T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KULLANICI DAVRANIŞLARINI ÖĞRENEBİLEN, YAPAY ZEKÂYA SAHİP AKILLI EV OTOMASYONU UYGULAMASI

OSMAN YAZICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEKATRONİK MÜHENDESLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Özcan ÇETİNKAYA

EDİRNE-2022

Osman YAZICI'nın hazırladığı "**Kullanıcı Davranışlarını Öğrenebilen, Yapay Zekâya Sahip Akıllı Ev Otomasyonu Uygulaması**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:	İmza
Prof. Dr. Gürkan TUNA	……
Dr. Öğr. Üyesi Evren ÇAĞLARER	……
Dr. Öğr. Üyesi Özcan ÇETİNKAYA	……

Tez Savunma Tarihi: 17/01/2022

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Özcan ÇETİNKAYA
Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

17 /01 /2022
Osman YAZICI
İmza

Yüksek Lisans Tezi

Kullanıcı Davranışlarını Öğrenebilen, Yapay Zekâya Sahip Akıllı Ev Otomasyonu Uygulaması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Tüm tarih boyunca insanoğlu her zaman refah ve konfor seviyesini, ondan önce ise güvenlik seviyesini artırmak istemiştir. Teknolojinin gelişimi ile birlikte insanoğlunun arzuladığı bu konfor ve güvenlik seviyesi, istenilen düzeylerin daha da üstüne çıkmıştır. Elektronik ve yazılım bilim dallarının gelişmesi ile beraber, kullanıcıların bu istekleri büyük bir oranda karşılanmaya başlanmıştır lakin konfor ve güvenlik, birbirinin zıttı tabirler olması sebebiyle, mevcut çözümler her zaman belirli bir alana doğru istemsizce yönlendirmekte veya belirli bir alana hizmet edecek şekilde kısıtlamaktadır.

Bu yüksek lisans tezinde amaçlanan, kullanıcının hem konforunu hem de güvenliğini en üst düzeyde tutarak, kontrolü tamamen otomatik hale getirilmiş, kendisi ile eşleştirilen başka cihazları da kontrol edebilen akıllı ev otomasyonu cihazının tasarlanmasıdır.

Kullanıcının kontrol ve güvenliği hedeflenen bu projede, kullanıcının kullanmakta olduğu aynı Bluetooth haberleşme protokolüne sahip tüm cihazlar, üzerine yerleştirilmiş GSM, Wi-Fi ve Bluetooth modüllerini barındıran merkezi cihaz ile şifreli bir şekilde kablosuz olarak haberleştirilmiştir. Tasarlanan bu merkezi cihaz, kullanıcının cep telefonu üzerindeki Bluetooth bilgisini ve kullanıcının ürünler ile olan etkileşimlerini takip ederek, zamana bağlı olarak kullanıcının belirli düzen ve sıra ile yaptığı rutinleşen iş emirlerini, kendisi otomatik olarak gerçekleştirmektedir.

Kale Güvenlik Sistemlerinin mevcut yapısında kullanılan alarm paneli ve çevre birimlerinin temel alındığı fakat her bir ünitenin elektronik donanım ve yazılımının tekrardan revize edilmesi ile ana ürün ve yan çevre birimleri yeniden tasarlanmıştır.

Bu çalışma ile kullanıcı davranışlarını analiz edilerek kullanıcılara daha konforlu hizmet sağlanmıştır. Geliştirilen bu ürünün kullanılması ile beraber, sürekli tekrarlanan kullanıcı davranışlarını ürün tarafından analiz edilip öğrenilmekte ve tekrar miktarına bağlı olarak kullanıcının yerine eylemleri gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte Kale Kilit ve Kalıp A.Ş.'nin kendi ürünleri ile bütünleşik çalışabilen bir ürün geliştirilmiştir.

Yıl : 2022
Sayfa Sayısı : 159
Anahtar Kelimeler : Akıllı ev, yapay zekâ, haberleşme, güvenlik

Master Degree Thesis

Smart Home Automation Application with Artificial Intelligence That Can Learn User Behaviours

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Mechatronics Engineering

ABSTRACT

Throughout history, mankind has always wanted to increase the level of welfare and comfort, and before that, the level of security. With the development of technology, this comfort and security level desired by human beings has exceeded the desired levels. With the development of electronics and software sciences, these requests of the users have started to be met to a great extent, but because comfort and safety are opposite terms, existing solutions always lean towards a certain area or are restricted to serve a certain area.

The aim of this master thesis is to design a smart home automation device whose control is fully automated and that can control other devices paired with it, keeping both the comfort and safety of the user at the highest level.

In this project, which is aimed at the control and security of the user, all devices with the same Bluetooth communication protocol that the user is using are communicated wirelessly in an encrypted manner with the central device containing GSM, Wi-Fi and Bluetooth modules placed on it. This designed central device automatically carries out the routine work orders made by the user in a certain order and sequence, depending on the time, by following the Bluetooth information of the user on the mobile phone and the interaction of the user with the products.

Based on the alarm panel and peripheral units used in the existing structure of Kale Security Systems, but by revising the electronic hardware and software of each unit, the main product and peripheral units were redesigned.

As a result of this study, user behaviours were analysed and more comfortable service was provided to the users. With the use of this developed product, repetitive user behaviours are analysed and learned by the product, and actions are taken instead of the user depending on the amount of repetition. In addition, a product that can work integrated with Kale Kilit ve Kalıp A.Ş.'s own products has been developed.

Year : 2022
Number of Pages : 159
Keywords : Smart home, artificial intelligence, communication, security

ÖNSÖZ

Tüm çalışma boyunca değerli görüşlerini ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özcan ÇETİNKAYA'ya sonsuz teşekkürleri borç bilirim.

Tez çalışmasında laboratuvar aygıtları, lisanslı tasarım programları ve her türlü elektronik malzemelerin temini konusunda desteklerini esirgemeyen Kale Kilit ve Kalıp Sanayi A.Ş. firmasına da içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
ÖNSÖZ ..... **viii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiv**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xv**
BÖLÜM 1 ..... **1**
GİRİŞ **1**
BÖLÜM 2 ..... **4**
GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Akıllı Ev *4*
2.1.1. Akıllı Evlerin Kabiliyetleri 4
2.1.2. Akıllı Evlerde Kullanılan Haberleşme Yöntemleri 5
2.1.2.1. GSM 5
2.1.2.2 Bluetooth 6
2.1.2.3. Radyo Frekansı (Radio Frenquence) 6
2.1.2.4. Wireless Fidelity (Wi-Fi) 7
2.1.3. Akıllı Evlerde Kullanılan Konfor Temalı Çevre Birimleri 7
2.2. Güvenlik Sistemleri *8*
2.2.1. Güvenlik Sistemi Kabiliyetleri 9
2.2.2. Güvenlik Sistemlerinde Kullanılan Çevre Birimleri 9
2.3. Yapay Zekâ *10*
2.3.1. Yapay Zekâ Uygulama Teknikleri 10
2.3.1.1. Yapay Sinir Ağları 10
2.3.1.2. Bulanık Mantık 11
2.3.1.3. Diğer Teknikler 11
2.4. Temel Elektronik *12*
2.4.1. Elektroniğin Tarihsel Gelişimi 12
2.4.2. Elektronikte Kullanılan Başlıca Malzemeler 14
2.4.2.1. Transistör 14
2.4.2.2. Direnç 15
2.4.2.3. Kapasitör 16
2.4.2.4. Diyot 16
2.4.2.5. Entegre Devreler 16
2.4.2.6. Mikroişlemciler 17
2.4.2.7. Mikro denetleyiciler 17
2.4.3. Haberleşme Protokolleri 18

2.4.3.1. Seri Haberleşme Protokolleri 18
2.4.3.1.1. Senkron Haberleşme 19
2.4.3.1.2. Asenkron Haberleşme 19
2.4.3.2. Paralel Haberleşme Protokolleri 20
2.4.4. Devre Tasarımını ve Dikkat Edilmesi Gerekenler 20
2.4.4.1. Ürünün Belirlenmesi 21
2.4.4.2. Standartların Belirlenmesi 21
2.4.4.3. Mekanik Sınırların ve Şartların Belirlenmesi 21
2.4.4.4. Araştırma 22
2.4.4.5. Şematik Hazırlanması 22
2.4.4.6. Devre Kartının Hazırlanması 23
2.4.4.7. Simülasyon 25
2.4.4.8. Testler 26
2.4.5. EMI&EMC (Electromagnetic Interference& Electromagnetic Compatibility) 26
2.4.5.1. EMI (Electromagnetic Interference) 27
2.4.5.2. EMC (Electromagnetic Compatibility) 29
BÖLÜM 3 31
YÖNTEM 31
3.1. Girdi Paketlerinin Belirlenmesi 31
3.2. Algoritmanın Hazırlanması 32
3.3. Elektronik Donanım Belirlenmesi 40
3.3.1. Bluetooth Araştırması 40
3.3.2. Wi-Fi Araştırması 49
3.3.3. GSM Araştırması 53
3.3.4. RF Uygulaması 56
3.3.5. MCU Uygulaması 60
3.4. Tasarım Programlarının Belirlenmesi 61
3.5. Elektronik Donanım Tasarımı 62
3.5.1. Kütüphane Oluşturma 62
3.5.2. GSM Şematik Tasarımı 66
3.5.3. Bluetooth Şematik Tasarım 85
3.5.4. Wi-Fi Şematik Tasarımı 87
3.5.5. RF Şematik Tasarımı 91
3.5.6. MCU Şematik Tasarımı 94
3.5.7. Güç Üniteleri Şematik Tasarımı 96
3.5.8. Diğer Birimlerin Şematik Tasarımları 99
3.5.9. Elektronik Devre Kartı Yerleşim Tasarımı 103
3.6. Yazılımsal Tasarım 115
3.6.1. Mikro denetleyici yazılımı 115
3.6.2. Bluetooth Yazılımı 119
3.6.3. WIFI Yazılımı 124
3.7. Mobil Uygulama Tasarımı 127
3.8. Bulut Entegrasyonu 128
3.8.1. Google Cloud Platform (GCP) 128
3.8.2. Kaggle 128
3.8.3. Google Research Colaboratory (Colab) 129

BÖLÜM 4.....130
SONUÇ.....130
4.1. Testler.....130
4.2. Sonuçlar.....134
KAYNAKLAR.....138
ÖZGEÇMİŞ.....142

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A : Amper
AB : Avrupa Birliği
ADC : Analog-to-Digital Converter
AI : Analog Input
AO : Analog Output
BOM : Bill of Materials
BT : Bluetooth
CAD : Computer Aided Design
CPU : Central Processing Unit
DAC : Digital-to-Analog Converter
DCE : Data Communications Equipment (typically module)
DI : Digital Input
DO : Digital Output
DRC : Design Rule Check
DTE : Data Terminal Equipment (typically computer, external controller)
DTR : Data Terminal Ready
DTX : Discontinuous Transmission
EGSM : Enhanced GSM
EMC : Electromagnetic Compatibility
EMI : Electromagnetic Interference
EN : European Standards
ESD : Electrostatic Discharge
FCC : Federal Communications Commission (U.S.)
GHz : Gigahertz
GPRS : General Packet Radio Service
GSM : Global System for Mobile Communications
I/O : Input / Output

IC : Integrated Circuit

IMEI : International Mobile Equipment Identity

Kbps : Kilo Bits per Second

KHz : Kilohertz

LED : Light Emitting Diode

Li-Ion : Lithium-Ion

mA : Mili amper

MCU : Micro Controller Unit

MHz : Megahertz

MOQ : Minimum Order Quantity

MP : Manufacture Product

PCB : Printed Circuit Board

PDU : Protocol Data Unit

PI : Power Input

PO : Power Output

PPP : Point-to-Point Protocol

RF : Radyo Frekansı

RMS : Root Mean Square (value)

RTC : Real Time Clock

RX : Receiver

SIM : Subscriber Identification Module

SMS : Short Message Service

SoC : System of Chip

SPI : Serial Peripheral Interface

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

TX : Transmitter

uA : Micro amper

UART : Universal Asynchronous Receiver & Transmitter

V : Voltage

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1 Buzzer ses modları. 32
Çizelge 3. 2 BGM220P elektriksel değerler çizelgesi. 45
Çizelge 3. 3 ESP32 yetkinlikler çizelgesi. 50
Çizelge 3. 4 M66 elektriksel değerler çizelgesi. 55
Çizelge 3. 5 S2-LPQTR maksimum değerler. 59
Çizelge 3. 6 STM32Lx ve STM32Fx akım kıyaslaması. 61
Çizelge 3. 7 BGM220P detaylı bacak bağlantı bilgileri. 85
Çizelge 3. 8 ESP32 pin görevleri. 88
Çizelge 3. 9 S2-LPQTR entegre bacak görevleri. 92
Çizelge 3. 10 STM32L mikro denetleyici bacak görevleri. 94
Çizelge 4. 1 Ölçülen gerilim değer sonuçları. 134

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Tarihin ilk elektronik bilgisayarı ENIAC. 13
Şekil 2. 2 İlk transistör. 15
Şekil 2. 3 Transistör çeşitleri. 15
Şekil 2. 4 Direnç çeşitleri. 16
Şekil 2. 5 Intel 80486dx2 mikroişlemcisi. 17
Şekil 2. 6 Haberleşme yöntemleri. 18
Şekil 2. 7 Seri haberleşme veri iletişimi. 19
Şekil 2. 8 Türk standartları enstitüsü. 21
Şekil 2. 9 Dış boyutlar ve vida çapları. 22
Şekil 2. 10 Altium ile çizilmiş örnek şematik. 23
Şekil 2. 11 Tasarım kurallarına uyularak tasarlanmış elektronik devre kartı tasarımı. 25
Şekil 2. 12 Altium ile gerçekleştirilmiş ısı simülasyonu. 26
Şekil 2. 13 Test cihazındaki EMI tespit noktaları. 28
Şekil 2. 14 Örnek filtreleme devresi. 28
Şekil 2. 15 Örnek EMC laboratuvarı. 29
Şekil 3. 1 Ana çalışma algoritması. 33
Şekil 3. 2 Setup fonksiyon algoritması. 34
Şekil 3. 3 Tanıtma fonksiyon algoritması. 35
Şekil 3. 4 Batarya fonksiyon algoritması. 37
Şekil 3. 5 Haberleşme ve alarm fonksiyon algoritması. 39
Şekil 3. 6 BGM220P modülü fiziksel görünümü. 41
Şekil 3. 7 BGM220P iç yapısı. 43
Şekil 3. 8 BGM220P blok diyagramı. 44
Şekil 3. 9 EFR32 referans şematik tasarımı. 45
Şekil 3. 10 Antene ait radyasyon verimliliği ve uygulama sonuçları. 47
Şekil 3. 11 BGM220P tavsiye edilen PCB yerleşimi. 48
Şekil 3. 12 ESP32 Wi-Fi modülü fiziksel görünümü. 49
Şekil 3. 13 ESP32 iç yapısı. 52
Şekil 3. 14 M66 GSM modülü fiziksel görünümü. 54
Şekil 3. 15 S2-LPQTR sadeleştirilmiş blok diyagramı. 58
Şekil 3. 16 S2-LPQTR durum sorgu diyagramı. 60
Şekil 3. 17 STM32L011F4P6TR 20-TSSOP kılıfı fiziksel görünümü. 61
Şekil 3. 18 BGM220P teknik resmi. 63
Şekil 3. 19 BGM220P 3B tasarım. 63
Şekil 3. 20 BGM220P tavsiye edilen kılıf tasarımı. 64
Şekil 3. 21 BGM220P kılıf tasarımı. 65
Şekil 3. 22 BGM220P şematik model tasarımı. 66
Şekil 3. 23 M66 GSM modülü pin görevleri. 67
Şekil 3. 24 M66 GSM modülü şematik tasarım. 68
Şekil 3. 25 M66 GSM modülü fonksiyonel diyagram yapısı. 69

Şekil 3. 26 Yayın esnasında oluşan gerilim dalgalanması. 69
Şekil 3. 27 Tavsiye edilen Vbat kapasitör desteği. 70
Şekil 3. 28 Şematik tasarıma uygulanan kapasitör destek sistemi. 70
Şekil 3. 29 Anlık gerilim artışlarına karşı alınan önlem. 71
Şekil 3. 30 Open-Collector sürücülü powerkey kontrolü. 71
Şekil 3. 31 Anahtarlama elemanı ile powerkey kontrolü. 72
Şekil 3. 32 Powerkey kontrolü için uygulanan yöntem. 73
Şekil 3. 33 Mosfet aracılığıyla anahtarlama yöntemi. 74
Şekil 3. 34 Mikrofon girişi referans şematik tasarımı. 75
Şekil 3. 35 Şematik üzerinde tasarlanan mikrofon bağlantı yapısı. 75
Şekil 3. 36 Tavsiye edilen hoparlör bağlantısı. 76
Şekil 3. 37 Tavsiye edilen yükseltilmiş hoparlör bağlantısı. 77
Şekil 3. 38 Yükseltilmiş hoparlör bağlantı şematik tasarımı. 77
Şekil 3. 39 Tavsiye edilen SIM kartı bağlantısı. 78
Şekil 3. 40 SIM kartı şematik tasarımı. 79
Şekil 3. 41 Kilitleme özelliği bulunan SIM kartı soketi. 80
Şekil 3. 42 Micro SD kart yuvası. 80
Şekil 3. 43 Tavsiye edilen sd kart şeması. 81
Şekil 3. 44 Tasarımı gerçekleştirilen SD kart yuvası şematik bağlantısı. 82
Şekil 3. 45 Tavsiye edilen anten şeması. 83
Şekil 3. 46 Anten şematik tasarımı. 83
Şekil 3. 47 Netlight referans şeması. 84
Şekil 3. 48 Netlight şematik tasarımı. 84
Şekil 3. 49 BGM220P bacak yapısı. 85
Şekil 3. 50 BGM220P JTAG şematik bağlantısı. 86
Şekil 3. 51 Gerilim dalgalanma önleyici kapasitör desteği. 86
Şekil 3. 52 BGM220P modül şematik tasarımı. 87
Şekil 3. 53 ESP32 bacak yapısı. 88
Şekil 3. 54 ESP32 JTAG referans bağlantısı. 89
Şekil 3. 55 ESP32 JTAG şematik bağlantısı. 89
Şekil 3. 56 Gerilim dalgalanma önleyici kapasitör desteği. 90
Şekil 3. 57 ESP32 modül şematik tasarımı. 90
Şekil 3. 58 S2-LPQTR bacak çıktıları. 91
Şekil 3. 59 S2-LPQTR referans şematik tasarımı. 92
Şekil 3. 60 S2-LPQTR gerçekleştirilen şematik tasarım. 93
Şekil 3. 61 STM32L mikro denetleyici bacak çıktıları. 94
Şekil 3. 62 STM32L mikro denetleyici şematik tasarım. 95
Şekil 3. 63 STM32L decopuling kapasitörleri. 95
Şekil 3. 64 STM32L yazılım port girişi. 96
Şekil 3. 65 NCR18650 3.7V 3400mAh batarya. 96
Şekil 3. 66 Mikro B soketi. 97
Şekil 3. 67 MCP73831T-2ACI/OT şarj entegresi. 98
Şekil 3. 68 TVS diyotları. 98
Şekil 3. 69 NCP718ASN330T1G 3V3 gerilim regülatörü. 99
Şekil 3. 70 Kablolu bağlantı şematik tasarımı. 100
Şekil 3. 71 Buzzer sürme devresi. 101
Şekil 3. 72 Buzzer ses artırıcı yükselteç devresi. 102
Şekil 3. 73 Durum bildiri ışıkları. 102

Şekil 3. 74 Sökme tespit butonu. 103
Şekil 3. 75 Master tanıtma butonu. 103
Şekil 3. 76 Devre kartına aktarılan elektronik devre malzemeleri. 104
Şekil 3. 77 Kabuk PCB tasarımı. 105
Şekil 3. 78 GSM yerleştirilmiş PCB tasarımı. 107
Şekil 3. 79 Hoparlör yerleştirilmiş PCB tasarımı 107
Şekil 3. 80 Bluetooth yerleşmiş PCB tasarımı. 108
Şekil 3. 81 Wi-Fi yerleştirilmiş PCB tasarımı. 108
Şekil 3. 82 RF yerleştirilmiş PCB tasarımı. 109
Şekil 3. 83 Güç üniteleri yerleştirilmiş PCB tasarımı. 110
Şekil 3. 84 Mikro denetleyici yerleştirilmiş PCB tasarımı. 110
Şekil 3. 85 Ses ünitesi yerleştirilmiş PCB tasarımı. 111
Şekil 3. 86 Malzeme yerleşimi tamamlanmış PCB tasarımı. 112
Şekil 3. 87 Veri iletim hatları bağlanmış PCB tasarımı. 113
Şekil 3. 88 Gerekli tüm bağlantılar yapılmış PCB tasarımı. 114
Şekil 3. 89 Tasarımı tamamlanmış PCB tasarımı. 114
Şekil 3. 90 STM32CubeMX arayüzü. 115
Şekil 3. 91 STM32CubeMX üzerinden denetleyici seçimi. 116
Şekil 3. 92 STM32L011F4P6 bacak ayarlamaları. 116
Şekil 3. 93 Bacak çıktılarının isimlendirilmesi. 117
Şekil 3. 94 Bacak çıktılarının ayarlanması. 117
Şekil 3. 95 UART ayarlanması. 118
Şekil 3. 96 UART Interrupt karar mekanizması. 118
Şekil 3. 97 GPIO pinleri karar mekanizması. 119
Şekil 3. 98 Simplicity Studio arayüzü. 119
Şekil 3. 99 BLE kütüphane çağrımları. 120
Şekil 3. 100 Bluetooth GATT ayarlaması. 120
Şekil 3. 101 Bluetooth UID ataması. 121
Şekil 3. 102 Bluetooth veri durum bilgisi. 121
Şekil 3. 103 Bluetooth UART veri sorgulaması. 122
Şekil 3. 104 Bluetooth yayın başlangıcı. 122
Şekil 3. 105 Bluetooth Beacon ayarlaması. 123
Şekil 3. 106 Bluetooth üzerinden bulunan çevre birimlerinin özellikleri. 123
Şekil 3. 107 RSSI okunan modüllerin gruplandırılması. 124
Şekil 3. 108 Arduino IDE'ye board eklenmesi. 125
Şekil 3. 109 ESP32 ürün kurulumu. 125
Şekil 3. 110 Wi-Fi modülü internet bağlantısı. 125
Şekil 3. 111 Wi-Fi seri haberleşme başlangıcı. 126
Şekil 3. 112 Wi-Fi modülü UART ayarlanması. 126
Şekil 3. 113 UART gelen veri kıyaslaması. 126
Şekil 3. 114 UART gelen verinin internete çıkarılması. 127
Şekil 4. 1 Dizgisi gerçekleştirilmemiş devre kartı. 131
Şekil 4. 2 Dizgisi gerçekleştirilmiş enerji verilmemiş devre kartı. 132
Şekil 4. 3 Dizgisi gerçekleştirilmiş enerji verilmiş devre kartı. 133
Şekil 4. 4 Enerji bağlantısı kapatılmış kartın akım değeri. 133
Şekil 4. 5 Enerji bağlantısı aktif edilmiş kartın akım değeri. 134
Şekil 4. 6 Yazılımsal geliştirmeleri tamamlanmış kartın akım değeri. 135
Şekil 4. 7 Veri adeti ve başarı oranı arasındaki ilişki grafiği. 136

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar, yeri geldiğinde doğal yollardan yeri geldiğinde ise avcı gibi çevresel faktörlerden oluşabilecek tüm tehditlerden korunmak maksadıyla çeşitli imkânları, alet edevatları ve zamanın teknolojisini kullanarak barınak, kulübe gibi kendilerini koruyabilecekleri ev kavramını oluşturmaya başlamışlardır. İlk ev oluşumları ağaç dalı ve yaprak kullanarak olsa da zamanla toprak ve taşta oyma işlemleri, ardından ise beton ve teknolojiyi kullanarak devrem gibi güçlü çevresel faktörlere dayanabilecek evler inşa edebilmişlerdir.

Günümüzde gelişmekte olan ev modelleri ve güvenlik anlayışıyla beraber, insanların şahsına ait özel alanlar oluşmaya başlamıştır. Bu oluşum ile beraber güvenlik faktörünün yanı sıra konfor faktörü de devreye girmiştir. Bu konfor faktörünü oluşturmak, mevcut olan seviyeyi daha da geliştirmek adına ev alanı içerişinde kullanılan temel eşyalar ile birlikte evler de gelişme göstermiştir.

İnsanoğlunun hayatına konfor kavramının girmesi ile beraber, bu konforu artıracak yönde ev içerisinde maddi değeri bulunan bir takım eşya bulundurma eğilimi gözlemlenmiştir. Maddi değeri bulunan bu ürünleri, çalınma gibi durumlardan korumak maksadıyla aynı oranda teknolojinin cevap verebildiği şekilde güvenlik önlemleri alınmaya başlanmıştır. Artan konfor ve güvenlik temalı ürün neticesinde insanların bunları kontrol etmesi zorlaşmış ve tek bir yerden kontrol edebilme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bunu gerçekleştirmek için ise elektronik cihazlar ilk başlarda kablolu ardından ise kablosuz olarak birbirleri ile iletişim kurmaya başlamış, ardından merkezi bir kontrol ünitesi aracılığıyla insanlar tarafından programlanmaya başlanmıştır. Yükselen bir ivme ile konfor ve güvenlik alanı akıllandıkça, kullanılmakta oldukları evlerde akıllanarak Akıllı Ev (Smart Home) kavramı oluşmaya başlamıştır.

Akıllı Ev kavramının ilk temelleri 1960'lı yılların başlarında kablolu evler (wired homes)'in geliştirilmesi ile atılmıştır lakin Akıllı Ev kavramı resmi olarak ilk 1984 senesinde American Association of House Builders tarafından kullanılmıştır (Harper, 2006).

Her ne kadar günümüzde Akıllı Ev kavramı yaygın olarak kullanılıyor olsa da, birçok akıllı cihaz, gerçek anlamda akıllı değildir. Ürünlerin pazarda üstünlük oluşturması ve müşteri talebi yaratmak adına kullanılan olan bir pazarlama taktiğidir. Riverside Concept Houses, bir evin akıllı olarak tanımlanabilmesi için bir kumanda aracılığıyla veya internet üzerinden ev içerisinde bulunan ışıklandırma, havalandırma, soğutma, ısıtma gibi elektrik ile kontrol edilebilir bir sistem olması gerektiğini belirtmiştir (Houses, 2014). Araştırmacılar ise "Akıllı Ev" kavramını, yapay zekâya sahip öğrenme algoritmalarını kullanan ve bu öğretiler sonucunda ısıtma, soğutma gibi eylemleri yerine getirebilen sistemler olarak tanımlamıştır (Mennicken, Vermeulen & Huang, 2014).

Akıllı ev kavramının oluşmasının amacı elektrikle çalışan cihazların kullanıcı dostu bir hal alarak basit sistemler ile kontrol edilebilmesini sağlamaktır (Stefanov, Bien & Bang, 2004). Bu amacın zamanla gerçekleştirilmesi sayesinde, cihazların kontrolü rahatça ele alınabilir hale gelmiştir. Elektrik ile çalışan cihazların kontrolünün kolay hale gelmesi ile beraber elektrikli cihazlar konfor ve güvenlik alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Örnek olarak; bakılmaya muhtaç olan bireylerin sağlık ve fiziki takipleri, belirlenen tarih ve saatlerde temizlik ve havalandırma gibi durumların otomatik olarak yapılması örnek gösterilebilir.

Konfor ve güvenlik alanında kullanıcısına imkân ve çözüm sağlayan bu sistemler, gelişen teknoloji sayesinde yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi teknolojik gelişmelerle birlikte ilk ortaya çıktığı yıllara kıyasla büyük bir gelişme göstermiştir. Tasarımcılar ise yapay sinir ağları gibi yöntemleri kullanarak, ev, işyeri gibi alanlarda kullanıcı hareketlerini takip edip kayıt altına almış ve bu kayıtlardan yola çıkarak ev içerisinde günlük işleri otomatik yerine getirebilen ev otomasyon sistemleri geliştirmişlerdir (Alam, Reaz & Ali, 2012).

Bu tez çalışmasında, teknolojinin sağlamış olduğu imkânlardan ve yapılan akademik çalışmalardan yola çıkarak, yapay zekâ algoritmalarının kullanımı ile kullanıcının ev, işyeri, ofis gibi kullanılması istenildiği alanlarda konfor ve güvenlik

kalitesini artırmak amacıyla kullanıcıya veya kullanıcılara ait verilerin toplanması ve bu verilere dayanarak otonom hizmet edilmesi planlanmıştır.

Toplanan bu veriler ışığında kullanıcıların gün içerisinde gerçekleştirmiş oldukları yineleyen davranışlar takip edilmekte, öğrenilmekte ve yorumlanmaktadır. Bunun sonuncunda kullanıcının gerçekleştirdiği yineleyen işlemler bu tez çalışmasında tasarlanan cihaz tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Verilerin sayısının artması ve kullanıcı eylemlerinin tekrarlaması sayesinde kullanıcının her gün gerçekleştirmiş olduğu davranışlar, yapay zekâ algoritmaları sayesinde öğrenilecek olup tasarlanan cihazın performansının zamanla artmasını sağlamaktadır. Öğrenilen verilerden yola çıkılarak kullanıcının bir sonraki davranışı tahmin edilebilmekte ve kullanıcı adına gerçekleştirilebilmektedir.

Kullanıcı verilerinin toplanacağı, saklanabilmesi ve incelenmesi adına internete çıkarılmasına olanak sağlayan alıcı ünite olarak da isimlendirilen cihazın yanında, cihaza konum belirlemede yardımcı olabilmesi ve konum bilgilerinin doğruluğunun teyit edilebilmesi adına PIR, manyetik kontak, gaz dedektörü gibi bir takım algılayıcı üniteler de ayrıca tasarlanmıştır. Bu sensörler çeşitlilik gösterebilecek esnekliğe sahip olup üzerinde aynı haberleşme protokolüne sahip Bluetooth haberleşmesi barındıran herhangi bir ünite bahsi geçen algılayıcılar ile ortak bir şekilde çalışabilir.

Bu tez çalışması Kale Kilit ve Kalıp Sanayi A.Ş. bünyesinde gerçekleştirilmesi sebebi ile toplanan kullanıcı verileri ile Bluetooth haberleşmeye sahip çelik kapı kilitleri çalıştırılmıştır. Fakat uygulanması durumunda ev içerisinde bulunan ve konfora hizmet eden vantilatör, ışık, perde, beyaz eşya gibi elektrik ile çalışan ürünler de tasarlanan ünite aracılığıyla kullanıcı verilerine dayanarak kablosuz olarak çalıştırılabilir.

Bu tez çalışmasında hedeflenen ana amaç, kullanıcının gün içerisinde tekrarlı olarak gerçekleşen davranışlarını zamanla öğrenip, kullanıcının yerine gerçekleştirmektedir. Gerçekleştirmenin hedefinde ise kullanıcının konforunun artırılması düşünülmüş olup artırılan konfor ve kolay kullanım ile kullanıcı dostu olması planlanmıştır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. Akıllı Ev

1980'lerin başların ortaya atılan Akıllı ev kavramı, zamanın teknolojisini kullanarak ev içerisinde yaşayan bireylerine ihtiyaçlarını karşılayan, yine aynı bireylerin yaşamlarını kolaylaştıran ve güveni ve konforu yüksek, maliyet açısından daha uygun bir yaşam biçimi sunan ev veya benzeri ortamlar için kullanılmaktadır. Akıllı evler, bünyesinde barındırdığı cihazlar sayesinde kullanıcı tarafından kontrol edilebilmektedir (Stefanov vd., 2004). Akıllı ev kavramının ilk oluşmaya başladığı günlerde aydınlatma armatürlerini açıp kapatmak, ışık yakmak, perdeleri açıp kapatmak gibi düşük kapasiteli işlemler gerçekleştirilmekteydi. Gelişen teknoloji ile birlikte her geçen gün akıllı ev kavramı daha yeni fonksiyonlar kazanmakta ve en başlarda hayal olarak kabul edilen her fikir yavaş yavaş gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Günümüzde ise aklımıza gelecek her senaryo rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir.

2.1.1. Akıllı Evlerin Kabiliyetleri

Akıllı evler kullanıcısının rahatlığını temel alarak ilk olarak fikirde oluşturulmuş, ardından eylem olarak gerçekleştirilmiş sistemlerdir. Fikir olarak ilk başlarda insanların ihtiyaç duyduğu alanlarda gerek insan gücünü azaltmak gerek insana konfor sağlamak için ortaya çıkmışlardır. Teknolojinin, istenen senaryoları karşılayabilecek yeterliliğe sahip olamaması sebebiyle ilk başlarda çoğu istek ertelenmek durumunda kalmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte oluşan bu fikirler, istemler doğrultusunda gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Cook, Crandall, Thomas & Krishnan, 2012).

Akıllı evlerin ilk yaygınlaştığı dönemlerde sadece aydınlatma armatürlerini kontrol etme gibi basit işlemleri yerine getirebiliyor olması bu alanın durgunlaşmasına

veya gerileyip yok olmasına izin vermemiştir. Aydınlatma armatürlerinin kontrolü ile başlayan bu yolculuk zamanla perdelerin kontrolü, havalandırma, ısınma gibi temel ihtiyaçların kontrolünü ele almıştır. Bunun ardından konfor alanına hizmet vermeye başlayan akıllı ev sistemleri son zamanlarda ise güvenlik alanlarında da eylemler gerçekleştirmeye başlamıştır.

2.1.2. Akıllı Evlerde Kullanılan Haberleşme Yöntemleri

Genel olarak evlerde kullanılan bu sistemler teknolojinin yaygınlaşması ve güven sağlaması sebebiyle iş yeri, ortak alanlar, alışveriş merkezleri gibi birden fazla insanın bulunduğu alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Kullanıma başlandığı ilk ortamlarda kısıtlı sayıda insana hizmet eden bu sistemler gerek insan sayısının azlığı gerekse gerçekleştirilecek işlemin basitliği sebebiyle kablolu haberleşme üzerinden istenilen eylemleri yerine getirebilmekteydiler (Huang, Chen & Zhang, 2020). Artan talep ve istemler sebebiyle kablolu haberleşme yöntemi yeterli gelmemeye başlamıştır. Bunun dışında uygulanması istenilen alanların karmaşıklığı ve kablo montaj zorluğundan dolayı kablosuz haberleşme yöntemleri tercih edilmeye başlanmıştır. Farklı senaryo ve kullanım alanlarına göre GSM, Bluetooth, RF ve Wi-Fi gibi farklı kablosuz haberleşme yöntemleri tercih edilmeye başlanmıştır.

2.1.2.1. GSM

GSM, günümüzde özellikle cep telefonlarında kullanılan iletişim protokolüdür. Global System for Mobile Communications olarak da bilinen bu protokolde, telefon numarası olarak adlandırılan ve her birime özel olarak atanan bir numara mevcuttur. Bu numara vasıtası ile GSM'in kullanıldığı alanlar kişiselleştirilebilmektedir. GSM'in en önemli özelliklerinden bir diğeri ise uydu vasıtası ile çalışabilmesi sayesinde dünyanın istenilen bir noktasındaki başka bir GSM hattı ile iletişime geçebilmesidir (Teymourzadeh, Ahmed, Chan & Hoong, 2013).

Konum farkı veya uzaklığı gözetmeksizin çalışan bu protokol, aylık ödemesi sebebiyle çoğu kullanıcının tercih etmemesi sebebiyle ek seçenek olarak sunulmaktadır. GSM özelliği bulunan akıllı ev sistemlerinde internete bağlı olmasanız dahi, cep

telefonunuza SMS göndererek size akıllı sistemin kurulduğu alanın güncel bilgilerini veya istenmeyen bir durum olduğundan durum hakkında sizinle bilgi paylaşabilmektedir.

2.1.2.2 Bluetooth

Bluetooth, kablo bağlantısını ortadan kaldırmak ve düşük güç tüketimi hedeflenmiş kısa mesafe radyo frekansı (RF) teknolojisinin adıdır. Adını Viking olan Danimarka Kralı Harald Bluetooth'dan adını alan Bluetooth, 1994 yılında Ericsson firması tarafından cep telefonları başta olmak üzere birden fazla mobil cihazı kızılötesi haberleşme yerine kablosuz olarak artırılmış mesafe ile birlikte birbirleri arasında iletişim kurmak için geliştirilmiştir.

Düşük güç tüketmesi sayesinde birçok kablosuz haberleşme yapılan alanda seçilen Bluetooth haberleşme yöntemi, özellikle pil ile çalışan akıllı ev sistemine bağlanan çevre birimlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük güç tüketmesi sayesinde pil değişim sıklığının az olması sebebiyle kullanıcılar tarafından bu tarz cihazlar daha çok tercih edilmektedir.

Bluetooth radyo spesifikasyonu, 2.4 GHz. frekans bandında çalışan radyo ünitesi özellikleri ile alıcı ve verici karakteristikleri verilmiştir (Bluetooth, 2006). Bluetooth spesifikasyonuna uygun olarak geliştirilen uygulamaların birbirleri ile uyumlu olarak çalışmalarını sağlamak için Temel bant Protokolü, Link Yönetim Protokolü, Lojik Link Kontrolü ve Adaptasyon Protokolü, Servis Keşif Protokolü, RFCOMM, IrDA Uyumluluğu, Ses ve Telefon Kontrolü Protokolü ile Host Yönetim Arayüzü Protokolleri bulunmaktadır (Erkoç, 2003).

2.1.2.3. Radyo Frekansı (Radio Frenquence)

Geçmişi 1940 gibi eski tarihlere dayanan ve birçok farklı alanda kullanılmakta olan RF teknolojileri, kendini ispatlamış, oldukça yaygın kullanılan ve gelişime açık bir haberleşme türüdür (Özmen & Birgün, 2011).

Eski bir teknoloji olması sebebiyle birçok alanda aktif olarak rol oynayan, bilinirliği ve uygulanabilirliği yüksek olan RF teknolojisi, akıllı ev sistemlerinde de yer almaktadır. RF teknolojisi çalışma mantığı sebebiyle geniş çaplı ve duvar gibi sinyal

soğuran engellerin bulunduğu alanlarda kullanıma daha uygundur. Lakin bu uygunluk enerji tüketimi olarak geri yansımaktadır. Enerji tüketiminin yüksek olması sebebiyle akıllı ev sistemlerinde enerji beslemesinin sabit olduğu alanlarda daha çok tercih edilmektedir.

2.1.2.4. Wireless Fidelity (Wi-Fi)

Wi-Fi, bir diğer adıyla Wireless Fidelity, kişisel bilgisayar, dijital ses oynatıcıları, akıllı ev sistemleri, IoT (Internet of Things) ürünleri ve akıllı telefonlar gibi aynı ağ içerisinde bulunan cihazların kablosuz olarak birbirlerine bağlanmasını sağlayan kablosuz haberleşme teknolojidir.

5GHz frekanslarında haberleşmenin gerçekleştirildiği bu haberleşme sisteminde, haberleşmesi istenen cihazlar, modem gibi internete çıkabilen bir cihazın oluşturmuş olduğu yerel alan ağına bağlanarak kendileri de internete çıkabilirler. İnternete çıkabilmeleri sayesinde gerçekleştirdikleri eyleme göre ya kullanıcıya bilgilendirme ya da kullanıcıdan emir alma gibi kendilerine tanımlanan görevleri yerine getirebilirler (Al Azam vd., 2019).

Özellikle son dönemlerde yüksek bir ivme ile hızlanan Wi-Fi teknolojisi, IoT pazarında yüksek bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla beraber akıllı ev sistemlerinde de aynı şekilde yüksek bir yer edinmeye başlamıştır. Özellikle kullanıcı pazarından gelen "İstenilen yerden, İstenilen zamanda" isteri, istemsiz olarak akıllı ev sistemini Wi-Fi teknolojisine doğru yöneltmiştir.

2.1.3. Akıllı Evlerde Kullanılan Konfor Temalı Çevre Birimleri

Akıllı ev kavramının oluşmasındaki en büyük etkenlerden biri, insanların her gün tekrarlayarak gerçekleştirdikleri eylemlerin otomasyon sistemleri tarafından gerçekleştirilmesiydi. Bir hayal olarak ortaya atılan bu hedef, zamanla kademe kademe gerçekleştirilmekle kalmayıp, seri üretime bile dönüştürülmüştü.

Zamanın kısıtlı ve değerli olması sebebiyle insanoğlu her gün aynı işleri tekrarlamak yerine, kendileri yerine bunları gerçekleştirecek otomasyon sistemleri gerçekleştirmesi sonucunda ortaya çıkan bu hareket kaçınılmaz bir şekilde evlerimize de

yansımıştır. Evlerimizde ilk başlarda küçük işlerde kullanılan bu uygulamalar zamanla daha büyük alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Evlerde kullanılmaya başlanan otomasyon sistemleri, ilk olarak ışık kontrolü, priz kontrolü gibi elektrik ile çalışan ürünlerin elektriklerini kontrol ederek, evlerde yerlerini almaya başlamıştır. Zamanla perde kontrolü, kapı kontrolü gibi motor ve kablosuz haberleşme ile kontrol edilebilecek özelliklere sahip yeni ürünler bu aileye eklenmiştir. Ailenin genişlemesi ile beraber akıllı ev takısını alan bu otomasyon sistemleri günümüzde ev içerisinde bulunan her şeyi kullanabilecek duruma gelmiştir. Kullanıcının vaktinin büyük bir çoğunluğunu geçirdiği alanlarda, konforunun maksimum seviyede olması hedeflenen bu sistemler günümüzde ise akla gelebilecek her özelliği barındırmakta olmakla beraber, her çeşit konfor seçeneğini de kullanıcısına sunmaktadır (Irak & Yılmaz, 2019).

Akıllı ev sistemlerinin genellikle kontrol ettiği sistemlere değinmek gerekirse, günümüzde her evde bulunan beyaz eşyalar, harekete duyarlı ışıklar ve kapılar, akıllı telefonlar, göstergeler, prizler, ısıtma ve soğutma sistemleri gibi birden çok farklı alan örnek gösterilebilir.

2.2. Güvenlik Sistemleri

İnsanoğlu Dünya'ya ilk geldiği tarihten bu yana her zaman başta temel ihtiyaçlarını karşılama odaklı olarak yaşamını sürmüştür. Yiyecek, su, barınma ve dinlenme ihtiyacını karşılamasının ardından bir sonraki kademe olan güvenlik ve korunma ihtiyacını sağlamaya yönelik bir takım adımlar almıştır. Her ne kadar Dünya'ya ilk gelişimizden bu yana yıllar geçse de bu temel içgüdüler hala devam etmektedir (Aldrich, 2003). Bugün bile gıda ve barınak ihtiyacımızı sağladıktan sonraki düşüncemiz güvenliğimizi sağlamak şeklindedir.

Akıllı ev sistemleri ilk çıktığı yıllarda kullanıcısına konfor sağlamasının yanında, teknolojisi ve yaygınlığı geliştikçe insanoğlunun diğer ihtiyacı olan korunma alanında da kendini gösterme yolunca eğilim göstermiştir. Korunma alanında ilk olarak basit etkileşimlerin yapıldığı alanlarda kendini gösterse dahi ilerleyen zamanla beraber daha karışık ve kişiye özel senaryolara cevap verebilecek yetkinlikle gelişmeler göstermiştir (De Silva, Morikawa & Petra, 2012).

2.2.1. Güvenlik Sistemi Kabiliyetleri

Güvenlik sistemleri tarihte oluşmaya başladığı ilk yıllarda mekaniksel olarak oluşmaya başlamıştır. Gerek teknolojinin gelişmesi gerekse kullanım alanlarının çeşitliliği sebebiyle bulunduğu devrin bilimsel gelişmelerine göre güvenlik kavramı da evirilmiştir. Elektriğin yaygınlaşması ile birlikte güvenlik ihtiyacı mekanik yerine elektrik kullanılarak karşılanmaya başlanmıştır (Manandhar vd., 2020). Elektriğin yavaş yavaş mekaniğin yerine alması ile gelişen güvenlik sektörü elektronik ile birlikte bir sonraki kademesine ulaşmıştır. Elektronik güvenlik sistemleri, oluşmaya başladığı ilk yıllarda kullanıcısına basit çözümler sunabilmiştir fakat gelişen teknoloji ile birlikte her geçen gün kendi bünyesine yeni özellikler katabilmekte, her geçen dakika kendini daha da geliştirebilmektedir.

2.2.2. Güvenlik Sistemlerinde Kullanılan Çevre Birimleri

Teknoloji ile birlikte gelişen güvenlik sistemleri de her kullanıcı tipine ve her kullanım alanına göre farklı çözümler sunabilmektedir. Korunması istenilen bölümün kapısından, aynı bölümün kamera aracılığıyla 7/24 izlenmesi gibi her isteğe özgü seçenekler mevcuttur. Güvenlik kavramından bahsederken sadece can güvenliği olarak düşünülmemelidir. Can güvenliğinin yanı sıra maddi zararları da önlemek amacıyla güvenlik tedbirleri elektronik çevre birimleri ile alınabilmektedir.

Bu çevre birimlerine örnek verecek olursak:

- Cam dedektörü
- Darbe dedektörü
- Duman dedektörü
- Gaz dedektörü
- Hareket dedektörü
- Isı dedektörü
- Karbon monoksit dedektörü
- Manyetik dedektör
- Su taşma algılayıcısı
- Kamera

- Siren

Yukarıda bahsedilen örnekler çok yaygın kullanımı bulunan örnekler olmakla beraber tüm seçenekler bunlarla kısıtlı değildir. Bahsedildiği gibi kullanıcıların senaryo taleplerine göre farklı çözümler sunulabilmesi sayesinde bazı durumlarda yeni sensörler, yeni dedektörler bile oluşturulabilmektedir.

2.3. Yapay Zekâ

Yapay zekâ takısı, çeşitli girdiler ve bilgi dağarcığı yardımıyla cisimler arasındaki ilişkileri anlayabilme, insan zekâsını ve davranışlarını taklit ederek istenilen işlemleri yerine getirebilme, topladıkları bilgiler ışığında kendilerini geliştirebilme ve bu işlevler sonucunda uyumlu şekilde bir amaç için kullanabilen sistemler veya makinelere verilmektedir (McCarthy, 2007).

Zekâ kavramının başka tanımları ve anlamları olsa da tüm zekâ teorileri zekânın geliştirilebilen ve biyolojik bir temeli olan bir tür yetenek veya potansiyel olduğu fikrine odaklanır. Bu nedenle zekâ, merkezi sinir sisteminin işlevleri de dâhil olmak üzere nesilden nesile aktarılan bir bireyin doğasında bulunur; deneyim, öğrenme ve çevre gibi faktörlerin bir kombinasyonudur (Toklu & Şentürk, 2020).

2.3.1. Yapay Zekâ Uygulama Teknikleri

Kullanım alanına ve istenilen işleme göre şekillendirilen, gelişen teknoloji ile birlikte çeşitlenmiş hatta özel amaçlı olarak sadece belirli alanlara hizmet eden teknikler bulunmaktadır (Laughton, 1997). Bunlardan yaygın olanları yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi tekniklerdir.

2.3.1.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (Yapay Sinir Ağları) veya kısaca Sinir Ağları (YSA), ağırlıklı bağlantılarla birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşan, insan beyninden esinlenerek paralel olarak dağıtılmış bir bilgi işleme yapısıdır (Yegnanarayana, 2009). En önemli özelliği ise yaşayarak öğrenebilmesidir. Yapay sinir ağlarının geliştirilmesinin amacı, insan beyninin bir özelliği olan yeni bilgi edinme, yeni bilgileri herhangi bir yardım almadan öğrenme yoluyla oluşturma ve keşfetme gibi yetenekleri otomatik olarak

elde etmektir (Hassoun, 1995). Yapay sinir ağları, bilgi ve öğrenme arasında bir ilişki kurabilir (Uğur & Kınacı, 2006).

2.3.1.2. Bulanık Mantık

Yıllardır süre gelen ve elektroniğin temel kavramı olarak bilinen 0 ve 1 kavramı aslında tanımlamaların ve anlamanın kolay olması için kullanılan bir tanım yöntemidir. Temel elektronik hala 0 ve 1 kullanıldığı doğrudur fakat daha büyük eylemleri yerine getiren sistemleri bu kadar basite indirmek hatalı olacaktır. Örnek vermek gerekirse eğer tüm sistemler 0 ve 1 kavramlarından oluşsaydı su sadece sıcak veya soğuk olabilme kabiliyetine sahip olacaktır. Bulanık mantık tanımlamasında ise su kullanışının isteği doğrultusunda ılık, az sıcak gibi farklı sıcaklık miktarlarında da bulunabilecektir (Zadeh, 1988).

Bulanık mantık kavramı, basit bir tabirle, birçok olasılığı inceleyerek işlenen ve yorumlanan tüm kavramların sonucunda karar verebilme yetisi olarak tanımlanabilir (Zadeh, 1988).

2.3.1.3. Diğer Teknikler

Genellikle kullanılan ve birçoğumuz sıklıkla duyduğumuz yapay sinir ağları, bulanık mantık, yapay zekâ tekniklerin dışında da bir takım teknikler bulunmaktadır. Bu teknikler genellikle belirli bir alana hitap ettikleri için isim olarak pek bilinmese de kullanım alanlarına göre başarılı bir şekilde hizmet edebilmektedirler.

Destek vektör makinesi modeli, Cortes ve Vapnik tarafından iki sınıfı birleştirmek için kullanılabilecek bir öğrenme yöntemi olarak önerildi. Bu öğrenme yönteminde doğrusal girdi vektörleri doğrudan işlenebilir ve doğrusal olmayan girdi vektörleri daha yüksek boyutlu doğrusal girdi vektörlerine dönüştürülebilir (Cortes & Vapnik, 1995). Son olarak elde edilen lineer vektördeki veriler, düzlem üzerine çizilen hiperdüzlem kullanılarak sınıflandırılabilir (Kavzoğlu & Çölkesen, 2010).

Markov modeli istatistiksel bir model olmasına rağmen, modeli daha iyi anlamak için rasgele değişkenler, rasgele süreçler ve modele ilişkin Markov özellikleri kavramlarının tanımlanması gerekmektedir. Rastgele değişkenler, tesadüfi değişkenleri ifade eder. Stokastik süreçler, bu rastgele değişkenlere bağlı olan süreçler olarak

tanımlanır. Akıllı ev otomasyonu düşünüldüğünde, bir konut sakininin her seferinde eve gitme süresi rastgele bir değişkendir ve 10 günlük eve varış verileri rastgele bir süreci temsil eder (Eddy, 2004).

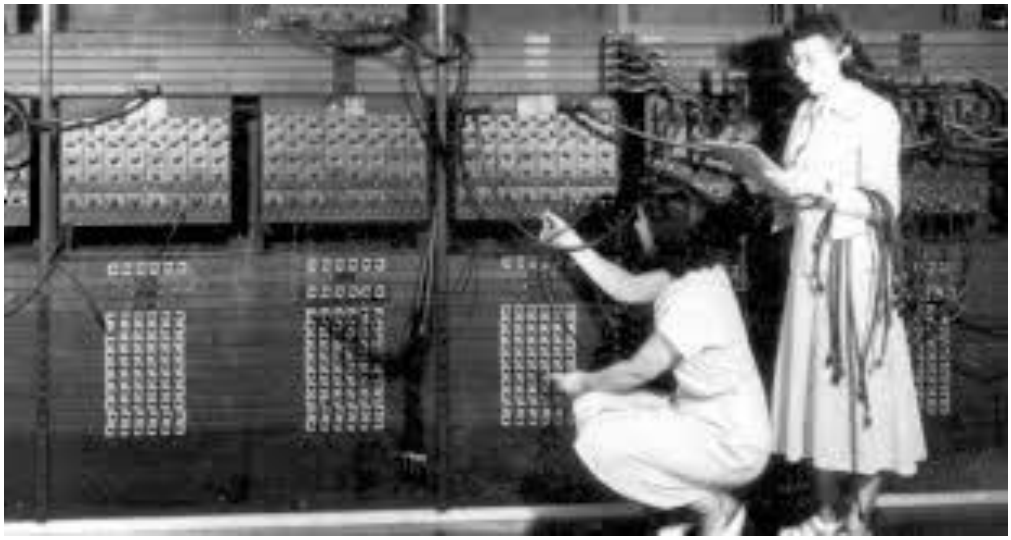
Naive Bayes, Bayes teorisine dayanan bir yöntemdir ve bu teoremde olayın olasılığının, olayla ilgili diğer koşullara bağlı olabileceğine inanılmaktadır (Webb, Keogh & Miikkulainen, 2010).

Çok ajanlı sistemler, birden çok etmen ve değişkenin birbiriyle etkileşime girdiği bir sistem olarak adlandırılır. Buradaki faktör, nesnelerin çevreden bilgi toplamak için sahip oldukları sensörleri kullanması ve gerektiğinde duruma göre tepki vermesidir. Çok etmenli sistem, dağıtılmış bir bilgisayar sistemidir. Ancak klasik dağıtılmış bilgisayar sistemlerinden farklı olarak akıllıdırlar (Van der Hoek & Wooldridge, 2008).

2.4. Temel Elektronik

2.4.1. Elektroniğin Tarihsel Gelişimi

Elektronik, sözlük karşılığında "elektrik aracılığıyla bilgileri işleyen, işlenmiş bilgileri bir noktadan başka noktaya taşıyan ve işlenmiş bu bilgileri depolayan sistemleri inceleyen bilim dalıdır." olarak geçse de bu anlamdan daha fazlasını taşıdığı herkesçe bilinmektedir (Coppola, 1984). İnsanoğlunun teknolojik olarak hala emeklemenin bile başında olduğu bu süreçte elektronik, daha önce göremediğimiz bir açıdan bize geleceği ve bu gelecekte nasıl bir yol izleyebileceğimizi göstermekle kalmayıp, hızlanmanın nasıl olabileceğini, insan gücü ve insandan kaynaklanabilecek hataların nasıl indirgenebileceği hatta nasıl yok edebileceğini gösteren bir bilim dalıdır.



Şekil 2. 1 Tarihin ilk elektronik bilgisayarı ENIAC.

Günümüzde çok iyi bir seviyeye gelmesine rağmen aslında elektronik çok da uzak bir geçmişe sahip değildir. İlk çalışmalar birçok bilim dalında da olduğu gibi element ve bileşikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1672 yılında yolculuğunun başlarında olan elektronik, Otto von Guericke'nin gerçekleştirmiş olduğu dönmekte olan kükürt kaplı bir küreye yün parçasını tutarak sürtünme yoluyla elektrik üretmesi ile başlamış, şu an ise cebimizdeki telefondan tutun yörüngemizdeki uydu ve Hubble teleskobu gibi birçok noktaya ulaşmıştır. Otto von Guericke'in gerçekleştirmiş olduğu bu deneyden sonra;

- 1729, Stephen Gray, metallerin iletken, ametallerin yalıtkan olduğunu keşfetti.
- 1745, Peter Van Musschenbroek, su dolu cam kavanoz ve metal çubuk kullanarak ilk kondansatörü yaptı.
- 1752, Benjamin Franklin, uçurtma üzerinden yıldırımı yönlendirerek ilk paratoneri gerçekleştirdi.
- 1794, Alessandro Volta, çinko ve gümüş plakalar arasına tuz karışımlı sıvı koyarak elektrik akımını elde etmiş oldu.

Andre Marie Ampere, Joseph Henry, Karl Friedrich Gauss, Heinrich Lenz, Georg Simon Ohm, Gustav Robert Kirchhoff, James Clerk Maxwell, Alexandar Graham, Thomas Alva Edison, Michael Faraday, Nikola Tesla ve adı burada geçmeyen birçok bilim insanı sayesinde elektronik bugün ki konumuna gelebilmiştir. Bu şekilde yoluna devam eden elektronik yakın zamanda ise;

- 1946, tarihin ilk bilgisayarı ENIAC kullanılmaya başlandı (Şekil 2.1).
- 1972, ilk mikroişlemci olan Intel 4004 üretildi.
- 1973, ilk mikrobilgisayar üretildi
- 1973, ilk cep telefonu Martin Cooper tarafından yapıldı.
- 1981, IBM firması kişisel bilgisayarlar ile bilgisayara bakış açısını değiştirdi.

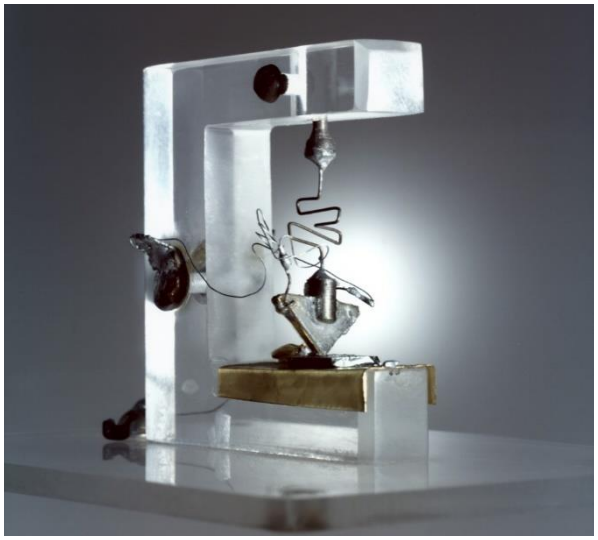
Görüldüğü üzere geçmişten bugüne bunlar gibi birçok buluş ve başarı sayesinde elektronik günümüze kadar hız kesmeden gelebilmiştir. Bu gelişme sürecinde ise elektronik, haberleşme, telekomünikasyon, kontrol, otomotiv, otomasyon gibi birçok dala ayrılmış, her alanda ne kadar önemli ve değerli olduğunu bir kez daha ispatlamıştır.

2.4.2. Elektronikte Kullanılan Başlıca Malzemeler

Gelişen teknoloji sayesinde istenilen her alana hizmet edebilen, her alanda birden fazla çözüm sunabilen birbirinden farklı değişik çözümler üretici firmalar tarafından sağlanmaktadır. Lakin her ne kadar malzemeler gelişirse gelişsin iş yapılarında hala pasif elektronik devre elemanları kullanılmaktadır. Başta transistör olan bu malzemeler birbirinden farklı kullanım yöntemleriyle yeni seçenekler sunabilmektedir. Transistör gibi direnç, kapasitör, bobin ve diyot gibi malzemeler bir araya gelerek işlemci, denetleyici, RTOS gibi çözümler sunabilmektedir.

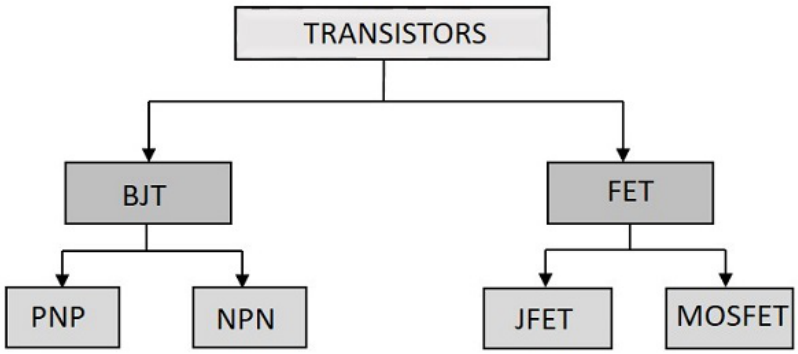
2.4.2.1. Transistör

Elektronik için en önemli buluşlarından biri olan ve 20.Yüzyılın başlarında bulunan, elektronik devreler için en önemli malzeme olan transistörler, 1947 yılında Bell kuruşuna ait laboratuvarlarda ince bir germanyum tabakası kullanılarak William Shockley, John Bardeen ve Walyer Brattain tarafından Şekil 2.2'deki transistor gerçekleştirildi (Kastner, 1992).



Şekil 2. 2 İlk transistör.

Yıllar boyunca yapılan çalışmalar sonucunda transistörler, kullanılan alan ve kontrol sistemine göre Şekil 2.3'deki gibi farklı dallara ayrılmıştır.

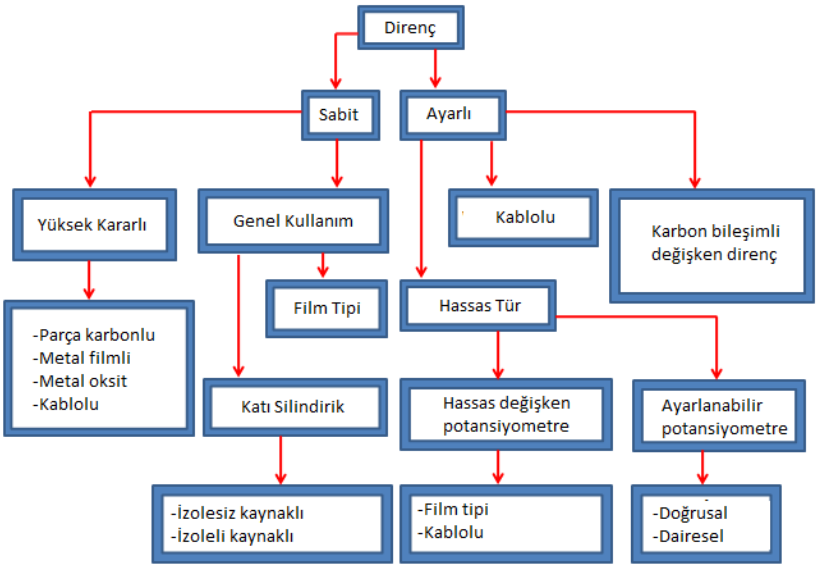


Şekil 2. 3 Transistör çeşitleri.

Transistörler tasarım amacı gereği hem anahtarlama elemanı hem de kuvvetlendirme elemanı olarak kullanılabilmektedir.

2.4.2.2. Direnç

Dirençler, devre üzerinde kullanıldığı alanda Ohm kanununa göre uçları arasında gerilim düşümü yaparak, akıma karşı koyan elektronik devre elemanlarıdır. Dirençlerde de ihtiyaç duyuldukları alan farklılıklarından dolayı zamana bağlı olarak Şekil 2.4'deki gibi farklı çeşitler oluşturulmuştur.



Şekil 2. 4 Direnç çeşitleri.

2.4.2.3. Kapasitör

Elektronların kutuplanarak elektriksel yükü elektrik alanının içerisinde depolanmasını sağlayan elektronik devre elemanıdır. Enerjinin depolanması veya sinyal filtreleme gibi alanlarda kullanılabilmektedirler. Kutuplu ve kutupsuz olarak iki ana türe ayrılmaktadırlar.

2.4.2.4. Diyot

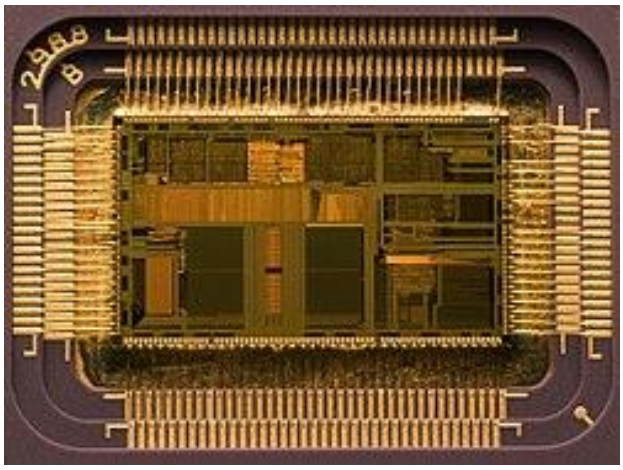
Diyotlar, elektrik akım akış yönünü kontrol etmek amacıyla tasarlanmış, elektrik akımının kontrollü bir şekilde, istenilen yönde geçişine izin veren, yarı iletken maddelerden yapılmış bir devre elemanıdır. Kullanım alanlarına göre LED, Zener, Schottky, Lazer, Kristal, Tünel, Foto, Varaktör, Mikrodalga, Gunn, IMPATT, Köprü, Silikon, Germanyum gibi farklı türlere ayrılmıştır.

2.4.2.5. Entegre Devreler

Entegre devreler, bilinen adıyla Integrated Circuits (IC), büyük çoğunlukla silikondan yapılmış yarı iletken malzemeler kullanılarak tasarlanmış metal bir plaka üzerine yerleştirilmiş bir grup elektronik devredir (Pavlidis, Savidis & Friedman, 2017). Tasarımları belirli bir amaca hizmet etmektedir. Bu sebepten ötürü kullanıcının isteğine göre farklı işlemler gerçekleştiremezler.

2.4.2.6. Mikroişlemciler

Ana işlem biriminin işlevlerini tek bir yarı iletken tüm devrede birleştiren programlanabilir bir dijital elektronik bileşendir. Yapıları CPU, önbellek ve giriş ve çıkış birimlerini içerir. Bu birim üzerinden veri işleme ve veri akışı sağlayın. Veri işleme, sayısal ve mantıksal işlemlerin gerçekleştirildiği CPU'daki aritmetik mantık birimi aracılığıyla gerçekleştirilir (Hennessy vd., 1982).



Şekil 2. 5 Intel 80486dx2 mikroişlemcisi.

Mikroişlemcilerden önce, elektronik ana işlem birimleri sadece birkaç transistör kullanılarak yapılıyordu. İşlem boyutu artıkça kullanılan transistör sayısı da artıyordu (Hills vd., 2019). Bu da hem maliyet hem de alan gibi birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Artan talepler sonucunda Intel tarafından 1989 yılında Şekil 2.5'deki i486 işlemcisi geliştirildi.

2.4.2.7. Mikro denetleyiciler

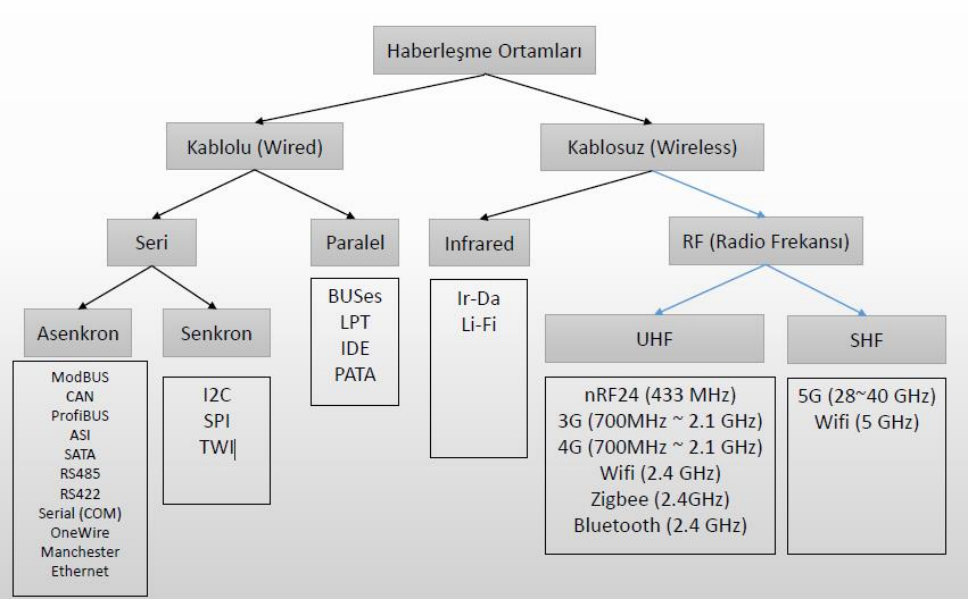
Mikro denetleyiciler, dışarıdan gelen veya beklenen veriyi içerisinde bulunan hafıza alanına kaydeden, üzerinde barındırdığı gömülü olan yazılım ile gelen bilgileri derleyen ve çıktı elde eden elektronik bir devre elemanıdır.

Mikro denetleyiciler çoğu zaman mikroişlemciler ile karıştırılmaktadır. Lakin mikroişlemciler içerisinde CPU, ön bellek ve I/O portlarını barındırırken, mikro denetleyiciler ise içerisinde mikroişlemci, RAM, ROM, hafıza alanı, I/O portları, seri ve paralel portlar, sayıcılar, analog-dijital çeviriciler barındırmaktadır (Axelson, 1997).

İçerisinde bulundurduğu birçok seçenek sayesinde mikro denetleyiciler hem gerçek zamanlı uygulamalarda daha başarılı sonuçlar sergilemekte hem de maliyet açısından daha uyguna gelmektedir.

2.4.3. Haberleşme Protokolleri

Mikroişlemci veya mikro denetleyici sistemlerin, sistemden istenilen işlevi yerine getirebilmesi için bir takım bilgileri harici çevrebirimlerinden edinmesi gerekmektedir. Seçilen çevre birimlerine girdilere göre mikroişlemci/denetleyici seçiminden sonra kullanılması tercih edilen haberleşme sistemi seçilmelidir. Haberleşme yöntemleri başta kablolu ve kablosuz olarak ayrılmakta olup alt dallarında senkron (eş zamanlı), asenkron (eş zamansız), paralel, kızıl ötesi, UHF ve SHF olarak ayrılmaktadır (Al-Sarawi, Anbar, Alieyan & Alzubaidi, 2017).



Şekil 2. 6 Haberleşme yöntemleri.

Tasarımcı hız, bağlantı topolojisi, mesafe, ortam ve maliyet gibi girdileri göz önüne alarak Şekil 2.6'da gösterilen haberleşme türlerinden istenilen girdilere uygun olan protokolü seçmelidir.

2.4.3.1. Seri Haberleşme Protokolleri

Mikroişlemci/denetleyiciler istenilen durumlarda seri veri iletim yöntemini kullanırlar. Seri haberleşme yönteminde iletilecek sinyallerin tek hat üzerinden art arda

gönderilir. Mikroişlemci/denetleyicini transferi gerçekleşecek olan veriye göre verici veya alıcı olarak görev üstlenebilmekte, gerçekleştirmekte olduğu veriyi ise senkron veya asenkron olarak alabilmektedir.



Şekil 2. 7 Seri haberleşme veri iletişimi.

Seri haberleşme sistemlerinde veri hattından iletilecek verinin, başlangıç noktasını belirlemek için başlama biti, veri aktarma işlemi sırasında oluşabilecek bozulmaları anlayabilmek için veri bitlerinin hemen ardından "parity" biti ve verinin bitiş noktasını belirtmek için "stop" biti kullanılır (Patrick, 2002). Bu haberleşme sisteminin özet anlatımı Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

2.4.3.1.1. Senkron Haberleşme

Senkron haberleşmede gönderilen veri biti ve alınan veri biti uyumlu olmak zorundadır. Haberleşmeyi gerçekleştirecek olan mikroişlemci/denetleyici ile veri transferi yapacağı çevrebirimi eş zamanlı olarak çalışmak zorundadır (Subero, 2018). Haberleşmenin sürekli, hızlı ve daha az hatalı olması gerektiği durumlarda senkron haberleşme tercih edilir.

2.4.3.1.2. Asenkron Haberleşme

Asenkron haberleşmede veri tek başına iletilir zamanlama sinyali ile birlikte iletilmez, çünkü senkronizasyon için start ve stok bitleri kullanılır. Minimum donanım kullanımının tercih edildiği alanlarda yaygınlıkla kullanılır (Branon & Essex, 2001). Ayrıca düşük hızda veri iletimi yapması sebebiyle hem daha az hata meydana gelir hem de oluşan bit hataları daha hızlı bir şekilde tespit edilebilir.

2.4.3.2. Paralel Haberleşme Protokolleri

Mikroişlemci/denetleyici ve veri transferi yapacağı çevrebiriminin, gerçekleştirecekleri veri transferini aynı anda sekiz farklı bağlantı üzerinden yapmasına paralel haberleşme denir. Paralel haberleşmede alıcı taraf, vericiden gelen karakterin, başlangıç, bitiş ve iletim hızı ile alakalı bilgileri bilmek zorunda değildir. Çünkü her bir bit aynı anda vericiden alıcıya iletilir, bu sebepten dolayı buna ihtiyaç duymaz. Bu sayede doğru veri iletimi oranı seri haberleşmeye göre daha yüksektir (Yelis, 2016).

2.4.4. Devre Tasarımını ve Dikkat Edilmesi Gerekenler

Teknolojinin ara vermenden ilerlemesi ile beraber, elektronik bilim dalı ve buna bağlı diğer bilim dallarının da gelişmesi, kullanıcıların taleplerini artırmakla kalmayıp ayrıca bu sektöre cevap veren alanında uzman elektronik devre elemanı üreticilerini de gelişmeye zorlamıştır. Üreticiler ve tasarımcılar piyasanın talep ettiği bu istemleri karşılamak adına her geçen gün daha karışık lakin daha fazla alana cevap verebilen mikroişlemci/denetleyicileri talepler doğrultusunda kullanıma sunmuştur. Mikroişlemci/denetleyiciler her ne kadar daha kullanışlı hale gelse de bununla beraber bir o kadar da kırılgan hale gelmektedirler.

Pazar tarafından oluşan istemler ve talepler sonucunda sadece mikroişlemci/denetleyiciler de gelişmeler/yenilikler meydana gelmemiştir. Ses ve motor sürücüleri, batarya üniteleri, kablolama, pasif elemanlar, bağlantı elemanları, kristaller, anahtarlama ve kontrol elemanları, filtreler, güç üniteleri, ara yüz ve hafıza birimleri, kablosuz haberleşme birimleri, sensörler ve eyleyiciler gibi birbirinden farklı alanlarda, birbirinden farklı işlemler gerçekleştiren birçok elektronik devre elemanı da aynı oranda işlevsellik kazanmış fakat çevre koşullarına göre zayıflığı da artmıştır (Miller, Thomson, Fogarty, 1997).

Tasarımcı oluşabilecek bu tarz sorunları göz önüne alarak, tasarımını bu kapsamda yapmalı, gereken önlemleri almalı ve bu önlemler ile alakalı gerekli bilgilendirme ve dokümantasyonunu sade, anlaşılır bir şekilde hazırlamalıdır.

2.4.4.1. Ürünün Belirlenmesi

Talep edilen ürünün çok iyi bir şekilde analiz edilmesi ve bu kapsamda isterilerin anlaşılır bir şekilde açıklanması gerekmektedir. Öncelikli olarak ürünün hangi fonksiyonlara sahip olacağı, hangi koşullar altında çalışacağı, besleme türü, haberleşme çeşidi gibi birçok girdi kesin şekilde belirlenmelidir. Bu basamakta tam anlaşılmayan veya belirlenmeyen bir ister, ilerideki süreçlerde aksamalara ve bazı durumlarda en baştan başlamalara kadar sorunlar oluşturabilmektedir.

2.4.4.2. Standartların Belirlenmesi

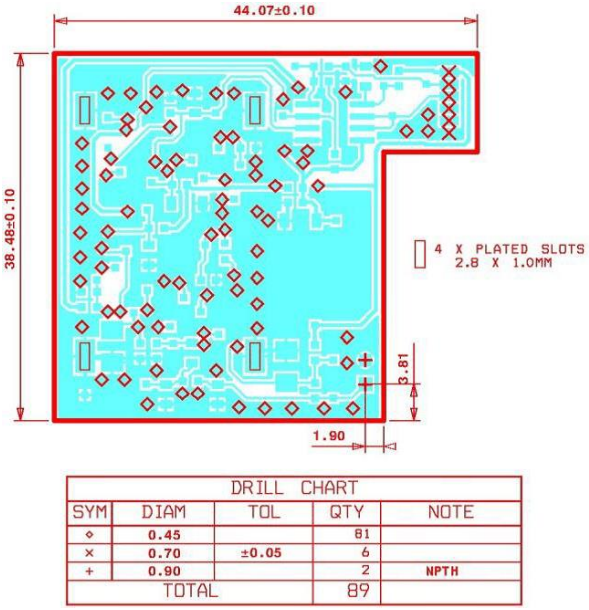
Her ülkenin kendi isterilerine göre belirlemiş olduğu bir takım standartları bulunmaktadır. Bu standartlar iklim koşulları, haberleşme, garanti şartları gibi çeşitlilikler gösterebilmektedir. Dışarıdan gelen isteklere göre yapılan ön çalışma sonrası, ürünün kullanılacağı alan, kullanım şartları ve girdileri, ürünün kullanılması planlanan ülkenin standartlarına göre revize edilmelidir. Ülkemizde bu standartları Şekil 2.8'de gösterilen Türk Standartları Enstitüsü (TSE) belirlemektedir.



Şekil 2. 8 Türk standartları enstitüsü.

2.4.4.3. Mekanik Sınırların ve Şartların Belirlenmesi

Ürünün uyması gereken standartlar belirlendikten sonra elektronik devre kartının kullanılacağı ve/veya koyulacağı alanın mekanik şartlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu şartlar elektronik kart boyutu, bağlantı eleman çıkışları, elektronik kartı sabitleme için vida delikleri gibi mekaniksel olarak elektroniksel tasarımın kısıtlarını belirleyen şartlardır. Örnek bir çalışma olarak Şekil 2.9'daki çizim gösterilebilir.



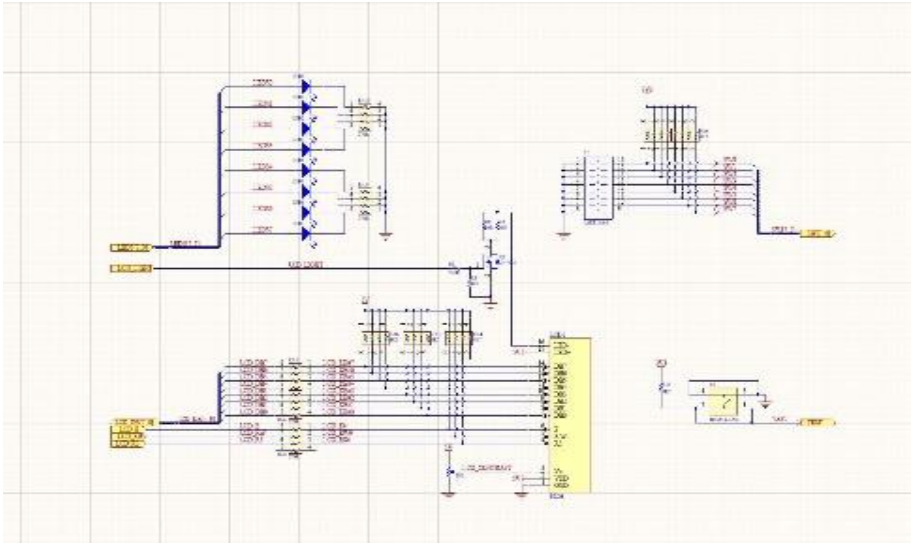
Şekil 2. 9 Dış boyutlar ve vida çapları.

2.4.4.4. Araştırma

Tasarlanması düşünülen herhangi bir ürünün gerçekleştirmesi istenen eylemler standartlara uygun olacak şekilde kesin olarak belirlendikten sonra elektronik devre elemanı araştırmasının yapılması gerekmektedir. Donanım tarafında, tasarımcı isterilere göre kullanacağı veya kullanabileceği elektronik devre malzemelerinin araştırmasını yapıp, hangi malzemelerin bu isteriler için uygun olacağını kalite-maliyet ölçeğini de göze alarak karar vermelidir. Tasarımcı gerçekleştireceği detaylı araştırmayı, dünya üzerinde tedarik zinciri kuvvetli olan tedarikçiler üzerinden gerçekleştirebilir. Bu tedarikçilere Digi-Key, Mouser, Farnell, Newark, Arrow ve LCSC başta olmak üzere birçok tedarikçi firma örnek gösterilebilir.

2.4.4.5. Şematik Hazırlanması

Tasarımcı tarafından seçilen, hem isterilere hem de ülke standartlarına da uygun olacak elektronik devre malzemeleri bir bilgisayar destekli tasarım programı yardımıyla dijital ortama dökülür. Tasarımcı CAD programı olarak Altium Designer, Fusion 360, KiCad EDA, Autodesk Eagle, DipTrace, EasyEda, Solidworks PCB, OrCAD PCB Designer, Allegro PCB Designer gibi kendi tasarım stiline uygun veya kullanılması istenen programlardan herhangi birini kullanabilir.



Şekil 2. 10 Altium ile çizilmiş örnek şematik.

Tasarımcı, tasarımına başladıktan sonra yaptığı tasarımın Şekil 2.10'daki gibi anlaşılabilir olması büyük önem arz etmektedir. Tasarlanması istenen donanımın özelliği ve yetileri çoğaldıkça, şematik tasarım daha da karmaşık hal almaktadır. Bu yüzden bu tasarımın mümkün olduğunca sade ve anlaşılabilir olması, tasarım sayfası üzerinde kullanıcı notlarının bulunması, gelecek süreçler ve revizeler için önemlidir.

2.4.4.6. Devre Kartının Hazırlanması

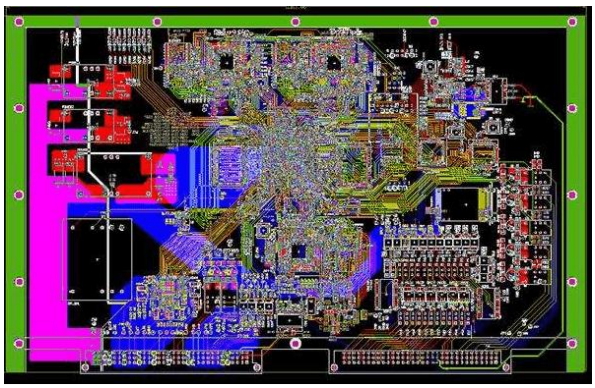
Şematik tasarımının ana hatları tamamlandıktan sonra tasarımcı, asıl ürün üzerinde kullanılacak olan elektronik devre kartının tasarımına başlamalıdır. Tasarımcı, tasarıma başlamadan önce daha önceden belirlenen mekanik kısıtlamaları kendi elektronik devre kartı üzerinde uygulamalıdır. Bu kısıtlamalara ve şartlara göre elektronik devre malzemelerini elektronik devre kartı üzerinde yerleşimini gerçekleştirmelidir. Tasarımcı, malzemeleri yerleştirmeden önce bir takım temel noktaları dikkate almalıdır;

- Elektronik devre kartının kaç katmanlı olacağı belirlenmelidir. Elektronik kartın fiziksel boyutlarına ve isterilerin sayısına göre değişiklik gösterebilir.
- Elektronik devre kartının boyutlarına göre malzeme boyutları seçilmelidir.
- Üretim esnasında montaj kolaylığı ve hızı kazandırması amacıyla elektronik kart üzerine yerleştirilen elektronik devre elemanlarının hepsinin mümkün olduğunca aynı yöne yerleştirilmesine dikkat edilmelidir.

- Maliyet ve zamana açısından kazanmak amacıyla kullanılacak tüm elektronik devre elemanlarının tek bir yüzeye dizilmesi tavsiye edilmektedir.
- Tasarım isterilerinde bulunan batarya gerilim ve akım değerlerine göre, elektronik kart üzerine yerleştirilen ve birbirleri ile bağlantısı yapılacak olan elektronik devre elemanlarını birbirine bağlayan iletken bakır yolların kalınlıklarının doğru seçilmesi gerekmektedir.
- Doğru seçilmeyen iletken bakır yollar ve regülatör, sürücü gibi malzemeler devrenin ısınmasına yol açmaktadır. Bu da sistemin zamana bağlı olarak bozulmasına olanak sağlamaktadır. Isı üreten malzemelere fan ve soğutma plakaları gibi önlemler alınabilir. Eğer bu önlemler yetersiz geliyorsa ısı üreten malzemelerin elektronik devre kartı üzerinde farklı noktalarda bulundurulması ve eğer ısınan malzeme uygun ise altlarına termal vialar (iletken delikler) atılması önerilir. Yine soruna çözüm olmuyorsa farklı bir elektronik devre elemanı ile devam edilmesi gerekmektedir.
- Elektronik devre kartında katmanlar arasında geçişi sağlamakta kullanılan via deliklerini daha sağlam ve güvenilir hale getirmek için teardrop (yağmur damlası) kullanılmalıdır.
- Via ve viapad'leri arasında 1:2 gibi bir oran bulunmaktadır. Bu oran hem viaların daha mukavemetli olmasını sağlamakta hem de elektronik devre kartı üretimi esnasında oluşabilecek hataları azaltılmasında yardımcı olmaktadır.
- Özellikle yüksek güç girişlerinin yapılacağı bağlantı elemanları ve bu elemana bağlı olan elektronik devre elemanları, devre kartının uç kısımlarına yerleştirilmelidir.
- Elektronik devre elemanları arasında çizilecek olan iletken bakır yollar mümkün olduğunca uçtan uca hatlar şeklinde çizilmelidir.
- Devre üzerinde paraziti ve gürültüyü azaltmak amacıyla güç ünitesinin topraklamasının, sistemin geri kalan topraklamasından ayrı tutulduğundan emin olunmalıdır.
- Önemli veri taşıyıcı iletken bakır hatlar mümkün olan en az via ile TX-RX hattı arasında taşınmalıdır (Brooks, 2003).
- Yüksek frekanslı iletken bakır hatları T-Cross şeklinde çizimini yapmak sinyal gürültüsüne neden olur. Teardrop eklenerek bu gürültünün önüne geçilebilir.

- Yüksek frekanslı iletken bakır hatların geçtiği alanlardan toprak ve güç hatları geçirmek empedans sorunlarına yol açmaktadır. Eğer yapılması gerekiyorsa 90º olacak şekilde hatlar çekilmelidir.
- Yüksek frekanslı hatlar mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
- Çizimi gerçekleştirilen iletken bakır yolların 90º keskin dönüş yapmaktan kaçınılması gerekmektedir. Bunun nedeni bakır iletken yollarda bulunan elektrik akımı 90º'lik dönüş alanına geldiği anda karşısında bulunan bakır alana çarpması sonucu oluşan, geri elektrik yansımasının önüne geçmek ve dönüş alanında kapasitif değer oluşmasını engellemektir. Bu tarz bir dönüş yapmak EMI sıkıntıları çıkartmaktadır. Mümkünse 45º veya açısal dönüşler gerçekleştirilmelidir (Ardizzoni, 2005).
- Tasarımı gerçekleştirilen elektronik devre kartı üzerine kart ile ilgili model, revizyon numarası, tarih, üretici bilgileri gibi bilgilerin yazılması takip konusunda kolaylık sağlaması açısından tavsiye edilmektedir.
- Tasarım için kullanılan CAD programına ait DRC özelikleri kullanılarak tasarıma başlamadan önce belirtilen kurallara uymayan veya hata oluşabilecek alanların kontrol edilmesi ve düzeltilmesi gerekmektedir.

Tüm bu kurallara uyan tasarımcı Şekil 2.11'deki gibi kurallara uygun, düzenli bir tasarım elde etmelidir.

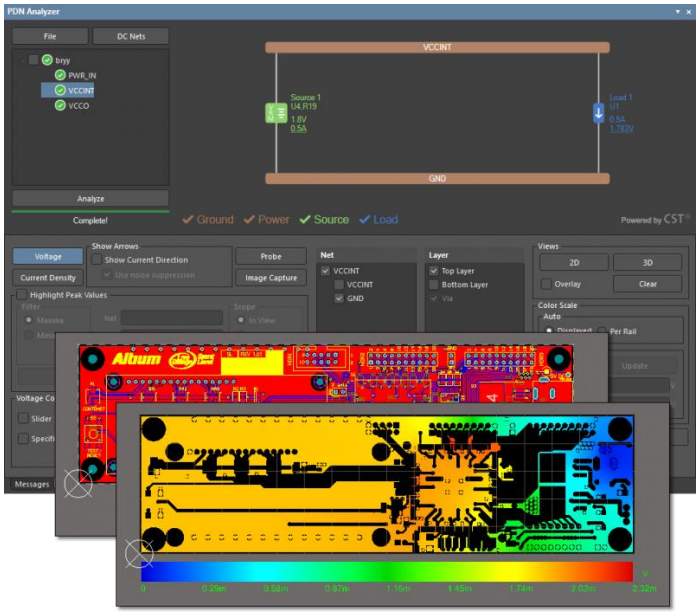


Şekil 2. 11 Tasarım kurallarına uyularak tasarlanmış elektronik devre kartı tasarımı.

2.4.4.7. Simülasyon

Tasarımcı tarafından tasarımı biten ve kontrolleri tamamlanan elektronik devre kartı için varsa eğer tasarımın gerçekleştirildiği CAD programı üzerinde, yok ise 3.parti

bir simülasyon programı ile gerçek zamanlı olarak test edilmesi gerekmektedir. Şekil 2.12'de bir ısı simülasyonu örneği verilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre gerekli revizyonlar ve önlemler alınmalıdır.



Şekil 2. 12 Altium ile gerçekleştirilmiş ısı simülasyonu.

2.4.4.8. Testler

Simülasyondan başarılı şekilde geçen elektronik devre kartları, mikroişlemci/denetleyicisine atılan gömülü yazılım ile beraber fonksiyonel, ömürsel, elektriksel ve standartlara uygun bir takım EMI-EMC testlerine alınmalıdır.

2.4.5. EMI&EMC (Electromagnetic Interference& Electromagnetic Compatibility)

Elektrik ve özellikle elektronik tasarımlarda, gelişen teknoloji ile beraber elektronik devre elemanlarında da talep edilen isteriler doğrultusunda bir takım güncellemelere gidilmiştir. Bu güncellemeler ve gelişmeler sonucunda özellikleri artan elektronik malzemelerin bir taraftan da çevredeki başka cihazlardan yayılan elektromanyetik gürültülere karşı dayanımı azalmaktadır. Güç geçtikçe elektronik malzemelerin yaydığı elektromanyetik gürültüler güçlenmekte, dayanımları ise aynı oranda azalmaktadır. Bu kapsamda kontrol altına alınmak istenen bu istenmeyen gürültü, bir takım standartlar altında takip edilip kontrol edilmeye ve azaltılmaya başlandı. Bu standartların oluşturulması esnasında iki farklı bakış açışıyla oluşturulan iki terim

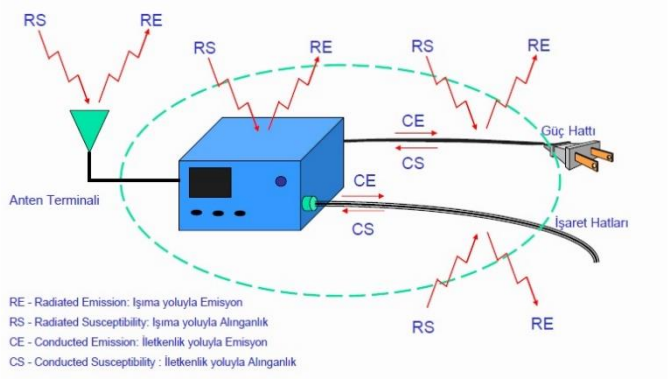
meydana geldi. Bunlardan ilki elektronik devre kartının doğal yollar ile veya başka elektronik cihazlar üzerinden oluşan elektromanyetik gürültüden etkilenmesini inceleyen EMI ve yine aynı elektronik devre kartının, çalışması istenilen ortamda doğru şekilde çalışmasını ve çalışırken de başka elektronik cihazları etkilememesini inceleyen EMC. Bu sorunlar ile alakalı 1979 yılında Amerika'da kurulan FCC kuruluşu, bu sorunları kontrol altında almak için bir takım standartlar yayınlanmıştır (Keiser, 1979).

2.4.5.1. EMI (Electromagnetic Interference)

EMI, bir diğer adıyla Elektromanyetik girişim, elektronik bir cihazın düzgüm bir şekilde çalışmasını etkileyen ve istenmeyen elektromanyetik enerji olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle, elektrikli ve elektronik aygıtların performansının düşmesine, bozulmasına veya arızalanmasına neden olabilecek radyo frekanslarında doğal veya insan yapımı çeşitli parazit veya işaretler olarak tanımlanabilir. Ancak genellikle EMI kaynağı başka bir elektronik cihaz veya elektrik sistemidir. Bazı durumlarda, doğal fırtınalar ve güneş radyasyonu gibi çevresel olaylar EMI'yi tetikleyebilir. Herhangi bir elektronik cihaz EMI üretebilse de, belirli donanım ve bileşenlerin (cep telefonları, fanlar, motorlar ve LED ekranlar gibi) parazite neden olma olasılığı diğerlerinden daha fazladır (STest, 2020).

EMI ilk olarak 1800'lü yıllarda yapılan deneyler ile fark edilmiştir. Daha sonra 1920'lerde konuyla ilgili ilk teknik makaleler yazılmaya başlandı, ancak 1930'larda motorlar ve demiryolları gibi sistem ve aygıtlarda radyo frekansı önemli bir konu olmaya başladı (Kaur, Kakar & Mandal, 2011). Özellikle İkinci Dünya Savaşı sırasında EMI sadece büyük bir sorun haline gelmekle kalmadı, yıllar içinde transistörlerin, bütünleşik devrelerin, mikroişlemcilerin ve mikro denetleyicilerin yaygınlaşmasıyla bu sorun giderek daha ciddi hale geldi.

Elektronik devre elemanlarının tamamen izole edilmiş bir ortamda çalışması gerçek hayat şartlarında ne yazık ki mümkün değildir. Bu sebepten ötürü tasarımı gerçekleştirilen elektronik devre kartlarının bir miktar EMI varlığından işlev görebilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Tasarlanan ürün Şekil 2.13'de gösterildiği aynı anda hem gürültü yaymakta hem de gürültüyü maruz kalmaktadır.

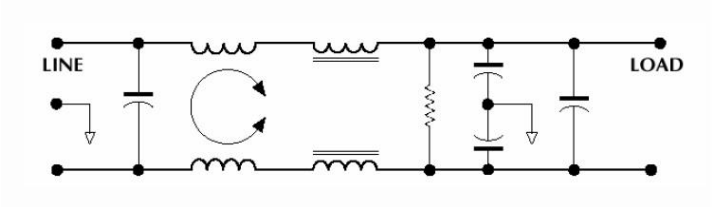


Şekil 2. 13 Test cihazındaki EMI tespit noktaları.

Tasarımı gerçekleştirilen elektronik devre kartının elektromanyetik girişime uyumlu olarak kabul edilebilmesi için üç şart vardır:

- Kendi bulunduğu tasarımda uyumsuzluğa ve gürültüye yol açmamak
- Çalıştığı çevrede bulunan başka elektronik devre kartlarında gürültüye sebebiyet vermemek
- Başka elektronik devre kartlarının yaymış olduğu elektromanyetik gürültüye karşı dirençli olmak

EMI durumuna karşı alınabilecek en önemli tedbir elektronik devre kartını tasarımı esnasında topraklamasının standartlara uygun bir şekilde yapılmasıdır (Ott & Ott, 1988). Standartlara uygun olarak yapılan topraklama sayesinde elektromanyetik gürültüye yol açabilecek istenmeyen radyo frekansı gibi manyetik radyasyonların oluşumu azaltılmaktadır.



Şekil 2. 14 Örnek filtreleme devresi.

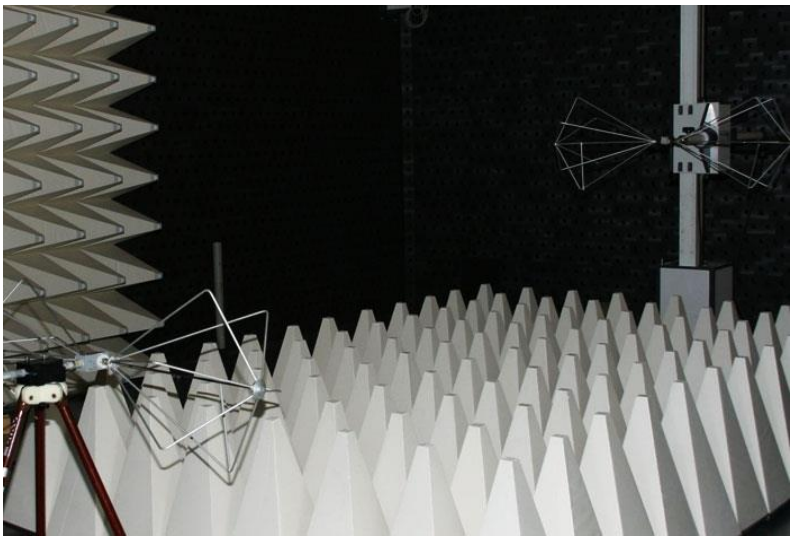
Alınabilecek bir başka önlem ise filtreleme devreleridir. Şekil 2.14'de örneği gösterilen filtreleme devreleri, akım yüklü iletken bakır veya elektronik devre elemanları üzerinden yayılan elektromanyetik gürültüleri engellemek veya aza indirgemek amacıyla tasarlanmış bütünleşik devreler bütünüdür (Grasso, 1989).

2.4.5.2. EMC (Electromagnetic Compatibility)

EMC, tasarlanmış bir elektronik devre kartının diğer elektronik devre kartlarıyla paylaşılan bir çalışma ortamında beklendiği gibi çalışma yeteneğinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda aynı ortamdaki diğer elektronik devre kartlarının çalışmasını etkilememelidir (Paul, 2006).

Tasarlanan elektronik devre kartının, EMC değerlerinin doğru bir şekilde tahmin edilememesi, güvenlik riskleri, ürün arızaları ve veri kaybı dâhil olmak üzere birçok olumsuz sonuca yol açabilir. Tasarımcı, ürün tasarımını gerçekleştirirken bu sorunları göz önünde bulundurmalıdır.

FCC ve TSE tarafından oluşturulan standartlar sonucunda Elektronik devre kartlarının pazarlanması söz konusu olduğunda, elektronik uyumluluk çok önemli bir standart haline gelmiştir (Montrose, 2004). 1996 yılında zorunlu hale gelen EMC standartlarından geçemeyen elektronik devre kartları veya ürünler istenilen şartları sağlayamadığı için çoğu ülkede satılmasına izin verilmez.



Şekil 2. 15 Örnek EMC laboratuvarı.

EMC için yapılar testler ortak bir test şeklinde değildir. Her ürün ve tasarım farklı alana hitap ettiği için bu kapsamda yapılan testlerde farklı girdiler ve çıktılar dikkate alınarak yapılır. Örnek bir test laboratuvar ortamı Şekil 2.15'de gösterilmiştir.

- Geliştirme teknolojisi, elektronik ve yazılım teknolojisi aracılığıyla makineyi sürekli olarak geliştirir. Bu nedenle birçok makine artık elektromanyetik uyumluluk düzenlemelerine ve makine güvenlik düzenlemelerine tabidir. Makinenin kullanım alanına göre EN 61000-6-1, EN 61000-6-3 veya EN 61000-6-2, EN 61000-6-4 standartlarına uygun olarak EMC ve EMI testleri yapılmaktadır (Keiser, 1979).
- Mikrodalga fırınlar, cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar ve uydu TV antenleri gibi tüketici ürünleri için EMC ve EMI testleri EN 55014-1 ve EN 55014-2 standartlarına göre yapılmalıdır (Carlton, 2004).
- LED ve Aydınlatma Armatürleri EN 55015 ve EN 61547 Standardına göre EMC Testine tabi tutulmalıdır.
- Tıbbi cihaz üretiminde risk yönetimi için gereklidir. Cihazlar, parazit veya gürültüden etkilenmeden yakın mesafedeki ortamlarda birlikte çalışabilmelidir. FDA (Gıda ve İlaç Dairesi), tüm tıbbi cihazların ilgili FDA inceleme kılavuzlarına veya Avrupa IEC 60601-1-2 standardına uygun olarak EMC testinden geçmesini şart koşar. Avrupa Birliği'nde tüm tıbbi cihazların CE sertifikasına sahip olması ve EN 60601-1-2'ye göre bağışıklık ve emisyon açısından test edilmiş olması gerekir.
- MIL-STD-461 standardı, elektromanyetik duyarlılık ve emisyon testi dâhil olmak üzere askeri teçhizat için EMC testi gerekliliklerini özetlemektedir. MIL-STD-461, nispeten katı elektromanyetik uyumluluk gereksinimleri içerir. MIL-STD-461 ile uyumlu cihazlar genellikle FCC, DO-160 ve aviyonik, tüketici ürünleri ve diğer ürünler için diğer standartları karşılayacak şekilde konumlandırılmıştır (Montrose, 2004).

BÖLÜM 3

YÖNTEM

Tez çalışmasının bu bölümünde, projeden istenen işlemlerin yerine getirilebilmesi için donanım tasarımları ve yazılım tasarımlarından bahsedilmiştir. Tasarımlara başlamadan önce ilk olarak, gerçekleştirilmek istenen işlemler ile alakalı girdiler belirlenmiştir. Belirleme ardından fonksiyonel akış şeması oluşturulmuş, ardından malzeme araştırması yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen ürün üzerinde GSM, Bluetooth, WI-FI, RF ve mikro denetleyici bulunması sebebiyle bu işlemleri yerine getirebilecek maliyeti ve enerji tüketimi düşük elektronik devre elemanları seçilmiştir.

Seçilen elektronik devre elemanlarının yazılım işlemleri, C dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dil ortak olsa da her modül için üreticisinin sağlamış olduğu Eclipse tabanlı farklı IDE'ler (Integrated Development Environment/Entegre Geliştirme Platformu) kullanılmıştır. Farklı IDE'ler kullanılmasının sebebi, her üretici kendi denetleyicisi için kullanıcıya kolaylık sağlayacak temel kod bloklarını hazır vermesinden kaynaklanan işlem basitliğidir. Bu işlem basitliği sayesinde fonksiyonel kod bloklarına öncelik verilebilmektedir. Yalnız RF entegresi için harici yazılım yazılmamıştır. Bunun sebebi, RF entegresi WI-FI modülü ile SPI hattı üzerinden haberleşerek, 868MHz bandında yayın yapmasındandır.

3.1. Girdi Paketlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmanın amacı, kullanıcının hem konforunu hem de güvenliğini otonom bir yapı üzerine dayalı sistem kullanarak artırmaktır. Bu hizmetin sağlanması için gereken

bilgilere bölüm 2 başlığı altında hem teknik hem teorik olarak değinilmiştir. Bu bölümde ise teorik bilgilerin uygulanmasına değinilmiştir.

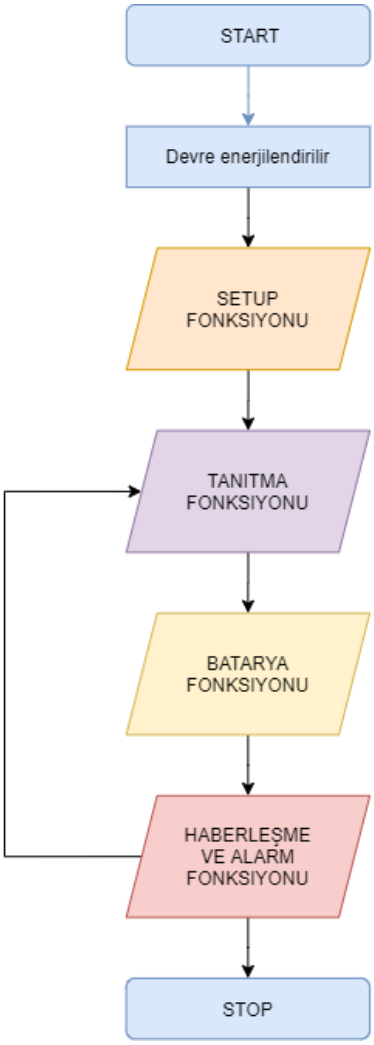
3.2. Algoritmanın Hazırlanması

Projenin ana çalışma mantığına ait algoritmayı oluşturmadan önce ilk olarak kullanıcı ile direk etkileşimde olacak ses fonksiyonlarının ayarlanması gerekmektedir. Bu kapsamda bildiri türlerinin baş harfleri dikkate alınarak, bu harflerin mors alfabe karşılığına göre sesli bildirimler gerçekleştirilecektir. Çizelge 3.1'de yapılan çalışma esnasında kullanılan sesli uyarıcının nasıl tepki vereceği gözükmektedir.

Çizelge 3. 1 Buzzer ses modları.

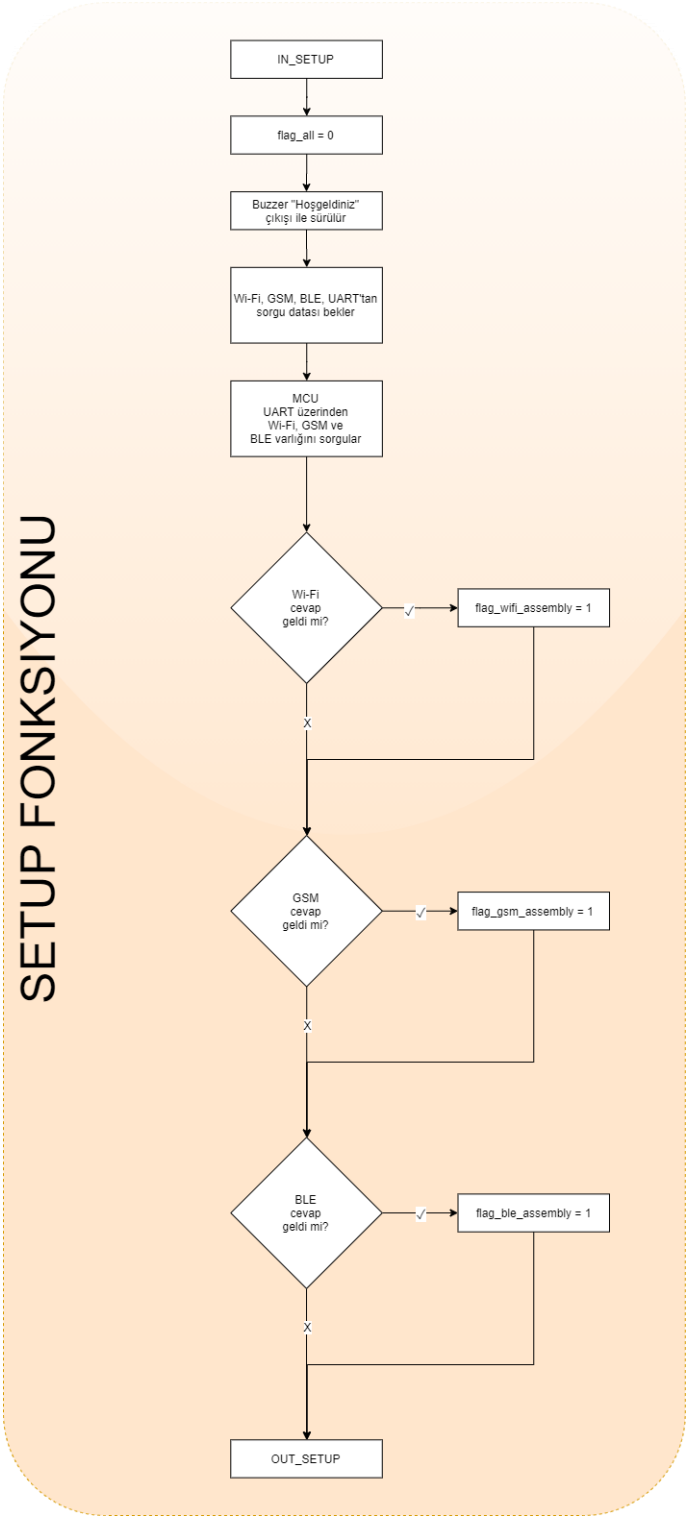
Alarm Tipi	Kısa Hali	Mors Karşılığı
Hoş Geldiniz	HG	4xKısa – 2xUzun, 1xKısa
Batarya Düşük	BD	1xUzun, 3xKısa – 1xUzun, 2xKısa
Batarya Bitik	BB	1xUzun, 3xKısa – 1xUzun, 3xKısa
Batarya Şarj	BS	1xUzun, 3xKısa – 3xKısa
Batarya Tamam	BT	1xUzun, 3xKısa – 1xKısa
Alarm	-	Normal Alarm Topu

Projede kullanılacak sesli uyarıcının ses tonlarının ayarlanmasından sonra projenin çalışma mantığını oluşturacak sistemin kurulması gerekmektedir. Bunun için ilk basamak olan elektronik devre kartının enerjilendirilmesi gerekmektedir. Enerjilendirme ardından ilk olarak elektronik devre kartı üzerinde kullanılan elektronik sistemler kontrol edilip bileşen tanımlamaları yapılmıştır. Ardından yeni bir kullanıcı tarafından yeni bir kullanıcı tanıtılıp tanıtılmadığı durumu sorgulanır. Sorgulama sonucuna göre diğer önemli bir husus olan batarya durumu sorgulanıp kullanıcı durum hakkında bilgilendirilir. En son olarak da içerisine yazılım atılmış elektronik devre kartı, kendisinden istenilen fonksiyonları yerine getirerek sistemi uyku moduna alır. Bir süre sonra tanıtma işleminden sonraki fonksiyonlar enerji kesilene kadar tekrarlanır. Enerji kesilmesi durumunda tüm fonksiyonlar en baştan başlamaktadır. Tüm bu işlemlerin akış sırası Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1 Ana çalışma algoritması.

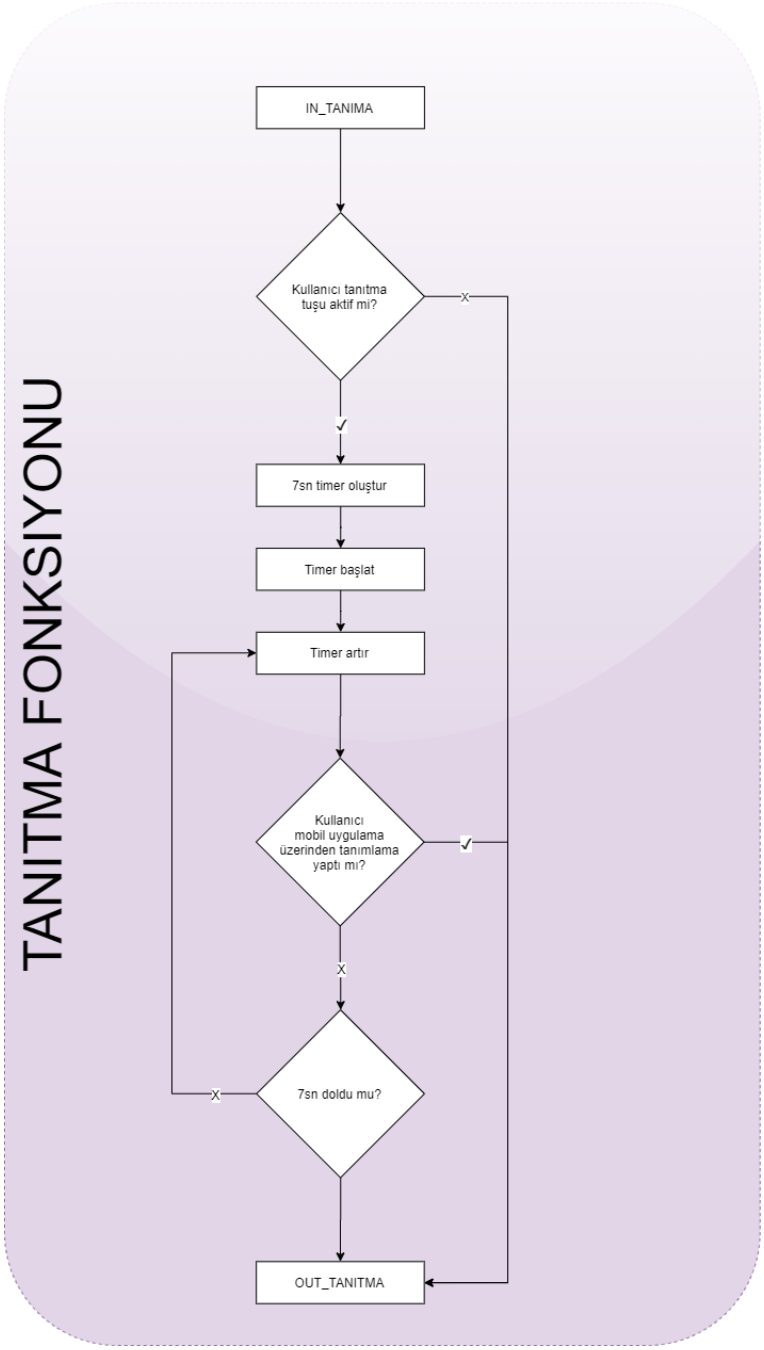
Devrenin enerjilendirilmesi ardından sistemin ilk olarak gerçekleştirdiği eylem, GSM, Bluetooth, Wi-Fi modüllerinden hangilerinin devre kartı üzerinde bulunduğunu tespit etmektir. Her başarılı sorgulama ardından modüllerin durum bilgileri bir değişkene kaydedilecektir. Tüm bu kayıt ve sorgu işlemlerinin akış sırası Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2 Setup fonksiyon algoritması.

Modüllerin durumları sorgulandıktan sonra devre kartının arka kısmında bulunan kullanıcı tanıtma butonunun aktiflik durumu sorgulanmaktadır. Kullanıcı eğer tuşu aktif etti ise 7 saniye olarak tanımlanan süre içerisinde mobil uygulama üzerinden kullanıcı

tanımlamasını yapması gerekmektedir. 7 saniye içerisinde ve uygulama üzerinden tanımlama yapmaz ise tanımlama modu kapatılmaktadır. Tüm bu tanımlama butonu fonksiyonlarına ait akış sırası Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 3 Tanıtma fonksiyon algoritması.

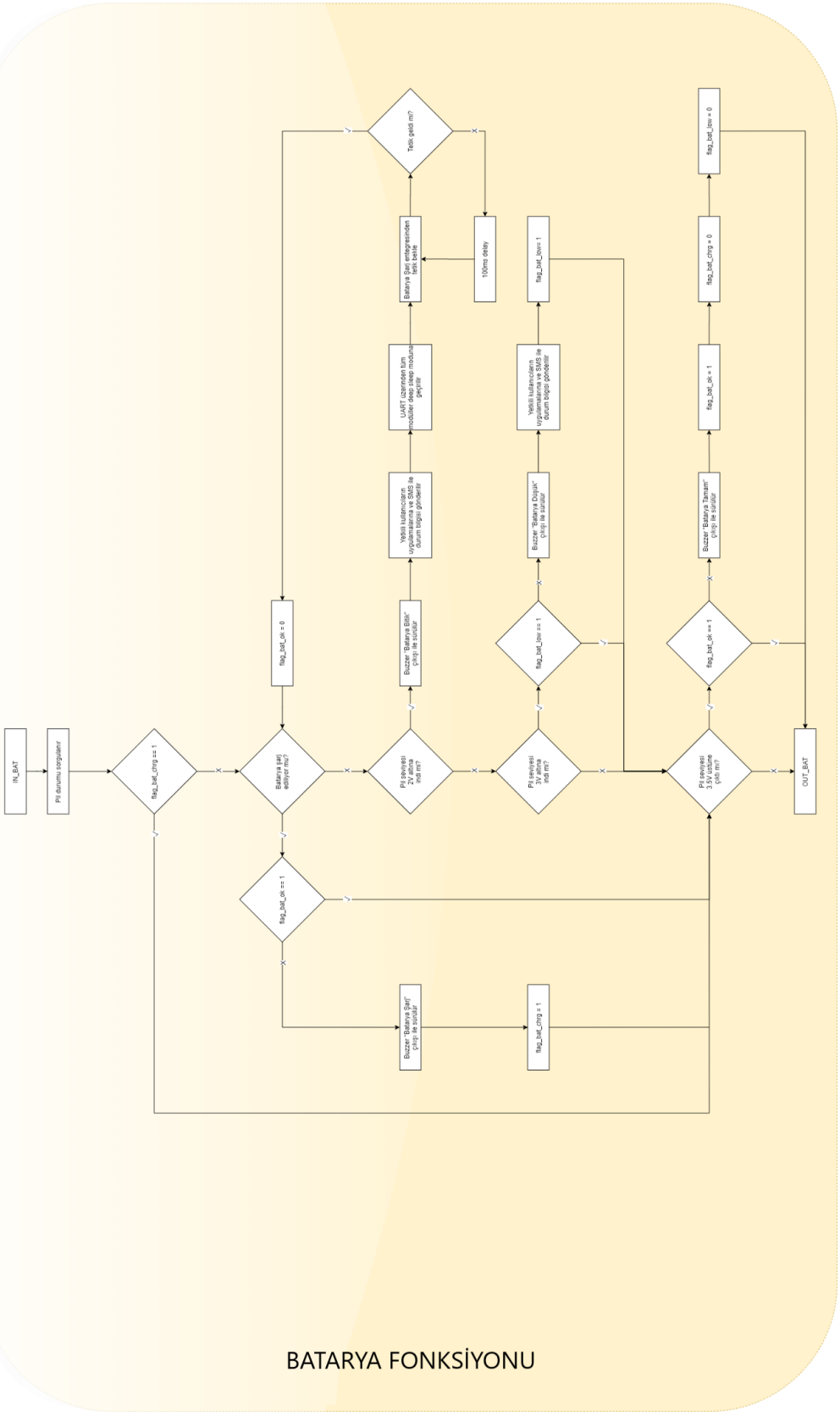
Batarya fonksiyonu, fonksiyonlar içerisindeki en önemli fonksiyondur. Tasarımı gerçekleştirilecek olan projenin pil ile çalıştırılması düşünüldüğünden dolayı kullanıcının pil durumu hakkında sürekli olarak bilgisi olması gerekmektedir. Bununla birlikte proje

güvenlik faktörünü barındırdığından dolayı da belirli kısıtlamaların kullanıcıya yansıtılması gerekecektir.

Şekil 3.4'de bulunan fonksiyon incelendiğinde, ilk olarak pilin şarj edilip edilmediği durumu sorgulanmaktadır. Eğer pil şarj ediliyor ise devre kartı direk olarak haberleşme ve alarm fonksiyonları bölümüne geçmektedir. Fakat şarj edilmeme durumunda ilk olarak pilin gerilim durumu sorgulanmaktadır. Gerilim seviyesi 2V ve altında olan durumlarda haberleşme ve alarm konusunda yetersizlikler meydana geleceğinden dolayı tüm fonksiyonlar şarj edilme koşulu sağlanana kadar askıya alınmaktadır. Güvenlik konusunda sorun yaratacağından dolayı fonksiyonlar askıya alınıp, askıya alınma işlemi tüm kullanıcılara bildirilecektir.

Üründe kullanılan batarya seviyesi 2V ile 3V arasında olduğu durumlarda fonksiyonel işlemler olduğu gibi devam edecek olup kullanıcılar düşük pil seviyesi hakkında bilgilendirilecektir.

Batarya seviyesinin 3.5V üstüne çıktığı durumlarda cihaz tam şarj edildiği kabul edilmiş olup sesli uyarıcı üzerinden sesli bildiri yapılmaktadır.



BATARYA FONKSİYONU

Şekil 3. 4 Batarya fonksiyon algoritması.

Batarya gerilim seviyesinin 2V üzerinde olduğu durumlarda, projenin gerçekleştirmesi istenilen tüm görevler haberleşme ve alarm fonksiyonu altında yer almaktadır. Bu fonksiyon da tüm ihtimaller tek tek önem sırasına göre kontrol edilip, alınan sonuca göre farklı eylemler gerçekleştirilmektedir.

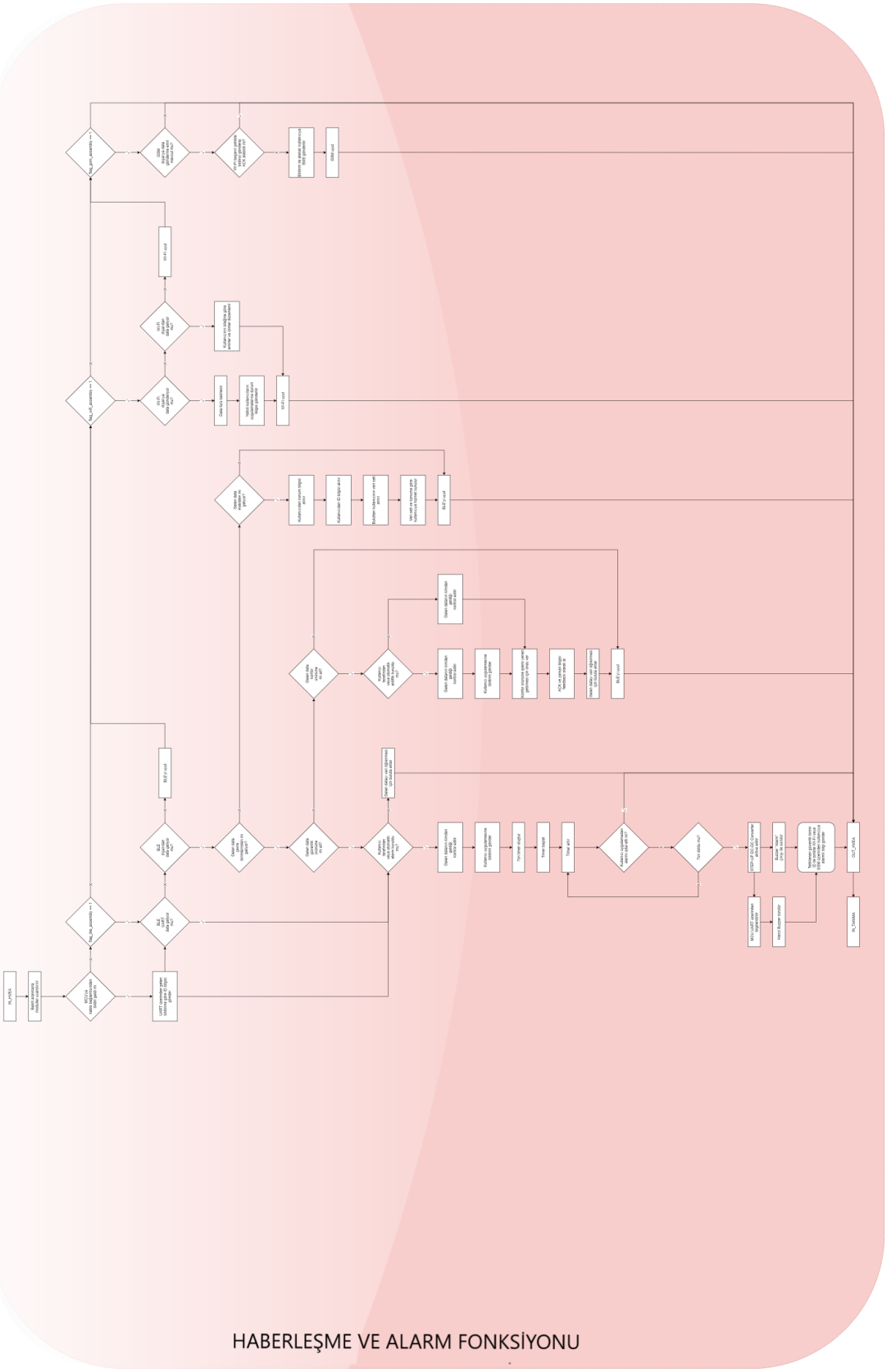
Projede çevrimdışı olarak çalışan mikro denetleyicinin her zaman olması istenildiğinden dolayı, Şekil 3.5'deki fonksiyon diyagramında ilk olarak bu denetleyiciye bağlanacak olan kablolu bağlantıların kontrol gerçekleştirilmektedir. Yapılacak olan kablolu bağlantılar güvenlik temalı ürünlere bağlanacağından dolayı büyük önem taşımaktadır. Bu sebepten dolayı ilk öncelik bunlara verilmiştir.

Kablolu bağlantılardan olumsuz sonuç gelmesi durumunda algoritma ilk olarak Bluetooth modülünün durumunu sorgulamaktadır. Eğer modül elektronik devre kartı üzerinden dizili ise dışarıdan yayın alıp almadığı sorgulanmaktadır. Yayın mevcudiyet durumuna göre ya alarm mekanizması devreye sokulmakta ya da veri öğrenme işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Bluetooth modülüne yayın gelmiyor veya dizili değil ise Wi-Fi modülünün kontrolü gerçekleştirilir. Bluetooth'da olduğu gibi Wi-Fi modülünde de yayın durumuna bakılır. İlk olarak güvenlik öğesi içerme ihtimalinden dolayı internete yayın yapma durumu sorgulanır. Yayın yapıyorsa gerekli kullanıcı bilgilendirmeleri ve eylemler gerçekleştirilir. Yayın yapmıyorsa, internet üzerinden erişim istenildiği sorgulanır. Gelen duruma göre yeni kullanıcı ekleme menüsünün sonucu sisteme kaydedilir.

Wi-Fi modülünü yayın alıp vermediği veya dizili olmadığı durumlarda GSM modülüne bakılır. Modül dizili ise ilk olarak UART üzerinden emir durumu sorgulanır. Eğer emir geldi ve Wi-Fi modülü başarılı şekilde çalışamamış ise kullanıcılara SMS üzerinden durum bilgisi gönderilir.

GSM modülünün de dizili olmadığı veya işlev yerine getirmediği durumlarda elektronik devre kartı sadece kablolu olarak çalışmaya ayarlanmış olduğu sistem hafızasına kaydedilir.



Şekil 3. 5 Haberleşme ve alarm fonksiyon algoritması.

3.3. Elektronik Donanım Belirlenmesi

Tasarımı gerçekleştirilecek olan projenin, hem çevrimiçi hem çevrimdışı olarak kullanıcı veya kullanıcılara hizmet verebilmesi adına elektronik devre kartı üzerine istenen durumlara cevap verebilecek bir takım donanımların, çevre donanımları ile birlikte bulunması gerekmektedir. Elektronik devre kartı üzerinde, ürünün düşük güç tüketimi ile çalışması istendiğinden dolayı Bluetooth, çevrimiçi olarak çalışabilme özelliği sebebiyle Wi-Fi, olası bir durumda Wi-Fi üzerinden kullanıcı veya kullanıcılara ulaşılamaması durumda iletişim sağlamak ve durum hakkında haber vermek adına GSM, çevrimdışı işlemleri gerçekleştirmek ve harici bir çözüm sunmak adına 16 GPIO bulunan mikro denetleyici bulunmaktadır.

Mikro denetleyici ve mikroişlemcilerin haricinde ürün üzerinde kullanıcı ile interaktif etkileşime girebilmek adına hoparlör ve mikrofon, GSM hizmetinin kullanılması durumunda iletişim kurabilmek için SIM, işlem kayıtlarını tutabilmek için SD kart, alarm aktif olması durumunda sesli bildiri yapabilmek adına siren, görsel bildiri yapabilmek için ledler bulunmaktadır. Projede tasarlanması gerçekleştirilecek olan elektronik devre kartının enerji ihtiyacı NCR18650 (3.7V) pil ile sağlanmaktadır. Elektronik devre kartı üzerinde bulunan ünitelerin genel çalışma aralığı 3.3V olması sebebiyle, pilden gelen 3.7V'u kontrollü bir şekilde devreye dağıtmak için kart üzerinde 3.3V regülatör de bulunmaktadır.

3.3.1. Bluetooth Araştırması

Kullanıcıya konum odaklı konfor ve güvenlik hizmeti sağlamak amacıyla, kullanıcıların taşıdığı mobil telefonlarda bulunan dâhili Bluetooth hizmetini ve tasarımı gerçekleştirilecek olan mobil uygulamayı kullanarak, kullanıcıların konum bilgilerinin alınması gerekmektedir. Bu kapsamda elektronik devre kartında kullanılacak Bluetooth ile çalışan bir entegre ihtiyacı bulunmaktadır. Düşük güç tüketimine sahip Bluetooth çözümü için iki seçenek mevcuttur. Birinci seçeneğimiz, BLE özelliğine sahip bir entegreyi seçip gerekli devre tasarımının yapılması ve testlerin yapılmasıdır. Bu işlemin kapsamlı ve zaman alıcı bir süreç olması dışında, belirli bir takım testlere girerek ürün haline gelebilmesi için bir takım sertifikasyonları alması gerekmektedir. Bu durumda ikinci seçeneğimiz olan hazır BLE modülü kullanmak zaman ve performans açısından

daha sağlıklı olmaktadır. Teknik olarak BLE Modülleri de kendi içyapılarında BLE entegreleri ve diğer çevre birimlerini barındırmaktadır. Modül kullanmamızın avantajı gerekli tüm performans testlerinin yapılmış olmasıdır, bununla birlikte ayrıca sertifikasyon işlemleri de gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bluetooth konusunda çözüm olması amacıyla bilinilirliği yüksek tedarikçiler üzerinden yapılan araştırma sonucunda hem pil tüketimi, hem performans hem de maliyet açısından uygun bulunan, ayrıca kullanıcıların yerlerini tespit edebilmemizi sağlayan Direction-Finding özelliğini barındıran Silicon Labs firmasına ait BGM220PC22HNA2 üretici kodlu BLE 2.4Ghz modül ile tasarımın gerçekleştirilmesine karar verilmiştir (Labs, 2019).



Şekil 3. 6 BGM220P modülü fiziksel görünümü.

BGM220P, Bluetooth ağlarında pille çalışan Internet of Things (IoT) ürünlerinin performans, güvenlik ve güvenilirlik gereksinimlerini karşılamak için tasarlanmış bir modüldür. Bununla birlikte EFR32BG22 SoC'yi temel alan BGM220P, Bluetooth® Düşük Enerji bağlantısını sağlarken sınıfının en iyisi RF aralığı ve performansını sağlamakla birlikte, gelişmiş güvenlik özellikleri ve düşük enerji tüketimi sunmaktadır.

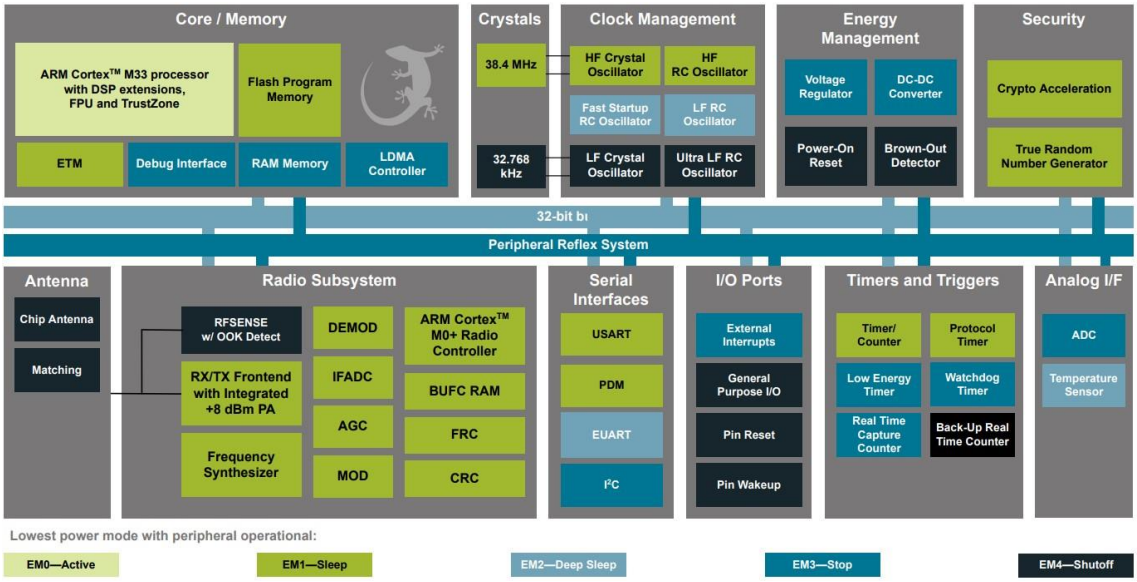
BGM220P modülünün projede kullanılması için tercih edilmesinin genel sebepleri şu şekilde sıralanabilir:

- Bluetooth 5.2 teknolojisi barındırması
- Dâhili anten barındırması
- 8 dBm TX güce sahip olması
- 1 Mbps bandında -98.9 dBm BLE RX hassasiyete sahip olması
- 32-bit ARM Cortex-M33 işlemciye sahip olması
- 512/32 KB boyutlarında dâhili Flash/RAM'e sahip olması
- 25 GPIO sahip olması ve istenildiği gibi görevlendirilebilmeleri
- Fiziki boyutlarının küçük olması
- FCC, CE, IC/ISEDC, MIC/TELEC ve KCC sertifikasyonlarına sahip olması

BGM220P, aşağıdakiler de dâhil olmak üzere geniş bir uygulama alanı için tasarlanmıştır:

- Varlık Etiketleri ve İşaretçiler
- Spor, Fitness ve Sağlıklı Yaşam Cihazları
- Taşınabilir Tıbbi Cihazlar
- Akıllı Ev Otomasyonları
- Endüstriyel ve Bina Otomasyonları

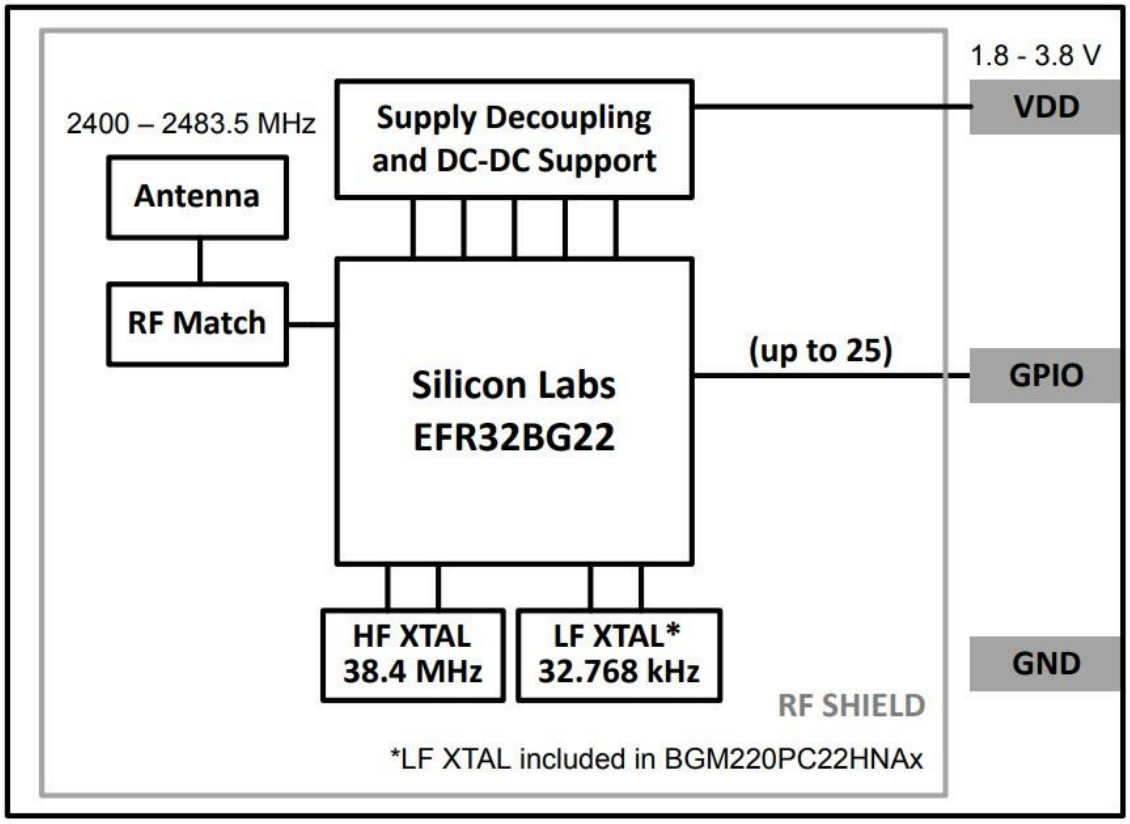
Modülün içyapısı detaylı bir şekilde incelendiğinde, modülün AES128/256, SHA-1, SHA-2, RTSL, ECC, ECDSA, ECDH ve NIST SP800-90 ve AIS-31 ile uyumlu çalışan TRNG şifreli sistemi ile donatıldığı, bunun haricinde üzerinde ADC, 8 kanal DMA kontrolörü, 12 kanal donanım refleks sistemi, 4x16-bit ve 1x32-bit zamanlayıcı/sayıcı ile donatıldığı görülmektedir (Labs, 2019).



Şekil 3. 7 BGM220P iç yapısı.

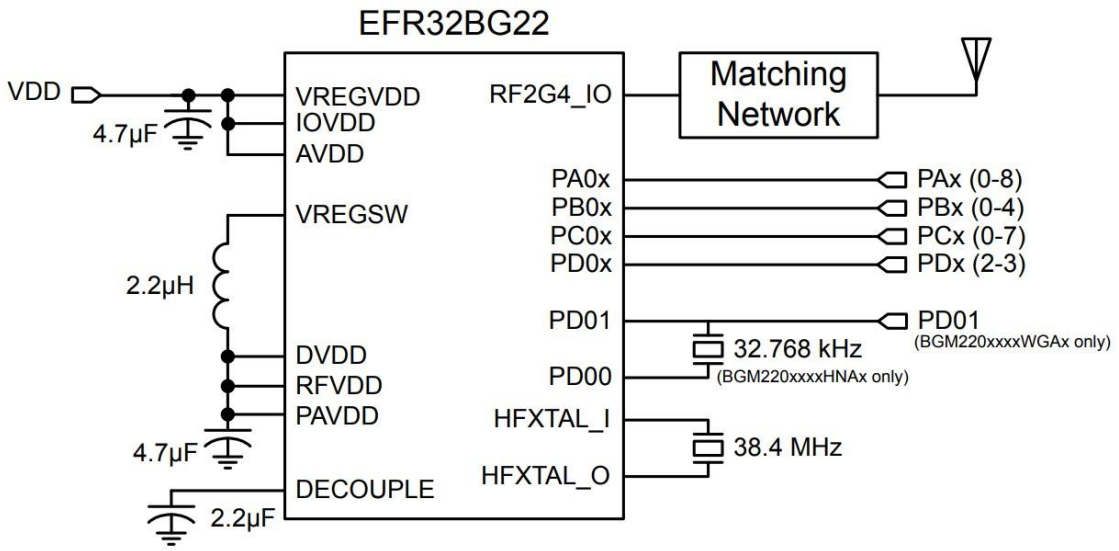
Çevre birimleri ile iletişim kurabilmesi için ise Şekil 3.7'de de gösterildiği gibi, modül üzerinde UART, EUART, SPI, SmartCard, IrDA, I^2S ve PDM haberleşme protokolleri bulunmaktadır.

BGM220P içerisinde bulunan işlemci ve ana blok diyagramına ait görsel Şekil 3.8'de gösterilmiştir. BGM220P modülü, EFR32BG22 işlemcisi, gerekli decoupling kapasitörleri ve indüktörleri ile birlikte, 38.4 MHz ve 32.768 kHz kristalleri ve chip antenli RF eşleştirme devresini barındırmaktadır (Labs, 2019).



Şekil 3. 8 BGM220P blok diyagramı.

Modül içerisinde kullanılan ve referans şematiği Şekil 3.9'da gösterilen EFR32BG22 işlemcisi, 32-bit ARM Cortex M33 çekirdeği, 2,4 GHz yüksek performanslı radyo entegresi, 512 KB flash bellek, çevre birimi seti ve çeşitli zamanlayıcı yönetimi ile birlikte seri arabirim seçeneklerine sahiptir(Labs, 2019).



Şekil 3. 9 EFR32 referans şematik tasarımı.

Çizelge 3.2'de gösterilen minimum ve maksimum değerlerin dışındaki değerlere maruz kalınması durumunda, cihazda kalıcı hasara neden olabilir. Bu, yalnızca bir stres derecesidir ve bu spesifikasyonun çalışma listelerinde belirtilenlerin dışındaki koşullarda veya diğer koşullarda cihazların işlevsel çalışması ima edilmez. Uzun süreler boyunca maksimum derecelendirme koşullarına maruz kalmak, cihaz güvenilirliğini etkileyecektir. Bununla birlikte minimum ve maksimum değerler, aksi belirtilmedikçe, besleme gerilimi, süreç varyasyonu ve çalışma sıcaklığındaki en kötü koşulları temsil eder.

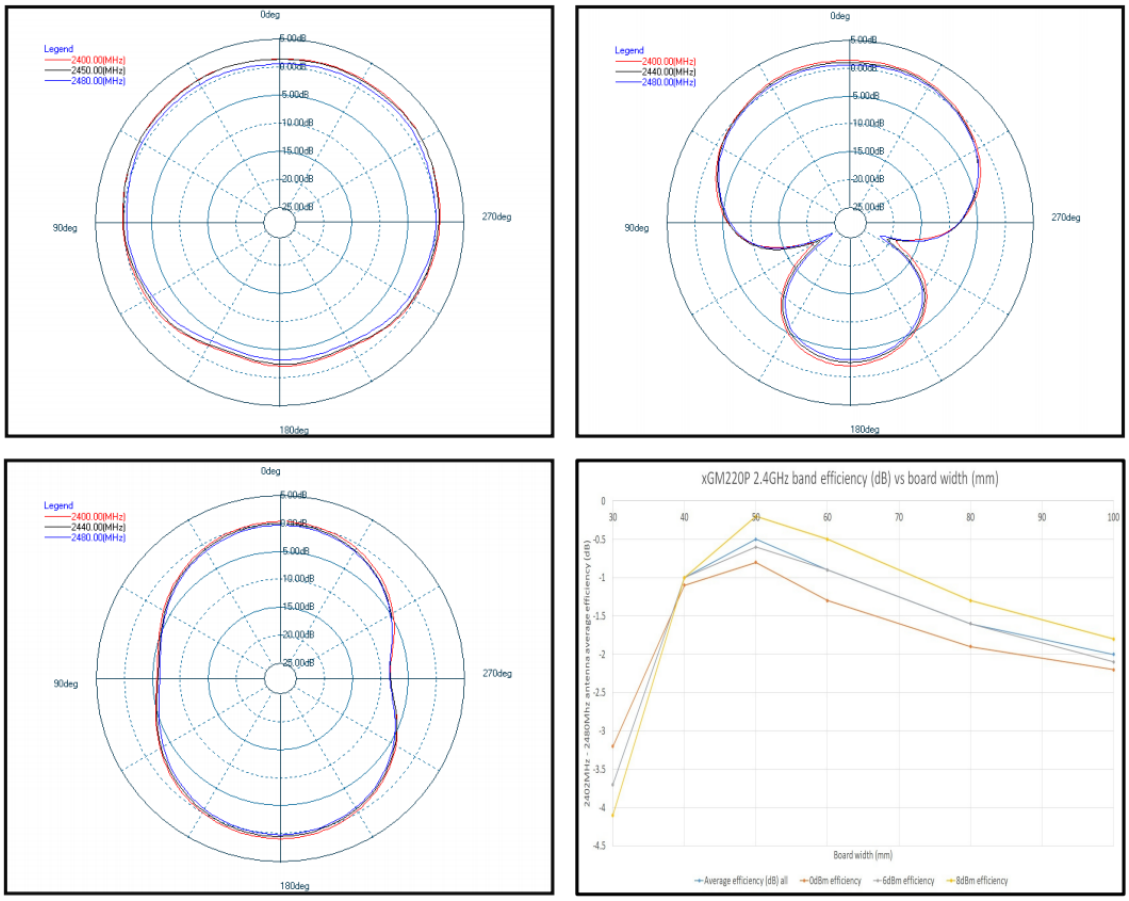
Çizelge 3. 2 BGM220P elektriksel değerler çizelgesi.

Parametre	Sembol	Test Şartları	Min.	İdeal	Max.	Değer
Saklama Sıcaklığı	T_{STG}		-40	-	+105	°C
Çalışma Gerilimi	V_{DD}	25 °C	1.8	3.3	3.8	V
VDD Beslemesi	V_{DDMAX}		-0.3	-	3.8	V
VDD Pick	$V_{DDRAMPMAX}$		-	-	1	V/µs
GPIO Pin	V_{DIGPIN}		-0.3	-	V_{DD}+0.3	V
Toplam VDD Akımı	I_{VDDMAX}	Kaynak	-	-	200	mA
Toplan GND Akımı	I_{GNDMAX}	Çökme	-	-	200	mA
	I_{IOMAX}	Çökme	-	-	50	mA

I/O Pin Başına Akım		Kaynak	-	-	50	mA
Tüm I/O Pinler için Akım	$I_{IOALLMAX}$	Çökme	-	-	200	mA
		Kaynak	-	-	200	mA
Uyku Akımı	I_{SLEEP}		-	1.05	-	µA
Kapalı Akım	I_{OFF}		-	0.17	-	µA

BGM220P'nin çalışabileceği kritik değerler incelendiğinde, hem ürün besleme gerilimine uygun olduğu hem de çektiği akım/akımlar bakımından düşük seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir.

Bluetooth üzerinden haberleşmenin kesintisiz ve performansı yüksek bir şekilde olması için modüle ait donanım tasarımının başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Silicon Labs firmasının kendi gerçekleştirmiş olduğu en uygun çalışma koşulları altında yerleşik çip anteni için tipik BGM220P radyasyon modelleri ve verimliliği Şekil 3.10'da gösterilmektedir (Labs, 2019).

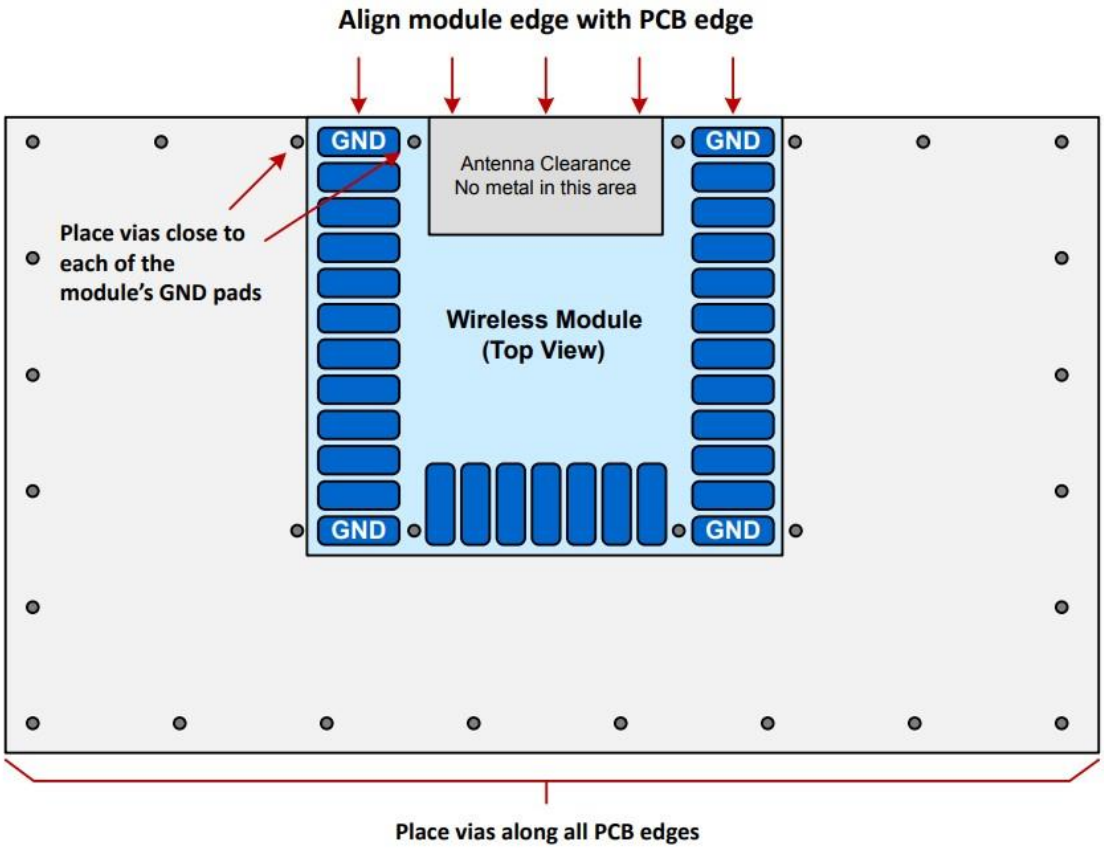


Şekil 3. 10 Antene ait radyasyon verimliliği ve uygulama sonuçları.

Anten kazancı ve radyasyon modelleri, modülün monte edildiği uygulama PCB'sinin boyutuna ve şekline ve ayrıca herhangi bir mekanik tasarımın antene yakınlığına güçlü bir şekilde bağlıdır. Şekil 3.11'de modülün yüksek performanslı bir şekilde çalışabilmesi için tavsiye edilen elektronik devre kartı üzerine yerleşimini görülmektedir. Modül üzerinde bulunan dâhili antenin yüksek performanslı bir şekilde çalışabilmesi için yapılması gerekenler:

- Şekil 3.11'de "Antenna Clearance" alanın bulunduğu tüm katmanlarında anten boşluk alanını herhangi bir iz, bileşen veya bakırdan arındırmak gerekmektedir.
- Modüle ait tüm toprak hatlarını sistemin ana toprak hattına bağlamak gerekmektedir.
- EMC emiliminin artırılması ve modül üzerinde oluşan gürültünün azaltılması için modüle ait toprak (GND) pinlere yakın alanlara mümkün olunca via delikleri açılmalıdır.

- Antenle plastik veya diğer dielektrik malzemelerin temas etmesinden kaçınılmalıdır.
- Doğrudan anten bölgesinin üzerinde uyumlu kaplama ve diğer ince dielektrik katmanlar kabul edilebilir, ancak bu aynı zamanda anten verimliliğini olumsuz yönde etkileyecek ve menzili azaltacaktır.
- Antenin yakınında bulunan herhangi bir metal nesne, antenin serbestçe yayılmasını önleyecektir. Metalik ve/veya iletken nesneler için önerilen minimum mesafe, uygulama PCB yer düzlemlerinin yönleri dışında antenden herhangi bir yönde 10 mm'dir.
- Modülü insan vücuduna temas edecek veya çok yakınına yerleştirmek anten verimliliğini olumsuz yönde etkileyecek ve menzili azaltacaktır.



Şekil 3. 11 BGM220P tavsiye edilen PCB yerleşimi.

Yukarıda bahsedilen dikkat edilmesi gereken maddeler göz önüne alınarak projeye ait elektronik devre kartının tasarımı ve modül yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Wi-Fi Araştırması

Kullanıcının istediği konumdan ürünü kontrol edebilmesi, kullanıcı yetkilendirme ve kısıtlandırma işlemlerini gerçekleştirebilmesi için ürünün çevrimiçi özelliğinin olması gerekmektedir. Bu kapsamda elektronik devre kartına internete açılabilmesi adına Wi-Fi özelliği bulunan bir donanım eklemek gerekmektedir. Yukarıda bahsedildiği gibi entegre veya modül ile bu işlemi gerçekleştirebiliriz lakin hem bulunulabilirlik hem de bilinirlik açısından Şekil 3.12'de görseli paylaşılan Espressif Systems firmasına ait ESP32-WROOM-32D üretici kodlu Wi-Fi modülü ile tasarım gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 12 ESP32 Wi-Fi modülü fiziksel görünümü.

ESP32-WROOM-32D, düşük güçlü algılayıcı ağlarından ses kodlama, müzik akışı ve MP3 kod çözme gibi işlemciyi çok zorlayan görevlere kadar çok çeşitli uygulamaları yerine getirebilen performans ve fiyat bakımından güçlü, TSMC ultra düşük güç 40nm teknolojisi ile tasarlanmış, Wi-Fi ve Bluetooth haberleşmelerini üzerinde bulunduran modüldür (Systems, 2021).

Modülün merkezinde, ESP32 serisi yongalara ait olan ESP32-D0WD yongası bulunur. Gömülü mikro denetleyici, ölçeklenebilir ve uyarlanabilir olacak şekilde

tasarlanmıştır. Ayrı ayrı kontrol edilebilen iki CPU çekirdeği vardır ve CPU saat frekansı 80 MHz ile 240 MHz arasında ayarlanabilir. Mikro denetleyici ayrıca, çevre birimlerinin izlenmesi gibi fazla bilgi işlem gücü gerektirmeyen görevleri gerçekleştirirken güç tasarrufu yapmak için CPU yerine kullanılabilen düşük güçlü bir yardımcı işlemciye sahiptir. ESP32, kapasitif dokunmatik sensörler, Hall sensörleri, SD kart arayüzü, Ethernet, yüksek hızlı SPI, UART, I²S ve I²C gibi zengin çevre birimi setlerini barındırmaktadır (Systems, 2021).

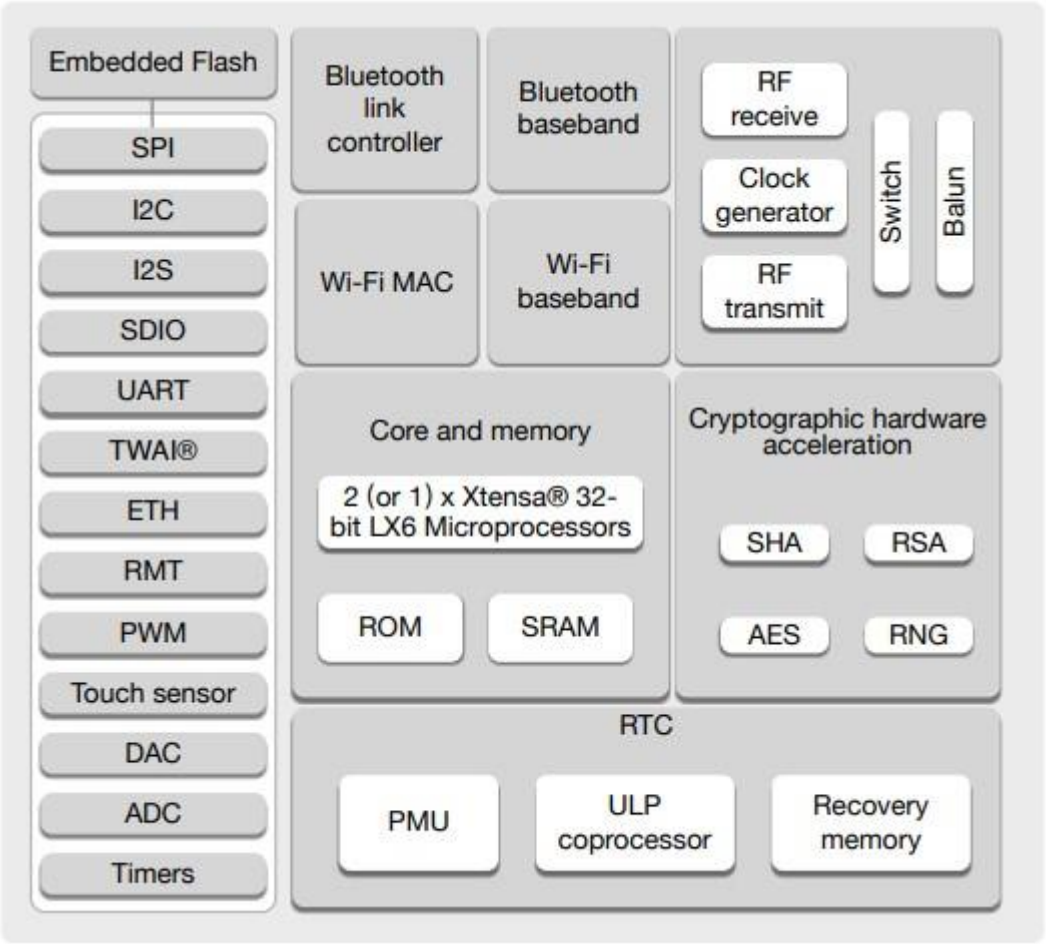
ESP32 mikro denetleyicisinin uyku akımı 5 µA'dan azdır, pil ile çalışacak düşük güç tüketimi hedeflenen uygulamamızda kullanmak için uygun bir seçenek olmasını sağlamaktadır. ESP32 modülü, en geniş fiziksel aralığı sağlamak için antende 150 Mbps'ye kadar veri hızını ve 20 dBm çıkış gücünü desteklemektedir. Bu nedenle modül, endüstri lideri özellikleri ve elektronik entegrasyon, menzil, güç tüketimi ve bağlantı için en iyi performansı sunmaktadır (Systems, 2021).

Şekil 3.13'de bulunan blok diyagramında da görüldüğü üzere ESP32 kendi üzerinde dâhili Bluetooth'da barındırmaktadır. Projede ESP32 üzerinde bulunan dâhili Bluetooth'un kullanılmama sebebi, hem Bluetooth sürümünün eski olması hem de kullanıcıların yerlerini tespit etmek için kullanacağımız Direction-Finding özelliğinin bulunmamasıdır. Bluetooth özelliğinin yanı sıra diğer özellikleri Çizelge 3.3'de belirtilmiştir. Projede kullanılacak olan BGM220P modülü kullanılmadığı durumlarda ESP32 üzerinde bulunan BLE özelliği Direction-Finding özelliği olmadan kullanılabilir.

Çizelge 3. 3 ESP32 yetkinlikler çizelgesi.

Kategori	Kategori Grubu	Özellikler
Sertifikasyon	RF Sertifika	FCC/CE-RED/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
	Wi-Fi Sertifika	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth Sertifika	BQB
	Yeşil Sertifika	REACH/RoHS
Test	Güvenilirlik	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
Wi-Fi	Protokol	802.11 b/g/n (802.11n 'den 150 Mbps kadar)
		A-MPDU ve A-MSDU toplanması ve 0.4 µs koruma aralığı desteği

	Frekans Aralığı	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	Protokol	Bluetooth v4.2 BR/EDR
	Radyo	–97 dBm hassaslığa sahip NZIF alıcısı
		Class-1, class-2 ve class-3 verici
		AFH
	Ses	CVSD ve SBC
Donanım	Modül İçeriği	SD kart, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR, darbe sayıcısı, GPIO, kapasitif touch sensörü, ADC, DAC, Two-Wire Otomotiv Ara yüzü (TWAI®, ISO11898-1)
	Dâhili Sensor	Hall sensör
	Dâhili Kristal	40 MHz kristal
	Dâhili SPI Flash	4MB
	Çalışma Gerilimi	3.0 V ~ 3.6 V
	Çalışma Akımı	Ortalama: 80 mA
	Minimum Akım Gereksinimi	500 mA
	Çalışma Sıcaklığı	–40 °C ~ +85 °C
	Nem Seviyesi	Seviye 3



Şekil 3. 13 ESP32 iç yapısı.

ESP32 modülünün bu projede kullanılacak olmasının en büyük sebeplerinden olan teknik dokümanının kolay bulunması ve temininin kolay olması dışında dâhili mikro denetleyicisinin sağlamış olduğu 240MHz'e kadar işlem hızı, booting işlemi için ayrılan 448KB ROM, bilgi ve emirlerin işlenmesi için ayrılan 520KB'lık dâhili SRAM, modül üzerinde flash barındırması, 16MB'a kadar harici flash sağlaması ESP32 modülünün seçilmesinde büyük rol oynamıştır (Systems, 2021).

Donanımsal avantajlarının yanı sıra yazılım konusunda da bir takım kolaylıklar sağlamıştır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Genel amaçlı kullanılabilen dört adet 64-bit zamanlayıcı,
- Her biri farklı zaman aralığı için programlanabilen dört kademeli Watchdog zamanlayıcısı,
- Dâhili 8 MHz osilatör bulundurması,

- Harici kristal bağlanması durumunda 160MHz gibi yüksek hızlara çıkabilmesi,
- Ses işleme işlemleri için harici saat bulundurması,
- 2.4GHz bandında hem alıcı hem verici olarak kablosuz haberleşme gerçekleştirebilmesi,
- Wi-Fi alanında TCP/IP ve 802.11 b/g/n MAC protokollerine sahip olması
- Bluetooth bulunması,
- Gerçek zamanlı saat bulundurması,
- Düşük güç tüketimi,
- 5 farklı güç tüketim modunun bulunması,
- 18 kanallık 12-bit ADC bulundurması,
- Projede kullanılmayan lakin gelecekte kullanılması planlanan Ethernet MAC ara yüzü bulundurması,

Yukarıda bahsedilen dikkat edilmesi gereken maddeler göz önüne alınarak projeye ait elektronik devre kartının şematik ve devre kartı tasarımı ile birlikte devre kartı üzerine modül yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

3.3.3. GSM Araştırması

Gerek kullanıcı gerek modem kaynaklı hatalardan dolayı oluşan internet kesintilerinde kullanıcıya çevrimiçi olarak internet üzerinden ulaşılamadığı durumlarda kullanıcıya haber vermek ve bilgilendirmek için GSM servisi kullanılması düşünülmüştür. GSM hizmetinin sağlanması için teknik doküman ve danışmanlık hizmetlerinin ulaşılabilirliğinin kolay olması sebebiyle Şekil 3.14'de görseli paylaşılan Quectel Wireless Solutions firmasına ait M66FA-04-STDN üretici kodlu ürün seçilmiştir.



Şekil 3. 14 M66 GSM modülü fiziksel görünümü.

Quectel firmasına ait 2G modülü olan M66, GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz ve PCS1900MHz frekanslarında çalışabilen Quad-Band GSM/GPRS modülüdür. 2G yonga setine sahip olması sayesinde, zorlu ortamlarda bile SMS, veri iletimi ve ses hizmetinde uygun performansa sahiptir. Quad-Band olmasının yanı sıra modül içerisinde bulunan GPRS ve SMS ile birçok ek hizmeti sağlamaktadır (Quectel, 2017).

GSM, GPRS ve SMS hizmetlerinin dışında hoparlör ve mikrofon servisleri sağlayarak, kullanıcının ses işleme yapabilmesini sağlamaktadır. Modül ayrıca ADC, PCM, RTC gibi kullanılabilecek donanımsal destekleri sağlamakla beraber bunların dışında piyasadaki eşdeğer diğer modüllerde bulunamayan eCall, Jamming tespiti, DTMF, ses kaydedicisi ve sürücüsü, QuecFOTA™, QuecCell, QuecLocator, QuecFile, OpenCPU™, Android için RIL, MUX, SIM, SD, UART ve Bluetooth haberleşme protokolünü desteklemektedir (Quectel, 2017). BGM220P ve ESP32 gibi M66 modülü de Bluetooth hizmeti sağlamaktadır fakat ESP32 modülünde de olduğu gibi Bluetooth servisinin eski sürüm (BT3.0) olması sebebiyle bu projede kullanılmamıştır. Projenin varyasyonlarından biri olan BGM220P ve ESP32 modüllerinin kullanılmayacağı modellerde TCP, UDP, PPP, FTP, HTTP, SMTP, CMUX ve SSL protokolleri desteklemesi sebebiyle Direction-Finding özelliği olmadan kullanılabilir.

15,8 mm × 17,7 mm × 2,3 mm'lik ölçülere sahip modül, küçük bir alan kaplamasının yanı sıra işlevsel olarak da birçok görevi yerine getirebilmektedir. Bunlara örnek olarak araç ve kişisel takip sistemleri, güvenlik sistemleri, kablosuz POS cihazları, endüstriyel PDA gibi birçok alanda farklı uygulamaların gereksinimlerini karşılayabilir.

Boyutsal imkânlarının yanı sıra modülün kılıfının SMD olması sayesinde hem dayanıklı hem de sağlam bir mekaniksel tasarıma sahiptir.

Enerji tüketimi bakımından sınıfında bulunan ve aynı işlevleri yerine getirebilen diğer modüller ile kıyaslandığında 1.2mA-1.3mA gibi küçük değerler ile çalışabilmektedir. Lakin BGM220P ve ESP32'den fazla tüketim yapması sebebiyle bu projede sadece kullanıcı ile etkileşime geçilmediği durumlarda aktif halde kullanılmaktadır. Bu sayede pil ve ürün ömrü açısından ürüne avantaj sağlanmaktadır.

Projede kullanılmaya uygun olup olmadığı Çizelge 3.4 üzerinden teyit ettiğimizde modülün projemiz için uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. 4 M66 elektriksel değerler çizelgesi.

Parametre		Açıklama	Min.	İdeal	Max.	Değer
V_{BATMAX}			-0.3	-	+4.73	V
Güç Kaynağı Tepe Akımı			0	-	2	A
Güç Kaynağı RMS Akımı			0	-	0.7	A
Dijital Pin Gerilimi			-0.3	-	3.08	V
Analog Pin Gerilimi			-0.3	-	3.08	V
Çalışma Sıcaklığı			-35	+25	+75	℃
V_{BAT}		Güç Kaynağı	3.3	4.0	4.6	V
		Gerilim Düşüşü	-	-	400	mV
I_{BAT}	Ortalama Güç Kaynağı Akımı	Kapalı Mod	-	150	-	uA
		Uyku Modu	-	1.3	-	mA
	CFUN=0	Boşta Modu	-	13	-	mA
		Uyku Modu	-	0.98	-	mA
	CFUN=4	Boşta Modu	-	13	-	mA
		Uyku Modu	-	1	-	mA
	Konuşma Modu	GSM850/EGSM900	-	223/219	-	mA
		DCS1800/PCS1900	-	153/151	-	mA
	Data Modu 3Rx 2Tx	GSM850/EGSM900	-	363/393	-	mA
		DCS1800/PCS1900	-	268/257	-	mA
	Data Modu	GSM850/EGSM900	-	506/546	-	mA

	2Rx 3Tx	DCS1800/PCS1900	-	366/349	-	mA
	Data Modu 4Rx 1Tx	GSM850/EGSM900	-	217/234	-	mA
		DCS1800/PCS1900	-	172/170	-	mA
	Data Modu 1Rx 4Tx	GSM850/EGSM900	-	458/485	-	mA
		DCS1800/PCS1900	-	462/4349	-	mA
	Güç Kaynağı Tepe Akımı	GSM850/EGSM900	-	1.6	2	A

Teknik özelliklerinin yanı sıra M66 modülü RoHS, CE/UCRF, DoC, Anatel ve ICASA standartlarını da desteklediği göz önüne alındığında, projeye ait elektronik devre kartının şematik ve devre kartı tasarımı ile birlikte devre kartı üzerine modül yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

3.3.4. RF Uygulaması

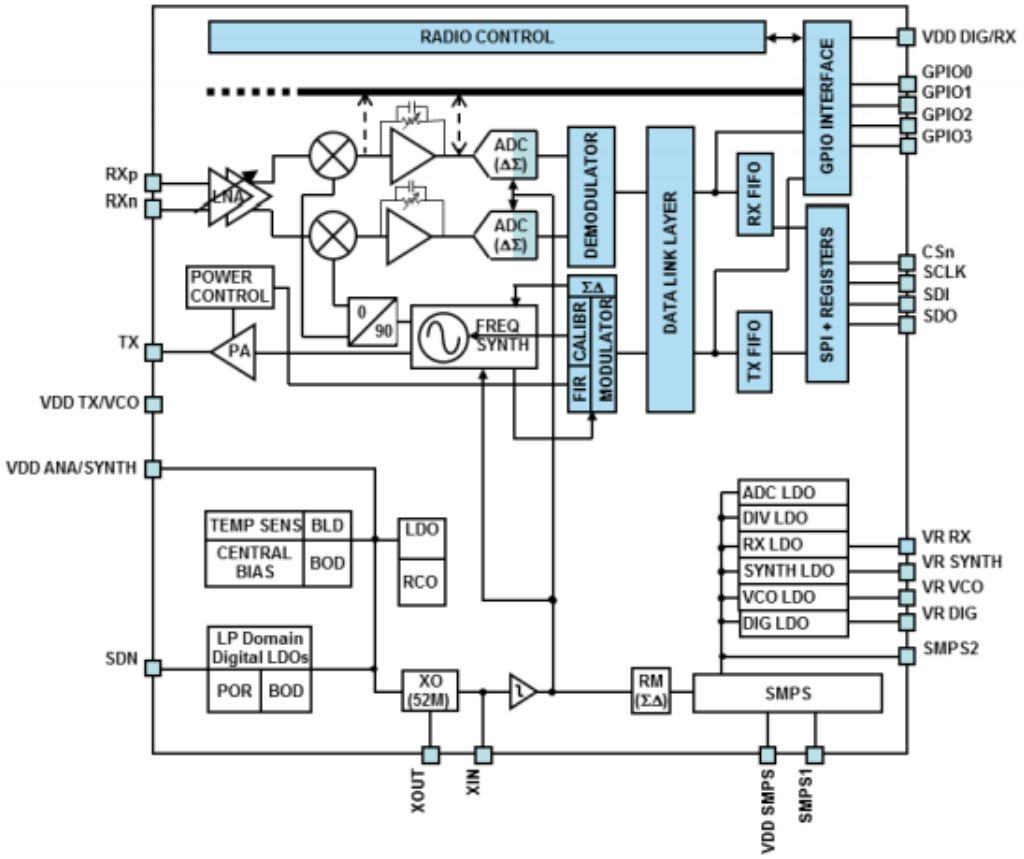
Projemizde RF uygulaması sadece varyasyon olarak yapılacak olup, tedarikçi siteleri üzerinden yapılan araştırma sonucunda hem maliyet hem güç tüketimi konusunda başarılı STMicroelectronics firmasına ait S2-LPQTR entegresinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bluetooth haberleşmeye alternatif olarak düşünülen modül direk olarak ESP32 Wi-Fi modülüne bağlanmaktadır.

S2 RF entegresi incelendiğinde, S2 dört farklı frekans bandında çalışabilmektedir. Bu bantlar sırasıyla 413-479 MHz (S2-LPQTR), 452-527 MHz (S2-LPCBQTR) – 826-958 MHz (S2-LPQTR) – 904-1055 MHz (S2-LPCBQTR) şeklindedir (STMicroelectronics, 2021). Dört farklı bant imkânı sağlamasının dışında güç tüketimi olarak kendi sınıfındakini diğer ürünlerden daha düşük seviyelerde akım tüketimi yapmaktadır. Akıllı ölçüm cihazları, enerji yönetim sistemleri, kablosuz alarm sistemleri, akıllı evler, otomasyon sistemleri, akıllı ışıklandırma ve endüstriyel kontrol sistemleri gibi birçok alanda kullanım için uygun olan S2 RF entegresi birçok noktada tercih edilebilir bir elektronik devre elemanı olmuştur. Bu sebeplere bakacak olursak:

- RX'de 7mA, Tx'de 10mA gibi küçük akımlar ile haberleşme
- -130dBm seviyelerine kadar yüksek performanslı alıcı olarak çalışabilme
- +16dBm seviyelerine kadar programlanabilir RF güç ayarı

- Programlanabilir dâhili RF filtre
- Hızlı uyanma ve frekans ayarlama
- Batarya ölçümü ve düşük batarya bildirimi
- 4-Wire SPI arayüzü
- Otomatik paket kabulü ve tekrar gönderimi
- Dâhili zaman aşımı protokol motoru
- Hassas alıcı seçimi (>80dB @ 2MHz)
- Dâhili balun filtresi
- Farklı anten yapılara uyarlanabilen dâhili algoritma
- Düşük güçte çalışan gerçek zamanlı osilatör
- Dâhili sayaç ile uyanma özelliği
- IEEE 802.15.4g, FEC, CRC ve çift SYNC protokollerine sahip kelime tanımlama
- Kablosuz M-BUS desteği
- KNX-RF desteği
- ETSI EN 300 220, ETSI EN 303 131, FCC, ARIB STD T67, T108 ve SRRC sertifikasyonu
- -40 °C ile +105 °C arasında geniş sıcaklık çalışma aralığına sahiptir.

Yukarıdaki maddelerde de bahsedildiği gibi S2 RF entegresi sistemin çektiği güç tüketimini azaltmak için gömülü programlanabilir otomatik paket onayı, otomatik paket tekrar iletimi, CSMA/CA motoru, düşük görev döngüsü protokolü, RX koklama modu ve zaman aşımı protokollerini kullanıcısına sağlamaktadır. Ayrıca iletilen ve alınan veri baytları, bağlı olduğu mikro denetleyicinin rahat işleyebilmesi için SPI haberleşme üzerinden erişilebilen iki farklı 128 byte FIFO'da arabelleğe alınır (STMicroelectronics, 2021). Şekil 3.15'de bulunan blok diyagramında da görüldüğü üzere SPI ve RF haberleşme için ihtiyaç bulunan bacak çıktılarının yanı sıra dört adet GPIO pinleri ile de kullanıcısına ek işlemler yaptırabilme olanağı sağlamaktadır.



Şekil 3. 15 S2-LPQTR sadeleştirilmiş blok diyagramı.

S2 RF entegresi, RF frekansının doğrudan sentezine dayanmaktadır. Güç amplifikatör girişi, RF sentezleyici tarafından üretilen LO olmakla beraber çıkış seviyesi ise 0.5dB'lik adımlarla anten seviyesinde -30dBm ile +14dBm arasında yapılandırılabilmektedir (STMicroelectronics, 2021).

Entegreye ait kristal bacakları olan XIN ve XOUT arasına bir adet kristal bağlanmalıdır. Entegre farklı kristaller ile çalışabilecek şekilde de programlanabilmektedir. İstenildiği durumda, entegrenin düzgün çalışabilmesi için XIN'e harici bir osilatör bağlantısı yapılabilir. Bununla beraber en yavaş zaman aşımları için bir saat olarak kullanılan 34.7kHz sinyali üreten bir kristal, entegre içerisinde bulunmaktadır.

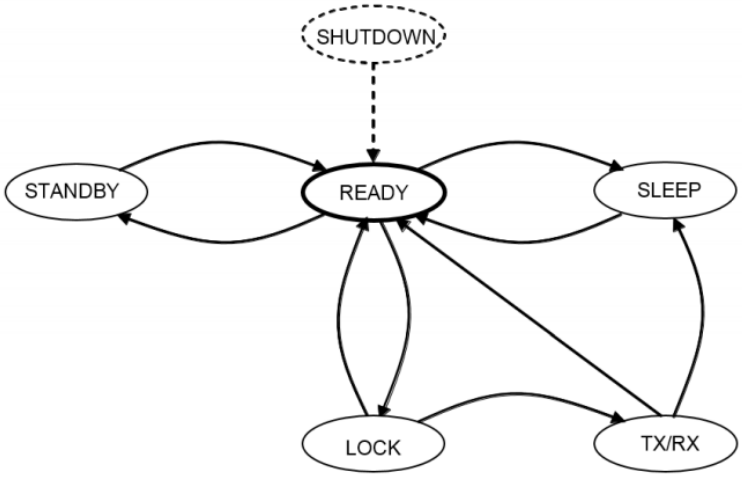
S2 RF entegrenin piyasada akım bakımından en uygun değerlere sahip olduğu yapılan araştırmalar sonucunda bilinmektedir. Bu bilgiden yola çıkarak ürünün teknik

dokümanında temin edilen Çizelge 3.5'deki değerler incelendiğinde gerçekten düşük enerji tüketim değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 3. 5 S2-LPQTR maksimum değerler.

<table>
<tr><th>Parametre</th><th>Test Şartları</th><th>Min.</th><th>İdeal</th><th>Max.</th><th>Değer</th></tr>
<tr><td>Güç Kaynağı ve SMPS Pinleri</td><td rowspan="11">-</td><td rowspan="7">-0.3</td><td rowspan="7">-</td><td rowspan="7">+3.9</td><td rowspan="7">V</td></tr>
<tr><td>VREG Pinindeki DC Gerilimi</td></tr>
<tr><td>Dijital Giriş Pinlerindeki DC Gerilimi</td></tr>
<tr><td>Dijital Çıkış Pinlerindeki DC Gerilimi</td></tr>
<tr><td>Toprak Hattındaki DC Gerilimi</td></tr>
<tr><td>TX Pinindeki DC Gerilimi</td></tr>
<tr><td>Analog Pinlerdeki DC Gerilimi</td><td>-0.3</td><td>-</td><td>+1.8</td></tr>
<tr><td>Saklama Sıcaklıkları</td><td>-40</td><td>-</td><td>+125</td><td>°C</td></tr>
<tr><td>VESD-HBM</td><td>-500</td><td></td><td>+500</td><td>V</td></tr>
<tr><td>Çalışma Gerilimi</td><td>1.8</td><td>3.0</td><td>3.6</td><td>V</td></tr>
<tr><td>Çalışma Sıcaklığı</td><td>-40</td><td>25</td><td>+105</td><td>°C</td></tr>
<tr><td>Termal Direnç</td><td></td><td>66</td><td></td><td>°C/W</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Güç Kaynağı Akımı</td><td>Kapalı</td><td rowspan="5">-</td><td>2.5</td><td rowspan="5">-</td><td rowspan="3">nA</td></tr>
<tr><td>Bekleme</td><td>500</td></tr>
<tr><td>Uyku</td><td>700</td></tr>
<tr><td>Uyku (FIFOs saklanırken)</td><td>0.95</td><td>µA</td></tr>
<tr><td>Hazır</td><td>300</td></tr>
</table>

Güç tüketimini iyi yapabilmesinin en önemli sebebi entegre içerisinde gerçekleştirilen ve sürekli tekrarlanan durum sorgusu algoritmasıdır. Teknik dokumandan alınan ve Şekil 3.16'da bulunan durum diyagramını incelediğimizde, cihazın sürekli kapalı modda olduğu lakin enerjilendirildikten sonra sürekli olarak TX veya RX'den sinyal alamazsa kendini uyku moduna soktuğu, haber bekleme durumunda bekleme durumuna soktuğu gözlemlenmektedir.

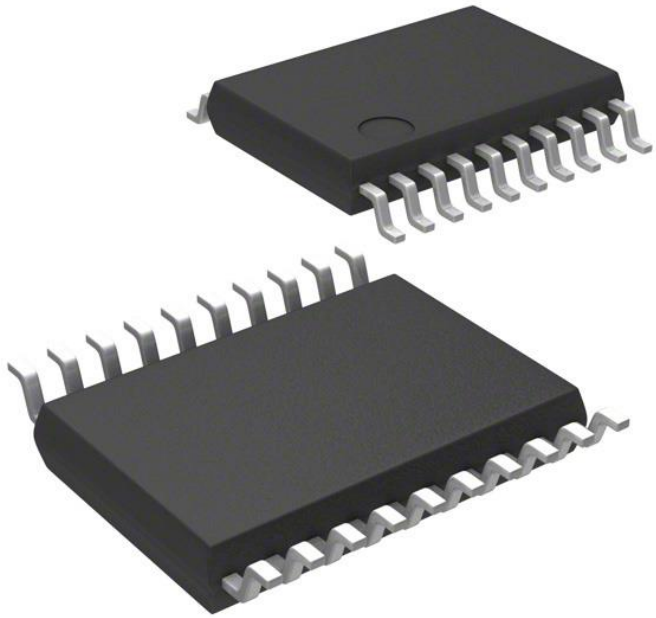


Şekil 3. 16 S2-LPQTR durum sorgu diyagramı.

Yapılan araştırmalar sonucunda uygunluğu teyit edilen S2 RF entegresi, proje içerisinde ek bir özellik olarak düşünülmüştür. ESP32 Wi-Fi modülünün bulunduğu ve Bluetooth modülünün olmadığı durumlarda kullanılması planlanmıştır. Hem Wi-Fi hem Bluetooth'un bulunduğu varyasyonlarda da kullanılabilir lakin önceki başlık altında yapılan tahmini elektronik devre yerleşimleri haritasında Bluetooth ve RF antenlerinin birbirine yakın olması sebebiyle sinyal karışıklıklarına neden olma ihtimali de bulunmaktadır.

3.3.5. MCU Uygulaması

BGM220P, ESP32 ve M66 modülleri kablosuz olarak kullanıcı, konfor birimleri ve güvenlik ürünleri ile haberleşmek için kullanılmaktadır. Adı geçen modüllerden gelen bilgi ve emirlere göre alarm çalmak, kablolu bağlantıları takip etmek, pil durumunu sorgulamak gibi haberleşme istemeyen durumları kontrol etmesi için bir adet mikro denetleyici bulunmalıdır. Hali hazırda kullanılacak modüller bu işlemleri yerine getirebilecek yetkinliklere sahiptir fakat oluşma potansiyeli bulunan farklı varyasyonlara hazır olmak adına pahalı çözüm olmaktadırlar. Bunun yerine hali hazırda hem teknik desteğin ve stok durumunun iyi durumda olduğu hem de maliyet açısından uygun olan bir mikro denetleyici kullanmak daha uygun bir yaklaşım modeli olmaktadır. Bu düşünceden yola çıkarak bahsedilen koşulları yerine getirebilecek mikro denetleyici, Şekil 3.17'de de görseli paylaşılan STMicroelectronics firmasına ait STM32L011F4P6TR üretici kodlu ürün uygun bulunmuştur.



Şekil 3. 17 STM32L011F4P6TR 20-TSSOP kılıfı fiziksel görünümü.

Yine aynı firmaya ait STM32F030'dan maliyet bakımından düşük seviyelerdedir fakat projemiz pil ile çalışacağından dolayı enerji tüketimini göz önünde bulundurduğumuzda tercih edilmemiştir. Çizelge 3.6'da da görüldüğü üzere enerji tüketimi kıyaslandığında STM32L011F4P6TR daha iyi hizmet sunmaktadır (STMicroelectronics, 2017).

Çizelge 3. 6 STM32Lx ve STM32Fx akım kıyaslaması.

	STM32L011F4P6TR	STM32F030F4P6
Uyku Modu Akımı	0.23 µA	7.9 µA
Birim Maliyet – 1000 Ad.	$1.47	$0.84

3.4. Tasarım Programlarının Belirlenmesi

Projede kullanılan ve lisans hakları Kale Kilit ve Kalıp Sanayi A.Ş.'ye ait olan tasarım programlarından Autodesk Inventor elektronik devre elemanlarının 3B tasarımları çizmek için kullanılmıştır. Aynı şekilde kullanılacak devre elemanlarının şematik, footprint ve elektriksel bağlantıları Altium Designer programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.5. Elektronik Donanım Tasarımı

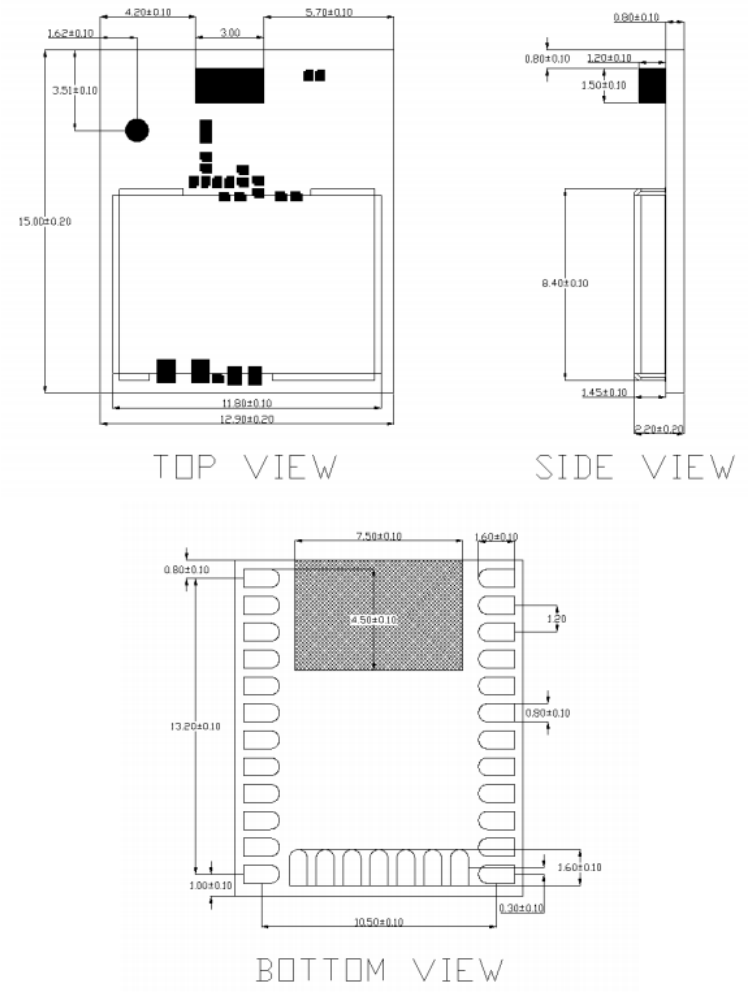
Projede kullanılacak ana donanımlar belirlendikten sonra Altium Designer programı üzerinden önce kütüphane tasarımları, ardından şematik ve layout tasarımları gerçekleştirilmiştir.

3.5.1. Kütüphane Oluşturma

Elektronik devre kartı üzerinde kullanılacak tüm elektronik malzemelerin hem şematik hem de kılıf tasarımlarının yapılması gerekmektedir. Bunun sebebi, şematik tasarım esnasında kullanılacak olan malzemenin bacaklarının hangi görevleri üstlendiklerini görmek ve dizgi esnasında malzemenin sağlıklı bir şekilde devre kartına takılmasını sağlamak içindir. Şematik ve kılıf tasarımının haricinde, tasarımı gerçekleştirilecek devre kartı bir kutunun içine yerleştirileceği için kart üzerine koyulan malzemelerin 3B çizimlerinin de yapılması gerekmektedir. Böylece hem tasarlanacak kartta malzemelerin birbirlerine çarpma ihtimalleri minimize edilebilir hem de mekanik kutu tasarımı esnasında daha sağlıklı bir çalışma meydana getirilebilir.

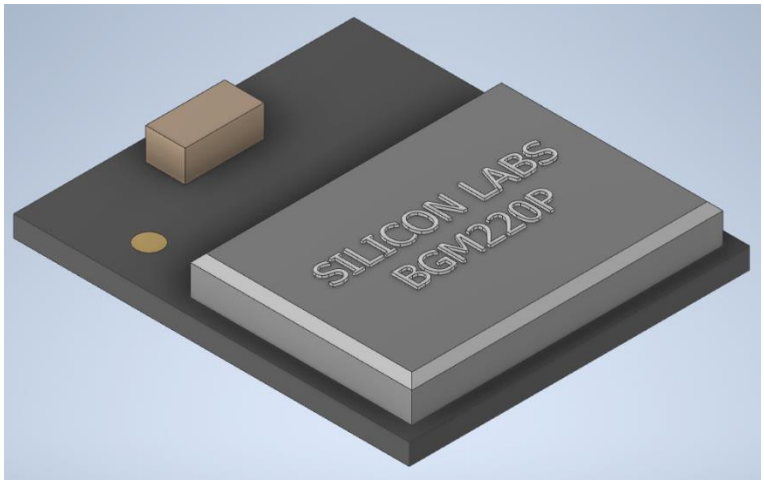
Devre kartında kullanılacak her malzeme için 3B tasarım, şematik tasarım ve kılıf tasarımı gerçekleştirilmiştir. Aynı süreçlerin tekrar tekrar anlatılmaması adına BGM220P Bluetooth modülü üzerinden örnekleme yapılarak anlatım gerçekleştirilecektir.

BGM220P Bluetooth modülü tasarımında ilk olarak Autodesk Inventor programını kullanarak 3B tasarımını yaparak başlıyoruz. Tasarıma başlamadan önce Şekil 3.18'de gösterilen modül ile alakalı teknik ölçülere, modüle ait teknik doküman üzerinden ulaşım sağlanmıştır.



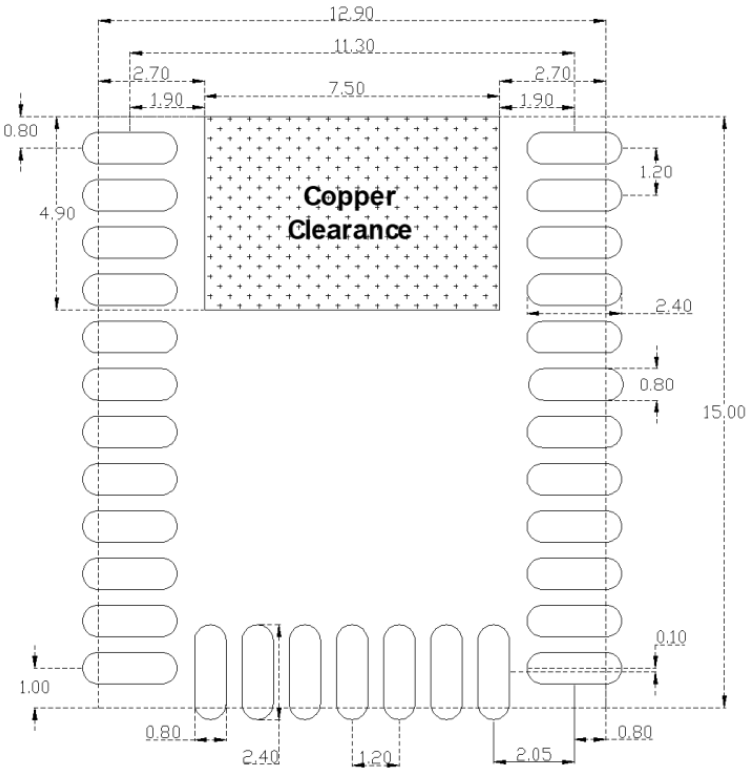
Şekil 3. 18 BGM220P teknik resmi.

Teknik şekilde verilen ölçülere ve modülün gerçek görünüşü dikkate alınarak şekil 3.19'daki 3B tasarım Autodesk Inventor programında gerçekleştirilmiştir (Labs, 2019).



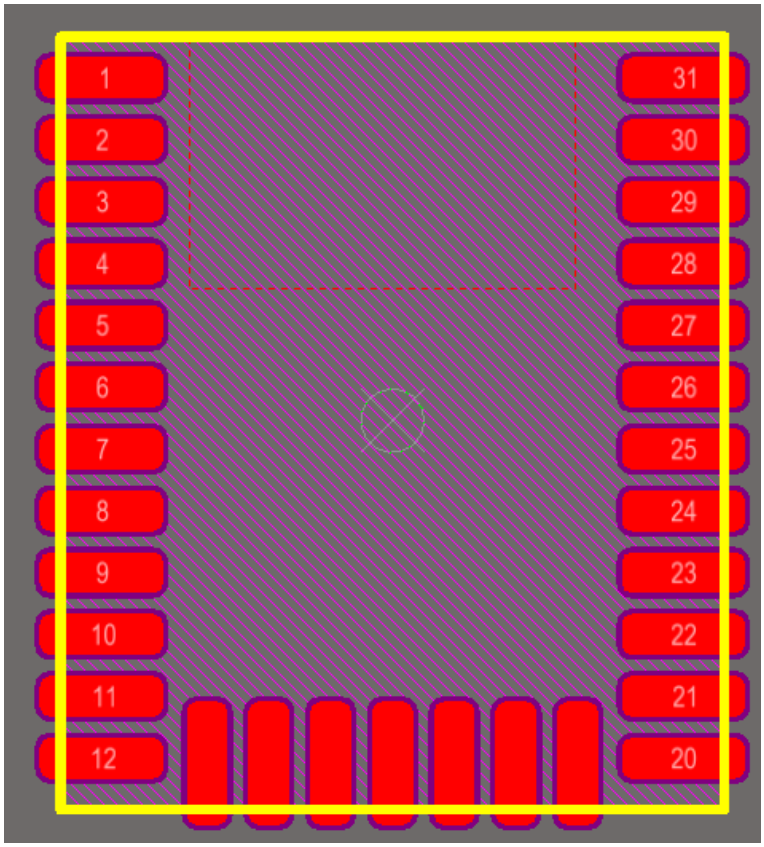
Şekil 3. 19 BGM220P 3B tasarım.

3B tasarımın gerçekleştirilmesinin ardından, Altium Designer programı ile şematik ve kılıf tasarımlarının yapılması ve bunların birbirlerine entegrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Modüle ait teknik doküman incelendiğinde, doküman içerisinde Şekil 3.20'deki tavsiye edilen kılıf ölçüleri verilmiştir.



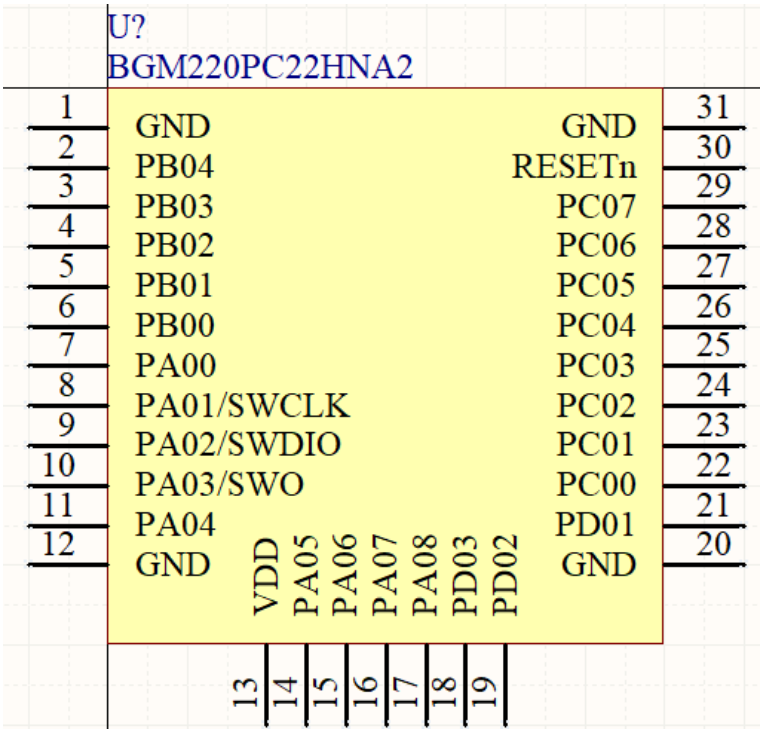
Şekil 3. 20 BGM220P tavsiye edilen kılıf tasarımı.

Tavsiye edilen kılıf ölçülerinden yola çıkarak, Altium Designer programı ile Şekil 3.21'deki kılıf tasarımı yapılmıştır. Kılıf tasarımı aşamasındaki en önemli nokta modül üzerinde bulunan antenin alt kısmında bulunan alanın "polygon cut-out" bölgesi olarak belirtilmesidir. Bu işlemin gerçekleştirilmesinin sebebi, modül haberleşme esnasında yaydığı yayının toprak hattı veya başka bir sinyal hattı tarafından gürültüye maruz bırakılmasını ve sinyalin tamamen bloke edilmesi ihtimalini engellemektir.



Şekil 3. 21 BGM220P kılıf tasarımı.

Kılıf tasarımının yapılmasının ardından Autodesk Inventor ile oluşturulmuş 3B model step formatına çevrilip, kılıf ile entegrasyonu sağlanmıştır. Entegrasyonun ardından modüle ait Şekil 3.22'de oluşturulan şematik model tasarımı ile kılıf tasarımı birleştirilmiştir. Bu sayede BGM220P Bluetooth modülü elektronik devre tasarımı esnasında kullanıma hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3. 22 BGM220P şematik model tasarımı.

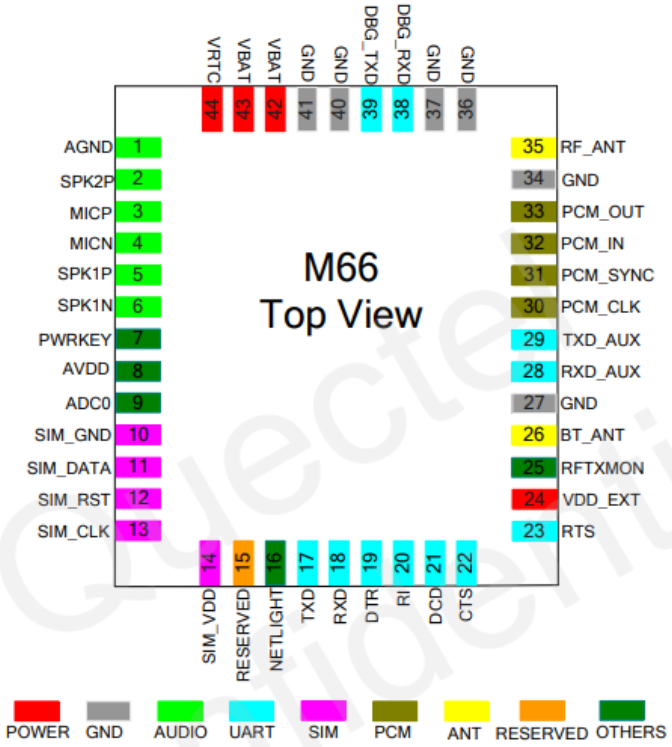
BGM220P için gerçekleştirilen kütüphane tasarım işlemleri elektronik devre kartından kullanılması planlanan 67 kalem malzeme için gerçekleştirilmiştir. Her malzemeye ait kütüphane tasarımı sırasıyla 3B oluşturma, kılıf tasarımı, şematik model tasarımı ve bu tasarımların entegrasyonu şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3.5.2. GSM Şematik Tasarımı

M66 GSM modülü, birçok alanda kullanıcısına farklı çözümler sunan bir modüldür. Sunduğu SIM, SD, PCM, hoparlör, mikrofon gibi işlevsellikler sayesinde farklı entegrelere ihtiyaç duymadan tek çözümle istenilen görevlerin yerine getirilmesini sağlar.

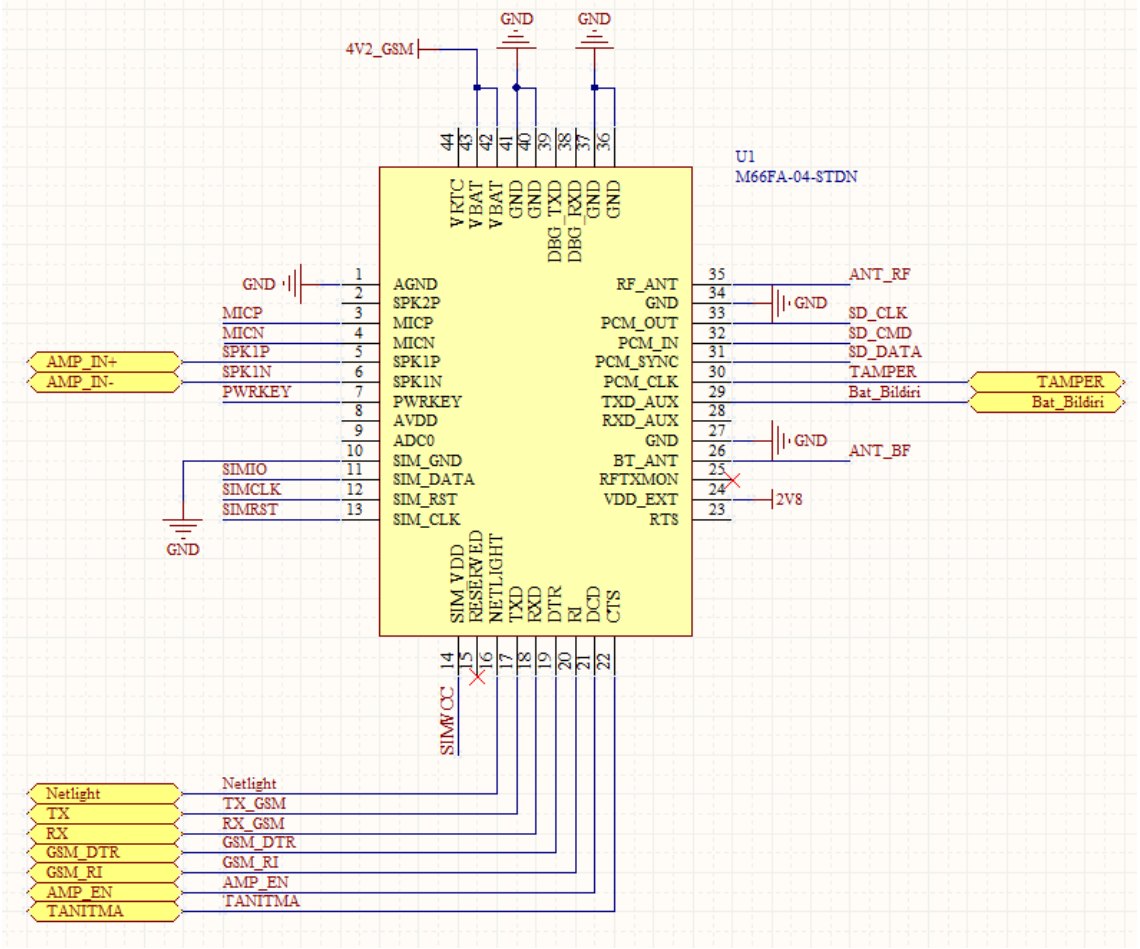
Şematik tasarıma başlanmadan önce Şekil 3.23'de de gözüktüğü gibi modüle ait pin yapıları ve görevleri incelendiğinde, yapılması istenen bir eylemin onu gerçekleştirebilecek doğru pine bağlanmaması sonuncunda istenilen işlevi yerine getirememesi ihtimalidir. Bu potansiyel hataya yakalanmamak ve olası çözümler üretmek için pin yapısı incelenmelidir.

Şekil 3.23'deki görsel dikkatli incelendiğinde modülün güç, ses, UART, SIM, PCM ve anten gruplarına ayrıldığı gözlemlenmektedir. Benzer işleri yapacak, aynı grupta bulunan bacak çıktılarının yan yana bulunması layout kısmında kolaylık sağlamaktadır.



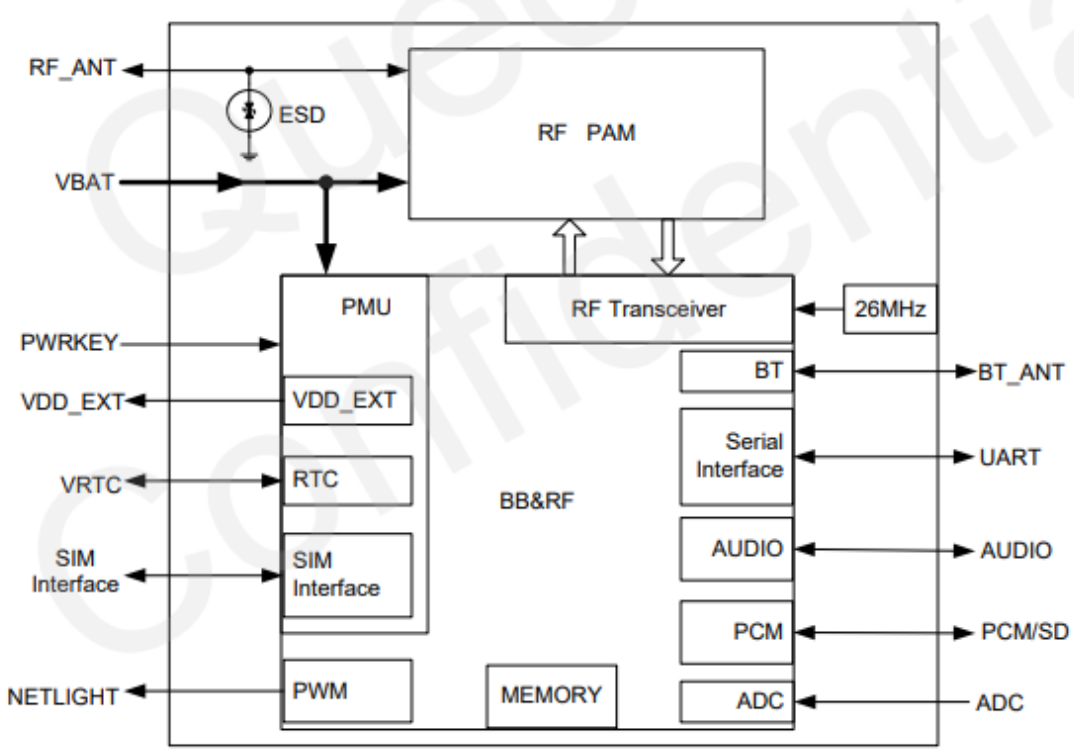
Şekil 3. 23 M66 GSM modülü pin görevleri.

Şekil 3.23'de bağlantıları teknik doküman incelenerek gerçekleştirilmiş olan M66 modülü, kendi için gerekli olan ESD koruma diyotlarını ve kristallerini dâhili olarak içerisinde bulundurmaktadır (Quectel, 2017).



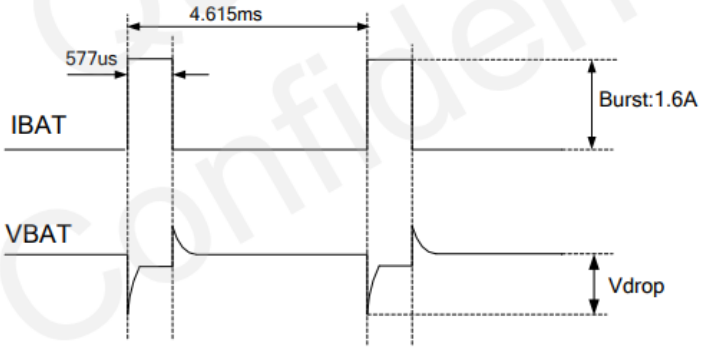
Şekil 3. 24 M66 GSM modülü şematik tasarım.

Modül kendi içerisinde radyo frekansı donanımı, güç yönetimi, güç kaynağı, açma-kapama donanımı, UART arayüzü, ses arayüzü, PCM arayüzü, SIM arayüzü, SD arayüzü, ADC arayüzü, RF arayüzü, Bluetooth arayüzü barındırmaktadır. Şekil 3.24'de tasarıma, Şekil 3.25'de diyagrama dökülmüş halinin de bulunduğu modülün her bir özelliği için ayrı bir devre tasarımı gereklidir.



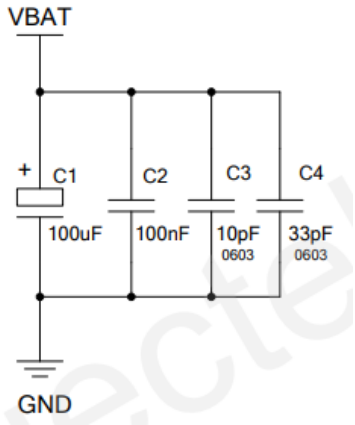
Şekil 3. 25 M66 GSM modülü fonksiyonel diyagram yapısı.

Güç kaynağı, GSM terminallerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biridir. Güç kaynağının istikrarlı gerilim çıktısı verememesi, anlık akım talebini karşılayamaması gibi unsurlar GSM modülünün görevini yerine getirememesi gibi sonuçlar doğurabilmektedir. Şekil 3.26'da da görüldüğü üzere GSM modülü her 4.615 ms'de bir 577us anlık radyo yayını yapması nedeniyle, güç kaynağının bir periyotta yüksek akım sağlayabilmesi gerekir (Quectel, 2017). Bu anlık yükselişler sırasında besleme voltajındaki düşüşler, modülün minimum çalışma voltajını geçmemelidir.

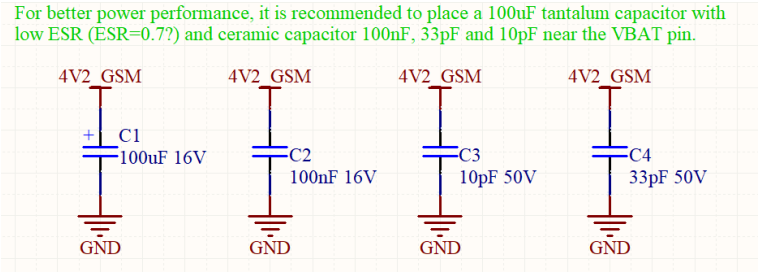


Şekil 3. 26 Yayın esnasında oluşan gerilim dalgalanması.

M66 modülü, anlık radyo yayını iletimi sırasında maksimum akım tüketimi 1,6A'ya ulaşabilmektedir. Bu sebepten dolayı VBAT'ta büyük bir gerilim düşüşüne sebebiyet vermektedir. Modülün kararlı çalışmasını sağlamak için, radyo yayını iletimi esnasında maksimum gerilim düşümünün 400mV'yi geçmemesi önerilir. Tahmin edilemeyen sebeplerden dolayı güç kaynağından veya çevre donanım birimlerinden kaynaklı oluşabilecek gerilim düşümlerini engellemek için en sık kullanılan yöntemlerden biri kapasitör ile modülün beslemesini destekleme yöntemidir. M66 modülüne ait teknik doküman içerisinde Şekil 3.27'de gözüken şekilde önlem alınması tavsiye edilmiştir. Bu tavsiye göz önünde bulundurularak Şekil 3.28'deki kapasitör bağlantısı şematik tasarımda uygulanmıştır (Quectel, 2017).

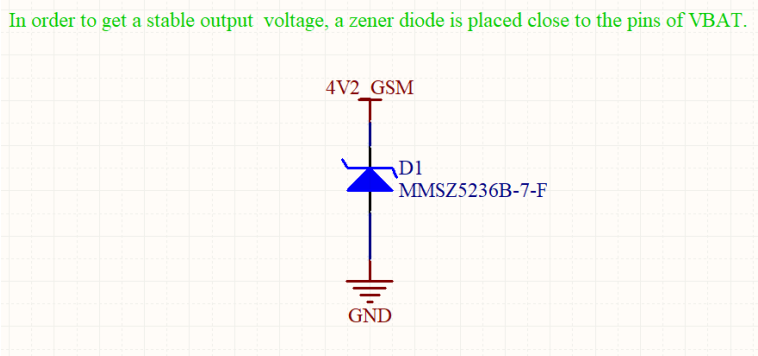


Şekil 3. 27 Tavsiye edilen Vbat kapasitör desteği.



Şekil 3. 28 Şematik tasarıma uygulanan kapasitör destek sistemi.

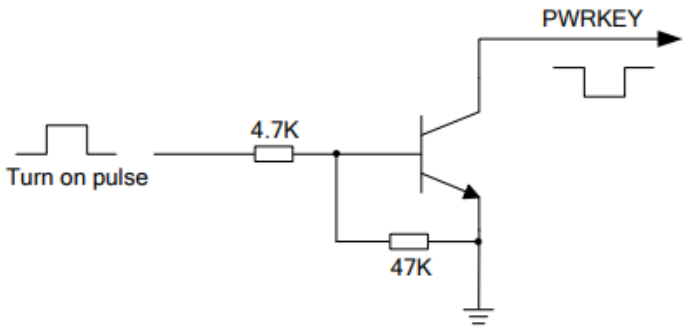
Destek ünitesi olarak kapasitör bağlantısı gerçekleştirmek sadece beklenmedik gerilim düşümlerinin önüne geçmektedir. Tam tersi yönde olan anlık gerilim artımları için Şekil 3.29'daki yöntem şematik üzerinde uygulanmıştır.



Şekil 3. 29 Anlık gerilim artışlarına karşı alınan önlem.

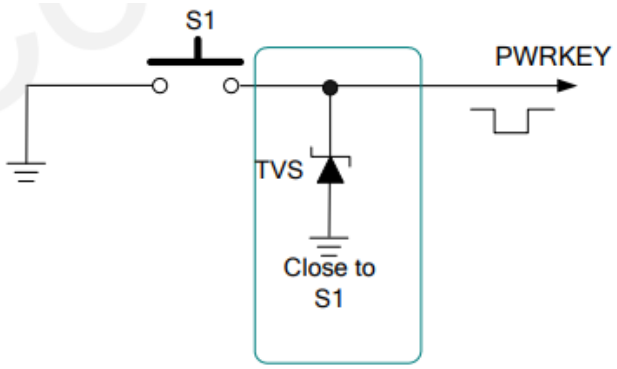
Kapasitör ve zener diyot ile alınan önlemler ile birlikte M66 modülünün beklenmedik gerilim değişimlerine karşı kötü performans sağlamaması sağlanmıştır. Bu iki yöntemin diğer mikro denetleyici ve modüller için de uygulanabilirliği bulunmaktadır.

Modülün beslemesinin istikrarlı bir hale getirilmesinden sonra, kendi sınıfında düşük olsa dahi gerçekleştirilecek proje için 1.3mA gibi yüksek akım çekmesi sebebiyle güç kısmında kontrol devresi oluşturulması gerekmektedir. Bunu yapmanın iki yöntemi bulunmaktadır. İlk yöntem modülün beslemesini bir transistör yardımı ile kesmek. En sağlıklı güç yönetimi bu yöntemle yapılabilmektedir lakin M66 modülümüz UART üzerinden veri beklediğinden dolayı bu tarz bir yöntemi kullanmamız doğru olmayacaktır. Diğer bir yöntem ise M66 modülü üzerinde bulunan PWRKEY pinini kullanmak. Bu pinin görevi, low'a çekildiği zaman yani toprak bağlantısına bağlandığı zaman modülü uyandırmaktır. Şekil 3.30'da da görüldüğü üzere görseldeki gibi transistörlü basit bir kontrol devresi yapmak M66 modülünün başarılı bir şekilde uyandırılmasını sağlamaktadır.



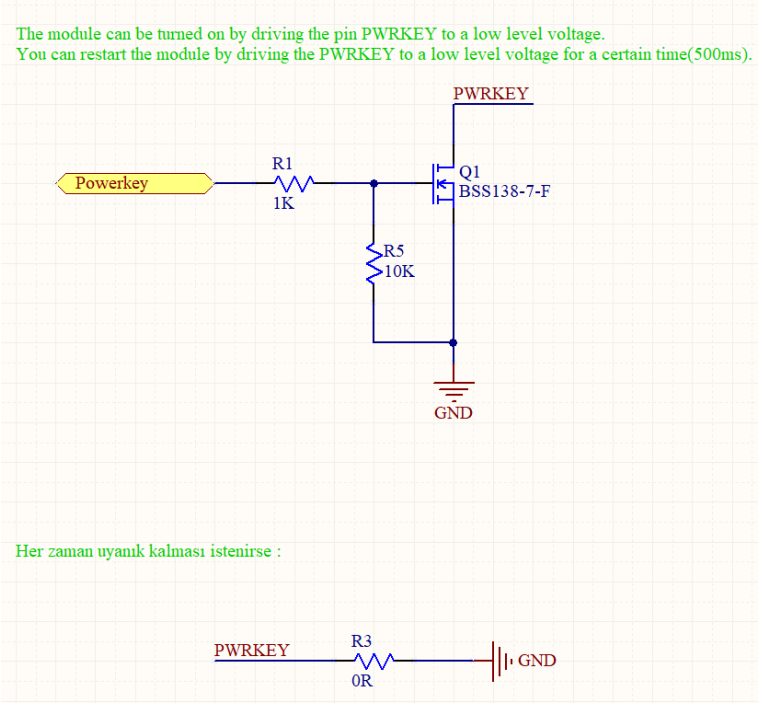
Şekil 3. 30 Open-Collector sürücülü powerkey kontrolü.

Bir diğer yöntem ise Şekil 3.31'de uygulanan yöntemdir lakin bu yöntemde dışarıdan herhangi bir manuel anahtarlama elemanı ile tetik gerekmektedir. Bizim uygulamamızda tüm sistem otomatik kontrol edileceğinden dolayı Şekil 3.31'deki yöntem uygulanmıştır.



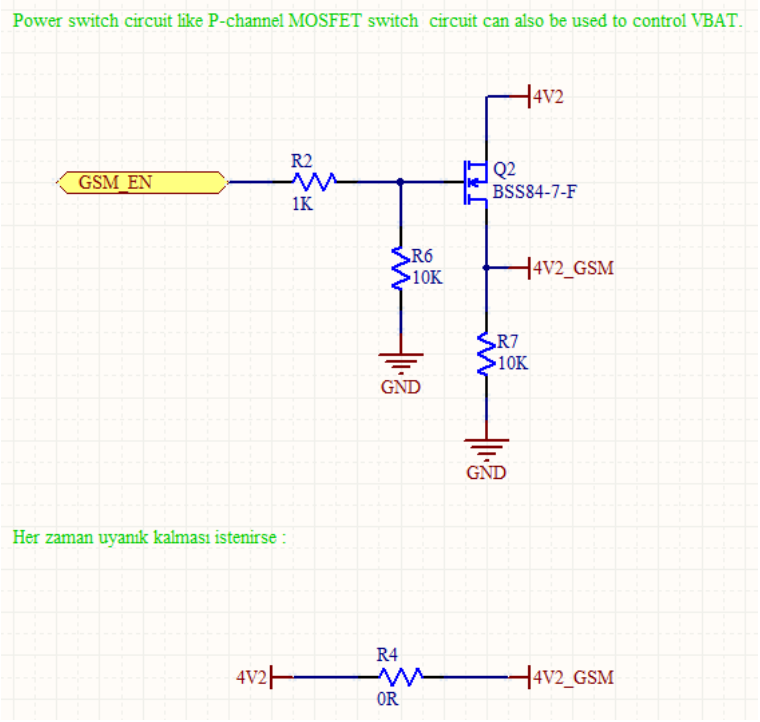
Şekil 3. 31 Anahtarlama elemanı ile powerkey kontrolü.

Projeye kullanılan M66 modülü için Şekil 3.31'deki yöntem uygulanmıştır (Quectel, 2017). Uygulanan devre tasarımının şematik tasarımı Şekil 3.32'de görülmektedir. Bu tasarımın haricinde sürekli enerji beslemeli varyasyonunda kullanılmak üzere R3 kodlu 0R ayrıca eklenmiştir. Bu durumda dizgi esnasında ya transistörlü sistemin ya da 0R dirençli sistemin dizilmesi gerekmektedir. Her ikisinin de dizildiği durumda 0R direnci powerkey ile toprak arasında kısa devre yapacağından dolayı modül sürekli aktif kalmaktadır.



Şekil 3. 32 Powerkey kontrolü için uygulanan yöntem.

Güç tüketiminin kritik olduğu durumlarda yukarıda bahsettiğimiz güç kesme yöntemi de kullanabilir. Elektronik devre kartımız boyutsal olarak uygun olması sebebiyle projemize bu yöntemi eklenmiştir. Şekil 3.32'deki powerkey üzerinden uyandırma metodu ile aynı yöntem uygulanmıştır. Metodun uygulanmış halinin şematiğe yansıtılmış hali Şekil 3.33'de gösterilmiştir.

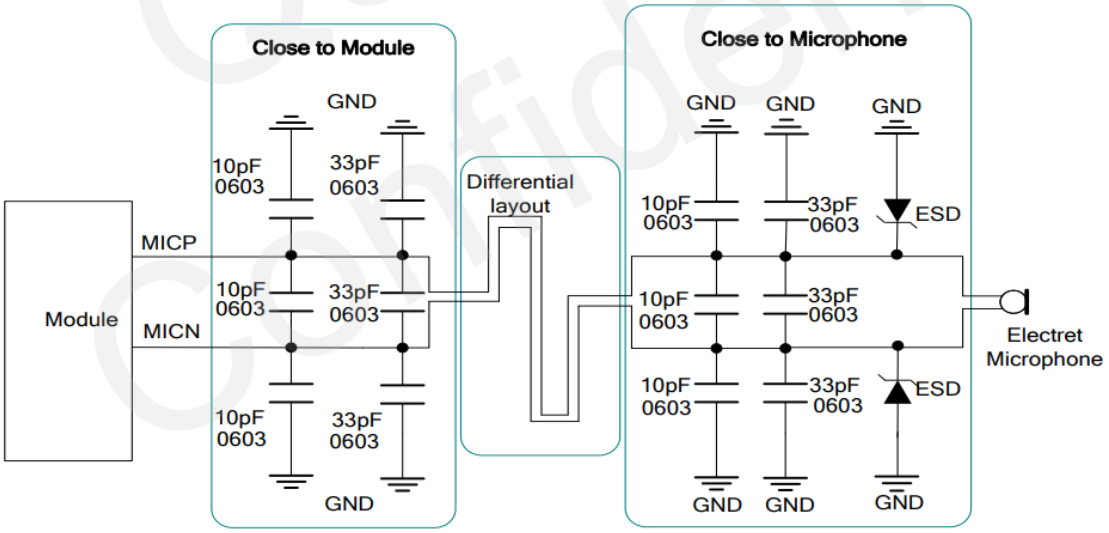


Şekil 3. 33 Mosfet aracılığıyla anahtarlama yöntemi.

M66 GSM modülünün enerji beslemeleri ve bununla alakalı alınabilecek yöntemler birkaç uygulama ile gösterilmiş olup şematik tasarımda uygulanmıştır.

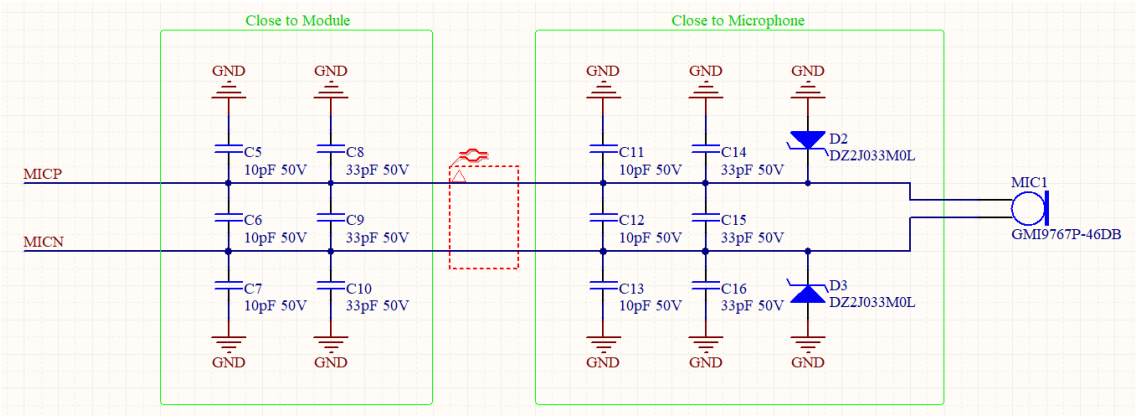
Projemizde kullanacağımız M66 modülümüz GSM özelliğini desteklemesinin yanında ses sürme ve işleme görevlerini de yerine getirebilmektedir. Hoparlör ve mikrofon desteği bulunan modülümüzde kullanacağımız verilerin daha sağlıklı ve performansının yüksek olması adına diferansiyel eş metodunu da göz önünde bulundurup şematik tasarımını gerçekleştireceğiz. Diferansiyel eş metodunun kullanılmasının sebebi, GSM modülünün bacaklarından çıkan ses verilerinin eş zamanlı olarak hoparlör sürücüye veya mikrofona gitmesini istememizdir. Eş zamanlı olması sayesinde kullanıcıya yansıtılan ses daha akıcı bir şekilde hissedilecektir. Bununla beraber mikrofon aracılığıyla algılanan kullanıcı sesi aynı kalitede GSM modülüne iletilecektir.

Teknik dokümanda verilen bilgiler ışığında, Şekil 3.34'de gösterilen referans tasarım göz önüne alınarak Şekil 3.35'de bulunan şematik tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 34 Mikrofon girişi referans şematik tasarımı.

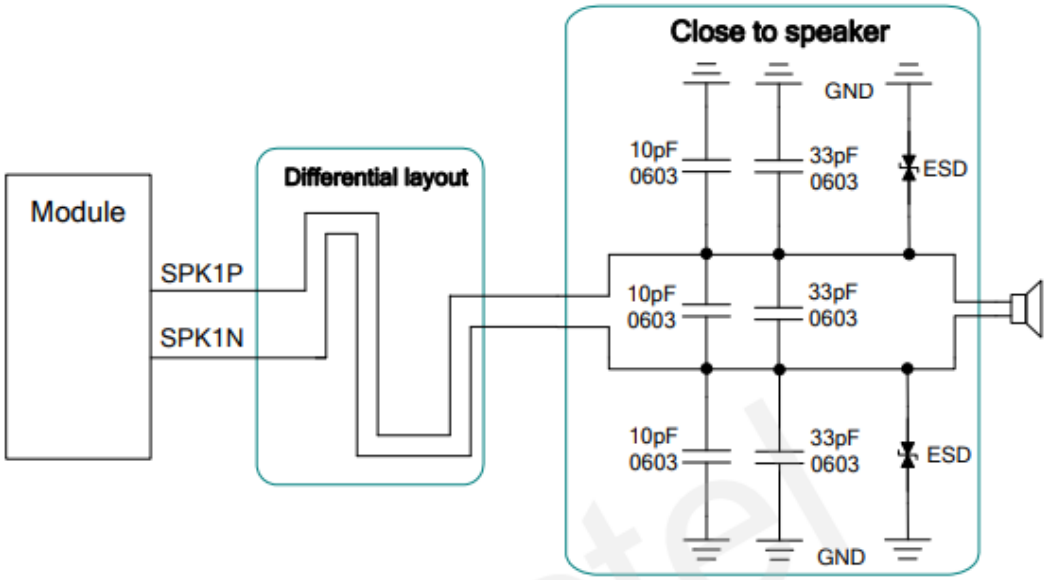
MICP ve MICN isimli köprü bağlantıları M66 modülüne bağlanmıştır. C5-10 aralığında bulunan kapasitörlerin modüle yakın, C11-16 aralığında kapasitörlerin ve zener diyotların mikrofona yakın şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Bu bağlantıda kapasitörlerin kullanılma sebebi oluşabilecek potansiyel gerilim dalgalanmalarını filtrelemek, zener diyotların kullanılma sebebi ise ESD'den ötürü mikrofon hattında oluşabilecek ani gerilim yükselmelerini engelleyip modülün bozulmasını engellemektir. Bu ihtimaller göz önüne alınarak Şekil 3.35'deki tasarım meydana getirilmiştir (Quectel, 2017).



Şekil 3. 35 Şematik üzerinde tasarlanan mikrofon bağlantı yapısı.

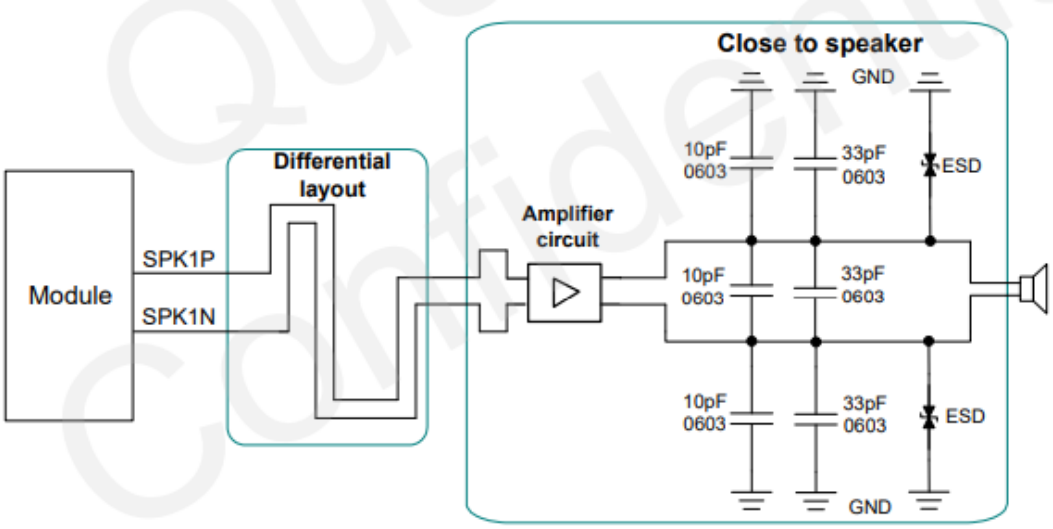
Hoparlör üzerinden ses sürebilme özelliğine de sahip olan M66 modülü hem mono hem stereo ses sürebilme özelliğine sahiptir. Modül üzerinde bulunan AOUT1 arayüzü stereo ve mikrofon için kullanılmakla beraber diferansiyel eş yönetimi ile kullanılmak

için daha uygundur. Diğer arayüz olan AOUT2 ise genellikle kulaklık girişi için kullanıma uygun mono kanal ses sürebilme özelliğine sahip kanaldır. Projemizde tasarımı yapılan elektronik devre kartının gerçeğe daha yakın tepki verebilmesi adına AOUT1 arayüzü kullanılmıştır. Buradan yola çıkarak teknik doküman incelendiğinde Şekil 3.36'deki tavsiye edilen şema uygulaması gerçekleştirilmiştir (Quectel, 2017).



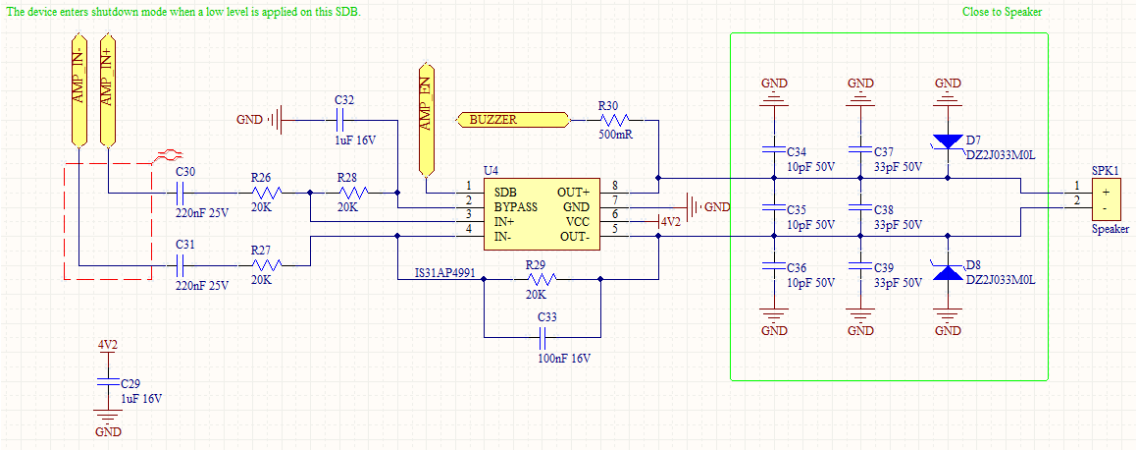
Şekil 3. 36 Tavsiye edilen hoparlör bağlantısı.

Hem projede kullanılan elektronik devre kartından çıkartılması planlanan sesin uzak mesafeleri ulaşabilmesi hem de alarm çıktısı olarak kullanılması durumunda yüksek desibel ses verebilmesi için yükseltici devresi ile beslenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda M66 modülüne ait teknik dokümanda bağlantının nasıl yapılması gerektiği ile ilgili bilgi Şekil 3.37'de de görüldüğü üzere verilmiştir.



Şekil 3. 37 Tavsiye edilen yükseltilmiş hoparlör bağlantısı.

Hem GSM modülüne ait teknik dokuman hem de kullanılan malzemelerin teknik dokümanlarından yola çıkılarak Şekil 3.38'de gösterilen ses kademesince yükseltilmiş, hoparlör şematik tasarımı gerçekleştirilmiştir (Microsystems, 2013).

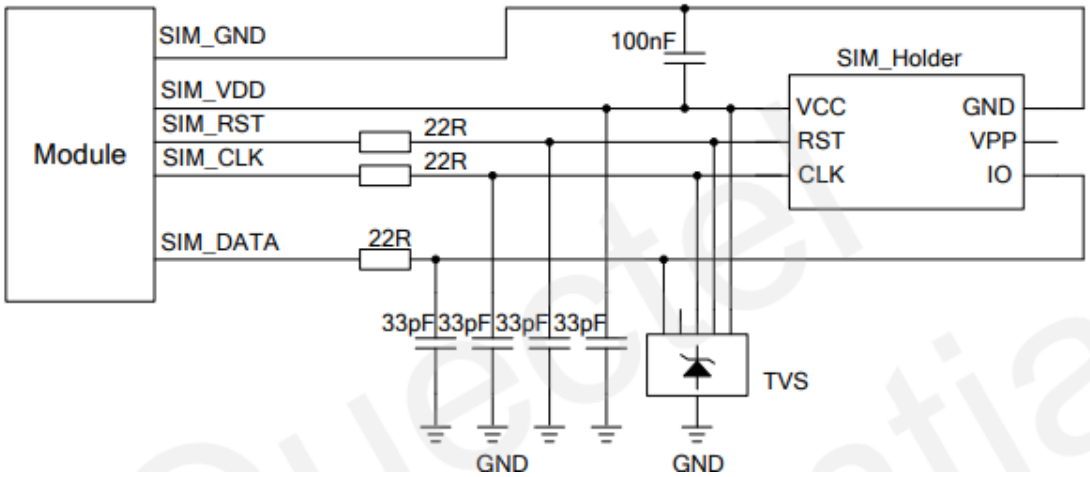


Şekil 3. 38 Yükseltilmiş hoparlör bağlantı şematik tasarımı.

Hoparlör ve mikrofon bağlantılarının gerçekleştirilmesinden sonra GSM işleminin gerçekleştirilmesi için asıl gerekli eleman olan SIM kartının bağlantılarının yapılmıştır.

M66 modülü üzerinden bulunan SIM arayüzü, GSM faz1ı spesifikasyonun işlevselliğini desteklemekle beraber ayrıca FAST 64kbps SIM kartı için de GSM Faz2+ spesifikasyon işlevselliğini desteklemektedir. Bu desteklerin yanı sıra modül içerisinde bulunan dâhili regülatör ve otomatik SIM kartı gerilim algılayıcısı sayesinde, modüle

bağlanan SIM kartına göre 1.8V veya 3V ayarlamasını yapabilmektedir. Maksimum 10mA akım değeri ile beslenmekte olan SIM kartı için teknik dokumanda tavsiye edilen bağlantı şeması Şekil 3.39'de görülmektedir (Quectel, 2017).



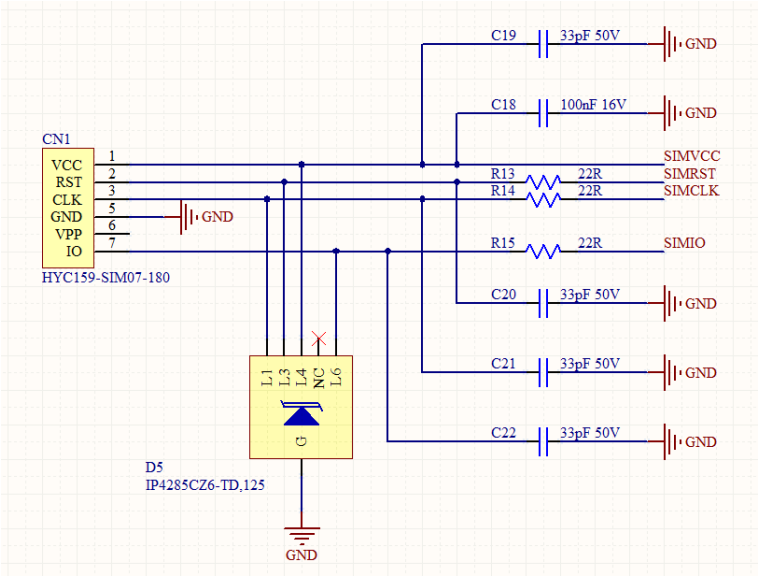
Şekil 3. 39 Tavsiye edilen SIM kartı bağlantısı.

Referans şematikten yola çıkarak, SIM kartı bağlantısını şematik tasarıma dökerken hem bağlantı performansını artırmak hem de süreklilik sağlamak adına bir takım noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu hususlar:

- SIM kartın elektronik devre kartı üzerindeki yerleşimini M66 GSM modüle mümkün olduğunca yakın tutulması gerekmektedir. Hatta SIM kartı ile M66 modül arasındaki yol uzunluğunun 200 mm'den az olması gerekmektedir.
- SIM kartı sinyal bağlantılarını mümkün olduğunca radyo frekans ve güç bağlantılarından uzak tutmak gerekmektedir.
- SIM_DATA ve SIM_CLK arasında manyetik alan üzerinden birbirlerini etkileme başka bir söyleyişle ise crosstalk olmaması adına mümkün olduğunca birbirlerinden uzak tutulması ve aralarına oluşan manyetik alanı soğurmak için toprak hattına bağlı iletken delikler açılmalıdır.
- EMI direncini artırmak adına SIM karta bağlı tüm veri hatlarına 33pF değerinde bypass kapasitörleri konulmalıdır.
- M66 GSM modülü ve SIM kartı arasındaki toprak hattının mümkün olduğunca kısa ve 0.5mm'den daha geniş olmalıdır.

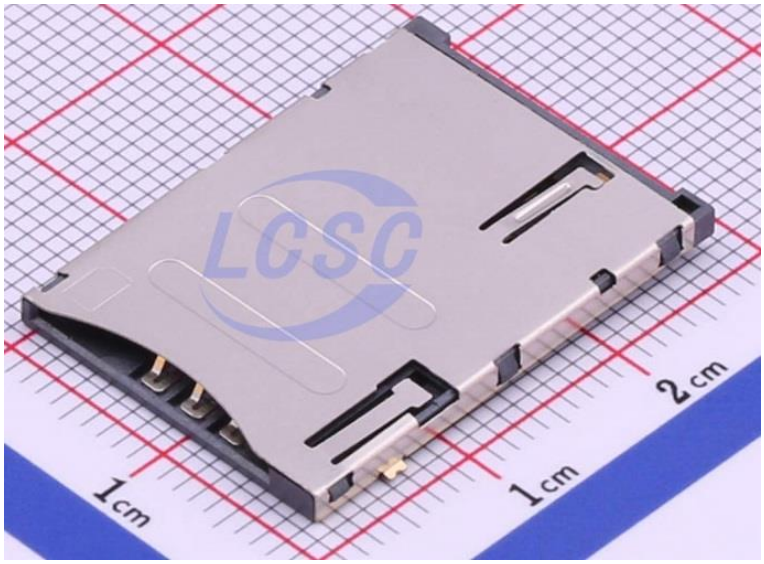
- Elektriksel potansiyeller göze alındığında SIM_VDD bağlantısını desteklemek ve gürültülerden filtrelemek için 1uF'dan düşük bir kapasitörün SIM kartına yakın yerleştirilmesi gerekmektedir.
- ESD korumasının yapılabilmesi için TVS diyotunun kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu diyottaki en önemli nokta ise diyotun SIM kartından hemen sonra yerleştirilmesi gerektiğidir. Bu sayede oluşabilecek gerilim dalgalanmaları modüle ulaşmadan önlenebilecektir.

Dikkat edilmesi gereken önemli hususlar ve referans tasarım göz önüne alındığında Şekil 3.40'daki şematik tasarım oluşturulmuştur.



Şekil 3. 40 SIM kartı şematik tasarımı.

Buradaki önemli hususlardan birisi ise ürünün istikrarlı ve uzun ömürlü çalışmasını sağlamak için seçilen malzemelerdir. Kullanıcının etkileşimine mahsur kalacak SIM kartı soketi bu bağlamda önemli bir noktadadır. Yapılan araştırmalar sonucunda kilitleme özelliği bulunan SIM kartı soketi seçilmiştir. Şekil 3.41'de de fiziki hali gösterilen CN1 kodlu HYC159-SIM07-180 malzemesi bu iş için istenilen görevi düşük bir maliyetle yerine getirebilmektedir.



Şekil 3. 41 Kilitleme özelliği bulunan SIM kartı soketi.

Projemizde, kullanıcı davranışlarına göre yapay zekâ tarafından öğrenilecek ve saklanacak bilgilerin muhafaza edilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler bulut üzerinde tutulması planlanmıştır. Lakin geçici veya kalıcı olarak buluta erişim olmaması durumunda elde edilen değerli bilgilerin saklanması gerekmektedir. Buluta erişim olmaması durumunda bu bilgilerin geçici olarak saklanabilmesi için M66 GSM modülü içerisinde bulunan SD kart arayüzü kullanılmıştır.

M66 modülü SD/MCC kartı, T-Flash veya Micro SD kart gibi birçok hafıza türünü desteklemektedir. Projemizde boyut olarak az yer kaplaması sebebiyle Şekil 3.42'deki mikro SD kart yuvasını kullanılmıştır.



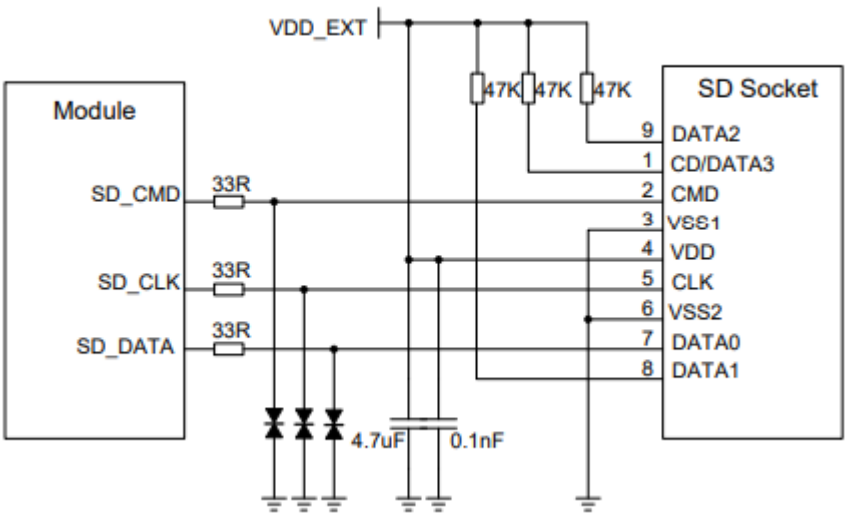
Şekil 3. 42 Micro SD kart yuvası.

M66 modülü üzerinden SD kart arayüzü bulunmasına rağmen bu arayüz son teknolojiye sahip değildir lakin projede kullanılması planlanan amaç için yeterli olmaktadır. Modülün destekleyebildiği özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- 1bit seri haberleşme
- Seri modda 48MHz'e kadar veri transferi
- Maksimum 32GB hafıza kartı desteği

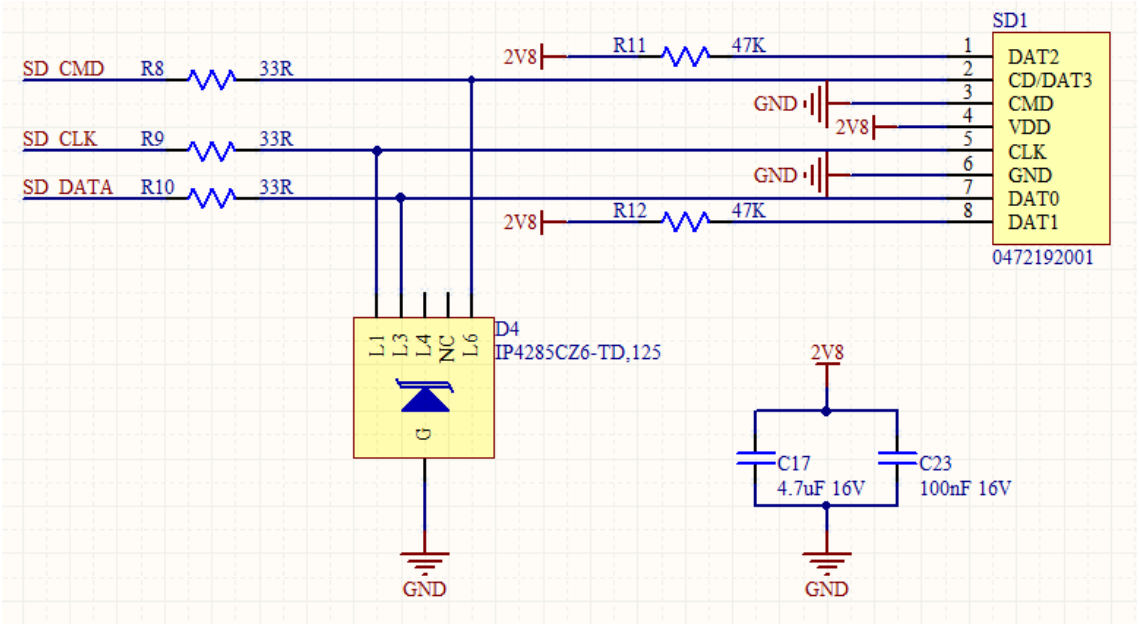
Modül SPI üzerinden SD kart ile haberleşme, birden fazla SD kart ile haberleşme ve hot plug özelliklerini desteklememektedir. Projemizde tek bir SD kart yuvası kullanılması ve onun da SD kart haberleşme bacaklarının özel olması sebebiyle ilk iki madde projemiz için önemli olmasa da üçüncü maddemiz olan "hot plug" maddesi kullanıcıyı şartlayacak bir maddedir. Hot Plug özelliği bulunan modüllerde, SD kartın sistem tarafından tanınabilmesi için cihazın kapatılmasına gerek duymamaktadır. Fakat projemizde kullanılan modülde bu özellik olmaması sebebiyle cihazı uyandırmadan önce SD kartın takılması gerekmektedir.

Şekil 3.43'de gösterilen SD kart referans devresi ile modülün hafıza kapasitesini arttırma devresi kolayca tasarlanabilmektedir. Yukarı da bahsedilen kullanıcı verilerinin saklanmasının yanı sıra istenilirse ses kaydetme seçeneğimiz de bulunmaktadır.



Şekil 3. 43 Tavsiye edilen SD kart şeması.

Referans şematiği dikkate alınarak Şekil 3.44'deki şematik tasarım gerçekleştirilmiştir.



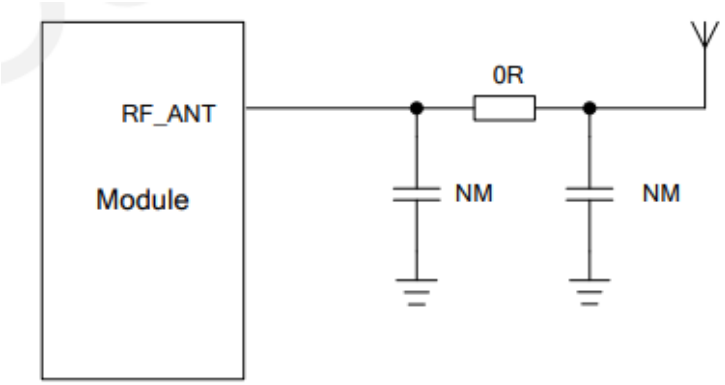
Şekil 3. 44 Tasarımı gerçekleştirilen SD kart yuvası şematik bağlantısı.

Tasarımın gerçekleştirilmesi esnasında haberleşmenin ve performansının verimli olması adına birkaç önlem alınmıştır. Bunlar:

- Tüm SD haberleşme hatlarını güç ve radyo frekansı hatlarından olabildiğince uzak tutmak.
- Tüm sinyal hatlarını mümkün olduğunca 10cm'den daha az tutmak.
- SD_CLK, SD_DATA ve SD_CMD hatlarını beraber elektronik devre kartı üzerinden hareket ettirmek. Bu sayede eş zamanlı haberleşme sağlanarak sağlıklı bir şekilde veri M66 modülüne ulaşacaktır.
- ESD koruması sağlamak adına SD kart girişine TVS diyotu eklemek.
- Pull-up dirençleri ile sinyal hatlarını güçlendirmek.
- EMI direncini artırmak için SD_CLK ve SD_DATA sinyal hatlarını toprak hattına bağlanmış yalıtılmamış delikler ile çevrelemek

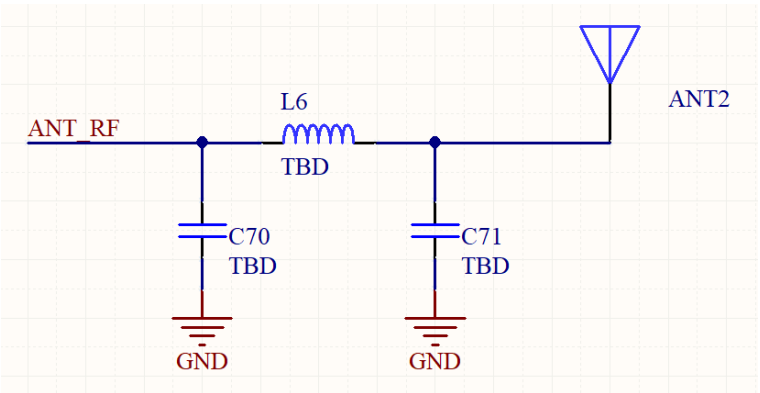
GSM için gerekli tüm donanım bağlantılarının yapılmasının ardından sinyal yayınının yapılabilmesi için anten tasarımı yapılmıştır. Modül içerisinde dâhili anten bulunmaktadır lakin daha iyi performans ve mesafe elde edebilmek adına harici anten kullanılması tavsiye edilmektedir. Projemizde de harici anten kullanılmıştır.

M66 GSM modülüne ait teknik doküman incelendiğinde harici anten için empedans ayarı yapmamıza olanak sağlayan kapasitör ve bobin bağlantılarına ihtiyaç olmadığı görülmektedir. Bunun yerine Şekil 3.45'deki gibi bir adet 0R direnç gösterilmiştir. Bunun sebebi istenildiği durumda malzemeyi dizerek anteni aktif hale getirme veya dizmeyerek anteni kullanmama imkânıdır.



Şekil 3. 45 Tavsiye edilen anten şeması.

Projede anten empedans ayarının yapılmasına gerek olmadığından elektronik devre elemanlarını Şekil 3.46'da görüldüğü gibi TBD (To Be Determined) olarak yerleştirilmiştir. Bu sayede elektronik devre kartı dizgisinden sonra anten performansının yeterli olmadığı durumlarda üzerinde çalışarak gerekli düzenlemeleri yapabiliriz (Quectel, 2017).



Şekil 3. 46 Anten şematik tasarımı.

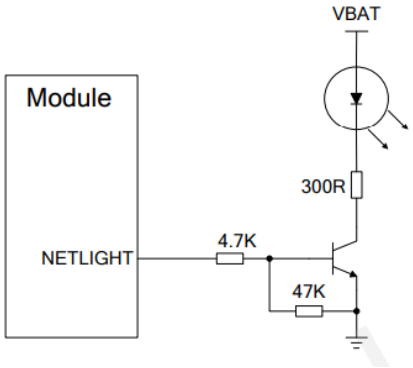
Anten bağlantısı için önemli üç husus bulunmaktadır.

- Anten ve empedans ayarlama devresi mümkün olduğunca modüle yakın olmalıdır
- Empedans 50ohm olarak ayarlanmalıdır

- RF hatları mümkün olduğunca yüksek hızlı sinyal hatlarından ve gürültü yayan kısımlardan uzak tutulmalıdır

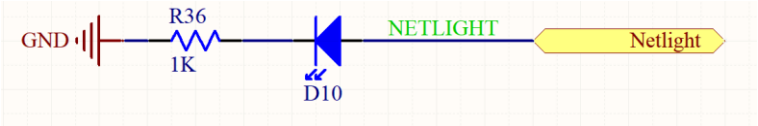
M66 modülü, GSM için harici anten bağlantı imkânı sağlaması yanında aynı imkânı Bluetooth için de sağlamaktadır. Lakin projemizde Bluetooth BGM220P üzerinden yapılacağından dolayı bu antene gerek olmamaktadır.

Anten bağlantısının sağlıklı olduğunu göstermek ve sinyal gönderimi esnasında sinyal haberleşme süresini göstermek için modül üzerinde Netlight özelliği bulunmaktadır. Şekil 3.47'de referans şematiği gösterilen netlight bağlantısı, veri gönderimi esnasında toprağa çekilmektedir (Quectel, 2017).



Şekil 3. 47 Netlight referans şeması.

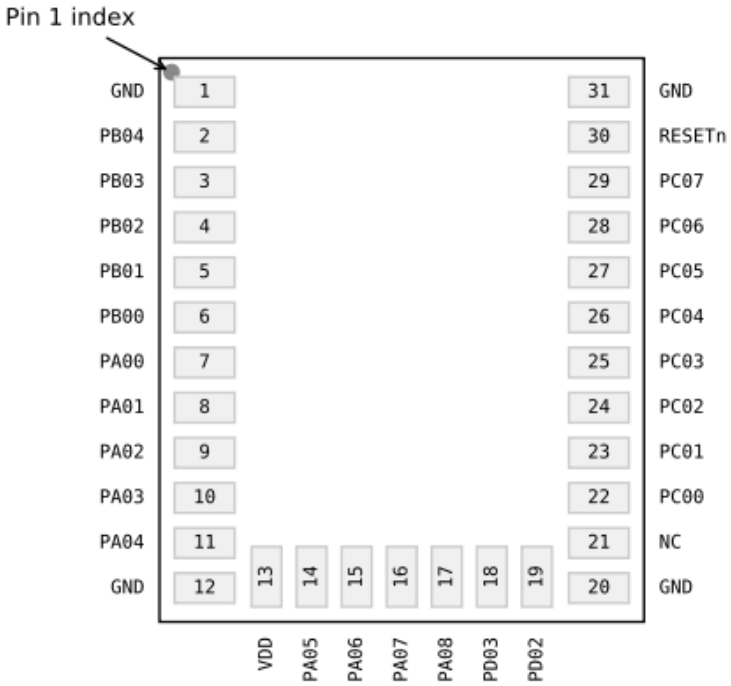
Modülün üzerinden yazılım aracılığıyla netlight bacağını kontrol edebilmemiz sayesinde referans tasarımda önerilen transistörlü anahtarlama sistemini kullanmamıza gerek bulunmamaktadır. Anahtarlama sistemini kullanmayışımız hem elektronik devre kartı üzerinde yer avantajı, hem de maliyet açısından iyileştirme sağlamıştır. Şekil 3.48'de sade bir şekilde gerçekleştirilmiş bağlantı gözükmektedir.



Şekil 3. 48 Netlight şematik tasarımı.

3.5.3. Bluetooth Şematik Tasarım

BGM220P Bluetooth modülü, projede kullanılan tüm modüller içerisinde tasarımcıya en çok kolaylık sağlayan modüldür. Şekil 3.49'da görüldüğü gibi 31 bacak çıktısı bulunan modülün her bir bacağı istenilen görev için programlanabilir.



Şekil 3. 49 BGM220P bacak yapısı.

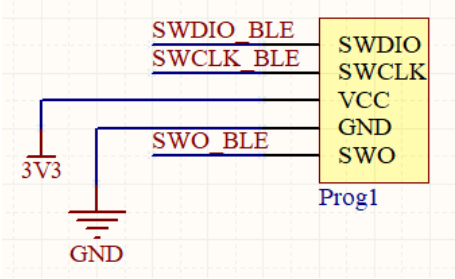
Çizelge 3.7'de görüldüğü üzere tüm pinler GPIO pini olarak tanımlanmıştır. Sadece 13 adet pin özel işlevlere sahiptir. Özel işlev görevleri haricinde geri kalan I2C, EUART, PDM, TIMER ve USART gibi işlevler özel pinlere tanımlanmamakla beraber istenilen portlarda kullanılabilir (Labs, 2019).

Çizelge 3. 7 BGM220P detaylı bacak bağlantı bilgileri.

Görev	Bacak Numarası
Genel Amaçlı Giriş Çıkış Pini	PB00, PB01, PB02, PB03, PB04, PA04, PA05, PA06, PA07, PA08, PC00, PC01, PC02, PC03, PC04, PC05, PC06, PC07, PD00, PD02, PD03
Not Connect	PD00
SWCLK Yazılım Pini	PA1

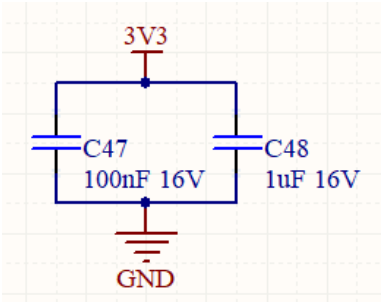
SWDIO Yazılım Pini	PA2
SWO Yazılım Pini	PA3
Reset Pini	RESETn
Besleme Pini	VDD
Toprak Pini	GND

Bacak yapıları incelendiğinde BGM220P Bluetooth modülüne yazılım atabilmek için SWDIO, SWCLK ve SWO bacaklarına ihtiyaç bulunmaktadır. Şekil 3.50'de hem bu bacakların bağlantıları gerçekleştirilmiş hem de bazı programlama cihazlarının ihtiyaç duyduğu 3V3 bağlantısı ve toprak (GND) bağlantısı da Şekil 3.50'de görülmektedir (Labs, 2019).



Şekil 3. 50 BGM220P JTAG şematik bağlantısı.

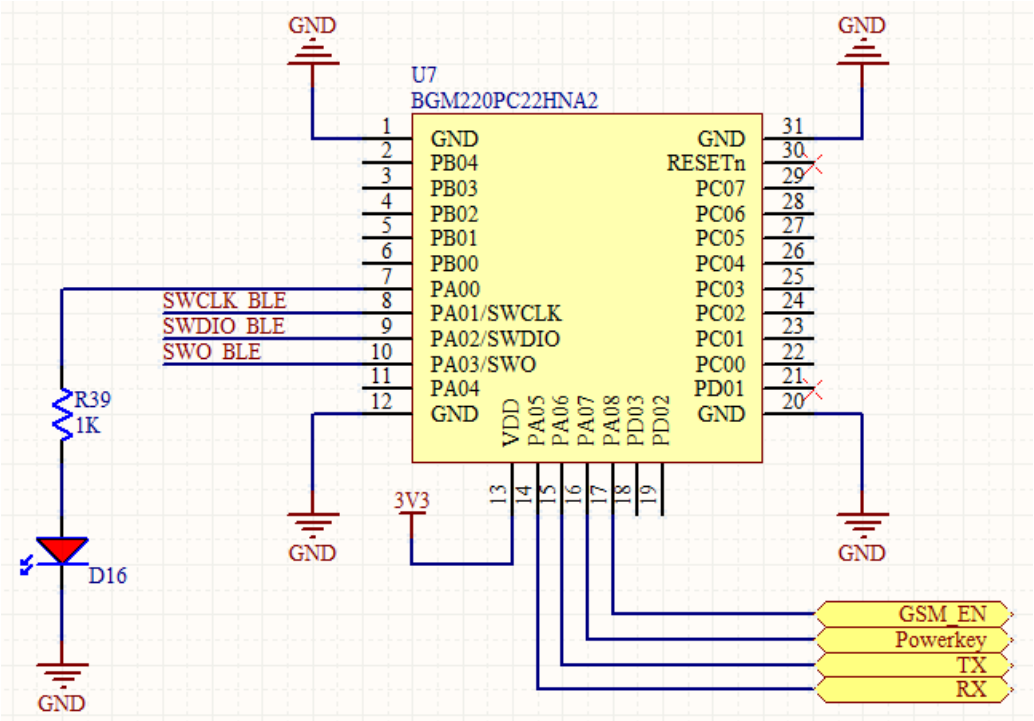
GSM modülünde de olduğu gibi Bluetooth modülü de elektronik devre kartının anlık olarak çekmek istediği güçten kaynaklanan gerilim düşüşlerinden etkilenmektedir. Bunu engellemek için bir adet düşük bir adette yüksek kapasitör kullanmış, Şekil 3.51'de de ayrıca gösterilmiştir.



Şekil 3. 51 Gerilim dalgalanma önleyici kapasitör desteği.

Yazılım port bağlantı yapısı ve kapasitör bağlantılarının ardından Şekil 3.52'deki gibi BGM220P şematik tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte modülün verimli

bir şekilde haberleşme gerçekleştirebildiğini takip edebilmek adına bir adet LED eklenmiştir.

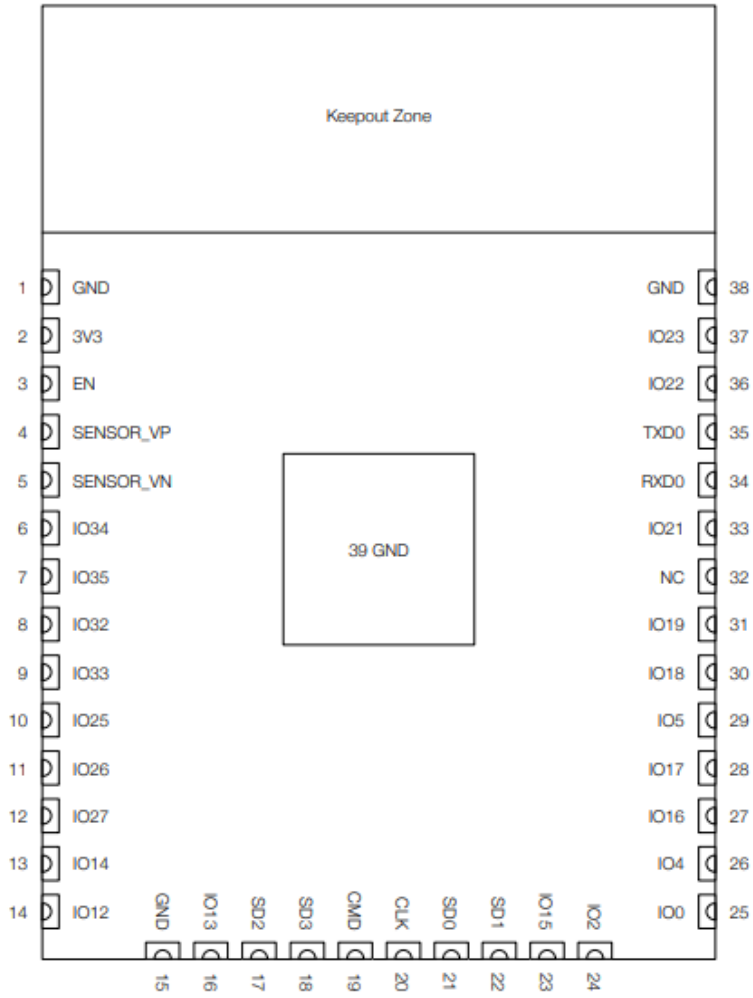


Şekil 3. 52 BGM220P modül şematik tasarımı.

Tasarımda modülün istediklerinin dışında GSM modülünü tetiklemek için GSM_EN ve Powerkey bacak çıktıları bulunmaktadır. Bunun dışında elektronik devre kartı üzerinde bulunan diğer cihazlar ile haberleşebilmesi için UART haberleşmeye ait TX ve RX bacak çıktıları modüle bağlanmıştır (Labs, 2019).

3.5.4. Wi-Fi Şematik Tasarımı

ESP32 modülü 38 adet pine sahip bir Wi-Fi modülüdür. Modül üzerinde güç, GPIO, ADC, DAC, RTC, SD, SPI, UART ve Touch özelliklerini bulundurmaktadır. ESP32 Wi-Fi modülüne ait pin yapısı Şekil 3.53'de ve bacak görevleri Çizelge 3.8'de görülmektedir.

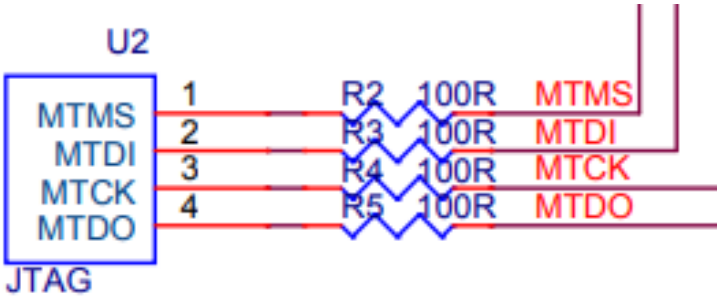


Şekil 3. 53 ESP32 bacak yapısı.

Çizelge 3. 8 ESP32 pin görevleri.

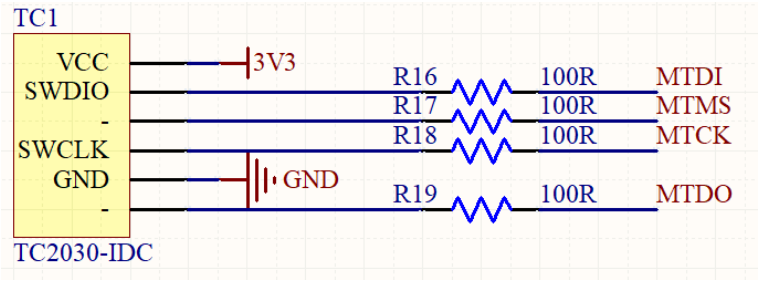
Görev	Bacak Numarası
Aktif Etme Pini	EN
Besleme Pinleri	3V3
Toprak Pini	GND
UART Pinleri	RXD0, TXD0
Not Connect	NC
Yazılım Pinleri	IO12, IO13, IO14, IO15
Genel Amaçlı Giriş Çıkış Pini	Geri kalan diğer bacaklar

Bacak yapıları incelendiğinde modüle yazılım atabilmek için MTMS, MTDI, MTCK ve MTDO bacaklarının kullanılması gerektiği görülmektedir. Şekil 3.54'de ESP32 teknik dokümanında gösterilen referans bağlantı gösterilmiştir.



Şekil 3. 54 ESP32 JTAG referans bağlantısı.

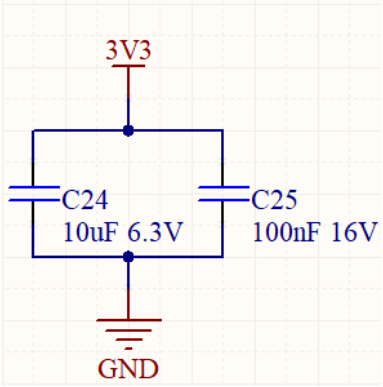
Referans bağlantı yapısı göz önünde bulundurularak ve 100R dirençler kullanılarak gerekli işlemci bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Bunun haricinde bazı programlama cihazlarının ihtiyaç duyduğu 3V3 bağlantısı ve toprak (GND) bağlantısı da Şekil 3.55'de eklenmiştir.



Şekil 3. 55 ESP32 JTAG şematik bağlantısı.

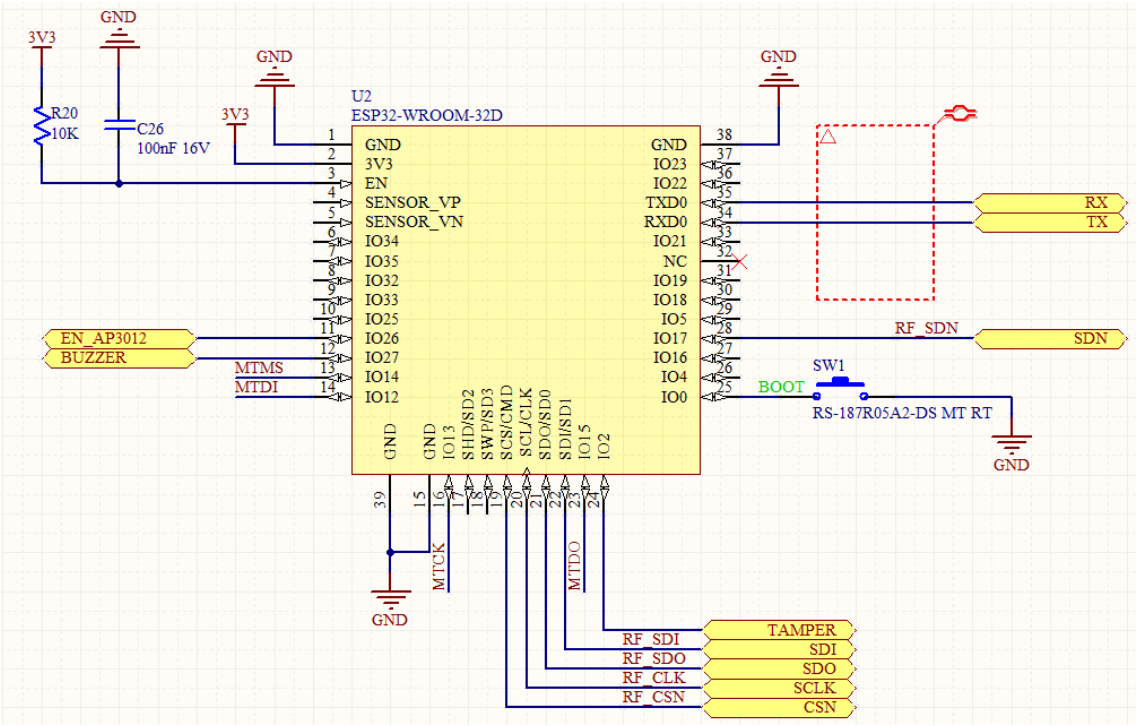
Burada dikkat edilmesi gereken nokta modül enerjilendirilirken MTDI bacağının toprağa çekilmesi gerektiğidir. Bunun sebebi modül ilk enerjilendirildiği esnada üzerinden 3V3 çıkış sağlamasıdır. Eğer toprağa çekilmez ise bağlanmış olduğu programlama cihazına zarar verebilir.

GSM modülünde de olduğu gibi Wi-Fi modülü de elektronik devre kartının anlık olarak çekmek istediği güçten kaynaklanan gerilim düşüşlerinden etkilenmektedir. Bunu engellemek için bir adet düşük bir adette yüksek kapasitör kullanmış, Şekil 3.56'da da ayrıca gösterilmiştir.



Şekil 3. 56 Gerilim dalgalanma önleyici kapasitör desteği.

Yazılım port bağlantı yapısı ve kapasitör bağlantılarının ardından Şekil 3.57'deki gibi ESP32 şematik tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte modül sürekli olarak enerjilendirilmiş bir şekilde bırakılması istendiği için modüle ait EN bacağına 3V3 bağlantısı gerçekleştirilmiştir. 3V3 ve EN bacağına bağlanan direncin sebebi akım kısıtlama yapıp bacağa zarar vermemek, kapasitörün kullanılma sebebi ise oluşabilecek enerji dalgalanmalarını tolere etmektir. Ayrıca modül yazılım atılmasına izin vermek için IO0 bacağının toprağa çekilmesini istemektedir. Bu sebeple bir adet toggle switch kullanılmaktadır.

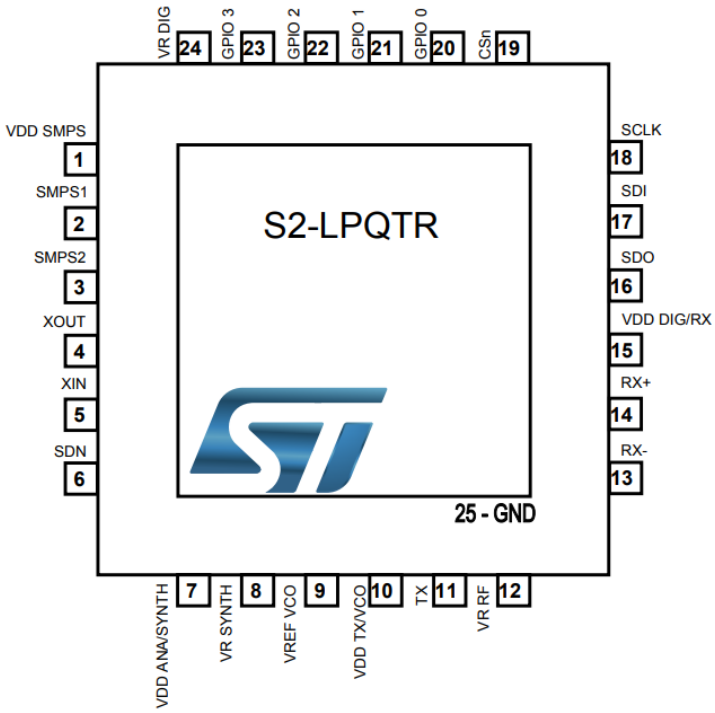


Şekil 3. 57 ESP32 modül şematik tasarımı.

Tasarımda modülün istediklerinin dışında alarmı sesli olarak çalmak için EN_AP3012 ve BUZZER bağlantıları, ürünün duvarda sökülmesi halinde alarmın devreye girmesi için TAMPER bağlantısı, UART üzerinden diğer modüller ile diferansiyel haberleşebilmek için TX ve RX bağlantısı bulunmaktadır. Bahsi geçen bağlantıların haricinde ek bir çözüm olarak modül üzerinde RF entegresi de bulunmaktadır. Entegreyi ESP32 kontrol etmektedir. Bu sebepten dolayı modül üzerinde ayrıca SDI, SDO, SCLK, CSN ve SDN bağlantıları da bulunmaktadır (Systems, 2021).

3.5.5. RF Şematik Tasarımı

Bluetooth üzerinden haberleşmeyen, 868MHz haberleşme frekansını kullanan çevre aksesuarları ile haberleşebilmek için tercih edilen S2-LPQTR RF entegresi incelendiğinde Şekil 3.58'de gösterilen bacak çıktılarına ait görsele ulaşılmıştır.



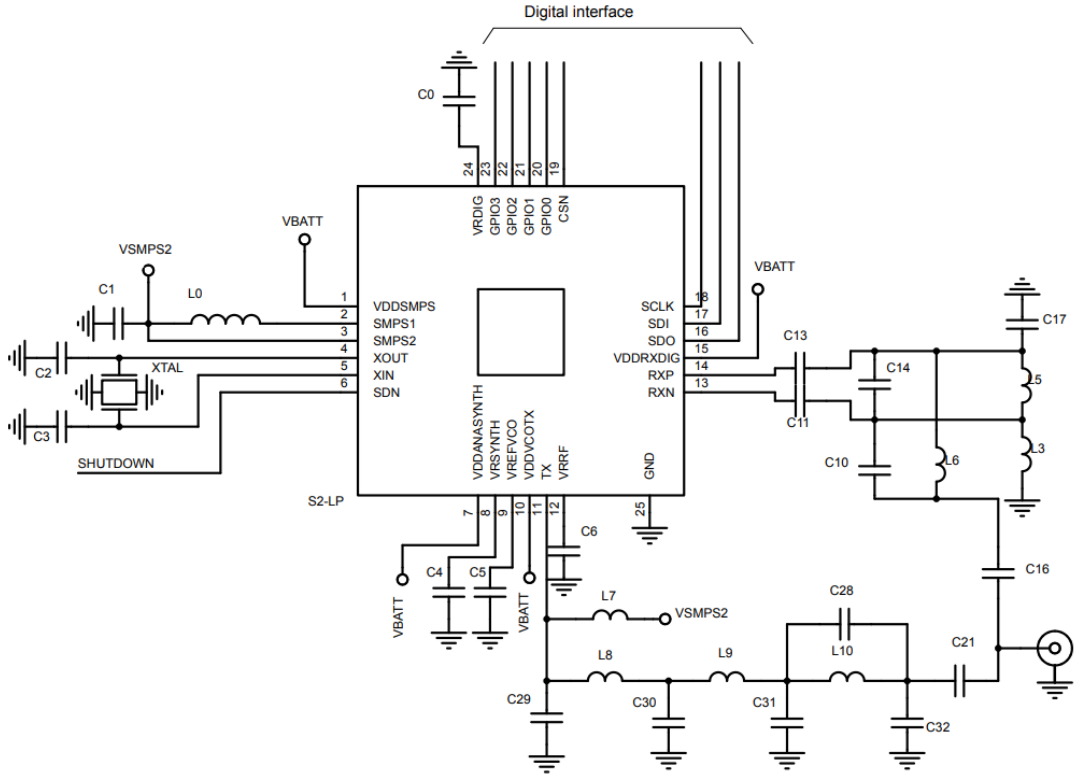
Şekil 3. 58 S2-LPQTR bacak çıktıları.

Bacak yapılarını dikkatli incelediğimizde entegre SPI üzerinden haberleşmesi sebebiyle yazılım port için ayrılmış bacakları bulunmamaktadır. Bunun sebebi bu entegre, yazılım ile çalışan değil, haberleşme ile çalışan bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Entegre bacaklarının görevleri Çizelge 3.9'da gösterilmiştir (STMicroelectronics, 2021).

Çizelge 3. 9 S2-LPQTR entegre bacak görevleri.

Görevi	Bacak Numarası
Besleme Pini	VDD_SMPS, VDD_ANA, VDD_RX
Toprak Pini	GND
Kristal Pini	XIN, XOUT
SPI Pinleri	SDO, SDI, SCLK, CSn
Aktif Etme Pini	SDn
Genel Amaçlı Giriş Çıkış Pinleri	GPIO0, GPIO1, GPIO2, GPIO3
Regülasyon Pinleri	SMPS1, SMPS2, VR_DIG
Kapasitör Pini	VR_SYNTH, VREF_VCO, VR_RF
Anten Çıkış Pini	TX, RXn, RXp

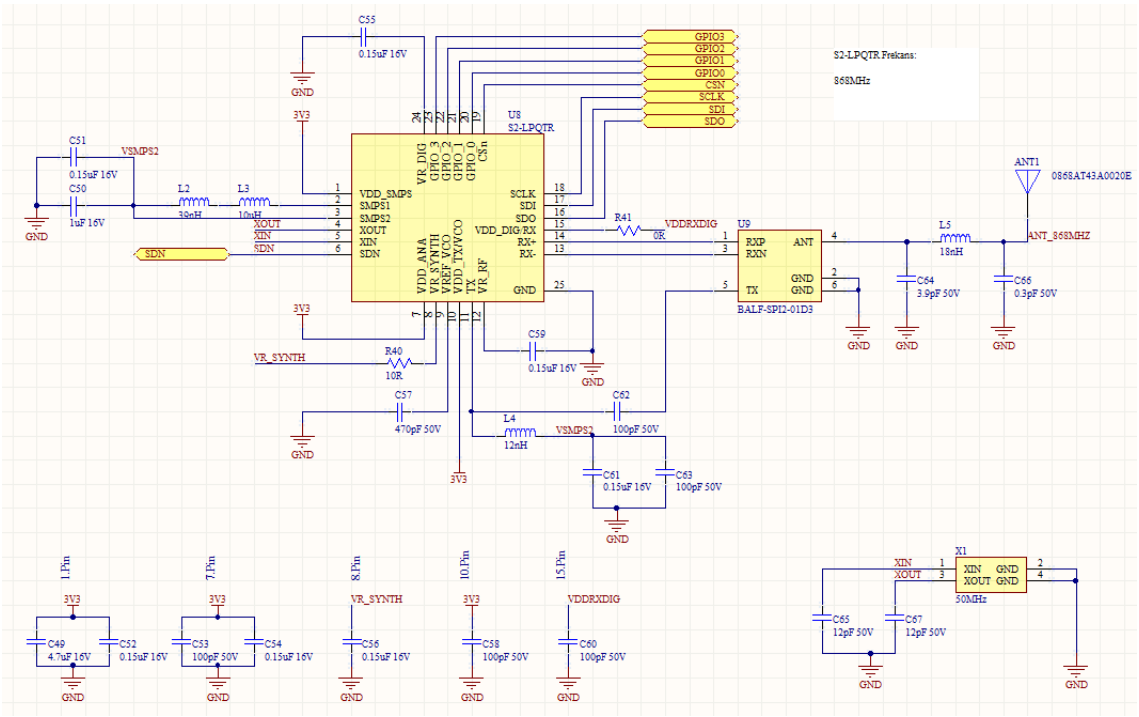
Şekil 3.59'da ve Çizelge 3.9'da belirtilen entegre bacak çıktıları ve ürüne ait teknik doküman incelendiğinde Şekil 3.59'deki gibi bir referans şematiğe ulaşılmıştır. Elde edilen referans şematik göz önüne alındığında özellikle kullandığımız elektronik devre kartı ve elektronik devre elemanı yerleşkesinde empedans eşitleme alanında sıkıntı çıkartacağından dolayı RXp ve RXn hattında balun kullanımı uygulanmıştır (STMicroelectronics, 2021).



Şekil 3. 59 S2-LPQTR referans şematik tasarımı.

Balun; kendisine bağlanan giriş ve çıkış sinyallerini mümkün olan değerlerde birbirlerine eşitleyerek oluşan kayıpları dengelemeye çalışmaktadır. Bizim uygulamamızda ise RF devresinin kurulacağı alan fiziki olarak küçük bir alana sahip olduğundan dolayı 50Ω empedans değerini sağlamak için 868MHz değerinde çalışabilecek bir balun güzel bir çözüm olmaktadır.

Yapılacak olan şematik devre tasarımı güvenlik sistemlerinde yaygın olarak kullanılan 868MHz frekans bandı göz önüne alınarak gerçekleştirilmiş olup, teknik dokümanda dikkat edilmesi gerekenler ve kullanılacak balun bağlantısı dikkate alınarak Şekil 3.60'daki şematik tasarım oluşturulmuştur (STMicroelectronics, 2021).



Şekil 3. 60 S2-LPQTR gerçekleştirilen şematik tasarım.

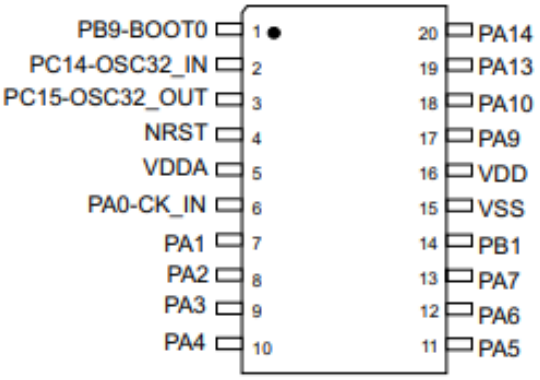
Şematik tasarım üzerinden S2-LPQTR RF entegresine bağlı olarak bir adet 50MHz kristal, decoupling için yedi adet kapasitör, bir adet balun, bir adet 868MHz ile çalışabilen çip anten ve bu antene bağlı olarak çalışan eşleştirme devresi ile birlikte pasif malzemeler bağlanmıştır. Bunun dışında gerçekleştirilen pin bağlantıları SPI hatlarına ait olmakla beraber GPIO pinlerinin kullanılmasına gerek duyulmamıştır.

3.5.6. MCU Şematik Tasarımı

Projenin her varyasyonunda kullanılması planlanan ve üzerinde kablosuz haberleşme bulundurmayan STM32L mikro denetleyicisi, hem maliyet bakımından hem de enerji tüketimi bakımından düşük seviyelerdedir.

Mikro denetleyicinin sahip olduğu düşük akım tüketiminin yanı sıra üzerinde Arm® 32-bit Cortex®-M0+ işlemci bulunmaktadır. Mikro denetleyici içerisinde bulunan ARM işlemcisi ve dâhili kristaller sayesinde 32kHz ile 32MHz arasındaki hızlarda işlemler gerçekleştirebilmektedir. Sahip olduğu işlem hızı ve yapılacak işlemler için gerekli olan hızın düşük olması sayesinde şematik tasarımı esnasında harici bir kristale ihtiyaç duyulmamaktadır.

Mikro denetleyicinin şematik bağlantılarını yapmak için öncelikle Şekil 3.61'de bulunan pin bağlantılarını ve Çizelge 3.10'da bulunan pin yapılarını şematik tasarıma aktarmamız gerekmektedir.

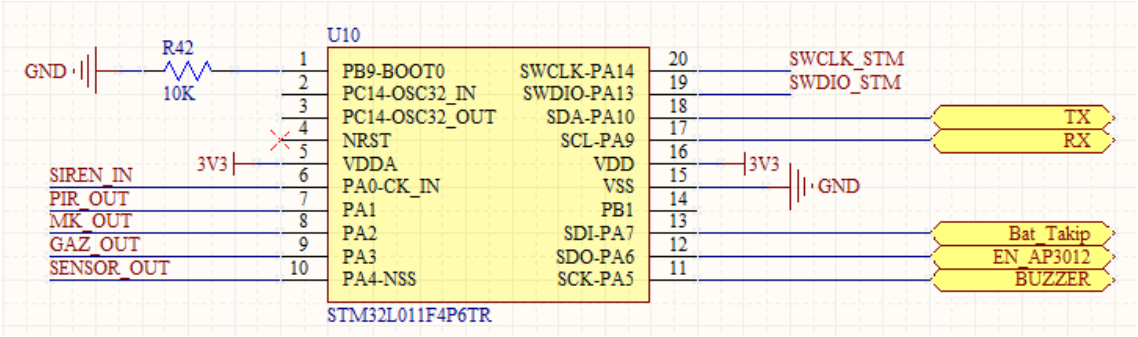


Şekil 3. 61 STM32L mikro denetleyici bacak çıktıları.

Çizelge 3. 10 STM32L mikro denetleyici bacak görevleri.

Görevi	Bacak Numarası
Besleme Pini	VDD, VDDA
Toprak Pini	GND
Boot Pini	PB9-BOOT0
Reset Pini	NRST
UART Pini	PA0, PA2
Kristal Pinleri	PC14, PC15
Genel Amaçlı Giriş Çıkış Pinleri	Geri Kalan Diğer Bacaklar

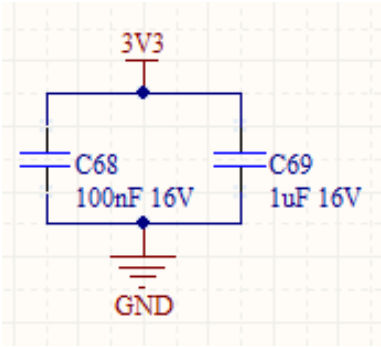
Çizelge 3.10'da belirtilen bacak görevleri dikkate alındığında Şekil 3.62'deki STM32L011F4P6 mikro denetleyicisi şematik tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 62 STM32L mikro denetleyici şematik tasarım.

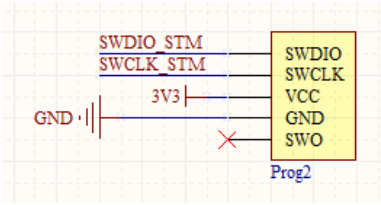
Şematik tasarımı gerçekleştirilen mikro denetleyici üzerinden UART üzerinden diğer modüller ile haberleşebilmesi için TX ve RX bağlantısı, alarm çalma durumlarından sesli uyarıcı ve ses yükselticisini kontrol edebilmek için EN_AP3012 ve Buzzer bağlantısı, yazılım port bağlantıları, güç bağlantıları, projemizdeki elektronik devre kartı pil ile çalışacağından dolayı pil durumunu takip edebilmek için Bat_Takip bağlantısı bulunmaktadır. Bu bağlantıların dışında gerçekleştirilecek projede, kablosuz güvenlik ve konfor ürünlerinin yanı sıra kablolu ürünler ile de haberleşebilmesi için mikro denetleyiciye beş adet farklı bağlantı yapılmıştır.

BGM220P, ESP32 ve M66 modüllerinde de gerçekleştirdiğimiz enerji dalgalanmalarında modülün etkilenmemesi ve görevini yerine getirebilmesi için iki adet decoupling kapasitörü Şekil 3.63'deki gibi eklenmiştir (STMicroelectronics, 2017).



Şekil 3. 63 STM32L decopuling kapasitörleri.

Mikro denetleyiciye gerçekleştireceği görevleri yerine getirebilmesi adına bir adet yazılım portu Şekil 3.64'deki gibi eklenmiştir.



Şekil 3. 64 STM32L yazılım port girişi.

3.5.7. Güç Üniteleri Şematik Tasarımı

Bu tez çalışmasında üzerinde çalışılan ürün taşınabilir ve hafif olması ile birlikte mümkün olan seviyede kablo bağlantısı ihtiyacı olmaması istenilmesi sebebiyle pil kullanılmasına karar verilmiştir. Kullanılması kararlaştırılan pilin hem uzun ömürlü olması hem de sürekli değişim ihtiyacı meydana getirip gizli ürün gideri oluşturmaması adına yüksek mAh değerine sahip şarj edilebilir bir pil olması düşünülmüştür. Yapılan araştırma sonucunda Şekil 3.65'de de görseli bulunan NCR18650'nin gerekli gücü karşılayabilmesi sonucunda kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 3. 65 NCR18650 3.7V 3400mAh batarya.

NCR18650 bataryası hem 3400mAh gibi yüksek mAh değerine sahip olmakla beraber hem de 48.5g ağırlığı ile hafif bir çözüm olmuştur. D18.5mm x L 65.3mm gibi büyük boyutlara sahip olsa da RCR123A pillere kıyasla istenilen özelliklere daha iyi çözüm sağlayabilmektedir (Panasonic, 2012).

Seçilen pilin şarj edilebilen bir model olması sebebiyle pili şarj edebilmek için şarj için bir adet giriş ve bu giriş üzerinden pili şarj edebilecek bir adet entegre ihtiyacı bulunmaktadır.

Pil şarj girişi için şu an dünyada yaygınlığı bulunan ve kolaylıkla temin edilebilen Şekil 3.66'da görseli paylaşılan Mikro B soketi tercih edilmiştir.



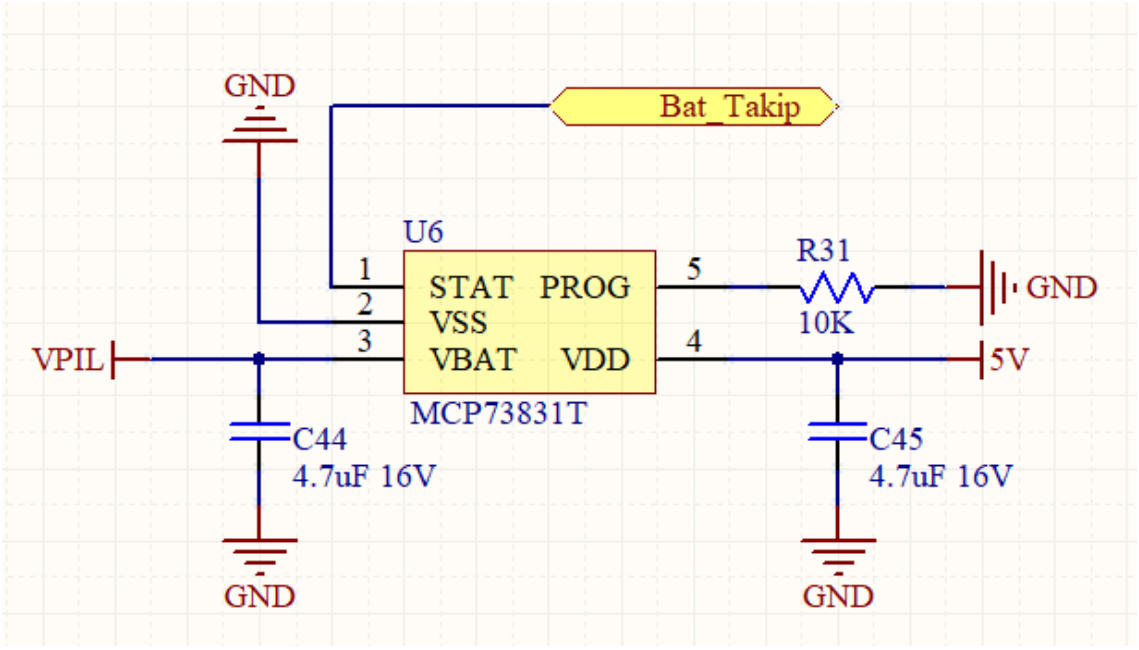
Şekil 3. 66 Mikro B soketi.

Projede kullanacağımız pili şarj etmek ve şarj durumu kontrol edebilmek için elektronik devre kartı tasarımında şarj entegresi kullanılmasına gerek vardır. Kullanacağımız pil Lithium-Ion pil olması sebebiyle seçeceğimiz entegrenin de buna uygun bir elektronik devre malzemesi olması gerekmektedir. Global elektronik malzeme tedarikçilerine ait internet sitelerinde yapılan araştırma sonucunda hem maliyet bakımından uygun hem de NCR18650'nin teknik özelliklerine uyabilen Microchip Technology firmasına ait MCP73831T-2ACI/OT üretici kodlu ürünün kullanılmasına karar verilmiştir.

MCP73831T-2ACI/OT dört farklı gerilim olanağı sağlamasının yanında, şarj akım değeri de donanımsal düzenlemeler ile ayarlanabilmektedir. Akım değerini değiştirebilmek için Şekil 3.67'de bulunan R31 numaralı direncin değerinin değişmesi gerekmektedir. R31 numaralı direncin ayarlanabilmesi için;

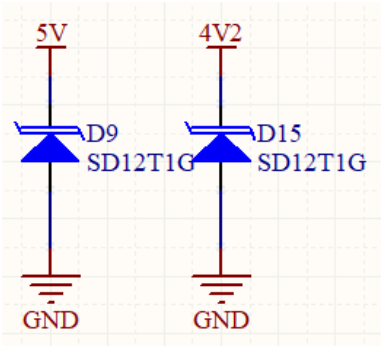
$$I = 1000V / R31 \tag{3.1}$$

formülünün (3.1) uygulanması gerekmektedir. Hem pili strese sokmamak hem de MCP entegresini üzerinden yüksek akım değerleri üretip ısınmamasını sağlamak için 10K değerinde direnç kullanılmasına karar verilmiştir (Microchip, 2005).



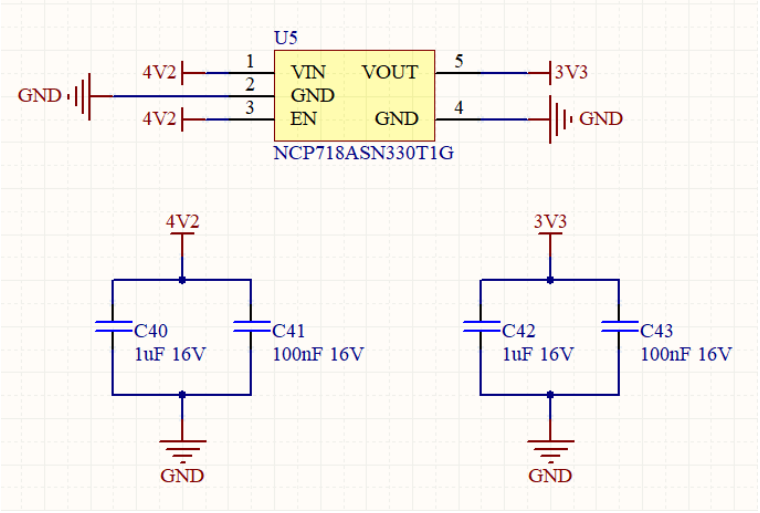
Şekil 3. 67 MCP73831T-2ACI/OT şarj entegresi.

Kullanılacak şarj entegresinin hem 5V giriş bağlantısında hem de VPIL gerilim çıkışında oluşabilecek gerilim dalgalarını ve sisteme verebileceği potansiyel zararı önlemek için Şekil 3.68'de gösterilen TVS diyotlar şematik tasarıma eklenmiştir.



Şekil 3. 68 TVS diyotları.

MCP73831T malzemesinde oluşturulan ve elektronik devre kartı üzerinden elektronik devre elemanlarına dağıtılan 4.2V ile NCR18650 bataryası üzerinden elektronik devre elemanlarına dağıtılan 3.7V gerilimlerini istikrarlı hale getirmek ve devre malzemelerin istikrarlı bir şekilde çalışmasını sağlamak için elektriksel çalışma aralığında gerilim çıktısı verebilen bir gerilim regülatörüne ihtiyaç bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı Şekil 3.69'da gösterilen ON Semiconductor firmasına ait NCP718ASN330T1G üretici kodlu sabit gerilim çıkışlı lineer gerilim regülatörü maliyet ve bulunulabilirlik sebeplerinden dolayı tercih edilmiştir (Semiconductor, 2019).

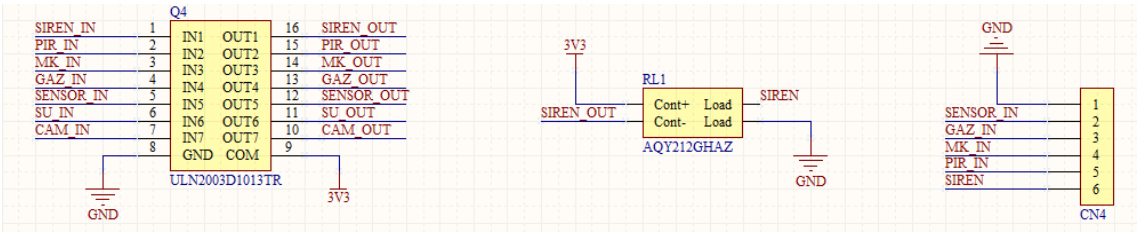


Şekil 3. 69 NCP718ASN330T1G 3V3 gerilim regülatörü.

Gerilim regülatörü tarafından oluşturulan 3V3 gerilimi STM32L mikro denetleyicisini, ESP32 Wi-Fi modülünü, BGM220P Bluetooth modülünü, S2 RF entegresini ve çeşitli çevre birimlerini beslemektedir. M66 GSM modülü ise daha yüksek akım ve gerilim değerleriyle istikrarlı çalışabildiği için pil üzerinden 3.7V ve 4.2V gerilim değerleri ile çalıştırılmaktadır.

3.5.8. Diğer Birimlerin Şematik Tasarımları

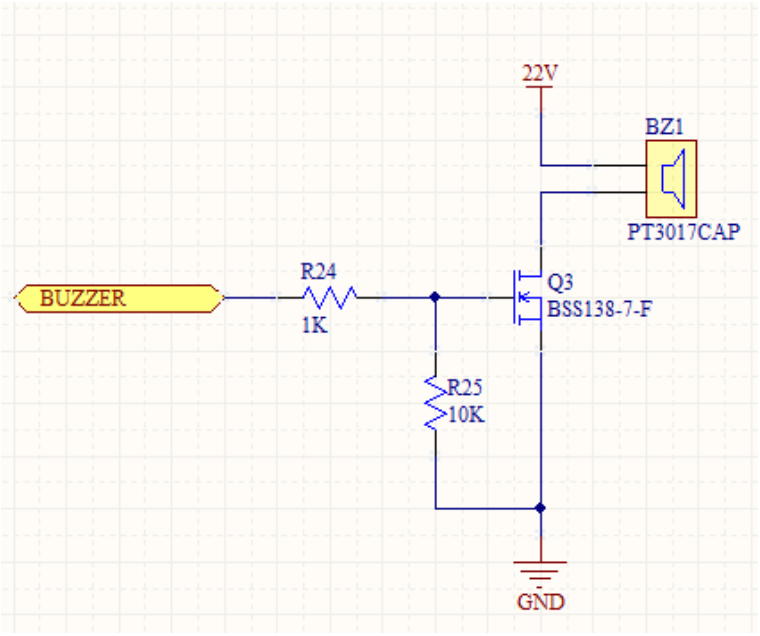
Hazırlanacak yazılımlarla gerekli görevleri yerine getirecek mikro denetleyicilerin/işlemcilerin ve bu kontrol elemanlarının istikrarlı bir şekilde çalışması için gerekli durumları oluşturacak elektronik devre sistemlerinin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen mikro denetleyici/işlemcilerin kontrol edeceği ve kullanıcı ile direk etkileşimi bulunan sistemlerin tasarımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda öncelikli olarak STM32L mikro denetleyicisine bağlı olarak çalışacak ve kablolu aksesuarlar için iletişim köprüsü olacak şematik tasarım Şekil 3.70'de kurulmuştur. Şekil 3.70'i inceleyecek olursak bir adet Darlington transistör yapısını dâhili olarak kendi bünyesinde bulunduran ULN2003D1013TR, bir adet yüksek güçte çalışan harici sireni sürmek için normalde kapalı Solid State Röle ve bu bağlantıların yapılabilmesi için bir adet klemens bağlantısı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 70 Kablolu bağlantı şematik tasarımı.

Bu anahtarlama-röle-klemens grubuna yapılan bağlantıları inceleyecek olursak, güvenlik piyasasında yaygın olarak kullanılan hareket detektörü (PIR) bağlantısı, kapılar/camlarda kullanılan ve açılma durumunu manyetik alan kullanarak tespit edebilen manyetik kontak bağlantısı, özellikle mutfak gibi alanlarda gaz kaçaklarını tespit edebilen gaz sensörü bağlantısı, su akıntısı durumunda su taşkınını tespit edebilen sensör bağlantısı, dışarıdan cam kırılması durumunda oluşan tiz sesi algılayarak bildiri yapabilen cam sensörü bağlantısını barındırmaktadır. Bu sensörlerin haricinde, sensörlerden gelen bilgi ve oluşturulan algoritma-yazılım doğrultusunda harici sireni sürebilmek için röle ve anahtarlama sistemi bulunmaktadır.

Harici sirenin yanı sıra ürün üzerinde de bir adet sesli uyarıcı kullanılması düşünülmüştür. Bunun sebebi her kullanıcı harici siren kullanmak istemeyebilir. Elektronik devre kartı üzerinde bulunan bu sesli uyarıcı hem fonksiyonel seslere cevap verebilmeli hem de alarm esnasında yüksek desibellerde çalabilme yetisine sahip olabilmelidir. Fonksiyonel olarak kullanılmak istenirse Şekil 3.71'deki şematik tasarım gerçekleştirilmiştir. Ayrıca alarm durumlarında yüksek desibellere çıkartmak yani şoklamak için ise Şekil 3.72'de bulunan AP3012KTR Boost regülatörü kullanılarak sistemden gelen 4.2V gerilimi, 22V gerilimlerine kadar yükseltilmiştir.



Şekil 3. 71 Buzzer sürme devresi.

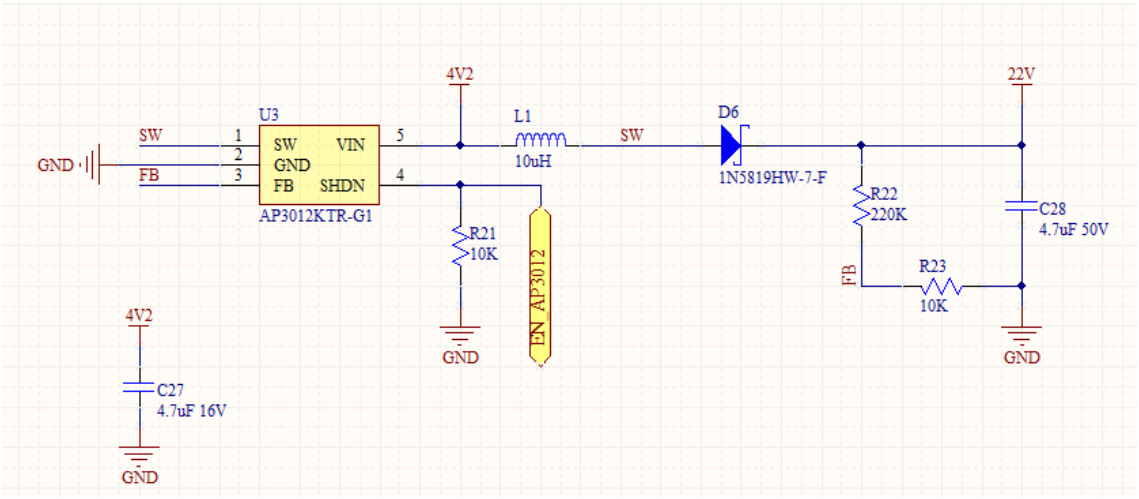
Seçilen AP3012 boost regülatörü SOT23-5 kılıfa sahip olmakla beraber her bacağın farklı bir görevi bulunmaktadır. Birinci bacak olan Switch (SW) bacağı, bir diyot üzerinden üretilen gerilim çıktısına bağlanmıştır. Eğer üretilen gerilim 29V'dan daha yüksek ise regülatör içerisinde bulunan "aşırı gerilim korumasını" çalıştırarak regülatörün çalışması durdurmasını sağlar, böylelikle arızalanmasını engeller. Tekrardan regülatör aktif edilmek istenirse, SHDN bacağına enerji gönderilerek veya VIN pini resetlenerek yapılabilir (Limited, 2010).

Feedback (FB) pini içerisinde bulunan 1.25V üzerinden kıyaslama yaparak çıkış gerilimini ayarlar. Bunu yapabilmek için feedback ile çıkış gerilimi arasına bir gerilim bölücü devresine ihtiyaç vardır. Çıkış gerilimi:

$V_{OUT}=1.25V * (1+R1/R2)$ (3.2)

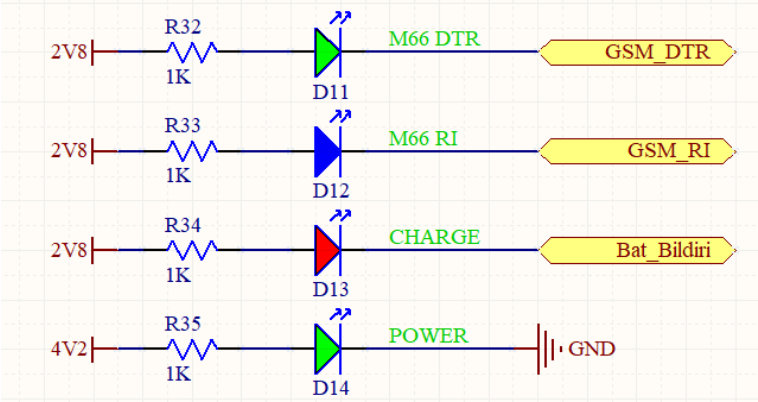
formülü (3.2) ile bulunabilmektedir. V_{IN} ve GND pinleri güç kaynağı pinleridir.

Shutdown (SHDN) pini, regülatörün çalışma durumuna karar verilmesini sağlar. SHDN pinine 1.5V üstü gerilim verilirse aktif hale gelir, 0.4V ve altı gerilim gönderilirse pasif konuma geçer.



Şekil 3. 72 Buzzer ses artırıcı yükselteç devresi.

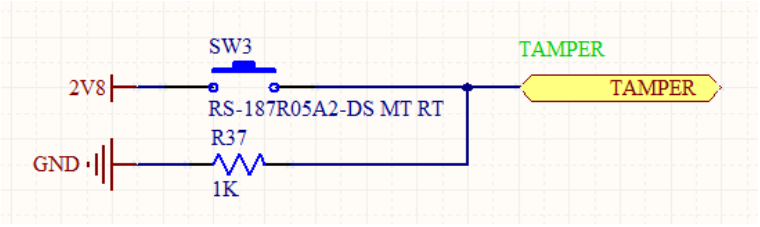
D11, D12, D13 ve D14 diyotları kullanıcıya ürünün durumu hakkında bilgi vermek için tasarıma eklenmiştir. D11-13 diyotları beslemeleri M66 GSM modülü içerisinde bulunan dâhili 2.8V regülatörden almaktadırlar. Elektronik devre kartına takılan SIM kartı üzerinden M66 GSM modülü, mesaj veya arama alma-gönderme işlemi yapması durumunda D11 ve D12 ledleri aktif hale gelerek kullanıcıya durum hakkında bilgi vermektedir. Batarya şarj olması durumunda D13 ledi, cihazın açık olması durumunda ise D14 ledi aktif hale gelmektedir. Aksi durumlarda ledler kapalı konumdadır. Ledler ile alakalı bağlantı şeması Şekil 3.73'de paylaşılmıştır



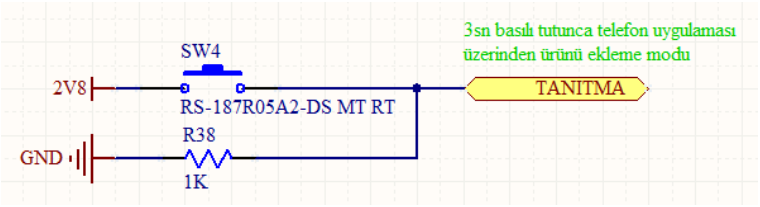
Şekil 3. 73 Durum bildiri ışıkları.

Ürün üzerinde Şekil 3.74 ve Şekil 3.75'de gösterilen iki adet toggle switch eklenmiştir. Bu switchlerden SW3 anahtarının görevi olası bir durumda cihaz pasif hale getirilmeden duvardan sökülürse ürünün alarm çalması için eklenmiştir. SW4 anahtarı ise

ürüne sadece yetkili kişiler tarafından erişilebilecek alanlarda tetiklenmesi ve ardından yeni kullanıcı ekleme senaryosunu aktif hale getirmesi için eklenmiştir.



Şekil 3. 74 Sökme tespit butonu.

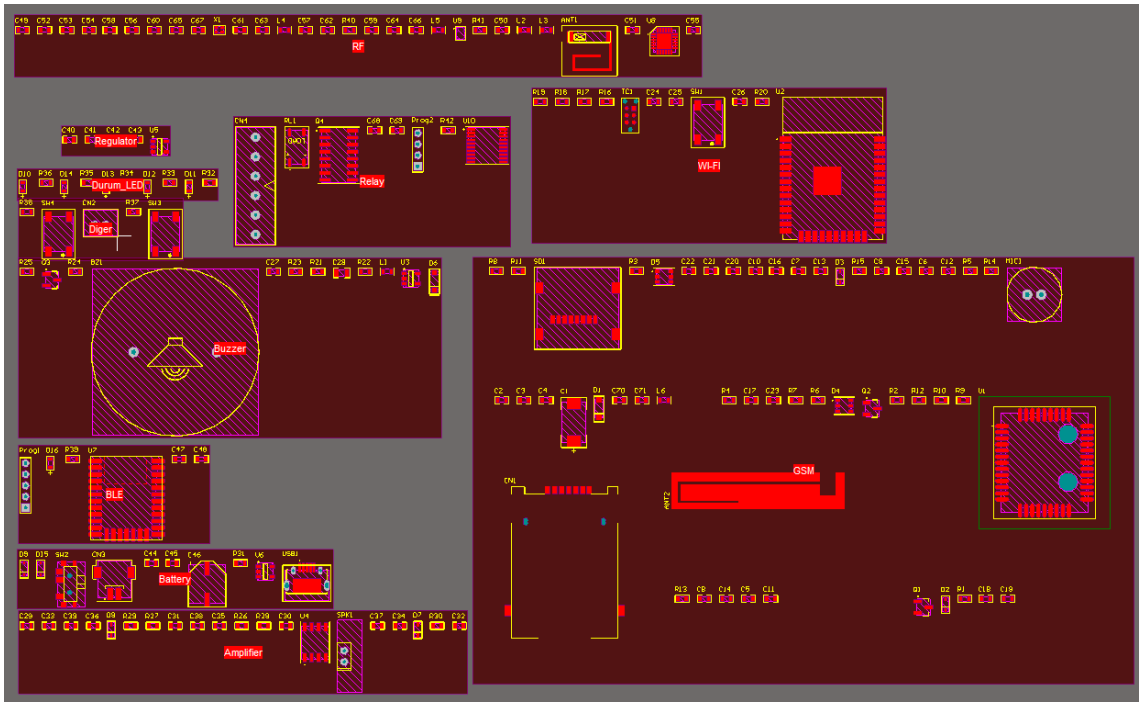


Şekil 3. 75 Master tanıtma butonu.

Gerçekleştirilecek projenin olabilecek maksimum performansta ve korumada çalışabilmesi için gerekli tüm şematik tasarımlar gerçekleştirilip, önemli görülen notlar şematik tasarım üzerinde not alınmıştır. Şematik tasarımı gerçekleştirilen elektronik devre sistemleri gerekli son kontrollerin yapılmasının ardından PCB yerleşke tasarımı için elektronik devre kartına aktarılmıştır.

3.5.9. Elektronik Devre Kartı Yerleşim Tasarımı

Kütüphane ve şematik tasarımı gerçekleştirilen tüm elektronik devre elemanları toplu şekilde devre tasarım ekranına aktarımı gerçekleştirilmiştir. Aktarım işleminin yapılmasının ardından, tasarlanacak devre kartının olabilecek en küçük boyutlara sahip olması istendiğinden dolayı devre kartına aktarılan elektronik malzemeler kare bir form oluşturacak şekilde Şekil 3.76'daki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 76 Devre kartına aktarılan elektronik devre malzemeleri.

Şekil 3.76'da bulunan kırmızı alanların her biri farklı bir tasarım sayfasını temsil etmektedir. Bu sayede birbirleri ile etkileşimde bulunan elektronik devre malzemeleri bir arada bulunabilecek ve performans açısından kötü sonuçlar meydana çıkmasının önüne geçilecektir.

Malzemelerin yerleştirilmesi sonucu toplam kapladıkları alan ölçülüp 200mm x 120mm ölçüsü elde edilmiştir. Lakin bu ölçü içerisinde malzemelerin olmadığı alanlarda dâhildir. Bu sebepten dolayı malzeme olmayan alanlar ölçümden çıkartılıp tekrardan ölçüm yapılmıştır. Ölçüm işleminden sonra 100mm x 90mm ölçüsü içerisine malzemelerin yerleştirilmesine karar verilmiştir.

Yeni belirlenen ölçüler dikkate alınarak Şekil 3.77'deki boş kabuk devre kartı tasarımı oluşturulmuştur. Ardından bu kartın üzerine tasarım sayfalarına ait alanlar sırası ile yerleştirilip devre kartının tasarımı adım adım yapılmıştır.



Şekil 3. 77 Kabuk PCB tasarımı.

Tasarımı gerçekleştirilecek olan devre kartının performansının yüksek olması istenmesinden dolayı analog ve dijital işlem yapan malzemelerin mümkün olan seviyede birbirinden uzak konumlara yerleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda pil, kablolu sensor bağlantıları, sesli uyarıcı gibi güç ile alakalı olan gürültü üretimi yüksek analog devre elemanları devre kartının alt kısmına yerleştirilmiştir. Wi-Fi, Bluetooth, GSM ve RF gibi kablosuz teknojilere sahip çoğunlukla dijital işlemler yapan devre elemanları devre kartının üst kısmına yerleştirilmiştir. Devre kartından üst tarafa yerleştirilecek olan kablosuz haberleşmeye sahip devre elemanları yayın yaparken diğer yayın yapan elemanlar tarafından etkilenmeme ve aynı şekilde diğerlerini etkilememesi istenmesi sebebiyle farklı açılara bakacak şekillerde yerleştirilmiştir.

Dijital yayın yapan elektronik devre elemanlarının üst, güç ünitelerinin alt kısma yerleştirilme sebebi ise tasarımı gerçekleştirilecek olan projenin, piyasa incelemesi sonucunda genellikle bu tarz bridge ürünlerinin yüksek konumlara yerleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Yüksek konumlara montajı gerçekleştirilecek olan projenin pil değişimi ve pil şarjı gibi alanlarının kullanıcıya olabilecek en yakın konumda olması, yayın yapan devre elemanlarının ise geri kalan alana yerleştirilmesi istenmiştir.

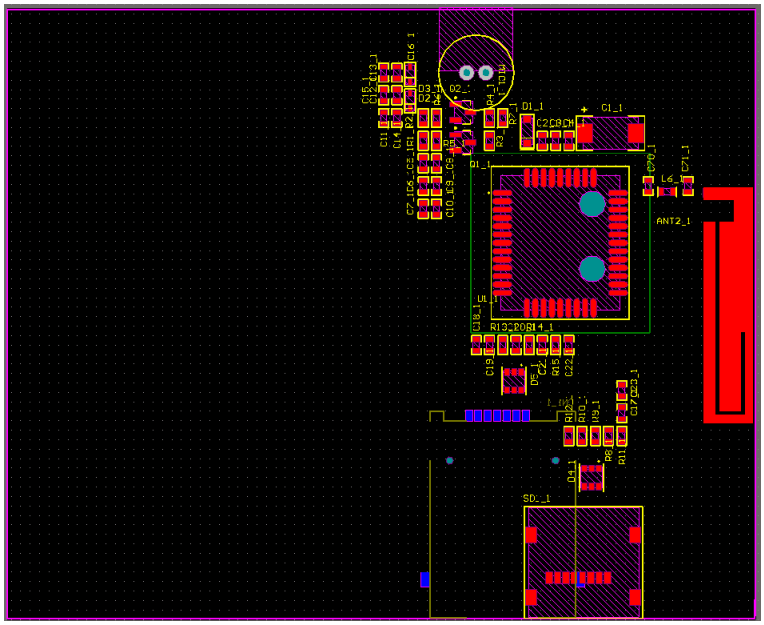
Kabuk formunun ve dikkat edilmesi gereken noktaların not alınmasının ardından ilk olarak en çok çevre birime sahip M66 GSM modülü ile tasarıma başlanılmıştır. Tasarım

esnasında modülün yerleşimi için devre katının sağ tarafı kullanılmıştır. Tasarım esnasında teknik dokumanda da belirtilen:

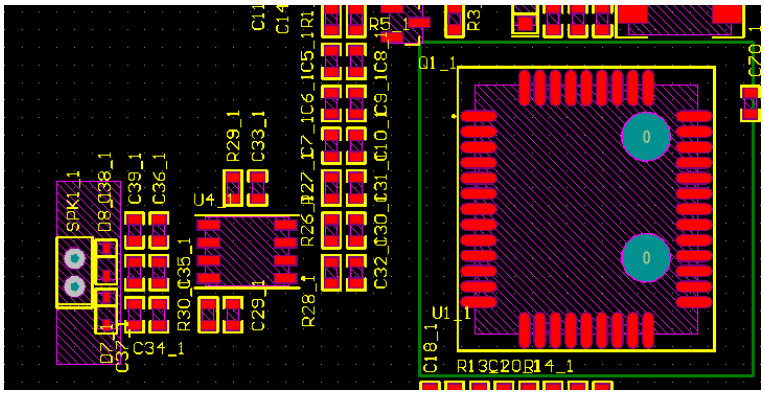
- Haberleşme ve yayın esnasında GSM modülü sistemden fazla güç talebinde bulunacağından dolayı besleme yolu, 2mm'den az olmayacak şekilde geniş olmalıdır (Quectel, 2017).
- RF gürültüsünü filtrelemek için kullanılan kapasitörler, ses arabirimine ve diğer ses arabirimlerine yakın olmalıdır.
- Ses ile alakalı birimler mümkün olduğunca birbirine yakın olmalıdır.
- Radyo ve diğer sinyal parazitlerini azaltmak için RF anteninin konumu, ses arabirimlerinden uzak tutulmalıdır.
- Güç ve ses birimleri parazit oluşmaması için birbirinden uzak olmalıdır.
- Diferansiyel ses hatları, diferansiyel sinyal yerleşim kuralına göre yerleştirilmelidir.
- Modül, diğer bileşenlerden 3mm uzakta tutulmalıdır.
- Sinyal kaybını engellemek için birbiri ile etkileşimdeki malzemeler mümkün olan derecede birbirlerine yakın yerleştirilmelidir.
- Besleme kapasitörleri, besleme girişine yakın yerleştirilmelidir.
- Anten hattı aynı eksendeki diğer malzemelerden muhafaza edilmelidir.

Yukarıda bahsedilen dikkat edilmesi gereken maddelere uyulması durumunda Şekil 3.78 ve Şekil 3.79'daki malzeme yerleşimleri meydana gelmiştir.

Devre kartı üzerinde kullanıcının erişim sağlaması gerekebileceği SIM kart soketi ve SD kart soketi devre kartının alt kısımlarına konumlandırılmıştır.

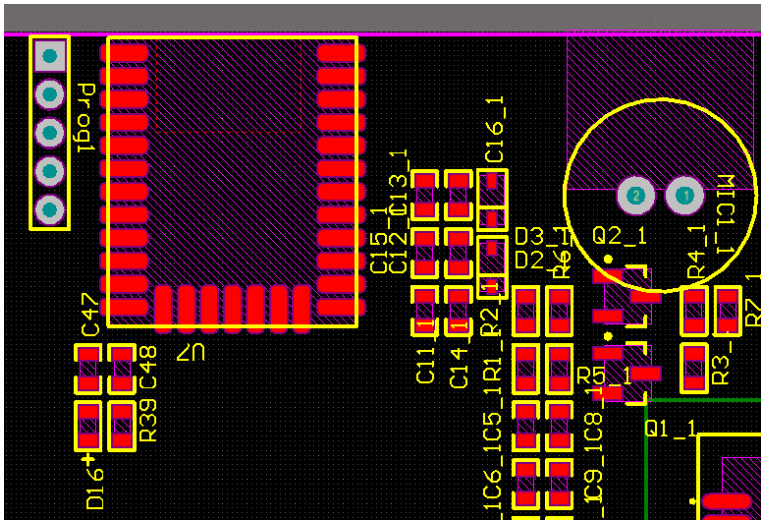


Şekil 3. 78 GSM yerleştirilmiş PCB tasarımı.



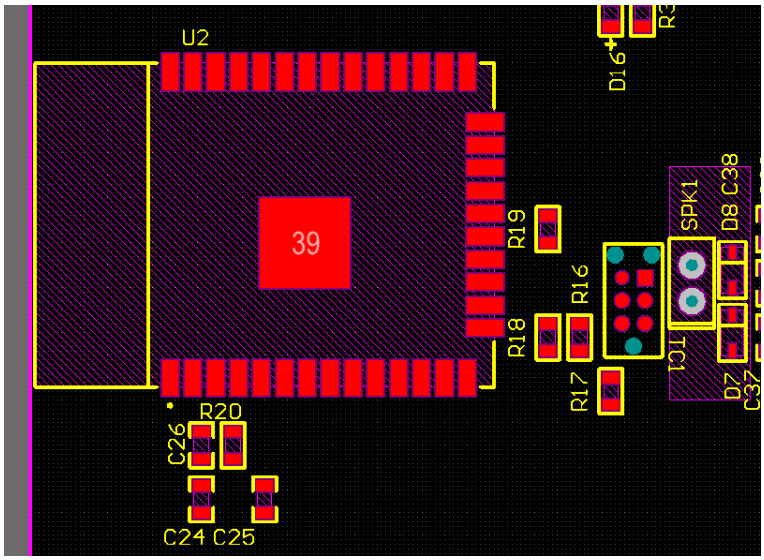
Şekil 3. 79 Hoparlör yerleştirilmiş PCB tasarımı.

GSM modülünün ve çevre birimlerinin bağlanmasının ardından sıra bir sonraki devre elemanı olan Bluetooth modülüne gelmiştir. Bluetooth modülünün yerleşiminde önemli olan iki husus vardır. Bunlardan modülün dâhili anteni altında bulunan alanda hiçbir sinyal hattının bulunmamasıdır. Diğer önemli nokta ise hem GSM hem Bluetooth anten üzerinden yayın yaptıkları için antenlerin birbirleri ile aynı eksende olmaması gerekmektedir (Labs, 2019). Bu sebepten dolayı BGM220P Bluetooth modülü M66 GSM modülüne dik gelecek şekilde kartın üst kısmına decouple kapasitörleri ve programla girişleri ile birlikte yerleştirilmiştir. Bu önemli noktalar dikkate alınarak Şekil 3.80'deki yerleşim yapısı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 80 Bluetooth yerleşmiş PCB tasarımı.

Bluetooth bağlantısının yapılmasının ardından Wi-Fi modülününde yerleşiminin yapılması gerekmektedir. ESP32 Wi-Modülü kart üzerinde kendisine ayrılmış yer olan sol kısma konumlandırılmış olup, Şekil 3.81'de gösterildiği üzere kendisine bağlı çevre birimleri etrafına yerleştirilmiştir. Wi-Fi modülünde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta anteninin bulunduğu eksenin tamamen bağlantılardan arındırılması gerektiğidir (Systems, 2021). Bu nokta dikkate alınarak tasarım gerçekleştirilmiştir.

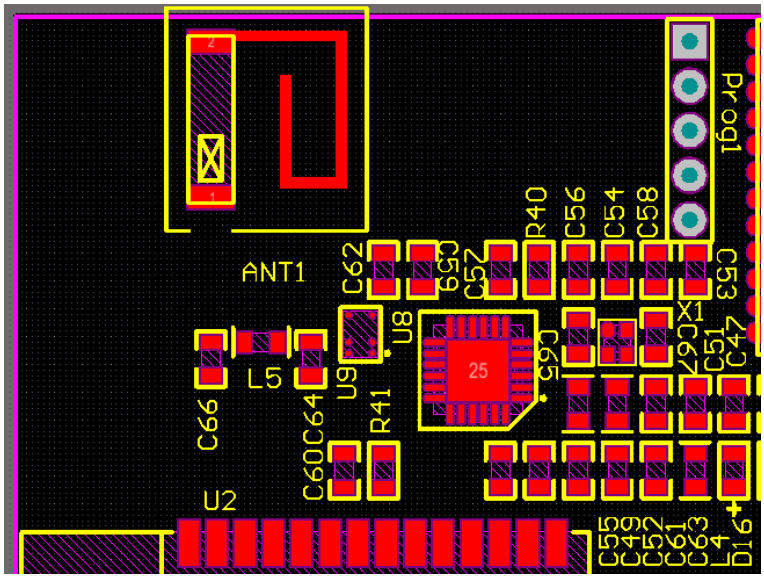


Şekil 3. 81 Wi-Fi yerleştirilmiş PCB tasarımı.

Varyasyon olarak tasarıma eklenen ve şematik tasarımı gerçekleştirilen S2 RF haberleşme sistemi, SPI üzerinden Wi-Fi modülüne bağlı olduğu için hem kat edilen

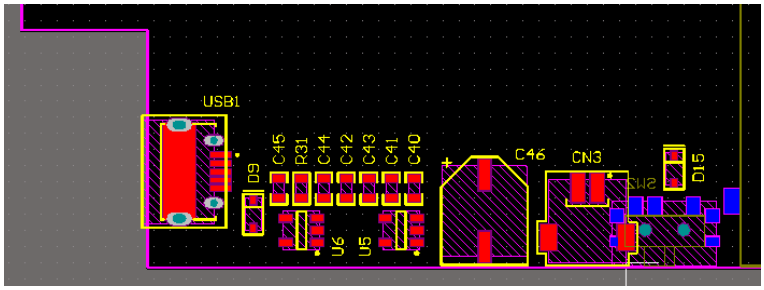
haberleşme veri yolunu kısa tutmak hem de gönderilen sinyalin gürültüye fazla maruz kalmaması için Wi-Fi modülüne yakın yere yerleştirilmiştir.

RF modülünde dikkat edilmesi gereken nokta kullanım için seçilen 868MHz bandında çalışan Johanson Technology Inc. firmasına ait 0868AT43A0020E üretici kodlu antenin istemiş olduğu 11mm mesafelik alanda sinyal yolu bulundurulmamasıdır (STMicroelectronics, 2021). Anten yerleşiminden sonra Şekil 3.82'de görülen programlama portu ile anten arasındaki mesafe incelendiğinde 20mm mesafelik bir alan bulunmaktadır. Bu alan anten performanslı bir şekilde çalışmasına olanak sağlamakta olup, başarılı bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 3. 82 RF yerleştirilmiş PCB tasarımı.

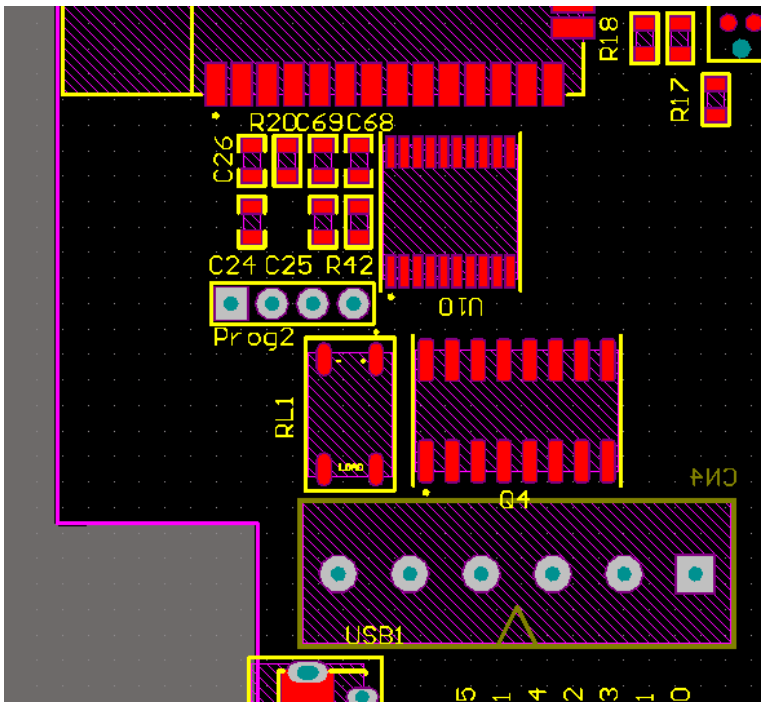
Elektronik devre kartının ve sistemin çalışmasını sağlamak için gerekli tüm modüller yerleştirilmiş olup sadece mikro denetleyici eklenmemiştir. Mikro denetleyiciden önce sistemin pil girişinin ve şarj girişinin yapılacağı alanların eklenmesi EMC uygunluğu sebebiyle uygun görülmüştür. Bu kapsamda güç ile alakalı batarya girişi, açma tuşu, gerilim regülatörü, şarj entegresi ve girişi devre kartının en alt kısmına yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 83 Güç üniteleri yerleştirilmiş PCB tasarımı.

Burada dikkat edilmesi gereken Wi-Fi anteninin istemiş olduğu anten hattının sinyal ve güç hatlarından uzak tutulması hususunda güç giriş kısmında Şekil 3.83'de de gösterildiği gibi 10mm mesafelik bir miktarda devre kartında içeri giriş sağlanmıştır. Bu sayede şarj esnasında ve diğer durumlarda Wi-Fi anteni analog güç sebebiyle gürültüden mümkün olduğunca uzak tutularak ve performans düşümü engellenmiştir.

Bu tez çalışmamızda tüm kontrolü gerçekleştirecek olan ve alarm ünitelerinden sorumlu olacak olan STM32L mikro denetleyicisi herhangi bir özel durum gerektirmediği için devre kartı üzerinde uygun yer olarak görülen Wi-Fi modülünün alt kısmında bulunan boş alana Şekil 3.84'deki gibi yerleştirilmiştir.



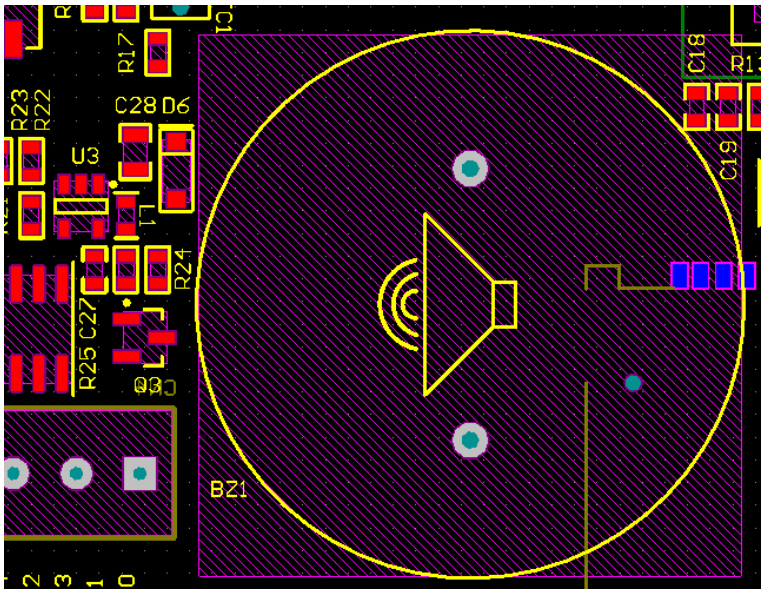
Şekil 3. 84 Mikro denetleyici yerleştirilmiş PCB tasarımı.

Mikro denetleyicinin küçük bir alana yerleştirilmesindeki en temel sebep kullanılacak olan alarm durumlarında yüksek desibellerde sürülebilir bir sesli uyarıcı seçilmesidir. Kullanılacak olan sesli uyarıcı fonksiyon durumlarında 90dB seviyelerine, alarm durumlarında 120dB seviyelerine çıkabilmektedir.

Seçilmiş olan sesli uyarıcı büyük bir alan kaplaması ve her noktaya eşit bir şekilde ses iletmesi istenilmesi sebebiyle devre kartında orta kısımda konumlandırılmıştır.

Sesli uyarıcıyı sürecek anahtarlama devresi ve yükseltici olarak kullanılacak devre sistemi Şekil 3.85'deki gibi sesli uyarıcıya yakın bir alana yerleştirilmiştir.

Kullanılacak olan sesli uyarıcının yüksek güce sahip olması sebebiyle ters EMF'i önlemek amacıyla bir adet diyotta tasarıma eklenmiştir (Urresty, Riba & Romeral, 2012).

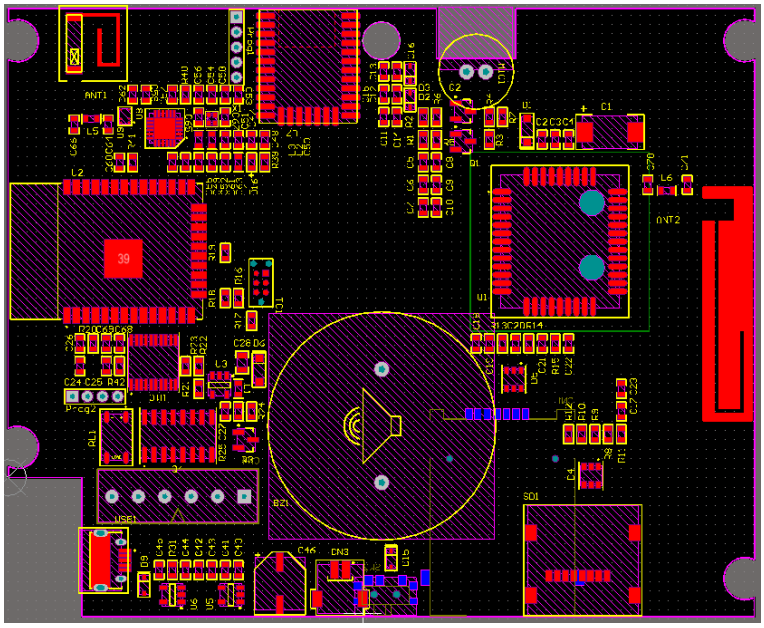


Şekil 3. 85 Ses ünitesi yerleştirilmiş PCB tasarımı.

Devrede kullanılacak tüm malzemeler daha önceden oluşturulmuş olan yerleşim planına göre Şekil 3.86'deki gibi yerleştirildikten sonra öncelikli olarak ana birimler ile ana birimlere bağlı çevre birimlerin bağlanması gerçekleştirilmiştir. Çevre birimleri ile ana modüllerin bağlanmasının ardından ana birimler birbirleri ile UART üzerinden bağlanmıştır.

Yapılmış tüm bağlantılar sinyal hatları ile alakalı bağlantılar olmakla beraber geriye sadece besleme ile alakalı bağlantılar bırakılmıştır. Bunun sebebi besleme

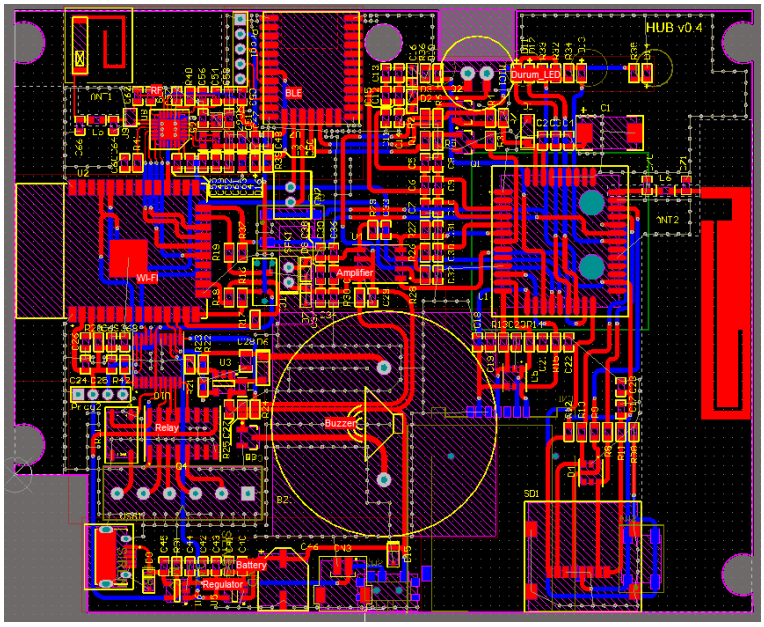
bağlantıları bağlaması en kolay bağlantı olmalarının yanı sıra yüksek miktarlarda gürültü çıkartabilen iletim hatlarıdır.



Şekil 3. 86 Malzeme yerleşimi tamamlanmış PCB tasarımı.

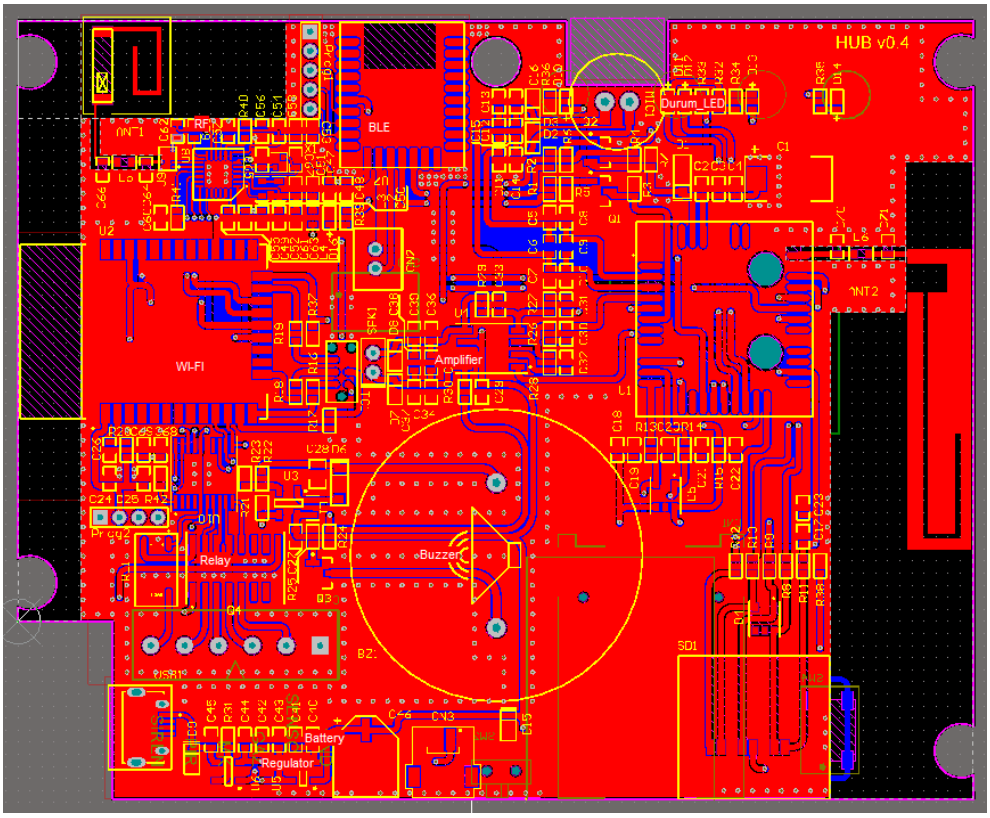
Sinyal hatlarının ardından besleme ile alakalı hatlarda bağlandıktan sonra Şekil 3.87'deki görüntü elde edilmiştir. Görselde gerekli tüm bağlantılar üst ve alt katman kullanılarak oluşturulmuş olup antenlere ait eksenler veri hatlarından muaf bırakılmıştır.

Veri hatlarının bağlanmasının ardından devre kartının köşe noktaları ve güç hatlarının geçtiği noktalar toprak hattına bağlı bakır kaplı delikler ile çevrilmiştir. Bunun sebebi dışarıdan devre kartına gelebilecek sinyal gürültülerini özümsemek ve aynı şekilde devre kartının yaymış olduğu sinyal gürültülerinin dış ortama yayılmasını önlemektir.

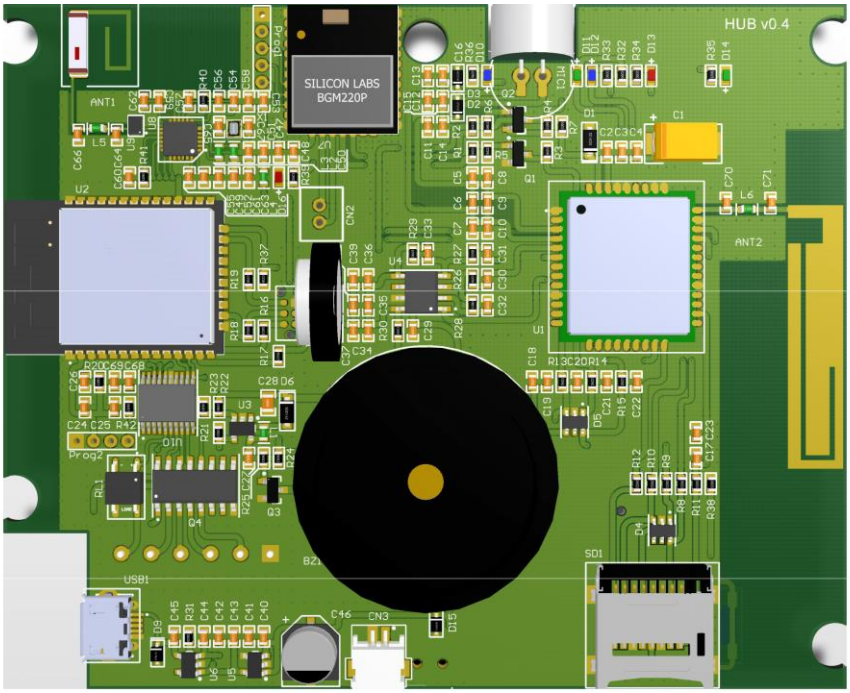


Şekil 3. 87 Veri iletim hatları bağlanmış PCB tasarımı.

Tüm hatlar bağlandıktan sonra geriye kalan ve en önemli hat olan toprak hattının bağlanmasıdır. Toprak hattı geri kalan tüm alanı kaplayacak şekilde ayarlanıp Şekil 3.88'deki devre kartı oluşturulmuştur. Şekil 3.89'da ise devre kartına ait tamamlanmış tasarım gözükmektedir.



Şekil 3. 88 Gerekli tüm bağlantılar yapılmış PCB tasarımı.



Şekil 3. 89 Tasarımı tamamlanmış PCB tasarımı.

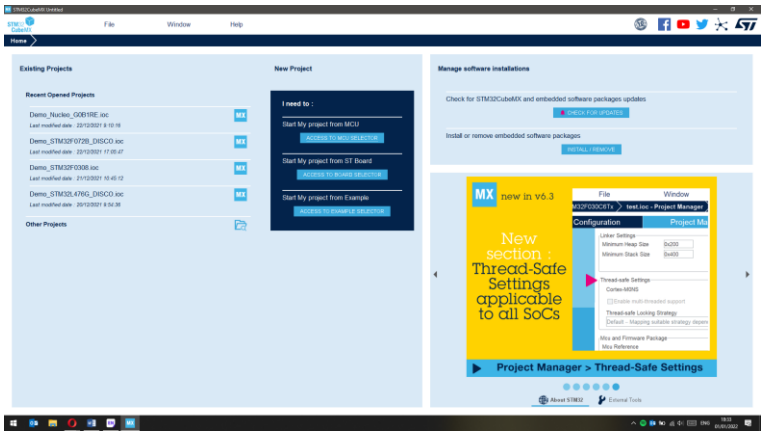
3.6. Yazılımsal Tasarım

Donanım tasarımları tamamlanan elektronik devre kartının bir sonraki aşaması olan yazılım tasarımları, elektronik devre kartı üzerindeki önem sıralarına göre bu kısımda incelenmiştir. İncelenme esnasında kullanmakta olduğumuz mikro denetleyici olan STM32L011F4P6 için STM32CubeMX ve STM32CubeIDE, Bluetooth modülü olan BGM220P için Simplicity Studio, Wi-Fi modülü olan ESP32 için ArduinoIDE ve GSM modülü olan M66 için Eclipse IDE isimli bilgisayar programları kullanılmıştır. Yazılım tasarımlarının gerçekleştirilmesinde C dili kullanılmıştır.

3.6.1. Mikro denetleyici yazılımı

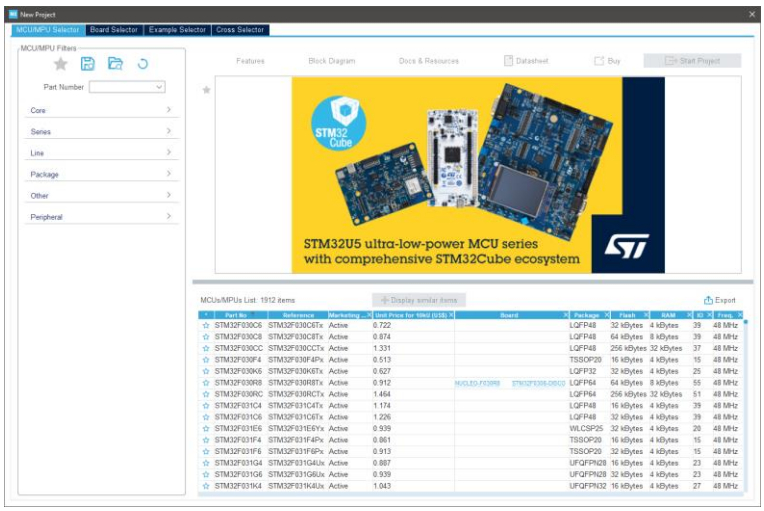
Tez çalışmasında kullanılan ve elektronik devre kartında ana kontrolcü olarak görev yapmakta olan STM32L011F4P6 üretici kodlu mikro denetleyiciye hem devre kartı üzerindeki haberleşme sisteminin kontrolü hem de kablo bağlantısı üzerinden gelecek bildirilerin yorumlanması görevi tanımlanmıştır. Verilen görevleri gerçekleştirebilmesi adına mikro denetleyiciye yazılacak kodlar aynı üretici firmaya ait olan ve Eclipse tabanlı çalışan STMicroelectronics firmasına ait STM32CubeMX ve STM32CubeIDE programları aracılığıyla yazılacaktır.

STM32CubeMX programı ST firmasının üretmekte olduğu mikro denetleyiciler için oluşturduğu ve kullanıcıya ayarlamalar konusunda kolaylıklar sağlayan bir programdır. Programın ilk açılımı esnasında Şekil 3.90'a gözüken ekran ile karşılaşılmaktadır.



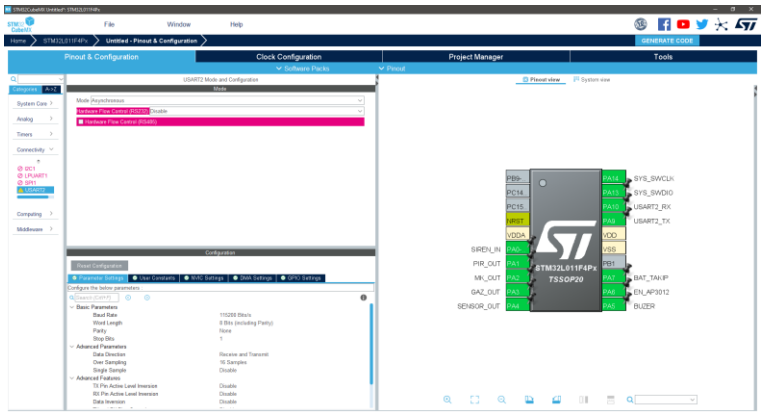
Şekil 3. 90 STM32CubeMX arayüzü.

Açılan pencerenin ardından “File>New Project” menülerine tıklanarak Şekil 3.91’deki MCU seçim menüsüne erişilmiştir. Açılan yeni menüde bulunan arama bölümüne kullanacağımız denetleyicinin üretici kodu yazılmış ve denetleyici filtrelenen liste içerisinden seçilip yeni proje başlatılmıştır.



Şekil 3. 91 STM32CubeMX üzerinden denetleyici seçimi.

Mikro denetleyicinin seçilmesinin ardından açılan ekrandaki denetleyici üzerinden bacak çıktıları Şekil 3.92’deki gibi ayarlanmıştır. Ayarlama esnasında PIR_OUT, MK_OUT, GAZ_OUT ve SENSOR_OUT pinleri giriş pini olarak, geri kalan pinler çıkış pini olarak tanımlanmıştır. Bu pinlerin dışında kalan SYS_SWCLK ve SYS_SWDIO pinleri yazılım pinleri olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3. 92 STM32L011F4P6 bacak ayarlamaları.

Elektronik devre kartı üzerinde bulunan tüm modüller, STM32L mikro denetleyici ile UART hattı üzerinden haberleşeceği için denetleyiciye ait UART pinleri

de aktif hale getirilmiştir. Tüm ayarlamaların yapılması ile beraber “Generate Code” butonuna tıklanmıştır ve STM32CubeIDE için üreticinin kendi hazırladığı temel yazılım kodları oluşturulmuştur.

Temel kodların oluşturulması ardından CubeIDE programı açılmış ve CubeMX programında ayarlanan bacak çıktılarının doğruluğu Şekil 3.93 ve Şekil 3.94’deki gibi olduğu gözlemlenmiştir.

```
/* Private defines -----------------------
#define SIREN_IN_Pin GPIO_PIN_0
#define SIREN_IN_GPIO_Port GPIOA
#define PIR_OUT_Pin GPIO_PIN_1
#define PIR_OUT_GPIO_Port GPIOA
#define MK_OUT_Pin GPIO_PIN_2
#define MK_OUT_GPIO_Port GPIOA
#define GAZ_OUT_Pin GPIO_PIN_3
#define GAZ_OUT_GPIO_Port GPIOA
#define SENSOR_OUT_Pin GPIO_PIN_4
#define SENSOR_OUT_GPIO_Port GPIOA
#define BUZER_Pin GPIO_PIN_5
#define BUZER_GPIO_Port GPIOA
#define EN_AP3012_Pin GPIO_PIN_6
#define EN_AP3012_GPIO_Port GPIOA
#define BAT_TAKIP_Pin GPIO_PIN_7
#define BAT_TAKIP_GPIO_Port GPIOA
```

Şekil 3. 93 Bacak çıktılarının isimlendirilmesi.

```
void MX_GPIO_Init(void)
{

  GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0};

  /* GPIO Ports Clock Enable */
  __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();

  /*Configure GPIO pin Output Level */
  HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_0|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6|GPIO_PIN_7, GPIO_PIN_RESET);

  /*Configure GPIO pins : PA0 PA5 PA6 PA7 */
  GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_0|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6|GPIO_PIN_7;
  GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
  GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
  GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
  HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStruct);

  /*Configure GPIO pins : PA1 PA2 PA3 PA4 */
  GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4;
  GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_INPUT;
  GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
  HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStruct);

}
```

Şekil 3. 94 Bacak çıktılarının ayarlanması.

GPIO bacaklarının ayarlanmasının ardından UART bacaklarının ayarlanmasına geçilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus UART bacaklarının kesme (interrupt) metodu ile yapılmasıdır. Bunun sebebi denetleyiciye ne zaman hangi bacaktan veri geleceğinin bilinmemesidir. Interrupt metodu kullanarak denetleyici, normal görevlerini yerine getirirken acil bir bilgi gelmesi durumunda işlemini yarı da bırakıp bu işleme öncelik verebilmesidir. UART hattının ayarlanmasında ilk olarak gelen verinin kaydedilmesi için Şekil 3.95’de de gösterildiği gibi bir değişken tanımlanmıştır. Bunun

ardından main kodunun içerisinde kullanılmakta olan USART2 hattı aktif hale getirildi. Aktiflikten sonra HAL_UART_Receive_IT komutu ile mikro denetleyici Interrupt moduna sokulmuştur.

```
uint8_t RX_data[];

int main(void)
{

  MX_USART2_UART_Init();
  HAL_UART_Receive_IT(&huart2, RX_data, sizeof(RX_data));
```

Şekil 3. 95 UART ayarlanması.

Mikro denetleyici, UART veri hattından herhangi bir sorgu isteği gelmesi durumunda Şekil 3.96'daki kod bloğuna giderek gelen veriyi kıyaslama işlemini veya GPIO pinlerinin herhangi bir tanesinden veri gelmesi sonucunda Şekil 3.97'deki gibi hangi bacaktan veri geldiğini kıyaslamasını gerçekleştirir.

```
void HAL_UART_RxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart) {
    if (huart->Instance == USART2) {

        if (strncmp(RX_data, PIR, 3) == 0) {
            HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) PIR, sizeof(PIR),
            HAL_MAX_DELAY);
        } else if (strncmp(RX_data, MK, 2) == 0) {
            HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) MK, sizeof(MK),
            HAL_MAX_DELAY);
        } else if (strncmp(RX_data, GAZ, 3) == 0) {
            HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) GAZ, sizeof(GAZ),
            HAL_MAX_DELAY);
        } else if (strncmp(RX_data, SENSOR, 6) == 0) {
            HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) SENSOR, sizeof(SENSOR),
            HAL_MAX_DELAY);
        }
        HAL_UART_Receive_IT(&huart2, (uint8_t*) RX_data, sizeof(RX_data));
    }
}
```

Şekil 3. 96 UART Interrupt karar mekanizması.

UART sorgulamasında hedeflenen eylem, modüllerin sensör durumlarını sorguladığı durumlarda mikro denetleyiciden sensörler ile alakalı bilgi almaktır.

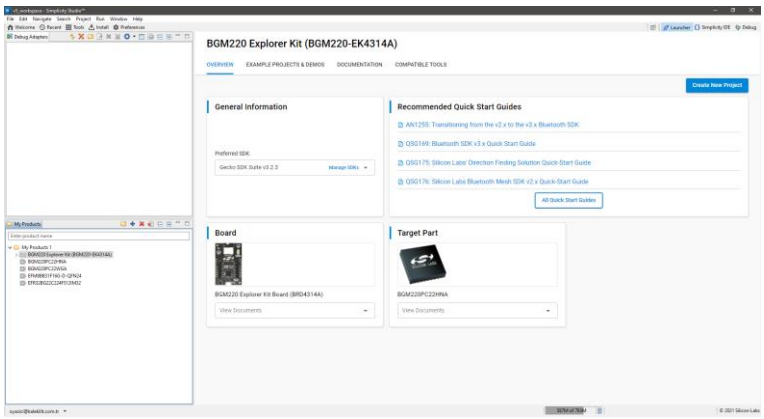
```
while (1) {
    if (HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_0) == GPIO_PIN_RESET) {
        HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) PIR, sizeof(PIR),
        HAL_MAX_DELAY);
        HAL_GPIO_WritePin(SIREN_IN_GPIO_Port, SIREN_IN_Pin, GPIO_PIN_SET);
    } else if (HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_1) == GPIO_PIN_RESET) {
        HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) MK, sizeof(MK),
        HAL_MAX_DELAY);
        HAL_GPIO_WritePin(SIREN_IN_GPIO_Port, SIREN_IN_Pin, GPIO_PIN_SET);
    } else if (HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_2) == GPIO_PIN_RESET) {
        HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) GAZ, sizeof(GAZ),
        HAL_MAX_DELAY);
        HAL_GPIO_WritePin(SIREN_IN_GPIO_Port, SIREN_IN_Pin, GPIO_PIN_SET);
    } else if (HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_3) == GPIO_PIN_RESET) {
        HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t*) SENSOR, sizeof(SENSOR),
        HAL_MAX_DELAY);
        HAL_GPIO_WritePin(SIREN_IN_GPIO_Port, SIREN_IN_Pin, GPIO_PIN_SET);
    }
    HAL_Delay(100);
}
```

Şekil 3. 97 GPIO pinleri karar mekanizması.

Mikro denetleyiciye bağlanan harici sensörlerden herhangi bir tanesinden veri gelmesi sonucunda hem UART üzerinden diğer modüller konu ile alakalı bilgilendirilmekte, hem de elektronik devre kartın üzerinde bulunan dâhili siren çalıştırılmaktadır.

3.6.2. Bluetooth Yazılımı

Bu tez çalışmasında çevre birimleri ve kullanıcı telefonu ile Bluetooth üzerinden etkileşime geçilmesi planlanmıştır. Bu işlemi gerçekleştirebilmek adına kullanılan ve Silicon Labs firmasına ait olan BGM220P modülünün yazılımı Simplicity Studio ile yapılabilmektedir. Program açıldığından sonra Şekil 3.98'deki ekran gelmektedir. Gelen ekrandan "File>New>Project" menüleri seçilmiştir. Açılan ekrandan projemize uygun olan denetleyici seçilerek işlem sonlandırılmıştır.



Şekil 3. 98 Simplicity Studio arayüzü.

Bluetooth modülünün seçilmesinin ardından Şekil 3.99'daki gibi kütüphane girişleri ve temel yazılım kod blokları çağırılmıştır.

```
#include "sl_component_catalog.h"
#include "sl_system_init.h"
#include "app.h"
#if defined(SL_CATALOG_POWER_MANAGER_PRESENT)
#include "sl_power_manager.h"
#endif
#if defined(SL_CATALOG_KERNEL_PRESENT)
#include "sl_system_kernel.h"
#else
#include "sl_system_process_action.h"
#endif

int main(void)
{
  sl_system_init();

  app_init();

#if defined(SL_CATALOG_KERNEL_PRESENT)
  sl_system_kernel_start();
#else // SL_CATALOG_KERNEL_PRESENT
  while (1) {

    sl_system_process_action();

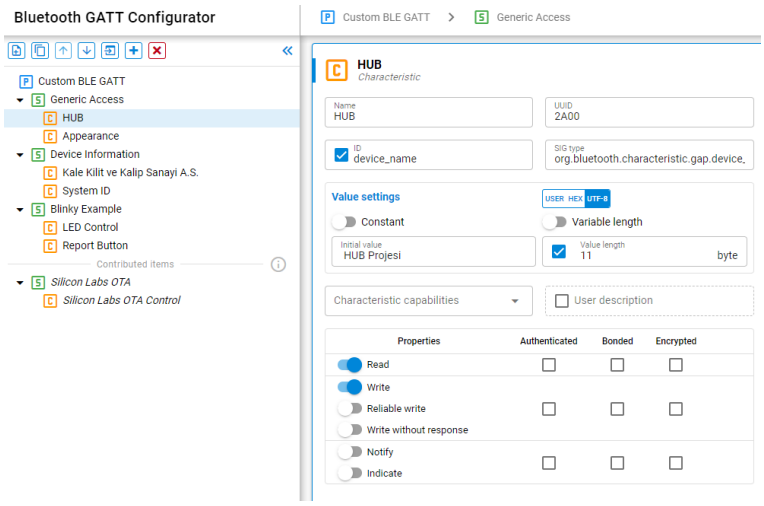
    app_process_action();

#if defined(SL_CATALOG_POWER_MANAGER_PRESENT)

    sl_power_manager_sleep();
#endif
  }
#endif /
}
```

Şekil 3. 99 BLE kütüphane çağrımları.

Hazır kütüphanelerin kod içerisine çağrılmasının ardından, yapılacak yayının bilgilerini içeren Bluetooth modülünün GATT ayarlaması Şekil 3.100'deki gibi yapılmıştır.



Şekil 3. 100 Bluetooth GATT ayarlaması.

Kullanılan Bluetooth modülüne diğer Bluetooth cihazları eşleşebilmesi adına eşsiz bir kimlik verilmesi gerekmektedir. Bu kimlik aracılığıyla cihazımız çevresindeki diğer Bluetooth modülleri ile eşten eşe olacak şekilde konuşma gerçekleştirebilecektir.

Bu eşsiz kimliği verebilmek adına Şekil 3.101'deki gibi örnek bir UID ataması yapılmıştır.

```
// Pad and reverse unique ID to get System ID.
system_id[0] = address.addr[5];
system_id[1] = address.addr[4];
system_id[2] = address.addr[3];
system_id[3] = 0xFF;
system_id[4] = 0xFE;
system_id[5] = address.addr[2];
system_id[6] = address.addr[1];
system_id[7] = address.addr[0];

sc = sl_bt_gatt_server_write_attribute_value(gattdb_system_id,
                                             0,
                                             sizeof(system_id),
                                             system_id);
app_assert_status(sc);
```

Şekil 3. 101 Bluetooth UID ataması.

UART hattından gelen her veriyi teyit etmek adına hem görsel hem verisel kayıt olması adına Şekil 3.102'de gösterildiği gibi donanıma bağlı bir LED yakılmış ve UART hattından durum hakkında bilgi verisi gönderilmiştir.

```
if (data_recv == 0x00) {
  sl_led_turn_off(SL_SIMPLE_LED_INSTANCE(0));
  app_log_info("LED kapalı.\n");
} else if (data_recv == 0x01) {
  sl_led_turn_on(SL_SIMPLE_LED_INSTANCE(0));
  app_log_info("LED açık.\n");
} else {
  app_log_error("Yanlış karakter dizini: 0x%02x\n", (int)data_recv);
}
```

Şekil 3. 102 Bluetooth veri durum bilgisi.

Mikro denetleyici tarafından paylaşılan sensor bilgileri UART veri hattı üzerinden Bluetooth modülü ile paylaşılmaktadır. Aynı şekilde Bluetooth modülü de her beş dakika da bir olacak şekilde UART hattı üzerinden sensör bilgilerini istemektedir. Gelen bilgileri eğer aktif iseler Şekil 3.103'de görüldüğü gibi kıyaslayarak bu bilgileri "sc" değişkenine tanımlanmaktadır.

```
void app_iostream_terminal_task (void *arg)
{

  (void) &arg;
  sl_iostream_write (sl_iostream_vcom_handle, str1, strlen (str1));
  sl_iostream_set_default (sl_iostream_vcom_handle);

  sl_iostream_write (SL_IOSTREAM_STDOUT, PIR, strlen (PIR));
  sl_sleeptimer_delay_millisecond(100);
  if (sl_iostream_read (SL_IOSTREAM_STDOUT, PIR, strlen (PIR)))
    sc = PIR;

  sl_iostream_write (SL_IOSTREAM_STDOUT, MK, strlen (MK));
  sl_sleeptimer_delay_millisecond(100);
  if (sl_iostream_read (SL_IOSTREAM_STDOUT, MK, strlen (MK)))
    sc = MK;

  sl_iostream_write (SL_IOSTREAM_STDOUT, GAZ, strlen (GAZ));
  sl_sleeptimer_delay_millisecond(100);
  if (sl_iostream_read (SL_IOSTREAM_STDOUT, GAZ, strlen (GAZ)))
    sc = GAZ;

  sl_iostream_write (SL_IOSTREAM_STDOUT, SENSOR, strlen (SENSOR));
  sl_sleeptimer_delay_millisecond(100);
  if (sl_iostream_read (SL_IOSTREAM_STDOUT, SENSOR, strlen (SENSOR)))
    sc = SENSOR;
```

Şekil 3. 103 Bluetooth UART veri sorgulaması.

Değişkene tanımlanmış olan sensör bilgileri daha sonra Şekil 3.104'deki kod bloğu aracılığıyla çevrede bulunan akıllı kablosuz birimlere iletilmektedir. Her kablosuz birimin içerisindeki gelen veri bloğu kıyaslama kodu aynı olması sebebiyle tüm cihazlar gelen emrin hangi ürün için geldiğini bilmektedir.

```
// Yayın ayarlaması
sc = sl_bt_advertiser_create_set(&advertising_set_handle);
app_assert_status(sc);

// Yayın aralıkları 100ms olarak ayarlanıyor
sc = sl_bt_advertiser_set_timing(
  advertising_set_handle,
  100, // min.
  100, // max.
  0,   // adv.
  0);
app_assert_status(sc);
// Yayına başlayarak bağlantı izinlerine onay verme
sc = sl_bt_advertiser_start(
  advertising_set_handle,
  sl_bt_advertiser_general_discoverable,
  sl_bt_advertiser_connectable_scannable);
app assert status(sc);
```

Şekil 3. 104 Bluetooth yayın başlangıcı.

Bu tez çalışmasında üzerinde çalışılan elektronik devre kartı, çevresindeki cihazları sürekli olarak tarama yapacağı için cihazımız Beacon modu olarak anılan merkezi bir yayıncı olarak ayarlanmıştır. Şekil 3.105'deki kod bloğu aracılığıyla cihazımız Beacon moduna sokulmuştur.

```
void sl_bt_on_event(sl_bt_msg_t *evt)
{
  sl_status_t sc;
  int16_t ret_power_min, ret_power_max;
  switch (SL_BT_MSG_ID(evt->header)) {
    case sl_bt_evt_system_boot_id:
      sc = sl_bt_system_set_tx_power(SL_BT_CONFIG_MIN_TX_POWER, 0,
                                     &ret_power_min, &ret_power_max);
      app_assert_status(sc);
      (void)ret_power_min;
      (void)ret_power_max;
      bcn_setup_adv_beaconing();
      break;
```

Şekil 3. 105 Bluetooth Beacon ayarlaması.

Beacon moduna sokulan cihaz, çevresinde bulduğu cihazları yazılım içerisinde işleme sokmadan önce bir değişken bloğu içerisine kaydetmesi gerekmektedir. Bu sebepten ötürü Şekil 3.106'deki struct tanımlaması yapılmış ve içerisine kaydedilmesi istenen değerler girilmiştir.

```
static void bcn_setup_adv_beaconing(void)
{
  sl_status_t sc;

  struct {
    uint8_t flags_len;     // Flag uzunluğu
    uint8_t flags_type;    // Flag tipi
    uint8_t flags;         // Flaglar toplamı
    uint8_t mandata_len;   // Üretici kodu uzunluğu
    uint8_t mandata_type;  // Üretici tipi
    uint8_t comp_id[2];    // Firma kimliği
    uint8_t beac_type[2];  // Beacon tipi
    uint8_t uuid[16];      // 128-bit evrensel essiz kimlik (UUID).
    uint8_t maj_num[2];    // Beacon major sayısı.
    uint8_t min_num[2];    // Beacon minor sayısı.
    uint8_t tx_power;      // Ölçülen RSSI değeri
  }
```

Şekil 3. 106 Bluetooth üzerinden bulunan çevre birimlerinin özellikleri.

Çevreden okunan değerler ki bu değer kullanıcı telefonu da olabilir belirlenen değişkenlere tanımlandıktan sonra kıyaslanma ve sorgulama işlemine tabii tutulmaktadır. Tabii tutulan değerler sınıflandırıldıktan sonra "sc" değişkenine tanımlanmaktadır. Tanımlanan sc değişkeni, app_assert_status () içerisinde sorgulanarak kullanıcının davranışlarına göre Bluetooth üzerinden hangi cihazların açılıp hangi cihazların kapatılması gerektiğine Şekil 3.107'deki kod bloğu aracılığıyla karar vermektedir.

```
bcn_beacon_adv_data =
  {
  2, 0x01, 0x04 | 0x02,

  26, 0xFF,

    { UINT16_TO_BYTES(0x004C) },

    { UINT16_TO_BYTE1(0x0215), UINT16_TO_BYTE0(0x0215) },

    { 0xE2, 0xC5, 0x6D, 0xB5, 0xDF, 0xFB, 0x48, 0xD2, 0xB0, 0x60, 0xD0, 0xF5,
        0xA7, 0x10, 0x96, 0xE0 },

    { UINT16_TO_BYTE1(34987), UINT16_TO_BYTE0(34987) },

    { UINT16_TO_BYTE1(1025), UINT16_TO_BYTE0(1025) },

  0xD7 };

sc = sl_bt_advertiser_create_set (&advertising_set_handle);
app_assert_status(sc);

sc = sl_bt_advertiser_set_data (advertising_set_handle, 0,
                                sizeof(bcn_beacon_adv_data),
                                (uint8_t*) (&bcn_beacon_adv_data));
app_assert_status(sc);

sc = sl_bt_advertiser_set_timing (advertising_set_handle, 160, 160, 0, 0);
app_assert_status(sc);

sc = sl_bt_advertiser_start (advertising_set_handle,
                             sl_bt_advertiser_user_data,
                             sl_bt_advertiser_non_connectable);
app_assert_status(sc);
```

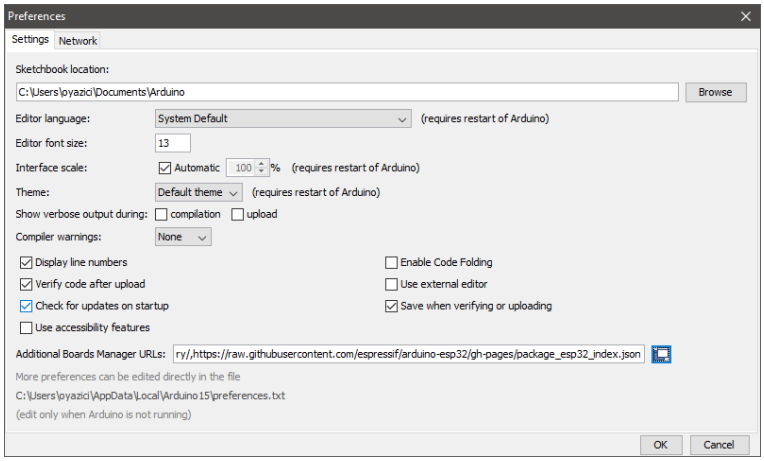
Şekil 3. 107 RSSI okunan modüllerin gruplandırılması.

Yapılan sorgulama için karar verme verileri, Wi-Fi modülüne bağlı UART veri hattı üzerinden gelmektedir. Aç-kapa emirleri verilmeden önce app_assert_status () içerisinde bulunan kod bloğuyla yapılacak işlem talep edilmektedir. Gelen sonuca göre işlem gerçekleştirilmektedir.

3.6.3. WIFI Yazılımı

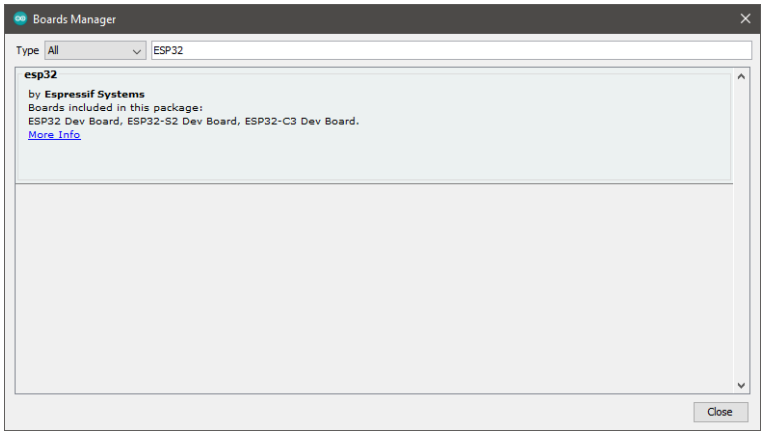
Bu tez çalışmasında elektronik devre kartının toplayacağı tüm veri setleri bulut üzerinde toplanacaktır. Bulut üzerinden üzerinde toplanması sebebiyle, tasarımı yapılan cihazın internete bağlanabilmesi gerekmektedir. Bu neden ile kullanılan ESP32 Wi-Fi modülü için ilk olarak internete bağlama işlemi yapılmıştır.

ESP32 kodlaması için kolay ulaşılabilir olan kaynaklar Arduino için mevcut olması sebebiyle, projemizde bulunan Wi-Fi modülünün kodlaması Arduino IDE üzerinden yapılmıştır. Arduino programının açılması ardından ilk olarak “File>Preferences” menüsü altında bulunan Additional Boards Manager URLs bölümüne Şekil 3.108’de gözüken web adresi yazılmıştır.



Şekil 3. 108 Arduino IDE'ye board eklenmesi.

ESP32'nin Arduino programına kurulmasının ardından "Tools>Board>Board Manager" menüsünde bulunan esp32 board'ı Şekil 3.109'daki kurulmuştur. Bu kurulum sayesinde ESP32 için kullanılan hazır kütüphanelere erişim sağlanmış ve Arduino IDE'nin ESP32'yi tanıması sağlanmıştır.



Şekil 3. 109 ESP32 ürün kurulumu.

ESP32 modülünün kurulumunun ardından yeni proje oluşturulup, çalışma sayfasında modem ile alakalı ID ve şifre bilgileri Şekil 3.110'da görüldüğü gibi yazılmıştır. Modem bağlantısının ardından Şekil 3.111'deki gibi internete bağlanma emri verilmiş ve elektronik devre kartı üzerindeki diğer denetleyiciler ile aynı bant genişliğinde konuşabilmesi adına, 115200 bandında seri haberleşme başlatılmıştır.

```
#include <WiFi.h>

const char * networkName = "Modem_ismi";
const char * networkPswd = "Modem_sifresi";
```

Şekil 3. 110 Wi-Fi modülü internet bağlantısı.

```
Serial.begin(115200);
connectToWiFi(networkName, networkPswd);
```

Şekil 3. 111 Wi-Fi seri haberleşme başlangıcı.

Gerekli internet bağlantı ve seri girişlerinin ardından UART hattının başlangıç ve bitiş bitlerinin ayarlanması ve UART hatlarının aktif hale getirilmesi için Şekil 3.112'deki kod bloğu yazılmıştır.

```
#define TXD_PIN (GPIO_NUM_17)
#define RXD_PIN (GPIO_NUM_16)
#define SERIAL_SIZE_RX 130

void init()
{
  const uart_config_t uart_config = {
    .baud_rate = 115200,
    .data_bits = UART_DATA_8_BITS,
    .parity = UART_PARITY_DISABLE,
    .stop_bits = UART_STOP_BITS_1,
    .flow_ctrl = UART_HW_FLOWCTRL_DISABLE
  };
  uart_param_config(UART_NUM_1, &uart_config);
  uart_set_pin(UART_NUM_1, TXD_PIN, RXD_PIN, UART_PIN_NO_CHANGE, UART_PIN_NO_CHANGE);
  uart_driver_install(UART_NUM_1, SERIAL_SIZE_RX, 0, 0, NULL, 0);
}
```

Şekil 3. 112 Wi-Fi modülü UART ayarlanması.

Güvenlik faktörü her zaman konfor faktöründen önce gelmesi sebebiyle ilk olarak elektronik devre kartına bağlanmış olan harici sensörlerin bilgileri UART veri hattı üzerinden dinlenilmektedir. Şekil 3.113'de gösterildiği şekilde UART hattı dinlenip gelen veri tipine göre aynı yayın internete çıkartılmaktadır. Eğer gelen yayın sensör bilgilerini değil kullanıcının durumu ile alakalı bir bilgi içeriyorsa, verinin içeriğine göre bilgi ya internete çıkarılmıştır ya da internet aracılığıyla Şekil 3.114'de gibi buluttan talep edilmiştir.

```
static void rx_task()
{
  uint8_t* veri = (uint8_t*) malloc(SERIAL_SIZE_RX + 1);
  while () {
    if (veri == "PIR") {
      client.print("PIR");
      ESP_LOG_BUFFER_HEXDUMP("PIR", veri, rxBytes, ESP_LOG_INFO);
      client.stop();
    }
    else if (veri == "MK") {
      client.print("MK");
      ESP_LOG_BUFFER_HEXDUMP("MK", veri, rxBytes, ESP_LOG_INFO);
      client.stop();
    }
    else if (veri == "GAZ") {
      client.print("GAZ");
      ESP_LOG_BUFFER_HEXDUMP("GAZ", veri, rxBytes, ESP_LOG_INFO);
      client.stop();
    }
    else if (veri == "SENSOR") {
      client.print("SENSOR");
      ESP_LOG_BUFFER_HEXDUMP("SENSOR", veri, rxBytes, ESP_LOG_INFO);
      client.stop();
    }
```

Şekil 3. 113 UART gelen veri kıyaslaması.

```
else if (veri == "bulut" {
client.print("Flag");
  client.print("Manufacturer");
  client.print("Comp_id");
  client.print("Beacon");
  client.print("UID");
  client.print("maj_num");
  client.print("min_num");

  ESP_LOG_BUFFER_HEXDUMP("veri_out", veri, rxBytes, ESP_LOG_INFO);
  client.stop();
}
else if (veri == "cloud" {
server.on("/Flag", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
  request->send_P(200, "text/plain", readFlag().c_str());
  });
  server.on("/Manufacturer", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
    request->send_P(200, "text/plain", readManufacturer().c_str());
  });
  server.on("/Comp_id", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
    request->send_P(200, "text/plain", readComp().c_str());
  });
  server.on("/Beacon", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
    request->send_P(200, "text/plain", readBeac().c_str());
  });
  server.on("/UID", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
    request->send_P(200, "text/plain", readUID().c_str());
  });
  server.on("/Major_Num", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
    request->send_P(200, "text/plain", readFMajnum().c_str());
  });
  server.on("/Minor_Num", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
    request->send_P(200, "text/plain", readMinnum().c_str());
  });

  ESP_LOG_BUFFER_HEXDUMP("veri_in", veri, rxBytes, ESP_LOG_INFO);
  client.stop();

}
```

Şekil 3. 114 UART gelen verinin internete çıkarılması.

İnternete çıkartılan veya talep edilen verilerin bulut alanına erişebilmesi için ilk olarak projede kullanılacak olan Google Cloud Platforma ait sdk ve kişiye özel API'nin kurulumu gerçekleştirilmiştir.

3.7. Mobil Uygulama Tasarımı

Uygulaması gerçekleştirilen bu projemizde kullanıcıdan telefon uygulaması açmasını istemek yerine, Bluetooth entegrelerine özel Mac adreslerini sistemimiz ile eşleştirip, bu adresleri sorgulayarak gerekli kontrolleri gerçekleştirmekteyiz. Bu sayede kullanıcının tek yapması gereken mobil telefonunda bulunan Bluetooth modunu aktive etmesi eylemidir. Mobil uygulamanın haricinde aynı haberleşme protokolüne sahip taşınabilir başka bir Bluetooth cihazını üzerinde bulundurması gerekmektedir.

Kullanıcının konumu, üzerinde taşımış olduğu Bluetooth cihazı aracılığıyla tespit edilmekte olup cihazın bulunmaması durumunda kullanıcıya hizmet sağlanamayacaktır. İstenmeyen bir durum olan Bluetooth cihazın kaybolması ve çalınması durumunda tasarlanan ürün arkasında bulunan silme butonuna basılarak ürün içerisinde kayıtlı bulunan cihazlar silinebilmektedir. Daha sonra bir diğer buton ile tanımlama işlemleri

gerçekleştirilebilmektedir. Bu silme işlemleri esnasında kaydedilen veri setleri zarar görmemekte ve bulutta mevcudiyetini korumaktadır.

3.8. Bulut Entegrasyonu

Bu tez çalışmasında toplanacak ve hizmet için kullanılacak olan kullanıcı verilerinin bir sunucu üzerinde saklanması gerekmektedir. Server üzerinde saklanacak bu veriler, daha veri seti paketi haline getirilip işlenecektir. İşlemler sırası ile buluta yükleme, veri seti haline çevirme ve setin işlenmesi şeklindedir.

Çalışmamızda elektronik devre kartı üzerinden toplanacak verilen internete bağlı olan Wi-Fi modülü üzerinden Google firmasına ait Google Cloud Platform (GCP) ortamına aktarılacaktır. Bu ortam 90 güne kadar ücretsiz olması sebebiyle tercih edilmiştir.

3.8.1. Google Cloud Platform (GCP)

Google Cloud Platform, harici bir cihaz satın almanıza ihtiyaç olmadan, sistemin bakımı, elektrik giderleri gibi pasif gelirlerden kurtaran bir bulut çözümüdür. Google firmasının kendi veri merkezlerinde çalıştırdığı bu sistem sadece kullandığınız hizmet miktarına göre ücretlendirildiği bir platformdur. Google firmasına ait YouTube, Gmail ve Google Play gibi hizmetler de yine bu bulut sisteminde çalışırlar.

Bizim uygulamamızda tasarlanan elektronik kart tarafından toplanan kullanıcı verileri düzenli olarak bu platforma gönderilmektedir. Gönderilen verilen daha sonra Kaggle programına aktarılıp veri seti haline dönüştürülmüştür.

3.8.2. Kaggle

Kaggle, dünyada en çok kullanılan veri platformlarından biridir. Kaggle platformu üzerinden istenilen her soruna farklı veri işlemcisi bilim insanlarının da katılımlarıyla çözümler bulunabilmekte, düzenlenen belirli yarışmalar ile dünya çapında sorunlara çözümler üretilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında Kaggle platformu, elektronik devre kartı tarafından Google Cloud Platformuna gönderilen verileri alarak bir veri seti altında toplamaktadır. Toplanan

bu veri setleri elektronik devre kartının gelişimi için, ayrıca kişisel verileri saklamasından ötürü gizliliği büyük önem arz etmektedirler.

3.8.3. Google Research Colaboratory (Colab)

Google LLC tarafından topluluk için oluşturulmuş Python yazılım dili temalı çalışan bir ücretsiz bir platformdur. Bu platform aracılığıyla elinizde bulunan veri setlerini kullanarak yapay öğrenme yapabilir ve sisteminizi veri setleri doğrultusunda kararlar alabilecek şekilde eğitebilirsiniz.

Bu tez çalışmasında da aynı şekilde bir öğrenim metodu kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanıcıların bilgileri elektronik devre kartı tarafından algılanarak internet üzerinden önce buluta taşınmış, ardından Kaggle platformuna gönderilerek veri seti haline getirilmiştir. Ver seti haline getirilen kullanıcı verileri daha sonra Colab platformunda yorumlanmak üzere işlenmiştir.

Cihazın ilk kullanımında toplanan veriler sistemin verimli çalışması için yeterli olmayacaktır. Bunun sebebi, kullanılan yapay zekâ sistemi yalnızca elindeki veriler doğrultusunda karar verebileceği için elindeki veri az veya yetersiz ise sağlıklı karar vermek için doğru şekilde kullanılamamaktadır. Bundan dolayı cihaz, belirli bir kullanım âdetinden sonra sağlıklı bir şekilde hizmet etmeye başlayacaktır.

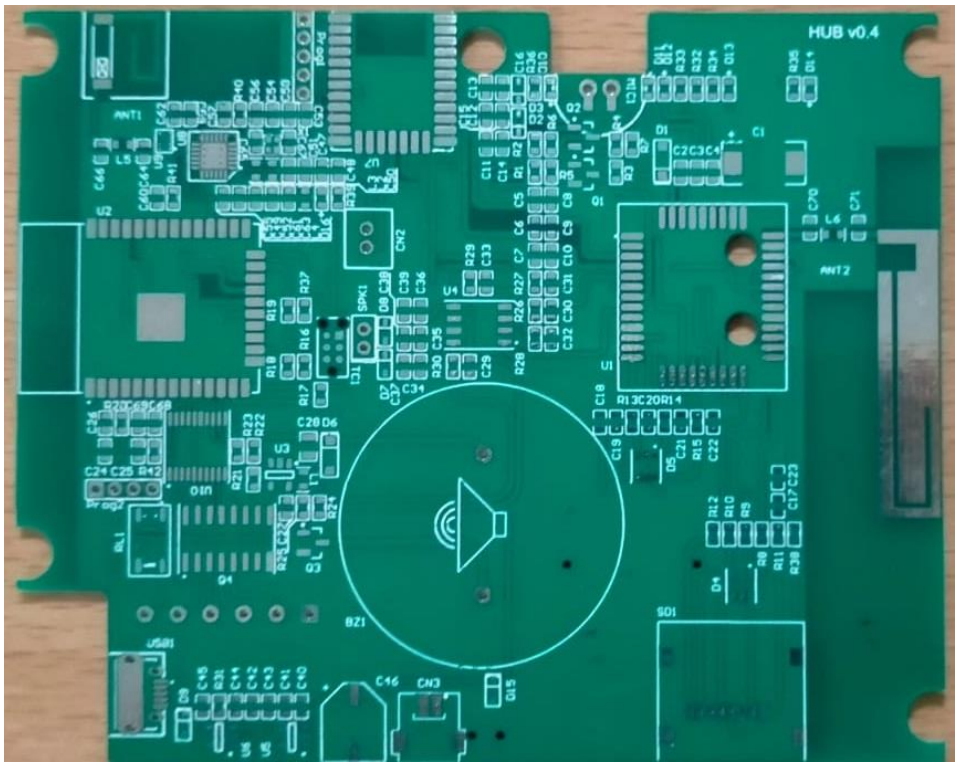
BÖLÜM 4

SONUÇ

4.1. Testler

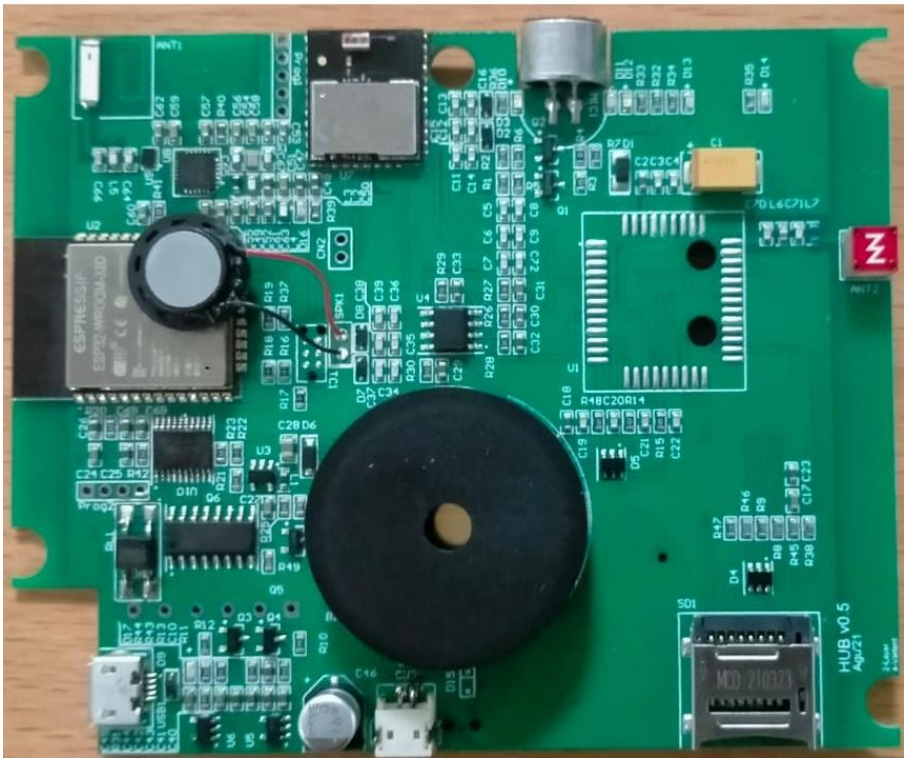
Donanım ve yazılım tasarımı gerçekleştirilmiş olan elektronik devre kartı, gerekli düzeltme aksiyonlarının alınması için bir takım testlerden ve kontrollerden geçmiştir.

Elektronik devre tasarımı yapılan kartın bitmiş fiziki hali Şekil 4.1'de görseli ile paylaşılmıştır. Tasarımı tamamlanan kart ilk olarak üzerine elektronik malzemeler dizilmeden görsel ve elektriksel olarak kontrol edilmiştir. Elektriksel kontroller esnasında ölçü aleti kısa devre konumuna alınarak gerilim hatları ve toprak hattı arasındaki iletkenliğe bakılmıştır. Ölçü aletinden herhangi bir kısa devre geri bildirimi gelmemesi sebebiyle, görsel kontrollere başlanmıştır. Görsel kontroller esnasında eksik lehim alanı, kalkık bakır yol, çizik gibi kontroller gerçekleştirilmiş ve herhangi bir sorun bulunmamıştır.



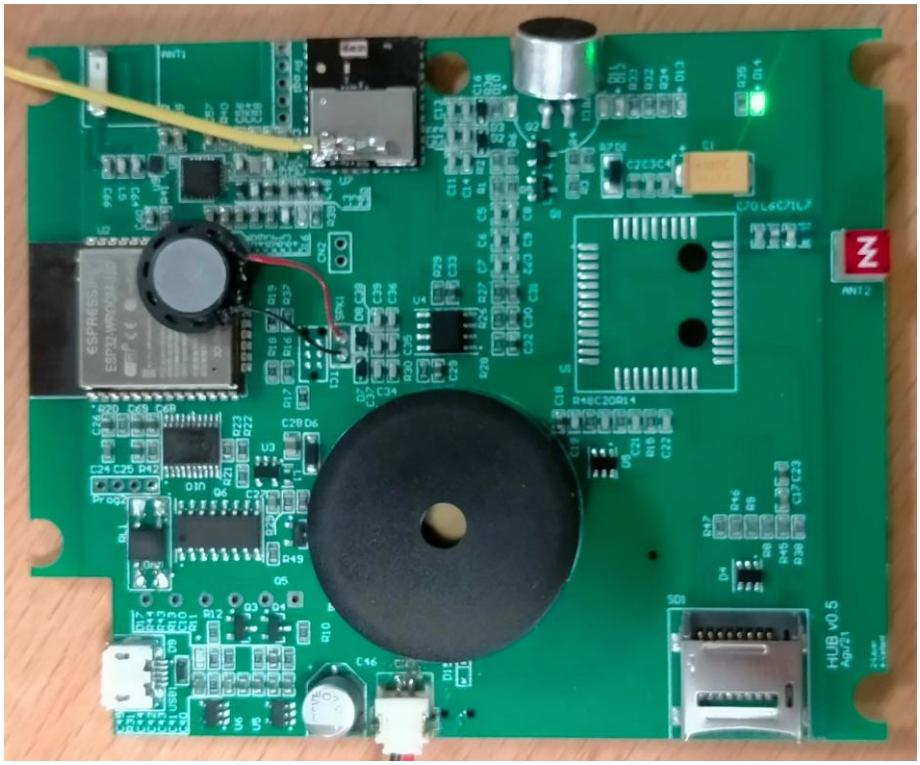
Şekil 4. 1 Dizgisi gerçekleştirilmemiş devre kartı.

Kontrollerin başarılı geçmesi sebebiyle kart üzerine kullanılacak olan elektronik malzemeler sırası ile Şekil 4.2'deki gibi dizilmiştir. Dizgi işlemlerinin hatasız olması adına kart üzerinde bulunan GSM modülü hariç geri kalan tüm malzemeler makine dizgisi ile dizilmiştir. GSM modülünün harici olarak manuel olarak dizilme sebebi, yazılım atılma esnasında GSM modülü UART hattı üzerinden veri beklemektedir. Yazılım atılmış diğer mikro denetleyiciler kendi aralarında UART üzerinden haberleşmesi sebebiyle GSM modülüne yazılım atılmasına engel olmaktadır. Bu sebepten ötürü GSM modülüne harici bir ortamda yazılım atıldıktan sonra karta lehim işlemi gerçekleştirilecektir.



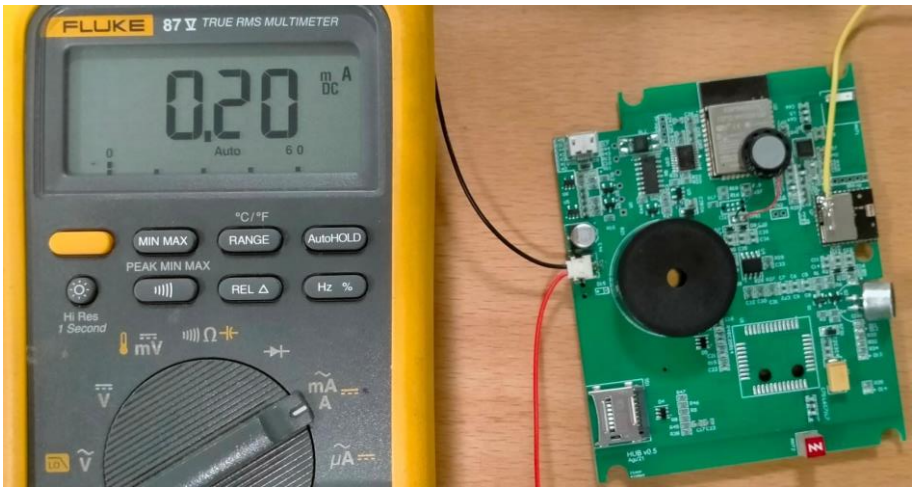
Şekil 4. 2 Dizgisi gerçekleştirilmiş enerji verilmemiş devre kartı.

Dizgi işlemlerinin tamamlanması ile birlikte CN3 malzemesi üzerinden elektronik devre kartının enerji beslemesi NCR18650 pili ile sağlanmıştır. Enerji beslemesi verildikten sonra elektronik devre kartı üzerinde pil enerjisinin bulunduğunu teyit etmek için D14 malzemesi kontrol edilmiştir. D14 malzemesi LED olması sebebiyle enerjilenmesi ile birlikte Şekil 4.3'de gösterildiği gibi aydınlanma işlemi gerçekleştirmiştir.



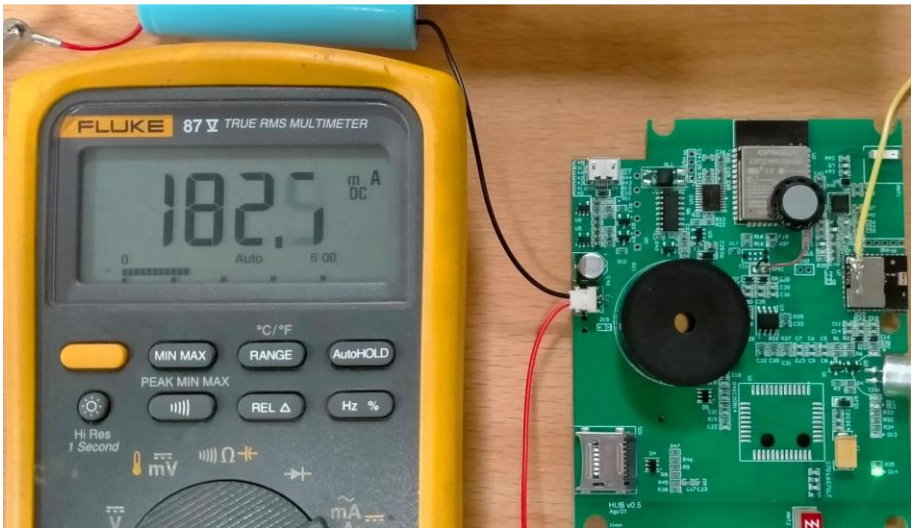
Şekil 4. 3 Dizgisi gerçekleştirilmiş enerji verilmiş devre kartı.

Kartın elektriksel ve görsel kontrolleri tamamlandıktan sonra aradaki gelişim ve yazılım farkını anlamak için kartın çekmiş olduğu akım değerleri Fluke marka ölçü aleti ile ölçülmüştür. Şekil 4.4'de de görüldüğü gibi henüz elektronik devre kartına elektrik akımı gönderilmediğinde 0.2mA değerlerinde akım çekmektedir. Tabii ki bu değer uygulamamız için yüksek bir değerdir.



Şekil 4. 4 Enerji bağlantısı kapatılmış kartın akım değeri.

Kapalı konumda bulunan devre kartının akım kontrolünü ardından devreye Şekil 4.5'de gösterildiği gibi enerji verilmiştir. Devre üzerinde henüz yazılım bulunmaması sebebiyle, devre kartı üzerinde kullanılan tüm mikro denetleyicilerin çıkış portlarının açık olması, uyku moduna geçmemeleri ve yüksek güçte çalışmaları sebebiyle kartın 182.5mA değerinde akım çektiği görülmüştür. Bu şekilde çekilen bir akımda kullanılan pil yarım günden kısa bir sürede tükeneceğinden dolayı, çekilen bu akım kabul edilemez değerdedir.



Şekil 4. 5 Enerji bağlantısı aktif edilmiş kartın akım değeri.

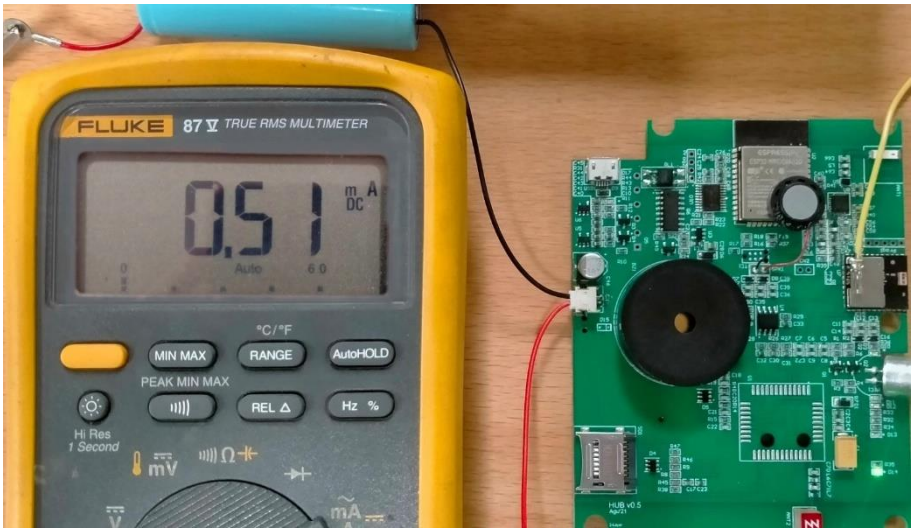
Akım değerlerinin kontrolünden sonra devre kartı üzerinde bulunan gerilim noktaları osiloskop aracılığıyla ölçülüp kontrol edilmiştir. Çizelge 4.1'de gösterilen sonuçlara göre gerilim dalgalanmalarını önlemek için almış olduğumuz filtreleme kapasitörleri doğru değerlerde olmakla beraber, görevini yerine getirebilmektedir.

Çizelge 4. 1 Ölçülen gerilim değer sonuçları.

Ölçüm Aralığı	Ölçülen Değer
Toprak	0V
Batarya Giriş – Toprak	4V2±0.1
Batarya Çıkış – Toprak	4V±0.1
Regülator – Toprak	3V3±0.1

Belirlenen gerilim değerlerine göre ölçülen akım değerleri yüksek kalmaktadır. Bu sebepten üzere işlevsel yazılım işlemleri gerçekleştirilmiş olup elektronik devre kartı

üzerinde bulunan modüllere yüklenmiştir. Yazılımların yüklenmesi sonucunda elektronik devre kartının çekmiş olduğu akım Şekil 4.6'da da görüldüğü üzere 0.5mA değerlerine inmiştir.



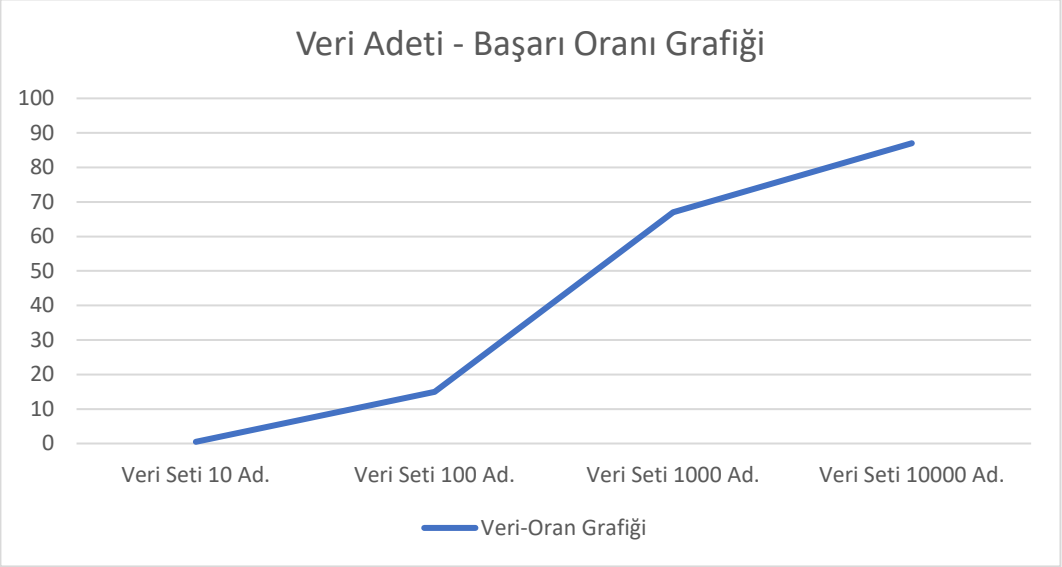
Şekil 4. 6 Yazılımsal geliştirmeleri tamamlanmış kartın akım değeri.

Gerçekleştirilen bu akım düşüm işlemleri ürünün kullanım ömrünü uzatmakta olup cihazın kullanıcıya daha uzun süre hizmet edebilmesine olanak sağlamaktadır. Kullanıcı isterse ürün üzerinde bulunan mikro B bağlantısı üzerinden de sürekli enerji beslemesi gerçekleştirebilir. Bu sayede pil, sadece enerji kesilmesi durumlarında devreye alınacaktır.

4.2. Sonuçlar

Yapılan yazılım geliştirmeleri sonucunda, çalışma modu akımı olan 182.5mA, 0.5mA değerine düşürülmüştür. Bu değer GSM modülü kapalıyken çekilen değerdir. Modülün kapalı bir şekilde hesaplanmasının sebebi, GSM modülü sürekli olarak kapalı halde bulunacak, sadece ihtiyaç anında uyandırılıp yayın yapması istenmesidir. GSM modülü uyandırıldığında ise sistem 5mA değerlerine kadar çekebilmektedir. GSM modülü kapalı şekilde ürünü dikkate aldığımızda, ömrünün 1 günden 240 güne çıktığı fark edilmiştir. Bu farkın sebebi yazılım atılmamış tüm denetleyicilerin tüm pinleri aktif halde bulunmaktadır. Bu da denetleyicinin maksimum gücü çekmesine sebebiyet vermektedir.

Yapılan saha testlerinde, ürünün ilk çalışma anında yeteri kadar verimli çalışmadığı görülmüştür. Yapılan incelemeler sonucunda bunun sebebinin veri setinin yetersiz gelmesi olduğu anlaşılmıştır. Soruna çözüm yolu olarak yapay veri setleri oluşturulmuştur. Bu yapay veri setlerinde kullanıcılar hakkında rastgele bilgiler bulunmaktadır. Veri seti içeriğinin artması sonucunda ürün daha istikrarlı bir şekilde çalışmıştır. Sistemin kararlılığını, Şekil 4.6'da da gösterildiği gibi veri setinin fazlalığına büyük oranda bağlıdır.



Şekil 4. 7 Veri adeti ve başarı oranı arasındaki ilişki grafiği.

Bu tez çalışmasında tasarımı yapılan cihaz kullanıcı veya kullanıcılar tarafından ne kadar çok kullanılırsa başarı oranı o kadar yüksek olmaktadır. Başarı oranı yüksek hale gelene kadar tüm girdilerin kullanıcı tarafından elle girilmesi ilk kullanımlarda oluşacak karışıklığın önüne geçilmesini sağlayacaktır.

Tasarımı gerçekleştirilen cihaz teknik olarak incelendiğinde, EMI ve EMC kurallarına uygun olarak tasarlanan elektronik devre kartında, kullanılan elektronik devre elemanlarının dizgi bakımından dizilebilirliği kolay ve muadil ürün bakımından zengin olan malzemeler olduğu görülmektedir. Bu sayede üretim esnasında teknik sorunlar ile karşılaşılmayacağı öngörülmektedir.

Elektronik devre kartında kullanılan malzemelerin elektronik ürünlerde sıklıkla kullanılan malzemeler olması sebebiyle uygun maliyete sahip ürünler olduğu

gözlenmektedir. Toplam maliyetler incelendiğinde elektronik devre kartının bir adet için üretim maliyet $80 fiyatlarını bulurken, 1000 adet seviyelerine yükseltilmesi sonucunda $40 fiyatlarına indirgenebildiğini gözlemlenmiştir. Tasarlanan ürünün fonksiyonları göz önüne alındığında bu fiyatların günümüz şartlarında ideal seviyelerde olduğu söylenebilir.

Tasarlanan ürün konfora hizmet eden kullanıcı dostu bir ürün olması sebebiyle kullanılması istenilmeyen veya pil bitimi, internet kesilmesi gibi elektriksel gereksinimlerinin karşılanamaması gibi durumlarda kullanıcı tarafından ideal şartlar tekrardan yerine getirilene kadar kullanıcı yerine gerçekleştirdiği işlemleri yerine getiremeyecek olup kullanıcının günlük hayatını hiçbir şekilde kısıtlamayacaktır. Örnek bir uygulamadan bahsetmek gerekirse her gün evinizin kapısını sizin yerinize açabilen veya kilitleyebilen merkezi cihazın pili bitmesi durumunda, mekanik anahtarınızı kullanarak evinize girebilmenizde hiçbir engel bulunmamaktadır. Başka bir uygulama olan ışık veya perdeleriniz açılıp kapatılması durumunda ise kullanıcı mevcut sistemlerde de olduğu gibi mekaniksel olarak istenilen ürün ile etkileşime geçebilir ve işlevini yerine getirebilir.

Tasarlanan cihazın çalışma mantığı, kullanıcıya ait konum bilgisini telefon veya taşınabilir aynı haberleşme protokolüne sahip başka bir Bluetooth cihaz üzerinden alması ve bu bilgiye dayanarak hizmet edebilmesi üzerinde kurulmuştur. Kullanıcının bu cihazları üzerinde taşımaması durumunda konum bilgisi alınamayacak olup kullanıcıya sağlanacak ek hizmetler tasarlanan cihaz tarafından gerçekleştirilemeyecektir. Bluetooth cihazların kaybolması veya çalınması ihtimallerine karşı, tasarlanan ürünün arka kısmında bulunan iki adet buton ile ekleme veya silme işlemleri aracılığıyla istenmeyen durumların önüne geçilmesi sağlanmaktadır.

Tasarlanan bu ürünün kullanılması sayesinde uzun süre belirli aralıklar ile tekrarlanan lakin az da olsa zaman ve enerji harcayan işlemler, kullanıcılar tarafından tekrarlanmayacak olup kullanıcının zamanını kendisine ayırmasına olanak sağlayacaktır. Kazanılan bu zaman ve enerji sayesinde kullanıcılar ihtiyaçları doğrultusunda kendi zaman ve enerjilerinden ödün vermeyecektir.

KAYNAKLAR

Al-Sarawi, S., Anbar, M., Alieyan, K. & Alzubaidi, M. (2017). *Internet of Things (IoT) communication protocols.* Paper presented at the 2017 8th International conference on information technology (ICIT).

Al Azam, M. N., Arif, I., Rizaludin, D., Ayuba, U., Haris, A. & Nugroho, A. (2019). *Wireless sensor network using wireless fidelity for environmental monitoring system.* Paper presented at the 2019 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic).

Alam, M. R., Reaz, M. B. I. & Ali, M. A. M. (2012). A review of smart homes—Past, present, and future. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, part C (applications and reviews), 42(6), 1190-1203.

Aldrich, F. K. (2003). Smart homes: past, present and future. In *Inside the smart home* (pp. 17-39): Springer.

Ardizzoni, J. (2005). A practical guide to high-speed printed-circuit-board layout. Analog Dialogue, 39(9), 1-6.

Axelson, J. (1997). The microcontroller idea book. Madison: Lakeview Research.

Bluetooth, (2006). Bluetooth. https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works adresinden erişildi.

Branon, R. F. & Essex, C. J. T. (2001). Synchronous and asynchronous communication tools in distance education. *45*(1), 36.

Brooks, D. (2003). *Signal integrity issues and printed circuit board design*: Prentice Hall Professional.

Carlton, R. M. (2004). An overview of standards in electromagnetic compatibility for integrated circuits. Microelectronics journal, 35(6), 487-495.

Cook, D. J., Crandall, A. S., Thomas, B. L. & Krishnan, N. C. J. C. (2012). CASAS: A smart home in a box. *46*(7), 62-69.

Coppola, A. (1984). Reliability engineering of electronic equipment a historical perspective. IEEE Transactions on Reliability, 33(1), 29-35.

Cortes, C. & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. Machine learning, 20(3), 273-297.

De Silva, L. C., Morikawa, C. & Petra, I. M. (2012). State of the art of smart homes. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 25(7), 1313-1321.

Eddy, S. R. (2004). What is a hidden Markov model?. Nature biotechnology, 22(10), 1315-1316.

Erkoç, H. (2003). *Bluetooth Kablosuz Haberleşme Teknolojisi Ve Kullanım Alanı Örnekleri.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Grasso, C. (1989). *Printed circuit board design concepts for the control of EMI.* Paper presented at the Proc. EMC EXPO 89.

Harper, R. (2006). *Inside the smart home*: Springer Science & Business Media.

Hassoun, M. H. (1995). *Fundamentals of artificial neural networks*: MIT press.

Hennessy, J., Jouppi, N., Przybylski, S., Rowen, C., Gross, T., Baskett, F. & Gill, J. (1982). MIPS: A microprocessor architecture. ACM SIGMICRO Newsletter, 13(4), 17-22.

Hills, G., Lau, C., Wright, A., Fuller, S., Bishop, M. D., Srimani, T., ... & Shulaker, M. M. (2019). Modern microprocessor built from complementary carbon nanotube transistors. Nature, 572(7771), 595-602.

Houses., R. C. (2014). Riverside Concept Houses. http://www.riversideconcept.com/akilli-ev-urun.php?urun=akilli-ev-nedir-nasildir/ adresinden erişildi.

Huang, Q., Chen, H. & Zhang, Q. J. I. N. (2020). Joint Design of Sensing and Communication Systems for Smart Homes. *34*(6), 191-197.

Irak, N. & Yılmaz, E. (2019). Akıllı Binalarda Konfor Faktörü ve Optimizasyonu. *International Congress on HumanComputer Interaction, Optimization and Robotic Applications*.

Kastner, M. A. (1992). The single-electron transistor. Reviews of modern physics, 64(3), 849.

Kaur, M., Kakar, S. & Mandal, D. (2011). *Electromagnetic interference.* Paper presented at the 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology.

Kavzoğlu, T. & Çölkesen, İ. (2010). Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi. Harita Dergisi, 144(7), 73-82.

Keiser, B. E. (1979). Principles of electromagnetic compatibility. Dedham.

Labs, S. (2019). BGM220P Wireless Gecko Bluetooth Module Data Sheet. https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/bgm220p-datasheet.pdf adresinden erişildi.

Laughton, M. (1997). *Artificial intelligence techniques in power systems.* Paper presented at the IEE Colloquium on Artificial Intelligence Techniques in Power Systems (Digest No: 1997/354).

Limited, B. S. M. (2010). 1.5MHz STEP-UP DC-DC CONVERTER https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AP3012.pdf adresinden erişildi.

Manandhar, S., Moran, K., Kafle, K., Tang, R., Poshyvanyk, D. & Nadkarni, A. (2020). *Towards a natural perspective of smart homes for practical security and safety analyses.* Paper presented at the 2020 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP).

McCarthy, J. (2007). What is artificial intelligence?

Mennicken, S., Vermeulen, J. & Huang, E. M. (2014). *From today's augmented houses to tomorrow's smart homes: new directions for home automation research.* Paper presented at the Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing.

Microchip. (2005). MCP73831/2. https://cdn.ozdisan.com/ETicaret_Dosya/346999_8422990.pdf adresinden erişildi.

Microsystems, L. (2013). IS31AP4991A https://www.lumissil.com/assets/pdf/core/IS31AP4991A_DS.pdf adresinden erişildi.

Miller, J. F., Thomson, P. & Fogarty, T. (1997). Designing electronic circuits using evolutionary algorithms. arithmetic circuits: A case study. Genetic algorithms and evolution strategies in engineering and computer science, 105-131.

Montrose, M. I. (2004). *EMC and the printed circuit board: design, theory, and layout made simple* (Vol. 6): John Wiley & Sons.
Ott, H. W. & Ott, H. W. (1988). *Noise reduction techniques in electronic systems* (Vol. 442): Wiley New York.
Özmen, G. A. & Birgün, S. (2011). Radyo frekansı ile tanımlama sistemi seçiminde analitik hiyerarşi prosesi uygulaması. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 5(1), 81-88.
Panasonic. (2012). NCR18650B. https://www.batteryspace.com/prod-specs/NCR18650B.pdf adresinden erişildi.
Patrick, J. (2002). Serial protocols compared. Embedded Systems Programming, 19.
Paul, C. R. (2006). *Introduction to electromagnetic compatibility* (Vol. 184): John Wiley & Sons.
Pavlidis, V. F., Savidis, I. & Friedman, E. G. (2017). *Three-dimensional integrated circuit design*: Newnes.
Quectel. (2017). Quectel M66. https://www.quectel.com/wp-content/uploads/pdfupload/Quectel_M66_GSM_Specification_V1.4.pdf adresinden erişildi.
Semiconductor, O. (2019). Low Dropout Regulator, Wide Input Voltage, Low Iq, 300 mA. https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/ncp718-d.pdf adresinden erişildi.
Stefanov, D. H., Bien, Z. & Bang, W. C. (2004). The smart house for older persons and persons with physical disabilities: structure, technology arrangements, and perspectives. IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering, 12(2), 228-250.
STest.(2020) EMI Nedir? https://stest.com.tr/emi-emc-test-laboratuvari/ adresinden erişildi.
STMicroelectronics. (2017). STM32L011x3 STM32L011x4. https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32l011f3.pdf adresinden erişildi.
STMicroelectronics. (2021). S2-LP Datasheet. https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/group3/bd/26/62/81/3d/86/4d/15/DM00339133/files/DM00339133.pdf/jcr:content/translations/en.DM00339133.pdf adresinden erişildi.
Subero, A. (2018). USART, SPI, and I2C: serial communication protocols. In *Programming PIC Microcontrollers with XC8* (pp. 209-276): Springer.
Systems, E. (2021). ESP32-WROOM-32D & ESP32-WROOM-32U. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf adresinden erişildi.
Teymourzadeh, R., Ahmed, S. A., Chan, K. W. & Hoong, M. V. (2013). *Smart GSM based home automation system.* Paper presented at the 2013 IEEE conference on systems, process & control (ICSPC).
Toklu, E. & Şentürk, A. (2020). Üstün Yetenekeli Öğrencilerin Oyun Tasarımı ve Kodlama Eğitimi Programları Hakkında Görüşleri. *Turkish Studies-Information Technologies and Applied Sciences*, *15*(1), 127-137.
Uğur, A. & Kınacı, A. C. (2006). Yapay zeka teknikleri ve yapay sinir ağları kullanılarak web sayfalarının sınıflandırılması. XI. Türkiye'de İnternet Konferansı (inet-tr'06), Ankara, 1-4.
Urresty, J. C., Riba, J. R. & Romeral, L. (2012). A back-emf based method to detect magnet failures in PMSMs. IEEE Transactions on Magnetics, 49(1), 591-598.

Van der Hoek, W. & Wooldridge, M. (2008). Multi-agent systems. Foundations of Artificial Intelligence, 3, 887-928.
Webb, G. I., Keogh, E. & Miikkulainen, R. (2010). Naïve Bayes. Encyclopedia of machine learning, 15, 713-714.
Yegnanarayana, B. (2009). *Artificial neural networks*: PHI Learning Pvt. Ltd.
Yelis, B. (2016). Veri İletimi. https://www.elektrikport.com/makale-detay/veri-iletimi-1-bolum-elektrikport-akademi/17252#ad-image-0 adresinden erişildi.
Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic. Computer, 21(4), 83-93.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:	Osman YAZICI	
Çalıştığı Kurum	:	Kale Kilit ve Kalıp Sanayi A.Ş.	(2017 -)
Eğitim Durumu	:		
Lise	:	Şişli Anadolu Teknik Lisesi	(2006 - 2010)
Lisans	:	Karabük Üniversitesi	(2010 - 2016)
Yüksek Lisans	:	Trakya Üniversitesi	(2020 -)