



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



PROTOTİP UÇUŞ KONTROL KARTI TASARIMI

AHMET EREN KÜRPE

031911506

BİTİRME PROJESİ

BURSA 2023

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

PROTOTİP UÇUŞ KONTROL KARTI TASARIMI

AHMET EREN KÜRPE
031911506

Projenin Danışmanı: Prof. Dr. Fahri VATANSEVER

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu Proje Hazırlık çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri, akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları, bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda, ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü üniversitemde veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

Tarih:

02.01.2023

İmza:

Ad-Soyad:

AHMET EREN KÜRPE

Danışmanlığımda hazırlanan BİTİRME PROJESİ çalışması, tarafımdan kontrol edilmiştir.

Tarih:

02.01.2023

İmza:

Öğretim Üyesi/Elemanı (Ünvan, Ad-Soyad):

Prof. Dr. Fahri VATANSEVER

PROTOTİP UÇUŞ KONTROL KARTI TASARIMI

ÖZET

Bu proje, insansız hava araçları için bir prototip otopilot kartı tasarımını ele almaktadır. Günümüzde, insansız hava araçları hızla gelişmekte olup, otopilot sistemleri bu araçların kontrolünde hayati bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, insansız hava araçlarının otonom uçuş yeteneklerini sağlayan bir otopilot kartı tasarımını hedeflemektedir.

Öncelikle, insansız hava araçlarının ne olduğu ve otopilot kartlarının önemi genel bir perspektifle sunulacaktır. Ardından, benzer projelerin literatür taraması yapılarak mevcut tasarımlar incelenecektir. Bu literatür taraması, tasarım için gerekli parametrelerin ve gereksinimlerin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

Tasarım aşamasında, otopilot kartının temel işlevleri, sensörler ve kontrol üniteleri gibi bileşenler göz önünde bulundurularak bir blok diyagram oluşturulacaktır. Ardından, devre şeması hazırlanacak ve PCB tasarımı gerçekleştirilecektir. Bu aşamada, giriş ve çıkışların belirlenmesi, güç yönetimi ve iletişim protokolleri gibi önemli detaylar ele alınacaktır.

Malzemelerin temini ve üretim sürecinden sonra, tasarlanan otopilot kartı için testler gerçekleştirilecektir. Bu testler arasında otonom sürüş yetenekleri, veri aktarım hızı ve güvenlik özelliklerinin değerlendirilmesi yer alacaktır. Elde edilen sonuçlar analiz edilecek ve sistemin performansı değerlendirilecektir.

Sonuç olarak, bu proje, insansız hava araçları için bir prototip otopilot kartı tasarımını kapsayan kapsamlı bir çalışmayı hedeflemektedir. Tasarım süreci ve elde edilen sonuçlar, insansız hava araçlarındaki otonom uçuş yeteneklerini artırmak için önemli bir adım olacaktır.

PROTOTYPE FLIGHT CONTROL CIRCUIT DESIGN

ABSTRACT

This project focuses on the design of a prototype autopilot board for unmanned aerial vehicles (UAVs). With the rapid advancement of UAVs and the development of battery and mechatronic technologies, autopilot systems have become crucial for controlling these aircraft. The objective of this study is to design an autopilot board that enables autonomous flight capabilities in UAVs.

The project begins by providing a general overview of UAVs and the significance of autopilot boards in their control. A literature review is conducted to examine similar projects and existing designs, which aids in determining the parameters and requirements for the design phase.

During the design stage, a block diagram is created considering the essential functions of the autopilot board, including sensors and control units. A circuit diagram is prepared, and PCB design is carried out, taking into account important details such as input/output configurations, power management, and communication protocols.

Following the procurement of materials and the manufacturing process, tests are conducted on the designed autopilot board. These tests involve evaluating autonomous flight capabilities, data transfer rates, and security features. The obtained results are analyzed to assess the performance of the system.

In conclusion, this project aims to encompass a comprehensive study on the design of a prototype autopilot board for UAVs. The design process and the obtained results serve as a significant step towards enhancing the autonomous flight capabilities of unmanned aerial vehicles.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	ivii
1. GİRİŞ	1
1.1.Proje Amacı.....	1
1.2. İnsansız Hava Araçları ve Otopilot Kartı Kavramları.....	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	1
2.1. İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Otopilot Sistemleri	2
2.2. İHA Otopilot Kartı Tasarımı ve Gerçekleme Yöntemleri.....	2
3. KULLANICI İHTİYAÇLARI VE SİSTEM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ.....	5
3.1. Kullanıcı İhtiyaçlarının Belirlenmesi.....	5
3.1.1. İstikrar ve Kontrol	5
3.1.1.1. Sensör Entegrasyonu.....	5
3.1.1.2. Uçuş Kontrol Algoritmaları	5
3.1.2. Navigasyon ve Konumlandırma.....	8
3.1.3. Güvenlik ve Acil Durum Yönetimi.....	9
3.2. Sistem Parametreleri	11
4. SİSTEM TASARIMI	13
4.1. Elektriksel Şema ve Bileşenlerin Seçimi	13
4.2. PCB (Printed Circuit Board) Tasarımı.....	18

4.3. İletişim Protokolleri ve Veri Aktarımı	20
5. TASARLANAN SİSTEMİN GERÇEKLENMESİ.....	21
5.1. PCB Üretimi ve Bileşenlerin Montajı	22
6. GERÇEKLENEN SİSTEMİN KONTROL VE TESTLERİ	24
6.1. İlk Başlatma ve Kontroller Donanım Kontrol Testleri	24
6.2. Mesafe – İletim Hızı ve Menzil Testleri	25
6.3. Dayanıklılık Testleri.....	25
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	28
7.1 Sonuçlar	28
7.2 Öneriler	28
8.KAYNAKÇA.....	30
9.EKLER.....	31
EK 1	31
EK 2	32
EK 3	33
TEŞEKKÜR.....	35
ÖZGEÇMİŞ	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

4.1 Blok Diyagram Şekli	14
4.2 Kontrolcü Çizimi Şekli.....	15
4.3 IMU Modülü Çizimi Şekli.....	15
4.4 SD Kart Modülü Çizimi Şekli	16
4.5 Çevresel Bileşenler Şekli.....	17
4.6 Regülatör ve Durum Işığı Devresi Şekli	17
4.7 PCB Çizimi Arka ve Ön Katmanlar Şekli	18
4.8 3 Boyutlu Çizimi Arka ve Ön Yüz Şekli.....	19
5.1 PCB Otopilot Kartları (arka-ön) Şekli.....	22
5.2 PCB Otopilot Kartları (ön) Şekli.....	23
6.1 Test Kodunun Çalıştırılması Şekli.....	24
6.2 IMU Çalışma Verileri Şekli.....	25

ÇİZELGELER DİZİNİ

5.1 Elektronik Malzeme Listesi Çizelgesi.....	22
6.1 Otopilot Özellikleri Çizelgesi.....	26
6.2 Otopilot Maliyet Analizi Çizelgesi.....	26

1. GİRİŞ

Bu bölüm sonraki kısımların daha iyi anlaşılabilmesi için projenin amacı, İnsansız Hava Araçları ve otopilot kartı kavramları hakkında temel bilgileri içermektedir.

1.1. Proje Amacı

İnsansız hava araçları (İHA'lar), birçok uygulama alanında kullanılan önemli araçlar haline gelmiştir. Bu araçların otonom ve güvenli uçuşlarını sağlamak için otopilot sistemleri kritik bir rol oynamaktadır. Bu projede, İHA'lar için yeni nesil bir otopilot kartının tasarımı ve gerçekleştirme yöntemleri incelenecektir. Amaç, mevcut otopilot kartı tasarımlarının analiz edilmesi ve bu analizler doğrultusunda daha hızlı, düşük enerji tüketimi ve düşük boyutlara sahip bir otopilot kartının geliştirilmesidir.

1.2. İnsansız Hava Araçları ve Otopilot Kartı Kavramları

İnsansız hava araçları (İHA'lar), havacılık teknolojilerinde önemli bir yer tutan, insan müdahalesi olmaksızın uçuş gerçekleştirebilen hava araçlarıdır. İHA'ların, tarımdan askeri operasyonlara kadar pek çok alanda kullanılması; onların önemini artırmaktadır. Otopilot kartı ise, İHA'ların otonom uçuş yapabilmesini sağlayan ve uçuşun kontrolünü ele alan bir sistemdir.

İHA otopilot kartı tasarımı, İHA'nın uçuş performansını ve güvenliğini artırmayı hedefler. Bu tasarım, elektronik bileşenlerin uygun bir şekilde entegrasyonunu içerir ve İHA'nın otonom hareket etmesi için gerekli olan işlemci, sensörler, iletişim modülleri ve güç yönetimi gibi temel parçaları içerir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bu bölümde İnsansız Hava Araçları ve Otopilot kartları hakkında özellikler, gerçekleştirme yöntemleri ve kullanılan teknolojiler hakkında bilgilere yer verilmektedir.

2.1. İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Otopilot Sistemleri

İnsansız hava araçları (İHA), pilot bulunmayan ve genellikle uzaktan kumanda edilen veya otonom uçuş planlarına göre hareket eden hava taşıtlarıdır. İHA'lar, askeri gözetim ve keşif, sivil hava fotoğrafçılığı, arazi ölçümü, kurtarma operasyonları ve meteorolojik gözlemler gibi pek çok alanda kullanılır. İHA'ların otonom yetenekleri, otopilot sistemleri veya uçuş kontrol kartları tarafından sağlanır. Smith ve Johnson (2021), insansız hava araçları için otonom uçuş kontrol sistemlerinin önemini vurgulamıştır. Araştırmalarıyla, otopilot kartlarının bu sistemlerde kritik bir rol oynadığını göstermişlerdir (Smith & Johnson, 2021).

Otopilot sistemleri, İHA'ların uçuş planına uygun hareket etmesini sağlamak ve aynı zamanda ani durum değişikliklerine veya dış etkenlere karşı adapte olmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Otopilot sistemleri, İHA'nın hızını, yüksekliğini, rotasını ve diğer uçuş parametrelerini kontrol eden ve yönlendiren karmaşık bir dizi sensör, işlemci ve yazılım bileşeninden oluşur. Bu bileşenleri sıraladığımızda; Atalet Ölçüm Birimi (IMU), İHA'nın hızını, ivmesini ve yönelimini ölçmek için kullanılan, jiroskoplar ve ivmeölçerler gibi sensörler içeren bir cihazdır. GPS modülü, İHA'nın coğrafi konumunu belirlemek için kullanılmaktadır. Bu, İHA'nın rotasını planlamasına ve belirlenen noktalara ulaşmasına yardımcı olmaktadır. Hız ve Yükseklik Sensörleri, İHA'nın hızını ve yüksekliğini ölçmek için kullanılır. İHA'nın uçuş planına uygun hız ve yükseklikte kalmasını sağlamaktadır. Manyetometre, İHA'nın manyetik alanla ilişkisini ölçerek dünya üzerindeki yönelimini belirlemeye yaramaktadır. İletişim Modülü, İHA ile yer istasyonu arasında veri iletişimini sağlayan modüldür. Uçuş verilerinin ve komutların iletilmesini sağlamaktadır. İşlemci, sensör verilerini işleyen, kontrol algoritmalarını çalıştıran ve İHA'nın hareketlerini yönlendiren merkezi birimdir.

2.2. İHA Otopilot Kartı Tasarımı ve Gerçekleme Yöntemleri

İnsansız Hava Araçları (İHA'lar), birçok uygulama alanında kullanılan önemli araçlardır. İHA'ların otonom ve güvenli uçuşlarını sağlamak için otopilot sistemleri kritik bir rol oynamaktadır. Otopilot kartı tasarımı, bu sistemlerin elektronik

bileşenlerinin etkili bir şekilde entegre edilmesini içerir. İHA otopilot kartlarının tasarım ve gerçekleştirme yöntemleri şu adımlarla gerçekleştirilir:

İlk olarak, tasarım sürecinin başlangıcında İHA otopilot kartının ihtiyaçları ve performans hedefleri belirlenir. Bu aşamada, İHA'nın uygulama alanları, beklenen uçuş özellikleri, boyut ve ağırlık kısıtlamaları gibi faktörler dikkate alınır. Bu analiz, tasarımın temel rehberini oluşturur.

Bileşen seçimi aşamasında, İHA otopilot kartının başarılı bir şekilde işlev görebilmesi için uygun elektronik bileşenler seçilir. İşlemciler, sensörler (IMU, GPS, hız ve yükseklik sensörleri, manyetometre vb.), iletişim modülleri ve güç yönetim sistemleri gibi temel parçalar arasından seçim yapılır. Bu bileşenlerin İHA'nın gereksinimlerini karşılaması ve uyumlu bir şekilde çalışabilmesi önemlidir. Boyut, ağırlık, güç tüketimi ve maliyet gibi faktörler de göz önünde bulundurulur. Bejczy ve Hall (2006) tarafından yayınlanan "Autonomous Flying Robots" kitabında, insansız hava araçları ve mikro hava araçları hakkında kapsamlı bilgiler bulunmaktadır.

Seçilen bileşenlerin etkili bir şekilde bir araya getirilerek otopilot kartının elektronik devre şeması oluşturulur. Bu aşamada, devre elemanlarının bağlantıları, enerji yönetimi ve iletişim protokolleri gibi detaylar dikkate alınır. Elektronik devre tasarımı, İHA'nın stabil uçuşunu sağlamak ve güvenli bir şekilde hareket etmesini sağlamak için kritik öneme sahiptir.

Elektronik devre şemasının oluşturulmasının ardından, baskı devre kartı (PCB) tasarımına geçilir. Bu aşamada, bileşenlerin fiziksel yerleşimi, PCB katmanları ve iletken yolların optimizasyonu gibi konular ele alınır. PCB tasarımı, elektronik devre şemasının fiziksel bir temsilini oluşturur ve üretim sürecine geçiş için hazırlık sağlar.

Tasarım tamamlandıktan sonra, prototip üretimi ve testleri gerçekleştirilir. Prototip, uçuş performansı, enerji verimliliği, güvenilirlik ve diğer kritik faktörler açısından test edilir. Bu aşama, tasarımın gerçek dünya koşullarında nasıl işlediğinin değerlendirilmesine olanak sağlar.

Otopilot kartının donanımıyla birlikte, uyumlu bir yazılım geliştirilmesi de gereklidir. İHA'nın uçuş kontrol algoritmalarını ve sensör verilerini işleyerek, uçuş planına uygun hareket etmesini sağlar. Yazılım, donanımla birlikte çalışarak İHA'nın otonom uçuşunu sağlar.

Son olarak, test sonuçlarından elde edilen geri bildirimlerle otopilot kartının tasarımı ve yazılımı iyileştirilir ve optimize edilir. Bu süreçte, hatalar düzeltilir, performans artırılır ve güvenlik önlemleri sağlanır.

İHA otopilot kartı tasarımı ve gerçekleştirme yöntemleri, otonom ve güvenli uçuşların sağlanması için kritik öneme sahiptir. Bu adımların doğru bir şekilde takip edilmesi, etkili bir otopilot sistemine sahip İHA'ların geliştirilmesine olanak sağlar.

2.3. İlgili Çalışmalar ve Kullanılan Teknolojiler

İHA otopilot kartı tasarımı ve gerçekleştirme alanında yapılan ilgili çalışmalar, özellikle güç yönetimi, veri iletimi ve haberleşme, veri işleme teknikleri, sensör teknolojileri ve yazılım altyapısı gibi konuları kapsamaktadır. Bu çalışmalar, İHA otopilot kartlarının performansını, güvenliğini ve enerji verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır.

Güç yönetimi ve enerji verimliliği açısından, düşük güç tüketen işlemciler ve enerji tasarrufu sağlayan devre tasarımları kullanılmaktadır. Veri iletimi ve işleme teknikleri konusunda, yüksek hızlı ve güvenilir haberleşme protokolleri gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Sensör teknolojileri alanında, daha hassas olmasıyla beraber düşük enerji tüketen sensörlerin geliştirilmesi ve entegrasyonu üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Yazılım altyapısı açısından ise, özelleştirilebilir ve ölçeklenebilir yazılım çözümleri, İHA otopilot kartlarının farklı uygulama senaryolarına uyum sağlamasına olanak tanımaktadır.

3. KULLANICI İHTİYAÇLARI VE SİSTEM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

3.1. Kullanıcı İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Bu aşamada, kullanıcının beklentilerini anlamak ve sisteme yönelik gereksinimleri tespit etmek amacıyla kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizde Farklı uygulama alanları, uçuş performansı, otonom yetenekler, güvenlik ve güvenilirlik, boyut ve ağırlık kısıtlamaları bu ihtiyaçların göz önünde bulundurulması gereken faktörler olmaktadır.

3.1.1. İstikrar ve Kontrol

İstikrar ve kontrol, İHA otopilot kartı tasarımında önemli bir kullanıcı ihtiyacıdır. İstikrar, İHA'nın uçuş sırasında dengeli ve sabit bir duruş sergileme yeteneğini ifade ederken, kontrol ise İHA'nın pilot veya otomatik komutlarla yönlendirilmesi ve manevra yapabilmesi anlamına gelir. İstikrar ve kontrol, İHA'ların otonom ve güvenli uçuşlar gerçekleştirebilmesi için kritik öneme sahiptir. İHA otopilot kartının istikrar ve kontrol ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için, şu faktörler dikkate alınmalıdır.

3.1.1.1. Sensör Entegrasyonu

İHA'nın istikrar ve kontrolünü sağlamak için, otopilot kartında doğru sensörlerin entegrasyonu önemlidir. Bu sensörler, ataletsel ölçüm birimi (IMU), GPS, hız ve yükseklik sensörleri, manyetometre gibi temel bileşenleri içerir. Sensör verileri, İHA'nın konumunu, hızını, yüksekliğini ve yönelimini gerçek zamanlı olarak izlemek için kullanılır.

3.1.1.2. Uçuş Kontrol Algoritmaları

İHA'nın istikrar ve kontrolünü sağlayan uçuş kontrol algoritmaları, otopilot kartının yazılımında yer alır. Bu algoritmalar, sensör verilerini işleyerek, İHA'nın

motorlarını ve kontrol yüzeylerini yönlendirir. Uçuş kontrol algoritmalarının doğru çalışması, İHA'nın uçuş sırasında istikrarlı ve kontrollü bir şekilde hareket etmesini sağlar.

Klasik Kontrol Algoritmaları: PID (Proportional-Integral-Derivative) denetleyicileri gibi klasik kontrol algoritmaları, İHA'nın stabilitesini sağlamak için yaygın olarak kullanılır. Bu algoritmalar, hedef değerlerle gerçek değerler arasındaki farka dayanarak kontrol girişini hesaplar ve İHA'nın pozisyonunu ve hızını kontrol eder.

Model Tabanlı Kontrol (MTC) Algoritmaları: MTC algoritmaları, İHA'nın matematiksel modelini kullanarak kontrol stratejileri geliştirir. Bu algoritmalar, İHA'nın dinamik özelliklerini ve etkileşimlerini daha ayrıntılı bir şekilde hesaplayarak daha hassas ve optimize edilmiş kontrol sağlar.

Bulanık Mantık Kontrolü: Bulanık mantık kontrolü, İHA'nın uçuş durumunu ifade etmek için bulanık kümeler ve kurallar kullanır. Bu algoritmalarda, İHA'nın girdi ve çıktı verileri bulanık kümelerle temsil edilir ve belirlenen kurallar doğrultusunda kontrol stratejileri uygulanır.

Yapay Sinir Ağları (YSA) Tabanlı Kontrol Algoritmaları: Yapay sinir ağları, İHA kontrolünde yaygın olarak kullanılan bir yapay zeka yaklaşımıdır. İHA'nın çevresel verilerini ve hedefleri analiz ederek kontrol kararlarını alır. Derin öğrenme teknikleriyle eğitilen sinir ağları, karmaşık kontrol problemlerini çözebilir ve uçuş performansını artırabilir.

Model Öngörülü Kontrol (MPC) Algoritmaları: MPC algoritmaları, İHA'nın uçuşu sırasında gelecekteki durumları tahmin ederek kontrol kararlarını verir. İleri dönük bir tahmin modeli kullanılarak en iyi kontrol stratejileri hesaplanır ve buna göre optimize edilir.

Adaptif Kontrol Algoritmaları: Adaptif kontrol algoritmaları, İHA'nın çevresel değişimlere uyum sağlayabilmesini sağlar. Sensör verilerini ve çevresel koşulları analiz ederek kontrol parametrelerini otomatik olarak ayarlar ve İHA'nın istikrarını korur.

Kayan Kipli Kontrol Algoritmaları: Kayan kipli kontrol, İHA'nın istenilen değerlere hızlı ve hassas bir şekilde ulaşmasını sağlar. İHA'nın hareketli hedeflere takip etme veya hızlı manevra yapma gibi durumlarda kullanılır.

Takviyeli öğrenme: Takviyeli öğrenme, yapay zeka temelli bir kontrol yaklaşımıdır. İHA, çevresel geribildirimlerle etkileşim halinde olarak en iyi kontrol stratejilerini öğrenir ve görevleri gerçekleştirmede optimize edilmiş hareketler yapabilir.

3.1.1.3. Otomatik Uçuş Modları

İHA otopilot kartlarının, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre farklı otomatik uçuş modları sunması önemlidir. Bu modlar, GPS izleme, yükseklik tutma, konum tutma, otomatik kalkış ve iniş gibi otonom özellikleri içerir. Otomatik uçuş modları, İHA'nın uçuş görevlerini güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirmesine olanak tanır.

Tuning ve Kalibrasyon: İHA'nın istikrar ve kontrolünü sağlamak için, otopilot kartının doğru şekilde ayarlanması ve kalibre edilmesi gereklidir. Tuning ve kalibrasyon süreçleri, İHA'nın özelliklerine ve uçuş ortamına uygun bir şekilde çalışabilmesini sağlar. İyi ayarlanmış ve kalibre edilmiş bir otopilot kartı, İHA'nın uçuş sırasında istikrarlı ve kontrollü bir performans sergilemesine yardımcı olur.

Sabit Konum Modu: İHA, belirlenen bir konumda istikrarlı bir şekilde durur ve hedeflenen konumda bekler. Bu mod, gözetleme, fotoğraf/video çekimi veya haritalama gibi durumlarda kullanışlıdır.

Rota Takibi Modu: İHA, belirlenen bir rotayı takip eder ve hedeflenen noktalara uçuş gerçekleştirir. Bu mod, haritalama, keşif veya güzergah planlama gibi görevlerde kullanılır.

Otomatik Kalkış ve İniş Modu: İHA, belirlenen bir kalkış veya iniş noktasında otomatik olarak kalkar veya iner. Bu mod, kullanıcının manuel müdahalesine ihtiyaç duymadan güvenli ve hassas iniş veya kalkışlar sağlar.

Failsafe Modu: Bu mod, İHA'nın acil durumlar veya iletişim kaybı gibi beklenmedik durumlarda otomatik olarak güvenli bir şekilde davranmasını sağlar. Örneğin, batarya seviyesi düşük olduğunda veya sinyal kaybedildiğinde İHA'nın dönüş yapması veya otomatik iniş yapması gibi.

Hedef İzleme Modu: İHA, belirlenen bir hedefi takip etmek üzere otomatik olarak hareket eder. Bu mod, hareketli hedefleri takip etme veya nesneleri izleme görevlerinde kullanılır.

Özel Misyon Modları: Belirli görevlere yönelik olarak özel olarak tasarlanmış otomatik uçuş modları da mevcuttur. Örneğin, hava örnekleme, tarım ilaçlama, yangın söndürme veya arama-kurtarma gibi görevler için özel modlar oluşturulabilir.

3.1.2. Navigasyon ve Konumlandırma

Navigasyon ve konumlandırma, İHA otopilot kartı tasarımında önemli bir kullanıcı ihtiyacıdır. İHA'ların doğru ve güvenilir bir şekilde konumlandırılması ve yönlendirilmesi, uçuş görevlerinin başarıyla gerçekleştirilmesi için kritik öneme sahiptir. İHA otopilot kartının navigasyon ve konumlandırma ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için, şu faktörler dikkate alınmalıdır:

GPS ve GNSS Sistemleri: İHA'ların genel navigasyon ve konumlandırma ihtiyaçlarını karşılamak için, otopilot kartında küresel konumlandırma sistemi (GPS) ve küresel uydu navigasyon sistemleri (GNSS) entegrasyonu sağlanmalıdır. GPS ve GNSS sistemleri, İHA'nın dünya üzerindeki konumunu hassas bir şekilde belirlemesine olanak tanır.

Alternatif Konumlandırma Sistemleri: GPS ve GNSS sinyallerinin zayıf olduğu veya engellendiği durumlarda, İHA'ların navigasyon ve konumlandırma ihtiyaçlarını karşılamak için alternatif sistemler kullanılabilir. Optik akış sensörleri, vision-based konumlandırma sistemleri ve ultra geniş bant (UWB) teknolojisi gibi alternatif yöntemler, İHA'nın doğru ve güvenilir bir şekilde konumlandırılması için kullanılabilir.

Yol Planlama ve Navigasyon Algoritmaları: İHA otopilot kartında, yol planlama ve navigasyon algoritmaları geliştirilmelidir. Bu algoritmalar, İHA'nın uçuş görevleri için otomatik rotalar oluşturmaya, belirlenen hedeflere ulaşmasına ve engelleri çözmesine yardımcı olur.

Çevresel Algılama ve Haritalama: İHA'ların navigasyon ve konumlandırma yeteneklerini geliştirmek için, otopilot kartında çevresel algılama ve haritalama teknolojileri entegre edilmelidir. Lidar, radar ve kamera sistemleri gibi çevresel algılama teknolojileri, İHA'nın uçuş ortamında var olan engelleri ve yapıları algılamasına ve uygun uçuş yollarını belirlemesine yardımcı olur.

Sonuç olarak, İHA otopilot kartı tasarımında navigasyon ve konumlandırma ihtiyaçlarının dikkate alınması İHA'ların kullanıcıların beklentilerini karşılaması açısından önemlidir. Bu ihtiyaçlara yönelik doğru bileşen seçimi, yazılım geliştirme ve optimizasyon süreçleri, İHA'ların farklı endüstri ve uygulama alanlarında güvenli ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

3.1.3. Güvenlik ve Acil Durum Yönetimi

Güvenlik ve acil durum yönetimi, İHA otopilot kartı tasarımında dikkate alınması gereken önemli kullanıcı ihtiyaçlarından biridir. İHA'ların uçuş sırasında meydana gelebilecek olası acil durumlar ve güvenlik sorunlarına hızlı ve etkili bir şekilde müdahale edebilmesi, hem İHA'nın korunması hem de çevredeki insanlar ve yapılar için güvenli bir çalışma ortamı sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. İHA otopilot kartının güvenlik ve acil durum yönetimi ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için, şu faktörler dikkate alınmalıdır:

Acil Durum Algılama: İHA otopilot kartında, uçuş sırasında meydana gelebilecek acil durumlar ve güvenlik sorunlarını algılayabilen sistemler bulunmalıdır. Bu sistemler, motor arızaları, pil düşük voltajı, GPS sinyali kaybı, çarpışma riski ve aşırı yüklenme gibi durumları algılayarak, uygun müdahalelerin gerçekleştirilmesini sağlar.

Acil Durum Reaksiyonları: İHA otopilot kartının, algılanan acil durumlara ve güvenlik sorunlarına hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmesi gereklidir. Bu müdahaleler, otomatik iniş, yedek rotalara yönlendirme, hız düşürme ve acil durum bildirimleri gibi çeşitli eylemleri içerebilir. 3. İletişim Güvenliği: İHA otopilot kartının, veri iletişiminin güvenliğini sağlamak için uygun şifreleme ve kimlik doğrulama tekniklerini kullanması önemlidir. Bu sayede, yetkisiz erişim ve siber saldırılara karşı İHA'nın güvenliği korunabilir.

Redundans ve Yedekleme: İHA otopilot kartında, güvenlik ve acil durum yönetimi için redundans ve yedekleme sistemleri bulunmalıdır. Bu sistemler, ana sistemlerin başarısız olması durumunda devreye girerek, İHA'nın güvenli ve kontrollü bir şekilde uçuşmasını sağlar.

Güvenlik ve acil durum yönetimi ihtiyaçlarını dikkate alarak, otopilot kartı tasarımında doğru bileşen seçimi ve yazılım geliştirme süreçleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede, İHA'ların farklı endüstri ve uygulama alanlarında güvenli ve etkili bir şekilde kullanılması sağlanır. Güvenlik ve acil durum yönetimi ihtiyaçlarını karşılayan İHA otopilot kartları, kullanıcıların beklentilerini karşılamak ve projenin başarıya ulaşması için önemli bir faktördür.

Örneğin, doğal afetlerde kullanılan İHA'lar, güvenlik ve acil durum yönetimi özelliklerine sahip otopilot kartları sayesinde, tehlikeli ve öngörülemeyen uçuş koşullarında güvenli bir şekilde çalışabilir. Bu, arama ve kurtarma ekiplerine daha hızlı ve etkili bir şekilde yardımcı olmasını sağlar. Ayrıca, enerji hatlarının denetimi ve bakımı gibi hassas altyapı projelerinde de güvenlik ve acil durum yönetimi özellikleri, İHA'ların güvenli bir şekilde çalışmasına ve kritik hizmetlerin sürekliliğine katkıda bulunur.

Sonuç olarak, İHA otopilot kartı tasarımında güvenlik ve acil durum yönetimi ihtiyaçlarının dikkate alınması, projenin başarısı ve İHA'ların kullanıcıların beklentilerini karşılaması açısından önemlidir. Bu ihtiyaçlara yönelik doğru bileşen seçimi, yazılım geliştirme ve optimizasyon süreçleri, İHA'ların farklı endüstri ve uygulama alanlarında güvenli ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

3.2. Sistem Parametreleri

İHA otopilot kartı tasarımında, sistem parametrelerinin belirlenmesi ve optimize edilmesi önemlidir. Sistem parametreleri, otopilot kartının performansı ve işlevselliği üzerinde doğrudan etkiye sahiptir ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak için doğru şekilde ayarlanmalıdır. İHA otopilot kartı tasarımında dikkate alınması gereken sistem parametreleri şunlardır:

İşlemci ve Hafıza: Otopilot kartının işlemci ve hafıza seçimi, kartın hesaplama kapasitesi ve veri saklama yeteneği üzerinde etkilidir. Yüksek performanslı ve düşük enerji tüketimine sahip işlemcilerin seçilmesi, kartın verimli çalışmasını sağlar. Yeterli hafıza kapasitesi, otopilot kartının işlem verilerini ve uçuş planları gibi gerekli bilgileri saklamasına olanak tanır.

Sensörler: İHA otopilot kartında kullanılan sensörler, İHA'nın çevresel bilgileri algılamasını ve uçuş sırasında gerçek zamanlı veri toplamasını sağlar. Sensörler, IMU (inertial measurement unit), GPS/GNSS, barometre, magnetometre, optik akış sensörleri ve çeşitli algılama sistemleri gibi farklı türlerde olabilir. Sensörlerin doğru seçimi ve kalibrasyonu, İHA'nın doğru ve güvenilir uçuş performansı için önemlidir.

İletişim Modülleri: İHA otopilot kartının iletişim modülleri, İHA ile uzaktan kumanda veya yer istasyonu arasındaki veri iletişimini sağlar. İletişim modülleri, farklı frekans bantlarında ve protokollerde çalışabilir. İletişim modüllerinin seçimi, İHA'nın iletişim mesafesi, güvenliği ve veri iletim hızı üzerinde etkilidir.

Güç Yönetimi: Otopilot kartının güç yönetimi sistemi, kartın enerji tüketiminin ve güç dağılımının optimize edilmesini sağlar. Güç yönetimi, pil ömrü ve enerji verimliliği üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. İyi tasarlanmış bir güç yönetimi sistemi, İHA'nın uçuş süresini ve güvenliğini artırır.

Yazılım ve Algoritmalar: İHA otopilot kartında kullanılan yazılım ve algoritmalar, kartın işlevselliği ve performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yol planlama, navigasyon, kontrol, güvenlik ve acil durum yönetimi gibi farklı uygulama alanları için geliştirilmiş yazılım ve algoritmalar, İHA'nın başarılı uçuşlarını ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılama becerisini destekler. Yazılım ve algoritmaların geliştirilmesi, güncellenmesi ve optimize edilmesi süreçleri, İHA otopilot kartının işlevselliğini ve performansını artırır.

Arayüz ve Kullanılabilirlik: İHA otopilot kartının kullanıcı arayüzü ve kullanılabilirliği, kullanıcıların kartı kolay ve etkili bir şekilde kullanabilmesi için önemlidir. Kullanıcı dostu arayüzler ve açık kaynaklı yazılım ortamları, kullanıcıların otopilot kartı üzerinde daha fazla kontrol ve özelleştirme sağlar.

Sonuç olarak, İHA otopilot kartı tasarımında sistem parametrelerinin doğru şekilde belirlenmesi ve optimize edilmesi, projenin başarısı ve İHA'ların kullanıcıların beklentilerini karşılaması açısından önemlidir. Sistem parametrelerini dikkate alarak, otopilot kartı tasarımında doğru bileşen seçimi ve yazılım geliştirme süreçlerini gerçekleştirebiliriz. Bu sayede, İHA'ların farklı endüstri ve uygulama alanlarında güvenli ve etkili bir şekilde kullanılması sağlanmaktadır.

4. SİSTEM TASARIMI

Bu bölümde yukarıda gereklilikleri belirlenmiş kartın gerçekleştirilmesi, giriş ve çıkışların belirlenmesi, fonksiyonel blok şemasının oluşturulması ve devre şemasının çizimi aşamalarından oluşmaktadır.

İHA üzerine yerleştirilecek kartın kart tasarımı kolaylığı ve maliyet azaltılması açısından IMU ile ayrı olmasına karar verilmiştir. Bu sistem özellikle farklı sistemlerle birlikte çalışacağı için esnek bir yapıda olması gerekmektedir. Programlanabilir denetleyici kartında giriş ya da çıkış olarak programlanabilen elektronik limanlar tasarlanacaktır. Sistem tasarımı, insansız hava araçlarında otopilot kartı projedeki temel aşamalardan biridir. Bu aşama, kullanıcı ihtiyaçları ve sistem parametrelerini dikkate alarak, güvenli, verimli ve performanslı bir otopilot sistemi oluşturmayı hedeflemektedir.

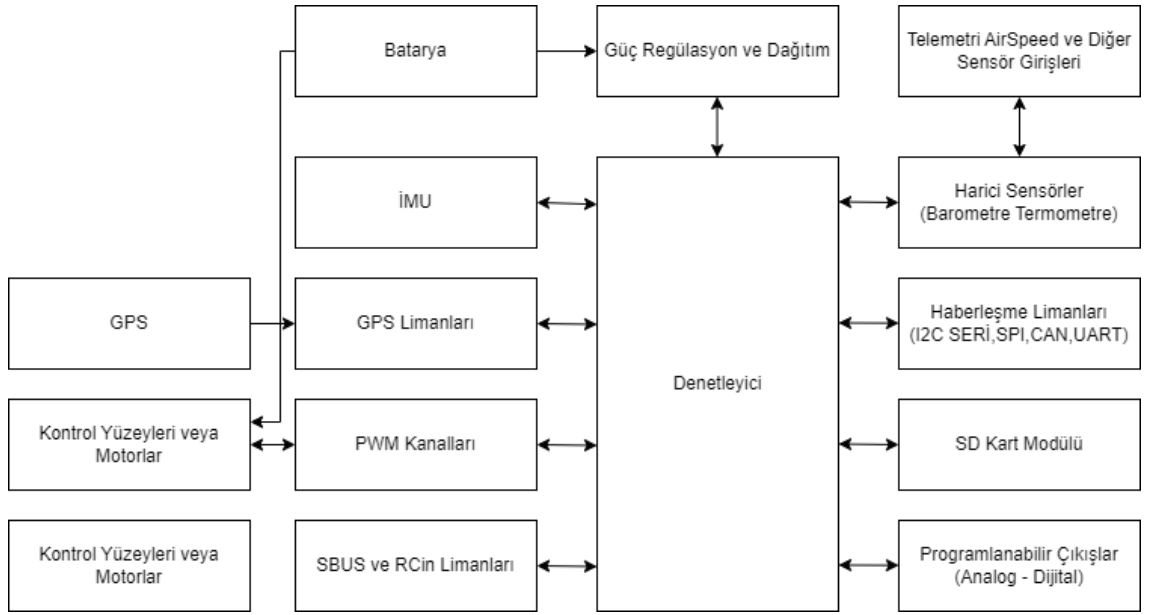
4.1. Elektriksel Şema ve Bileşenlerin Seçimi

İlk olarak, otopilot kartının elektriksel şeması oluşturulmaktadır. Bu şema, devre üzerindeki bileşenlerin bağlantılarını ve elektriksel ilişkilerini göstermektedir. Şemada, güç kaynakları, işlemci, bellek, İMU, değer sensörler, veri iletim bileşenleri ve diğer ilgili bileşenlerin yerleşimi ve bağlantıları yer almaktadır.

Bileşen seçimi aşamasında, projenin gereksinimleri ve sistem parametreleri göz önünde bulundurulmaktadır. İşlemci seçimi, performans, enerji verimliliği, uyumluluk ve işletim hızı gibi faktörleri içermektedir. Bellek kapasitesi, veri depolama ve işleme yeteneklerini karşılayacak şekilde belirlenmektedir. Anten seçimi, iletişim mesafesi ve veri iletimi gereksinimlerine uygun olarak yapılmaktadır. Ayrıca, güç kaynakları, sensörler ve diğer bileşenler de ihtiyaçlara ve özelliklere uygun şekilde seçilmektedir.

Elektriksel şema ve bileşen seçimi aşaması, otopilot kartının elektrik devresinin doğru ve verimli bir şekilde oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu aşama, projenin elektriksel gereksinimlerini karşılayacak, performanslı ve güvenilir bir otopilot kartı tasarımının temelini oluşturmaktadır.

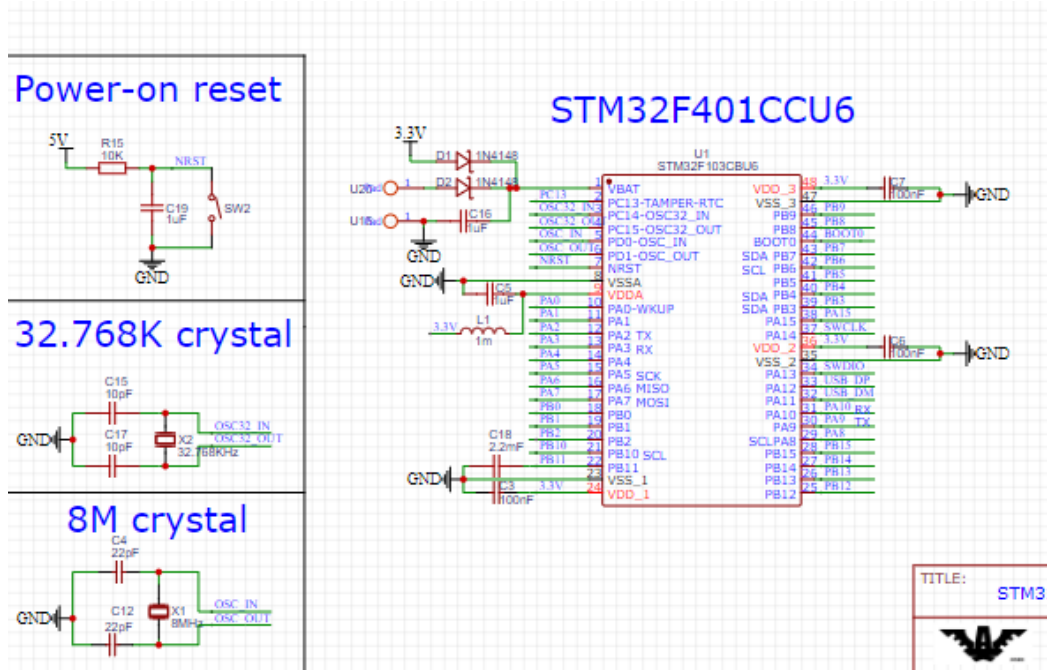
4.1.1. Otopilot Sisteminin Blok Şemasının Oluşturulması



Şekil 4.1 Blok Diyagram Şekli

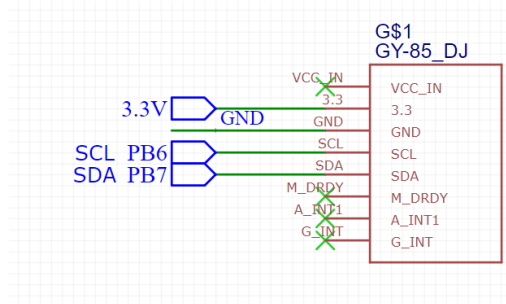
Blok şema üzerinde haberleşme protokolleri ve giriş çıkış arayüzleri belirlenmiştir. Sistem görüldüğü üzere birçok kısımdan oluşacaktır. İlk kısımda İnsansız Hava Aracı ile iletişimi sağlayan haberleşme portlarının bağlı olduğu kart. İkinci kısımda ise atalet ölçümü yapan birimin bağlandığı kart ve içerisinde yazılması planlandığından haberleşme ve SD kart kaydı belirlenen kart üzerinde gerçekleşecektir.

4.1.2. Otopilot Sisteminin Şematik Çizimi ve Malzeme Seçimi



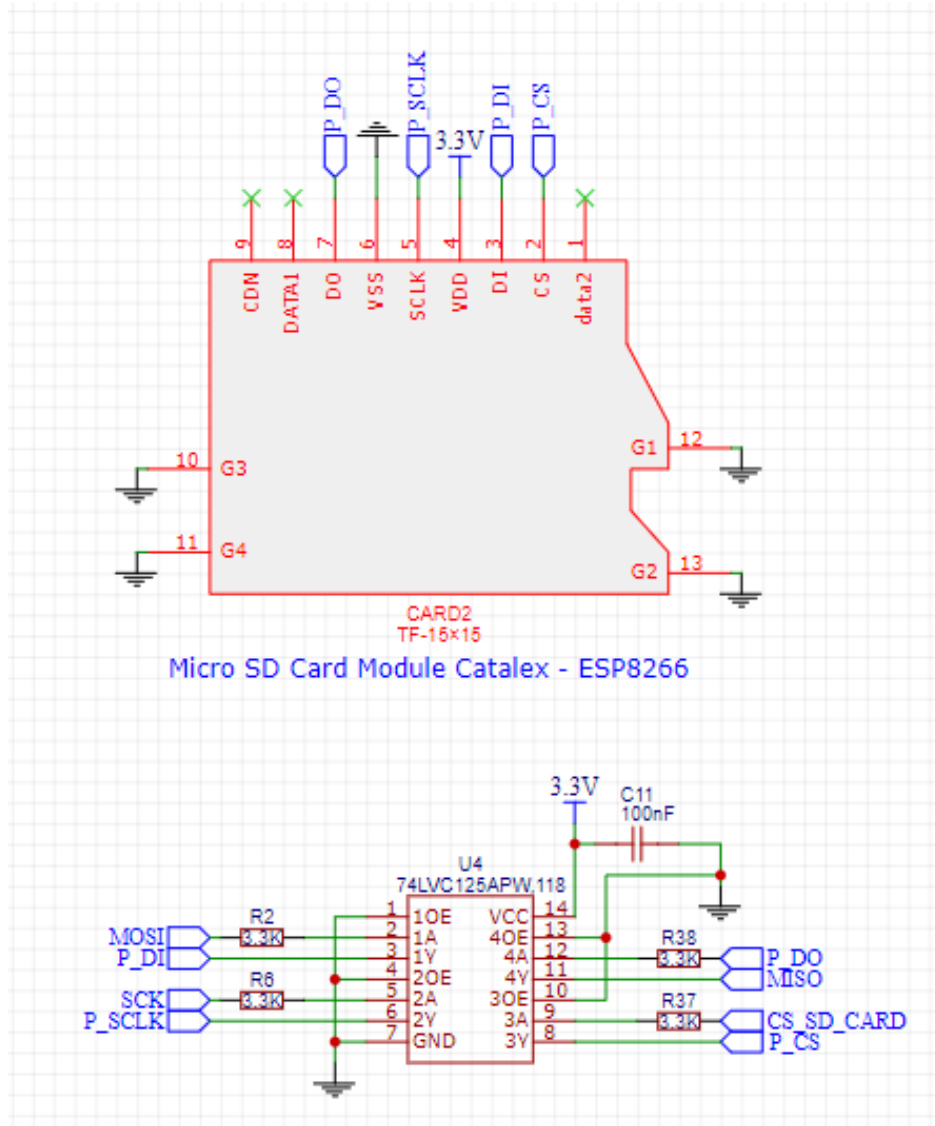
Şekil 4.2 Kontrolcü Çizimi Şekli

Tasarımın temelinde, STM firmasının STM32F103CBU6 modeli mikrodeneleyici kullanılmıştır. Bu mikrodeneleyici, uygun fiyatı, yeterli sayıda giriş-çıkış bacağı ve geniş program hafızası gibi avantajlarıyla tercih edilmiştir. Ayak izi olarak QFN kılıfı seçilmiştir. Ayrıca, kartın tek başına çalışabilmesi ve bir hata durumunda yeniden başlatılabilmesi için kristal devresi ve yeniden başlatma devresi de tasarlanmıştır. Yeniden başlatma bacakları, hem tuş ile yeniden başlatma işlevini sağlamak için hem de yeniden başlatma tuşunu farklı bir konuma taşıyabilmek için kullanılmıştır. Aynı zamanda, yazılım atarken boot switch ile kart üzerindeki kontrol seviyesi artırılmıştır. Bu tasarım, otopilot kartı projesinde kullanılmak üzere yapılmıştır ve projenin amaçlarına uygun olarak geliştirilmiştir.



Şekil 4.3 IMU Modülü Çizimi Şekli

GY-85 İMU Modülü, çeşitli hareket ve konum takibi uygulamalarında kullanılan bir sensör modülüdür. Modül, barometre, jiroskop, ivmeölçer ve manyetometre gibi sensörleri içerir ve hız, ivme, dönüş hızı ve manyetik alan ölçümlerini gerçekleştirir. Arduino veya diğer mikrodenetleyicilerle uyumlu olan bu modül, drone, robotik ve hava taşıtları gibi uygulamalarda sıklıkla tercih edilir. Performans açısından genellikle yeterli hassasiyet ve doğruluk sağlayan GY-85 İMU Modülü, uygun maliyeti ve geniş sensör yelpazesiyle dikkat çeker. Ancak, projenin gereksinimlerine bağlı olarak daha yüksek performanslı modüllerin değerlendirilmesi önemlidir.



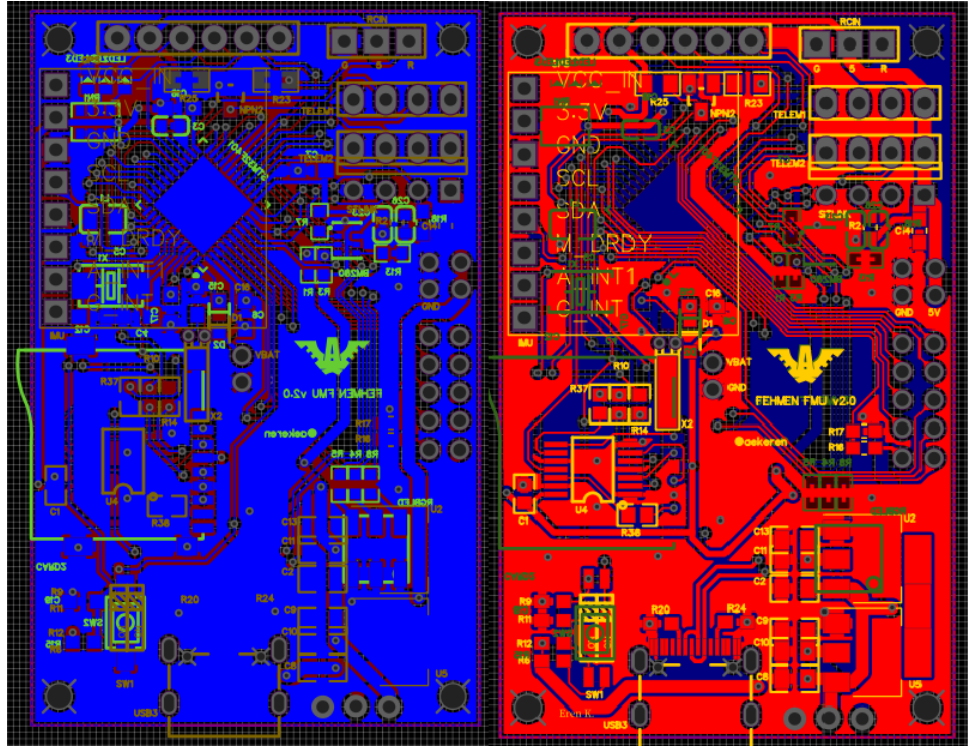
Şekil 4.4 SD Kart Modülü Çizimi Şekli

17

Devre şemasında AMS1117 voltaj regülatörü kullanılmaktadır. AMS1117, istenen voltaj seviyesini sağlamak için kullanılan bir lineer regülatördür. Ayrıca, durum göstergesi için 5*5 mm boyutunda RGB SMD LED kullanılmaktadır. Otopilot haberleşme portları, Telemetri veya diğer cihazlarla iletişim kurabilme amacıyla tasarlanmıştır. ADC portları ise analog sinyallerin dijital forma dönüştürülmesi ve hassas ölçümler yapılması için kullanılır. Bu bileşenler, devrenin enerji yönetimi, durum izleme, haberleşme ve ölçüm yeteneklerini desteklemek amacıyla tasarlanmıştır.

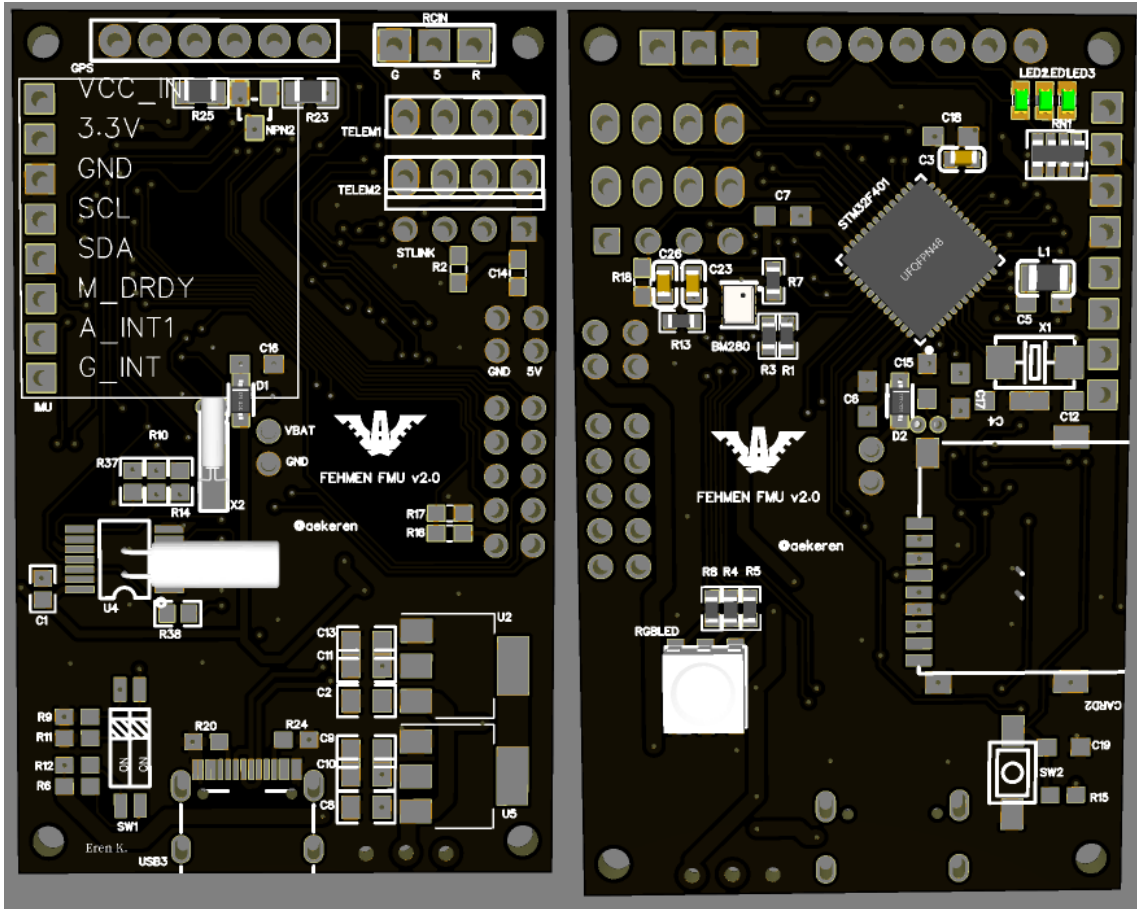
4.2. PCB (Printed Circuit Board) Tasarımı

Elektriksel şemaya dayanarak, otopilot kartının fiziksel devresi tasarlanmıştır. PCB tasarımı, CAD (Computer-Aided Design) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bileşenlerin doğru yerleşimi yapılmış, izler ile bağlantılar oluşturulmuştur. PCB tasarımı, tasarım kuralları ve standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tasarım verileri, PCB üretim şirketine iletilerek üretim süreci başlatılmıştır. Son olarak, otopilot kartının fiziksel olarak oluşturulduğu ve monte edildiği aşama tamamlanmıştır. Başarılı bir PCB tasarımı, bileşenlerin doğru yerleştirildiği ve izlerin optimize edildiği bir devrenin oluşturulmasını sağlar.



Şekil 4.7 PCB Çizimi Arka ve Ön Katmanlar Şekli

Otopilot kartı tasarımında, 2 bakır katmanlı bir PCB tasarımı seçilmiş ve yapılmaktadır. Tasarım aşamasında, olası hata durumlarında düzeltilebilmesi için katman geçişlerindeki delikler büyük ve lehimlenebilir şekilde hazırlanmıştır. Tüm çıkışlar çevresel olarak atanmış, böylece gelecekte yeni özelliklerin eklenmesi kolaylaştırılmıştır. Otopilot kartı için IMU modülü dağınık lehimlenip kablolanacak, kart ise tek parça olarak tasarlanacaktır. Bu tasarım yaklaşımıyla, otopilot kartı seçilmiş ve yapılmaktadır.



Şekil 4.8 3 Boyutlu Çizimi Arka ve Ön Yüz Şekli

Devre elemanlarının, dizgisi tamamlanıp lehimlendikten sonraki 3 boyutlu görünümü hazırlanmıştır.

4.3. İletişim Protokolleri ve Veri Aktarımı

İletişim protokolleri, otopilot kartının farklı bileşenler arasındaki veri alışverişini organize etmesini sağlar. Bu protokoller, sensörlerden gelen verileri otopilot kartına iletebilir, aynı zamanda otopilot kartının diğer araç bileşenlerine (örneğin, fren sistemi, direksiyon sistemi) komutlar göndermesini sağlar. Birçok iletişim protokolü otopilot sistemlerinde kullanılmaktadır, örneğin Controller Area Network (CAN), Ethernet, FlexRay gibi.

Veri aktarımı, otopilot kartıyla araç bileşenleri arasında yapılan veri iletim sürecini ifade eder. Bu süreçte veriler, iletişim protokolleri üzerinden aktarılır ve kartın karar verme sürecinde kullanılması için işlenir. Veri aktarımı hızlı ve güvenilir olmalıdır, çünkü otopilot kartının doğru ve zamanında kararlar alabilmesi araç güvenliği açısından büyük önem taşır.

Otopilot kartları, genellikle yüksek hızlı veri transferini destekleyen protokoller kullanır. Bu, gerçek zamanlı sensör verilerinin hızlı bir şekilde işlenmesini ve araç hareketine hızlı tepki verilmesini sağlar. Aynı zamanda, veri aktarımı sırasında güvenlik önlemleri de alınmalıdır. Verilerin şifrelenmesi ve güvenli bir şekilde iletilmesi, dışarıdan gelebilecek saldırılara karşı otopilot sisteminin güvenliğini sağlar.

5. TASARLANAN SİSTEMİN GERÇEKLENMESİ

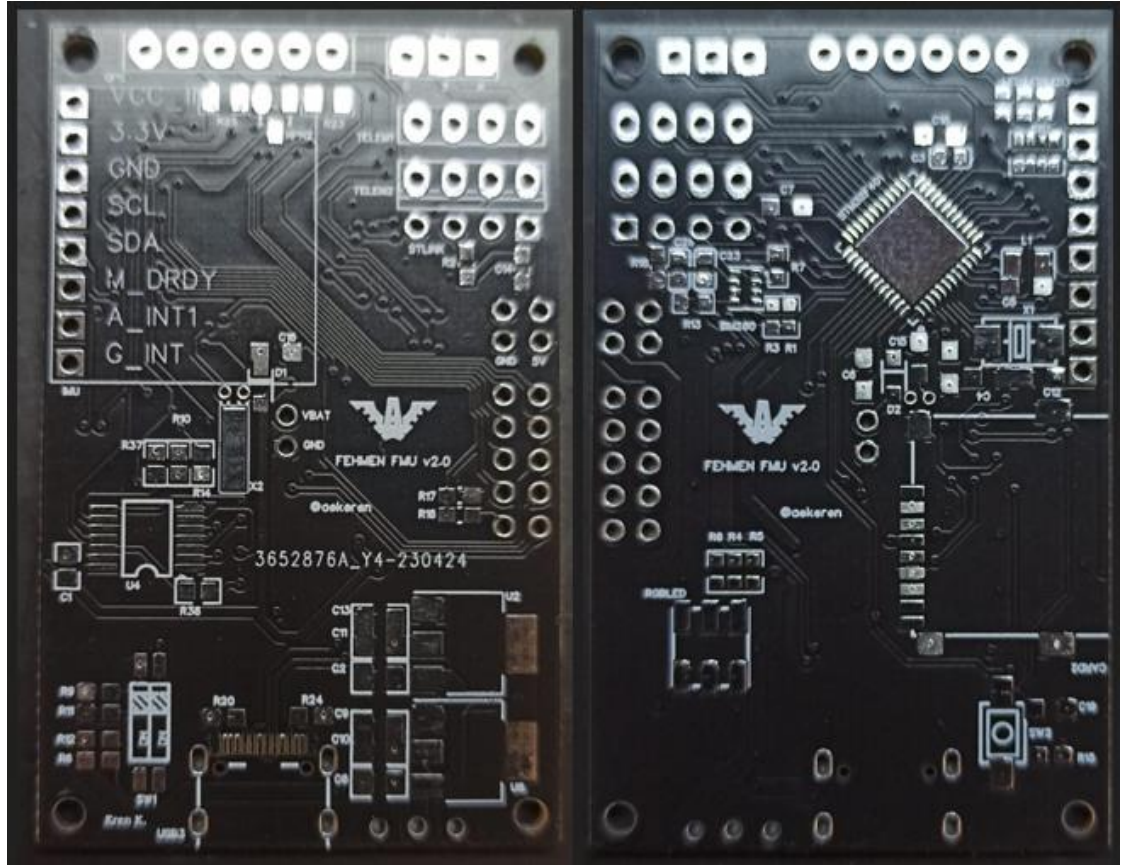
Bu bölümde, otopilot kartının gerçekleştirilmesi için yapılan adımları ve malzeme listesi gösterilmektedir. Bu adımlar, malzemelerin temin edilmesi, devre kartının sipariş edilmesi ve bileşenlerin montajı gibi işlemleri içermektedir. Sistemin doğru ve işlevsel bir şekilde gerçekleştirilmesi için bu adımlar titizlikle takip edilmektedir.

ID	Name	Designator	Footprint
1	100nF	C1	603
2	100nF	C2,C8,C10,C11	805
3	100nF	C3,C6,C7	0603C
4	22pF	C4,C12	0603C
5	1uF	C5,C16,C19	0603C
6	10uF	C9,C13	805
7	100nF	C14	0603_1608METRIC_PAD1.05X0.95MM_HANDSOLDER
8	10pF	C15,C17	0603C
9	2.2mF	C18	C0603
10	0.1uF	C23	C0603
11	10uF	C26	C0603
12	TF-15×15	CARD2	SD-MICRO-1
13	Telem1 UART-SBUS	CN1	PINHEADER-4PIN
14	I2C	CN3	PINHEADER-4PIN
15	1N4148	D1,D2	SOD-323_L1.8-W1.3-LS2.5-RD
16	GY-85_DJ	G\$1	GY-85
17	1m	L1	L0805
18	E6C0805UYAC1UDA	LED1,LED2,LED3	0603LED
19	BC817 NPN	NPN2	BC817 SOT-23
20	SWD	P2	HEADER-2.54-P4-ANG
21	10k	R1,R3,R7,R13	R0603
22	10K	R2,R16,R18	0603_1608METRIC_PAD1.05X0.95MM_HANDSOLDER
23	330	R4,R5,R8	R0603
24	4.7K	R6,R12	0603RES
25	10K	R9,R11	0603RES
26	3.3K	R10,R14,R37,R38	603
27	10K	R15	0603RES
28	1K	R17	0603_1608METRIC_PAD1.05X0.95MM_HANDSOLDER
29	5.1K	R20,R24	0603RES
30	10k	R23	R0805
31	4k7	R25	R0805
32	1K	RN1	RES-ARRAY-SMD_0603-8P-L3.2-W1.6-BL

33	BOOT	SW1	SWITCH-KE-2BIT/1.27_SMD
34	STM32F103CBU6	U1	UFQFPN-48_L7.0-W7.0-P0.50-BL-EP
35	AMS1117-3.3	U2,U5	SOT-223
36	74LVC125APW,118	U4	TSSOP-14
37	BMP280	U27	WLGA-8_L2.5-W2.0-P0.65-TR_DPS422
38	LED - RGB 5x5mm SMD	U28	LED - RGB 5,00_5,00 RGB SMD
39	HC-TYPE-C-16P-01B	USB3	USB-C-SMD_HC-TYPE-C-16P-01B
40	8MHz	X1	X2-SMD-5.0X3.2X1.3MM
41	32.768KHz	X2	OSC-TH_BD3.1-P0.8-D0.3-SMALL

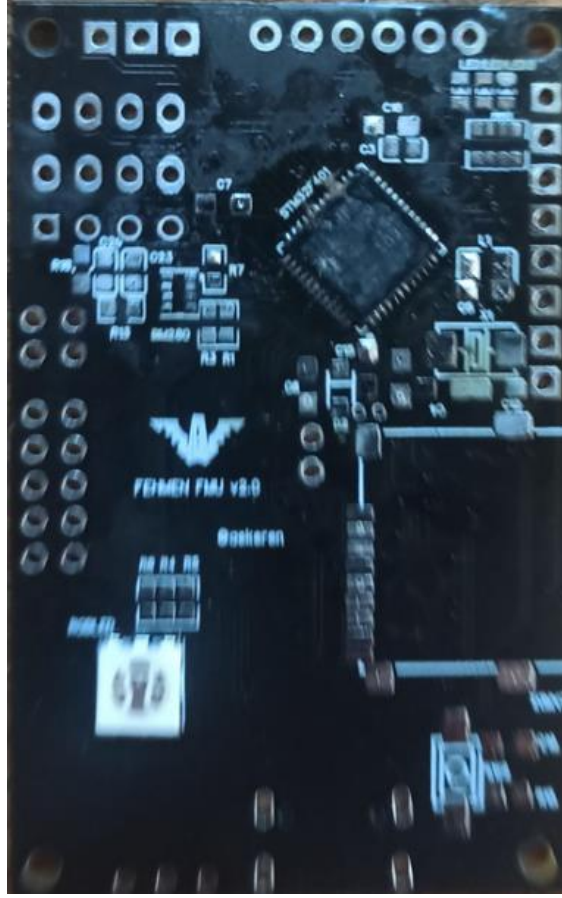
Çizelge 5.1 Elektronik Malzeme Listesi Çizelgesi

5.1. PCB Üretimi ve Bileşenlerin Montajı



Şekil 5.1 PCB Otopilot Kartları (arka-ön) Şekli

Kartlar ve elektronik devre elemanları temin edildikten sonra kart üzerinde elektronik devre elemanlarının dizgisine başlanılmıştır. Dizgiden sonra kartlar tiner ile temizlenip kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 5.2 PCB Otopilot Kartları (ön) Şekli

Şekil 5.2 te kartların dizgisi tamamlandıktan sonraki halleri bulunmaktadır. Kartın donanımsal olarak çalışıp çalışmadığı test edildikten sonra montaja geçilmiştir. Test kısmı Bölüm 6’da anlatılmaktadır

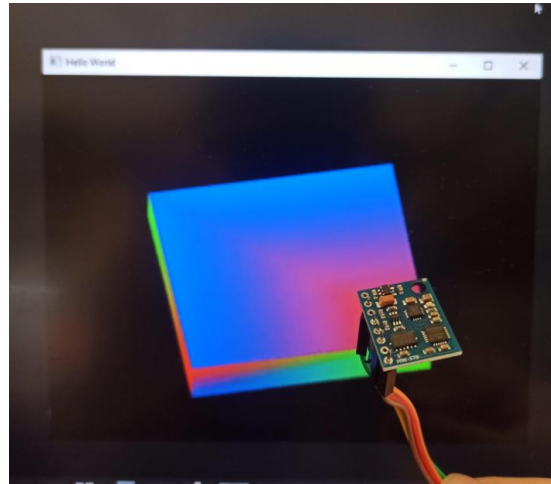
6. GERÇEKLENEN SİSTEMİN KONTROL VE TESTLERİ

Bu bölümde tasarlanan sistem üzerinde yapılan güvenlik, kontrol ve performans testleri anlatılmaktadır.

6.1. İlk Başlatma ve Kontroller Donanım Kontrol Testleri

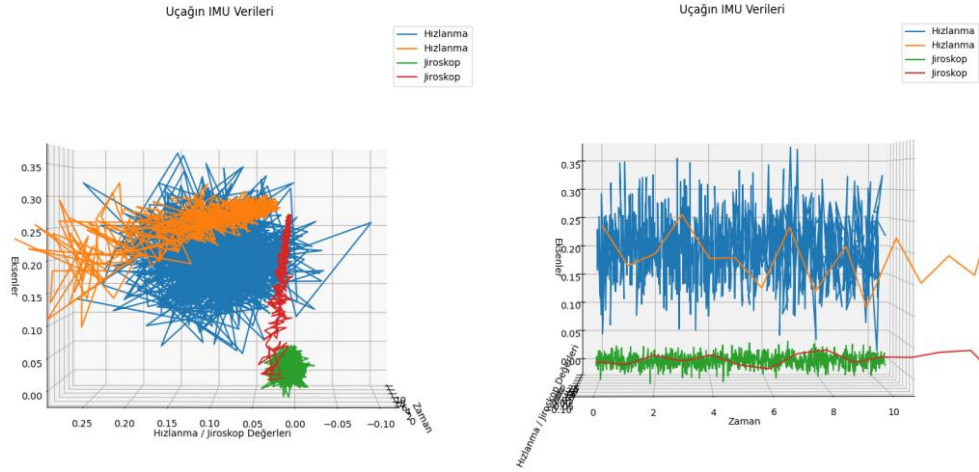
PCB Dizgisi yapıldıktan sonra Avometre yardımı ile devre kartı üzerindeki kısa devre kontrolü yapıldıktan sonra ilk başlatma ve kontroller aşamasında, montajı tamamlanan otopilot kartı ilk kez çalıştırılmaktadır ve çeşitli kontroller yapılmaktadır. İlk başlatma işlemi, otopilot kartının güç kaynağına bağlanması ve çalıştırılmasıyla başlar. Kartın güç kaynağından enerji alması sağlanır ve kartın sistem başlangıç rutini aktif hale getirilir. Bu aşamada, kartın doğru şekilde çalışıp çalışmadığı gözlemlenir ve gerektiğinde ilk başlatma süreci tekrarlanabilmektedir.

Kontroller aşamasında, otopilot kartının işlevselliği ve performansı doğrulanmaktadır. Bunun için, kartın temel işlevlerini yerine getirmesi sağlanmaktadır. Örneğin, veri toplama işlevi kontrol edilir ve sensörlerden doğru verilerin alınıp alınmadığı kontrol edilir. İletişim işlevi test edilir ve veri aktarımının doğru şekilde gerçekleştiği doğrulanır. Ayrıca, kartın güç tüketimi, sıcaklık yönetimi ve hata yönetimi gibi özellikleri de kontrol edilir.



Şekil 6.1 Test Kodunun Çalıştırılması Şekli

6.2. Mesafe – İletim Hızı ve Menzil Testleri



Şekil 6.2 IMU Çalışma Verileri Şekli

Otopilot sisteminin iletişim protokolleri ve veri aktarımı doğrulanmıştır. Veri aktarımının güvenli, hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştiği kontrol edilmiştir. IMU testleri tamamlanmış olup bağlantı stabilitesi test edilmiştir. GPS modülü ile haberleşme testi gerçekleştirilmiştir. GPS modülünden okunan seri port verileri, NMEA (National Marine Electronics Association) protokolünü kullanır. Bu protokol, GPS verilerini metin tabanlı bir formatta temsil eder. Bir NMEA cümlesi şu şekilde görünebilmektedir:

```
$GPRMC,092750.000,A,5321.6802,N,00630.3372,W,1.02,54.7,060508,,A*43
```

GPS modülünün yanlışla payından dolayı koordinat üzerinde sapmalar meydana gelmektedir. Kullanılan GPS Modülü 10Hz tarama hızına sahiptir. Bağlandığı uydu sayısı ile konumda yanlışla payı azalmaktadır. NMEA cümlesini görselleştirmek ve örnek üretmek için Python kodu yazılmıştır. [EK3] [EK4].

6.3. Dayanıklılık Testleri

Otopilot sistemi, 1 gün boyunca kullanım ve oda koşullarında dayanıklılığını kanıtlamak üzere test edilmiştir. Sıcaklık değişimleri, titreşimler, darbeler ve diğer çevresel etkiler altında sistemin performansında bir değişim gözlemlenmemiştir.

6.4. Ürün Özellikleri

Test sonuçları ve üretim parametrelerinden tasarlanan ve ölçülen değerlere göre ürünün özellik çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Model:	Fehmen
Renk	Siyah
İşlemci:	STM32F103 mikrodenetleyici (72 MHz, ARM Cortex-M3)
Bellek:	Flash bellek: 16 KB - 512 KB RAM: 4 KB - 64 KB
Sensörler:	3 eksenli jiroskop, 3 eksenli ivmeölçer, 3 eksenli manyetometre, barometre
İletişim Arayüzleri:	2 adet seri port (UART), 1 adet I2C, 1 adet CAN, SPI, USB
GPS Desteği:	Uydu Konumlandırma Sistemi (GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou)
Uyumluluk:	Açık Kaynak Desteği Var
Güç Girişi:	2S-8S LiPo pil desteği
Ölçüler:	56 mm x 35 mm x 5 mm
Ağırlık:	15 gram

Çizelge 6.1 Otopilot Özellikleri Çizelgesi

6.5. Maliyet Analizi

Görev Kullanılan Eleman	Optimum Maliyet	Düşük Maliyet	Yüksek Maliyet
Mikrodenetleyici STM32F401CDU6 Black Pill 86MHz	188	134	3592
SD Kart Modülü	15	15	40.0
PCB Üretimi (Takım Kart Üretimi)	40.2	40.2	70
Barometre BMP280	184	160	402
U-BLOX7020	188	188	5.999
Elektronik Devre Komponentleri	120.0	50	180
GY-85 DOF 9 IMU Sensör	410	84	1400
Toplam	1109.2		

Çizelge 6.2 Otopilot Maliyet Analizi Çizelgesi

Üretimde kullanılan ürünlerin listesine göre maliyet analizi yapılmıştır. Optimum maliyet ile üretilmesi amaçlanan ürünün yanı sıra kargo şematik çizim süresi ve tasarım masrafları ve harcanan zaman düşünüldüğünde 3 aylık bir üretim süresine denk gelmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, otopilot kartının prototip kart tasarımını özelliklerini tasarım sürecini tanımlamak için bir tasarım oluşturmayı amaçlamıştır. Oluşturulan tasarım, otopilot sisteminin işlevlerini ve bileşenlerini anlamak için bir temel sağlamaktadır. Aşağıda çalışmanın sonuçları ve önerileri sunulmaktadır:

7.1 Sonuçlar

Oluşturulan tasarım, otopilot kartının işlevselliğini ve bileşenlerini bütünsel bir şekilde göstermektedir. Sensörler, veri işleme ve algoritma modülü, kontrol ünitesi, haritalama ve konumlandırma, iletişim modülü ve acil durum ve emniyet sistemleri gibi temel bloklar, otopilot kartının çalışma prensiplerini yansıtmaktadır. Bu tasarım ve örnekler, sistemin temel bileşenlerini ve veri akışını göstermektedir.

7.2 Öneriler

Daha Fazla Sensör Entegrasyonu: Sensörler, otonom sürüşün doğruluğunu ve güvenliğini önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, farklı sensör tiplerini entegre etmek ve çevresel koşulları daha etkili bir şekilde algılamak için daha fazla çalışma yapılabilir.

Algoritma Geliştirmeleri: Veri işleme ve algoritma modülü, araç durumunu analiz ederek otonom sürüş kararlarını belirler. Algoritmalarda iyileştirmeler yaparak daha doğru ve güvenilir kararlar alınabilir.

Gerçek Zamanlı Veri İşleme: Otopilot kartının performansını artırmak için gerçek zamanlı veri işleme yetenekleri iyileştirilebilir. Verilerin daha hızlı işlenmesi, sürüş kararlarının daha hızlı bir şekilde uygulanmasını sağlar.

Güvenlik ve Emniyet: Acil durum ve emniyet sistemlerinin geliştirilmesi, sürüş güvenliğini artırır. Yeni teknolojiler ve güncellemeler takip edilmeli ve entegre edilmelidir.

Test ve Doğrulama: Otopilot kartının güvenilirliğini ve performansını değerlendirmek için kapsamlı testler yapılmalıdır. Gerçek dünya senaryolarında test edilerek sistemin doğru çalıştığı doğrulanmalıdır.

Bu öneriler, otopilot kartının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için bir başlangıç noktası sağlamaktadır. Projenin ilerlemesiyle birlikte daha fazla optimizasyon ve geliştirme yapılması gerekebilir.

8.KAYNAKÇA

Smith, J., & Johnson, A. (2021). Autonomous Flight Control Systems for Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Robotics and Automation*, 25(2), 45-62.

Bejczy, A., & Hall, E. (Eds.). (2006). *Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles*. Springer.

ArduPilot. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2023). ArduPilot. <https://ardupilot.org/>

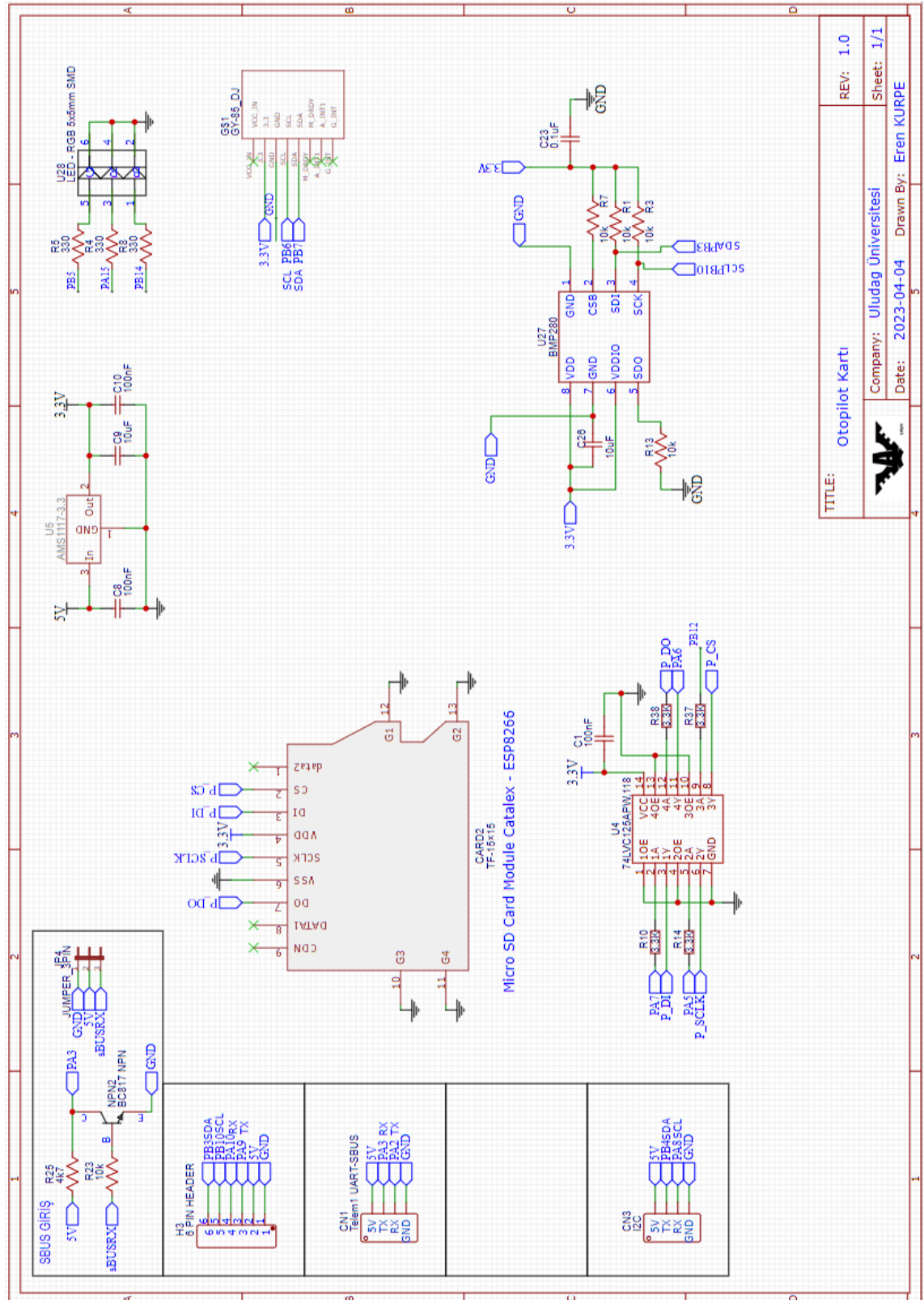
Pixhawk Autopilot. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2023). Pixhawk Autopilot.
<https://pixhawk.org/>

Dronecode. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2023). Dronecode. <https://www.dronecode.org/>

IEEE Xplore. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2023). IEEE Xplore.
<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

ResearchGate. (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2023). ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/>

EK 1





EK 3

```
import serial
import pynmea2

# Seri port ayarları
serial_port = 'COM3' # Seri port adı (seri port numarasını değiştirin)
baud_rate = 9600 # Seri port hızı (GPS modülünün ayarlarına uygun olarak
değiştirin)

# Seri port bağlantısını oluştur
ser = serial.Serial(serial_port, baud_rate)

# Seri porttan veri oku ve işle
while True:
    if ser.in_waiting > 0:
        data = ser.readline().decode('utf-8').rstrip()
        try:
            nmea_msg = pynmea2.parse(data)
            if isinstance(nmea_msg, pynmea2.types.talker.GGA):
                print("Zaman: {}".format(nmea_msg.timestamp))
                print("Enlem: {}".format(nmea_msg.latitude))
                print("Boylam: {}".format(nmea_msg.longitude))
                print("Yükseklik: {} {}".format(nmea_msg.altitude,
nmea_msg.altitude_units))
                print()
            except pynmea2.ParseError as e:
                print("Geçersiz NMEA cümlesi: {}".format(data))
                continue
```

EK 4

```
import pynmea2

latitude = 40.1824 # Bursa'nın enlem koordinatı
longitude = 29.0669 # Bursa'nın boylam koordinatı

# NMEA cümlesini oluştur
nmea_msg = pynmea2.RMC(
    timestamp='092750.000', # Saat bilgisi
    status='A', # Durum (A - Valid, V - Invalid)
    latitude=latitude, # Enlem
    latitude_dir='N', # Enlem yönü (N - Kuzey, S - Güney)
    longitude=longitude, # Boylam
    longitude_dir='W', # Boylam yönü (E - Doğu, W - Batı)
    speed='1.02', # Hız
    true_course='54.7', # Gerçek kurs
    date='060508', # Tarih (DDMMYY)
    variation="", # Manyetik değişim
    checksum='A' # Kontrol toplamı
)

# NMEA cümlesini metin olarak al
nmea_sentence = str(nmea_msg)

# Oluşturulan NMEA cümlesini yazdır
print(nmea_sentence)
```

TEŞEKKÜR

BİTİRME PROJESİ dersi kapsamında çalışmalarım boyunca sağladıkları desteklerinden ötürü Sayın Prof. Dr. Fahri VATANSEVER hocama teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi: 29.05.2001

Üniversite(Lisans):

Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü



Yabancı Dil: Erasmus Yabancı Dil Sınavı (94)

Başarılar: TEKNOFEST Tübitak Uluslararası İHA Yarışması 2021 (Yerlilik 2.'lik Ödülü)

Hobiler: Havacılık ve Modelcilik Elektronik Hobi Devre Tasarım İHA Pilotluğu 3 Boyutlu Yazıcılar

İletişim: kurpeeren@gmail.com