



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



WIFI HABERLEŞMELİ DALI UYUMLU AKILLI LED SÜRÜCÜ KONTROL CİHAZI

BÜNYAMİN SÖĞÜT

523119043

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik Elektronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Nazmi EKREN

İSTANBUL, 2022

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen, beni sürekli yönlendiren ve teşvik eden, tez hocam sayın Doç. Dr. Nazmi EKREN'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bilgi ve deneyimleri ile bana yardımcı ve destek olan eğitim hayatıma katkı sağlayan tüm Marmara Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Laboratuvar olanakları konusunda yardımlarını esirgemeyen Akım Metal A.Ş. Ar-Ge Merkezi'ne teşekkür ederim.

Hayatım boyunca sürekli yanımda olan, desteklerini hiç esirgemeyen annem Serpil SÖĞÜT, babam Şerafettin SÖĞÜT, kardeşim Esra SÖĞÜT'e saygı ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca beni her konu da cesaretlendiren, teşvik eden eşim Tuğba SÖĞÜT'e de teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2022

Bünyamin SÖĞÜT

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
KISALTMALAR	vii
ŞEKİL	x
TABLO LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatürdeki İlgili Çalışmalar	2
1.1.1 DALI'nın Kablosuz Sensör Ağları ile Bina Aydınlatma Otomasyon Entegrasyonu	2
1.1.2 DALI ve Kablosuz Sensör Ağlarına Dayalı Aydınlatma Kontrol Sistemi	4
1.1.3 Kablosuz Aydınlatma Kontrol Ağları için Performans Faktörleri Üzerine Çalışma	6
1.1.4 iBeacon ve VLC (Visible Light Communication - Görünür Işık Haberleşmesi) Özellikli Aydınlatmalar için Bluetooth Tabanlı Kablosuz Kontrol Sistemleri	7
1.1.5 Aydınlatma Kontrol Sistemi için Dijital Adreslenebilir Kablosuz Arayüz	9
1.2 Tezin Katkısı	11
2. HABERLEŞME PROTOKOLLERİ VE LİTERATÜRDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER	12
2.1 Aydınlatma Haberleşme Protokolleri	12
2.1.1 Analog 0-10 V Kontrol	12
2.1.2 DMX512	12
2.1.3 RDM	13
2.1.4 KNX	13
2.1.5 Modbus	14
2.1.6 DALI (Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arabirimi)	14
2.2 Kablosuz Haberleşme Protokolleri	18
2.2.1 Bluetooth	19
2.2.2 ZigBee	19
2.2.3 LoRa	19
2.2.4 Mobil Ağlar (GSM)	20
2.2.5 Wi-Fi	20
2.3 Kullanıcı Web Arayüzü	22
2.3.1 Web Sayfası	22
2.3.2 Web Servis	23
2.3.3 Veri Tabanı	23

3.	DONANIM, YAZILIM ÇALIŞMALARI VE OSİLOSKOP İNCELEMELERİ	25
3.1	Donanım	25
3.1.1	Ana Kontrol Ünitesi Devresi	26
3.1.2	DALI Donanım Devresi	27
3.1.3	Wi-Fi Donanım Devresi	29
3.2	Gömülü Yazılım	30
3.2.1	Genel Kod Yapısı	30
3.2.2	DALI Protokolü Yazılımı	32
3.2.3	ESP8266 Haberleşmesi	41
3.3	Web Uygulaması	48
4.	TEST VE DENEYSEL SONUÇLAR	50
4.1	Cihazın Genel Görünümü	50
4.2	Osiloskop Ölçümleri	53
4.3	Farklı Marka Sertifikalı Ürün ile Test	54
5.	SONUÇ	57
	KAYNAKLAR	58
	ÖZGEÇMİŞ	62
	YAYINLARI	63
	Bildiri	63

ÖZET

WIFI HABERLEŞMELİ DALI UYUMLU AKILLI LED SÜRÜCÜ KONTROL CİHAZI

DALI (Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü), akıllı LED sistemlerinde yaygın olarak kullanılan haberleşme türlerinden biridir. Kablolu bir haberleşme türü olan DALI genellikle büyük tesislerde kullanılmaktadır. Enerji verimliliğini sağlaması ve kullanıcı konforunu desteklemesi, bu sistemlerin tercih edilebilirliğini artırmaktadır.

Enerji tasarrufu konusunu detaylandırarak olursak, DALI LED sürücülere senaryo tanımlamaları yapılabilir, örnek olarak zamanlama ayarı yapılarak LED sürücünün belli bir zaman aralığında çalışması sağlanabilir. Böylece havanın aydınlık ve karanlık olduğu zamanlar belirlenerek otomatik aç kapat yapması sağlanabilir. Dimleme özelliği sayesinde ışık şiddetinin belli bir seviyede kalması sağlanabilir. DALI protokolü destekli sensörler kullanılarak dışarıdaki ışık seviyesine göre LED sürücünün parlaklık seviyesi ayarlanabilir.

DALI'nin insan hayatındaki konfor alanına etkisi DALI haberleşme protokolünde LED sürücülerin gruplanabilmesidir. Sadece istenilen bölgeler için aç, kapat veya dimleme yapılabilmektedir. Enerji tasarrufunda bahsettiğimiz sensörler ile dışarıdaki ışık seviyesine göre LED sürücü çıkışı ayarlanabiliyor. Bu işlemdeki ışık seviyesi artırma azaltma LED sürücünün ayarlarından lineer bir artırma veya azaltma mı olacak yoksa logaritmik mi olacak seçilebiliyor. Logaritmik artırma azaltma durumlarında ışık seviyesindeki artış ve azalış insan gözü ile algılanmayacak bir orana sahiptir, yani ışık artış veya azalışındaki geçişler gözle görülemez, bu da çalışma ortamında çalışanları rahatsız etmez, gün içindeki ışık geçişleri fark edilemez.

Bu tez çalışmasında; DALI protokolünü destekleyen kullanıcı arayüzü ile Wi-Fi haberleşmesi üzerinden kontrolü sağlanan LED sürücü kontrol cihazı tasarlanması planlanmaktadır. Geliştirilen bu sürücünün donanım kısmı; DALI donanım devresi, haberleşme birimi devresi ve işlemci destekli kontrol devresi kısımlarından oluşmaktadır. Tasarlanan akıllı LED sürücü kontrol cihazı DALI protokolünün standart gereklerini yerine getirebilir niteliktedir. Wi-Fi üzerinden gelen komut bilgilerini DALI protokolüne çevirip DALI destekli LED sürücünün kontrolünü sağlamaktadır. Kontrol cihazı akıllı telefon, laptop, tablet ve web üzerinden kontrol ve takip edilmesi sağlanacaktır. Kısacası kullanıcı arayüzünden verilen komutlar ile LED sürücünün ışığı açıp/kapatması, ışık şiddetinin arttırıp/azaltılması ve bunun gibi DALI standartlarında mevcut olan komutların kontrolü sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: DALI Protokolü, LED Sürücü, Akıllı Aydınlatma, Enerji Tasarrufu, Wi-Fi Haberleşmesi,

ABSTRACT

DALI COMPATIBLE SMART LED DRIVER CONTROLLER WITH WIFI COMMUNICATION

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) is one of the communication types commonly used in smart LED systems. DALI, which is a type of wired communication, is generally used in large facilities. DALI provides energy efficiency supports user comfort and increases the preferability of these systems.

If we detail the energy saving subject, the scenario definitions can be made for DALI LED drivers, for example, by adjusting the timing, the LED driver can be operated in a certain time interval, so that it can be determined when the weather is bright and dark, and it can be turned on and off automatically, or the light intensity can be kept at a certain level due to the dimming feature. In addition, by using DALI protocol supported sensors, the brightness level of the LED driver can be adjusted according to the outside light level.

The effects DALI on the comfort enables LED drivers to be grouped in the DALI communication protocol. In this way, only the desired areas can be switched on or off or brightness adjustment can be made. With the sensors we mentioned in energy saving context, the LED driver output can be adjusted according to the outside light level. In logarithmic increase and decrease situations, the increase and decrease in the light level has a rate that cannot be perceived by the human eye. In this way, the changes in the light level would not cause disturbance to the people in the work places.

In this thesis; the design of an LED driver controller that is controlled via Wifi communication with a user interface that supports DALI (Digital Addressable Lighting Interface) protocol for use in smart LED systems will be discussed. The hardware part of this developed driver; DALI hardware circuit consists of communication unit circuit and processor-assisted control circuit. The designed smart LED driver controller can fulfill the standard requirements of DALI protocol. It converts the command information from Wi-Fi to DALI protocol and provides control of DALI supported LED driver. The current status allows controlling and monitoring on smartphone, laptop, tablet and web. In short, with the commands given from the user interface, it provides the control of the commands available in DALI standards such as turning the light on/off, increasing/decreasing the light intensity and so on.

Keywords: DALI Protocol, LED Driver, Armature, Smart Lighting, Energy Saving, Wi-Fi Communication

KISALTMALAR

DALI	: Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü
WIFI	: Kablosuz Bağlantı Alanı
LED	: Işık Yayan Diyot
CFL	: Kompakt Floresan Ampul
DMX	: Dijital Multipleks
KNX	: Konnex
POE	: Ethernet Üzerinden Güç
Li-Fi	: Işık ile Bağlantı Alanı
RF	: Radyo Frekansı
IC	: Entegre Devre
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
WSN	: Kablosuz Sensör Ağları
PHY	: Fiziksel Katman
MAC	: Ortam Erişim Kontrolü
MCU	: Mikrodenetleyici
GUI	: Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
USB	: Evrensel Seri Veriyolu
PAN	: Kişisel Alan Ağı
WAN	: Geniş Alan Ağı
SCADA	: Merkezi Denetim ve Veri Toplama
VLC	: Görünür Işık Haberleşmesi
BLE	: Bluetooth Düşük Enerji
SoC	: Güvenlik Operasyonları Merkezi
APP	: Uygulama
DiiA	: Digital Illumination Interface Alliance
Min	: En Az
Max	: En Çok
Freq	: Frekans
DMA	: Doğrudan Bellek Erişimi
CPU	: Merkezi İşlem Birimi

SPI	: Seri Çevre Arayüzü
NI	: National Instruments
RDM	: Uzak Cihaz Yönetimi
DC	: Doğru Akım
USITT	: United States Institute for Theatre Technology
ESTA	: Entertainment Services and Technology Association
EIA	: Electronic Industries Alliance
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
I/O	: Giriş Çıkış
IEC	: International Electrotechnical Commission
PWM	: Sinyal Genişlik Modülasyonu
TRIAC	: Alternatif Akım için Triyot
IOT	: Nesnelerin İnterneti
LoRaWan	: Uzun Menzilli Geniş Alan Ağı
Wi-SUN	: Kablosuz Akıllı Hizmet Ağı
LTE	: Uzun Vadeli Evrim
GHz	: Gigahertz
MHz	: Megahertz
KHz	: Kiloherz
Mbps	: Saniyede Mega Bit
Kbps	: Saniyede Kilobit
V	: Volt
mA	: Miliamper
mm ²	: Milimetre Kare
GSM	: Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
SIM	: Abone Kimlik Modülü
LAN	: Yerel Alan Ağı
OSI	: Açık Sistem Arabağlantısı
TCP	: Geçiş Kontrol Protokolü
IP	: İnternet Protokolü
UART	: Evrensel Bir Asenkron Alıcı Verici

HTTP	: Üstmetin Transfer Protokolü
HTTPS	: Güvenli HTTP
URL	: Birörnek Kaynak Bulucu
HTML	: Hiper Metin İşaretleme Dili
CSS	: Basamaklı Stil Şablonları
REST	: Temsili Durum Transferi
SOAP	: Basit Nesne Erişim Protokolü
WSDL	: Web Servisleri Tanımlama Dili
JSON	: JavaScript Nesnesi Gösterimi
XML	: Genişletilebilir İşaretleme Dili
WWW	: Dünya Çapında Ağ
SQL	: Yapılandırılmış Sorgu Dili
SWCLK	: Yazılım Saat Sinyali
SWDIO	: Yazılım Dijital Giriş Çıkış
GPIO	: Genel Amaçlı Giriş Çıkış
TX	: Verici
RX	: Alıcı
IDE	: Tümüleşik Geliştirme Ortamı
bps	: Saniye Başına Bit
MSb	: En Önemli Bit
µs	: Mikrosaniye
ms	: Milisaniye
API	: Uygulama Programlama Arabirimi
ASCII	: Bilgi değişimi için Amerikan Standart kodu
MVC	: Model Görünümü Denetleyicisi
POST	: Açılışta Kendi Kendine Test
MSSQL	: Microsoft SQL Sunucusu

ŞEKİL

Şekil 1.1 Aydınlatma Çeşitleri	1
Şekil 1.2 Aydınlatma Protokolleri.....	2
Şekil 1.3 Örnek DALI Donanım Devresi.....	3
Şekil 1.4 Örnek Yazılım Akış Şeması.....	5
Şekil 1.5 Örnek Proje Kullanıcı Arayüzü	6
Şekil 1.6 Örnek Proje Test Düzenneği	7
Şekil 1.7 Örnek Proje Çalışma Prensipleri	8
Şekil 1.8 A - Proje Devresi, B - Test Sistemi.....	8
Şekil 1.9 Varlık Sensörü Devresi	9
Şekil 1.10 A - Step Motor Devresi, B - Fan ve LED'ler.....	10
Şekil 1.11 Örnek Proje Aydınlatma Devresi	10
Şekil 2.1 DMX512 Data Verisi	13
Şekil 2.2 EIB PDU Çerçeve Yapısı.....	13
Şekil 2.3 Genel otomasyon sistemi mimarisi	15
Şekil 2.4 DALI Blok Şeması.....	16
Şekil 2.5 DALI Elektriksel Özellikleri.....	17
Şekil 2.6 Wi-Fi Donanım ve Yazılım Blok Diyagramı.....	21
Şekil 2.7 ESP8266'nın Mikrokontroller ile Bağlantısı.....	22
Şekil 2.8 WEB Veri Haberleşme JSON Kodu	23
Şekil 2.9 Veri tabanı tabloları diyagramı	24
Şekil 3.1 Donanım Blok Diyagramı	25
Şekil 3.2 STM32F0 ve Çevre Birimi Devresi	26
Şekil 3.3 DALI Donanım Devresi.....	28
Şekil 3.4 ESP8266 Wi-Fi Donanım Devresi	29
Şekil 3.5 STM32CubeIDE Logo	30
Şekil 3.6 Genel Kod Akış Şeması	31
Şekil 3.7 DALI İletişimi.....	32
Şekil 3.8 İleri-Geri Yönde Mesaj Yapısı.....	32
Şekil 3.9 Arka Arkaya Gönderilen Mesaj Verileri Süre Gösterimi	33
Şekil 3.10 Manchester Kodlaması.....	34
Şekil 3.11 DALI Mesajı Gönderilme Akışı	34
Şekil 3.12 DALI Mesajı Gönderme Fonksiyon Yazılımı	35
Şekil 3.13 Datanın Manchester Kodlaması	36
Şekil 3.14 İşlemci Çıkışı DALI Verisi	37
Şekil 3.15 İşlemci Çıkışı DALI Verisi Bit Süresi Ölçümü	38
Şekil 3.16 DALI Donanım Çıkışı Haberleşme Verisi.....	39
Şekil 3.17 DALI Sinyali Yüksek Seviyedeki Pikleri Gözleme.....	40
Şekil 3.18 DALI Sinyali Düşük Seviyedeki Pikleri Gözleme	40
Şekil 3.19 UART Ayarlarının yapılması.....	41
Şekil 3.20 ESP8266 Modülünün Ayarlanması 1	43
Şekil 3.21 ESP8266 Modülünün Ayarlanması 2.....	44
Şekil 3.22 ESP8266 ile TCP Bağlantısı Kurarak Siteye Bağlantı Sağlanması	45
Şekil 3.23 Parlaklık Verisinin Alınması DALI Sorgusu Başlatılması	46
Şekil 3.24 ESP8266 Modülü Haberleşme Verisi	47
Şekil 3.25 ESP8266 Modülü Yakınlaştırılmış Haberleşme Verisi	48
Şekil 3.26 DALI Kontrol Ünitesi Kullanıcı Arayüzü	48
Şekil 3.27 Veri Tabanı Tablosu.....	49
Şekil 3.28 Parlaklık Verisinin Okunması	49

Şekil 4.1 WIFI Haberleşmeli DALI Uyumlu Akıllı LED Sürücü Kontrol Cihazı.....	50
Şekil 4.2 WIFI Haberleşmeli DALI Uyumlu Akıllı LED Sürücü Kontrol Cihazı Detayları...	52
Şekil 4.3 İşlemci Çıkışı DALI Mesajı	53
Şekil 4.4 DALI Donanım Devresi Çıkışı Hatta Gönderilen DALI Mesajı	54
Şekil 4.5 Deney Düzeneği.....	55



TABLO LİSTESİ




Tablo 2.1 Hat uzunluğu kablo kalınlıkları	16
Tablo 2.2 LED Aydınlatma Sitemlerinde Parlaklık Ayarlama Karşılaştırması	18
Tablo 2.3 Kablosuz Haberleşme Protokolleri Teknik Tablosu	19
Tablo 3.1 Adres Tipleri	33
Tablo 3.2 AT Komut Listesi	42



1. GİRİŞ

Enerji tasarrufu, enerji ve enerji kaynaklarının verimli olarak kullanılması amacıyla, kullanan kişiler tarafından alınan önlemler ve sonucunda harcanan enerji miktarının azalmasıdır. Enerji verimliliği ise yeni teknolojiler kullanarak kaliteyi ve performansı düşürmeden, kaliteli yaşam koşullarının sağlanması ile enerji tasarrufu yapılmasıdır.

Sınırlı enerjiyi daha kaliteli kullanmak ve işletmelere daha ekonomik bir yapı sağlamak için enerji verimliliği artırılmalıdır. Enerjiyi verimli kullanabilmek için ve bu noktada tasarrufu sağlamak için enerjiyi her yönüyle analiz edip kontrol etmek gerekmektedir. Şekil 1.1'de görüldüğü gibi LED (Light Emitting Diode - Işık Yayan Diyot) lambalar, ampullere kıyasla bir hayli az enerji tüketmektedir. Çünkü LED lambalar %90 daha az enerji harcayıp, daha fazla ışık üretmektedirler. Bu sayede enerji tasarrufu elde edilmesine yardımcı olmaktadır [1].

	En Az Verimli	→		En Çok Verimli
	Ampul 	Halojen 	CFL Lamba 	LED 
450 Lümen	30W	29W	9W	7W
800 Lümen	60W	43W	14W	10W

Şekil 1.1 Aydınlatma Çeşitleri

Enerji verimliliği ve enerjinin tasarruflu kullanımı konusunda birçok otomasyon ve akıllı teknoloji çözümleri kullanılmaktadır. Aydınlatma sistemlerinin tasarruflu ve kalitesini arttıran konforlu kullanımı için akıllı hale gelmesi tercih edilmektedir. Şekil 1.2'de kullanılan protokollere ait bir tablo mevcuttur. Akıllı aydınlatma sistemlerinin geliştirilmesi için en efektif çözüm; evrensel protokoller kullanılmasıdır. Bu protokollerden biri de DALI'dir (Digital Addressable Lighting Interface-Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arabirimi).

AYDINLATMA PROTOKOLLERİ	
Kablolu	Kablosuz
DALI Digital Adressable Lighting Interface	Wi-Fi
DMX Digital Multiplex	ZigBee
KNX <i>Konnex</i>	Bluetooth LE
0-10V Analog	Li-Fi
POE Power Over Ethernet	RF

Şekil 1.2 Aydınlatma Protokolleri

DALI protokolü destekleyen LED sürücülerini kontrol etmek için her haberleşme protokolünün gereksinimi olan efendi (master) bir kontrolcüye ihtiyaç vardır [2]. Bu tezde gerçekleştirilen bu kontrolcünün tasarımından bahsedilecektir. Kontrolcüler kullanıcının istediği durumları köle (slave) lere aktarmaya yarar. Kontrolcülere komutlar genellikle bir kullanıcı arayüzü üzerinden gönderilir. Kontrolcülere kullanıcı arayüzü üzerinden komut gönderilebilmesi için bilgisayar ile kontrolcü arasında bir haberleşmeye ihtiyaç vardır. Bu haberleşme kablolu veya kablosuz olmak üzere 2 grupta ayrılır. Tezde kullanıcı arayüzü ile kontrolcü arasındaki haberleşme kablosuz olarak Wi-Fi (Wireless Fidelity - Kablosuz Bağlantı Alanı) haberleşmesi kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

1.1 Literatürdeki İlgili Çalışmalar

1.1.1 DALI'nın Kablosuz Sensör Ağları ile Bina Aydınlatma Otomasyon Entegrasyonu

Literatürdeki bu çalışma DALI cihazlarının kablosuz sensör ağlarına entegrasyonuna odaklanmaktadır. Farklı üreticiler genellikle bina otomasyonunun bir yönü ile ilgilendiğinden-ör. ısıtma havalandırma ve iklimlendirme, aydınlatma kontrolü, farklı alarm türleri vb. – son kullanıcıya sunulan bina otomasyon sistemi, entegre bir bina yönetim sistemine ve farklı alt haberleşme sistemlerine sahiptir. Ek donanım yatırımı nedeniyle bu işlemin maliyeti dolayısıyla artar. Temel amaç, son tüketiciye, otomasyon sistemlerinin IEEE 802.15.4 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) tabanlı kablosuz sensör ağı tarafından yönetildiği ekonomik, tam merkezi bir sistem sağlamaktır [3].

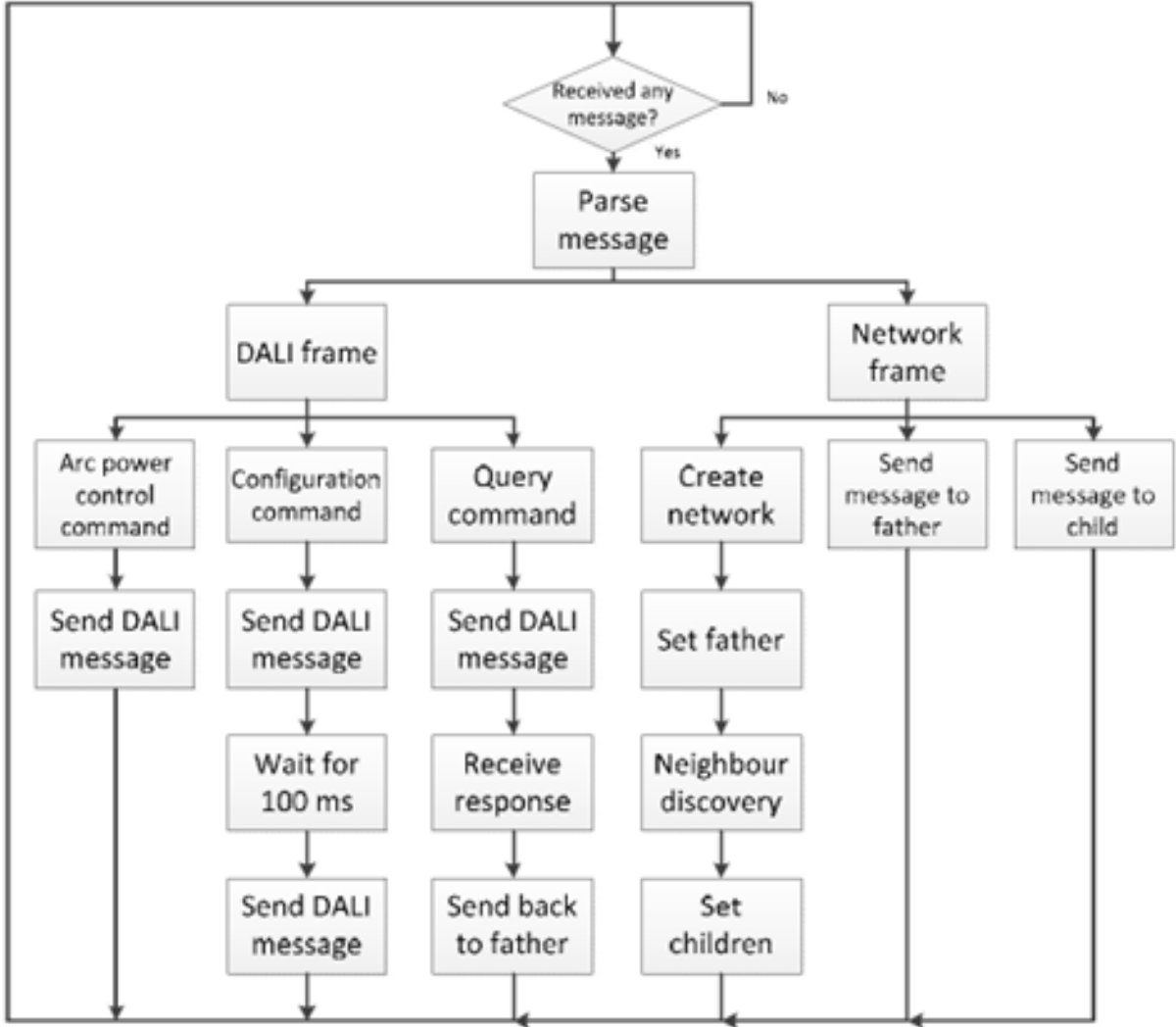
Bu çalışmanın yaklaşımı, IEEE 802.15.4 tabanlı bir WSN kullanarak bir DALI ana denetleyicinin uygulanmasından oluşur. WSN'yi oluşturan düğümlerde bir MCU (Microcontroller Unit - Mikrodenetleyici) ve IEEE 802.15.4 uyumlu alıcı-verici bulunmaktadır [3].

Kablosuz sensör ağını test etmek ve aydınlatmayı kontrol etmek için bir GUI (Graphical User Interface - Grafiksel Kullanıcı Arayüzü) uygulamışlardır. GUI, USB (Universal Serial Bus - Evrensel Seri Veriyolu) aracılığıyla takıldığı ana bilgisayara kurulur. Kullanıcı bu GUI'yi kullanarak PAN (Personal Area Network - Kişisel Alan Ağı) koordinatörüne komut gönderebilir; kullanıcının lambaları açıp kapatmasına, karartma seviyesi, lamba durumu, kontrol tertibatı veya lamba arızaları vb. gibi bazı lamba parametrelerini karartmasına ve kontrol etmesine olanak tanımaktadır [3].

1.1.2 DALI ve Kablosuz Sensör Ağlarına Dayalı Aydınlatma Kontrol Sistemi

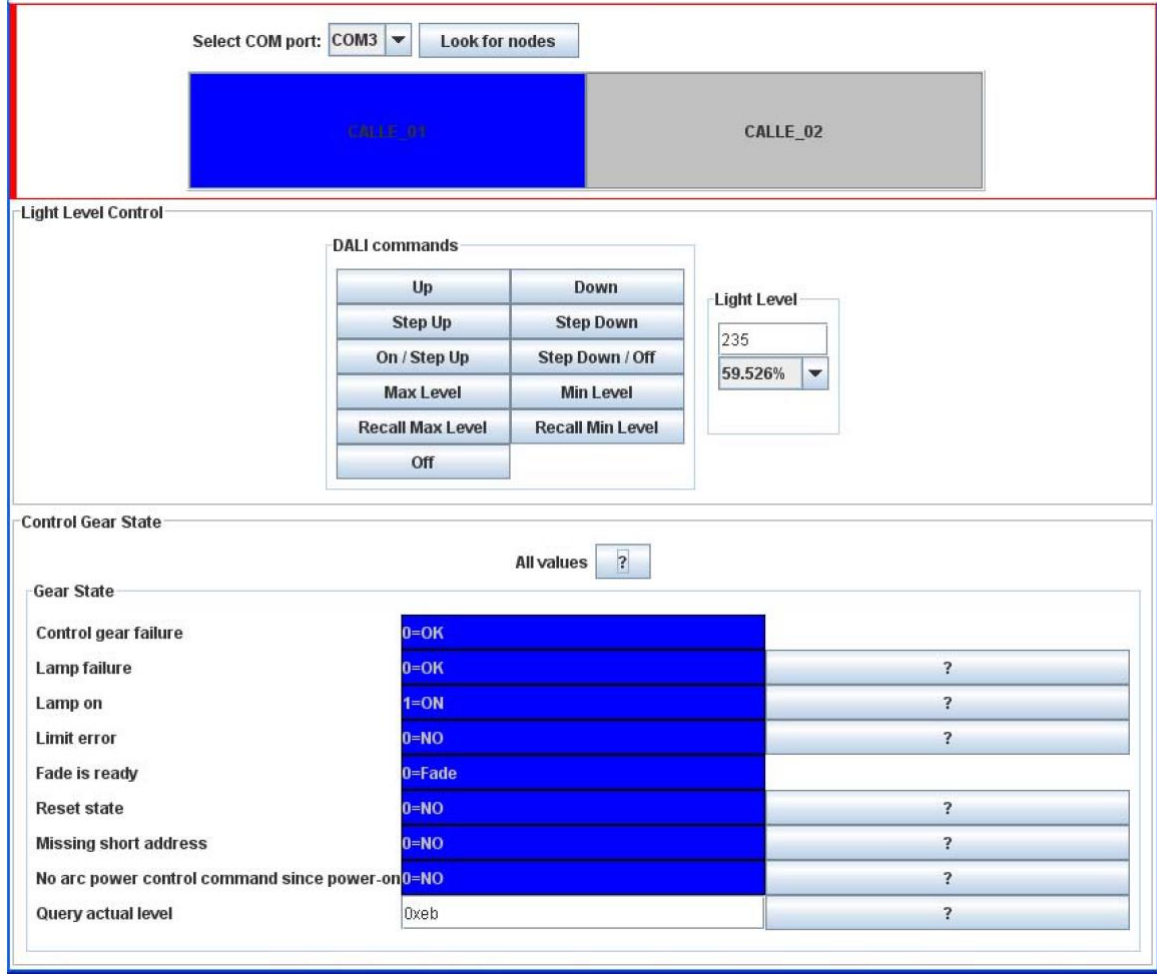
Akıllı şebeke terimi, birbirine bağlı elemanlarının çalışmasını uçtan uca izleyen, koruyan ve optimize eden tamamen modernize edilmiş bir elektrik dağıtım sistemini ifade eder. Akıllı şebekenin, Elektrik Güç Sisteminin tüm alanlarını, üretimleri, dağıtımları, nihai tüketicileri, vatandaşları, elektrikli araçları, sokak aydınlatma hizmetlerini ve diğer ev cihazlarını etkilemesi bekleniyor. Mevcut eski sokak aydınlatmalarını yenilemek ve enerji tüketiminden tasarruf etmek için büyük bir potansiyel sağlamaktadır [7].

Literatürdeki bu çalışmada, sokak aydınlatması için yeni bir uzaktan yönetim sistemi sunulmaktadır. Yönetim sistemi, bir kablosuz iletişim sistemi ve bir aydınlatma kontrol protokolü kullanılarak uygulanır. Aydınlatma kontrol protokolü ve iletişim sistemi ile ilgili bazı hususlar tartışılmıştır. Kablosuz sensör ağları ve DALI balastlarından yararlanarak bir sokak aydınlatma yönetim sistemi geliştirmeye odaklanmakta ve çeşitli testlerden elde edilen deneysel sonuçlar sunulmaktadır [6].



Şekil 1.4 Örnek Yazılım Akış Şeması [6]

Ağı test etmek ve sonuçları elde etmek için JAVA tabanlı bir SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - Merkezi Denetim ve Veri Toplama) arayüzü uygulanmıştır. Kullanıcı, bu arabirimi kullanarak PAN kontrolüne, PAN kontrolü ise komutu seçilen düğüme göndermektedir.



Şekil 1.5 Örnek Proje Kullanıcı Arayüzü [6]

1.1.3 Kablosuz Aydınlatma Kontrol Ağları için Performans Faktörleri Üzerine Çalışma

Modern aydınlatma kontrol sistemi, LED aydınlatmanın gelişmesinden ve İnternet'in evrenselleştirilmesinden bu yana radikal bir değişimin habercisidir. Gelişmiş bir aydınlatma sistemi, internet üzerinden zaman ve mekan kısıtlaması olmaksızın her an her yerde kontrol edilmeye başlanır ve ortam ışığı ortamına bağlı olarak otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Ayrıca aydınlatma kontrolleri, odayı tek ünite olarak aydınlatmaya başlar ve bireysel aydınlatma kontrolü için açıklanan kablolu iletişim teknolojileri yerine kablosuz iletişim protokolleri kullanılmaya başlanmıştır. Literatürdeki bu çalışmada, kablosuz teknoloji kullanan aydınlatma kontrol sistemi ve kablosuz iletişim teknolojisinin ad hoc modu ya da diğer bir deyişle altyapı modu uygulanarak, göz önünde bulundurulması gereken aydınlatma unsurları özetlenmektedir [8].



Şekil 1.6 Örnek Proje Test Düzeneği [8]

Kablosuz aydınlatma kontrol ağı için performans faktörleri üzerinde çalışılmaktadır. Gecikme, paket kaybı ve düğüm sayısı gibi bazı faktörler geleneksel kablosuz iletişim ağı kadar önemlidir. Ancak güç tasarrufu ve hareketlilik diğerleri kadar önemli değildir. Literatürdeki bu çalışma için haberleşme sisteminin iyileştirilmesi gibi sorunlar hala çözülmesi gereken bir zorluk olmaya devam etmektedir [8].

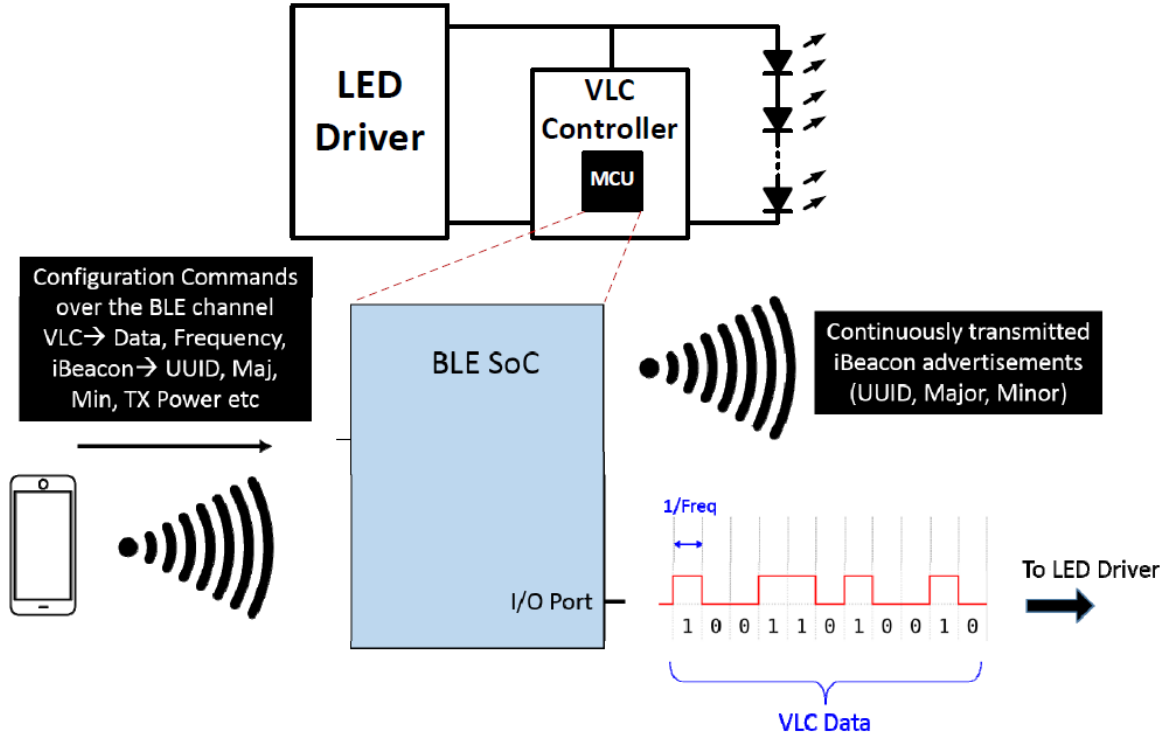
1.1.4 iBeacon ve VLC (Visible Light Communication - Görünür Işık Haberleşmesi) Özellikli Aydınlatmalar için Bluetooth Tabanlı Kablosuz Kontrol Sistemleri

Literatürdeki bu çalışma, görünür ışık iletişimi (VLC) için kablosuz kontrol sistemi tasarımı sunulmaktadır. iBeacon'u desteklemek için BLE (Bluetooth Low Energy - Bluetooth Düşük Enerji) SoC (Security Operations Center - Güvenlik Operasyonları Merkezi) ile donatılmıştır. VLC verileri akıllı telefon ile kolayca yapılandırılabilir [9].

iBeacon'un altında yatan iletişim teknolojisi BLE'dir. Sadece küçük veri bitlerine sahip bir sinyali, tipik olarak benzersiz bir şekilde iletir. Bu sayede, mobil APP'lerin (Application - Uygulama) mesajlar arasında ayırım yapmasına ve gerektiğinde bir eylem gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır [10].

Görünür ışık haberleşmesi (VLC) teknolojisi, yüksek hızlı iletişimi sağlamak için ışık yayan diyotları (LED) bir ortam olarak kullanır. Mesaj bilgisi, LED ışığının yoğunluğunu modüle ederek ikili veri biçiminde iletilir. Son derece etkili konum tabanlı teknolojilerin yeni bir türü olarak, şu anda büyük ilgi görmektedir [11].

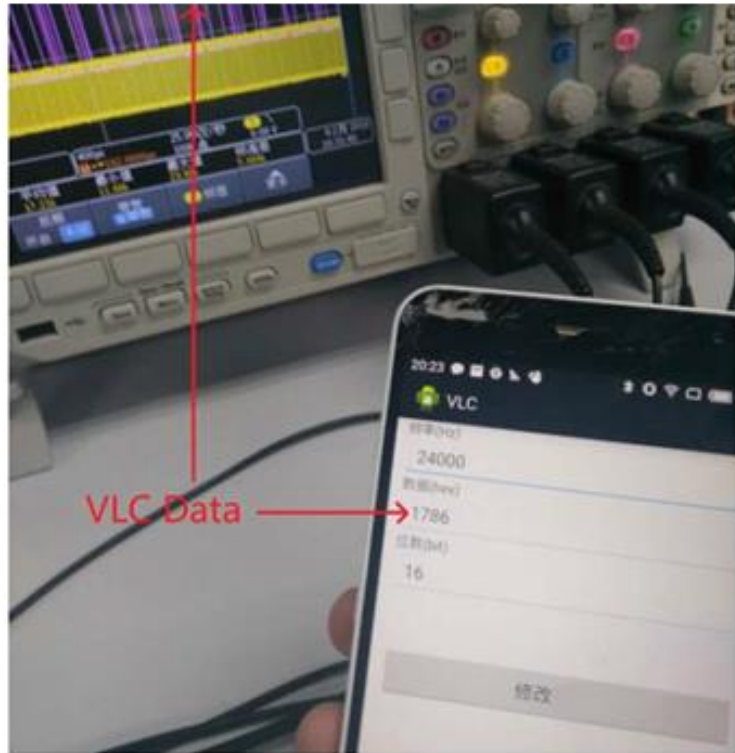
Bu iki işlevi Bluetooth SoC'ye dayalı tek bir sistemde entegre edilmiştir. Bu kompakt sistem, mekanların içinde doğru konum ve sistem parametrelerinde esnek konfigürasyon sağlamaktadır [9].



Şekil 1.7 Örnek Proje Çalışma Prensibi [9]



A



B

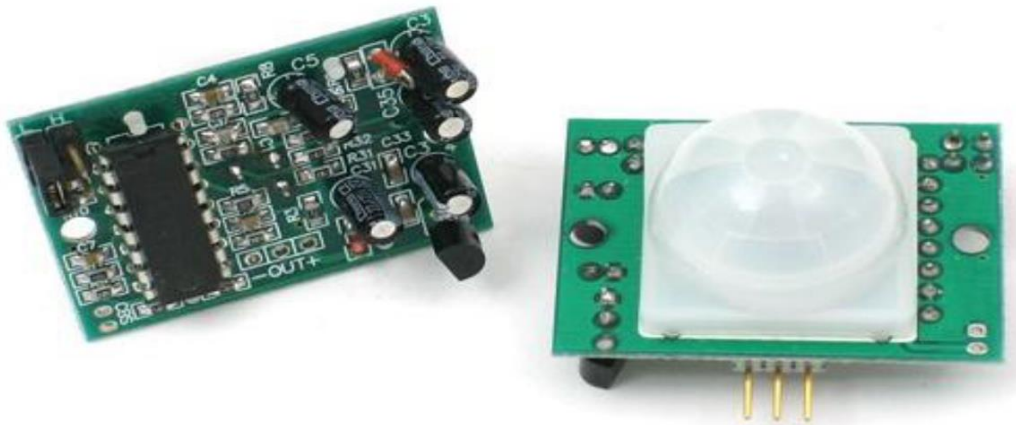
Şekil 1.8 A - Proje Devresi, B - Test Sistemi [9]

iBeacon ve VLC için Bluetooth tabanlı bir kablosuz kontrol sistemi sunulmaktadır, iBeacon ayarı ve VLC ayarı, APP'ler aracılığıyla kolayca yapılandırılabilir. DMA (Direct Memory Access - Doğrudan Bellek Erişimi) işlevli SPI (Serial Peripheral Interface - Seri Çevre Arayüzü) çevre birimi, zorlu uygulama ve iletişim görevlerini aynı anda halletmek için min (Minimum - En Az) CPU (Central Process Unit - Merkezi İşlem Birimi) müdahalesi ile VLC kontrol sinyali oluşturmak için kullanılır. Bu tür kompakt sistem, konum doğruluğunu artırmaya ve maliyeti düşürmeye yardımcı olmaktadır [9].

1.1.5 Aydınlatma Kontrol Sistemi için Dijital Adreslenebilir Kablosuz Arayüz

DALI, tamamen açık bir standartta artan enerji tasarrufu, daha kolay kurulum, bakım, maksimum kontrol ve güçlendirme esnekliği sağlayan akıllı bir aydınlatma yönetim sistemi anlamına gelen bir konsepttir. DALI tek bir ürün değildir. Farklı üreticilerin (balastlar, kontrol sistemleri, sensörler, kontrolörler, anahtarlar, vb.) DALI uyumlu bileşenlerinin eksiksiz sistemlere sorunsuz bir şekilde karıştırılmasına ve eşleştirilmesine izin veren endüstri standardı bir protokoldür [12].

Kablosuz teknoloji, bina sistemleri için umut verici bir kablolu ve iletişim alternatifi olarak tanımlanmıştır. Düşük maliyet ve karmaşıklığın yanı sıra kablolu sistemlerde artan esneklik, kablosuz özellikli sistemlerin kablolu muadillerine göre başlıca avantajlarıdır. Master (efendi) CC2531 USB Dongle'a bir foto sensör, sıcaklık sensörü ve doluluk sensörü arabirimi kurulmuştur. Bu sensör girişlerini kullanarak iki bağımlı mikro denetleyiciye (CC2531 USB Dongles) kontrol sinyalleri göndererek iki farklı bölgedeki balastın ZigBee iletişimini kullanarak kontrol etmesini sağlamaktadır [12].



Şekil 1.9 Varlık Sensörü Devresi [12]



A



B

Şekil 1.10 A - Step Motor Devresi, B - Fan ve LED'ler [12]



Şekil 1.11 Örnek Proje Aydınlatma Devresi [12]

CC2531, aydınlatma kontrol uygulaması ZigBee haberleşmesi ile çalışmak için mevcut en iyi mikro denetleyicilerden biridir. Sensörlerden veri alımı tatmin edici bir şekilde yapılmıştır. Ancak aktüatör devresine giden sinyali kontrol etmek biraz daha mükemmellik gerektirir. Literatürdeki bu çalışma, bir meteoroloji istasyonunun izlenmesi ve kontrolüne kadar genişletilebilmektedir [12].

1.2 Tezin Katkısı

Araştırmalar sonucu, literatürde bulunan bazı çalışmalar bölüm 1.1'deki sunulmuştur. Bu çalışmalar incelendiğinde genellikle otomasyon sistemlerine yönelik birden fazla sensörün kablosuz haberleşme protokolleri ile uzaktan yönetilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, DALI haberleşme protokolünün uzaktan kontrollünü sağlayan müşteriye sunulacak son ürün amaçlanmıştır. Çalışma çıktısı son ürün olup DALI haberleşme protokolünü destekleyen LED sürücülerin uzaktan kontrol edilmesi planlanmıştır. Wi-Fi destekli DALI protokollü kontrol cihazı yapılmıştır. Bu cihaz sayesinde hatta bulunan 64 adet DALI destekli LED sürücünün bu çalışmanın çıktısı olan DALI kontrol cihazına bağlantısı yapıp kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Bu kontroller ile DALI destekli LED sürücülerin bulunduğu ortamda DALI hattı bağlantısı yapıp cihazın herhangi bir Wi-Fi hattına bağlanması ile uzaktan kontrol edilmesi mümkündür.

Çalışmada, son çıktı donanım ve yazılım tasarımı yapılmış bir üründür, bu ürünün test edilebilmesi için basit yapıda bir WEB sayfası tasarlanmıştır. Bu WEB sayfasına, bilgisayar, tablet, cep telefonu v.b. gibi internet ve internet tarayıcısı olan herhangi bir platform üzerinden erişilmesi ve istenilen her yerden aydınlatma kontrolünün yapılması mümkündür. WEB sayfası istelere göre daha da geliştirilebilir.

2. HABERLEŞME PROTOKOLLERİ VE LİTERATÜRDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Bu bölümde, yapılan tez projesinin daha iyi anlaşılabilmesi için bilgiler sunulmuştur. İlk olarak Bölüm 2.1’de aydınlatma haberleşme protokolleri ve DALI protokolü teknik bilgileri genel hatları ile ele alınmaktadır. Bölüm 2.2’de kablosuz haberleşme modülleri ve bu projede de kullanılan Wi-Fi modülü hakkında bilgiler verilecektir. Bölüm 2.3’te kullanıcı arayüzü hakkında bilgiler verilecektir.

2.1 Aydınlatma Haberleşme Protokolleri

Modern aydınlatma sistemi, kontroller cihazlarından bağımsız olarak düşünülmediğinden, ışık ortamının parametrelerinin minimum enerji maliyetleriyle sağlanmasına olanak tanımaktadır.

Işık akımını kontrol etmek için çeşitli çözümler kullanılabilir: Analog 0-10V kontrolü, DMX512 (Digital Multiplex - Dijital Multipleks) protokolü, RDM protokolü (Remote Device Management - Uzak Cihaz Yönetimi), KNX (Konnex) protokolü, Modbus ve en yaygın olanlardan biri DALI protokolüdür [13].

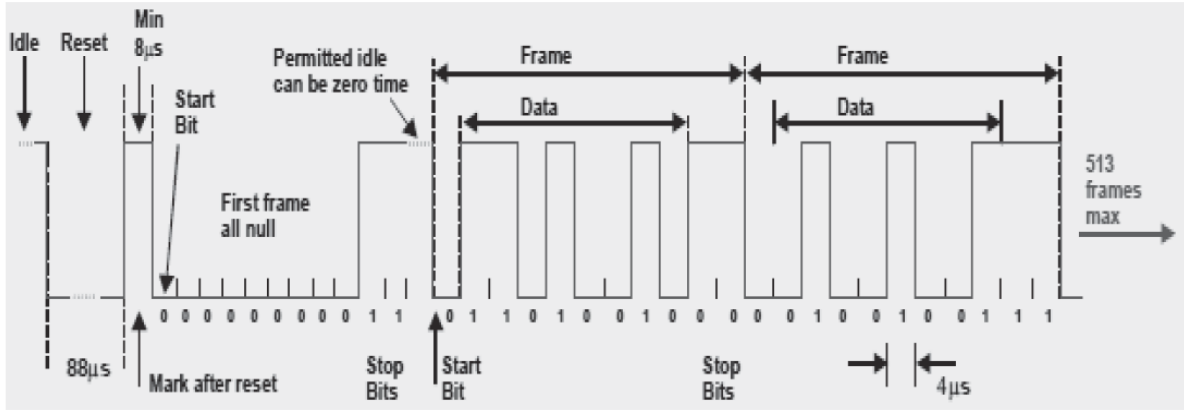
2.1.1 Analog 0-10 V Kontrol

0-10 V standardı, bir akım kaynağından analog kontrol ile voltajı kullanarak LED sürücülerini kontrol etmenin bir yöntemidir [14]. Nominal voltaj kontrol aralığı, pozitif 0-10 voltur. 0-10 volt akım kaynağı aydınlatma kontrol ekipmanı, yani kontrolörler ve dimmerler için kullanılmaktadır [15].

0-10 V aydınlatma kontrolü, en eski ve en basit elektronik aydınlatma kontrol sinyalizasyon sistemlerinden biridir [16]. Basitçe anlatmak gerekirse, kontrol sinyali 0-10 volt arasında değişen bir DC (Direct Current - Doğru Akım) voltajıdır. Kontroller, 10 V' çıkış verdiğinde, aydınlatma sistemi LED çıkışı %100 ve 0 V'de verdiğinde ise %0 olacak şekilde ölçeklenmektedir [17].

2.1.2 DMX512

DMX512 protokolü USITT/ESTA (United States Institute for Theatre Technology / Entertainment Services and Technology Association) komitesinin ürünü ve yarı çift yönlü veri aktarım yöntemine sahip olan bir protokolüdür. Bu DMX512'nin veri iletimi için fiziksel ortam, EIA-485 (Electronic Industries Alliance) standardına uygun ve bir veya iki düşük kapasitansa sahip bükümlü çiftten oluşan, örgülü ve ekranlı bir kablodur. Standarda göre, bir DMX512 hattına 32 adede kadar cihaz dahil edilebilir ve iletişim hattının kendisi 1 km uzunluğa kadar olabilmektedir [18].



Şekil 2.1 DMX512 Data Verisi

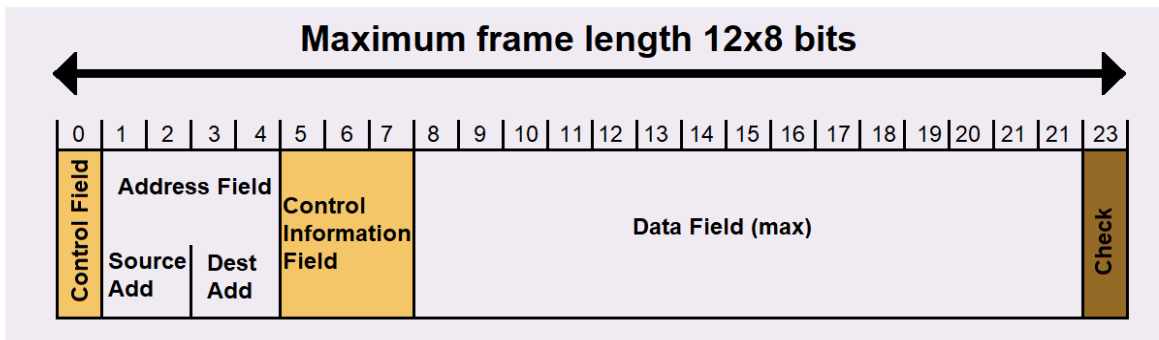
Mesaj yapısı Şekil 2.1'de gösterildiği gibidir. Veriler, tüm dimmerleri veya diğer cihazları güncelleyen paketler halinde gönderilir. Verilerin seçimi adres anahtarları ile yapılır. DMX512'de bireysel veri çerçeveleri herhangi bir tanımlama taşımaz. Kimlikleri pakette görüldükleri sıraya göre belirlenir, bu nedenle başlangıç çerçevesinden sonraki ilk kare Dimmer 1 için, ikincisi Dimmer 2 için vb. verilerdir [14].

2.1.3 RDM

RDM de ESTA derneği tarafından geliştirildi, ancak DMX512'den farklı olarak tam çift yönlü bir veri iletimi yöntemine sahiptir. RDM protokolü, cihazları dinamik olarak yapılandırmanıza ve sistemi önceden mevcut olmayan DMX protokolleriyle [18] yönetmenize olanak tanımaktadır.

2.1.4 KNX

KNX bugün en yaygın olan protokollerden biridir. KNX, yüksek derecede güvenilirlik, neredeyse sınırsız genişletilebilirlik, yüksek veri aktarım hızı ile karakterizedir. Fiziksel iletim ortamı olarak mevcut bir ethernet ağı kullanılabilir. Standardın sistemle birlikte E- ve Smodları olarak adlandırılan iki çalışma modu sağlaması nedeniyle, KNX sisteminin konfigürasyonu ve programlanması çeşitli niteliklere ve uzmanlıklara sahip personel tarafından gerçekleştirilebilir [18].



Şekil 2.2 EIB PDU Çerçeve Yapısı

2.1.5 Modbus

Modbus protokolü, 1979 yılında Modicon tarafından geliştirildi [19]. Modbus, çoğunlukla endüstrilerde uygulanan temel bir haberleşme protokolüdür. Evrensel, açık ve kullanımı kolay bir protokoldür [19]. PLC (Programmable Logic Controllers - Programlanabilir Mantıksal Denetleyici), I/O (Input Output - Giriş Çıkış) cihazları ve enstrümanları gibi yeni endüstriyel ürünler Ethernet, seri ve hatta belki kablosuz arayüze sahip olabilir, ancak Modbus hala tercih edilen protokoldür.

Modbus protokolünün ana avantajı, bükümlü çift teller ile kablosuz, fiber optik, ethernet vb. dahil olmak üzere her türlü iletişim ortamında çalışmasıdır [20].

2.1.6 DALI (Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arabirimi)

DALI, IEC 62386 (International Electrotechnical Commission) teknik standardına uygun ve aydınlatma sistemleri için geliştirilmiş bir iletişim protokolüdür. DALI protokolü ile çalışan cihazlar kablolu bir şekilde DALI hattı üzerinden birbirine mesaj gönderirler [21]. Master cihaz ve sürücü(slave) arasında iletişim için DALI protokolü kullanılır. DALI Uyumlu LED sürücü; DALI sistemlerine uygun, yüksek verim ve aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ülkemizin bu alanda bir çözümün eksik olması bu projenin önemli bir amacı olmuştur.

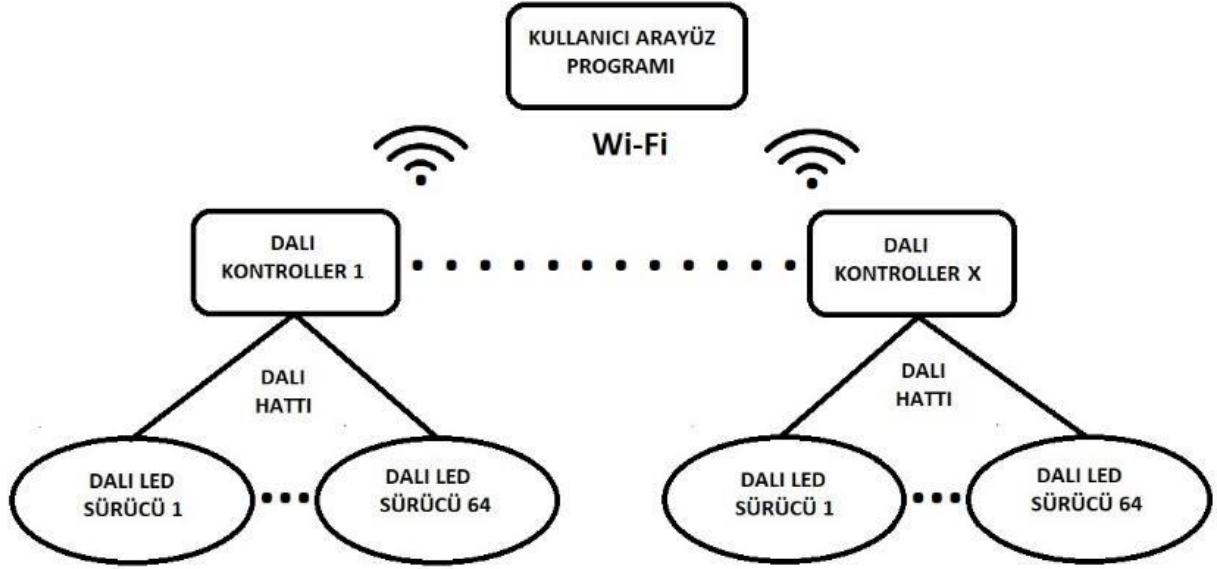
2.1.6.1 DALI Protokol Tanımı

Basit bir DALI haberleşme sisteminde en az bir kontroller, en az bir adet DALI destekli LED sürücü ve bir adet DALI hattını beslemek için güç kaynağından oluşmaktadır. Master; DALI hattındaki tüm aydınlatma ekipmanlarını tek tek veya gruplar halinde komut gönderip kontrol edebilir [21].

Bu tezde kontrol cihazına komutlar bir kullanıcı arayüzü üzerinden gönderilecektir. Ancak illa DALI sistemlerinde kontroller bir kullanıcı arayüzü olmak zorunda değildir. Diğer kontroller türlerine örnek olarak, duvar anahtarları ve algılayıcılar (sensörler) da birer kontroller ekipmanı olabilir [21]. Örnek verecek olursak ortamın aydınlatma seviyesine göre sensöre düşen ışığın şiddeti ölçülür DALI hattına bağlı sensör direkt komut gönderir, sensör köle durumdaki bir aydınlatma cihazı ya da bir grubu kontrol edebilmektedir.

DALI LED sürücü cihazlarının adres bilgileri, gruplama bilgileri yine DALI hattı üzerinden LED sürücülere gelecek komutlar ile yapılmaktadır. DALI haberleşme sisteminde her bir aydınlatma cihazının 0 ile 63 arasında bir adresi vardır. Yani bir DALI kontroller cihazı en fazla 64 sürücü cihazı kontrol edebilmektedir [22]. Daha fazla LED sürücü kullanılması durumunda her 64 grup için bir kontroller kullanılmalı ve bunların kontrolleri ayrı yapılmalıdır.

Şekil 2.3'te genel otomasyon sistemi yapısına bakılacak olunursa DALI kontrol cihazı ile aydınlatma ekipmanı arasında DALI haberleşmesi kullanılırken, DALI kontroller cihaz ile kullanıcı arayüz yazılımı arasında Wi-Fi haberleşmesi seçilmiştir. Kontroller cihazına bağlı olarak Wi-Fi yerine farklı bir yöntemler de seçilebilmektedir [22].



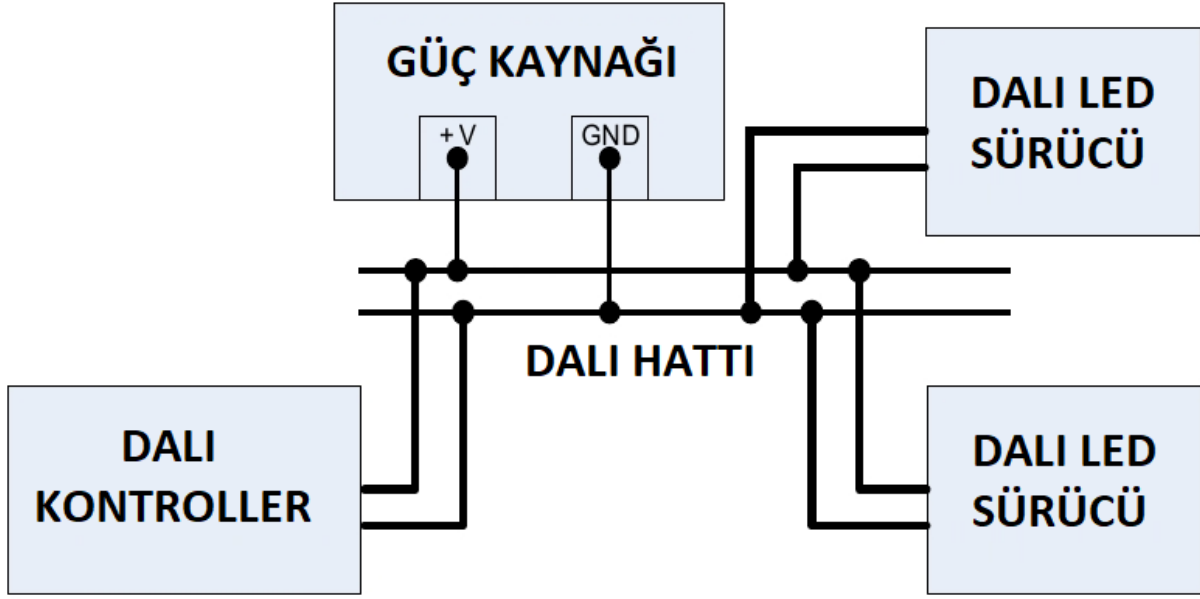
Şekil 2.3 Genel otomasyon sistemi mimarisi

2.1.6.2 Elektriksel Özellikler

DALI kontrol cihazı ile DALI sürücüler arasında çift kablolu bir bağlantı vardır. DALI devresinin girişinde koruma amaçlı köprü diyot kullanılmaktadır. Bunun amacı saha ortamında montaj yapan ekibin bağlantıları ters yapmasına karşın alınmış bir önlemdir. Bu köprü diyottan dolayı herhangi bir polarizasyon kısıtlaması yoktur ve data haberleşmesini sağlayan kablo için pozitif veya negatif yön durumu söz konusu değildir [23].

DALI haberleşme sisteminde hat beslemesi cihazlardan değil ayrı bir güç kaynağı donanımından sağlanmaktadır. Güç kaynağı hatta 16 V ile 22,5 V arası potansiyel fark oluşturmaktadır. 16 Volt 'un altında bir değer okunursa haberleşme hattında bir problem olduğu anlaşılmaktadır [24].

9,5 V'un üzerindeki bir sinyal işareti (üst sınır 22,5 V'dur) yüksek bir seviyeli bir işarettir ve 6,5 V'tan küçük bir sinyal işareti ise (alt sınır -6.5 V'dur) düşük bir seviyeli bir işarettir. Ana kontroller ünitesi, DALI protokolüne göre seviyeyi yüksek veya düşük olarak ayarlayarak DALI destekli LED sürücüler ile iletişim kurar [23].



Şekil 2.4 DALI Blok Şeması [21]

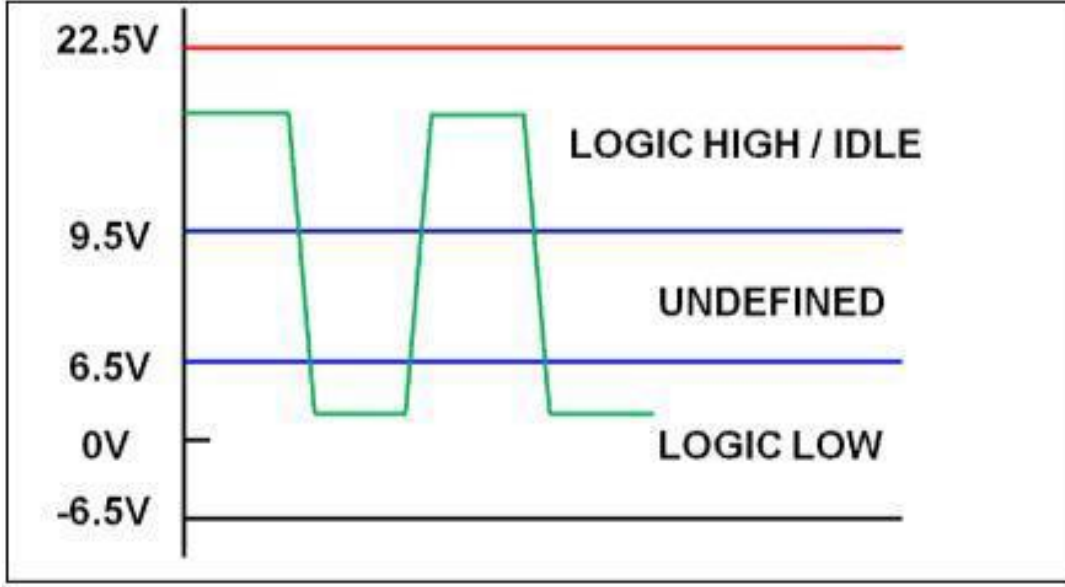
DALI haberleşmesi yapılırken lojik 1 ve lojik 0 değerleri kullanılır. DALI cihazları haberleşme hattını beslemediğinden dolayı hattaki gerilim seviyesini lojik 0'a çekebilmek için; DALI hattı kısa devre edilmelidir. Fakat haberleşme için yapılacak anahtarlama esnasında kısa devre yapılması DALI donanımına zarar vereceği için DALI standartları gereği, güç kaynağı maksimum 250 mA akıma izin vermelidir.

DALI haberleşme sisteminde tüm aydınlatma donanımları aynı haberleşme hattı üzerinden iletişime geçmektedir. Kullanılan kablo hattının uzunluğu maksimum 300 metre olmalıdır. Hat uzunluğuna göre kablo kalınlıkları Tablo 2.1'de gösterilmiştir. [24]

Tablo 2.1 Hat uzunluğu kablo kalınlıkları

Hat Uzunluğu	Kablo Kalınlığı
0-100 metre	0,5 mm ²
100-150 metre	0,75 mm ²
150-300 metre	1,5 mm ²

DALI standartlarına göre haberleşme sisteminde bulunan DALI cihazlarının her biri maksimum 2 mA akım harcayacak şekilde tasarlanmalıdır. Hat için kullanılan kablo 600 V izole olmalıdır. Haberleşme de ikili sayı sistemi (0-1) ile sağlanmaktadır, yani mantık seviyeleri önemlidir. DALI'de kullanılan mantık değer grafiği Şekil 2.5'te verilmiştir [25].



Şekil 2.5 DALI Elektriksel Özellikleri [25]

2.1.6.3 DALI Protokolünün Avantajları

Kullanıcılar, DALI destekli LED sürücülerini aydınlatma sistemlerine kurarken aşağıdaki avantajlara sahiptir [23]:

- Kontrol hatlarının kablolanmasının basit olması,
- Bireysel birimler veya gruplar halinde kontrolün mümkün olması,
- Yayın adresleme ile her an tüm ünitelerin eş zamanlı kontrolünün sağlanabilmesi,
- Basit veri yapısı nedeniyle veri iletişimde herhangi bir parazit beklenmemesi,
- Kontrol cihazı durum mesajlarına sahip olması,
- Kontrol cihazlarının otomatik sorgu yapması,
- "Yanıp sönen" lambalar aracılığıyla basit grup oluşturması,
- Bir sahne seçerken tüm birimlerin otomatik ve aynı anda karartılması,
- Göz hassasiyetine uygun logaritmik karartma sağlayabilmesi,
- Lambaların çalışma toleranslarının varsayılan değerler olarak saklanabilmesi,
- Karartma hızının ayarlanması,
- Ünite tipinin tanımlanması,
- Acil durum aydınlatması için seçenekler olması,
- Şebeke gerilimi için harici röleyi açmaya/kapamaya gerek olmaması,
- 0 – 10 V sistemlere kıyasla daha düşük sistem maliyeti ve daha fazla işlevi olmasıdır.

LED aydınlatma sistemlerinde parlaklık ayarlama yöntemi olarak en çok kullanılan TRIAC (Triode for Alternating Current - Alternatif Akım için Triyot), 0 – 10 V, PWM (Pulse Width Modulation - Sinyal Genişlik Modülasyonu) ve DALI, Tablo 2.2'de gösterildiği gibi kendilerine göre avantajları, dezavantajları ve uygulanabilir olduğu yerler vardır. Bunlar arasında DALI, aydınlatma kontrolü için özel olarak tasarlanmış uluslararası standart bir iletişim protokolüdür [26].

Tablo 2.2 LED Aydınlatma Sistemlerinde Parlaklık Ayarlama Karşılaştırması

	Avantaj	Dezavantaj
TRIAC	Kurulumu kolay ve düşük maliyetli LED aydınlatma sistemi karartma cihazı.	Genel verimlilik iyi değil.
0-10 V	LED parlaklığı artırma ve azaltma geçişindeki titreme azdır, ayrıca LED aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufunu az parça ve düşük maliyet ile sağlamaktadır.	Tek bir kontrolör grup/sahne karartmasını gerçekleştiremez.
PWM	Doğru dimleme yapar, kablosuz iletişim sistemi ile entegre yapılabilir.	PWM frekansı çok düşükse, LED parlaklığı artırma ve azaltma geçişinde titreme olacaktır. Frekans çok yüksekse, yüksek frekanslı gürültü olacaktır.
DALI	DiiA (Digital Illumination Interface Alliance) ve uluslararası standartlara, yüksek uyumluluğa sahiptir ve satış sonrası servis hizmeti vardır. LED parlaklığı karartma, gruplama ayarları daha esnek ve otomatik adresleme işlevlerine sahiptir.	Kurulum kolay ve maliyetli değildir, kurulumu yapan kişi DALI ile ilgili teknolojiye sahip olmalıdır.

2.2 Kablosuz Haberleşme Protokolleri

Akıllı aydınlatma sistemlerini gerçekleştirilmesi için en efektif çözüm evrensel protokoller kullanmaktır. Kablosuz haberleşme protokolleri, IOT (Internet of Things - Nesnelerin İnterneti) için en önemli konulardan biridir. Haberleşme protokolleri sistemde bulunan cihazların birbirleri ile iletişim kurabilmesini sağlar.

Bu haberleşme protokollerini saymak gerekirse: LoRa, Wi-Fi, Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network - Kablosuz Akıllı Hizmet Ağı), 4G/LTE (Long Term Evolution - Uzun Vadeli Evrim), LTE-M, Zigbee, Bluetooth şeklinde özetleyebiliriz [27]. Bu haberleşme protokollerine ait bazı özellikler Tablo 2.3'te paylaşılmıştır.

Tablo 2.3 Kablosuz Haberleşme Protokolleri Teknik Tablosu [27]

Kablosuz Haberleşme Teknolojisi	Bluetooth	Zigbee	LoRa	Mobil Ağlar 4G/LTE	WIFI
Uzun Mesafe	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır
Güç Harcaması (Haberleşme Esnası)	600 -800 mA	2.5 mA	18 mA	600 - 1100 mA	19 – 400 mA
Güç Harcaması (Bekleme)	4 - 5 mA	0.0007 mA	0.00 mA	5.5 mA	1.1 mA
Frekans	2.4 GHz	868 - 915 MHz 2.4 GHz	868 915 MHz	1800 2600 MHz	2.4-5 GHz
Bant Genişliği	2 MHz	1 - 2 MHz	125-250 500 KHz	1.4 - 20 MHz	20 - 40 MHz
Veri Hızı	1 Mbps	250 Kbps	0.25 - 50 Kbps	75 Mbps	54 - 600 Mbps

2.2.1 Bluetooth

Bluetooth, bilgisayarların, cep telefonlarının vb. kablosuz bağlantısı için tasarlanmıştır. Bluetooth, bir aydınlatma kontrol sistemi içinde bir bileşen olarak kullanılabilir. Ancak büyük olasılıkla cep telefonları veya dizüstü bilgisayarlar gibi genel amaçlı cihazlar bir aydınlatmaya erişim sağladığında kullanılır. Kontrol sistemi bir asal fonksiyondan ziyade bir yardımcı olarak kullanılmaktadır [14].

2.2.2 ZigBee

Kablosuz ağ ile veri aktarımı için bir IEEE 802.15.4 standardıdır. ZigBee, küçük, düşük güçlü dijital telsizler kullanan yüksek seviyeli iletişim protokolleri paketidir. Amaç, tüm aydınlatma armatürlerinin, sensörlerin ve anahtarların kablosuz olarak iletişim kurmasıdır. Bu sayede binalara pahalı kabloların eklenmesi önlenir. ZigBee, düşük veri hızı, uzun pil ömrü ve güvenli ağ iletişimi gerektiren RF (Radio Frequency - Radyo Frekansı) uygulamaları içindir [14].

2.2.3 LoRa

LoRa, düşük güçle uzun mesafeler için veri haberleşme yeteneğine sahip bir protokoldür. Lora Alliance, genellikle LoRaWan (Long Range Wide Area Network - Uzun Menzilli Geniş Alan Ağı) adı verilen bir ağ mimarisi tasarladı [28]. LoRa, Semtech tarafından 0.25 kbps-50 kbps arası aktarım hızı ile çalışmak üzere özel olarak geliştirilmiştir [29].

LoRa haberleşme teknolojisinin diğer kablosuz haberleşme teknolojilerine kıyasla en büyük avantajı, Wi-Fi haberleşmesine göre uzun mesafeye düşük maliyetle erişim imkanı sağlamasıdır. Buna karşın LoRa haberleşme teknolojisinin veri aktarım hızı Wi-Fi haberleşmesine göre oldukça düşüktür [30]. Avrupa için on adet frekans kanalı tanımlamıştır.

Bu on adet frekans kanalından sekizi 250 bps ile 5,5 kbps arasında aktarım sağlayabilen çoklu veri aktarım hızına sahip kanallardır. Ayrıca internet haberleşmesini sağlanabilmesi için ekstradan gateway'e ihtiyaç vardır [30].

2.2.4 Mobil Ağlar (GSM)

GSM (Global System for Mobile Communications - Mobil İletişim İçin Küresel Sistem), ilk olarak 2000 li yıllarda tanıtılan 900 MHz bandında bir PAN-Avrupa Mobil iletişim sistemidir. GSM sistemi üzerinden veri iletim hizmetlerine yönelik artan talep, internet uygulamalarının yaygın kullanımından kaynaklanmaktadır [31].

GSM standardı için ilk önemli Radyo Frekansı (RF-ICS) seti 1900' lü yıllarda başladı. GSM ilk olarak 1991'de Avrupa'da tanıtıldı ve bugün en yaygın hücrel standarttır [31].

Bu tez çalışmasına, Wi-Fi modül yerine sim modül kolayca entegre edilebilir. Çeşitli sim modülleri mevcuttur. En yaygın kullanılan sim modüllerinden biri SIM 900'dür (Subscriber Identity Module - Abone Kimlik Modülü). SIM 900 GSM modülü teknik dokümanda belirtilen GSM Komut kodlarını kullanarak çalıştırılabilmektedir [32].

2.2.5 Wi-Fi

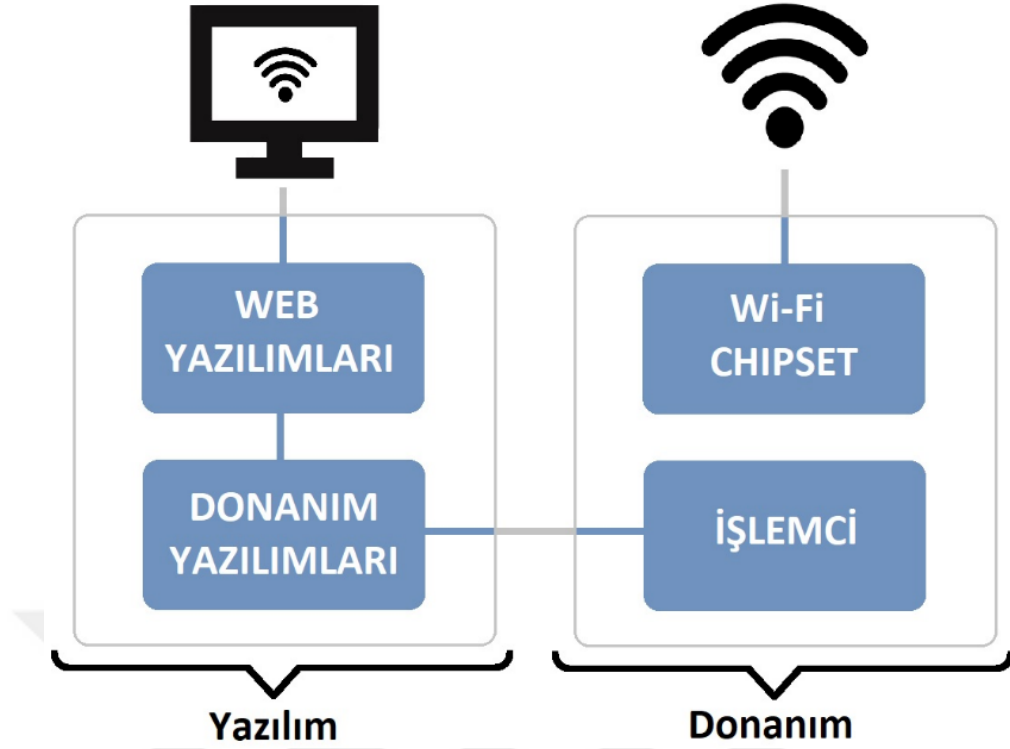
Wi-Fi dünyanın en tanınmış kablosuz ağ teknolojisidir. En sık telefon, bilgisayar ve tabletleri internete bağlamak için kullanılmakta ve güvenli bir internet sağlamaktadır. Bu proje kapsamında Wi-Fi haberleşmesi kontroller ve bilgisayar üzerindeki kullanıcı arayüzünün haberleşmesi amacıyla kullanılacaktır [33].

Wi-Fi, cihazların kablosuz ağ üzerinden iletişimini sağlayan bir haberleşme teknolojisidir. Hızlı veri aktarımı sunar ve büyük miktarda veri işleyebilir. Bu teknoloji, LAN (Local Area Network - Yerel Alan Ağı) ortamlarındaki en popüler bağlantı türüdür. IEEE 802.11 tabanlı standarda uyumludur. 2.4GHz ve 5GHz frekanslarında haberleşmektedir [34].

Wi-Fi, OSI modelinin ilk iki katmanını tanımlar. Bunlar fiziksel katman ve veri bağlantısı katmanıdır. Hızlı ve kolay erişilebilirlik, hassas güvenlik yaklaşımı, yüksek servis kalitesi ve rahat kullanılabilirlik avantajları nedeniyle son kullanıcılar için oturmuş bir kullanım ortamı sağlamaktadır [34].

Wi-Fi haberleşmesini kullanabilmemiz için bir Wi-Fi modülünü DALI yazılımımızın bulunduğu karta eklemek gerekmektedir.

Wi-Fi bağlantı alanına ait olması gereken donanım ve yazılım blok bağlantı şeması Şekil 2.6'da verilmiştir.

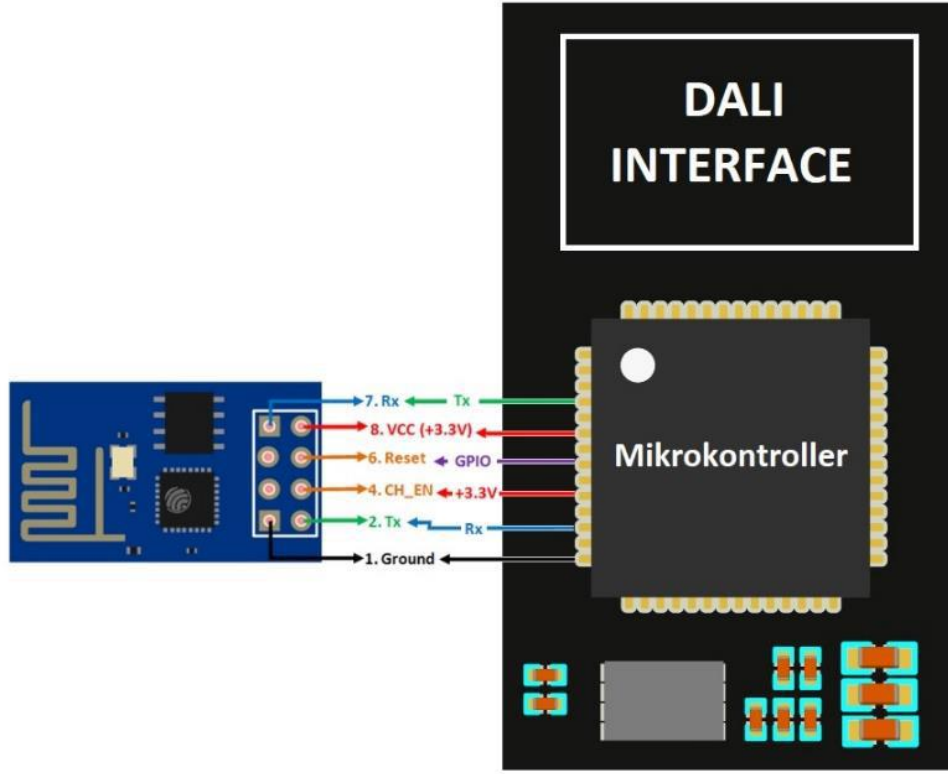


Şekil 2.6 Wi-Fi Donanım ve Yazılım Blok Diyagramı

Bu çalışma kapsamında kullanılan ESP8266 Modülü, Wi-Fi ağına herhangi bir mikrokontroller ile erişim sağlayabilen dahili TCP/IP (Transmission Control Protocol-Geçiş Kontrol Protokolü), (Internet Protocol-Internet Protokolü) protokolüne sahiptir. ESP8266 modülü kendi içinde bir uygulamayı barındırabilir veya başka bir uygulama işlemcisinden kontrol edilebilir. Bu modül, AT komutlarını kullandığımız bir yazılım ile gelir [35].

ESP8266 modülü, direkt programlanabilen bir 80 Mhz 32 bit işlemciye sahiptir. İşlemci sayesinde herhangi bir farklı işlemciye ihtiyaç duymadan web sayfalarını tasarlayabileceğimiz anlamına gelir [35].

ESP8266, düşük maliyet ve yüksek özellikleri için tercih edilmiştir. ESP8266 modülü projemizde sadece internete bağlanabilmemiz ve web tabanlı arayüz üzerinden kullanıcının ayarlarını alabilmemiz için kullanılmıştır. ESP8266 modülü ile ana işlemci UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter - Evrensel Bir Asenkron Alıcı Verici) haberleşme protokolü üzerinden veri alışverişi sağlanmaktadır. Bağlantı şemasına ait örnek gösterim Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 ESP8266'nın Mikrokontroller ile Bağlantısı

2.3 Kullanıcı Web Arayüzü

Web ya da tam adı ile World Wide Web, 1990 yılında Sir Timothy Berners-Lee tarafından icat edildi [36]. Web 'de bulunan dokümanlara, tanımlandıkları URL (Uniform Resource Locator - Birörnek Kaynak Bulucu) adresleri ile İnternet üzerinden erişilebilir. Web 'de bilgi alışverişinde HTTP (Hyper Text Transfer Protocol - Üstmetin Transfer Protokolü) protokolünden yararlanır. Tarayıcılar, bilgisayar programları ve IoT cihazlarından Web e erişmek oldukça kolaydır. Web 'de yer alan verilere, Web sayfaları ya da Web servisleri aracılığı ile ulaşılabilir.

2.3.1 Web Sayfası

Kullanıcıların verileri ekranda anlamlı bir şekilde görebilmeleri için tasarlanan dijital sayfalardır. HTML (Hyper Text Markup Language - Hiper Metin İşaretleme Dili), CSS (Cascading Style Sheets - Basamaklı Stil Şablonları) ve JavaScript dillerinin birlikte kullanılması ile bu sayfalar oluşmaktadır.

2.3.2 Web Servis

Web servisler, bir ağ üzerinden Web belgelerini sunabileceği gibi elektronik cihazların birbirleriyle iletişim kurmasını da sağlayabilir [37]. Genel kullanım amacı platform bağımsızlığını sağlayarak programlara veya cihazlara veri alışverişi imkânı sunmaktır. Ayrıca veri tabanına erişmesi fiziksel olarak mümkün olmayan ya da erişmesi istenmeyen cihazlar içinde veri alışverişlerinde tercih edilmektedir. REST (Representational State Transfer - Temsili Durum Transferi), SOAP (Simple Object Access Protocol - Basit Nesne Erişim Protokolü) ve WSDL (Web Services Description Language - Web Servisleri Tanımlama Dili) oldukça yaygın kullanılan Web servis türlerindedir.

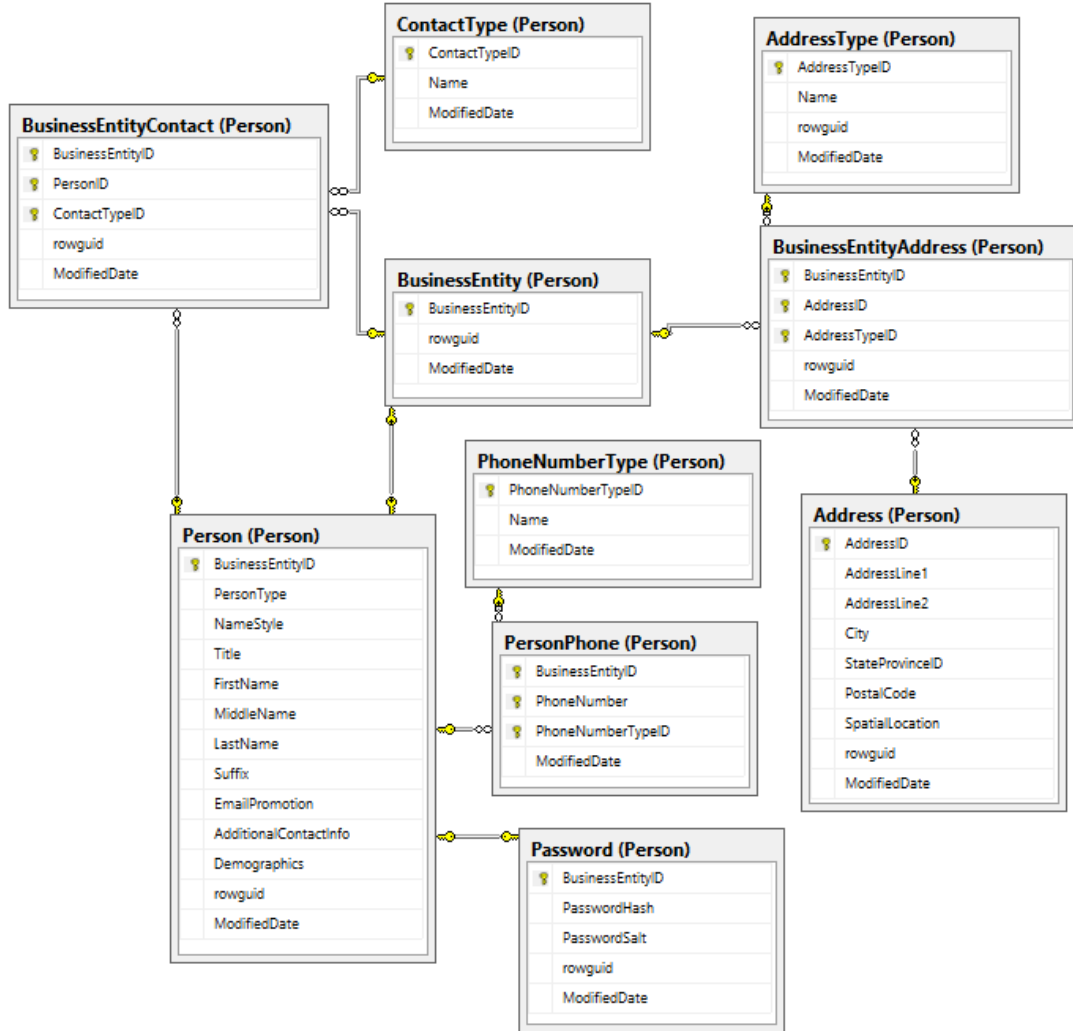
Sunucu ile istemci arasında gerçekleşecek veri haberleşmesinde JSON, XML (Extensible Markup Language - Genişletilebilir İşaretleme Dili) gibi diller kullanılabilir. Şekil 2.8’de JSON formatında örnek bir veri gösterilmiştir.

```
{
  "info":
  {
    "values":
    [
      {
        "name": "brightness",
        "value": 34
      },
      {
        "name": "color",
        "value": "white"
      }
    ]
  }
}
```

Şekil 2.8 WEB Veri Haberleşme JSON Kodu

2.3.3 Veri Tabanı

Veri tabanları, verileri depolanması ve daha sonra kullanılabilmesine sağlayan programlardır. Kendi içlerinden birkaç alt dala ayrılırlar da veri tabanı denince akla gelen ilişkisel veri tabanları, verilerin tablolarda tutulduğu yapılardır. Şekil 2.9’da popüler bir veri tabanı sistemi olan SQL (Structured Query Language - Yapılandırılmış Sorgu Dili) Server da tabloların diyagramı ilişkileri ile beraber gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Veri tabanı tabloları diyagramı [36]

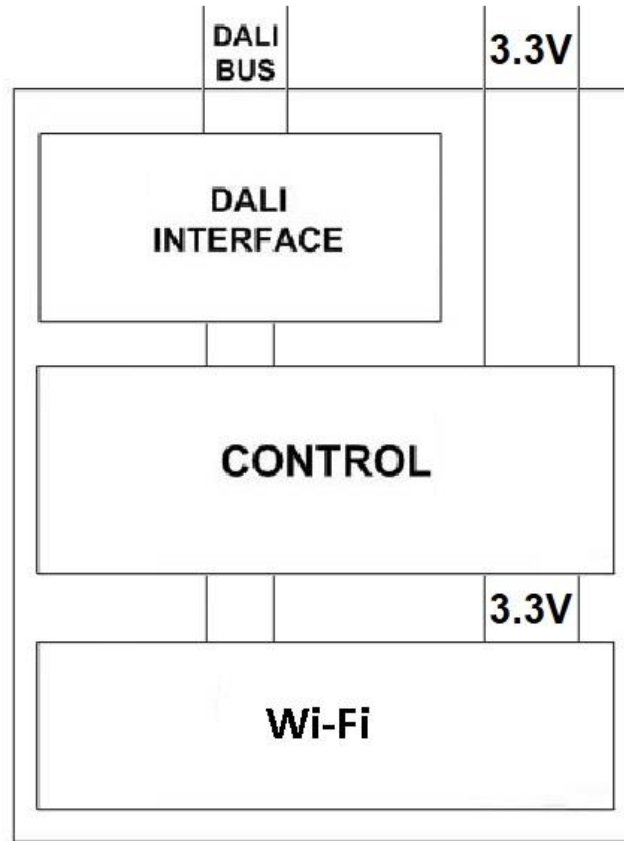
3. DONANIM, YAZILIM ÇALIŞMALARI VE OSİLOSKOP İNCELEMELERİ

3.1 Donanım

Bu çalışmada, DALI uyumlu LED sürücüleri bilgisayar üzerinden kontrol eden kablosuz bir DALI kontrol cihazı yapılması amaçlanmıştır. DALI protokolü ve elektriksel özellikleri, kablosuz haberleşme protokolü olan Wi-Fi ve çalışma kapsamında kullanılan ESP8266 modülü ve özelliklerinden bahsedilmiştir.

Çalışmanın genel donanım aşamalarından bahsedecek olursak; bir ana kontrol ünitesi, bu ana kontrol ünitesine bağlı ESP8266 kablosuz haberleşme modülü, DALI uyumlu LED sürücülerle haberleşmesini sağlayacak DALI donanım devresi bulunmaktadır.

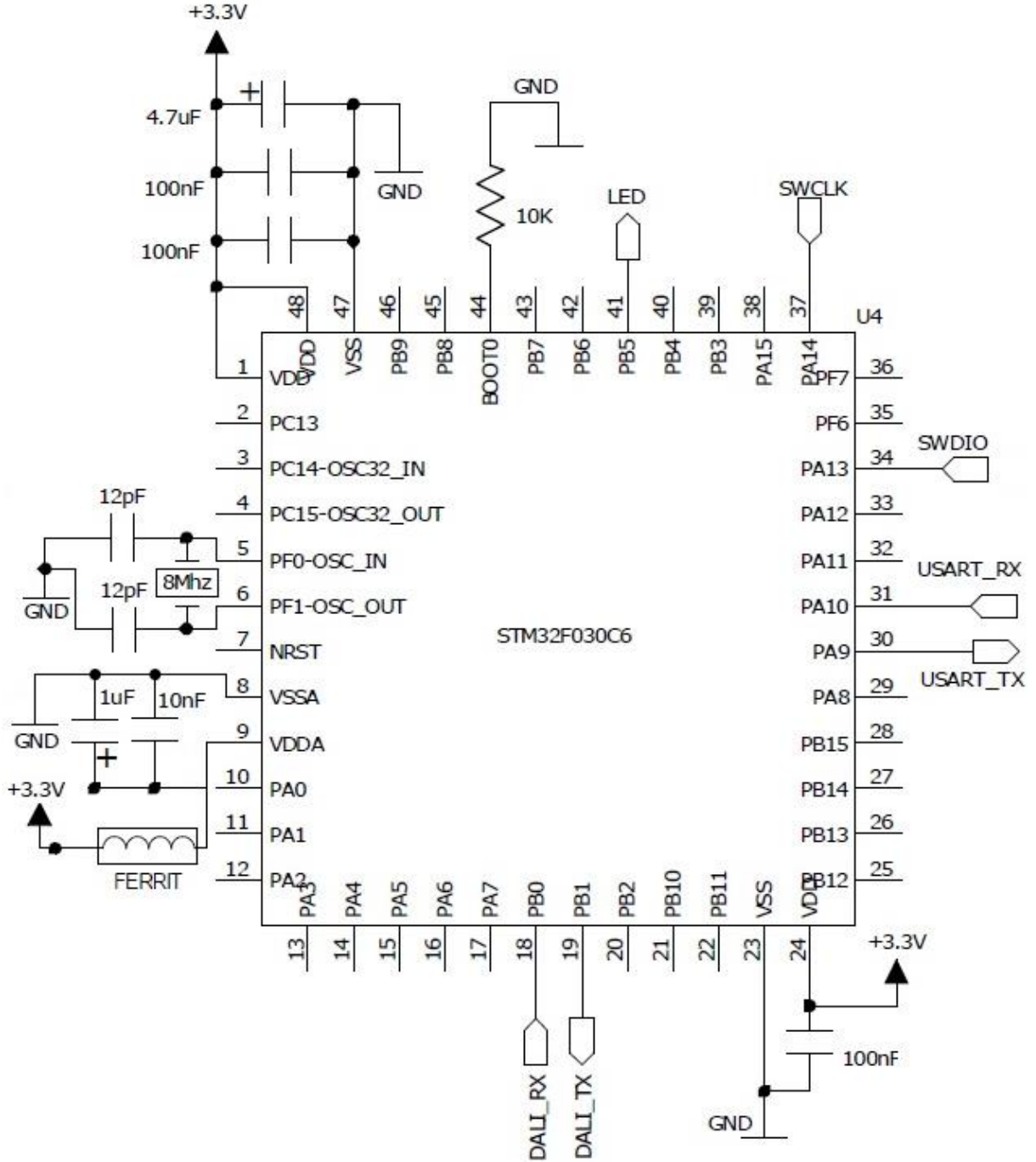
Çalışma kapsamında yapılan donanıma ait blok diyagramı Şekil 3.1’de yer almaktadır.



Şekil 3.1 Donanım Blok Diyagramı

3.1.1 Ana Kontrol Ünitesi Devresi

Çalışmada, ST Microelectronics firmasına ait STM32F030 işlemcisi kullanılmıştır. Kullanılan işlemcinin verimli kullanılabilmesi için teknik dokümanda belirtilen koşullarda donanım devresi tasarlanmıştır [38]. Çalışmaya ait işlemci ve çevre birimini oluşturan donanım devresi Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 STM32F0 ve Çevre Birimi Devresi

Şekil 3.2’de verilen görselde;

- DALI_RX, DALI_TX (Receiver -Alıcı) (Transmitter - Verici) pinleri DALI donanım devresiyle bağlanmaktadır.
- UART_RX ve UART_TX pinleri ise Wi-Fi modülü ESP8266 devresine bağlanmaktadır.
- LED pini WEB servisine bağlantı sağlandığında bilgi amaçlı yan sön yapan pindir.
- SWCLK (Software Clock - Yazılım Saat Sinyali) ve SWDIO (Software Digital Input Output - Yazılım Dijital Giriş Çıkış) pinleri programlama pinleridir.
- Diğer donanım elemanları ise işlemcinin verimli çalışması için teknik dokümanda tavsiye edilen devre elemanlarıdır.

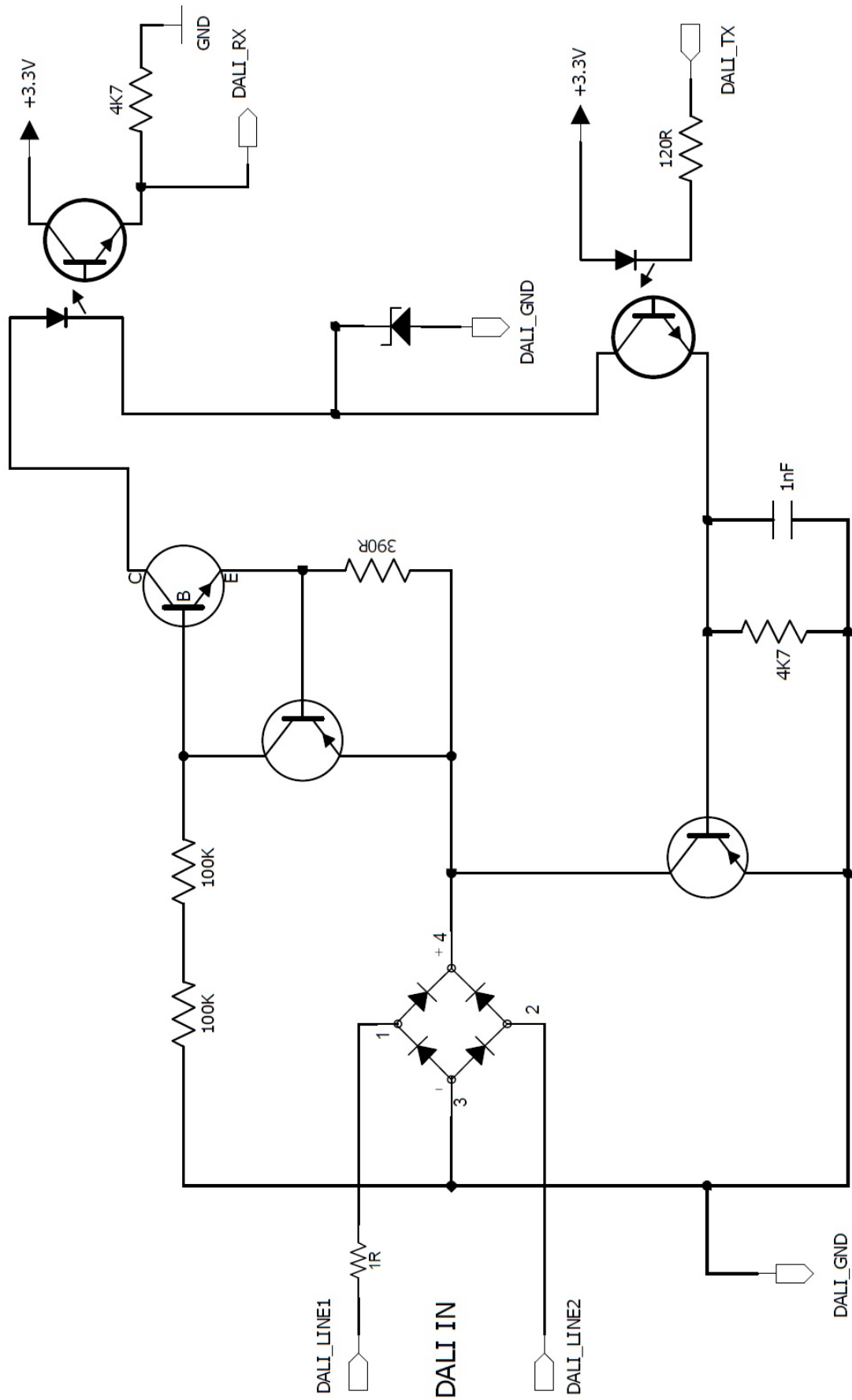
3.1.2 DALI Donanım Devresi

Ana kontrol ünitesi bölümünde Wi-Fi haberleşmesi üzerinden gelen datalar DALI mesajlaşma yazılımı ile LED sürücülere DALI donanım devresi üzerinden aktarılmaktadır. DALI kontrol devresi ana kontrol bölümündeki işlemcimize 2 adet GPIO pini üzerinden bağlanmaktadır. Pinlerden biri sinyal giriş (IN) diğeri sinyal çıkış (OUT) pini olarak ayarlanmıştır.

DALI donanım devresine ihtiyaç duyma sebebimiz işlemci pinleri 3.3 V ile çalışmaktadır. Fakat DALI protokolü gerekliliğine bölüm 2.1.6.2’de bahsedildiği gibi lojik 1 sinyali için 9.5 V ile 22.5 V, lojik 0 sinyali için -6.5 V ile 6.5 V arası değerlere ihtiyacımız vardır, 6.5 V ile 9.5 V arasında kalan bölümler ise anlamsız olarak geçmekte ve işleme alınmamaktadır.

İşlemcinin hazırladığı DALI paketleri çıkış (out) pininden LED sürücüyeye gönderilir. Gönderme esnasında 3.3 V seviyesinde olan bu mesajlar Şekil 3.3’te görülen TX pinine gelir. Burada bir opto izolatörden geçerler, sinyal seviyesi transistor sayesinde DALI protokolünün istediği seviyeye çıkartılır. Opto izolatörler DALI hattından gelen bütün sinyallere karşı işlemcimizi izole etmek için vardır. DALI hattında olası gürültü durumlarında işlemci etkilenmemektedir.

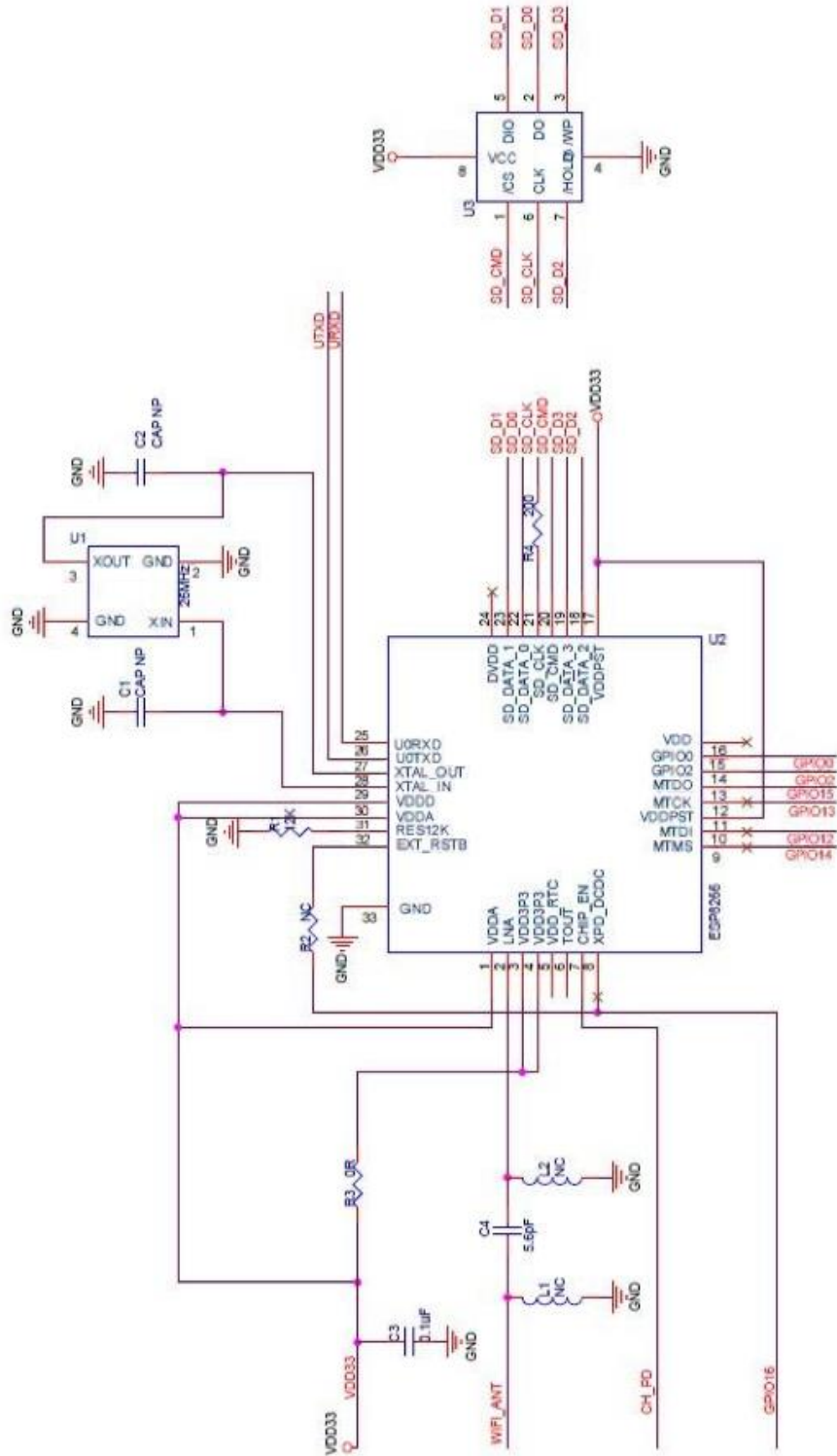
DALI donanım devresinin DALI hattına bağlandığı yerde köprü diyot bulunmaktadır. DC bir gerilim olmasına rağmen köprü diyot burada DALI protokolünün gerekliliği için bulunmak zorundadır. DALI hattına birçok cihaz aynı anda bağlanabilmektedir. Büyük otomasyon sistemlerinde kablo karışıklıkları olmaktadır. Köprü diyot sayesinde DALI hattında polarizasyon ortadan kaldırılmaktadır. DALI hattında bulunan kabloların 2 yönde de bağlanması sağlanmıştır.



Şekil 3.3 DALI Donanım Devresi

3.1.3 Wi-Fi Donanım Devresi

Wi-Fi donanımı modül olarak hazır ESP8266 modülü kullanılmıştır. Modül üzerinde bulunan UART pinleri işlemci ile birleştirilerek haberleşmesi sağlanmıştır. Modüle ait hazır donanım şeması Şekil 3.4'te verilmiştir [39].



Şekil 3.4 ESP8266 Wi-Fi Donanım Devresi [39]

3.2 Gömülü Yazılım

Gömülü yazılım yapısı 3 başlık altında anlatılacaktır. İlk olarak genel kod yapısından bahsedilecektir. Burada gömülü sistem yazılımı çalışma prensibi hakkında genel bilgi verilecek kod akış şemasından bahsedilecektir. İkinci başlıkta DALI protokolü mesajlaşma yapısı ve kod üzerinden yapılan adımlardan bahsedilecektir. nc bölüm olarak ise ESP8266 kablosuz haberleşme yazılımı ve haberleşme için gerekli olan AT mesaj komutlarından bahsedilecektir.

3.2.1 Genel Kod Yapısı

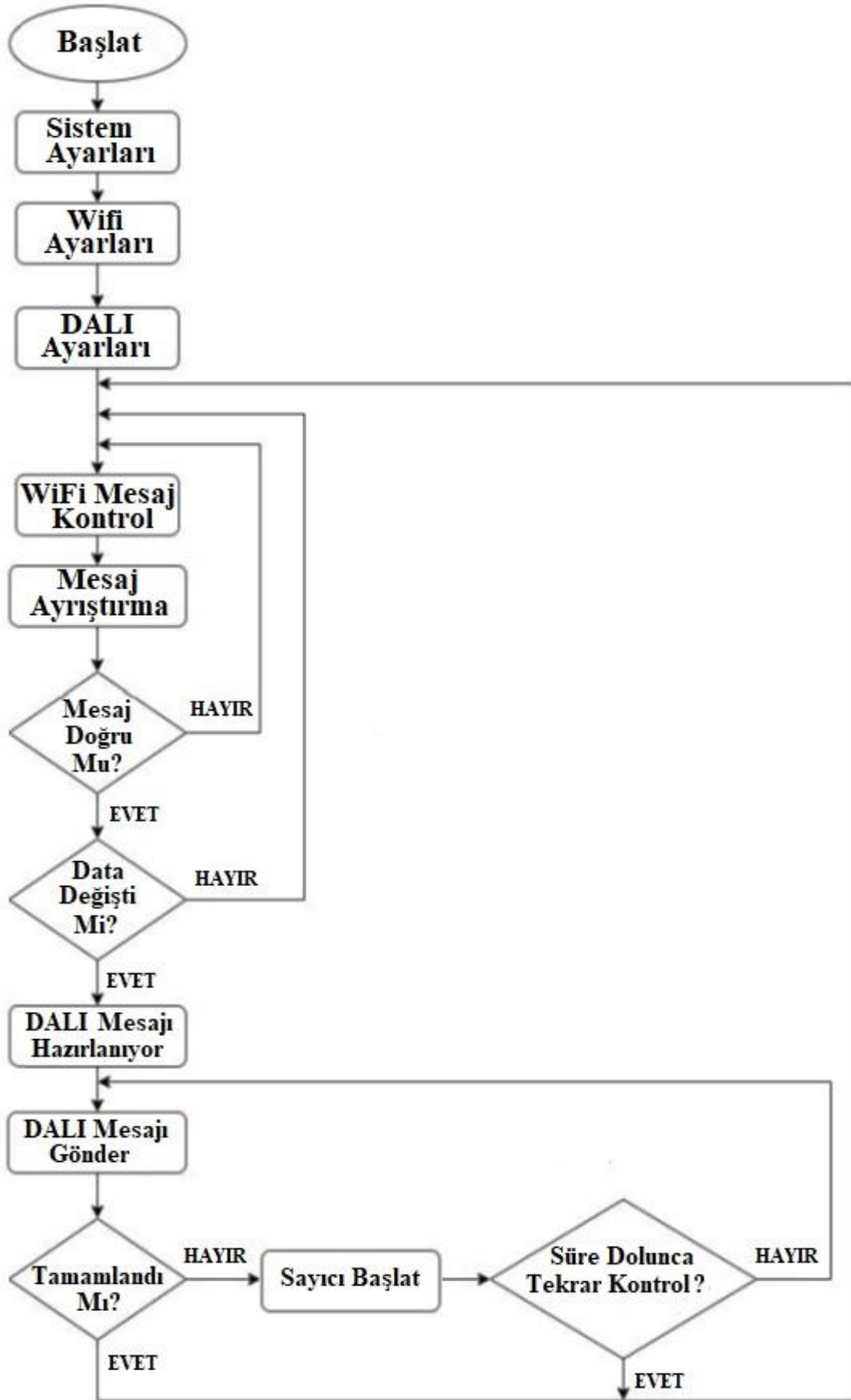
Çalışma kapsamında yapılan cihaza enerji verildiğinde ilk olarak sistemsel gerekli başlangıç ayarlamaları yapılır. Bunlar işlemci frekansı ayarlanması, kullanılan giriş çıkış pinlerinin ayarlanması haberleşme ayarlarının yapılması ve timerların başlatılmasıdır. Bu ayarlamalar yapıldıktan sonra işlemcimizde ilk olarak kablosuz haberleşme birimine ait başlangıç ayarları yapılır. İkinci olarak DALI protokolüne ait haberleşme ayarları yapılır ve cihaz hazır hale getirilir.

Ana kontrol ünitesinde bulunan işlemcinin programları C dili ile yazılmıştır, yazılan kodların işlemciye yüklenebilmesi için ilk önce makine diline çevrilmesi gerekmektedir sonrasında işlemciye yükleme yapılabilir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için bir IDE (Integrated development environment - Tümleşik Geliştirme Ortamı)'ye ihtiyaç bulunmaktadır. Bu alışma kapsamında kullanılan IDE işlemcimize ait ST Microelectronics firmasının ücretsiz olarak sunduğu Şekil 3.5'te logosu verilen STM32CubeIDE programıdır. Bu IDE üzerinde kodlama işlemleri yapılmıştır. Işlemciye yükleme için ilk önce build işlemi yapılıp sonrasında bir programlayıcı yardımı ile kodlarımızdan hazırlanan makine dilindeki dosya işlemciye aktarılır.



Şekil 3.5 STM32CubeIDE Logo

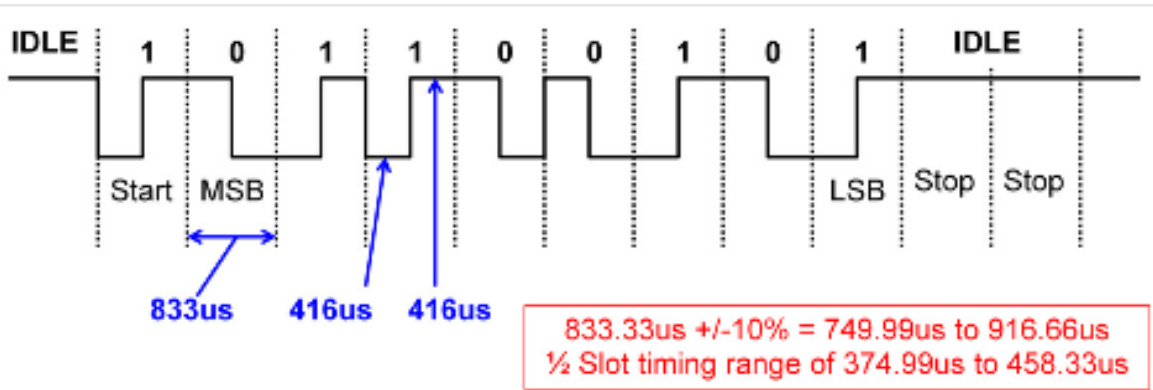
Başlangıç ayarlamaları tamamlandıktan sonra her saniye Wi-Fi mesajları kontrolü gerçekleştirilmektedir. Arayüzden alınan değerler eski değerler ile karşılaştırılmaktadır. Başta alınan mesaj anlamlı mı kontrol yapılır. Ardından alınan parametrelerde herhangi bir değişiklik yoksa kontrol baştan yapılmaktadır. DALI mesajı oluşturulmamaktadır. Alınan değerlerde değişiklik varsa mesaj içeriği anlamlı şekilde ilgili değişkenlere atanır ve DALI mesajı oluşturulmaya başlanır. Şekil 3.6'da genel yazılım kod akış yapısı paylaşılmıştır.



Şekil 3.6 Genel Kod Akış Şeması

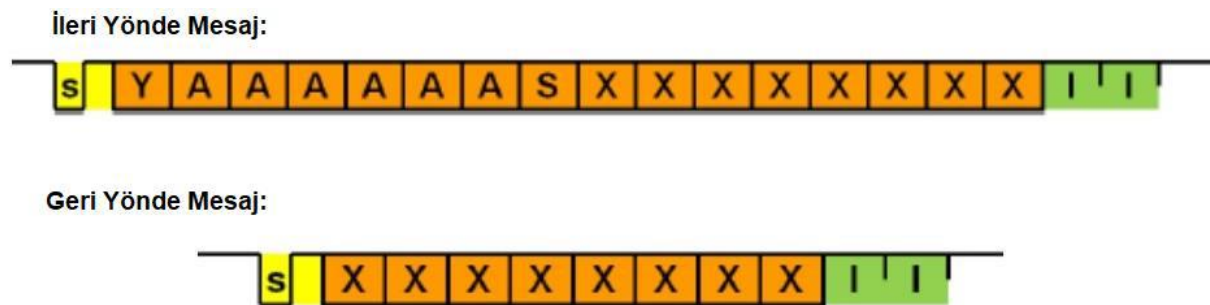
3.2.2 DALI Protokolü Yazılımı

DALI, başlangıç bitini ve bilgi bitlerini göndermek için Manchester (iki fazlı) kodlamayı kullanır. Bilgi hızı, kabul edilebilir $\pm 10\%$ aralığı ile 1200 bps'dir. Bir bit süresi Şekil 3.7'de gösterildiği gibi 833,33 μ s'dir. En büyük değerlikli bit (MSb) önce gönderilir. Şekil 3.7'de gösterildiği gibi 833,33 μ s bit süresi $\pm 10\%$ hata payı ile 749,99 μ s ile 916,66 μ s arasında olabilir. Aynı şekilde yarım bit süresi olan 416,66 μ s $\pm 10\%$ hata payı ile 374,99 μ s ile 458,33 μ s arasında olabilir [25].



Şekil 3.7 DALI İletişimi [25]

İleri yönde mesaj (forward frame), kontrol cihazı tarafından LED sürücüyeye gönderilen pakettir. Bir başlangıç biti, sekiz adres biti, sekiz veri biti ve iki durdurma bitinden oluşur. Geri yönde mesaj (backward frame), LED sürücü tarafından kontrol cihazına geri gönderilen yanıt paketidir. Bir başlangıç biti, sekiz veri biti ve iki durdurma bitinden oluşur [25]. Şekil 3.8'de ileri ve geri yönde mesaj yapısı gösterilmiştir.

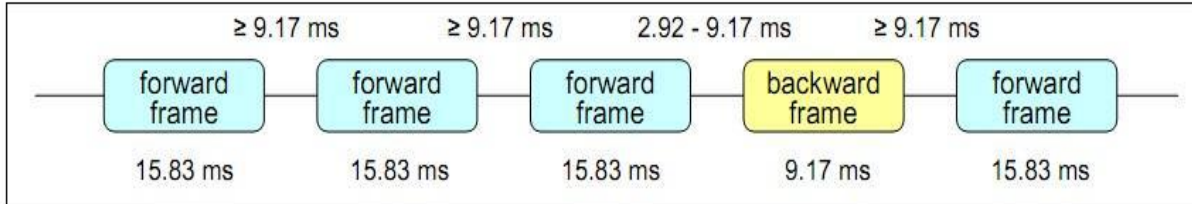


Şekil 3.8 İleri-Geri Yönde Mesaj Yapısı

Şekil 3.9'da gösterildiği gibi arka arkaya gönderilen mesajlar için zamanlama gereksinimleri aşağıda verilmiştir [40];

- Arka arkaya gönderilen iki mesaj verisi arasında bulunan zamanın en az 9.17 ms olması gerekmektedir.

- Geri yönde gelen mesaj verisi ve ileri yönde giden mesaj datası arasında geçiş zamanı 2.97 ms ile 9.17 ms aralığında olması gerekmektedir.
- Kontrol ünitesi ileri yönde mesaj datasını gönderip 9.17 ms beklemektedir. 9.17 ms geçince geri yönde mesaj verisi gönderilmesi başlamadıysa, LED sürücü bu durumu “cevap gelmedi” şeklinde yorumlanır.
- Geri ve ileri yöndeki iki mesaj verisi aralığında da en az 9.17 ms süre olmalıdır.



Şekil 3.9 Arka Arkaya Gönderilen Mesaj Verileri Süre Gösterimi [40]

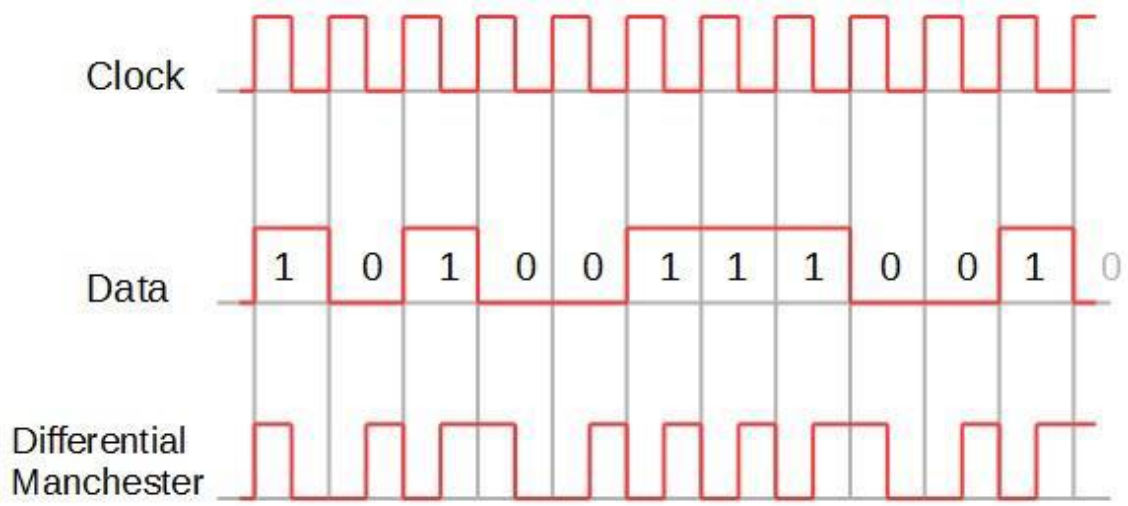
DALI mesajı oluşturulurken Tablo 3.1’de verilen adres tipi şeması kullanılır. Tabloda gösterilen açıklama kısmında nasıl adresleneceği verilmiştir. Ayrıca tabloda bulunan en düşük bite denk gelen S ise gönderilen mesaj direkt LED seviyesi mi gönderiliyor yoksa maksimum, minimum gibi komutlar mı gönderildiği anlaşılıyor. S = 1 ise maksimum seviye, minimum seviye gibi komut gönderileceği zaman, S = 0 ise direkt LED seviyesinin ayarlanacağı değer gönderildiği durumda kullanılmaktadır [23].

Tablo 3.1 Adres Tipleri [21]

Adres Tipi	Açıklama
Kısa Adres	0AAAAAAS (AAAAAA = 0 to 63, S = 0/1)
Grup Adres	100AAAAS (AAAA = 0 to 15, S = 0/1)
Yayın (Broadcast) Adresi	1111111S (S = 0/1)
Özel Komut Adresi	101CCCC1 (CCCC = Komut numarası)

Manchester kodlaması, çoğu durumda, binary data iletiminde özellikle analog, radyo frekansı, optik, yüksek hızda dijital haberleşme ya da uzak mesafe dijital haberleşme gibi konularda kritik rol oynamaktadır.

Kontrol cihazı ve LED sürücü arasında gönderilen paket, iki fazlı manchester paketidir. Paket kontrol cihazından gönderilmeden önce manchester kodlaması yapılır. Daha sonra paket LED sürücü tarafından alınır, çözülür ve adres ve mesajlar buna göre işlenir [25]. Şekil 3.10’da manchester kodlamasına ait görsele yer verilmiştir.



Şekil 3.10 Manchester Kodlaması [12]

DALI hattına mesaj gönderildiği örnek kodlama Şekil 3.11’de paylaşılmıştır. Görselden de anlaşılacağı gibi Set_DALI_Level Seviyesine göre adres 1 de bulunan LED sürücüyü bazı komutlar gönderilmektedir. Gönderilecek seviye 0 ise OFF sinyali, minimum seviye olan 1’e eşit ise minimum seviye mesajı, maksimum seviye olan 100’e eşit ise maksimum seviye mesajı gönderilmiştir. Bu seviyeler dışında ara bir değer LED parlaklık seviyesi mevcut ise Set_DALI_Level ile direkt o seviye hatta basılmaktadır.

```

259 if (Flag_Changed_DALI_Level ==TRUE)
260 {
261     Flag_Changed_DALI_Level =FALSE;
262     if(Set_DALI_Level == 0)
263     {
264         DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,OFF,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_COMMAND);
265     }
266     else if (Set_DALI_Level == 1)
267     {
268         DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,RECALL_MIN_LEVEL,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_COMMAND);
269     }
270     else if (Set_DALI_Level == 100)
271     {
272         DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,RECALL_MAX_LEVEL,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_COMMAND);
273     }
274     else
275     {
276         DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,Set_DALI_Level,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_DIRECT_ARC_POWER_LVL);
277     }
278 }
279

```

Şekil 3.11 DALI Mesajı Gönderilme Akışı

DALI_Send_Cmd fonksiyonunda gönderilecek DALI mesajı hazırlanmaktadır. Şekil 3.12’de görüldüğü gibi ilk önce gönderilecek mesaja ait gerekli adres bilgileri ayarlanıyor. Sonrasında mevcut datamız manchester kodlaması yapılarak (Şekil 3.13’te fonksiyon detayı mevcuttur) dali_array_cmd olarak manchester kodlanan buffer oluşturuluyor. Sonrasında Timer_Start fonksiyonu çağrılarak manchester kodlanan data burada işlemci pinlerine gönderiliyor ve DALI mesajlaşması başlamış oluyor.

```

152 unsigned char DALI_Send_Cmd(unsigned char ballastAddr, unsigned char cmd,
153                             unsigned char typeOfCmd, unsigned char followingType)
154 {
155     unsigned char data_array[2];
156     unsigned char i;
157
158
159     //set output pin to 0
160     _OUT_LINE(1);
161
162     tick_count = 0;
163     bit_count = 0;
164     //set DALI state to send data
165     dali_state = SENDING_DATA;
166     //fetch ballast address and command
167     data_array[0] = (char)ballastAddr;
168     data_array[1] = (char)cmd;
169
170     //reset dali_array_cmd values
171     for (i = 0; i < 17; i++)
172         dali_array_cmd[i] = 0;
173
174     //Gonderilecek LED surucu bilgileri girilivor
175     PrepareAddressByte(data_array, typeOfCmd, 0, followingType);
176
177     //encode data - Manchester encoding
178     PrepareDataToSend(data_array, dali_array_cmd, 2);
179
180
181     Timer_Start();
182
183     return TRUE;
184 }

```

Şekil 3.12 DALI Mesajı Gönderme Fonksiyon Yazılımı

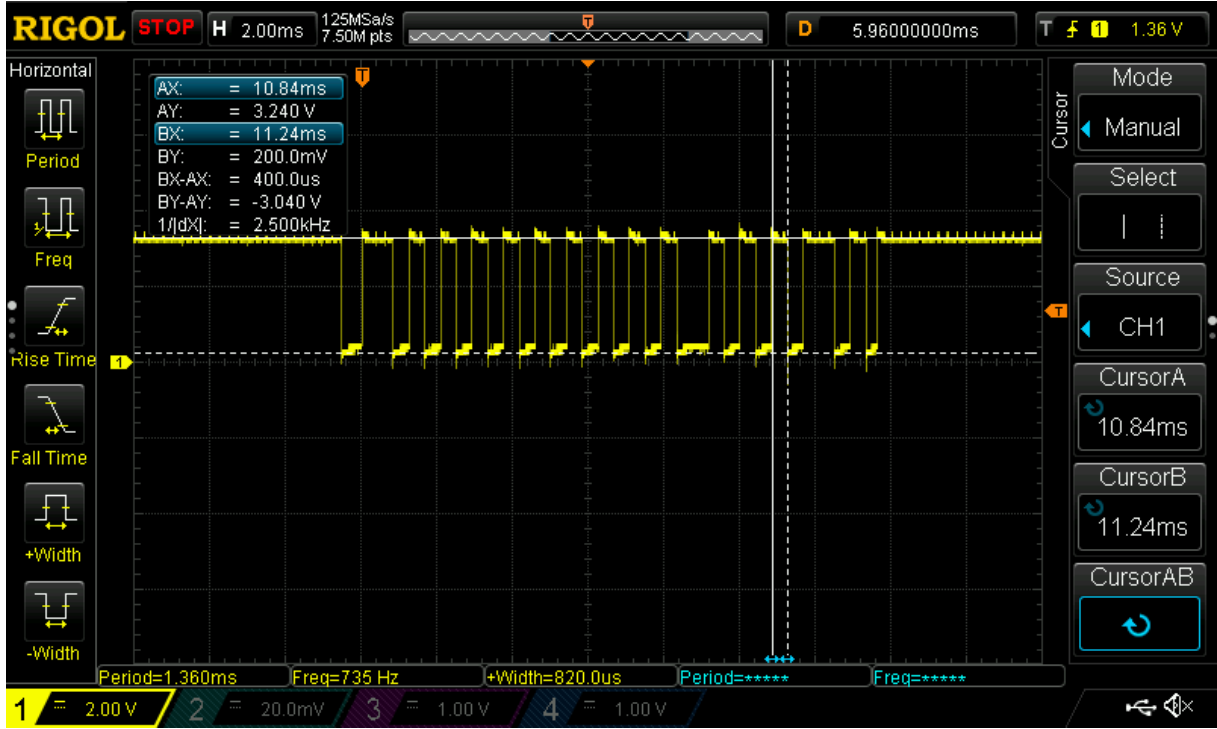
```

371 void PrepareDataToSend(unsigned char *commandArray, unsigned char *tx_array,
372                        unsigned char bytesInCmd)
373 {
374     //set default value for the mask
375     unsigned char mask = 0x80;
376     //variable which hold one byte value - one element from commandArray
377     unsigned char dummy;
378     //number of bytes in command
379     unsigned char bytes_counter;
380     unsigned char i;
381     //number of active bit
382     unsigned char bitCounter;
383     //set default value
384     bitCounter = 0;
385     for (i = 0; i < 9; i++)
386     {
387         tx_array[0] = 0;
388     }
389     //loop through all bytes in commandArray
390     for(bytes_counter = 0; bytes_counter < bytesInCmd; bytes_counter++)
391     {
392         //assign byte for use
393         dummy = commandArray[bytes_counter];
394         //set mask to default value
395         mask = 0x80; //0b10000000
396         //increment number of active bit
397         bitCounter++;
398         //check if active bit is the first one
399         if(bitCounter == 1)
400         {
401             //start bit is always 1 - in manchester that is END_BIT_PULSE
402             tx_array[0] = DALI_END_BIT_PULSE;
403         }
404         //2 byte command
405         //go through all bytes and use Manchester
406         for(i = 1; i < 9; i++) //1 & 9
407         {
408             //check if bit is one
409             if(dummy & mask)
410             {
411                 //assign pulse value - manchester
412                 tx_array[i + (8 * bytes_counter)] = DALI_END_BIT_PULSE;
413             }
414             else
415             {
416                 //assign pulse value - manchester
417                 tx_array[i + (8 * bytes_counter)] = DALI_START_BIT_PULSE;
418             }
419             //check mask value
420             if(mask == 0x01)
421                 mask <<= 7; //shift mask bit to MSB
422             else
423                 mask >>= 1; //shift mask bit to 1 right
424         }
425     }
426 }
427

```

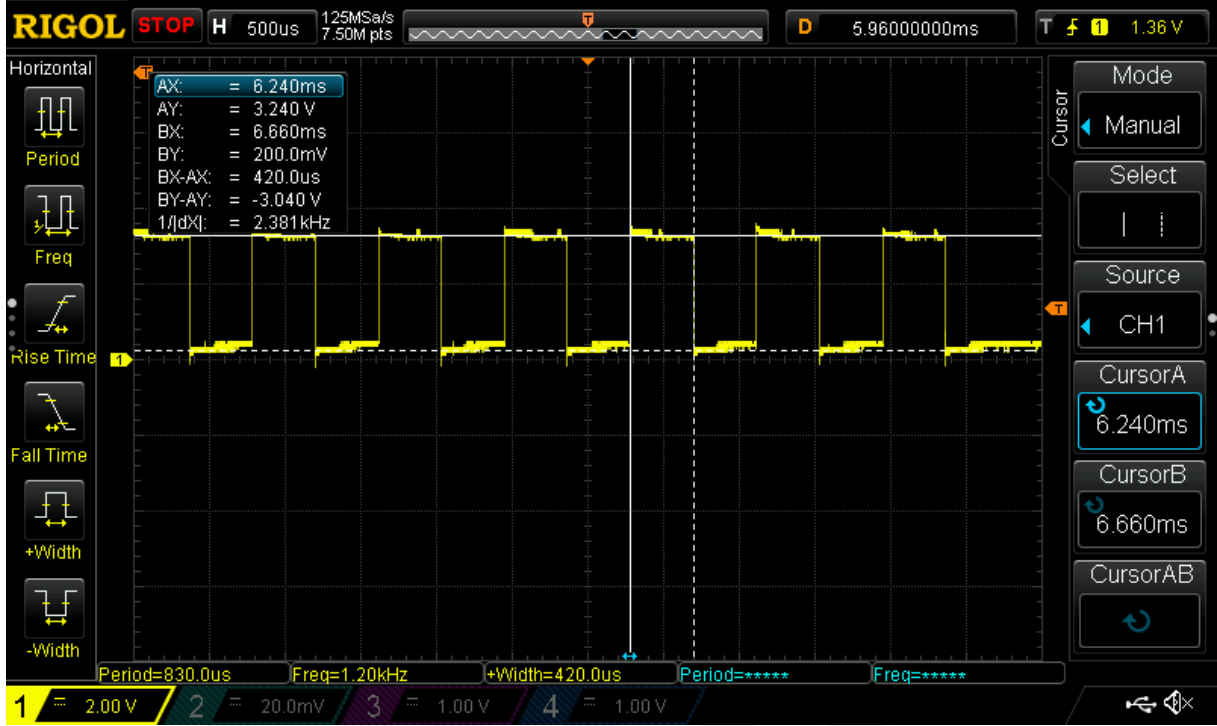
Şekil 3.13 Datanın Manchester Kodlaması

DALI mesajlaşma fonksiyonlarına ait örnekler Şekil 3.11, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te verilmiştir. Yazılan mesajlaşma fonksiyonlarının testleri için mesajlaşma sinyalleri osiloskop yardımı ile gözlemlendi. Şekil 3.14'te görüldüğü gibi işlemcimizin çıkışında mevcut yüksek seviyesi 3.24 V düşük seviyesi 200 mV olarak ölçülen DALI sinyali gözükmemektedir. Bu sinyal direkt işlemci çıkışından ölçülmüştür, devrenin devamında bu sinyal DALI donanım devresine aktarılmaktadır, orada işlemciden çıkan sinyalin seviyesi DALI standardı olan yüksek seviye 9.5 V ile 22.5 V, düşük seviye ise -6.5 V ile 6.5 V arasında olacak şekilde DALI hattına sinyal basılacaktır.



Şekil 3.14 İşlemci Çıkışı DALI Verisi

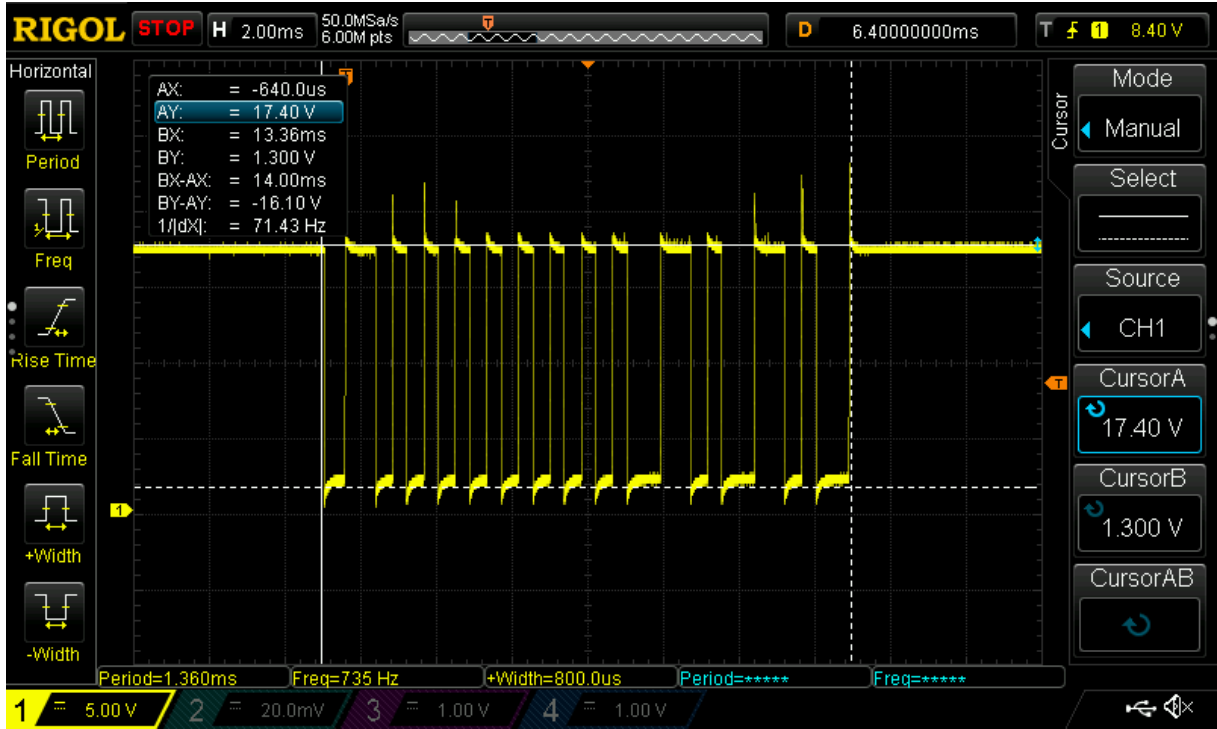
Şekil 3.15' de ise işlemci çıkışındaki aynı DALI sinyali yaklaşıtırlıp sinyalin ½ biti'ne ait süre ölçülmüştür. Osiloskop görüntüsünde BX-AX farkı olarak görülen bu değer 420 µs olarak görülmektedir. Şekil 3.7 DALI iletişim görselinde de görüleceği üzere %10 luk yanılma payı mevcuttur. Normal şartlarda bu seviye 416 µs olmalı -+10 fark ile 374.99 µs ile 458,33 µs arasında olması haberleşme için yeterlidir.



Şekil 3.15 İşlemci Çıkışı DALI Verisi Bit Süresi Ölçümü

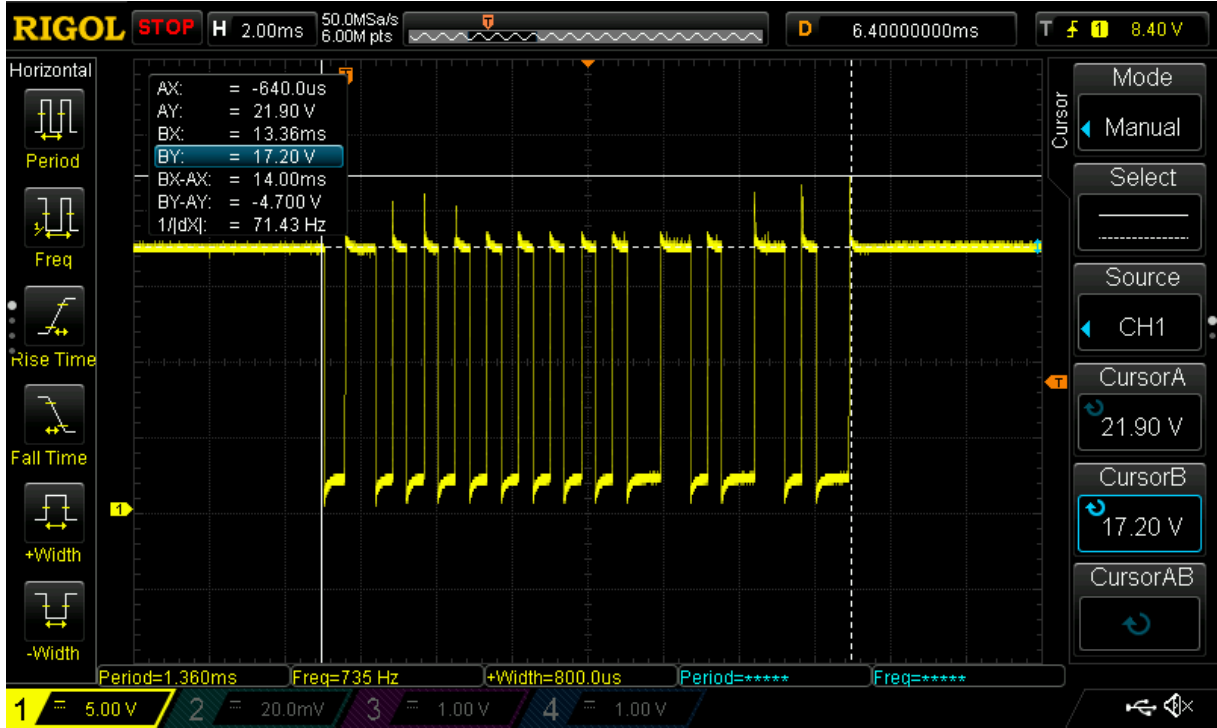
İşlemci çıkışında bulunan 0 V - 3.3 V luk sinyali DALI hattına basılırken DALI donanım devresinden geçerek hatta gönderilir. Bunun sebebi DALI sinyal seviyesinde hatta sinyal basabiliyor olmamızdır. Bu devre kullanılmadığı durumda 3.3 V olan yüksek sinyalimiz DALI standartları gereği düşük seviye -6.5 V ile 6.5 V arasında kalacaktır. Dolayısıyla DALI hattında bulunan diğer cihazlar için anlamsız bir mesaj olacaktır. DALI donanım devresi Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'de verilen işlemci çıkışına ait sinyaller DALI donanım devresinden geçtikten sonra Şekil 3.16'da verilmiştir. Görsele görüldüğü gibi sinyalin maksimum noktası AY 17.40 V olarak ölçülmüştür. Bu da DALI standardı gerekliliği olan yüksek sinyal seviyesi 9.5 V ile 22.5 V arasındadır. Aynı şekilde BY 1.3 V olarak ölçülen düşük sinyal seviyesi DALI standardı gerekliliği olan düşük sinyal seviyesi -6.5 V ile 6.5 V arasındadır.

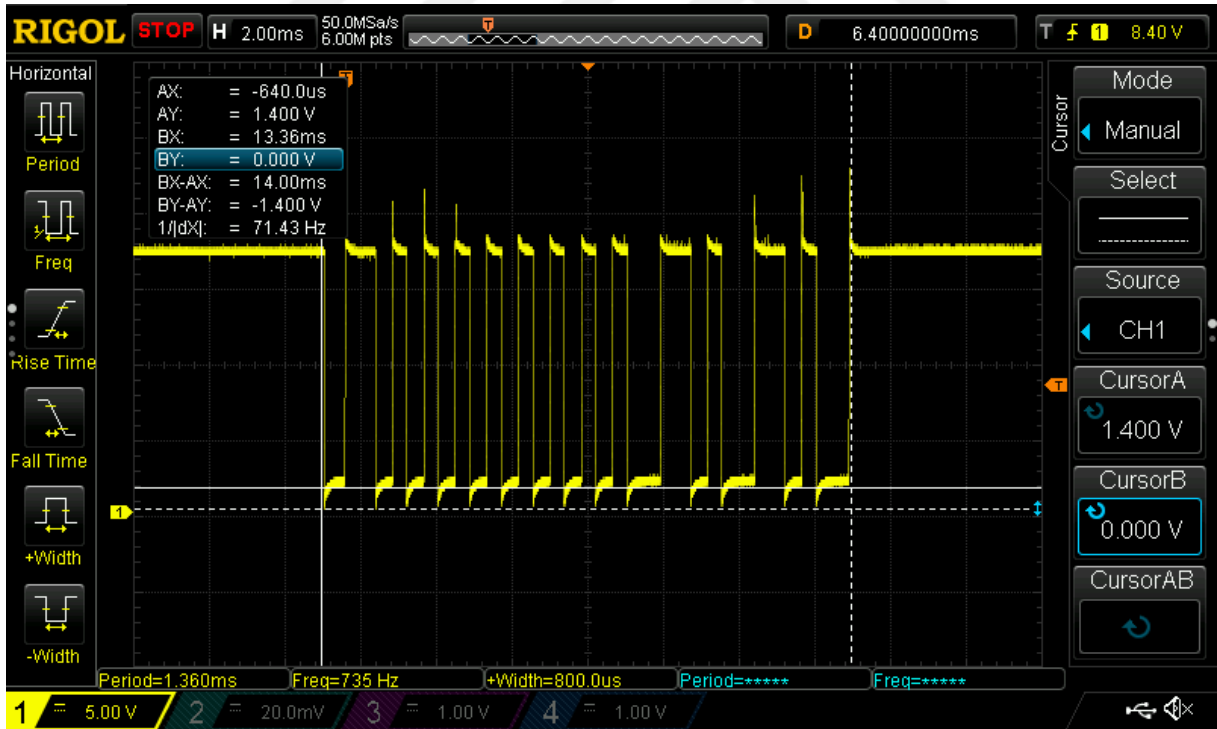


Şekil 3.16 DALI Donanım Çıkışı Haberleşme Verisi

Şekil 3.17 ve Şekil 3.18’de verilen görsellerde Şekil 3.17’de yüksek sinyal seviyesinde haberleşme sinyallerinin doğası gereği 0’dan 1 sinyal seviyesine geçişlerdeki pik noktaları görülmektedir. Bu seviyenin maksimum noktasının AY ile gösterilen 21.90 V olduğu görülmektedir. 22.5 V altında ve anlık bir değer olduğu için mesajlaşmamıza olumsuz bir etkisi olmamaktadır. Aynı durum düşük seviye için Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Burada ise 1’den 0 sinyal seviyesine geçişlerdeki pik noktaları görülmektedir. En düşük sinyal seviyesi ise BY’de gösterilen 0 V olarak ölçülmüştür. Bu durum mesajlaşmamız için olumsuz bir durum değildir.



Şekil 3.17 DALI Sinyali Yüksek Seviyedeki Pikleri Gözleme



Şekil 3.18 DALI Sinyali Düşük Seviyedeki Pikleri Gözleme

3.2.3 ESP8266 Haberleşmesi

ESP8266 modülü işlemci ile UART üzerinden bağlıdır. İşlemcinin ESP8266 modülünü tanıması için yazılımsal olarak ayarların yapılması gereklidir. ESP8266 modülü işlemciye GPIO pin PA9 (TX) ve PA10 (RX) üzerinden bağlıdır. PA9 ve PA10 pinlerinin UART bağlantısında kullanılacağı yazılımsal olarak ayarlanır. Pin ayarları yapıldıktan sonra ESP8266 modülün UART ayarları işlemci üzerinden Şekil 3.19’da gösterildiği gibi ayarlanır. Bu ayarlamalar tamamlandıktan sonra modül haberleşmeye hazır durumdadır.

```
66 void Usart_InitializeAp(void)
67 {
68     USART_InitTypeDef USART_InitStruct;
69     NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
70
71     // USART1 modülüne Clock verilir.
72     RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_USART1, ENABLE);
73
74     USART_InitStruct.USART_BaudRate = 115200; //Baudrate ayari
75     USART_InitStruct.USART_HardwareFlowControl = USART_HardwareFlowControl_None;
76     //Usart Full-Duplex çalışacak TX ve RX modu aktif edilir.
77     USART_InitStruct.USART_Mode = USART_Mode_Tx | USART_Mode_Rx;
78     USART_InitStruct.USART_Parity = USART_Parity_No; //Parity Kullanmıyoruz.
79     USART_InitStruct.USART_StopBits = USART_StopBits_1; //Stop bit 1 ayarlanıyor
80     USART_InitStruct.USART_WordLength = USART_WordLength_8b; //Data bit uzunlugumuz 8
81     USART_Init(USART1, &USART_InitStruct);
82
83
84     // USART1 Rx interrupt aktif ediliyor. USART'dan herhangi bir data geldiğinde
85     // USART1_IRQHandler() adıyla isimlendirdiğimiz fonksiyona gider
86     USART_ITConfig(USART1, USART_IT_RXNE, ENABLE); // USART1 Rx interrupt aktif ediliyor
87
88     NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = USART1_IRQn;
89     NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPriority = 0; //0 yazarak en öncelikli kaynak yapıyoruz
90     NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE; //USART1 interrupt kanali aktif edilir.
91     NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
92
93     USART_Cmd(USART1, ENABLE); // USART1 aktif edilir.
94 }
```

Şekil 3.19 UART Ayarlarının yapılması

ESP8266 modülünü işlemcinin tanıması için gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra modül ile haberleşmek için bazı komutlar mevcuttur. Bu komutlar AT komutları olarak geçmektedir. En çok kullanılan ve projede kullanılan AT komutları listesine Tablo 3.2’de yer verilmiştir.

Tablo 3.2 AT Komut Listesi [41]

Komutlar	Açıklama
Basit AT Komutları	
AT	Başlangıç test komutu
AT+RST	Reset atma komutu
AT+GMR	Versiyon kontrolü
AT+GSLP	Derin uyku modu
ATE	Echo ayarları
AT+RESTORE	Fabrika ayarlarına dönme
AT+UART	UART haberleşme ayarları
AT+SLEEP	Uyku modu ayarı
Wi-Fi AT Komutları	
AT+CWMODE	Wi-Fi modu ayarları
AT+CWLAP	Ağ listesi görüntüleme
AT+CWJAP	İstenilen ağa bağlantı yapar
AT+CWQAP	Bağlı ağ varsa, bağlantıdan çıkartır
AT+CIPAP	IP adresi ayarlanır.
AT+CIPAP?	IP adresi sorgulanır
TCP/IP AT Komutları	
AT+CIPMODE	İletim modunu yapılandırır
AT+CIPMUX	Çoklu bağlantı modunu yapılandırır
AT+PING	Girilen adrese ping atar
AT+CIPSTATUS	Bağlantı durumunu sorgular
AT+CIPSTART	TCP bağlantısı kurar
AT+CIPSEND	Data paketi gönderir

Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de verilen ESP8266 modülünün ayarlaması için teknik dokümanında yazan ayarlar kodlanarak UART haberleşmesi ile modüle aktarılır. Her gönderilen mesajdan sonra “OK” yanıtı alındı mı kontrolü yapılır eğer “OK” alındıysa mesaj başarılı bir şekilde modüle ulaştığı ve gönderdiğimiz ayarların uygulandığı anlaşılır.

```

91 void ESP_Ready(void)
92 {
93     switch(ESPInitCase)
94     {
95         case 0:
96             USART_puts(USART1, "AT\r\n");
97             Delay(0xFFFFF);
98             ESPInitCase = 1;
99         break;
100
101         case 1:
102         if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf,"OK") != NULL)
103         {
104             /* Clear the buffer */
105             Clear_ESPBuffer();
106             ESPInitCase = 2;
107         }
108         else
109         {
110             Clear_ESPBuffer();
111             ESPInitCase = 0;
112         }
113         break;
114         case 2:
115         USART_puts(USART1, "AT+CWMODE=3\r\n");
116         Delay(0xFFFFF);
117         ESPInitCase = 3;
118         case 3:
119         if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf,"OK") != NULL)
120         {
121             Clear_ESPBuffer();
122             ESPInitCase = 4;
123         }
124         else
125         {
126             Clear_ESPBuffer();
127             ESPInitCase = 2;
128         }
129         break;
130         case 4:
131         USART_puts(USART1, "AT+CIPMODE=0\r\n");
132         Delay(0xFFFFF);
133         ESPInitCase = 5;
134         case 5:
135         if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf,"OK") != NULL)
136         {
137             Clear_ESPBuffer();
138             ESPInitCase = 6;
139         }
140         else
141         {
142             Clear_ESPBuffer();
143             ESPInitCase = 4;
144         }
145         break;

```

Şekil 3.20 ESP8266 Modülünün Ayarlanması 1

```

148     case 6:
149     USART_puts(USART1, "AT+CIPMUX=1\r\n");
150     Delay(0xFFFFF);
151     ESPInitCase = 7;
152     case 7:
153     if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf, "OK") != NULL)
154     {
155         Clear_ESPBuffer();
156         ESPInitCase = 8;
157     }
158     else
159     {
160         Clear_ESPBuffer();
161         ESPInitCase = 6;
162     }
163     break;
164     case 8:
165     USART_puts(USART1, "AT+CWJAP?\r\n");
166     Delay(0xFFFFF);
167     ESPInitCase = 9;
168     case 9:
169         if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf, "No AP") != NULL)
170         {
171             Clear_ESPBuffer();
172             ESPInitCase = 10;
173         }
174         else if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf, "+CWJAP: \"Wifi_Adi\"") != NULL)
175         {
176             Clear_ESPBuffer();
177             ESPInitCase = 12;
178         }
179         else
180         {
181             Clear_ESPBuffer();
182             ESPInitCase = 8;
183         }
184     break;
185     case 10:
186     USART_puts(USART1, "AT+CWJAP= \"Wifi_Adi\", \"Wifi_Sifresi\" \r\n");
187     Delay(0xFFFFF);
188     ESPInitCase = 11;
189     break;
190     case 11:
191     if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf, "OK") != NULL)
192     {
193         Clear_ESPBuffer();
194         ESPInitCase = 8;
195     }
196     else
197     {
198         Clear_ESPBuffer();
199         ESPInitCase = 10;
200     }
201     break;

```

Şekil 3.21 ESP8266 Modülünün Ayarlanması 2

Kullanıcı ara yüz sayfası yardımı ile kullanıcılar, seçili aydınlatma sisteminin parlaklığını kontrol edebilmektedir. ESP8266 modülü belli aralıklar ile kullanıcı arayüzünün veriyi tuttuğu web servis API'sini (Application Programming Interface - Uygulama Programlama Arabirimi) kontrol ederek değişiklik var mı kontrolü yapmaktadır. Alınan parlaklık değerinde değişiklik varsa mesaj içeriği ilgili değişkenlere atanır ve DALI mesajı oluşturulmaya başlanır.

Şekil 3.22'deki görselde görüleceği üzere AT+CIPSTART komutu ile ilk önce sitemize TCP bağlantısı kuruyoruz. "OK" cevabı alırsak site bağlantısı sağlanmış oluyor, "ALREADY" cevabı gelirse zaten siteye bağlıyız anlamına geliyor. Her iki durumda da bir sonraki adıma geçilir. AT+CIPSEND komutu ile sorgu mesajımızdan önce uzunluk bilgisi gönderiyoruz ">" cevabı gelince "GET" ile parlaklık verimizi siteye sorguluyoruz.

```
206 case 12:
207 USART_puts(USART1, "AT+CIPSTART=0,\"TCP\", \"bunyaminsogut-001-site1.atempurl.com\", 80\r\n");
208 DelayConnect(0xFFFFF);
209 ESPInitCase = 13;
210 break;
211 case 13:
212 if ((strstr(g_arrui8ESP8266Buf, "OK") != NULL) || (strstr(g_arrui8ESP8266Buf, "ALREADY") != NULL))
213 {
214     Clear_ESPBuffer();
215     ESPInitCase = 14;
216 }
217 }
218 else
219 {
220     // Cevap gelene kadar bekler
221     Clear_ESPBuffer();
222     ESPInitCase = 12;
223 }
224 break;
225 case 14:
226 USART_puts(USART1, "AT+CIPSEND=0,69\r\n");
227 DelayConnect(0xFFFFF);
228 GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
229 ESPInitCase = 15;
230 break;
231 case 15:
232 if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf, ">") != NULL)
233 {
234     Clear_ESPBuffer();
235     ESPInitCase = 16;
236 }
237 else
238 {
239     Clear_ESPBuffer();
240     ESPInitCase = 12;
241 }
242 break;
243 case 16:
244 USART_puts(USART1, "GET /getdata HTTP/1.0\r\nHost: bunyaminsogut-001-site1.atempurl.com\r\n\r\n\r\n");
245 DelayConnect(0xFFFFF);
246 ESPInitCase = 17;
247 break;
```

Şekil 3.22 ESP8266 ile TCP Bağlantısı Kurarak Siteye Bağlantı Sağlanması

Sorgu mesajı gönderildikten sonra site üzerinden parlaklık verisinin de bulunduğu uzun bir mesaj alınır. Ara yüz web servisi üzerinde %50 parlaklık için parlaklık verisi başında wifidata olacak şekilde wifidata:050 olarak tutulur. Şekil 3.23'te görüldüğü gibi gelen mesaj için de strstr fonksiyonu ile wifidata adresi çekilir. Gelen data ASCII (American Standard Code for Information Interchange - Bilgi değişimi için Amerikan Standart kodu) olduğu için decimal dönüşümü yapmak gereklidir. Convert_ASCII_Buf_to_Dec fonksiyonu ile dönüşüm yapılır dönüşüm esnasında wifidata'nın adresi çekildiğinden dolayı asıl datamıza ulaşmak için wifidata ya ait adrese 8 eklenerek asıl verimizin adresine ulaşır ve onun üzerinden işlemler yapılır. 8 eklenme sebebi ise wifidata ASCII olarak 8 byte yer kaplamasıdır.

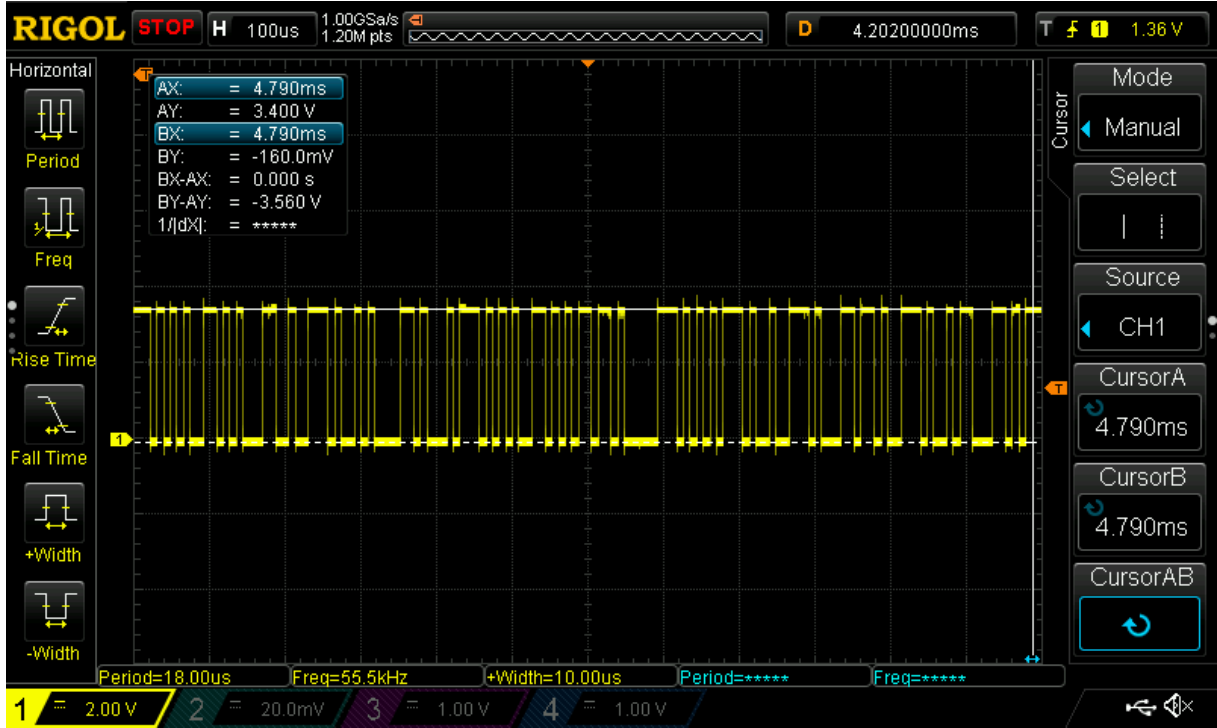
```

248 case 17:
249     if (strstr(g_arrui8ESP8266Buf,"wifidata:") != NULL)
250     {
251         Start_DALI_Level_Address =strstr(g_arrui8ESP8266Buf,"wifidata:");
252         Set_DALI_Level = Convert_ASCII_Buf_to_Dec(Start_DALI_Level_Address);
253         GPIO_ResetBits(GPIOB,GPIO_Pin_5);
254         if (Previous_DALI_Level != Set_DALI_Level)
255         {
256             Previous_DALI_Level = Set_DALI_Level;
257             Flag_Changed_DALI_Level = TRUE;
258         }
259         if (Flag_Changed_DALI_Level ==TRUE)
260         {
261             Flag_Changed_DALI_Level =FALSE;
262             if(Set_DALI_Level == 0)
263             {
264                 DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,OFF,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_COMMAND);
265             }
266             else if (Set_DALI_Level == 1)
267             {
268                 DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,RECALL_MIN_LEVEL,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_COMMAND);
269             }
270             else if (Set_DALI_Level == 100)
271             {
272                 DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,RECALL_MAX_LEVEL,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_COMMAND);
273             }
274             else
275             {
276                 DALI_Send_Cmd(ADDRESS01,Set_DALI_Level,SHORT_ADDRESS,FOLLOWING_DIRECT_ARC_POWER_LVL);
277             }
278         }
279         Clear_ESPBuffer();
280         ESPInitCase = 12;
281     }
282     else
283     {
284         Clear_ESPBuffer();
285         ESPInitCase = 12;
286     }
287     break;

```

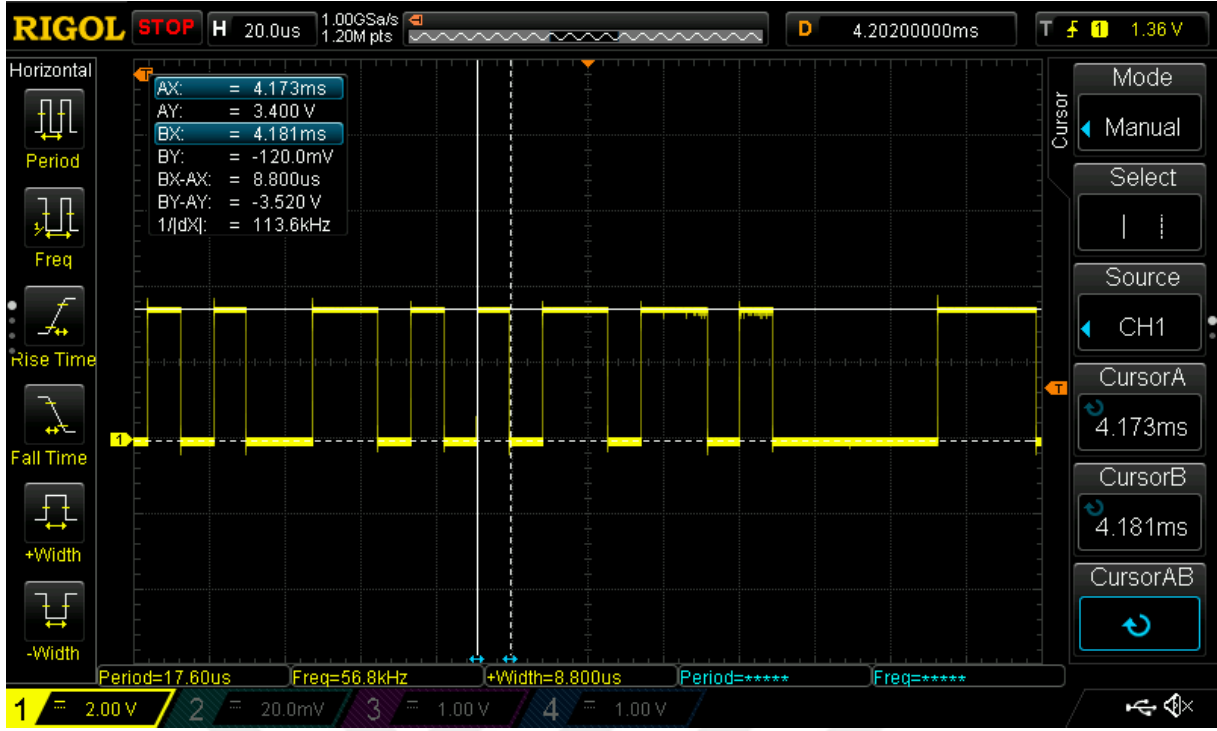
Şekil 3.23 Parlaklık Verisinin Alınması DALI Sorgusu Başlatılması

Şekil 3.23 şeklinde görülen 254. Satırda okunan değer bir önceki değerden farklı mı aynı mı kontrolü yapılır. Eğer değer farklı ise gelen değere göre DALI mesajı oluşturulur. Gelen parlaklık seviyesi 0 ise LED sürücümüze OFF mesajı gönderilir. Parlaklık seviyesi 1 ise minimum seviye, parlaklık seviyesi 100 ise maksimum seviye mesajı gönderilir. Eğer bu değerler dışında farklı bir değer gelirse direkt parlaklık verisi LED sürücüyeye gönderilir.



Şekil 3.24 ESP8266 Modülü Haberleşme Verisi

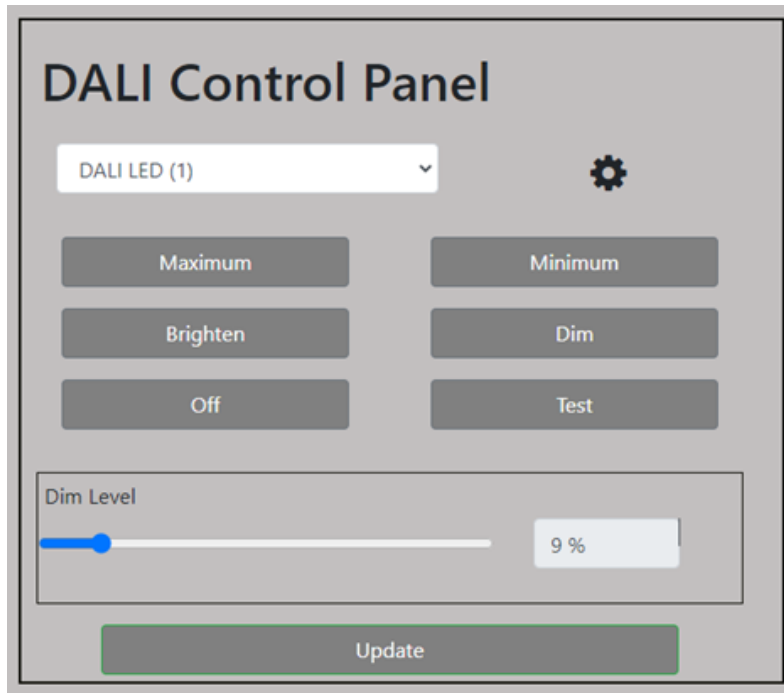
Şekil 3.24'te ESP8266 modülü ile UART haberleşme verisine ait osiloskop görüntüsü verilmiştir. Şekil 3.25'te bu veriye ait yakınlaştırılmış görüntüde bir bit için geçen süresinin BX-AX'de $8.8 \mu\text{s}$ olduğu görülmüştür. 115200 baud bir haberleşmede 1 bit için geçen sürenin $1/115200$ olmalıdır. Bu hesap ile 1 bit için geçen süre $8,68 \mu\text{s}$ olması gerektiği görülmektedir. Kursor kullanıcı tarafından ayarlandığı için, kullanıcı bazlı hata göz önünde bulundurulur. Ayrıca ortalama %3 baudrate toleransı [38] ile (tolerans haberleşme hızına göre farklılık gösterebilmektedir) $8.8\mu\text{s}$ olarak ölçülen değer $8,419 \mu\text{s}$ ile $8,94 \mu\text{s}$ arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 3.25 ESP8266 Modülü Yakınlaştırılmış Haberleşme Verisi

3.3 Web Uygulaması

Proje kapsamında geliştirilen Web sayfası Şekil 3.26’da gösterilmiştir. Bu ara yüz yardımı ile kullanıcılar, seçili aydınlatma sisteminin parlaklığını kontrol edebilmektedir. Sayfada bulunan butonlar ile parlaklık istenilen seviyede artırılabilir ya da azaltılabilir.



Şekil 3.26 DALI Kontrol Ünitesi Kullanıcı Arayüzü

Web uygulaması, Asp.NET MVC (Model View Controller - Model Görünümü Denetleyicisi) ile oluşturulmuştur. Ön yüzde HTML, CSS ve Javascript dillerinden yararlanılmıştır. Sunucu tarafında ise C# programlama dili kullanılmıştır. Ön yüzde butonlara tıklandığında HTTP POST (Power On Self Test - Açılıştaki Kendi Kendine Test) metodu ile Controller sınıfına veriler gönderilmektedir. Daha sonra bu veriler veri tabanına kaydedilmektedir. Katmanlı mimaride hazırlanan MVC projesinde veri tabanı işlemleri için EntityFramework kütüphanesi kullanılmıştır. Veri tabanı olarak MSSQL (Microsoft SQL Server - Microsoft SQL Sunucusu) Server seçilmiştir. Oluşturulan tablo ve sütunları Şekil 3.27’de gösterilmiştir.

EntityInfos			
	Column Name	Data Type	Allow Nulls
🔑	Id	int	<input type="checkbox"/>
	Brightness	int	<input type="checkbox"/>
	DaliNo	int	<input type="checkbox"/>
	MaxLevel	int	<input type="checkbox"/>
	MinLevel	int	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Şekil 3.27 Veri Tabanı Tablosu

Proje kapsamında Web sitesi haricinde gömülü sistemin DALI sistemine ait güncel parlaklık verisini okuyabilmesi için Web servis yazılmıştır. REST mimarisi ile tasarlanan servis için Asp.NET API kullanılmıştır. Bu servis sayesinde cihazlar veri tabanına bağlanması engellenmiş ve sadece gerekli olan veriyi HTTP protokolü üzerinden alabilmesi sağlanmıştır.

Gömülü sistem tarafından kolay okunabilmesi için veriler, string tipte gönderilmektedir. Veri tabanından güncel parlaklık değerini alan ve HTTP GET ile çalışan C# metodu Şekil 3.28’de verilmiştir.

```
[HttpGet]
public IActionResult GetBrightness()
{
    Repository repository = new();
    var entity = repository.Get();
    var value = $"{entity?.Brightness:D3}";
    return Ok(value);
}
```

Şekil 3.28 Parlaklık Verisinin Okunması

4. TEST VE DENEYSEL SONUÇLAR

4.1 Cihazın Genel Görünümü

Bu çalışmada, web arayüzünden alınan verileri Wi-Fi üzerinden DALI kontroller cihazına aktaran ve DALI hattı üzerinden DALI uyumlu bir LED sürücüyü kontrol eden bir cihaz tasarlanmıştır. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de kontroller cihazı görseli bulunmaktadır.



Şekil 4.1 WIFI Haberleşmeli DALI Uyumlu Akıllı LED Sürücü Kontrol Cihazı

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi;

1 numaralı bölüm DALI donanım devresidir izolasyonlu bir şekilde işlemciye sinyalleri aktarıyor. DALI hattında bulunan 9.5 V ile 22.5 V arasındaki yüksek seviyeli sinyal işlemcinin sinyal seviyesi olan 3.3 V a düşürüyor. -6,5 V ile 6,5 V arasındaki düşük seviyeli sinyal 0 V seviyesine düşüyor. Aynı şekilde işlemciden gönderilen sinyaller DALI standartları seviyesine çıkıyor.

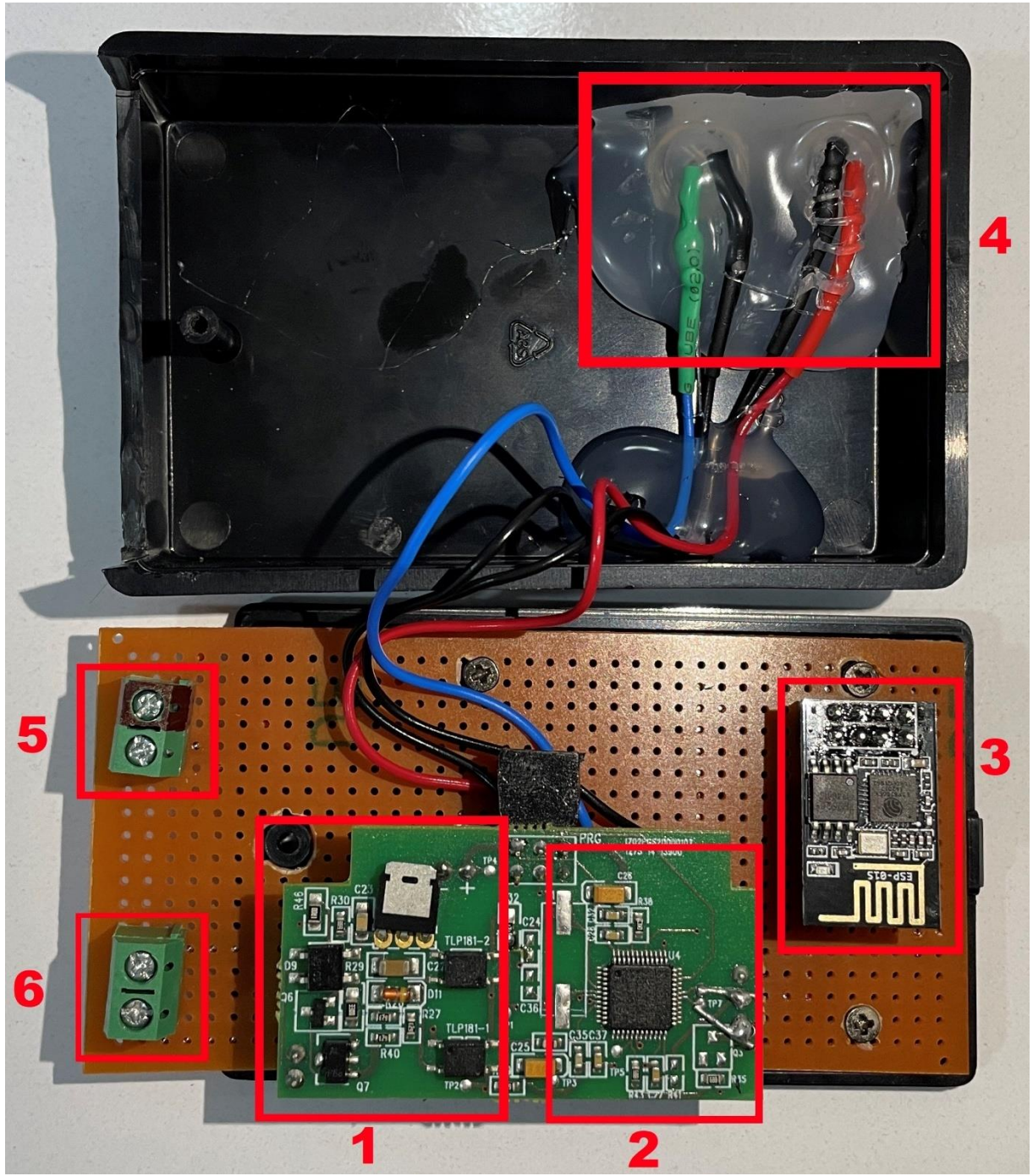
2 numaralı bölüm işlemci ve çevre birimlerine ait donanım birimidir. Wi-Fi dan gelen verilerin analizi ile DALI mesajlarının hazırlanması bu birimde yapılır.

3 numaralı bölüm ise ESP8266 Wi-Fi modülüdür. Kullanıcı ara yüzü verileri bu modül sayesinde alınır UART ile işlemciye aktarılır.

4 numaralı bölüm 2 adet uyarı LED’i bulunmaktadır. Bu LED’lerden biri güç LED’i cihazda enerji varsa yanıyor diğeri bağlantı LED’i kullanıcı arayüzü ile iletişim halindeyse yan sön yapan LED’dir.

5 numaralı bölüm güç klemens girişi 3.3 V ile beslenmektedir.

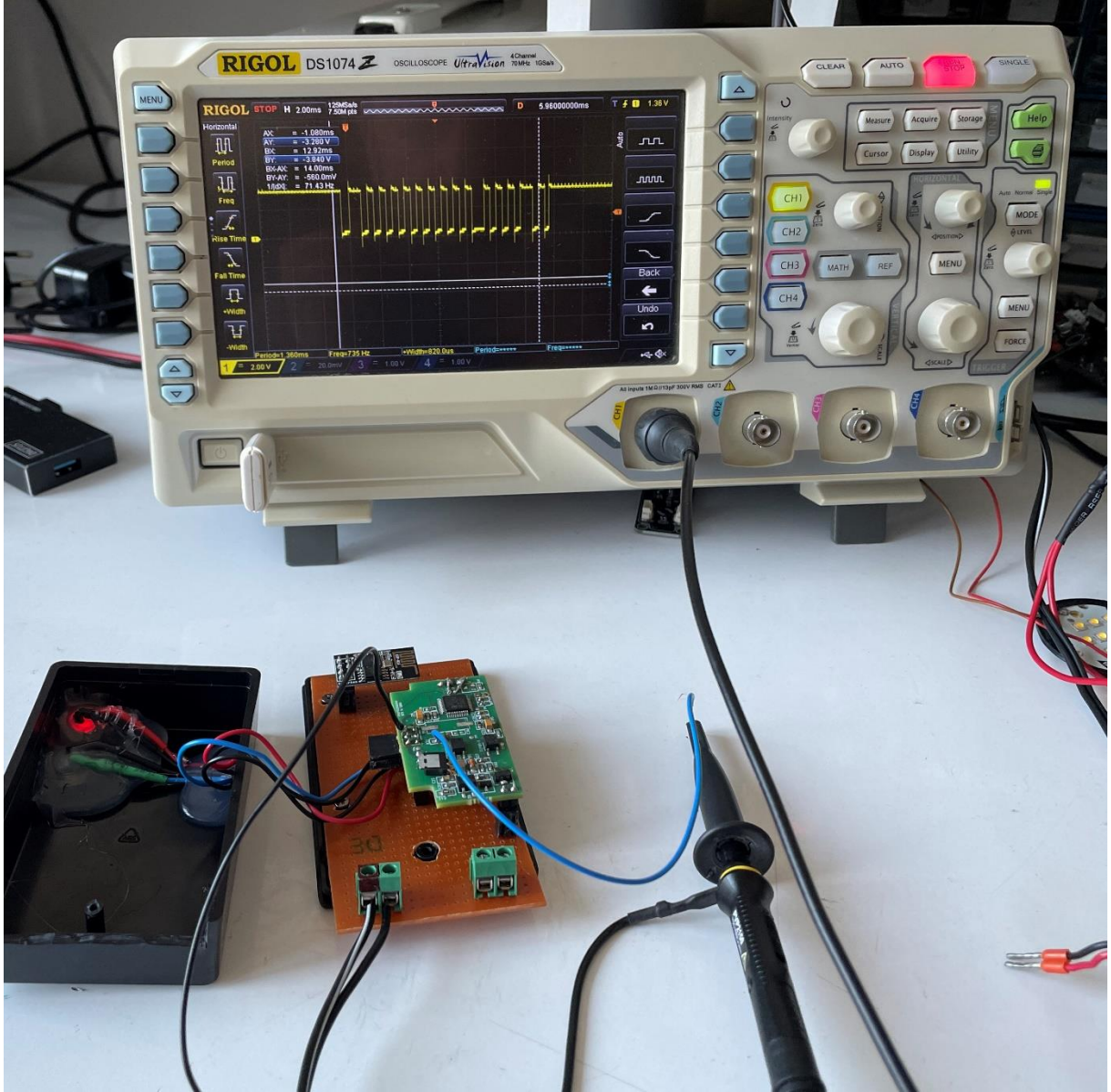
6 numaralı bölüm DALI haberleşmesi için kullanılan klemensdir.



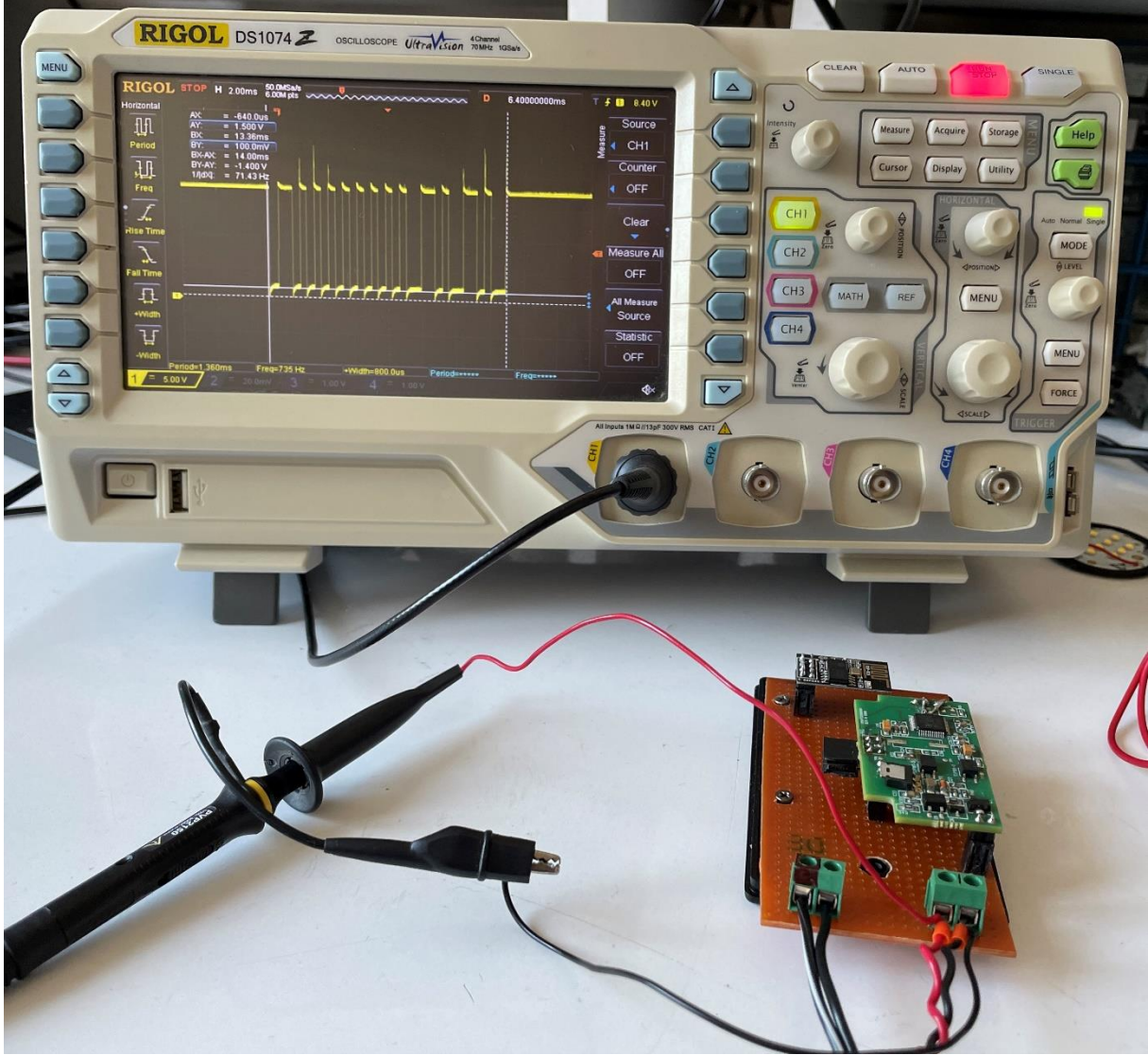
Şekil 4.2 WIFI Haberleşmeli DALI Uyumlu Akıllı LED Sürücü Kontrol Cihazı Detayları

4.2 Osiloskop Ölçümleri

Cihaz üzerinden alınan osiloskop görüntülerine ait teknik detaylar uygulama bölüm 3.2.2'detaylı anlatılmıştır. İşlemci çıkışından alınan osiloskop görüntüsüne ait görsel Şekil 4.3'te DALI hattı çıkışında alınan görüntü görseli Şekil 4.4'te verilmiştir. Osiloskop görüntüleri incelendiğinde çıkan sonuçların doğrulukları her iki haberleşme sinyalinin (DALI ve Wi-Fi için UART) teknik dokümanı incelendiğinde görülmüştür.



Şekil 4.3 İşlemci Çıkışı DALI Mesajı

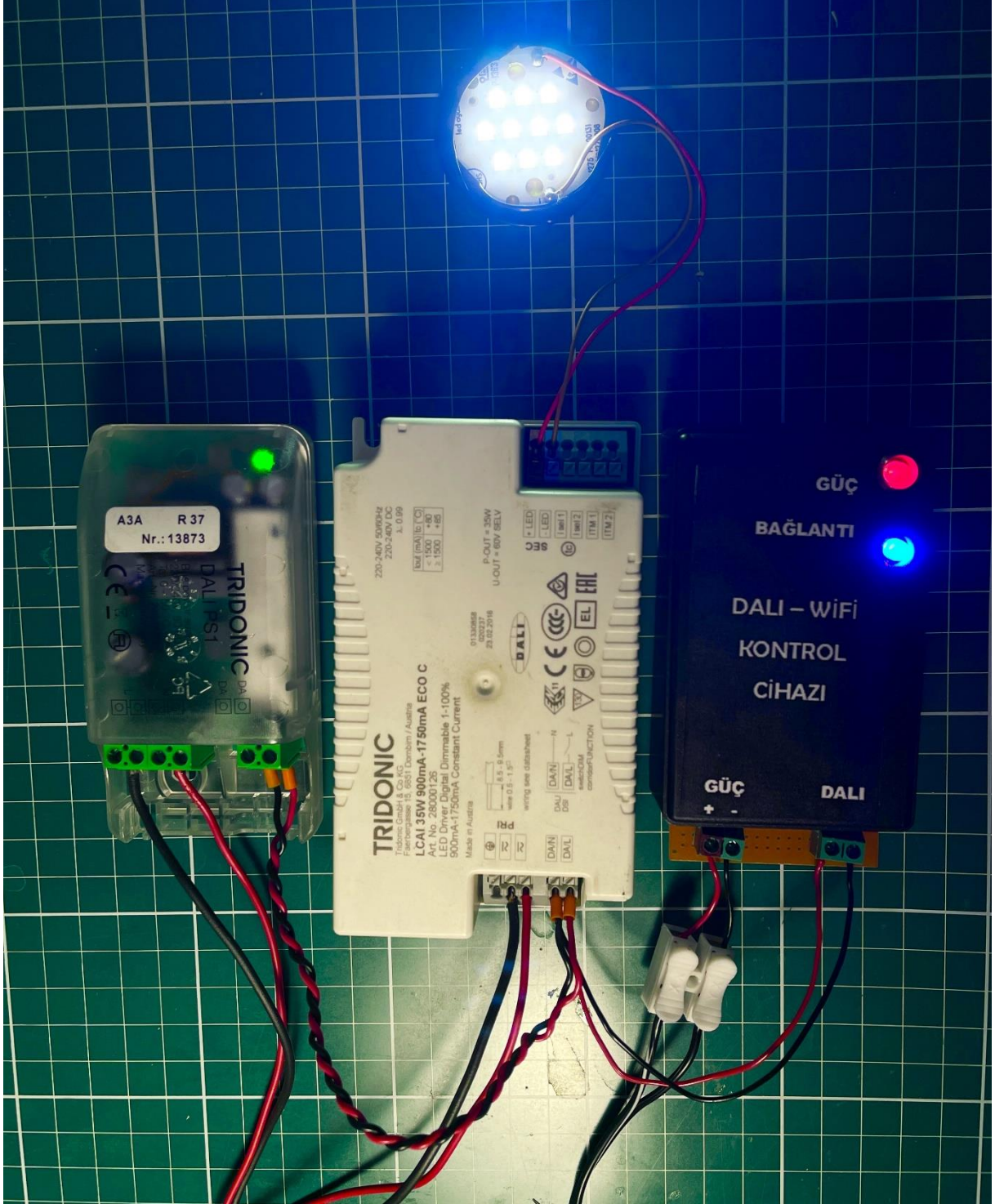


Şekil 4.4 DALI Donanım Devresi Çıkışı Hatta Gönderilen DALI Mesajı

Sistemin düşük maliyetli ve basit yapısına göre sistemin kararlı çalıştığı görülmüştür. Tasarlanan devrenin, evrensel bir protokol olan DALI haberleşmesini desteklemektedir. Aynı DALI protokolünü destekleyen LED sürücüler ile uyumlu çalışmaktadır.

4.3 Farklı Marka Sertifikalı Ürün ile Test

DALI standartları testlerini geçmiş ve DALI sertifikasına sahip olan bir Tridonic marka LED sürücü ile testler gerçekleştirilmiştir. Web arayüz üzerinden parlaklık azaltma, parlaklık artırma, minimum ve maksimum seviyelerine ayarlama yapılmıştır. Yapılan testler ile tez kapsamında yapılan çalışmanın DALI'nin gerekli standartlarını yerine getirdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5 DeneY DüZeneği

Şekil 4.5'te Tridonic marka LED sürücü ile yapılan deneylere ait görsele yer verilmiştir. Yapılan testlerde DALI hattını beslemek için Tridonic marka güç kaynağı kullanılmıştır. Testler sonucunda tasarlanan kontroller cihazının, kullanılan malzemelerin düşük maliyetli olması, tedarikinin kolay olması ve sistemin kararlı olması sebebiyle pratik çalışmalarda güvenli şekilde kullanılacağı anlaşılmıştır.

Kullanıcı ara yüzü üzerinden girilen komutların ESP8266 modülü üzerinden UART haberleşme protokolü ile işlemciye aktarıldığı gözlemlenmiştir. Datalar osiloskop ile gözlemlenmiş haberleşme hızı belirlenen tolerans aralığında olduğu görülmüştür. İşlemci üzerinden debug (hata ayıklama) ile canlı veri takibi yapılmıştır. Datalar incelenmiş ve doğruluğu görülmüştür.

ESP8266 modülü üzerinden gelen datalar ayrıştırılmış anlamlı hale getirilmiştir. Dataların ilgili değişkenlere başarılı şekilde atandığı görülmüştür.

Data ataması ile kullanıcının hangi komutu gönderdiği bilinmektedir. DALI komut mesajı oluşturulur. DALI mesajı oluşturulup manchester kodlaması yapıldıktan sonra gönderildiği debug ile görülmüştür. Gönderilen DALI sinyalleri osiloskop yardımı ile incelenmiştir. İncelenen DALI sinyallerinin haberleşme hızının DALI teknik dokümanında [21] belirtilen aralıkta olduğu görülmüştür. En yüksek ve en düşük seviyedeki pik sinyalleri de elektriksel özellikleri [25] içinde olduğu görülmüştür. Testlerin doğruluğu gözlemlendikten sonra Tridonic marka LED sürücü ile haberleştiği görülmüştür. İstenilen LED parlaklık seviyesi kontrolü yapılmıştır.

5. SONUÇ

Gelişen teknolojik düzey ile enerji ve enerji kaynaklarının verimli olarak kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Yeni teknolojiler kullanarak kaliteyi ve performansı düşürmeden enerji verimliliği gerçekleştirilebilir. Aydınlatma alanında ise LED aydınlatma sistemlerinin diğer aydınlatma sistemlerine göre daha tasarruflu olduğu geçtiğimiz bölümlerde bahsedildi. LED sürücülerin kontrollü bir şekilde kullanılması verimliliği daha da arttıran bir etkidir. Bunun için de evrensel kabul görmüş haberleşme protokolleri ile akıllı sistemlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında akıllı bir LED sürücü kontroller yapımı sunulmuştur. Çalışmanın detaylarında yapılan devreye ait donanımsal özellikleri çalışma prensiplerinden bahsedilmiş, sistemin çalışması için donanımda çalışması gereken yazılıma ait akış şeması, yazılım detaylarından bahsedilmiştir. Aydınlatma sistemlerinde en çok tercih edilen haberleşme protokollerinden olan DALI protokolü tercih edilmiştir. Arayüz üzerinden haberleşmede ise kablosuz olarak en çok tercih edilen Wi-Fi haberleşmesi kullanılmıştır. Wi-Fi haberleşmesi için piyasada çabuk bulunabilir ve maliyet olarak ucuz olduğu için ESP8266 tercih edilmiştir.

Literatürdeki diğer çalışmalar incelendiğinde genellikle otomasyon sistemlerine yönelik birden fazla sensörün kablosuz haberleşme protokolleri ile uzaktan yönetilen, maliyet gerektiren büyük sistemler olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, DALI haberleşme protokolünün uzaktan kontrolünü sağlayan müşteriye sunulacak son ürün ortaya çıkartılmıştır. Wi-Fi destekli DALI protokolü kontrol cihazı yapılmıştır. Bu kontrol cihazı ile DALI destekli LED sürücülerin bulunduğu ortamda DALI hattı bağlantısı yapıp cihazın herhangi bir Wi-Fi hattına bağlanması ile uzaktan kontrol edilmesi mümkündür. Kontrol için herhangi internet bağlantısı olan bir cihazdan (bilgisayar, tablet cep telefonu v.b. gibi) arayüze erişilebilir ve istenilen her yerden LED aydınlatmaların kontrolü yapılabilir.

Devrenin teorik çalışmaları yapıldıktan sonra deneysel çalışmalar yapılmıştır, sonuçlara ait haberleşme verilerinin osiloskop görüntüleri incelenmiş geçmiş bölümlerde detaylıca anlatılmıştır. DALI sertifikasına sahip olan bir Tridonic marka LED sürücü ile testler yapılarak tez çalışması doğrulanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Sogut B.,Fulin B. ve Parlak F. (2017) , DALI Protokolü ile Kontrol Edilebilen Enerji Tasarruflu LED Sürücü EEMKON (Elektrik Elektronik Mühendisliği Kongresi), 16-18 Kasım 2017, İstanbul, Türkiye.
2. Wikipedia Digital Addressable Lighting Interface Sayfası, https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Addressable_Lighting_Interface, Şubat 2012.
3. Bellido-Outeirino F. J., Flores-Arias J. M., Gil-de-Castro, A., and Moreno-Munoz A., (2012) Building Lighting Automation Through the Integration of DALI with Wireless Sensor Networks, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 58(1), 47-52.
4. Moeck M., (2004) Developmansa in digital addressable lighting control, Journal of Light and Visual Enviroment, 28(2), 104-106.
5. Bellido-Outeirino, F. J.B., Perez, F.D., Gil-de-Castro, A.R., Arias, J. F. Anf Moreno-Munoz, A., (2012), “In-Building Lighting Management System with Wireless Communications”, 2012 International Conference on Consumer Electronics ICCE, 13-16 January 2019, Las Vegas, Nevada, USA.
6. Domingo-Perez F., Castro A. G., Flores-Arias J. M., Bellido-Outeirino F. J.and Moreno-Munoz A. (2012) Lighting Control System Based on DALI and Wireless Sensor Networks, 2012 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) , 16-20 January 2012, Washington, DC, USA.
7. Gil-de-Castro A., Moreno-Munoz A., and G. de la Rosa J. J., (2010), Characterizing the harmonic attenuation effect of high-pressure sodium lamps, 14th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), 26-29 Eylül 2010, Bergamo, Italy.
8. Kim D. H., Sung J. S., Park S. and Kang T.,(2016), A study on the performance factors for wireless lighting control networks, 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC),19-21 Ekim 2016, Jeju Island, Korea.
9. Qiu C., Hussain B. and Yue C. P., (2019), Bluetooth based wireless control for iBeacon and VLC enabled lighting, 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 15-18 Ekim 2019, Osaka, Japan.
10. Wikipedia iBeacon Sayfası, <https://en.wikipedia.org/wiki/IBeacon>, 2013.
11. Zheng Z., Liu L. and Hu W.,(2017), Accuracy of ranging based on DMT visible light communication for indoor positioning, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 29, no. 8, pp. 679-682., Nisan 2017.

12. George M. A., Choudhary S., Sahay D., Yerra T. and Kurian C. P., (2013), Digitally Addressable Wireless Interface for Lighting Control System, Texas Instruments India Educators' Conference, 4-6 Nisan 2013, Bangalore, India.
13. Kudryashov A. V., Elena S. Galishheva and Kalinina A. S., (2018), Lighting Control Using DALI Interface, International Conference on Industrial Engineering Applications and Manufacturing (ICIEAM), 15-18 Mayıs 2018, Moscow, Russia.
14. Varghese S. G., Kurian C. P. and George V. I. , (2015), A study of communication protocols and wireless networking systems for lighting control application, International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 22-25 Kasım 2015, Palermo, Italy.
15. Simpson R. S. , (2003), Lighting control: technology and applications, 1st Edition, Focal Press, New Jersey.
16. Teasdale, D., Rubinstein, R., Watson, D. and Purdy, S., (2005) : Adapting Wireless Technology to Lighting Control and Environmental Sensing, Annual Technical Progress Report, DE-FC26-04NT41944, Dust Networks, Hayward, Kaliforniya.
17. Chuang S. and Min-xian H. , (2010), Wireless landscape lighting control system based on ARM-Linux, 2nd International Conference on Education Technology and Computer, 22-24 Haziran 2010, Shanghai, China.
18. Kudryashov A., Lighting Control System for Premises with Display Screen Equipment, (2017), IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 8-10 Kasım 2017, United Kingdom.
19. Modbus Temelleri Resmi Sayfası, <http://www.modbus.org>, 2005.
20. Tamboli S. ,(2015), Implementation of Modbus RTU and Modbus TCP communication using Siemens S7-1200 PLC for batch process, 2015 international conference on smart technologies and management for computing communication controls energy and materials (ICSTM), 6-8 Mayıs 2015, Avadi, India.
21. DALI Group, (2001), DALI Manual, DALI AG of ZVEI, Division Luminaires, <http://www.susaeta.net/attachments/article/42/manual%20dali.pdf> , 2001.
22. Sahu R., (2019), DALI Protocol and Interface with DALI Devices from External Master Controller, Silesian University of Technology, Faculty of Automatic Control, Informatics & Computer Science, 25 Temmuz 2019, Gliwice, Poland.
23. Zhang Y., Zhou P, Wu M., (2006), Research on DALI and Development of Master-Slave module, IEEE Conference on Networking, Sensing and Control, 14 Ağustos 2006, Ft. Lauderdale, FL.

24. Contenti C., (2002), Digitally Addressable DALI Dimming Ballast, IEEE Applied Power Elect. Conf., 10-14 Mart 2002, Dallas, Texas.
25. Microchip, Application Note AN1465, (2012) , Digitally Addressable Lighting Interface (DALI) Communication, Microchip Technology Inc., <https://ww1.microchip.com/downloads/en/Appnotes/01465A.pdf> (2012).
26. Wu M., Kung C. and Lin Y., (2020), DALI-2 Intelligent Lighting Control System, International Symposium on Computer Consumer and Control (IS3C), 13-16 Kasım 2020, Taichung City, Taiwan.
27. Wikipedia Kablosuz Haberleşme Standartları Karşılaştırması Sayfası, https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_wireless_data_standards, Kasım 2018.
28. Eridani D., Widiyanto E. D., Augustinus R. D. O., (2019), Monitoring system in LoRa network architecture using smart gateway in simple LoRa protocol, International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI) IEEE, 5-6 Aralık 2019, Yogyakarta, Indonesia.
29. LoRa-Alliance., (2015),A Technical Overview of LoRa and LoRaWAN; LoRa-Alliance: San Ramon, CA, USA, <https://loro-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/what-is-lorawan.pdf>, Kasım 2015.
30. Adelanto, F. et al. (2017) Understanding the Limits of LoRaWAN, IEEE Communications Magazine, Volume: 55, Issue: 9, Paper: 34-40, Eylül 2017.
31. Gu G. and Peng G., (2010), The survey of GSM wireless communication system, Proc. Of International Conference on Computer and Information Application (ICCIA), 3-5 Aralık 2010, Tianjin, China.
32. Rahman Md. M., Jannat N. E., Islam Md. O. and Salakin Md. S., (2015), Arduino and GSM Based Smart Energy Meter for Advanced Metering and Billing System, International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT), 21-23 Mayıs 2015, Savar, Bangladesh.
33. Yoppy, Arjadi R. H., Candra H., Prananto H. D. and Wijanarko T. A. W., (2018), RSSI Comparison of ESP8266 Modules, Electrical Power Electronics Communications Controls and Informatics Seminar (EECCIS), 9-11 Ekim 2018, Batu, Indonesia.
34. Wikipedia Wi-Fi Temelleri Sayfası, <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>, 24 Temmuz 2002.
35. Barai A. R., Badhon M. R. K., Zhora F. and Rahman Md. R., (2019), Comparison between Noninvasive Heart Rate Monitoring Systems using GSM Module and ESP8266 Wi-Fi Module, 3rd International Conference on Electrical Computer Telecommunication Engineering (ICECTE), 26-28 Aralık 2019, Rajshahi, Bangladesh.
36. McPherson, S. S. (2009), Tim Berners-Lee: Inventor of the World Wide Web, 1st Edition, Twenty-First Century Books, USA.
37. Şensoy, M. (2022). Akıllı Binalarda Web Teknolojilerinin Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 32-33.

38. STMicroelectronics, STM32F030x4/x6/x8/xC ARM®-based 32-bit MCUs, Reference manual, RM0360, (2017), https://www.st.com/resource/en/reference_manual/rm0360-stm32f030x4x6x8xc-and-stm32f070x6xb-advanced-armbased-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf, Nisan 2017.
39. Microchip ESP-01 WiFi Modül Sayfası, <https://www.microchip.ua/wireless/esp01.pdf>, 2015.
40. Güngör B. (2011). Dalı Arabirimi Üzerinden Bir Acil Aydınlatma ve Yönlendirme Sistemi Yönetimi ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 21-22.
41. Espressif Systems, (2021), ESP8266 Non-OS, AT Instruction Set, Reference Document (espressif.com), Version 3.0.5, https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/4a-esp8266_at_instruction_set_en.pdf, Ağustos 2021.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini Manisa ilinde tamamladı. 2010-2015 yılları arasında Gebze Teknik Üniversitesi Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2020 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

2015 yılı Mikrodev Ltd firmasında “ARGE Mühendisi” olarak iş hayatına başladı. 2016 yılında Akım Metal A.Ş.'de “Gömülü Sistemler Yazılım Donanım Mühendisi” olarak görevine devam etti. 2021 yılından itibaren Worldline A.Ş firmasında “Yazılım Mühendis Uzmanı” olarak görevini sürdürmektedir.



YAYINLARI

Bildiri

1. Sogut B.,Fulin B. ve Parlak F., (2017), DALI Protokolü ile Kontrol Edilebilen Enerji Tasarruflu LED Sürücü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Kongresi (EEMKON 2017), 16-18 Kasım 2017, İstanbul, Türkiye.
2. Fulin B. ve Sogut B., (2018), DALI LED Sürücüler için Lineer ve Logaritmik Olarak Işık Seviyesinin Değiştirilmesi”, ISS2018 3rd International Science Symposium, ID: 1A21IJ, 5-8 Eylül 2018, Pristine, Kosovo.
3. Sogut B. ve Fulin B., (2018), Dahili Mıknatıslı Senkron Motorun Hız Kontrolünde Kullanılan Anahtarlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması, ISS2018 3rd International Science Symposium, ID: 1A19IJ, 5-8 Eylül 2018, Pristine, Kosovo.
4. Cevizci S., Fulin B., Yılmaz S. ve Sogut B., (2019), Enerji Analizörü Tasarımı ve Enerji Ölçüm Sonucunun Zamana Göre Hatasının Makine Öğrenmesi Algoritmasıyla Modellenmesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Kongresi (EEMKON 2019), 16 Kasım 2019, İstanbul, Türkiye.