

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜRBÜNE MONTE EDİLEBİLEN YÜKSEK
HASSASİYETTE DİJİTAL PUSULA UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali İmran ŞENTÜRK

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK -ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Aydın MÜHÜRÇÜ

Şubat 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜRBÜNE MONTE EDİLEBİLEN YÜKSEK
HASSASİYETTE DİJİTAL PUSULA UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali İmran ŞENTÜRK

Enstitü Anabilim Dalı

**ELEKTRİK -ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**

Bu tez. ~~06.02.2018~~ tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç. Dr.

Jüri Başkanı

Ali İmran Şentürk

Yrd.Doç. Dr.

Üye

Hajrettin TOYLAN

Yrd. Doç. Dr.

Üye

Ali İmran Şentürk

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ali İmran ŞENTÜRK

5.10.2017

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübesini hiçbir zaman esirgemeyen ve her konuda getirdiği farklı bakış açılarıyla bana destek olup, farklı bakış açıları yakalamamı sağlayan, tezimin tasarımı ve geliştirme noktasında her an adetsek olan ve bana çalışma ortamı sağlayan değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Aydın MÜHÜRÜCÜ' ye teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLOLAR LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. İnsanın Dürbüne Olan İhtiyacı.....	2
2.2. Dürbünü Tanımlanması	3
2.2.1. Büyütme	4
2.2.2. Görüş açısı (Alanı).....	4
2.2.3. Çıkış pupili.....	5
2.2.4. Göz mesafesi	6
2.2.5. Rölatif parlaklık.....	6
2.2.6. Objektif çapı.....	6
2.2.7. Optik kaplama.....	7
2.3. Dürbün Optimizasyonu.....	7
2.4. Dürbünün Askeri Kullanım Amacı ve Biçimi.....	9
2.5. Pusula.....	11

2.6. Pusula Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar.....	13
2.7. Pusulanın Askeri Kullanım Amacı ve Biçimi.....	14
2.8. Yeni Nesil Askeri Dürbüne İhtiyaç.....	17

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Devre Çalışma Mantığı	19
3.2. Kullanılan Devre Elemanları.....	20
3.2.1. Mikroişlemci özellikleri.....	20
3.2.2. Manyetik alan sensörü	21
3.2.3. Ekran	24
3.2.4. Batarya	25

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI.....	28
4.1. Tasarımın Optimizasyonu.....	28
4.2. Sistemin Yazılımı.....	34

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE SONUÇ	38
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AA	: Aralık açısı
GZPT	: Geliştirilmiş zırhlı personel taşıyıcı
M	: Milyem
MİA	: Manyetik istikamet açısı
ZMA	: Zırhlı muhabere aracı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tipik bir porro prizma dürbün dizaynı.....	3
Şekil 2.2. Büyütmenin görüntü üzerindeki etkisi	4
Şekil 2.3. Büyütmeye göre görüş açısı farkı.....	5
Şekil 2.4. Dürbün çıkış pupili	5
Şekil 2.5. Dürbünde göz mesafesi	6
Şekil 2.6. Objektif merceği	7
Şekil 2.7. Dürbün ile hedef açısı tespiti	10
Şekil 2.8. Dünya manyetik alanı	12
Şekil 2.9. Pusulanın ana parçaları ve görünüşü	13
Şekil 2.10. Pusula ile hedef yönü tespiti	15
Şekil 2.11. Mesafenin açısal hataya etkisi	15
Şekil 2.12. Pusulanın hedefe sabitlemesi.....	16
Şekil 3.1. Cihaz Konsepti.....	18
Şekil 3.2. Cihaz Ağırlıkları.....	19
Şekil 3.3. Okuma hatalarının ortadan kaldırılması	19
Şekil 3.4. Devre blok diagramı.....	20
Şekil 3.5. Mikroişlemci pin bağlantıları.....	21
Şekil 3.6. Konvansiyol sensörler ile manyetik alan sensörünün karşılaştırılması.....	22
Şekil 3.7. Manyetik alan sensörlerinin sınıflandırılması.....	23
Şekil 3.8. CMPS 10 Manyetik alan sensörü.....	24
Şekil 3.9. 128x64 oled ekran.....	25
Şekil 4.1. Devrenin genel görünüşü.....	32
Şekil 5.1. Sistemin manyetik kuzeye göre açı ölçüm sonuçları.....	39
Şekil 5.2. Eğim açısı ölçüm kalibratörü.....	40
Şekil 5.3. Sistemin eğim ölçüm sonuçları.....	41

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Manyetik alan sensörü özellikleri.....	23
Tablo 3.2. Ekran özellikleri.....	24
Tablo 3.3. Batarya özellikleri.....	26
Tablo 4.1. Dijital pusula ile mekanik pusulanın karşılaştırılması.....	28

ÖZET

Anahtar kelimeler: Dijital Pusula, Dürbün, Pusulalı Dürbün, Optik, Manyetik Alan sensörü

Bu çalışmada, bir askerden büyük birliklere kadar askeri alanda faaliyet gösteren tüm personelin gözetleme ve yön bulmaya yönelik temel ihtiyacının en basit anlamda karşılanması hedeflenmiştir. Ayrı iki farklı cihaz olan dürbün ve pusula birleştirilmiştir. Gelişen teknolojik imkanlardan faydalanarak daha önce gerçekleştirilen analog pusula ve dürbün birleşmesinden oluşan sistem bu çalışmada bir adım daha ileri götürülmüş, tek bir cihaz ile hem açı ölçümü hem eğim ölçümü hem de gözetleme yapmak mümkün hale gelmiştir. Ayrıca kullanıcı ve okuma hatalarının en aza indirilmesi sağlanmıştır.

Sistem ölçüm yapmak için GPS vb. hiçbir yardımcı sisteme ihtiyaç duymaz. Dünya manyetik alanını kullanılarak yön ölçümü yapılır. Dürbünün eldeki tutuş açısına göre ise eğim hesaplanır. Yapılan hesaplama dürbün objektifinden alınan görüntü üzerine oled ekran vasıtası ile bindirilerek aynı anda hem gözetleme yapmak, hedef açısını ölçmek hem de hedefin bulunduğu eğimi ölçmek mümkün olmaktadır.

Sistem temel anlamda elektro-optik bir yapıdadır. Elektriksel kısım ile ilgili olarak üç eksende ölçüm yapabilen manyetik alan sensörü, verinin işlendiği işlemci birimi ve eldeki bilgileri kullanıcıya ileten ekran birimidir. Optik kısımda ise objektiften çıkış pupiline kadar 1'inci Ana Bakım Merkezi Müdürlüğüne özgün olarak tasarlanmış ve seri üretimi yapılmış 7x50 T10A2 model dürbün kullanılmıştır. Ortaya çıkan yeni sistemin yeni nesil dürbün olarak tasarlanması çalışmaları devam etmektedir.

HIGH SENSITIVITY DIGITAL COMPASS APPLICATION THAT CAN COMBINE TO BINOCULARS

SUMMARY

Keywords: Digital Compass, Binocular, Binocular with Compass Optical, Magnetic Effect Sensors

In this study, it was aimed to meet the basic needs of the personnel who are operating in the military field from a soldier to a large military unit in the simplest sense in terms of surveillance and direction. Two separate devices, binoculars and a compass, are combined. Taking advantage of the developing technological possibilities, the system consisting of the analog compass and binoculars combination, which was realized earlier, has been taken one step further in this work, and it has become possible to measure both angle measurement, inclination measurement and surveillance with a single device. In addition, the user and reading errors are provided at the lowest level.

The measurement system no auxiliary system is needed like GPS. Direction measurements are made by using the Earth's magnetic field. The slope is calculated according to the holding angle of the binoculars at hand. It is possible to observe at the same time, to measure the target angle and also to measure the target curve, by superimposing the calculated image on the image obtained from the binocular object with the OLED display means.

The system is fundamentally electro-optic. The magnetic field sensor, which can measure three axes in relation to the electrical field, is the processor unit in which the data is processed and the screen unit that transmits the information to the user. In the optics section, the 7x50 T10A2 binoculars, originally designed for the 1st Main Care Center Directorate, were used from the lens to the exit pupil. Work on designing the emerging new system as a new generation binoculars is ongoing.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Pusula geçmiş dönemlerden beri yön bulmak maksadıyla kullanılan en önemli araçlardan biridir. Günümüzde teknolojik anlamda büyük ilerlemeler kaydedilse bile halen kullanımından vazgeçilememiştir. Bu sebeple pusulanın teknolojik gelişmeler sonucunda değişime uğraması kaçınılmaz bir gerçektir.

İnsanlık tarihi boyunca gözetleme yapmak her daim önemli bir husus olmuştur. Gelişen insanlık tarihi boyunca gözetleme amaçlı araçlar ve sistemler üretilmiştir. Dürbün de bu gelişmeler sonucu ortaya çıkmış ve hala günümüzde de taşınabilir ve daha büyük sistemler olarak kullanılmaktadır.

Askeri amaçlı her türlü hareket ve faaliyette dürbün ve pusula birbirinden ayrılmaz bir bütündür. Bu sebeple de gelişen teknolojik imkanları kullanarak iki sistemin bir araya getirilerek kullanım kolaylığı, zaman tasarrufu, kişiden kaynaklı ölçüm hatalarının ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırması yapılırken oluşturulacak sistem iki parça olarak düşünülmüş olup, her sistem kendi içerisinde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu kapsama ilk olarak insan, gözlem ve dürbün arasındaki bağ ortaya konulmuştur. Sonraki bölümlerde ise pusula tarihçesinden ve çalışma prensibinden bahsedilmiştir. Yeni nesil dijital pusulalı dürbüne neden ihtiyaç duyulduğu konusu üzerinde durulmuştur.

2.1. İnsanın Dürbüne Olan İhtiyacı

İnsanlar var olduğu günden beri çevresi ile sürekli iletişim halindedir. Bu sebepten dolayı çevresini sürekli izlemek ve gözlemlemek durumundadır. Gelişen teknolojik imkanlar sayesinde daha etkin gözetleme yapabilmek için çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Günümüzde de gözetleme sistemlerinin çok gelişmiş olmasına rağmen, küçük ve kolay taşınabilir olması sebebiyle hem sivil hem de askeri alanda yeryüzü ve gökyüzünde ki cisimlerin gözetlenmesinde dürbünler sıkça kullanılmaktadır.

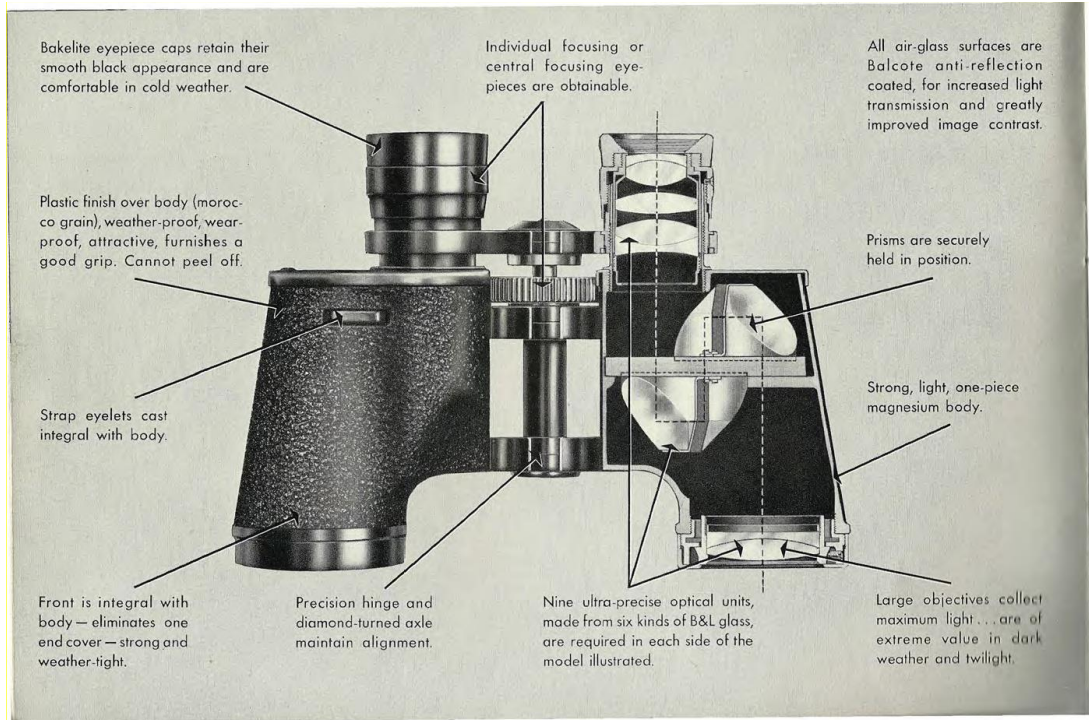
Optik sistemlerin tasarım gereklerinin karşılanmasındaki temel hedef göz ile görmek olduğu için, optik tasarımcılar insan gözünün yapısı ve temel özelliklerine ait bilgileri referans alarak tasarım ve ürünlerini gerçekleştirmek zorundadır. Bu açıdan optik sistem tasarımcısının, optik anlamda gözün yapabileceklerini ve yapamayacaklarını bilmek zorundadır. Örneğin görsel bir optik sistem ile belli ölçülerdeki bir hedefi, belirli bir hassasiyet ile ölçüp tanımlayabilmek için; görüntünün büyütmesi, gözün gerekli detayları algılamasına imkan verecek ölçüde yeterli olmalıdır. Diğer taraftan gözün algılama yeteneğinin çok üstünde bir mükemmellikte optik sistem tasarlamak da gereksizdir. Dolayısıyla teleskopik sistemler, dürbünler gibi görsel optik sistemler göz ile uyumlu bir şekilde tasarlanmaktadır.

Bu anlamda gözün optik özelliklerini tanımlayacak olacak olursak;

- Göz ile optik sistem arasındaki mesafe rahat bir görüş için ortalama 15mm, gözlük kullananlar için 20mm dir.
- Gözün pupil (iris) çapı gün ışığında 2mm, gece karanlığında 8 mm ye kadar çıkmaktadır.
- Göz 20 milisaniyeden kısa sürede gerçekleşen hareketleri algılayamamaktadır.
- Kontrastın düşmesi ile gözün görsel keskinliği azalmaktadır.

2.2. Dürbünü Tanımlanması

Gözün temel özelliklerinin de yanında dürbünün tasarım ve imalatında aşağıda tanımlanan dürbünlere ait kriterler belirleyici olmaktadır.



Şekil 2.1. Tipik bir Porro prizma dürbün dizaynı[1].

2.2.1. Büyütme

Bakılan nesnenin büyütme ölçüsünü tanımlar. Örneğin, 7X50 bir dürbünde “7” sayısı dürbünün büyütme oranını gösterir. “50” sayısı ise dürbünün objektif çapını gösterir.



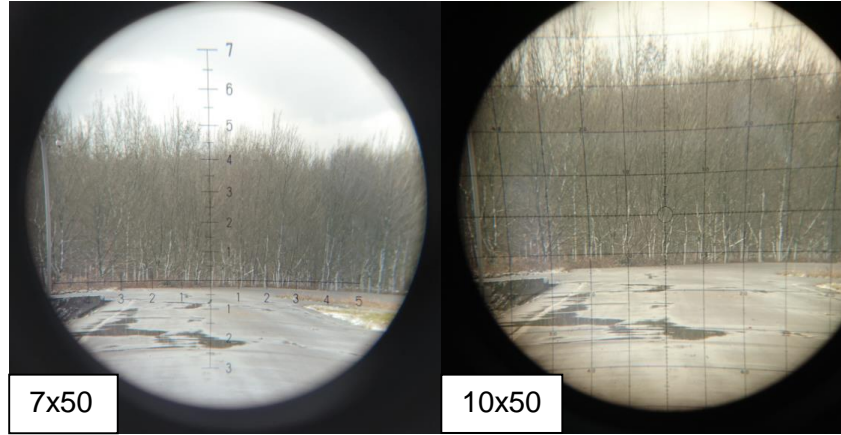
Şekil 2.2. Büyütmenin görüntü üzerindeki etkisi[2].

Büyütme arttıkça nesnenin görüntü boyutu artar. Fakat yüksek büyütme gerçekten daha iyi bir durum demek değildir. Eğer büyütme çok fazla olur ise, ellerdeki dolayısıyla dürbündeki titremelerden dolayı görüntünün netliği bozulur. Genelde 8 büyütmeye kadar olan dürbünler titreşimden fazla etkilenmezler. Aynı zamanda, büyütmenin artması ile gerçek görüş alanı daralır ve görüntü kontrastı düşer. Örneğin, etkin objektif çapları aynı olan; “10X50” bir dürbün “7X50” bir dürbüne göre daha yüksek bir büyütme sağlamasına karşın, “7X50” dürbün daha parlak bir görüntü ve daha geniş bir görüş açısı sağlar. Ayrıca büyütmenin artması ile göz mesafesinde de azalma olabilmektedir[1].

2.2.2. Görüş açısı (alanı)

Dürbünden bakıldığı zaman görülen alanın boyutu olarak tanımlanır. Açısal dış görüş açısı dürbünlerde derece ile tanımlanır. Doğrusal görüş açısı 1000 m.deki gözlemlenebilen alanı tanımlar. Dolayısıyla yüksek bir görüş açısı yüksek boyutlu bir alanı gözetlemek anlamına gelir. Görüş açısı büyütme ile orantılıdır. Yüksek büyütme düşük görüş açısı demektir. Genelde hareketli nesnelerin veya hareketli iken sabit

nesnelerin ve geniş alanların gözetlenmesinde(askeri uygulamalarda) yüksek görüş açısı önemli bir tercih sebebidir[1].



Şekil 2.3. Büyütmeye göre görüş açısı farkı.

2.2.3. Çıkış pupili

Dürbünün göz tarafından çıkan optimum görüntüsünün çapını tanımlayan parametredir. Çıkış pupili büyüdükçe görüntünün parlaklığı artar. Büyük bir çıkış çapına sahip olmak özellikle gece ve düşük ışık koşullarında gözün pupil çapının 8mm ye kadar çıktığı zamanlarda gözlemin sağlıklı yapılabilmesi açısından çok önemlidir. Çıkış pupili objektif çapının büyütmeye bölünmesi ile bulunur. Örneğin , ”7x50” bir dürbünde $50 \div 7 = 7,1$ mm iken “10X50” bir dürbünde $50 \div 10 = 5$ mm’dir[2].



Şekil 2.4. Dürbün çıkış pupili.

2.2.4. Göz mesafesi

Göz ile optik sistem arasındaki rahat bir görüş için gerekli olan mesafe olarak adlandırılır. Genelde rahat bir görüş için dürbünlerde ortalama 15mm, gözlük kullananlar için 20 mm olmalıdır.[2]



Şekil 2.5. Dürbünde göz mesafesi.

2.2.5. Rölatif parlaklık

Çıkış pupilinin karesinin alınmasıyla bulunan görüntü kontrastını tanımlayan bir parametredir. Çıkış pupil çapı arttıkça rölatif parlaklıkta artar[1].

2.2.6. Objektif çapı

Kararma olmadan objektif merceğinden ışığın etkin olarak geçtiği çap olarak tanımlanır. Objektif çapı arttıkça, çözünürlük ve parlaklık artar. Fakat objektif çapının artması daha büyük daha ağır dürbünler demektir. El dürbünlerinde üst limit genelde 50mm olarak kabul edilir [3].



Şekil 2.6. Objektif merceği.

2.2.7. Optik kaplamalar

Görüntü parlaklığının artmasında çok önemli rol oynar. Işık bir optik elemandan geçerken bir kısmı ön ve arka yüzeyden yansır. Bu yüzeylerden yansıyan ışıklar parlamalara, hayalet görüntülere, kontrast ve görüntü keskinliğinin düşmesine sebep olur. Bu yüzden mercek ve prizmaların yüzeyleri görünür dalga boylarında optik kaplamalar ile optimum kontrast, renklerde canlılık ve görüntü keskinliğini vermesi için uygun optik kaplamalar ile kaplanmalıdır[3].

2.3. Dürbün Optimizasyonu

Dürbünün tasarım ile imalatını müteakip nesnel, sabit özellikli ve değiştirilemez, gözün ise canlı ve kişiden kişiye farklı özellikler gösterebilen canlı bir optik yapı olduğunu söyleyebiliriz. Eldeki bilgiler ışığında dürbün optimizasyonu gerçekleştirildiğinde;

- a. Dürbünde yüksek büyütme olmalıdır.
- b. Dürbünün görüş açısı özellikle askeri uygulamalarda geniş alan gözetlemeleri için büyük olmalıdır.

- c. Dürbünün objektif çapı, çözünürlük(detayları görme), kontrast ve parlaklık açısından büyük olmalıdır.
- d. Dürbünün çıkış pupili, göz pupiline uygun olması açısından 7-8mm olmalıdır.
- e. Dürbünün göz mesafesi; gözlüklü veya göz kusurları olan insanların da rahat kullanması maksadıyla 15-20mm aralığında olmalıdır.
- f. Dürbün elde kullanılması, sürekli personel üstünde taşınması sebebiyle büyük ve ağır olmamalıdır.
- g. Uzun süreli dürbün kullanımı gerektiren ve/veya hareketli hedefleri takip zorunluluğu olan özellikle askeri uygulamalarda gözü yormamalıdır.

Yukarıdaki maddelerde belirtilen bütün kriterleri aynı anda sağlayacak bir dürbün ise, mevcut ve yakın gelecekteki optik teknolojisi ile pratikte aşağıdaki sebeplerden dolayı pek mümkün olamamaktadır.

- a. Dürbün tasarımında büyütmenin arttırılması ile;
 - Görüş alanı azalır,
 - Görüntü parlaklığı azalır,
 - Çıkış pupil çapı düşer,
 - Elde titremeye bağlı olarak dürbünün görüntüsünde de titremeler olur. Bu durum dürbünün kullanımında üç ayak sehpa kullanımını zorunlu kılar.
 - Genelde göz mesafesinde de düşüşler olur[1].
- b. Buna karşın görüş alanının arttırılması için; büyütmenin düşürülmesi gerekmektedir.
- c. Çıkış pupil çapının arttırılması için büyütmenin düşürülmesi veya objektif çapının artması gerekir. Objektif çapı arttıkça dürbün daha büyük ve daha ağır hale gelir. Düşük pupil çapı ise göz kaslarının irisi bir yerde tutmaya çalışmasından dolayı göz yorgunluğu ve kullanım verimsizliği demektir[2].
- d. Göz mesafesinin optimum değerlerde olması için, görüş açısının fazla düşmemesi büyütmenin artmaması gerekir.
- e. Kontrastın yüksek olması yine düşük büyütme, büyük objektif çap, düşük görüş alanına bağlıdır.

- f. Objektif çapının artması ise kontrastın, çözünürlüğün artması anlamına gelse de ağırlık ve boyut anlamında ergonominin bozulması demektir[3].

Örneğin: Alman dürbün üreticisi Zeis firmasının imalatı olan 10x50 dürbünün özellikleri incelendiğinde;

Büyütmenin 10x olduğu, objektif çapının 50mm, görüş alının $6,3^\circ$, çıkış pupil çapının $50 \div 10 = 5$ mm, göz mesafesinin 15,5 mm ve ağırlığının ise 1550 gr olduğu,

1'inci Ana Bakım Müdürlüğü fabrikası imalı olan 7x50 dürbünün özellikleri incelendiğinde;

Büyütmenin 7x düştüğü, objektif çapının 50mm olarak kaldığı, görüş alının $7,5^\circ$ çıktığı, çıkış pupil çapının $50 \div 7 = 7,1$ mm'ye, göz mesafesinin 18mm'ye çıktığı ve dolayısıyla rölatif parlaklığında iyileştiği, ağırlığının ise 1450 gr'a düştüğü görülmektedir.

Bu durumda dürbün tasarımında görüş, kullanım kolaylığı ergonomi ve en hassas gözetlemeyi yapmak ancak bazı isterlerden feragat edilerek optimum noktanın bulunmasıyla mümkündür. Gözü yormadan uzun süre kullanılabilir ve kolay taşınabilir nitelikte en ideal dürbün 7x50 olarak kabul edilmiştir.

Dürbünler sivil amaçlı kullanımlarda daha çok avcılık ve dağ sporları gibi alanlarda kullanılırken askeri kullanımda oldukça büyük bir kullanım alanına sahiptir. Dürbünlerin dayanıklı ve hafif yapıda olması istenmektedir. Bu kapsamda dürbün gövdesi genelde alüminyum malzemedan imal edilmekte olup, bağlantı parçaları ise mekaniksel olarak daha dayanıklı olan çelik malzemedan imal edilmektedir.

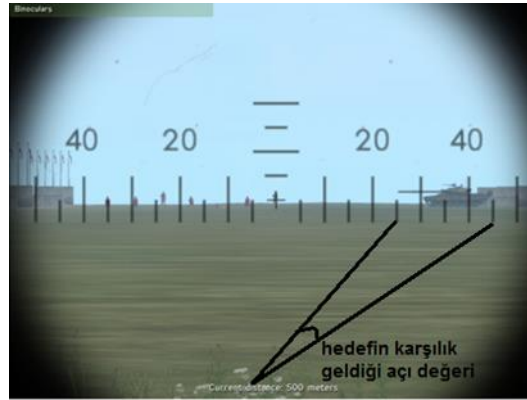
2.4. Dürbünün Askeri Kullanım Amacı ve Biçimi

Askeri alanda dürbünler personel, araç ve sistem tarafından çeşitli boy ve özelliklerde kullanılmaktadır. Askeri personel tarafından kullanılan taşınabilir boyutlardaki

dürbünlere genel anlamda el dürbünü adı verilmektedir. Askeri amaçlı kullanımda dürbünler görüntüyü yakınlaştırmanın yanı sıra hedef tarifinde de kullanılır. Hedef tarifinin iki önemli bileşeni vardır. Birincisi hedefin gözetleyiciye olan uzaklığı, ikincisi ise hedefin gözetleyiciye göre hangi yönde bulunduğu. Yön tespitinde ihtiyaca göre farklı iki açı ölçüm birimi kullanılmaktadır.

- Genel amaçlı kullanımlarda çemberin 360 eşit parçaya bölünmesi sonucu ortaya çıkan parçanın karşılığında kalan açı 1 derece(°) olarak adlandırılmaktadır.
- Askeri amaçlı kullanımlarda ise çemberin 6400 eşit parçaya bölünmesi sonucunda ortaya çıkan parçanın karşılığında kalan açı milyem (M) olarak adlandırılmaktadır.

Dürbünden bakıldığında görülen hedef ile dürbün taksimatlarının durumuna göre mesafe hesaplanabilir. Aşağıda sunulan Şekil 2.7.'deki duruma göre örnek hesaplama yapılacak olursa;



Şekil 2.7. Dürbün ile hedef açısı tespiti [4].

$$\text{mesafe(m)} = \frac{\text{bilinen boy(m)} \times 1000}{\text{milyem}} \text{ formülü ile kullanılarak hesaplama yapılır [5].}$$

Bilinen boy: hedefin yaklaşık tahmini boyu (insan için 1.75m, otomobil için 3m, tank için 10m gibi)

Milyem: Dürbün taksimatlarında hedefin kapladığı açı değeri

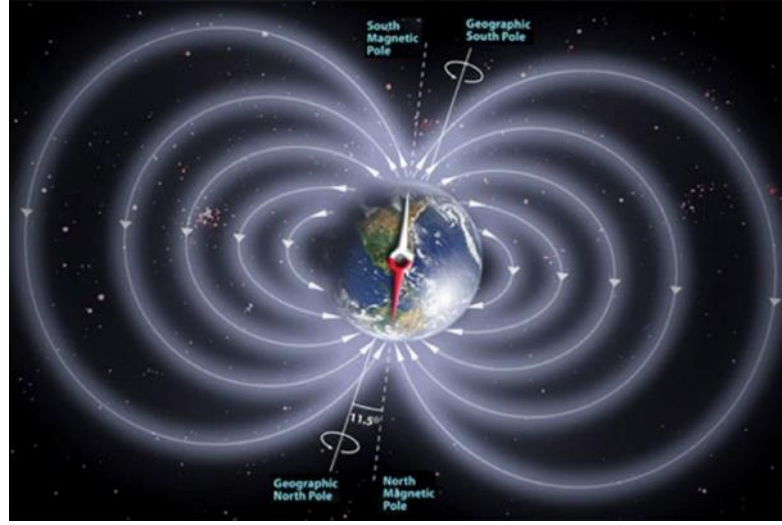
$$mesafe(m) = \frac{10(m) \times 1000}{20} = 500m \text{ olarak bulunur.}$$

2.5. Pusula

Pusula; üzerinde mevcut olan manyetik ve fosforlu bir ok ile manyetik kuzeyi gösteren ve çeşitli açı birimlerinde taksimatları olan bir döner kadrana sahip basit ama önemli bir alettir. Diğer bir deyişle; üzerinde bulunan manyetik olarak kutuplandırılmış iğnenin dünya manyetik alanı ile zıt kutuplar birbirini çeker prensibi gereği dengeye gelmesi ile çalışan bir alettir.

Dünya manyetik alan bakımından adeta devasa bir mıknatısa benzer. Güney kutup noktasının yakınlarından çıkan manyetik alan çizgileri dünyayı bir meridyen boyunca sararak kuzey kutup noktası yakınlarında son bulur. Pusula manyetik oku bu manyetik alan çizgileri boyunca konumlanarak bize manyetik kuzeyi gösterir. Manyetik iğnenin N kutbu her zaman kuzeyi gösterecek şekilde kutuplanmıştır. İğnenin altına yerleştirilmiş olan skala ile de belirlenen yönün referans alınan manyetik kuzey ile ne kadar açı yaptığı tespit edilir. En eski zamanlardan günümüze kadar kullanılan tüm pusulalar prensip olarak aynı mantıkla çalışır [6].

İlk olarak 4000 öncesinden Çinliler tarafından ortaya çıkarılan dünya manyetik alanı ancak 1088 yılında yine Çinliler tarafından yön bulmak maksadıyla kullanılmıştır. Yaklaşık 100 yıl sonra Avrupa da yön bulmak maksadıyla kullanılmaya başlanmıştır [7]. Dünya manyetik kutup noktalarıyla coğrafi kutup noktaları farklılık gösterir. Coğrafi kutup noktası dünya dönme eksenini, meridyenlerin birleşme noktasını ifade eder, manyetik kutuplar ise dünya etrafında var olan kuzey güney doğrultusundaki manyetik akıların dünya üzerindeki giriş çıkış noktasını ifade eder. Manyetik kutuplar zaman içerisinde hareket eder. Dünyanın yüzeyinde ölçülen manyetik alanın büyüklüğü ekvator yakınında yaklaşık $30\mu\text{T}$ ve kutuplarda yaklaşık $60\mu\text{T}$ ' dir. Diğer deyişle dünya yüzeyinde manyetik alanın büyüklüğü 0.3 ile 0.6 Gauss arasında değişir [8].

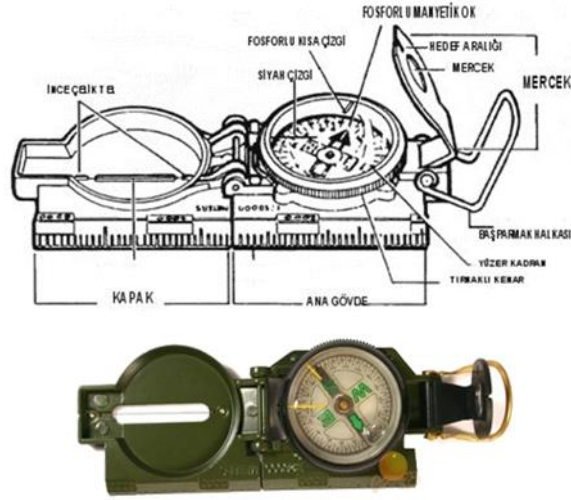


Şekil 2.8. Dünya manyetik alanı [9].

Pusulalar özellikle denizcilik alanında kullanılmaya başlanmış olsa bile günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Günümüzde kullanılan pusular çeşitli robotik uygulamalarda da kullanılmıştır. Hatta analog pusula üzerinden optik sensörler sayesinde düşük çözünürlüklerde konum bilgisi okuma işlemi bile yapılmıştır [10].

Teknolojideki gelişmeler ile pusulalar cep telefonlarına hatta kol saatlerine kadar girmiştir. Özellikle askeri amaçlı faaliyetlerde hava, kara, deniz araçlarından, tek ere kadar her alanda kullanım yeri vardır [11]. Arazide bulunduğunuzda her hangi bir noktanın tanımlanmasında önemli olan iki esas mevcuttur. Öncelikle tanımlanacak noktanın uzaklığı bilinmeli veya tahmin edilebilmelidir. Daha sonrasında ise tanımlamanın eksiksiz yapılabilmesi ortak bir referans nokta esas alınarak bulunan noktaya göre yönün bildirilmesi gerekmektedir.

Askeri amaçlı kullanılan pusulanın genel görünüşü ve ana parçaları Şekil 2.9.'da sunulmuştur.



Şekil 2.9. Pusulanın ana parçaları ve görünüşü [11].

Farklı tür ve özelliklerde pusulalar üretilmesine rağmen bütün el pusulaları 4 ana unsurdan oluşur;

- Hedefe nişan almaya yarayan nişan tertibatı,
- Ölçülen istikamet açısını okumaya yarayan taksimatlar ve fosforlu manyetik ok bulunan döner kadran,
- Nişan alınan doğrultuya paralel, ölçekli kenar,
- Pusula yanak hizasında kullanıldığında, ölçülen istikamet açısını okuyabilmek için mercek veya ayna.

2.6. Pusula Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar

Pusula her ne kadar basit bir alet olsa da kullanım esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Aksi halde ölçüm sonuçlarında büyük sapmalar ortaya çıkabilir.

- Pusula kullanılırken sarsıntısız ve yatay konumda tutulmasına özen gösterilmelidir.
- Fosforlu okun üzerinde bulunduğu iğne çok hassas yapıda olduğundan düşme ve çarpmaya karşı korunmalıdır.

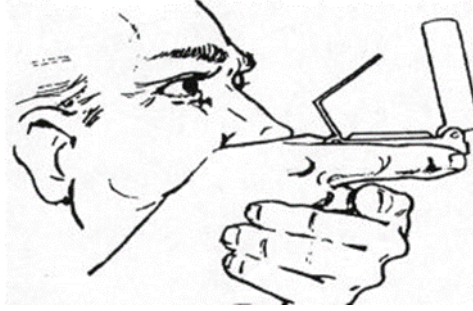
- c. Pusula kullanılmadığı zamanlarda ibrenin hareket etmesini engellemek maksadıyla kılıfında kapalı olarak tutulmalıdır.
- d. Pusulalar manyetizma mantığı ile çalıştığından çevresinde bulunan demir vb. manyetik alanı bozucu cisimlerden etkilenir. Bu etkileri yok etmek ve daha sağlıklı ölçümler yapmak maksadıyla;
 - Yüksek gerilim ve enerji nakil hattından 55 metre,
 - Sahra topu, kamyon, Zırhlı muharebe aracı (ZMA), Geliştirilmiş zırhlı personel taşıyıcı(GZPT), ve tanklardan 18 metre,
 - Telgraf, telefon hatları ve dikenli telçitlerden 10 metre,
 - Makinalı tüfekten 2 metre,
 - Çelik başlık ve piyade tüfeğinden 0,5 metre uzak tutulmalıdır[5].

2.7. Pusulanın Askeri Kullanım Amacı ve Biçimi

Kampçılık, oryantiring vb. amaçlar için kullanılan pusula askeri amaçlı olarak ise;

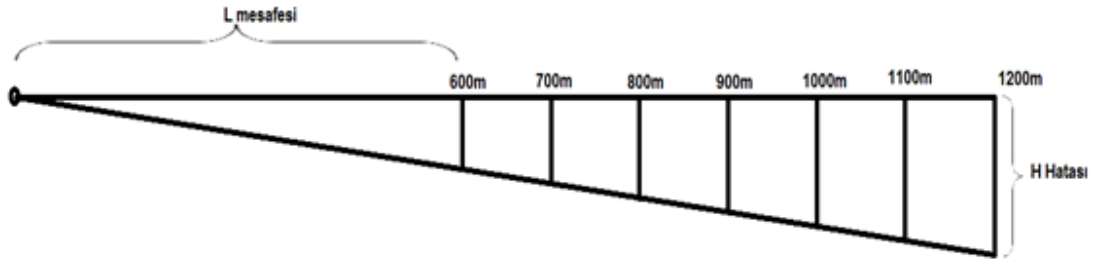
- a. Arazide manyetik kuzeyi bulmak,
- b. Arazide manyetik istikamet açısı (MİA) ölçmek,
- c. Arazide iki nokta arasındaki aralık açısını (AA) bulmak,
- d. Bir yerden başka bir yere giderken istikametini muhafazası için kullanılmaktadır.

Sivil amaçlı kullanılan pusulalara göre daha dayanıklı olarak imal edilen mercekli pusula ile hedef tarifi yapmak için istikamet açısını ölçerken; kapakta bulunan ince çelik tel, açıyı okumaya yarayan mercek ve üzerinde bulunan yarık gez-göz-arpacık gibi bir doğrultuya getirilir. Yarıktan görülen hedefin istikamet açısı mercek üzerinden okunarak ölçme işlemi gerçekleştirilir. Pusula ile hedef tarifi yapılırken veya yön bulunurken öncelikle istikamet açısı alınır. İstikamet açısı pusulanın Şekil 2.10.'daki gibi tutulması ile belirlenen hedefin yönü tespit edilir.



Şekil 2.10. Pusula ile hedef yönü tespiti [11].

Analog pusulaların skalasında bulunan her küçük çizgi 10 milyeme denk gelmektedir. Dolayısıyla ölçüm esnasında skala hatası ve okuyucu hatası göz önüne alındığında ölçüm hatalarının ortaya çıkması mutlaklıdır. Bu da aşağıdaki resimde görüldüğü gibi kısa mesafelerde ihmal edilebilecek hatalar olsa bile hedef nokta uzaklaştıkça hatanın etkisi de artacaktır.



Şekil 2.11. Mesafenin açısal hataya etkisi.

Örnek hesaplama yapacak olursak;

$$1 \text{ Milyem} \Rightarrow 1(M) = \frac{360}{6400} = 0,05625^\circ \text{dir.}$$

$$L = 600\text{m}$$

Okuma hatası ve skala hatası toplamı 5 milyem ($5M \times 0,05625 = 0,28125^\circ$)

Ölçüm Hatası = $L \times \sin(\text{hata toplamı})$

$$\text{Ölçüm hatası} = 600 \times \sin(0,28125) = 2,942 \text{ m'dir.}$$

$$L = 1000\text{m}$$

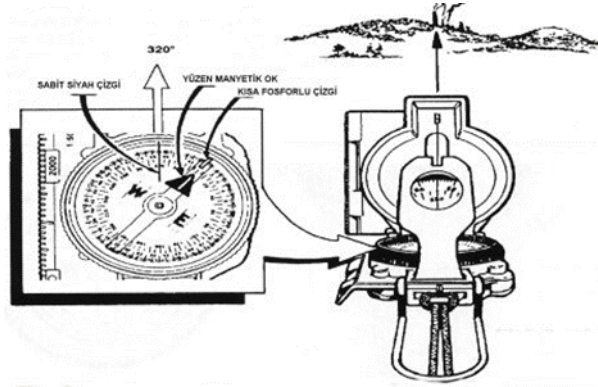
Okuma hatası ve skala hatası toplamı 5 milyem ($5M \times 0,05625 = 0,28125^\circ$)

Ölçüm Hatası= $L \times \sin(\text{hata toplamı})$

Ölçüm hatası = $1000 \times \sin(0.28125) = 4,908\text{m}$ 'dir.

Gelişen teknoloji ile birlikte elektronik alanındaki gelişmeler arttıkça analog cihazlar yerini elektronik cihazlara bırakmaktadır. Bahsedilen hatalar dolayısı ile dijital pusula yapımı hem okuyucu hem de skala hatalarını ortadan kaldıracığından dijital pusula devresinin kullanılması hataların azalması noktasında büyük kolaylık sağlayacaktır. Bu sebeple dürbün içerisine yerleştirilebilecek olan nitelikteki bir dijital pusula ile dürbünün birleşmesi sonucu tek bir dürbünle hem mesafe tahmini hem de yön tayini yapılabilecektir. Ayrıca tasarlanan elektronik pusulada kullanılan sensör 3 eksende yükseliş bilgisi verebildiğinden pusula sensörü ile bakılan hedefin bulunulan noktaya göre eğimi de hesaplanabilmektedir.

Hedef açısının tespit edilmesine müteakip pusula sabitlemesi yapılır. Hedefe doğru hareket edilen durumlarda sabitlemenin yapılması doğrudan hedefe gidilebilmesi için önemli bir husustur. Pusula sabitlemesi Şekil 2.12.'de görüldüğü yapılmaktadır.



Şekil 2.12. Pusulanın hedefe sabitlenmesi[11].

Kullanılmakta olan analog pusulaların yerine gelişen sensör teknolojisi ile birlikte sayısal pusulalarında yapılmasının önü açılmıştır.

2.8. Yeni nesil Askeri Dürbüne İhtiyaç

Teknolojinin gelişmesi sayesinde ihtiyaçların karşılanmasında çeşitli kolaylıklar sağlamak mümkündür. Askeri amaçlı kullanımlarda ordu komutanından tek ere kadar herkesin hedef tarifinde kullandığı ve asla ayrılamaz ikili pusula ve dürbündür. Bunların farklı yapılarda olması ve ağır şartlar altında görev yapan personelin bu aletleri muhafaza etmesi oldukça güçleşmektedir. Bu problemin ortadan kalkması ve daha hızlı hedef tarifi yapılabilmesine olanak sağlayacak sistemlerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Son dönemlerde her ne kadar analog pusulalar el dürbünlerine monte edilse bile gelişime ihtiyacı devam etmektedir.

Dürbün içerisine yerleştirilen mikroişlemci sayesinde uygun sensörlerin kullanılması ile basit bir dürbünün çok fonksiyonlu bir cihaza dönüştürülmesi mümkün olacaktır. Bu çalışma kapsamında sayısal olarak ölçüm yapan ve ölçüm sonucunu ekranda gösteren devre tasarımı ve montajı gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Eldeki bilgiler değerlendirilerek gelişen teknoloji kullanılarak gözetleme, yön bulma, eğim hesaplama gibi bir çok farklı cihaz ile yapılan işlerin tek bir cihazda ve daha küçük boyutlarda yapılabilirliği incelenmiştir. Eldeki bilgiler ışığında çok fonksiyonlu bir dürbünün tasarlanabileceği öngörülmüştür. Bu kapsamda yeni oluşturulacak sistemin kullanım amacı göz önünde bulundurulduğunda;

- a. İki farklı cihazın yaptığı işi tek cihazla yapabilmek; bu durumda hedef tespiti yapılmasında büyük zaman tasarrufu sağlanacak ve reaksiyon sürelerinin kısaltılması,



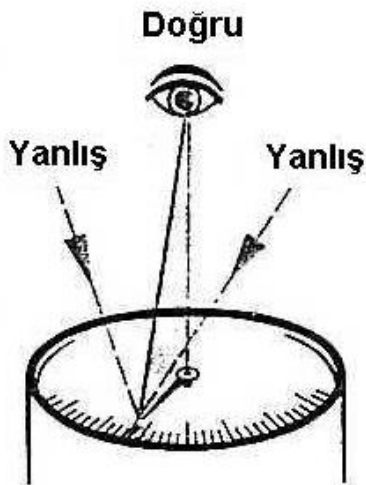
Şekil 3.1 Cihaz Konsepti[12].

- b. İki farklı cihazın birleştirilmesi sonucu yeni bir cihaz oluşturularak ağırlıktan tasarruf etmek; Bu sayede uzun süre arazide kalan personelin yükünü hafifletmek ve iki teçhizatın muhafazası yerine tek cihazın korunması,



Şekil 3.2 Cihaz Ağırlıkları[13].

- c. Analog pusula yerine dijital pusula kullanılarak ölçüm hatalarının ortadan kaldırılarak daha hassas ölçümlerin yapılması, temel anlamda sistemin karşılaması beklenen kriterlerdir.

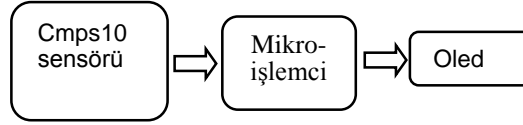


Şekil 3.3. Okuma hatalarının ortadan kaldırılması .

3.1. Devre Çalışma Mantığı

Devre üzerinde bulunan manyetik alan sensörü 3 eksende ölçüm yapma kabiliyetine sahiptir. Pusulaya esas olarak yöneliş ekseninden gelen veri işlenerek, dünyanın manyetik kuzeyi referans alınarak açı bilgisi alınır. Derece cinsinden alınan bilgi ekrana miliyem cinsinden yansıtılarak ölçümün okunması sağlanır. Ayrıca yuvarlanma eksenini üzerinden gelen bilgi ile de dürbünle bakılan hedefin bulunulan noktaya göre $-60^{\circ}/+60^{\circ}$ derece aralığında eğiminin ne kadar olduğu hesaplanabilir.

Devre blok diyagramı Şekil 3.4.'de de görüldüğü gibi devre çalışma mantığı olarak CMPS10 modülünden alınan bilginin işlenerek Oled ekrana yöneliş ve eğitim bilgilerinin yazdırılması hedeflenmektedir. Kullanılan sistemin ölçüm olarak güvenilirliğinin sağlanması, sıcaklık ve neme bağlı ölçüm değişimlerinin gözlemlenmesi maksadıyla ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.4. Devre blok diyagramı.

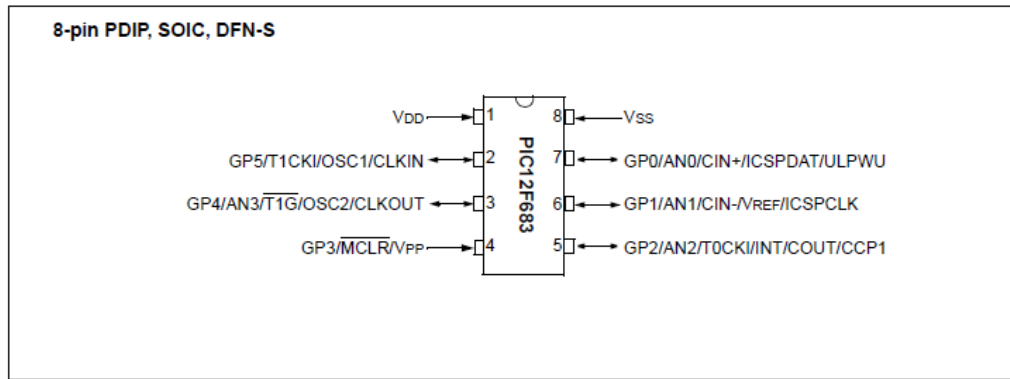
3.2. Kullanılan Devre Elemanları

Devre elemanları seçilirken yüksek verimde ve aşırı sıcak ve soğuk havalarda çalışabilecek nitelikte elemanların seçilmesine özen gösterilmiştir.

3.2.1. Mikroişlemci özellikleri

Genel görüntü ve pin durumları aşağıdaki şekilde olan Pic12F683 ile manyetik alan modülü ve ekran ile gerekli bağlantılar yapılarak devre oluşturulmuştur. Mikroişlemci seçilirken dürbün içerisine montajın kolay olabilmesi maksadıyla küçük, ihtiyaç duyulan performansı sergileyebilecek kadar da güçlü olması gerekmektedir.

Anılan mikroişlemci Dc gerilimde 20 MHz frekansta çalışabilmektedir. Bu özellik işlemciden beklenen performansın kolayca yerine getirilebilmesine imkan sağlar. Asemble malzeme ile üretilen nano 6X5X1,5mm (enxboyxyükseklik) boyutlardadır. Seçilen elemanın bu kadar küçük olması devre tasarımı için büyük kolaylık sağlamış ve montaj için büyük bir kolaylık sunmuştur. Seçilen işlemcinin çalışma sıcaklığı -40,+125 °C'dir .



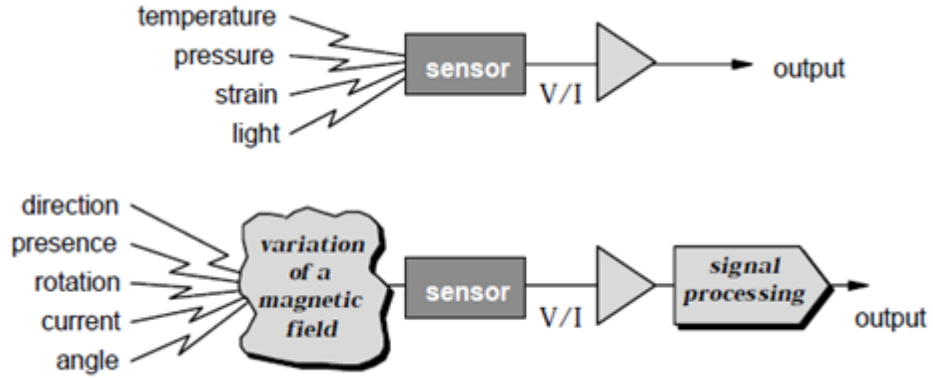
Şekil 3.5. Pic 12F683 pin bağlantıları [15].

3.2.2. Manyetik alan sensörü

Önceki manyetik alan algılayıcıları dünyanın manyetik alanını algılayarak yol bulmaya yardımcı olabilmekteydiler. Teknolojinin gelişmesi ile manyetik sensörler sadece dünyanın var olan manyetik alanının büyüklüğünü doğrultusunu ölçmekle kalmayıp, sabit mıknatısların kutuplandırılmış mıknatısların, beyin dalgası aktivitelerinin ve elektrik akımlarının oluşturduğu manyetik alanı ölçebilir hale gelmiştir. Manyetik sensörler hiçbir fiziksel bağlantı olmadan ölçüm yapabildiklerinden bir çok navigasyon kontrol sisteminin ve endüstriyel uygulamanın vazgeçilmez unsuru olmuştur.

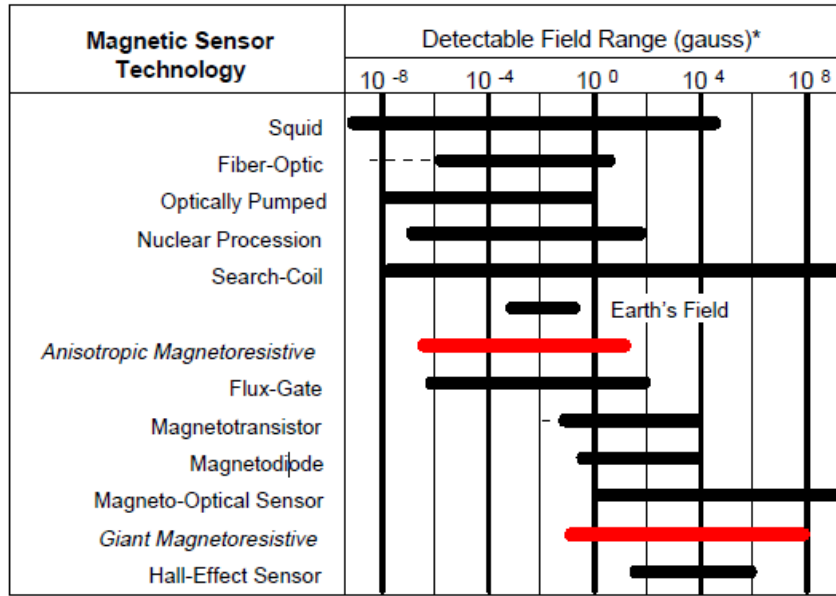
Manyetik alan ölçüm sensörü kullanımı özellikle 2000'li yıllardan sonra oldukça artmıştır. Önceki uygulamalarda daha çok doğrultu bulma ve navigasyon uygulamalarında kullanılan sensörler, günümüzde de aynı uygulamalarda kullanılmakla beraber çok daha farklı uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır[15]. Zaman içerisinde sensörlerin hassasiyeti artmış boyutları küçülmüş, elektronik devrelere uygunluğu artmıştır. Manyetik alan sensörlerinde tek amaç manyetik alanı ölçüm yapmak değildir. Manyetik alan sensörleri dönüş hızı, manyetik iz, araç algılama yada ön taraf belirlemede kullanılır. Bu parametreleri doğrudan ölçmek mümkün değildir. Ancak manyetik alandaki değişim ve bozulmaları algılayabilmek mümkündür. Sıcaklık, basınç, ışık, gerilme vb. ölçüm sensörlerinde çıkış olarak istenen bilgi direk olarak görülebilir. Alınan değerler anlamlı bilgi olarak elektronik devrelerde doğrudan kullanılabilir. Manyetik sensörlerde dolaylı olarak yön algılama,

ön belirleme, dönüş, açı veya elektrik akımının oluşturduğu manyetik alan tespit edilebilir. Öncelikle ölçülecek giriş bir kablo akımından, sabit mıknatıstan veya dünya manyetik alanından oluşturulur. Oluşturulan giriş sensör tarafından algılanır, alınan bilgi sensörde anlamlı bilgiye dönüştürülerek çıkışa verilir. Bu durum manyetik alan ölçümünü diğer sensör ölçümlerine göre daha da zorlaştırmaktadır.



Şekil 3.6. Konvansiyonel sensörler ile manyetik alan sensörünün karşılaştırılması [16].

Manyetik sensörler algılama aralıklarına göre düşük alan, orta alan ve yüksek alan olarak üç gruba ayrılmıştır. Eğer sensörler 1 mikrogauстан az manyetik alanı ölçüyorsa düşük alanlı sensör, 1mikrogauстан-10gauстан arası büyüklükleri ölçüyor ise orta alanlı, 10 gauстан üzerindeki değerleri ölçüyor ise yüksek alanlı sensörler olarak adlandırılır. Düşük alanlı sensörler daha çok medikal uygulamalarda kullanılmaktadır[17].



* Note: 1gauss = 10⁻⁴Tesla = 10⁵gamma

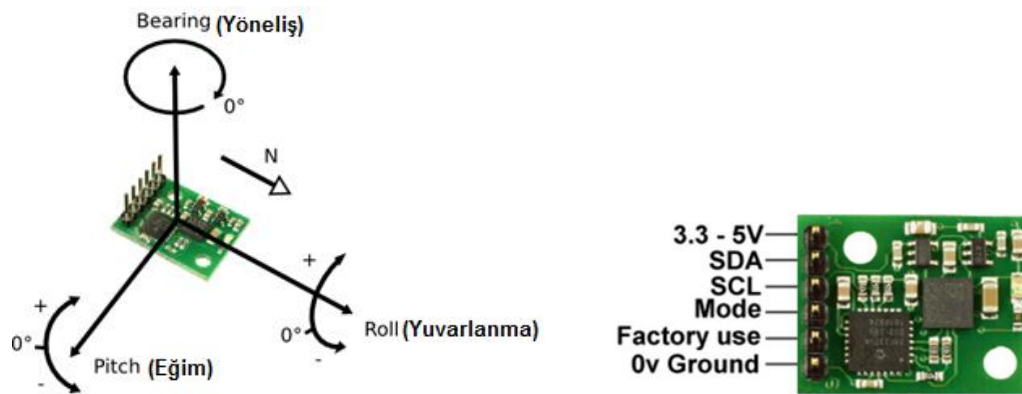
Şekil 3.7. Manyetik alan sensörlerinin sınıflandırılması [17].

Devrede manyetik alanın ölçülmesinde Cmps10 modülü kullanılmıştır. Bu modülün seçilmesinde Tablo 3.1.'deki özellikleri ayrıntılı olarak incelenerek modül seçimi yapılmıştır. Modülün ana bileşeni LSM303 sensörüdür [18].

Tablo 3.1. Manyetik alan sensörü özellikleri

Sıra Nu	Özellik Adı	Mevcut Özellik	Açıklamalar
1	Ölçüm aralığı,	0-359,9° (Yöneliş) +/- 60°(Yuvarlanma)	-
2	Çözünürlük	0,1 derece	-
3	Devre boyutu,	24mmx18mmx10mm	-
4	Çalışma gerilimi,	3,3-5V	-
5	Çalışma sıcaklık aralığı,	-30°C +85°C	-
6	Enerji sarfıyatı,	25mA(Nominal)	-
7	Mikroişlemci ile uyumu	I2C, Serial, ve PWM iletişim protokolüne sahiptir.	I2C modülü kullanılarak Mikroişlemci ile iletişim sağlanmıştır.

Anılan modül temel olarak 3 eksenle ölçüm yapabilmektedir. Tasarlanan devrede yöneliş açısı kullanılarak manyetik kuzey referans alınarak ölçüm yapılmaktadır. Aynı devrede yuvarlanma eksenini kullanılarak dürbünün duruş eğimi ölçülebilmektedir.



Şekil 3.8. CMPS 10 Manyetik alan sensörü[18].

3.2.3. Ekran

Ekran seçimi yapılırken uygulamanın hassasiyeti göz önüne alındığında ve sistem ile kullanıcı arasında iletişimi sağlayan devre elemanı olması sebebiyle ekran seçimi oldukça önemlidir. Bu kapsamda ekran seçimi yapılırken aşağıdaki tablodaki özellikler ayrıntılı olarak incelenmiş ve ortaya çıkan veriler doğrultusunda ekran seçilmiştir [20].

Tablo 3.2. Ekran özellikleri

Sıra Nu	Özellik Adı	Mevcut Özellik	Açıklamalar
1	Boyutu,	0.96(Inch)	Dürbün içine sığabilecek kadar küçük olmalı
2	Çalışma gerilimi,	3,3-5V	Mikroişlemci çalışma geriliminde olmalı
3	Çalışma sıcaklık aralığı,	-	-
4	Çözünürlük	128x32 piksel	İhtiyaç duyulan bilgileri verebilecek çözünürlükte olmalı
5	Enerji sarfiyatı,	Ortalama 20 mA (aktif olan piksel sayısına göre değişiklik gösterir.)	Sadece bilginin yazıldığı pikseller aktif olduğundan ve arka ışığa ihtiyaç duymadığından oldukça düşük
6	İşlemci ile iletişimi	Serial mode iletişim protokolü	
7	Çalışma Sıcaklığı	-40°C, +85°C	Sıcak ve soğuk iklim koşullarında kullanılabilir

Yukarıdaki veriler ışığında araştırma yapıldığında en uygun ekranın 128x64 pixel OLED ekran olduğu tespit edilmiştir. Anılan ekranın en büyük özelliği ekranda herhangi bir arka ışık olmaması ve enerji tüketiminin sadece aktif olan pikseller

tarafından yapılmasıdır. Her bir pikselin kontrol çipi tarafından açılıp kapanabilir olması sayesinde ekranda pasif durumda olan pikseller tarafından enerji harcanmaması, söz konusu ekranın en büyük özelliğidir. Ekran 3,3V gerilimde ortalama olarak 20mA akım çekmektedir. Ayrıca ekranın küçük boyutta olması ve görüntü çıkış biriminin devre ile bütünleşik olmaması dürbün içerisinde odaklama yapılacak noktaya ekranın kolayca taşınabilir olmasını sağlamaktadır.

3,3V-5V gerilimle çalışan ekran ile mikroişlemci iletişimi serial mode iletişim protokolü ile sağlanmaktadır. Ekran üzerindeki yazı boyutunun değiştirilebilir olması ve ekran yenileme süresinin çok kısa olması öne çıkan diğer özelliklerdendir.



Şekil 3.9. 128X64 OLED Ekran [19].

3.2.4. Batarya

Batarya seçimi oldukça önemlidir. Batarya, uzun süre arazide hareket edecek olan personelin yanında ilave batarya taşımaya gerek kalmaksızın sistemi çalışır pozisyonda tutabilecek nitelikte olmalıdır. Bunun yanında batarya gereğinden büyük olmamalı ve personele ilave yük oluşturmamalıdır. Batarya değişimine ihtiyaç duyulması halinde kolay tedarik edilebilir veya şarj edilebilir olması gerekmektedir. Mikroişlemci giriş gerilimi 5V'tur. Diğer devre elemanlarının çalışma gerilimi ise 5V'tur. Bu durum göz önüne alınırsa batarya grubunun uygun gerilim değerine en yakın standart değerli olanlardan seçilmesi büyük avantaj sağlayacaktır.

Batarya seçimi yapılırken;

- Kolay tedarik edilebilir olması,
- Devrenin çektiği akım göz öne alındığında uzunca bir süre sistemi uygun bir şekilde çalıştırabilecek kapasiteye sahip olması,
- Pilin sıcaklıktan ve soğuktan az etkilenir olması yani aşırı sıcak ve aşırı soğuk ortamlarda çalışabilir olması,
- Dürbüne uyarlanacağından boyut olarak küçük olmasına dikkat edilmiştir. Bu özellikler göz önüne alındığında Energizer marka 123 (EL123AP) model pil tercih edilmiştir. Bu kapsamda anılan pilin özellikleri Tablo 3.3.'de sunulmuştur.

Tablo 3.3. Batarya özellikleri

Özellik adı	Pilin Özelliği	Açıklama
Sınıflandırılması	Lityum	-
Kimyasal Yapısı	Lithium / Manganese Dioxide (Li/MnO ₂)	-
İsimlendirmesi	ANSI-5018LC, IEC-CR17345	-
Nominal gerilim	3.0V	Sistemin çalışabilmesi için 2 adet pil seri bağlanacaktır.
Depolama Sıcaklığı	-40°C, 60°C	-
Çalışma Sıcaklığı	-40°C, 60°C	Askeri çalışma sıcaklıklarına uyumlu olmalıdır
Kapasitesi	1500 mAh(2V'a kadar)	-
Ağırlık	16,5 gr	-
Hacim	7,0 cm ³ (çap 17mm, yükseklik, 34,5 mm)	-

Seçilen mevcut batarya grubu göz önüne alınarak devre çalışma süresi hesaplandığında;

$$\text{Pil gerilimi} = 3V \times 2 = 6V$$

$$\text{Pil kapasitesi(2adet)} = 1500mAh \times 2 = 3000mAh$$

$$\text{Devrenin çektiği enerji} = 100mAh$$

$$\text{Çalışma süresi} = \frac{\text{Kapasite}}{1 \text{ saatte Harcanan Enerji}} = \frac{3000mAh}{100mAh} = 30 \text{ saat olarak bulunur.}$$

Bu durumda mevcut sistem hakkında 30 saat kesintisiz çalışma kapasitesine sahip olduğundan ve tasarlanan dürbün ile kısa süreli gözetlemeler yapılması hedeflendiğinden seçilen bataryanın devreyi uzun süre sorunsuz olarak çalıştırabileceği değerlendirilmektedir.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

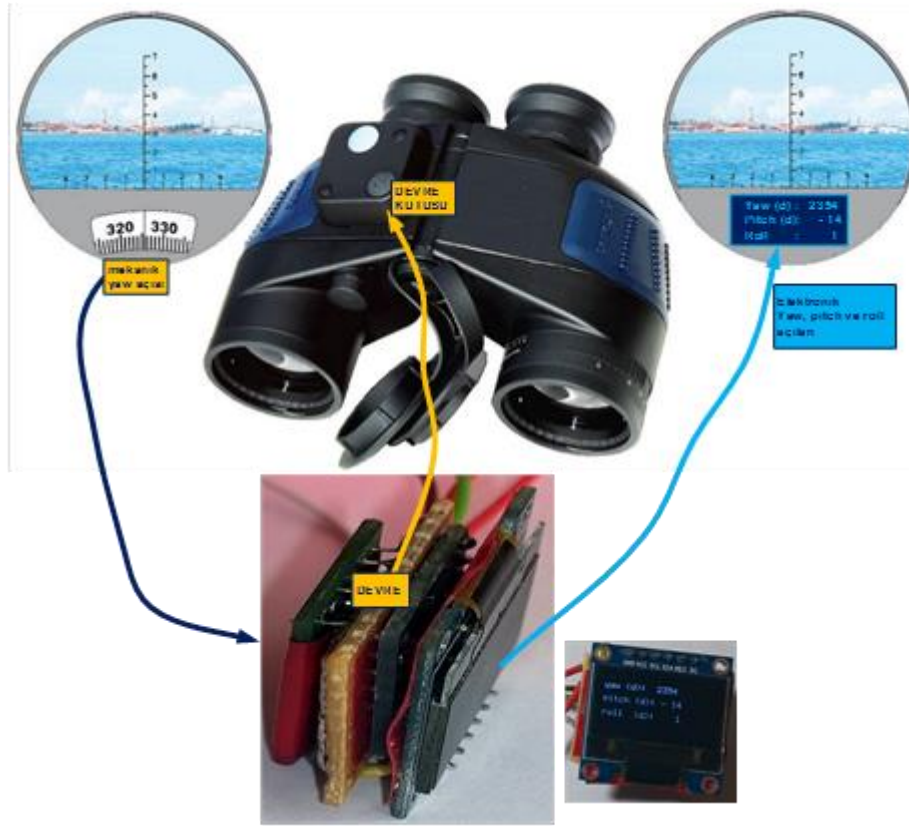
Öncelikle tasarlanan dijital pusula ile analog pusula kıyaslamasının yapılması orta çıkan ürün ile eski nesil cihazın farklarının ortaya konulması açısından önemlidir. Tablo 4.1.'de manyetik pusula ile sayısal pusulanın tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.1. Dijital pusula ile mekanik pusulanın karşılaştırılması

	Avantaj	Dezavantaj
Dijital Pusula	Milyem Ölçüm sistemi kullanıldığından hassas ölçüm yapılmasını sağlar.	Çalışması için pil kullanımına ihtiyaç duyar.
	Ölçüm sonucu sayısal olarak verildiğinden personel okuma hatası yoktur.	Karmaşık yapıya sahip olduğu için arıza yapma ihtimali yüksektir.
	Ekran aydınlatması mevcut olması nedeniyle 24 saat kullanılabilir.	Yok
	3 eksenle ölçüm yapabilir.	Yok
	Kullanım esansında yere paralel olması gerekli değildir.	Yok
Analog Pusula	Hiçbir güç kaynağına ihtiyaç duymaz.	Kullanım esansında dürbünün yer paralel olma zorunluluğu vardır.
	Basit yapıda olduğundan arıza yapma ihtimali düşüktür.	Taksimatlandırma genelde derece cinsinden yapıldığından hassas ölçüm yapılamaz.
	Yok	Genelde aydınlatma olmadığından gündüzleri kullanılabilir.
	Yok	Ölçüm sonucunda kullanıcı hatası olma ihtimali yüksektir.

4.1. Tasarımın Optimizasyonu

Tasarımın optimizasyonu sağlanırken blok diagrama uygun bağlantı gerçekleştirildikten sonra ortaya çıkan devre şeklinde görüldüğü gibidir.



Şekil 4.1. Devrenin genel görünüşü [20].

Devrenin çalışırılığının kontrol edilmesi ve gerekli ölçümlerin yapılmasını sağlamak amacıyla delikli pertinaks üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan devre ile sistemin çalışır olduğu ve devrenin dürbüne uyarlanabilirliği görülmüştür.

Devre çalışması gözlemlendikten sonraki süreçte devrenin dürbüne montajı için dürbün üzerinde çeşitli revizyonların yapılması gerekmektedir. Analog pusula bulanan bir dürbüne dijital pusulanın yerleştirilmesi de eldeki imkanlar ile çok mümkün değildir. Ancak analog dürbünden alınan görüntü üzerine bindirilmesinde oluşan görüntü yukarıda sunulmuştur.

Dürbüne devrenin uyarlanması esnasında dikkat edilmesi gereken bazı temel hususlar vardır bunların başında dürbünün metal kısımlarının devrenin ölçüm yaptığı dünya manyetik alanını etkilememesi gerekmektedir. Bu sebeple metal malzemeleri manyetizma açısından incelemek gerekir. Tasarımı gerçekleştirilecek dürbünlerde kullanılan malzemeler manyetizma açısından incelendiğinde;

- a. Diyamenyetik Maddeler; bir mıknatısa yaklaştırılınca mıknatıs tarafından itilir, yani bunlar manyetik alanı zayıflatırlar. Bakır, kurşun, bizmut, karbon, gümüş, cıva Radyum, potasyum, magnezyum, hidrojen, altın ve su diyamanyetiktir. Bir atom içerisinde dönen bir elektron bir B dış alanına konduğunda açısız manyetik momentteki artma ya da azalma miktarı yaklaşık olarak $\Delta\mu = \pm e \hbar / 4m$ kadardır. Bağlı manyetik geçirgenlikleri $\mu_r < 1$ olan bu tür maddeler, güçlü bir manyetik alana dik şekilde kendilerini yönlendirirler. Diyamanyetizma, tek sayıda elektronlara hızındaki değişme $\Delta\omega = \pm eB/2m$ olur. Burada m elektronun kütlesidir. Bu durumda sahip ve tamamlanmamış içi kabuğu olmayan maddelerde görünür.
- b. Paramanyetik Maddeler; mıknatısa yaklaştırıldığında ondan çok az etkilenir, yani içine konduğu manyetik alanı biraz sıkılaştırmış olur. Paramanyetizma çift sayıda elektronlara sahip maddelerde görülür. Hava, alüminyum, silisyum platin, uranyum, manganez, sodyum ve oksijen paramanyetik maddelere örnektir. Paramanyetik maddenin manyetizasyonu uygulanan manyetik alanla doğru, sıcaklıkla ters orantılıdır. Buna göre manyetizasyon $T B M = C$ dir. Burada C Curie sabiti olup, bu kanun Curie kanunu olarak da bilinir. Bu kanun B/T 'nin düşük değerleri için deneyle uyumludur. Yüksek değerlerindeki uyumsuzluk kuantum fiziği ile açıklanır. Bağlı manyetik geçirgenlikleri $\mu_r > 1$ 'dir.
- c. Ferromanyetik Maddeler; Mıknatıs tarafından çekilirler. Bu maddelere örnek olarak, demir, permaloy, yumuşak çelik, nikel, kobalt ve alaşımlarıdır. Bu maddeler ısıtıldıklarında belli bir sıcaklıkta (Curie sıcaklığı) mıknatıslık özelliğini kaybederler ve aniden paramanyetik olurlar.

Birbirinden farklı biri mekanik biri elektronik sistem bir bütün haline getirilmeden önce tasarımda bazı temel faktörler göz önüne alınmalıdır.

Sistemin bütünleştirilmesine müteakip sistemin dürbünün içerisine montajını kolaylaştırmak maksadıyla devre reçine içerisine alınacaktır. Reçine içerisine alındıktan sonraki şeklinin dürbün içerisine uygun yapıda olması oldukça önemlidir.

Bu sebepten dolayı dürbün tasarımı ile devrenin reçine içerisine alındığındaki tasarımı bir bütün olarak düşünölmek zorundadır.

4.2. Sistemin Yazılımı

```
#include <OLED.h>
#include <string.h>
char text[30];
void setup();
int8 hesapX(int8 karakter);
void main()

{

    signed long i = -9;

    float f = 0;

    int16 data16;

    int8 data_h;

    int8 data_l;

    output_high(PIN_A1);//seri port

    input(PIN_A2);//seri port

    setup();

    while(TRUE)

    {

        f += 1.1;
```

```
i++;

if(i > 1000)

{

    i = -9;

    f = 0;

}

//OLED_print_float(1, 4, f, 1);

//OLED_print_int(1, 5, i);

data_h=0;

data_l=0;

data16=0;

fputc(0x13, modul);

data_h=fgetc(modul);

data_l=fgetc(modul);

data16=make16(data_h,data_l);

strcpy (text,"pusula (d):"); OLED_print_string(hesapX(0), 2, text);

strcpy (text," "); OLED_print_string(hesapX(12), 2, text);

OLED_print_int(hesapX(12), 2, data16);

data_h=0;
```

```

fputc(0x14, modul);

data_h=fgetc(modul);

strcpy (text,"pitch (d:"); OLED_print_string(hesapX(0), 4, text);

strcpy (text," "); OLED_print_string(hesapX(11), 4, text);

if (data_h>89) OLED_print_int(hesapX(11), 4, (signed)data_h-255); else
    OLED_print_int(hesapX(11), 4, data_h);

data_h=0;

fputc(0x15, modul);

data_h=fgetc(modul);

strcpy (text,"roll (d:"); OLED_print_string(hesapX(0), 5, text);

strcpy (text," "); OLED_print_string(hesapX(11), 5, text);

if (data_h>89) OLED_print_int(hesapX(11), 5, (signed)data_h-255); else
    OLED_print_int(hesapX(11), 5, data_h);

    delay_ms(1000);

};

}

int8 hesapX(int8 karakter)

{

    return(karakter*6);

}

void setup()

```

```
{  
  
  OLED_init();  
  
    strcpy (text,"0x0"); OLED_print_string(hesapX(0), 0, text); // x de 20char ; y de 8char  
  
  strcpy (text,"0x20"); OLED_print_string(hesapX(16), 0, text); // x de 20char ; y de 8char  
  
  strcpy (text,"7x0"); OLED_print_string(hesapX(0), 7, text); // x de 20char ; y de 8char  
  
  strcpy (text,"7x20"); OLED_print_string(hesapX(16), 7, text); // x de 20char ; y de 8char  
  
}
```

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ortaya çıkan sistem, tasarım aşamasındaki beklentilerden iki farklı cihazın birleştirilmesi, hafiflik ve ölçüm hatalarının ortadan kaldırılması kriterlerinin tamamını karşılamaktadır. Bu durum sistemin prototip üretimi ve seri üretim aşamalarına geçilebilmesi adına oldukça olumlu gelişmelerdir. Prototipi oluşturulacak sistemin tasarımı gerçekleştirilirken;

- a. Mekanik sistemin elektronik sistemi kesinlikle etkilememesi gerektiğinden dürbün gövdesinin ya alüminyum ya da kompozit malzemeden, vida sekman gibi bağlantı parçaların pirinç gibi ferromanyetik olmayan malzemelerden yapılması,
- b. Elektronik sistemin seri üretimde dürbüne montajını kolaylaştırmak için epoksi reçine içerisine alınması yada montajı kolaylaştıracak şekilde modüler halde olması,
- c. Elektronik kısmın dürbün içerisine görüntü aktarma sistemini olumsuz etkilemeyecek şekilde montaj edilmesi,
- d. Elektronik devrenin kullanacağı pillerin bulunduğu pil yatağının pilleri kolay değiştirilebilir olması ve dürbün içerisine sıvı girmesine engel olacak derecede sızdırmazlık seviyesine sahip olması,

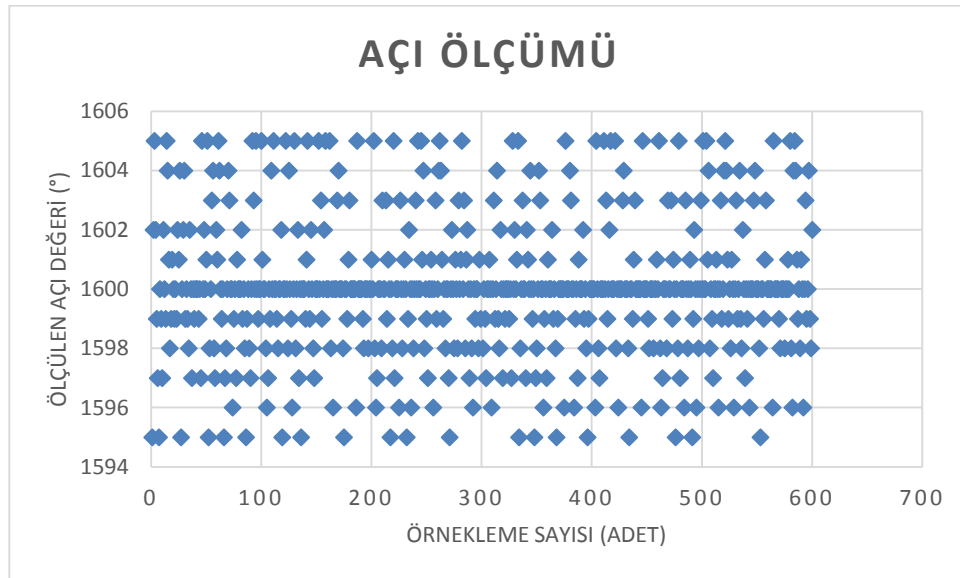
Kullanıcı personel ihtiyaçlarının eksiksiz olarak karşılanabilmesi maksadıyla;

- a. Dürbünün kullanım açısından ergonomik olması,
- b. Dürbün camlarının ani sıcaklık değişimlerinde dürbün içerisinde buğu yapmasını engellemek maksadıyla basılan azot gazının sistemin dışına çıkmayacak şekilde tasarlanması,
- c. Dürbün çıkış pupilinden bakıldığında devre ekranında yazan verinin gece ve gündüz şartlarında net bir şekilde görülmesi,

d. Ölçüm sonuçlarının sıcaklık değişimlerinden etkilenmemesi hususları tasarımın ana çerçevesini oluşturmaktadır.

Elde edilen devre, elektronik devre elemanları seçimine müteakip yazılımın da gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Elde edilen devrenin dürbüne montajından önce uygun olarak çalışıp çalışmadığının test edilmesi amacıyla çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçüm esnasında; Yüksek gerilim hattı gibi yapay manyetik alan kaynaklarından, dünya manyetik alan çizgilerinde bozulmaya sebep olabilen araç, demir çatı gibi ferromanyetik manyetik malzemelerden uzak olmasına dikkat edilmiştir.

Ölçme işleminde referans olarak kullanılan cihazın kritik öneme sahip olması sebebiyle cihaz ile ilgili bilgi 1'inci Ana Bakım Merkezi Komutanlığı tarafından verilmemiştir. Yapılan ölçümde 1600 milyem açığa ayarlanan pusuladan 500ms aralıklar ile alınan 5 dakika boyunca 600 adet ölçüm verisi alınmıştır. Alınan verilerin grafik dağılımı Şekil 5.1.'de sunulmuştur.



Şekil 5.1. Sistemin manyetik kuzeye göre açı ölçüm sonuçları

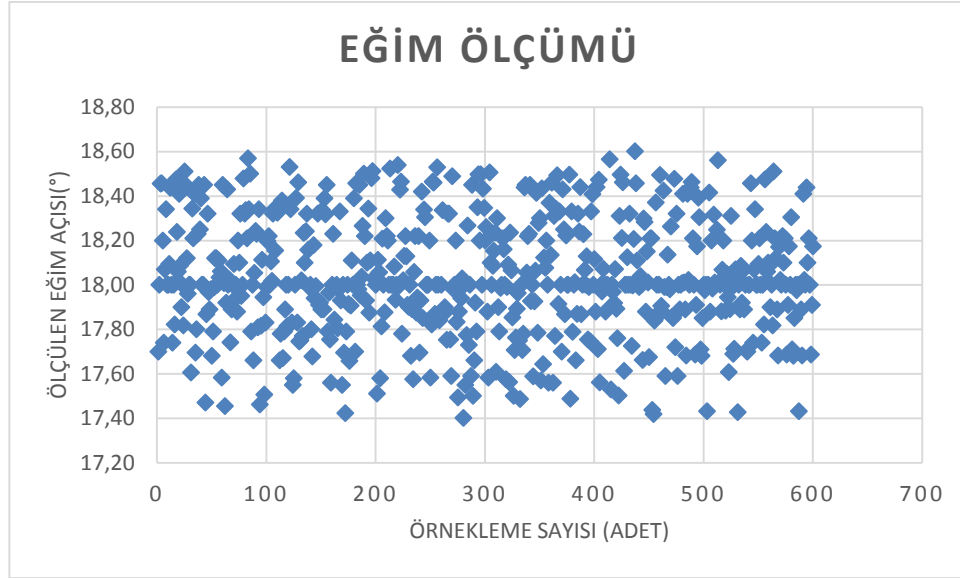
Ortaya çıkan ölçüm sonuçları incelendiğinde;

- a. Ölçüm sonuçlarında sapmaların ± 5 milyem olduğu,
- b. Oluşan sapmaların 1 dereceden az olduğu,
- c. Söz konusu sapmaların analog pusulalarda okunabilecek en küçük değer olan 10 milyemden daha küçük olması sebebiyle analog pusulaya göre çok daha hassas olduğu,
- d. Alınan verilerin 500 ms gibi bir sürede alınması sebebiyle ekrana yansıtılan değerlerde hatanın daha da azalacağı,
- e. Verilerin ortalaması alındığında ayarlanmış olan 1600 M'e çok yakın bir değer ortaya çıktığı görülmüştür.

Yine aynı devrenin özelliği olan eğim ölçümünde 500 ms aralıklar ile 5 dakika süre boyunca 600 adet ölçüm sonucu alınmıştır. Ölçümde Sip marka Genevoise model (SN 52916-3) cihaz referans olarak kullanılmış ve eğim 18 derece olarak ayarlanmıştır. Cihazdan ölçülen değerler Şekil 5.2.' de sunulmuştur.



Şekil 5.2. Eğim Açısı Ölçüm Kalibratörü.



Şekil 5.3. Sistemin eğim ölçüm sonuçları.

Ortaya çıkan ölçüm sonuçları incelendiğinde;

- Stabil ortamda yapılan eğim ölçümlerinde ölçüm sonucunun referans değer olan 18° de yoğunlaştığı,
- Eğim ölçümünde 5 dakika sürede 500 ms aralıklarla alınan ölçümlerdeki sapmaların $\pm 0,5^\circ$ olduğu ve programın çalışma mantığı gereği ekrana yansıtılacak değerlerin gerçek değere çok yakın olduğu,
- Zamana bağlı olarak ölçüm sapmalarında önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

Sonuç olarak;

- Bu veriler ışığında tasarlanan sayısal devrenin eski nesil analog pusulaya göre çok daha net ve doğru sonuçlar verdiği,
- Ortaya çıkan sistemin askeri amaçlı tam olarak kullanılabilirliğinin tespit edilmesine yönelik olarak askeri standartlardaki testlerin eksiksiz olarak yapılması gerektiği [21].

- c. Askeri amaçlı kullanılabilirlik testlerinin tek başına dürbüne veya tek başına elektronik devreye yapılmasının sonuçları doğrudan etkileyecek olması nedeniyle uygun olmayacağı,
- d. Yapılan devrenin seri üretime hazır hale getirilip, dürbüne adaptasyonu gerçekleştirildikten sonraki süreçte devre elemanları seçiminde gösterilen hassasiyet nedeniyle uygulanacak testleri başarı ile geçeceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Binoculars And How to Choose Them. Bausch and Lomb Optical Co. Rochester N.Y.
- [2] Yi-Chun Tsai*, Yung-Jhe Yan, Mei-Lan Ko+, Ting-Wei Huang, Jin-Chern Chiou, Mang Ou-Yang. Design of synchronizing pupillometer for observing nerve conduction by pupillary responses Department of Electrical and Computer Engineering, National Chiao-Tung University, Hsinchu, Taiwan
- [3] Tokin S. Binocular Astronomy, 2014, XXV, 435P, 316 illus, 115 illus, in color, Softcover, ISBN 978-14614-7466-1
- [4] <http://www.armaholic.com/page.php?id=1850> Erişim Tarihi: 10.07.2016.
- [5] Kara Kuvvetleri Talimnamesi KKT 164-9(A) Tek Er Muharebe Eđitimi, 2001.
- [6] The American Practical Navigator, An Epitome Of Navigation Originally y Nathaniel Bowd'tch, LL.D. Chapter 6.
- [7] <http://www.bilim.org/dunyanin-manyetik-alani/> , Erişim Tarihi: 11.07.2016.
- [8] http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000001688/2_chapter-1.pdf?hosts, Erişim Tarihi: 05.08.2017.
- [9] <http://spacemath.gsfc.nasa.gov>, Erişim Tarihi: 05.07.2016.
- [10] Budak ,E., Duran, F. ve Canal ,M. R., "Robotik Uygulamalar için Sayısal Pusula Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi" 6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- [11] Kara Kuvvetleri Talimnamesi, KKT 164-3 Harita Bilgisi 1996, T.C. Genel Kurmay Başkanlığı/Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Ankara.
- [12] <https://www.dreamstime.com/stock-photo-soldier-looking-binoculars-image29659830>, Erişim Tarihi: 05.07.2016.
- [13] <http://www.atlaskamp.com/sterling-profesyonel-pusula-t-0875-4288> Erişim Tarihi: 04.08.2016.
- [14] <http://www.metroloji-okulu.com.tr/Hatalar.php>, Erişim Tarihi: 04.08.2016.

- [15] Microchip PIC12F683 Data Sheet, http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41211d_.pdf, Erişim Tarihi: 08.05.2017
- [16] A New Perspective on Magnetic Field Sensing (Michael J. Caruso Dr. Carl H. Smith, Tamara Bratland Honeywell, SSEC 12001 State Highway 55 Plymouth, MN 55441 <www.ssec.honeywell.com> Dr. Smith Carl H., Schneider Robert Nonvolatile Electronics, Inc. 11409 Valley View RoadPlymouth, MN 55441 Eden Prairie, MN 55344).
- [17] Berthold, P. "Calibration of magnetic field sensor with GPS and development of an embedded RTK system". Institute for Communications and Navigation Univ., Technical report, Munich, November 2013.
- [18] <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Lsm303dlh>, Erişim Tarihi: 05.07.2016.
- [19] <https://www.adafruit.com/product/661>, Erişim Tarihi: 05.07.2016.
- [20] <https://www.robot-electronics.co.uk/htm/cmeps10doc.htm> Erişim Tarihi: 24.09.2016.
- [21] USA Military, department of defence test method military standard / environmental engineering considerations and laboratory tests, Mil-STD-810G 2008.

ÖZGEÇMİŞ

Ali İmran ŞENTÜRK 10.05.1987'de Çankırı'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Çankırı'da tamamladı. 2005 yılında Şehit Hakkı Çelik Anadolu Teknik Lisesi'nden mezun oldu. 2005 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nü 2010 yılında bitirdi. 2011 yılında Kara Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde bulunan Arifiye/Sakarya'da konuşlu 1'inci Ana Bakım Merkezi Müdürlüğünde mühendis subay olarak göreve başladı. 2012 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2017 yılı başından itibaren plastik makinaları üretim sektöründe çalışmaktadır.