

# OPTOELEKTRONİK ALGILAMA PRENSİPLERİ VE HEDEF ALGILAMA YETENEĞİNE SAHİP BİR OPTİK SİSTEMİN TASARIMI

Cebrail ÇİFTLİKLİ<sup>1</sup>

İbrahim DEVELİ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri

<sup>1</sup>e-posta: cebrailc@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: develi@erciyes.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Optik Algılama, Optoelektronik Sistemler*

## ABSTRACT

*In recent years, there has been an increasing interest in the use of optics and electronics together for different applications. The aim of this work is to examine the principles of optoelectronic sensing and to design a basic optoelectronic sensing system capable of sensing objects. Direct method is chosen for sensing process. In this design, the day light is used as a light source. In order to allow the system to sense at all directions, a step motor which is controlled by a software is included in the system. The system is designed by using available and cheap components instead of expensive and very sensitive components.*

## 1.GİRİŞ

Son yıllarda savunma sanayisinde önemli bir yer teşkil eden optoelektronik sistemler, dünyada ve özellikle savaş uçağı teknolojisinde büyük atılımlara sebep olmuştur. Elektro-optik sensörler, termal kameralar ve gece görüş sistemleri bu sahada büyük uygulama alanı bulmuştur [1]. Özellikle Mirage 2000, Jaguar ve Tornado tipi uçaklarda yaygın bir kullanım alanı bulan bu sistemler artık günümüz savaş teknolojisinin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Bunun ana sebebi, optoelektronik sistemlerin diğer radar sistemlerine göre avantajlarının oldukça fazla olmasıdır. Optoelektronik; geleneksel optik, yarıiletken elektroniği, katı hal fiziği gibi birçok bilim dalının karışımı olan, elektronik ve haberleşme gibi dev endüstrilerde ağırlığını giddikçe hissettiren bir bilim dalıdır. Bir radar yapısındaki ana unsur bir işaretin gönderilmesi ve geri alınması şeklindedir. Bunun da en büyük sakıncası, düşman tarafından algılanarak karşı savunma ve yanıtma teknikleri ile cihazları ve pilotu yanıltmaya açık olmasıdır. Optoelektronik uçak sistemlerinde, füze dedektörleri kullanılarak uçağa atılan bir füzenin algılanması sağlanmakta ve optoelektronik algılama ile füze hedef şaşırtma yöntemleri (elektronik parazit gibi) uygulanarak şaşırtma gerçekleştirilmektedir. Radarın

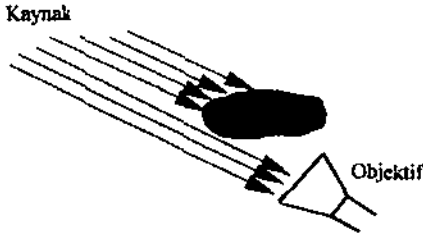
20. Yüzyıl başlarında bulunmasına karşın optoelektronik sistemler ve infrared teknolojisi ilk defa 2. Dünya Savaşı sırasında Almanlar tarafından kullanılmıştır. Olağanüstü gelişmeler göstermesine rağmen radarlar mükemmel değildir. Kolayca farkedilebilirler ve çok uzakları göremezler.

Bu çalışmada tasarlanan algılama sistemi, çok sayıdaki kısıtlamaları nedeniyle elbette ki modern algılama sistemleriyle karşılaştırılmaz. Ancak algılama mantığı, modern algılama sistemleriyle tamamen aynı olan bir algılama sistemidir.

## 2. OPTOELEKTRONİK ALGILAMA PRENSİPLERİ

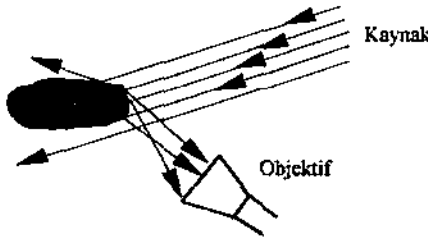
Güneş ve yıldızlar doğal, gezegenler ve uydular ise yansıtıcı ışık kaynaklarıdır. Atmosferin dışında, 140 mW/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanan ve güneş sabiti olarak adlandırılan ışık enerjisi miktarı, güneş ışınlarından almır. Güneşli, berrak ve bulutsuz bir gün göz önüne alınırsa, atmosfere ulaşan güneş ışıması miktarı 100 mW/cm<sup>2</sup> gibi daha az bir miktardadır. Güneşten alınan ışık enerjisi miktarı herşeyden önce Güneşten uzaklığa bağlıdır. Işık, optik sinir ve gözlerin retina tabakasını uyaran bir elektromagnetik yayılım biçimidir. Işık terimi, insan gözünün görmediği elektromagnetik dalga boylarını kapsayan teknik araştırmaların süreci içerisinde günlük yaşamımızda kullanılan farklı olarak kullanılmıştır. Görünür bölge ve çok yakınındaki bütün frekans spektrumu optik spektrum olarak adlandırılır. Optik frekans spektrumunun 3 temel bandı vardır: Bunlar; morötesi (ultraviyole), görünür bölge (visible) ve kızılaltı (infrared). Optoelektronik bu üç temel spektruma dağılmıştır. İki bilim dalına ait çalışmalar sonucunda ışığın ölçülebilir bir büyüklük olduğu belirlenmiştir. Bu bilim dallarından Fotometri, görünür bölge dalga boylarını kapsar. Radyometri ise insan gözünün algılayabildiği dalga boylarından daha uzun ve daha kısa olan elektromagnetik dalga boylarını inceler. Literatürdeki hedef algılama sistemlerinde iki ayrı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; doğrudan algılama ve

dolaylı algılama yöntemleridir. Doğrudan algılamada objektif, doğrudan ışık kaynağına bakar ve araya bir hedef girince azalan ışık miktarına göre algılama yapılır (Şekil-1).



Şekil-1. Doğrudan Algılama Yöntemi

Dolaylı yöntemde ise, kaynak ve objektif arasında hedef girince objektif üzerine düşen ışık şiddeti artmakta ve böylece algılama sağlanmaktadır. Objektif doğrudan ışık kaynağına bakmamakta ve ışık, hedeften yansırarak objektife ulaşmaktadır (Şekil-2). Bu çalışmada; objektif üzerine düşen ışık miktarı, araya bir hedef girince azaldığı için kullanılan yöntem bir doğrudan algılama yöntemidir.



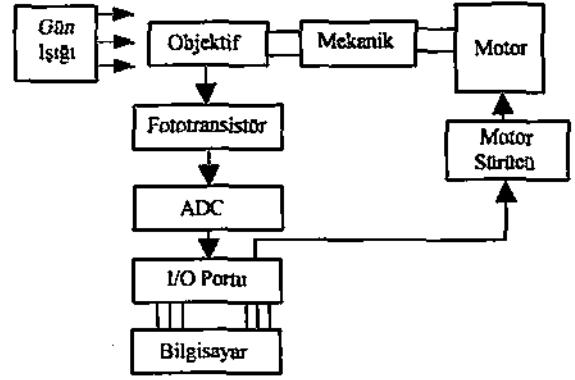
Şekil-2. Dolaylı Algılama Yöntemi

### 3. SİSTEM TANIMLAMALARI

Bu çalışmada, algılama yapabilmek için hareketli bir mekanizma ile tarama yapan bir objektif ve bu objektifin odak noktasına yerleştirilmiş bir fototransistör kullanılmıştır. Fototransistörün üzerine düşen ışık şiddetiyle orantılı olan çıkış voltajı, 8 Bitlik dijital bilgiye dönüştürülerek bilgisayar ortamında bu bilginin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Bu amaçla, bilgisayarın ana kartına takılabilen bir I/O portu kullanılmıştır. Bilgisayardaki değerlendirmeler, QBASIC programlama dilinde yazılan bir karar verme programı ile yapılmıştır. Objektifin belirli açılarla bulunduğu eksen etrafında tarama yapabilmesi amacıyla da bir mekanik sistemi yönlendiren step motor kullanılmıştır. Step motor hareketinin yönünü, miktarını ve süresini belirleyen yine bilgisayar programıdır. Şekil-3, tasarımı yapılan sistemin kabaca blok diyagramını göstermektedir.

#### 3.1 OBJEKTİF PARAMETRELERİ

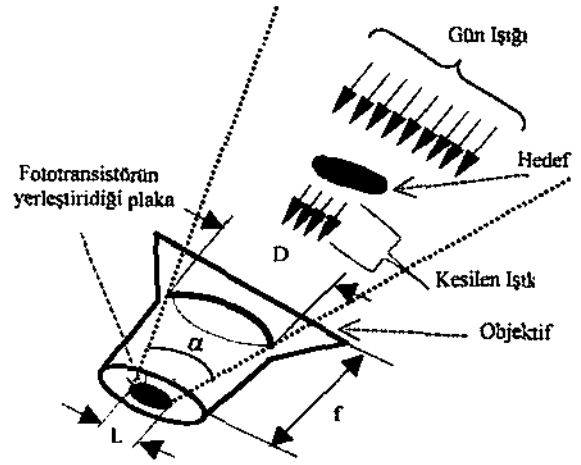
Objektif ile ilgili algılamada yapılan hesaplamalar, Şekil-4 ve Şekil-5'den faydalanılarak elde edilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, objektifin görüş açısına bağlı olan bir potansiyel algılama alanı mevcuttur. Gerekli hesaplamalar yapıldığında fototransistör



Şekil-3. Hedef Algılama Sisteminin Blok Diyagramı

seçimi ve yapılacak algılamanın hassasiyetini bu alanın önemli ölçüde belirlediği görülecektir. Güneş ışığı için objektife gelen ışık şiddeti, lüksmetre ile ölçülerek havanın çeşitli durumları için  $0.4 \cdot 10^4$  ile  $1.2 \cdot 10^4 \text{ lux}$  arasında değiştiği gözlenmiştir. Kullanılan objektif aslında bir fotoğraf makinesinin objektifidir ve bunun sisteme olumsuz etkileri mevcuttur. Kullanılan objektifin temel özellikleri aşağıda verilmektedir. Bu objektif ile ilgili bir katalog mevcut olmadığından, bu değerler yaklaşık değerlerdir ve ölçülerek bulunmuştur.

Objektifin odak uzaklığı (f) : 7 mm  
Diyaffram Çapı (D) : 13 mm  
Odak Açıklık Çapı (L) : 4 mm



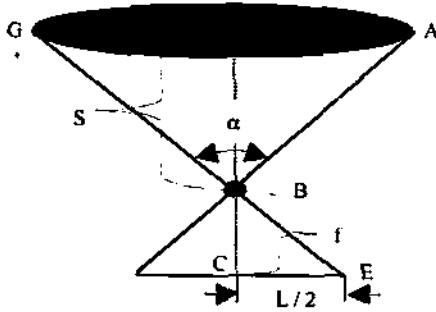
Şekil-4. Objektif Parametreleri

Dedektör, ışık tam olarak üzerine düşecek şekilde objektifin odak uzaklığına yerleştirilmiştir. Bu elemanlarda ayrıca, üzerlerine rahatça ışığı toplayabilmeleri için bir merceğe mevcuttur. Şekil-5' deki CBE üçgeninde  $\tan(\alpha/2) = (L/2)/f$  dir.  $\alpha = 2 \tan^{-1}[(L/2)/f]$  dir.  $L=4$  mm ve  $f=7$  mm değerleri bu ifadeye yazılırsa,  $\alpha = 31.9^\circ$  bulunur. Şekil de gösterilen GA uzaklığı, görüş alanının çapını

vermektedir. DBA üçgenine dayanarak aşağıdaki hesaplamalar yapılabilir.

$$\tan(\alpha/2) = GA/2S \quad GA = 2S \tan(\alpha/2)$$

Daha önce bulunan  $\alpha = 31.9^\circ$  değeri kullanılarak bu ifade  $GA = 0.571S$  şeklinde düzenlenebilir. Burada S, hedefin objektife olan uzaklığıdır.



Şekil-5. Görüş Alanının Geometrik Hesabı

Algılamanın hassasiyeti, hedefin objektifin görüş alanı içerisinde kapladığı alanla orantılıdır. En iyi algılama, hedefin objektife bakan yüzey alanının, objektifin görüş alanına eşit olduğu durumda gerçekleşir. Tablo-1'de; farklı yüzey alanına sahip cisimlerin, tam algılamanın yapılabilmesi için objektiften bulunması gereken maksimum uzaklıklar verilmiştir. Yapılan hesaplamalar, aşağıda belirtilen biçimde tekrar düzenlenirse;

$$\text{Objektifin daire şeklindeki görüş alanı} = \pi(GA/2)^2$$

$$\text{Hedef uzaklığı} = (\pi/0.571) \cdot (GA/2)^2$$

Tabloda verilen değerlere göre, örneğin objektife bakan alanı  $10 \text{ m}^2$  olan bir hedefin tam olarak algılanabilmesi için, hedefin objektife 6.25 m uzaklıkta olması gerekmektedir [2,3].

### 3.2 DEDEKTÖR ÖZELLİKLERİ

Algılama sisteminin en temel elemanı dedektördür. Bu sistemin tasarımı yapılırken dedektör olarak fototransistör kullanılmıştır. Asıl önemli olan, kullanılacak bu fototransistörün hassasiyeti ve bulunabilir olmasıdır. Bu kriterler akılda tutularak yapılan araştırmada, dedektör olarak BP 103 fototransistörün kullanılmasına karar verilmiştir. Dedektör seçimi yapılırken ilk olarak bakılması gereken; dedektörün, gün ışığının dalga boyu aralığındaki spektral duyarlılığıdır. Bu spektral duyarlılığa ait incelemelerde BP 103,  $400 \text{ nm}$ 'de % 8 ve  $700 \text{ nm}$ 'de %80 duyarlılığa sahip olduğu katalog verisinden gözlenmiştir. Dedektör seçiminde önemli olan bir diğer karakteristik ise dedektörün çıkış karakteristiğidir. Çıkış karakteristiklerini gösteren grafiklerde üç parametre kullanılmıştır. Bunlar;

$I_c$ -kollektör akımı,  $V_{ce}$  ve  $I_B$  dir.  $I_B$ , fototransistörün ışığa duyarlı yüzeyine düşen ışık şiddeti ile orantılıdır. Bu iki kıstasın haricinde ışık şiddeti sabit iken çıkış gücünün sıcaklıkla değişimi, karanlık akımı, yöneltilik karakteristiği, jonksiyon kapasiteleri gibi bir çok kıstas ortaya konulabilir. Ancak, bu çalışma için belirtilen tüm kıstasların değerlendirilmesi yerine, spektral duyarlılık ve çıkış karakteristiklerinin gözönüne alınması yeterli görülmüştür. Algılama sisteminde dedektör, bir plaket üzerine yerleştirilerek objektifin odak noktasına sabitlenmiştir. Fototransistörün üzerine düşen ışık şiddeti maksimum iken yani objektifin görüş alanında hiçbir hedef yokken fototransistörün çıkışı maksimumdur. Bunun sebebi, çıkışın fototransistörün emiterinden alınmasıdır. Sistemin hedefi algılaması ise araya bir hedef girince bu çıkış voltajının düşmesi ve bu düşüş miktarına göre karar verilmesi şeklindedir. Fototransistörün çıkış voltajı, bir analog-dijital dönüştürücü ile 8 bitlik dijital bilgiye dönüştürüldü.

Tablo-1. Hedef Büyüklüğüne göre hesaplanan maksimum algılama uzaklıkları.

Hedefin Görünen Alanı ( $\text{m}^2$ )	Objektifin Görüş Alanı Çapı (m)	Hedef-Objektif Uzaklığı (m)
0.010	0.113	0.198
0.100	0.357	0.625
1.000	1.128	1.976
5.000	2.520	4.413
10.000	3.570	6.250
20.000	5.050	8.840
50.000	7.980	13.976
100.000	11.280	19.755

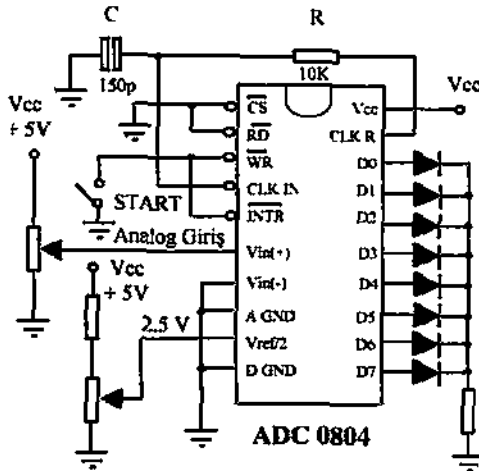
### 3.3 ANALOG-DİJİTAL DÖNÜŞÜM

Fototransistör çıkışının dijital bilgiye dönüştürülmesindeki temel amaç, algılama hassasiyetini artırmaktır. Fototransistörde idealde tüm hedeflere karşı gelen bir değişim mutlaka vardır. Ancak küçük hedefler ve objektiften bir hayli uzak olan hedefler için bu değişim çok küçük olmaktadır. Bu durumda fototransistörün çıkışındaki değişim, bir ADC kullanılarak iyi bir algılama yapılabilir. Bu sistemde, analog-dijital dönüşümü sağlamak amacıyla 8 bitlik ADC 0804 dönüştürücü kullanılmıştır. Kullanılan bu ADC, sıralı yaklaşım tekniği ile gerçekleştirilmiş dönüştürücülerdendir. Bu yapıdaki bir ADC, 3 temel kısımdan oluşmaktadır; D/A dönüştürücü, sıralı yaklaşım registeri (SAR) ve kıyaslayıcı (comparator). Çevrim tekniği temel olarak D/A dönüştürücü çıkışı  $V_o$  ile analog giriş  $V_m$ ' in sürekli olarak kıyaslanmasına dayanır. Kıyaslama sonunda her iki analog işaret eşit ise çevrim gerçekleşmiş demektir. Eğer çevrim gerçekleşmemiş ise kontrol birimi, SAR registerini sürekli düzenleyerek iki analog işaretin ( $V_o, V_m$ ) eşitlenmesini sağlamaya çalışır.  $V_o$  ve  $V_m$  dengelendiğinde çevrim

gerçekleşmiştir. O andaki SAR registerindeki bilgi  $V_m$  analog girişine karşılık dijital kod olarak çıkış bufferlarına aktarılır. Kontrol birimi ayrıca çevrim işleminin bittiğini, A/D dönüştürücüyü kullanan birimlere uyarı olarak bir çevrim sonu işareti üretir. ADC 0804 8 bitlik olduğundan; girişine uygulanan maksimum voltaj  $2^8=256$  eşit seviyeye ayrılmakta ve her bir seviye 8 bitlik bir kod ile kodlanmaktadır. Fototransistörün üzerine düşen ışık şiddetiyle orantılı olan çıkış voltajının maksimum değeri, yani hiçbir hedef yokken 5V tur. Bu maksimum değer 256 eşit parçaya ayrıldığından ve bu büyüklük yaklaşık 19.5 mV olduğundan objektif ile gün ışığı arasına giren bir hedef eğer fototransistörün çıkışını 19.5 mV düşürürse sistem bu hedefi algılayabilecektir.

### 3.3.1 ADC 0804 DÖNÜŞTÜRÜCÜ

Şekil-7'de ADC 0804' ün uygulama devresi görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi WR ucuna uygulanan başlama (START) işareti ile çevrim başlar. Çevrimin gerçekleşebilmesi için dönüştürücünün bir CLK kaynağına ihtiyacı vardır. ADC 0804, dahili olarak bir CLK kaynağına sahiptir ve bu frekansın belirlenmesi için dışarıdan R ve C pasif elemanlarının bağlanması gerekir ( $f_{CLK} = 1/(1.1RC)$ ). START işareti ile başlayan çevrim sona erdiğinde dönüştürücü, INTR üretecek ve bu işaretin görülmesinden sonra WR ucuna uygulanacak bir işaret ile çevrim sonucu elde edilen dijital kod, çıkışlara aktarılacaktır. Bu işleme, dijital bilginin okunması da denilebilir. Dijital bilgi okunduktan sonra sürekli analog işaretin dijitala çevrilmesi için dönüştürücüye yeniden START verilmesi ve diğer işlemlerinde sırasıyla tekrar edilmesi gerekecektir. Sistemimizde ADC 0804' ün çıkışları olan D0, D1, ..., D7, fototransistörün analog çıkışının dijital karşılığıdır.



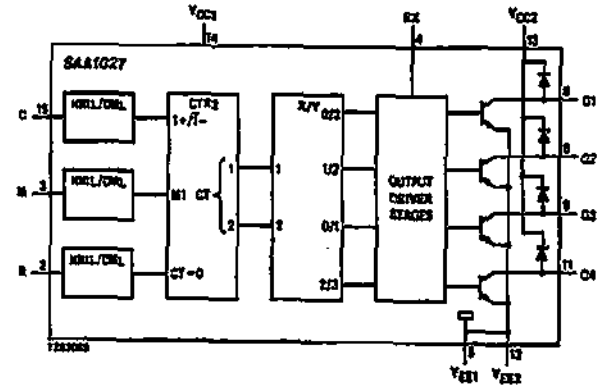
Şekil-7. ADC 0804 Entegresinin Uygulama Devresi

Bu 8 bitlik dijital bilgi bilgisayara aktarılmak üzere bilgisayarın I/O portuna (A portu) verilir. Ayrıca çevrimin başlangıcını ve bitimini belirleyen start işareti de I/O portundan verilmektedir. Bu işaretlerin

I/O portundan okunmasının veya yazılmasının süresi bilgisayar programı tarafından belirlenmektedir.

### 3.6 STEP MOTOR VE SÜRÜCÜ DEVRESİ

Objektifin hedef taraması yapabilmesi için bizzat hareketli olması gerekmektedir. Objektife bu hareketliliği kazandırmak amacıyla step motor kullanılmıştır. Sistemin hareketini sağlayan step motor, RS firmasının 4 fazlı ve 2 statorlu step motorudur. Her bir adımı  $7.5^\circ$  olan bu step motor, yine RS firmasının ürettiği SAA 1027 step motor sürücüsü ile sürülmüştür (Şekil-8). Bu sürücü entegresinin, düşük gürültülü ve yüksek akım çıkışına sahip 4 çıkışı vardır. Entegredeki HN1L/CML blokları, girişlerden gelen yüksek gürültüyü elimine etmektedir. CTR2 bloğu ise iki yöne doğru senkronize 2 bitlik bir sayıcıdır. X/Y bloğu bir kod dönüştürücüdür. C ucu sayma girişi olup M giriş modu ise ileri veya geriye saymayı belirler. Başka bir ifade ile step motorun sağa mı yoksa sola mı döneceğini belirler. R ucu ise reset ucu olup sayıcıyı sıfırlamak için kullanılır.



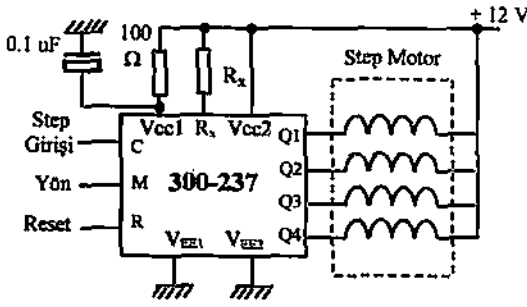
Şekil-8. SAA 1027' nin blok diyagramı

Şekil-9' da step motor sürücü devresi görülmektedir. Bu devredeki RX direnci, SAA 1027' nin çıkışlarında yer alan transistörlerin beyz akımını belirlemektedir. Step motorun hangi yönde ne kadar ilerleyeceğini ve nerede duracağını belirleyen C, M ve R uçları; bilgisayarın I/O portu vasıtasıyla program tarafından belirlenmektedir.

Buraya kadar izahı verilen sistem çalışmasında optik ve elektronik tasarım ön planda tutulmuştur. Ancak unutulmamalıdır ki tasarımı yapılan hedef algılama sisteminde en az bu tasarımlar kadar önemli olan bir diğer tasarım, sistemin bilgisayardan kontrol edilmesini sağlayan yazılımdır [4,5].

### 3.7 BİLGİSAYAR PROGRAMI

Hedef algılama sisteminin bilgisayardan kontrollü amacıyla QBASIC dilinde bir yazılım hazırlanmıştır. Algılama sistemi ile iyi bir algılama yapabilmek için girişten okuma veya çıkışa yazdırma sürelerinin iyi ayarlanması gerekmektedir. Bilgisayarın clock



Şekil-9. Step Motor Sürücü Devresi

frekansının yüksek olmasından dolayı ADC den yapılacak ardışık okumalardaki değişiklikler izlenemeyebilir. Ayrıca, C portundan step motor sürücüsüne gönderilecek palslerin süresi küçük olursa sürücü bunları algılamayacak veya çok hızlı bir şekilde algılayacağından step motorun çıkışları aynı hızla sürülemez. Bu kararsızlığı ortadan kaldırmak için her okuma veya yazma, programda belirli gecikmelerle yapılmıştır. Programda tespit edilen tek dezavantaj giderilememiştir. Bu ise; program çalıştırıldığı ilk anda objektifin görüş alanı içerisinde, bir hedefin olmadığı kabulüdür. Şayet bir hedef varsa, sistemin çalışmasında aksamalar gözlenecektir.

#### 4. SONUÇ

Tasarımı yapılan bu hedef algılama sistemi, doğrudan algılama yöntemini kullanmaktadır ve algılama işleminde ışık kaynağı olarak gün ışığından yararlanılmaktadır. Bu sistem için en iyi algılama, ışık kaynak şiddetinin büyük ve sabit olması durumunda yapılabilir. Gün ışığının şiddeti sabitlenemeyeceği için sistem performansı, havanın kapalı olduğu durumlarda düşecektir ve gece ise hiç çalışmayacaktır. Objektif parametreleri kısmında belirtildiği gibi kullanılan objektif bir fotoğraf makinesine aittir. Görüş açısı büyük olduğundan görüş alanı da büyük olacaktır. Avantaj gibi görünen bu durum aslında bir dezavantajdır. Bunun sebebi, görüş alanı büyüdükçe hedefin aynı görüş alanı içerisinde kapladığı alanın azalmasıdır. Bu sebeple aynı hedef için algılama uzaklığı azalacaktır. Sistem tasarımında kullanılan 8 bitlik ADC 0804 yerine daha yüksek bitlik bir ADC kullanılarak algılama sisteminin hassasiyeti artırılabilir. Böyle bir sistem, daha uygun elemanların kullanılmasıyla daha da geliştirilebilir. Örneğin; objektif odak açıklığı daha büyük olan bir objektif ve birden fazla dedektör uygun bir program kullanılarak hedefi algılamanın yanısıra konumda belirleyen bir hedef algılama sistemi olarak geliştirilebilir.

#### REFERANSLAR

[1]. C.Çiftlikli, İ.Develi, "Işığın Modülasyonunda Kullanılan Akusto-Optik ve Elektro-Optik Düzenler" IX. Mühendislik Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Isparta, 1996.

- [2]. R.G. Seippel, "Optoelectronics for Technology & Engineering", Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- [3]. F. Domaniç, "Modern Üniversite Fiziği", Çağlayan Kitabevi, 1982.
- [4]. R.Boylestad, L.Nashelsky, "Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi", M.E.B. Yayınları, 1994.
- [5]. National Semiconductor, "National Data Acquisition Databook", 1995.