



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



GPS'Lİ KOL SAATİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

031611110

Mehmet Fatih Karabaş

031611079

Enes Gülmez

BİTİRME PROJESİ

BURSA 2020

T.C  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

GPS'Lİ KOL SAATİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

031611110

Mehmet Fatih Karabaş

031611079

Enes Gülmez

Projenin Danışmanı: Öğr. Gör. Dr. İsmail Tekin

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

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri, akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimizi
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları, bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumuzu
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda, ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumuzu
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimizi
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımızı
- Bu tezin herhangi bir bölümünü üniversitemde veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımızı

beyan ederiz.

08.06.2020

Mehmet Fatih Karabaş

Enes Gülmez

Danışmanlığımda hazırlanan Proje Hazırlık çalışması, tarafımdan kontrol edilmiştir.

Öğr. Gör. Dr. İsmail Tekin

## ÖZET

Günümüzde ebeveynlerin en büyük endişelerinden biri de çocukları birlikte değilken güvende olup olmadıklarıdır. Cep telefonları ile bu kaygıları gidermek mümkünse de cep telefonlarının çocuklar üzerinde olumsuz etkileri oldukları da bilinmektedir. Bu sebepten dolayı ebeveynlerin, belirledikleri telefon numaraları ile telefon görüşmesi yapabilecek ve anlık konum bilgisini paylaşabilen bir GPS'li Kol Saati tasarımı yapılmasına karar verilmiştir. Saat dört ana bölümden oluşmaktadır. Saatin telefon görüşmesi yapması ve SMS gönderip alması için GSM, konum bilgisini alması için GPS, internet üzerinden bilgileri aktarılması GPRS kullanılması öngörülmüştür. Saatin özelliklerine uygun modüller seçilmiştir. Birinci olarak GPS ve GSM/GPRS modülleri araştırılmış ve birleşik modül kullanılması karar verilmiştir. Birleşik modül kullanılarak alandan tasarruf edilmiştir. İkinci olarak batarya süresi düşünülerek düşük güç tüketimi olan bir mikrodenetleyici seçimi yapılmıştır. Üçüncü olarak da ultra düşük güç tüketimi olan bir ekran seçimi yapılmıştır. Son olarak saate uygun batarya kapasitesine sahip batarya seçilmiştir. Kullanılan teknolojiler ve seçilen modüllerin özellikleri anlatılmıştır.

**ABSTRACT**

One of the major concerns of parents today is whether or not their children are safe when they are not together. Although it is possible to overcome these concerns with mobile phones, it is known that mobile phones have negative effects on children. For this reason, it was decided to design a watch with GPS that can make phone calls and share instant location information. The watch consists of four main parts. It is envisaged that the watch will use GSM to make phone calls and send and receive SMS, GPS to receive location information, GPRS to transfer information over the internet. Modules are selected according to the features of the watch. Firstly, GPS and GSM / GPRS modules were investigated and it was decided to use combined modules. Space is saved by using a combined module. Secondly, a microcontroller with low power consumption was chosen considering the battery time. Third, a display with an ultra low power consumption has been selected. Finally, the battery with the appropriate battery capacity has been selected. The technologies used and the properties of the selected modules are explained.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

<b>ÖZET</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iv
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. GNSS</b> .....	2
2.1. GNSS Bölümleri .....	2
2.1.1 Uzay Bölümü .....	2
2.1.2. Kontrol Bölümü .....	3
2.1.3. Kullanıcı Bölümü .....	3
2.1.4. GNSS Antenleri .....	4
2.1.5. GNSS Alıcıları .....	4
2.2.GNSS Kullanım Alanları .....	5
2.2.1. Ulaşım .....	5
2.2.2. Makine Kontrolü .....	5
2.2.3. Savunma Sanayisi .....	6
2.3. GNSS Konum Belirleme Hataları .....	6
2.3.1. Uydu Pozisyonu .....	6
2.3.2. Uydu Saat Hatası.....	6
2.3.3. Alıcı Saat Hatası.....	6
2.3.4. Uydu Yörünge Hatası.....	7
2.3.5. İyonosferik Hatalar.....	7
2.3.6. Troposferik Hatalar .....	7
2.3.7. Çok Yollu (Multipath) Hataları.....	8
2.3.8. Alıcı Gürültü Hataları .....	9

2.4. GPS .....	9
2.4.1. GPS Tarihi.....	10
2.4.2. GPS Sinyali .....	10
2.4.3. GPS Çalışma Şekli .....	11
3. GSM/GPRS .....	13
3.1. GSM .....	13
3.2. GPRS.....	15
3.3. GSM MİMARİSİ .....	16
3.3.1. Mobil İstasyonu (MS: Mobil Station).....	16
3.3.2. Baz İstasyonun Alt Sistemi (BSS) .....	17
3.3.3. Şebeke Alt Sistemi .....	19
3.3.4. İşletme ve Bakım Merkezi (OMC) .....	21
3.3.5. Şebeke Kontrol Merkezi (NMC: Network Management Center) .....	21
3.3.6. Hava Arayüzü.....	21
3.4 GPRS Mimarisi .....	23
3.4.1. Paket Kontrol Birimi (PCU) .....	23
3.4.2. GPRS Destek Düzümü Sunucusu (SGSN) .....	24
3.4.3. Geçit GPRS Destek Düzümü (GGSN) .....	25
3.5. GPRS SINIFLARI .....	26
3.5.1. A Sınıfı Cihazlar .....	26
3.5.2. B Sınıfı Cihazlar.....	26
3.5.3. C Sınıfı Cihazlar.....	26
4. DEVRE TASARIMI .....	27
4.1. Güç Devresi.....	27
4.1.1. Buck-Boost Dönüştürücüler.....	28
4.1.2. Güç Devresi Tasarımı .....	29

4.2. Mikrodenetleyici Donanımsal Dizaynı.....	30
4.3. Kontrol Butonları .....	33
4.4. Durum Ledleri .....	34
4.5. Ekran Entegrasyonu .....	34
4.6. GPS-GSM/GPRS Bluetooth Devreleri .....	37
4.6.1 SIM868 GPS-GSM/GPRS Modülü .....	38
4.6.2 Anten Devresi.....	41
4.6.3. SD Kart Entegrasyonu.....	42
4.6.4. SIM Kart Entegrasyonu.....	42
4.6.5 Ses Devreleri .....	44
4.7. Konnektörler .....	47
5. SONUÇ .....	48
6. KAYNAKÇA.....	49
7. TEŞEKKÜR.....	53
8. ÖZGEÇMİŞ .....	54



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 2.1 Temsili GNSS Uyduları ve Yörüngeleri.....	1
Şekil 2.2 GNSS Kullanıcı Bölümü Bileşenleri .....	3
Şekil 2.3 Çeşitli GNSS Antenleri.....	4
Şekil 2.4 Çeşitli GNSS Alıcıları .....	4
Şekil 2.5 Atmosferin Katmanları .....	8
Şekil 2.6 Direkt ve Çoklu GPS Sinyal Yolları.....	8
Şekil 2.7 İki ve Üç Boyutlu Trilateration Mekanikleri .....	12
Şekil 3.1 Mobil Veri Trafığı Tahmini .....	14
Şekil 3.2 GSM Mimarisi .....	16
Şekil 3.3 Sim Kart Örneği.....	17
Şekil 3.4 BTS Mimarisi .....	18
Şekil 3.5 GPRS Mimarisi.....	23
Şekil 3.6 SGSN, GGSN ve GTP protokolü .....	25
Şekil 4.1 Tasarlanan Devre Şeması.....	27
Şekil 4.2 Buck-Boost Çeviricilerin Temel Yapısı .....	28
Şekil 4.3 Tasarlanan Güç Devresi .....	29
Şekil 4.4 Tasarımda Mikrodenetleyici .....	31
Şekil 4.5 Tasarlanan Mikrodenetleyici Devresi .....	32
Şekil 4.6 Kontrol Butonları .....	33
Şekil 4.7 Durum Ledleri.....	34
Şekil 4.8 LS013B7DH03 Pin İsimleri ve Çalışma Gerilimleri .....	35
Şekil 4.9 LS013B7DH03 Ekranın Tavsiye Edilen Bağlantıları.....	35
Şekil 4.10 Ekran Devresi.....	36
Şekil 4.11 CubeMX Arayüzü .....	37
Şekil 4.12 Tasarımda SIM868 .....	38
Şekil 4. 13 SIM868 UART Modları.....	39
Şekil 4.14 SIM868 UART Devresi .....	40
Şekil 4.15 Anten Devreleri.....	41
Şekil 4.16 SD Kart Devresi .....	42

Şekil 4.17 SIM Kart Devresi.....	43
Şekil 4.18 Ses Devreleri.....	44
Şekil 4.19 Hoparlör Devresi.....	45
Şekil 4. 20 Mikrofon Devresi.....	46
Şekil 4. 21 Ön Kuvvetlendirici Devresi .....	47
Şekil 4.22 Konnektörler .....	47

**ÇİZELGELER DİZİNİ****Sayfa No**

Çizelge 2.1 GPS Uydularının Özellikleri.....	9
Çizelge 2.2 GPS Sinyal Karakteristikleri.....	10
Çizelge 3.3 Baz İstasyonu Kontrolörünün (BSC) Trafik Özellikleri.....	19
Çizelge 5.4 Maliyet Tablosu.....	48

**KISALTMALAR**

<b>GPS,</b>	Global Positioning System
<b>GSM,</b>	Global System for Mobile Communication
<b>GPRS,</b>	General Packet Radio Service
<b>UART,</b>	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
<b>SPI,</b>	Serial Peripheral Interface
<b>I2C,</b>	Inter-Integrated Circuit
<b>LED,</b>	Light Emitting Diode
<b>BOM,</b>	Bill of Materials

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin dünyaya sunduğu imkanlar elbette ki günden güne hızla artmakta ve gelişmektedir. Sayısız yenilik arasında şüphesiz insanlığın en yoğun kullanımına sahip alanların başında iletişim teknolojileri gelmektedir. Cep telefonları bu alandaki teknolojilere verilebilecek güzel bir örnektir. Cep telefonu sektörü artan özelliklerinin etkisiyle de gelişiminde hızlı bir ivme kazanmıştır. Çocukların cep telefonunu kullanımının artışıdaki önemli etkenler yeni nesil cep telefonlarının eski nesil cep telefonlarına görece artan ekran boyutları, günden güne kolaylaşan kullanımı, hızla gelişen internet teknolojisi sayesinde çocuklara hitap eden içerik ve oyunlara kolaylıkla erişilebilmesi ve çocukların yetişkinlere göre daha hızlı olan adaptasyon yeteneğidir. Diğer yandan bu teknolojilerin çocuklar tarafından kontrolsüz biçimde kullanılmasının çocuk gelişimine olası olumsuz etkileri ebeveynler için tedirginlik oluşturan bir faktördür. Bu alanda 916 katılımcı ile yapılmış bir araştırmada pediatrik göz kuruluğunun cep telefonu kullanım süresi ile yakında ilişkili olduğu belirlenmiştir [1]. Diğer yandan ebeveynlerin çocuklarıyla iletişimi ve cep telefonları uygulamaları sayesinde çocuklarının yeri hakkında bilgi sahibi olabilmesi cep telefonlarının çocuk-ebeveyn ilişkilerine katkılarının yadsınamaz gerçekleridir. Bu tasarım çalışmasında cep telefonunun çocuklar üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri düşünülerek tasarlanmış GSM ve GPS teknolojilerine sahip bir saatin çekirdek aile içi faydaları dışında da Alzheimer rahatsızlığına ya da fiziksel engelle sahip bireyler açısından da faydaları olacağı düşünülerek GPS'li Kol Saati tasarımının yapılmasına karar verilmiştir.

## 2. GNSS

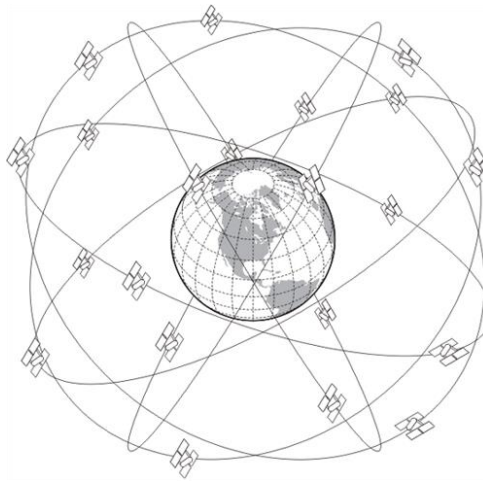
GNSS (Global Navigation Satellite System/Küresel Konumlandırma Uydu Sistemi) uzaydan yayınlanan radyo dalgalarının yeryüzündeki elektronik alıcılara ulaşmasıyla alıcıların bulundukları noktanın enlem, boylam, yüksekliğini ve bulunduğu noktada yerel saatin kaç olduğunu tam olarak hesaplayabilmesini sağlayan sistemin adıdır. GNSS prensipleriyle çalışan sistemler dünyanın farklı bölgelerinde farklı isimler ile isimlendirilmiş. Bunlardan başlıcaları;

- GPS (ABD)
- GLONASS (Rusya)
- BeiDou (Çin)
- Galileo (AB)'dir. GNSS teknolojileri arasında sadece GPS ve GLONASS sistemleri tamamen kullanılabilir durumdadır.

### 2.1. GNSS Bölümleri

#### 2.1.1 Uzay Bölümü

GNSS sistemini uzay bölümü yörüngede sabit dönüş hareketine sahip uydulardan oluşmaktadır. Bu uydular dünya yüzeyinden yaklaşık 20.000 km'lik yükseklikte bir yörüngede dönmektedir. GNSS sistemindeki her uydu konumu ve konumundaki saatin bilgilerini içeren bir radyo dalgası yayınlr. Şekil 2.1 de uyduların ve yörüngelerinin bir temsili verilmiştir.



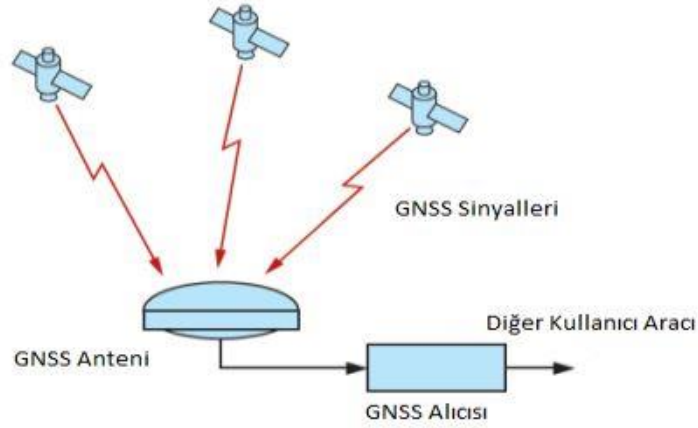
Şekil 2.1 Temsili GNSS Uyduları ve Yörüngeleri

### 2.1.2. Kontrol Bölümü

Bu bölüm gözlem istasyonları, ana kontrol istasyonu ve kara uyduları oluşur. Gözlem istasyonları GNSS uydularının sağlıklı ve doğru bir şekilde çalışmaya devam etmesini sağlamaktır. İstasyonlar, GNSS uydularından aldıkları verileri inceleyerek, uydulardan kaynaklanan hataları belirler. Belirlenen bu hatalar, veri güncelleme istasyonları aracılığıyla GNSS uydularına gönderilir. GNSS uyduları düzeltmeleri kullanarak hatalarını düzeltir. Böylece GNSS uydularının verimli bir şekilde çalışması sağlanmaktadır.

### 2.1.3. Kullanıcı Bölümü

GNSS kullanıcı bölümünün iki temel bileşeni GNSS alıcıları ve antenleridir. GNSS antenlerinin ve alıcılarının fiziksel yapısı kullanılacak olan uygulamaya bağlı olarak tümleşik ya da ayrı olabilir. Şekil 2.1 de GNSS kullanıcı bölümünün bileşenleri gösterilmiştir. GNSS anteninin ve alıcısının kalitesi konumum hassas belirlenmesinde önem arz etmektedir.



Şekil 2.2 GNSS Kullanıcı Bölümü Bileşenleri

#### 2.1.4. GNSS Antenleri

GNSS antenleri, GNSS uydularından yayılan radyo sinyallerini toplar ve topladıkları sinyalleri GNSS alıcısına iletir. GNSS antenleri farklı performans, şekil ve boyda olmak üzere çeşitlilik gösterir (Şekil 2.3). GNSS anteni belirlemede ilk etken yapılacak uygulamanın niteliğidir. Büyük boyuttaki GNSS anteni referans istasyonları için daha uygun iken, aerodinamik yapıdaki GNSS antenleri hava araçları ya da küçük boyutlardaki antenlerin kullanımı mobil uygulamalar için daha verimlidir.



Şekil 2.3 Çeşitli GNSS Antenleri

#### 2.1.5. GNSS Alıcıları

GNSS alıcıları, GNSS anteni tarafından toplanan uydu sinyallerindeki mesaj bilgilerini kullanarak, yön, zaman ve konum gibi bilgileri elde edebilirler. Alıcılar, bir GNSS uydu konumlandırma sisteminden ya da birden çok uydu konumlandırma sisteminden gelen sinyalleri kullanacak biçimde tasarlanabilirler. Kullanılacak GNSS



Şekil 2.4 Çeşitli GNSS Alıcıları



alıcısının belirlenmesinde yine en önemli etken uygulamanın niteliğidir. Farklı yapı, şekil ve özelliklere sahip çeşitleri bulunmaktadır. Şekil 2.4'te çeşitli biçimdeki GNSS alıcıları gösterilmiştir.

## **2.2.GNSS Kullanım Alanları**

GNSS; ulaşım, makine kontrol, savunma, denizcilik, haritacılık, liman otomasyonu, insansız hava araçları, inşaat gibi alanlarda kullanılmaktadır. GNSS, doğal afetlerin getirdiği kaybın azaltılması gibi etkileri sebebiyle de teknolojinin insan konforu dışında olan katkılarının bir göstergesidir. GNSS alıcılarının teknolojinin gelişimiyle küçülmesi ve enerji tüketiminin azalması alıcıların mobil cihazlara entegrasyonunu kolaylaştırmış ve büyüyen mobil cihaz pazarında GNSS sistemlerinin kolaylıkla yer bulabilmesini sağlamıştır. GNSS sistemlerinin yer aldığı önemli uygulamalardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

### **2.2.1. Ulaşım**

GNSS teknolojisi; demiryolu, havayolu denizyolu, karayolu ulaşımında kullanılır. Demiryolunda trenin konumunu hassas bir şekilde belirlemek, kazaları, gecikmeleri, iş maliyetlerini azaltırken, güvenliği, tren taşıma kapasitesini artırır. Karayolunda taşıtların konumlarının belirlenmesi, yol trafiğinin düzenlenmesini sağlar ve sürüş güvenliğini artırır. Hava taşımacılığında konum belirleme, uçağın kalkışı ve inişi arasında geçen sürede yapılmaktadır. Uçak havadayken konumunun bilinmesi, olası bir çarpışmayı önlemesi bakımından önemlidir. GNSS teknolojisi deniz ulaşımında, olası bir tehlike anında konum belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Botlar ve gemiler, dünyanın tüm denizlerini, göllerini, okyanuslarını bulmak için GNSS sistemini kullanırlar. Denizcilikte kullanılan GNSS birimlerinin, neme karşı dayanıklı olması önem arz eder.

### **2.2.2. Makine Kontrolü**

GNSS sistemi, iş makinelerinde ve tarım araçlarında da kullanıldığında makine kontrollü GNSS teknolojisi, çalışmanın verimliliğini ve doğruluğunu artırır, iş ve veri yönetimini kolaylaştırır.

### 2.2.3. Savunma Sanayisi

GNSS teknolojisi savunma sanayisinde, navigasyon, arama kurtarma, askeri keşif ve insansız hava araçları, cephane bulma gibi alanlarda kullanılmaktadır.

### 2.3. GNSS Konum Belirleme Hataları

GNSS sinyali, yeryüzüne ulaşması için yaklaşık 20.000 km'lik bir mesafe kat etmesi gerekir. Mesafenin uzunluğu sinyalin yer yer zayıflamasına neden olur. GNSS alıcısının, zayıflamış sinyali alabilmesi için yüksek hassasiyetli olması gerekir [2].

GNSS ölçüm sonuçları, tam olarak doğru değildir. Bu ölçüm hassasiyetini olumsuz olarak etkileyen sebepler vardır. Bunlar, uydu pozisyonu, uydu saat hatası, alıcı saat hatası, uydu yörünge hatası, iyonosferik ve troposferik etmenler, alıcı gürültü hatası ve sinyal yansımalarıdır [3].

#### 2.3.1. Uydu Pozisyonu

GNSS uydularının sayısı ve pozisyonu, konumlandırma hassasiyetini etkiler. Dilution of Precision (DOP) ifadesi, görünür uyduların geometrik dağılımıyla ilgilidir. GNSS sinyalleri, uyduların yeri ve düzensiz çalışmasından etkilenir.

#### 2.3.2. Uydu Saat Hatası

NSS uydu saati düzgün bir şekilde çalışıyor olsa bile, uydu saatinde meydana gelecek en ufak bir kayma GNSS alıcısının doğruluğunda hatalara sebep olur. Bu kayma günde 9 ile 18 ns aralığında değişmektedir. GNSS kontrol bölümü, GNSS uydularının saatlerini takip eder ve herhangi bir kayma tespit ettiğinde düzeltir yapılan çalışmada uydu saat hatalarının etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, uydu saat hataları 0-7 ns aralığında olması durumunda, pseudorange hatası 0-2,1 m olarak hesaplanmış olup, uydu saatinde meydana gelecek kritik bir saat hatası, pseudorange hatasını 1 km'nin üzerinde çıkarabilmektedir [4].

#### 2.3.3. Alıcı Saat Hatası

Frekans kaynağının kalitesi, GNSS pozisyon doğruluğunu önemli ölçüde etkiler. İyi bir alıcı saatinin olması (frekansın kararlı olması) GNSS pozisyon doğruluğunu arttırmaktadır

#### **2.3.4. Uydu Yörünge Hatası**

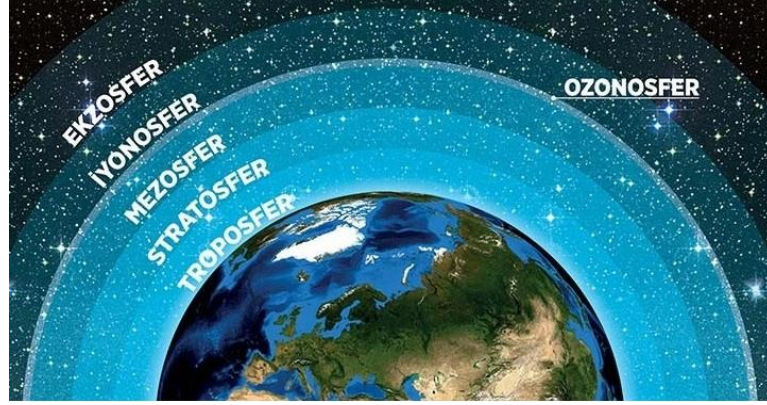
Uydu yörüngesinde meydana gelen herhangi bir hata, özellikle gerçek zamanlı konum belirlenmesinde önemli hatalara sebep olur. [5]'de yapılan çalışmada, gerçek zamanlı konum belirlenmesinde uydu yörünge ve saat hataları sonuçları birlikte ele alınmıştır. Çalışma sonuçlarında, nokta konumlandırmada, uydu saat hatalarının uydu yörünge hatalarına göre daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ancak göreceli konumlandırmada, uydu yörünge hataları, uydu saat hatalarına göre daha etkin olduğu fark edilmiştir.

#### **2.3.5. İyonosferik Hatalar**

İyonosfer, atmosferin serbest elektron yoğunluğunun fazla olduğu katmandır. Bu katman, elektromanyetik radyo dalgaların yayılmasını etkiler. Sinyaller, uydudan alıcıya doğru hareket ederken, İyonosfer katmanında, sinyalin hızı değişebilir. Bu durum, kod ve taşıyıcı faz gözlemlerinde gecikmeye sebep olur. GNSS ile konumlandırma yapıldığında, iyonosferik gecikme, hata kaynaklarının en önemlisidir [6]. İyonosfer katmanındaki elektron yoğunluğu, gece gündüze, mevsimlere, enleme ve boylama göre değişiklik gösterir. Bu elektron yoğunluğu, konum hassasiyetini önemli ölçüde etkiler. Bu yüzden, hassas bir şekilde konum belirlenirken, iyi bir İyonosferik model kullanması gerekir.

#### **2.3.6. Troposferik Hatalar**

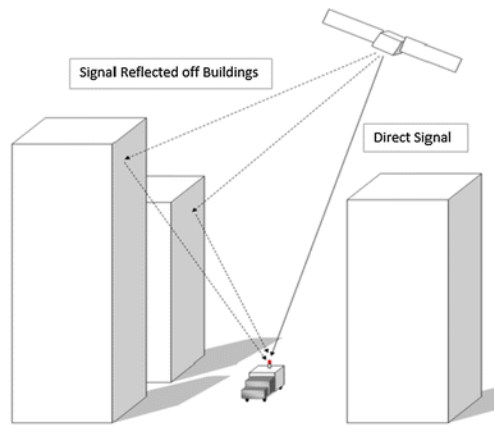
Dünya yüzeyine en yakın olan katman Troposferdir. Troposferdeki, iklim, nem, sıcaklık değişimi gibi nedenler, troposfer katmanından geçen GNSS sinyalini geciktirir. Troposferik gecikme, hidrostatik ve nem gecikmelerinden oluşur. Hidrostatik gecikme, hava basıncı ve sıcaklıkla ilişkilidir. Nem gecikmesi ise havadaki su buharı ile ilişkilidir. Troposfer katmanı, elektron yoğunluğunun olmadığı bir katmandır. Bu yüzden, GNSS sinyali İyonosfer katmanına göre, Troposfer katmanında daha az gecikmeye uğrar. Hassas konum belirlenirken, uygun bir Troposferik model kullanılmalıdır. Şekil 2.5'te Atmosferin katmanlar gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Atmosferin Katmanları

### 2.3.7. Çok Yollu (Multipath) Hataları

Multipath, GNSS sinyalinin yansıması ya da kırılması sonucu, farklı yönlerden GNSS antenine gelmesi olarak tanımlanır. GNSS alıcısında, Multipath çeşitli parametrelerle karakterize edilebilir. Bunlar, yansıyan sinyalin genliği, yol gecikmesi, yansıyan sinyalin faz miktarı ve faz oranıdır. Şekil 2.6 da GNSS uydusundan, GNSS alıcısına düz olarak ve alıcı yakınındaki binadan yansıyarak (Multipath) gelen sinyal gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Direkt ve Çoklu GPS Sinyal Yolları

Yansıyan sinyal, GNSS antenine ulaşana kadar daha fazla yol kat eder. Bu durum sinyalin alıcıya geç ulaşmasına neden olur. Geciken bu sinyal, GNSS alıcısının hatalı konum belirlemesine sebep olur. Multipath hatalarını azaltmak için, yazılım, donanım ve hibrit yaklaşımlar gibi metotlar önerilir. Multipath hatalarını azaltmanın en kolay yöntemi; GNSS alıcısını yansıtıcı yüzeyden uzak bir yere yerleştirmektir. Son teknolojiye sahip anten ve alıcılar, multipath hatalarını düzeltme eğilimindedirler.

### 2.3.8. Alıcı Gürültü Hataları

Alıcı gürültü hataları, GNSS alıcısının donanım ve yazılımından kaynaklanır. Son teknolojiyle üretilmiş GNSS alıcıları, alıcı gürültüsünden kaynaklı konum belirleme hatalarını azaltacak şekilde tasarlanmaktadır.

## 2.4. GPS

GPS: Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi. Engelsiz görüş hattında, tüm hava koşullarında yer ve zaman bilgileri sağlayan uzay zaman tabanlı uydu navigasyon sistemidir. Düzenli olarak kodlanmış bilgi yayınlayan yüksek yörüngedeki 32 uydudan oluşur. Bu uyduların 24 tanesi aktif ve 8 tanesi acil durumda arızalan uydunun yerine geçmesi için yedekte tutulur. Uydu-alıcı ağı, alıcı 4 ya da daha fazla uydu ile iletişimde olduğunda uydu-uydu ve uydu-alıcı arası mesafeleri analiz ederek Dünya üzerinde ya da atmosferindeki alıcının kesin yerini tespit etmeyi mümkün kılar. Çizelge 2.1’de GPS uydularının özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 GPS Uydularının Özellikleri

<b>Uydu Sayısı</b>	32 Uydu, 8 Yedek
<b>Yörünge Düzlemi</b>	6
<b>Yörünge Eğimi</b>	55°
<b>Yörünge Yarıçapı</b>	25.650 km

### 2.4.1. GPS Tarihi

GPS'in ilk kullanımı İkinci Dünya Savaşı'nın hemen sonrasına dayanmaktadır. Sistem, askeri planlarda ve güdümlü roketlerin kontrolünde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. İlk uydu Şubat 1978 tarihinde ABD tarafından fırlatılmış, 1980'lerde sivil kullanıma açılmış, 1994 yılında tam olarak işler hale getirilmiştir. Yüksek kaliteli sinyaller Mayıs 2000 tarihine kadar askeri amaçlı kullanılıp, bu tarih ile birlikte herkesin kullanımına ücretsiz olarak sunulmuştur. Bradford Parkinson, Roger L. Easton ve Ivan A. Getting'in icatları ile güçlendirilmiştir.

### 2.4.2. GPS Sinyali

GPS teknolojisi, Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) teknolojisine dayanmaktadır. GPS uyduları, kimlik bilgileri, mesafe sinyalleri, uydu durumu bilgileri gibi bilgileri yayınlarlar. GPS uyduları uzay araç numaraları (SVC) ya da Pseudo Random Noise (PRN) ile tanımlanmaktadır. L1 ve L2 taşıyıcı sinyalleri üzerine modüle edilmiş kodlar, navigasyon mesajları, uydu saat bilgileri, yörünge parametreleriyle birlikte gönderilmektedir. Çizelge 2.2'de GPS sinyal karakteristikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 GPS Sinyal Karakteristikleri [7]

Atama	Frekans	Tanım
L1	1575.42 MHz	İlk GPS sinyalidir. Sivil kullanıma Coarse/Acquisition Kod (C/A) ve askeri kullanıma Precision Kod (P-code) rezerve edilmiş olmak üzere iki farklı kodlamadan oluşur.
L2	1227,60 MHz	L2, P kodu ve IIR-M Blok uydularından başlayarak L2C (sivil) kodu tarafından modüle edilir. L1 taşıyıcı frekansından daha hızlıdır. Katı cisimlerin içerisinde daha iyi seyahat eder.
L5	1176.45 MHz	Modernize edilmiş GPS uyduları (Blok II-F ve üstü) L5 taşıyıcı frekansını kullanmaktadır. Sivil havacılık başta olmak üzere kritik can güvenliği uygulamaları gereksinimlerinin karşılaması için iyonosferik düzeltme, sinyal doğruluğu ve girişim reddi gibi özelliklerinin geliştirilmesi sağlanmıştır. L5 taşıyıcı frekansının 2021 yılına kadar 24 uydudan gelmesi beklenmektedir.

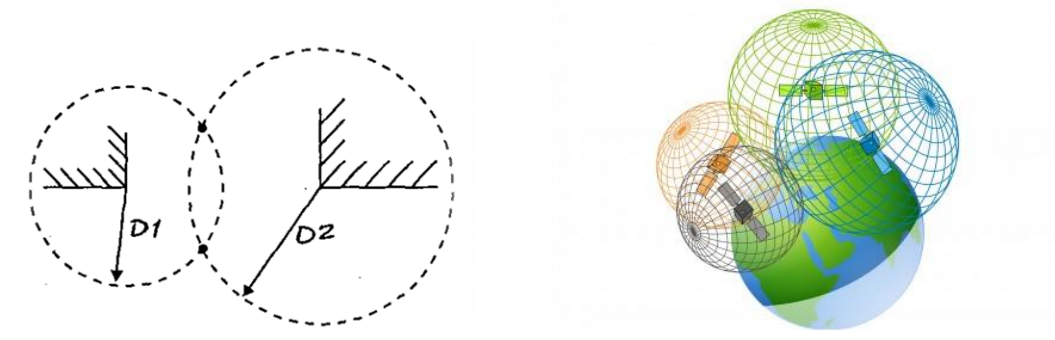
### 2.4.3. GPS Çalışma Şekli

Küresel Konumlama Sistemi sabit yüksek yörüngede 32 uydur, yörünge değişikliği güncellemeleri için kara uyduları ve dünya üzerinde ya da atmosferindeki alıcıların ortak çalışması ile 3 boyutlu trilateration mekaniklerinin kullanımıyla çalışmaktadır. Bu mekanik uyduları merkez alan, uydur ve alıcı arasındaki mesafe yarıçaplı hayali kürelerin kesişimi ile pozisyon tespitine dayanır.

Uydular bulundurdıkları atomik saat ile konumundaki zamanı ve sabit yörünge hareketi sebebiyle elde edebildiği pozisyon bilgisini radyo dalgaları ile yayınlar. Güneş ve ay etkileri yörüngelerde ufak değişikliklere neden olsa da kara uyduları yörünge bilgisini sürekli güncellemektedir. Alıcılar en az 4 uydudan aldığı zaman ve pozisyon bilgisinden kendisi ile uydular ve uydular arası mesafeleri analiz eder. Uydudan gelen radyo dalgası alıcıya ulaştığında alıcı radyo dalgasının geliş süresi bilgisine sahip olur. Radyo dalgalarının ışık hızında yayıldığı bilgisi analizde kullanılarak uydur-alıcı arası mesafe bilgileri alıcı tarafından hesaplanır. Bu mesafe pseudorange olarak isimlendirilir ve trilateration mekaniklerindeki hayali kürelerin yarıçapı olarak kullanılır.

Analizdeki önemli noktalardan birisi uydular için zamanın günde 38 mikrosaniye fark oluşturacak kadar daha hızlı akışıdır. [8] Bu fark dikkate alınmadan kurulan bir GPS sistemi sadece 2 dakika içinde hatalı sonuç üretmeye başlayacak, her gün biriken 10 kilometre [9] uzunluğunda hatalı pozisyona bilgisine karşılık gelecekti ve tüm sistemi anlamsızlaştıracaktı.

Trilateration mekanikleri için en iyi açıklama biçimi 2 boyutlu düzlemde bir pozisyon tespiti örneğidir. Bir sokak lambası 2 binanın köşesi arasında sabittir. (Şekil 2.7) 1. binanın köşesi (D1) ile sokak lambası arasındaki mesafe yarıçaplı, 1. bina köşesi merkezli bir çember ile 2. binanın köşesi ile sokak lambası arasındaki mesafe yarıçaplı, 2. bina köşesi (D2) merkezli bir çember 2 noktada kesişecek ve sokak lambasının olası 2 pozisyonu verecektir. Eğer 3. bir referans noktası eklenirse olası tek pozisyon kalmasıyla pozisyon tespit problemi çözülecektir. Küresel konumlamada yükseklik tespitini



Şekil 2.7 İki ve Üç Boyutlu Trilateration Mekanikleri

sağlamak için 3 boyutlu sisteme ve 3 boyutlu sistemde olası pozisyon sayısını 1'e düşürmek için 4 farklı referans noktasına ihtiyaç vardır. 3 boyutlu trilateration konumlanması, GPS için her bir uyduyu merkez alan ve uydu, alıcı arasındaki mesafe yarıçaplı en az 4 kürenin kesişiminin alıcının küresel pozisyon bilgisini taşımasına dayanır. Bu sayede en az 4 uydu ile iletişimde olan her alıcı tüm hava koşullarında bulunduğu pozisyon bilgisine sahip olur. (Şekil 2.7)



### 3. GSM/GPRS

#### 3.1. GSM

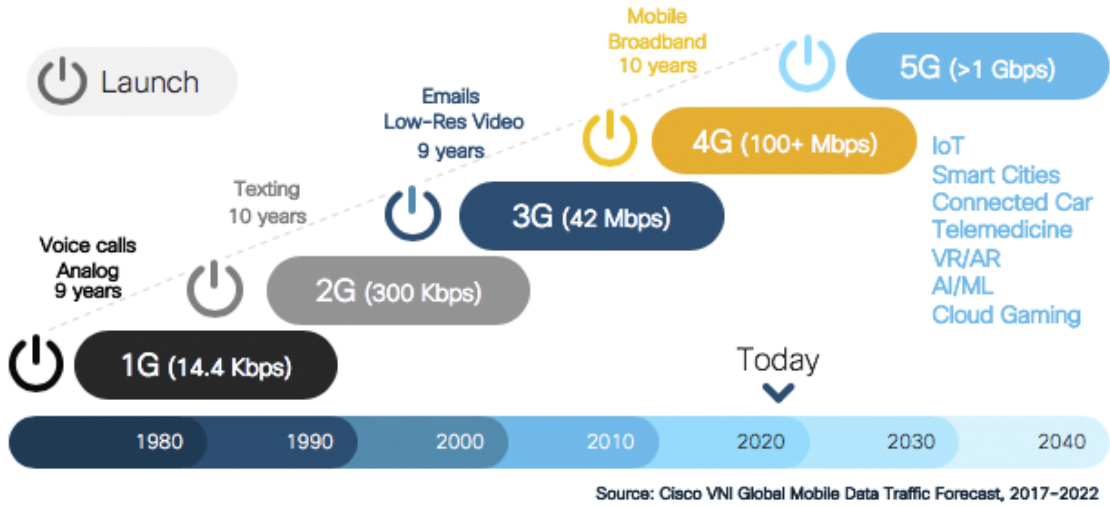
Hücresel sistemlerin ortaya çıkmasıyla mobil iletişim için yapılan en büyük adım gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Bell Labs tarafından ortaya atılan hücresel sistem fikri daha sonraki dönemlerde geliştirilerek ilk hücresel sistem olan AMPS (Advanced Mobile Phone Service) Chicago'da 1979 yılında hayata geçirilmiştir. İskandinav ülkelerini kapsamayı düşünülen NMT (Nordic Mobile Telephone) sistemi ise Kuzey Avrupa'da geliştirilmiştir. İngiltere'de AMPS sisteminin bir değişik versiyonu olan TACS (Total Access Communication System) sistemi 1985'de kullanılmaya başlanmıştır. Zaman içinde geliştirilen bu sistemler 1. nesil (1G) hücresel sistemler olarak kabul edilmiştir. Mobil iletişim sistemlerine duyulan ihtiyacı ve talebi geliştirilen 1G sistemleri karşılayamamış bu amaçla daha ileri teknolojiye sahip sistem arayışı başlamıştır. Tasarlanması planlanan yeni teknolojinin yüksek maliyetini hiçbir Avrupa ülkesinin tek başına karşılamayacağı ortaya çıkmıştır. Bu sebeple tüm Avrupa ülkelerinin ortak mobil iletişim ihtiyaçlarına cevap vermesi planlanan sayısal ve hücresel sistem GSM (Global Systems for Mobile Communications) ortaya çıkmıştır.

Küresel mobil iletişim sistemi olan GSM, Global System For Mobile Communications kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. GSM tüm dünyada hücresel telefon standardına öncülük eden bir teknolojidir. 1982 yılında dijital kablosuz iletişim standardı olarak onaylanmıştır ve ilk kez Avrupa daha sonrasında Asya, Afrika gibi diğer ülkeler tarafından benimsenmiştir. İlk sistem 1991 yılında online idi ve GSM ilk zamanlar grup özel mobil (Group Special Mobile) olarak biliniyordu fakat şu anda küresel mobil iletişim sistemi (Global System For Mobile Communications) olarak temsil edilmektedir [10].

GSM dijital teknolojide ve zaman bölmeli çoklu erişim metotlarında kullanılır. GSM de ses ayırt edici insan sesini taklit eden özel bir kodlayıcı vasıtasıyla dijital olarak önceden düzenlenir. Bu iletim metodu çok yetkin bir hız/bilgi içerik oranı sağlar [11].

GSM ilk günlerden bu yana pek çok gelişim evresinden geçmiştir. Bunlar generation (nesil) kelimesinin baş harfi G ile adlandırılır. Şekil 3.1’de dünya genelinde mobil veri trafiği tahmini verilmiştir.

- 0G: İlk nesil sistemlerde, analog veri akışı kullanıldı.
- 2G: İkinci nesil sistemlerde sayısal veri akışı kullanıldı.
- 2.5G: İkinci nesil sistemlerde veri iletişimi (GPRS, EDGE) mümkün olmuştur.
- 3G: Hızlı veri transferi ve bant genişliğinin verimli kullanımı mümkün olmuştur.
- 4G: Mobil internet dönemini başlatmıştır. Yüksek şebeke kapasitesi, en az 100 Mbit/s veri hızı mümkün olmuştur.
- 5G: 5-20 Gbps veri hızlarına çıkması ve IoT gibi hizmetleri desteklemesi beklenmektedir [12].



Şekil 3.1 Mobil Veri Trafiği Tahmini

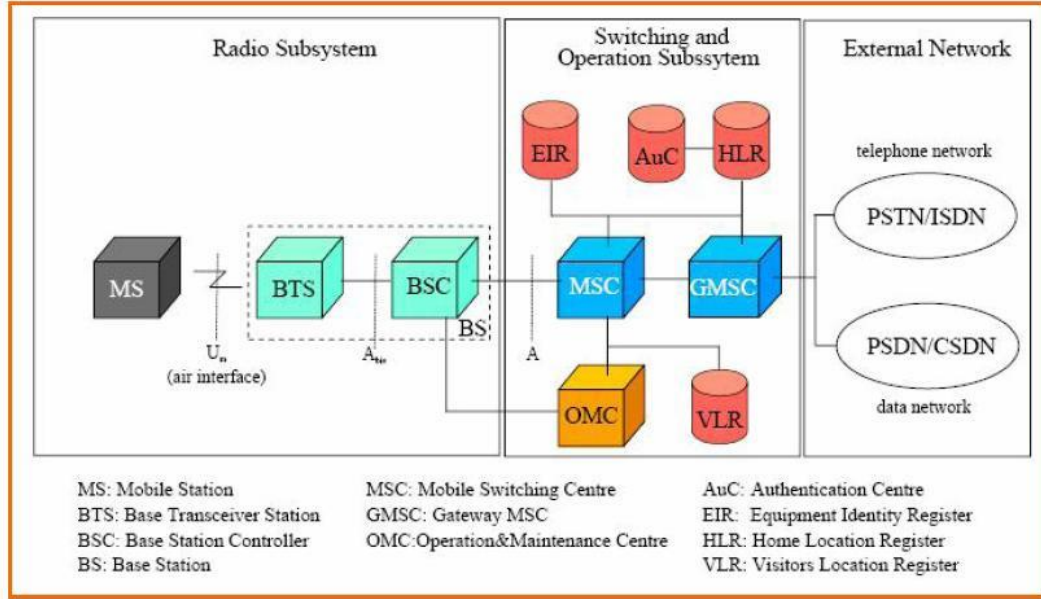
### 3.2. GPRS

GPRS teknolojisi, 2.5G teknolojisi ile birlikte geliştirilmiştir ve bu adım mobil iletişim teknolojileri için çok değerli bir adımdır. Çünkü bu teknoloji ile devre anahtarlama sistemlere ek olarak paket anahtarlama sistemler de kullanılmaya başlanmıştır. Paket anahtarlama sistemde etiketlenmiş birçok veri paketi vardır ve devre anahtarlama sistemlerde olduğu gibi verileri istenen adrese göndermek için veri paketlerine adanmış bir yol bulunmamaktadır. Dolayısı ile paketler herhangi bir yoldan en kısa sürede istenen adrese gönderilebilmektedir. GPRS, kısa mesajlara (SMS, Short Messaging Services) ek olarak çoklu ortam mesajlarının (MMS, Multimedia Messaging Services) alınmasına olanak sağlamaktadır. Böylece ses, resim, video gibi çoklu ortam içeriklerinin alınmasına ve sunumunu mümkün kılmaktadır. GPRS, yüksek hızlı kablolu internet imkânı sağlayan paket anahtarlama bir teknolojidir [13]. Paket anahtarlama sistemler aynı hattı birden fazla kullanıcının kullanabilmesine imkan sağlamaktadır. Ve burada bağlı olunan süre değil alınan veya gönderilen veri önemlidir. Yani kullanıcılar, gönderdikleri ve aldıkları veri kadar ödeme yaparlar. Bu hem mühendislik açısından hem de finansal açıdan ağına verimliliğinin, optimize edildiğinin de başka bir ifadesidir [14].

GPRS sistemleri mevcut GSM sistemleri üzerine geliştirilmiştir. GPRS sisteminde kullanıcı genel veri ağına, standart protokol adreslerini kullanarak bağlanabilirler. Bu protokol adresleri mobil istasyon GPRS ağına bağlı olduğu zaman etkinleşir.

### 3.3. GSM MİMARİSİ

Yönetilebilir bir iletişim sistemi yaratmanın en iyi yolu onu standart arayüzler kullanarak birbirine bağlanan çeşitli alt gruplara ayırmaktır. Bir GSM şebekesi Şekil 3.2’deki gibi üç gruba ayrılabilir; Mobil istasyon (MS), Baz istasyonu alt sistemi (BSS) ve şebeke alt sistemi (NSS) [15].



Şekil 3.2 GSM Mimarisi

#### 3.3.1. Mobil İstasyonu (MS: Mobil Station)

Bir mobil istasyonundan bir “ahize”, bir “mobil”, bir “taşınabilir terminal” veya bir “mobil ekipman” (ME) olarak bahsedilebilir. Ayrıca, normalde çıkarılabilir bir SIM (GSM Abone Tanımlama Modülü: GSM Subscriber Identification Module) de içerir (Şekil 3.3’te gösterildiği gibi). Bu SIM kartı elektronik slayt şeklinde küçük bir mikrodenetleyicisi içeren küçük bir karttır ve SMS’leri ve isimleri kaydetmek için EEPROM hafızasına sahiptir. SIM kartı mobil telefonun içerisinde yerleştirilince ikisi birlikte bir MS oluşturmaktadır. Her SIM kart Uluslararası Mobil Abone Numarası (IMSI: International Mobile Subscriber Identity) denilen benzersiz bir kimlik numarasına sahiptir.



Şekil 3.3 Sim Kart Örneği

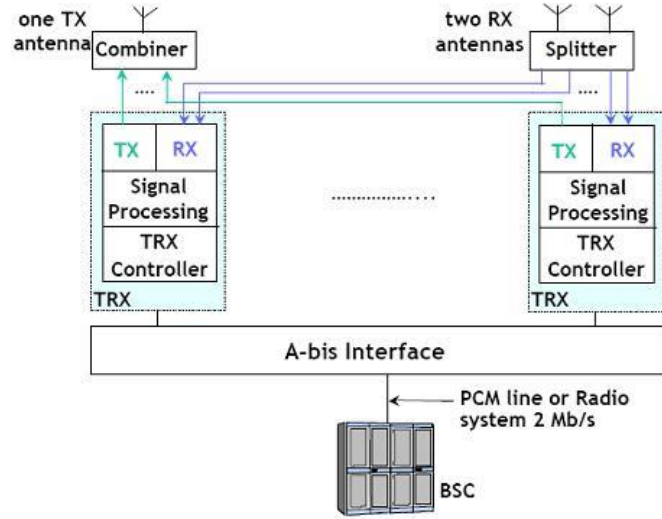
Mobil istasyonu, ses ve veri iletimi ve alımı sağlamanın yanı sıra, farkında olmadığımız zorlu bir dizi görevler de yerine getirir, örneğin kimlik doğrulama, bir hücresel ağ içinde bir hücreden diğer hücreye geçiş (handover), kodlama ve kanal kodlaması gibi. Bazı geliştirilmiş cihazlarda web erişimi ve multimedia uygulamalar için gerekli olan dijital konferans gerçekleştirme imkânı sunma gibi ek görevler de yerine getirebilir [16].

### 3.3.2. Baz İstasyonun Alt Sistemi (BSS)

Baz İstasyon Alt Sistemi (BSS: Base Station Subsystem) Temel Taşıyıcı İstasyon (BTS: Base Transceiver Stations) ve Baz İstasyonu Kontrolörü (BSC: Base Station Controller)’den oluşur [16].

#### 3.3.2.1. Temel Taşıyıcı İstasyonu (BTS)

Mobilleri bir hücresel ağa bağlanmak için GSM BTS denilen bir dizi radyo alıcıları ve vericileri kullanılır (Şekil 3.4). BTS’lerin görevleri arasında kanal kodlama/kod çözme ve şifreleme/şifre çözme de yer alır. Bir BTS radyo vericileri ve alıcılardan, antenlerden, Atım Modu Modülasyonu (PCM: Pulse Code Modulation) arayüzünden, vb. elemanlardan oluşur. Ayrıca, BTS gerekli çağrı işleme kapasitesini sağlamak için bir veya daha fazla alıcı verici de içerebilir.



Şekil 3.4 BTS Mimarisi [32]

### 3.3.2.2. Baz İstasyonu Kontrolörü (BSC)

Bir grup BTS, onların radyo kaynaklarını yöneten belirli bir BSC'ye bağlıdır. Günümüzdeki yeni ve akıllı BTS'ler daha önce BSC'ler yerine getirilen birçok görevi ele almış durumdadır.

BSC'nin birincil işlevi arama kontrolüdür. Normalde mobil istasyonları her 480 ms'de bir "sinyal gücü alındı" diye BSC'ye bir rapor gönderirler. Bu bilgileri kullanarak BSC bir hücreden diğer hücreye geçiş (handover) işleminin başlaması, BTS verici gücünün değişmesi gibi kararlar verir [16]. Performans açısından BSC, ağda kritik bir unsur haline geldi, çünkü gerçek zamanlı radyo kaynağı yönetimi için tüm sinyal trafiğini ve protokol yönetimini yönetiyor (radyo bağlantıları, aktarıcılar vb. Bir BSC'nin tipik trafik karakteristikleri Çizelge 3.1'de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Baz İstasyonu Kontrolörünün (BSC) Trafik Özellikleri [17].

MSC ve BSC arasındaki trafik	
Mesaj Hızı (1 / s)	710
Aktarılan Veri Hacmi (bit / s)	$2,2 \cdot 10^6$
BSC ve BTS arasındaki trafik	
Mesaj Hızı (1 / s)	2600
Aktarılan Veri Hacmi (bit / s)	$7 \cdot 10^5$
BSC kümesine dahili trafik	
Mesaj Hızı (1 / s)	2200
Aktarılan Veri Hacmi (bit / s)	$1,9 \cdot 10^6$

### 3.3.3. Şebeke Alt Sistemi

Şebeke alt sistemi aşağıdaki beş birimden oluşur.

#### 3.3.3.1. Mobil Anahtarlama Merkezi (MSC)

Mobil anahtarlama merkezi (MSC: Mobile Switching Center) bir Genel Aktarmalı Telefon Şebekesinin (PSTN: Public Switched Telephone Network) telefon kabinesi gibi işlev görür ve ayrıca bir mobil abonesini idare edebilmek için gereken tüm işlevselliği sağlar. Ayrıca, mobil telefon ve sabit telefon şebekelerin aralarında gerçekleştirilen aramaları kontrol eder ve Tümleşik Hizmetler Sayısal Şebekesi (ISDN: Integrated Services Digital Network) gibi diğer şebekelere erişim imkânı sağlar.

Bu kısım (MSC) şebekede çeşitli temel görevlerin yerine getirilmesinden sorumludur, örneğin kaydetme, kimlik doğrulama, yer güncellenme, handover ve dolaşan bir aboneye çağrı yönlendirir.

Şebeke Alt Sistemi ve ISDN ve PSTN gibi diğer şebekeler, kaydediciler (register) arasında verilerin alışverişinde Sinyalizasyon Sistemi 7 (SS7: Signaling System 7)

kullanılmaktadır. Ayrıca, MSC diğer şebekeler ile iletişime geçmek için Bağlantı Geçiş Merkezi (GMSC: Gateway MSC) denilen bir ağ geçidi fonksiyonuna sahiptir.

### **3.3.3.2. Dahili Yedek Kaydedicisi (HLR)**

HLR (Home Location Register) mobil abonelerin yönetimi için kullanılan bir veritabanıdır. Bu veritabanında Uluslararası Mobil Abone Numarası (IMSI), Mobil Kullanıcının ISDN Numarası (MSISDN: Mobile Subscriber ISDN Number), ve Ziyaretçi Yer Kaydedicisi (VLR: Visitor Location Register) konum bilgileri saklanmaktadır. Orda her HLR'nin tarafından yönetilen mobil abonelere çağrı yönlendirebilmek için gereken her bir mobil istasyonun konumuyla ilgili bilgiler depolanmaktadır.

Ayrıca, HLR her MS ile ilişkili servisleri de sağlar. Bir HLR birkaç MSC'ye hizmet verebilir.

### **3.3.3.3. Ziyaretçi Yer Kaydedicisi (VLR)**

VLR: Visitor Location Register. Bu kaydedici MS'nin mevcut konumu ve HLR yönetimi ile ilgili seçilmiş bilgileri saklamaktadır. Bu bilgiler bütün aramaların kontrolü ve o anda MSC yönetiminin altında olan bir bölgede bulunan abone hizmetlerinin sağlanması için gereklidir. Mobil abonenin bir bölgeden bir diğer bölgeye (yani bir MSC bölgesinden bir diğer MSC bölgesine) geçtiğinde VLR ve HLR arasında veri alışverişi yapılmaktadır. Bir VLR sadece bir MSC'ye bağlanır ve normalde MSC donanımında entegre edilir.

### **3.3.3.4. Tanımlama Merkezi (AuC)**

AuC (Authentication Center) her abonenin SIM kartında saklanan gizli anahtarın bir kopyasını tutar. Bu anahtar radyo kanalı üzerinden kimlik doğrulama ve şifreleme için kullanılır. AuC dolandırıcılığa karşı ek güvenlik sağlar. Normalde bir GSM şebekesinin içinde her HLR'ye yakın bir yerde bulunmaktadır.



### 3.3.3.5. Cihaz Kimlik Kütüğü (EIR)

EIR (Equipment Identity Register) şebeke içindeki tüm geçerli mobil istasyonu donanımları bir listesini içeren bir veritabanıdır. Her mobil istasyon onun IMEI numarasıyla tanımlanır. EIR üç veritabanı içerir:

- Beyaz liste: Tüm yasal olarak tanınan telefonların IMEI'leri içindir.
- Kara liste: Yasadışı ya da çalıntı telefonların IMEI'leri içindir.
- Gri liste: Belirsiz telefonların IMEI'leri içindir.

### 3.3.4. İşletme ve Bakım Merkezi (OMC)

OMC (Operation and Maintenance Center), GSM fonksiyonel blokları denetleyen bir yönetim sistemidir. OMC, GSM şebekesinin yeterli çalışma korunmasında şebeke operatörüne yardımcı olur. Yanı sıra akıllı mekanizmalar kullanarak şebeke kesintilerini ve oluşan hataları tespit etmeye ve önlemeye yardımcı olur. Bu da şebekenin performansının artımına yol açmaktadır. OMC, MSC, BSC ve BTS'nin kontrolünden ve korumasından sorumludur. Bütün Yerel Mobil Telefon Şebekesi'nden (PLMN: Public Land Mobile Network) veya şebekenin büyüklüğüne göre sadece onun bir parçasından sorumlu olabilir [16].

### 3.3.5. Şebeke Kontrol Merkezi (NMC: Network Management Center)

NMC: Network Management Center. Merkezi kontrol bu birim tarafından yapılır. Tüm şebekedeki OMC'leri kontrol eden bu birimden sadece bir tane bulunmaktadır [16].

### 3.3.6. Hava Arayüzü

Birçok fonksiyonların arasında radyo spektrumun uluslararası tahsisi yöneten Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU: International Telecommunication Union), aşağıdaki bantları tahsis etmiştir.

- **GSM900**

1991 yılında GSM şebekesi ortaya çıktığında 900MHz frekansına sahipmiş. Bu tip şebekelerde dünyada birçok ülkede kullanılmakta. Onun kopyası ya da genişletilmiş versiyonu sayılan E-GSM sistemdir. GSM 900 sistemin özellikleri aşağıdaki gibidir [16].

- Uplink (konuşma bandı): 890–915 MHz (mobil istasyonundan baz istasyonuna)
- Downlink (işitme): 935–960 MHz (baz istasyonundan mobil istasyonuna).

- **GSM1800 (daha önce: DCS–1800):**

Katılımcı sayısının artırılması ve onlara sunulan hizmetleri geliştirmek amacıyla, Avrupa’da 1991 yılında 1800 şebekelerinde GSM sürümü yayınlanmıştır. Bu sisteme DCS (Dijital Hücresel Sistem 1800 MHz) adı verilmişti. Sistem 1800 MHz frekansında çalışır ve aşağıdaki özelliklere göre karakterize edilir:

- Uplink (konuşma bandı): 1710–1785 MHz
- Downlink (işitme): 1805–1880 MHz

- **GSM1900 (daha önce: PCS–1900):**

Bu sürüm Kuzey Amerika’da kullanılan Communication Service 1900 sürümünün kopyasıdır. Sürüm 1900 MHz frekansında çalışır ve aşağıdaki özelliklere göre sahiptir:

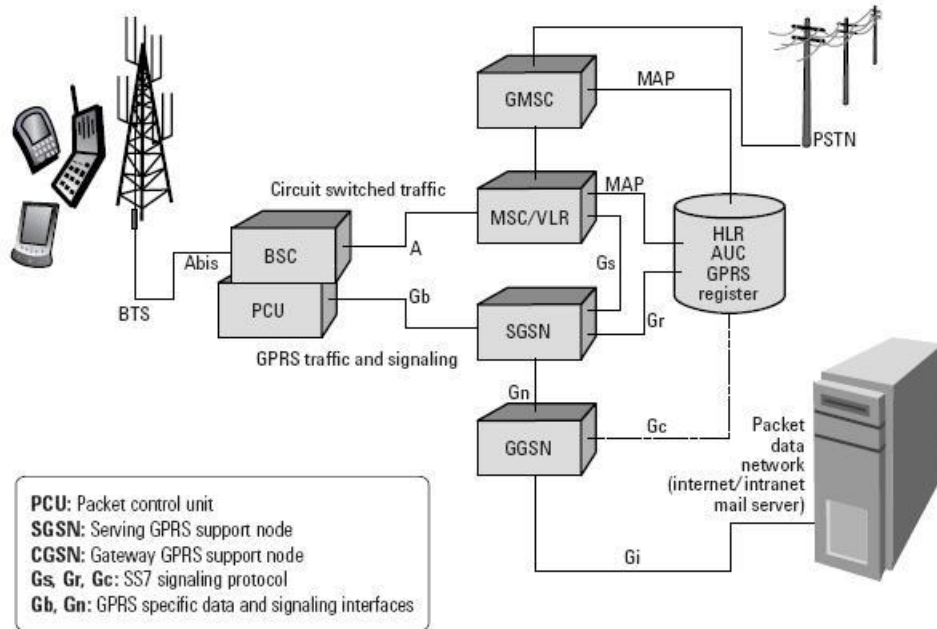
- Uplink (konuşma bandı): 1850–1910 MHz
- Downlink (işitme): 1930–1990 MHz.

### 3.4 GPRS Mimarisi

GPRS şebeke mimarisi var olan GSM şebeke altyapısı üzerine inşa edilmiştir. Yine de birkaç yeni şebeke elemanına ihtiyaç vardır. Bunlar [18] ;

- PCU (Paket Kontrol Birimi).
- SGSN (GPRS Destek Düzümü Sunucusu).
- GGSN (Geçit GPRS Destek Düzümü).

Şekil 3.5’da bahsedilen birimleri gösterilmektedir [19].



Şekil 3.5 GPRS Mimarisi

#### 3.4.1. Paket Kontrol Birimi (PCU)

Paket Kontrol Biriminin (PCU), BSC’de yerleştirilen yeni bir yazılım ve donanım paketidir. PCU’nun fonksiyonları veri paketleri hava arayüzü üzerinden transfer edilebilir formata dönüştürme, BSS’deki GPRS veri paketleri radyo kaynaklarının yönetme ve Hizmetin Kalitesinin (QoS: Quality of Service) ölçümünü uygulamasını içermektedir.

PCU aşağıdakileri sağlar [18];

- GPRS servisin ve GSM şebekesinin veri trafiğinin çoklaması.
- GPRS radyo kaynakların işlemesi: GPRS bağlantıları için kanal tahsisi ve GSM şebekesi ile bilgi alışverişi.
- MS'lere veri paketlerin dağıtımı.
- SGSN'ye gelen bağlantıların işlemesi.

### 3.4.2. GPRS Destek Düzümü Sunucusu (SGSN)

SGSN bir “Paket Anahtarlama MSC” olarak görülebilir. Kendi hizmet alanı içerisinde paketleri MS'lere yollamaktadır ve GPRS abonelerinin profil verileri elde etmek için HLR'lere sorgular gönderir. SGSN, belirli bir hizmet alanı içerisinde yeni GPRS MS'leri tespit eder. Onun kapsama alanında yeni bir mobil kullanıcısı girdiğinde bu kullanıcının işlem kaydını yapar ve bu kullanıcıya ait konum bilgileri günceller. Bu nedenle, SGSN mobil abonelerin bağlanma/ayırma (attach/detach) ve konum yönetimi gibi mobil yönetim fonksiyonlarını yerine getirir [20].

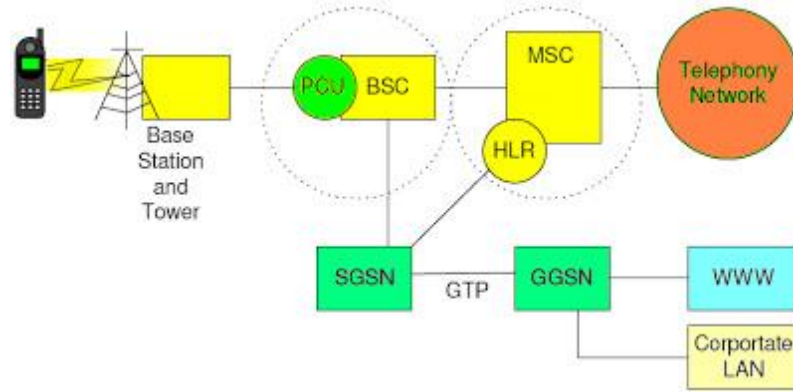
SGSN bazı önemli görevlerle ilgilenir. Bunlar:

- Yönlendirme.
- Handover.
- IP adresi belirleme.

SGSN'in GPRS cihazıyla mantıksal bir bağlantısı vardır. Örnek olarak, eğer uzun bir araba yolculuğuna çıkarsanız ve GPRS cihazı üzerinde internet taraması yaparsanız, pek çok farklı hücrelerden geçersiniz. Siz yolculuk sırasında hücreden hücreye geçiş yaparken SGSN görevlerinden biri bağlantınızın kesilmemesini sağlamaktır. SGSN bağlantınızın hangi BSC'ye yönlendirileceğini hesaplamaktadır.

Eğer kullanıcı farklı bir SGSN'nin yönettiği bir şebeke kesimine geçerse, yeni SGSN'ye geçiş uygulanır. Bu işlem son derece hızlı ve genellikle kullanıcının farkında olmadan gerçekleşir. Bu işlem sırasında kaybolan tüm paketler yeniden iletilir.

Şekil 3.6’da SGSN, mobil verileri IP’lere dönüştürür ve Geçit Tünel Protokol (GTP: Gateway Tunneling Protocol)’ün aracılığıyla GGSN’e bağlanması gösterilmektedir [21].



Şekil 3.6 SGSN, GGSN ve GTP protokolü

### 3.4.3. Geçit GPRS Destek Düzümü (GGSN)

GGSN, Internet Servis Sağlayıcısı (ISP: Internet Service Provider) veya LAN gibi diğer şebekelerin arasında bir bağlantı oluşmadan önce, GPRS şebekesinde son bağlantı noktasıdır. GGSN, temelde bir yapıda kombine edilmiş bir ağ geçidi, bir yönlendirici ve bir güvenlik duvarıdır. GGSN, şekil 3.6’da gösterilmektedir.

GGSN’ler kamu internet şebekesi, GPRS mobil servis hizmetleri sağlayıcıları veya kurumsal intranetleri gibi dış IP ağlarının arayüzü olarak kullanılmaktadır. GGSN, dış şebekelere (IP şebekelere) veri paketleri yönlendirmek için birden fazla SGSN’lere bağlanmaktadır. Diğer fonksiyonlar şebeke ve abone taramasını ve adres planlamasını içermektedir.

Ayrıca, bu birimler GSM şebekesinin verilerine ek olarak GPRS servisinin önemli verilerini depolamak için HLR’deki bilgileri de günceler. Bu bilgiler şunlardır [20]:

- SGSN düğünün güncel adresi
- Hizmet etkinleştirildiğinde birbirleri ile iletişim kuracak ve mobil istasyonun bağlantısını etkinleştirecek GGSN’lerin adresleri.

- GPRS şebekesinin Erişim Noktasının Adı (APN: Access Point Name). Bu ad mobil istasyonun veya mobil telefonun ayarlarından belirlenebilir.

### **3.5. GPRS SINIFLARI**

GPRS servisi kullanan cihazlar sanıldığı aksine birbirine benzememektedir. Üç GPRS sınıfı sağlanmaktadır: A sınıfı, B sınıfı ve C sınıfı [20].

#### **3.5.1. A Sınıfı Cihazlar**

Bu sınıftaki cihazlar eşzamanlı olarak arama yapabilir veya alabilirler. Bu sınıf GPRS ve diğer GSM servisleri (ses ve SMS hizmetleri gibi) tamamıyla kullanır çünkü telefon görüşme ve veri alışverişi eş zamanlı olarak yapılabilir.

#### **3.5.2. B Sınıfı Cihazlar**

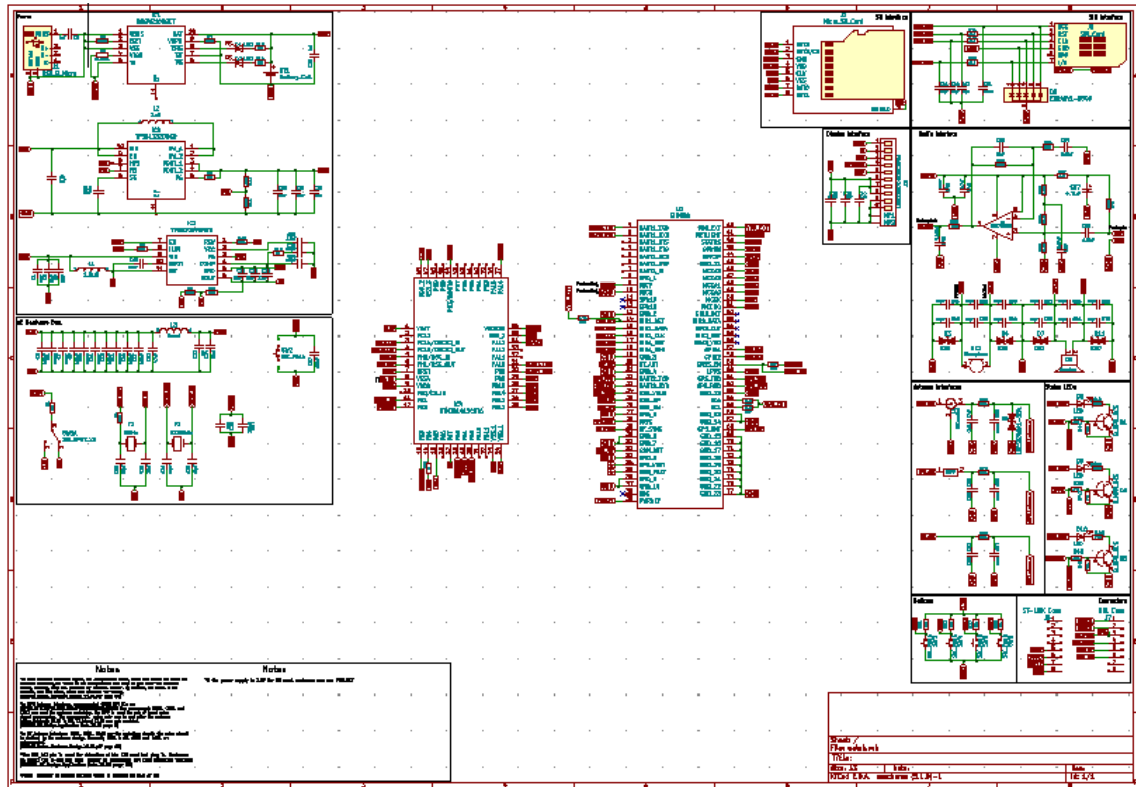
B sınıftaki cihazları ses transferinin yanı sıra veri alışverişi yapabilir fakat bunu eşzamanlı yapmaz. Örneğin, GPRS servisi kullanırken bir kullanıcıya bir çağrı gelirse görüşmeyi kabul eder veya görüşmeyi reddedip veri transfer işlemine devam eder.

#### **3.5.3. C Sınıfı Cihazlar**

C sınıftaki cihazlar sadece GPRS servisini desteklemektedir. Bu da sadece veri alışverişi yapabilecekleri anlamına geliyor. Bu cihazların bazı örnekleri, dizüstü bilgisayarlarında kullanılan özel bilgisayar kartı (GPRS PCMCIA) ve USB girişi veya RS232 girişi üzerinde bağlanan cihazlardır.

#### 4. DEVRE TASARIMI

Bu bölümde GPS’li kol saati çalışması için tasarlanan devrenin detaylı bir analizi yapılacaktır. Tasarlanan devre GPS-GSM/GPRS haberleşme sistemlerini kullanan memory screen ekranlı şarjlı bir kol saati devresidir. Proje gerekliliklerini sağlayacak güç, mikrodenetleyici, ekran, GPS-GSM/GPRS modülü ilişkin devreler birbirleriyle uyumlu çalışacak biçimde tek bir devre halinde tasarlanmıştır. Tasarım aşaması başta kullanılan elektronik bileşenlerin “datasheetleri” olmak üzere kullanıcı ve referans kılavuzları incelenerek yürütülmüştür. Aşağıda verilen şekil tasarlanan devrenin KiCAD devre tasarımı programında tamamlanmış şema dosyasına aittir.



Şekil 4.1 Tasarlanan Devre Şeması

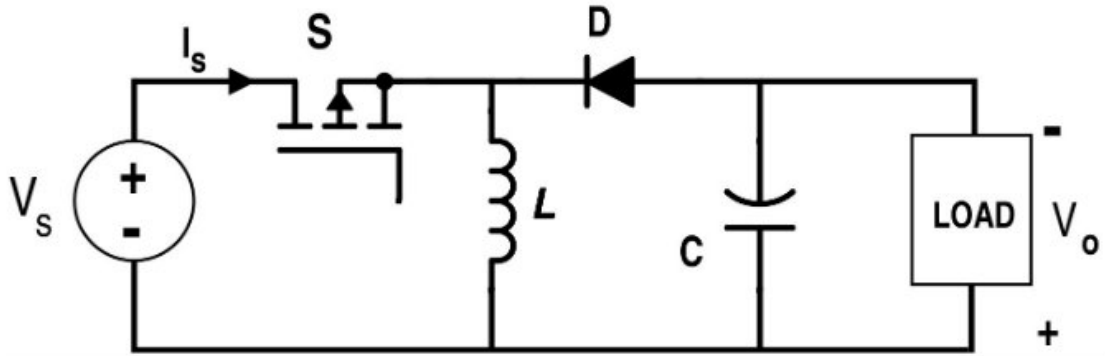
##### 4.1. Güç Devresi

GPS’li kol saati için tasarlanan güç devresi temel olarak üç farklı entegre güç elemanın tasarım gerekliliklerine uygun bağlantılarından oluşmaktadır. Kullanılan entegre güç elemanları; Li-Po pil şarjı için BQ24210DQCT, düşük akım boost dönüştürücü için TPS61232DRCR ve yüksek akım boost dönüştürücü için TPS61089RNRR’dir

#### 4.1.1. Buck-Boost Dönüştürücüler

DC-DC dönüştürücüler elektronik devre tasarımlarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayarlanabilir gerilimli güç kaynağı, devre içerisinde gerekli olan herhangi bir DC gerilim seviyesinin elde edilmesi ya da empedansları uyumsuzluğu olan ardışık 2 katın birbirine empedans uyumlaştırılması uygulamalarında kullanılabilirler. Piyasada 1W seviyesinden birkaç yüz watt seviyesine kadar olan kHz seviyesinde frekanslarda anahtarlama yapan DC-DC dönüştürücüler bulunmaktadır.

Alçaltıcı-Yükseltici dönüştürücüler DC-DC dönüştürücüler arasında iki yönlü olarak kullanılabilir. Çalışma prensibi anahtarlama güç kaynaklarına dayanır. Devre üzerinde bir adet tam kontrollü anahtarlama elemanı bulunur ve bu elemanın görev döngüsü (duty cycle) değerine göre devrenin çıkışındaki gerilimin değeri kontrol edilir. Buck/boost çeviricilerin temel yapısı aşağıdaki şekilde verilmiştir.



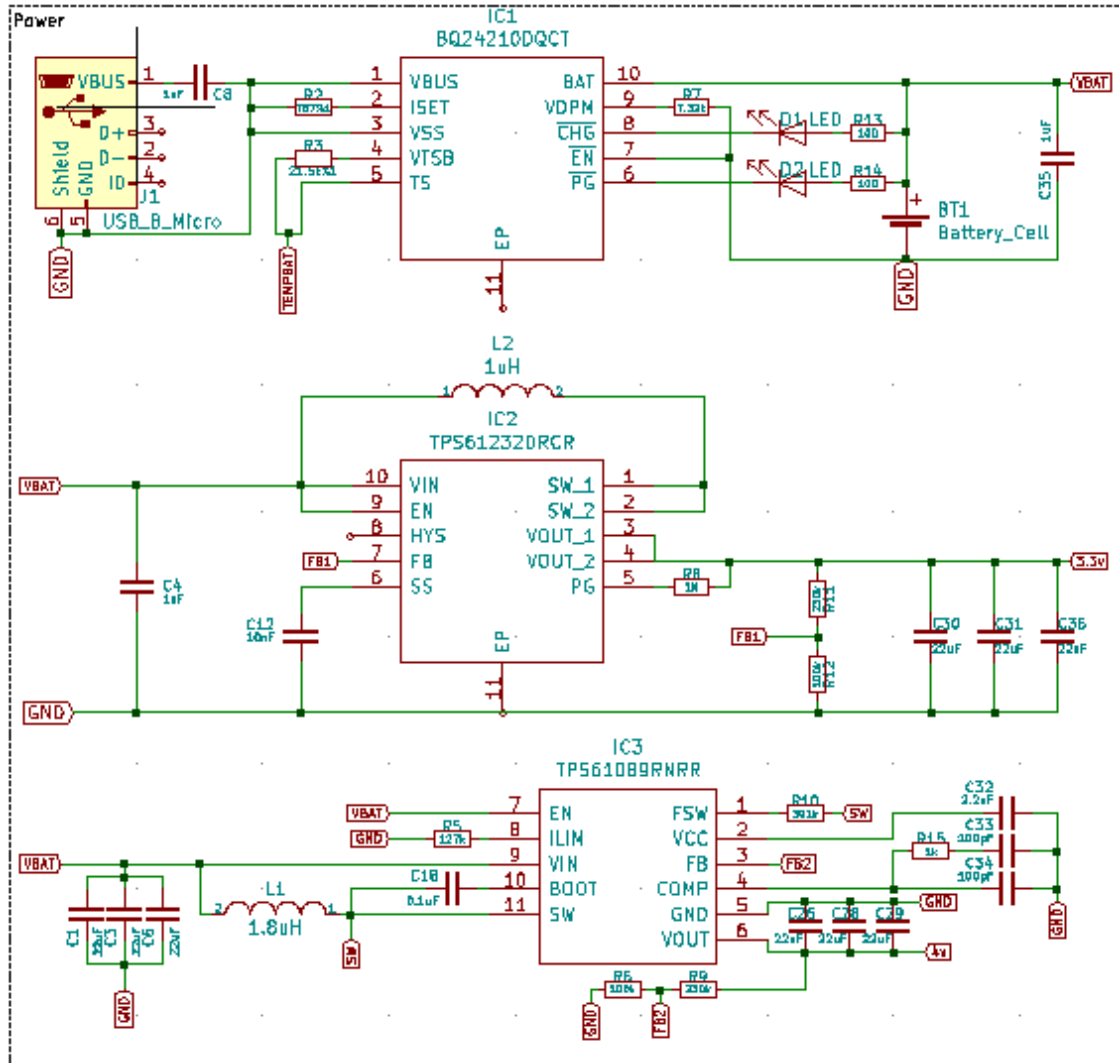
Şekil 4.2 Buck-Boost Çeviricilerin Temel Yapısı

Devre girişte bir adet gerilim kaynağı, bir anahtarlama elemanı, bobin, diyot, kondansatör ve buna paralel bir yükten oluşmaktadır. Buck/boost dönüştürücüler ters çeviren bir DC-DC dönüştürücüdür yani giriş geriliminin alternansını ters polariteye çevirir. Devredeki anahtarlama elemanı basit bir sürücü devresi yardımı ile anahtarlanabilir özelliktedir. Devrenin kontrol diyagramı alçaltıcı çevirici ve yükseltici çevirici ile aynıdır. Çıkıştan elde edilen gerilim değeri ile elde edilmek istenen gerilim değeri arasındaki fark bir fark kuvvetlendirici ile bulunarak bu fark üçgen ya da testere dişi dalga ile karşılaştırılır ve üçgen işaretin fark işaretine göre büyük ya da küçük olmasının durumunda anahtarlama elemanın iletim/kesim durumu kontrol edilir.



#### 4.1.2. Güç Devresi Tasarımı

Çalışmamızda kullanılan buck-boost dönüştürücüler devre içerisinde gerekli DC gerilim seviyelerinin elde edilmesi ve kullanılan Li-Po pilin sağlayabildiği gerilimin gerekli gerilim seviyesinin altına düşmesinin engellenmesi için kullanılmıştır. Aşağıdaki devre şemasında tasarlanan güç devresi görülmektedir.



Şekil 4.3 Tasarlanan Güç Devresi

Li-Po pil için sağlıklı şarj eğrisini elde etmek için kullanılan BQ24210DQCT entegre güç elemanının dokümanları incelenerek çıkış akımı dokümanlarda verilen formüller ile pil için gerekli şarj akımı değerine uygun hesaplanmış ve hesaplanan direnç değerlerinin entegrenin gerekli bacakları ile bağlantıları sağlanmıştır. BQ24210DQCT'in

şarj akımını sınırlandırmasının yanında pilin sıcaklığının artması ile şarj durumunun sonlandırılması da gerekli bağlantıların yapılması ile sağlanmıştır. Şarj durum göstergesi pinlerinin göstergesi ledleri ile bağlantısı yapılarak kullanıcıların şarj durumunun devam ettiğini ya da bittiğinin farketmesini kolaylaştırmak da hedeflenmiştir.

Standart USB adaptörü ile şarj edilecek olan tasarımın giriş gerilimi olan 5 volt değerindeki gerilim gerekli hesaplamalar yapılarak 3.7 V gerilim değerine düşürülmüştür.

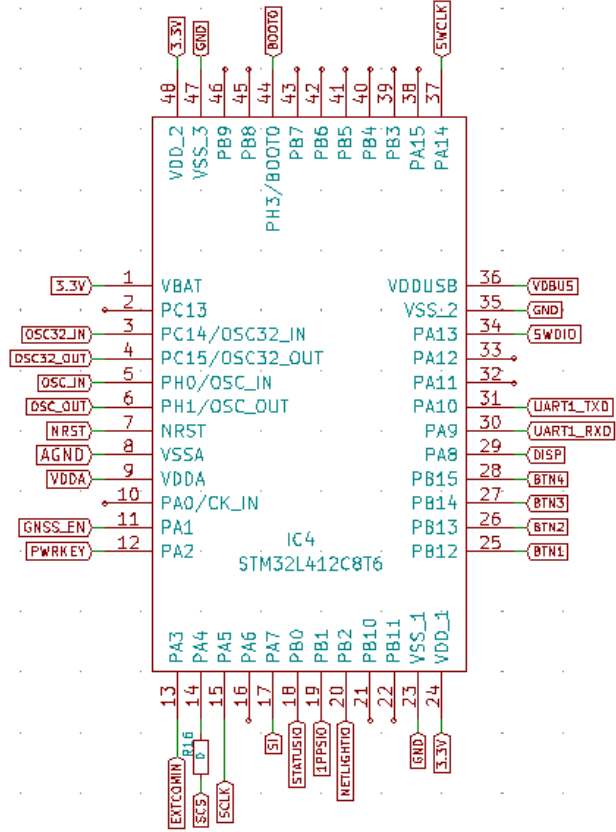
TPS61232DRCR entegre biçimli bir buck-boost dönüştürücüdür. Giriş ve çıkış gerilim aralıkları 2.3 V / 5.5 V ve 2.1 A en yüksek çıkış akım değerine sahiptir. TPS61232DRCR çalışmamızda Azaltıcı-Dönüştürücü olarak kullanılmıştır. Çıkış gerilimi 3.7 volt olan pil ile TPS61232DRCR entegresi üzerinden beslenecek olan mikrodnetleyici, ekran gibi bileşenler için uygun 3.3 volt gerilim seviyesine TPS61232DRCR bağlantıları ve direnç değeri hesaplamaları TPS61232DRCR dökümanı incelenerek düşürülmüştür.

TPS61089RNRR TPS61232DRCR ile benzer olarak entegre biçimli bir buck-boost dönüştürücüdür. Giriş ve çıkış gerilim aralıkları 2.7 V / 12 V ve 7 A en yüksek çıkış akım değerine sahiptir. TPS61089RNRR TPS61232DRCR'den farklı olarak Yükseltici-Dönüştürücü olarak kullanılmıştır. Tasarımda kullanılan ve ileri bölümlerde anlatılacak olan GPS-GSM/GPRS modülünün çektiği akımın telefon konuşmaları sırasında yüksek ani akım değerlerine ulaşması sebebiyle SIM868 GPS-GSM/GPRS modülünün beslenmesi için kullanılmıştır. Yine pil üzerinden beslenecek olan GPS-GSM/GPRS modülünün çalışma gerilimi 4 volt olduğundan TPS61089RNRR dökümanı incelenerek TPS61089RNRR girişindeki 3.7 V gerilim seviyesinin 4 V gerilim seviyesine yükseltilmesi sağlanmıştır.

#### **4.2. Mikrodnetleyici Donanımsal Dizaynı**

Bu bölümde açılacak olan devre şeması çalışmada kullanılan STM32L412C8T6 mikrodnetleyicisinin devredeki diğer elemanları ile iletişiminden bağımsız olmak üzere mikrodnetleyicinin programlanması için gerekli bağlantıların, önyükleme tipi seçim ve sıfırlama anahtarlarının, kristal osilatörlerin ve kullanılan bypass kondansatörlerine aittir. Aşağıda verilen şekilde STM32L412C8T6 mikrodnetleyicisinin devre şemasındaki örnek bir görüntüsü verilmiştir. Bu şekilde

bulunan pin başlıkları diğer devre şemalarındaki pin başlıkları ile eşleşmekte olup referans olarak kullanılabilir.



Şekil 4.4 Tasarımda Mikrodenetleyici

STM32L412C8T6 ST Microelectronics firmasının çok düşük güç tüketimli mikrodenetleyicileri arasında yer alan proje gerekliliklerine uygun özelliklere sahip bir mikrodenetleyicisidir. 48 pine sahip LQFP ve UFQFPN paketlerinde üretilen 32 bitlik STM32L412C8T6 mikrodenetleyicisinin çalışmada tercih edilmesinin temel sebebi çok düşük güç tüketimli mikrodenetleyiciler sınıfında yer alıyor olmasıdır.



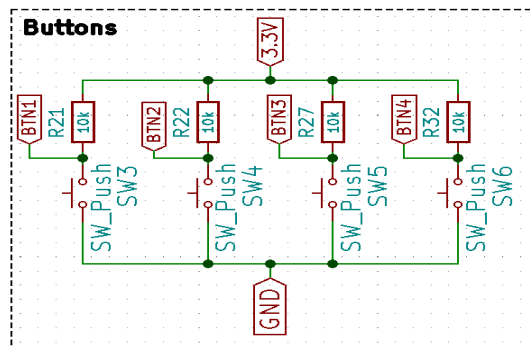
OSC\_IN, OSC\_OUT pinleri arasında tasarlanan osilatör devresi 8 MHz frekansında olup mikrodenetleyicinin görev çevrim süresini belirleyen kristal osilatördür. STM32L412C8T6 mikrodenetleyicisi için kullanılacak kristal osilatör frekansı 80 MHz'e kadar arttırılabilir. Artan frekans mikrodenetleyicinin güç harcamasını arttıracak ve 8 MHz frekans proje gereklilikleri için yeterli olduğundan kristal osilatör frekansı 8 MHz olarak belirlenmiştir.

OSC\_32IN, OSC32\_OUT pinleri arasındaki osilatör devresi STM32L412C8T6 işlemcisinin gerçek zamanlı saat bilgisini takip edebilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Kullanılan kristal osilatör 32.768 kHz frekansındadır. Gerçek zamanlı uygulamalarda yaygın kullanılan 32.768 ( $2^{15}$ ) kHz frekansında kristal osilatör ile bir saniyelik periyotlar 1 kHz frekansında ve 15 aşamalı ikili sistemde takip edilebilir.

ST-Link Konnektörü altında bulunan konnektör ile mikrodenetleyicinin I2C protokolü ile programlanmasını sağlayacak pinler devre üzerindeki konnektör ile bağlantısı yapılmıştır. STM32 mikrodenetleyicilerinin yazılımsal önyüklemeleri NRST, SWDIO, SWCLK, GND pinleri uygun bağlantılar yapılarak STM32 ayıklayıcıları üzerinden yapılmaktadır.

#### 4.3. Kontrol Butonları

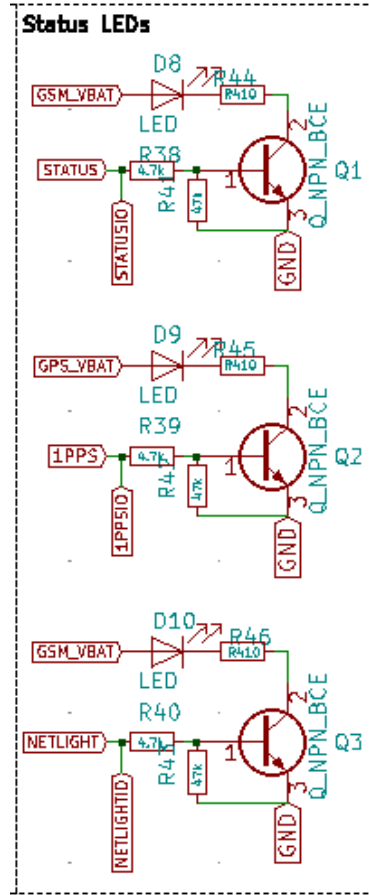
Bu bölümde açıklanacak olan devre dört butondan oluşmaktadır. Bu butonların kullanıcıların ekran üzerindeki arayüzde seçimler yapmasını sağlamak amacıyla mikrodenetleyicinin uygun genel amaçlı giriş-çıkış pinleri ile bağlantısı sağlanmıştır. Gerekli yazılımsal geliştirmeler ile butonların farklı işlevler gerçekleştirmesi sağlanabilir. Aşağıda verilen devre şeması tasarım içerisinde bulunan kontrol butonları devresine aittir.



Şekil 4.6 Kontrol Butonları

#### 4.4. Durum Ledleri

SIM868 GPS-GSM/GPRS modülünün mikrodenetleyici ile haberleşmesinin sağlıklı olup olmadığını, GPS ve GSM modüllerinin açık ya da kapalı oluşu ve sinyal durumu bilgilerini sağlayan STATUS, NETLIGHT, 1PPS pinlerinin mikrodenetleyici ile birlikte durum ledleri ile yapılan bağlantısı çalışmanın test aşamasından daha sağlıklı sonuçlar elde etmesi amacıyla tasarıma eklenmiştir. Aşağıda verilen devre şeması durum ledlerinin bağlantılarına aittir.



Şekil 4.7 Durum Ledleri

#### 4.5. Ekran Entegrasyonu

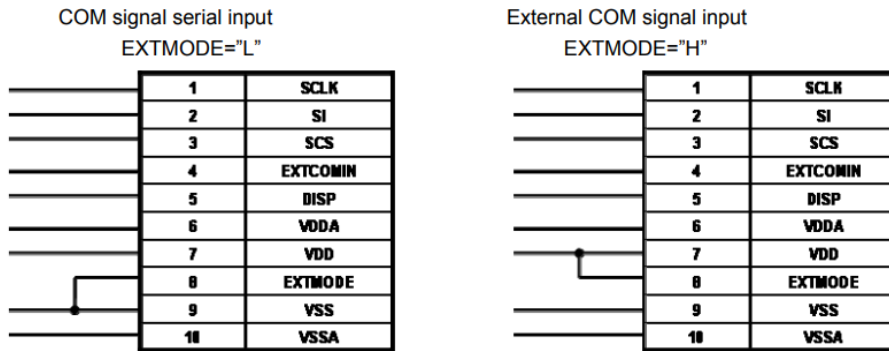
Çalışmada kullanılan ekran Sharp firması tarafından üretilmiş LS013B7DH03 model numaralı ekrandır. LS013B7DH03 ekranı “memory screen” tip bir ekran olup güç tüketimi 1 Hz frekansı ile kullanımda 150  $\mu$ W’dır. Boyutları 1.28 inç, 128 x 128 pixel

olan ekran monokrom bir HR-TFT ekrandır. Aşağıdaki şekilde ekranın bağlantısı için kullanılan pinlerin isimleri, çalışma gerilimleri ve açıklamaları bulunmaktadır

No.	Code	I/O	Voltage	Signal name
1	SCLK	I	0/3.0 (V)	Serial clock signal
2	SI	I	0/3.0 (V)	Serial input signal
3	SCS	I	0/3.0 (V)	Chip select signal
4	EXTCOMIN	I	0/3.0 (V)	COM inversion polarity input pin
5	DISP	I	0/3.0 (V)	Display ON/OFF switching signal
6	VDDA	I	3.0(V)	Power source for Analog
7	VDD	I	3.0(V)	Power source for Logic
8	EXTMODE	I	0/3.0 (V)	COM inversion mode switch terminal
9	VSS	I	0(V)	Logic ground
10	VSSA	I	0(V)	Analogue ground

Şekil 4.8 LS013B7DH03 Pin İsimleri ve Çalışma Gerilimleri

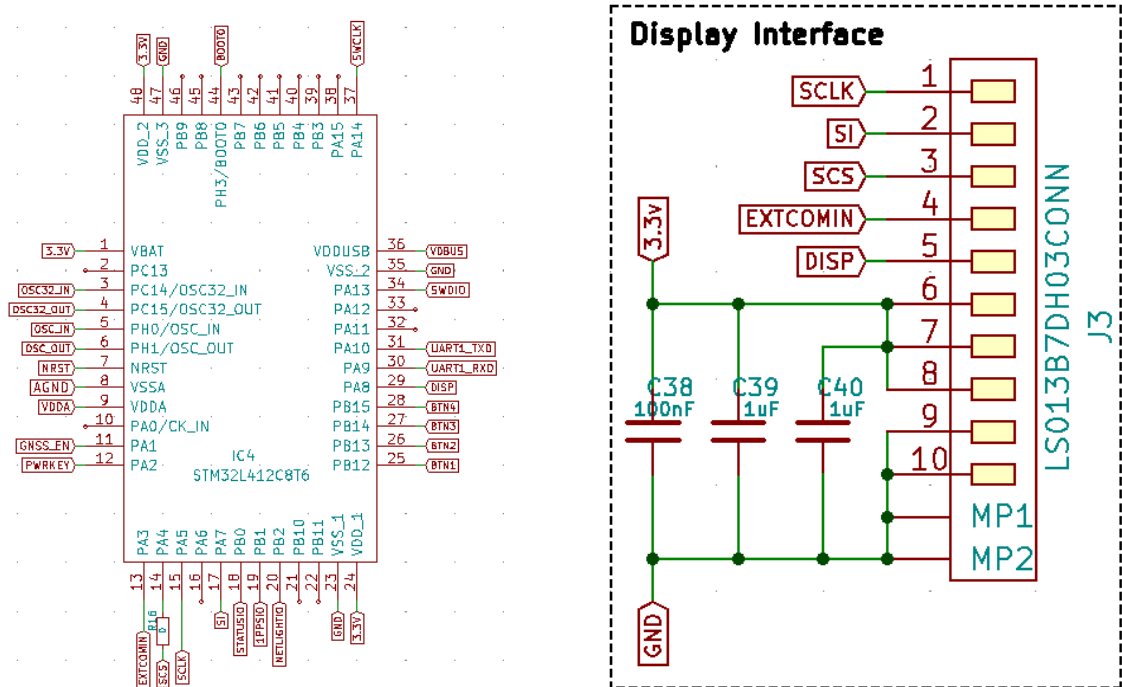
Çalışmada kullanılan ekranın tek renkli olması dezavantajı göz önüne alınarak tercih edilmesinin en önemli sebebi günümüz ekran teknolojileri arasında en düşük güç tüketimli ekranların “memory screen” ekranlar olmasıdır. SPI haberleşme protokolü kullanan ekranın kontrolü tasarımda kullanılan STM32L4C8T6 mikrodenetleyicisi ile sağlanmıştır. Gerekli bağlantılar ekran ve mikrodenetleyicinin SPI haberleşmesi ile kullanımına ait dokümanları incelenerek yapılmıştır. Aşağıda verilen şekilde LS013B7DH03 ekranın dokümanında verilen tavsiye edilen devre şemaları görülmektedir.



Şekil 4.9 LS013B7DH03 Ekranın Tavsiye Edilen Bağlantıları

Ekranın SPI haberleşme protokolü kullanılarak mikrodenetleyici ile kontrolü, mikrodenetleyici seçiminde değerlendirilen bir diğer faktörün mikrodenetleyicinin en az bir SPI arayüzüne sahip olmasına neden olmuştur. Tasarımda kullanılan STM32F4C8T6 mikrodenetleyicisi iki SPI arayüzüne sahiptir. Bu mikrodenetleyici kullanılarak aynı anda iki farklı SPI haberleşmesi yapılabilir.

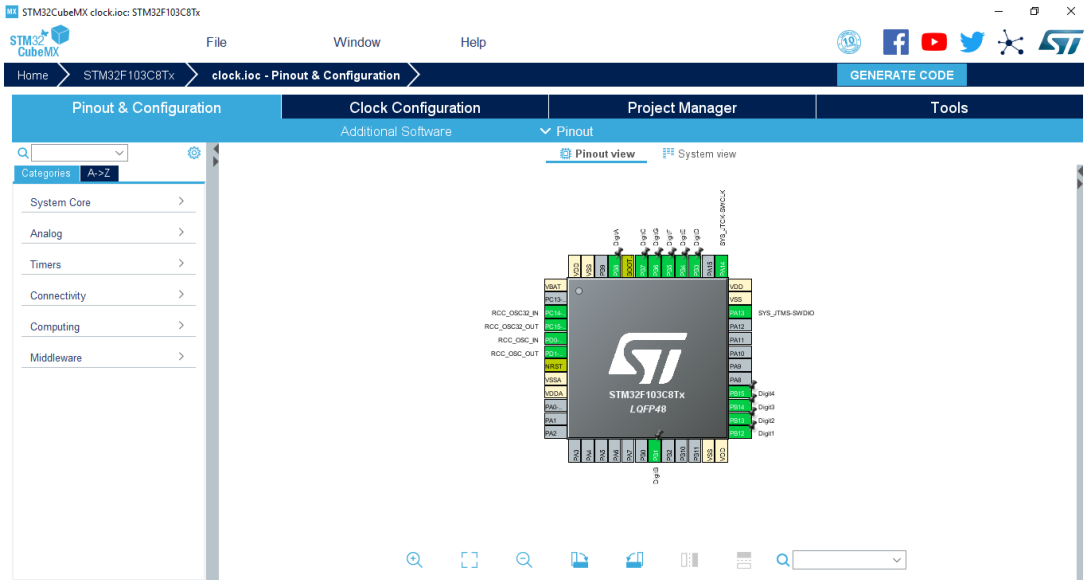
Ekranın sahip olduğu 10 bağlantı pininin flex kablo kullanılarak üretilmiş olması nedeniyle ekran bağlantısı için flex kablonun fiziksel boyutlarına uygun seçilen 1x10 FPC konnektör kullanılmıştır. Aşağıda verilen şekil tasarlanan devrede ekranın mikrodenetleyici ile bağlantısını göstermektedir.





gönderilmesinin ardından EXTCOMIN pinin polarizasyonu anlık olarak değiştirilerek ekranda görüntünün yenilenmesi sağlanır. DISP pini ekranın seçim pini olup mikrodnetleyici ile bağlantısı yapılarak ekranın mikrodnetleyici ile kapatılıp açılabilir durumda olması sağlanmıştır.

Bu aşamada kullanılan CubeMX platformu STM32 mikrodnetleyicilerinin programlanmasında kullanılan HAL kütüphanelerinin oluşturulduğu bu ön program kullanılarak mikrodnetleyici pinlerinin gerekli konfigürasyonları ve kullanılacak haberleşme protokollerine ait arayüzler gibi çevresel arabirimler aktifleştirilmelidir. Aşağıda verilen şekilde CubeMX platformunun arayüzü görülmektedir.



Şekil 4.11 CubeMX Arayüzü

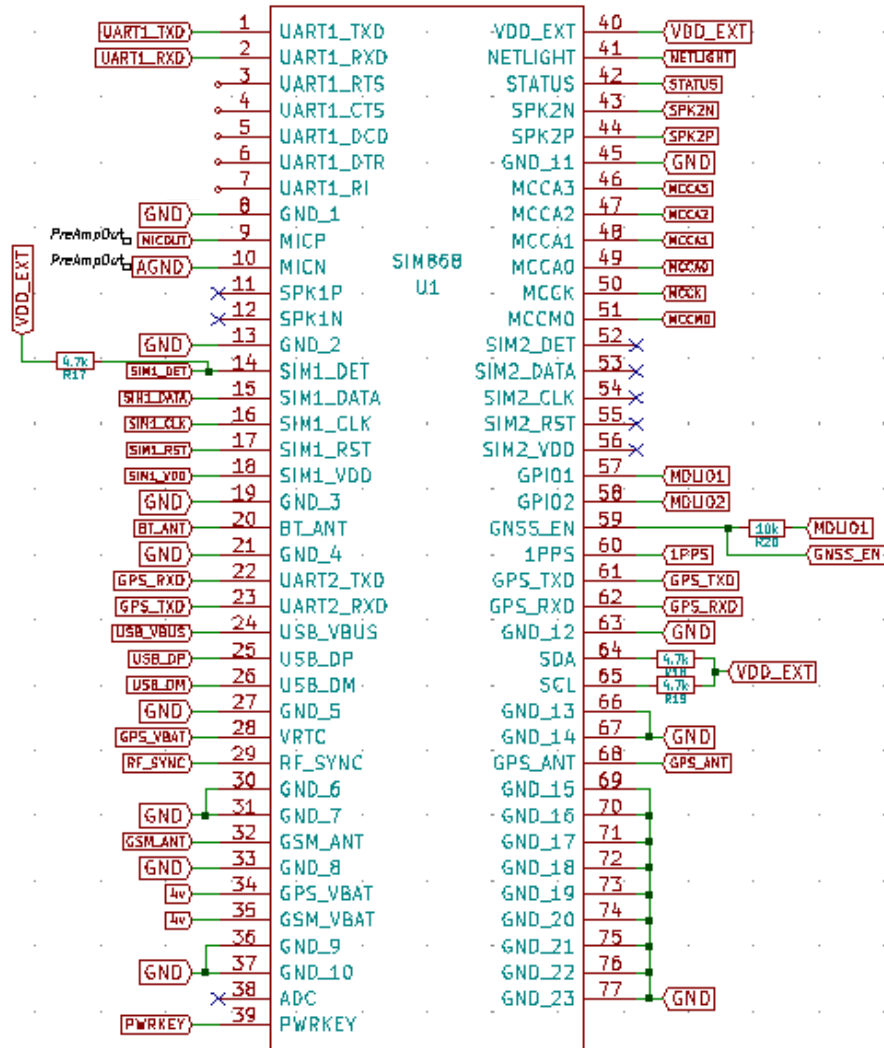
ARM mimarili mikrodnetleyiciler için bir pin birden farklı işlev için kullanılabilir. Mikrodnetleyicinin SPI1 arayüzünde için ayrılan 14, 15 ,37 numaralı pinleri ekran kontrolü için CubeMX üzerinde SPI1 olarak tanımlanıp gerekli SPI konfigürasyonları proje dosyasına eklenmiştir.

#### 4.6. GPS-GSM/GPRS Bluetooth Devreleri

Bu bölümde GPS-GSM/GPRS Bluetooth haberleşmeleri için kullanılan SIM868 GPS-GSM/GPRS modülüne uygun tasarlanan anten, SD kart, SIM kart mikrofon, hoparlör, entegrasyon devreleri açıklanacaktır.

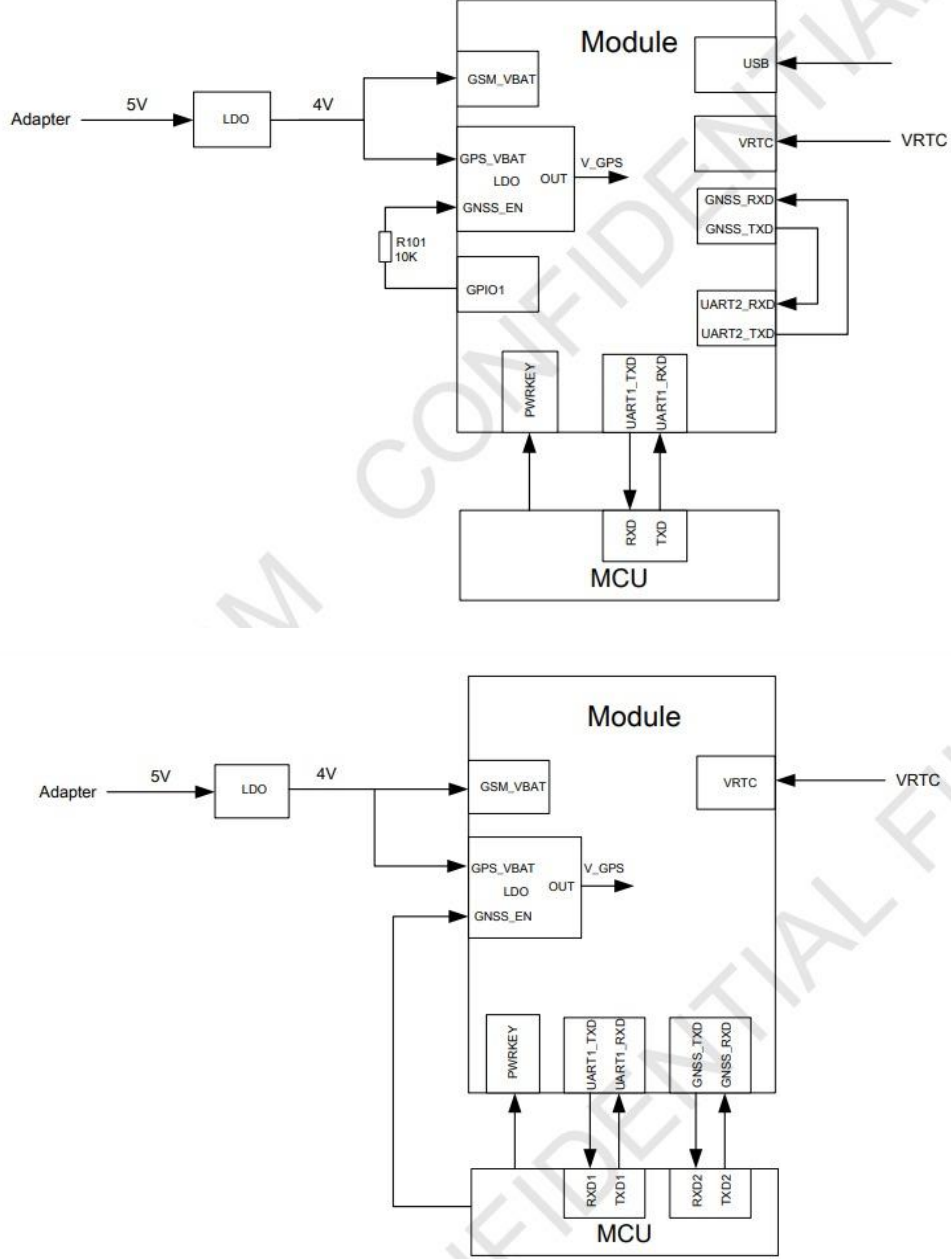
#### 4.6.1 SIM868 GPS-GSM/GPRS Modülü

SIM868 SIMCOM firması tarafından üretilmiş GPS-GSM/GPRS uygulamaları barındıran devrelerde kullanılan bir GPS-GSM/GPRS modüldür. Çalışma gerilim aralığı 3.4 V – 4.4 V'dur. Dörtlü band GSM frekanslarında çalışabilen modül Türkiye'de kullanılan GSM frekansları ile uyumlu çalışabilir. SIM kart, analog ses, BT4.0, BLE ,RTC ,I2C, USB, UART, SD, GPIO, ADC ara yüzlerine sahiptir. Çalışmada tasarlanan devreler için çoğunlukla SIM868 dokümanları incelenmiştir. Aşağıda verilen devre şemasında SIM868'in tasarlanan devreden bir görüntüsü görülmektedir. Bu şekilde görülen pin isimleri diğer bölümlerdeki devre şemalarındaki pin isimleri ile eşleşmekte olup referans olarak kullanılabilir.



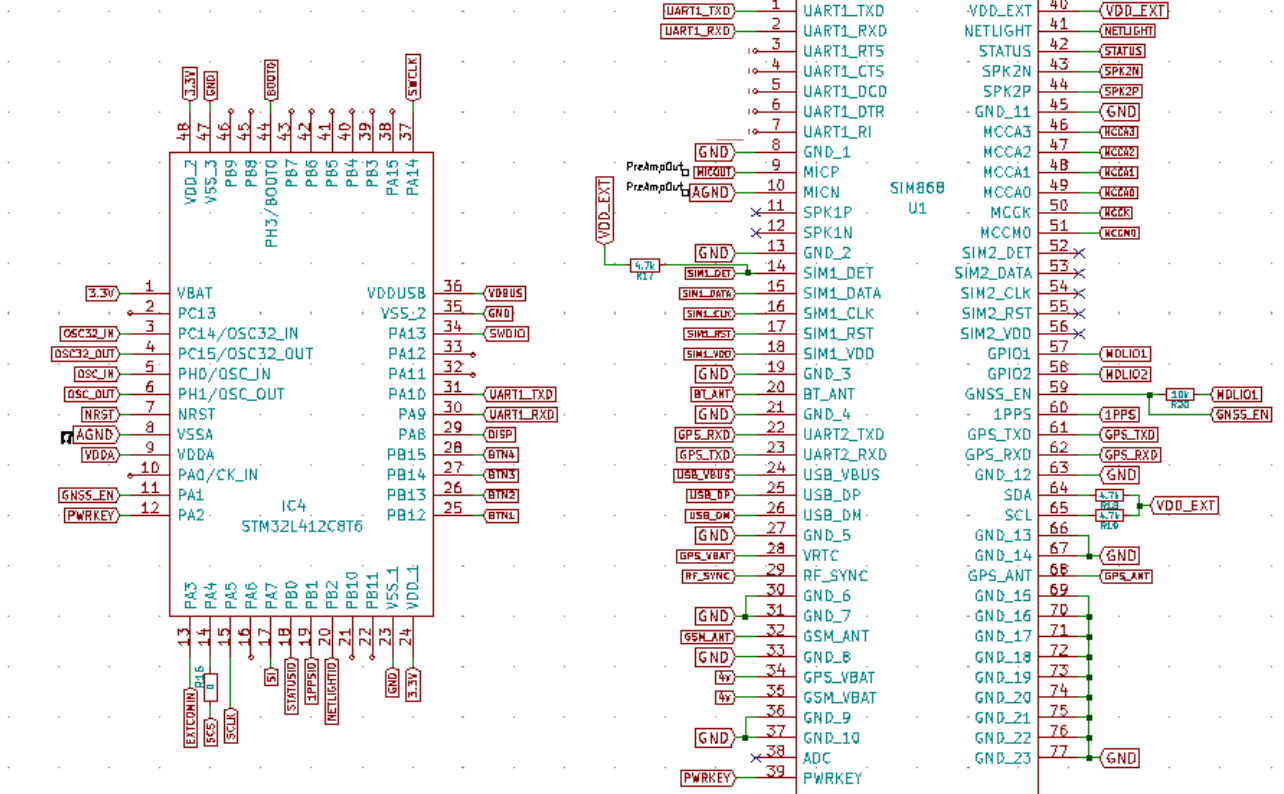
Şekil 4.12 Tasarımda SIM868

Aşağıda verilen şekilde SIM868'in iki farklı UART haberleşmesine ait örnek devreler görülmektedir.



Şekil 4.13 SIM868 UART Modları

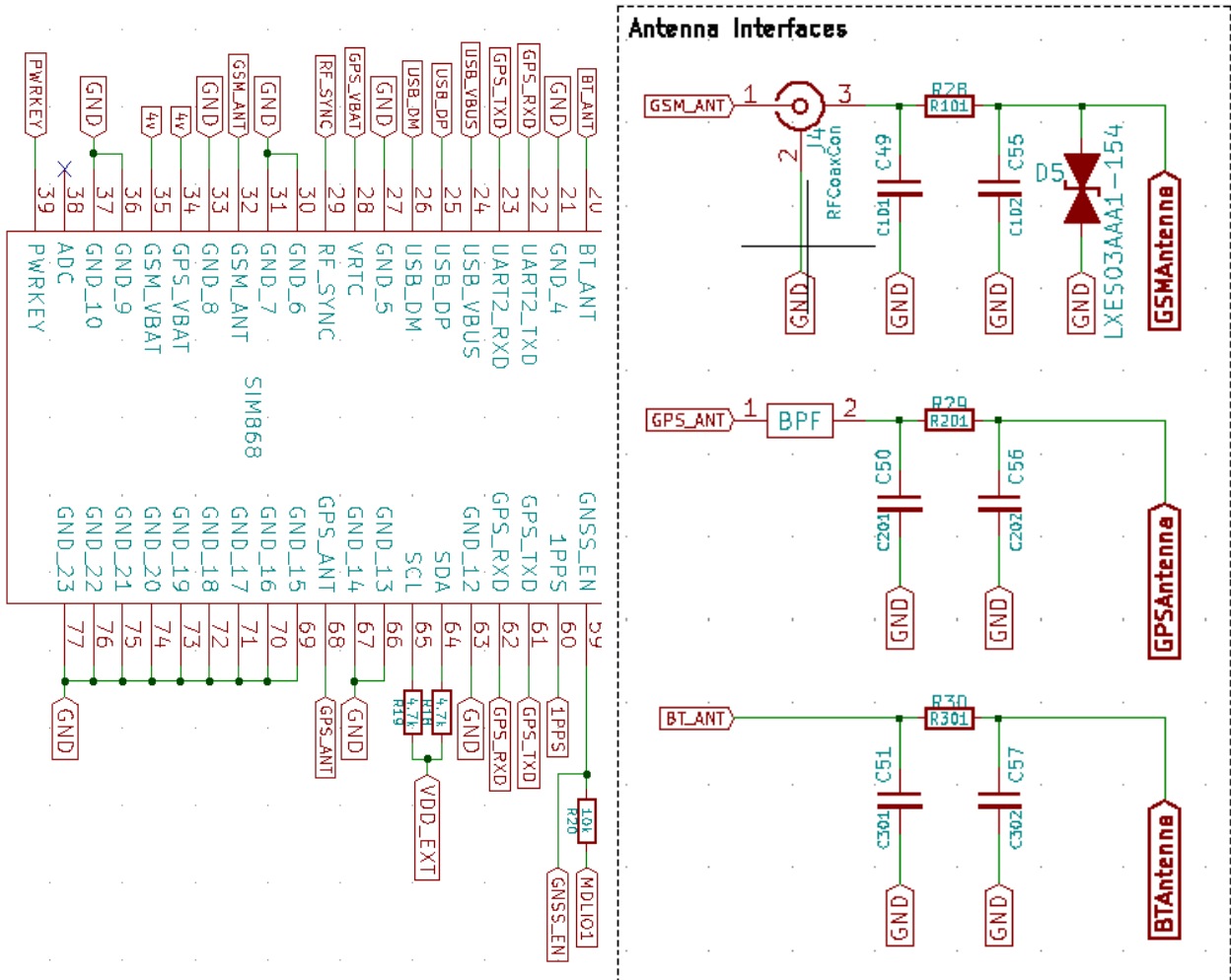
SIM868 ile STM32L412C8T6 mikrodenetleyicisi UART haberleşmesi protokolü ile haberleştirilmiş olup bu UART haberleşmesi için SIM868 “All-In-One” modu kullanılmıştır. Bu haberleşme modu ile tek bir UART hattı ile GPS ve GSM bilgilerinin alışverişi sağlanmıştır. Aşağıda verilen devre şemasında SIM868 ile STM32L414C8T6’nın “All-In-One” modunda UART haberleşmesi görülmektedir. Bknz. STM32L412C8T6 30,31 ve SIM868 1,2.



Şekil 4.14 SIM868 UART Devresi

#### 4.6.2 Anten Devresi

Tasarlanan anten devresi çalışmada kullanılan GPS, GSM, Bluetooth haberleşmelerinde kullanılacak olan 3 farklı antenin SIM868 dokümanların incelenerek tasarlanmıştır. Dokümanlarda belirtildiği üzere kullanılan bypass kapasitörleri antenin fiziksel konumuna yakın tutulmuştur. Aşağıda verilen şekilde tasarlanan anten devresi görülmektedir. Bknz. SIM868 20, 32, 68.

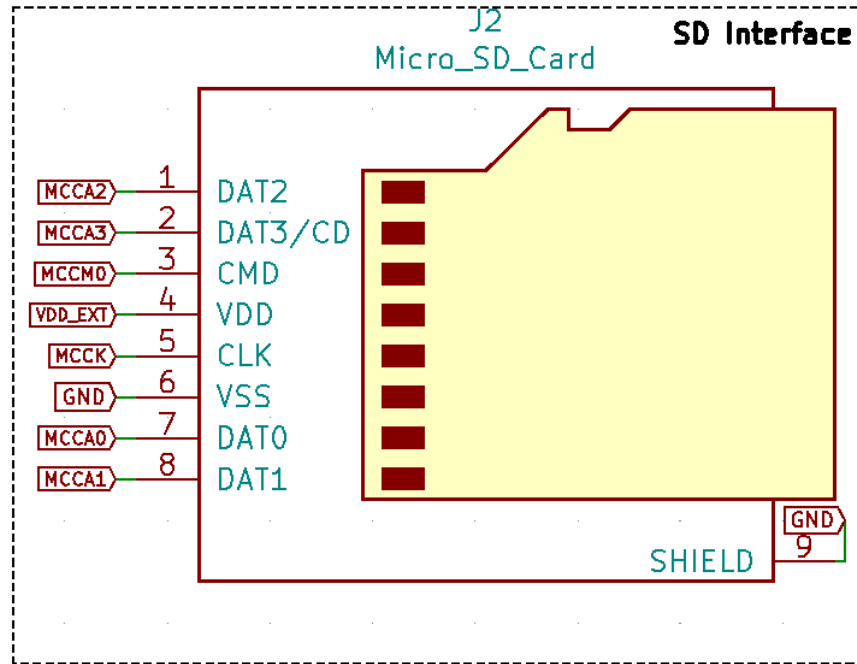


Şekil 4.15 Anten Devreleri

GSM anteninde kullanılan LXES03AAA1 ESD komponenti elektrostatik boşalmanın komponentlere zarar vermesine engellemek amacıyla tasarıma dahil edilmiştir. Yine GSM anteninde kullanılan 3 pinli konnektör kullanılacak antenin akord edilmesi için gerekli olup antenin akordununun ardından kullanılmayacaktır.

#### 4.6.3. SD Kart Entegrasyonu

Çalışmanın tasarımına eklenen SD kart tasarımı kullanılacak yazılımsal bileşenler için fazladan depolama alanı sağlamanın yanında kullanıcıların rehber gibi bilgilerinin kolaylıkla depolanması için tasarıma dahil edilmiştir. SD kartın SIM868 GPS-GSM/GPRS modülüne entegrasyonun SIM868 SD kart dokümanları incelenerek tamamlanmıştır. Aşağıda verilen devre şemasında SD kart bağlantıları görülmektedir. SIM868 pin isimleri için Bölüm 1.6.1'deki SIM868 şeması referans alınabilir.



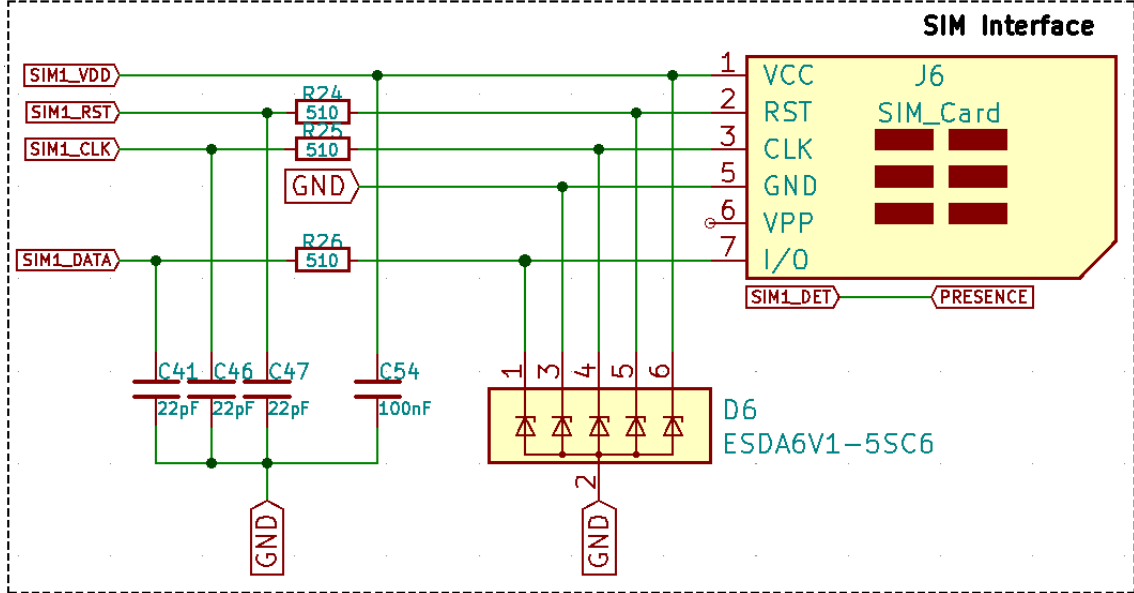
Şekil 4.16 SD Kart Devresi

#### 4.6.4. SIM Kart Entegrasyonu

Çalışmanın GSM/GPRS sistemlerini barındırması ile çalışmaya eklenen bir diğer devre de SIM868 SIM kart dokümanları incelenerek SIM868 ile SIM kart bağlantılarından oluşan SIM kart entegrasyonu devresidir.

Devre kartı üzerinde bir SIM kart yuvası olarak tasarlanan bu devre kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun tarifeyle sahip bir SIM kart satın alıp tasarlanan saate takmasıyla saatin GSM/GPRS sistemleri ile birlikte GPS sistemleri de kullanılabilir olacaktır. SIM kart entegrasyonu devresinde kullanılan

SIM1\_VDD, SIM1\_RST, SIM1\_CLK , SIM1\_DATA, SIM1\_DET pin başlıkları SIM868 modülünün SIM kart için ayrılan pinleridir. Bu pinlerden SIM1\_VDD hariç diğerleri bilgi pinleri olup SIM1\_VDD SIM kartın çalışması için gerekli gerilimin sağlandığı SIM kart besleme pinidir. Aşağıda verilen şekilde tasarlanan devreye ait SIM kart entegrasyonu devresi görülmektedir.



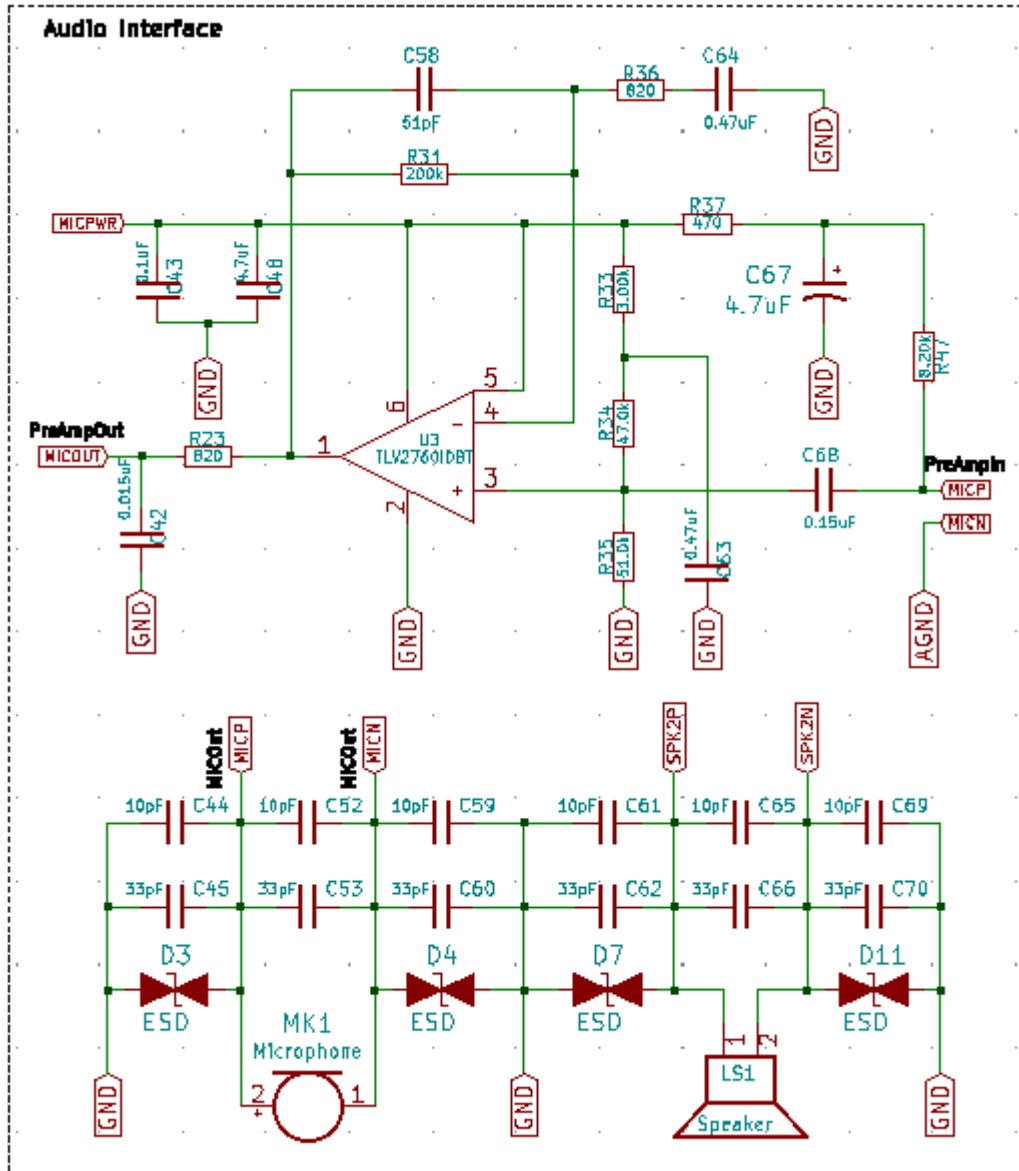
Şekil 4.17 SIM Kart Devresi

SIM1\_RST pini SIM kartın resetlenmesinde yazılımsal olarak kontrol edilebilir. SIM1\_CLK SIM kartın sistem ile aynı saat frekansında çalışmasını sağlamak için SIM karta saat frekansını iletildiği pin, SIM1\_DATA SIM karta ilişkin bilgi alışverişinin yapılacağı pin, SIM1\_DET SIM kart yuvası üzerinde bulunan anahtar ile SIM kart yuvasında SIM kartın dedeksiyonunun sağlandığı pindir. Kullanılan ESDA6V1 ESD elemanı GSM anteni ile benzer biçimde elektrostatik boşalmanın devre üzerindeki elemanlara zarar vermesini engellemek için kullanılmıştır.

Bilgi, pasif ve aktif elektronik devre elemanlarının bulunduğu SIM kart entegrasyonu devresi SIM868 dokümanları incelenerek tasarlanmıştır.

#### 4.6.5 Ses Devreleri

Tasarımının hedeflenen özelliklerinden birinin kullanıcıların saat üzerinde herhangi bir telefon ile bağlantı kurmadan telefon ile görüşebilmesi olduğundan tasarıma ses devreleri dahil edilmiştir. Bu devreler Mikrofon ve hoparlör devreleri olmak üzere birbiriyle uyumlu çalışan iki devreden oluşmaktadır. SIM868 GPS-GSM/GPRS modülü ile çalışmanın gerekliliklerine uygun tasarlanan mikrofon ve hoparlör devrelerinin bağlantıları sağlanmıştır.

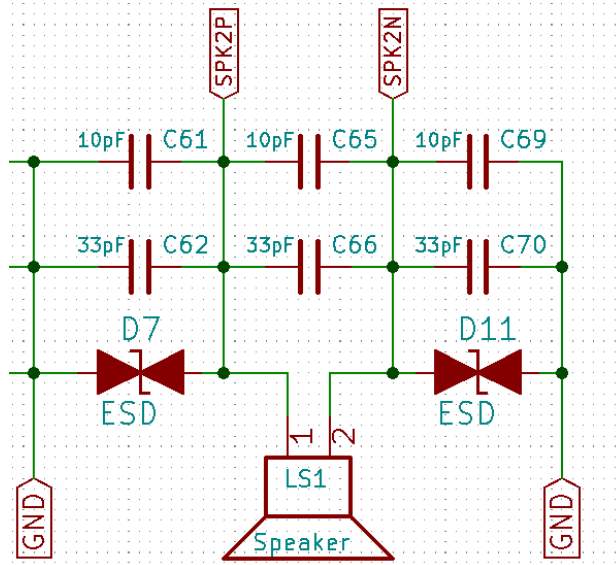


Şekil 4.18 Ses Devreleri



#### 4.6.5.1. Hoparlör Devresi

Kullanıcıların telefon görüşmesini sırasında kullanacağı hoparlör çalışmanın gerekliliklerine uygun olarak SP-1504 olarak belirlenmişti. 90 dB en yüksek ses seviyesine sahip olan hoparlörün fiziksel olarak küçük boyutlarda oluşu çalışmada tercih edilmesinin en önemli etkeni olmuştur. SIM868 GPS-GSM/GPRS modülü ile bağlantıları sağlanan hoparlöre ilişkin hoparlör devresi SIM868 ses dökümanları incelenerek tasarlanmıştır. SIM868 içerisinde ses uygulamaları için ayrılan AB sınıfı güç kuvvetlendiricisi hoparlör devresinde kullanılması gereken kuvvetlendirici bölümüne olan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Aşağıda verilen devre şemasında tasarlanan hoparlör devresi görülmektedir.



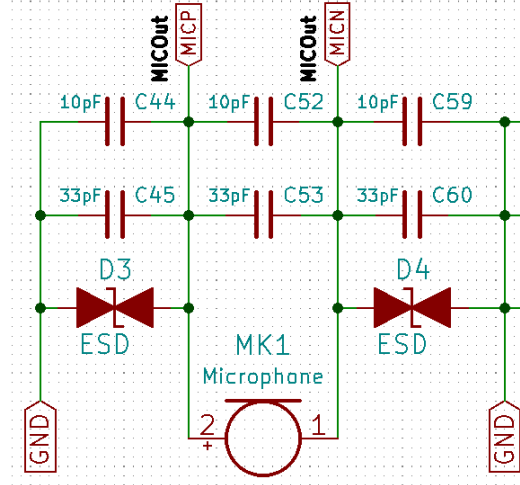
Şekil 4.19 Hoparlör Devresi

SPK2P ve SPK2N SIM868'in hoparlör için ayrılan 43 ve 44 numaralı pinleridir. GPS anteni ve SIM kart devrelerine benzer biçimde ESD komponentleri elektrostatik boşalmanın devreye verebileceği zararları önlemek için kullanılmıştır.

#### 4.6.5.2. Mikrofon Devresi

Çalışma için tasarlanan mikrofon devresi SIM868 dokümanlarına uygun mikrofon bağlantıları ve SIM868'in dahili mikrofon kuvvetlendiricisi barındırmamasından kaynaklı mikrofon ve SIM868 arasında tasarlanan ön kuvvetlendirici devrelerden

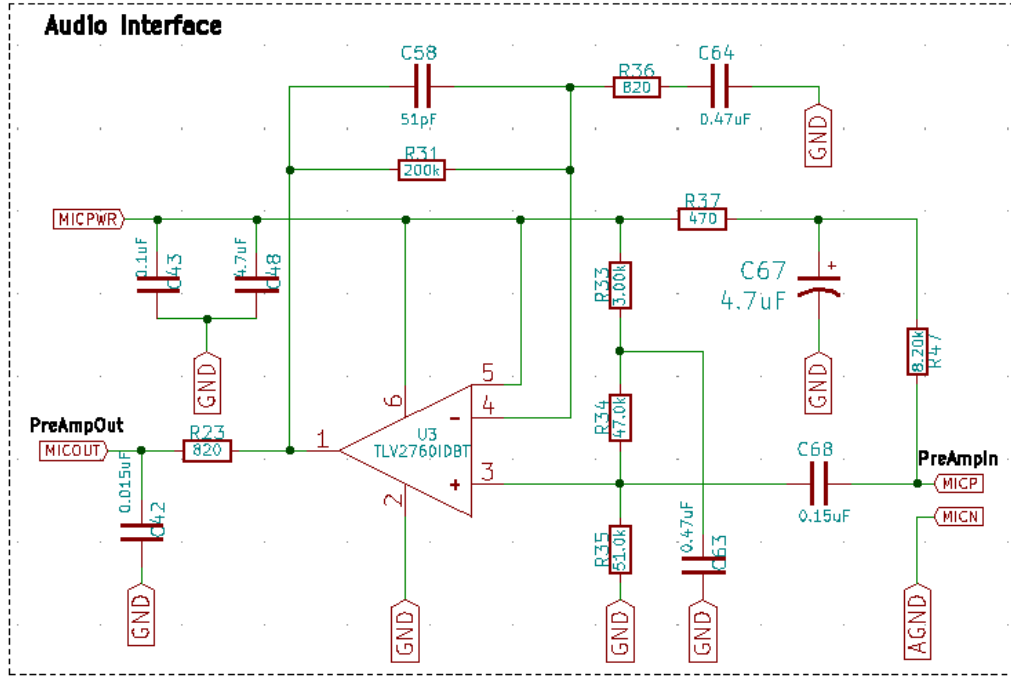
oluşmaktadır. Aşağıda verilen devre şemasında SIM868 ses dokümanları incelenerek tasarlanmış mikروفon devresi görülmektedir. Bu devre ses uygulamalarına uygun filtrelerden oluşmaktadır.



Şekil 4. 20 Mikروفon Devresi

Mikrofondan alınan ses TLV6DIDBT kullanılarak tasarlanan ön kuvvetlendirici devresi ile kuvvetlendirilip kuvvetlendirilen ses sinyali SIM868'e aktarılmıştır. AGND, MICOUT bağlantıları SIM868 mikروفon bağlantıları için ayrılan 9 ve 10'uncu pinleri ile yapılmıştır. Ön kuvvetlendirici devresi TLV6DIDBT dokümanı incelenerek tasarlanmıştır.

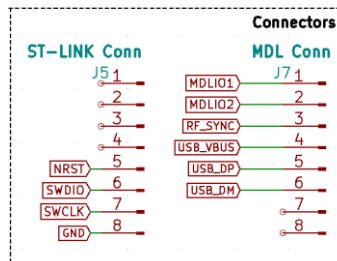
Aşağıda verilen devre şemasında TLV6DIDBT genel amaçlı kuvvetlendiricisi kullanılarak tasarlanan mikrofon devresine ait ön kuvvetlendirici devresi görülmektedir.



Şekil 4. 21 Ön Kuvvetlendirici Devresi

#### 4.7. Konnektörler

Tasarımda kullanılan “MDL Conn” konnektörleri SIM868 GPS-GSM/GPRS modülü ve STM32L412C8T6 mikrodnetleyicisi’nin bazı pinlerinin test amaçlı ya da daha sonra ortaya çıkabilecek gerekliliklerini yerine getirebilmek için tasarlanmıştır. “ST-LINK Conn” konnektöründe ise geliştirilen yazılımların mikrodnetleyiciye aktarılması için gerekli I2C bağlantıları yapılmıştır. Aşağıda verilen devre şemasında tasarlanan konnektörler ve bağlantıları görülmektedir.



Şekil 4.22 Konnektörler

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada GSM/GPRS ve GSM teknolojilerini kullanılan bir saat tasarımı yapılmıştır. Saat için gerekli özellikler araştırılmış bu doğrultuda modüller seçilmiştir. Saat bir cep telefonu gibi sesli görüşme yapabilecek, konum bilgisini alabilecek ve internet üzerinden veri alış-verişi yapabilecektir.. Böylelikle kullanıcılar gerektiğinde ebeveynleri ile iletişime geçebilecektir. Aynı şekilde aile çocuğunu arayabilecek, nerede olduğunu görebilecektir. Projenin maliyetini başlıca kullanılacak modüller ve komponentler oluşturmaktadır. Çizelge 5.1 de bu modüllerin fiyatları verilmiştir.

Çizelge 5.1 Maliyet Tablosu

3 x STM32 ARM-Core Mikrodenetleyici	\$9.18
1 x SIM868E GSM / GPRS + GNSS Modülü	\$8
1 x SHARP 1.28" TFT Monochrome Display	\$18.01
2 x POM-3535P Elektret Mikrofon	\$4.34
2 x TLV2760 Mikrofon Kuvvetlendirici	\$3.18
2 x BQ24072 IC Li-Ion Charger	\$5.90
2 x FFC, FPC Connector	\$1.80
2 x TPS61232 Buck-Boost Regülatör	\$5.78
2 x TPS61089 Buck-Boost Regülatör	\$4.94
1 x PX280XL Batarya	\$5
2 x Kristal Osilatör	\$2.40
2 x Hoparlör	\$3.84
<b>Toplam</b>	<b>\$72.37</b>

Proje dosyaları ve BOM tablosu için bkznz. [github.com/mfatihkarabas](https://github.com/mfatihkarabas)

## 6. KAYNAKÇA

- [1] J. H. Moon, K. W. Ki ve N. J. Moon, «Smartphone use is a risk factor for pediatric dry eye disease according to region and age a case control study,» 2016. [Çevrimiçi]. Available: <https://bmcoophthalmol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12886-016-0364-4>.
- [2] M. Andrianarison, M. Sahmoudi ve R. Landry, «Efficient and Innovative Techniques for Collective Acquisition of Weak GNSS Signals,» 2017.
- [3] İ., M. Güllü, T. Baybura ve S. Erdoğan, «GPS Sinyal Yansımasının Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması,» %1 içinde 2. *Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, İstanbul, 2005.
- [4] D. Sathyamoorthy, S. Shafii, Z. F. M. Amin, A. Jusoh ve S. Z. Ali, «Evaluating the Effect of Global Positioning System Satellite Clock Error via GPS Simulation,» %1 içinde *International Conference and Exhibition on Remote Sensing*, İstanbul, 2015.
- [5] J. Shi, G. Wang, X. Han ve J. Guo, «Impacts of Satellite Orbit and Clock on Real Time GPS Point,» 2017.
- [6] O. Gümrükçü, «Gps Sinyalleri ile Konum Belirlemede İyonosferik Etkilerin İncelenmesi,» İstanbul, 2009.
- [7] «GPS Signals: What Do They Mean?,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.mapleprecision.com/2019/01/16/11-12-15-satellite-signals/>. [Erişildi: 25 12 2019].
- [8] P. D. C. M. Will, «Einstein's Relativity and Everyday Life,» *PhysicsCentral*.
- [9] R. W. Pogge, «Real-World Relativity: The GPS Navigation System,» Mart, 2017.
- [10] E. Topuz, «Uzaktan Veri Haberleşmesinde Server Ve Gprs İle Dinamik Olarak Çift Yönlü Haberleşen Sistem Tasarımını Gerçekleştirme,» Bolu, 2018.

- [11] F. A. Korkmaz, «İTERNET VE GPRS KULLANILARAK ELEKTRİKSEL İŞARETLERİN UZAKTAN TAKİP EDİLMESİ,» İstanbul, 2014.
- [12] Qualcomm, «Everything You Need to Know About 5G,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.qualcomm.com/invention/5g/what-is-5g>. [Erişildi: 12 12 2019].
- [13] İ. D. ve İ. A., Microcontroller Based GSM GPRS Projects, London: VDM Verlag, 2010.
- [14] M. Demir, «Elektrik Sayaçlarının Gprs ile Uzaktan Okunması,» Afyonkarahisar, 2006.
- [15] M. A. El-Kader, *Mobile Communication Systems*, 2006.
- [16] V. A. Dubendorf, Wireless Data Technologies, England: John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [17] V. Joseph ve S. Mulugu, «Base Station Controller,» 2014. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/base-station-controller>. [Erişildi: 20 12 2019].
- [18] G. Heine ve H. Sagkob, GPRS: Gateway to Third Generation Mobile, Artech House Inc., 2003.
- [19] B. Ghribi ve L. Logrippo, Understanding General Packet Radio Service.
- [20] Cisco Systems, Inc., «Overview of GPRS and UMTS,» [Çevrimiçi]. [Erişildi: 16 12 2019].
- [21] A. Bhatia, «GPRS Call Flow,» 30 10 2010. [Çevrimiçi]. Available: [https://telecomtigers.blogspot.com/2010\\_10\\_01\\_archive.html](https://telecomtigers.blogspot.com/2010_10_01_archive.html). [Erişildi: 18 12 2019].
- [22] M. Yoshio, T. Tsumura ve N. Dımov, «Silicon/graphite composites as ananode material for lithium ion batteries,» 2006.

- [23] M. K. Yazgan, Mikroişlemciler, 2006.
- [24] T. WILMSHURT, Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers Principles and Applications, Macaristan, 2007.
- [25] J. PEATMAN, Embedded Design with the PIC18F452 Microcontroller, ABD, 2003.
- [26] Overview, The Global System For Mobile Communications (GSM).
- [27] M. Imran ve N. Mohamed, «Study, E-Paper Displays:A Case,» Saarbrucken, Germany.
- [28] A. Gül, «LCD-Nedir?,» Signal Elektronik, 12 12 2014. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.signal.com.tr/pdf/cat/LCD-Nedir.pdf>. [Erişildi: 11 12 2019].
- [29] Ö. F. B. & S. GÖRGÜNOĞLU, 8051 AİLESİ MİKRODENETLEYİCİ EĞİTİM SETİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ, 2002.
- [30] H. Göktepe, «Demir katkılanmış lityum içermeye bileşiklerinin sentezi karakterizasyonu ve doldurulabilir lityum piller,» Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2003.
- [31] T. FLOYD, Digital Fundamentals, ABD, 2009.
- [32] J. DAVIES, MSP430 Microcontroller Basics, Newnes, ABD, 2008.
- [33] B. ÇOBANOĞLU, «Mikroişlemciler ve Mikrodenetleyiciler II: PIC,» 2013.
- [34] O. BISHOP, Electronics A First Course, ABD, 2011.
- [35] J. Bergquist, «Next Generation Display Technologies for Electronic Books,» Nokia Research Center.
- [36] R. ASHBY, 2005, Designer's Guide to the Cypress PSoC.

- [37] S. K. A. Z. E. G. İ. Esra AYSAN\*, «Üniversite Öğrencilerinde Uyku Kalitesi ve Etkileyen Faktörler,» İzmir, 2012.



## **7. TEŞEKKÜR**

Değerli ailelerimize ve bu çalışmanın hazırlanma sürecince bilgi ve tecrübesini bizden esirgemeyen değerli danışman hocamız Sayın Öğr. Gör. Dr. İsmail Tekin'e teşekkür ederiz.

## **8. ÖZGEÇMİŞ**

Enes Gülmez 01.01.1998 tarihinde Kula/Manisa’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Manisa’da tamamladıktan sonra, 2016 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimine 4. sınıf olarak devam etmektedir.

Mehmet Fatih Karabaş 30.06.1997 tarihinde Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini tamamladıktan sonra lisans eğitimine 2015 yılında Mevlâna Üniversitesinde hazırlık eğitimiyle başladı. Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine devam etmektedir.