



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



İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İÇİN TELEMETRİ  
TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

AHMET EREN KÜRPE

031911506

MÜHENDİSLİK TASARIMI II

BURSA 2023

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

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İÇİN TELEMETRİ  
TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

AHMET EREN KÜRPE  
031911506

Projenin Danışmanı: Doç.Dr. SAİT ESER KARLIK

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

- 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 Mühendislik Tasarımı II çalışması, tarafımdan kontrol edilmiştir.

Tarih:

02.01.2023

İmza:

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

Doç.Dr. SAİT ESER KARLIK

## İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İÇİN TELEMETRİ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

### ÖZET

İnsansız hava araçları, pil ve mekatronik teknolojisinin gelişmesiyle birlikte 2002'den bu yana hızla ilerlemektedir. Bu çalışma, insansız hava araçlarında telemetri sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi konusunu ele almaktadır. Çalışma kapsamında, öncelikle insansız hava araçlarının ne olduğu ve kontrol yöntemlerine genel bir bakış sunulmuştur. Daha sonra, benzer kontrol sistemleri incelenerek literatür taraması yapılmıştır. Yapılan tarama sonucunda, tasarım için ihtiyaç duyulan parametreler ve gereksinimler belirlenmiştir. Tasarım aşamasında, telemetri kartlarının giriş ve çıkışlarının belirlendiği devre şeması hazırlanmıştır. Hazırlanan şema temel alınarak, PCB tasarımı yapılmış ve malzemeler temin edilmiştir. Malzeme temininden sonra üretim aşamasına geçilmiştir. Gerçekleştirilen tasarımın ardından, menzil ve veri aktarım hızı testleri yapılmıştır. Son olarak, gerçekleştirilen kontrol devresinin sonuçları tartışılmış ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF TELEMETRY SYSTEMS FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

### **ABSTRACT**

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have been rapidly advancing since 2002 with the development of battery and mechatronic technology. This study focuses on the design and implementation of telemetry systems for UAVs. The study begins by providing a general overview of UAVs and control methods. Subsequently, similar control systems are examined through a literature review. Based on the review, the necessary parameters and requirements for the design are determined. In the design phase, a circuit diagram is prepared to define the inputs and outputs of the telemetry cards. Using the generated diagram, PCB design is conducted and materials are procured. After the procurement, the production phase is initiated. Following the implementation of the design, range and data transfer rate tests are performed. Lastly, the results of the implemented control circuit are discussed, and recommendations for future work are presented.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	
ÖZET.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iv
1. GİRİŞ .....	1
1.1.    Proje Amacı.....	1
1.2.    İnsansız Hava Araçları ve Telemetry Kartı Kavramları .....	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	2
2.1.    İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Telemetry .....	2
2.2.    İHA Telemetry Kartı Tasarımı ve Gerçekleme Yöntemleri .....	2
3. KULLANICI İHTİYAÇLARI VE SİSTEM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ.....	4
3.1.    Kullanıcı İhtiyaçlarının Belirlenmesi.....	4
3.1.1. İletişim Mesafesi ve Veri Hızı .....	4
3.2.    Sistem Parametreleri .....	5
3.2.2. Anten Tasarımı ve Kazancı.....	7
4. SİSTEM TASARIMI .....	9

4.1. Elektriksel Şema ve Bileşenlerin Seçimi .....	9
4.2. PCB (Printed Circuit Board) Tasarımı .....	14
4.3. İletişim Protokolleri ve Veri Aktarımı .....	16
4.4. Yazılım Geliştirme .....	16
5. TASARLANAN SİSTEMİN GERÇEKLENMESİ.....	18
5.1. PCB Üretimi ve Bileşenlerin Montajı .....	19
5.2. Başlatma Yazılımı Yükleme.....	20
6. GERÇEKLENEN SİSTEMİN KONTROL VE TESTLERİ .....	21
6.1. İlk Başlatma ve Kontroller Donanım Kontrol Testleri .....	21
6.2. Mesafe – İletim Hızı ve Menzil Testleri .....	22
6.3. Dayanıklılık Testleri.....	23
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	25
8.KAYNAKÇA .....	26
9.EKLER .....	27
EK 1 .....	27
EK 2 .....	31
EK 3 .....	32
TEŞEKKÜR.....	33
ÖZGEÇMİŞ .....	34

## ŞEKİLLER DİZİNİ

4.1 Veri Paketi - İletim Süresi Grafiği Şekli .....	10
4.2 Kontrolcü Çizimi Şekli.....	11
4.3 Haberleşme Modülü Çizimi Şekli .....	11
4.4 SD Kart Modülü Çizimi Şekli .....	12
4.5 Çevresel Bileşenler Şekli.....	13
4.6 PCB Çizimi Arka ve Ön Katmanlar Şekli .....	14
4.7 3 Boyutlu Çizimi Arka ve Ön Yüz Şekli.....	15
5.1 PCB Alıcı ve Verici Kartları (ön) Şekli .....	19
5.2 PCB Alıcı ve Verici Kartları (ön) Şekli .....	19
6.1 Test Kodunun Çalıştırılması Şekli .....	21
6.2 Konumdan yararlanarak Menzıl - Hız Testi Şekli .....	22



**ÇİZELGELER DİZİNİ**

5.2 Alıcı Elektronik Malzeme Listesi Çizelgesi .....	18
6.1 Mesafe Gönderim Hızı Çizelgesi .....	22
6.2 Telemetry Özellikleri Çizelgesi .....	23
6.3 Telemetry Maliyet Analizi Çizelgesi .....	24

## **1. GİRİŞ**

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

### **1.1. Proje Amacı**

Bu projenin amacı, insansız hava araçları (İHA) için bir telemetri kartı tasarlamak ve gerçekleştirmektir. Telemetri kartı, İHA'nın gerçek zamanlı olarak kontrol edilmesini ve izleme işlemlerini gerçekleştirmesini sağlayan kritik bir bileşendir. Bu projede, mevcut İHA telemetri kartı tasarımlarının ve gerçekleştirme yöntemlerinin analiz edilmesi ve bu analizler doğrultusunda geliştirilmiş bir telemetri kartı tasarımının ortaya konması amaçlanmaktadır. Bu telemetri kartı, İHA'ların performansını ve güvenliğini artırmayı hedefleyen daha hızlı ve daha düşük enerji tüketimi ve daha düşük boyutlara sahip olacak şekilde tasarlanacaktır.

### **1.2. İnsansız Hava Araçları ve Telemetri Kartı Kavramları**

İnsansız hava araçları (İHA), 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. Telemetri kartı ise, İHA'nın iletişim, kontrol ve izleme işlemlerini gerçekleştirmesine olanak tanıyan bir elektronik bileşendir. Bu kart, İHA ile yer istasyonu arasında veri alışverişini sağlayarak, İHA'nın konumunu, hızını, yüksekliğini ve diğer önemli parametreleri gerçek zamanlı olarak izlemeye ve kontrol etmeye olanak tanımaktadır.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

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

### 2.1. İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Telemetri

İHA'lar ve telemetri, birbirine bağlı ve etkileşimli iki kavramdır. İHA'lar, telemetri sayesinde uzaktan kontrol ve izleme yeteneklerine sahip olurken, telemetri teknolojisi de İHA uygulamalarının başarısı için kritik öneme sahiptir. İHA'ların telemetri sistemleri, havadan yer istasyonuna veri iletimini sağlamaktadır ve aynı zamanda yer istasyonundan gelen komutları İHA'ya iletmektedir. Bu sayede, İHA'ların gerçek zamanlı olarak izlenmesi, yönlendirilmesi ve kontrol edilmesi mümkün hale gelmektedir.

### 2.2. İHA Telemetri Kartı Tasarımı ve Gerçekleştirme Yöntemleri

Telemetri kartı tasarımında dikkate alınması gereken ana bileşenler arasında, işlemci, sensörler, haberleşme modülleri, güç yönetimi ve yazılım bulunmaktadır. İdeal bir İHA telemetri kartı, düşük güç tüketimi, hızlı ve güvenilir veri iletimi, kolay entegrasyon ve uyumluluk, esneklik, ölçeklenebilirlik gibi özelliklere sahip olmalıdır.

Elektronik devre tasarımı, baskılı devre kartı (PCB) düzeni ve montajı, donanım yazılımı geliştirme ve test etme gibi adımlar, İHA telemetri kartı gerçekleştirme sürecinin temel aşamalarını oluşturmaktadır. Bu süreçlerde endüstri standartlarını, güvenlik gereksinimlerini karşılayan bileşenlerin ve yöntemlerin kullanılması, telemetri kartının güvenilir ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır.

### 2.3. İlgili Çalışmalar ve Kullanılan Teknolojiler

İHA telemetri 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 telemetri 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 telemetri 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. İlk olarak, iletişim mesafesi ve veri hızı gibi temel parametreler dikkate alınmıştır. İletişim mesafesi, insansız hava aracının ne kadar uzaktan kontrol edilebileceğini belirlerken, veri hızı ise gerçek zamanlı veri alışverişini etkilemektedir.

##### **3.1.1. İletişim Mesafesi ve Veri Hızı**

İletişim mesafesi, insansız hava aracının kontrol edilebileceği maksimum mesafeyi belirlemektedir. İHA'ların uzaktan yönetilebilmesi gibi bir durum göz önünde bulundurulursa istedikleri göz önüne alındığında, iletişim mesafesinin mümkün olan en geniş aralıkta olması gerekmektedir. Veri hızı da sistemin konumunu güncellemek ve diğer verilere erişmek için önemlidir. Yüksek veri hızı, kullanıcının anlık bilgilere hızlı ve kesintisiz bir şekilde erişebilmesini sağlayarak kolaylık yaratmaktadır.

Bu parametreler, telemetri kartının tasarımında ve gerçekleştirilmesinde göz önünde bulundurulmuş ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan bir sistem oluşturmak için uygun çözümler sunulmuştur.

##### **3.1.2. Güç Tüketimi**

Telemetri kartının tasarımında, düşük güç tüketimi hedeflenerek batarya ömrünü uzatmak ve uçuş süresini artırmak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, düşük güç tüketen

bileşenlerin seçimi, enerji yönetimi tekniklerinin uygulanması ve güç tasarruflu iletişim protokollerinin kullanımı gibi önlemler alınmıştır.

Azalan güç tüketimi, kartın daha az ısınmasını sağlayarak uzun süreli ve stabil çalışmasını desteklemektedir. Ayrıca, düşük güç tüketimi sayesinde daha kompakt ve hafif bir tasarım elde edilerek, insansız hava aracının taşıma kapasitesi ve manevra kabiliyeti arttırılabilmektedir.

Bu bağlamda, güç tüketimi parametresi kullanıcı ihtiyaçlarını belirlemede önemli bir rol oynadığı saptanmıştır ve telemetri kartının tasarım sürecinde enerji verimliliği sağlayacak çözümler üzerinde çalışılmıştır. Bu sayede, kullanıcıların insansız hava aracını daha uzun süreyle kontrol edebilmeleri ve enerji kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanabilmeleri hedeflenmiştir.

### **3.2. Sistem Parametreleri**

Bu parametreler, sistemin performansını etkileyen ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamayı hedefleyen ölçümlerdir.

Birincil sistem parametrelerinden biri, veri iletim hızıdır. İnsansız hava araçlarından toplanan verilerin gerçek zamanlı olarak alınması ve işlenmesi, kullanıcının anlık durumu takip etmesi için önem arz etmektedir. Bu nedenle, telemetri kartının yüksek veri iletim hızlarına uygun olarak tasarlanması, veri akışının hızlı ve kesintisiz olmasını sağlamaktadır.

Diğer bir sistem parametresi, enerji verimliliğidir. İnsansız hava araçları genellikle sınırlı bir enerji kaynağına sahiptir ve uzun süreler boyunca hava da kalabilmeleri önemlidir.

Telemetri kartının düşük güç tüketimi ve enerji yönetimi özellikleri, batarya ömrünü uzatmakta ve uçuş süresini arttırmaktadır. Bu sayede kullanıcılar, daha uzun süre

boyunca insansız hava aracını kontrol edebilmektedir ve görevlerini daha etkin bir şekilde yerine getirebilmektedir.

Ayrıca, sistem parametrelerinden biri de veri güvenliği ve şifrelemeyi içermektedir. Veri güvenliği, insansız hava aracının iletişim kanallarında aktarılan verilerin gizliliğini ve bütünlüğünü sağlamayı amaçlamaktadır. Telemetry kartının veri şifreleme algoritmaları ve güvenli iletişim protokolleri kullanarak güvenli bir veri aktarımı sağlaması, kullanıcının verilerinin yetkisiz erişimlere karşı korunmasını sağlamaktadır.

### **3.2.1. Frekans Bandı ve Modülasyon**

Frekans bandı ve modülasyon, insansız hava araçlarında telemetry kartı tasarımının önemli parametrelerinden biridir. Bu parametreler, kablosuz iletişim için kullanılan frekans aralığını ve veri iletiminin nasıl modüle edileceğini belirlemektedir.

Frekans bandı seçimi, iletişimin sağlanacağı ortamın özelliklerine ve kullanıcı ihtiyaçlarına bağlı olarak yapılmalıdır. İnsansız hava araçları genellikle radyo frekanslarını kullanmaktadır ve kullanılacak frekans bandı, engelleyici faktörlerin etkisini minimize etmek ve iletişim mesafesini artırmak amacıyla dikkatlice seçilmektedir. Ayrıca, yasal düzenlemelere uyumlu bir şekilde çalışabilmek için mevcut frekans bandı düzenlemeleri de göz önünde bulundurulmaktadır.

Modülasyon yöntemi, verinin taşındığı radyo frekans sinyalinin nasıl değiştirildiğini ifade etmektedir. Verinin güvenli ve doğru bir şekilde iletilmesini sağlamak için uygun bir modülasyon yöntemi seçilmektedir. İnsansız hava araçlarında yaygın olarak kullanılan bir modülasyon yöntemi, uzun menzilli kablosuz iletişim sağlayan LoRa (Long Range) teknolojisidir. LoRa, veriyi genlik kaydırma anahtarlama (ASK) modülasyonu ve darbe genlik modülasyonu (FSK) kombinasyonu ile modüle eder. Bu yöntem, düşük güç tüketimi, uzun iletişim menzili ve iyi sinyal penetrasyonu gibi avantajlar sunmaktadır.

Frekans bandı ve modülasyon parametreleri, telemetri kartının iletişim yeteneklerini belirlemekte ve veri iletiminin güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Doğru frekans bandı seçimi, iletişim mesafesinin optimize edilmesini ve sinyal kalitesinin iyileştirilmesini sağlar. Modülasyon yöntemi ise verinin doğru bir şekilde taşınmasını ve alıcının veriyi güvenli bir şekilde anlamasını sağlar.

Bu parametrelerin doğru bir şekilde belirlenmesi, insansız hava araçlarında telemetri sisteminin güvenilir ve etkili bir iletişim performansı sergilemesini sağlar. Gelecekteki çalışmalarda, farklı frekans bantları ve modülasyon yöntemleri üzerinde yapılan araştırmalarla daha ileri düzeyde performans artışları elde edilebilir.

### **3.2.2. Anten Tasarımı ve Kazancı**

Anten tasarımı ve kazancı, kablosuz iletişim için kullanılan antenin tasarımını ve antenin verimliliğini belirlemektedir.

Anten tasarımı, kullanıcının iletişim ihtiyaçlarına ve uygulama alanına bağlı olarak optimize edilmektedir. İnsansız hava araçları genellikle küçük ve kompakt yapıya sahip olduğundan, antenin boyutu ve şekli bu kısıtlamaları dikkate alarak tasarlanmalıdır. Ayrıca, antenin montaj kolaylığı ve mekanik dayanıklılığı da göz önünde bulundurulmaktadır.

Anten kazancı, iletişim performansını belirleyen önemli bir ölçüttür. Kazanç, antenin belirli bir yönde ve frekansta radyasyonunu artırma yeteneğini ifade etmektedir. Yüksek kazanç, sinyal gücünün daha fazla mesafeye ve daha iyi iletim kalitesine ulaşmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, kullanıcı ihtiyaçlarına ve iletişim gereksinimlerine uygun bir anten tasarımı seçilerek, maksimum kazanç elde edilmesi hedeflenmektedir.

Doğru bir anten tasarımı ve yüksek kazanç, insansız hava aracının kontrolü ve veri iletimi sırasında güçlü ve güvenilir bir iletişim sağlamayı amaçlamaktadır. Bu parametreler, kullanıcının ihtiyaçlarına ve uygulama alanına göre optimize edilerek, veri



aktarımının kesintisiz, güçlü ve geniş bir kapsama alanında gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

### **3.2.3. İşlemci ve Bellek Kapasitesi**

Bu parametreler, telemetri kartının veri işleme ve depolama yeteneklerini belirlemektedir.

İşlemci, telemetri kartının veri işleme gücünü temsil etmektedir. İnsansız hava araçlarından gelen verilerin hızlı bir şekilde işlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, yüksek performanslı bir işlemci seçimi, verilerin hızlı bir şekilde işlenmesini sağlamaktadır. İşlemcinin güç tüketimi ve boyutu gibi faktörler de göz önünde bulundurularak, uygun bir denge sağlanmaktadır.

Bellek kapasitesi ise, telemetri kartının veri depolama yeteneğini ifade etmektedir. İnsansız hava araçlarından toplanan verilerin geçici olarak depolanması ve daha sonra analiz veya raporlama amaçlı kullanılması gerekebilmektedir. Bu nedenle, yeterli bellek kapasitesi, veri kaybını önlemek ve kullanıcı ihtiyaçlarına uygun bir şekilde veri depolama sağlamak için önemli olmaktadır. Bellek kapasitesi seçimi, kullanıcının gereksinimlerine ve telemetri kartının diğer sistem parametrelerine bağlı olarak belirlenmektedir.

İşlemci ve bellek kapasitesi, telemetri kartının veri işleme ve depolama yeteneklerini belirleyerek, kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamayı hedeflemektedir. Yüksek performanslı bir işlemci ve yeterli bellek kapasitesi, verilerin hızlı ve güvenli bir şekilde işlenmesini, depolanmasını ve erişilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, kullanıcılar insansız hava aracının performansını takip edebilmektedir, verileri analiz edebilmektedir ve gerektiğinde verilere erişebilmektedir.

## 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 ve görev bilgisayarına yerleştirilecek iki kartın hem alıcı hem verici olarak iki yönlü haberleşebilen kartlar olması gerekmektedir kart tasarımı kolaylığı ve maliyet azaltılması açısından iki kartında devresinin aynı 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 telemetri kartı projedeki temel aşamalardan biridir. Bu aşama, kullanıcı ihtiyaçları ve sistem parametrelerini dikkate alarak, güvenli, verimli ve performanslı bir telemetri sistemi oluşturmayı hedeflemektedir.

### 4.1. Elektriksel Şema ve Bileşenlerin Seçimi

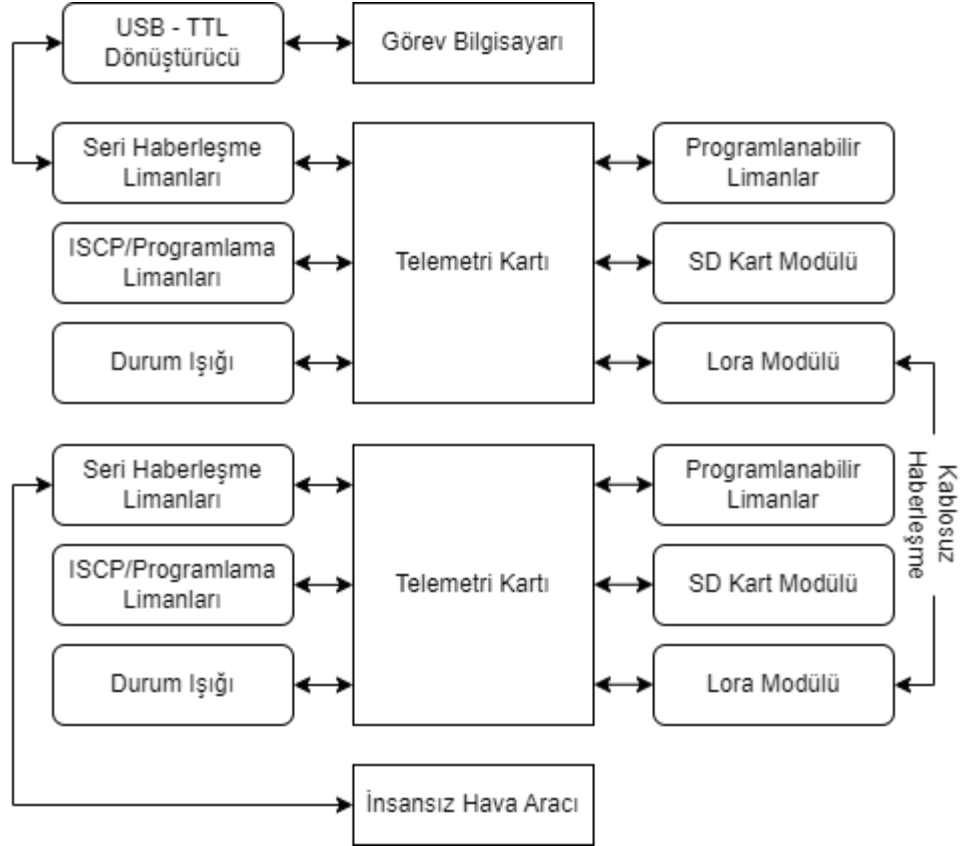
İlk olarak, telemetri kartının elektriksel şeması oluşturulmaktadır. Bu şema, devre üzerindeki bileşenlerin bağlantılarını ve elektriksel ilişkilerini göstermektedir. Şemada, güç kaynakları, işlemci, bellek, anten, sensörler, veri iletim bileşenleri ve diğer ilgili bileşenlerin yerleşimi ve bağlantıları 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, telemetri kartının elektrik devresinin doğru ve verimli bir şekilde oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu aşama, projenin

elektriksel gereksinimlerini karşılayacak, performanslı ve güvenilir bir telemetri kartı tasarımının temelini oluşturmaktadır.

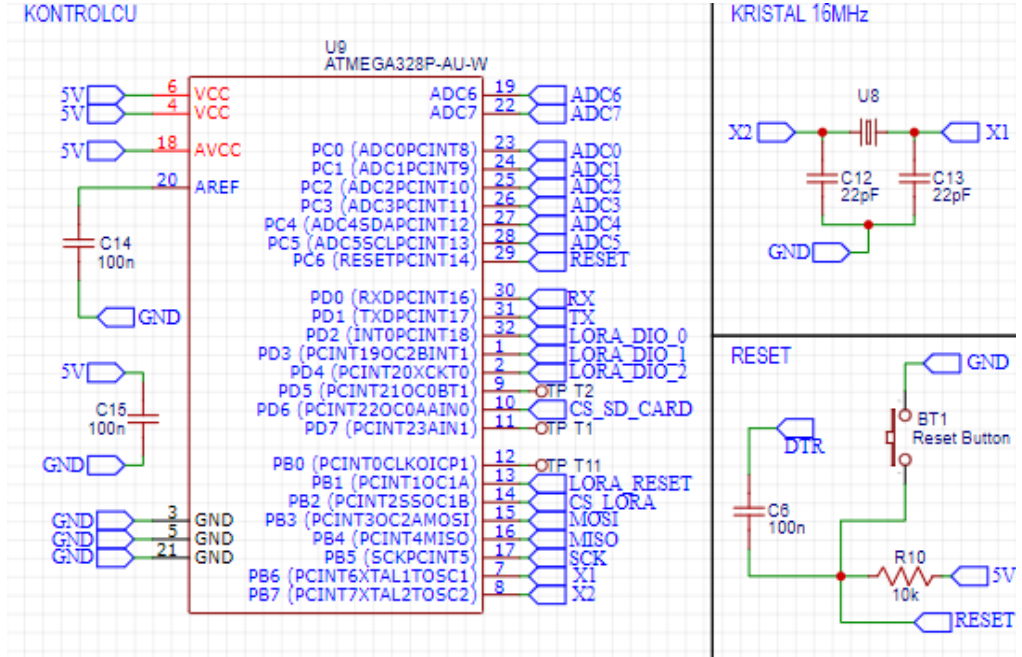
#### 4.1.1. Kumanda Sisteminin Blok Şemasının Oluşturulması



Şekil 4.1 Veri Paketi – İletim Süresi Grafiği Şekli

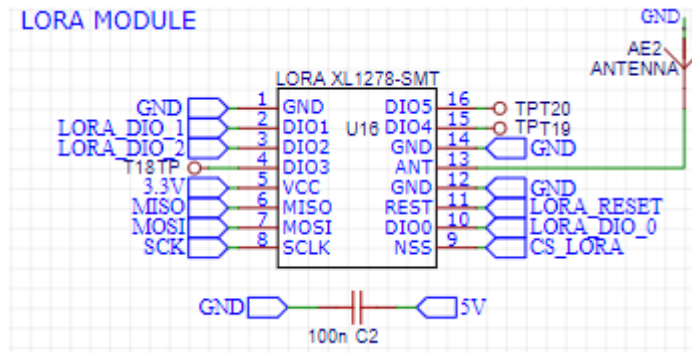
Blok şema üzerinde haberleşme protokolleri ve giriş çıkış ara yüzleri belirlenmiştir. Sistem görüldüğü üzere iki kısımdan oluşacaktır. İlk kısımda insansız hava aracı ile iletişimi sağlayan haberleşme portlarının bağlı olduğu kart. İkinci kısımda ise aynı kartın görev bilgisayarına bağlanmış eşleşme ve seçim modlarının program içerisinde yazılması planlandığından haberleşme ve SD kart kaydı belirlenen kart üzerinde gerçekleşecektir.

#### 4.1.2. Telemetri Sisteminin Şematik Çizimi ve Malzeme Seçimi



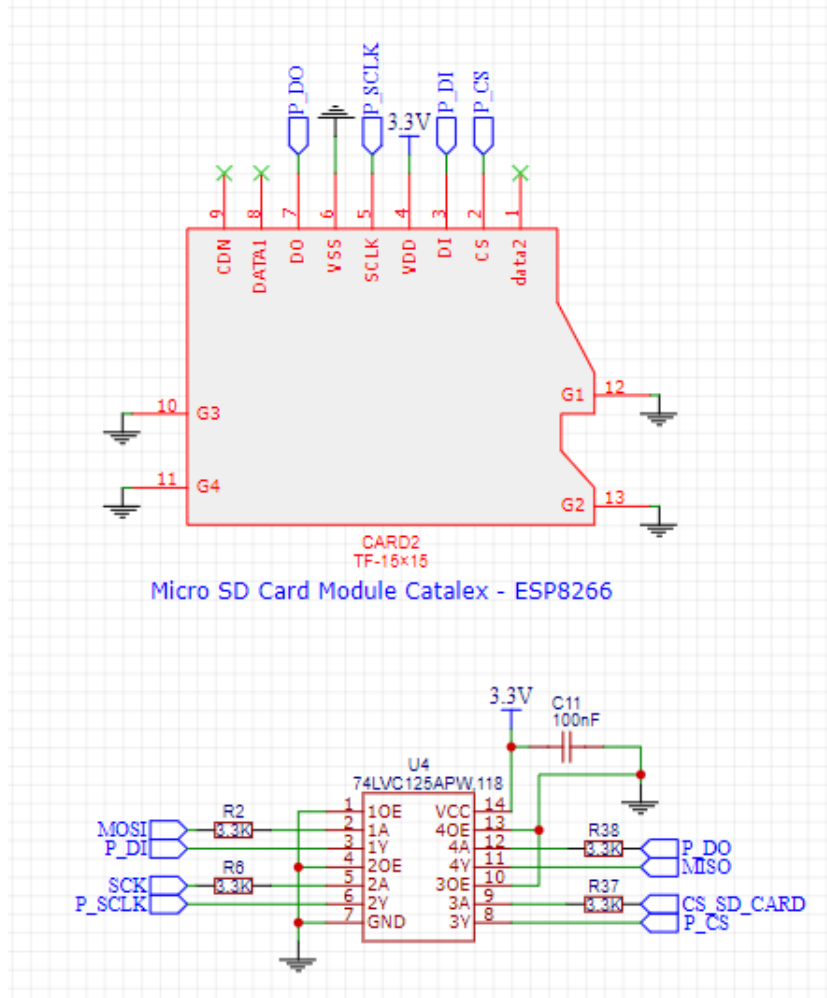
Şekil 4.2 Kontrolcü Çizimi Şekli

Bu kısım telemetri kartı devresinde aynı şekilde tasarlanmıştır. Mikrodenetleyici olarak Atmel firmasının ATMEGA328P modeli seçilmiştir. Uygun fiyat yeterli sayıda giriş-çıkış bacaklarının bulunması ve büyük program hafızası sebebi ile kullanılmıştır. Ayak izi SMD TQFP-32 kılıf olarak seçilmiştir. Tek başına çalıştırılabilmesi için ve bir hata durumunda sistemin yeniden başlatılabilmesi için kristal devresi ve yeniden başlatma devresi de tasarlanmıştır. Tasarlanan devrede hem tuş ile yeniden başlatılabilirken hem de yeniden başlatma tuşunu farklı bir konuma taşıyabilmek açısından yeniden başlatma bacakları bırakılmıştır.



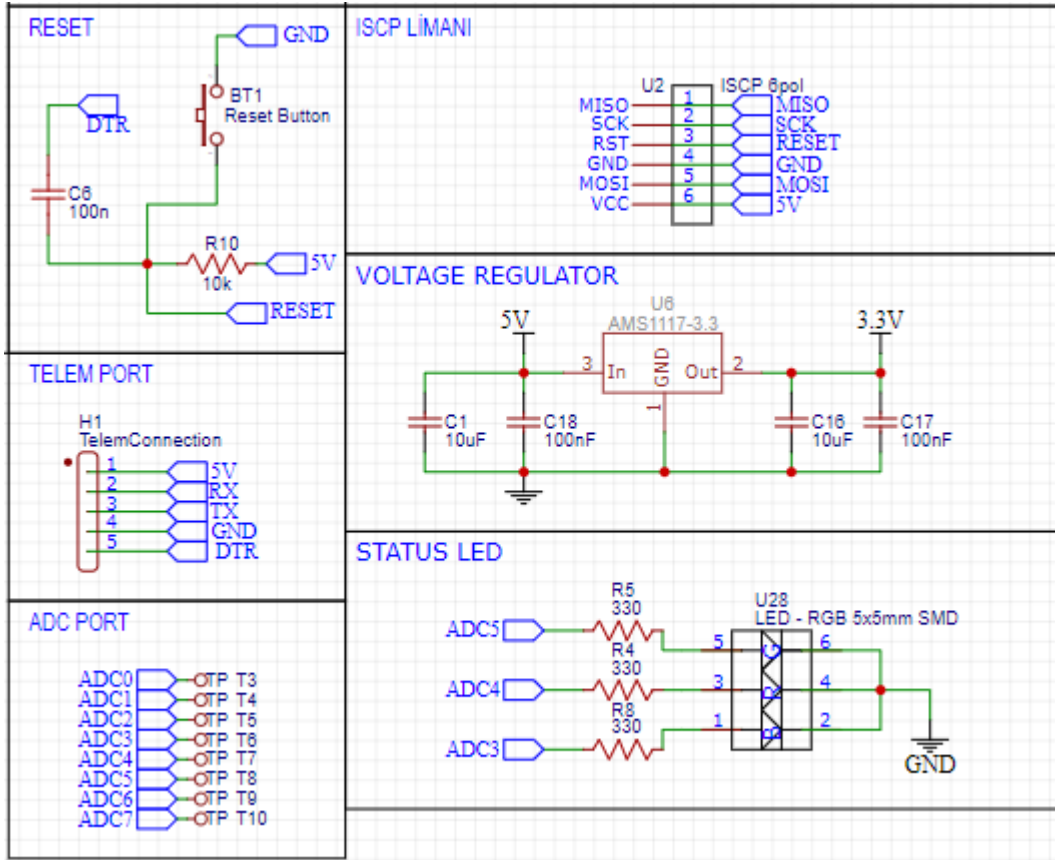
Şekil 4.3 Haberleşme Modülü Çizimi Şekli

LoRa XL1278, Semtech Corporation'ın kablosuz çipi kullanarak LoRa™ modülasyon teknolojisini benimseyen bir kablosuz iletişim modülüdür. Bu modül, geleneksel GFSK modülasyonunun yanı sıra LoRa (uzaktan) yayılı spektrum teknolojisini de kullanarak ultra uzun mesafeli iletişim, yüksek interferansa dayanıklılık ve düşük güç tüketimi sağlar. Yüksek hassasiyetiyle (-148 dBm) ve +20 dBm entegre güç çıkışıyla uzun mesafeli veri iletimini destekler. Modül, çeşitli kablosuz veri iletim uygulamalarında kullanılabilir ve mevcut ürün veya sistem tasarımlarına kolayca entegre edilebilir. Basit bir iletişim protokolü derlenerek iki yönlü veri iletimi gerçekleştirilebilir.



Şekil 4.4 SD Kart Modülü Çizimi Şekli

15\*15 mm boyutundaki TF kart, devre tasarımlarında kullanılan bir form faktörü olarak seçilmiştir. Bu kart, veri depolama ve aktarımı için kullanılmaktadır. Aynı şekilde, 74LVC125 entegresi de devre tasarımlarında sıklıkla kullanılan bir mantık yükseltici ve veri yönlendirici entegresidir. Bu entegre, TF kart ile birlikte kullanılarak veri sinyallerinin düzgün iletilmesi ve çıkışların tamponlanması işlemi gerçekleştirilmektedir. TF kartın veri okuma ve yazma işlemleri, 74LVC125 entegresi aracılığıyla yapılmaktadır. 74LVC125 entegresi, düşük güç tüketimi ve yüksek veri iletim hızı gibi avantajlara sahiptir, bu sayede devre tasarımlarında TF kartın güvenilir ve verimli bir şekilde veri alışverişi yapabilmesi sağlanmaktadır.



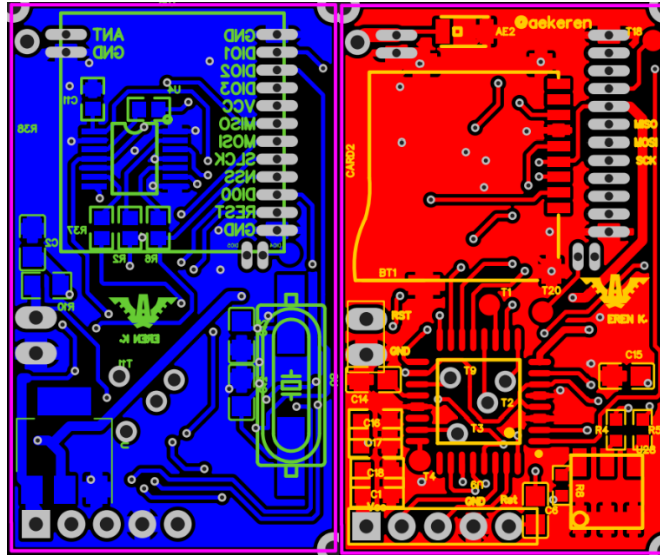
Şekil 4.5 Çevresel Bileşenler Şekli

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. Telemetri haberleşme portları, İHA 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

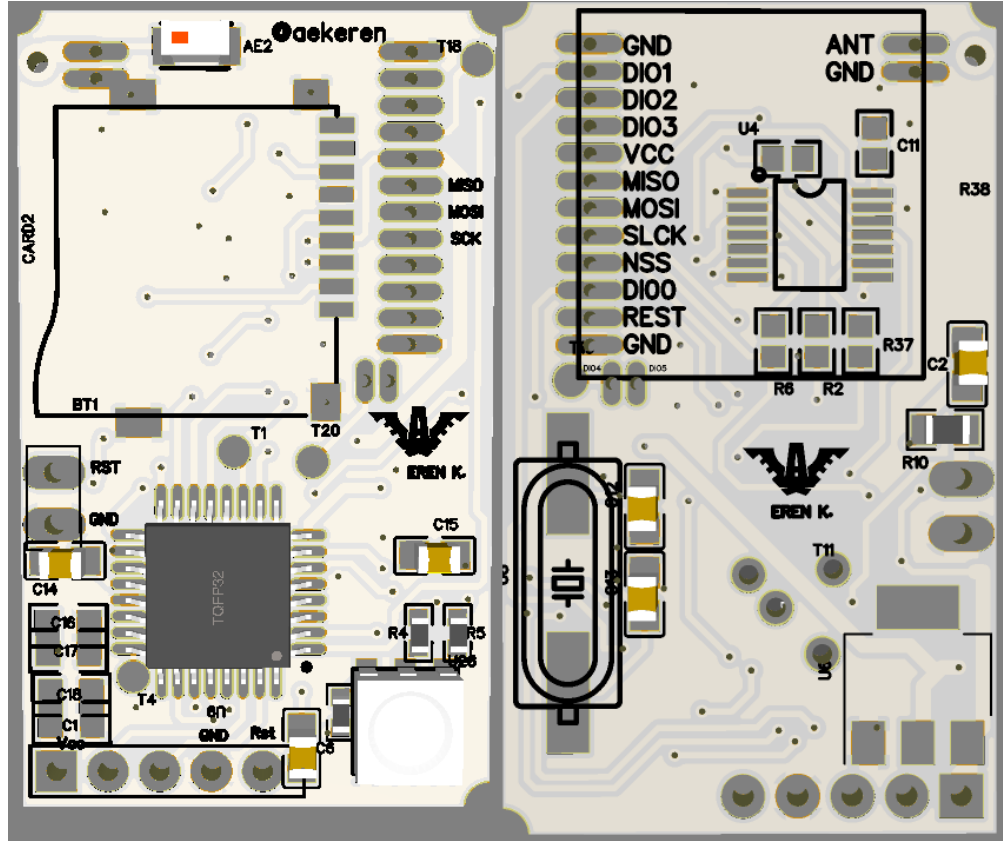
Elektriksel şemaya dayanarak, telemetri kartının fiziksel devresi tasarlanmıştır. PCB tasarımı, CAD (Computer-Aided Design) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bileşenlerin doğru yerleşimi yapılmış, izler ile bağlantılar oluşturulmuştur. PCB tasarımı, tasarım kuralları ve standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tasarım verileri, PCB üretim şirketine iletilerek üretim süreci başlatılmıştır. Son olarak, telemetri 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 4.6 PCB Çizimi Arka ve Ön Katmanlar Şekli

Telemetri 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. Kumanda kartı için modüller dağıntık lehimlenip kablolanacak, alıcı kartı ise tek parça olarak tasarlanacaktır. Bu tasarım yaklaşımıyla, telemetri kartı seçilmiş ve yapılmaktadır.



Şekil 4.7 3 Boyutlu Çizimi Arka ve Ön Yüz Şekli

Devre elemanlarının, lehimlendikten sonraki 3 boyutlu görünümü hazırlanmıştır.



### 4.3. İletişim Protokolleri ve Veri Aktarımı

İletişim protokolleri, telemetri kartının insansız hava aracı ile yer istasyonu arasında veri aktarımını yapabilmesi için kullanılan kurallar ve yönergelerdir. Bu protokoller, veri paketleme, veri doğrulama, hata düzeltme, güvenlik ve diğer iletişim işlevlerini içermektedir. Telemetri kartı tasarımında, uygun olan UART, SPI, I2C gibi iletişim protokolleri seçilmiş ve entegre edilmiştir.

Veri aktarımı, telemetri kartının topladığı veya hesapladığı verilerin yer istasyonuna güvenilir bir şekilde iletilmesini içermektedir. Bu nedenle, veri aktarımının hızlı, güvenli ve doğru bir şekilde gerçekleşmesi büyük önem taşımaktadır. Kullanıcı ihtiyaçlarına ve uygulama gereksinimlerine uygun veri aktarım protokolleri ve yöntemleri seçilmiştir.

İletişim protokolleri ve veri aktarımı parametreleri, telemetri kartının güvenilir, hızlı ve etkin bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu parametreler, kullanıcıların insansız hava aracını kontrol etmek ve verileri anlık olarak takip etmek için güçlü bir iletişim sağlamayı hedeflemektedir. Veri aktarımının güvenliği, doğruluğu ve hızı, telemetri kartının performansını ve kullanıcı deneyimini etkileyen önemli faktörlerdir.

### 4.4. Yazılım Geliştirme

Yazılım geliştirme, telemetri kartının işletim sistemi, veri işleme algoritmaları, kullanıcı arayüzü ve diğer işlevsel bileşenlerini içermektedir. Bu aşamada, uygun programlama dilleri ve geliştirme araçları kullanılarak yazılım seçilmekte ve geliştirilmektedir. Yazılım, veri toplama, veri işleme, iletişim, güvenlik, hata yönetimi gibi işlevleri yerine getirmek için tasarlanmaktadır. Kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak, veri güvenliğini sağlamak ve kullanıcı dostu bir deneyim sunmak amacıyla yazılımın doğru şekilde geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yazılım, telemetri kartının doğru ve güvenilir veri sağlamasını, kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamasını ve hata durumlarında uygun şekilde tepki vermesini sağlamaktadır. Bu aşamada, yazılımın stabilitesi, güvenilirliği ve performansı doğrulama testlerine tabi tutulmaktadır. Yazılım geliştirme aşaması, telemetri kartının işlevselliğini, güvenilirliğini ve performansını sağlamak için kritik bir bileşen olarak ön plana çıkar.

Yazılım geliştirme aşaması, telemetri kartının kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamasını, doğru verileri sağlamasını, iletişimin güvenli ve hızlı olmasını ve hatasız çalışmayı hedefler. Bu aşama, projenin başarıyla tamamlanması için büyük önem taşır.

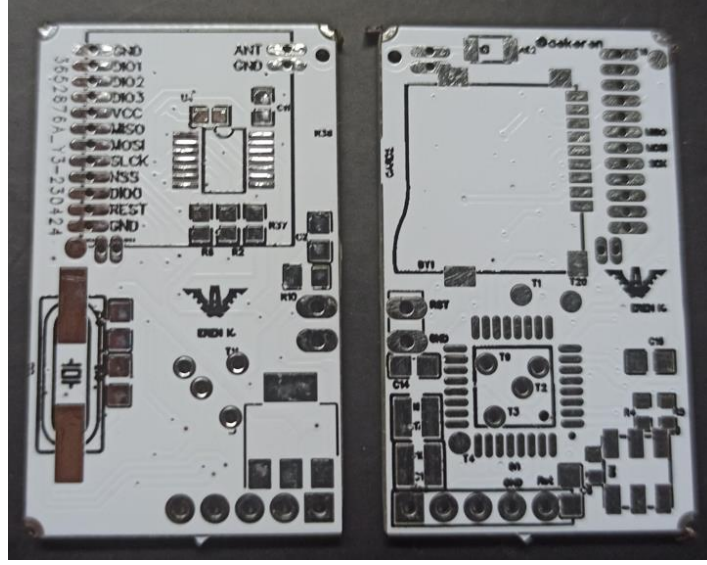
## 5. TASARLANAN SİSTEMİN GERÇEKLENMESİ

Bu bölümde, telemetri 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.

İsim	Çizim Sembolü	Devre Kılıfı
ANTENNA	AE2	ANT-SMD_L3.2-W1.6
Reset Button	BT1	CONNECTOR_PINHEADER_2.54MM:PINHEADER_1X11_P_2.54MM
10uF	C1,C16	C0603
100n	C2,C6,C14,C15	C0603
100nF	C11	C0603
22pF	C12,C13	C0603
100nF	C17,C18	C0603
TF-15x15	CARD2	SD-MICRO-1
TelemConnectio n	H1	HEADER-HEADER-FEMALE-2.54_1X5
3.3K	R2,R6,R37,R38	R0603
330	R4,R5,R8	R0603
10k	R10	R0603
TP	T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11,T18,T19,T20	CON-TH-PAD-R6036
ISCP 6pol	U2	ISCP 6POL
74LVC125APW, 118	U4	TSSOP-14
AMS1117-3.3	U6	SOT-223
SMD Quartz resonator 16MHz	U8	CRISTAL SMD
ATMEGA328P- AU-W	U9	ATMEGA328P-AU
LORA XL1278- SMT	U16	XL1278-SMT
LED - RGB 5x5mm SMD	U28	LED - RGB 5,00_5,00 RGB SMD

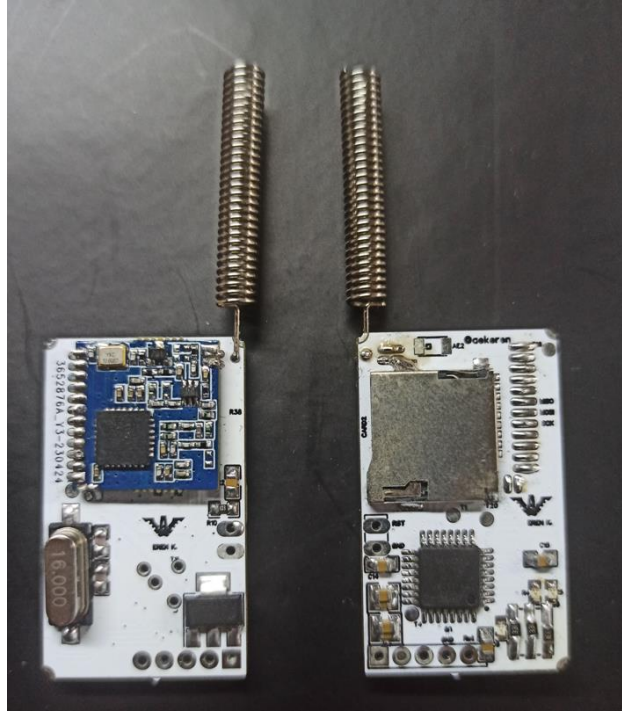
Çizelge 5.1 Alıcı Elektronik Malzeme Listesi Çizelgesi

### 5.1. PCB Üretimi ve Bileşenlerin Montajı



Şekil 5.1 PCB Alıcı ve Verici Kartları (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 Alıcı ve Verici Kartları (ön) Şekli

Şekil 5.3 te kartların dizgisi tamamlandıktan sonraki halleri bulunmaktadır. Kartın donanımsal olarak çalışıp çalışmadığı test edildikten sonra montaja geçilmiştir. Test kısmı Bölüm 6’da anlatılmaktadır

## **5.2. Başlatma Yazılımı Yükleme**

Yazılım yükleme, telemetri kartı tasarımı ve gerçekleştirme projenizde önemli bir aşamadır. Bu aşamada, tasarlanan telemetri kartının donanım bileşenlerini kontrol eden ve işlevlerini yerine getiren yazılım yüklenmektedir. Yazılım, mikro denetleyiciye uygun programlama aracı veya yazılım üzerinden aktarılmaktadır. Telemetri kartının veri toplama, veri işleme, iletişim, güvenlik ve diğer işlevlerini gerçekleştirecek kodları içermektedir. Yüklene yazılım, telemetri kartının kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamakta ve doğru şekilde çalışmaktadır. Bu aşama, tasarlanan sistemin tamamlanmasını ve kullanıma hazır hale getirilmesini sağlamaktadır. Hava Aracı ve yer istasyonu için kullanılacak yazılımlar ayrı ayrı tasarlanmıştır [EK 1, EK 2].

## 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

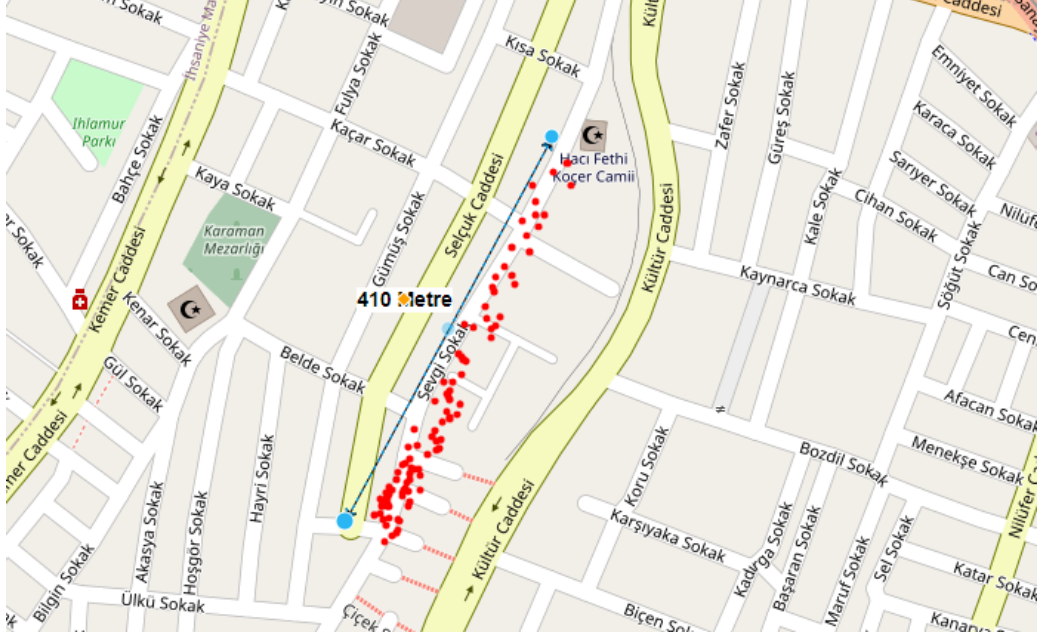
PCB Dizgisi yapıldıktan sonra Avometre yardımı ile devre kartı üzerindeki kısa devre kontrolü yapıldıktan sonra ilk başlatma ve kontroller aşamasında, montajı tamamlanan telemetri kartı ilk kez çalıştırılmaktadır ve çeşitli kontroller yapılmaktadır. İlk başlatma işlemi, telemetri kartının güç kaynağına 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, telemetri 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.



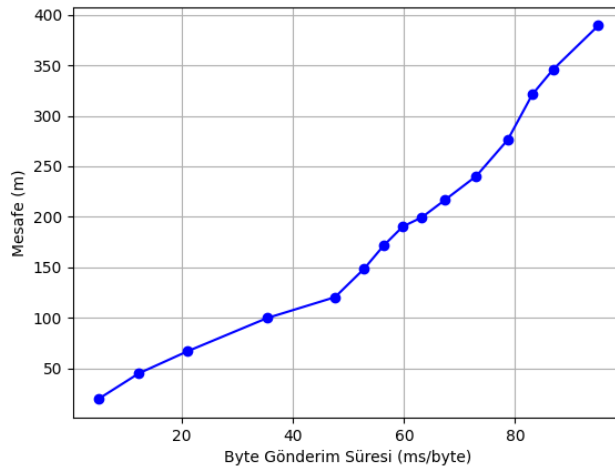
Şekil 6.1 Test Kodunun Çalıştırılması Şekli

## 6.2. Mesafe – İletim Hızı ve Menzil Testleri



Şekil 6.2 Konumdan yararlanarak Menzil - Hız Testi Şekli

Telemetri sisteminin iletişim protokolleri ve veri aktarımı doğrulanmıştır. Veri aktarımının güvenli, hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştiği kontrol edilmiştir. İletişim mesafesi ve bağlantı stabilitesi test edilmiştir. GPS modülü ile konum verisi gönderme testinde ortaya çıkan veriler. Test sonuçlarına göre Mesafe arttıkça gönderilen paket sıklığı azalmaktadır. GPS modülünün yanılma payından dolayı koordinat üzerinde sapmalar meydana gelmektedir [EK3].



Çizelge 6.1 Mesafe Gönderim Hızı Çizelgesi

### 6.3. Dayanıklılık Testleri

Telemetri 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.

ErenLink Telemetri Özellikleri
Ürün Modeli: ErenLink
Kablosuz frekans: 433MHz
Menzil: 500 ~ 1500m (havada)
İletim gücü: <20 dBm
Kablosuz protokol: LORA
Kanal çözünürlüğü: 4096
Güç: 5V
Alçak gerilim alarmı: Yok
Anten tipi: Tek Anten
Boyutlar: 23x40x5mm
Ağırlık: 7gr
Kart Rengi: Beyaz

Çizelge 6.2 Telemetri Özellikleri Çizelgesi



### 6.5. Maliyet Analizi

Görev Kullanılan Eleman	Optimum Maliyet	Düşük Maliyet	Yüksek Maliyet
Haberleşme Modülü (2 Adet EBYTE Sx1278 433 MHz 30DBM)	134	134	1270
SD Kart Modülü	15	15	40.0
PCB Üretimi (Takım Kart Üretimi)	40.2	40.2	70
Mikrodenetleyici (2 Adet Atmega328p)	184	155	402
Elektronik Devre Komponentleri (Elektronik Komponentler - Bölüm 5)	84.0	50	180
Mekanik Malzemeler (Filament)	250	200	400
Toplam	583		

Çizelge 6.3 Telemetry 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 proje kapsamında, insansız hava araçlarında telemetri kartı tasarımı ve gerçekleştirilmesi üzerinde çalışma tamamlanmıştır. Projenin sonuçları ve bazı öneriler:

Sonuçlar:

- Telemetri kartı tasarımı ve gerçekleştirilmesi başarıyla tamamlandı.
- Elektriksel şematik ve bileşen seçimi doğru bir şekilde yapıldı.
- PCB tasarımı, doğru bağlantılar ve bileşen yerleşimiyle tamamlandı.
- Güç kaynağı ve yönetimi, telemetri sisteminin enerji ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşıladı.
- İletişim protokolleri ve veri aktarımı test edildi ve doğru çalıştığı doğrulandı.
- Yazılım geliştirmesi, telemetri sisteminin işlevselliğini sağladı.

Öneriler:

- İşlemci ve bellek kapasitesi, projenin gereksinimlerine ve kullanıcı ihtiyaçlarına uygun şekilde optimize edilmelidir. Daha yüksek işlemci hızı veya daha fazla bellek kapasitesi gerekiyorsa, geliştirmeler yapılabilir.
- İletişim kalitesi ve veri hızı, daha ileri düzeyde test edilebilir ve iyileştirilmeler yapılabilir. Farklı iletişim protokollerinin karşılaştırılması ve performans testleri yapılması önerilebilir.
- Dış ortam ve uçuş testlerinin daha geniş kapsamlı ve çeşitli senaryolarda gerçekleştirilmesi önerilir. Bu testler, telemetri sisteminin gerçek uçuş koşullarında ve farklı hava şartlarında nasıl performans gösterdiğini daha detaylı bir şekilde değerlendirebilir.
- Veri kaybı ve güvenliği testlerinde daha ileri düzey güvenlik protokolleri ve şifreleme yöntemleri kullanılabilir. Veri güvenliği konusunda sürekli iyileştirmeler yapılabilir ve güvenlik açıklarının tespiti ve düzeltilmesi önemlidir.

Bu projenin sonuçları, insansız hava araçlarındaki telemetri kartı tasarımı ve gerçekleştirilmesi konusunda başarılı bir çalışmayı temsil etmektedir. Öneriler doğrultusunda yapılan iyileştirmeler, telemetri sisteminin performansını ve güvenilirliğini daha da artırabilir. Bu proje, insansız hava araçlarındaki telemetri sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması konusunda faydalı bir adım olmaktadır.

## 8.KAYNAKÇA

"Design of UAV Telemetry System Based on ZigBee Technology" - X. Du, C. Xia, C. Zou, X. Zhang, and G. Huang, 2016.

"Design and Implementation of a Wireless Telemetry System for UAVs" - M. T. Alam, H. Ahmad, and K. K. Zawawi, 2017.

URL 1.

<https://www.btk.gov.tr/spektrum-yonetimine-iliskin-usul-ve-esaslar> (01.05.2023)

URL 2.

[https://www.researchgate.net/publication/228401092\\_Telemetry\\_systems\\_design\\_for\\_unmanned\\_aerial\\_vehicles\\_UAVs](https://www.researchgate.net/publication/228401092_Telemetry_systems_design_for_unmanned_aerial_vehicles_UAVs) (01.05.2023)

URL 3.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6138180> (01.05.2023)

## 9.EKLER

### EK 1

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <LoRa.h>
#include <EEPROM.h>
const int redPin = A3;  // Kırmızı pin (R)
const int greenPin = A4; // Yeşil pin (G)
const int bluePin = A5;  // Mavi pin (B)
// SD kart pinleri
const int SD_CS_PIN = 6;
// LoRa modül pinleri
const int LoRa_NSS_PIN = 10;
const int LoRa_RESET_PIN = 9;
const int LoRa_DIO0_PIN = 2;
const int LoRa_DIO1_PIN = 3;
const int LoRa_DIO2_PIN = 4;
File dataFile;
int logCount = 0;
int logclass =0;
void setup() {
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  pinMode(greenPin, OUTPUT);
  pinMode(bluePin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  // SD kartı başlatma
  pinMode(SD_CS_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(SD_CS_PIN, HIGH); // SD kartı devre dışı bırak
  if (!SD.begin(SD_CS_PIN)) {
    Serial.println("SD kart başlatılamadı!");
    setColor(255, 0, 0);
  }
}
```

```

    while (1); }
// LoRa modülünü başlatma
LoRa.setPins(LoRa_NSS_PIN, LoRa_RESET_PIN, LoRa_DIO0_PIN);
if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("LoRa modülü başlatılamadı!");
    setColor(255, 0, 0);
    while (1);
}
Serial.println("Haberleşme Başladı");
//log class epromda log numarasının sayfa sayısıdır 255 ten
//fazla log tutulduğunda yeni log sayfasına geçmektedir.
//255*255 log sayfası dolduğunda eeprom reset atılmalıdır
//bu yöntem eepromların yazma okuma limitine eşit olarak yaklaşmasını sağlayacaktır
// EEPROM'dan log sayısını oku
logclass = EEPROM.read(0);
logCount = EEPROM.read(logclass);
// EEPROM'daki log sayısını güncelle
if(logCount>254){
    logclass++;
    EEPROM.write(0, logclass);
    EEPROM.end();
}
logCount++;
EEPROM.write(logclass, logCount);
EEPROM.end();

// Yeni bir log dosyası oluştur
String fileName = generateFileName();
dataFile = SD.open(fileName, FILE_WRITE);
if (dataFile) {
    Serial.println("Log dosyası oluşturuldu: " + fileName);
    dataFile.println("Başlangıç zamanı: " + String(millis()));
}

```

```

    dataFile.close();
} else {
    Serial.println("Log dosyası oluşturulamadı.");
}
}

void loop() {
    // Seri porttan gelen veriyi oku
    if (Serial.available()) {
        String dataReceived = Serial.readString();
        // SD kart ile iletişim
        digitalWrite(SD_CS_PIN, LOW); // CS pinini düşük seviyeye al
        // Veriyi log dosyasına ve Lora modülüne kaydet
        addLogEntry(dataReceived);
        digitalWrite(SD_CS_PIN, HIGH); // CS pinini yüksek seviyeye al
        // LoRa modülü ile iletişim
        digitalWrite(LoRa_NSS_PIN, LOW); // NSS pinini düşük seviyeye al
        // Veriyi Lora modülüne gönder
        LoRa.beginPacket();
        LoRa.print(dataReceived);
        LoRa.endPacket();
        digitalWrite(LoRa_NSS_PIN, HIGH); // NSS pinini yüksek seviyeye al
        // RGB LED'i yeşil olarak ayarla
        setColor(0, 0, 0);}
    // RGB LED'i 1 saniye boyunca yanık tut
    setColor(0, 255, 0);}

void addLogEntry(String logMessage) {
    String fileName = generateFileName();
    // Veriyi SD karta yaz
    dataFile = SD.open(fileName, FILE_WRITE);
    if (dataFile) {
        dataFile.println(logMessage);
        dataFile.close();
    }
}

```

```
    } else {  
        Serial.println("Log dosyası açılmadı.");  
    }  
}  
  
String generateFileName() {  
    return "log" + String(logclass) + "_" + String(logCount) + ".tlog";  
}  
  
void setColor(int redValue, int greenValue, int blueValue) {  
    analogWrite(redPin, redValue);  
    analogWrite(greenPin, greenValue);  
    analogWrite(bluePin, blueValue);  
}
```

**EK 2**

```

#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <LoRa.h>
#include <EEPROM.h>
const int redPin = A3; // Kırmızı pin (R)
const int greenPin = A4; // Yeşil pin (G)
const int bluePin = A5; // Mavi pin (B)
// SD kart pinleri
const int SD_CS_PIN = 6;
// LoRa modül pinleri
const int LoRa_NSS_PIN = 10;
const int LoRa_RESET_PIN = 9;
const int LoRa_DIO0_PIN = 2;
const int LoRa_DIO1_PIN = 3;
const int LoRa_DIO2_PIN = 4;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  Serial.println("LoRa Receiver");
  LoRa.setPins(LoRa_NSS_PIN, LoRa_RESET_PIN, LoRa_DIO0_PIN);
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("LoRa modülü başlatılamadı!");
    while (true);
  }
}
void loop() { // Paket alınırsa işlem yap
  if (LoRa.parsePacket()) { // Alınan veriyi oku
    while (LoRa.available()) {
      String receivedData = LoRa.readString();
      Serial.println(receivedData);
    }
  }
}

```



**EK 3**

```
import numpy as np
import folium

#log dosyası okuma
with open("coords.tlog","r") as f:
    # Dosyadaki tüm içeriği okuma
    content = f.read()

#log dosyasındaki kordinatları biçimlendirme
coords=[]
content = content.split("\n")
for i in content:
    L=i.split(",")
    coords.append([float(L[0]),float(L[1])])

m = folium.Map(location=[coords[0], coords[0]], zoom_start=15)
# Haritaya noktaları ekleme
for coord in coords:
    folium.CircleMarker(location=coord, radius=1, color="red").add_to(m)

# Haritayı kaydetme
m.save('map.html')
```

## **TEŞEKKÜR**

Mühendislik Tasarımı-II dersi kapsamında çalışmalarım boyunca sağladıkları desteklerinden ötürü danışman hocam Sayın Doç. Dr. Sait Eser KARLIK ve Sayın Ömer YILDIZ 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