



**T.C. İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖRÜNÜR IŞIK HABERLEŞMESİ İÇİN BİR UYGULAMALI ALICI-
VERİCİ TASARIMI**

Sayf Waleed Majeed AL-BAYATI

**Danışman
Doç. Dr. Serhan YARKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İSTANBUL - 2019**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sayf ALBAYATI tarafından hazırlanan "GÖRÜNÜR IŞIK HABERLEŞMESİ İÇİN BİR UYGULAMALI ALICI-VERİCİ TASARIMI" adlı tez çalışması 26/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda (YÜKSEK LİSANS) TEZİ olarak Kabul edilmiştir.

Danışman

Doç. Dr. Serhan YARKAN
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ali BOYACI
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Ali AYDIN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa



Onay Tarihi : 09.07.2019



Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Tarih

26/6/2019

İmza

Saygı

Tez Yazarının Adı Soyadı

Saygı ALBayatı

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| İÇİNDEKİLER..... | i |
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iv |
| TEŞEKKÜR..... | v |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | vi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | viii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 Sorun Bildirimi | 2 |
| 1.2 Sorun Amaçları | 2 |
| 1.3 Sınırlamalar | 2 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ..... | 3 |
| 2.1 Işık Yayan Diyot..... | 3 |
| 2.2 Fotodedektörler | 4 |
| 2.3 Fotodiyotlar..... | 5 |
| 2.4 Fotodiyotların Çalışma Modları..... | 6 |
| 2.4.1 Fotoiletken modu | 6 |
| 2.4.2 Fotovoltaik modu | 6 |
| 2.5 Işık Bağımlı Direnç..... | 6 |
| 2.6 Genlik Shift Anahtarlama (ASK) | 7 |
| 2.7 Nabız Pozisyon Modülasyonu (PPM) ve (PWM) | 8 |
| 2.8 Arduino UNO..... | 9 |
| 3. GÖRÜNÜR IŞIK HABERLEŞME GENEL BAKIŞI..... | 10 |
| 3.1 VLC Kablosuz Sensör Ağlarda..... | 10 |
| 3.2 VLC Araç-Araç Haberleşmesi için | 11 |
| 3.3 VLC Sualtı Haberleşmesi için | 13 |
| 3.4 VLC Yüksek Hızlı Veri İletimi için | 14 |
| 3.5 VLC Teknoloji ve Geleceği | 17 |
| 3.6 VLC'nin Standartlaştırması..... | 17 |
| 3.7 VLC'nin Zorlu Konuları | 18 |
| 4. TASARIM GEREKSİNİMLERİ..... | 19 |
| 4.1 Donanım..... | 19 |
| 4.1.1 Verici | 19 |
| 4.1.1.1 LED..... | 19 |
| 4.1.2 Alıcı..... | 19 |
| 4.1.2.1 Fotodiyot..... | 19 |
| 4.1.2.2 Işık bağımlı direnç..... | 20 |
| 4.2 Yazılım | 20 |
| 4.2.1 Arduino IDE..... | 20 |
| 4.2.2 Autodesk circuits..... | 20 |
| 4.2.3 Matlab | 20 |
| 4.2.4 OptiSystem | 20 |
| 5. TASARIM VE UYGULAMA | 21 |
| 5.1 VLC Sistemin tasarımı | 21 |
| 5.1.1 VLC'nin genel sistem yapısı..... | 21 |
| 5.1.2 VLC'nin verici tasarımı | 21 |

| | |
|--|----|
| 5.1.3 VLC'nin alıcı tasarımı..... | 23 |
| 5.2 Sistemin Hata Ayıklama Tespiti..... | 25 |
| 5.2.1 VLC Donanım hata ayıklama tespiti | 25 |
| 6. DENEYSEL KURULUMLAR..... | 26 |
| 6.1 VLC Sistemin Simülasyonu..... | 27 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 30 |
| KAYNAKLAR..... | 31 |
| EKLER..... | 33 |
| EK A. Alıcının Kaynak Kodu | 34 |
| EK B. Vericinin Kaynak Kodu | 37 |
| EK C. Tasarlanan Verici ve Alıcı Resmi | 40 |
| EK D. PC'den PC'ye İletişim testi..... | 41 |
| EK E. Kullanılan elektronik parçaların fiyatları (direnc.net)..... | 42 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 43 |



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖRÜNÜR IŞIK HABERLEŞMESİ İÇİN BİR UYGULAMALI ALICI- VERİCİ TASARIMI

Sayf Waleed Majeed AL-BAYATI

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Serhan YARKAN

2019, 43 sayfa

Kablosuz Görünür ışık haberleşme son zamanlarda birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir bunun nedeni, görünür ışık haberleşme radyo frekansı haberleşmesinde bulunmayan bazı avantajlara sahip olmasıdır. Görünür ışık haberleşme alanlarında yapılan birçok araştırma bu araştırmaların çoğu daha yüksek haberleşme veri hızlarına nasıl ulaşılacağına ve kısa mesafelerde iç mekan uygulamaları için kullanılacak görünür ışık haberleşme alıcı-vericisinin tasarım aşamalarına çok daha az odaklanmıştır. Bu tezde görünür ışık haberleşme alıcı-vericisinin tasarlanması ve uygulanması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem iki ana bölümden oluşur, verici bölümü ve alıcı bölümü. Sistem iki ATmega328P çip mikrodenetleyicisi kullanıyor. Verici bölümünde verici modül olarak kullanılan ışık yayan diyotlar. Işık yayan diyot aydınlatma ışık dalgası iletilen sinyallerin taşıyıcısı olarak işlev görür. Alıcı bölümünde, sinyal alımını gerçekleştirmek için bir fotodedektör ve bir LCD ekran kullanılır. Tasarlanan Sistemin son testleri, iç mekanda kısa mesafeli görünür ışıkta veri iletimini gerçekleştirdi ve görünür ışık haberleşmesi için güvenilir bir alıcı-vericiyi doğruladığını gösterdi.

Anahtar Kelimeler: Görünür ışık haberleşme, ışık yayan diyot, fotodedektör, fotodiyot, mikrodenetleyici.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

AN ADAPTIVE TRANSCEIVER DESIGN FOR VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

Sayf Waleed Majeed AL-BAYATI

**Istanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Electronic and Communication Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serhan YARKAN

2019, 43 pages

Wireless Visible light communication has been attracting many researchers attention recently the reasons are that visible light communication have some advantages which does not exist in radio frequency communications. Many researches done in visible light communication fields the most of these researches focused on how to achieve higher communication data rates and much less focused on the designing steps of the visible light communication transceiver to be utilized for indoor applications within short ranges. In this thesis designing and implementing of a visible light communication transceiver is successfully accomplished. The designed system composed of two main sections the transmitter section and the receiver section. The system uses two ATmega328P chip microcontrollers. Light emitting diodes used at the transmitter section as the transmitting module. The light emitting diode illumination light wave acts as the carrier of the transmitted signals. At the receiver section a photo detector and an LCD display is used to realize the signal reception. The final tests of the system showed that the design realizes indoor visible light short distance data transmission and verifies a reliable transceiver for visible light communication.

Keywords: Light emitting diode, microcontroller, photo detector, photodiode visible light communication.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Serhan YARKAN'a teőekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm (Babam) Waleed ALBAYATI'ya teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sayf waleed majeed AL-BAYATI
İSTANBUL, 2019

ŞEKİLLER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 2.1. LED ileri taraflı P-N kavşağı..... | 3 |
| Şekil 2.2 LED Mimarisi..... | 4 |
| Şekil 2.3 st1KLA fototransistör | 5 |
| Şekil 2.4 PIN fotodiyotu | 5 |
| Şekil 2.5 OSRAM BPW21 Silikon Fotodiyot..... | 6 |
| Şekil 2.6 (a) Işığa bağlı direnç yanıtı (b) tipik LDR..... | 7 |
| Şekil 2.7 farklı açma-kapama modülasyon formatları | 7 |
| Şekil 2.8 PPM ve PWM | 8 |
| Şekil 3.1 Görünür ışık araç-araç haberleşmesi | 11 |
| Şekil 3.2 Ters nabız pozisyon modülasyonu 4-PPM..... | 12 |
| Şekil 3.3 Su altı iletişim vericisinin blok şeması..... | 13 |
| Şekil 3.4 Sualtı iletişim alıcısının blok şeması | 14 |
| Şekil 5.1 VLC'nin Genel sistem yapısı | 21 |
| Şekil 5.2 VLC'nin verici prototipi..... | 22 |
| Şekil 5.3 VLC verici Prototipinin şeması | 23 |
| Şekil 5.4 VLC'nin alıcı prototipi | 24 |
| Şekil 5.6 VLC alıcı prototipinin şeması | 25 |
| Şekil 6.1 Deneysel ve teorik BER..... | 26 |
| Şekil 6.2 Simüle ve Teorik BER..... | 27 |
| Şekil 6.3 VLC sistem simülasyonu opisyssem yazılımında..... | 28 |
| Şekil 6.4 Simülasyon giriş sinyali | 29 |
| Şekil 6.5 Simülasyon çıkış sinyali | 29 |
| Şekil C.1 Tasarlanan Verici ve Alıcı Resmi | 40 |
| Şekil D.1 PC'den PC'ye İletişim testi | 41 |

ÇİZELGELER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Çizelge 2.1 Tipik LED özellikleri | 4 |
| Çizelge 2.2 Arduino Uno board'un teknik bilgileri..... | 9 |
| Çizelge 3.1 VLC pratik gösteriler | 15 |
| Çizelge E.1 Kullanılan elektronik parçaların fiyatları (direnc.net) | 42 |



SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-------|--|
| LED | Light Emitting Diode |
| VLC | Visible Light Communication |
| OWC | Optical Wireless Communication |
| PD | Photo Diode |
| LDR | Light Dependent Resistor |
| ASK | Amplitude Shift Keying |
| OOK | On Off Keying |
| NRZ | Non Return to Zero |
| PWM | Pulse Width Modulation |
| PPM | Pulse Position Modulation |
| WSN | Wireless Sensor Network |
| RF | Radio Frequency |
| IOT | Internet Of Things |
| V2V | Vehicle To Vehicle |
| ITS | Intelligent Transportation System |
| CMOS | Complementary Metal Oxide Semiconductor |
| LOS | Line Of Sight |
| RGB | Red Green Blue |
| IR | Infra Red |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiplexing |
| BER | Bit Error Ratio |
| WDM | Wavelength Division Multiplexing |
| DMT | Discrete Multi-Tone Modulation |
| OCC | Optical Camera Communications |
| Li-Fi | Light Fidelity |
| MIMO | Multiple Input Multiple Outputs |
| TX | Transmitter |
| RX | Receiver |
| LCD | Liquid Crystal Display |
| SNR | Signal to Noise Ratio |

1. GİRİŞ

1927'deki LED icadı, Alexander Graham Bell'in 1880 yılında iletişim için görünür ışığı kullanma fikrini ilk kez ortaya koyduğu denemede başarısız olduktan yıllar sonra iletişim için görünür ışık kullanma fikrini geri getirdi. Görünür ışık ile iletişim, esasen optik ışık yoluyla iletişimdir bir tür boş alan optik iletişim olarak sınıflandırılabilir. Verilerin ışık üzerinden aktarılması ışık kaynağının varlığı ile sağlanır. Titreşen kaynak sırasıyla yüksek bir mantık sinyali ve düşük bir mantık sinyali göstermek için etkinleştirilir ve devre dışı bırakılır.

Görünür ışık iletişiminin en büyük avantajı, yüksek hızlı iletişim sağlamasıdır çünkü geniş bant genişliği kapasitesine ve radyodan farklı olarak yaklaşık 1600 kat daha geniş bant genişliği kapasitesine ve düzensiz spektrumuna sahiptir, radyonun aksine nesnelere geçemez (Ziad vd., 2013). Bu güvenlik terimleri için istenmektedir çünkü sinyal sınırlı bir alan için sınırlı olacaktır. Optik kablosuz iletişimin (OWC) bir başka avantajı da çok yönlü solmanın mevcut olmamasıdır.

LED'ler insan gözüyle görülemeyen hızla açılıp kapanabilme özelliği nedeniyle görünür ışık iletişimde (VLC) verici olarak kullanılır. İletim ortamı görünür ışık spektrumu. Fotodiyotlar hızla yanıp sönen ışık sinyallerini kolayca tespit edebilen ışığın alıcıları olarak kullanılır.

Uysal (2014), Görünür ışık haberleşmenin (VLC) avantajı radyo frekansı sinyallerini engellememesi ve uçaklar, hastaneler, su altı iletişimi ve diğer birçok uygulama gibi radyo frekansı sınırlı alanlarda güvenle kullanılabilir olmasıdır. VLC güvenli bir kablosuz ağ oluşturmak için kullanılabilir çünkü iyi bir güvenlik seviyesine sahiptir.

Görünür ışık iletişim sistemi uygulanırken göz önünde bulundurulması gereken bazı parametreler vardır. Görüş hattı, ikinci olarak verici ve alıcı arasındaki mesafe göz önünde bulundurulur ve bunlar görünür ışık iletişim sistemi tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken önemli parametrelerdir. Lisanssız bant özelliği görünür ışık iletişimine bazı farklı uygulamalarda kullanılacak tercihleri verir. Yüksek frekanslarda geçiş yapabilen yüksek güçlü ve düşük maliyetli LED'ler VLC'yi mümkün kılan temel teknolojik özelliklerdir. Dahası VLC altyapısı zaten var. Tüm ihtiyaçlar sıradan ampulleri akıllı ve güçlü LED lambalarla değiştirmektir.

1.1 Sorun Bildirimi

Görünür ışık iletişimi için gelişmiş bir alıcı-verici tasarlama ve uygulama çünkü görünür ışık iletişim sisteminin adım adım ve ayrıntılı biçimde uygulanmasını ve tasarımını tanımlayan yeterli kaynaklar bulunmadığından VLC bu alanda en çok araştırma yapılan yeni bir alandır yüksek hızlı görünür ışık iletişimi sağlamak. Bu nedenle bu tezin problem ifadesi görünür bir ışık iletişim alıcı vericisini tasarlamak ve uygulamak ve VLC sisteminin tasarlanması hakkında ayrıntılı bilgi sağlamaktır. Bu tasarımda bazı testler dikkate alınmıştır.

1.2 Sorun Amaçları

Bu projenin amacı, farklı ışık ortamlarında çalışabilmesi için görünür ışık ve 1 metrelik mesafeden veri aktarma menzili üzerinden veri gönderip alabilmesi gereken VLC alıcı vericisinin tasarımı ve uygulamasıdır. Bu proje VLC alıcı-vericisinin tasarım ve uygulamasına dair iyi bir genel bakış ve net bir anlayış sağlar ve bu alanda araştırma ve geliştirme'yi sürdürmek isteyen herkes için iyi bir başlangıç noktası olacaktır.

1.3 Sınırlamalar

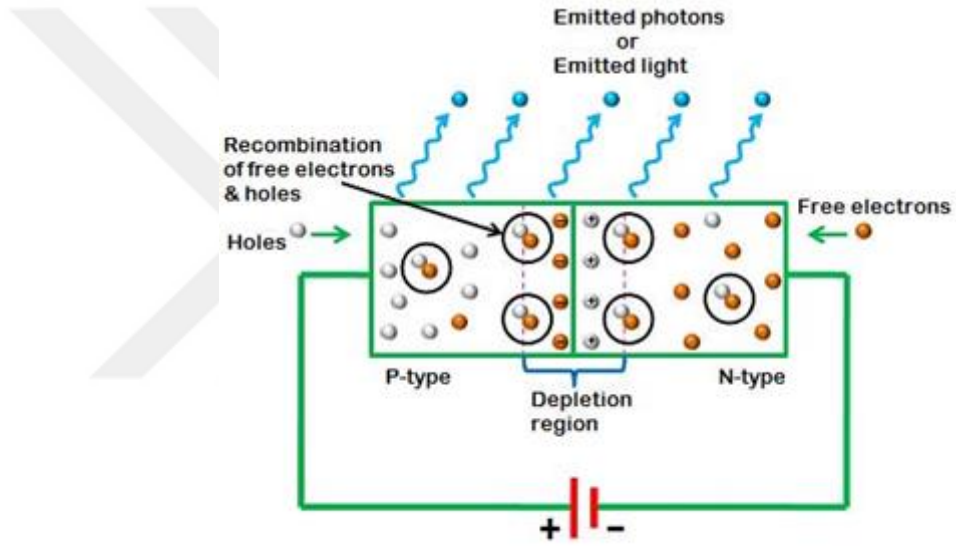
Önerilen tasarımın sınırlamaları yalnızca güneş ışığının bozulmasından dolayı iç mekanlarda kullanılabileceği yönündedir. Verici ile alıcı arasındaki mesafe arttığında veri kaybı olasılığı artar. Görüş hattı esas olarak görünür ışık iletişim sistemlerinin sınırlandırılması olarak kabul edilir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

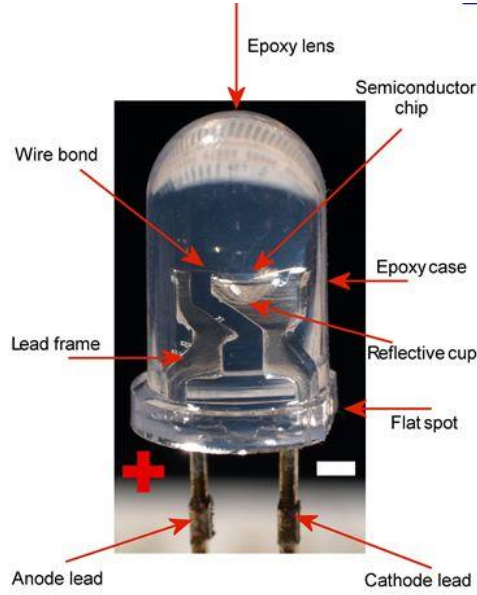
Bu bölümde bu projede kullanılan donanım hakkında arka plan bilgisi verilecek ve ayrıca tasarımda kullanılan modülasyon yöntemi hakkında bilgi sağlanacaktır.

2.1 Işık Yayan Diyot

Işık yayan diyot (LED) akım uygulanırken atomlar PN kavşağına hareket ettiklerinde iki tip yarı iletken N-tipi ve P-tipinden oluşan bir diyot gibi çalışan yarı iletken bir cihaz olarak tanımlanabilir. İleriye doğru eğimli deliklerde bulunan P bölgesi atomları (Şekil 2.1) Elektronlar N bölgesinden P bölgesindeki deliklerle yeniden birleştiği P bölgesine giderken PN kavşağı ışık şeklinde enerji açığa çıkarır ve bu fenomen elektrolüminesans. (Şekil 2.2) led mimarisini göstermektedir.



Şekil 2.1. LED ileri taraflı P-N kavşağı



Şekil 2.2 LED Mimarisi

| Semiconductor Material | Wavelength | Colour | $V_F @ 20mA$ |
|------------------------|------------|--------------------|--------------|
| GaAs | 850-940nm | Infra-Red | 1.2v |
| GaAsP | 630-660nm | Red | 1.8v |
| GaAsP | 605-620nm | Amber | 2.0v |
| GaAsP | 585-595nm | Yellow | 2.2v |
| AlGaP | 550-570nm | Green | 3.5v |
| InGaN | 430-505nm | Blue, Violet, & UV | 3.6v |

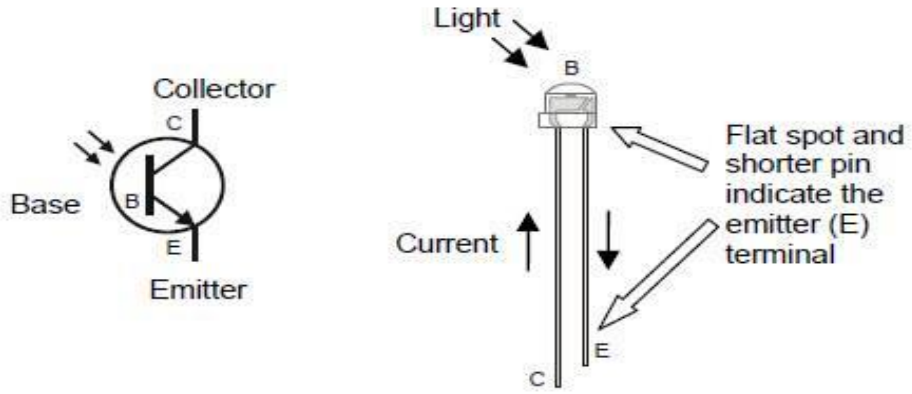
Çizelge 2.1 Tipik LED özellikleri

2.2 Fotodedektörler

Fotodedektörler ışığı elektriğe dönüştüren optik bir alıcıdır ve birleşme noktasına maruz kalan ışık sinyalini fotoelektrik etki olarak adlandırılan bu prensibi bir akıma veya gerilime dönüştürür.

Dimitrov ve Hass (2015), LED'ler fotodedektörlerin çalışma prensibinin aksine ters bir prensipte çalışır Fotodedektörler ışığı enerjiye dönüştürürken enerjiyi ışığa dönüştürür. Fototransistörler ayrıca ışık detektörleri ve optik anahtarlar

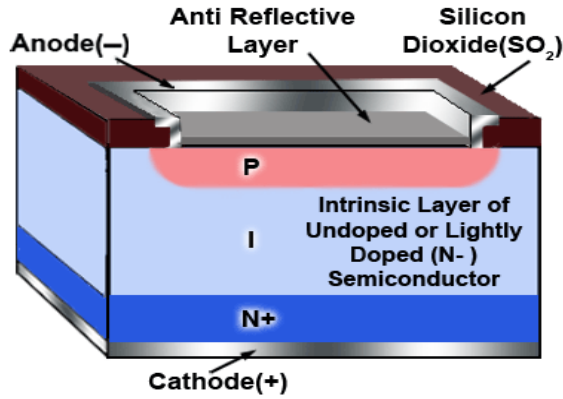
olarak da kullanılabilir ve birçok uygulamada aşağıdaki (Şekil 2.3) ST-1KLA fototransistörü gösterir.



Şekil 2.3 st1KLA fototransistör

2.3 Fotodiyotlar

Fotodiyotlar fotonları emebilen yarı iletkenlerdir ve optik sinyali elektrik sinyaline dönüştürmek için kullanılan harici devre fotodiyotlarında akım akışını meydana getirirler ayrıca fotodiyotlar ters taraflılık ile çalışacak şekilde tasarlanırlar (Cox, 2001). birleşme diyotları ancak genellikle PIN birleşim fotodiyotu olarak üretilir (Şekil 2.4) içsel bölgenin amacı fotodiyotun tepki hızını arttırmaktır.



Şekil 2.4 PIN fotodiyotu

Aşağıda (Şekil 2.5) 'de gösterilen OSRAM BPW21 Silikon Fotodiyot projede ve daha uzun mesafeler için daha iyi hassasiyet ve daha yüksek bit hızı sağlayan en uygun sensörü bulmak için birçok fotodiyotta kullanılır.



Şekil 2.5 OSRAM BPW21 Silikon Fotodiyot

2.4 Fotodiyotların Çalışma Modları

Fotodiyotlar için iki temel çalışma modu, foto iletken ve fotovoltajik modlardır bu iki çalışma modu kullanılan uygulamaya göre bastırma yöntemine bağlıdır.

2.4.1 Fotoiletken modu

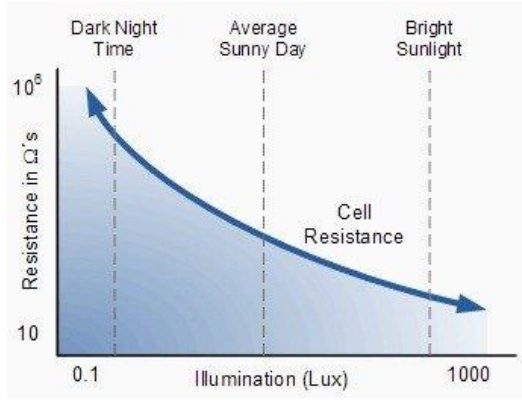
Bu çalışma modunda harici bir DC voltajı uygulanarak tersine çevrilen diyot ayrıca tükenme bölgesi de artar bu da iyi iletkenlikle sonuçlanır bu modun hızlı tepkisi nedeniyle yüksek hızlı işlemlerde kullanılması tercih edilir.

2.4.2 Fotovoltajik modu

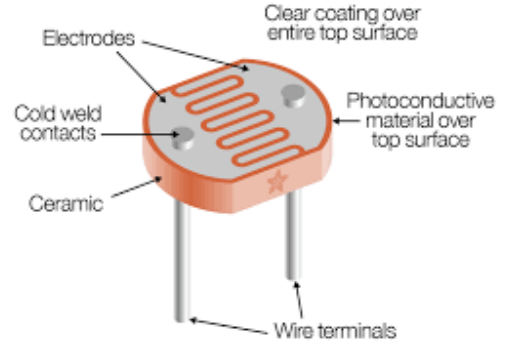
Bu işletim modunda fotodiyot için uygulanan harici DC gerilimi yoktur bu mod bu modun düşük iletkenliği nedeniyle düşük yanıt gerektiren uygulamalarda kullanılır.

2.5 Işık Bağımlı Direnç

Işığa bağlı direnç (LDR) optik sinyalleri elektrik sinyallerine dönüştürmek için ışığa duyarlı öğeleri kullanan bir sensördür. Hassas dalga boyları kızılötesi dalga boyları ve ultraviyole dalga boyları dahil görünür ışığın dalga boyuna yakındır Işık sensörü ışığın algılanması ile sınırlı değildir. Diğer sensörleri oluşturmak için bir dedektör elemanı olarak da kullanılabilir. Bu elektriksel olmayan büyüklükler optik sinyaldeki değişikliklere dönüştürüldüğü sürece birçok elektriksel olmayan büyüklüğü algılayabilir. Bir fotoğraf sensöründeki en basit elektronik cihaz ışıktaki karanlık ve koyu değişiklikleri algılayan zayıf bir elektrik sinyali veren ve LED armatürünün otomatik geçişini kontrol etmek için basit bir elektronik devre ile kontrol edilebilecek bir foto dirençtir. Işığa bağlı direnç (LDR) üzerinde görünen görünür ışığın miktarına göre değişen değişken bir dirence sahiptir. LDR direnci ışık yoğunluğunu artırarak azalır (Şekil 2.6). Bu sensörler genellikle kadmiyum sülfitten yapılmıştır. Birçok farklı uygulamada kullanılan ışığa bağlı dirençler LDR'lerin en yaygın kullanımı sokak ışık kontrolüdür.



(a)

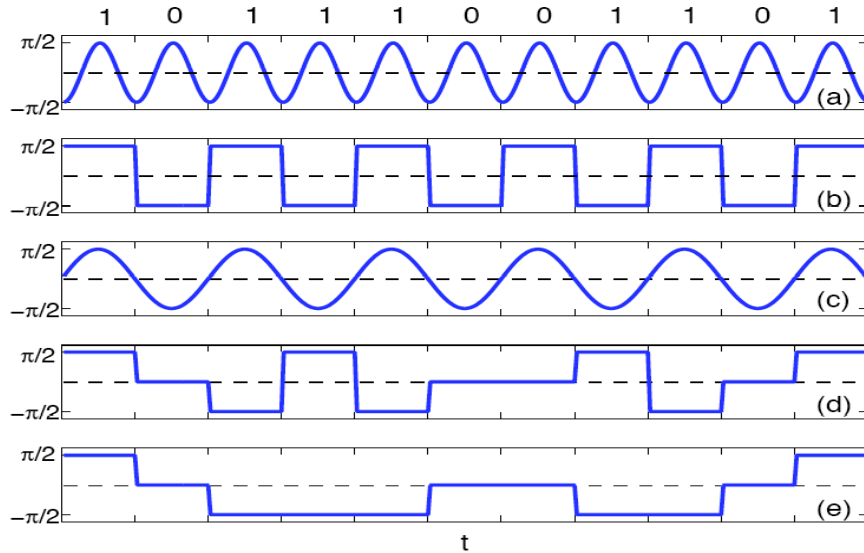


(b)

Şekil 2.6 (a) Işığa bağlı direnç yanıtı (b) tipik LDR

2.6 Genlik Shift Anahtarlama (ASK)

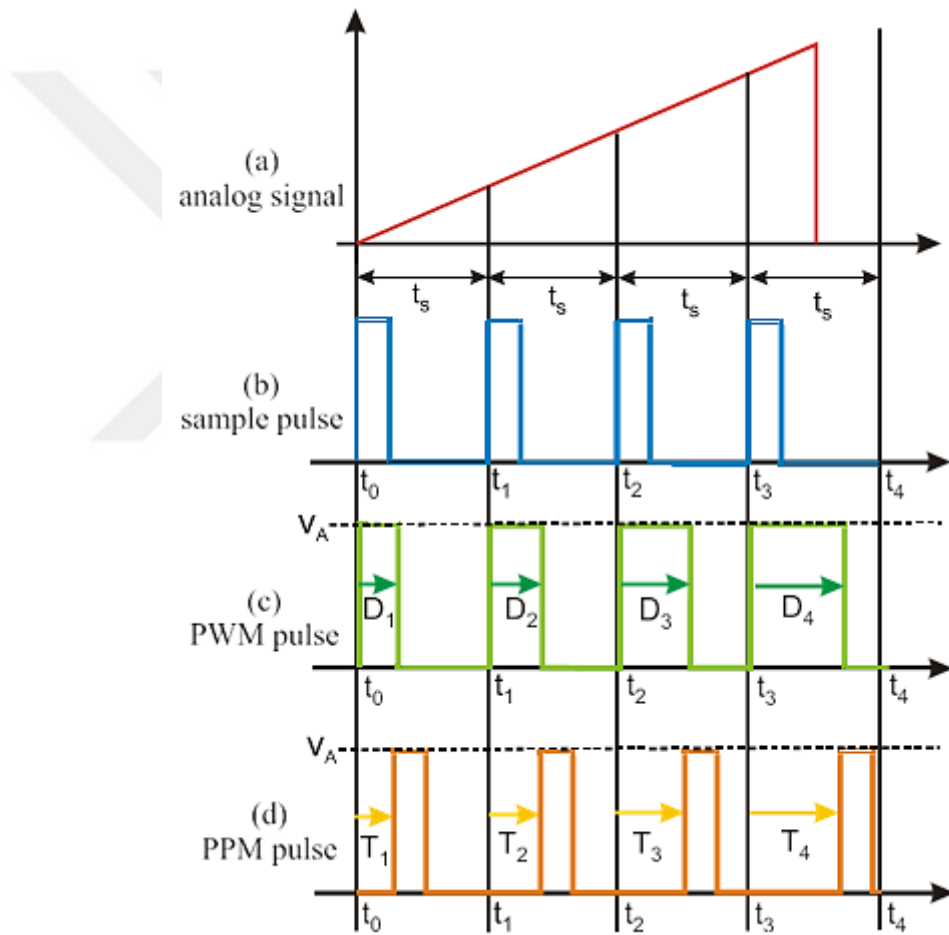
Genlik kaydırma anahtarlama (ASK) açma-kapama anahtarlama (OOK) olarak bilinen bir tür dijital modülasyon metodu olan özel bir duruma sahiptir. Açma-kapama anahtarlama sırasında veriler mantık 1 taşıyıcı varlığını ve mantık 0 taşıyıcı sinyalinin yokluğunu sunduğu taşıyıcı ile ve taşıyıcı olmadan iletilecektir. OOK modülasyonu basitliği nedeniyle birçok uygulamada kullanılır ve uygulanması düşük maliyetlidir. (Şekil 2.7) {10111001101} veri dizisi için farklı açma-kapama modülasyon biçimlerini göstermektedir.



Şekil 2.7 farklı açma-kapama modülasyon formatları

2.7 Nabız Pozisyon Modülasyonu (PPM) ve Nabız Genişliği Modülasyonu (PWM)

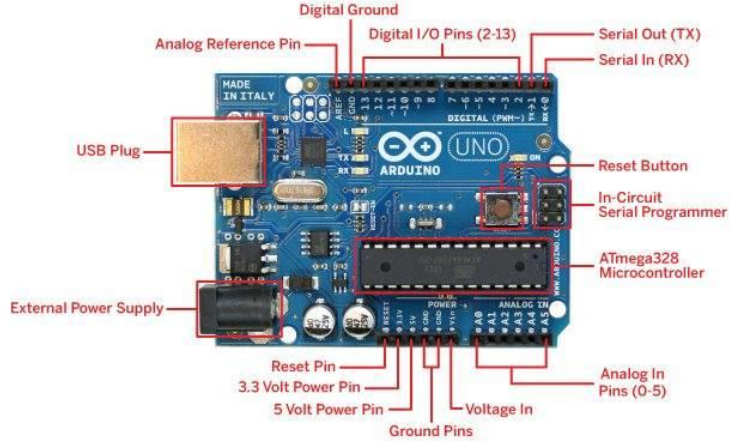
Bir İletişim kanalı vasıtasıyla bilgi veya veri yaymak için veri veya bilgi modüle edilmelidir. Yeterli güvenilir ve basit modülasyon yöntemi. Görünür ışık iletişim sistemleri için bakliyat modülasyonu. Darbe Modülasyon tekniği bir çeşit dijital iletişim iletim sistemidir. Dijital iletimin avantajları daha az gürültü direnci olan analog iletimin aksine iyi gürültü direncidir. Dijital sinyallerde mesaj sinyalleri zaman ve genlikte ayrı bir Formda temsil edilir. Nabız pozisyon modülasyonu (PPM) ve nabız genişlik modülasyonu (PWM) en popüler nabız modülasyon tekniğidir. Hem PPM hem de PWM Analog bilgi veya verileri modüle edebilirler. (Şekil2.8) aşağıdaki PPM ve PWM'nin çalışma prensibini göstermektedir.



Şekil 2.8 PPM ve PWM

2.8 Arduino UNO

Yıllar geçtikçe Arduino birçok projenin beyni olmuştur birçok projede ve prototipleştirmede kolay bir araçtır ve açık kaynaklı bir platformdur. Arduino ATmega328P tabanlı 14 dijital giriş / çıkış pinine sahip 6 analog girişe sahiptir. ayrıca programlamak için bilgisayara bağlamak için bir USB portu vardır. (Şekil 2.9) Arduino Uno kartını giriş çıkış pimleri ve portlarıyla birlikte gösterir.



Şekil 2.9 Arduino Uno

Arduino mikrodenetleyicisi, entegre geliştirme ortamı anlamına gelen arduino IDE adı verilen ve bu yazılımların kod yazma ve tahtaya yükleme kabiliyetini sağlayan bilgisayar üzerinde çalıştığı yazılımlar kullanılarak programlanmıştır. IDE'de arduino mikrodenetleyicisini programlamak için kullanılan kodlama dili C / C ++ dilidir. (Çizelge 2.2), Arduino Uno board için teknik bilgileri göstermektedir.

| | |
|-----------------------------|--|
| Microcontroller | ATmega328P |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limit) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| PWM Digital I/O Pins | 6 |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 20 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328P) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328P) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Length | 68.6 mm |
| Width | 53.4 mm |
| Weight | 25 g |

Çizelge 2.2 Arduino Uno board'un teknik bilgileri

3. GÖRÜNÜR IŞIK HABERLEŞME GENEL BAKIŞI

Bu bölümde kablosuz sensör ağlarında VLC ve VLC ile ilgili yapılan araştırmalara genel bir bakış sunulacaktır.

3.1 VLC Kablosuz Sensör Ağlarda

Giriş bölümünde bahsedildiği gibi birçok araştırma faaliyeti son yıllarda özellikle VLC'ye odaklanmış bu üniversiteler bu araştırmalarda 380nm'den 780nm VLC teknolojisine kadar olan görünür ışık ruhsatsız spektrumundan dolayı yüksek hızlı iletim elde etmeye odaklanmıştır. LED'ler gibi verileri iletmek için optik kaynakları benimser (Dimitrov ve Hass, 2015). Alıcı tarafında fotodiyotlar fotodiyot ve görüntüleme sensörleri veya kameralar gibi modüle edilmiş verileri almak için kullanılır. LED'ler ayrıca bir ışığa duyarlı olarak da çalışabilir ancak daha az hassasiyetle çalışabilir. Kablosuz ağ sensörlerindeki çoğu sensör fiziksel ve çevresel koşullar gibi verileri toplamak için birbirleriyle iletişim kurabilir. Teknolojinin çekirdeği sensörleri kablosuz sinyal ileten ve alan devrelerle kablosuz olarak birleştiren bir kablosuz sensör modülüdür. Veri alışverişi için iletişim araçları kabaca kablolu ve kablosuz olarak iki tipte sınıflandırılabilir. Bunların arasında sensör modülü çoğunlukla mobildir ve bu durumda kablolu bir iletişim ağına bağlanmak neredeyse imkansızdır. Kablosuz sensör ağı fiziksel ve çevresel kablosuz ağları toplamak için birbirleriyle koordine eden çok sayıda kablosuz düğüm noktası anlamına gelir koşullar.

Kablosuz sensör ağlarının temel teknolojisi:

- Bilgi Teknolojisi (IT): Veri birikimi, yönetimi ve analizi
- Algılama teknolojisi: çeşitli durumları insanlar yerine verilere dönüştürmek
- İletişim teknolojisi: Bağımsız olarak düğümler arasındaki iletişim yollarını oluşturabilir ve yeniden oluşturabilir

İç ortamlarda ve diğer birçok uygulamada kullanılan radyo frekansı (RF) yerine görünür ışık iletişimini benimseyen kablosuz sensör ağları (WSN):

Ev içi lokalizasyon

Rajagopal ve Lazik (2014), Sensörün konumunu bilmek karar verme işlevlerinden sorumlu olan kablosuz ağ sensörlerinin çoğu için çok önemlidir. Görünür ışık iletişimi görsel arazi işaretleri olarak hareket ederek yakındaki aygıtları benzersiz şekilde algılayabilir.

Görme engellilerin yerini tanımlarına yardımcı olan iç mekan lokalizasyon sistemi LED tavanda jeomanyetik sensörlü akıllı telefon kullanıcının boynuna asılmış ve akıllı telefon kulaklığa bağlı. Cep telefonu LED tarafından görülebilir ışık iletişimi yoluyla iletilen kimlik bilgisini alır ışık kaynağının yönünü ve konumlandırma bilgisini alır. Yol optimize edilir ve sonuç yayaya yol göstermek

için kulaklığa iletilir. Test sonuçları test cihazının 1-1,5m aralığında doğru bir şekilde konumlandırıp dolaştırabildiğini ve duvar tabela paneliyle birlikte geliştirilen VLC konumlandırma navigasyon sistemi (59°) ila (69°) aralığında yön düzeltmesi sağlayabildiğini göstermektedir. LED ışık kaynağı Sistem arka plan ışığı girişimini azaltmak için filtrelerle tasarlanmıştır. VLC sayesinde kullanıcının cep telefonu tabela LED panelinden navigasyon bilgisi alır. Navigasyon bilgisi tabela panelinin konum bilgisini ve görme engelli kişinin indirilebilir veri bilgisine ulaştığı optimum yoğunluk noktasını içerir. Bu sistemde navigasyon sinyalinin veri iletim hızı 62,5kb/s ve veri bilgisi iletim hızı 1Mb/sn'dir (Haigh vd., 2013). Testte görme engelli kişi kulaklıktan yaklaşık 5 metre uzakta tabela panelindeki LED ışık tarafından iletilen navigasyon sinyalini alabilir. Tabela paneline yaklaşık 1 metre uzaklıkta yürürken görme engelli alıcı ışık yoğunluğu yeterli olduğunda otomatik olarak çalışabilir. Metin bilgileri indirme ve saklama.

Zaman Senkronizasyonu

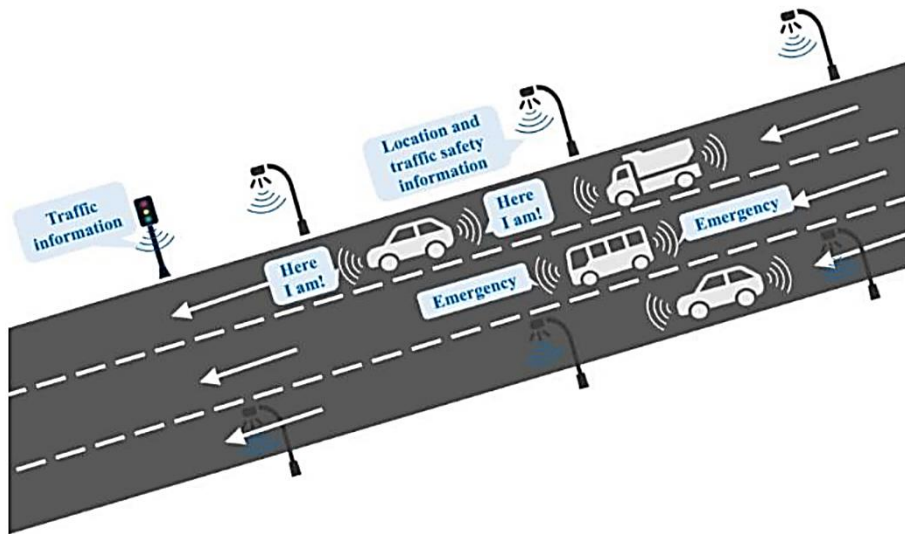
Cihazların ortak bir hizmet oluşturmak için zaman kavramını tutarlı bir şekilde paylaşmalarını sağlayan bir hizmettir. VLC'ye dayalı zaman senkronizasyon bağlantıları, radyo frekansı bağlantılarından daha fazla enerji verimlidir.

Akıllı Ev

Nem ve oda sıcaklığı gibi bazı parametreleri gözlemlemek ve hesaplamak için ev ve iç mekanlarda kullanılan bu tip sistemler.

3.2 VLC Araç-Araç Haberleşmesi için

Son on yılda otomobil üreticileri tarafından LED ışıklar benimsenmiştir bu gelişme ile araç üreticileri sürüş durumu ve araçlar arasında diğer gerekli bilgilerle ilgili veri alış verişinde bulunmak için bir yol aramaktadır. Araç-araç iletişimi (V2V) iletişimi daha güvenli bir sürüş deneyimi için bir amaçtır ve yolların daha verimli kullanılması (Şekil 3.1) V2V iletişimi için araçların ışık yayan diyotlarının (LED'lerinin) kullanılması yaklaşımını göstermektedir.

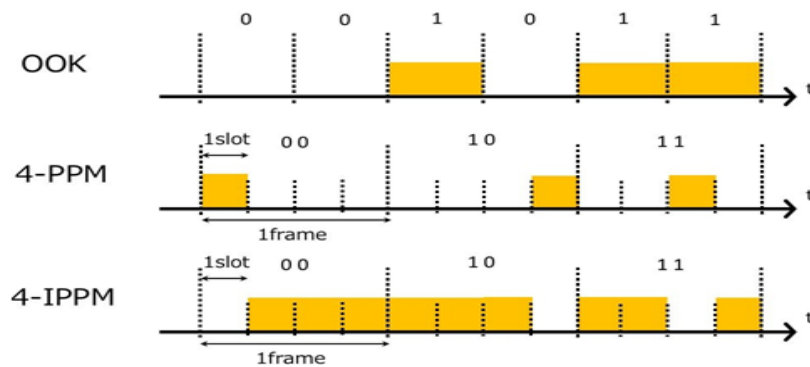


Şekil 3.1 Görünür ışık araç-araç haberleşmesi

Akıllı Ulaşım Sistemleri veya (ITS), trafik koşulları hakkında zamanında bilgi edinerek ve ileterek trafik kazalarını trafik sıkışıklığını ve fule tüketimini azaltır. Görüntü işleme sürücülerin trafik ışıklarını engel tespitini araç ve aracı tanımlamasını ve araçlar ile yol tesisleri arasında bilgi yakalamayı tanımlamasına yardımcı olmak için kullanılabilir. ITS için kilit bir teknolojidir. VLC ile birleştirilen yüksek hızlı veri görüntü sensörleri ITS'de geniş uygulama olanaklarına sahiptir. Belge, yol kenarındaki cihazla araç arasındaki bağlantıyı LED ışık ve 1000 kare/sn kare hızında ve arabaya monte edilmiş 1024 piksel x 1024 piksel çözünürlükte bir kamera kullanarak kaydeder. Gerçek araç testi sisteminin 30 km/h bir hızda 35m aralıktaki 256 LED dizisinden iletilen verileri doğru bir şekilde alabildiğini doğruladı.

Şu anda kurulum olanakları pahalı karmaşık gerçek zamanlı görüntü işleme teknolojisi gerekiyorsa ve kamera kare hızı reaksiyon hızından düşükse VLC'de yüksek hızlı görüntü sensörlerinin uygulanmasında çözülmesi gereken bazı teknik problemler vardır. LED'ler böylece iletişim hızını sınırlandırır. Literatür yeni geliştirilen Optik Haberleşme Görüntü Sensörünün Kablosuz Optik Haberleşme (OWC) sistemlerinde uygulandığını bildirmektedir. Tamamlayıcı metal oksit yarı iletken (CMOS) görüntü algılama teknolojisine sahip yeni geliştirilen optik iletişim görüntü sensörü iki özelliğe sahiptir yüksek hızlı sinyal alımı (CPx) için iletişim pikselleri ve hızlı ve doğru LED tespiti için 1 bit bayrak görüntü çıkışı. OWC sistemi 16,6ms gecikme ve 20Mb/s iletim hızına sahip dünyanın ilk piksel iletim iletişim sistemi olarak bilinir (Yoo, 2016).

Kore'den bu alanda yapılan son bir çalışma 10kbps ve gün ışığında 30m mesafeli LED ışıkları kullanarak görünür bir ışık V2V iletişim sistemi geliştirmiştir. (Şekil 3.2) Ters darbe pozisyonu modülasyonu 4-PPM (Moon, 2012). Sistemde kullanılmıştır çünkü bu modülasyon şeması yüksek veri hızı sağlar ve darbe genişlik modülasyonu PWM için karartma yüzdesini yüksek oranda verir (IEEE Std, 2011)

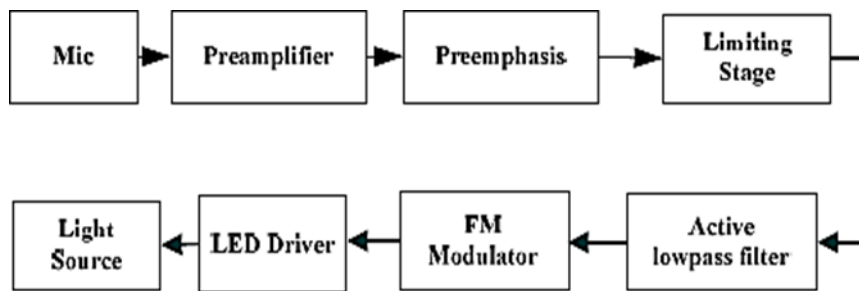


Şekil 3.2 ters nabız pozisyonu modülasyonu 4-PPM

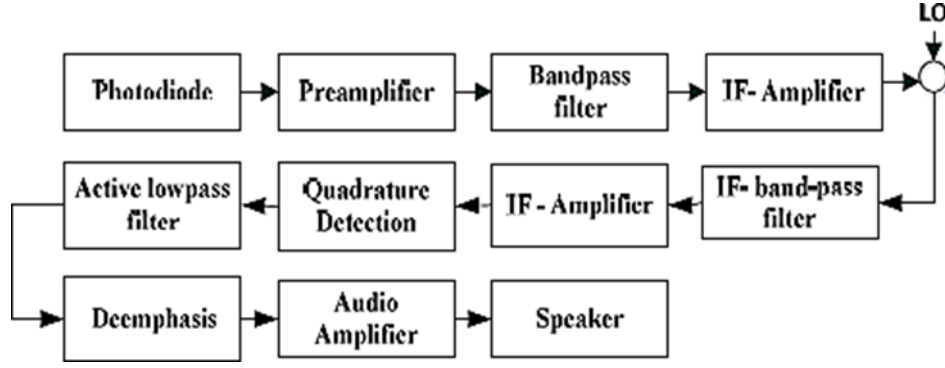
3.3 VLC Sualtı Haberleşmesi için

Sualtı iletişimi geniş uygulamaları nedeniyle bazı araştırmacılar ve bilimsel topluluk için ilginç bir nokta haline gelir. Radyo frekans dalgalarının zayıflama nedeniyle su altı iletişimde yetersiz kalması (Wang vd., 2016). VLC tekniği ile su altı iletişiminin avantajları ve dezavantajları vardır. Sualtı İletişiminin askeri endüstriyel ve bilimsel alanlarda önemli bir rolü vardır. Sualtı iletişim hızı gereklilikleri birkaç megabitten onlarca megabit veya daha yüksek seviyelere kadar başlar. Radyo dalgalarındaki deniz suyu oldukça zayıflatılmış ses dalgaları okyanusta 1500m/s hızında uzun gecikme süreleri ile yayılmaktadır (Arnon, 2010).

Sınırlı bant genişliği ve yüksek bit hata oranları. Ses dalgaları ayrıca yunuslar ve balinalar gibi deniz hayvanlarını da etkileyebilir. VLC su altında zayıflama ve elektromanyetik girişim sorunlarının üstesinden gelebilir. Kontrol ünitesi ile su altı uzak taşıma aracı arasındaki VLC iletişim sisteminin gelişimi. Bu sistemdeki verici 120° görüş açısı aralığında veri iletimini destekleyen 70 LED ışık kaynağından oluşur ve iletim hızı 20Mb/sn'ye kadardır. Literatür su altı VLC sistemlerinin nükleer santral makine testlerinde özel olarak uygulandığını kaydeder. Sualtı uzaktan taşıma aracı kamera ile 20 metre uzaktaki bir istasyon arasında bir video ve kontrol sinyali iletimi ile donatılmıştır. Şu anda su altında görülebilen ışık iletişim sistemlerinin ana zorluğu sualtı doğası nedeniyle özellikle bulanıklık nedeniyle uzun mesafeli iletişimi elde etmenin zor olmasıdır. Bu soruna cevaben Singapur Ulusal Üniversitesi ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü 30 m mesafede 1.2Mb/sn'lik bir su altı optik haberleşme sisteminin araştırma ve gösterimini gerçekleştirdi. Görünür ışık dalgaları radyo frekansı dalgalarından daha iyi yönlü özelliklere sahiptir. ve su altı VLC sistemlerinde orta ve kısa mesafeler için yüksek veri hızları elde edilebilir (Chizari ve Salehi, 2017). (Şekil 3.3) ve (Şekil 3.4) su altı VLC vericisi ve alıcısının blok şemasını göstermektedir.



Şekil 3.3, su altı iletişim vericisinin blok şeması



Şekil 3.4 su altı iletişim alıcısının blok şeması

3.4 VLC yüksek hızlı iletişim için

Yüksek tanımlı (HD) video akışı, yüksek hızlı akış ve yüksek hızlı veri yedekleme gibi bilgilere erişmek, modern yaşamın ayrılmaz bir parçası olmuştur. Işık demeti, görünür bir ışığı küçük bir sapma açısı ile iletmek için kullanılabilir ve düşük iletim yolu kaybı, güvenli veri akışlarını yüksek hızlarda indirmeyi ve iletmeyi mümkün kılar. Avrupa OMEGA projesi, 100 HD 4 veri akışı ile bir VLC veri iletimi geliştirdi. Mb/sn. Veri iletimi (OFDM) dikgen frekans bölmeli çoklama teknolojisini kullanarak, 10 m² x 16 LED ışık kaynağı aralığında bir fotodiyot detektör üzerinde gerçekleştirilir (Boubezari vd.,2016).

VLC alıcısı ile verici arasına netleme lensi ekleyerek (5 x 5 x 3) m kapalı video ve ses kalitesi için yüksek kaliteli yayın aktarımı için bir gösteri sistemi: Nd LOS bağlantısı (LOS) görüş hattı ile karşılaştırıldığında bir ağa sahiptir Düğüm iyi hareketliliğe ve güçlü izlemeye sahiptir, ancak bağlantı kaybı düşük iletim hızına neden olur. Bu sorunla ilgili araştırma yapmak için, 2M, 400Mb/s iletim hızına ve bit hata oranı RBE <10⁻⁸ olan tipik bir iç mekan iki yönlü optik kablosuz iletişim (OWC) sistemi gerçekleştirilir (IR) bir bağlantıdır. Bir downlink veri iletim kaynağı olarak görülebilir ışık LED'i iletimi RGB LED'leri, daha yüksek veri aktarım hızları elde etmek için (WDM) dalga boyu bölmeli çoğullamayı kullanır Belge, (WDM/ DMT) dalga boyu bölmeli çoğullama/ayrık çoklu-tonu temel alan ilk VLC sistemini kaydeder (Rajbhandari vd., 2016). Tek bir beyaz RGB LED'i modüle eden ve 803Mb/s veri iletişimine ulaşan modülasyon teknolojisi. (Chung ve Tiwari, 2017). (Çizelge 3.1) pratik VLC sistemleri gösterileri.

| Year | Transmitter | Receiver | Modulation | Data Rate | Distance |
|------|---|----------------------------|---------------------------------------|-----------|----------|
| 2017 | Blue LD | Ultrafast photodiode(UPD) | UFMC additive 16-QAM OFDM | 17.6 Gb/s | 16 m |
| 2017 | RYGB LDs | Imaging Diversity Receiver | OOK | 10 Gb/s | / |
| 2017 | NUV LD+ RGB phosphors | APD | OOK-NRZ | 1.25 Gb/s | 15 cm |
| 2017 | μ -LED | PIN | OFDM | 7.91 Gb/s | / |
| 2017 | μ -LED | APD | PAM(spatial) | 7 Gb/s | 0.5 m |
| 2017 | RGB LED | PIN | OFDM(adaptive bit loading) | 6.36 Gb/s | 1 m |
| 2017 | Red LED | silicon PN | OOK | 600 Mb/s | 6 m |
| 2016 | LD | / | OOK | 1 Gb/s | / |
| 2016 | Red RC-LED and blue and green μ -LEDs | PIN | OFDM(WDM) | 10 Gb/s | 1.5 m |
| 2016 | μ -LED | / | DCO-OFDM | 5 Gb/s | |
| 2016 | μ -LED | / | PAM | 3.5 Gb/s | |
| 2016 | μ -LED | APD | PAM | 2 Gb/s | 0.6 m |
| 2016 | RGB-LED | APD | QAM-OFDM | 1 Gb/s | 100 m |
| 2016 | ps-LED | PIN | OFDM (adaptive bit and power loading) | 2.08 Gb/s | 1 m |

Çizelge 3.1 VLC pratik gösteriler

| Year | Transmitter | Receiver | Modulation | Data Rate | Distance |
|------|---|----------|---------------------------------------|-----------|----------|
| 2016 | ps-LED | PIN | OFDM (bit-loading) | 1 Gb/s | 0.6 m |
| 2015 | RGB LEDs | PIN | OFDM(WDM) | 14 Gb/s | 2.8 m |
| 2015 | RGB LEDs | APD | OFDM(WDM) | 4.4 Gb/s | 0.2 m |
| 2015 | Blue LEDs | APD | OFDM | 9 Gb/s | 5 m |
| 2015 | Blue LD + phosphor | / | OFDM (adaptive bit and power loading) | 6.52 Gb/s | 0.35 m |
| 2015 | Blue LD + phosphor | APD | OFDM | 5.2 Gb/s | 0.6 m |
| 2015 | Blue LD + phosphor | APD | OFDM | 4 Gb/s | 0.5 m |
| 2015 | Blue LD + phosphor | APD | OOK | 4 Gb/s | / |
| 2015 | μ -LED + polymer color converter | APD | DCO-OFDM (WDM) | 2.3 Gb/s | / |
| 2015 | RYGB LED | PIN | CAP(WDM) | 8 Gb/s | 1 m |
| 2015 | RYGB LED | APD | OFDM(WDM) | 5.6 Gb/s | 4 m |
| 2015 | RGB LED | PIN | CAP | 4.5 Gb/s | 2 m |
| 2015 | RGB LED | APD | QAM-OFDM | 750 Mb/s | / |
| 2015 | LED | PIN | OFDM(Spatial) | 1.4 Gb/s | 2.5 m |
| 2015 | ps-LED | APD | OFDM(adaptive bit and power loading) | 2 Gb/s | 1.5 m |
| 2015 | ps-LED | PIN | OFDM | 1.6 Gb/s | 1 m |
| 2015 | ps-LED | APD | QAM-OFDM | 1.4 Gb/s | 0.8 m |
| 2015 | ps-LED | APD | OFDM(Spatial) | 1.3 Gb/s | 0.4 m |
| 2015 | ps-LED | PIN | PAM | 1.1 Gb/s | / |
| 2015 | ps-LED | PIN | QAM-OFDM | 682 Mb/s | 1 m |
| 2014 | μ -LED | PD | OFDM(adaptive bit and power loading) | 3 Gb/s | 5 cm |
| 2014 | μ -LED + polymer color converter(white) | APD | OFDM | 1.68 Gb/s | 3 cm |
| 2014 | RGB LED | APD | QAM (Wavelength) | 4.22 Gb/s | / |
| 2014 | RGB LED | APD | CAP(WDM) | 1.35 Gb/s | 0.3 m |
| 2014 | RGB-LED | APD | 16-QAM (Polarisation) | 1 Gb/s | / |
| 2014 | Blue-LED | APD | 4-QAM(Spatial) | 500 Mb/s | 0.3 m |
| 2014 | ps-LED | PIN | OOK-NRZ | 550 Mb/s | 0.6 m |
| 2014 | ps-LED | PIN | OOK-NRZ | 340 Mb/s | 0.43 m |

Çizelge 3.1 VLC pratik gösteriler

3.5 VLC Teknoloji ve Geleceği

Işık yayan diyotlardaki gelişmelerden yararlanan VLC sistemleri umut verici teknolojilerden biri olarak kabul edildi. LED aydınlatma pazarı yeşil büyüme ve elektrik tasarrufu gibi küresel politikalara cevaben istikrarlı bir şekilde büyürken, fiyat% 50 azalırken teknoloji iki kattan fazla görünür Görünür ışık iletişim teknolojisi katma değeri yüksek ve uzman bir yerlidir ve dünya pazarına girmek için bir teknoloji kaynağı olmayı beklemektedir Görünür ışık iletişimi LED aydınlatma ile kaynaşmış ve karşılıklı büyüme endüstrisi için yeni bir yakınsama yaratabilen bir teknolojidir. Görünür ışık özellikleri kullanılarak servis yaratılabilir Görünür ışık iletişimi çok yüksek LOS'a sahiptir bu nedenle yalnızca belirli bir alanda iletişim kurabilir ve fiziksel bilgi koruma iletişimi için kullanılabilir. Etkileşim olmadığı yerlerde kullanılabilir. şimdi izin verin IOT döneminde iletişim LED'leri akıllı aydınlatma olarak gelişti. İnsanların varlığına ve iç atmosferine göre ışığın rengini ve rengini kontrol edebilir ve büyük bina ve şehirlerde enerjinin verimliliğini azaltmada da etkilidir. Akıllı aydınlatma ile birlikte ışık yayan iletişim teknolojisinin gelişimi hızla ilerliyor. özel LED kimliği LED tabanlı ekranlar ve akıllı kameralar ile benzersiz bilgiler iletebilen ve alabilen bir teknolojidir. Verici olarak LED aydınlatma kullanan VLC sistemi Samsung Electronics'in öncülüğünde IEEE 802.15.7 standardını Kasım 2011'de tamamladı. Araştırma ve geliştirme ve standardizasyon devam etmesine rağmen akıllı telefonlar gibi akıllı cihazlara dayalı görünür ışık iletişim sistemlerinin ticarileşmesi zordu. ek donanım değişikliklerinin gerekliliği ve görünür ışık iletişim dongle'larının kullanımı Fotoğraf diyotları. IEEE 802.15 IG-LED, Mayıs 2012'de çalıştırıldı. Bu sorunu çözmek ve başlatmak için (IEEE 802.15.7a, 2018) OCC (Optik Kamera İletişimi) (Haigh vd., 2015). Yakın zamanda yapılan çalışma Temel olarak sinyalleri alan sistemler ve LED ekranlarından LED ekranlardan LED dijital tabelalardan veya IEEE 802.15.7 yerine akıllı cihaz kameralarını (görüntü sensörleri) kullanan LED ışıklandırma fotodedektörleriyle (PD'ler) ilgilenir. IEEE 802 EC'nin son onayı ile OWC Görev Grubu TG, Ocak 2015'te yapılan IEEE 802.15 Uzatma Toplantısından bu yana resmen faaliyette bulundu. Optik kablosuz iletişim TG öncelikle OCC teknolojisine odaklanacak ve yüksek hızlı OWC teknolojisine dayalı standartlaşmaya devam edecektir LED-ID ve Li-Fi üzerinde.

3.6 VLC'nin Standartlaştırması

Ulusal stander platform bilgisine göre, Teknoloji Stander teknik Komite, Devlet Piyasa Denetimi İdaresi ve Standardizasyon İdaresi tarafından önerilen ve yönetilen "Bilgi Teknolojileri Sistemi Uzaktan İletişim ve Bilgi Değişimi Görünür Işık İletişimi Medya Erişim Kontrolü katman ve standart numara: GB/T 36628.1-2018 resmen uygulanmıştır.

GB/T 36628 Bilgi Teknolojisi Sistemi Uzaktan İletişim ve Bilgi Değişimi Görünür Işık İletişimi standardının dört bölüme ayrıldığını, ilk bölümün medya erişim kontrolü ve fiziksel katman gereksinimlerinin ikinci bölümün görünür ışık iletişimi iç mekan konumlandırma teknolojisine dayandığını gösterir. Parça Yüksek hızlı görünür ışık iletişim ortamı erişim kontrolü ve fiziksel katman

özellikleri Dördüncü Parça Düşük hızlı dar bant görünür ışığı iletişim ortamı erişim kontrolü ve fiziksel katman özellikleri. Ayrıca, bu kez yayınlanan Elektronik Teknolojisi Standardizasyon Araştırma Enstitüsü yüksek Silisyum Yarı İletken Kurtuluş Ordusu Bilgi Mühendisliği Üniversitesi ve Tsinghua Üniversitesi'nden oluşan ilk bölüm, yüksek hızlı görünür ışık iletişimi, düşük hızlı görünür ışık iletişimi için gereklilikleri de belirttiler. ve görünür ışık iletişimine dayanan iç mekan konumlandırma fiziksel katman gereklilikleri ve medya erişim kontrol katmanının genel gereklilikleri de görünür ışık iletişim sistemlerinin ve ekipmanının geliştirilmesi ve kullanılması için geçerlidir.

3.7 VLC'nin Zorlu Konuları

Görünür ışıklı iletişim sistemleri bazı sorunların ve zorlukların faydaları Çok sayıda olmasına rağmen, bazı zorlayıcı konular var:

1. Menzil sınırlaması: LoS gereklilikleri nedeniyle, teknoloji kısa iletişim mesafeleri için yeterlidir.
2. Daha yüksek veri hızı: LED'lerin sınırlı bant genişliği nedeniyle bu, daha yüksek veri hızları elde etmek için başka bir büyük zorluk yaratır.
3. Çevre yoğun gürültü: Yapay ve doğal ışıklar VLC için bir diğer zorluktur yapay ve doğal ışıkların etkisini en aza indiren veya aşan dış mekan VLC uygulamaları için ana sorundur, zorlu bir konudur.
4. Uplink tedariği: aydınlatma kaynaklarının doğal olarak iletim ve yayın uygulamaları için uygun hale getirilmesi problemlidir olacaktır.
5. Modülasyon zorluğu: doğrudan yoğunluk algılama modülasyonuna dayanan modülasyon için en basit ve en faydalı teknik birçok problemi çözmek için yetersizdir ve istenen ve etkili veri iletişimini desteklemek için zor bir modülasyon metodu gereklidir olacaktır.
6. Paralel iletişim ((MIMO) çoklu giriş çoklu çıkış): görünür ışık iletişimi hakkında ilginç kurulum fikri. Her ne kadar teoride elde edilebilir olsa da, zorlu kısım uygulama kısmıdır.
7. Alıcı karmaşıklığı: ekolayzer kullanılmasının alıcı karmaşıklığı olacağını öne süren bazı çalışmalar.
8. Düzenleyici konular: otomotiv standartları göz güvenliği standartları gibi görünür ışık iletişiminin düzenlemeleri.

4. TASARIM GEREKSİNİMLERİ

Bu bölüm tasarımda kullanılan gerekli bileşenleri içeren VLC sisteminin tasarım ve uygulamasına ilişkin gereklilikleri sunacak ve gözden geçirecektir. Ayrıca yazılım gereksinimlerini de içerecektir.

4.1 Donanım

Mikrodenetleyici kartlar arasında kullanılan elektronik bileşenler fiziksel katmanı etkiliyor. Verici tarafında görünür ışıkta veri iletimi amacıyla kullanılan ışık yayan diyotlar. Ve alıcı taraf için görünür ışık sinyalini elektrik sinyaline dönüştürerek veri alma amacıyla kullanılan bir fotodiyot ve daha sonra elektrik sinyalini veri olarak işlenecek arduino paneline iletir.

Test amacıyla iletişim için daha fazla aralık sağlayan verici tasarımı için hangi tipin uygun olduğunu bulmak için farklı tiplerde LED'ler kullanılmıştır. Alıcı tasarımı için BPW21R Silikon fotodiyot BPW34 Fotodiyot ve ışığa bağlı direnç kullanılmıştır.

4.1.1 Verici

Görünür ışık iletişim vericisi ışık yayan diyotların kullanımıyla elektrik sinyallerini görünür ışığa dönüştüren bir cihazdır ışık yayan diyotların doğrusallık özellikleri, hızlıca yanıp sönmeye kabiliyeti nedeniyle veri iletimi için uygun kılardır.

4.1.1.1 LED

LED çalışma prensibi 2. bölümde belirtilmiştir. Hangisinin daha büyük mesafeler için uygun olduğunu bulmak için kullanılan ve test edilen 5 mm kırmızı yeşil mavi beyaz LED'ler.

4.1.2 Alıcı

Görünür ışık iletişim alıcısı fotodiyotları kullanarak görünür ışık sinyallerini elektrik sinyaline dönüştüren bir cihazdır. VLC alıcı cihazının başarılı tasarımı yüksek performanslı VLC alıcısını garanti etmek için önemlidir.

Gürültü girişiminin varlığı ve düşük seviye sinyalleri alıcı tasarımında dikkat edilmesi gereken diğer endişe verici faktörlerdir.

4.1.2.1 Fotodiyot

Fotodiyot çalışma prensibi 2. bölümde belirtilmiştir. Fotodiyotlar fotonları emebilen yarı iletkenlerdir ve optik sinyali elektrik sinyaline dönüştürmek için kullanılan harici bir devre fotodiyotlarında akım akışı üretir. OSRAM BPW21R Silikon Fotodiyot ve BPW34 Fotodiyot alıcı tasarımında kullanılmış ve test edilmiştir.

4.1.2.2 Işıık bağımlı direnç

Bölüm 2'de belirtildiği gibi. Işıık bağılı direnç (LDR) optik sinyalleri elektriğe dönüştürmek için ışıkı duyarlı öğeleri kullanan bir sensördür. Bir fotoğraf sensöründeki en basit elektronik cihaz ışıkı karanlık ve koyu değişiklikleri algılayan zayıf bir elektrik sinyali veren ve LED armatürünün otomatik geçişini kontrol etmek için basit bir elektronik devre ile kontrol edilebilen bir foto dirençtir.

Işıık bağılı direnç (LDR), üzerinde görünen görünür ışıkın miktarına göre değişen değişken bir dirence sahiptir. LDR direnci ışık yoğunluğunu artırarak azalır.

4.2 Yazılım

VLC alıcı-verici tasarımı için aşııkta belirtilen tüm kullanılan yazılımların simülasyonu amacıyla yazılım uygulaması da kullanılmıştır.

4.2.1 Arduino IDE

Arduino mikrodeneleyicisi entegre geliştirme ortamı anlamına gelen arduino IDE adı verilen ve bu yazılımların kod yazma ve tahtaya yükleme kabiliyetini sağlayan bilgisayar üzerinde çalıştığı yazılımlar kullanılarak programlanmıştır. IDE'de arduino mikrodeneleyicisini programlamak için kullanılan kodlama dili C / C ++ dilidir.

4.2.2 Autodesk circuits

Autodesk Circuits Arduino programlama kartına dayanarak devre simülasyon yetenekleri sağlayan bir simülasyon ve tasarım yazılımıdır. (autodesk.com)

4.2.3 Matlab

Matlab tasarım süreçleri ve yinelemeli analizler için ayarlanmış bir ortam yaratıyor. dizi matematik ve matrisleri doğrudan programlama diliyle ifade edilir (mathworks.com).

4.2.4 OptiSystem

Optiwave, optik ağların, fotonik uygulamaların ve optoelektroniklerin büyüyen alanı için sistemlerin ağların ve bileşenlerin simülasyonunda optimizasyonunda ve tasarımında kullanılan yenilikçi yazılım araçlarında yeni bir liderdir. (Optiwave.com).

5. TASARIM VE UYGULAMA

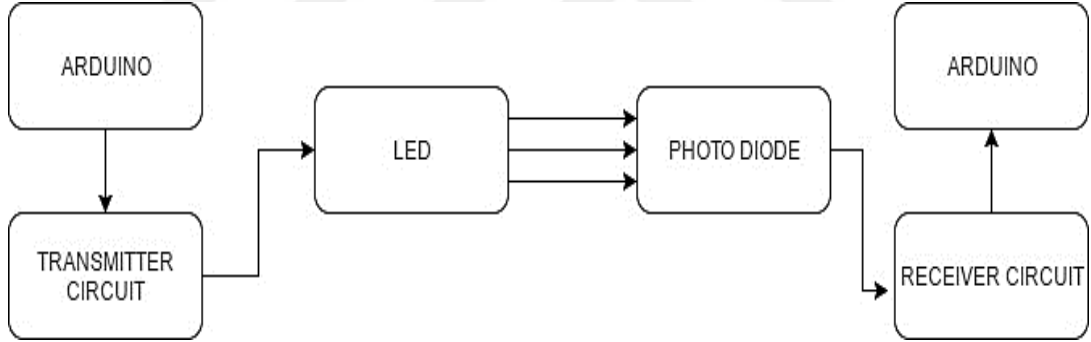
Prototip tasarım aşamaları prototipin tasarlanmasından sonra kullanılan yazılım uygulamasında gösterilecektir. Alıcıyı simüle etmek için Optisystem ve matlab yazılımı kullanıldı.

Öncelikle sistem için uygulamanın genel bir açıklaması ve elektronik bileşenlerin seçimine ilişkin detaylar ve ardından VLC sistemi için optisystem yazılım simülasyonu ve simülasyon sonuçları açıklanmaktadır.

5.1 VLC Sistemin tasarımı

5.1.1 VLC'nin genel sistem yapısı

VLC sistemi iç mekan kısa mesafeli görünür ışık karakterli bilgi iletim sistemi olarak tasarlanmıştır. Gönderme ve alma olmak üzere iki bölümden oluşur. Sistem verici ve alıcı kartların ana mikrodenetleyicileri olarak ATmega328P'ye dayanan iki mikrodenetleyici kartı kullanır. Verici kartından, mikrodenetleyiciden, alıcı modülün LED aydınlatma modülünden foto alıcı modülünden, bir mikrodenetleyiciden ve bir bilgi ekranından (16x2 LCD) karakter giriş tuşları. (Şekil 5.1) görünür ışık iletişim sisteminin genel sistem yapısını gösterir.



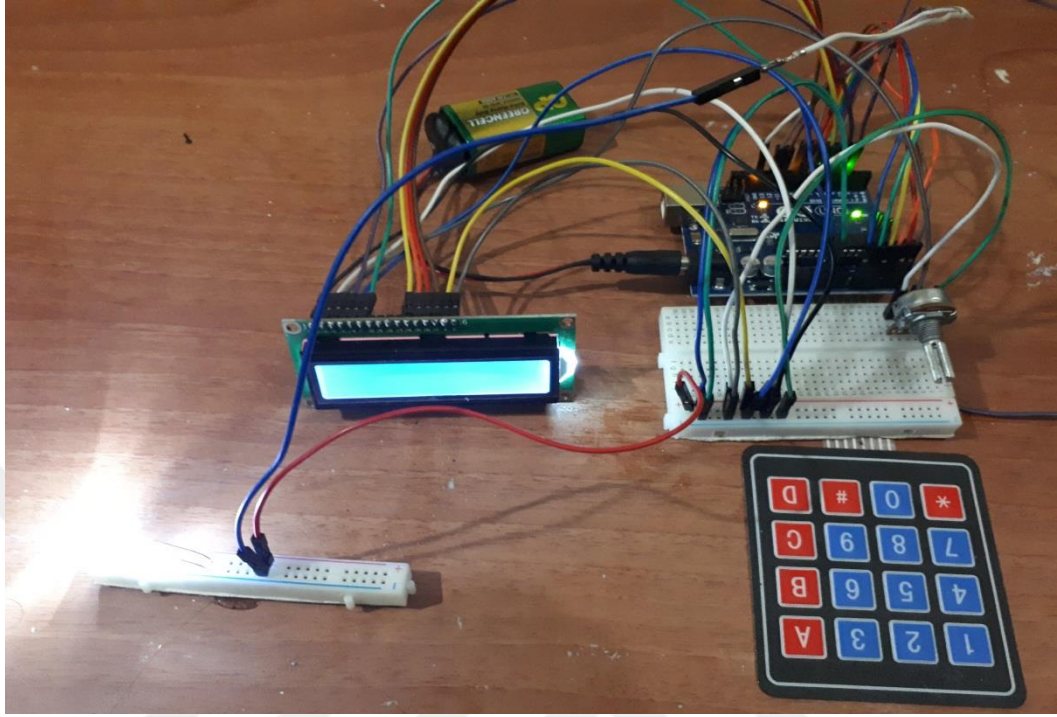
Şekil 5.1 VLC'nin Genel sistem yapısı

5.1.2 VLC'nin verici tasarımı

VLC sistemleri verici bölümü bir dizi tuş takımı karakter tuşundan, mikrodenetleyici bölümden, ışık yayan diyot aydınlatma bölümünden, bilgi modülasyon bölümünden, güç bölümünden oluşur. Sistem verici modülünün mikrodenetleyici kısmı ATmega328P kullanır (Şekil 5.2) VLC verici prototipini gösterir. Herhangi bir tuşa basıldığında karakterlerin rakamlarının sayısı verici devresine girilir ve devredeki karakterlerin sayısı açık ve kapalı durumunu kontrol ederek LED lambanın yanıp sönen tamamlanma sinyalinin çalışmasını kontrol eder.

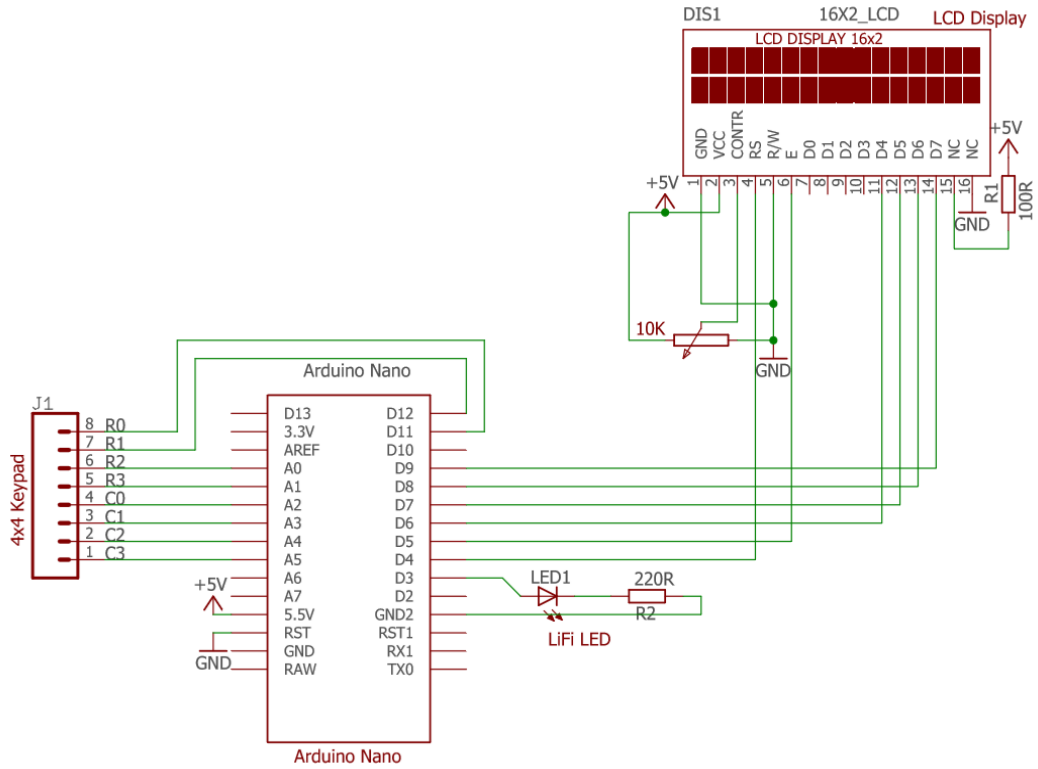
(A) düğmesine basıldığında sistem (A) karakterlerinin sayısını tanır ve çıkış (0) olduğunda LED aydınlatma açık olduğunda (A) 'nın (A)' nın (01100) sayısını (0)

devreye alır. Çıktı (1) çıktığı zaman LED aydınlatması kapanır yani LED ışığının oluşturduğu yüksek frekanslı titreşim bilgi aktarımını tamamlamak için kullanılır.



Şekil 5.2 VLC'nin verici prototipi

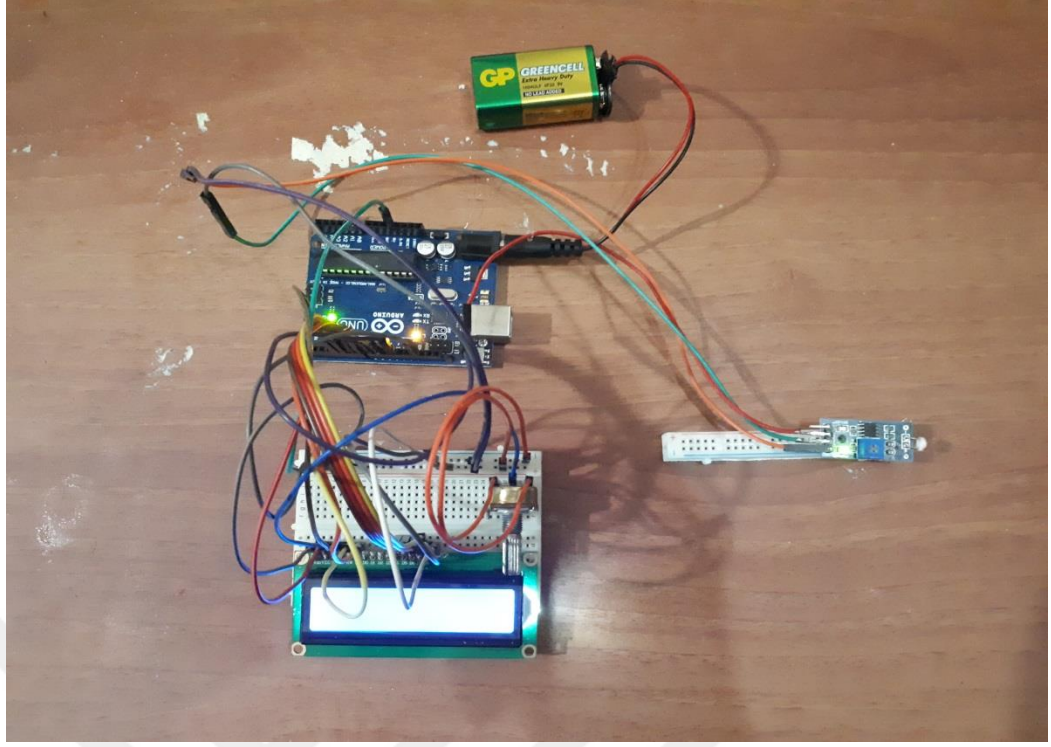
Verici modülün aydınlatma özellikleri görünür ışık iletişim sisteminin iletişim mesafesinin aralığını belirler. Güç kaynağı bölümü USB arabirimini veya 9V pilleri kullanarak LED aydınlatma ve verici devresine gereken voltaj veya akımı sağlar. LED lamba boyutu belirlendiğinde güç kaynağı voltajının büyüklüğü LED aydınlatmanın ulaştığı mesafeyi belirler ve devrede voltaj sabit kaldığında sistem sinyali gidebilir maksimum voltaj elde etmek için mümkün olan en yüksek voltaj seçilir. büyük aktarım mesafesi. Bu nedenle verici bölümünde seçilen aydınlatma lambası yüksek parlaklığa düşük enerji tüketimine küçük hacimli ve sabit parlaklığa sahip bir LED lambadan oluşur. (Şekil 5.3) VLC verici Prototipinin şeması:



Şekil 5.3 VLC verici Prototipinin şeması

5.1.3 VLC'nin alıcı tasarımı

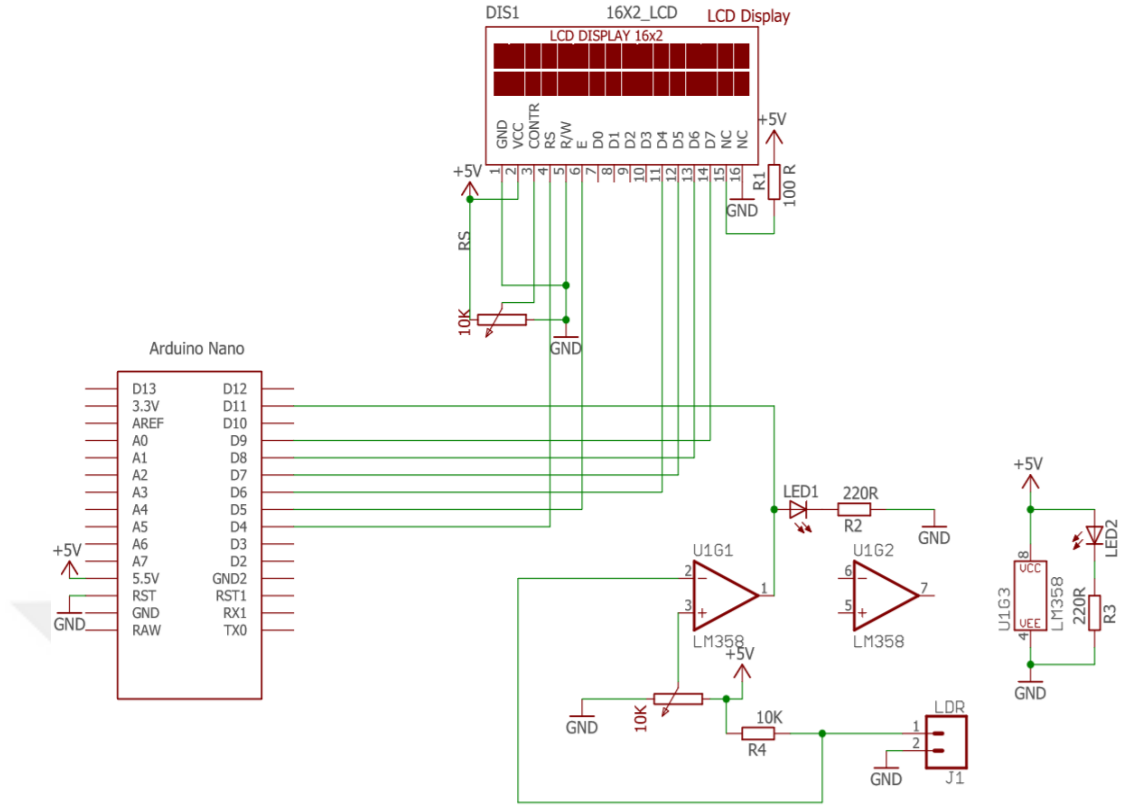
VLC sistemleri alıcısı bölümü, mikrodeneleyici bölümü, fotodetektörü bölümü, bilgi demodülasyon bölümü, ve güç bölümü Bölümlerden oluşur. Sistem alıcısı bölümünün mikrodeneleyici bölümü ATmega328P mikrodeneleyici kullanır. Fotodiyot, verici bölümden gönderilen ışığın yanıp sönen sinyalini, ışık yüksek seviyedeysen elektrik sinyaline dönüştürür çıkış (1) ve ışık düşük seviyedeysen çıkış (0) fotodiyot çıkışının orijinal iletim bilgisini elde etmek için kod çözme yoluyla bilginin ikili sayısı elde edilir ve orijinal karakter devre boyunca LCD ekranda gösterilir. Güç açıldığında ekran yanar ve bilgi sinyali almaya hazırlanır. Sistem alıcı kısmının bilgi ekranı bir sıvı kristal ekrandan (16x2 LCD) oluşur ve bir fotodiyot (Şekil 5.4) VLC alıcı prototipini gösterir. Sıvı kristal ekranın programı başlangıçta sıvı kristal ekran fonksiyonunu başlatır böylece güç açıldığında içeriğin bir kısmı görüntülenir ve bilgi iletdikten ve bir önceki ekrana karşılık geldikten sonra görüntülenebilir. Likit kristal ekranın (VO) pimi daha iyi bir ekran efekti elde etmek için ekran kontrastını uygun şekilde ayarlamak için ayar direncine bağlanır.



Şekil 5.4 VLC'nin alıcı prototipi

Ayarlanabilir bir gösterge parçasına sahip ışığa bağlı direnç (LDR) de kullanılır. İletişim alanının diğer ışık kaynaklarının alıcı bölüm üzerindeki etkisine sahip olup olmadığını belirlemek için parça bir regülatör bir fotodiyot ve bir gösterge lambasından oluşur.

Dış ortam ışığının cihaza veya alınan sinyale karışmayacağı şekilde ayarlandı ardından regülatörü ayarlayın böylece gösterge ışığı yanmayacak sonra alıcı normal olarak çalışmalıdır bilgi verici ve alıcı ile iletilen arasında iletilir bilgi ekranda görülebilir. (Şekil 5.6) VLC alıcısı Prototipinin şemasını göstermektedir.



Şekil 5.6 VLC alıcı prototipinin şeması

5.2 Sistemin Hata Ayıklama Tespiti

Tüm VLC sisteminin yapımında verici ile alıcı arasındaki bağlantı en önemlidir bu nedenle sistemin işlevlerini daha iyi doğrulamak ve anlamak ve sistemin işlevlerini daha iyi doğrulamak ve anlamak için tüm sistem çalıştırılmadan önce donanımda hata ayıklamak gerekir sistemin daha iyi yükseltilmesi.

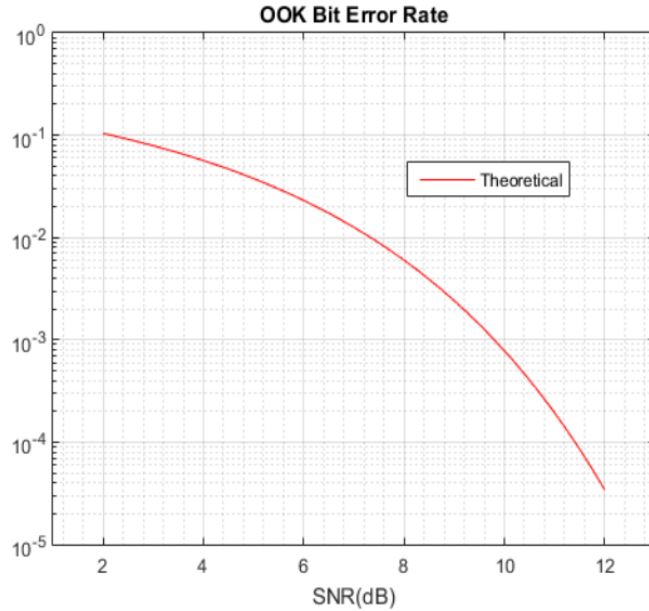
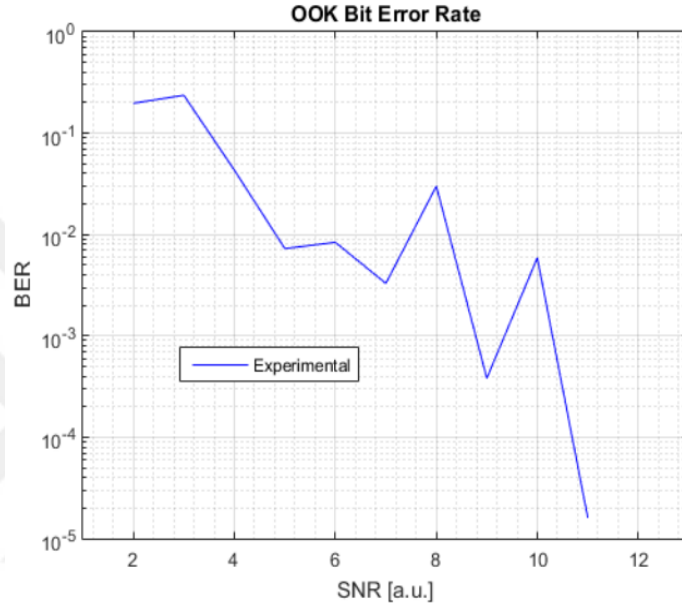
5.2.1 VLC Donanım hata ayıklama tespiti

İç mekan kısa menzilli görünür ışık iletişim sistemi tasarımı tamamlandığı için verici ile alıcı arasındaki görüş hattı çok uzun değildir ve deneysel testlerde 1.5 metre içinde tutulur bunun dışında bir iç mekanda görünür ışık iletişim alıcı-vericisidir diğer ışık kaynaklarıdır onu etkileyeceği için sadece yüksek yoğunluklu ışık kaynaklarından uzak bir ortamda kullanılır.

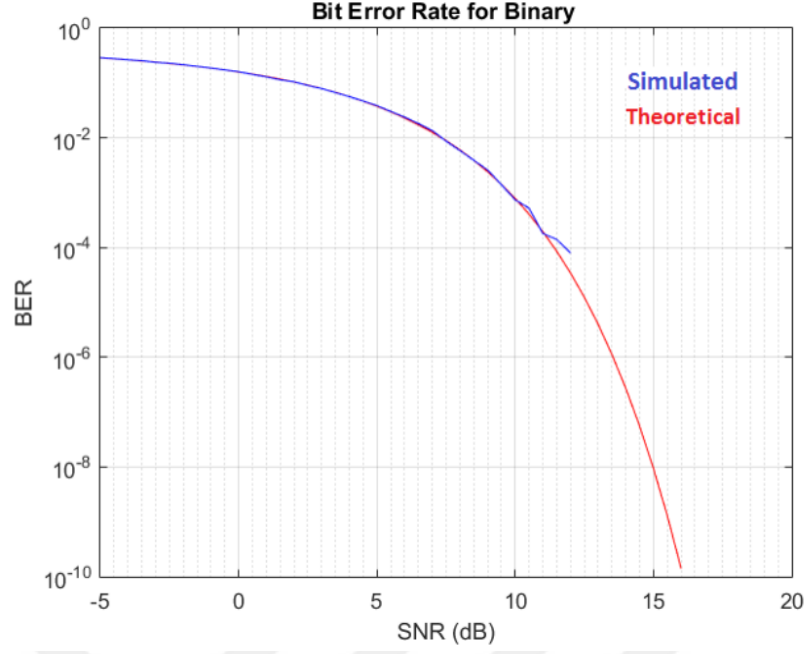
Alıcı kartını açtıktan sonra ekran açılacak ve gösterge yanıp sönecek ve alıcı modülün normal şekilde çalıştığını gösteren kapanacaktır. Verici açıldıktan sonra LED lamba yanar ve alıcı gösterge yanar bu da iletim kanalının normal şekilde çalıştığını gösterir. Bir karakter tuşuna basıldığında LED ışığı yanıp sönmeye başlar iletilen karakter ekranda alıcıların ekranında belirir.

6. DENEYSEL KURULUMLAR

Testte tüm sistem vericinin LED lambasını ve alıcının fotodiyotunu iyi çalışır. LED ile fotodiyot arasındaki açı 60 dereceden fazla olduğunda bile bilgi nispeten hızlı bir şekilde iletilebilir. İletişim mesafesi 1,5 metreye ulaşabilir. Daha uzak mesafelerde daha ciddi olan problem özellikle iç mekanlarda dış ortam ışığının bozulma ve girişimidir. Aşağıdaki şekiller matlab tarafından hesaplanan bit hata oranı (BER) eğrilerini göstermektedir.



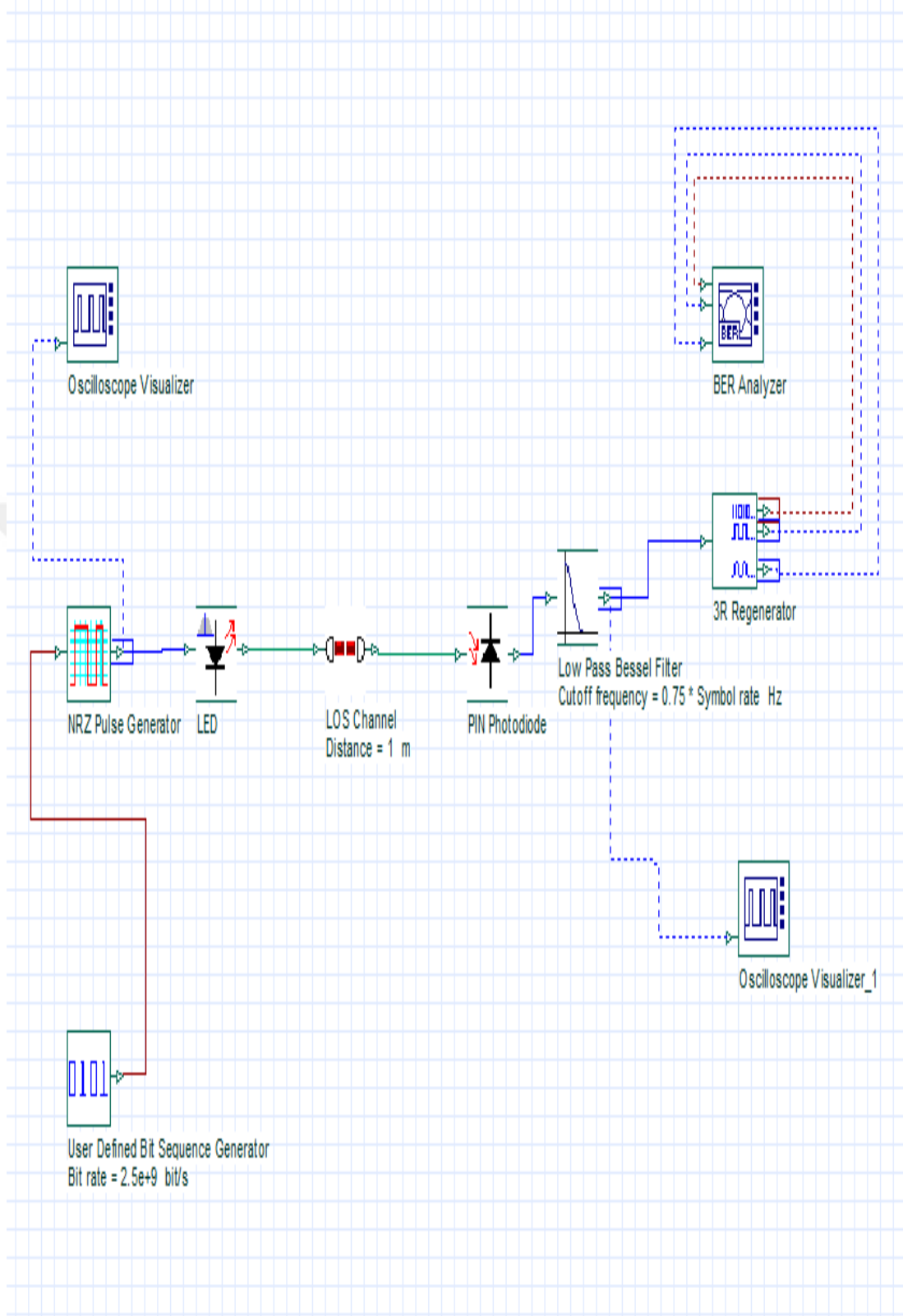
Şekil 6.1 DeneySEL ve teorik BER



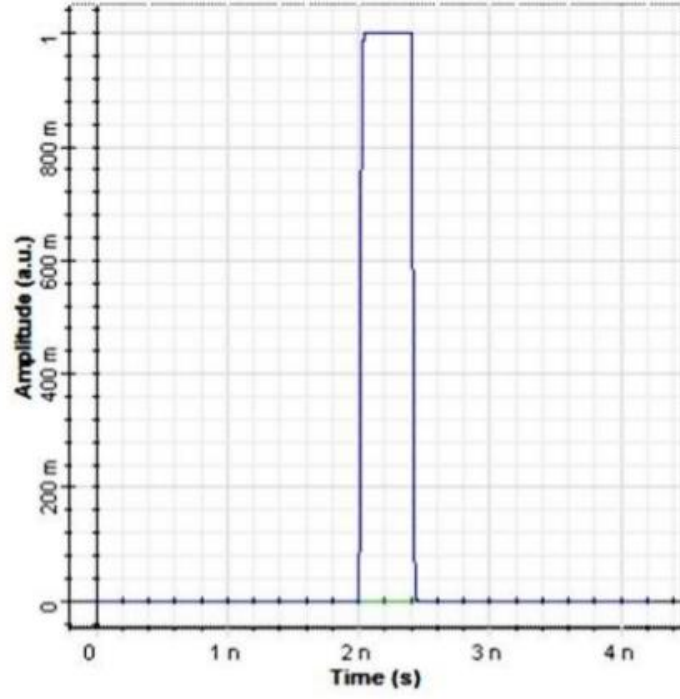
Şekil 6.2 Simüle ve Teorik BER

6.1 VLC Sistem Simülasyonu

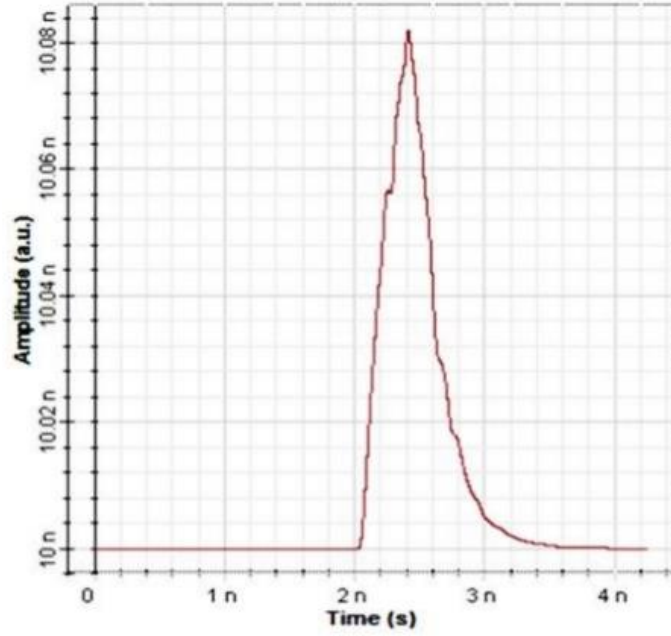
OptiSystem yazılımı Önerilen VLC sistemini simüle etmek için simülasyon amacıyla da kullanılır. optisystem yazılımı, optik ağların, fotonik uygulamaların ve optoelektroniklerin (optiwave.com) büyümesi için kullanılan sistemlerin, ağların ve bileşenlerin simülasyonunda, optimizasyonunda ve tasarımında kullanılan yenilikçi yazılım araçlarında yeni bir liderdir. (Şekil 6.3) aşağıdaki opisysem yazılımını kullanarak VLC sistem simülasyonunu gösterir (Şekil 6.4) giriş sinyalini gösterir. Ve (Şekil 6.5) çıkış sinyalini gösterir.



Şekil 6.3 VLC sistem simülasyonu opisysem yazılımında



Şekil 6.4 simülasyon giriş sinyali



Şekil 6.5 simülasyon çıkış sinyali

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu projede bir Kablosuz Görünür ışık haberleşme sistemi vericisi ve alıcısı tasarlanmıştır. Sistemin verici ve alıcı bölümlerinin mikrodenetleyicisi olarak kullanılan iki ATmega328P mikrodenetleyici ışık yayan diyotun beyaz ışığı karakter bilgisinin iletimini gerçekleştirmek için kullanılır ve taşıyıcı olarak temsil edilir. Sinyal iletimi nispeten kararlıdır. Tasarlanan VLC sistemi test sonuçları görünür ışık parlaklığının dinamik limitinin değişkenliğin değişken olduğunu göstermiştir çalışma prensibi basittir parazit önleme özelliğinin LED'in aydınlatma ve aynı zamanda sinyal iletimi hedefine ulaşması iyidir. Eksikliği, iletim mesafesinin kısa olmasıdır. VLC iletişimi uzun mesafeler elde etmek için birçok zorluğa sahiptir, modülasyon bant genişliği teknolojisinin geliştirilmesi ve sinyal kodlama tekniklerinin daha da iyileştirilmesi gerekir.



KAYNAKLAR

- Arnon, S. (2010). Underwater optical wireless communication network, *Optical Engineering*, vol. 49, no. 1, pp. 1-6.
- Boubezari, R. Le Minh, H. Ghassemlooy, Z. & Bouridane, A. (2016). Smartphone Camera Based Visible Light Communication, *Journal of Light wave Technology*, Volume 34, pp. 4121 – 4127.
- Chizari, A. & Salehi, J. (2017). Performance Analysis of Multi-Hop Underwater Wireless Optical Communication Systems, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 29, no. 5, pp. 462–465.
- Chung, H. & Tiwari, V. (2017). VLC practical demonstrations, visible light communication networks, *Opt. Exp.*, vol. 23, no. 10, pp. 13015–13024.
- Cox, F. (2001). Photodiodes in *Fundamentals of linear electronics, integrated and discrete*, p. 91.
- Dimitrov, S. & Haas, H. (2015). *Principles of LED Light Communications towards Networked Li-Fi*, Cambridge University Press.
- Haigh, P. Bausi, F. Hoa, L. Papakonstantinou, I. Popoola, W. Burton, A. Cacialli, F. (2015). Wavelength-Multiplexed Polymer LEDs Towards 55 Mb/s Organic Visible Light Communications, in *Selected Areas in Communications*, IEEE Journal on, Vol.33, No.9, pp.1819-1828.
- Haigh, P. Ghassemlooy, Z. Papakonstantinou, F. Tedde, S. Tedde, F. Hayden, O. & Rajbhandari, S. (2013). A MIMO-ANN system for increasing data rates in organic visible light communications systems, in *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC 2013)*, Budapest, Hungary pp. 5322-5327.
- IEEE 802.15WPANTM15.7 Amendment. (2018). *Optical Camera Communications Study Group (SG 7a) Monday*.
- IEEE Standard for short range wireless. (2011). *IEEE Std 802.15.7*, p. 14.
- Moon, Y. (2012). Multi-coded variable PPM for high data rate visible light communications *Optical Society of Korea*, pp. 107-114, 2012.
- Rajagopal, N. & Lazik, P. (2014). Visual light landmarks for mobile devices. In *Proceedings of the 13th ACM/IEEE Conference on Information Processing on Sensor Networks*.
- Rajbhandari, S. Chun, H. Faulkner, G. Tsonev, D. Xie, E. Mckendry, D. Gu, E. Dawson, D. O'Brien, C. & Haas, H. (2016). *LED Based Wavelength*

Division Multiplexed 10 GB/s visible Light Communications, Journal of Light wave Technology, vol. 34, no. 13, pp. 3047–3052.

Uysal, M. (2014). Survey on free space optical communication, communication theory perspective in IEEE Communication Surveys, vol. 16, pp. 2231-2258.

Wang, C. Yu, Y. & Zhu, Y.(2016). A Long Distance Underwater visible Light Communication System With Single Photon Avalanche Diode, IEEE Photonics Journal, vol. 8, no. 5, pp. 1–11, Oct.

Yoo, J. (2016). Demonstration of vehicular visible light communication, International Journal of Automotive Technology, vol. 17, no. 2.

Ziad, T. Al Dahan, S. Al Dabagh, Y. & As Mahan, A. (2013). Design and Implementation of Under Water Optical Communication System, International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, Volume 2, Issue 6, pp. 104 – 109.

Autodesk Circuits, Autodesk: <https://circuits.io>

<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

<https://optiwave.com/>

EKLER

EK A. Alıcının Kaynak Kodu

EK B. Vericinin Kaynak Kodu

EK C. Tasarlanan Verici ve Alıcı Resmi

EK D. PC'den PC'ye İletişim testi

EK E. Kullanılan elektronik parçaların fiyatları (direnc.net)



EK A. Alıcının Kaynak Kodu

```
// Include Libraries
#include "Arduino.h"
#include "Keypad.h"
#include "LiquidCrystal.h"
#include "LDR.h"

// Pin Definitions
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW1      5
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW2      6
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW3      7
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW4      8
#define KEYPADMEM3X4_PIN_COL12     5
#define KEYPADMEM3X4_PIN_COL23     6
#define KEYPADMEM3X4_PIN_COL34     7
#define LCD_PIN_RS   A1
#define LCD_PIN_E    13
#define LCD_PIN_DB49
#define LCD_PIN_DB510
#define LCD_PIN_DB611
#define LCD_PIN_DB712
#define LDR_PIN_SIG  A3

// variables and defines
char keypadmem3x4keys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3'},
  {'4','5','6'},
  {'7','8','9'},
  {'*','0','#'}
};

#define THRESHOLD_Idr  100
int IdrAverageLight;

// object initialization
Keypad
keypadmem3x4(KEYPADMEM3X4_PIN_COL1,KEYPADMEM3X4_PIN_COL2,KEYPA
DMEM3X4_PIN_COL3,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW1,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW2
,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW3,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW4);
LiquidCrystal
lcd(LCD_PIN_RS,LCD_PIN_E,LCD_PIN_DB4,LCD_PIN_DB5,LCD_PIN_DB6,LCD_PI
N_DB7);
LDR Idr(LDR_PIN_SIG);

// define vars for testing menu
const int timeout = 10000;    //define timeout of 10 sec
char menuOption = 0;
long time0;

// Setup the essentials

void setup()
{
```

```

// Setup Serial
// Serial Monitor to view printed messages
Serial.begin(9600);
while (!Serial) ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB
Serial.println("start");

//Initialize the keypad with selected key map
keypadmem3x4.begin(keypadmem3x4keys);
// set up the LCD's number of columns and rows
lcd.begin(16, 2);
ldrAverageLight = ldr.readAverage();
menuOption = menu();

}

// defines the interaction between the components you selected. After setup, it runs
over and over again, in an eternal loop.
void loop()
{
  if(menuOption == '1') {
    // Membrane 3x4 Matrix Keypad - Test Code
    //Read keypad
    char keypadmem3x4Key = keypadmem3x4.getKey();
    if (isDigit(keypadmem3x4Key) || keypadmem3x4Key == '*' || keypadmem3x4Key ==
'#')
    {
      Serial.print(keypadmem3x4Key);
    }
  }
  else if(menuOption == '2') {
    // LCD 16x2
    // Print the received message to the LCD.
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(" ISTANBL TICARET UNI ");

    // Turn off the display:
    lcd.noDisplay();
    delay(500);

    // Turn on the display:
    lcd.display();
    delay(500);
  }
  else if(menuOption == '3') {

    // LDR
    // Get current light reading, subtract the ambient value to detect light changes
    int ldrSample = ldr.read();
    int ldrDiff = abs(ldrAverageLight - ldrSample);
    Serial.print(F("Light Diff: ")); Serial.println(ldrDiff);

  }

  if (millis() - time0 > timeout)

```

```

    {
        menuOption = menu();
    }
}

// Follow serial monitor for instructions

char menu()
{
    Serial.println(F("A"));
    Serial.println(F("B"));
    Serial.println(F("C"));
    Serial.println(F("D"));
    Serial.println(F("send anything else"));
    while (!Serial.available());

    // Read data from serial monitor if received
    while (Serial.available())
    {
        char c = Serial.read();
        if (isAlphaNumeric(c))
        {
            if(c == '1')
                Serial.println(F("1"));
            else if(c == '2')
                Serial.println(F("2"));
            else if(c == '3')
                Serial.println(F("3"));

            else
            {
                Serial.println(F("illegal input!"));
                return 0;
            }

            time0 = millis();
            return c;
        }
    }
}
}
}

```

EK B. Vericinin Kaynak Kodu

```
// Include Libraries
#include "Arduino.h"
#include "Keypad.h"
#include "LiquidCrystal.h"
#include "LED.h"

// Pin Definitions
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW1      6
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW2      7
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW3      8
#define KEYPADMEM3X4_PIN_ROW4      9
#define KEYPADMEM3X4_PIN_COL12
#define KEYPADMEM3X4_PIN_COL23
#define KEYPADMEM3X4_PIN_COL34
#define LCD_PIN_RS  A1
#define LCD_PIN_E   A3
#define LCD_PIN_DB4 10
#define LCD_PIN_DB5 11
#define LCD_PIN_DB6 12
#define LCD_PIN_DB7 13
#define LEDR_PIN_VIN      5

// variables and defines
//Use this 2D array to map the keys as you desire
char keypadmem3x4keys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3'},
  {'4','5','6'},
  {'7','8','9'},
  {'*','0','#'}
};

// object initialization
Keypad
keypadmem3x4(KEYPADMEM3X4_PIN_COL1,KEYPADMEM3X4_PIN_COL2,KEYPADMEM3X4_PIN_COL3,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW1,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW2,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW3,KEYPADMEM3X4_PIN_ROW4);
LiquidCrystal
lcd(LCD_PIN_RS,LCD_PIN_E,LCD_PIN_DB4,LCD_PIN_DB5,LCD_PIN_DB6,LCD_PIN_DB7);
LED ledR(LEDR_PIN_VIN);

// define vars for testing menu
const int timeout = 10000;
//define
char menuOption = 0;
long time0;

// Setup
void setup()
{

  // Setup Serial
  // Use the Serial Monitor to view printed messages
  Serial.begin(9600);
```



```

while (!Serial) ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB
Serial.println("start");

//Initialize the keypad with selected key map
keypadmem3x4.begin(keypadmem3x4keys);
// set up the LCD's number of columns and rows
lcd.begin(16, 2);
menuOption = menu();

}

// define the interaction between the components

void loop()
{

    if(menuOption == '1') {
        // Membrane 3x4 Matrix Keypad
        //Read keypad
        char keypadmem3x4Key = keypadmem3x4.getKey();
        if (isDigit(keypadmem3x4Key) || keypadmem3x4Key == '*' || keypadmem3x4Key ==
'#')
        {
            Serial.print(keypadmem3x4Key);
        }
    }
    else if(menuOption == '2')
    {

        // LCD 16x2
        // Print
        lcd.setCursor(0, 0);

        lcd.print(" ISTANBUL TICARET UNI ");

        // Turn off the display:
        lcd.noDisplay();
        delay(500);

        // Turn on the display:
        lcd.display();
        delay(500);

    }
    else if(menuOption == '3')

        if (millis() - time0 > timeout)
        {
            menuOption = menu();
        }

    }
}

```

```

// function
// serial monitor
char menu()
{

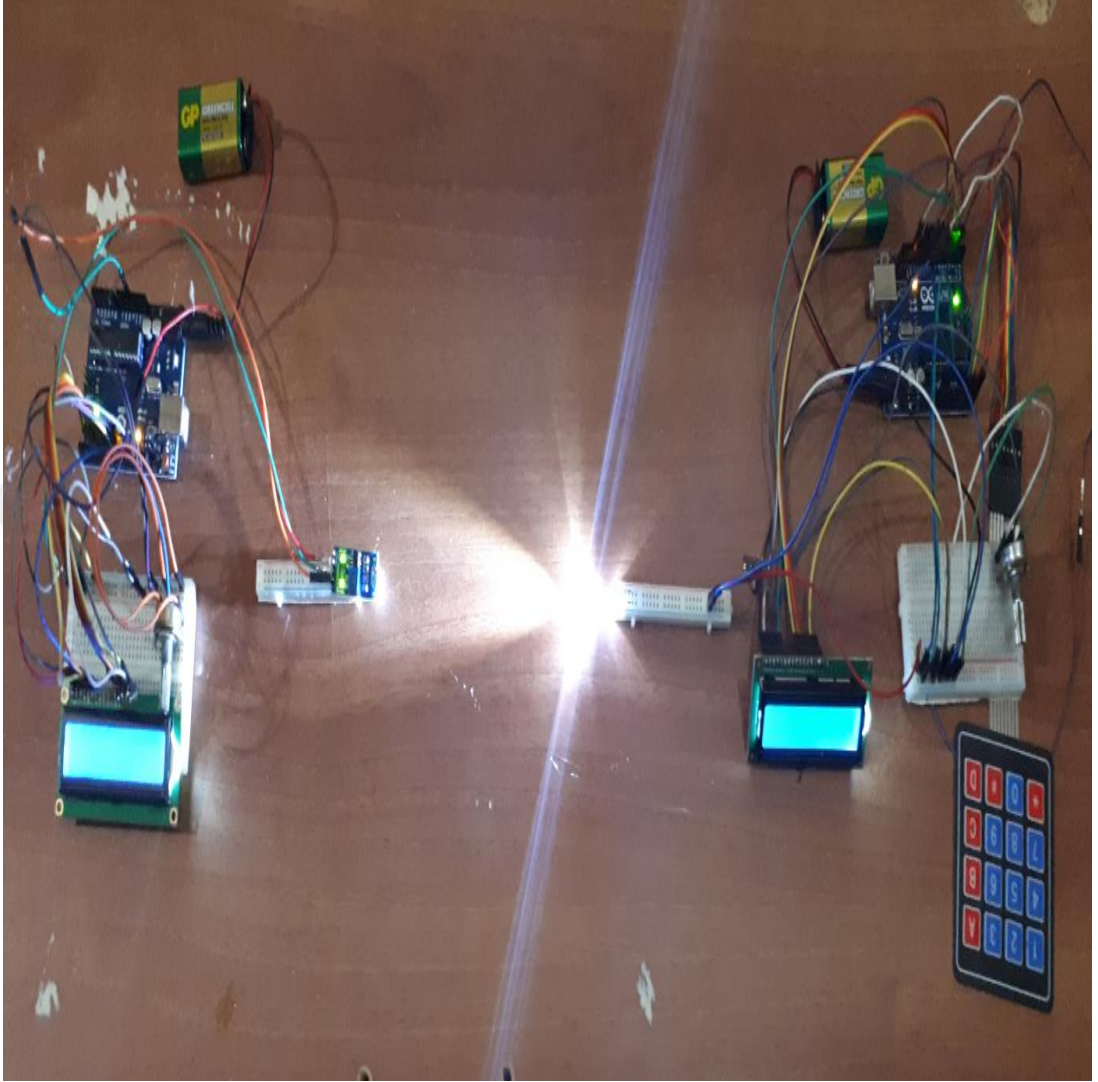
    Serial.println(F("A"));
    Serial.println(F("B"));
    Serial.println(F("C"));
    Serial.println(F("D"));
    Serial.println(F("(menu)"));
    while (!Serial.available());

    // Read data from serial monitor if received
    while (Serial.available())
    {
        char c = Serial.read();
        if (isAlphaNumeric(c)

        {
            if(c == '1')
                Serial.println(F("1"));
            else if(c == '2')
                Serial.println(F("2"));
            else if(c == '3')
                Serial.println(F("3"));
            else
            {
                Serial.println(F("illegal input!"));
                return 0;
            }
            time0 = millis();
            return c;
        }
    }
}

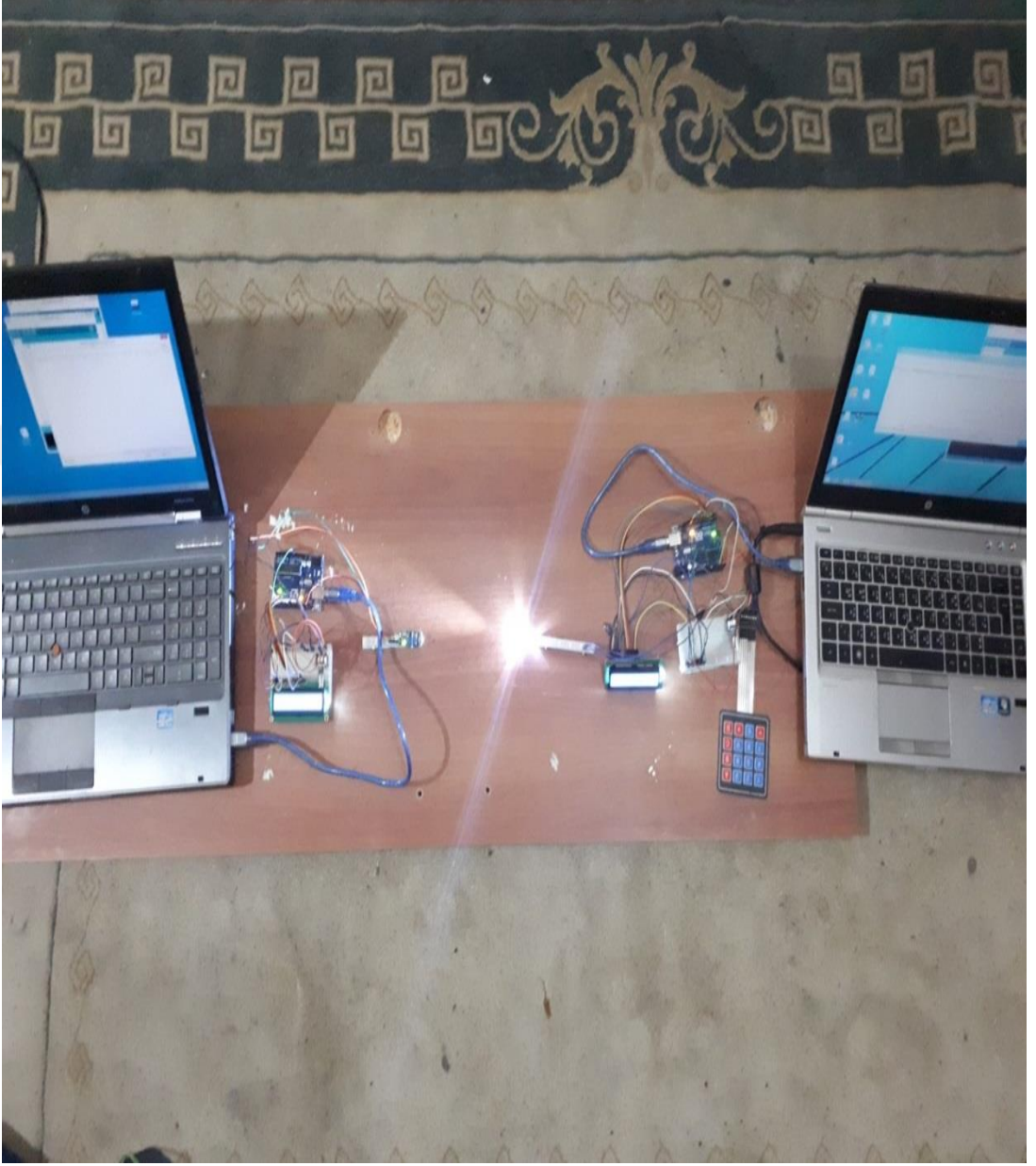
```

EK C. Tasarlanan Verici ve Alıcı Resmi



Şekil C.1 Tasarlanan Verici ve Alıcı Resmi

EK D. PC'den PC'ye İletişim testi



Şekil D.1 PC'den PC'ye İletişim testi

EK E. Kullanılan elektronik parçaların fiyatları (direnc.net)

| Bileşen | Adet | Fiyat |
|--------------------------|-------------|--------------|
| Arduino Uno R3 | 2 | 26,14 TL |
| 5mm beyaz LED | 1 | 0,14 TL |
| 16x2 LCD | 2 | 13,41 TL |
| 4X4 Keypad | 2 | 7,25 TL |
| BPW34 fotodiyot | 1 | 7,88 TL |
| BPW21R Silikon fotodiyot | 1 | 42,98 TL |
| Beyaz Flux LED | 1 | 0,49 TL |
| Breadboard | 2 | 7,16 TL |
| Jumper Kablo | 40 | 4,56 TL |

Çizelge E.1 Kullanılan elektronik parçaların fiyatları (direnc.net)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sayf ALBAYATI

Doğum Yeri ve Yılı : Irak, 13/02/1993

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce
Türkçe
Arapça



E-posta : swmajeed.bayati@istanbulticaret.edu.tr

Eğitim Durumu

Lisans : Tikrit University
Mühendislik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği, 2016

Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, 2019

Yayınları

Albayati, S., (2019). An Overview of Visible Light Communication Systems. International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 8(6), 51-56

Albayati, S., Yarkan, S., (2019). An Adaptive Transceiver Design for Visible Light Communication. Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 1(2), 1-11.