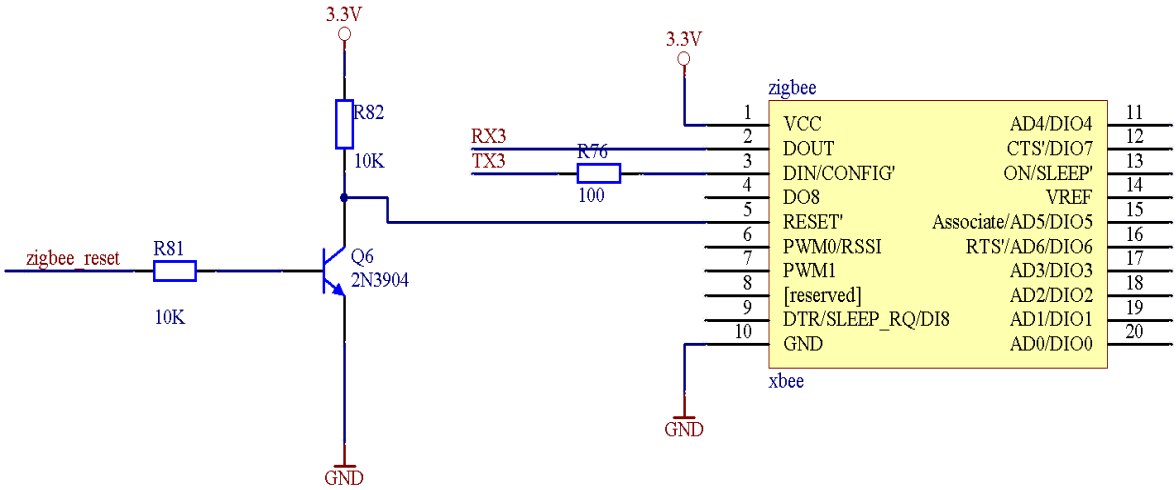
ZigBee iki ana modda çalışır:

a-) Beacon **b-)** Non-Beacon

Beacon modda; cihazlar birbirleri ile tamamen koordinelidir. Ağ koordinatörü periyodik olarak cihazlara bir "wake-up" işareti göndermektedir. Bunun sonrasında cihaz uyanır ve eğer bir mesaj iletmesi gerekiyorsa iletmektedir, gerekmiyorsa uyumaya devam etmektedir. Bu işlemleri tamamladıktan sonra ağ koordinatörü de uyku moduna geçmektedir.

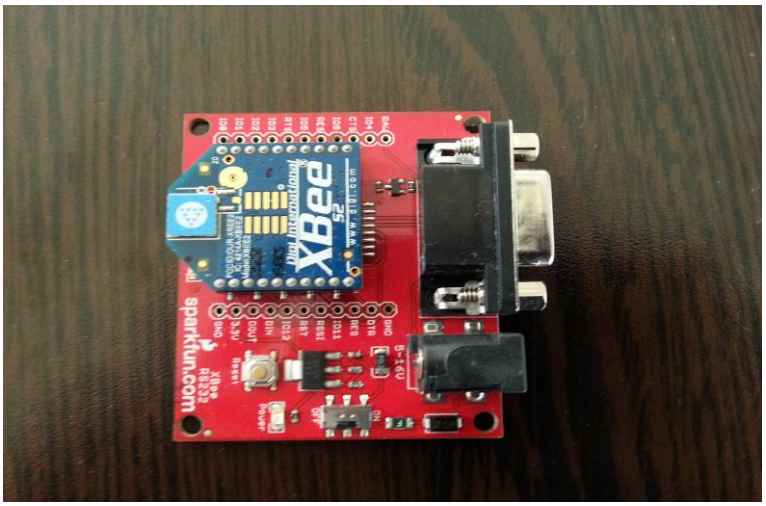
Non-Beacon mod; ise daha az koordineli çalışmaktadır. Her cihaz yalnızca ihtiyaç duyduğunda koordinatör ile haberleşmektedir. Fakat bu mod cihazların birbirleri ile karışmasına neden olabilmektedir. Ayrıca koordinatörün ağı dinlemek için sürekli açık olmasını gerektirir, bu da daha fazla enerji harcaması demektir. Ama her iki durumda da ZigBee düşük enerji tüketimini korur çünkü ağda bulunan çoğu cihaz uzun periyotlarda uyku modunda olmaya devam etmektedir (Aydın, 2011).

Akıllı Manyetik Araç Sensörü 'nün en önemli parçalarından biri de ZigBee haberleşmesidir. Sensörün ana kontrol ünitesi ile haberleşmesi veya sensörlerin kendi aralarında haberleşmesi için oldukça pratik ve verimli bir haberleşme kaynağıdır. Ayrıca, sahadaki uygulamalarda kablo çekimini elimine ettiği için de ayrıca bir önem kazanmaktadır. Şekil 4.21.'de ZigBee haberleşmesine ait devre görülmektedir. Bu devre Akıllı Manyetik Araç Sensörü 'nün üzerindeki tasarımdır.



Şekil 4.21. ZigBee Devresi

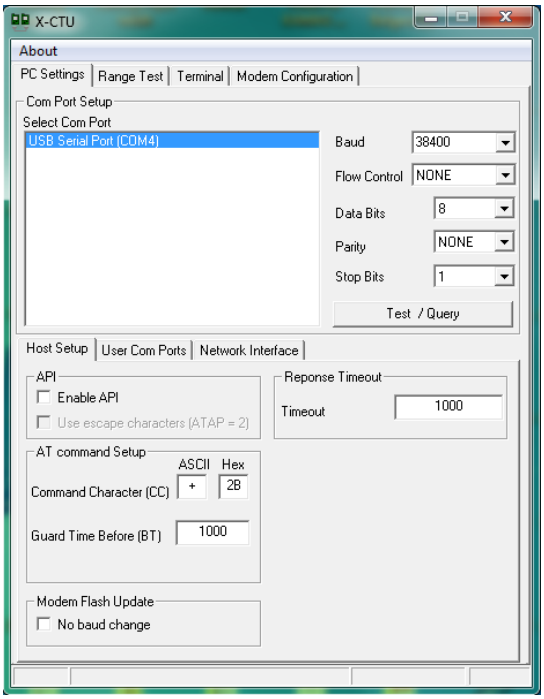
Şekil 4.22.'de ise ZigBee 'nin bilgisayar tarafındaki modülü görülmektedir. Akıllı Manyetik Araç Sensörü gerçek zamanlı olarak takip edilebilme ve müdahale edilebilme özelliğine sahiptir. Bilgisayar tarafındaki ve devre tarafındaki ZigBee modüllerinin haberleşmesi sağlanarak bu işlem güvenli bir şekilde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.22. ZigBee Bilgisayar Tarafı Modülü

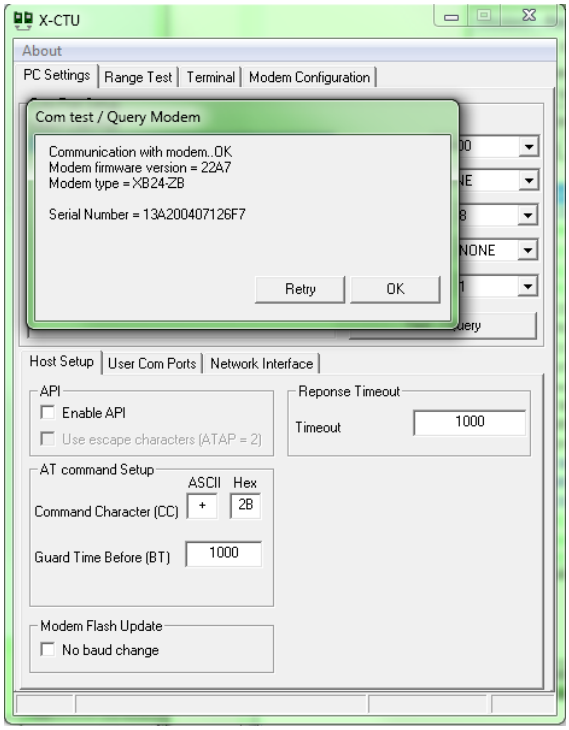
Akıllı Manyetik Araç Sensörü 'nde kullanılan ZigBee 'lerin konfigurasyonu birbiri ile otomatik iletişime geçecek şekilde düzenlenmiştir. Buna göre Akıllı Manyetik Araç Sensörü üzerindeki ZigBee ROUTER olarak, bilgisayar tarafındaki ZigBee ise COORDINATOR olarak tanımlanmıştır.

ZigBee modüllerindeki genel konfigurasyon DIGI firmasının XCTU yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.22.'de görülen modül vasıtasıyla seri port çıkışı bilgisayara bağlanmaktadır. Daha sonra XCTU yazılımı açılarak seri port testi yapılmaktadır. Şekil 4.23.'de de görüldüğü gibi bağlı bulunan seri portlar yazılımın arayüzünde otomatik çıkmaktadır.



Şekil 4.23. XCTU Yazılımı Seri Port Gösterimleri

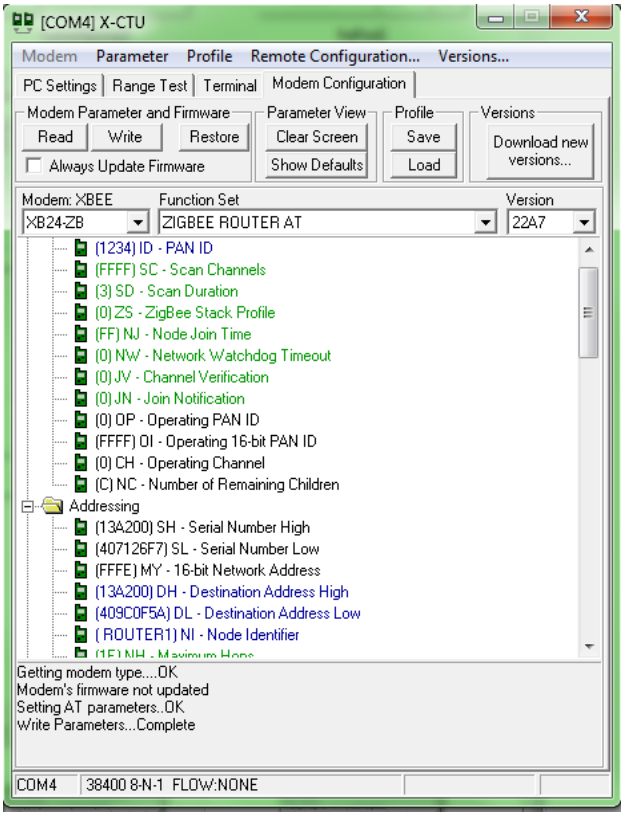
Şekil 4.23.'de görüldüğü gibi bize ait COM port seçilmeli ve ardından Test/Query butonuna basılmalıdır. Butona basıldıktan birkaç saniye sonra ZigBee ait test sonucu, seri numarası ve modem tipi gibi bilgiler ekrana gelmektedir. Şekil 4.24.'de de görülen ZigBee 'ye ait seri numarası bizim için oldukça önemlidir. Çünkü, ZigBee 'lerin bağlanacağı yerler bu seri numaraları üzerinden tanımlanmaktadır.



Şekil 4.24. Birinci ZigBee Özelliklerinin Gösterimi

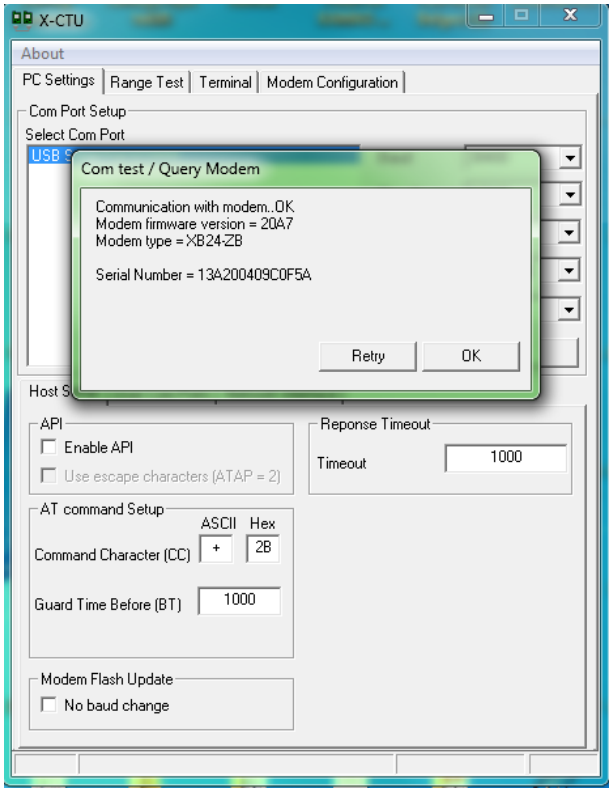
Bu işlemleri yaptıktan sonra ZigBee ayarlarını yapmak üzere üst segmelerden Modem Configuration ’a tıklanır ve Read butonuna basılır. Read butonuna basıldığında ZigBee ’nin içinde var olan ayarlar karşımıza gelmektedir. Şekil 4.25.’de de görülen Function Set kısmından ROUTER seçilmektedir. Daha sonra PAN ID, Destination Address High, Destination Address Low, Node Identifier ve Baudrate kısımları doldurulmaktadır.

Burada, PAN ID kısmında yazılan kod, COORDINATOR olarak kullanılan ZigBee PAN ID ’si ile aynı olmak zorundadır. Node Identifier kısmına ZigBee ’nin hangi isimle tanımlanacağı yazılmaktadır. Baudrate kısmına ise ZigBee ’lerin hangi hızla haberleşeceği yazılmaktadır. Akıllı Manyetik Araç Sensörü için bu değer 38400 olarak ayarlanmıştır. Şekil 4.25.’de de görülen Serial Number High ve Serial Number Low değerleri işlem yapılan ZigBee ’ye ait seri numarasıdır. Bu seri numara, daha sonra COORDINATOR olarak ayarlanacak ZigBee ’nin Destination Address High ve Destination Address Low kısmına yazılmalıdır. Şekil 4.25.’de görülen Destination Address High ve Destination Address Low kısmına COORDINATOR olarak kullanılan ZigBee ’nin seri numarası yazılmaktadır. Böylelikle, ROUTER otomatik olarak COORDINATOR ’e bağlanmaktadır. Gerekli ayarları yaptıktan sonra Write butonuna tıklanır ve ayarlar ZigBee içerisine kaydedilir.



Şekil 4.25. ROUTER Ayarları

ROUTER ZigBee ayarları yapıldıktan sonra Şekil 4.22.'deki modülden çıkarılmakta ve modüle ikinci ZigBee takılmaktadır. İşlemler önce yapılanlara benzer bir şekilde uygun seri port seçilir ve Test /Query butonuna tıklanır. Ekrana ZigBee 'ye ait özellikler gelmektedir. Şekil 4.26.'da da görüldüğü gibi ZigBee 'ye ait seri numarası ile ROUTER 'da Destination Address High ve Destination Address Low kısmına yazılan seri numara aynıdır.

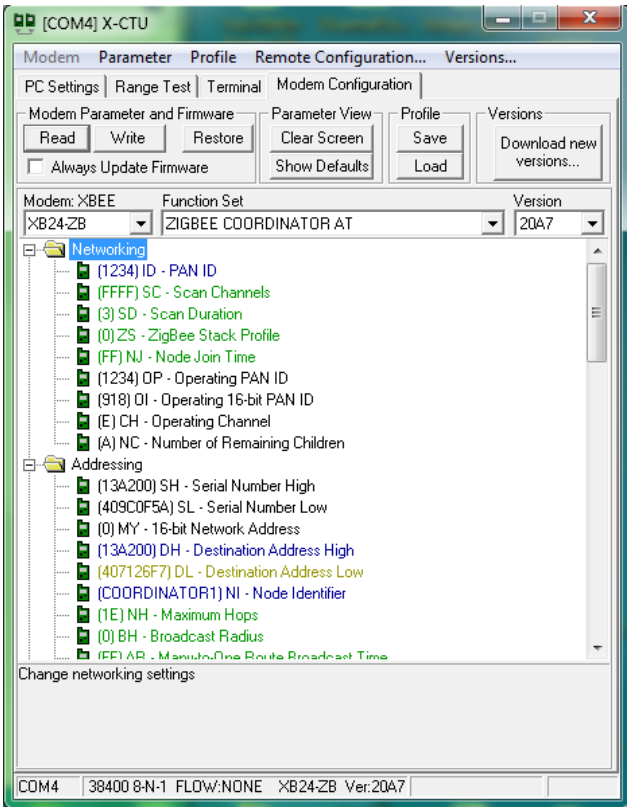


Şekil 4.26. İkinci ZigBee Özelliklerinin Gösterimi

Daha sonra, Modem Configuration segmesine tıklanır ve Read butonuna basılır. Burada Function Set kısmı COORDINATOR olarak seçilmektedir. PAN ID, Destination Address High, Destination Address Low, Node Identifier ve Baudrate kısımları doldurulmaktadır.

Burada, PAN ID kısmı ROUTER ile aynı olarak '1234' olarak doldurulmuştur. Node Identifier kısmına COORDINATOR yazılmıştır ve Baudrate 'de 38400 olarak seçilmiştir. Destination Address High ve Destination Address Low kısmına ROUTER 'a ait serial numarası yazılmıştır. Böylelikle, COORDINATOR ve ROUTER otomatik birbirine bağlanarak, baudrate 38400 olacak şekilde haberleşme altyapısı sağlanmıştır.

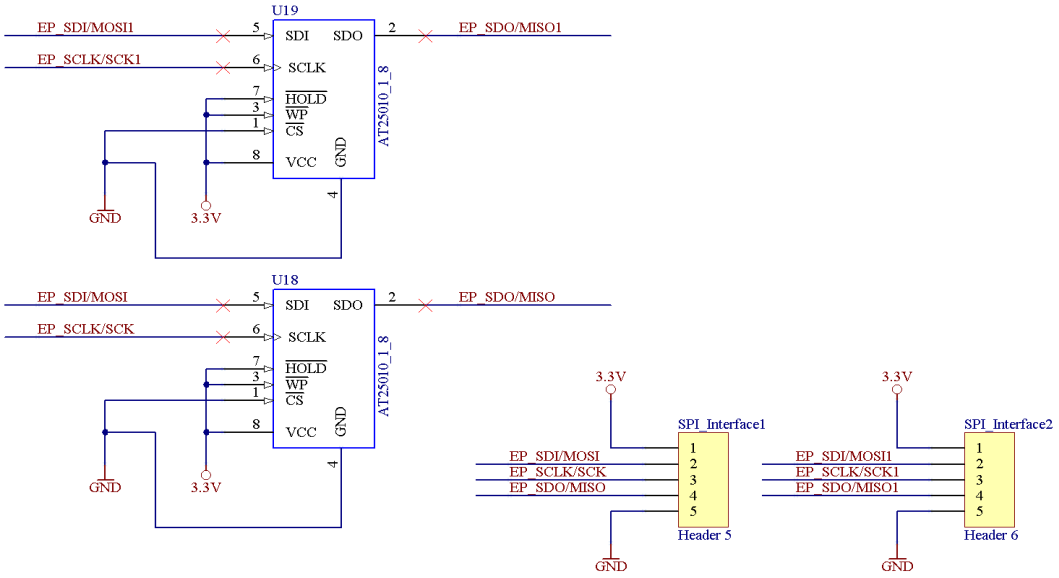
Şekil 4.27.'de de görülen tüm ayarlar yapıldıktan sonra Write butonuna basılmaktadır. Böylelikle, tüm ZigBee ayarları bitirilmiştir.



Şekil 4.27. COORDINATOR Ayarları

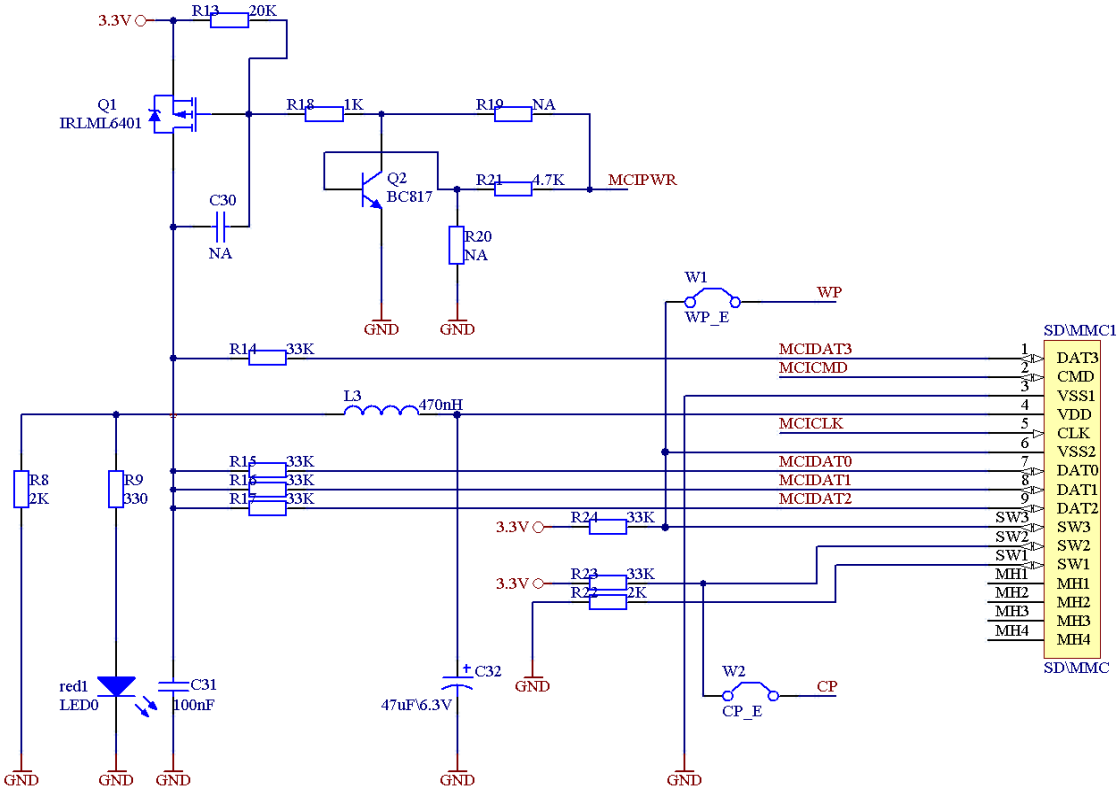
4.2.4. Hafıza katmanı

Akıllı Manyetik Araç Sensörü 'nde gelecekteki ihtiyaçlar göz önüne alınarak EPROM ve SD Kart olmak üzere iki farklı hafıza birimi kullanılmıştır. Sensörün elektrik kesildiğinde gitmemesi gereken bilgiler için EPROM hafıza düşünülmüştür. Şekil 4.28.'de EPROM ile ilgili tasarım görülmektedir. Burada 4KByte kapasiteye sahip ATMEL firmasının AT25010 entegresi kullanılmıştır.



Şekil 4.28. EPROM Devresi

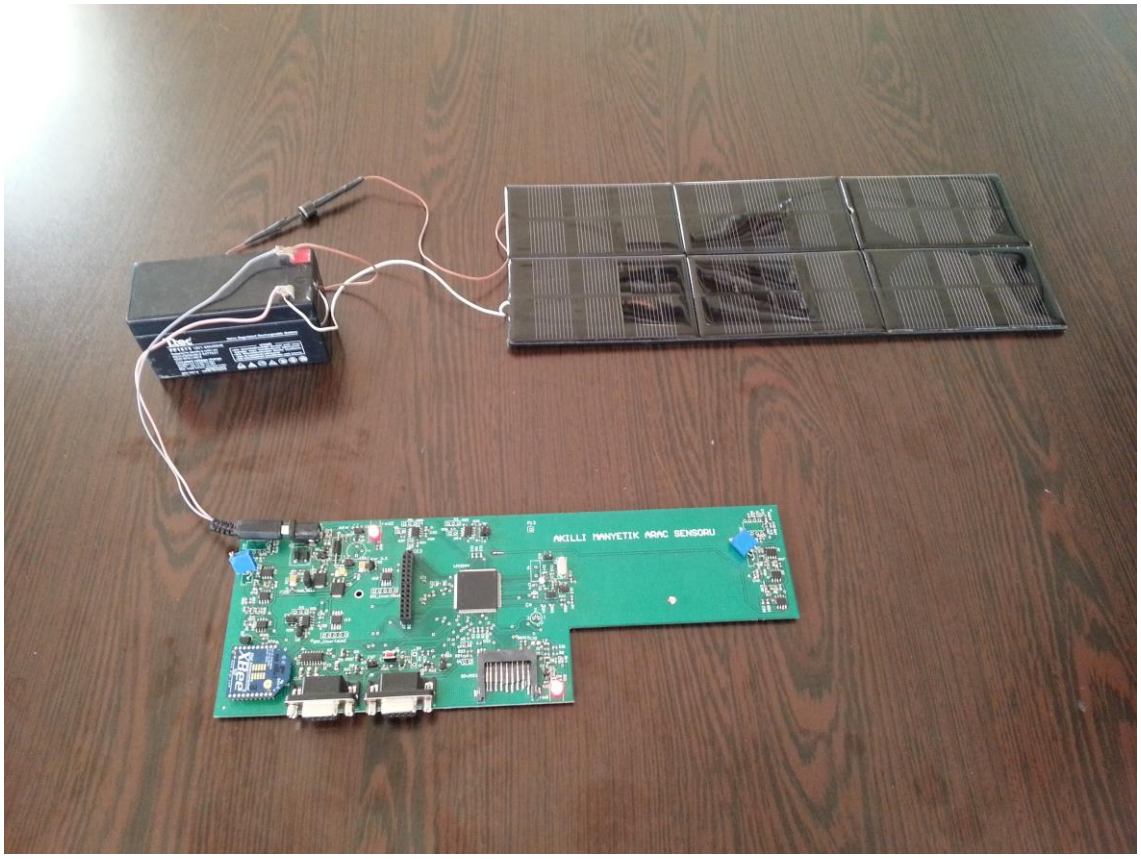
Ayrıca, daha büyük hafıza ihtiyacı göz önüne alınarak hafıza kartı opsiyonu gerçekleştirilmiştir. Burada 16GByte kapasiteye kadar çıkabilen bir hafıza söz konusudur. Dosyaya yazma ve okuma işlemleri gerçekleştirilerek kaydedilmesi istenen veriler saklanmaktadır. İstenilen .DAT veya .TXT uzantılı dosyalar açılarak içerisine veriler işlenerek kaydedilebilir. Şekil 4.29.'da hafıza kartına ait devre görülmektedir. Burada SD kartlar direkt olarak mikroC kodları programlanabildiği için herhangi bir ara entegre katmanına gerek yoktur.



Şekil 4.29. Hafıza Kartı Devresi

4.2.5. Besleme katmanı

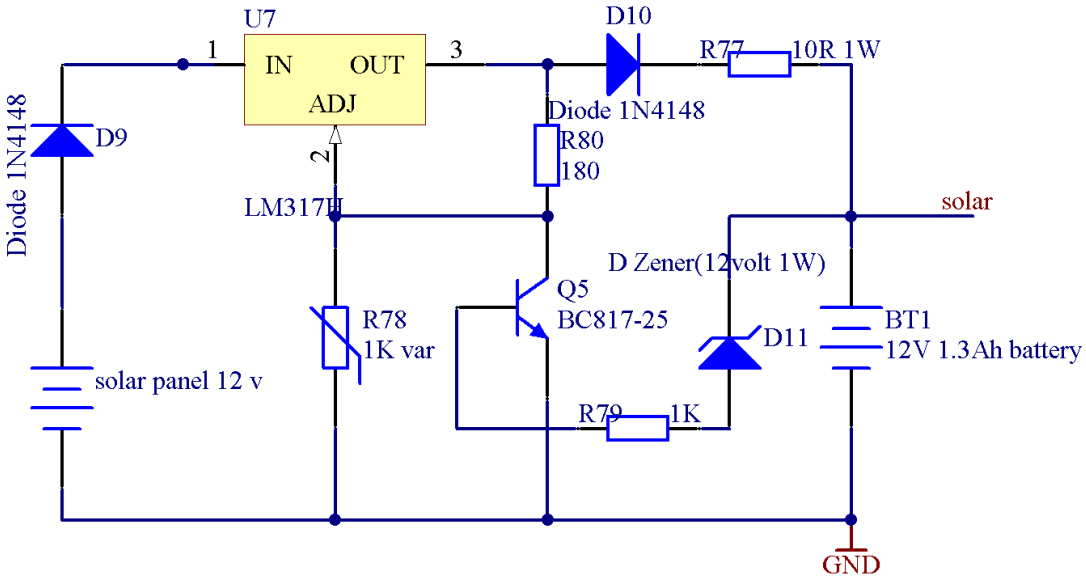
Akıllı Manyetik Araç Sensörü ’nde kablolu besleme ve Şekil 4.30.’da da görülen güneş enerjili besleme olmak üzere iki türlü besleme tasarlanmıştır. Değişik uygulamalar, değişik ihtiyaçlar doğuracağından asfalt ortasına kablo çekmeyi kurtaracak güneş enerjili besleme sisteme dahil edilmiştir. Böylelikle sensör, ZigBee ve güneş enerjili besleme ile ergonomik yapıya kavuşturulmuştur. Sök-tak biçiminde çalışması sağlanmıştır. Devrede +5Volt ve +3.3Volt beslemeleri mevcuttur. 12Volt ’luk gerilim LM317 entegreleri ile düşürülerek +5Volt ve +3.3Volt gerilimleri elde edilmiştir. Devrenin üzerine güç olduğunu anlamak için ledler dahil edilmiştir.



Şekil 4.30. Güneş Enerjili Besleme

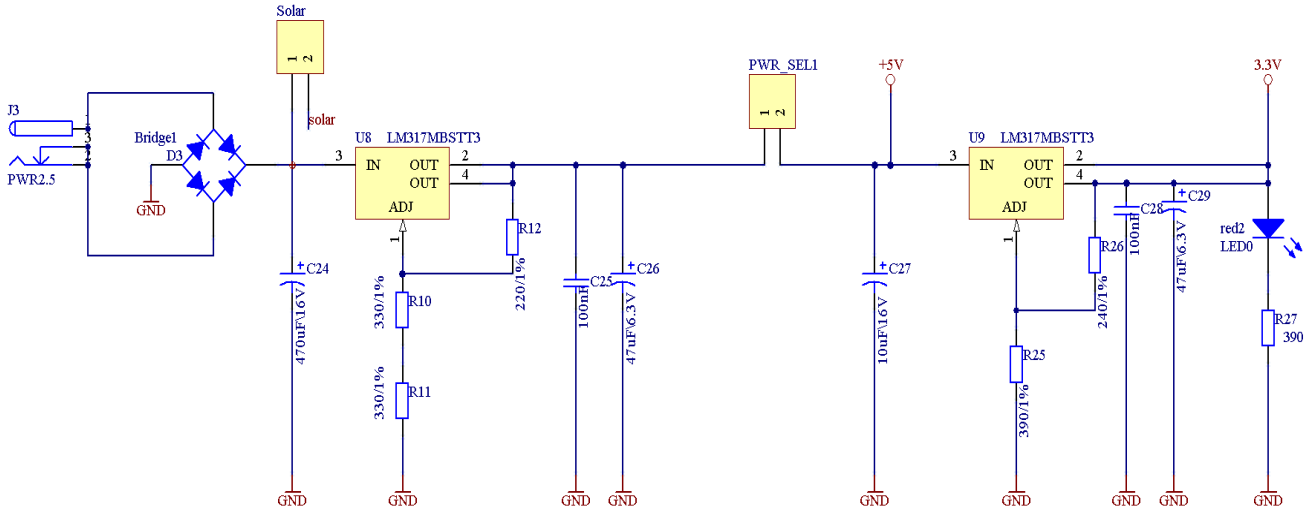
Güneş enerjili beslemede 12Volt ’luk bir panel oluşturulmuş ve bu panel aküyü şarj edecek şekilde düzenlenmiştir. Akü 12Volt ve 1.3Ah özelliğindedir. Akü çıkışı devreye bağlanmış ve güç katmanına sokularak +5Volt ve +3.3Volt gerilimleri elde edilmiştir. Güneş enerjisi ile ilgili devre Şekil 4.31.’de görülmektedir. Güneş tam

verimli geldiğinde giriş gerilimi +14 Volt 'ları bulmaktadır. Bu nedenle akünün ömrünü uzatmak için bir şarj devresi tasarlanmıştır.



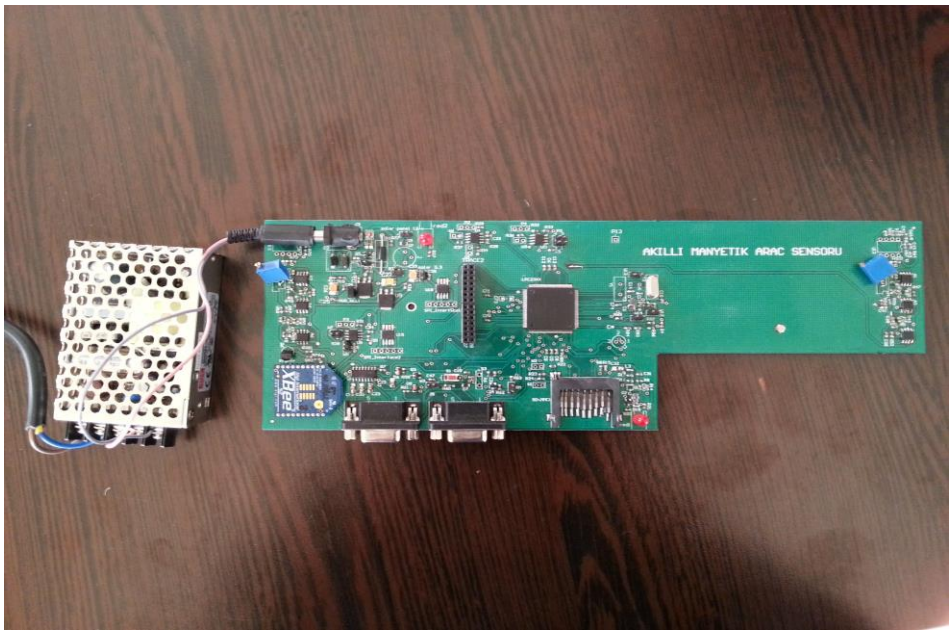
Şekil 4.31. Güneş Enerjisi Şarj Devresi

Akıllı Manyetik Araç Sensör 'ündeki diğer besleme alternatifi ise kablolu beslemedir. Direkt olarak şebeke gerilimi ile beslenebilen sensörde 220VAC – 12 Volt anahtarlamalı güç kaynağı kullanılmıştır. Güneşin az olduğu bölgelerde bu besleme biçimi tercih edilebileceği düşünülerek Şekil 4.32.'deki tasarım gerçekleştirilmiş ve devreye dahil edilmiştir.



Şekil 4.32. Besleme Devresi

Şekil 4.33.'de de görüldüğü gibi anahtarlamalı güç kaynağı kullanarak besleme yönteminde güç kaynağının çıkışı direkt besleme devresine bağlanmaktadır.



Şekil 4.33. Şebeke Gerilimi ile Besleme Yöntemi

Kullanılan anahtarlamalı güç kaynağının temel özellikleri ;

Cihaz Tipi : Tek Çıkışlı Güç Kaynağı

Marka : Meanwell

Model : NES-15-5

Besleme Gerilimi:85-264VAC 120-370VDC

Güç : 15 W

Voltaj : 12 V DC

Akım : 1.3 A

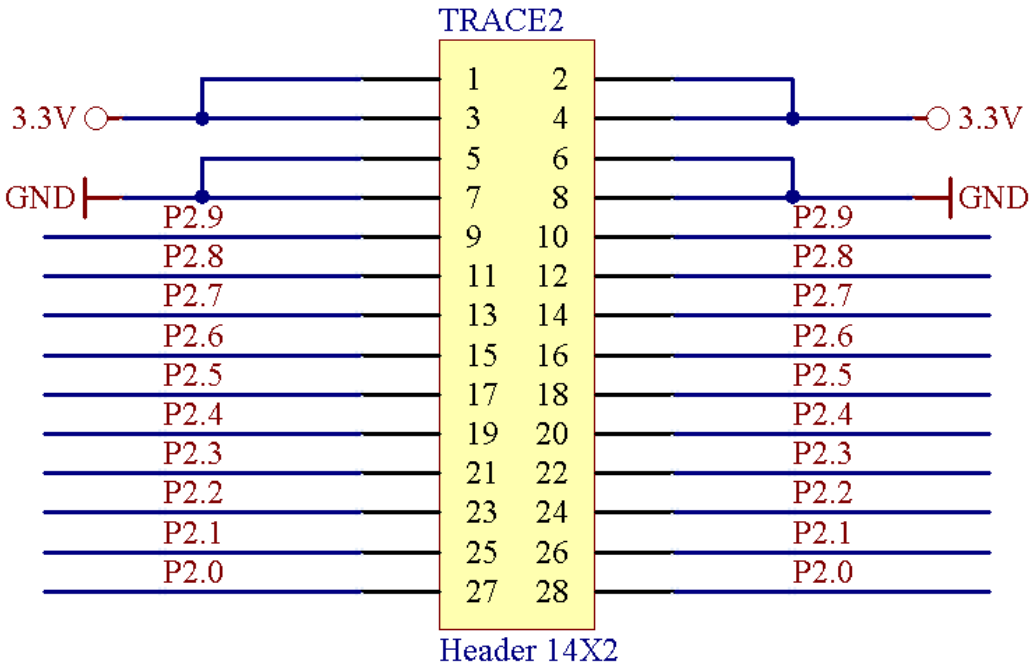
Ayar : 10.8 - 13.2 V

Boyut : 78 x 51 x 28mm

şeklindedir.

4.2.6. I/O katmanı

Akıllı Manyetik Araç Sensörü 'ne dış dünyadan gelebilecek ihtiyaçlar ve taleplere karşılık I/O portları dahil edilmiştir. Böylece, bilgi alınacak ve kontrol edilecek cihaz veya sistemler rahatlıkla kontrol edilebilinecektir. Bu çıkışlar bir soket ile dışarı verilmiştir. Böylelikle, erkek soket karşılığı baz alınarak tasarlanacak devreler, Akıllı Manyetik Araç Sensörü 'ne eklenebilecektir. Sonuç olarak, kullanıcılara ekstra kendi tasarımlarını da dahil etme olanağı verilmektedir. Toplamda 20 adet çıkış-giriş portu dışarı verilmiştir. İlgili portlar Şekil 4.34.'deki gibidir.

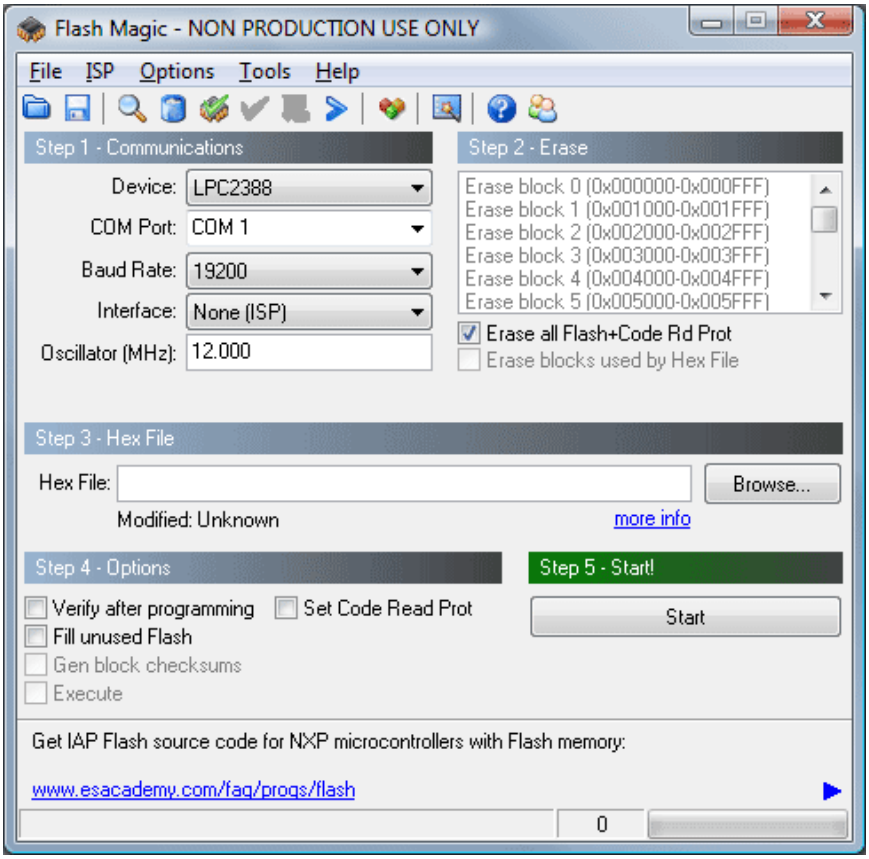


Şekil 4.34. I/O Portları

4.2.7. Ana işlemci programlama katmanı

Ana işlemci katmanına program, herhangi ek bir donanıma ihtiyaç duymadan flashmagic adlı program aracı ile atılmaktadır. Bu araç ile Philips 'in NXP ürünlerinden bir çoğu programlanmaktadır. Bu araç vasıtasıyla, LPC2000 işlemcilerinin dahili bootloader ını kullanarak, derlenen kod seri port üzerinden (RS232) herhangi bir

kompleks programlayıcı donanıma ihtiyaç duymadan çok rahat bir şekilde işlemciye atılabilmektedir. Programın ekran görüntüsü Şekil 4.35.'deki gibidir.



Şekil 4.35. Flash Magic Programı

5 adımda kod işlemciye RS232 üzerinden kolay bir şekilde atılmaktadır. Bazı işlemci modelleri ethernet bootloader a sahiptir ve RJ45 üzerinden de program atılmasına izin vermektedirler. RS232 için işlemcilerin bootloader kodu sadece UART0 üzerinden gelen verileri işlemektedir. Bu yüzden RS232 ile işlemcinin bağlantılarını yaparken RS232 pinleri ile UART0 'ın RXD, TXD ve GND pinlerinin birbirine bağlanması gerekmektedir. Bu yapı, Akıllı Manyetik Araç Sensörü devresinin üzerine dahil edilmiştir.

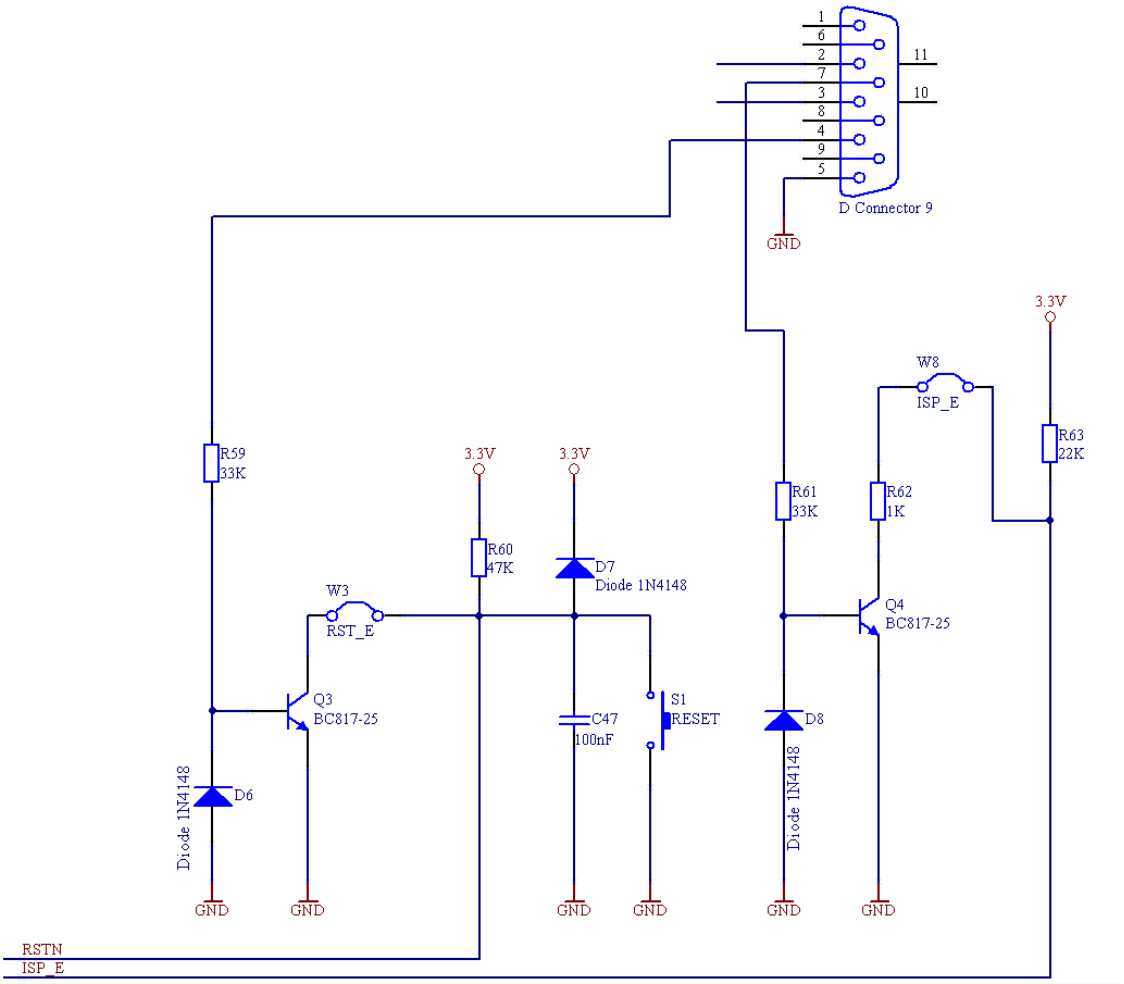
Birinci adımda, işlemcinin, haberleşme arayüzünün ve portunun, baudrate oranı ve kristalin frekansı belirlenmektedir. İşlemcilerin otomatik baudrate algılayıcısı olduğu için burada girilecek baudrate i işlemci otomatik olarak algılamaktadır. İkinci adımda, programlamadan önce hangi kod bloklarının silineceği belirtilmektedir. Burada ikinci seçeneği seçip sadece programın kullandığı blokların silinmesi sağlanmaktadır. Yada

Şekil 4.35.'deki gibi tüm blokların silinmesi sağlanabilir. Üçüncü adımda derlenen hex dosyasının yeri programa bildirilmektedir. Dördüncü adımdaki seçeneklerin seçilmesi şart değildir. Bu seçenekler, yazımdan sonra doğrula, kod okuma koruması, kullanılmayan flash ı doldurmaktır.

Beşinci adımda, Start butonuna basıldığında programlama işlemi başlamaktadır. Fakat bu anda işlemcinin bootloader moduna sokulması gerekmektedir. Bunun için işlemciyi resetleyip işlemciyi bootloader moduna sokan pini (ISP pini) toprağa çekmelidir. Programlama işlemi için şu adımlar izlenmektedir;

- İşlemci resetleme,
- İşlemci resetteyken bootloader pinini (ISP) toprağa çekme,
- Bootloader pini topraktayken işlemciyi resetten çıkarma,
- İşlemci bootloader moduna girmiştir. Beşinci adımdaki start butonuna basma,
- Program başarı ile yüklendikten sonra işlemciyi tekrar resetleme ve güncel programını çalıştırma.

Şekil 4.36.'da buraya kadar anlatılmış olan işlemleri yapan devre tasarımı mevcuttur. Bu işlemler arka planda şöyle gerçekleşmektedir. Reset butonuna basıldığında işlemci resetlenir ve hard reset mi yoksa watchdog timer tarafından soft reset mi atıldığına bakmaktadır. Eğer hard reset atılmışsa bootloader pini kontrol edilmektedir. Eğer bu pin düşük seviyede ise program 0x00000014 vektör adresine dallanır ve bu adresteki bootloader kodu çalışmaya başlamaktadır. Bu kod çalışıyorken flashmagic programı aracılığıyla gönderilen program işlemciye yazılmaktadır. Yazım işlemi bittikten sonra işlemciye reset atılırsa yeni program çalışmaya başlamaktadır. Eğer reset anında bootloader pini yüksek seviyede ise veya soft reset atılmış ise bootloader kodu çalışmayacaktır (Samancı, 2010).



Şekil 4.36. İşlemciyi Bootloader Konumuna Sokma Devresi

4.3. Yazılım Algoritması ve Kullanılan Yapılar

Akıllı Manyetik Araç Sensörü yazılımının önemli hatlarında zamanlayıcı(timer), kesme ve I/O portları kullanılmıştır. Bu yapıların uygun kurulumları ve ayarları yapılıp kodlara dahil edilmiştir.

4.3.1. Timer

LPC2000 serisi işlemciler farklı sayılarda timer modüllerine sahiptirler fakat her işlemcide en az 2 modül bulunmaktadır. Timer modülleri temelinde aynıdır fakat ufak farklılıklar gösterebilir. Tüm timer 'ların temelinde 32 bitlik sayıcı ve 32 bitlik ön bölücü bulunmaktadır. Timerlar 'da tüm çevresel birimlerde olduğu gibi PCLK kaynağı ile beslenirler. Timer sayıcısının sayma oranı ön bölücüdeki değere göre

belirlenmektedir. Ön bölücünün sayıcısı PCLK darbeleri ile ön bölücü saklayıcısındaki hedef değere ulaşana kadar artmaktadır. Ön bölücü sayıcısı, saklayıcıdaki değere eşit olduğunda timer sayıcısının içeriği ‘1’ artmakta ve ön bölücü sayıcısı resetlenerek tekrar saymaya başlamaktadır.

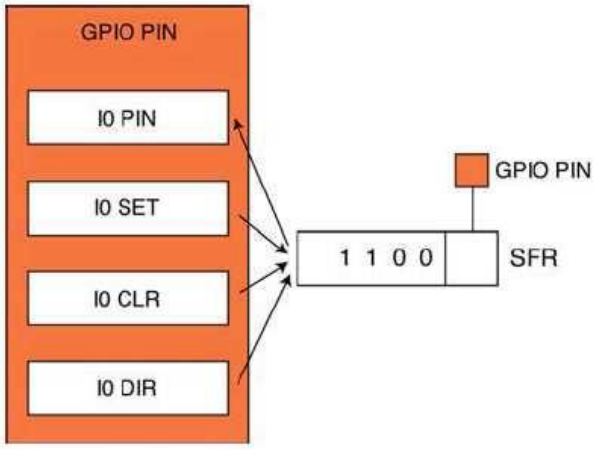
Timer sayıcısı ön bölücü darbeleri ile artmaktadır .Timer Control saklayıcısının 2 biti vardır. Bu bitler sayıcı ve ön bölücüyü resetlemek için ve timer modülünü çalıştırıp durdurmak için kullanılmaktadır.

Her timer modülünün dört tane yakalama ve dört tane karşılaştırma saklayıcısı vardır. Her yakalama kanalının kendi pini vardır ve bu pin PINSEL bağlantı bloğundan ayarlanmaktadır. Bu pinlerdeki yükselme, düşme ve hem yükselme hem düşme hareketleri capture modülü tarafından yakalanmaktadır. Bu ayarlar Capture Control saklayıcısından ayarlanmaktadır. Sistem çalıştırıldığında timer saymaya başlamaktadır. Pinde herhangi bir değişim olduğunda timer sayıcısındaki değer capture saklayıcısına aktarılmaktadır ve istenirse kesme oluşturulabilir. Böylece her değişim arasındaki süre ölçülmektedir.

Her timer aynı zamanda 4 karşılaştırma saklayıcısına sahiptir. Bu saklayıcılar 32 bitliktir ve sistem, timer sayıcısı ile karşılaştırma saklayıcısındaki değer eşitlendiğinde kesme oluşturabilecek şekilde veya bir pinin değerini değiştirebilecek şekilde programlanabilmektedir. Timer ’ı karşılaştırma modunda kurmak için hedeflenen değer karşılaştırma saklayıcına yüklenmektedir. Daha sonra eşleşme oluştuğunda meydana gelecek olaylar karşılaştırma kontrol saklayıcısından (Match Control) ayarlanmaktadır

4.3.2. I/O portlarını kullanma

İşlemci resetlendiğinde tüm pin bloğu genel amaçlı giriş-çıkış (General Purpose IO, GPIO) olarak ayarlanmaktadır ve reset değerleri ‘0’ dır. Yani tüm pinler resette giriş olarak ayarlanmaktadır. GPIO pinleri 4 saklayıcı kullanılarak kontrol edilmektedir. Bunlar Şekil 4.37.’de gösterilmiştir.

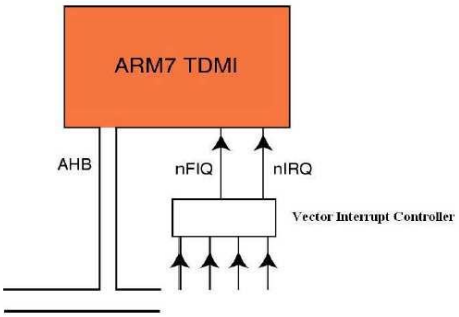


Şekil 4.37. GPIO için Kullanılan Saklayıcılar

IODIR saklayıcısı pinleri giriş çıkış olarak ayarlamak için kullanılmaktadır. '1' olarak ayarlanan pinler çıkış, '0' olarak ayarlanan pinler giriş olmaktadır. IOSET ve IOCLR saklayıcıları ise çıkış olarak ayarlanan pinlerin çıkış değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. IOSET ile ilgili pinler set edilirken, IOCLR saklayıcısı ile ilgili pinler lojik 0 seviyesine çekilmektedir. IOPIN saklayıcısı ise ilgili pinlerin durumlarını okumak ve yazmak için kullanılmaktadır. IOCLR ile dikkat edilmesi gereken nokta bir pini lojik 0 seviyesine çekilmek isteniyor ise ilgili bite '1' yazılması gerektiğidir.

4.3.3. Kesme

ARM7 işlemcisi, Şekil 4.38.'de de görüldüğü gibi Fast Interrupt Request (FIQ) ve General Purpose Interrupt Request (IRQ) olmak üzerine 2 tane interrupt hattına sahiptir. Genel olarak sistemde bir adet FIQ kaynağı olması lazımdır dolayısıyla işlemci kesme oluştuğu zaman kesmeyi işleyebildiği kadar hızlı işleyebilmektedir. Bu, diğer kesme kaynaklarının IRQ 'ya bağlanması gerektiği anlamına gelmektedir. En basit bir işlemci sisteminde tüm kesme kaynakları OR kapısı kullanılarak işlemciye tek bir kesme işareti vermektedir. Kesme fonksiyonu içerisinde tüm bu kesme kaynakları test edilerek kesmeye neyin sebep olduğu anlaşılmaya çalışılmakta buda bir çok çevrimde zaman kaybını doğurmaktadır. Bu yüzden kesmeleri işlemek için Vector Interrupt Controller (VIC) adında bir donanım sisteme dahil edilmiştir.



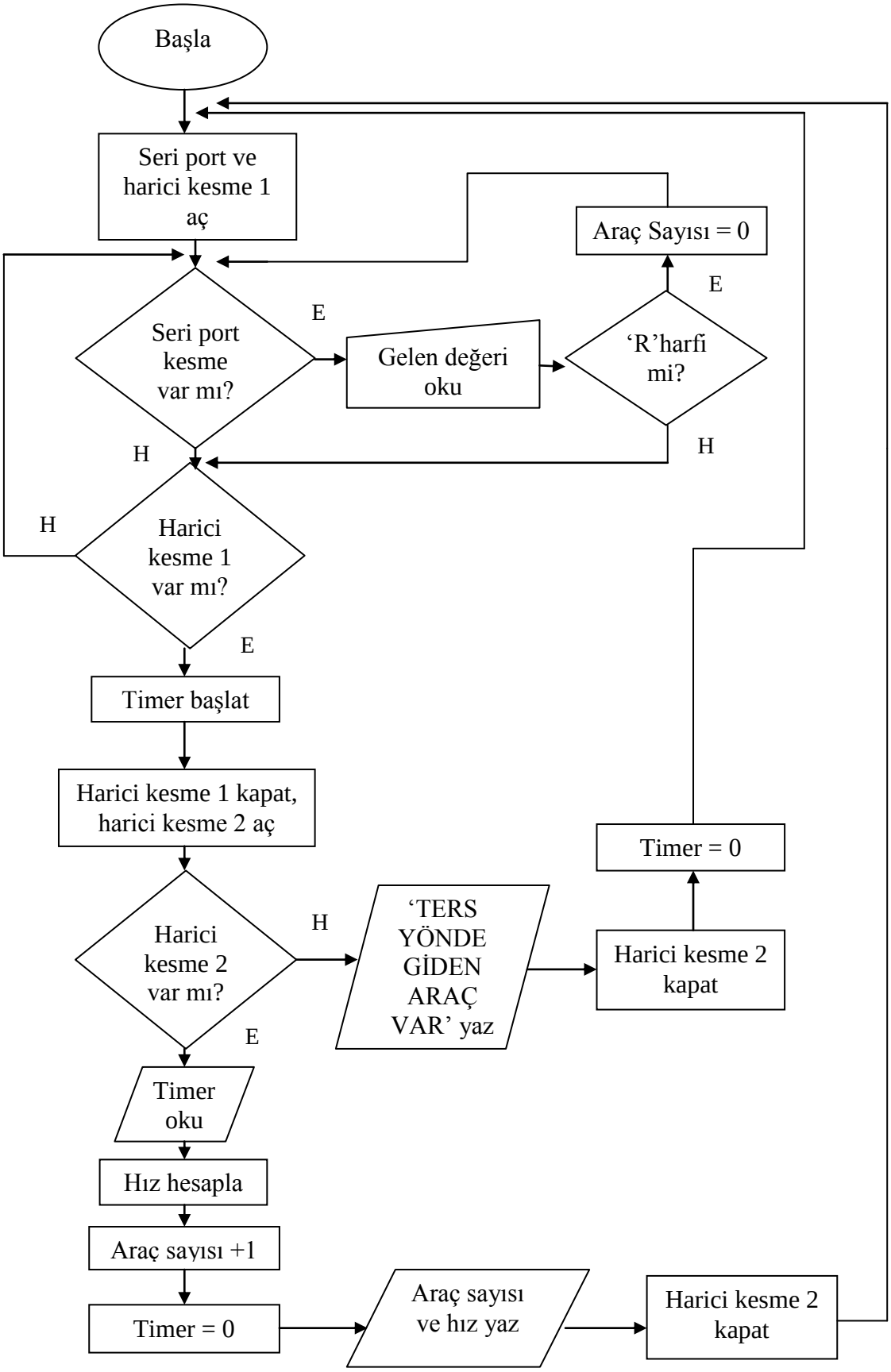
Şekil 4.38 ARM7 VIC modülü

VIC modülü kesmeleri işlemek için optimize edilmiş bir modüldür ve dahili, harici her türlü kesmeyi işleyebilmektedir. Ayrıca, kesmelere öncelik sırası atayabilmektedir. Yazılım tüm bu kesme kaynaklarını işlemcinin kesme hatlarına üç farklı şekilde bağlayabilmektedir. Bunlar FIQ kesmesi, vektörel IRQ kesmesi ve vektörel olmayan (non-vectored) IRQ kesmedir. Bunlar arasındaki tek fark, kesme isteğini işleyebilme süresidir. Bunlardan en hızlı ve öncelikli olan hızlı kesme yani FIQ, sonra vektörel kesme, en sonda vektörel olmayan kesmedir (Samancı, 2010).

4.3.4. Yazılım algoritması

Akıllı Manyetik Araç Sensörü ’ndeki genel algoritma, kesme, timer ve haberleşme kanalları üzerinde devam etmektedir. Algoritma yapısının içerisinde önemli matematiksel formüller ve çıkarımlar mevcuttur. Algoritma sayesinde araç sayımı, hız ölçme ve ters yönde giden araçları algılama işlemleri yapılabilmektedir. Ayrıca, bilgisayar başındaki kullanıcının ‘R’ tuşuna basması ile araç sayısını sıfırlama gibi dış dünyaya açık kodlar da eklenmiştir.

Genel olarak algoritma mantığında, birinci manyetik entegreye giren algılanmakta ve bu sırada zamanlayıcı başlatılmaktadır. Daha sonra, ikinci entegreden gelen sinyal ile beraber zamanlayıcı durdurulmakta ve iki entegre arasındaki mesafe 25 cm olduğu için aracın bu mesafeyi ne kadar sürede aldığı hesaplanmaktadır. Dolayısı ile aracın hızı bulunmaktadır. Paralel olarak, araç sayısı ‘1’ arttırılmakta ve bilgiler ZigBee veya seri porttan kullanıcıya gönderilmektedir. Ayrıca, ilk olarak ikinci entegreden gelen sinyal algılanırsa bu durumda tersten gelen araç belirlenmekte ve kullanıcıya bilgi verilmektedir. Sensörün montajı yönlü olarak yapılmaktadır. Bu işlemlerde, seri port kesmesi ve harici kesme önemli rol oynamaktadır. Tüm kodlar, Ek-2’de sunulmuştur. Yazılıma ait algoritma Şekil 4.39.’daki gibidir.

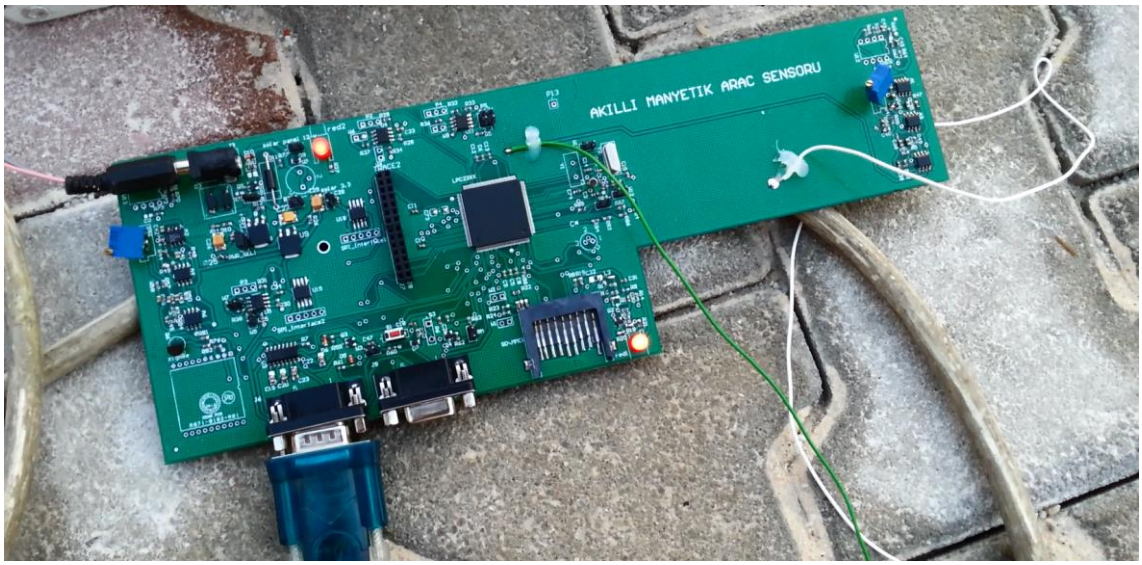


Şekil 4.39. Yazılım Algoritması

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Akıllı Manyetik Araç Sensörü tasarımı gerçekleştirilip üretimi tamamlandıktan sonra saha testleri yapılmıştır. Çevre koşullarına dayanıklılık ve doğruluk oranları ölçülmüştür. Saha testleri sonucunda kablosuz haberleşme ve güneş enerjili besleme sisteminin çok önemli bir avantaj olduğu saptanmıştır.

Saha testleri sırasında araç, sensör üzerinden geçirilmiş ve bilgiler bilgisayarda takip edilmiştir. Sensör, Şekil 5.1.'deki gibi zemine yerleştirilmiş ve seri port kanalları bağlanmıştır. Sensör anahtarlamalı güç kaynağı ile yani şebeke gerilimi ile beslenmiştir.



Şekil 5.1. Sensörün Test için Zemine Yerleşimi

Şekil 5.2.'de de görüldüğü gibi örnek olarak FIAT DOBLO marka bir araç, sensörün üzerinden geçirilmiştir. Bu sırada TTL seviyeye dönüştürülen sinyal osiloskop ile gözlemlenmiş ve bilgisayar tarafında ölçülen değerler kontrol edilmiştir.



Şekil 5.2. Sensör Üzerinden Geçirilen Araç (FIAT DOBLO)

Araç geçmediği durumda osiloskoptaki sinyal stabildir. Şekil 5.3.'de araç yaklaşırken sinyalin stabil olduğu görülmektedir. Aracın sensör üzerinden geçiş sırasındaki sinyal Şekil 5.4.'deki gibidir. Bu sinyal TTL seviyesindeki sinyaldir. Bu sinyal ile işlemci kesmelere giderek aracın 25 cm 'lik mesafeyi kaç saniyede aldığı hesaplanmaktadır. Ayrıca, araç sayımı yapılmaktadır.

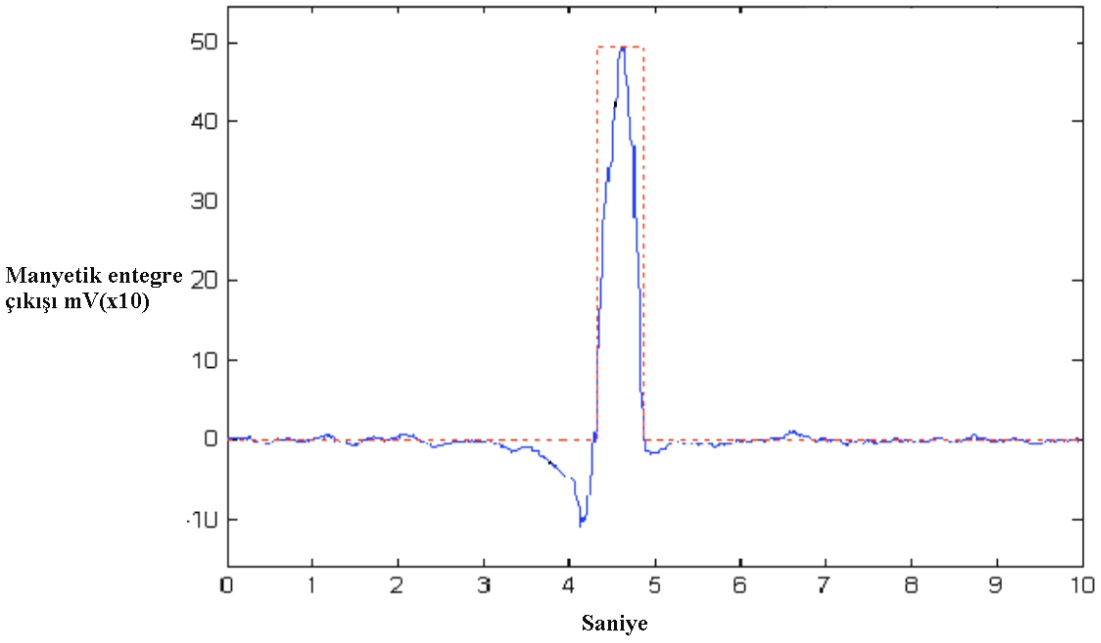


Şekil 5.3. Araç Yaklaşırken Sinyalin Durumu



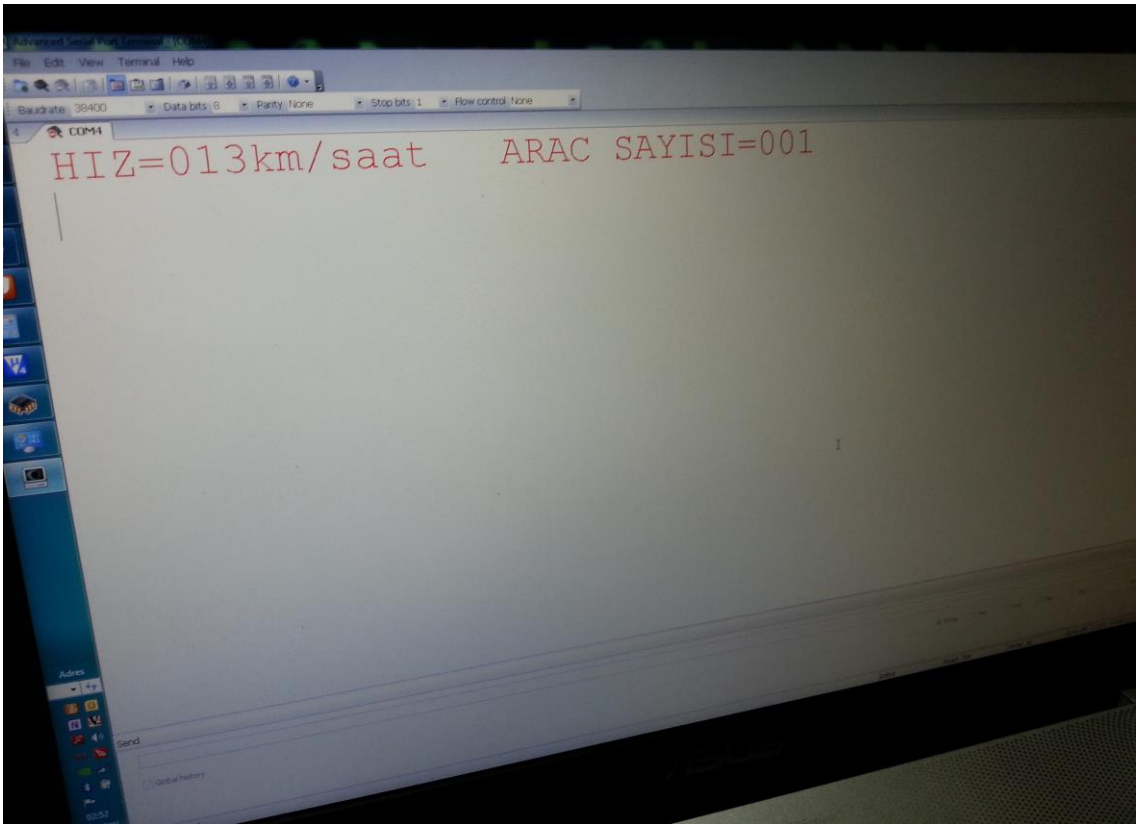
Şekil 5.4. Aracın Sensör Üzerinden Geçişi Sırasındaki Sinyalin Durumu

Eş zamanlı olarak manyetik entegre çıkışındaki sinyal, mV seviyelerinde Şekil 5.5.'de görüldüğü gibidir. Aracın entegre üzerinde olduğu süreçte gerilimde artış gözlenmektedir.



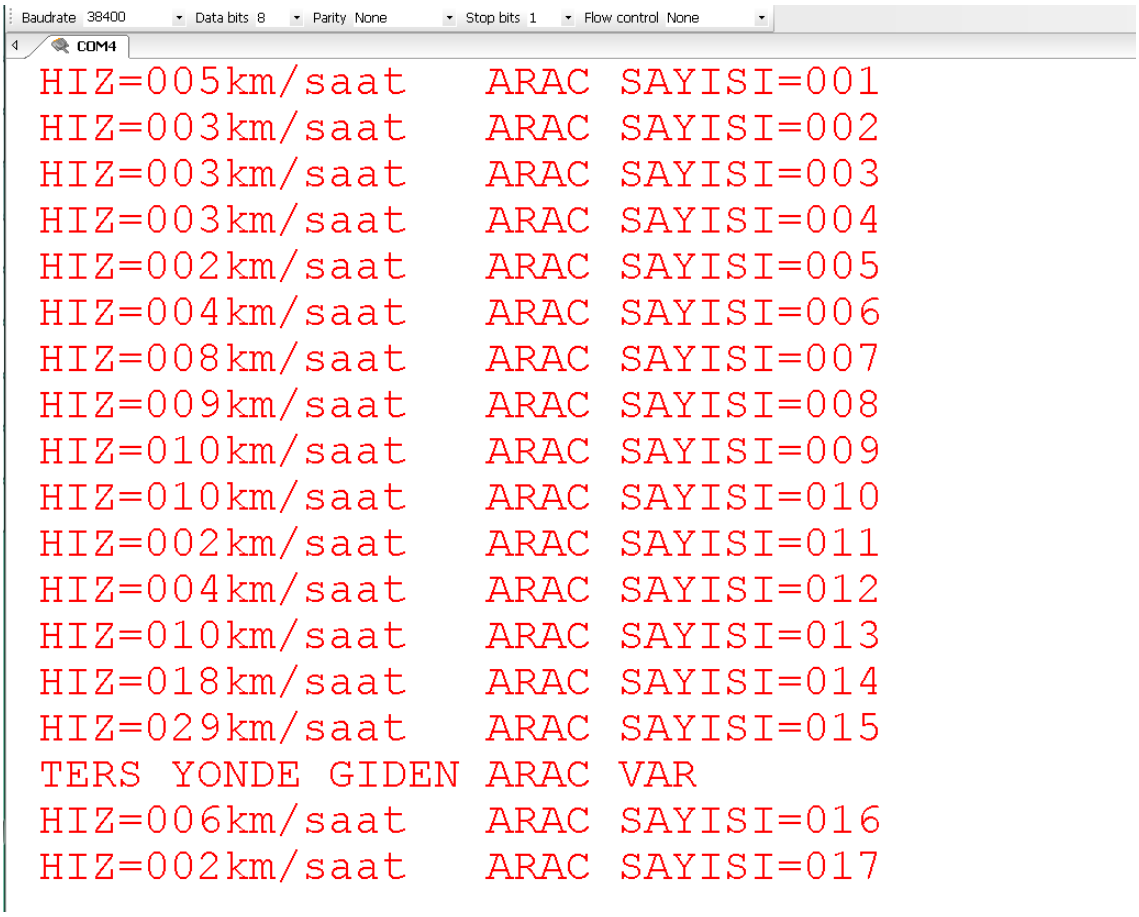
Şekil 5.5. Manyetik Entegre Çıkışı

Aracın sensör üzerinden geçişi sırasında, araç sayısı arttırılmış ve aracın hızı ölçülmüştür. Bununla ilgili ölçülen değerler kullanıcı bilgisayarına iletilmiştir. Araca ait özellikler Şekil 5.6.'da görülmektedir.



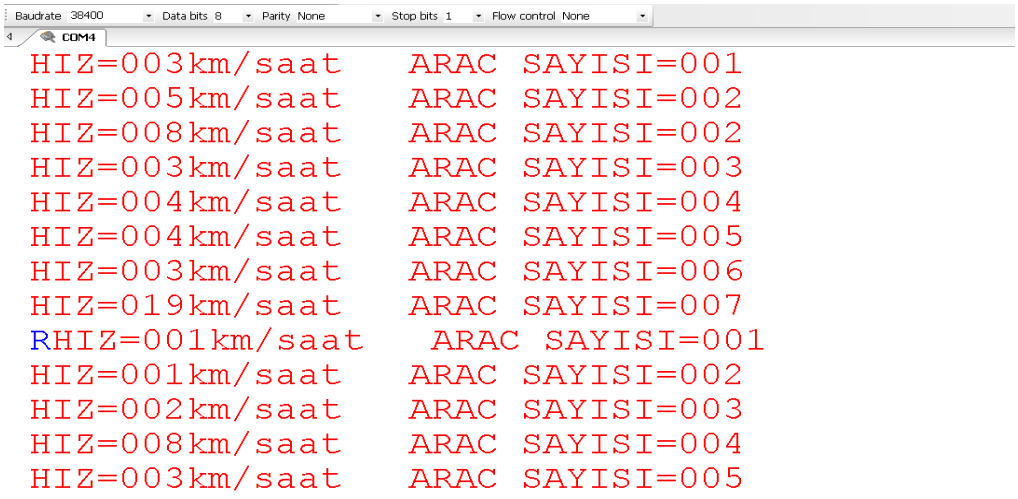
Şekil 5.6. Aracın Geçişi ile Kullanıcı Önündeki Değerler

Algoritma yapısına göre 1. manyetik entegrede sinyal alındığı takdirde, bunu takiben 2. manyetik entegreden sinyal alınması gerekmektedir. Buna göre, 1. entegreden sinyal alınmasına rağmen 2. entegreden herhangi bir sinyal gelmiyorsa aracın ters yönde hareket ettiği sonucuna varılır. Bu durum kullanıcıya bildirilmektedir. Bu gibi durumlarda ekran çıktısı örneği Şekil 5.7.'daki gibidir.



Şekil 5.7. Ters Yönde Giden Araç Tespit Ekran Çıktısı

Ayrıca, yazılımda yer alan başka bir özellikte, kullanıcının istediği anda araç sayısını sıfırlamasıdır. Bunun için klavyede 'R' harfine basması yeterlidir. Bu gibi durumlar kullanıcı ihtiyacı göz önüne bulundurularak dahil edilmiştir. 'R' harfine basıldığında araç sayma işleminin baştan başladığı ekran çıktısı Şekil 5.8.'deki gibidir.



Şekil 5.8. Araç Sayısını Sıfırlama Görüntüsü

Akıllı Manyetik Araç Sensörü bu gibi uygulamalarla beraber saha koşullarında değişik tipteki araçlarla denenmiştir. Buna göre, sensör üzerinden Şekil 5.9.'da da görülen 5 farklı tipte araç geçirilmiştir. Bu 5 farklı araç tipinin değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 5.9. Deneme için Kullanılan Araç Tipleri

Araç üzerindeki hız göstergesi ve görsel sayım üzerinden alınan değerler karşılaştırılmıştır. Buna göre, araç sayımı, ters yönde giden araç tespiti ve hız değerlerinde ayrı doğruluk oranları elde edilmiştir. Test edilen araç tipleri ve değerler Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Saha Testi Sonuçları

Araç Marka	Ölçülen Hız (km/h)	Gösterge Hızı (km/h)	Araç Sayımı	Ters Yön Testi
CITROEN NEMO 1.4	23	22	Başarılı	Başarılı
FIAT DOBLO	15	15	Başarılı	Başarılı
PEUGEOT 508	8	10	Başarılı	Başarılı
FIAT UNO	30	28	Başarılı	Başarılı
TOYOTA HILUX	11	12	Başarılı	Başarısız

Elde edilen sonuçlara göre araç algılama ve araç sayım işlemlerinde %100 doğruluk oranı sağlanmıştır. Ters yönde giden araç tespitinde ise %80 'lik bir oran

yakalanmıştır. TOYOTA HILUX marka aracın o anlık tespit edilememesinin nedeni aracın yerden yüksekliğinin biraz fazla olması olarak tahmin edilmektedir. Bu durumlar da yüksek hassasiyetli manyetik entegrelerin devreye dahil edilmesi ile çözülebilmektedir. Hız değerlerinde ise ortalama 2 km/h 'lik hız sapmaları belirlenmiştir. Tüm bu değerler 5 araç tipi üzerindeki değerlerdir. Genel olarak sensörün doğruluk oranları sahada kullanılabilir seviyede olup, muadillerine göre daha yüksek doğruluk oranlarına sahiptir. Test miktarları çoğaldıkça doğruluk oranının da artacağı öngörülmüştür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Trafik, günlük yaşamın değişilmez bir olgusu haline gelmiştir. Bu doğrultuda, trafik mühendisliğine olan yatırımlar ve bu alandaki çalışmalar oldukça önem kazanmıştır. Bu tez çalışmasında, gerek yeni yatırımlar için gerekse de mevcut yatırımların revize edilmesi için karar verme sürecinde kaynak bilgiler olacak yolun işlerlik durumu, yoldaki ortalama hız, günlük araç sayısı, ters yönde giden araç sayısı, trafiğin yoğunlaştığı dönemler, yolun atıl kaldığı zaman dilimi gibi parametrelerin toplanıp, sistemden bilgisayara aktarılarak bu verilerden çıkarımlar yapmanın mümkün olduğu gösterilmiştir. Alınan bu veriler ile yorum yapacak kullanıcılar, kendi sistemlerini Akıllı Manyetik Araç Sensörü üzerine kurgulayabilmektedir. Gerçekleştirilen sensör, adaptif kavşak sistemleri, değişken mesaj sistemleri, park giriş-çıkış sistemleri, tünel sistemleri, hareketli tartım sistemleri, hemzemin geçit sistemleri ve radar sistemleri gibi yapıların altyapısını oluşturabilecek kapasitededir.

Tasarlanan sistemde, doğabilecek ihtiyaçlar göz önünde bulundurulmuş ve ergonomik bir tasarım ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, sensörün taksök yapısında olması kullanıcılar açısından önemli bir avantajdır. Teknik olarak doğruluk oranları, sensör yapılarına göre değerlendirildiğinde önemli bir yere sahiptir. Sensördeki malzemeler çevresel koşullara dayanıklı yapıda seçilmiştir. Buna göre, entegre ve elektronik malzeme konusunda çalışma sıcaklık aralıkları göz önünde bulundurulmuştur. Güneş enerjili besleme ve ZigBee kablosuz iletişimi üzerindeki çalışmalar başarıyla sonuçlandırılmış ve sisteme dahil edilmiştir. Sistemin yapısından dolayı, kurulum, bakım ve onarım açısından da önemli bir avantaj elde edilmiştir.

Tez çalışmasında, ulaşım sistemlerinde kullanılabilecek ve önemli özelliklere sahip bir sensör tasarlanarak akıllı ulaşım sistemlerine katkıda bulunulmuştur. Sensör, karayolu ve demiryolu gibi ulaşım sektörü dallarında geniş çapta kullanılabilir. Bu kapsamda, sensör üzerindeki geliştirme çalışmaları, bilimsel anlamda sürdürebilirlik sağlamalıdır.

6.2. Öneriler

Akıllı Manyetik Araç Sensörü, geliştirilebilir bir yapıya sahiptir. Bu doğrultuda, manyetik entegreden çıkan analog sinyal, analog dijital çeviricilerle incelenerek aracın uzunluğu bilgisi hakkında çıkarımlar yapılabilir ve aynı zamanda sınıflandırma sonuçları ortaya çıkabilir. Bu gibi donanım ekleme veya yazılım çalışmaları ile ulaşım sektöründe ihtiyaçlara yönelik tespitler gerçeklenebilir.

Akıllı Manyetik Araç Sensörü, her ne kadar başlıca kullanım alanı karayolu ulaşımı gözükse de, demiryolu sektöründe de oldukça aktif bir şekilde kullanılabilir. Demiryolu takip sistemleri özellikle de yüksek hızlı trenler yaygınlaştıkça oldukça önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Burada, trenin konumu, trenin yönü ve trenin hızı oldukça önemli parametrelerdir. Raylarda belirli noktalara konulacak Akıllı Manyetik Araç Sensörleri ile trenin yönü, hızı ve sensörün bulunduğu konumdan dolayı trenin yeri tespit edilebilir. Bu veriler kontrol merkezine aktarılarak seyahat halindeki tren ve hat güvenliği açısından önemli parametreler elde edilmiş olmaktadır. Demiryolu ulaşım sektöründe kullanılan SIL4 standardına uygun olarak tasarlanan sensör revize edildiği takdirde demiryolu sektörüne de önemli bir sensör kazandırılmış olunur.

KAYNAKLAR

Aydemir, N., 2008, RF haberleşmeli trafik yoğunluğu analiz sistemi uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 3-13.

Bunting, A., 2008, Radar sensor model for three-dimensional map building, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213 USA, 2-6.

Burns, G., 2009, In-situ vehicle classification using an ILD and a magnetoresistive sensor array, Northland Advanced Transportation Systems Research Laboratory University of Minnesota Duluth, CTS 09-06, USA, 1-10.

Cheung, S., Varaiya, P., 2007, Traffic surveillance by wireless sensor networks: final report, *California PATH Research Report*, UCB-ITS-PRR-2007-4, USA, 27-123.

Cheung, S., Coleri, S., Dündar, B., Ganesh, S., Tan, C. and Varaiya, P., 2003, Traffic measurement and vehicle classification with a single magnetic sensor, *Journal of the Transportation Research Board*, CA 94720-1770, USA, 4-9.

Delibaşoğlu, İ., Kösesoy, İ., Akbaş, A., 2011, GMR sensörler ile gerçek zamanlı trafik verilerinin elde edilmesi için bir gömülü sistem tasarımı, *Projem İstanbul*, 1-5.

Dimitropoulos, K., Grammalidis, N., Gragopoulos, I., Gao, H., Heuer, T., Weinmann, M., Voit,S., Stockhammer, C., Hartmann, U., and Pavlidou, N., 2006, Detection, tracking and classification of vehicles and aircraft based on magnetic sensing technology, *World Academy of Science, Engineering and Technology 19 2006*, Greece, 7-11.

Martin, P., 2003, Detector technology evaluation, Department of Civil and Environmental Engineering University of Utah Traffic Lab 122 South Central Campus Drive, Utah, 19-44.

Memiş, K., 2008, Trafik akışkanlığının doğrusal sınıflayıcılar vasıtasıyla belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 5-9.

Özgündüz, E., Türkmen, H., Şentürk, T., Karslıgil, K. ve Yavuz, A., 2008, Akustik ve sismik sinyallerinden araç tanıma (Vehicle identification using acoustic and seismic signals), *Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü*, İstanbul.

Öztürk, N., 2006, Akıllı trafik sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 29-35.

Samancı, B., 2010, *LPC 2000 programlama klavuzu* [online], http://www.barissamanci.net/Makale/13/lpc2000-programlama-klavuzu/ [Ziyaret Tarihi: 4 Mart 2013].

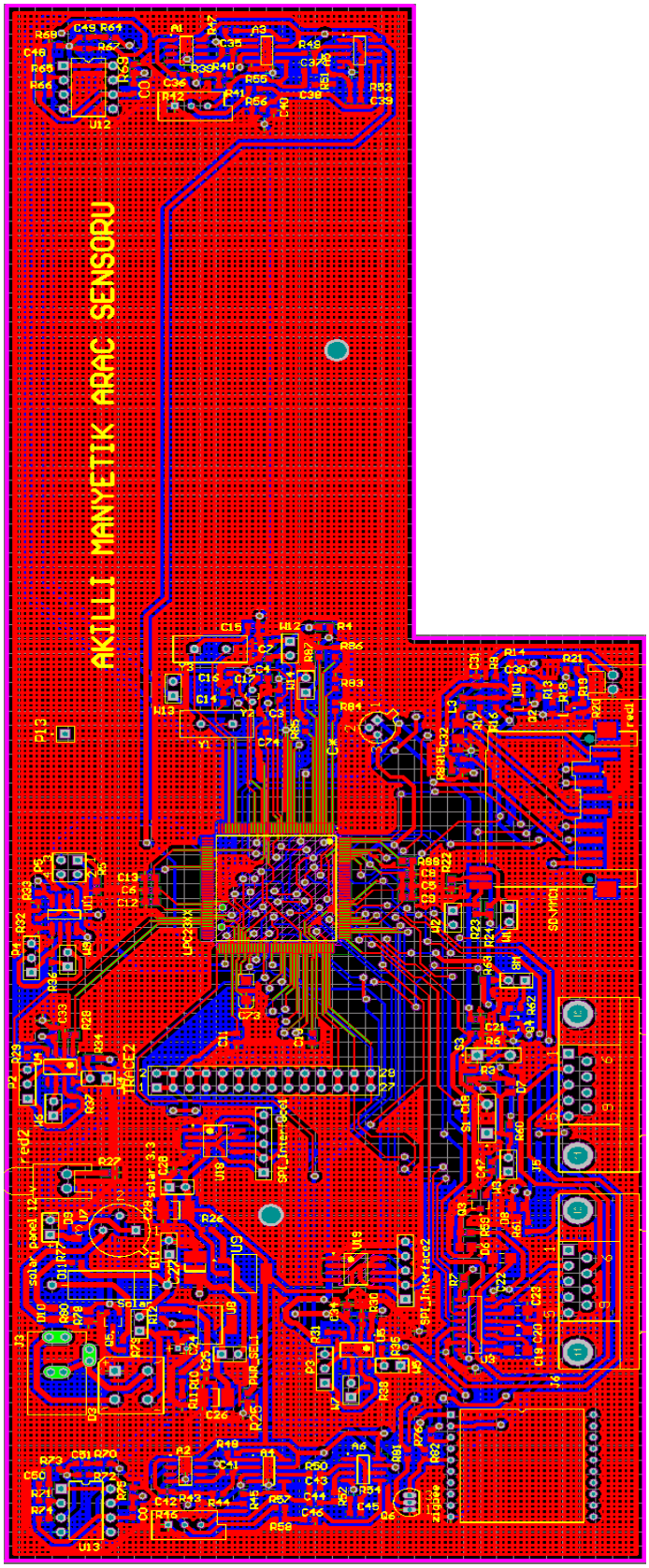
Smith, C. and Schneider, R., Low-field magnetic sensing with GMR sensors, Nonvolatile Electronics, Inc., USA, 2-9.

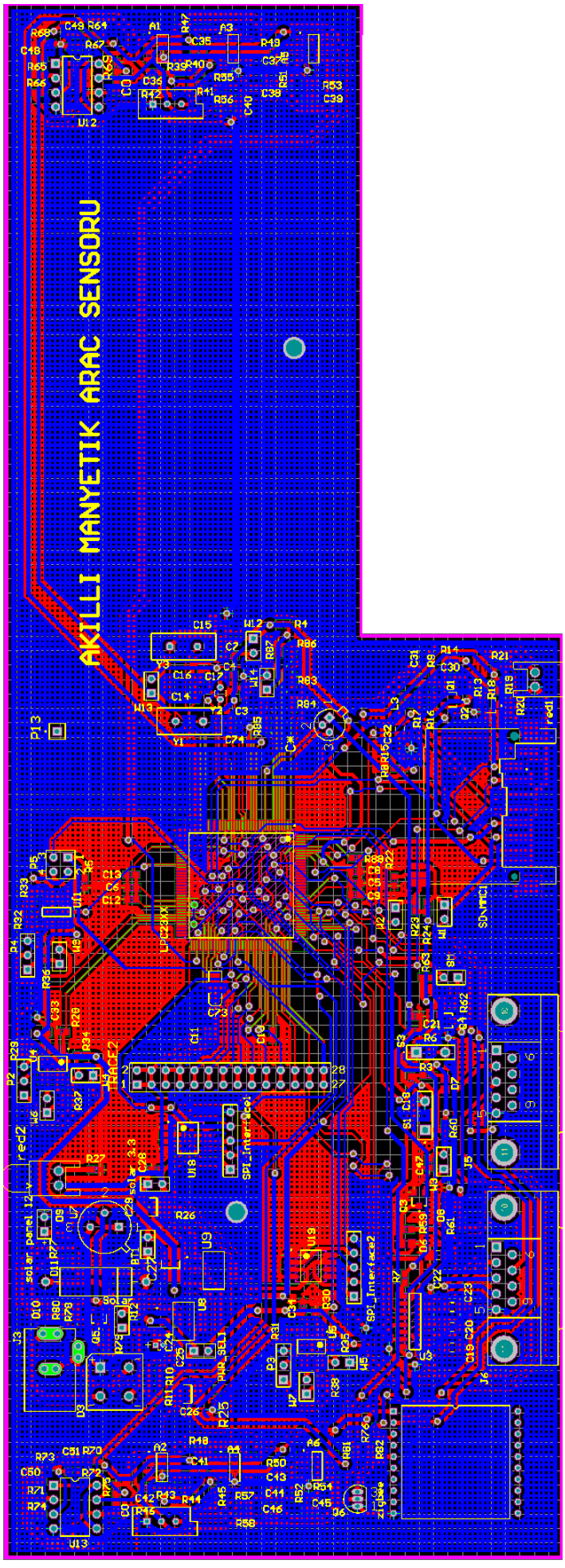
Zeng, Q., Xing, J., 2007, A model based vehicle detection and classification using magnetic sensor data, *Department of Signals and Systems Chalmers University of Technology Göteborg*, EX075/2007, Sweeden, 5-34.

Zhang, W., Tan, G., Shı, H. and Lın, M., 2010, A Distributed threshold algorithm for vehicle classification based on binary proximity sensors and intelligent neuron classifier, *Journal of Informatıon Science and Engineerıng 26*, 769-783 (2010), China.

EKLER

EK-1 Akıllı Manyetik Araç Sensörü Devre Çizimi




AKILLI MANYETIK ARAC SENSORU

EK-2 Akıllı Manyetik Araç Sensörü Yazılım Kodları

ANA DİZİN - MAIN ()

```
#include <ENC_LPC23xx.H>
#include "24xx.h"
#include "i2c_23xx.h"
#include "ENC_LPC23xx.h"
#include "WDT.h"
#include "math.h"
#include "Serial.h"
#include <RTL.h>                  /* RTL kernel functions & defines      */
#include <stdio.h>                /* standard I/O .h-file                */
#include <ctype.h>                /* character functions                 */
#include <string.h>               /* string and memory functions         */


void ayar_kesme (void);
void bekle(void);
void timer0_init (void);
void timer1_init (void);
__irq void eint1_isr(void) ;
__irq void eint2_isr(void) ;
void init_serial (void);
void UART0_isr (void)        __irq;
void UART3_isr (void)        __irq;


unsigned int sensor_arasi_timer = 0;
float sensor_arasi_sure = 0;
float hiz = 0;
unsigned int hiz_tam = 0;
unsigned int sensor_arasi_tam = 0;
unsigned int arac_sayisi = 0;
unsigned int hiz_ve_arac_sayi_gosterme  = 0;
unsigned int uzunluk_icin_timer, uzunluk_tam;
float uzunluk_icin_sure, uzunluk;
unsigned int giris_sinyal = 0;

void bekle(void)
{
        unsigned int i,j;
        for(i=0;i<=10000;i++)
        {
                for(j=0;j<=2000;j++);
        }
}
```

```
/*----------------------------------------
  Main Program
 *----------------------------------------*/

int main (void)
{

        unsigned int takip = 0;
        PINSEL4 = 0x01400000;
        FIO2DIR = 0x000000FF;
        FIO2PIN = 0x00000000;
        FIO3DIR |= 0x00000008;
        FIO3CLR |= 0x00000008;

        init_serial();
        init_zigbee ();

        VICVectAddr6  = (unsigned)UART0_isr;
        VICVectCntl6  = 0x26;
        VICIntEnable  |= 0x40;

        VICVectAddr29  = (unsigned)UART3_isr;
        VICVectCntl29  = 0x3D;
        VICIntEnable  |= 0x20000000;


        Enable_UART0_Int ();
        Enable_UART3_Int ();
        sendchar ('R');
        sendchar ('E');
        sendchar ('S');
        sendchar ('E');
        sendchar ('T');

        putchar3 ('R');
        putchar3 ('E');
        putchar3 ('S');
        putchar3 ('E');
        putchar3 ('T');

        ayar_kesme();


         while(1)
         {
                takip ++;
                if (takip == 3000000)
                {
                        takip = 0;
```

```
		sendchar('Y');
}

if (T0TC >= 16800000)
{
		T0TC = 0;
		T0TCR = 0;
		giris_sinyal = 0;

		sendchar('T');
		sendchar('E');
		sendchar('R');
		sendchar('S');
		sendchar(' ');
		sendchar('D');
		sendchar('E');
		sendchar(' ');
		sendchar('G');
		sendchar('I');
		sendchar('D');
		sendchar('E');
		sendchar('N');
		sendchar(' ');
		sendchar('A');
		sendchar('R');
		sendchar('A');
		sendchar('C');
		sendchar(' ');
		sendchar('V');
		sendchar('A');
		sendchar('R');
		sendchar('\n');


		putchar3('T');
		putchar3('E');
		putchar3('R');
		putchar3('S');
		putchar3(' ');
		putchar3('Y');
		putchar3('O');
		putchar3('N');
		putchar3('D');
		putchar3('E');
		putchar3(' ');
		putchar3('G');
		putchar3('I');
		putchar3('D');
		putchar3('E');
		putchar3('N');
```

```
                putchar3(' ');
                putchar3('A');
                putchar3('R');
                putchar3('A');
                putchar3('C');
                putchar3(' ');
                putchar3('V');
                putchar3('A');
                putchar3('R');
                putchar3('\n');


                VICIntEnClr = (1 << 16);

                EXTINT = 0x00000006;
                VICIntEnable = (1 << 15);
                VICVectAddr = 0x00000000;


                }
        }
}

/*-----------------------------------------
 Ayarlar
 *-----------------------------------------*/

        void ayar_kesme (void)
        {
                sendchar('D');
                sendchar('D');
                EXTMODE = 0x00000006;
                EXTPOLAR = 0x00;

                VICIntSelect = 0x00000000;
                sendchar('E');
                sendchar('E');

                bekle();


                VICVectAddr15 =  (unsigned long) eint1_isr;
                VICVectAddr16 =  (unsigned long) eint2_isr;
                VICVectPriority16 = 0;
                 VICVectPriority15 = 1;

                VICIntEnable = 0x00018000;
                sendchar('F');
                sendchar('F');
        }
```

```
__irq void eint1_isr(void)
{
        unsigned int a,b,c,d;

        VICIntEnClr = (1 << 15);

        sendchar('e');
        sendchar('x');
        sendchar('t');
        sendchar('e');
        sendchar('r');
        sendchar('n');
        sendchar('a');
        sendchar('l');
        sendchar('_');
        sendchar('1');
        timer0_init();

        giris_sinyal ++;
        hiz_ve_arac_sayi_gosterme = 0;

         if (giris_sinyal == 2)
        {
        giris_sinyal = 0;
        uzunluk_icin_timer = T1TC ;
        T1TCR = 0;
        hiz_ve_arac_sayi_gosterme = 1;
        uzunluk_icin_sure = (uzunluk_icin_timer * 2.66 * 0.0000001);

        uzunluk = (hiz * uzunluk_icin_sure * 27.7);
        uzunluk_tam = ceil (uzunluk);
        a = uzunluk_tam / 100;
        b = uzunluk_tam % 100;
        c = b / 10;
        d = b % 10;

        }

        timer1_init();
        EXTINT = 0x00000006;
        VICIntEnable = (1 << 16);
        VICVectAddr = 0x00000000;

}

        __irq void eint2_isr(void)
{
        unsigned int a,b,c,d;
```

```
VICIntEnClr = (1 << 16);
sendchar('e');
sendchar('x');
sendchar('t');
sendchar('e');
sendchar('r');
sendchar('n');
sendchar('a');
sendchar('l');
sendchar('_');
sendchar('2');

sensor_arasi_timer = T0TC ;
T0TCR = 0;
sensor_arasi_sure = (sensor_arasi_timer * 2.66 * 0.0000001);
hiz = 0.9/sensor_arasi_sure;
sensor_arasi_tam = ceil(sensor_arasi_sure);
sendchar(sensor_arasi_tam);
hiz_tam = ceil(hiz);
a = hiz_tam / 100;
b = hiz_tam % 100;
c = b / 10;
d = b % 10;

if ( hiz_ve_arac_sayi_gosterme == 0)
{

sendchar ('H');
sendchar ('I');
sendchar ('Z');
sendchar ('=');
sendchar (floor(a) + 48);
sendchar (floor(c) + 48);
sendchar (d + 48);

putchar3 ('H');
putchar3 ('I');
putchar3 ('Z');
putchar3 ('=');
putchar3 (floor(a) + 48);
putchar3 (floor(c) + 48);
putchar3 (d + 48);
putchar3 ('k');
putchar3 ('m');
putchar3 ('/');
putchar3 ('s');
putchar3 ('a');
putchar3 ('a');
putchar3 ('t');
```

```
arac_sayisi ++;
sendchar(' ');
sendchar(' ');
sendchar(' ');
sendchar('A');
sendchar('R');
sendchar('A');
sendchar('C');
sendchar(' ');
sendchar('S');
sendchar('A');
sendchar('Y');
sendchar('I');
sendchar('S');
sendchar('I');
sendchar('=');

putchar3(' ');
putchar3(' ');
putchar3(' ');
putchar3('A');
putchar3('R');
putchar3('A');
putchar3('C');
putchar3(' ');
putchar3('S');
putchar3('A');
putchar3('Y');
putchar3('I');
putchar3('S');
putchar3('I');
putchar3('=');


a = arac_sayisi / 100;
b = arac_sayisi % 100;
c = b / 10;
d = b % 10;

sendchar (floor(a) + 48);
sendchar (floor(c) + 48);
sendchar (d + 48);

putchar3 (floor(a) + 48);
putchar3 (floor(c) + 48);
putchar3 (d + 48);
putchar3 ('\n');
}
```

```
	EXTINT = 0x00000006;
	VICIntEnable = (1 << 15);
	VICVectAddr = 0x00000000;

}


void timer0_init (void)
{
	PCLKSEL0 |= 0x00000004;
	T0TCR = 2;			// reset counter , disable counter
	T0CTCR = 0;		// set T/C for Timer
	T0PR = 0x00000010;
	T0TCR = 1;
}


void timer1_init (void)
{
	PCLKSEL0 |= 0x00000010;
	T1TCR = 2;
	T1CTCR = 0;
	T1PR = 0x00000010;
	T1TCR = 1;
}

void UART0_isr (void)	__irq
{

	unsigned char veri;

	Disable_UART0_Int ();

	veri = getkey();

if (veri == 'R')
{
	arac_sayisi = 0;
}

	U0IIR |= 0x00000001;
	 VICVectAddr	= 0x00000000;
	  Enable_UART0_Int ();
	  return;

}
```

```
void UART3_isr (void)         __irq
{
            unsigned char veri_zigbee;

            Disable_UART3_Int ();

           veri_zigbee = getchar3();

if (veri_zigbee == 'R')
{
           arac_sayisi = 0;
}

U3IIR |= 0x00000001;
VICVectAddr             = 0x00000000;
 Enable_UART3_Int ();
return;
}

void init_zigbee (void) {

PCONP |= 0x02000000;
PINSEL9 |= 0x0F000000;
PCLKSEL1 |= 0x00040000;


  U3LCR = 0x83;                        /* 8 bits, no Parity, 1 Stop bit*/
  U3DLL = 0x00000068;
  U3DLM   = 0x00000000;          /* for 16MHz PCLK Clock         */
  U3LCR       = 0x00000003;
  U3FCR   = 0xC1;

}

/*---------------------------------------------------------------------------
 *       sendchar:  Write a character to Serial Port
 *--------------------------
 ----------------------------------------------*/
int putchar3 (int ch) {
  while (!(U3LSR & 0x20));
  return (U3THR = ch);
}

/*---------------------------------------------------------------------------
 *       getkey:  Read a character from Serial Port
 *---------------------------------------------------------------------------*/
int getchar3 (void) {
  while (!(U3LSR & 0x01));
  return (U3RBR);
```

```
}


void Enable_UART3_Int (void)
{
        U3IER = 0x01;
                /* Enable RDA and THRE interrupts      */
}


void Disable_UART3_Int (void)
{
        U3IER = 0x00;                   /* Enable RDA and THRE interrupts      */

}
```

SERIAL.C

```
#include <LPC23xx.H>
#include "type.h"
#include <RTL.h>
void init_serial (void) {
  PINSEL0 |= 0x0a500050;
  PCLKSEL0 |= 0x00000040 ;



  U0LCR = 0x83;                         /* 8 bits, no Parity, 1 Stop bit*/
  U0DLL = 0x00000068;
  U0DLM   = 0x00000000;           /* for 16MHz PCLK Clock        */
  U0LCR       = 0x00000003;
  U0FCR   = 0xC1;

}

/*----------------------------------------------------------------------------
 *       sendchar:  Write a character to Serial Port
 *---------------------------
 ----------------------------------------------*/
int sendchar (int ch) {
   while (!(U0LSR & 0x20));
  return (U0THR = ch);
}

/*----------------------------------------------------------------------------
 *       getkey:  Read a character from Serial Port
```

```
 *---------------------------------------------------------------------------*/
int getkey (void) {
  while (!(U0LSR & 0x01));
  return (U0RBR);
}


void Enable_UART0_Int (void)
{
        U0IER = 0x01;
                /* Enable RDA and THRE interrupts      */
}


void Disable_UART0_Int (void)
{
        U0IER = 0x00;                   /* Enable RDA and THRE interrupts      */

}
```

SERIAL. H

```
/*---------------------------------------------------------------------------
 *      RL-ARM - FlashFS
 *---------------------------------------------------------------------------
 *      Name:    SERIAL.C
 *      Purpose: Serial Input Output for Philips LPC23xx
 *---------------------------------------------------------------------------
 *      This code is part of the RealView Run-Time Library.
 *      Copyright (c) 2004-2010 KEIL - An ARM Company. All rights reserved.
 *---------------------------------------------------------------------------*/

/*---------------------------------------------------------------------------
 *       init_serial:  Initialize Serial Interface
 *---------------------------------------------------------------------------*/
void init_serial (void);

/*---------------------------------------------------------------------------
 *       sendchar:  Write a character to Serial Port
 *---------------------------------------------------------------------------*/
int sendchar (int ch);
/*---------------------------------------------------------------------------
 *       getkey:  Read a character from Serial Port
 *---------------------------------------------------------------------------*/
int getkey (void);
```

```
void Enable_UART0_Int (void);

void Disable_UART0_Int (void);

void init_zigbee (void);
int putchar3 (int ch);
int getchar3 (void);

void Enable_UART3_Int (void);

void Disable_UART3_Int (void);
```

WDT.C

```
include "WDT.h"
#include "ENC_LPC23xx.h"

void init_wdt (void)
{
        WDCLKSEL = 0x3;
        WDTC = WDT_FEED_VALUE;
        WDMOD = WDEN;

        WDFEED = 0xAA;          /* Feeding sequence */
        WDFEED = 0x55;

        return;
}

void reset_wdt(void)
{
         WDTC = WDT_FEED_VALUE;
         WDFEED = 0xAA;          /* Feeding sequence */
         WDFEED = 0x55;

         return;
}

void wdt_feed (void)
{

  WDFEED = 0xAA;          /* Feeding sequence */
  WDFEED = 0x55;
  return;
}
```

WDT.H

```
//#define WDT_FEED_VALUE      0x00AFFFFF    // Eski durum

//#define WDT_FEED_VALUE      0x00000FFF    // Kisa suruyor
#define WDT_FEED_VALUE        0x00FFFFFF


#define WDEN                  0x00000003
#define WDRESET               0x00000002
#define WDTOF                 0x00000004
#define WDINT                 0x00000008

void init_wdt (void);

void reset_wdt(void);

void wdt_feed (void);
```

24XX.C

```
#include "i2c_23xx.h" /* Need i2c bus */

#define EEPROMS_ID 0xA0         /* Microchip 24xx512 */

unsigned char EEPROM_get(unsigned int addr)
{
        unsigned char dat, addr_h;

        I2C_start();          /* Start i2c bus */

        I2C_write(EEPROMS_ID);   /* Connect to EEPROM */
        addr_h = addr>>8;
        I2C_write(addr_h);

        I2C_write(addr&0xFF);        /* Request RAM address (Low byte) */

        I2C_start();                 /* Start i2c bus */

        I2C_write(EEPROMS_ID+1);/* Connect to EEPROM for Read */
        dat = I2C_read();            /* Receive data */
        I2C_noack();
        I2C_stop();                          /* Stop i2c bus */

   return dat;
```

```
}


unsigned char Int_EEPROM_get(unsigned int addr)
{
        unsigned char dat, addr_h;

        I2C_start();          /* Start i2c bus */



        I2C_write(EEPROMS_ID);   /* Connect to EEPROM */
        addr_h = addr>>8;
        I2C_write(addr_h);

        I2C_write(addr&0xFF);         /* Request RAM address (Low byte) */

        I2C_start();                  /* Start i2c bus */

        I2C_write(EEPROMS_ID+1);/* Connect to EEPROM for Read */
        dat = I2C_read();             /* Receive data */

        I2C_noack();

        I2C_stop();                           /* Stop i2c bus */

  return dat;
}

void Int_EEPROM_set(unsigned int addr, unsigned char val)
{
        unsigned char addr_h;


        I2C_start();

        I2C_write(EEPROMS_ID);   /* Connect to EEPROM */

        addr_h = addr>>8;
        I2C_write(addr_h);

        I2C_write(addr&0xFF);         /* Request RAM address (Low byte) */

        I2C_write(val);         /* Write sec on RAM specified address */

        I2C_stop();             /* Stop i2c bus */
}


void EEPROM_set(unsigned int addr, unsigned char val)
```

```
{
        unsigned char addr_h;

        I2C_start();

        I2C_write(EEPROMS_ID);   /* Connect to EEPROM */

        addr_h = addr>>8;
        I2C_write(addr_h);

        I2C_write(addr&0xFF);         /* Request RAM address (Low byte) */

        I2C_write(val);                  /* Write sec on RAM specified address */

        I2C_stop();              /* Stop i2c bus */
}

unsigned char F_EEPROM_get_start(unsigned int addr)
{
        unsigned char dat, addr_h;

        I2C_start();          /* Start i2c bus */



        I2C_write(EEPROMS_ID);   /* Connect to EEPROM */

        addr_h = addr>>8;
        I2C_write(addr_h);

        I2C_write(addr&0xFF);         /* Request RAM address (Low byte) */

        I2C_start();                     /* Start i2c bus */

        I2C_write(EEPROMS_ID+1);/* Connect to EEPROM for Read */
        dat = I2C_read();                /* Receive data */

        I2C_noack();


  return dat;
}

void F_EEPROM_set_start(unsigned int addr, unsigned char val)
{
        unsigned char addr_h;

        I2C_start();

        I2C_write(EEPROMS_ID);   /* Connect to EEPROM */
```

```
        addr_h = addr>>8;
        I2C_write(addr_h);
        I2C_write(addr&0xFF);        /* Request RAM address (Low byte) */

        I2C_write(val);              /* Write sec on RAM specified address */
}


unsigned char F_EEPROM_get(unsigned int addr)
{
        unsigned char dat;

        I2C_start();                 /* Start i2c bus */

        I2C_write(EEPROMS_ID+1);/* Connect to EEPROM for Read */
        dat = I2C_read();            /* Receive data */
  return dat;
}

void F_EEPROM_set(unsigned int addr, unsigned char val)
{
        I2C_write(val);         /* Write sec on RAM specified address */
}
```

24XX.H

```
void I2C_delay(void);
void I2C_clock(void) ;
void I2C_start(void) ;
void I2C_stop(void);
unsigned char I2C_write(unsigned char dat);
unsigned char I2C_read(void) ;
void I2C_ack(void) ;
void I2C_noack(void) ;
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fuat YALÇINLI
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Altındağ / 27.05.1987
Telefon : 0 506 351 97 01
Faks : -
e-mail : fuatyalcinli@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Kaya Bayazıtoğlu Y.D.A.L.	2005
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Elk. Elt. Müh. Bölümü	2010
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Elk. Elt. Müh. A.B.D.	Devam Ediyor
Doktora	:	-	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
02.2011-…	Rayennur Elektronik Ulaşım End.	Ar-Ge Mühendisi
06.2010-02.2011	Sağbili Makina	Ar-Ge Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Elektronik Devre Tasarımı
Yazılım
İş Geliştirme

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

-

YAYINLAR

Rf-Id Tabanlı Personel Takip Sistemi (Lisans Bitirme Tezi)