

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOST VE DÜŞMAN TANIMA SİSTEMLERİ İÇİN ELEKTRONİK
DONANIM TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Poyraz Alper ÖNER

Balıkesir, Haziran - 2009

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOST VE DÜŞMAN TANIMA SİSTEMLERİ İÇİN ELEKTRONİK
DONANIM TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Poyraz Alper ÖNER

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Davut AKDAŞ

Sınav Tarihi : 02/06/2009

Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Altuğ YAVAŞ (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Davut AKDAŞ (Danışman – BAÜ)

Balıkesir, Haziran - 2009

ÖZET

DOST VE DÜŞMAN TANIMA SİSTEMLERİ İÇİN ELEKTRONİK DONANIM TASARIMI

Poyraz Alper ÖNER
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Davut AKDAŞ)

Balıkesir, 2009

Bu tezde, bilgi iletimi için, lazer tabanlı bir dost düşman tanıma tanıma sistemi (IFF – Identification Friend or Foe) tasarlanmış, elektronik devre ve optik anten tasarımı yapılmış, donanım için gerekli yazılımlar geliştirilmiş ve sistem imal edilmiştir. İmal edilen sistemin radyo frekans tabanlı çalışan IFF sistemlerine alternatif teşkil edecek bir sistem olması ve kara kuvvetleri birliklerinde kullanılabilecek özelliklerde olması amaçlanmıştır.

Çalışma, tasarım ve üretim olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür. Tasarım aşamasında; öncelikle mevcut IFF sistemleri incelenmiş, avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur. Tespit edilen dezavantajlar göz önünde bulundurularak yeni bir IFF sisteminin tasarımı yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar ile tasarıma en uygun elektronik, optik ve mekanik bileşenler belirlenmiştir. Üretim aşamasında; optik anten, elektronik devre kartları, elektronik devre, cihaz gövdesi imal edilmiştir. İmal edilen donanıma uygun yazılımlar geliştirilerek, mikrodenetleyicilere yüklenmiştir.

Sistem; alıcı ve verici olmak üzere iki temel üniteden oluşmaktadır. Verici ünitesinde; mikrodenetleyici tabanlı, klavye ile mesaj girişi yapılabilen, kullanıcının koordinatlarını küresel konumlama sistemi (GPS – Global Positioning System) yardımıyla algılayabilen bir donanım bulunmaktadır. Geliştirilen bu donanım yardımıyla, klavyeden girilen mesaj ve GPS 'den alınan koordinat bilgisi lazer ışını kullanılarak kriptolu olarak iletilmektedir.

Alıcı ünitesinde; mevcut lazer iletişim tekniklerinden farklı bir yaklaşımla, polimetilmekatriolat malzemesinden ve algılayıcıdan imal edilen optik bir anten geliştirilmiştir. Mikrodenetleyici tabanlı sinyal işleme ve görüntüleme biriminden oluşan bir donanım tasarlanmıştır. Bu donanım yardımıyla verici ünitesinden gönderilen kriptolu lazer ışını demodüle edilmekte, kriptosu çözülerek mesaj ve koordinat bilgileri görüntülenebilmektedir.

Sistemde bilgi iletiminin lazer ile yapılması güvenliği en üst düzeye çıkarmış; bastırma, karışırma gibi karşı elektronik tedbirlerden etkilenmemesini sağlamıştır.

Yapılan deneysel çalışmalar, gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin, klavyeden girilen mesaj ve GPS 'den alınan koordinat bilgisini güvenli olarak ilettiğini, alıcının ise bu bilgileri doğru şekilde alarak görüntülediğini göstermiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: dost düşman tanıma tanıtırma / IFF / lazer / serbest ortam optik iletişim / FSO / lasercom / optik haberleşme / robotlar arası iletişim

ABSTRACT

ELECTRONIC HARDWARE DESIGN FOR FRIEND OR FOE IDENTIFICATION SYSTEMS

Poyraz Alper ÖNER
Balıkesir University, Institute of Science,
Department of Electric – Electronics Engineering

(Master Thesis / Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Davut AKDAŞ)

Balıkesir - Turkey, 2009

In this thesis, a laser based friend or foe identification system (IFF), electronic circuit, an optic antenna were designed, and also the software needed to run the hardware system was developed to carry out the data transmission. The main purpose of this design is to create an alternative way to transfer encrypted data using RF technique and to create a system that can reliably be used by armed forces.

This work comprises both design and implementation phases and initially we have stated advantages and disadvantages of existing IFF systems.

The new IFF system was designed bearing in mind the disadvantages of these existing systems. The most suitable electrical, optical and mechanical components for new design were selected by experimental studies. To implement the design, we have produced electronic printed circuit boards, optical antenna and generated microcontroller software codes.

The system is based on two main components. These are the transmitter and the receiver. The input data is entered to the receiver unit by keyboard over a special hardware, which is microcontroller-based and can identify the coordinates of the user via global positioning system (GPS – Global Positioning System). With this hardware, the input data and GPS coordinates are encrypted and transmitted via laser.

In the receiver unit, an optical antenna, made of polymethylmethacrylate was developed with a different approach than common laser communication techniques, which our system surpasses others in areas of the shape and the material superiority that affects signal receiving quality.

The hardware is made up of microcontroller-based signal processing unit and a display unit. Modulated laser signals are demodulated, decoded and displayed by this hardware.

Using laser for transmission of data in this system maximizes security and privacy. So the resulting system is invulnerable to electronic attacks like suppression and jamming.

A number of experimental trials showed that message and coordinate data is successfully send. The receiver unit's display shows the message and the coordinate of the sender.

KEYWORDS: Identification friend or foe / IFF/ laser / free space optical communication / FSO / lasercom / optical communication / robots communication

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 IFF (Identification Friend or Foe) Sistemi.....	1
1.2 GPS (Global Positioning System – Küresel Konumlama Sistemi).....	9
1.3 Lazer.....	17
1.4 Serbest Ortam Optik Haberleşmesi (FSO - Free Space Optical Communications).....	22
2. TASARLANAN LAZER IFF SİSTEMİ	26
2.1 Tasarlanan Sistemin Genel Tanıtımı.....	26
2.2 Tasarlanan Verici Sistemin Tanıtımı	30
2.2.1 Merkezi Kontrol Birimi.....	30
2.2.2 GPS Arabirimi.....	35
2.2.3 Klavye Arabirimi	40
2.2.4 Modülasyon ve Kriptolama.....	44
2.2.5 Lazer Kaynağı.....	45
2.3 Tasarlanan Alıcı Sistemin Tanıtımı	46
2.3.1 Optik Prizma	47
2.3.2 Optik Algılayıcı.....	53
2.3.3 DC Seviye Bastırma.....	54
2.3.4 Sinyal Optimizasyon Katı	57
2.3.5 Merkezi Kontrol Birimi.....	59
2.3.6 Görüntüleme Birimi	63
2.4 Tasarlanan Sistemin Üretilmesi	64
2.4.1 Optik Prizmanın Üretilmesi	64
2.4.2 Gerekli Yazılımların Geliştirilmesi.....	71
2.4.3 Devre Şemalarının Çizilmesi	72
2.4.4 Baskılı Devre Kartlarının Çizilmesi.....	73
2.4.5 Tamamlanan Lazer IFF Sistemi.....	75

3. DENEYSEL ÇALIŞMA	78
3.1 Fotodiyot Deneyi.....	78
3.2 Florasan Işığının İncelenmesi	79
3.3 Monitör Tarama Frekansının Ölçülmesi	80
3.4 DC Seviye Yok Etme Katının İncelenmesi.....	81
3.5 Klavye Tarama Kodunun İncelenmesi.....	81
3.6 GPS 'den Alınan Sinyalin İncelenmesi.....	82
3.7 Sistem Tarafından Algılanan Sinyalin İncelenmesi.....	83
3.8 Sistem Tarafından Gönderilen Sinyalin İncelenmesi.....	83
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKÇA.....	87

SEMBOL LİSTESİ

R	Direnç	Ω
C	Kapasitans	F
A	Akım	A
V	Gerilim	V
τ	Zayıflama	db
P	Güç	W
P(R)	R mesafedeki lazer gücü	W
δ	Zayıflama katsayısı	db/km
f_c	Kesim frekansı	Hz
A_v	Gerilim kazancı	Db
V_o	Çıkış gerilimi	V
V_i	Giriş gerilimi	V
λ	Dalga boyu	m
S	Spektral hassasiyet	nA/Ix
IR	Karanlık akımı	nA
t_r	Yükselme zamanı	Ns
t_f	Düşme zamanı	Ns
A	Hassasiyet alanı	mm ²

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 IFF bileşenleri	2
Şekil 1.2 IFF sisteminin radarla birlikte kullanılması	2
Şekil 1.3 IFF modları	3
Şekil 1.4 Mod 1 sinyal yapısı	4
Şekil 1.5 Mod 2 sinyal yapısı	5
Şekil 1.6 Mod 3/A sinyal yapısı	5
Şekil 1.7 Kod modülasyonlu sinyalin yapısı	6
Şekil 1.8 IFF kod yapısının çözümlenmesi	6
Şekil 1.9 Ana hüzmenin belirlenmesi	7
Şekil 1.10 Örnek bir IFF cevaplayıcısı	8
Şekil 1.11 Örnek bir IFF sorgulayıcısı	9
Şekil 1.12 IFF anten sistemleri	9
Şekil 1.13 GPS uydularının yerleşimi	10
Şekil 1.14 Bir uydunun algılanması	11
Şekil 1.15 İki uydunun algılanması	12
Şekil 1.16 Üç uydunun algılanması	12
Şekil 1.17 GPS 'in bölümleri	13
Şekil 1.18 GPS uydularının yerleşimi	13
Şekil 1.19 GPS kodları	16
Şekil 1.20 Tayfın genel görünümü	18
Şekil 1.21 Lazer üreticinin genel yapısı	20
Şekil 1.22 Örnek FSO cihazları	22
Şekil 1.23 FSO prensibi	22
Şekil 1.24 Örnek FSO uygulaması	23
Şekil 1.25 Örnek FSO uygulamasında binalar arası mesafeler	23
Şekil 1.26 SLR2000 lasercom cihazı	24
Şekil 1.27 SLR2000 sisteminin yapısı	25
Şekil 1.28 LEO-GEO lasercom sistemi	25
Şekil 2.1 Tasarlanan lazer IFF sisteminin işleyişi	26
Şekil 2.2 İletilen bilgi formatı	27
Şekil 2.3 Gerçekleştirilen sistemin mesaj aktarma amacıyla kullanılması	27
Şekil 2.4 Planlanan optik link istasyonu	28
Şekil 2.5 Lazer nokta büyütücü	28
Şekil 2.6 Lazer nokta büyütücünün kullanılması	29
Şekil 2.7 Tasarlanan genel blok şema	29
Şekil 2.8 Verici ünitesi blok şeması	30
Şekil 2.9 PIC16F877 'nin pin yapısı	32
Şekil 2.10 Verici kat program akış şeması	33
Şekil 2.11 Kesme işlemi akış şeması	34
Şekil 2.12 Kullanılan GPS alıcı modülü	35
Şekil 2.13 Kullanılan GPS alıcı modülün pin yapısı	36
Şekil 2.14 GPS arabirimi blok şeması	37

Şekil 2.15 PIC12F629 mikrodenetleyicisinin pin yapısı.....	39
Şekil 2.16 GPS arabirimi akış şeması	39
Şekil 2.17 PS2 bağlantı noktası.....	40
Şekil 2.18 Klavyeye ait veri ve saat sinyali	41
Şekil 2.19 P tuşu için tarama kodunun çözülmesi.....	42
Şekil 2.20 Tarama kodlarının çözülmesi için akış şeması	43
Şekil 2.21 Lazerin sürülmesi.....	44
Şekil 2.22 Lazerin modülasyonu için blok şema	44
Şekil 2.23 XOR kapısı	45
Şekil 2.24 XOR kriptosu	45
Şekil 2.25 IRHN9396 tipi lazer kaynağı	46
Şekil 2.26 Alıcı ünitesi blok şeması.....	46
Şekil 2.27 Fresnel lensin deniz fenerinde kullanımı	47
Şekil 2.28 Fresnel lens kullanılan düzenek	48
Şekil 2.29 Tek bir fotodiyot kullanılması	48
Şekil 2.30 Fotodiyot dizisinin kullanılması	49
Şekil 2.31 İnce kenarlı mercek kullanılan düzenek	49
Şekil 2.32 Lazer ışınının değişik açılardan gelişi.....	50
Şekil 2.33 Polimetilmekatrilat malzemesinin yapısı.....	51
Şekil 2.34 Işık geçirgenliğinin dalgaboyu ile değişimi.....	52
Şekil 2.35 Optik prizmanın çalışma prensibi	52
Şekil 2.36 Lazer ışınının optik prizmada kırılması	52
Şekil 2.37 BPW21 ve BPW34 fotodiyotları	53
Şekil 2.38 Hassasiyetin değişimi.....	54
Şekil 2.39 DC bileşenin oluşması	54
Şekil 2.40 DC seviye yok etme katı blok şeması.....	55
Şekil 2.41 Filtre devresi açık şeması.....	55
Şekil 2.42 Filtre devresinin frekans-kazanç değişim karakteristiği	56
Şekil 2.43 Sinyalden DC bileşeni çıkartan devrenin açık şeması	57
Şekil 2.44 Yükseltme ve düzgülendirme devresi	58
Şekil 2.45 Schmitt çeviricilerin çalışması	58
Şekil 2.46 74HC14 entegresi pin yapısı.....	58
Şekil 2.47 PIC16F84 mikrodenetleyicisinin pin yapısı.....	59
Şekil 2.48 Çeşitli kılıflar	59
Şekil 2.49 PIC mikrodenetleyicilerin basitleştirilmiş yapısı.....	60
Şekil 2.51 XOR kriptosunun çözülmesi.....	61
Şekil 2.50 Alıcı sistem için akış şeması.....	62
Şekil 2.52 LCD modüle ait karakter seti.....	63
Şekil 2.53 Prizmanın SolidWorks ile tasarlanması	64
Şekil 2.54 Çizimi tamamlanan prizmalar.....	65
Şekil 2.55 Fotodiyotlar monte edilip birleştirilen pramitlerin SolidWorks çizimi	65
Şekil 2.56 Alış açısının genişletilmesi	66
Şekil 2.57 Polimetilmekatrilat malzemenin görünüşü	66
Şekil 2.58 Malzemenin frezeye yerleştirilmesi.....	67
Şekil 2.59 Malzemenin işlenmesi	67
Şekil 2.60 Malzemenin diğer yüzeyinin işlenmesi	68
Şekil 2.61 Su altında zımparalama işlemi	68
Şekil 2.62 Keçe ile parlatma işlemi	69
Şekil 2.63 Beyaz folyo ile kaplama işlemi.....	69

Şekil 2.64 Siyah folyo ile kaplama işlemi.....	70
Şekil 2.65 SolidWorks çizimi	70
Şekil 2.66 Tamamlanan optik anten.....	70
Şekil 2.67 Yazılımların Proton+ Compiler Version 2.1.3 ile derlenmesi.....	71
Şekil 2.68 Dertlenen yazılımların WinPic800 V.3.59 programına aktarılması	71
Şekil 2.69 Kullanılan USB programlayıcı	72
Şekil 2.70 Devre şemalarının çizilmesi.....	72
Şekil 2.71 Baskı devre kartlarının tasarlanması.....	73
Şekil 2.72 BoardMaster programına ait arayüz.....	74
Şekil 2.73 CircuitCam programına ait arayüz.....	74
Şekil 2.74 LPKF C100HF baskı devre kazıma cihazı	75
Şekil 2.75 Tasarlanan kartın kazınması	75
Şekil 2.76 Cihaz gövdesi.....	76
Şekil 2.77 LCD 'lerin monte edilmesi	76
Şekil 2.78 Montaj çalışması	77
Şekil 2.79 Tamamlanan lazer IFF cihazı.....	77
Şekil 2.80 Tamamlanan lazer IFF cihazı.....	77
Şekil 3.1 Deneysel çalışma anı.....	78
Şekil 3.2 Fotodiyottan alınan sinyal şekli	79
Şekil 3.3 Yükselme zamanı.....	79
Şekil 3.4 Florasanın neden olduğu sinyal şekli.....	80
Şekil 3.5 Monitör tarama frekansının ölçülmesi.....	80
Şekil 3.6 DC bileşen yok etme devresi sinyal şekilleri.....	81
Şekil 3.7 Saat ve veri sinyalleri.....	82
Şekil 3.8 GPS 'den alınan sinyal şekli	82
Şekil 3.9 GPS 'den aktarılan sinyal şekli	83
Şekil 3.10 Algılanan sinyal	83
Şekil 3.11 İletilen bilgi	84

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 IFF darbe genişlik süreleri	4
Çizelge 1.2 Walsh Fonksiyonları	8
Çizelge 2.1 PIC16F877 mikrodnetleyicisinin genel özellikleri	31
Çizelge 2.2 Seçilebilecek mesaj formatları	36
Çizelge 2.3 \$GPGGA veri yapısı	37
Çizelge 2.4 PIC12F629 mikrodnetleyicisinin genel özellikleri	38
Çizelge 2.5 Klavye tarama kodları	41
Çizelge 2.6 Kullanılan lazer kaynağının özellikleri	46
Çizelge 2.7 Fotodiyodun elektriksel parametreleri	53
Çizelge 2.8 PIC16F84 mikrodnetleyicisinin temel özellikleri	60

ÖNSÖZ

Çalışmalarım esnasında gerek elektronik gerekse mekanik konularındaki bilgi birikim ve tecrübelerini aktaran ve her konuda bana destek olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Davut AKDAŞ 'a teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tez çalışması ile üretimi yapılan dost düşman tanıma tanıtma sisteminin tasarım ve üretiminde büyük katkıları olan Serkan GÜRKAN, Süleyman KAVAK ve M.Tuncay KAYA 'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmasına başlamam için beni yüreklendiren ve çalışmalarım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren eşim Ezgi ÖNER 'e ve zamanından çalarak çalıştığım kızım Eylül ÖNER 'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Balıkesir, 2009

Poyraz Alper ÖNER

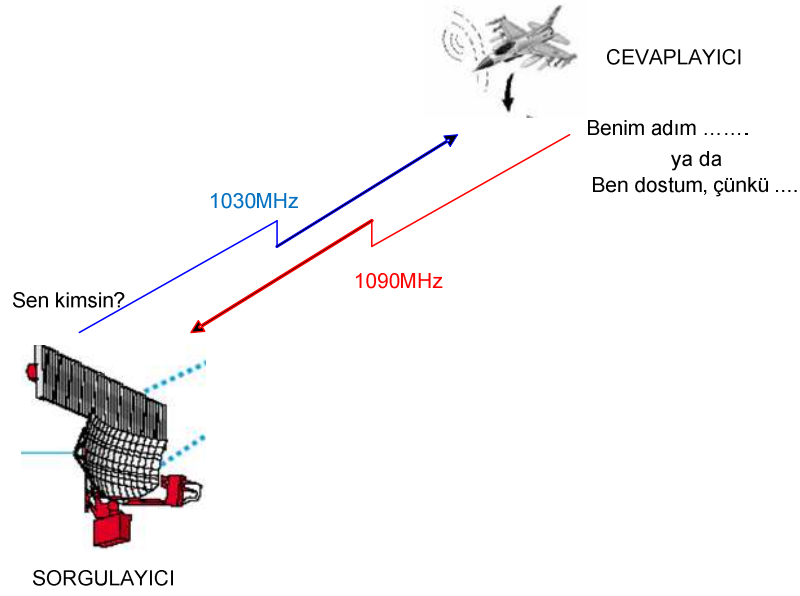
1. GİRİŞ

IFF (Identification Friend or Foe – Dost Düşman Tanıma Tanıtma), ikinci dünya savaşı zamanında gerekliliği anlaşılmış ve adı konulmadan kullanılmaya başlanmış bir tanılama sistemidir. Alman pilotlar radar operatörlerine kendilerini tanıtabilmek için, herhangi bir radar sinyali aldıklarında, uçaklarıyla kendi etrafında dönüyorlardı. Pilotların yapmış olduğu dönüş hareketi, radar yankısında kırılmaya sebep oluyordu. Bu sayede radar operatörü hedefin kendi kuvvetinden olduğunu anlayabiliyordu [1].

Günümüz savaşları ve teknolojik gelişmeler değerlendirildiğinde tanılama çok önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Eskiden askerlerin üzerindeki kıyafetler, flama ve bayraklar gibi araçlar tanıma ve tanıtma için yeterli olabilmekte iken günümüz teknolojisinde gece görüş ve gizlenme imkânları da düşünüldüğünde hedefin dost mu düşman mı olduğunu tespit etmek hayati öneme sahip olmuştur. Bu amaçla IFF sistemleri geliştirilmiştir. İlk işlevsel IFF setleri Watson Watts tarafından 1939 'da patentlenip tanıtılmıştır. Bu setler özel alıcılar içeriyordu. Yerden gelen sinyalleri saptayabilen bu setler, aynı frekansta fakat gelen sinyalden çok daha güçlü ve farklı kodlanmış bir sinyal yaratıp, geri gönderiyordu [2].

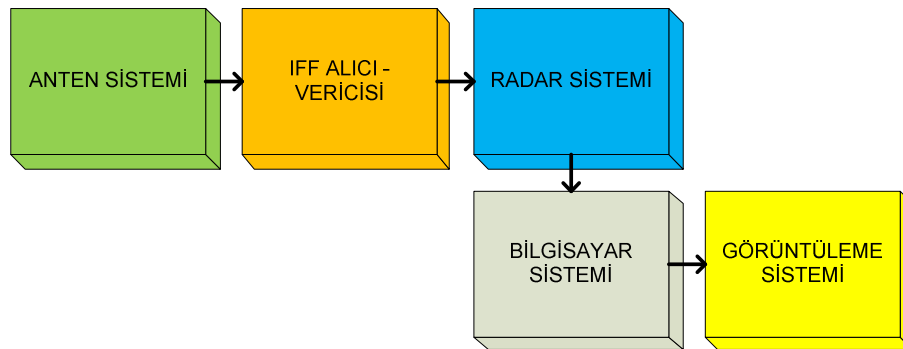
1.1 IFF (Identification Friend or Foe) Sistemi

IFF, silahlı kuvvetlerde dost ve düşman tanıma, sivil havacılık ve denizcilik uygulamalarında trafik düzenlemesi amacıyla kimlik bilgilerini öğrenmeye yarayan elektronik bir sistemdir. IFF sisteminin işleyiş prensibi “sorgulama – yanıtlama” şeklinde özetlenebilir [3]. Bu durum Şekil 1.1 'de verilmiştir.



Şekil 1.1 IFF bileşenleri

Şekil 1.1 'den de görüldüğü gibi günümüzde kullanılan IFF sistemlerinde iki bileşen bulunmaktadır. Bileşenlerden biri 1030 MHz 'de sorgulama sinyali üretirken öteki bileşen 1090 MHz 'de yanıt sinyali üretir [3]. Sorgulama (interrogator) sistemi ile sorgu tipi belirlenir ve buna uygun kod, 1030 MHz ile gönderilir. Bu sorgu kodunu alabilen bir hava platformu da aldığı koda uygun bir yanıt üretir ve 1090 MHz ile gönderir. Pek çok IFF sistemi radar sistemlerine entegre olarak çalışmaktadırlar. Bu durum Şekil 1.2 'de gösterilmiştir.



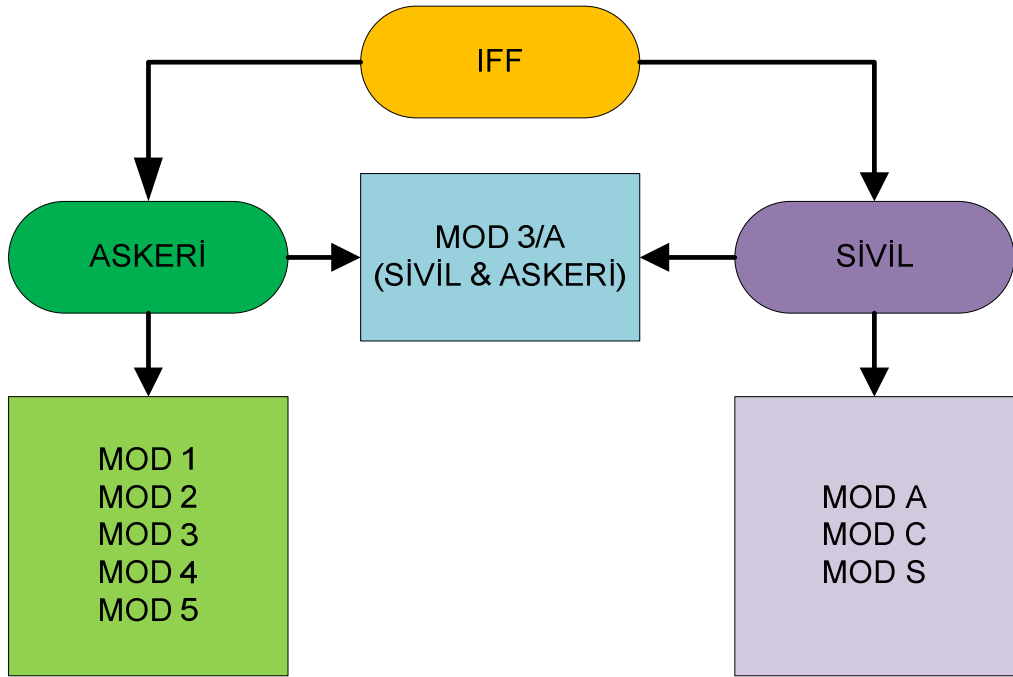
Şekil 1.2 IFF sisteminin radarla birlikte kullanılması

2. Dünya Savaşı ve Sovyetler Birliği dönemindeki IFF sistemleri radar tarafından işaretlenmiş bir uçağın alıcı vericisini otomatik olarak tetiklemek için kodlu radar sinyalleri kullanmaktaydı. Modern IFF sistemlerinde ise radarsız

çalışabilen bağımsız özelleştirilmiş alıcı-verici sinyaller kullanılmaktadır. Bunlar çapraz bant ve alıcı verici sinyaller olarak uygulanabilmektedir [4].

IFF sorgulaması savaş alanındaki dost kuvvetlerin tanımlanabilmesi amacıyla yapılanmıştır. Bu nedenle düşman kuvvetlerin, var olan IFF cihazlarını tanımaları durumunda kendilerini dost olarak gösterememeleri son derece önemlidir [5].

IFF sistemlerinde sorgulama ve cevaplama için kullanılan kodlar belli bir sınıflamaya göre belirlenir. Bu sınıflandırmalar ana hatlarıyla Şekil 1.3 'de verilmiştir.



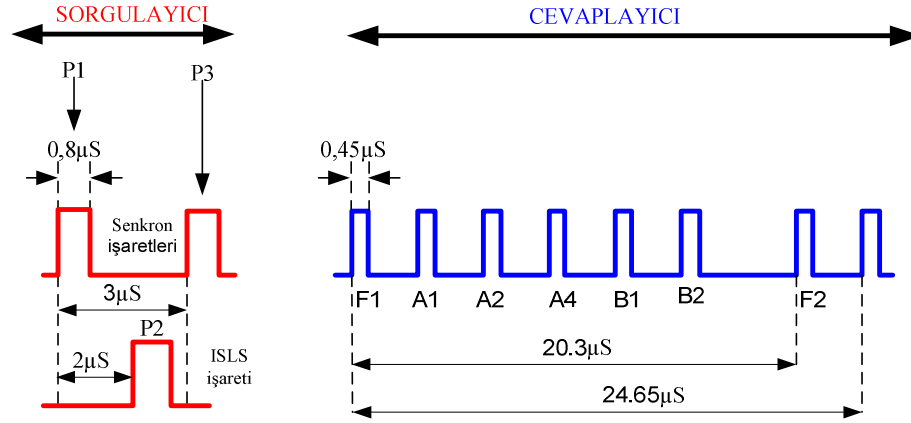
Şekil 1.3 IFF modları

Şekil 1.3 'den de görüldüğü gibi IFF sistemleri hem askeri hem de sivil uygulamalarda kullanılabilir. Mod 1, Mod 2, Mod 3, Mod 4 ve Mod 5 askeri IFF uygulamalarda kullanılan kodlama sistemini belirler. Mod A, Mod C ve Mod S ise sivil IFF kullanım kodlama sistemini belirler. Mod 3/A ise askeri ve sivil araçların ortak olarak kullandıkları bir IFF mod bilgisini içerir. Kullanılan IFF modu, iletişim sinyallerinin kodlama ve pals genişliklerini belirler. Çizelge 1.1 'de çeşitli IFF modlarına ait darbe genişlik süresi ile mod tanımları verilmiştir.

Çizelge 1.1 IFF darbe genişlik süreleri

MOD TİPİ	DARBE SÜRESİ	MOD TANIMI
MOD 1	3 μ S	Görev bilgisi
MOD 2	5 μ S	Kuyruk numarası
MOD 3-A	8 μ S	Hava trafik kontrol bilgisi
MOD C	21 μ S	İrtifa bilgisi
MOD 4	0,5 μ S	Gizli
MOD 5	-	Gizli

IFF Mod 1 için sorgulayıcı ve cevaplayıcıya ait haberleşme sinyallerinin yapısı Şekil 1.4 'de verilmiştir.

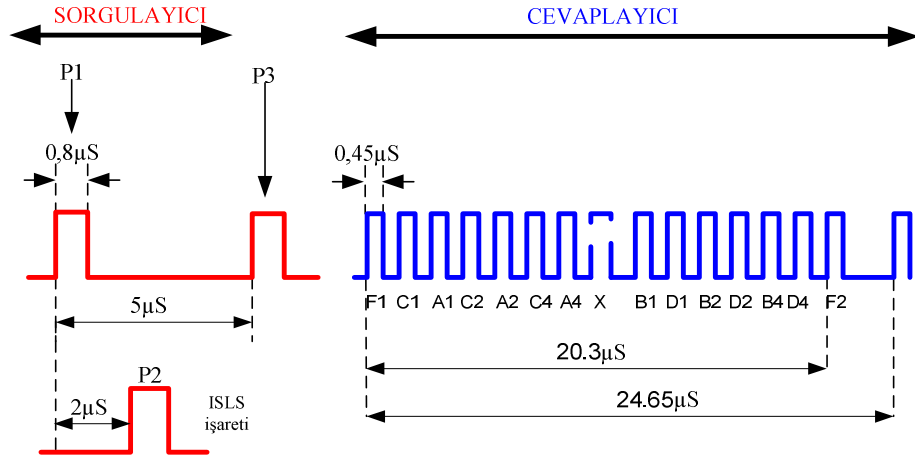


Şekil 1.4 Mod 1 sinyal yapısı

Sorgulayıcı tarafından P1 ve P3 olmak üzere 0,8 μ S genişliğinde ve 3 μ S peryodunda sinyal gönderilmektedir. Cevaplayıcı ise F1, A1, A2, A4, B1, B2 bilgilerini içeren cevap sinyalini 20,3 μ S genişliğinde göndermektedir. Her bir bilginin genişliği ise 0,45 μ S 'dir.

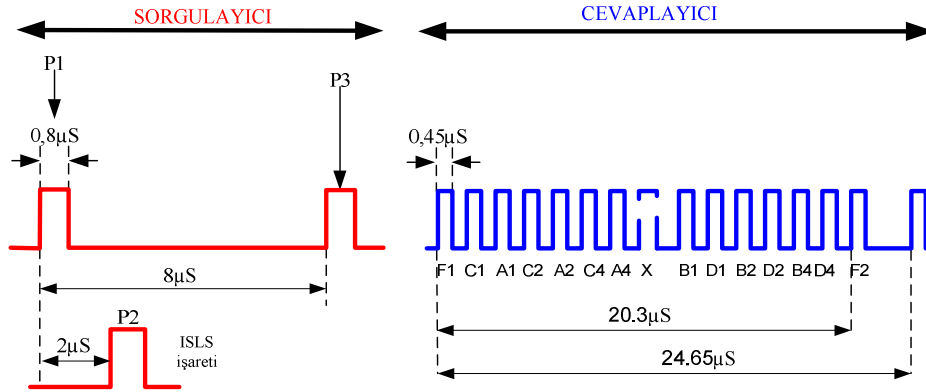
IFF Mod 2 için sorgulayıcı ve cevaplayıcıya ait haberleşme sinyallerinin yapısı Şekil 1.5 'te verilmiştir.

Sorgulayıcı tarafından P1 ve P3 olmak üzere 0,8 μ S genişliğinde ve 5 μ S peryodunda sinyal gönderilmektedir. Cevaplayıcı ise F1, C1, A1, C2, A2, C4, A4, B1, D1, B2, D2, B4, D4 bilgilerini içeren cevap sinyalini 20,3 μ S genişliğinde göndermektedir. Her bir bilginin genişliği ise 0,45 μ S 'dir.



Şekil 1.5 Mod 2 sinyal yapısı

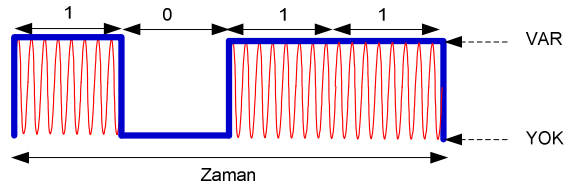
IFF Mod 3/A için sorgulayıcı ve cevaplayıcıya ait haberleşme sinyallerinin yapısı Şekil 1.6 'da verilmiştir.



Şekil 1.6 Mod 3/A sinyal yapısı

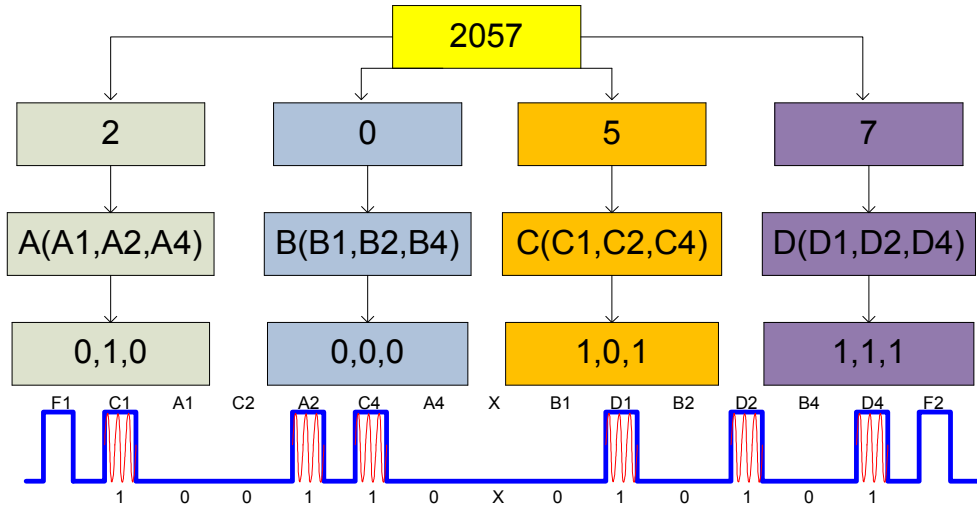
Sorgulayıcı tarafından P1 ve P3 olmak üzere $0,8 \mu\text{S}$ genişliğinde ve $8 \mu\text{S}$ periyodunda sinyal gönderilmektedir. Cevaplayıcı ise F1, C1, A1, C2, A2, C4, A4, B1, D1, B2, D2, B4, D4 bilgilerini içeren cevap sinyalini $20,3 \mu\text{S}$ genişliğinde göndermektedir. Her bir bilginin genişliği ise $0,45 \mu\text{S}$ 'dir [6].

Şekil 1.7 'de ise kod modülasyonuna uğramış sinyal yapısı verilmiştir. Şekil 1.7 'den de görüldüğü gibi bilgi sinyali radyo frekanslı sinüs sinyalinin zarfı biçimindedir.



Şekil 1.7 Kod modülasyonlu sinyalin yapısı

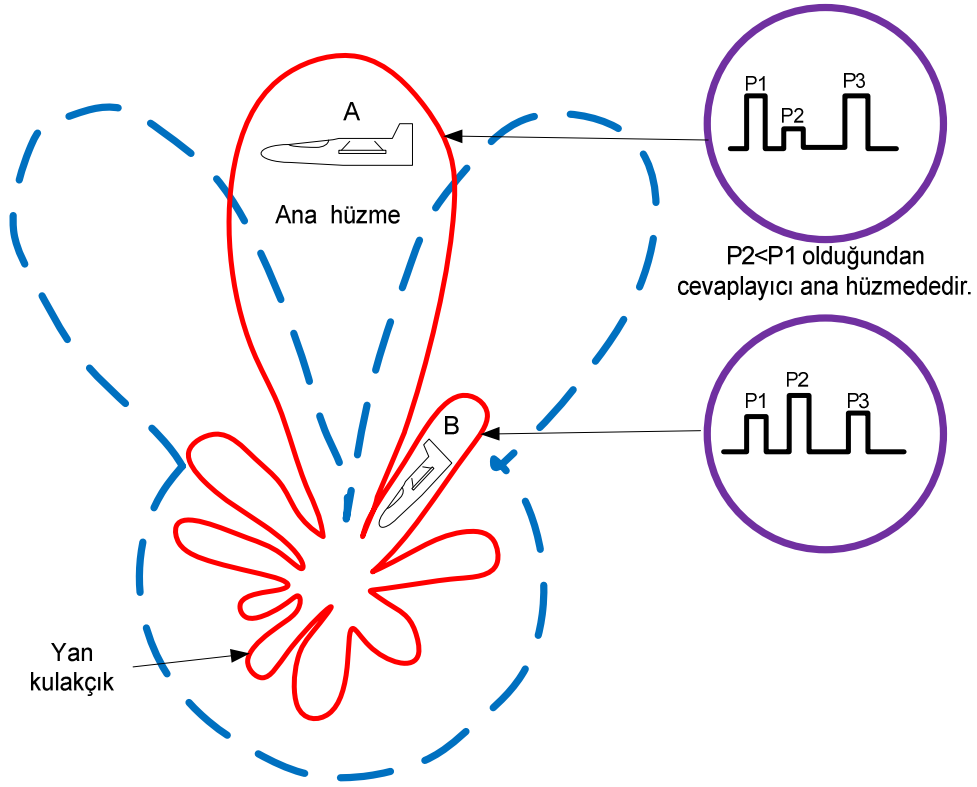
Örneğin Mod 2 kodunu kullanan bir IFF sisteminde, 2057 bilgisinin gönderilmek istendiğini düşünelim. Kod yapısının nasıl çözümlendiği Şekil 1.8 'de verilmiştir.



Şekil 1.8 IFF kod yapısının çözümlenmesi

Gönderilecek kod öncelikle basamaklarına ayrılıp, her basamak 3 bitlik verilerle ifade edildikten sonra; C1, A1, C2, A2, C4, A4, B1, D1, B2, D2, B4, D4 sırasına göre gönderilmektedir [6].

Sorgulayıcı tarafından yayınlanan P1 ve P2 sinyalleri senkronizasyon sinyalleridir. P3 sinyali ise ISLS (Interrogator Side Lobe Suppression – Sorgulayıcı yan kulakçık bastırması) sinyalidir. Sorgulayıcı ve cevaplayıcı arasındaki iletişim P1 ve P2 sinyallerinin alınması ile başlar. P3 ise cevaplayıcının, sorgulayıcı anteninin ana hüzmesinde olup olmadığını anlaması amacıyla kullanılır. Cevaplayıcı tarafından alınan ISLS sinyali P1 sinyalinden 9 dB daha küçük ise cevaplayıcı, sorgulayıcının ana hüzmesinde olduğunu anlar ve cevap üretir. Aksi durumda cevap üretmez [6]. Bu durum Şekil 1.9 'da verilmiştir.



Şekil 1.9 Ana hüzmenin belirlenmesi

Mod 1, Mod 2 ve Mod 3 1960 'lı yıllarda üretilen IFF modları olup günümüzde askeri amaçlı kullanılan IFF modu Mod 4 'tür. IFF Mod 4 'te ayrıca güvenlik özellikleri yükseltilmiş bir kripto algoritması kullanılmaktadır. Askeri amaçlı olarak kullanılan Mod 4 IFF sinyal yapısı ve kripto algoritması gizli tutulmaktadır.

NATO üyesi ülkelerde geliştirilmesi devam eden ve 2018 yılından itibaren standart olarak kullanılacak IFF modu Mod 5 'tir. Mod 5 IFF sisteminde bir sorgu ve iki cevap modu bulunmaktadır. Mod 5 ile sorgulama olmadan da pozisyon bilgisi iletebilecektir. Ayrıca cevaplayıcıdan ülke bilgisi, görev kodu, PIN (Platform Identification Number – Platform tanımlama numarası) bilgileri alınabilecektir. Sorgulayıcı cevaplayıcıdan silah durumu, yakıt bilgisi gibi özel bilgileri de isteyebilecektir. Mod 5 'te tayfa yayma veri modülasyonu (spread spectrum data modulation) ve RF modülasyon (MSK, Minimum Shift Keying) kullanılmaktadır. Mod 5 IFF sistemi tayfa yayılım sağlamak amacıyla "Walsh Fonksiyonları" olarak adlandırılan fonksiyonları kullanır [6]. Çizelge 1.2 'de bu fonksiyona ait değerler verilmiştir.

Çizelge 1.2 Walsh Fonksiyonları

SAYI	VERİ (MSB...LSB)	WALSH FONKSİYONLARI (MSB...LSB)
0	0000	1111111111111111
1	0001	1111111100000000
2	0010	1111000000001111
3	0011	1111000011110000
4	0100	1100001111000011
5	0101	1100001100111100
6	0110	1100110000110011
7	0111	1100110011001100
8	1000	1001100110011001
9	1001	1001100101100110
10	1010	1001011001101001
11	1011	1001011010010110
12	1100	1010010110100101
13	1101	1010010101011010
14	1110	1010101001010101
15	1111	1010101010101010

IFF Mod 5 kodlama sisteminde her bir dört bitlik değer Walsh Fonksiyonları'nı gösteren Çizelge 1.2 'deki gibi 16 bitlik verilere dönüştürülerek tayfa yayılır. Tayfa yayılan veriler MSK (Minimum Shift Keying) modülasyon tekniğiyle modüle edilirler. Mod 5 IFF kriptosu askeri kullanımlar için geliştirildiğinden gizlidir.

Şekil 1.10 'da Radwar firması tarafından üretilen IFF cevaplayıcı sistemine ait fotoğraf verilmiştir [7].



Şekil 1.10 Örnek bir IFF cevaplayıcısı

Şekil 1.11 'de Radwar firması tarafından üretilen IFF sorgulayıcı sistemine ait fotoğraf verilmiştir [7].



Şekil 1.11 Örnek bir IFF sorgulayıcısı

Şekil 1.12 'de Radwar firması tarafından üretilen IFF anten sistemlerine ait fotoğraf verilmiştir [7].



Şekil 1.12 IFF anten sistemleri

1.2 GPS (Global Positioning System – Küresel Konumlama Sistemi)

İlk zamanlardan bu yana insanoğlu “neredeyim” ve “nereye gidiyorum” sorularına yanıt bulmaya çalışmış ve bu sorulara doğru yanıt verebilmek için birçok sistem geliştirmiştir. Ancak, bu güne kadar bulunan sistemlerin çoğunda sorunla karşılaşmıştır. Örneğin deniz aşırı yolculuklarda yıldızlardan faydalanma yoluna giden insanoğlu, gündüzleri ise başka yolları denemiştir. Zamanla teknolojik gelişmelere paralel olarak konum belirleme ve navigasyon sistemlerinde önemli gelişmeler gerçekleşmiştir [8]. Bu gelişmelerin en önemlilerinden biri de kuşkusuz GPS sistemleridir.

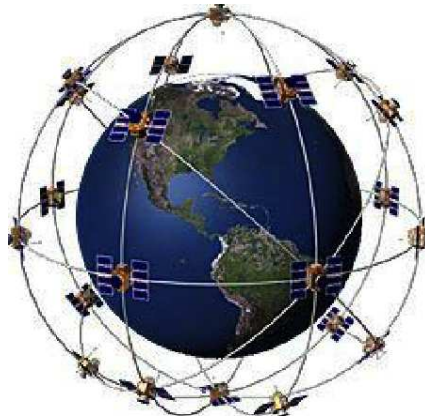
Hesaplama tekniği ve uzay çalışmalarındaki hızlı gelişmeler 1980 'li yılların en önemli ürünlerinden biri olan küresel konum belirleme sisteminin günlük hayatımıza

girmesine neden olmuştur. Bununla birlikte günümüz konum belirleme sisteminin temeli, 1960 'lı yıllarda NNSS (Navy Navigational Satallite System) veya TRANSIT olarak bilinen cihazlarla atılmıştır. TRANSIT Amerika Birleşik Devletleri silahlı kuvvetleri tarafından geliştirilmiş olup, ana amaç uçak ya da diğer askeri araçların koordinatlarının belirlenmesiydi. GPS, TRANSIT sisteminin zayıf yönlerini ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir [9]. Örneğin TRANSIT sisteminde, bir uydunun aynı enlemden iki geçişi arasında, yaklaşık 90 dakikalık zaman farkı vardı. Dolayısıyla, ölçücü, uydunun iki geçişi arasındaki zamanlar için, uyumu sağlamak zorundaydı. Diğer bir soruna örnek ise doğruluk oranının çok düşük olmasıydı.

TRANSIT sisteminin geliştirilmiş biçimi olan GPS; Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından geliştirilen, elinde GPS alıcısı olan herhangi bir kullanıcının, uydu sinyalleri yardımıyla;

- ✓ herhangi bir yer ve zamanda,
- ✓ her türlü hava koşulunda,
- ✓ küresel bir koordinat sisteminde,
- ✓ yüksek doğrulukta,
- ✓ ekonomik olarak,
- ✓ anında ve sürekli

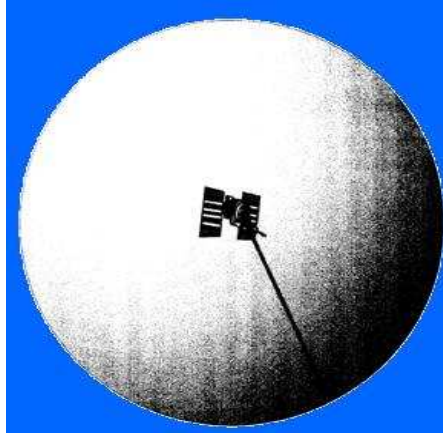
konum, hız ve zaman belirlemesine olanak veren bir radyo navigasyon sistemidir. Bu sistemin en önemli bileşeni uydulardır. GPS sistemi, Şekil 1.13 'ten de görüldüğü gibi dünya etrafına yerleştirilmiş 24 adet uydu sayesinde çalışmaktadır.



Şekil 1.13 GPS uydularının yerleşimi

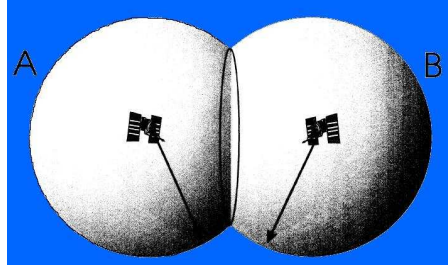
Bu uyduların yörüngeleri öyle ayarlanmıştır ki, dünyanın üzerindeki herhangi bir noktadan herhangi bir zamanda en az üç uydu görülür. En az 3 uyduya olan uzaklığının hesaplanması sonucu, bir GPS alıcısı, kendi koordinatını üçgenleme yöntemiyle hesaplar. 4. uydu ile yükseklik bilgisi alınmış olur. 5. uydu ile de diğer uyduların nerelerde olduğu bilgisini üretir. Normal şartlarda yani, çevrede GPS sinyallerini engelleyecek fiziksel engel yok ise en az 6-8 arası sayıda uydu ile iletişim kurulur. Kısacası GPS alıcısı dünyanın neresinde olursa olsun, bu sistem sayesinde hangi enlem, boylam ve yükseklikte olduğunu kolayca hesaplayabilir. GPS uydularının üzerinde 4 adet atomik saat mevcuttur. Ayrıca her bir uyduda diğer bütün uyduların anlık ve muhtemel pozisyonlarının bulunduğu bir veritabanı bulunur ve bu veritabanı sık sık yeryüzü istasyonlarından gelen bilgilerle güncellenirler.

GPS alıcısının konumu, bilinen koordinatlardaki uydulardan alınan uzaklık bilgilerinin geometrik kesişimi ile hesaplanır. Alıcının ilk uydudan olan uzaklığı, Şekil 1.14 'de görüldüğü gibi, uzayda bulunabileceği konumun sınırını geniş ölçüde çizer [10].



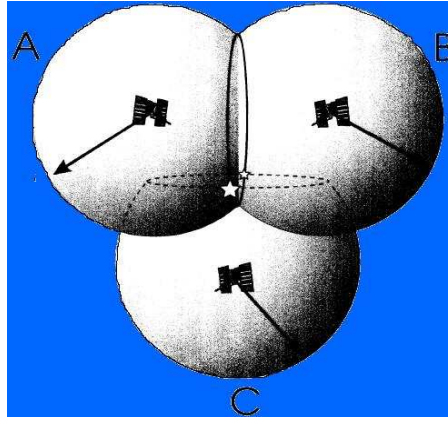
Şekil 1.14 Bir uydunun algılanması

İkinci uydudan alınan uzaklık bilgisi, Şekil 1.15 'ten de görüldüğü gibi, alıcının uzayda bulunabileceği konumu daha daraltır.



Şekil 1.15 İki uydunun algılanması

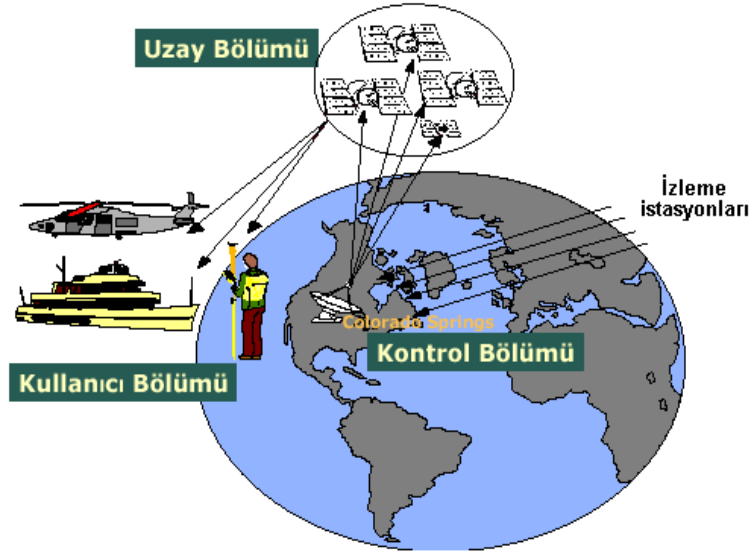
Üçüncü uydudan alınan ölçüm ise iki kürenin oluşturduğu daireyi kesen bir başka küreyi oluşturacaktır. Üç ölçüm sonucu alıcı uzayda bulunma olasılığı olan konumu iki noktaya indirger. Bu durum Şekil 1.16 'da görülmektedir.



Şekil 1.16 Üç uydunun algılanması

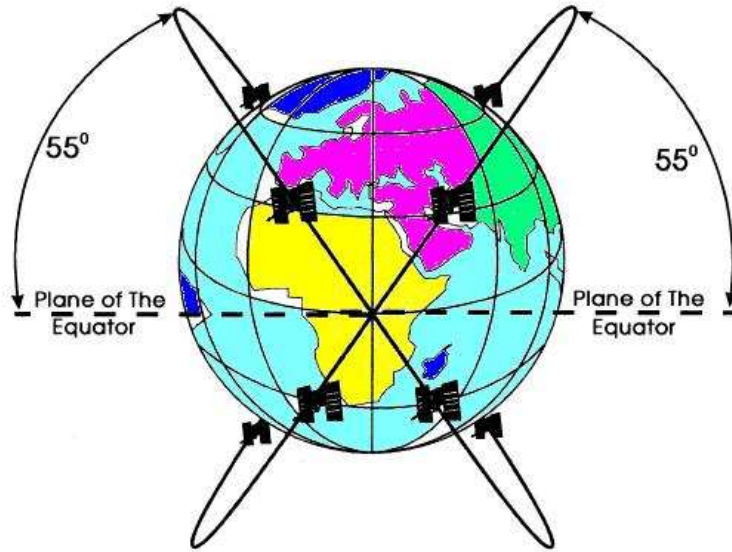
Alıcı, uydudan yayınlanan sinyal zamanı ile alıcıya ulaşım zamanını ölçerek aradaki zaman farkını hesaplar. Uydu ve alıcı kodları arasındaki zaman kayması ışık hızıyla çarpılarak alıcının uyduya olan uzaklığı ölçülür. Bu ölçüm uydu ve alıcı arasındaki değişik yayınım gecikmelerini içerdiğinden gerçek geometrik uzaklığı vermez. Bu nedenle sahte mesafe (pseudorange) olarak adlandırılır. Alıcı, kullanıcının üç boyutlu konumunu belirlemek için elde edilen uydu yörünge bilgisiyle sahte mesafe ölçümlerini işler.

GPS sistemi Şekil 1.17 'de verildiği gibi uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır [10].



Şekil 1.17 GPS 'in bölümleri

Uzay bölümü; 21 aktif ve 3 yedek olmak üzere 24 uydudan oluşur. Bu uydular dünya yörüngesinde yaklaşık 20.000 km yükseklikte, her bir düzlemde 4 uydunun olmak üzere, 6 yörüngesel düzlemde yerleştirilmiştir. Her bir yörüngesel düzlem Şekil 1.18 'de görüldüğü gibi ekvatora göre 55° açı ile eğimlidir. Her bir uydunun 11:56,9 (saat: dakika) periyodunda bir yörünge izler, her uydunun yaklaşık 24 saatte dünya etrafında iki tur atmaktadır.



Şekil 1.18 GPS uydularının yerleşimi

Bu uydu takımı yerleşimi, dünyanın herhangi bir yerinden, herhangi bir zamanda en az üç uydu görülebilmesini sağlar. Teorik olarak, dünyanın belirli bir yerinde her zaman 6 ila 10 uydu görüş alanı içerisinde. Uyduların yörüngesel konumu çok kesin olarak bilinir. Uydu alıcıya; konumunu, transmision zamanını ve uydu ile kullanıcı arasında menzile kurmaya yarayan sinyal bilgileri gönderir. Uyduların yayınladığı zaman sinyalleri, 70 bin yılda 1 saniyeden daha az hata yapacak şekilde atomik saatler tarafından üretilir. Navigasyon sinyalleri iki frekansta yayınlanır. Bu frekanslar 1575.42 MHz 'de L1 ve 1227.6 MHz 'de L2 'dir. Bu iki farklı sinyal kullanılarak verilen hizmet ikiye ayrılır. Bu hizmetler;

- ✓ Standart yer belirleme hizmeti, SPS (Standart Positioning Service)
- ✓ Hassas yer belirleme hizmeti, PPS (Precision Positioning Service) 'dir.

L1 sinyali yalnızca C/A koduna (Couse Acquisition Code) sahiptir. Ticari amaçlı GPS alıcıları yalnızca bu kodu çözebilir ve standart yer belirleme hizmeti verebilir. L2 sinyali ise, C/A kodundan başka hassas kod olan P koduna (Precise Code) da sahiptir. C/A kodu ile birlikte P kodunu çözebilme özelliğine sahip GPS alıcıları hassas yer belirleme hizmeti verebilir. SPS % 95 olasılık ile yatay düzlemde 100 m, düşey düzlemde ise 156 m doğruluğa sahiptir. SPS 'in sağladığı zaman transfer doğruluğu 340 ns 'dir. SPS 'in düşük doğruluğunun en başta gelen nedeni ABD Savunma Bakanlığı 'nın kasıtlı olarak sinyali bozması ve SPS verisine uyguladığı SA (Selective Availability) yöntemidir. SA tekniği ile geliştirilmiş SPS sinyalleri, düşman kuvvetlerince kullanılacak yüksek hassasiyetteki sinyalleri yok etmek için planlanmıştır. Sadece SA ile sağlanan hassasiyet tüm navigasyon ve hassas olmayan alet yaklaşımlarında kullanılan tüm şartları sağlamakta hatta günümüzde bu amaçla kullanılan sistemlerden daha iyi sonuçlar vermektedir [9].

PPS 'de yatay düzlemde 22 m ve düşeyde 27,7 m 'lik doğruluk değeri belirlenmiştir. Bu değerler; bir noktada yapılan tüm yer bulma işlemlerinin % 95 'inin, o noktayı merkez alan 22 m yarıçaplı dairenin belirlediği alanın içinde olacağını göstermektedir. PPS 'in sağladığı zaman transfer doğruluğu 200 ns (% 95) ve hız ölçüm doğruluğu da 0,2 m/sn 'dir.

GPS sistemi uzay bölümünde altı farklı tip uydu kullanılmaktadır. Bunlar, Block I, Block II, Block IIA, Block IIR (Block IIR-M), Block IIF, Block III uydularıdır.

Block I uyduları 1978–1985 arasında yörüngeye oturtulmuş olup ağırlıkları yaklaşık 845 kg ve kullanım ömürleri yaklaşık 7,5 yıldır. Block I uydularının ekvator düzlemi ile yaptığı açı 63 derecedir.

Block II uyduları, Block I uydularından farklı özelliklere sahip olup ekvatorla 55 derecelik açı yapmaktadır. Yaklaşık 1500 kg ağırlığında olup ortalama ömürleri 7 yıldır. İlk Block II uydusu 1989 yılında yörüngeye oturtulmuştur. Block I uydu sinyalleri sivil kullanıma tamamen açıkken, Block II uyduları güvenlik gerekçesiyle Seçimli Doğruluk Erişimi (SA) ve Aldatmaya Karşı Koruma (AS - Anti-Spoofing) özellikleri ile donatılmış ve böylece sivil kullanıcılara kısıtlamalar gelmiştir.

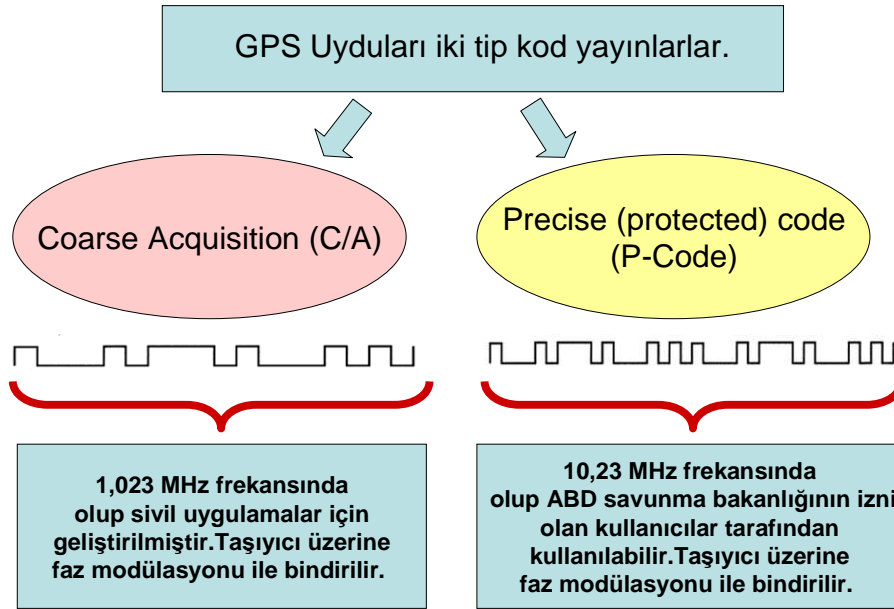
Block IIA (A;Advanced) uyduları, uydular arası haberleşme olanaklarına sahip olup, bazılarında lazer ölçümlerine olanak veren reflektörler bulunmaktadır. İlk Block IIA uydusu 1990 yılında yörüngeye oturtulmuştur.

Block IIR/ Block IR-M (R: Replenishment/Replecement, M: Modified) uyduları Block II uydularının yerini almak üzere üretilmiş olup ortalama ömürleri yaklaşık 10 yıldır. Bu uyduların en önemli özelliği, atomik olmasıdır. Ağırlıkları yaklaşık 2000 kg olmasına karşılık maliyetleri Block II uydularının yarısını kadardır. İlk Block IIR uydusu 1997 yılında yörüngeye oturtulmuştur. Block IIR uyduları kontrol bölümü olmaksızın kullanıcılara 180 günlük navigasyon olanağı sağlama özelliğine sahiptir. Ayrıca, C/A kodun L2 frekansı üzerinden de yayınlanması uygulamasına 2003 yılından itibaren Block IIR-M uydularından başlanmıştır.

Block IIF (Follow On) uydularının 2005–2010 yılları arasında yörüngeye yerleştirilmesi planlanmıştır. ABD Uluslararası Radyonavigasyon Hizmetleri Telekomünikasyon Birliği tarafından sivil amaçlı yeni bir sinyal olarak 1176.45 MHz frekansındaki L5 sinyalinin bu uydularda kullanılmasına karar verilmiştir.

Block III uyduları henüz tasarım halinde aşamasında olup, bunların 2010 yılından itibaren yörüngelere yerleştirilmesi planlanmıştır. Bu uyduların en önemli özelliği askeri amaçlı kullanıdır. Örneğin, elektronik karıştırmaya ve aldatmaya karşı koyma özelliklerinin güncelleştirilmesi amacıyla bu uydulardan M kodu sinyalinin yayınlanması düşünülmektedir.

GPS uydularından iki tip sinyal yayınlanır. C/A sinyali sivil uygulamalar için kullanılan bir sinyaldir. 1.023 MHz frekansında yayın yapar. P kod sinyali ise daha hassas olarak yer bulmak amacıyla askeri kullanıcılar için yayınlanır. Bu durum Şekil 1.19 'da verilmiştir.



Şekil 1.19 GPS kodları

GPS sisteminde bulunan kontrol bölümü; ana kontrol istasyonu, izleme istasyonları ve yer antenlerinden oluşur. Uydulardan gönderilen radyometrik bilgiler izleme istasyonları tarafından izlenir. Bilgilerin kapsamlı bir şekilde incelenmesiyle tam doğru uydu yörünge verileri ve saat parametreleri hesaplanır. Yer denetim bölümü, uyduların yerlerini hassas olarak hesaplar. Bu bölüm önceden bildirilen yörünge verileri ve saat parametrelerinde yanlış bir bilgiye fırsat vermemek için periyodik olarak düzeltmeler yaparak navigasyon mesajları şeklinde bilgi tazeleyerek uyduları izler. Denetim bölümü aynı zamanda uyduların işlevlerini yeterince yerine getirip getirmediğini de kontrol etmekle yükümlüdür. Bu bölümün merkez kontrol

istasyonu, Colorado Springs 'deki uyduların rotalarının ve telemetri bilgilerinin işlendiği ve periyodik olarak güncelleştirildiği yer olan Consolidated Satellite Operational Center (CSOC) 'dadır. GPS izleme bilgileri dünyanın çeşitli bölgelerine yerleştirilmiş izleme istasyonlarından toplanarak bir araya getirilir. Bu izleme istasyonları; Diego Garcia, Ascension Island, Kwajalein ve Hawai 'de bulunmaktadır [10].

İzleme istasyonu özel bir saat olan sezyum saat ile uydudaki atomik saatin doğruluğunu test eder. Yapılan test sonucunda, bilgiler modem vasıtasıyla merkez kontrol istasyonuna iletilir. Burada, gelen bilgi analiz edilerek, uydu yörünge ve saat hataları hesaplanır, uydular için yeni bir navigasyon mesajı üretilerek modem vasıtasıyla yer antenine iletilir. Yer anteni gelen bilgiyi işlemciden geçirip yükselticide güçlendirerek, güncelleştirilmiş bilgi olarak uyduya iletir.

Kullanıcı bölümü, GPS uydularının kodlarını çözebilecek özel alıcılardan oluşmaktadır. Kullanıcının konumu, hızı, zaman bilgisi özel yazılım ve donanım sayesinde elde edilir. Anlık konum belirlemesi için, kullanıcı 4 veya daha fazla uydudan (3 uydu konum belirlemesi, 1 uydu uydu-alıcı saat farkının çözümü için) gelen sinyalleri ölçerek zamanı, üç boyutlu konumunu ve hızını hesaplayabilir.

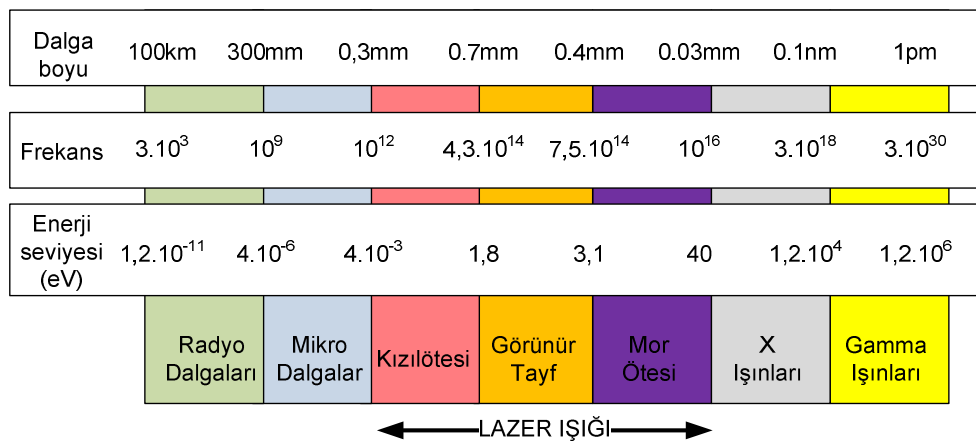
1.3 Lazer

20. yüzyıla teknolojiye damgasını vuran elektron iken, 21. yüzyılda teknolojiye fotonun, yani ışığın öne çıkacağı öngörülmektedir. Bu nedenle olacak ki sanayisi gelişmiş ülkelerde lazer teknolojisi ile ilgili bilim araştırma merkezleri, üniversitelerde enstitüler, bölümler, ana bilim dalları açılmaktadır, çalışma grupları kurulmaktadır. Söz konusu ülkelerde yoğun bir şekilde bilimsel araştırmalar yürütülmekte, yeni teknikler, makineler denenmekte ve dünya piyasasına sürülmektedir. Elde edilen bilgi ve tecrübeler sanayinin her kesimine öğretilmekten de geri kalınmamaktadır. Gelişmiş ülkelerde görülen bir diğer uygulama da optik, lazer teknolojisinin genç nesile öğretilmesi ve ilgi ve heveslerinin bu alana yönlendirme çabalarıdır. Bu nedenle olacak ki orta öğretimde lazer konusu kapsamlı

bir şekilde okutulmaktadır. Orta öğretim öğrencileri için lazer bilim araştırma merkezlerindeki bilgilendirici seminerler düzenlenmektedir [11].

Lazer; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (uyarılmış radyasyon salınımlarıyla ışığın kuvvetlendirilmesi) cümlesindeki kelimelerin baş harflerinin alınmasından türetilmiş bir kelimedir.

Einstein 'ın 1917 yılında ortaya attığı uyarılmış yayım ilkesini, 1953 'te ABD 'li fizikçiler C.H. Towness ve A.L. Schawlow mikrodalga frekansına uyarlamaya çalışarak MASER 'i (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) gerçekleştirdiler. Adı geçen kişiler mikrodalga şeklinde değil de ışık şeklinde LASER kavramını teorik olarak savundular. 1960 yılında yine bir ABD 'li fizikçi T.H. Maiman tarafından Ruby kristalinden oluşan çubuk kullanılarak ilk katı hal lazeri yapıldı. 1963 yılında ilk gaz lazer (Helyum-Neon) yapıldı. Teknolojinin optik, elektronik, fizik ve kimya alanlarındaki gelişmelerine bağlı olarak çok çeşitli lazer türleri ortaya çıkmıştır. Temel olarak lazer elektromanyetik alandaki ışık frekanslarında; maser ise mikrodalga frekanslarında çalışır. Tayfin genel görünümü ve lazerin yeri Şekil 1.20 'de verilmiştir. Maserlerin düşük ısı ve düşük basınç altında çalışan çok düşük enerji seviyelerini kullanan katı (iyon) ve gaz (molekül) olmak üzere iki tipi vardır.



Şekil 1.20 Tayfin genel görünümü

Beyaz ışık birçok renkten (dalga boyundan) oluşan polikromatik bir ışık demetidir. Monokromatik ışık ise tek bir renkten (dalga boyundan) oluşmuştur.

Lazer eş fazlı (coherent) yayılım yapar. Birden fazla dalga boyu ihtiva eden güneş ışığı veya bir lambadan yayılan ışık ise eş fazlı olmayan (incoherent) yayılım yapar ve yayıldığı mesafeye bağlı olarak şiddetini kaybeder. Eğer bir rengi diğerlerinden ayırıp kullanmaya kalkarsak, bu da monokromatik bir ışık olur ve polikromatikle aynı özellikleri taşıdığından eş fazlı olmayan "incoherent" ışık kaynakları olarak adlandırılırlar [12]. Bunlar çeşitli veya tek dalga boyundan oluşan her yöne yayılma/dağılma özelliği gösteren ve mesafeye bağlı olarak şiddetini çok çabuk kaybeden ışıklardır. Monokromatik bir ışık kaynağını oluşturan ışınların dalgalarının tümünü aynı frekansta ve aynı fazda titreştirme özelliği gösteren ışıklara eş fazlı "coherent" ışıklar denir. Lazerler, kızılötesinden (IR) başlayıp morötesine (UV) kadar uzanan ışık şiddeti artırılmış eş fazlı ışınımlardan oluşan ışın demetleridir. Burada eş fazlı ışınım, lazerin aşırı yoğunluğu ve uzun mesafede çok az sapma yapması saf bir renkte olması anlamındadır. Lazer sistemleri, içerisinde depolanan ışın demetlerini eş fazlı olarak daha güçlü bir saf ışınım olarak yayma özelliğine sahiptirler.

Lazerler eş fazlı ışık verirler. Kısacası lazer ışını, frekansı ve fazı kesin olarak belirli bir elektromanyetik dalgadan ibarettir. Eş fazlılığı, lazer ışığının monokromatik ve yönlendirilmiş olmasını sağlar. Bu özellik, lazerlerin, pratikte pek çok uygulama alanı bulmasını sağlar. Örnek olarak, frekansı bilinen bir lazer ışını bir dürbünden geçirilerek daha hassas arazi ölçüm ve taramaları yapmak mümkündür ya da lazer ışığını tek bir noktada toplayarak çok büyük genlikli ışınlar elde edilebilir. Ayrıca, lazer ışığının genliğinin yanı sıra, fazının da bilinmesi, etkileşmeye girdiği malzemenin yapısı hakkında bilgi vermesini sağlar. Bazı uygulamalarda lazerin bu özelliğinden yararlanılmaktadır.

Lazer ışığının önemli özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ En büyük özelliği dağılmaz olması ve yön verilebilmesidir. Bu özelliğinden istifade ile mesafe ölçme ve fiber optik teknolojisi geliştirilmiştir. Dalga boyunun küçük olması dağılmayı önler. Uyarılan atomlar her yön yerine belli yönlerde hareket ederler. Bu lazerin çok parlak olması sonucunu doğurur.

optik lamba (kripton lambası), tüplü lamba, deşarj lambası veya diyotlu-lazer ile gerçekleşmektedir.

Lazer aktif maddesi ise lazer ışının ortaya çıkmasını sağlayan maddedir. Lazer aktif madde; katı kristal (Nd: YAG), gaz (CO₂), veya sıvı halde (renkli bir eriyik) olabilmektedir. Seçilen lazer aktif maddesine göre; yakut lazeri, helyum-neon lazeri, karbon dioksit-nitrojen lazeri, excimer lazeri, kripton lazeri, neodymium lazeri gibi farklı kullanım amaçları için çok sayıda lazer çeşitleri bulunmaktadır. Katı, sıvı veya gaz fazındaki lazer aktif kaynak ortamına göre de ışın; morötesi, yeşil, mavi, kırmızı veya kızılötesi gibi farklı renkleri bulundurur. Lazer aktif ortam lazer tipine göre farklılıklar göstermektedir. NdYAG lazerinde aktif ortam, aktif bir madde ile zenginleştirilmiş bir kristal çubuk şeklinde bulunmaktadır. CO₂ gaz lazerinde ve excimer lazerinde aktif ortam, içinde aktif gazlar bulunan bir tüpten ibarettir. Bu tüpün hacimsel büyüklüğü gaz lazerin gücünü belirlemektedir [11].

Rezonatör ise iki farklı aynadan oluşan optik bir sistemdir. Lazer aktif maddenin arkasında ışınları yansıtıcı bir ayna sistemi (R1) bulunmaktadır. R1 için ışık geçirgenliği % 0.5 ile % 2 arasında olan ayna kullanılmaktadır. Önde ise kısmi geçirgen (ışık geçirgenliği % 40-50) olan bir mercek sistemi (R2) bulunmaktadır. Rezonatör; lazer ışınlarının bir kısmını lazer aktif maddesine, aktif ortama geri yansıtarak devamlı yoğunlaştırılmış bir ışık demeti sağlamakta ve yayılma eksenine paralel yayılmalarını sağlamaktadır [13].

Lazer ışını karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle malzemelerin işlenmesinde lazerin iyi odaklanabilirliği bir ölçüt, kıyaslama değeri olarak kullanılmaktadır. Lazer ışınının kalitesi, aynı zamanda malzeme işleme kalitesini belirlemektedir.

Lazerin kalitesi genelde üretilen ışının odaklanabilirlik değeri ile verilmektedir. Odak noktası ne kadar küçük ve keskin ise yani odak noktasının çapı ne kadar küçük ve netse lazer ışını o nispette kalitelidir [14].

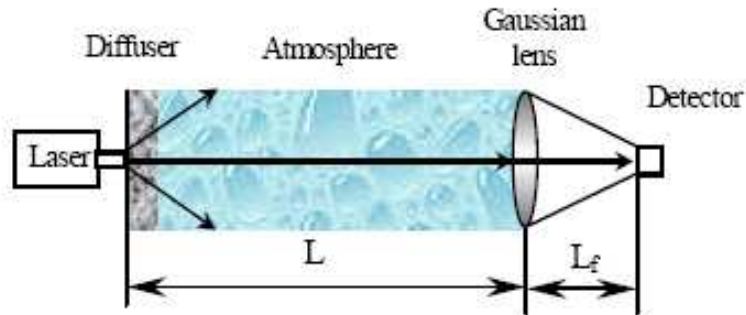
1.4 Serbest Ortam Optik Haberleşmesi (FSO - Free Space Optical Communications)

Lazer teknolojisindeki gelişmeler haberleşme anlayışını da etkilemiş ve iletişimin lazer kullanılarak gerçekleşmesi yönünde yeni cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar FSO (free space optical communications) olarak adlandırılmaktadır. Lazer ışığının modüle edilerek serbest ortamda (hava veya uzay boşluğu) alıcıya ulaştırılması prensibine dayanmaktadır. FSO cihazları gelişmiş ülkelerde, optik kablo döşenmesinin çok zor ve pahalı olacağı şehirlerde kullanım alanı bulmaktadır. Şekil 1.22 'de FSO cihazının genel görünüşü verilmiştir [15].



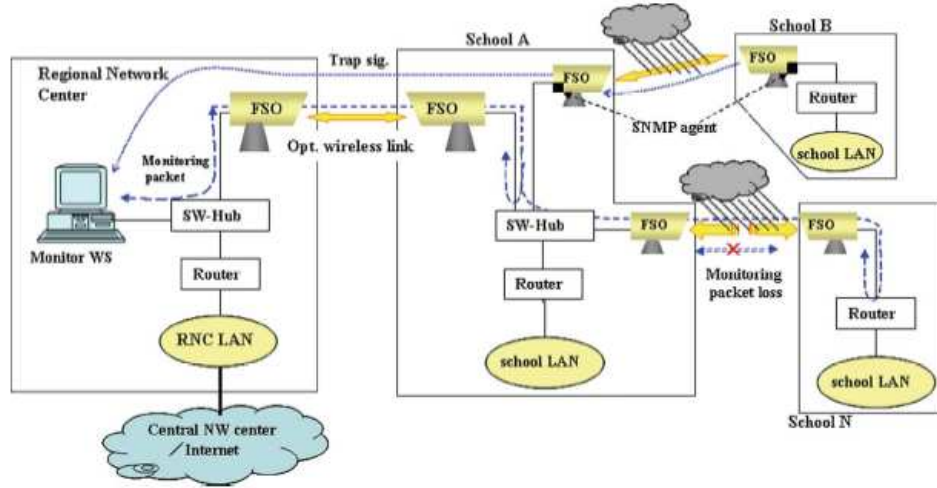
Şekil 1.22 Örnek FSO cihazları

FSO cihazlarının prensibini gösteren yapı Şekil 1.23 'te verilmiştir. Lazer kaynağından çıkan ışın modüle edilerek dağıtıcı ile atmosfere bırakılmakta ve bir lens sistemi yardımıyla algılayıcı üzerine düşürülmekte ve demodüle edilmektedir [16].

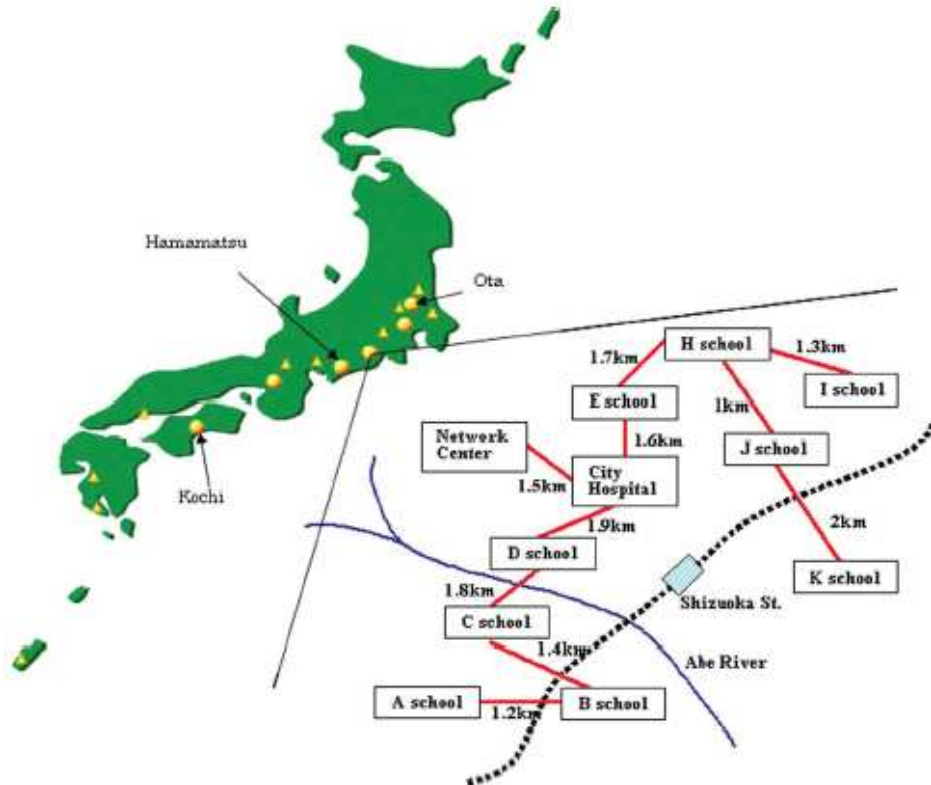


Şekil 1.23 FSO prensibi

FSO sisteminin örnek bir uygulaması Japonya'nın Hamamatsu şehrinde okul binaları arasında yapılmıştır [15]. Uygulaması yapılan sistemin genel yapısı Şekil 1.24 ve Şekil 1.25 'de verilmiştir.



Şekil 1.24 Örnek FSO uygulaması



Şekil 1.25 Örnek FSO uygulamasında binalar arası mesafeler

FSO sisteminin en önemli avantajı ise elektromanyetik spektrumu etkilememesi dolayısıyla lisans ve frekans tahsisi gerektirmemesidir [17]. FSO sistemi için en büyük dezavantaj ise atmosferik türbülans olayıdır. Lazer ışığının atmosferde zayıflaması ve türbülansa girmesi alıcıda sinyalin zayıflamasına ve sinyal gürültü oranının küçülmesine neden olmaktadır. Lazer ışığının atmosferde uğradığı zayıflamayı Beers-Lambert yasası ile bulabiliriz [18].

$$\tau(R) = \frac{P(R)}{P(O)} = e^{-\sigma R} \quad (1.1)$$

(1.1) numaralı eşitlikte;

$\tau(R)$ = R mesafedeki transmittans

$P(R)$ = R mesafedeki lazer gücü

$P(O)$ = lazerin kaynaktan çıkış gücü

σ = zayıflama katsayısı

olarak alınmalıdır.

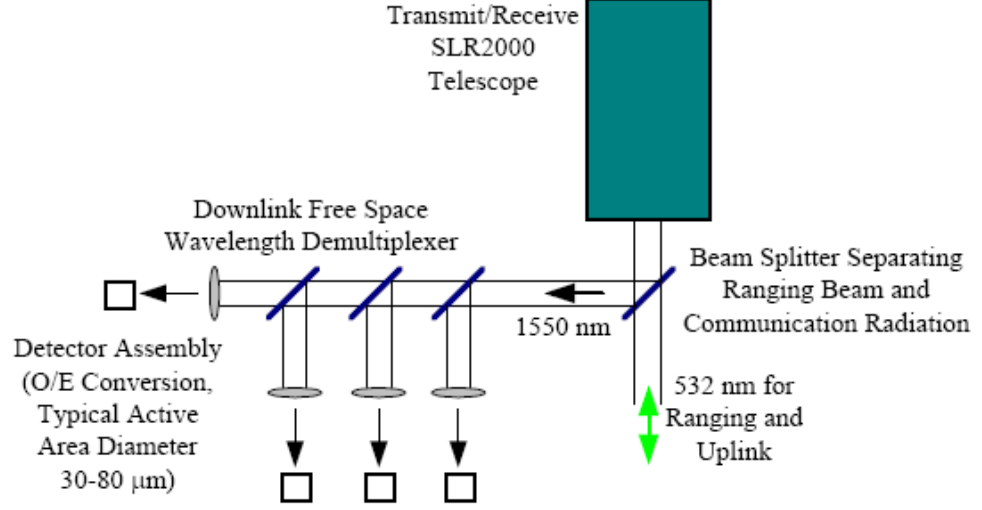
Zayıflama katsayısı, açık hava için $\sigma = 0.1$ (0.43 dB/km); puslu hava için $\sigma = 1$ (4.3 dB/km) ve çok sisli hava için $\sigma = 10$ (43 dB/km) olarak belirlenmiştir [17].

FSO sistemleri NASA tarafından daha da geliştirilerek uydular ile yeryüzü istasyonları arasındaki haberleşmenin sağlanması ve hatta uydular ile askeri uçaklar arasındaki haberleşmenin sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Bu cihazlar lasercom (laser communication) olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.26 'da NASA tarafından geliştirilen ve denemeleri yapılan SLR2000 cihazı görülmektedir [19].



Şekil 1.26 SLR2000 lasercom cihazı

2.5 Gbps haberleşme hızına (saniyede 2.5 gigabit) sahip SLR2000 cihazının blok yapısı ise Şekil 1.27 'de verilmiştir [19].



Şekil 1.27 SLR2000 sisteminin yapısı

Şekil 1.28 'de ise Japonya tarafından geliştirilen ve 2005 yılından beri kullanılan 50 Mbps hızındaki LEO-GEO uydular arasında kullanılan lasercom sistemi verilmiştir [20].



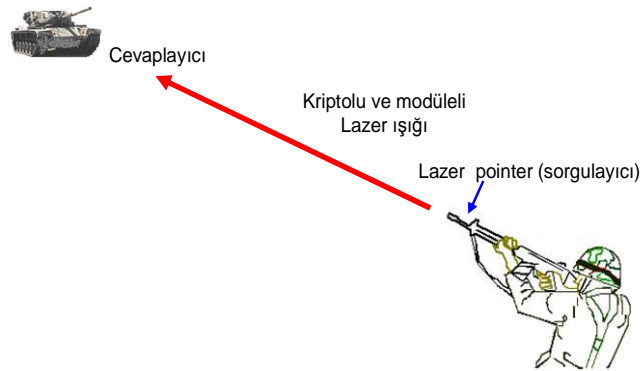
Şekil 1.28 LEO-GEO lasercom sistemi

2. TASARLANAN LAZER IFF SİSTEMİ

2.1 Tasarlanan Sistemin Genel Tanıtımı

Mevcut IFF sistemleri radyo frekans temelli olarak çalışmakta ve daha ziyade hava taşıtları için kullanılmaktadır. Bu çalışma ile; radyo frekans tabanlı IFF sistemlerine alternatif olarak, lazer teknolojisi kullanılan bir IFF sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanarak gerçekleştirilen sistemin işleyişi Şekil 2.1 'de verilmiştir.

Sistemin birinci aşamasında sorgulayıcı tarafından, hedefe modüle edilmiş ve kriptolanmış bir “Ben.....birliğiyim. Koordinatım.....dır” mesajı gönderilmektedir. İkinci aşamada ise cevaplayıcı tarafından alınan sinyal demodüle edilmekte , kriptosu çözülmekte ve alınan mesaja cevap olarak yine modüle edilmiş ve kriptolanmış lazer ışığı ile “Ben.....birliğiyim. Koordinatım.....dır” mesajı gönderilmektedir.



Şekil 2.1 Tasarlanan lazer IFF sisteminin işleyişi

Arazide görülen bir birlik veya aracın dost mu düşman mı ya da hangi görev gücüne ait olduğunu anlayamayan sorgulayıcı, kendi birlik kodunu ve GPS 'den

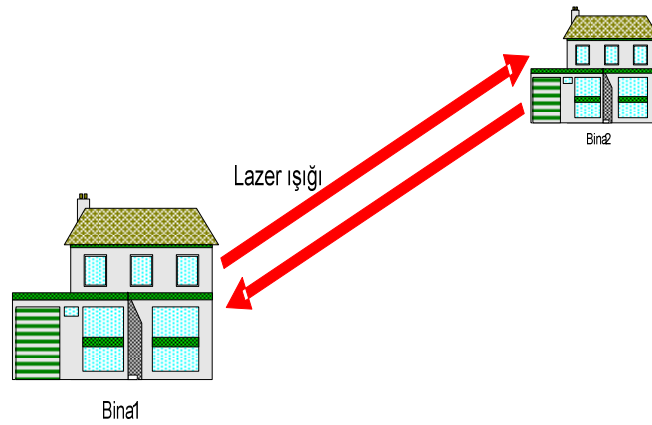
alınan koordinat bilgisini kriptolayarak lazer ışığı ile modüle ederek hedefe göndermektedir. İletilen bilginin formatı Şekil 2.2 'de verilmiştir.



Şekil 2.2 İletilen bilgi formatı

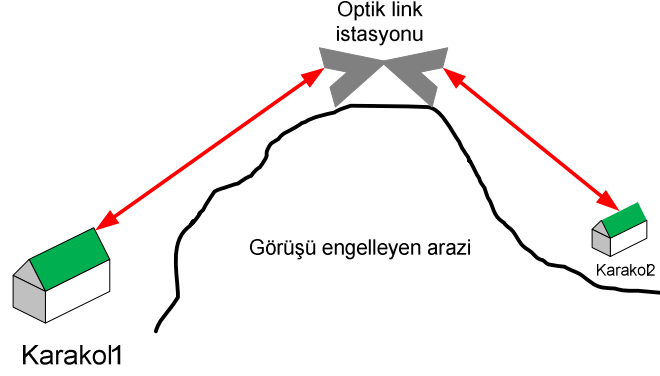
Bu bilgi modüle edilmeden önce kriptolanmaktadır. Kriptolama konusu tamamen ayrı bir çalışma konusu olduğundan anlaşılabilir ve basit olması dolayısıyla XOR algoritması tercih edilmiştir.

İletilen bilgi cevaplayıcının optik antenine ulaştığında, cevaplayıcı dost ise kriptoyu çözerek aldığı koordinat verisi ile sorgulayıcıya aynı formatta cevap bilgisini göndermektedir. Sorgulayıcı ve cevaplayıcı, kimlik bilgileri ve koordinatlarına ait kriptoyu çözerek birbirlerini tanıdıktan sonra, sisteme bağlanan arazi şartlarına uygun bir klavye ile birbirlerine mesaj yazabilmektedirler. Sistem bu özelliği sayesinde IFF cihazı olarak kullanılabilirdiği gibi sabit karakol veya noktalar arasında güvenli bir mesaj aktarma cihazı olarak da kullanılabilir. Bu durum Şekil 2.3 'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Gerçekleştirilen sistemin mesaj aktarma amacıyla kullanılması

Sistemin doğrudan birbirini görmediği durumlarda kullanılabilmesi için, radyo frekans uygulamalarında kullanılan RF link istasyonlarına benzer şekilde kurulacak optik link istasyonları ile iletişim sağlanabilecektir. Bu durum Şekil 2.4 'te gösterilmiştir.

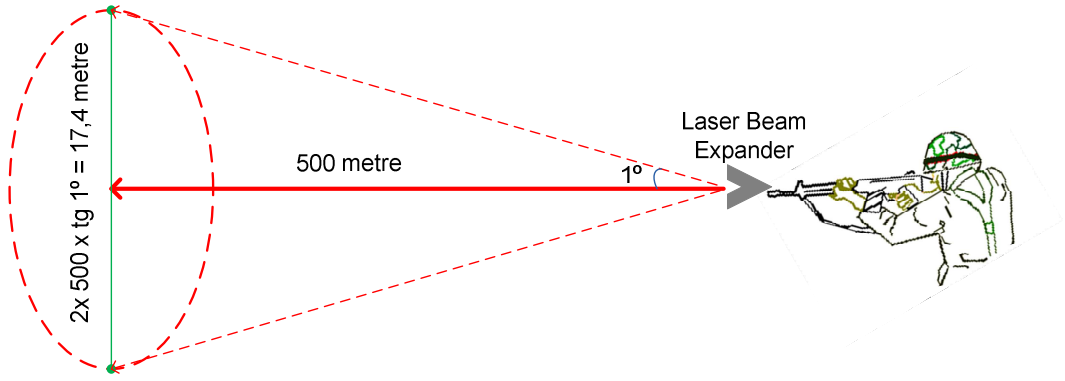


Şekil 2.4 Planlanan optik link istasyonu

Tasarlanan sistemde görüntüleme birimi olarak 2x16 dijital LCD göstergeler kullanılmış olup bir kerede en çok otuz iki karakterlik metin gönderilebilmektedir. Gönderilen metnin alınabilmesi için optik bir prizma (optik anten) tasarlanmıştır. Sorgulayıcının göndereceği kriptolu ve modüleli lazerin optik anten üzerine daha kolay düşürülebilmesi için lazer kaynağı önünde Şekil 2.5 'te gösterilen bir lazer nokta büyütücü (lazer beam expander system) kullanılacaktır [12]. Bu sayede kaynaktan çıkış çapı 3 mm olan lazer ışığı 500 m mesafede 17 m 'lik bir çapa ulaşacak ve cevaplayıcı antenine daha rahat düşürülecektir. Bu durum Şekil 2.6 'da gösterilmiştir.

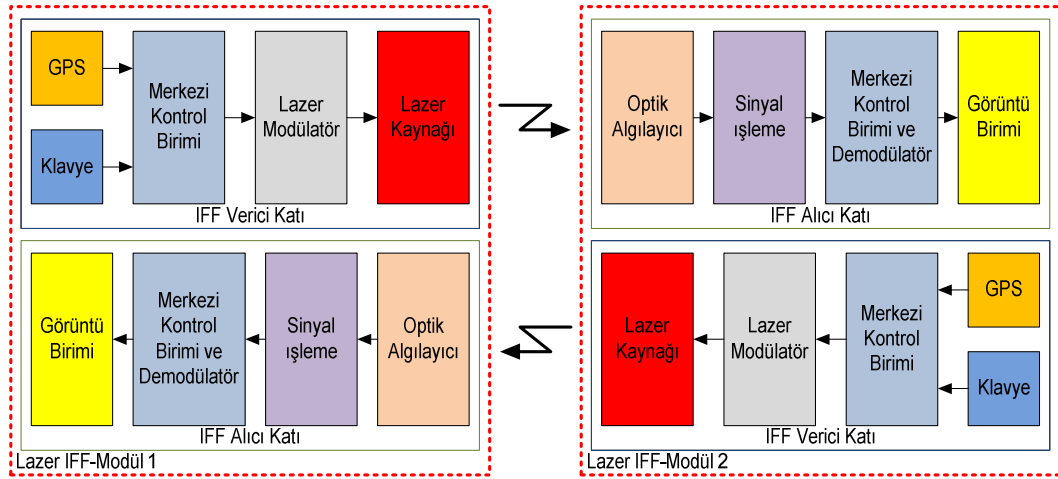


Şekil 2.5 Lazer nokta büyütücü



Şekil 2.6 Lazer nokta büyütücünün kullanılması

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin çalışmasını açıklayan genel blok diyagram Şekil 2.7 'de verilmiştir. Lazer IFF sistemi alıcı kat ve verici kat olmak üzere iki temel kattan oluşmuştur.



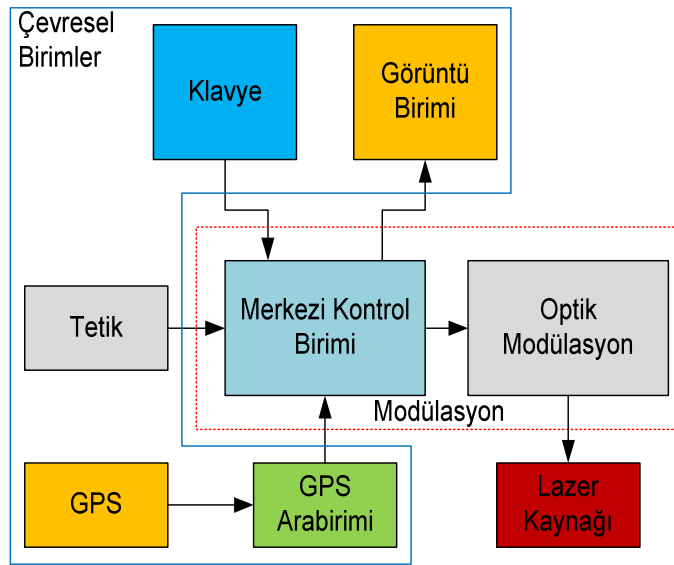
Şekil 2.7 Tasarlanan genel blok şema

Verici katta bulunan merkezi kontrol birimi, GPS cihazı ve klavyeden veri girişi almakta ve aldığı verileri değerlendirerek, kriptoladıktan sonra modüle etmekte ve lazer kaynağına uygulamaktadır.

Alıcı katta bulunan optik prizma sistemi ile lazer ışığı algılanmakta ve gerekli sinyal işleme, sinyal optimizasyon işlemlerinden sonra merkezi kontrol birimine uygulanmaktadır. Merkezi kontrol biriminde demodüle edilen ve kriptosu çözülen sinyal, gerekli hesaplama işlemlerinin ardından görüntülenmek üzere LCD modüle uygulanmaktadır.

2.2 Tasarlanan Verici Sistemin Tanıtımı

Tasarlanan lazer IFF sisteminin verici katına ait blok şema Şekil 2.8 'de verilmiştir. Verici kat bir merkezi kontrol birimi ve modülasyon katı ile çevre birimlerinden oluşmaktadır. Çevresel birim olarak mesaj yazmak amacıyla bir klavye, koordinat bilgisini okumak amacıyla bir GPS alıcı modülü, mesajların yazdırılması amacıyla bir görüntüleme birimi ve IFF bilgisini göndermek için bir tetik mekanizması kullanılmaktadır.



Şekil 2.8 Verici ünitesi blok şeması

2.2.1 Merkezi Kontrol Birimi

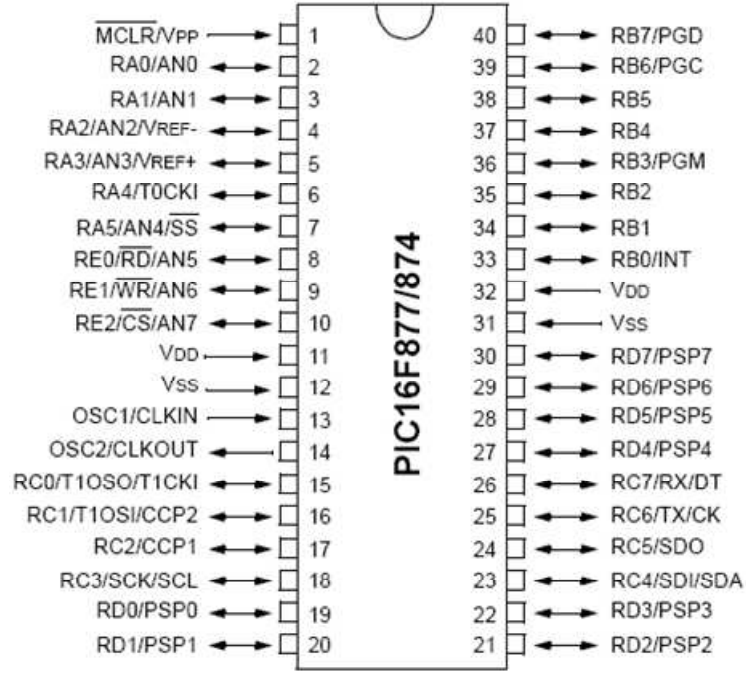
Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin verici katında, merkezi kontrol birimi olarak Microchip firmasının ürettiği PIC16F877 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. PIC16F877 yüksek performanslı, CMOS, full-statik, 8 bit bir mikrodenetleyicidir. Tüm PIC16/17 mikrodenetleyicileri gibi PIC16F877 de RISC mimarisini kullanmaktadır. PIC16F877 mikrodenetleyicisi PIC16F84 'e göre birçok ek özellik içermektedir. 14 seviyeli, derin küme ve çoklu iç ve dış kesme kaynaklarına sahiptir. 2 aşamalı komut hattı tüm komutların tek bir çevrimde işlenmesini sağlamaktadır. Yalnızca bazı özel komutlar 2 çevrim sürer. Bu komutlar dallanma komutlarıdır. PIC16F877 ailesi dış elemanları azaltacak belirleyici

özelliklere sahiptir. Böylece maliyet en aza inmekte, sistemin güvenilirliği artmakta, enerji sarfiyatı azalmaktadır. Bunun yanı sıra tüm PIC 'lerde 4 adet osilatör seçeneği mevcuttur. Bunlar RC osilatör, LP osilatör, XT osilatör veya seramik rezonatör osilatörüdür. PIC mikrodenetleyicilerinin en büyük özelliği sleep (uyku) modu özelliğidir. Bu mod sayesinde işlem yapılmadığı durumlarda PIC uyuma moduna geçerek çok düşük akım çeker. Kullanıcı bir kaç iç ve dış kesme ile PIC 'i uyuma modundan çıkarabilmektedir. Yüksek güvenilirlikli Watchdog Timer kendi bünyesindeki tümleşik RC osilatörü ile yazılımı kilitlemeye karşı korumaktadır. PIC16F877; EEPROM program belleği sayesinde depolama işlemlerine de olanak vermektedir [21].

Kullanılan mikrodenetleyiciye ait pin yapısı Şekil 2.9 'da, işlemcinin genel özellikleri Çizelge 2.1 'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 PIC16F877 mikrodenetleyicisinin genel özellikleri

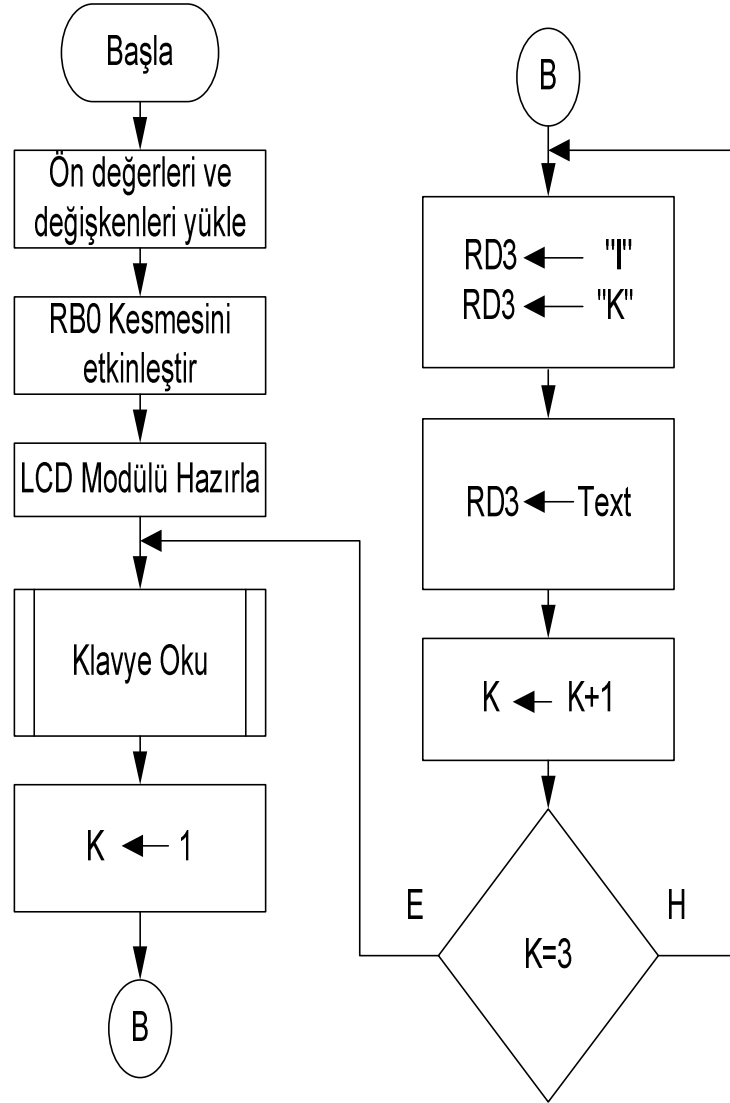
No	Özellik
1	Yüksek hızlı RISC işlemci
2	35 adet komuttan oluşan komut takımı
3	Bir çevrimlik komutlar (Dallanma komutları 2 çevrim)
4	20 Mhz 'ye kadar işlem hızı
5	8Kx14 wordlük flash program belleği
6	368x8 baytlık data belleği
7	256x8 baytlık EEPROM data belleği
8	PIC16C73B/74B/76/77 ile uyumlu pin yapısı
9	Doğrudan ve dolaylı adresleme
10	Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) , üzerinde bulunan RC osilatör ile çalışan Watchdog Timer (WDT)
11	Programlanabilen kod koruma
12	Enerji tasarrufu için uyku (SLEEP) modu
13	Düşük güçlü yüksek hızlı CMOSFLASH/EEPROM teknolojisi
14	Tamamen statik dizayn
15	Devre üzerinde seri programlama (ICSP)
16	5 V 'lik kaynak ile çalışma
17	2 V ile 5.5 V arasında işlem yapabilme özelliği
18	Düşük güç harcaması, < 2 mA tipik @ 5V, 4 MHz -20 mA tipk @ 3V, 32 kHz



Şekil 2.9 PIC16F877 'nin pin yapısı

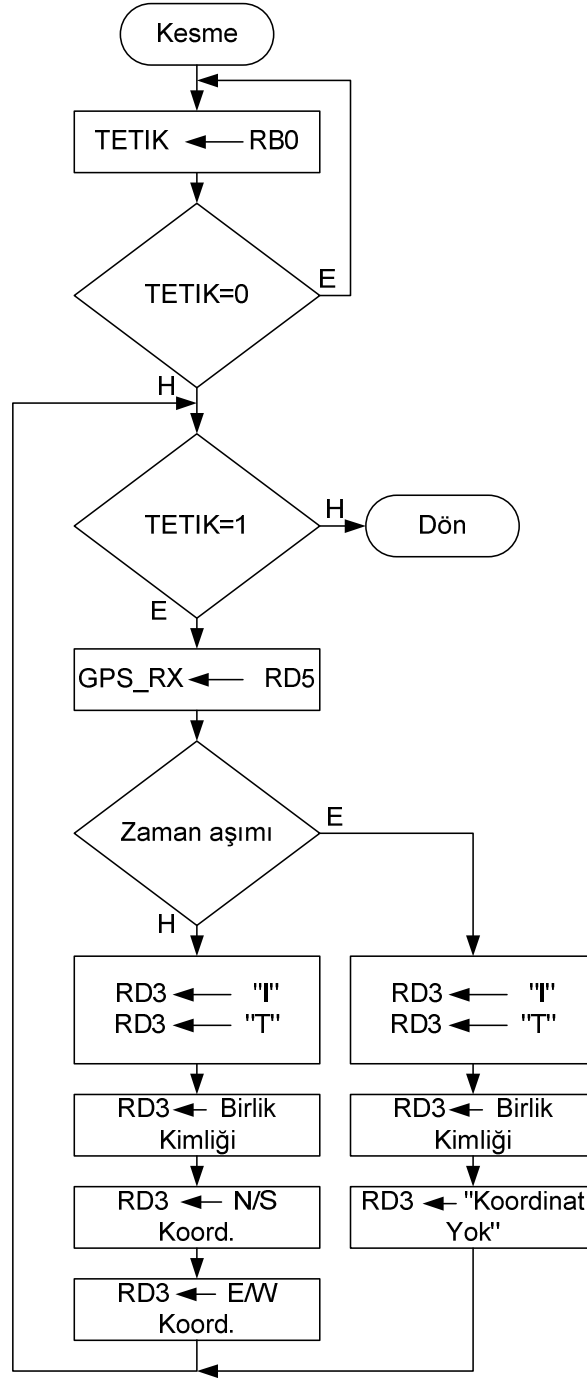
Tasarlanan IFF sisteminin verici katında bulunan merkezi kontrol birimi programı, Şekil 2.10 'da verilen akış şemasına göre çalışmaktadır. IFF verisinin gönderilmesi için sisteme bir tetik mekanizması bağlanmış olup, tetiğe basılması durumunda RB0 kesmesi aktif hale gelmektedir.

Program; gerekli öndeğerlerin yüklenmesi ve değişkenlerin ayarlanmasından sonra LCD modülü hazırlamaktadır. LCD modülün hazırlanmasından sonra herhangi bir kesme oluşmazsa yani tetiğe basılmazsa “Klavye Oku” alt programı işletilmekte ve klavyeden girilen metin okutulmaktadır. Okutulan metin “enter” tuşuna basılınca kriptolanarak modüle edilmekte ve RD3 portu üzerinden lazer kaynağına uygulanmaktadır. Bu işlem, sinyalin alıcıya ulaştırılabilmesi için üç kere tekrar edilmektedir.



Şekil 2.10 Verici kat program akış şeması

Eğer tetiğe basılırsa RB0 kesmesi devreye girecek ve tetiğe basıldığı sürece IFF verisi (“Ben.....birliğiyim. Koordinatım.....dır” mesajı) gönderilecektir. RB0 kesmesinin devreye girmesiyle birlikte uygulanan algoritmayı gösteren akış şeması Şekil 2.11 'de verilmiştir.



Şekil 2.11 Kesme işlemi akış şeması

Tetiğe basıldığı zaman, RB0 kesmesi devreye girerek, GPS 'den alınan konum bilgisi, GPS_RX değişkenine aktarılmaktadır. Eğer GPS 'den koordinat verisi alınıyorsa bu veri ve birlik kimliği RD3 portu üzerinden lazer kaynağına aktarılmaktadır.

GPS 'den konum bilgisi alınamıyorsa birlik kimliği ile birlikte ‘‘Koordinat Yok’’ mesajı RD3 portu üzerinden lazer kaynağına aktarılmaktadır. Tetik basılı tutulduğu sürece bu işlem tekrar edilmekte ve tetik bırakıldıktan sonra kesme alt programı sonlanarak ana programda kalınan noktaya dönülmektedir.

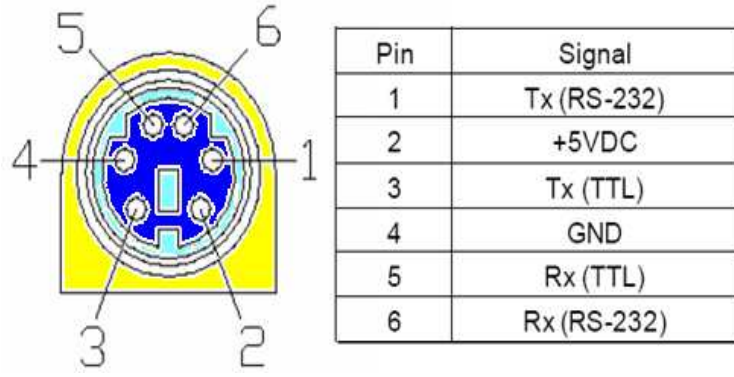
2.2.2 GPS Arabirimi

Tasarlanan IFF sisteminde U101 GPS Smart Reciver modülü kullanılmıştır. Bu GPS modül gerekli anten ve diğer bağlantı elemanları ile tümleşik olarak üretilmiş 16 kanallı bir GPS alıcısıdır. GPS 'e ait fotoğraf Şekil 2.12 'de verilmiştir [22].



Şekil 2.12 Kullanılan GPS alıcı modülü

U101 smart reciver PS2 konnektör ile dış dünyaya bağlanmakta, RS232 formatına uygun olarak haberleşmekte ve NMEA protokolünü kullanmaktadır. GPS alıcısının çalışma modunu ayarlamak için RX hattı üzerinden programlanması ve TX hattından koordinat bilgilerinin okunması gerekmektedir. Şekil 2.13 'de GPS alıcısına ait PS2 konnektörü bağlantısı ve pin fonksiyonları verilmiştir [22].



Şekil 2.13 Kullanılan GPS alıcı modülün pin yapısı

GPS alıcı modülü NMEA protokolünü kullanmaktadır. Bu protokol çeşitli mesaj formatlarını içermektedir. Başlangıçta RX hattından uygulanan mod seçim komutu ile bu mesaj formatlarından biri seçilmektedir. Seçilebilecek mesaj formatları Çizelge 2.2 'de verilmiştir. Mesaj formatını seçebilmek için GPS alıcı modülü RX hattına \$PNMRX103 komut bilgisi yerleştirilmelidir. Bu komut ;

\$PNMRX103, 2,GGA, 1,ZDA, 0*xx:

şeklinde kullanılarak her 2 milisaniyede bir GGA bilgisinin yani sabit GPS verisinin TX hattına konulması sağlanır.

Çizelge 2.2 Seçilebilecek mesaj formatları

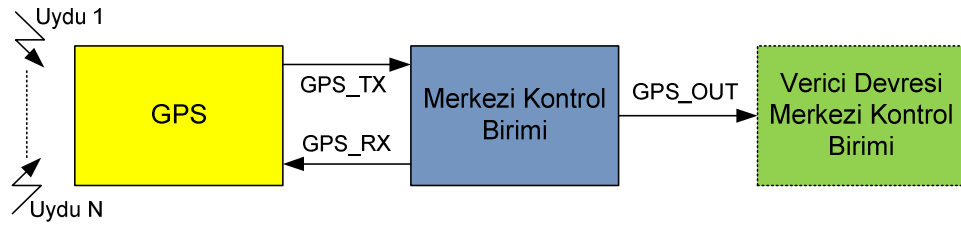
NMEA Mesaj Formatları	
SGPGGA	GPS sabit verisi
SGPGLL	Coğrafi koordinat verisi
SGPGSA	GNSS DOP ve aktif uydu
SGPGSV	İletişim kurulan uydu
SGPRMC	GNSS verisi
SGPVTG	Hız ve rakım
SGPZDA	Tarih ve saat

\$PNMRX103 komutunun RX hattına konularak mesaj formatının seçilmesinden sonra, GPS alıcısı TX hattından, GGA formatına uygun olarak sabit veri alınmaya başlanır. GGA formatına göre gelen veri yapısı Çizelge 2.3 'de verilmiştir [22].

Çizelge 2.3 \$GPGGA veri yapısı

Alan	Format	Min.Karakter	Max Karakter	Açıklama
Mesaj Kimliği	\$GPGGA	6	6	GGA protokol başlığı
UTC Zaman	hhmmss.sss	2,2,2.3	2,2,2.3	1ms hassasiyetli atom saati
Enlem	float	3,2.4	3,2.4	Derece * 100 + dakika
N/S İşareti	char	1	1	N=Kuzey / S=Güney
Boylam	float	3,2.4	3,2.4	Derece * 100 + dakika
E/W İşareti	Char	1	1	E=Doğu / W=Batı
Pozisyon tamam	Int	1	1	0: geçersiz. 1: geçerli.
Uydu	Int	2	2	Kullanılan uydu sayısı
HDOP	Float	1.1	3.1	Yatay düzeltme
MSL	Float	1.1	5.1	Rakım
Birim	Char	1	1	M →“metre”.
Mesaj Sonlandırma	<CR> <LF>	2	2	ASCII 13, ASCII 10.

GPS modül en az üç uydu ile irtibat sağlayarak aldığı sinyalleri işlemekte ve koordinat verisini hesaplamaktadır. Hesaplanan koordinat verisini RS232 formatında TX hattına bırakmaktadır. Merkezi kontrol birimi, RS232 formatında ve NMEA protokolüne uygun olarak aldığı verileri işleyerek koordinat bilgisini okumaktadır. Kullanılan GPS arabirimine ait devrenin blok şeması Şekil 2.14 'de verilmiştir. GPS alıcı modülden alınan tüm veriler ASCII kodundadır ve bu veriler alındıktan sonra merkezi kontrol birimi tarafından onluk sisteme çevrilmektedir.



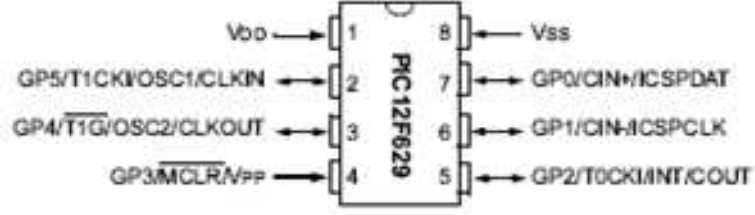
Şekil 2.14 GPS arabirimi blok şeması

GPS alıcı modülün “mod seçim” ve “koordinat verisi okuma” işlemlerini yapabilmek amacıyla bir merkezi kontrol birimi kullanılmıştır. Merkezi kontrol

birimi olarak Microchip firması tarafından üretilen PIC12F629 mikrodenetleyicisi tercih edilmiştir. Kullanılan mikrodenetleyiciye ait pin yapısı Şekil 2.15 'te, işlemcinin genel özellikleri Çizelge 2.4 'te verilmiştir [21].

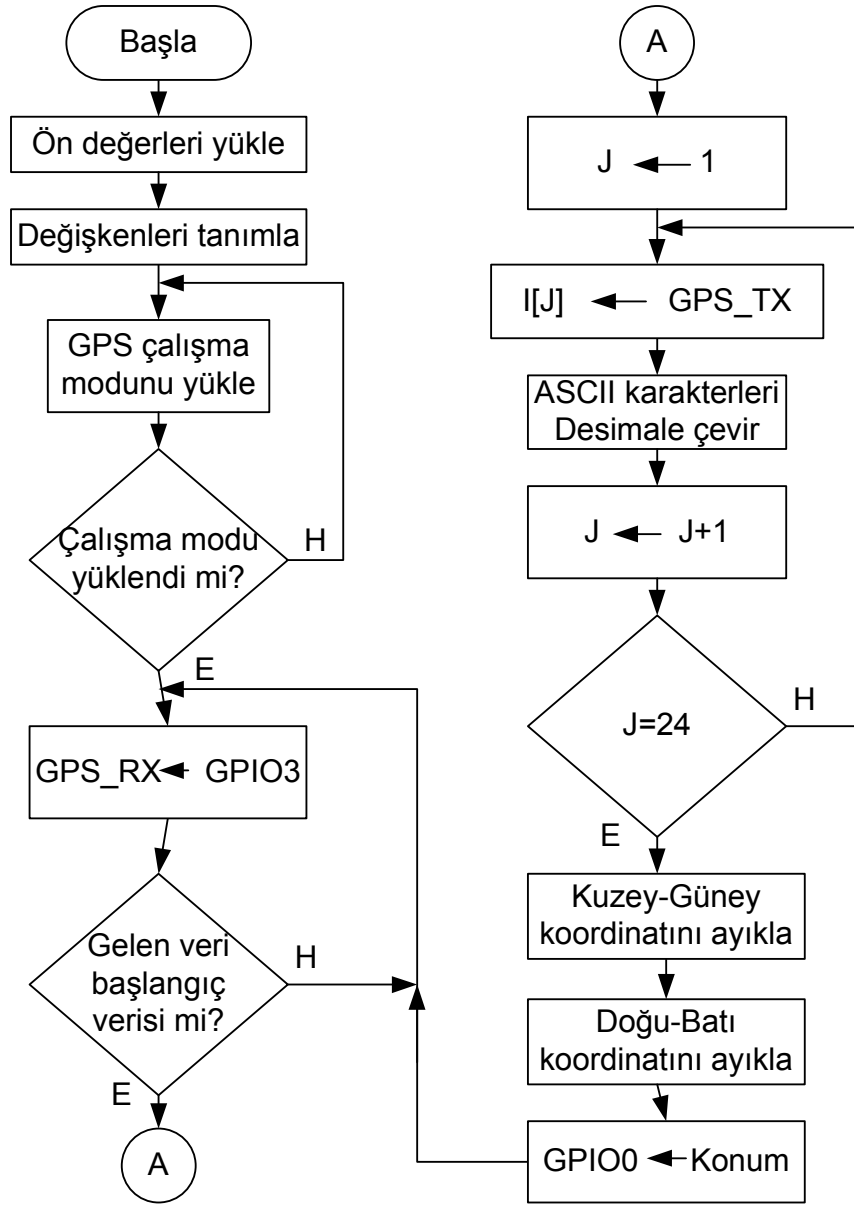
Çizelge 2.4 PIC12F629 mikrodenetleyicisinin genel özellikleri

PİN ADI	FONKSİYON	TİP	ÇIKIŞ TİPİ	AÇIKLAMA
GP0/AN0/CIN+/ ICSPDAT	GP0	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN0	AN		A/D Channel 0 input
	CIN+	AN		Comparator input
	ICSPDAT	TTL	CMOS	Serial programming I/O
GP1/AN1/CIN- /VREF/ ICSPCLK	GP1	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN1	AN		A/D Channel 1 input
	CIN-	AN		Comparator input
	VREF	AN		External voltage reference
	ICSPCLK	ST		Serial programming clock
GP2/AN2/T0CK I/INT/COUT	GP2	ST	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN2	AN		A/D Channel 2 input
	T0CKI	ST		TMR0 clock input
	INT	ST		External interrupt
	COUT		CMOS	Comparator output
GP3/MCLR/VP P	GP3	TTL		Input port w/ interrupt-on- change
	MCLR	ST		Master Clear
	VPP	HV		Programming voltage
GP4/AN3/T1G/ OSC2/ CLKOUT	GP4	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN3	AN		A/D Channel 3 input
	T1G	ST		TMR1 gate
	OSC2		XTAL	Crystal/resonator
	CLKOUT		CMOS	FOSC/4 output
GP5/T1CKI/OS C1/CLKIN	GP5	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	T1CKI	ST		TMR1 clock
	OSC1	XTAL		Crystal/resonator
	CLKIN	ST		External clock input/RC oscillator connection
VSS	VSS	Power		Ground reference
VDD	VDD	Power		Positive supply



Şekil 2.15 PIC12F629 mikrodenetleyicisinin pin yapısı

Lazer IFF sistemi için tasarlanan GPS arabirimi devresinin merkezi kontrol birimi Şekil 2.16 'da verilen akış şemasına göre işlem yapmaktadır.



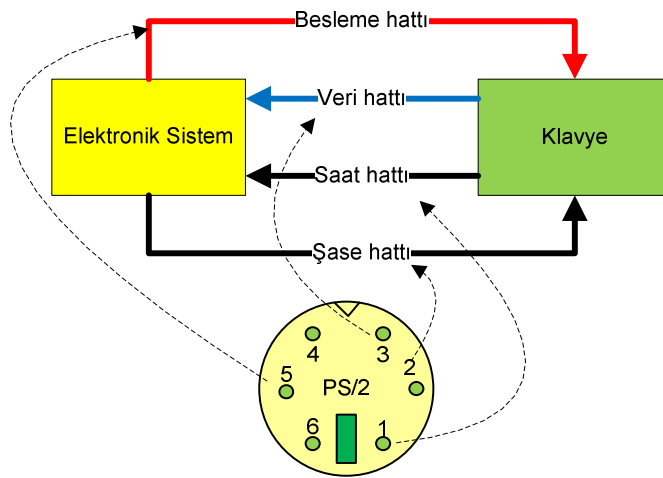
Şekil 2.16 GPS arabirimi akış şeması

Öndeğerler yüklenip kullanılacak değişkenler tanımlandıktan sonra, başlama anında GPS çalışma modu yüklenmekte ve NMEA protokolü gereğince GGA verisinin (sabit GPS verisi) gelmesi sağlanmaktadır. Mod yüklendikten sonra GIOP3 portu üzerinden ASCII formatında veri alınmakta ve alınan veriler onluk sisteme dönüştürülmektedir. Dönüştürülen veriler içersinden koordinat bilgisi ayıklanarak GIOP0 portu üzerinden verici devresinin merkezi kontrol birimine aktarılmaktadır.

Sistemde kullanılan yazılımın geliştirilmesi için Proton+ Compiler Version 2.1.3 derleyicisi ve derlenen yazılımın yüklenmesi için WinPic800 V.3.59 kullanılmıştır.

2.2.3 Klavye Arabirimi

Tasarlanarak gerçekleştirilen IFF sisteminin Şekil 2.3 'te gösterildiği gibi güvenli bir mesaj aktarma sistemi olarak da kullanılabilmesi için devreye bir adet klavye bağlantı noktası eklenmiş ve klavye tarama kodları (keyboard scan codes) merkezi kontrol birimi tarafından okutulmuştur. Klavyeler seri haberleşme yapan cihazlardır ve senkron seri iletişim protokolünü kullanırlar. Yani klavye ile sistem arasında bir data ve bir de senkronizasyonu sağlayan saat hattı bulunmaktadır. Bu durum Şekil 2.17 'de gösterilmiştir.



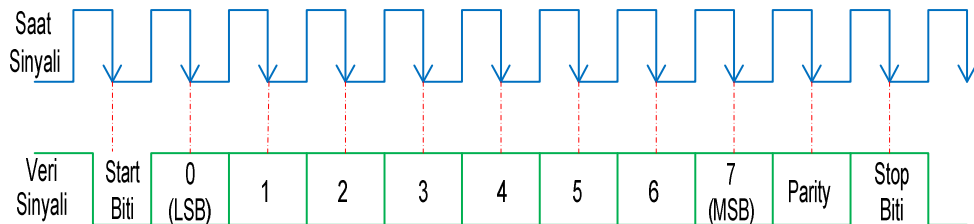
Şekil 2.17 PS2 bağlantı noktası

Klavyenin herhangi bir tuşuna basılınca bir baytlık onaltılı bir kod üretilirken, tuşu bırakınca iki baytlık onaltılı formatta kod üretilir. Üretilen kodlar veri hattına bırakılırken her bir bit ile birlikte saat hattında düşen kenar üretilir. Çizelge 2.5 'te tasarlanarak gerçekleştirilen sistemde kullanılan karakterlere ait klavye tarama kodları verilmiştir [23].

Çizelge 2.5 Klavye tarama kodları

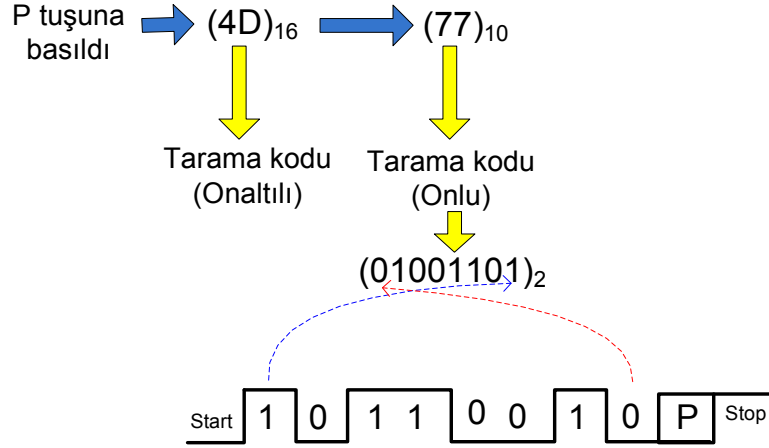
Tuş	Tarama Kodu (Basma)	Tarama Kodu (Bırakma)	Tuş	Tarama Kodu (Basma)	Tarama Kodu (Bırakma)
A	1C	F0 – 1C	S	1B	F0 – 1B
B	32	F0 – 32	T	2C	F0 – 2C
C	21	F0 – 21	U	3C	F0 – 3C
D	23	F0 – 23	V	2A	F0 – 2A
E	24	F0 – 24	W	1D	F0 – 1D
F	2B	F0 – 2B	Y	35	F0 – 35
G	34	F0 – 34	Z	1A	F0 – 1A
H	33	F0 – 33	0	70	F0 – 70
I	43	F0 – 43	1	69	F0 – 69
J	3B	F0 – 3B	2	72	F0 – 72
K	42	F0 – 42	3	7A	F0 – 7A
L	4B	F0 – 4B	4	6B	F0 – 6B
M	3A	F0 – 3A	5	73	F0 – 73
N	31	F0 – 31	6	74	F0 – 74
O	44	F0 – 44	7	6C	F0 – 6C
P	4B	F0 – 4B	8	75	F0 – 75
R	2D	F0 – 2D	9	7D	F0 – 7D

Klavye veri hattına bırakılan sinyal 11 bit uzunluğunda olup, ilk bit “start biti”, son bit “stop biti” ve onuncu bit hata (parity) bitidir. İki ve dokuzuncu bitler arasında ise tarama kodunun onaltılı karşılığı bulunmaktadır. Veri hattı ile saat hattında oluşan sinyal yapısı Şekil 2.18 'de verilmiştir. Bu hatlar birer yukarı çekme (pull-up) direnci ile kaynak seviyesine çekilmektedir.



Şekil 2.18 Klavyeye ait veri ve saat sinyali

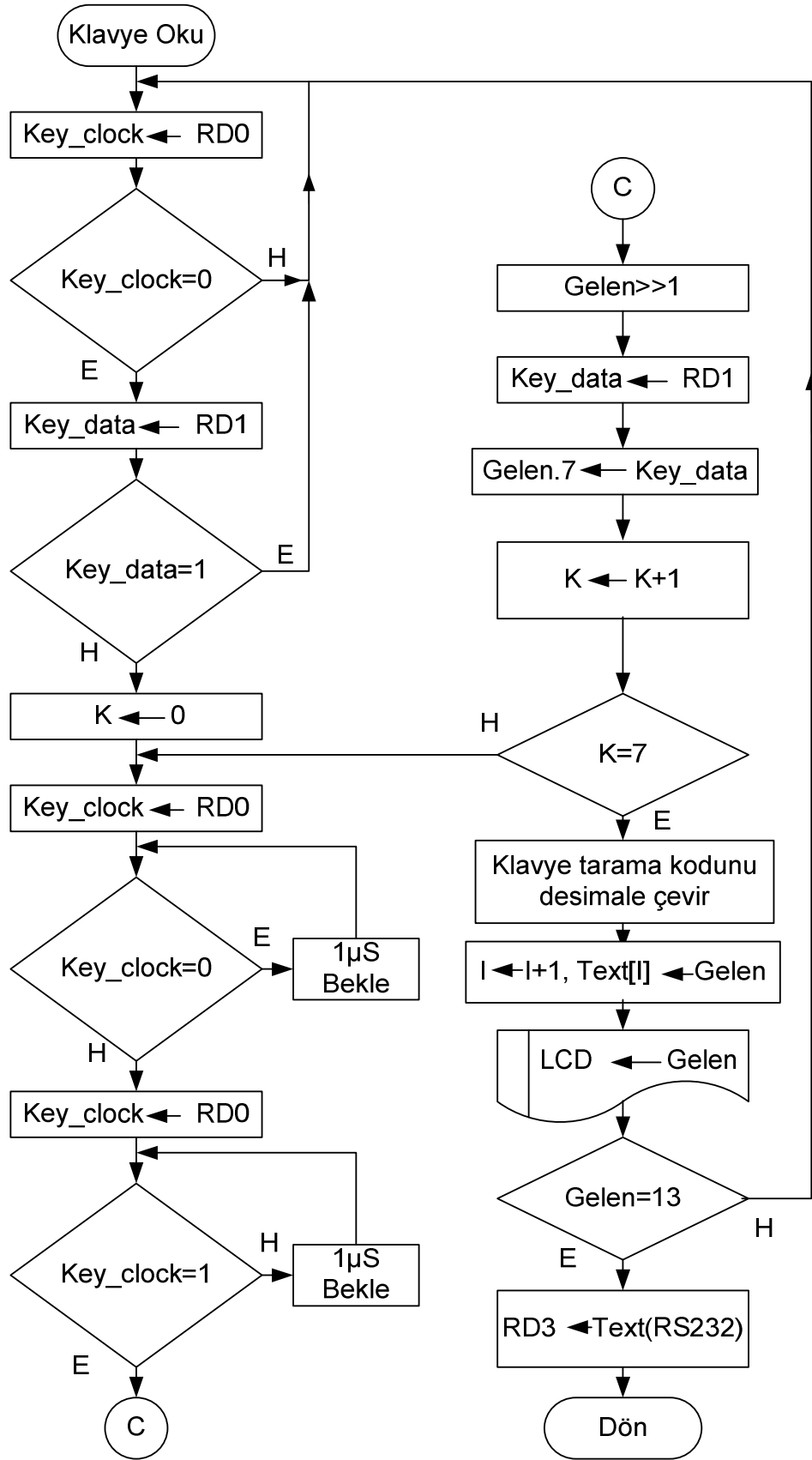
Veri hattından okunan tarama kodunun ilk biti LSB bitidir. Örneğin klavyede P tuşuna basılırsa üretilecek tarama kodu $(4D)_{16}$ 'dir. Bu kodun onluk karşılığı $(77)_{10}$ ve binary karşılığı $(01001101)_2$ şeklindedir. P tuşuna basılmasıyla üretilen tarama kodu ve veri hattına bırakılan sinyal şekli Şekil 2.19 'da verilmiştir.



Şekil 2.19 P tuşu için tarama kodunun çözülmesi

Tasarlanarak gerçekleştirilen klavye arabirim devresinde öncelikle saat sinyalinin düşen kenarı beklenmiş, ardından veri hattının sıfır olup olmadığı kontrol edilmiş, yani start biti beklenmiştir. Start bitinin alınmasından sonra, saat sinyalinin her düşen kenarında okutulan sekiz bitlik veri, klavye tarama kodu olarak alınmıştır. Klavye tarama kodlarını okuyarak değerlendiren ve klavyeden girilen karakterleri görüntü arabirimine yazdıran programın akış şeması Şekil 2.20 'de verilmiştir.

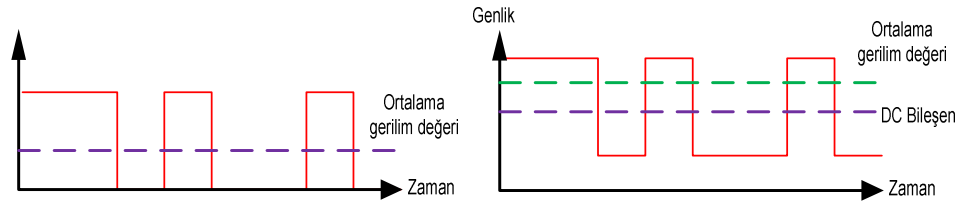
Klavyeye ait tuşa basma ve tuşu bırakma ile ayrı kodlar üretildiğinden, tuş bırakmanın okutulmaması için $(F0)_{16} = (240)_{10} = (11110000)_2$ bilgisi beklenmiş ve bu bilgiye işlem yapılmamıştır. Klavyede enter tuşuna basılması ile oluşan tarama kodu ise $(5A)_{16} = (90)_{10} = (01011010)_2 = (13)_{ASCII}$ olup bu bilgi alındığı an girilen tüm metin modülasyon işlemine tabi tutularak lazer kaynağına uygulanmaktadır. Kullanılan diğer bir tuş backspace olup bu tuşa ait klavye tarama kodu $(66)_{16} = (102)_{10} = (01100110)_2$ 'dir. Bu bilginin okutulması ile birlikte hatalı bir harf girişi yapıldığı anlaşılabilir, görüntüleme arabirimine imleci bir karakter sola kaydırması emri verilerek son girilen harf düzeltilmektedir.



Şekil 2.20 Tarama kodlarının çözülmesi için akış şeması

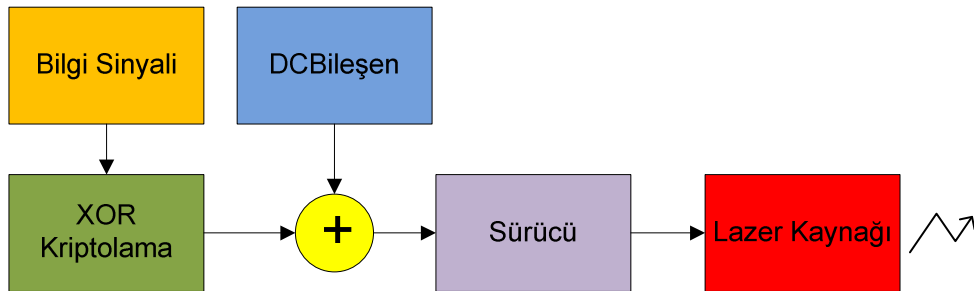
2.2.4 Modülasyon ve Kriptolama

Lazerin modülasyonu için kullanılan yöntem; lazer çalışma geriliminin 1 volt altındaki DC bir bileşene, bilgi sinyalinin tepeden tepeye 2 volt olacak şekilde bindirilmesi prensibine dayanmaktadır [24]. Bilgi sinyali doğrudan doğruya da bir akım yükselteci ile lazere uygulanabilir. Ancak bu durumda lazer kaynağı üzerine düşen gerilimin ortalama değeri azalacağından ışık şiddetinde bir kayıp söz konusu olacaktır. Lazerin doğrudan doğruya bilgi sinyali ile sürülmesiyle, DC bileşen üzerinde bindirilerek sürülmesi arasındaki fark Şekil 2.21 'de verilmiştir.



Şekil 2.21 Lazerin sürülmesi

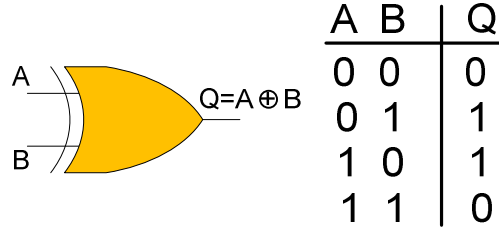
Lazerin modülasyonu için kullanılan sisteme ait blok şema Şekil 2.22 'de verilmiştir. Blok şemadan da görüleceği gibi bilgi sinyali DC bileşen üzerine bindirilmeden önce güvenlik amacıyla kriptolanmaktadır. Kriptolama algoritmaları ve tekniği tamamen ayrı bir araştırma konusu olduğu için bu çalışmada basitliği ve anlaşılabilirliği nedeniyle XOR algoritması tercih edilmiştir.



Şekil 2.22 Lazerin modülasyonu için blok şema

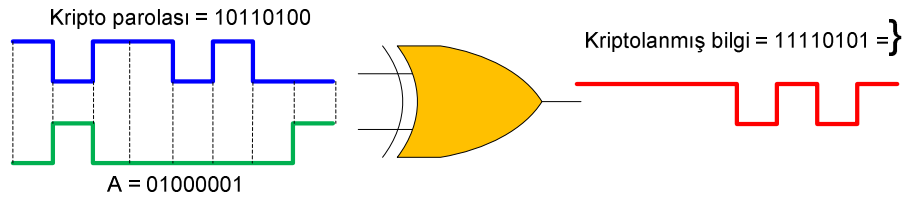
XOR kriptolama mantığında bilgi sinyali, önceden belirlenen bir kriptolama parolası ile XOR işlemine tabi tutularak bit bit değiştirilir. XOR işlemine ait lojik

sembol, boolean bağıntısı ve doğruluk tablosu Şekil 2.23 'de verilmiştir. XOR işleminde her iki giriş aynı ise çıkış lojik-0, girişler farklı ise lojik-1 olmaktadır.



Şekil 2.23 XOR kapısı

Örnek olarak A harfini XOR mantığı ile kriptolayalım. A harfinin karşılığı $(65)_{ASCII}=(01000001)_2$ olduğuna göre kriptolama parolamızı $(10110100)_2$ olarak seçersek kriptolama sonucunda oluşacak bilgi Şekil 2.24 'de verilmiştir.



Şekil 2.24 XOR kriptosu

Şekil 2.24 'de görüldüğü gibi XOR çıkışı, $(10110100)_2$ ve $(01000001)_2$ girişleri için $(11110101)_2=(125)_{10} = }$ olmaktadır. Yani klavyeden “A” girişi yapıldığı anda modüle edilerek gönderilen veri “}” olmaktadır. Alıcıya ulaşan “}” karakterine ait kriptonun çözülmesi ile “A” karakteri elde edilecektir. Kriptonun çözülmesi işlemi 2.3.5 bölümünde incelenecektir.

2.2.5 Lazer Kaynağı

Tasarlanarak gerçekleştirilen IFF sisteminde lazer kaynağı olarak TIM-201-5 tipi bir yarı iletken lazer kullanılmıştır. Kullanılan lazer kaynağına ait veriler Çizelge 2.6 'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 Kullanılan lazer kaynağının özellikleri

Ölçüler	Ø 10,5mm x 32,5mm
Çıkış dalgaboyu	635-680nm
Çıkış gücü	<5mW
Çalışma akımı	45mA - 50mA
Çalışma gerilimi	3V – 4,5V
Lazer çıkış çapı	Ø4mm

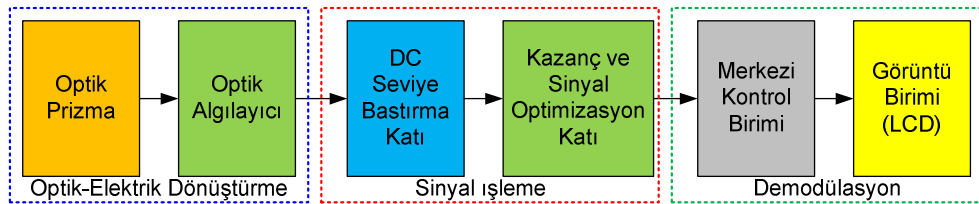
Kullanılan lazer kaynağı görünür dalga boyundadır. Sistemin bir sonraki aşamasında görünmez dalgaboyundaki, 2500 metre mesafeden algılanabilen, ASELSAN tarafından kullanılan IRHN9396 tipi bir lazer kaynağı kullanımı planlanmaktadır. Bu lazer kaynağı Şekil 2.25 'de verilmiştir [25].



Şekil 2.25 IRHN9396 tipi lazer kaynağı

2.3 Tasarlanan Alıcı Sistemin Tanıtımı

Tasarlanarak gerçekleştirilen IFF sistemine ait alıcı katın blok şeması Şekil 2.26 'da verilmiştir. Alıcı katı; bir optik prizma ve algılayıcıdan oluşan optik-elektrik dönüştürme katı, DC seviye bastırma ve sinyal optimizasyon birimlerinden oluşan sinyal işleme katı, merkezi kontrol ve görüntüleme birimlerinden oluşan demodülasyon katından meydana gelmiştir.



Şekil 2.26 Alıcı ünitesi blok şeması

Verici tarafından gönderilmiş kriptolu ve modüleli lazer ışığı önce optik prizmaya ve prizma içerisinde kırılarak optik algılayıcıya kadar ulaşır. Optik algılayıcı ışığı elektriksel sinyale dönütürür ve sinyal işleme katına uygular. Sinyal işleme katı tarafından gerekli yükseltme ve filtreleme işlemlerine tabi tutulan sinyal optimum hale getirilerek merkezi kontrol birimine uygulanır. Merkezi kontrol birimi tarafından önce demodülasyon işlemi, ardından da kripto çözme işlemi yapılan sinyal, görüntülenmek üzere görüntü birimine gönderilir.

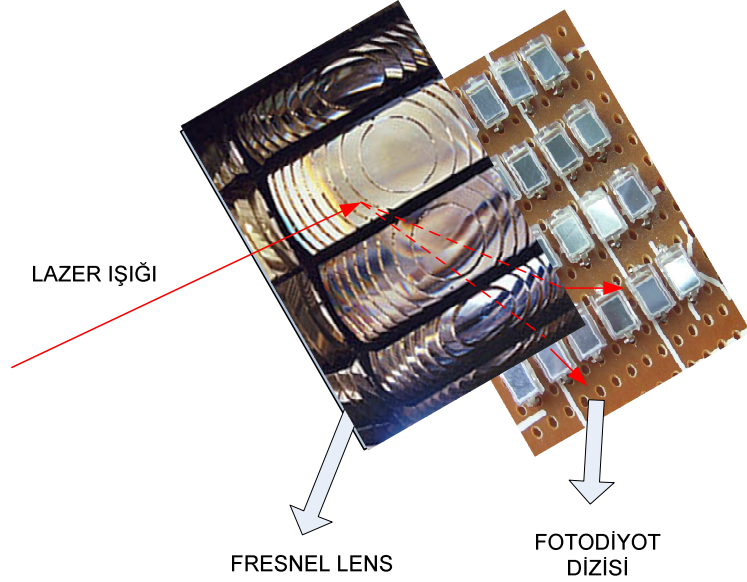
2.3.1 Optik Prizma

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin alıcı katında optik elektrik dönüştürme işlemi için üç yöntem üzerinde çalışılmıştır. Birinci yöntemde PIR dedektörlerinde kullanılan fresnel lens ve 5x5 matris şeklinde yerleştirilmiş fotodiyot dizisi kullanılmıştır. Fresnel Lens, optik alanında çok önemli buluşlara sahip Fransız fizikçi Augustin Jean Fresnel 'in icat ettiği bir çeşit mercektir. Optik yapıya sahip malzemeden imal edilmiş, içiçe geçmiş pek çok çember şeklinde merceklerden oluşan bir lens yapısına sahiptir. Normal cam mercekler çapı büyüdükçe ağırlaşır ve maliyetleri yükselir. Bu sebeple plastikten imal edilen fresnel lensler yaygın olarak deniz fenerleri ve tepegözlerde kullanılır. Ancak normal merceklerden ayrılmasını sağlayan en önemli özellikleri dağınık şekilde gelen ışığı üzerlerinden geçerken düz ve homojen bir şekilde yansıtmaıdır [26]. Fresnel lensin bir deniz fenerindeki kullanımını Şekil 2.27 'de verilmiştir. Denenen sistem Şekil 2.28 'de verilmiştir.



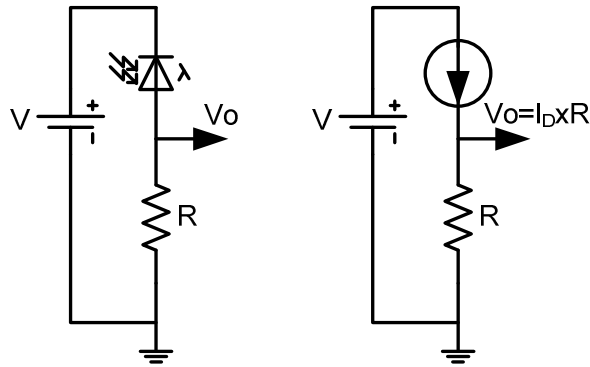
Şekil 2.27 Fresnel lensin deniz fenerinde kullanımı

Bu yöntemde iki dezavantajla karşılaşmıştır. Birinci dezavantaj lens sisteminin gelen lazer ışığını çoğu kez fotodiyot üzerine düşürmemesi veya kırılma açısının yüksek olması nedeniyle fotodiyotta oluşan enerji seviyesinin düşük olmasıdır.



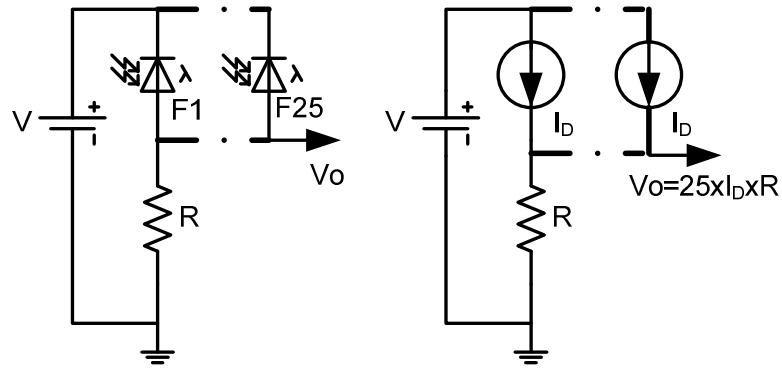
Şekil 2.28 Fresnel lens kullanılan düzenek

İkinci dezavantaj ise 5x5 matriste 25 adet fotodiyot kullanılması ve bunların paralel bağlanmasının yarattığı etkidir. Lazer demeti haricinde fotodiyotlar üzerine gelen değişik dalgalı boyundaki ışıklar fotodiyotların doyuma gitmesine ve lazer demeti içerisindeki bilginin algılanamamasına neden olmaktadır. Sistemde tek bir fotodiyot kullanılması durumunda direnç üzerindeki sinyal genliği Şekil 2.29 'da verilmiştir.



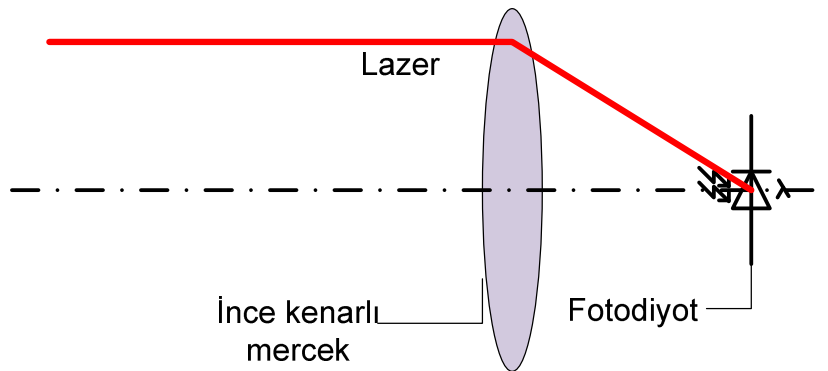
Şekil 2.29 Tek bir fotodiyot kullanılması

Sisteme 25 adet fotodiyot bağlanmasıyla oluşan eşdeğer devre ise Şekil 2.30 'da verilmiştir. Şekil 2.30 'dan da görüldüğü gibi çıkış gerilimi Şekil 2.29 'da verilen devreden 25 kat fazladır. Bu durum algılayıcılar üzerine lazer ışığının gelmediği durumlarda bile yüksek çıkış gerilimine neden olmuş dolayısıyla sistem doyuma gitmiştir. R direncinin değerinin düşürülmesi ise bilgi kayıplarına neden olmuştur.



Şekil 2.30 Fotodiyot dizisinin kullanılması

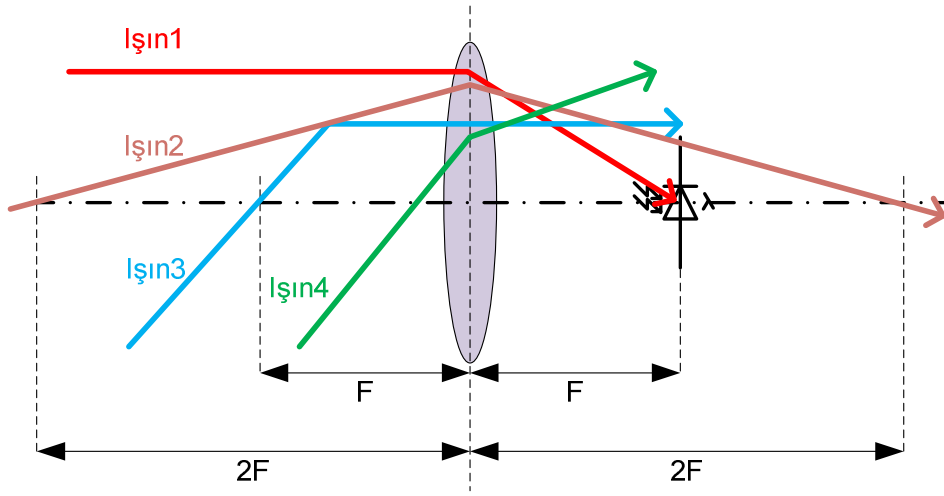
Birinci yöntemin bu dezavantajlarından dolayı tek bir fotodiyot ve bir mercekle sisteminin bulunduğu sistem üzerinde çalışılmıştır. Deneysel çalışması yapılan sistemin yapısı Şekil 2.31 'de verilmiştir. Bu yöntemle ince kenarlı bir mercekle kullanılarak gelen lazer ışığının fotodiyot üzerine düşürülmesi amaçlanmıştır.



Şekil 2.31 İnce kenarlı mercekle kullanılan düzenek

Yapılan deneylerde en büyük problem, lazer ışığının merceğe farklı noktalardan gelmesiyle görüntünün farklı noktalarda oluşması yani fotodiyot üzerine düşmemesidir. Bu durum Şekil 2.32 'de gösterilmiştir. Diğer bir problem ise

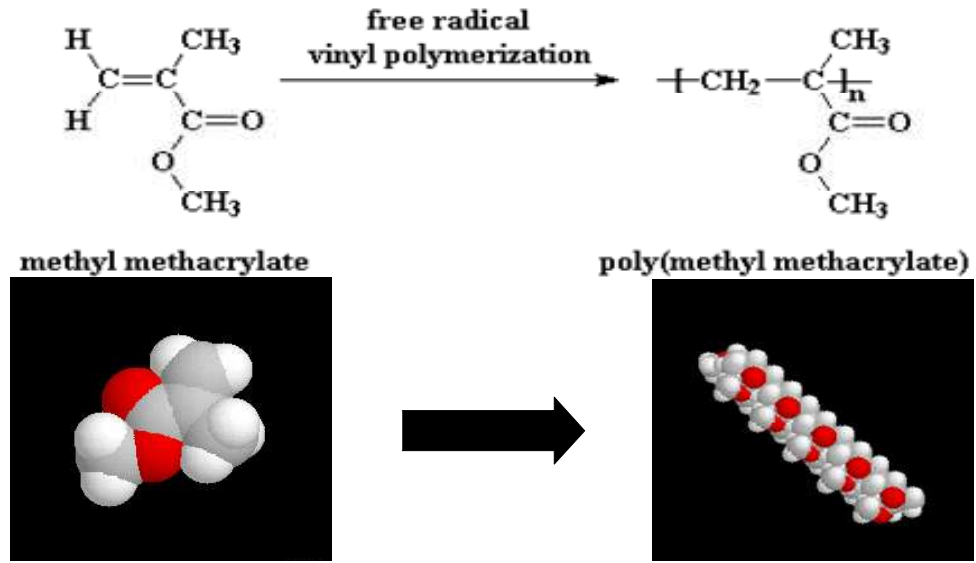
merceğin sabit tutulması olarak karşımıza çıkmıştır. Bu dezavantajlardan kurtulabilmek amacıyla otomatik odaklama yapan bir sisteme ihtiyaç vardır ki bu hem zor hem de pahalı bir yöntemdir. Şekil 2.32 'de görüldüğü gibi lazer ışığı, asal eksene paralel gelmesi durumunda (Işın1), odak noktasına yerleştirilen fotodiyot üzerine düşecektir. Eğer lazer merceğe 2F noktasından gelirse (Işın2) merceğin diğer tarafında 2F noktasından geçecek ve foto diyot üzerine düşmeyecektir. Benzer şekilde F noktasından gelen lazer (Işın3) asal eksene paralel olarak yol almakta ve fotodiyot üzerine düşmemektedir.



Şekil 2.32 Lazer ışınının değişik açılardan gelişini

Lazer ışını, odak noktası ile mercek arasından gelirse (Işın4) asal eksene doğru kırılmaya uğrayarak devam edecek ve yine fotodiyot üzerine düşmeyecektir.

Her iki yöntemin de yapısında mercek kullanıldığından ve tasarlanan sistemin arazi şartlarında çalışacağı göz önüne alındığında, kullanışsız olduğu sonucuna varılmış ve yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemde polimetilmetakrilat (polymethylmethacrylate PMMA) malzemesi temin edilerek bir prizma üretilmiştir. Kullanılan polimetilmetakrilat malzemesinin kimyasal yapısı Şekil 2.33 'te verilmiştir.



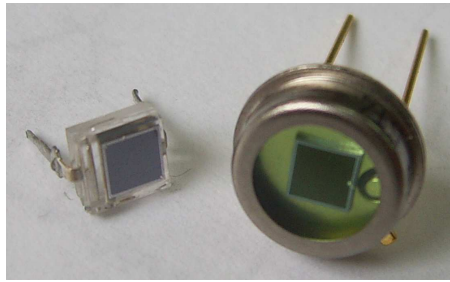
Şekil 2.33 Polimetilmekatrilat malzemesinin yapısı

İlk akrilik asit 1843 yılında bulunmuştur. Akrilik asitten türetilen metakrilik asit 1865 yılında formüle edilmiştir. Metakrilik asit ve metil alkol arasındaki reaksiyon sonucunda ester metil metakrilat oluşur. Ünlü Alman kimyagerler Fittig ve Paul 1877 yılında, metilmetakrilatı, polimetilmetakrilata dönüştüren polimerizasyon işlemini keşfettiler. 1933 yılında, Alman kimyager Otto Röhm, plexiglas patentini ve isim haklarını aldı. 1936 yılında ise akrilik cam olarak da bilinen polimetilmetakrilat üretimi başladı.

Polimetilmekatrilat malzemesinin ışık iletimi çok daha yüksek olup % 90 ile % 98 arasındadır. Işık geçirgenliğinin dalgaboyu ile değişimi Şekil 2.34 'te verilmiştir. Şekil 2.34 'te görüleceği gibi, polimetilmekatrilat malzemesinin görünür dalgaboyundaki yeşil renkli lazere (520 nm) ve kırmızı renkli lazere (630 nm) göstereceği geçirgenlik çok yüksektir. Görünmez dalga boyundaki (950 nm ve üzeri) lazerler içinde oldukça yüksek bir geçirgenlik özelliği sergilemektedir. Polimetilmekatrilat malzemesinin cama göre daha dayanıklı olması arazi şartlarında daha rahat kullanılabilmesi açısından da avantaj sağlamaktadır [27].

2.3.2 Optik Algılayıcı

Sistemde optik algılayıcı olarak önce bir fototransistör kullanılmıştır. Ancak fotodiyotlarda ışık şiddetiyle orantılı bir çıkış akımı elde edildiğinden, fotodiyot kullanılmaya karar verilmiştir. Tasarlanarak gerçekleştirilen IFF sistemi alıcı katında Osram firması tarafından üretilen BPW34 fotodiyodu ve Siemens firması tarafından üretilen BPW21 fotodiyodu kullanılmıştır. Şekil 2.37 'de kullanılan BPW34 ve BPW21 fotodiyoduna ait fotoğraf görülmektedir.



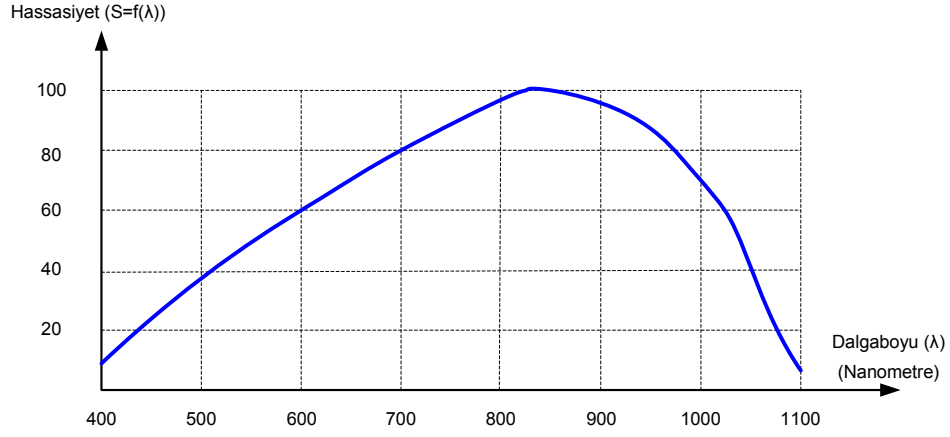
Şekil 2.37 BPW21 ve BPW34 fotodiyotları

Kullanılan fotodiyoda ait temel elektriksel parametreler ise Çizelge 2.7 'de verilmiştir [28].

Çizelge 2.7 Fotodiyodun elektriksel parametreleri

Parametre	Sembol	Değer	Birim
VR= 5 V Spektral hassasiyet	S	80 (≥ 50)	nA/Ix
Maksimum hassasiyet gösterilen dalgaboyu	$\lambda S \text{ max}$	850	nm
Dalgaboyu aralığı	λ	400 ... 1100	nm
Hassasiyet alanı	A	7.00	mm ²
VR= 10 V Karanlık akımı	IR	2 (≤ 30)	nA
Yükselme / düşme zamanları RL= 50 Ω ; VR = 5 V; λ = 850 nm; Ip= 800 μ A	tr, tf	20	ns
Kapasitif etki VR = 0 V, f = 1 MHz, E= 0	C0	72	pF

Şekil 2.38 'de ise algılanan ışığın dalgaboyunun bir fonksiyonu olarak hassasiyet yüzdesi verilmiştir.

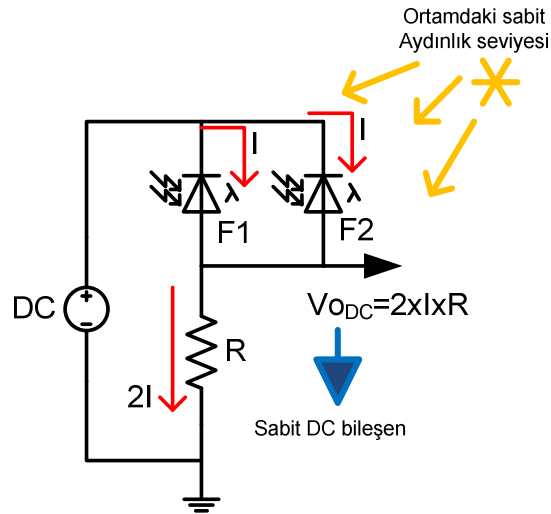


Şekil 2.38 Hassasiyetin değişimi

Şekil 2.38 'den de görüleceği gibi kullandığımız 680 nm dalgaboyundaki lazer için oldukça yüksek bir hassasiyet elde edilebilmektedir. Görünmez dalgaboyundaki (850 nm ve üzeri) lazer için ise çok daha iyi bir hassasiyet elde edilecektir.

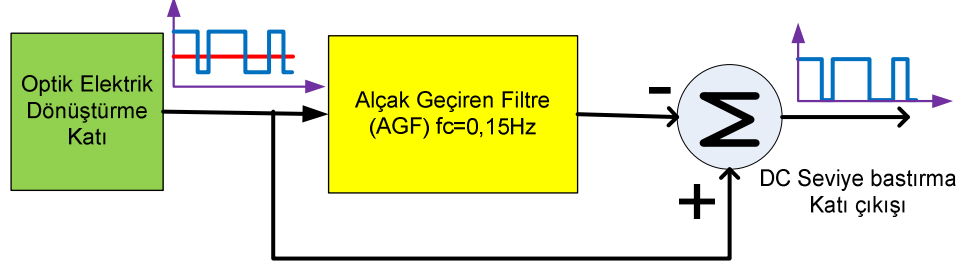
2.3.3 DC Seviye Bastırma

Optik-elektrik dönüşüm katında kullanılan fotodiyotlar, ortamda bulunan gün ışığından dolayı sürekli bir akım akmasına sebep olmaktadır. Bu sürekli akım, o andaki aydınlık seviyesine göre, sürekli bir DC bileşen oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum Şekil 2.39 'da verilmiştir.



Şekil 2.39 DC bileşenin oluşması

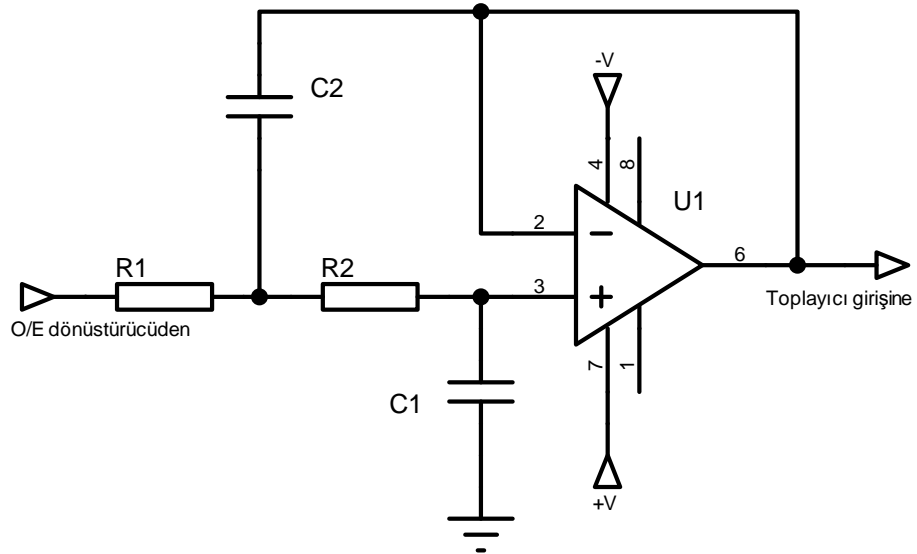
Ortamdaki sabit aydınlık seviyesinin neden olduğu DC bileşeni bastırmak için (DC Drift) kullanılan yöntemle ait blok şema Şekil 2.40 'da verilmiştir.



Şekil 2.40 DC seviye yok etme katı blok şeması

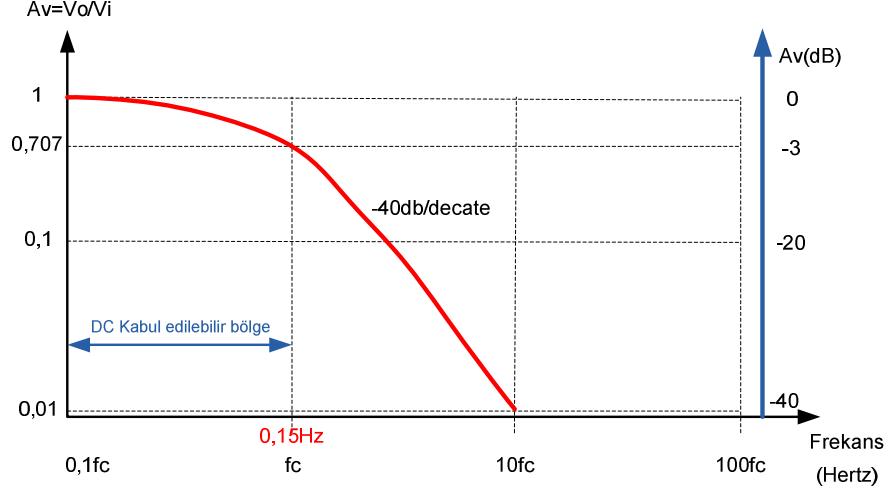
Şekil 2.40 'dan görüleceği gibi, optik-elektrik dönüştürme katı çıkışında kodlanmış olarak alınan sinyal, DC bir seviye üzerine binmiş durumdadır. Kullanılan alçak geçiren filtrenin kesim frekansı $f_c=0,15\text{ Hz}$ olarak seçildiğinden, filtre çıkışında sadece DC bileşen kalacaktır. Ortamdaki aydınlık seviyesinin değişmesi ile bu DC seviye de değişecek ve toplayıcı girişine ters fazda uygulanarak gerçek sinyal ile toplanacaktır. Böylece DC seviye bastırma katı çıkışında sadece bilgi sinyali görülecektir.

Sistemde kullanılan alçak geçiren filtreye ait devre şeması Şekil 2.41 'de verilmiştir.



Şekil 2.41 Filtre devresi açık şeması

Şekil 2.41 'de verilen devre ikinci dereceden bir alçak geçiren filtre olup, frekans tepkisini gösteren karakteristik Şekil 2.42 'de verilmiştir.



Şekil 2.42 Filtre devresinin frekans-kazanç değişim karakteristiği

Devrenin kesim frekansını veren denklemden (2.1) yola çıkarak; R_1 , R_2 , C_2 elemanları (2.2), (2.3), (2.4) numaralı eşitliklere göre hesaplanmıştır [29]. ($C_1=220nF$ olarak seçilmiştir.)

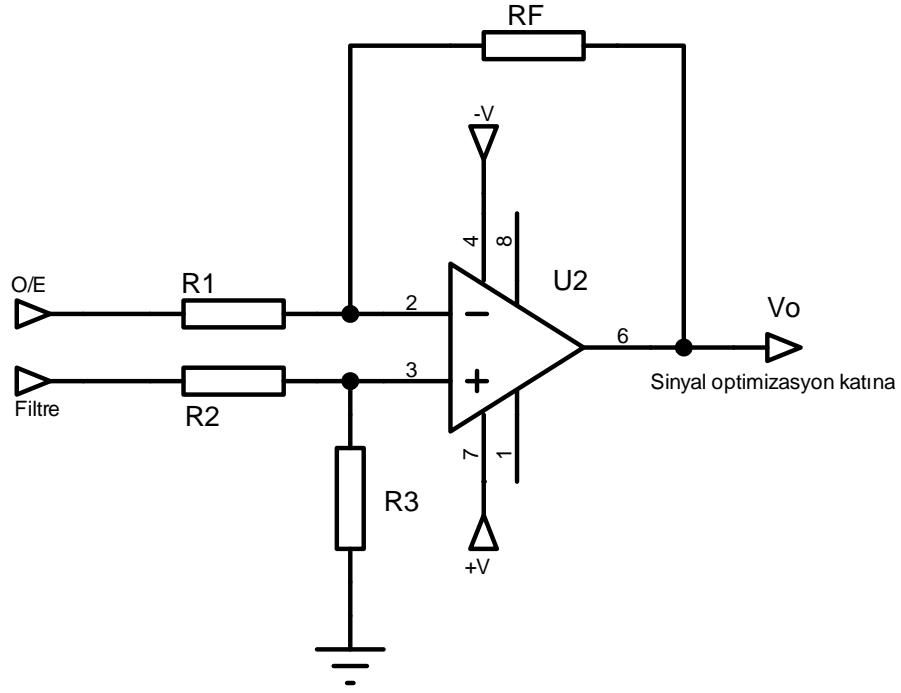
$$f_c = \frac{0,1125}{R_1 \cdot C_1} \quad (2.1)$$

$$R_1 = \frac{0,1125}{f_c \cdot C_1} = \frac{0,1125}{0,15 \cdot 220 \cdot 10^{-9}} = 3409090 \Omega \approx 3,3 M\Omega \quad (2.2)$$

$$R_2 = R_1 = 3,3 M\Omega \quad (2.3)$$

$$C_2 = 2 \cdot C_1 = 2 \cdot 220 = 440 nF \approx 470 nF \quad (2.4)$$

Şekil 2.43 'te ise gerçek sinyalden DC bileşeni çıkaran toplayıcı devre görülmektedir. Devrenin giriş çıkış ilişkisi denklem (2.5) ile verilmiştir.



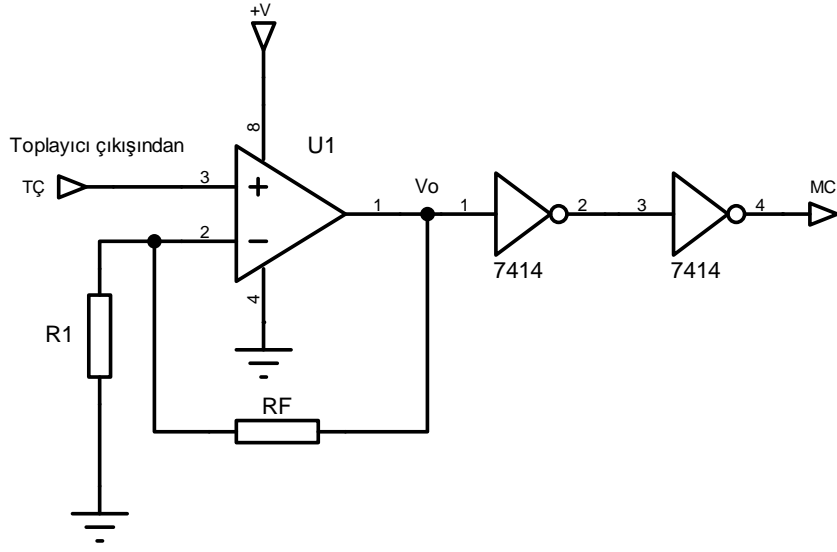
Şekil 2.43 Sinyalden DC bileşeni çıkartan devrenin açık şeması

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} V_{Filtre}\right) - \left(\frac{R_f}{R_1} V_{O/E}\right) \quad (2.5)$$

2.3.4 Sinyal Optimizasyon Katı

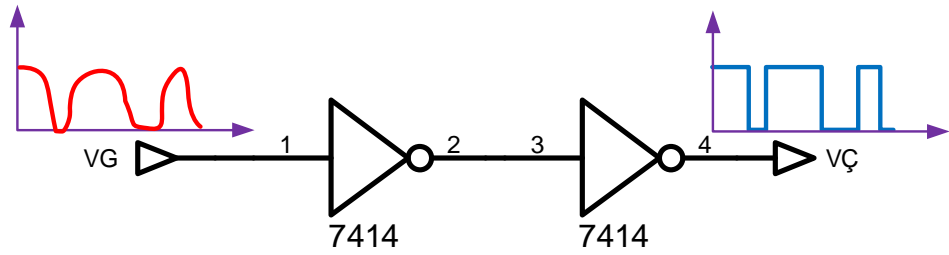
DC bileşenleri ayrıştırılan sinyal artık bilgi sinyali haline gelmiş, ancak küçük genlikli bir sinyaldir. Bu sinyalin TTL seviyesine yükseltilmesi amacıyla bir yükselteç devresi kullanılmaktadır. Kullanılan devre yapısı Şekil 2.44 'te verilmiştir. Devrenin giriş çıkış ilişkisi denklem (2.6) ile verilmiştir.

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_{TÇ} \quad (2.6)$$

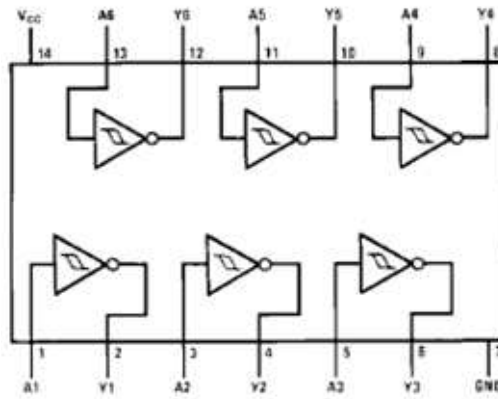


Şekil 2.44 Yükseltme ve düzünleştirme devresi

Şekil 2.44 'te kullanılan devreye dikkat edilirse, yükselteç çıkışında schmitt çeviricilerin kullanıldığı görülür. Schmitt çeviriciler sinyalin yükselme ve düşme noktalarını keskinleştirerek düzgün bir karedalga sinyal elde etmemizi sağlarlar. Şekil 2.45 'te schmitt çeviricilerin çalışması ve Şekil 2.46 'da pin yapısı verilmiştir.



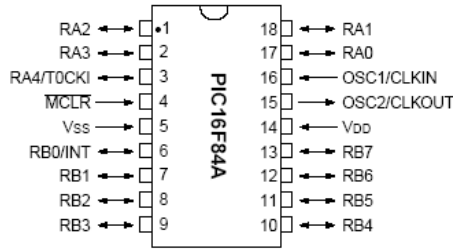
Şekil 2.45 Schmitt çeviricilerin çalışması



Şekil 2.46 74HC14 entegresi pin yapısı

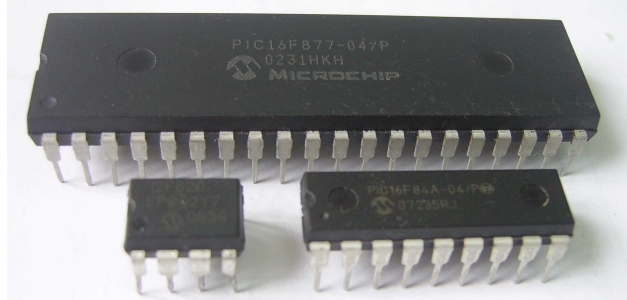
2.3.5 Merkezi Kontrol Birimi

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin alıcı katında, merkezi kontrol birimi olarak, Microchip firmasının ürettiği PIC16F84 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. PIC16F84; yüksek performanslı, CMOS, full-statik, 8 bit bir mikrodenetleyicidir. Tüm PIC16/17 mikrodenetleyicileri gibi PIC16F84 de RISC mimarisini kullanmaktadır [30]. PIC16F84 mikrodenetleyicisine ait pin yapısı Şekil 2.47 'de verilmiştir.



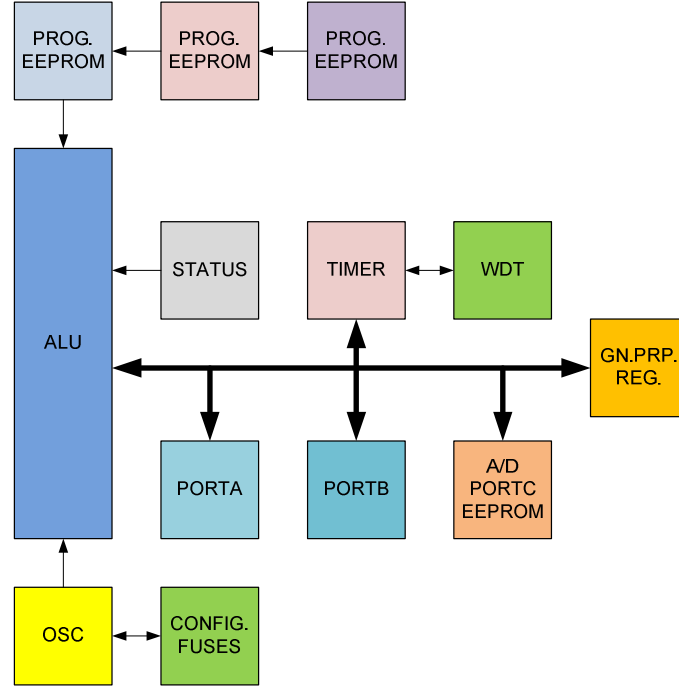
Şekil 2.47 PIC16F84 mikrodenetleyicisinin pin yapısı

PIC serisi mikrodenetleyicilerin çeşitli kılıfları Şekil 2.48 'de, basitleştirilmiş yapısı ise Şekil 2.49 'da verilmiştir.



Şekil 2.48 Çeşitli kılıflar

PIC16F84 mikrodenetleyicisinin temel özellikleri Çizelge 2.8 'de verilmiştir. Sistemde kullanılan yazılımın geliştirilmesi için Proton+ Compiler Version 2.1.3 derleyicisi ve derlenen yazılımın yüklenmesi için WinPic800 V.3.59 kullanılmıştır.



Şekil 2.49 PIC mikrodnetleyicilerin basitleştirilmiş yapısı

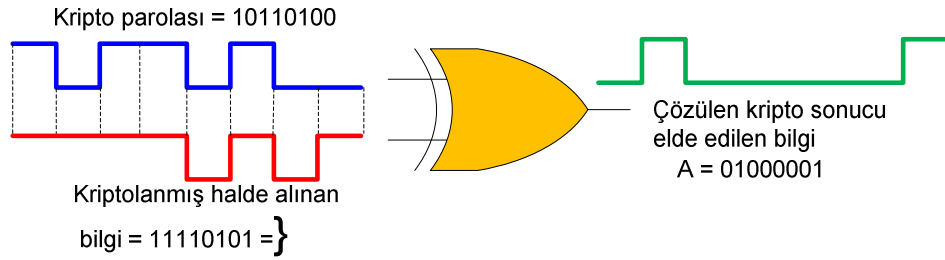
Çizelge 2.8 PIC16F84 mikrodnetleyicisinin temel özellikleri

No	ÖZELLİK
1	RISC mimari yapıya sahip mikrodnetleyicidir.
2	15 özel, 68 genel amaçlı kaydedicisi bulunmaktadır.
3	Bilinmesi gereken sadece 35 komutu vardır.
4	Çalışma hızı 20 MHz, yani saniyede 5 milyon işlem yapar.
5	4 adet kesme (interrupt) kaynağı vardır.
6	1792 Byte program, 64 byte veri hafızaya sahiptir.
7	10000 defadan fazla silinip yeniden programlanabilir.
8	10 milyon defa silinip/yazılabilen EEPROM hafızası vardır.
9	EEPROM hafızadaki veriyi 40 yıldan fazla saklayabilir.
10	13 adet çift yönlü giriş/çıkış portu vardır.
11	Her bir çıkış pini 25 mA 'ya kadar akım verebilmektedir.
12	Kod koruma özelliği ile içindeki program kopyalanamaz.
13	Uyku Modunda çalışma özelliği ile güç tasarrufu sağlar
14	2 – 6 Volt arasında çalışabilir.

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin alıcı katında bulunan merkezi kontrol birimi Şekil 2.50 'de verilen akış şemasına göre çalışmaktadır. Öncelikle öndeğerler yüklenerek değişkenler tanımlanmakta, daha sonra LCD modül hazırlanmaktadır.

Açılış mesajının yazılmasından sonra RB1 portundan IFF verisi beklenmekte ve gelince IFF_AL kaydedicisine yüklenmektedir. Daha sonra gelen veri değerlendirilerek klavyeden mi yoksa tetiğe basılarak mı gönderildiği algılanır. Alınan bilginin kriptosu çözülerek birlik kimliği ve alınan mesaj görüntü arabiriminde gösterilir.

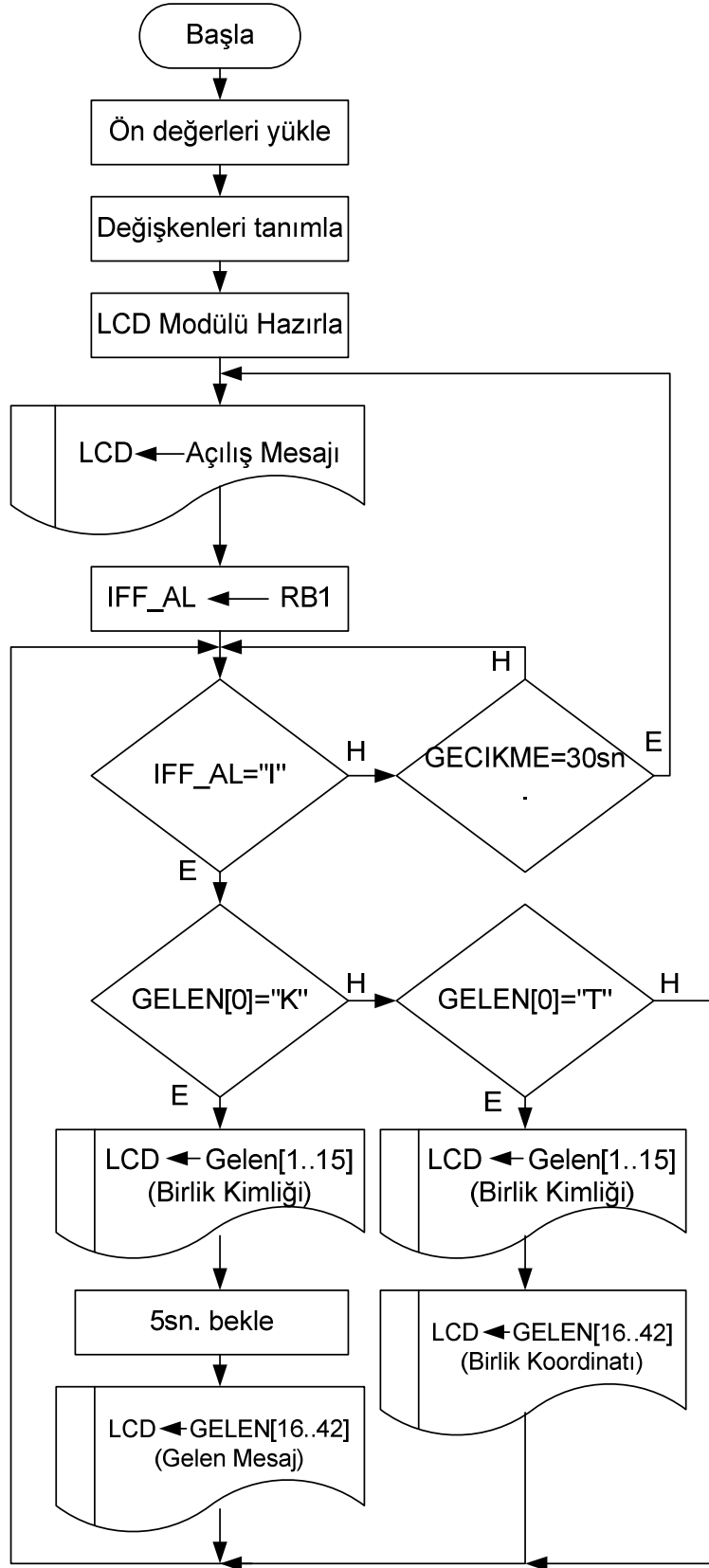
Sistemde XOR kriptolama tekniği kullanılmış olup örnek olarak alınan “}” karakterinin kodunun nasıl çözüldüğü Şekil 2.51 'de verilmiştir



Şekil 2.51 XOR kriptosunun çözülmesi

Şekil 2.51 'de görüldüğü gibi XOR çıkışı, $(10110100)_2$ ve $(11110101)_2$ girişleri için $(01000001)_2 = (65)_{10} = (A)_{ASCII}$ olmaktadır. Yani klavyeden “A” girişi yapıldığı anda modüle edilerek gönderilen veri “}” olmaktadır.

Alıcıya ulaşan “}” karakterine ait kriptonun çözülmesi ile “A” karakteri yeniden elde edilmiş olmaktadır.



Şekil 2.50 Alıcı sistem için akış şeması

2.3.6. Görüntüleme Birimi

Görüntüleme birimi olarak HD44780 (Industry Standard Character-LCD) tümdevresi içeren 2x16 satırlık LCD modül kullanılmıştır. Kullanılan LCD 'ye ait karakter seti Şekil 2.52 'de verilmiştir [31].

Görüntüleme biriminin etkin şekilde kullanılabilmesi için kullanım ve deney kolaylığı getiren bir tasarım yapılmıştır. Şekil 2.77 'de görüntüleme birimlerinin cihaz gövdesine nasıl monte edildiği görülmektedir.

Char. code	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
XXXX0000	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
XXXX0001	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1
XXXX0010	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX0011	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX0100	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX0101	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX0110	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX0111	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1000	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1001	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1010	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1011	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1100	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1101	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1110	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
XXXX1111	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

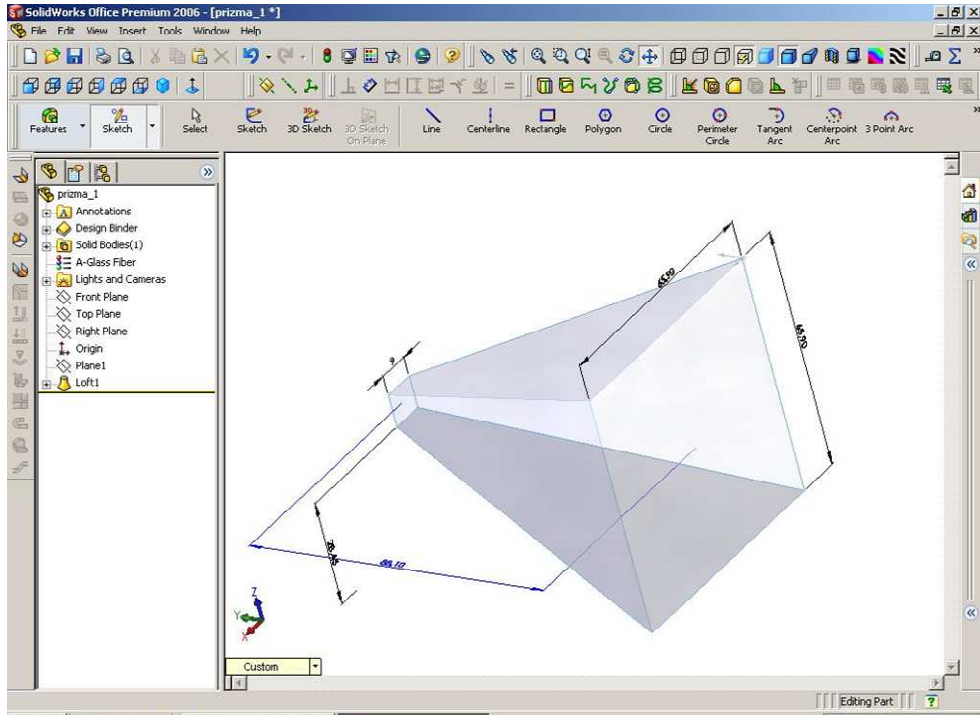
Şekil 2.52 LCD modüle ait karakter seti

2.4 Tasarlanan Sistemin Üretilmesi

Bu bölümde tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin hangi platformlar kullanılarak üretildiği ve üretim aşamaları verilmiştir.

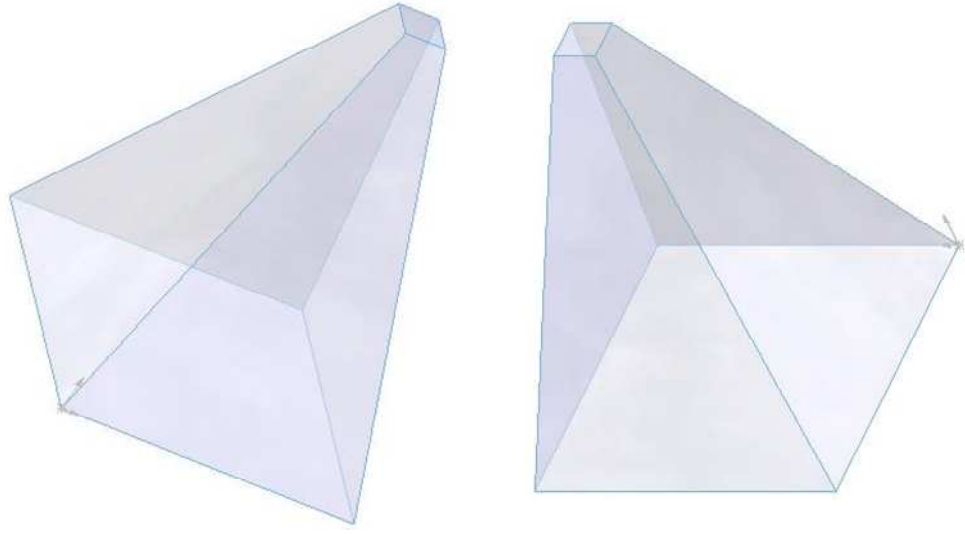
2.4.1 Optik Prizmanın Üretilmesi

Tasarlanarak gerçekleştirilen prizmaya ait çizimler SolidWorks programı ile yapılmış olup örnek bir arayüz Şekil 2.53 'te görülmektedir.

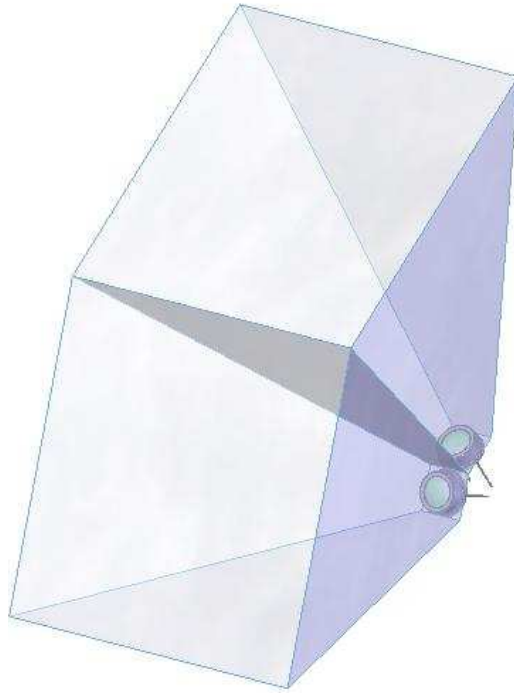


Şekil 2.53 Prizmanın SolidWorks ile tasarlanması

Şekil 2.54 'te ise çizimi tamamlanan prizmalar görülmektedir. Tasarlanarak gerçekleştirilen sistemde 2 adet prizma Şekil 2.55 'te görüldüğü gibi birleştirilerek alış açısı artırılmıştır.

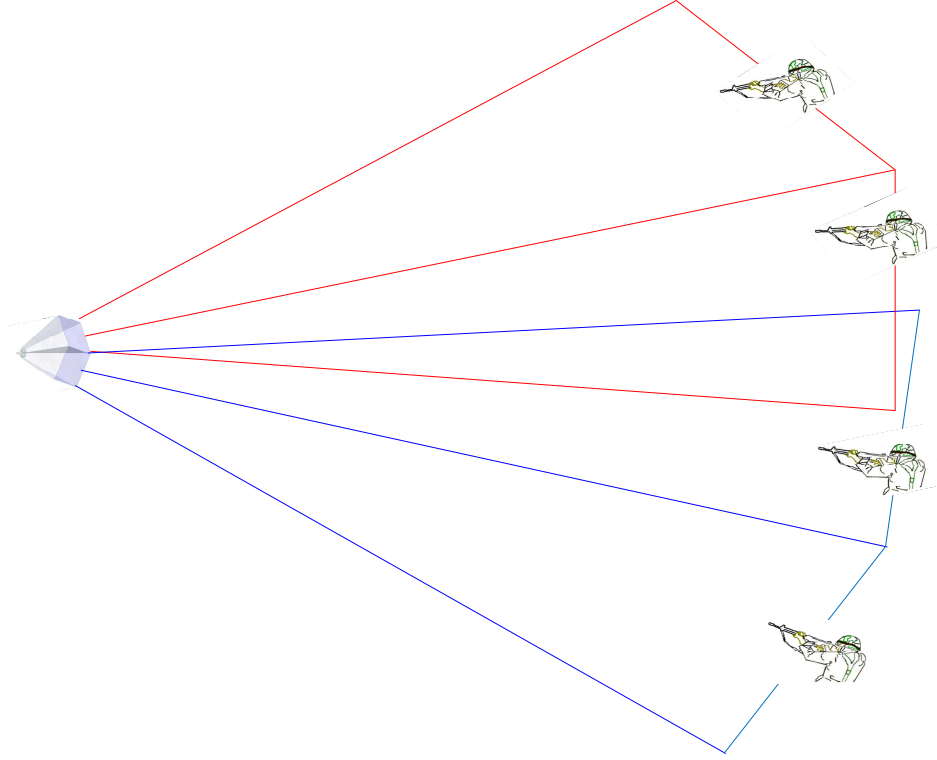


Şekil 2.54 Çizimi tamamlanan prizmalar



Şekil 2.55 Fotodiyotlar monte edilip birleştirilen pramitlerin SolidWorks çizimi

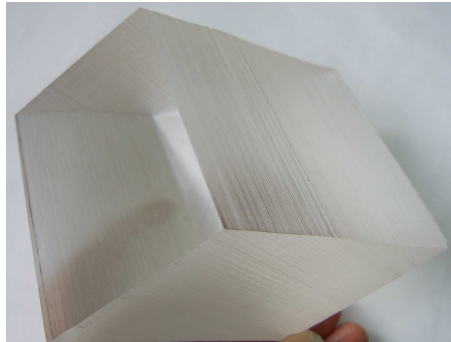
İki prizma kullanılması durumunda algılama yapılabilen derinlik yaklaşık olarak iki kat artmıştır. Bu durum Şekil 2.56 'da verilmiştir.



Şekil 2.56 Alış açısının genişletilmesi

Sistemin 360° 'lik bir açı ile alış yapabilmesi amacıyla, prizmalar bir küre şekline getirilecektir. Böylece herhangi bir noktadan gelen lazer ışığı kolaylıkla alınabilecektir.

Prizma üretimine başlarken öncelikle blok halindeki polimetilmetakrilat malzemesi temin edilmiştir. Temin edilen blok halindeki polimetilmetakrilat malzeme Şekil 2.57 'de verilmiştir.



Şekil 2.57 Polimetilmekatrilat malzemenin görünüşü

Bu malzeme öncelikle dört eşit parçaya bölünmüş ve freze tezgâhında işlenmiştir. Parçanın prizma şekline getirilebilmesi için freze tezgâhına yerleştirilmesi Şekil 2.58 'de verilmiştir.



Şekil 2.58 Malzemenin frezeze yerleştirilmesi

Şekil 2.59 'da parçanın freze tezgâhı ile prizma şekline nasıl getirildiği görülmektedir.



Şekil 2.59 Malzemenin işlenmesi

Bir yüzeyin işlenmesi tamamlandıktan sonra parça ters çevrilerek diğer yüzey işlenmiştir. Şekil 2.60 'da bu durum görülmektedir.



Şekil 2.60 Malzemenin diğer yüzeyinin işlenmesi

Parçalar freze tezgâhında piramit şekline getirildikten sonra yüzeylerinin düzgünleştirilmesi için su altında zımparalanmıştır. Şekil 2.61 'de zımparalama işlemi görülmektedir.



Şekil 2.61 Su altında zımparalama işlemi

Zımparalama işlemi bitirildikten sonra yüzeylerin parlatılması için keçeleme işlemine geçilmiş, bu işlem alkol yardımıyla yüksek devirde dönen makine yardımıyla yapılmıştır. Parlatma işleminin yapılışı Şekil 2.62 'de görülmektedir.



Şekil 2.62 Keçe ile parlatma işlemi

Yan yüzeylerin parlatılmasından sonra lazer ışığının yansımalarını sağlamak amacıyla kaplama işlemine geçilmiştir. Yüzeyler önce ışığı tam olarak yansıtacak beyaz folyo ile kaplanmıştır. Bu durum Şekil 2.63 'de görülmektedir.



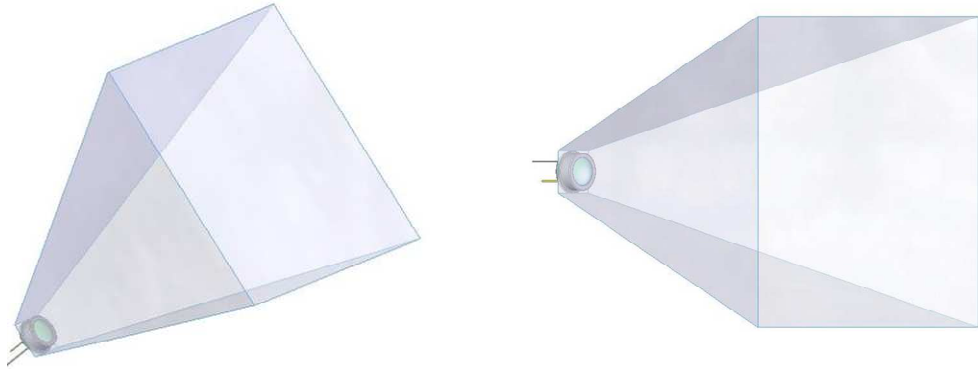
Şekil 2.63 Beyaz folyo ile kaplama işlemi

Şekil 2.64 'de ise parçadan dışarı veya içeri ışık sızmaması için siyah folyo ile kaplama işlemi görülmektedir.

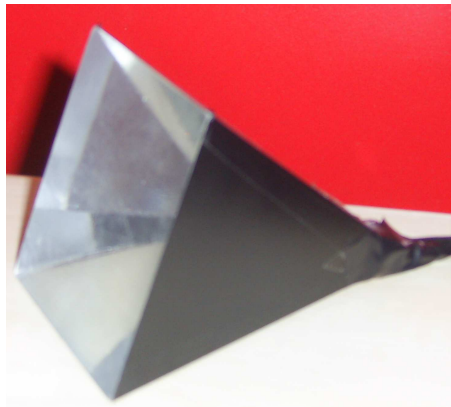


Şekil 2.64 Siyah folyo ile kaplama işlemi

Kaplama işleminin tamamlanmasından sonra prizmanın tepe noktasına fotodiyot yerleştirilmiştir. Söz konusu SolidWorks çizimi Şekil 2.65 'de verilmiştir. Fotodiyodun dış yüzeyden ışık almaması için, piramidin siyah folyo ile kaplanmış halini gösteren fotoğraf Şekil 2.66 'da verilmiştir.



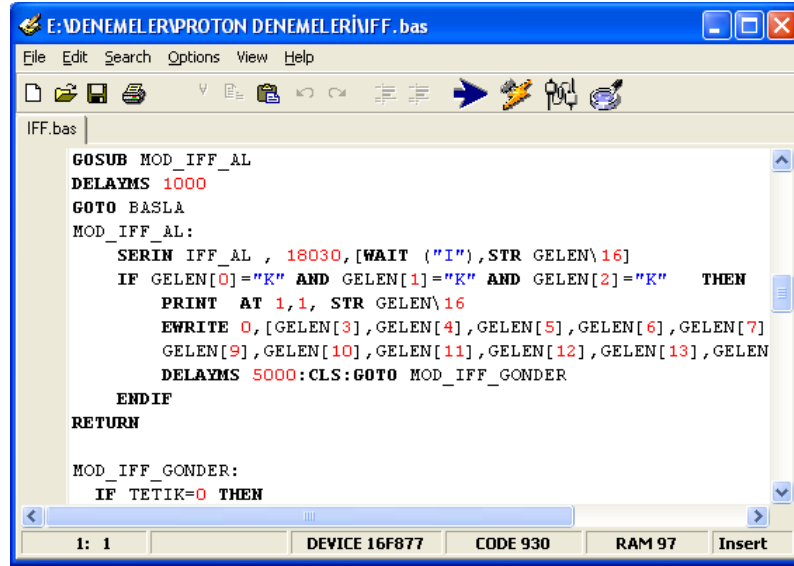
Şekil 2.65 SolidWorks çizimi



Şekil 2.66 Tamamlanan optik anten

2.4.2 Gerekli Yazılımların Geliştirilmesi

Sistemde kullanılan yazılımın geliştirilmesi için Proton+ Compiler Version 2.1.3 derleyicisi, derlenen yazılımın yüklenmesi için WinPic800 V.3.59 programı ve USB programlayıcı kullanılmıştır. Proton+ Compiler Version 2.1.3 derleyicisine ait arayüz Şekil 2.67 'de verilmiştir.

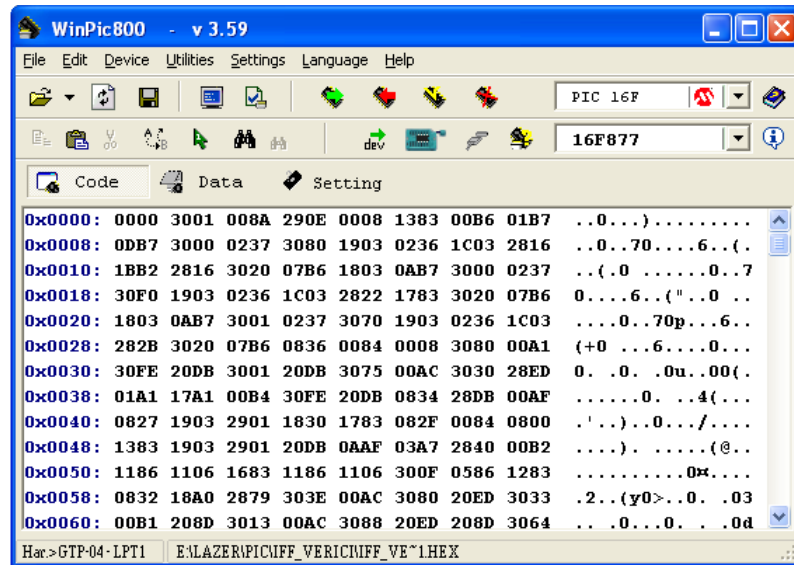


```
IFF.bas
GOSUB MOD_ IFF_ AL
DELAYMS 1000
GOTO BASLA
MOD_ IFF_ AL:
SERIN IFF_ AL , 18030,[WAIT ("I"),STR GELEN\16]
IF GELEN[0]="K" AND GELEN[1]="K" AND GELEN[2]="K" THEN
PRINT AT 1,1, STR GELEN\16
EWRITE 0,[GELEN[3],GELEN[4],GELEN[5],GELEN[6],GELEN[7]
GELEN[9],GELEN[10],GELEN[11],GELEN[12],GELEN[13],GELEN
DELAYMS 5000:CLS:GOTO MOD_ IFF_ GONDER
ENDIF
RETURN
MOD_ IFF_ GONDER:
IF TETIK=0 THEN
```

1: 1 DEVICE 16F877 CODE 930 RAM 97 Insert

Şekil 2.67 Yazılımların Proton+ Compiler Version 2.1.3 ile derlenmesi

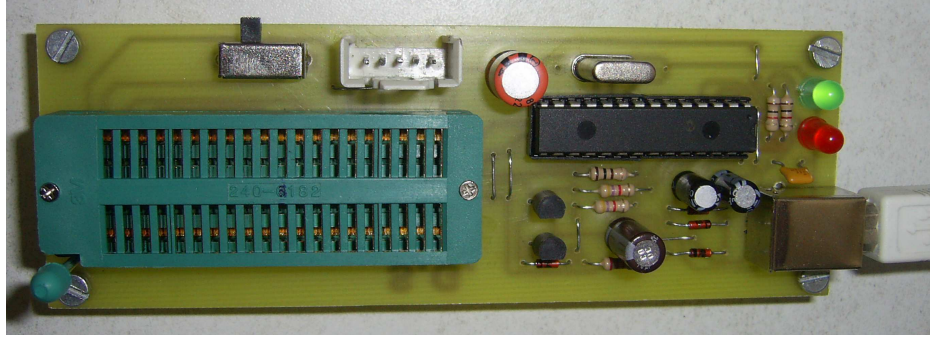
WinPic800 V.3.59 programına ait arayüz Şekil 2.68 'de verilmiştir.



```
WinPic800 - v 3.59
File Edit Device Utilities Settings Language Help
PIC 16F
16F877
Code Data Setting
0x0000: 0000 3001 008A 290E 0008 1383 00B6 01B7 ..0...).....
0x0008: 0DB7 3000 0237 3080 1903 0236 1C03 2816 ..0..70...6..(
0x0010: 1BB2 2816 3020 07B6 1803 0AB7 3000 0237 ..(.0 .....0..7
0x0018: 30F0 1903 0236 1C03 2822 1783 3020 07B6 0...6..("..0 ..
0x0020: 1803 0AB7 3001 0237 3070 1903 0236 1C03 ...0..70p...6..
0x0028: 282B 3020 07B6 0836 0084 0008 3080 00A1 (+0 ...6...0..
0x0030: 30FE 20DB 3001 20DB 3075 00AC 3030 28ED 0. .0. .0u...0(.
0x0038: 01A1 17A1 00B4 30FE 20DB 0834 28DB 00AF .....0. ..4(...
0x0040: 0827 1903 2901 1830 1783 082F 0084 0800 .'...)..0.../...
0x0048: 1383 1903 2901 20DB 0AAF 03A7 2840 00B2 .....). ....(@..
0x0050: 1186 1106 1683 1186 1106 300F 0586 1283 .....0x...
0x0058: 0832 18A0 2879 303E 00AC 3080 20ED 3033 .2..{y0>...0. .03
0x0060: 00B1 208D 3013 00AC 3088 20ED 208D 3064 .. .0...0. . .0d
Har>GTP-04-LPT1 E:\LAZER\PIC\IFF_VERICINIFF_VE"1HEX
```

Şekil 2.68 Derlenen yazılımların WinPic800 V.3.59 programına aktarılması

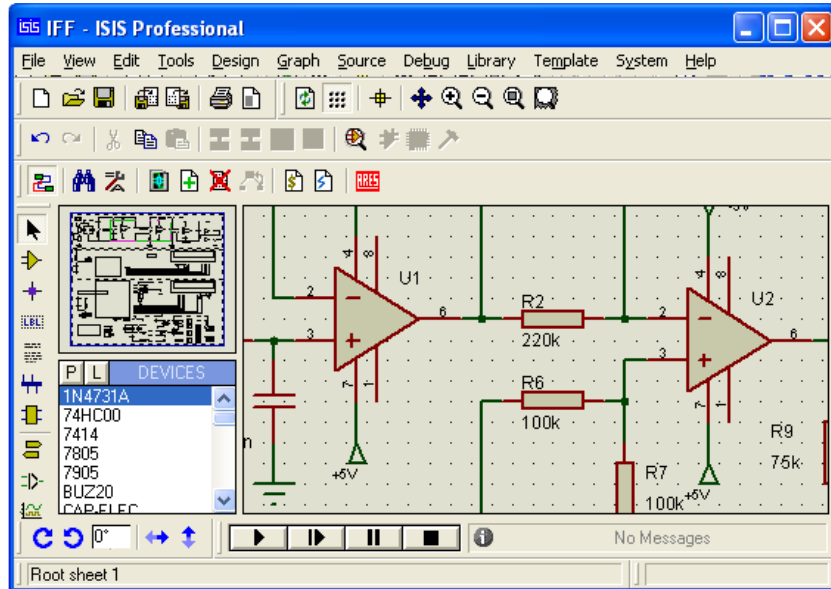
Derlenen yazılımların mikrodenetleyiciye yüklenmesi için kullanılan USB programlayıcıya ait fotoğraf Şekil 2.69 'da verilmiştir.



Şekil 2.69 Kullanılan USB programlayıcı

2.4.3 Devre Şemalarının Çizilmesi

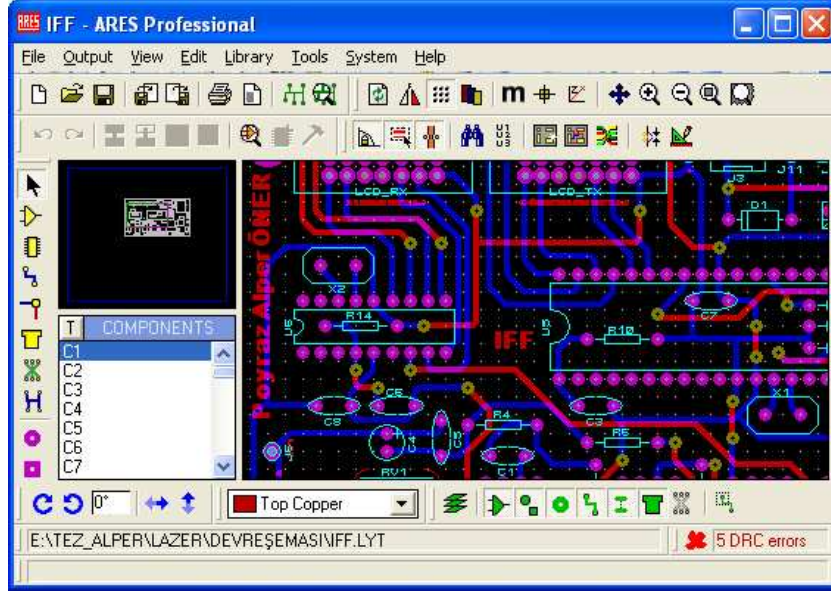
Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin alıcı ve verici katlarına ait devre şemaları Labcenter Electronics tarafından geliştirilen Proteus ISIS 7.1 programı ile hazırlanmıştır. Proteus ISIS 7.1 programına ait arayüz Şekil 2.70 'de verilmiştir.



Şekil 2.70 Devre şemalarının çizilmesi

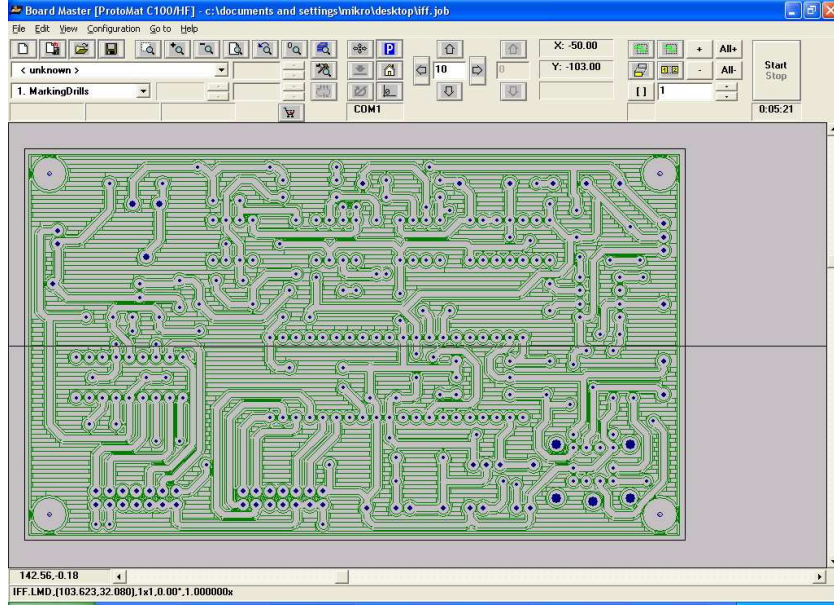
2.4.4 Baskılı Devre Kartlarının Çizilmesi

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sisteminin alıcı ve verici katlarına ait devre şemaları Labcenter Electronics tarafından geliştirilen Proteus ARES 7.1 programı ile hazırlanmıştır. Proteus ARES 7.1 programına ait arayüz Şekil 2.71 'de verilmiştir.



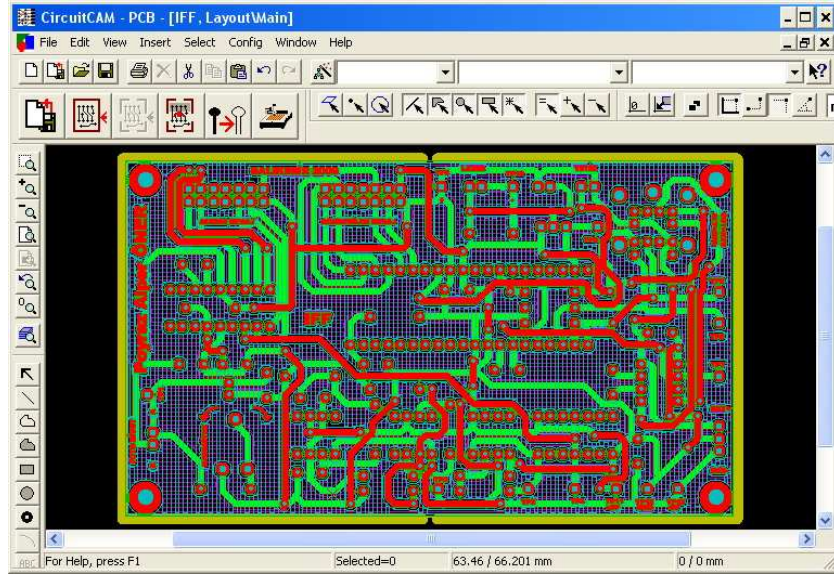
Şekil 2.71 Baskılı devre kartlarının tasarlanması

Proteus ARES 7.1 programı ile hazırlanan baskılı devre kartlarının üretilmesi için LPKF firmasının baskıdevre çizici cihazı kullanılmıştır. Baskılı devresi ARES ortamında hazırlanarak alınan gerber dosyaları BoardMaster ve CircuitCam programları ile baskıdevre çizici cihaza aktarılmış ve kartlar çizdirilmiştir. BoardMaster programına ait arayüz Şekil 2.72 'de verilmiştir.



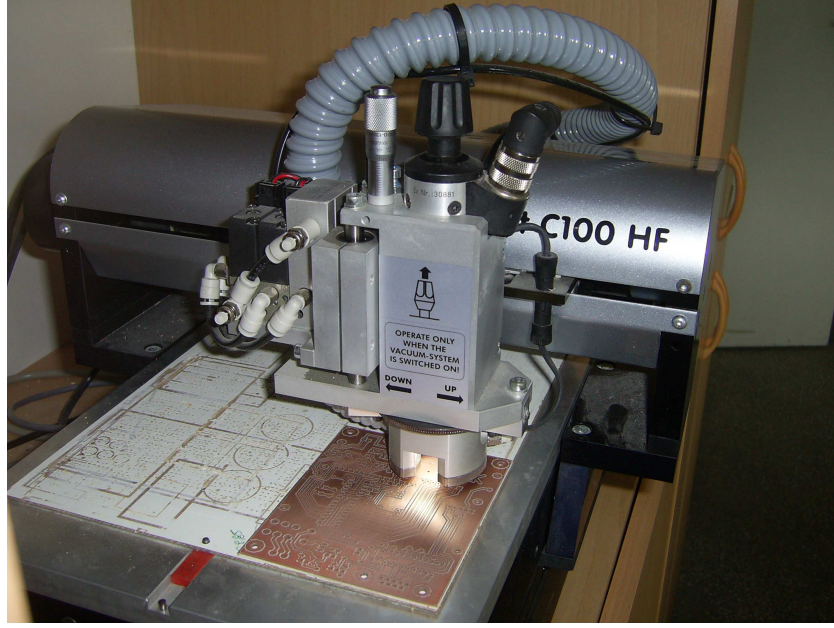
Şekil 2.72 BoardMaster programına ait arayüz

CircuitCam programına ait arayüz Şekil 2.73 'de verilmiştir.

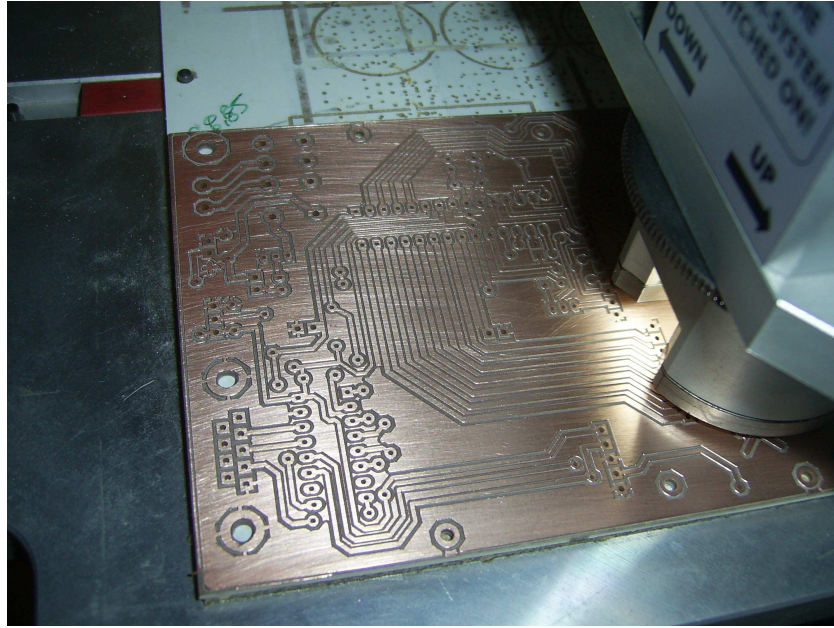


Şekil 2.73 CircuitCam programına ait arayüz

Baskıdevre çizici cihazın kartı çizmesini gösteren fotoğraf Şekil 2.74 ve Şekil 2.75 'de verilmiştir.



Şekil 2.74 LPKF C100HF baskı devre kazıma cihazı



Şekil 2.75 Tasarlanan kartın kazınması

2.4.5 Tamamlanan Lazer IFF Sistemi

Şekil 2.76, Şekil 2.77, Şekil 2.78, Şekil 2.79 ve Şekil 2.80 'de üretimin değişik aşamalarına ve tamamlanan lazer IFF sistemine ait değişik noktalardan çekilmiş fotoğraflar verilmiştir.

Şekil 2.76 'da cihaz gövdesinin bakırlı kart yardımıyla nasıl şekillendirildiği görülmektedir.

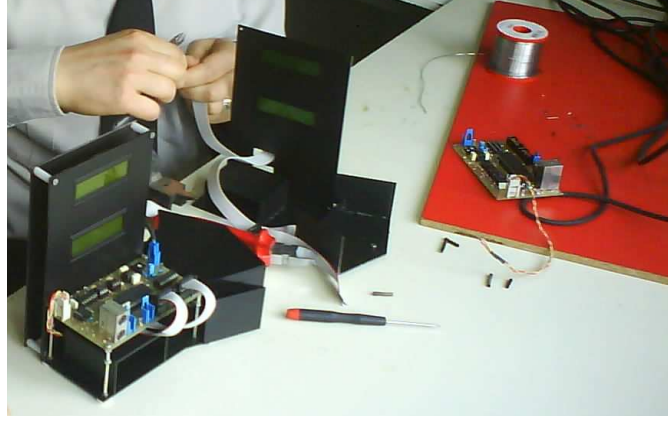


Şekil 2.76 Cihaz gövdesi

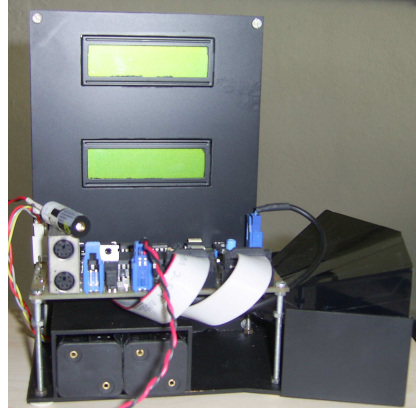
Şekil 2.77 'de boyama işlemi tamamlanarak LCD modülleri monte edilmiş cihaz gövdesi, Şekil 2.78 'de montaj aşaması, Şekil 2.79 'da ve Şekil 2.80 'de sistemin tamamlanmış hali görülmektedir.



Şekil 2.77 LCD 'lerin monte edilmesi



Şekil 2.78 Montaj çalışması



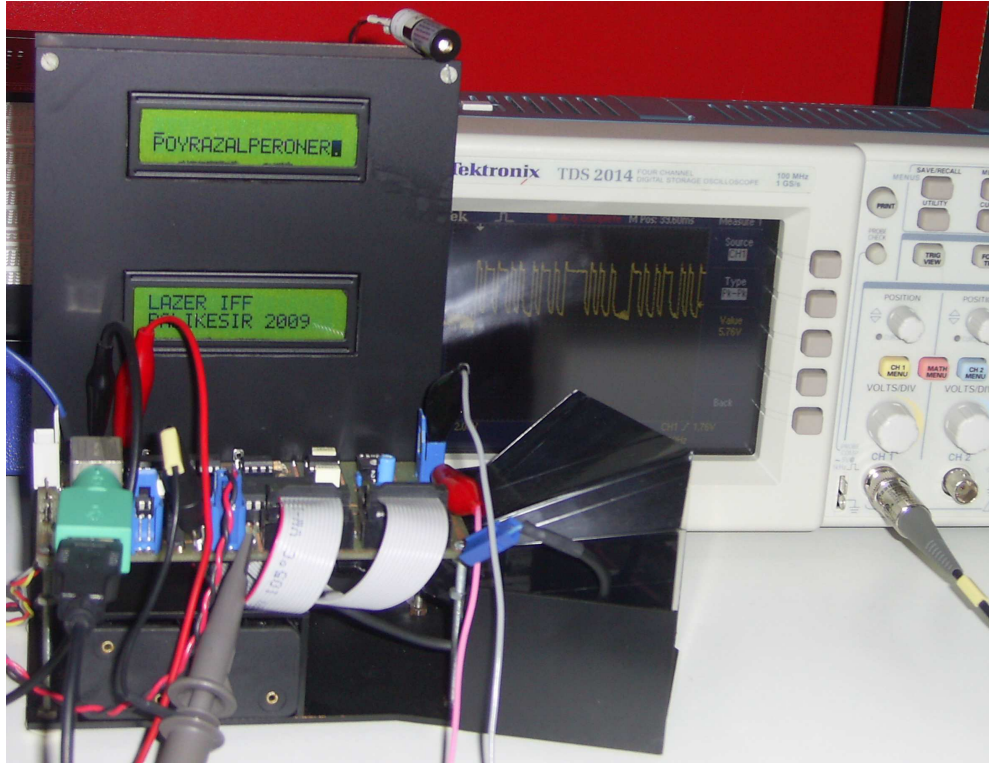
Şekil 2.79 Tamamlanan lazer IFF cihazı



Şekil 2.80 Tamamlanan lazer IFF cihazı

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

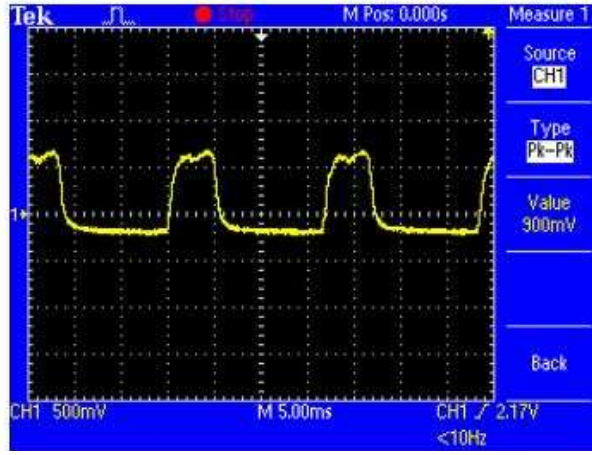
Deneysel çalışmalar için Tektronix TDS2014 100 MHz dört kanal dijital osilaskop, Protek 608 True RMS multimetre, Yıldırım Mini Analog Eğitim Seti, Protek G5100 Programlanabilir Fonksiyon Jeneratörü kullanılmıştır. Şekil 3.1 'de deneysel çalışma anı görülmektedir.



Şekil 3.1 Deneysel çalışma anı

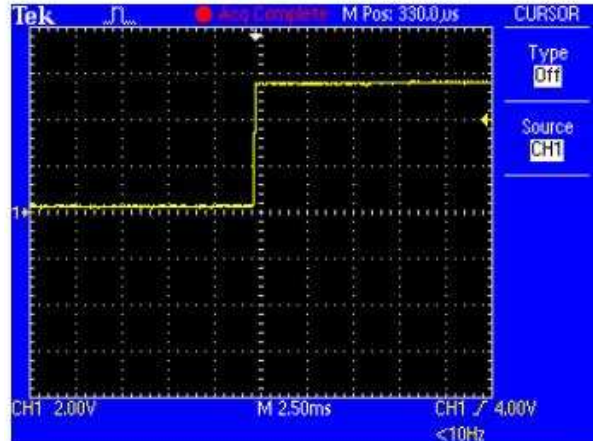
3.1 Fotodiyot Deneyi

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sistemine 60 Hz ile anahtarlanan beyaz ışık uygulanmış ve fotodiyot çıkışında elde edilen sinyal Şekil 3.2 'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Fotodiyottan alınan sinyal şekli

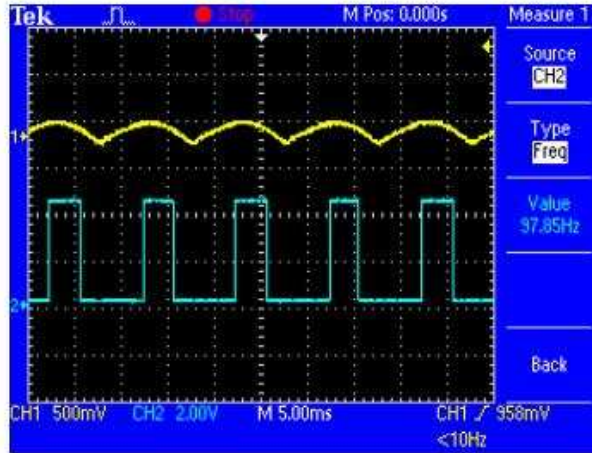
Şekil 3.3 'te ise ışığın uygulanması ile fotodiyot çıkışında elde edilen sinyalin yükselişi verilmiştir. Yükselme zamanı (rise time)140 μ s olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.3 Yükselme zamanı

3.2 Florasan Işığının İncelenmesi

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sistemine ait optik prizma, florasan lambaya doğru çevrilmiş ve 100 Hz 'lik yanma sönme sinyali ölçülmüştür. Osilaskopta görülen sinyal Şekil 3.4 'te verilmiş ve 97,85 Hz olarak ölçülmüştür.

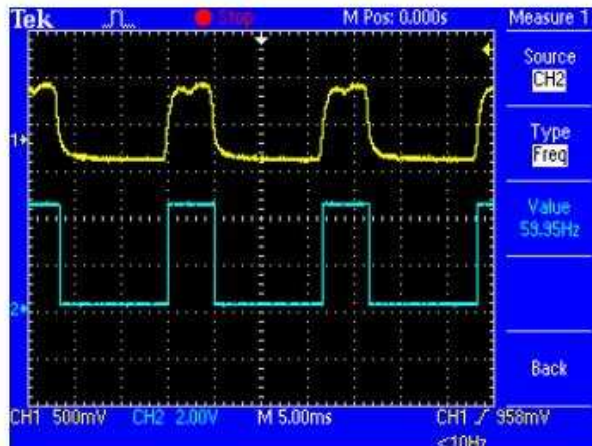


Şekil 3.4 Florasanın neden olduğu sinyal şekli

Şekil 3.2 'de sarı renk ile görülen sinyal fotodiyot çıkışında oluşan sinyaldir. Mavi renk ile görülen sinyal ise schmitt çevirici çıkışından alınan sinyaldir.

3.3 Monitör Tarama Frekansının Ölçülmesi

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sistemine ait optik prizma, tarama frekansı 60 Hz'e ayarlanmış bir bilgisayar monitörüne doğru çevrilmiş ve 59,95 Hz 'lik tarama frekansı ölçülmüştür. Osilaskopta görülen sinyal Şekil 3.5 'te verilmiştir



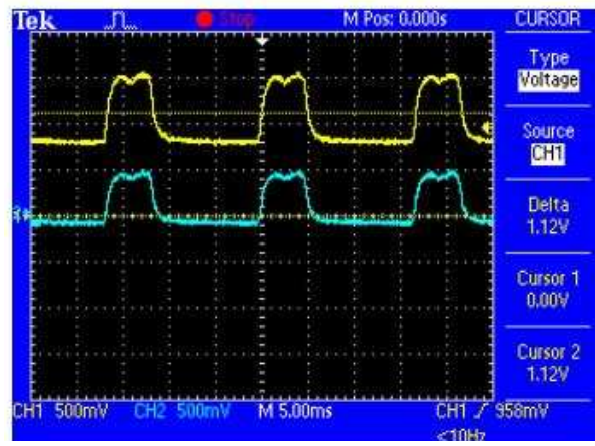
Şekil 3.5 Monitör tarama frekansının ölçülmesi

CRT katodundan çıkan elektron demeti 60 Hz 'lik bir hızla ekranı taramakta ve fotodiyot önünden her geçişinde Şekil 3.5 'te sarı renkle görülen sinyali

oluşturmaktadır. Şekil 3.5 'te mavi renk ile görülen sinyal ise schmitt çevirici çıkışında alınan sinyaldir.

3.4 DC Seviye Yok Etme Katının İncelenmesi

Bölüm 2.3.3 'de anlatılan DC seviye yok etme katı giriş ve çıkışında alınan sinyaller incelenmiştir. Şekil 3.6 'da verilen osilaskop görüntüsünde sarı renkli sinyal DC seviye yok etme devresi girişindeki sinyaldir. Bu sinyal ortamdaki ölçüm anındaki aydınlık durumundan kaynaklanan 1,12 voltluk bir DC bileşen üzerine binmiştir.



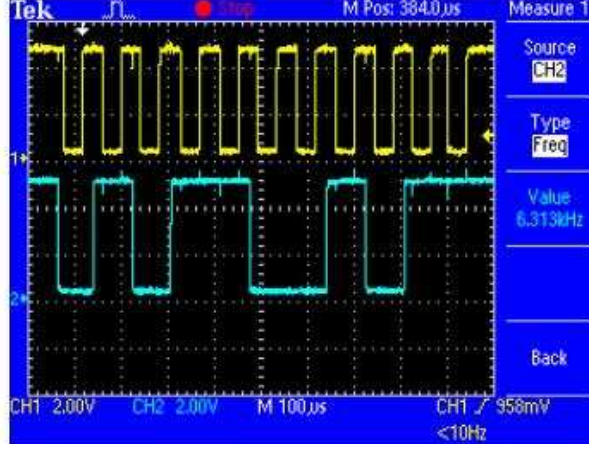
Şekil 3.6 DC bileşen yok etme devresi sinyal şekilleri

Şekil 3.6 'da verilen osilaskop görüntüsünde mavi renkli sinyal ise DC seviye yok etme katı çıkışındaki sinyaldir. Görüldüğü gibi bilgi kaybolmamış fakat DC bileşenleri yok edilmiştir.

3.5 Klavye Tarama Kodunun İncelenmesi

Bölüm 2.2.3 'te açıklandığı gibi klavye senkron seri haberleşme protokolünü kullanmaktadır. Bu protokol saat ve veri olmak üzere iki bilgi hattını kullanır. Şekil 3.7 'de sarı renkle verilen sinyal klavyede P tuşuna basıldığı anda üretilen saat

sinyalidir. Şekil 3.7 'de mavi renkle verilen sinyal ise klavyede P tuşuna basılmasıyla oluşan veri sinyalidir.

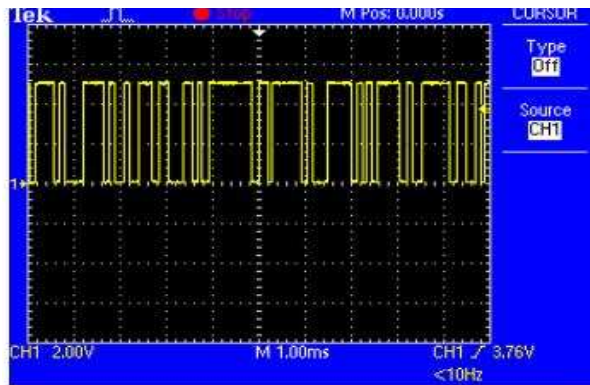


Şekil 3.7 Saat ve veri sinyalleri

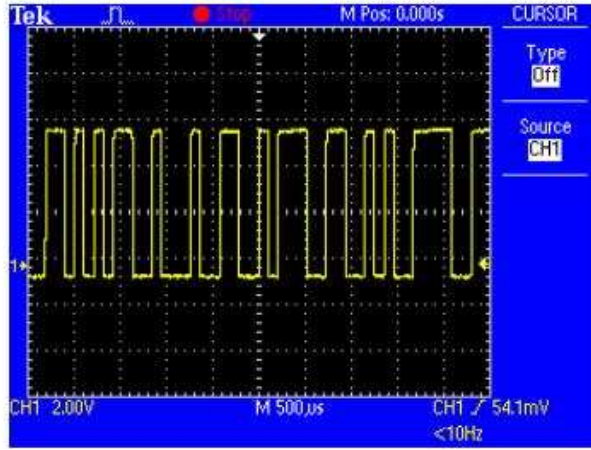
P tuşuna basılmasıyla üretilecek tarama kodu $(4D)_{16}$ 'dir. Bu kodun onluk karşılığı $(77)_{10}$ ve binary karşılığı $(01001101)_2$ şeklindedir. Mavi renkli sinyal bu kodu doğrulamaktadır.

3.6 GPS 'den Alınan Sinyalin İncelenmesi

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sistemine ait GPS modülünün TX hattından alınan sinyal Şekil 3.8 'de verilmiştir. GPS arabiriminin çıkışından, verici devresinin merkezi kontrol birimine aktarılan sinyal Şekil 3.9 'da verilmiştir.



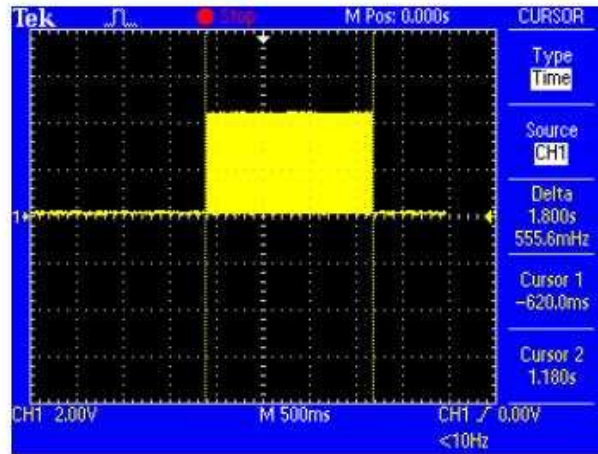
Şekil 3.8 GPS 'den alınan sinyal şekli



Şekil 3.9 GPS 'den aktarılan sinyal şekli

3.7 Sistem Tarafından Algılanan Sinyalin İncelenmesi

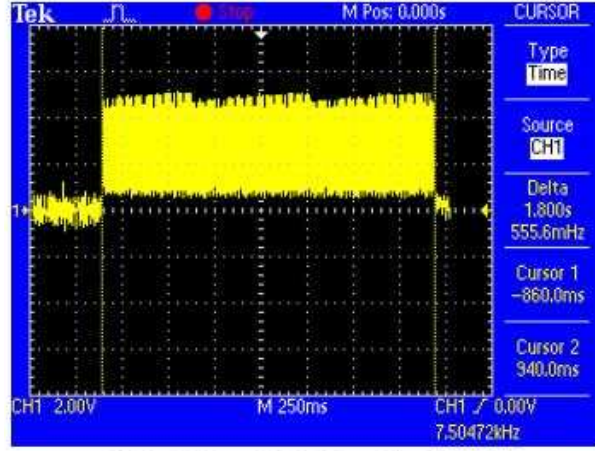
Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sistemi optik prizmasına “BUFENBILIMLERIENSPOYRAZALPERONER” metni gönderildiğinde alınarak işlenen sinyal Şekil 3.10 'da verilmiştir.



Şekil 3.10 Algılanan sinyal

3.8 Sistem Tarafından Gönderilen Sinyalin İncelenmesi

Tasarlanarak gerçekleştirilen lazer IFF sistemi klavyesinden girilen “BUFENBILIMLERIENSPOYRAZALPERONER” metni gönderildiğinde lazer kaynağı üzerinde görülen sinyal Şekil 3.11 'de verilmiştir.



Şekil 3.11 İletilen bilgi

Şekil 3.11 'den de görüldüğü gibi bilgi sinyali DC bileşen üzerine yerleştirilerek gönderilmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımı yapılarak gerçekleştirilen lazer tabanlı IFF sistemi başarılı bir şekilde çalıştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar ile 300 metre mesafeden sağlıklı bir şekilde veri iletimi ve kimlik tanımlaması yapılmıştır. Kullanılan lazer kaynağının görünmez bölgedeki dalga boyunda, IRHN9396 tipi bir ışın kaynağının seçilmesiyle, bu mesafe 2000 metreye kadar çıkartılabilecektir.

Günümüzde kullanılmakta olan IFF sistemleri daha çok hava ve deniz platformları için üretilmiş olup radyo frekans bölgesinde çalışmaktadır. Mevcut IFF sistemlerinin radyo frekans bölgesinde çalışmalarının bir sonucu olarak çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemler daha çok karışma, aldatma ya da bastırma olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarımı yapılan lazer tabanlı IFF sistemi ile bilgi, mesajın uzunluğuna göre, milisaniyeler süresinde aktarıldığından, alıcı ve verici arasına girerek haberleşmenin kesilmesi mümkün değildir. Geliştirilen sistem aynı zamanda, radyo frekans bölgesinde yapılabilen bastırma tekniğinden de etkilenmemektedir.

Geliştirilen lazer tabanlı IFF sisteminin bir başka avantajı da güvenli bir mesaj aktarma sistemi olarak kullanılabilmesidir. Bu özelliği ile sabit bina veya birlikler arasında “dinlenme” korkusu olmaksızın iletişim kurulabilecektir. Bu amaçla sisteme PS2 tipinde bir klavye bağlantı noktası eklenmiş ve klavye tarama kodları çözülerek kriptolanmıştır. Geliştirilen sistemde, lazer ışınının kriptolu olarak gönderilmesi ilave bir güvenlik unsuru olmaktadır.

Geliştirilen lazer tabanlı IFF sistemine GPS teknolojisinin entegre edilmesiyle, birliklerin veya araçların koordinat bilgileri de öğrenilmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda, GPS ile birlikte dijital pusula tümdevresi kullanılarak, birliklerin hareket istikametleri gibi bilgiler de iletilebilecektir.

IFF sistemine ait alıcı katında kullanılan anten sistemi diğer lazer haberleşme sistemlerinden farklı bir yaklaşımla geliştirilmiştir. FSO sistemleri sabit noktalara yerleştirildiğinden, çeşitli mercek düzenekleri ile yapılan optik antenler kullanılmaktadır. Geliştirilen lazer tabanlı IFF sisteminde ise polimetilmekatriolat malzemesinden bir piramit imal edilmiş ve bu piramide algılayıcı monte edilmesiyle optik anten üretilmiştir. Üretilen piramitler yüzey yüzeye birleştirilerek algılama açısı artırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sırasında piramidin bir yüzeyinin düz olarak üretilmesi durumunda algılama açısının daha da artacağı sonucuna ulaşılmıştır. İleride bu piramitlerin bir küre şekline getirilmesi ve 360°'lik bir algılama açısına sahip olması planlanmaktadır.

Lazer tabanlı IFF sisteminde, sorgulayıcı ve cevaplayıcının birbirlerini görmesi zorunluluğu bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dezavantajın bertaraf edilmesi için, ileride yapılacak çalışmalarda, yüksek noktalara yerleştirilecek optik link istasyonları tasarlanabilecektir. Diğer bir çözüm ise bu amaçla belli noktalarda zeplin veya balon kullanmak olarak düşünülmektedir.

Geliştirilen lazer tabanlı IFF sisteminin, kara kuvvetleri birlik veya araçlarına uygulanabilecek olması, mevcut IFF sistemlerinin yanında alternatif bir kullanım sahası teşkil edebilecektir.

Gelecekte, robotik sistemlerin gelişmesi ile savaş bölgelerinde çok sayıda robotla karşılaşılacağı düşünülmektedir. Geliştirilen lazer tabanlı IFF sistemi, robotlar arasında iletişim sağlamak amacıyla da kullanılabilir. Bu sayede radyo frekansın neden olduğu manyetik kirliliğin önüne geçilebilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.everything2.comn/index.pl9node=iff>.
- [2] Bowden., L., “The story of IFF (identification friend or foe)”, IEE Proceedings, Vol. 132, Pt. A, No. 6, (1985) , pp 435-437
- [3] Kayakesen, E. ve Yıldız, Ö., “Modelling of IFF Capability of an Airborne Multi Function Phased Array Radars”, IEE Proceedings, (2006)
- [4] <http://www.deanboys.com>.
- [5] <http://itnu.de/radargrundlagen/sekundear/sr02-en.html>.
- [6] Taştekin, S., “Dost Düşman Tanıma Tanıtma Sistemi”, Ankara, (2007), pp 1-42
- [7] <http://www.radwar.com.pl/eng/sisoiszf.htm>
- [8] Gürkan, S., “Gelişen Haberleşme Teknolojileri”, Balıkesir, (2007), pp 45-89
- [9] Kahveci, M, K., Yıldız, F., “Global Konum Belirleme Sistemi”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2001)
- [10] Gregory, T., “Understanding The GPS”, GEO Resarch, USA, (1996)
- [11] Özden, H., “Sanayide Kullanılan Yüksek Güçlü Lazer Makineleri ve Lazer İmalat Yöntemleri”, İzmir, (2008), pp 3-7
- [12] Hoyer, S., “Precision Optics”, Germany, (1990), pp H6-H7
- [13] www.laserverbund.de
- [14] Özden, H., “Lazer makineleri ve Lazer yöntemleri”, İzmir, (2007), Yüksek Lisans Ders Notu, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

- [15] Wakamori, K., Kazaura, K., “Experiment on Regional Broadband Network Using Free-Space-Optical Communication Systems”, Journal Of Lightwave Technology, Vol. 25, No. 11, (2007), pp 3265-3273
- [16] Korotkova, O. And Andrews, C., “Speckle propagation through atmosphere: effects of a random phase screen at the source”, Proc. SPIE Vol. 4821, (2002)
- [17] Theodoros, A. and Sandalidis, G., “FSO Links with Spatial Diversity Over Strong Atmospheric Turbulence Channels”, IEEE Communications Society, (2008), pp 5379-5384
- [18] Weichel, H., “Laser Beam Propagation in the Atmosphere”, SPIE, Bellingham WA, (1990)
- [19] Degnan, J. And Steggerda, C., “NASA’s Photon-Counting SLR2000 Satellite Laser Ranging System: Progress and Applications”, Proc. AMOS 2003 Technical Conference, Maui, HA, Sept. 8-13, (2003)
- [20] Boroson, M., “Laser Communication in Space”, International Workshop on Communications and Information Technology, (2007), pp 2-13
- [21] www.microchip.com
- [22] GPS Smart Receiver Handbook, Taiwan, (2007)
- [23] Abel, P., “IBM PC Assembly Language And Programming” ,Prentice Hall, USA, (1994)
- [24] Teo, P., “Optical Fibers Communication System”, Etek Technology, (2002)
- [25] www.aselsan.com
- [26] www.fresneltech.com
- [27] Hikmet Y., “Plastikler Dünyası”, TMMOB, Makına Muhendisleri Odası, Ankara, (2001)
- [28] www.datasheetcatalog.com
- [29] Robert, F., “Coughlin,Introductory Operational Amplifiers and Linear ICs”, Prentice Hall, (1989)
- [30] Dinger, G., “PIC Basic Pro ile PICmicro Programlama”,Infogate,İstanbul, (2007)
- [31] www.hitachi.com
- [32] <http://www.labcenter.co.uk>