



EL HAREKETLERİYLE ASPIRATÖR KONTROLÜ

COŞKUN CENGİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir YAŞAR

Şubat - 2021

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EL HAREKETLERİYLE ASPIRATÖR KONTROLÜ

COŞKUN CENGİZ

TOKAT
Şubat - 2021

Her hakkı saklıdır

Coşkun CENGİZ tarafından hazırlanan “**El Hareketleriyle Aspiratör Kontrolü**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 8 ŞUBAT 2021 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir YAŞAR
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mithat ŞİMŞEK
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Dr. Öğr. Nurettin ÜSTKOYUNCU
Erciyes Üniversitesi

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü
---/---/20--

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Coşkun CENGİZ

8 Şubat 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EL HAREKETLERİYLE ASPIRATÖR KONTROLÜ

COŞKUN CENGİZ

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ EBUBEKİR YAŞAR)

Günümüzde el hareketleri ile uzaktan kontrol, birçok sistemde cihazlarla etkileşimde bulunmak ve kontrol etmek amacıyla farklı şekillerde kullanılmaktadır. Günlük hayatta kullandığımız elektrikli araç ve gereçlerin el hareketleri ile temassız olarak kontrol edilmesi kişisel kullanım ve kamu kullanımı için hijyenik, hızlı ve güvenli bir etkileşim sağlamaktadır. El hareketlerinin tespit edilip algılanmasında kullanılan yöntemler verimlilik, ekonomiklik, güvenlik ve sağladığı kolaylıklar gibi özellikler ile birbirinden ayrılmaktadır. Özellikle mutfakta kullanılan cihazların çoğu ucuz maliyetli olduğu için, el hareketlerinin tespit edilmesi için geliştirilecek sistemin de ekonomik olması gerekir. Zira el hareketlerinin tanınmasında daha çok pahalı bilgisayar ve kamera içeren sistemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, elektrikli mutfak aletlerinden olan aspiratörlerin temas etmeden kontrol edilebilmeleri amacıyla, düşük maliyetli bir sistem geliştirilmiştir. Sistem aspiratörün aç/kapa kontrolünü, motor hız kontrolünü ve aydınlatma kontrolünü el hareketleri ile yapmaktadır. Motor hız kontrolü ve aç/kapa fonksiyonları, elin sağa ve sola hareketleri ile yapılırken ışık açma ve kapama elin yukarı aşağı hareketiyle sağlanmıştır. Elektronik devrenin tasarımında kullanılacak elemanlar ve bileşenlerin seçiminde ekonomik olmasına özen gösterilmiştir. Sistemde el hareketlerini tanıma algoritması (faz bazlı hareket algılama algoritması), Arduino Nano üzerinde çalışan yazılım yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Sistemde el hareketlerinin algılanması amacıyla, bir adet IR ışık algılayıcı ve üç adet IR Led ışık kaynağı kullanılmıştır. İlk olarak el hareketlerini tanıma sistemi devre tahtası üzerinde tasarlanmış ve sonrasında baskı devreye aktarılmıştır. Sistemin testleri aspiratör kullanılarak yapılmış ve soldan sağa harekette %95, sağdan sola harekette %96, aşağıdan yukarıya harekette ise %98 doğru tanıma görülmüştür. Tasarlanan el tanıma sisteminin aspiratör üreticilerine pazarlaması planlanmaktadır.

2021, 60 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Faz Bazlı Hareket Algılama Algoritması, El Hareketi Algılama, Uzaktan Kontrol, Optik Sensörler, Hareket Sensörleri, Aspiratör Kontrolü.

ABSTRACT

MASTER THESIS

ASPIRATOR CONTROL WITH HAND MOVEMENTS

COŞKUN CENGİZ

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

DEPARTMENT OF MECHATRONICS ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. EBUBEKİR YAŞAR)

Today, remote control with hand gestures is used in different ways in many systems to interact and control devices. Controlling the electrical tools and equipment we use in daily life with hand movements without contact provides a hygienic, fast and safe interaction for personal and public use. The methods used in detecting and perceiving hand movements are distinguished from each other with features such as efficiency, economy, security and the facilities it provides. Since most of the devices used in the kitchen are inexpensive, the system to be developed for detecting hand movements should also be economical. Because, more expensive computers and systems containing cameras are used to recognize hand movements. In this study, a low-cost system has been developed in order to control the aspirators, which are one of the electrical kitchen appliances, without contact. The system performs the on/off control of the aspirator, motor speed control and lighting control by hand movements. Motor speed control and open/close functions are performed by hand movements to the right and left, while the light on and off process is provided by the up and down movement of the hand. In the selection of the elements and components to be used in the design of the electronic circuit, care was taken to be economical. Hand gestures recognition algorithm (phase-based motion detection algorithm) in the system is carried out with the help of software running on Arduino Nano. One IR light sensor and three IR LED light sources are used in the system to detect hand movements. First, the hand gestures recognition system was designed on the breadboard, and then transferred to PCB. The tests of the system were carried out using an aspirator and the accuracy was 95% in left-to-right movement, 96% in right-to-left movement, and 98% in bottom-up movement. The designed hand recognition system is planned to be marketed to aspirator manufacturers.

2021, 60 PAGE

KEYWORDS: Phase-based Motion Detection Algorithm, Hand Movement Perception, Remote Control, Optical Sensors, Motion Sensors, Aspirator Control.

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum tez çalışması sürecinde bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her konuda yardımcı olan danışmam hocam Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir YAŞAR'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca çalışmalarım boyunca desteğini ve yardımlarını esirgemeyen Tokat Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi öğretmenlerinden Hüsamettin KARTAL'a ve Mustafa ARPACIOĞLU'na, prototip ve test aşamasında yardımcı olan Tokat Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi öğretmenlerinden Mustafa YORULMAZ'a teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her döneminde desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme, eşime ve çocuklarıma teşekkür ederim.

Coşkun CENGİZ

8 Şubat 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1. LTE-4208 Ir Led ve TSOP38238 Ir Alıcı.....	11
3.2. Arduino Nano V3.0.....	14
3.3. Kullanılan Diğer Elektronik Devre Elemanları	15
3.4. 38 KHZ Değerindeki Sinyal İçin Yapılan Ayarlar	15
3.5. 38 KHZ Değerindeki Sinyalin Elde Edilmesi.....	19
3.6. Faz Bazlı Hareket Algılama Algoritması.....	20
3.7. Algılama Mesafesinin Tespiti.....	23
3.8. Devrenin Hazırlanması	25
3.9. Sistemin Yazılımının Geliştirilmesi.....	27
3.10. Sistemin Devre Tahtasında Test Edilmesi	30
3.11. IR LED'lerin Aktiflik Durumlarının Düzenlenmesi.....	32
3.12. Devreye Rölelerin ve Gösterge Panelinin Eklenmesi	34
3.13. Baskı Devrenin Hazırlanması	37
3.14. Devrenin Fiziksel Uygulaması.....	40
3.15. Sensör Devresinin Yerleşimi	42
3.16. Sistemin Aspiratöre Bağlanması.....	43
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	46
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	54
6. KAYNAKLAR	56

7. ÖZGEÇMİŞ	60
-------------------	----



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

h_0	Tespit edilebilir el mesafesi
I	Elektrik Akımı
l_0	İki IR LED arasındaki mesafe
Q	Transistör
P	Elektrik gücü
R	Direnç
TD	Zamanlama farkı
U	Elektrik gerilimi
V_s	Kaynak gerilimi
α	IR LED emisyon açısı
β	IR Alıcı görüş açısı

Kısaltmalar

Açıklama

AC	Alternative Current
CTC	Clear Timer on Compare Match
DC	Direct Current
EDA	Electronic Design Automation
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
EMK	Elektromotor Kuvvet
GND	Ground
IDE	Integrated Development Environment
IR	Infrared
MGS	Motion Gesture Recognition
NO	Normally Open
LED	Light Emitting Diode
PCB	Printed Circuit Board
PIC	Peripheral Interface Controller
PIR	Passive Infrared
RF	Radio Frequency

SRAM	Static Random Access Memory
V3.0	Version 3.0
2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. TSOP38238 IR alıcısı ve LTE-4208 IR Led bacak bağlantıları	12
Şekil 3.2. TSOP38238 IR alıcısının blok diyagramı.....	13
Şekil 3.3. Kızılötesi ışığın IR LED’den yayılıp, TSOP alıcıya engelden yansımaları	13
Şekil 3.4. Arduino Nano V3.0 geliştirme kartı	14
Şekil 3.5. Timer1 zamanlayıcısının yazmaçlarının yapısı ve özellikleri	16
Şekil 3.6. Timer2 zamanlayıcısının yazmaçlarının yapısı ve özellikleri	16
Şekil 3.7. Timer1 ve Timer2 zamanlayıcılarının yazmaç değerlerinin atanması.....	18
Şekil 3.8. Arduino geliştirme kartının D9, D10 ve D11 dijital çıkışlarının 38 KHZ frekans değerine modüle edilmesi.....	19
Şekil 3.9. Arduino geliştirme kartının D9, D10 ve D11 dijital çıkışlarındaki sinyallerin osiloskop ile gösterimi.....	20
Şekil 3.10. Faz bazlı hareket algılama yönteminin bir çevrimine ait akış şeması	21
Şekil 3.11. Faz bazlı hareket algılama yöntemi ile el hareketi tanıma sistemi	22
Şekil 3.12. IR LED’lerin ışık yayılımı (a) ve sistemdeki bileşenlerin görüş alanı (b)...	23
Şekil 3.13. TSOP ve 3 Adet IR LED alıcısının konumlandırılması	25
Şekil 3.14. Devre tahtası için hazırlanan elektronik devrenin şematik tasarımı	26
Şekil 3.15. Devrenin devre tahtasında kurulmuş hali ve denenmesi	27
Şekil 3.16. IR LED'lerin 3 farklı fazdaki modülasyonu.....	28
Şekil 3.17. Hareket tespit algoritmasına ait sonsuz döngünün akış şeması	29
Şekil 3.18. Aşağıdan yukarıya doğru yapılan el hareketlerinin denenmesi	30
Şekil 3.19. Soldan sağa doğru yapılan el hareketlerinin denenmesi	31
Şekil 3.20. Sağdan sola doğru yapılan el hareketlerinin denenmesi	32
Şekil 3.21. Aspiratörün anahtarlama sırasında kullanılan röle	34
Şekil 3.22. Rölelerin devreye bağlantı şeması	35
Şekil 3.23. Ortak katotlu kırmızı display ön ve arka yüzü.....	36
Şekil 3.24. Aspiratöre bağlanacak devrenin şeması.....	37
Şekil 3.25. Baskı devre kartının yolları	38
Şekil 3.26. Baskı devre kartı devre elemanlarının yerleşim planı	39
Şekil 3.27. Temel devrenin baskı devre kartı.....	40

Şekil 3.28. Sensör devresinin baskı devre kartı	41
Şekil 3.29. Gösterge devresinin elemanlarının baskı devre kartına yerleşimi	42
Şekil 3.30. Sensör devresinin monte edileceği levha.....	42
Şekil 3.31. Levhaya monte edilmiş sensör devresi	43
Şekil 3.32. Aspiratörün kademe kablolarının bağlantısına göre çalışma durumu	44
Şekil 3.33. Sistemin aspiratöre bağlantısı	45
Şekil 4.1. Soldan sağa doğru yapılan el hareketleri ile elde edilen sonuçlar	46
Şekil 4.2. Sağdan sola doğru yapılan el hareketleri ile elde edilen sonuçlar	47
Şekil 4.3. Çalışma kademesine göre ilgili rölelerin aktiflik testinin sonuçları	48
Şekil 4.4. Geliştirilen sistemin blok diyagramı.....	49
Şekil 4.5. Öngörülen temassız el hareketi ile çalışan aspiratörün prototip uygulaması .	49
Şekil 4.6. Sistemin karanlık ortamda çalışması	50
Şekil 4.7. Sağ IR LED'in modülasyon frekansı.....	51
Şekil 4.8. Aspiratörün çalışma durumlarına göre devreden geçen akımın ölçülmesi.....	52

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge

Sayfa

Çizelge 3.1. Aspiratör kontrolünde el hareketinin yönüne göre yapılacak işlemler	27
Çizelge 3.2. Deneme tahtasında el hareketinin yönüne göre yapılacak işlemler.....	28
Çizelge 3.3. T1, T2 ve T3 zamanlarında IR LED'lerin aktiflik durumu	33
Çizelge 4.1. Sistemin el hareketlerini tanıma oranı	50
Çizelge 4.2. Kullanılan elektronik malzemelerin fiyatları	53

1. GİRİŞ

Birçok kişinin kullanabileceği mutfak eşyaları veya günlük hayatta kullanılan başka aletlerin özellikle hijyen ve temizlik açısından temas etmeden, uzaktan çalıştırılması büyük önem taşımaktadır. Hareket tanıma temelli temassız kontrol sistemlerinin geliştirilmesi, kişisel ve kamu kullanımı için hijyenik bir etkileşim sunduğundan, günümüzde önemi daha da artan bir araştırma alanı olmuştur. Uzaktan, dokunmaksızın bir sistemin kontrol edilmesinde kullanıcı ile etkileşimde bulunmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Temelde çeşitli sensörler ve kamera yardımıyla yapılan çalışmalarda el hareketlerinin tespit edilip algılanmasında kullanılan yöntemler kendi aralarında verimlilik, ekonomiklik, güvenlik ve sağladığı kolaylıklar gibi özellikler ile birbirinden ayrılmaktadır. Bu yöntemlerde elin tespit edilmesi ve devamında el hareketlerinin algılanması için çeşitli yöntemlerin yanında yapısal ve maliyet açısından farklı farklı bileşenlerde kullanılmıştır.

Tüm dünyanın içinde bulunduğu salgın hastalıklar döneminde özellikle toplu kullanımı söz konusu olan elektrikli eşyaların temassız olarak çalıştırılmasının önemi daha da artmıştır. Her gün kullandığımız elektrikli araç ve gereçlerin çoğu ucuz maliyetli olduğu için, bu araç ve gereçlerin el hareketleri ile kullanılabilmesi amacıyla çok fazla ekonomik değere sahip olmayan, basit yapılar gerekmektedir. Literatürde el hareketlerinin algılanmasında daha çok bilgisayarlı görme ve görüntü işleme tekniklerinden ve giyilebilir sensörler içeren çalışmalara rastlanmaktadır. Bilgisayar ve görüntü sistemlerinin maliyeti çoğu zaman evlerde ve ortak alanlarda kullanılan cihazların toplam maliyetinden fazla tutmaktadır. Bu çalışmada, düşük maliyetli geliştirilen bir sistem ile mutfak araç ve gereçlerinden biri olan ve mutfakta en çok kullanılan eşyalardan olan aspiratörlerin gerek temiz ve kuru eller ile gerekse kirli ve ıslak eller ile temasız açma, kapama ve hız kontrolü sağlanmaktadır. Aspiratörün temassız kullanımı hem çoklu kullanımlar için hijyen sağlarken, tekil kullanımlarda bazen kirli hamurlu ellerle kullanımının önlemesi ile temizliğe de katkısı olmaktadır. Bu sayede aspiratörlerin kullanımında daha hijyenik, verimli, güvenli bir etkileşim sağlanmaktadır. Hazırlanacak sistemin ekonomik olarak geliştirilmesi bu tez çalışmasının başlıca özgün değeridir. Ayrıca geliştirilen sistem sadece aspiratör için değil uzaktan kontrol edilmesi çeşitli maslahatlar için gerekli olan basit birkaç

fonksiyona sahip kontrol parametre sayısını içeren tüm farklı sistemler için de ekonomik ve hijyenik bir çözüm sunabilecektir.

Literatürde el hareketlerinin algılanması üzerine birçok çalışma yer almaktadır. Geçmişte daha çok kablolu uzaktan kontrol teknikleri tercih edilirken, gelişen teknolojiyle birlikte ve maliyetlerin azalması ile kablosuz uzaktan kumanda sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. İnsan hareketlerinin tespit edilip algılanması için geliştirilen sistemlerde algılayıcı eleman olarak yaygın iki temel bileşen kullanılmaktadır. Bu bileşenler şunlardır:

- 1) Kamera
- 2) Sensör

Yapılan literatür taramasında sensör tabanlı hareket algılama uygulamalarında hareketleri algılamak için hareket, yaklaşım, mesafe, kontrast sensörleri kullanıldığı görülmüştür. Sistem tasarlanırken bekleme durumunda fazla enerji harcamayan düşük güçle çalışan bileşenlerden de oluşması ayrıca göz önüne alınmıştır. Bu sayede aspiratör çalışmazken enerji sarfıyatı oldukça düşük tutulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada el hareketlerinin yüksek oranlı tanınması için bu sensörlerden en uygun olan kombinasyon tespit edilip kullanılmıştır. Sistem tasarlanırken ekonomik olması ve yüksek başarımlı özellikle göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çalışmada hareket algılama amaçlı IR alıcı bir göz ve 3 adet IR LED kullanılmıştır. Sistem tasarlanırken olası bozucu etki gösterebilecek gün ışığı ve IR kumandaların devreye olan negatif etkileri incelenerek gürültüler en aza indirilmiştir. Sistemin her türlü ışık ortamında kararlı bir şekilde çalışması için 38 KHZ frekansta uygun modülasyonlar yapılmıştır. Bu çalışmalarda kararlılık için esas teşkil eden en büyük parametre ledlerin frekansları olmuştur. Ledlerin alıcı göz için uygun frekansta olması ve kumanda devreleri ile çakışmaması için kumanda devrelerinden farklı bir modülasyon kullanılarak sistem tasarımı kararlı hale getirilmiştir. İlk başta prototip üzerinde geliştirilecek olan bu devre başlangıçta aspiratör dışında tasarlanıp çalıştırılmış ve son testler aspiratör üzerinde yapılmıştır. İlk prototip üzerinde el hareketlerinin algılanıp açma, kapama, seviye artırma ve seviye azaltma işlevleri devreye eklenecek led diyotlar ile gözlemlenmiştir.

Farklı ortamlarda yapılan denemeler sonucunda istenilen sonuçların yüksek oranlı elde edilmesiyle beraber, bu devrenin aspiratör üzerindeki denemeleri gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen devre, belirlenen bir aspiratöre uyumlu bir şekilde yerleştirilmiş ve devreden elde edilen sinyallerle aspiratörün kontrolü sağlanmıştır. Bunun için farklı ışık seviyelerinin bulunduğu ortamlarda, aynı ortamda farklı konumlarda çeşitli denemeler yapıp sistemin kararlı çalışıp çalışmadığı test edilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

El hareketlerinin tanınmasına yönelik çalışmaların başlangıcını şüphesiz kablolu uzaktan kumanda sistemleri oluşturmaktadır. Sonrasında her sistemin kendisine has kumanda aleti kullanılarak üzerinde bulunan fonksiyon tuşları yardımıyla kontrolleri sağlanmıştır. Zamanla farklı IR ve RF kumanda tipleri gelişerek daha fonksiyonel kablosuz fare ve klavye yapıları yapılmıştır. Tüm bu uzaktan kumanda tekniklerinde en azından kumanda teması söz konusu olduğundan hijyenik olarak uygun çözümler olmamışlardır.

Bu çalışmanın amacı uzaktan dokunmaksızın sistemlerin kontrol edilmesini sağlamak üzere ekonomik ve düşük güç tüketen bir sistem yapmaktır.

El ve yüz hareketi tanıma ile ilgili çalışmalar 1990'ların başında başlamış ve o zamandan beri devam etmektedir (Rehg ve Kanade, 1994). Bu çalışmalar, insan-bilgisayar etkileşimi, sanal gerçeklik, uzaktan kumanda ve endüstri alanlarında birçok potansiyel uygulamaya sahiptir (Freeman ve Weissman, 1997). Elektrikli aletlerin uzaktan ve temassız kontrolü, tüketici ve endüstriyel elektroniklerde arzu edilen bir özellik haline gelmiştir. Temassız kullanıcı arayüzleri, halka açık yerlerdeki hijyen risklerini azaltmak için de faydalıdır (Erden ve Çetin, 2014).

Rekimoto (2001) yapmış olduğu çalışmada giyilebilir bilgisayarlar için GestureWrist ve GesturePad adlı iki giriş cihazı sunmuştur. Her iki cihaz da kullanıcıların hareket tabanlı komutları kullanarak giyilebilir veya yakındaki bilgisayarlarla etkileşime girmesine imkan tanımıştır. GestureWrist adı verilen ilk cihaz, el hareketlerini ve önkol hareketlerini tanıyan bileklik tipi bir giriş cihazıdır. Bu cihazda tüm algılama öğeleri normal bir bilekliğin içine yerleştirilmiştir. GesturePad adı verilen ikinci cihaz ise

kıyafetlerin iç kısmına takılabilen ve kullanıcıların bu modül ile dışarıdan etkileşim kurabildikleri bir algılama modülüdür. Geleneksel kıyafetleri görünümlerini değiştirmeden interaktif bir cihaza dönüştürmüşlerdir.

Kang ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada tekerlekli sandalyeyi kontrol etmek için el hareketlerini kullanan güvenilir bir sistem sunmuşlardır. Kontrol eylemleri, çıplak veya eldivenli bir elin hareketleriyle oluşturulabilmektedir. Hareketler bir ölçek, konum, yönelim ve ten renginden bağımsız bir şekilde tanınmış ve tanımlanmıştır. Hareket kontrolü için el hareketinin konumu ve yönü, hız ve direksiyon açısı kontrolü için kullanılır. Sistem, her iki el ile de eşit derecede iyi çalışır ve sistemde herhangi bir değişiklik yapmadan herhangi bir zamanda değiştirilebilir.

Metzger ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada, çift eksenli bir ivmeölçer ve yakınlık sensörü kullanılarak gösterilen parmakları sayabilen bir hareket tanıma sistemi olan FreeDigiter geliştirilmiştir. Sistem son derece hassas, ışığa dayanıklı, az güç gerektirecek yapıda ve ucuz bir şekilde geliştirilmiştir. FreeDigiter sisteminin işitme cihazı, MP3 çalar gibi sabit cihazlara da cihaz kontrolü için dahil edilebileceği ve temassız etkileşimler sağlanabileceği belirtilmiştir. Deneylerde % 99.0 doğruluk oranlarına ulaşılmıştır ve sistemin çok çeşitli aydınlatma koşullarına toleranslı olduğu görülmüştür.

Kim ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, bir kullanıcının bileğine takılan ve el hareketi ile farklı cihazların kontrolünü sağlayan Gesture Watch (Hareket Saati) cihazını geliştirmişlerdir. Bu cihaz üzerinden yapılan el hareketlerini algılamak için bir dizi kızılötesi yakınlık sensörü, PIC mikrodenetleyicisi kullanılmış ve Saklı Markov modellerini kullanarak el hareketleri yorumlanmıştır. Bu çalışmada genel olarak % 95,5 tanıma doğruluğuna ulaşılmıştır.

Cheng ve ark. (2011) yapmış olduğu çalışmada, yakınlık sensörlerini kullanan yeni bir temassız hareket tanıma sistemi geliştirmişlerdir. Bir dizi kızılötesi sinyallerden özellik çıkarma yöntemi ve karar ağacı tabanlı bir hareket sınıflandırıcı önerilmiştir. Sistem, bir kullanıcının ekrana dokunmadan veya herhangi bir ek cihazı takmadan / tutmadan sezgisel hareketleri kullanarak mobil cihazlarla etkileşime girmesine olanak tanır.

Değerlendirme sonuçlarında, sistemin düşük güçte olduğu ve 3B hareketleri gerçek zamanlı olarak % 98'in üzerinde hassasiyetle tanıyabildiğini göstermektedir.

Popa (2011) yaptığı çalışmada ivmeölçer veya jiroskop sensörü, hareket tanıma sistemlerinden sensörlü çözümlerde hareketleri algılamak için kullanıldığından hareketle, bu çalışmada ivmeölçer sensörü kullanılarak bir el hareketi tanıma sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemin oyun sistemlerinde, gömülü sistemlerde, akıllı çevre birimlerinde ve benzerlerinde de kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Solanki ve Desai (2011), cihazları el hareketi ile kontrol etmeyi amaçlayan giyilebilir bir prototip geliştirmişlerdir. "Handmote" adını verdikleri sistem hem el hem de uzaktan kumanda kombinasyonundan gelen giyilebilir cihazı ifade etmektedir. Sistem kızılötesi ışıkla desteklenen bir kızılötesi kamera (görüntü yakalamak için) içermektedir. Kullanıcının eline IR LED'lerden oluşan bu fenerden gelen bir IR ışını gönderilir. Ayrıca, elektronik cihazlara komutları iletmek için bir mikro denetleyici birimi ile beraber kızılötesi modül yapıda kullanılmıştır. Gerçek görüntü işleme için JAVA uygulama geliştirme ortamı kullanılmıştır. Bununla birlikte, yazılım uygulamasını çalıştırmak için kullanıcının her zaman bir dizüstü bilgisayar getirmesi ve her zaman aletlerle etkileşim için gereken tüm modülleri entegre eden cihazı takması gerekmektedir. Bu prototipte, kullanıcı belirli bir cihazı açmak istediğinde, yazılımın onu tanıması ve mikrodenetleyiciye bunu iletmesi gerekmektedir.

Wojtczuk ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada 4x4 toplam 16 PIR sensörün bir araya getirilmesi yardımıyla oluşturulan hareket algılama sensörünü MsPowerPoint uygulamasında slaytların kontrolü için kullanılmışlardır. Detektörün önündeki el hareketini izlemek için bir görüntü işleme algoritması kullanılmıştır.

Hemantha ve Srikanth (2013) yaptıkları çalışmada 26 adet alfabe harfini ve 10 adet rakamı, işaret dilini ve yukarı, aşağı, yakınlaştırma ve uzaklaştırma gibi hareket komutlarını kullanarak tanıyan sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca yüz tanıma kullanılarak, sistemin çalışması belirli kullanıcılara has kılınmıştır. El hareketlerinin çıkarılması, sınıflandırılması ve yüz tanıma için görüntü işleme ve algoritmalar Matlab kullanılarak hazırlanmıştır.

Kim ve Baek (2013) yaptıkları çalışmada aktif kızılötesi (IR) yakınlık sensörüne dayalı düşük güçlü ve küçük boyutlu bir hareket sensörü geliştirmişlerdir. Geleneksel yakınlık temelli MGS'ler (Motion Gesture Recognition) iki LED (en güçlü bileşenler) ve bir fotodiyot gerektirirken, önerilen MGS üzerinde, ayrı ek bir fotodiyot ve tek bir LED kullanılmıştır.

Erden ve Çetin (2014) tarafından geliştirilen el hareketi tanımlama sisteminde PIR hareket sensörleri ve normal bir kamera kullanılmıştır. Sistemde diferansiyel PIR sensörlerinin görüş menzilineki herhangi bir hareket önce sensörler tarafından algılanır ve daha sonra bunun bir el hareketinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı video analizi ile kontrol edilir. Hareket bir elden kaynaklanıyorsa, el hareketlerini gerçek zamanlı olarak sınıflandırmak / tanımak için PIR sensörlerinden çıkarılan tek boyutlu sürekli zamanlı sinyaller kullanılır. Çok modlu gösterici sistemi eli algılayabilir ve soldan sağa, sağdan sola, saat yönünde ve saat yönünün tersine el hareketlerini tanıyabilir. Sisteme üst PIR sensörüyle hizalanmış bir PIR sensörü daha ekleyerek yukarı / aşağı hareketleri tespit etmek de mümkündür. Sistem, 1,5 metreye kadar el hareketlerini algılayabilir ve tanıyabilir. Kullanıcı ile TV seti arasındaki mesafenin yaklaşık 1,5 - 2 metre olduğu varsayılmıştır.

El hareketi, çeşitli elektronik cihazlarla etkileşimde bulunmak ve bu cihazları kontrol etmek için kullanılan en yaygın araçtır. Batchuluun ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, yeni bir sensör dizisiyle bulanık mantık tabanlı sınıflandırma kullanan yeni bir el hareketi tanıma yöntemi geliştirilmiştir. El hareketlerini sınıflandırmak için uyarlanabilir bir sinirsel bulanık çıkarım sistemi kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, geliştirilen yöntemin mevcut diğer yöntemlere kıyasla daha fazla el hareketi tespit ettiğini göstermiştir.

Lee ve ark. (2015), el hareketlerinin algılanması amacıyla giyilebilir ve iki parçadan oluşan bir bileklik tasarlamışlardır. Giyilebilir bir bileklik ve alıcı birimden oluşan sistem bu sistemde el hareketini ayırt etmek için hem ivmeölçer hem de jiroskop kullanmışlardır. El üzerinde meydana gelen titreşimler Kalman Filtresi ile giderilmeye çalışılmıştır. Tasarlanan sistemde, alıcı birim algılanan bilgilerin kodunu çözdükten sonra karşılık gelen eylem çeşitli cihazlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sistemin testleri,

açma / kapama işlevini ve karartma işlevini kontrol etmek için LED lambalardan oluşan bir ışık kaynağı üzerinde yapılmışlardır.

Kim ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, düşük güçlü taşınabilir uygulamalar için IR hareket sensörleri kullanılarak üç yönlü (3D) hareket algılama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde, foto-sensörler tek bir çip içerisine entegre edilerek küçük bir form faktörü elde edilmiştir.

Deshmukh ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, fiziksel engelli ve gözleri görmeyen kişiler için ev aletlerini el hareketiyle kontrol etmek amacıyla uzaktan kumanda gibi yeni bir sistem geliştirilmiştir. Handmote adını verdikleri sistem, mikrodenetleyici geliştirme kartı Arduino kullanarak kızılötesi görme, ivmeölçer ve kamera yardımıyla el hareketi tanıma için gerçek zamanlı bir görüntü işleme yardımıyla yapılmıştır.

Qin (2016) tarafından yapılan çalışmada, kullanıcının el hareketlerini kullanarak diğer uygulamaları gerçek zamanlı olarak çalıştırmasına izin veren bir Android uygulaması geliştirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, akıllı telefon kamerası aracılığıyla kullanıcının önceden tanımlanmış hareketlerini algılamak ve tanımlamaktır. Çalışmada ayrıca gerçek zamanlı performansı göstermek için kullanıcının hareketleri kullanılarak diğer uygulamaları başlatmasına izin veren bir Android uygulaması geliştirilmiştir.

Chakraborty ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, düşük maliyetli ve düşük güçte yeni bir ışık tabanlı hareket tanıma sistemi geliştirilmiştir. Sistemin etkinliği farklı çevresel koşullar altında ayrıntılı kullanıcı değerlendirmesi ile doğrulanmıştır. Kullanıcı değerlendirmesinin sonuçları, sistemin çoğunlukla iyi aydınlatılmış kapalı ortamda hareket tanıma sistemi olarak kullanılabilirliğini doğrulamıştır. Sistem iyi aydınlatılmış oda koşullarında genel olarak %89 doğrulukla el hareketlerini tespit edebilmiştir.

Czuszynski ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada el pozlarını ayırt etmek için Gauss dağılım uydurma ve Yapay Sinir Ağı tabanlı yöntemler yardımıyla iki tür sınıflandırma tekniğini uygulamışlardır. Bu çalışmada LED ve foto diyot kullanılarak üç farklı yapışık parmak pozu incelenmiştir (tekli, ikili ve üçlü yapışık parmaklar). Elden yansıyan yansıma örüntüsündeki değişiklikler her iki yöntemle sınıflandırılarak sırayla %81 ve %90 başarımla elde edilmiştir.

Moise ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, bir ATmega328P mikrodenetleyicisi, dört aktif kızılötesi (IR) yakınlık sensörü, bir sıcaklık sensörü, sesli uyarı ve röle kullanılarak el hareketlerini algılayan ve bu hareketlere göre bir termostatin kontrolünü sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. El hareketleri termostatin sıcaklık eşiğini değiştiren fiziksel düğmeler olarak yorumlanmıştır.

Verdadero ve ark. (2018), mevcut uzaktan kumandalara alternatif olarak hizmet veren ev aletleri için Android tabanlı el hareketi kontrollü bir arayüz sistemi oluşturmuştur. Android cihazın kamerası, statik el hareketlerini tespit etmek için kullanılmıştır. Toplanan veriler, kızılötesi ışık kullanılarak belirli ev aletlerinde komutları yürütmek için tanınabilir statik el hareketlerinden oluşan bir veri tabanı ile karşılaştırılmıştır. Bir dizi test ve değerlendirmeden sonra, sistem, belirli el hareketleri ile belirtilen ev aletlerinde kontrol işlevlerini yerine getirmiştir. Sistem, hatasız tanıma için uygun aydınlatma koşullarında karşılık gelen statik hareketin doğru şekilde yürütülmesini gerektirdiğinden hareketle, aksi takdirde, sistemin çıkışı ve yanlış tespit ile sonuçlanabileceğini ortaya koymuşlardır.

Mevcut hareket algılama sensörleri beş farklı türe ayrılabilir (Kim ve Baek, 2013):

1. Dokunma tabanlı
2. Hareket tabanlı,
3. Denetleyici tabanlı,
4. Görüntü tabanlı
5. Yakınlık tabanlı

Dokunmaya dayalı sistemler sezgiseldir ancak aktif olmaları için fiziksel teması izin veren uygulamalar gereklidir (Yang ve Kwon, 2011; Lee ve Park, 2012). Dokunmaya dayalı sistemler dokunmatik ekrandaki parmak veya kalem konumlarını ve hareket yönlerini farklı komutlara doğru şekilde eşleyebilme avantajına sahiptirler (Westerman ve Elias, 2006; Wobbrock ve ark. 2007). Ancak, tüm olası hareketler 2B ekran yüzeyiyle sınırlı olduğundan 3B hareketler desteklenmemektedir.

Hareket tabanlı sistemler, bir cihazı tutarak ve hareket ettirerek tek elle etkileşimle gerçekleştirilir. Jiroskoplar veya ivmeölçerler, bu sistemlerde ağır bir hesaplama yüküne rağmen atalet hareketini ölçmek için kullanılır (Xu ve ark., 2012). Hareket tabanlı

sistemleri kullanmak amacıyla, kullanıcının hareket yapmak için bir mobil cihaza veya harici bir denetleyiciye sahip olması gerekir (Wilson ve Shafer, 2003; Liu ve ark., 2009).

Giyilebilir eldivenler gibi harici kontrolörlere dayalı sistemler, taşınabilir el cihazları için pahalı ve ağır hesaplama yükü içeren ek dokunma sensörleri veya ivme ölçerler kullanır (Kim ve ark., 2009).

Görüntü tabanlı sistemler, kullanıcının temassız hareketini algılayan çeşitli konumlara yerleştirilmiş kameralar kullanır, ancak taşınabilir cihazlar, ihtiyaç duyulan aşırı hesaplama gücü nedeniyle kamera tarafından sağlanan verileri nadiren kullanır (Wang, ve ark., 2006). İlk üç sistem türü, kullanıcıların cihazlarla iletişim kurmasını gerektirirken, kamera ve bilgisayarla görme tekniklerini kullanan görme tabanlı sistemler kullanıcıların cihaza dokunmadan sezgisel hareketler yapmasına olanak tanır (Pavlovic ve ark., 1997; Yang ve ark., 2002). Bununla birlikte, görüntü tabanlı sistemler hesaplama açısından pahalıdır ve güç tüketir ve bu durum, tabletler veya cep telefonları gibi sınırlı güç kaynağına sahip mobil cihazlar için istenmeyen bir durumdur.

Ultrasonik algılamaya dayalı yakınlık sensörleri nispeten ağır ve hacimli olduğundan (Bai ve ark., 2010), yakınlık tabanlı hareket sensörlerinin çoğu taşınabilir uygulamalar için (Tar ve Cserey, 2011; Um ve Hung, 2006; Dobrzynski ve ark., 2012) IR fotodiyotları kullanır. Düşük güç ve küçük boyut, IR yakınlık tabanlı hareket algılama sensörlerinde diğerleri arasında en çok istenen çözüme sahip iki temel özelliktir. Yakınlık tabanlı hareket algılama sensörleri iki kategoriye ayrılır (Kong ve ark., 2013):

1. Pasif
2. Aktif

Pasif IR yakınlık tabanlı hareket algılama sensörleri insan elini bir IR yayıcı olarak kullanabildiğinden, düşük güç tüketimi elde edilebilir. Bununla birlikte, tanınma oranı çok düşüktür ($\approx$ % 70), bunun başlıca nedeni piroelektrik foto diyotların çevresel etkilere karşı savunmasız olmasıdır (Wojtczuk ve ark., 2011). Öte yandan, IR yayıcılar olarak IR LED'leri kullanan aktif IR yakınlık tabanlı hareket algılama sensörleri, çoğu durumda % 90'dan daha yüksek bir tanıma oranı sergiler. Birden fazla LED kullanan aktif IR yakınlık tabanlı hareket algılama sensörlerinde, her LED'den yayılan IR ışığı,

bir nesneden yansımadan sonra dönüşümlü olarak bir fotodiyota ulaşır. Fotodiyottan gelen iki alternatif elektrik sinyalinin genliği, nesnenin konumuna göre değişir, bu da hareket algılama algoritmasının çeşitli hareketleri algılamasına izin verir. Bu durumda, LED'ler arasındaki mesafe hareketlerin algılanma oranını belirler. LED'ler sistemdeki en fazla güç tüketen bileşenler olduğundan, genel güç dağılımını azaltmak için tek LED'li bir hareket algılama sensörü bu çalışmada yer almıştır (Cheng ve ark., 2011). Bu konfigürasyon, ayrı kanallar olarak birden fazla ayrı fotodiyota sahip olmasına karşın düşük güçlü sensör tasarımına olanak tanır. Bununla birlikte, fotodiyotlar arasındaki mesafe daha kısa olduğunda tanıma oranının daha düşük olduğu görülmüştür. Tanıma oranını düşürmeden ayrı fotodiyotları birbirine yakın yerleştirmek için fotodiyotların görüş alanını sınırlayarak optik bir blok kullanan bir yöntemi Kim ve Baek (2013) yaptıkları çalışmada önermişlerdir. Bununla birlikte, ayırık fotodiyotlar mevcut taşınabilir cihazlara neredeyse hiç dahil edilemez. Dahası her fotodiyotun görüş alanını ayıran bir optik blok oluşturmak için fazladan bir işlem gereklidir. Bu sorunların üstesinden gelmek için, iki fotodiyotu bir hareket algılama algoritmasını ve tek bir pakette bir IR LED'i entegre eden yakınlığa dayalı temassız bir hareket algılama sensörü önerilmiştir (Kong ve ark., 2013).

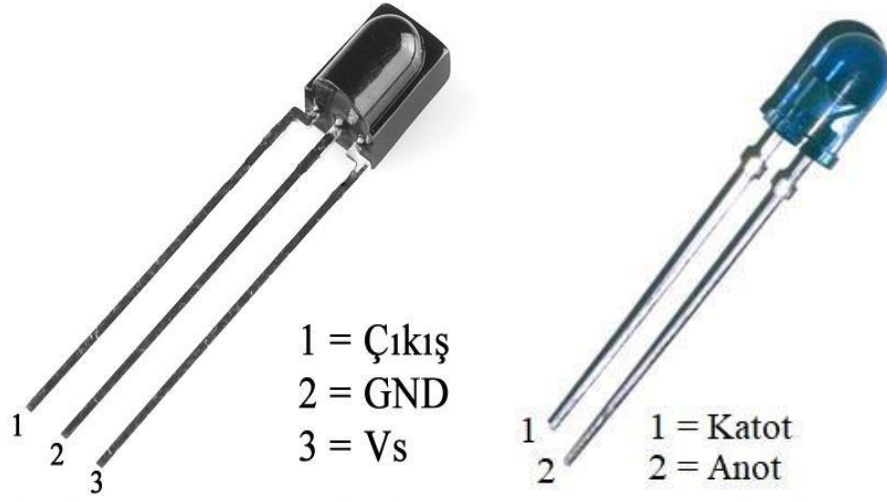
Literatürde geçen çalışmalara paralel fakat ayrı olarak geliştirilen sistemde üç adet led ve bir adet IR alıcı sensör kullanılmıştır. İlk denemelerde ortam ve özellikle gün ışığından kaynaklı kararsızlıklardan dolayı fotodiyot yerine TSOP38238 IR modülü ekonomik bir çözüm olarak seçilmiştir. IR alıcı sensör olarak TSOP38238 IR modül kullanılmıştır. Bu çip 38 KHZ frekansta çalışmaktadır. Yapısında IR filtre içeren modül, demodüle edilmiş bir çıkış üreterek mikrodenetleyicilerin kullanımı için uygun çıkış verir. IR alıcı modülün 38 KHZ frekansta çalışmasından dolayı diğer üç led lambada aynı frekansta çalışmaktadır. Bu frekans modülasyonu uzaktan algılama sisteminin her türlü ışık altında daha kararlı çalışmasını sağlamaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

El hareketlerinin tespit edilmesi, kızılötesi ışık kaynağından gelen ışığın el üzerinden yansması ve bir kızılötesi ışık alıcısı ile bu ışığın algılanması prensibi ile çalışmaktadır. Devrede sinyallerin üretilip algılanması ve gerekli kontrollerin sağlanması amacıyla Arduino Nano geliştirme kartı ve güç devresinde ara yüz olarak röleler kullanılmıştır. IR LED'ler 38 KHZ frekans üzerinden belirlenen bir anahtar değeri (şifre gibi düşünülebilir) periyodik olarak yayarak, sistemin gün ışığı ve diğer bozucu girişlerden (TV kumandaları gibi) oluşacak gürültülerden en az etkilenmesi sağlanmıştır.

3.1. LTE-4208 Ir Led ve TSOP38238 Ir Alıcı

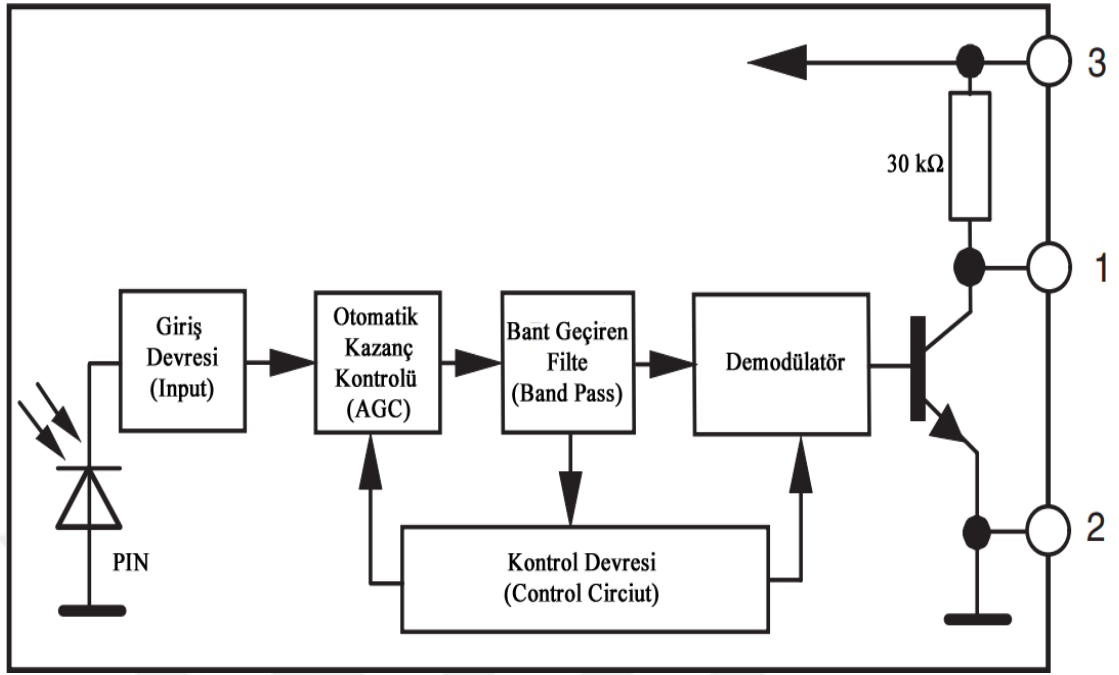
Kızılötesi ışık veri iletimi, gece görüşü, termal görüntüleme, hareket tespiti, uzaktan cihaz kontrolü gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. İnsan gözü ile görülmeyen dalga boyuna sahip olduğu için ortam aydınlatmasını olumsuz olarak etkilememektedir (You ve ark., 2018). IR LED, elektronik devrelerde kullanılan kızılötesi ışık yayan diyottur. Tasarlanan devrede, kızılötesi ışık kaynağı olarak LTE-4208 IR LED tercih edilmiştir. Bu IR LED 940 nm dalga boyunda kızılötesi ışık yaymaktadır. Yayılan ışık bir engelle karşılaştığında yansımaktadır. Elden yansıyan kızılötesi ışığı algılayacak elektronik eleman olarak da TSOP38238 IR alıcısı tercih edilmiştir. TSOP38238 IR alıcısı, sinyal frekansı 38 KHZ'e modüle edilmiş olan kızılötesi ışın ile aktifleşen, uzaktan kontrol sistemlerinde kullanılan bir sensördür. Bu sensör, elektronik bir sistemi kontrol eden bir kumandadan gönderilen veya bir IR LED'den yayılıp bir engele çarptıktan sonra yansıyan, 38 KHZ sinyal frekansına modüle edilmiş olan kızılötesi ışık üzerine düştüğü zaman aktif olur ve çıkışında 0V değeri görülür. Aktif olmadığı zaman çıkışında +5V değeri görülür. 38 KHZ frekans değerine modüle edilmiş dalgalara duyarlı olması ile ortam ışıklarından, güneş gibi farklı ışık kaynaklarından gelebilecek kızılötesi ışıklar olsa da kararlı çalışmaktadır. TSOP38238 IR alıcısı ve bacak bağlantıları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. TSOP38238 IR alıcısı ve LTE-4208 IR Led bacak bağlantıları

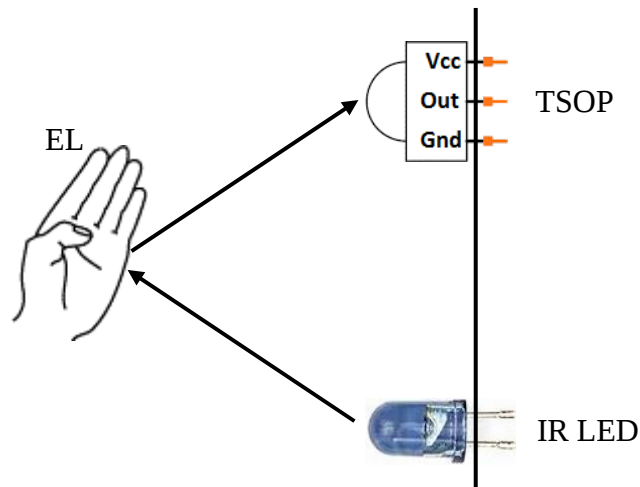
TSOP aktif olduğunda 1 numaralı bacağından sinyal alınarak istenilen işlem için kullanılabilir. 2 numaralı bacak toprağa bağlanmaktadır. 3 numaralı bacadan 2.5 V - 5.5 V arası DC gerilim uygulanabilir.

TSOP alıcısının module edilmiş kızılötesi ışıklar ile aktif olmasını sağlayan sisteminin blok diyagramı Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bir IR LED’den gelen ya da bir engelden yansıyan kızılötesi formda modüle edilmiş sinyal, TSOP alıcısı tarafından algılanmaktadır. Kızıl ötesi ışıklar PIN foto diyotunu aktif etmektedir. PIN diyotundan çıkan sinyaller giriş devresinde yükseltilmektedir. Kontrol devresinden gelen sinyal ile otomatik kazanç kontrolü devresinde bu sinyallerin seviyesi ayarlanmaktadır. Bant geçiren filtre devresi ile 38 KHZ frekanstaki sinyaller seçilmektedir. Bu sinyaller demodülasyona tabi tutulup transistor üzerinden çıkışa verilmektedir. Sinyal ile transistor tetiklendiğinde TSOP’un 1 numaralı çıkışında 0V değeri görülmektedir. Transistor tetiklenmezse TSOP’un 1 numaralı çıkışında 5V değeri görülmektedir.



Şekil 3.2. TSOP38238 IR alıcısının blok diyagramı

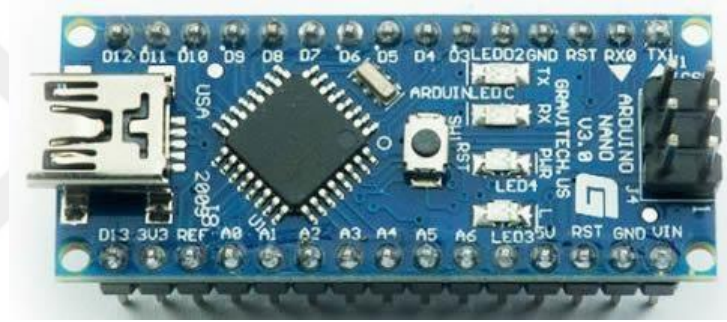
Şekil 3.3’de TSOP alıcısı ve IR LED’in yansıma özelliği ile çalışması temsili olarak gösterilmiştir. IR LED den yayılan ve 38 KHZ frekans değerine modüle edilmiş kızılötesi ışık engelden yansıyıp TSOP ‘u tetiklemektedir. Elin sensöre olan maksimum uzaklığına dair hesaplar ilerleyen konularda gelecektir. Burada elin başparmağının diğer dört parmakla bitişik olması sistemin kararlı çalışması anlamında önemlidir.



Şekil 3.3. Kızılötesi ışığın IR LED’den yayılıp, TSOP alıcıya engelden yansıması

3.2. Arduino Nano V3.0

Soldan sağa, sağdan sola ve aşağıdan yukarı olan el hareketlerini tespit etmek için elektronik devrede kullanılmak üzere 3 adet IR LED ve 1 adet TSOP devre elemanı belirlenmiştir. IR LED'lerden yayılıp kullanıcının elinden yansıyan kızılötesi ışınlarının, TSOP'u aktif yapabilmesi için, IR LED'lerin 38 KHZ frekans değerine modüle edilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak ve TSOP'un çıkışında görülen aktif veya pasif durumlarına göre aspiratörün açma, kapama, çalışma hızı ayarı, lamba açma ve kapama işlemlerini gerçekleştirmek için ana bileşen olarak Arduino Nano V3.0 geliştirme kartı tercih edilmiştir (Şekil 3.4). Bu kart programlanabilmesi ve sahip olduğu yeteri kadar I/O bağlantı pinleri ile en ekonomik çözümlerden birisidir.



Şekil 3.4. Arduino Nano V3.0 geliştirme kartı

Arduino geliştirme kartı çeşitlerinden bir tanesi Arduino Nano'dur. Bu geliştirme kartı geniş bir uygulama alanına sahiptir. Küçük boyutu ve kolay kullanımı nedeniyle birçok geliştirici tarafından tercih edilen bir geliştirme kartıdır. Gömülü sistemler, otomasyon uygulamaları, robotik sistemler, kontrol sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Üzerinde Atmega328 mikrodenetleyicisi bulunmaktadır. Atmega328 mikro denetleyicisinin 32 KB flash memory, 2 KB SRAM, 1 KB EEPROM'u bulunmaktadır. Arduino Nano 16 MHZ frekans değerinde saat hızına sahiptir. Çalışma voltajı 5 V'dur. 14 adet dijital giriş çıkış pini, 8 adet analog giriş pini vardır. A0-A7 pinleri analog girişler, TX1, RX0, D2-D13 pinleri dijital giriş çıkışlardır. Arduino Nano, bu giriş ve çıkış pinleri sayesinde çeşitli sensörlerle birlikte kullanılıp bu sensörlerden gelen analog ve dijital veriler işlenebilmektedir. Bu verilerin işlenmesiyle istenilen sonuçlar üretilip çeşitli cihazlar kontrol edilebilmektedir. Bu geliştirme kartı ile uygulama geliştirmek

için kullanılan Arduino yazılım geliştirme platformu (IDE) ve kullanılan programlama dili (C++) kullanımı kolay ve işletim sistemi uyum sorunu olmayan yazılımlardır.

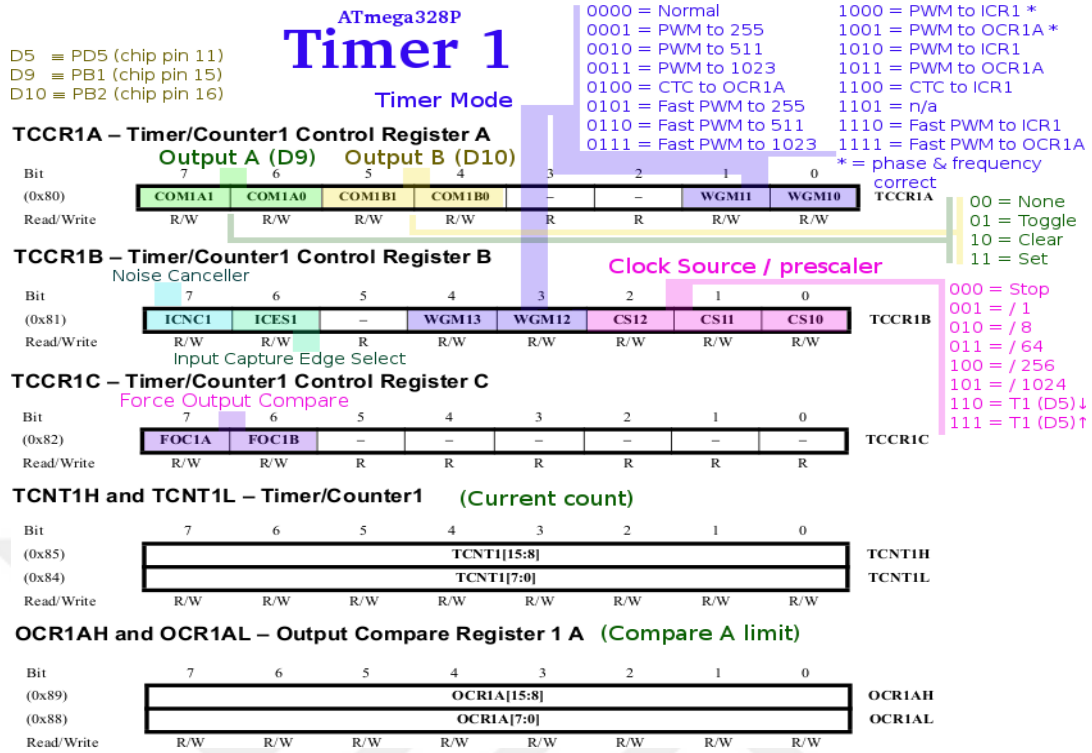
3.3. Kullanılan Diğer Elektronik Devre Elemanları

IR LED'lerin üzerinden geçecek akımı sınırlandırmak için 100 Ω değerinde 3 adet direnç kullanılmıştır. Arduino Nano ile IR LED'lerin frekans değeri 38 KHZ olarak modüle edilebilmesi için anahtarlama elemanı olarak BC337 transistörleri ve bu transistörlerin üzerinden geçecek akımı sınırlandırmak için 4,7 K Ω değerinde 3 adet direnç kullanılmıştır.

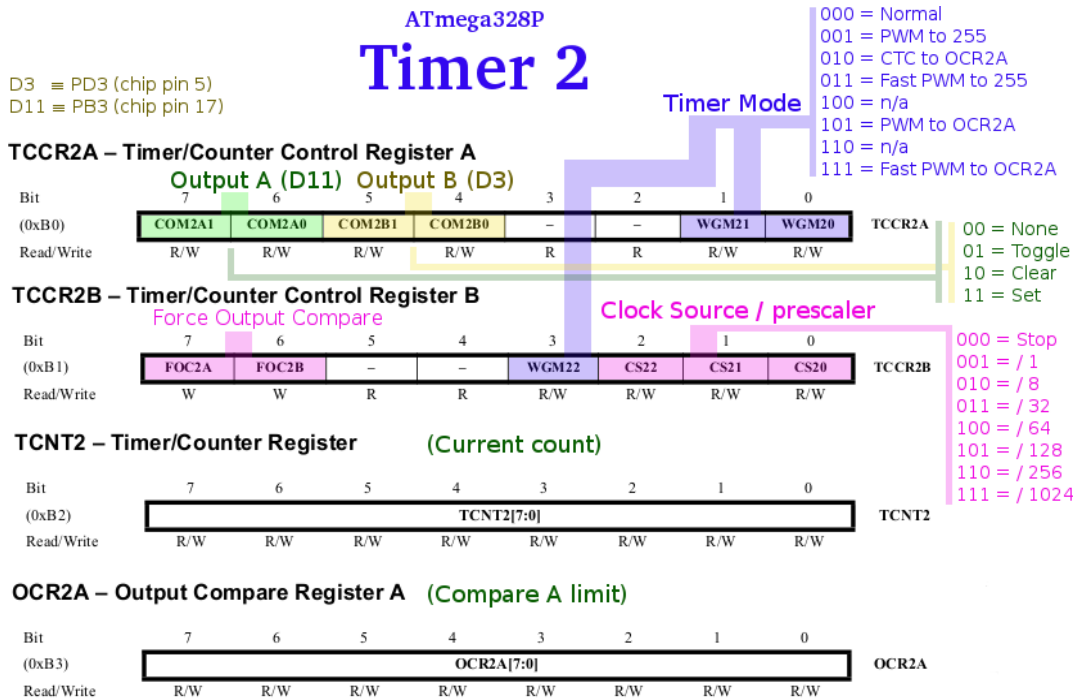
Elektronik devrenin baskı devre tasarımı, bu devrenin elektronik elemanlarının fiziksel bağlantısı ve modüler şekle getirilip aspiratöre bağlanmasından önce el hareketi tespiti denemelerinin yapılması için devre tahtası kullanılmıştır. Bu sebeple el hareketlerinin tespit edilip edilmediğinin görülmesi için, TSOP'tan gelen sinyallere göre geliştirme kartının ilgili çıkışlarına bağlamak için 4 adet kırmızı mantar led ve 220 Ω değerinde 4 adet direnç kullanılmıştır. Baskı devrede 4 adet mantar led yerine 4 adet JZC-22FY 12 V röle kullanılmıştır. Rölelerde ters emk'yı (elektromotor kuvvet) gidermek için 4 adet diyot kullanılmıştır. Diyotlar ters emk'yı kısa devre yapar. Rölelerin Arduino ile sürülmesi için 4 adet BC337 transistör base bağlantılarında akım sınırlama amaçlı 4 adet 4.7 K Ω direnç kullanılmıştır. Devrenin gerilim beslemesi ve aspiratör ile devredeki rölelerin bağlantısı için 5 adet iki pinli vidalı terminal kullanılmıştır.

3.4. 38 KHZ Değerindeki Sinyal İçin Yapılan Ayarlar

Kullanılacak elektronik elemanlar belirlendikten sonra Arduino Nano'nun D9, D10, D11 dijital çıkışlarından 38 KHZ değerinde dijital sinyal elde edebilmek için Arduino IDE kullanılarak Arduino Nano'nun 16 bit Timer1 ve 8 bit Timer2 zamanlayıcılarının yazmaçlarının ilgili değişkenlerine gerekli değerler atanmıştır. Şekil 3.5'de Timer1 zamanlayıcısının yazmaçlarının yapısı ve özellikleri gösterilmiştir. Şekil 3.6'da Timer2 zamanlayıcısının yazmaçlarının yapısı ve özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Timer1 zamanlayıcısının yazmaçlarının yapısı ve özellikleri (Gammon, 2015).



Şekil 3.6. Timer2 zamanlayıcısının yazmaçlarının yapısı ve özellikleri (Gammon, 2015).

Arduino Nano'nun sistem çalışma frekansı 16 MHZ'dir. Timer1 zamanlayıcısının ilgili yazmaçlarının değerlerine uygun atamalar yapılarak, Timer1 zamanlayıcısının dijital çıkışları olan D9 ve D10 pinlerinden 38 KHZ lik dijital sinyal elde edildi. Bunun için Timer1'in TCCR1A yazmacının 6 numaralı COM1A0 ve 4 numaralı COM1B0 değerleri aktif edildi. 7 numaralı COM1A1 ve 5 numaralı COM1B1 değerleri aktif edilmediğinden COM1A1-COM1A0 ve COM1B1- COM1B0 değerleri "01" değerine yani toggle özelliğine ayarlanarak, Timer1'in D9 ve D10 çıkışlarında 1 ve 0 şeklinde değişen dijital sinyal elde edilmesi sağlandı. D9 ve D10 pinlerinde 1 ve 0 şeklinde değişen dijital sinyalin frekansının 38 KHZ değerinde olması için Timer1'in çalışma frekansının 76 KHZ değerinde olması gerekmektedir. TCCR1B yazmacının WGM12 ve CS10 değerleri aktif edildi. WGM12 ile ilgili WGM13, WGM11, WGM10 değerleri aktif edilmediği için bu değerlerin ifade ettiği "0100" değeri ile Timer1'in modu CTC (Clear Timer on Compare Match) to OCR1A olarak ayarlandı. CTC to OCR1A modu, istediğimiz 76 KHZ değerindeki frekans için Timer1'in OCR1A'na yazılacak compare değerine göre çalışmasını sağlamaktadır. CS10 değeri de aktif edildi. CS12, CS11 aktif edilmediği için bu değerlerin ifade ettiği "001" değeri ile sistem çalışma hızının ön ölçekleyici oranı (prescaler) /1 belirlendi. Compare değeri Eşitlik 3.1 ile hesaplanmaktadır.

$$Compare\ Değeri = \frac{Sistem\ Frekansı}{İstenen\ Frekans * \text{Ön Ölçekleyici Oranı}} - 1 \quad (3.1)$$

Sistem frekansı 16 MHZ, istenen frekans 76 KHZ ve ön ölçekleyici oranı 1'dir. 76 KHZ değerindeki frekans için gerekli olan compare değeri yaklaşık 209 olarak hesaplandı ve OCR1A yazmacına bu değer atandı.

Timer1'in Toggle özelliği, CTC to OCR1A modu, /1 ön ölçekleyici oranı ve 209 compare değeri ile 76 KHZ değerinde Timer1 çalışma frekansı sağlanıp D9 ve D10 pinlerinde, bu pinlere bağlı olan IR LED'lerin yaydığı kızılötesi ışığın TSOP'u aktif edebilmesi için 38 KHZ değerinde dijital sinyal edildi.

Timer2 zamanlayıcısının ilgili yazmaçlarının değerlerine uygun atamalar yapılarak, Timer2 zamanlayıcısının dijital çıkışı olan D11 pininden 38 KHZ'lik dijital sinyal elde

edildi. Bunun için Timer2'in TCCR2A yazmacının 6 numaralı COM2A0 ve 1 numaralı WGM21 değerleri aktif edildi. 7 numaralı COM2A1 değeri aktif edilmediğinden COM2A1-COM2A0 değeri "01" değerine yani toggle özelliğine ayarlanarak, Timer2'in D11 çıkışında 1 ve 0 şeklinde değişen dijital sinyal elde edilmesi sağlandı. D11 pininde 1 ve 0 şeklinde değişen dijital sinyalin frekansının 38 KHZ değerinde olması için Timer2'in çalışma frekansının da 76 KHZ değerinde olması gerekmektedir. WGM21 ile ilgili WGM20, WGM22 değerleri aktif edilmediği için bu değerlerin ifade ettiği "010" değeri ile Timer2'in modu CTC to OCR2A olarak ayarlandı. CTC to OCR2A modu, istediğimiz 76 KHZ değerindeki frekans için Timer2'in OCR2A'na yazılacak compare değerine göre çalışmasını sağlamaktadır. TCCR2B yazmacının sadece CS20 değeri aktif edildi. CS22, CS21 aktif edilmediği için bu değerlerin ifade ettiği "001" değeri ile sistem çalışma hızının ön ölçekleyici oranı (prescaler) /1 belirlendi. 76 KHZ değerindeki Timer2 çalışma frekansı için gerekli olan compare değeri yaklaşık 209 olarak hesaplandı ve OCR2A yazmacına bu değer atandı.

Timer2'in Toggle özelliği, CTC to OCR2A modu, /1 ön ölçekleyici oranı ve 209 compare değeri ile 76 KHZ değerinde Timer2 çalışma frekansı sağlanıp D11 pininde, ilgili IR LED'in yaydığı kızılötesi ışığın TSOP'u aktif edebilmesi için 38 KHZ değerinde dijital sinyal elde edildi.

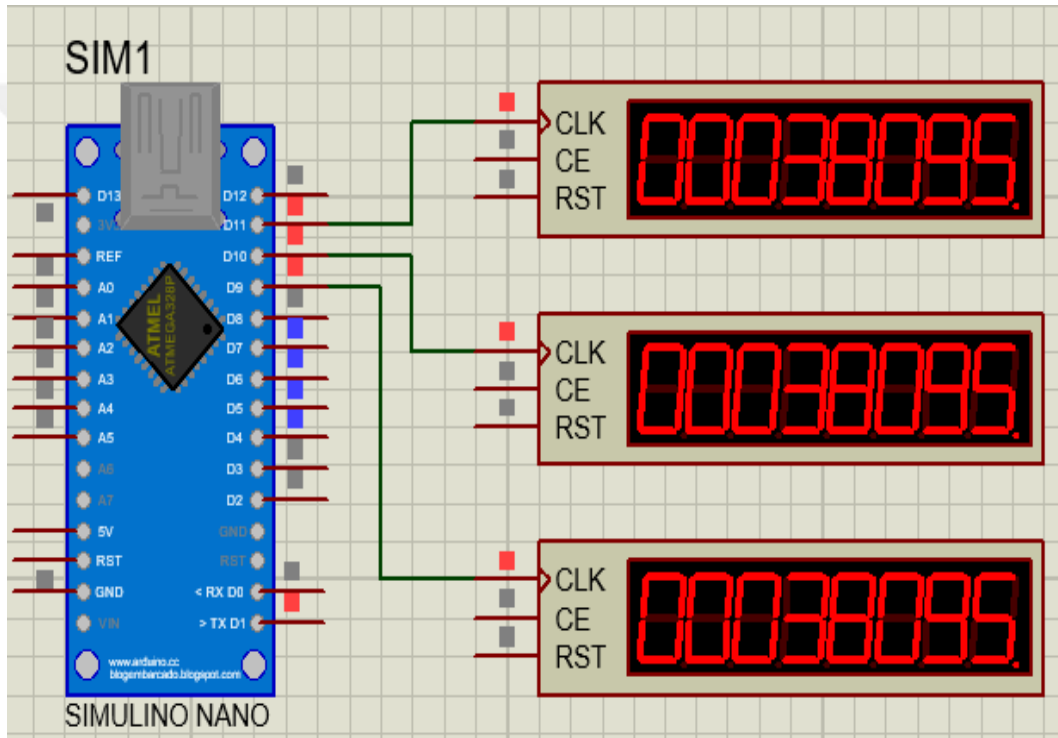
Timer1 ve Timer2 zamanlayıcılarının ilgili yazmaçlarına atanan değerler Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

```
TCCR1A = _BV(COM1A0) | _BV(COM1B0);  
TCCR1B = _BV(WGM12) | _BV(CS10);  
OCR1A=209;  
  
TCCR2A = _BV(COM2A0) | _BV(WGM21);  
TCCR2B = _BV(CS20);  
OCR2A=209;
```

Şekil 3.7. Timer1 ve Timer2 zamanlayıcılarının yazmaç değerlerinin atanması

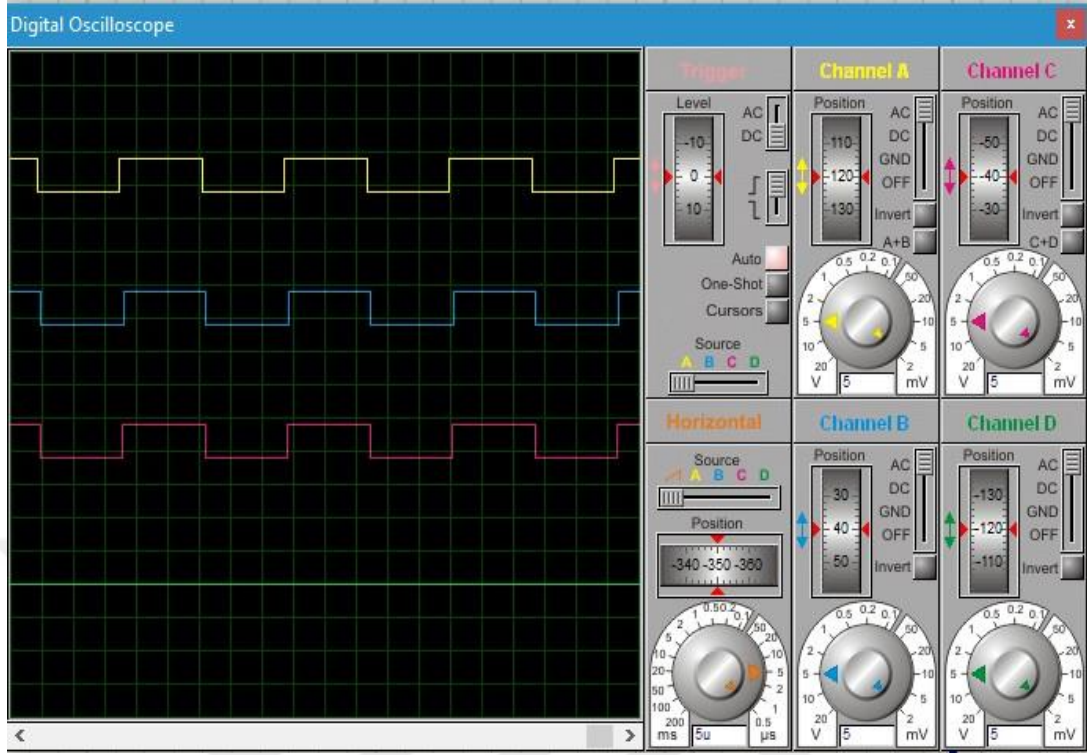
3.5. 38 KHZ Değerindeki Sinyalin Elde Edilmesi

Arduino IDE ile zamanlayıcı yazmaç ayarları yapıp ilgili program kodları bir Arduino Nano simülasyonunda kullanılmak üzere binary çıktı olarak alınmıştır. Simülasyon yazılımında arduino nano üzerindeki bu kodlar ile çalıştırılmış ve doğruluğu simülasyon araçları ile test edilmiştir. Bunun için geliştirme kartının D9, D10 ve D11 dijital çıkışlarına frekans ölçer bağlanıp bu çıkışlardaki sinyalin yaklaşık 38 KHZ olduğu görülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Arduino geliştirme kartının D9, D10 ve D11 dijital çıkışlarının 38 KHZ frekans değerine modüle edilmesi

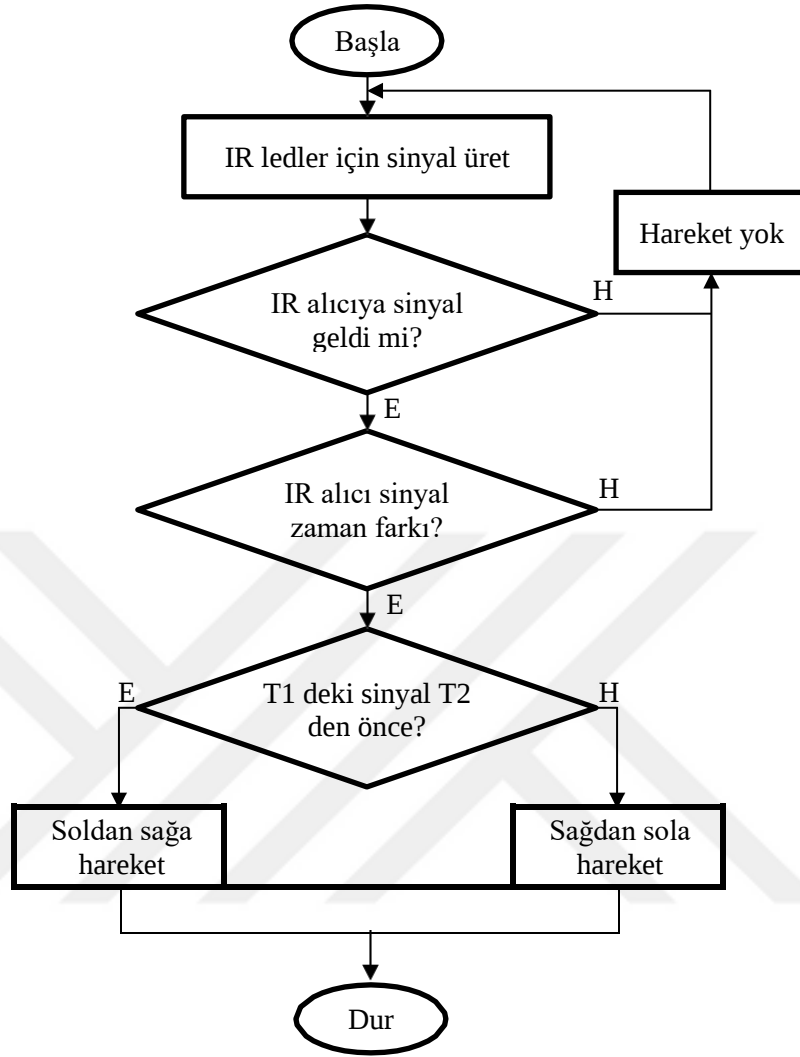
Ayrıca bu çıkışlara osiloskop bağlanıp IR LED'in çalışması için gerekli olana dijital sinyalin elde edildiği görülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Arduino geliştirme kartının D9, D10 ve D11 dijital çıkışlarındaki sinyallerin osiloskop ile gösterimi

3.6. Faz Bazlı Hareket Algılama Algoritması

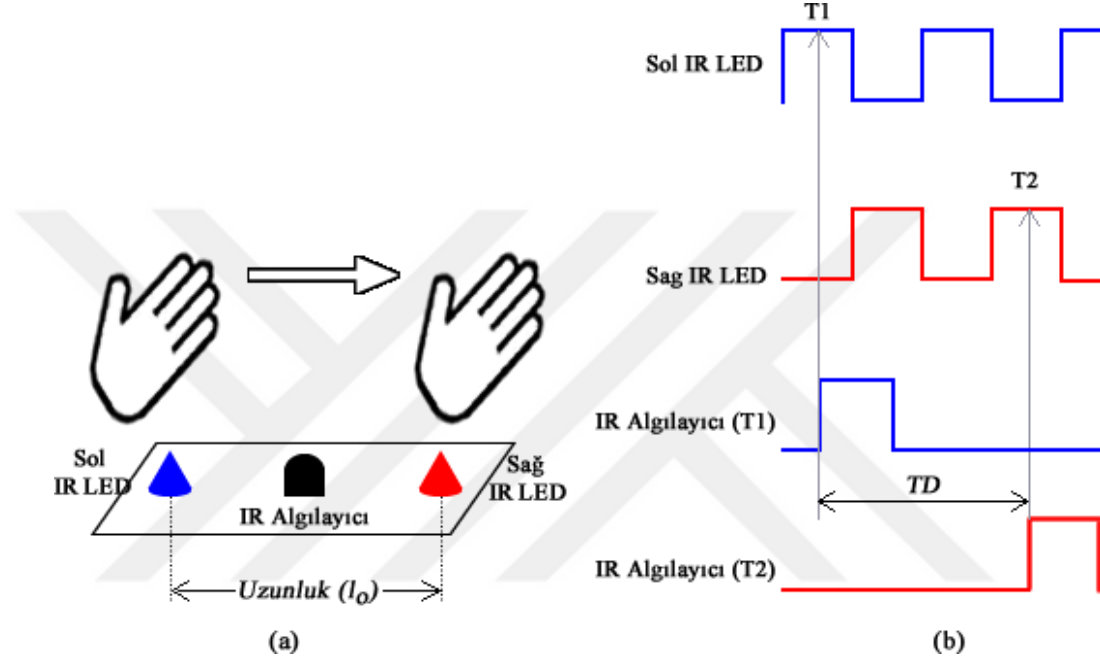
Kızılötesi ışık tabanlı hareket tespiti sistemlerinde kullanılan yöntemlerden birisi faz bazlı hareket algılama yöntemidir. En az 1 adet kızılötesi ışık algılayıcısı ve bu algılayıcının çevresinde konumlandırılmış 2 adet IR LED kullanılır. Hareket tespiti için kullanılan IR LED'lerin, farklı zaman dilimlerinde sırasıyla kızılötesi ışık yaymaları sağlanır ve kızılötesi algılayıcının sırasıyla aktif olduğu zaman dilimlerine göre elin sağdan sola ya da soldan sağa doğru hareket ettirildiği anlaşılır (Cheng ve ark., 2011; Anonim, 2011). El hareketinin soldan sağa doğru veya sağdan sola doğru olduğunu tespit etmek için bir hareket algılama algoritmasının bir çevrimine ait akış şeması Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Faz bazlı hareket algılama yönteminin bir çevrimine ait akış şeması

İşlem başladığında, hareket tespiti için farklı zaman dilimlerinden T1’de sol IR LED için ve T2’de sağ IR LED’ için iki ayrı sinyal elde edilir. IR algılayıcıda elde edilen sinyal değişimi belirli bir eşik seviyesinin üzerindeyse elin bu IR LED’lerin birinin üzerinde olduğu, belirli bir zaman farkından sonra yine IR algılayıcıda elde edilen sinyal değişimi belirli bir eşik seviyesinin üzerindeyse elin diğer IR LED üzerinde olduğu anlaşılır. Elin hangi yönde hareket ettirildiğini tespit etmek için, IR algılayıcıda, el edilen iki sinyalin zamanlama bilgisi kullanılır. IR alıcıda ilk önce sol taraftaki IR LED’in aktif olduğu T1 anında sinyal üretilmişse ve daha sonra, sağ taraftaki IR LED’in aktif olduğu T2 anında sinyal üretilmişse, elin soldan sağa hareket ettiğine karar verilir veya tam tersi durumda elin sağdan sola hareket ettiğine karar verilir.

Faz bazlı hareket algılama yöntemi algoritması kullanan bir el hareket tanıma sisteminin temel düzeneği ve el soldan sağa doğru hareket ettirildiğinde iki ayrı faz sinyalinin zamanlama diyagramları Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

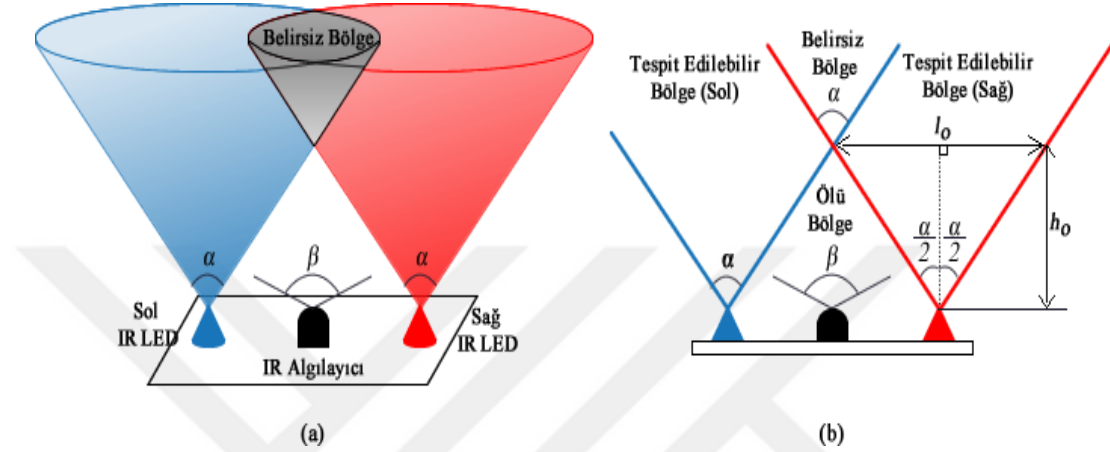


Şekil 3.11. Faz bazlı hareket algılama yöntemi ile el hareketi tanıma sistemi
(a) Sistemin temel düzeneği (b) T1 ve T2 fazlarının zamanlama diyagramları

T1 zaman diliminde soldaki IR LED ve T2 zaman diliminde sağdaki IR LED ışık yaydığına, algılayıcı T1 zaman diliminde aktif olmuş, sonra T2 zaman diliminde aktif olmuş ise bu elin soldan sağa doğru hareket ettirildiği anlamında gelir. IR algılayıcı T2 zaman dilimine aktif olmuş, sonra T1 zaman dilimine aktif olmuş ise bu elin sağdan sola doğru hareket ettirildiği anlamına gelir. Elden IR algılayıcıya yansıtılan kızılötesi ışığın yoğunluğu, el ile IR LED'ler arasındaki mesafeye ve açıya göre değişmektedir. IR algılayıcıdaki T1 ve T2 anındaki iki çıkış sinyalinin yükselen kenarları arasındaki zamanlama farkı (TD) iki IR LED arasındaki mesafe (l_0) ile doğru orantılıdır.

3.7. Algılama Mesafesinin Tespiti

Faz bazlı hareket algılama yöntemi kullanan bir el hareket tanıma sistemindeki iki IR LED'in konik ışık emisyonunu ve bu yayının enine kesit bir görüntüsü ile sistemdeki bileşenlerin görüş alanları Şekil 3.12'de tasvir edilmiştir.



Şekil 3.12. IR LED'lerin ışık yayılımı (a) ve sistemdeki bileşenlerin görüş alanı (b)

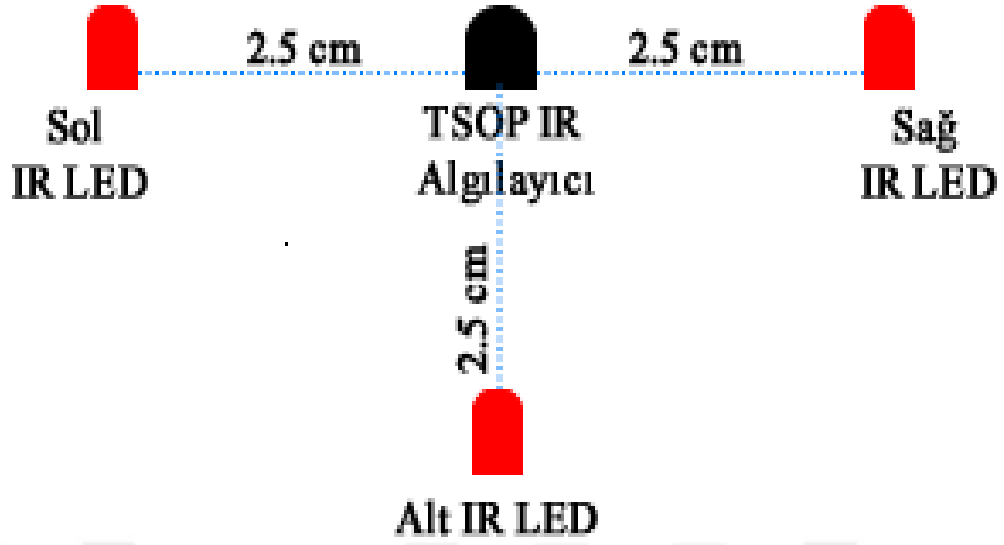
IR LED'lerin ışık yayılımı (emisyonu) ve IR alıcının görüş alanı, her bileşenin merkezindeki dikey çizgi boyunca simetrik olduğundan, IR LED'ler α emisyon açısına ve IR alıcı β görüş açısına sahiptir. İki IR LED'in emisyon açılarının örtüşen alanı, IR alıcının her iki IR LED'den aynı anda yansıyan sinyalleri aldığı belirsiz bölge olarak tanımlanır. Bir nesne belirsiz bölge içinde hareket ederse, hareket algılama algoritması nesnenin hareket yönünü tespit edemez. Konik emisyonun enine kesit bir görünümü Şekil 3.12 (b)'de gösterilmiştir. Bu şekilde sol ve sağ tespit edilebilir bölge, bir nesnenin sırasıyla yalnızca sol veya sağ IR LED'lerden gelen IR ışığını yansıttığı bölgeyi temsil eder. Her hareket, nesnenin sol ve sağ tespit edilebilir bölgeye girişi arasındaki zamanlama farkının ölçülmesiyle tespit edilebilir. Yüksekliği h olan tespit edilebilir bir bölgenin uzunluğu l şu şekilde tanımlanabilir:

$$l = l_0, h \geq h_0 = \frac{0.5l_0}{\tan(\alpha/2)} \quad (3.2)$$

Tespit edilebilir bir bölgenin uzunluğunun iki IR LED arasındaki mesafeyle aynı olduğunu belirtir. Bir elin v sabit bir hızda hareket ettiğini varsayarsak, zamanlama farkı TD şu şekilde ifade edilebilir:

$$TD = \cancel{l_0}/v = l_0/v \quad (3.3)$$

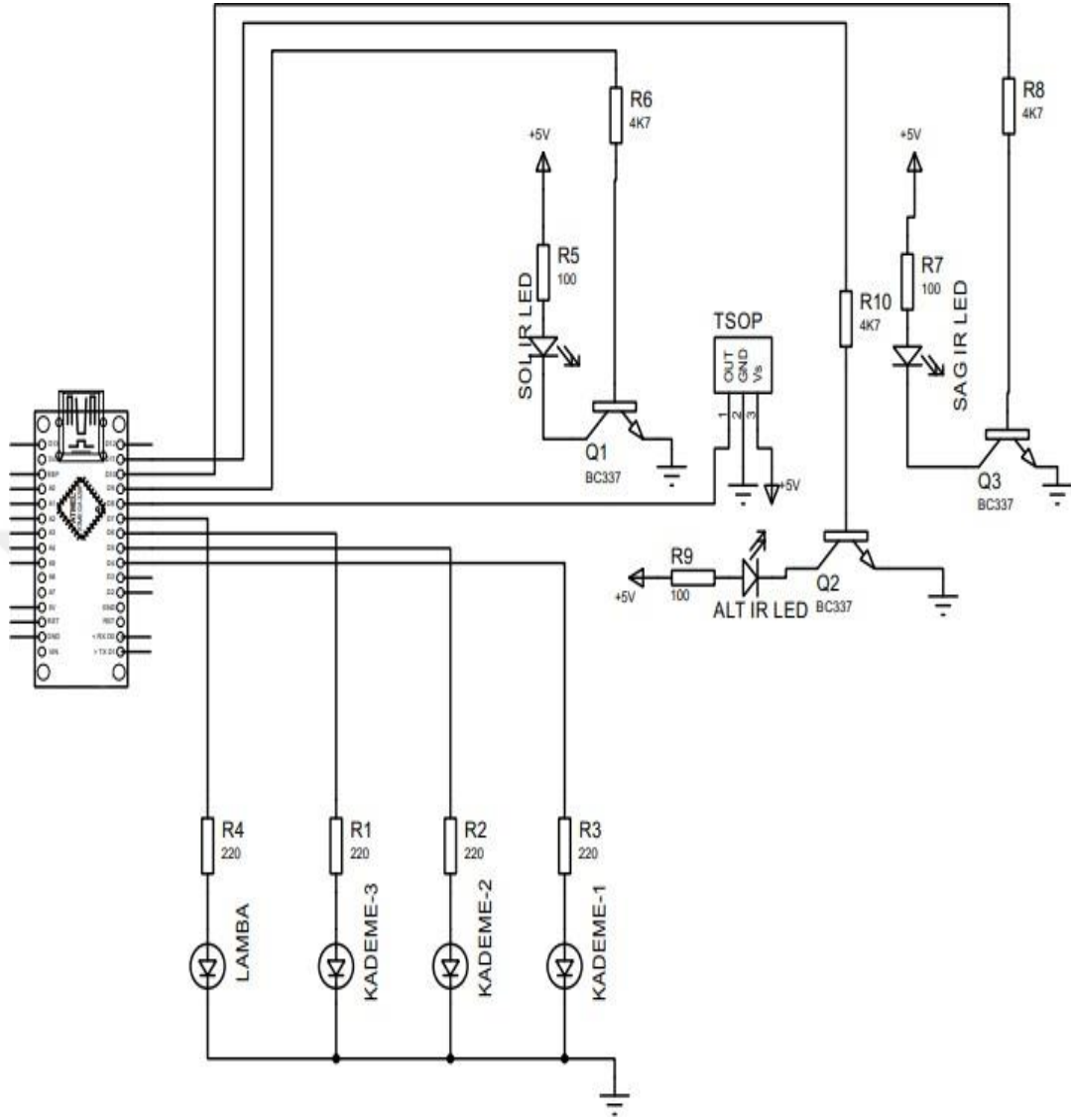
Burada TD , $\alpha \leq \beta$ iken α ve β değerlerinden bağımsız olarak sabittir. Bununla birlikte, h yüksekliği arttıkça, $1/h^2$ ile orantılı olarak IR alıcıya yansıyan ışık miktarı azalır ve bu daha düşük bir hareket yönü tespit etme oranına yol açabilir (Kim ve Baek, 2013). Aspiratörün çalışma hızı kademelerinin ve ışığının temassız el hareketleri ile kontrol edilmesi için üç farklı el hareketi tercih edilmiştir. Soldan sağa doğru el hareketi ile aspiratörün çalıştırılmasının ve tekrar aynı hareket yapılırsa 3. Kademeye kadar çalışma hızının artışının, sağdan sola doğru el hareketi ile çalışma hızı kademelerinin azaltılmasının sağlanması, aşağıdan yukarı el hareketi ile de aspiratörün ışığının açılmasının ve kapanmasının sağlanması düşünülmüştür. El herhangi bir kademede soldan sağa doğru hareket ettirildiğinde, mevcut kademenin artırılması, sağdan sola doğru hareket ettirildiğinde mevcut kademenin azaltılması düşünülmüştür. Aspiratör 3. kademede çalışırken el soldan sağa doğru hareket ettirildiğinde ve aspiratör çalışmıyorken el sağdan sola doğru hareket ettirildiğinde bir etki olmayacaktır. Bu el hareketlerinin soldan sağa, sağdan sola ya da aşağıdan yukarıya şeklinde tespitinin yapılabilmesi için 3 adet IR LED'in devrede TSOP'un çevresinde 2.5 cm mesafeyle konumlandırılmıştır (Şekil 3.13). Kullanılan IR LED'lerin görüş açısı 20° 'dir (Anonim, 2004). Buna göre Eşitlik 3.2'de, IR LED'ler arasındaki mesafe değeri (l_0) 5 cm ve IR LED'lerin emisyon açısı (α) 20° değerleri ile sistemde tespit edilebilir bölgenin yüksekliği h_0 yani tespit edilebilir el mesafesi 14.178 cm olarak hesaplanmıştır



Şekil 3.13. TSOP ve 3 Adet IR LED alıcısının konumlandırılması

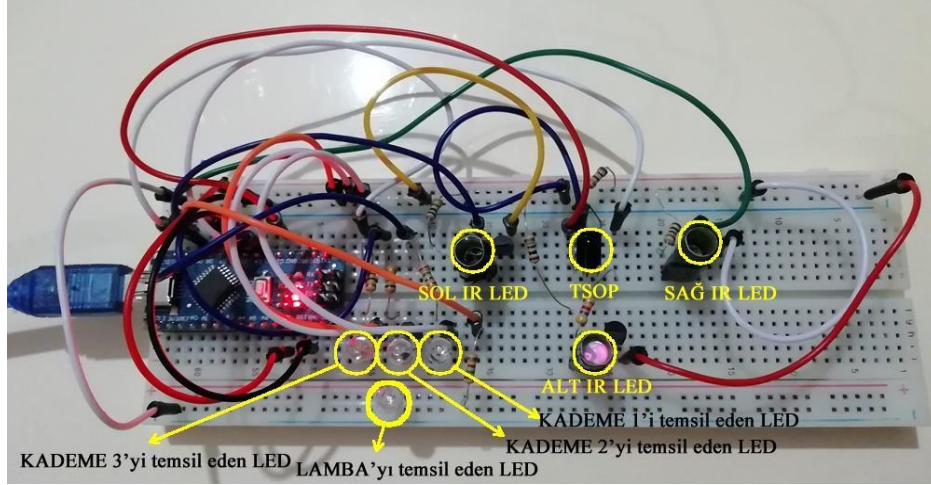
3.8. Devrenin Hazırlanması

Belirlenen elektronik malzemelerle elektronik devrenin şematik tasarımı yapılmıştır (Şekil 3.14). Arduino Nano geliştirme kartının D9 dijital çıkışına BC337 transistörü base bacağından bağlanmıştır. Bu transistörün collector bacağı, Sol IR LED'in 38 KHZ frekans değerinde kızılötesi ışık yayması için Sol IR LED'in katoduna bağlanmıştır. Böylece D9 dijital çıkışındaki 38 KHZ değerindeki dijital sinyal ile transistörün anahtarlama yapıp IR LED'in yaydığı kızılötesi ışık 38 KHZ değerinde olması sağlanmıştır. Bu bağlantılar D10 dijital çıkışı ile Sağ IR LED ve D11 dijital çıkışı ile Alt IR LED için de yapılmıştır. TSOP algılayıcısının aktif olduğu durumların belirlenmesi için TSOP algılayıcısının çıkışı ise geliştirme kartının D8 dijital girişine bağlanmıştır. D8'den geliştirme kartına gelen TSOP sinyalleri el hareketleri ile ilgilidir. Bu sinyaller geliştirilecek yazılım ile değerlendirilip aspiratörün ilgili kontrollerinin yapılması sağlanmıştır. Ancak el hareketlerinin tespit edilmesi için ilk denemeler devre tahtası üzerinde yapıldığı için D8'den gelen sinyallere göre aspiratörün açma, kapama, hız kademesi ve lambasının kontrolünü temsilen mantar ledler kullanılmıştır. Bu ledler sırasıyla geliştirme kartının D4, D5, D6, D7 dijital çıkışlarına bağlanmıştır.



Şekil 3.14. Devre tahtası için hazırlanan elektronik devrenin şematik tasarımı

Şekil 3.14’de şematik tasarımı görülen devre, devre tahtasında elektronik malzemelerin fiziksel bağlantıları yapılarak hazırlanmıştır. Bu devre tahtası ve üzerindeki aspiratörün çalışma kademelerini ve lambasını temsil eden kırmızı mantar ledler, el hareketlerinin algılanmasını sağlayan TSOP ve IR LED’ler işaretlenerek Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Devrenin devre tahtasında kurulmuş hali ve denenmesi

3.9. Sistemin Yazılımının Geliştirilmesi

Tasarlanan sistemin temel görevi, TSOP ve IR LED'lerin üzerindeki soldan sağa, sağdan sola, aşağıdan yukarıya olan el hareketlerini tespit edip, ilgili harekete göre aspiratörün kontrolünü yapmaktır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Aspiratör kontrolünde el hareketinin yönüne göre yapılacak işlemler

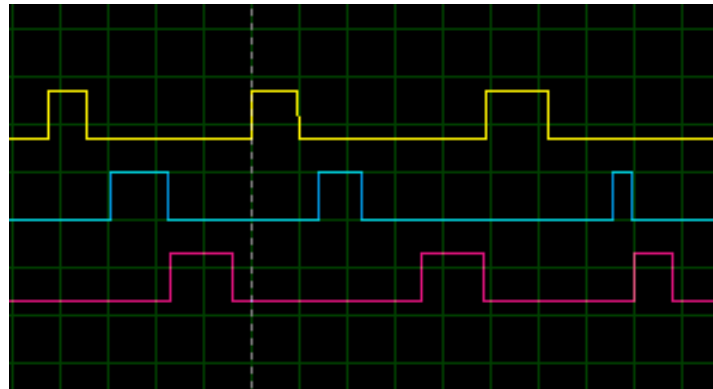
El Hareketinin Yönü	Yapılacak İşlem
Soldan Sağ 	Cihaz kapalı ise cihazı çalıştır. Cihaz açık ise kademe en fazla 3 olmak şartıyla kademeyi 1 artır.
Sağdan Sola 	Cihaz açık ve kademe 1'den büyükse kademeyi 1 azalt. Kademe 1 ise cihazı kapat.
Aşağıdan Yukarı 	Cihazın ışığı açık ise ışığı kapat. Cihazın ışığı kapalı ise ışığı aç.

El hareketlerinin tespit edilmesi denemeleri, ilk olarak devre tahtası üzerindeki devrede yapılmıştır. Bu sebeple Çizelge 3.1'deki el hareketi yönlerine göre devre tahtasındaki LED'lerin yanması veya sönmesi düşünülmüştür. İlgili harekete göre LED'lerin hangilerinin yanacağı Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

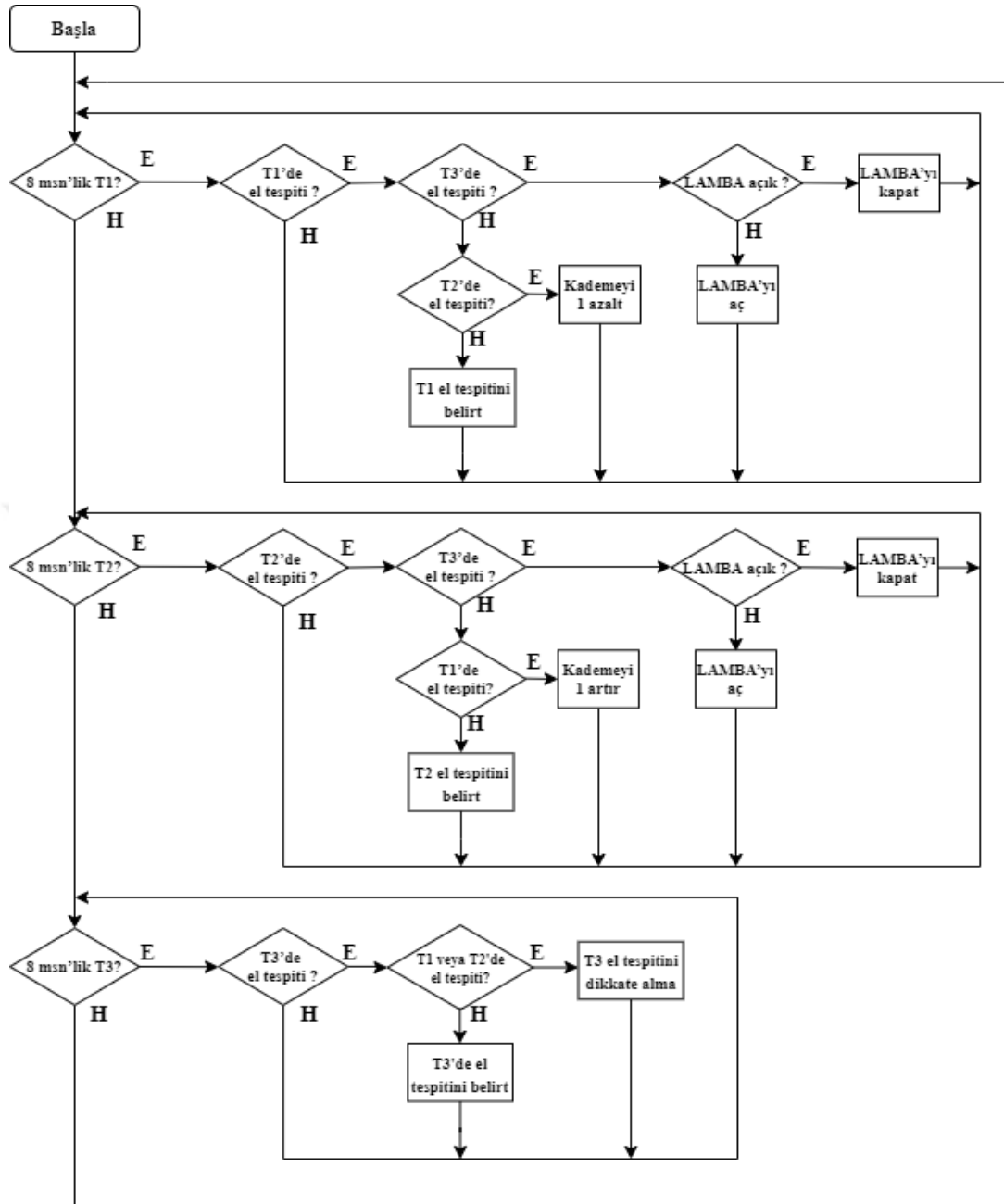
Çizelge 3.2. Devre tahtasında el hareketinin yönüne göre yapılacak işlemler

El Hareketinin Yönü	Yapılacak İşlem
Soldan Sağ 	Bütün ledler sönük ise KADEME 1 LED'ni yak. KADEME 1 LED'i yanıyor ise KADEME 2 LED'ni yak. KADEME 2 LED'i yanıyor ise KADEME 3 LED'ni yak. KADEME 3 LED'i yanıyor ise bir şey yapma.
Sağdan Sola 	KADEME 3 LED'i yanıyor ise KADEME 2 LED'ni yak. KADEME 2 LED'i yanıyor ise KADEME 1 LED'ni yak. KADEME 1 LED'i yanıyor ise bu LED'i söndür. Bütün ledler sönük ise bir şey yapma.
Aşağıdan Yukarı 	LAMBA LED'i açık ise LAMBA LED'ini kapat. LAMBA LED'i kapalı ise LAMBA LED'ini aç.

Belirlenen bu işlevleri sağlayabilmek için her üç IR LED sırasıyla 8 msn'lik T1, T2 ve T3 zaman dilimlerinde 38 KHZ sinyal frekansına sahip kızılötesi ışık yaymaları sağlanmıştır. Böylece IR LED'ler için 3 farklı faz oluşturulmuştur (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. IR LED'lerin 3 farklı fazdaki modülasyonu



Şekil 3.17. Hareket tespit algoritmasına ait sonsuz döngünün akış şeması

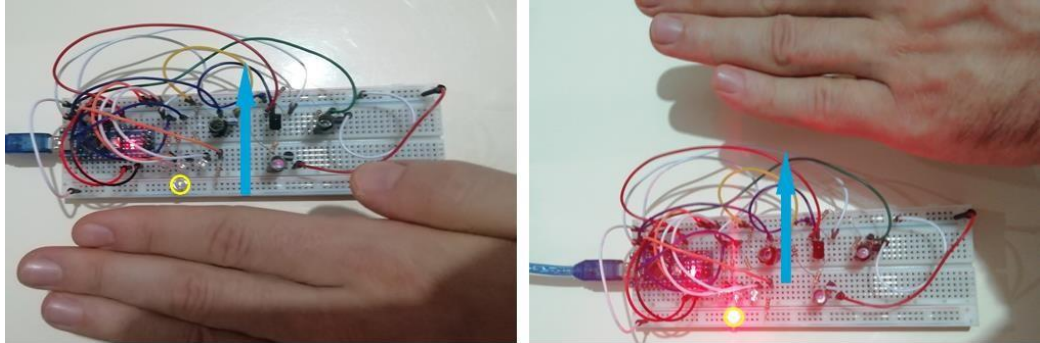
El hareketlerini tespit eden sistemin çalışması ile ilgili akış şeması Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

SOL IR_LED T1 zaman diliminde, SAĞ IR_LED T2 zaman diliminde, ALT IR_LED T3 zaman diliminde kızılötesi ışık yaymaktadır. Bu zaman dilimlerinde TSOP’un aktif olma durumlarının tespiti için dolayısıyla el hareketlerinin yönünün tespiti için yapılan işlemler alt birimler halinde tasarlanmıştır. T1 zaman diliminde TSOP aktif ise T2 ya da

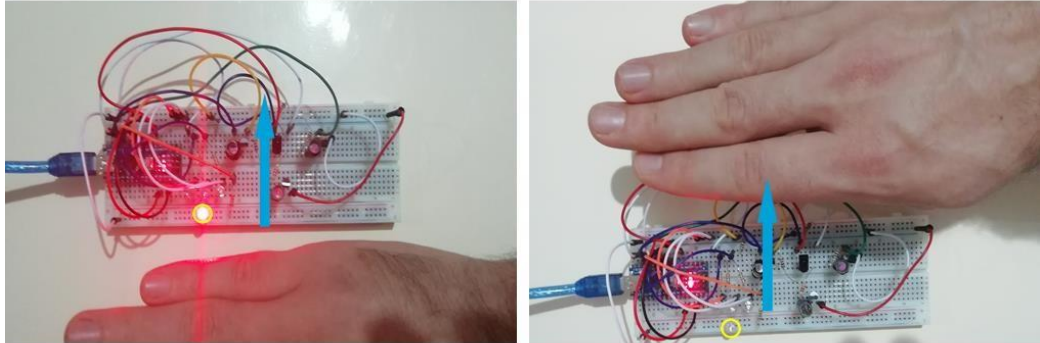
T3 zaman diliminde TSOP'un aktif olup olmadığına bakılmıştır. Eğer T2 zaman diliminde bir aktiflik olmuşsa, elin sağdan sola doğru hareket etmiş olduğu, eğer T3 zamanında bir aktiflik olmuşsa da elin aşağıdan yukarıya doğru hareket etmiş olduğu belirlenmiştir. Yine aynı şekilde T2 zaman diliminde TSOP aktif ise T1 ya da T3 zaman diliminde TSOP'un aktif olup olmadığına bakılmış ve elin soldan sağa ya da aşağıdan yukarı hareketleri varsa bunlar belirlenmiştir. T3 anında TSOP aktif olduğunda ise T1 veya T2 zaman dilimlerinde TSOP aktif olmamış ise elin alttan harekete başladığı belirtilmiştir, T1 ya da T2 zaman dilimlerinde TSOP aktif olmuş ise elin alttan hareketi dikkate alınmamıştır. Algoritmanın gerçekleştirilmesinde ve yazılımın geliştirilmesinde *Arduino IDE* yazılım aracı kullanılmıştır.

3.10. Sistemin Devre Tahtasında Test Edilmesi

Geliştirilen algoritmaya göre kodlaması yapılan yazılım Arduino Nano geliştirme kartına yüklenmiştir. Devre tahtası üzerindeki sistem üzerinde, belirlenen el hareketleri yapılarak sistemin çalışması test edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda devredeki 4 adet kırmızı mantar ledin yanma durumları gözlemlenmiştir. Aşağıdan yukarıya doğru yapılan el hareketleri ile LAMBA LED'inin sönükken yandığı, yanırken de söndüğü görülmüştür (Şekil 3.18).



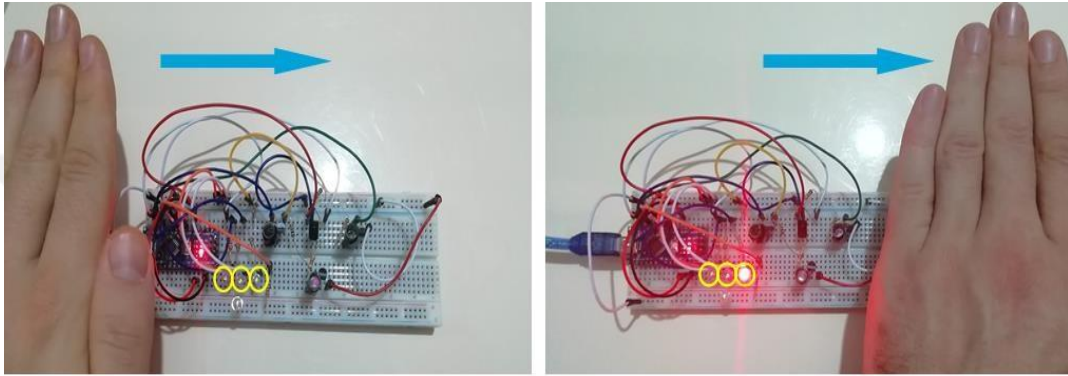
LAMBA LED'İ sönükken elin AŞAĞIDAN YUKARIYA hareket ettirilmesi ve LAMBA LED'inin yanması.



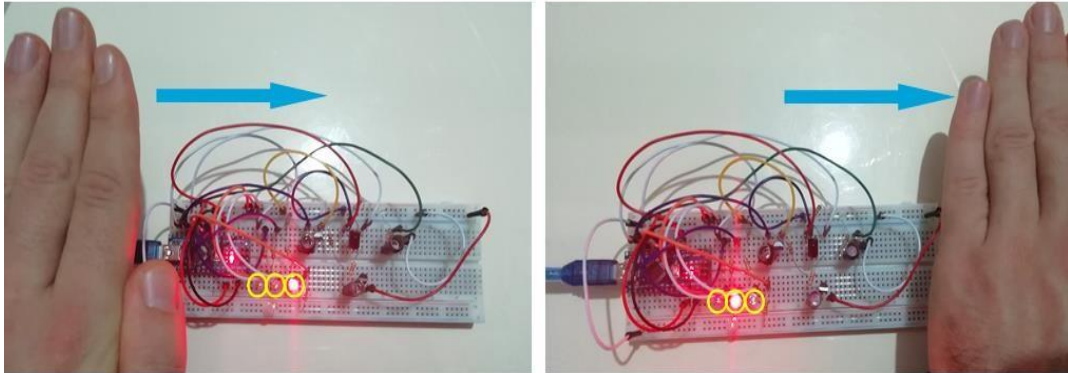
LAMBA LED'İ yanıyorken elin AŞAĞIDAN YUKARIYA hareket ettirilmesi ve LAMBA LED'inin sönmesi.

Şekil 3.18. Aşağıdan yukarıya doğru yapılan el hareketlerinin denenmesi

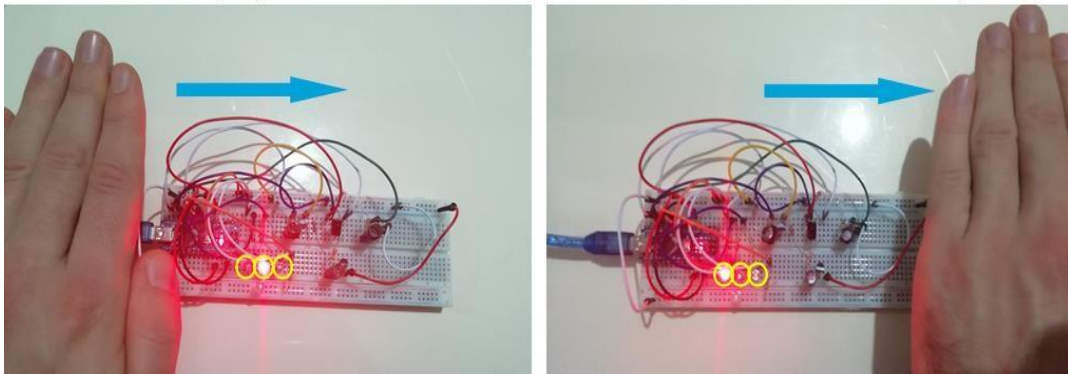
Devre tahtası üzerinde kurulan devrenin üzerindeki KADEME 1, KADEME 2, KADEME 3 LED'leri sönükken, soldan sağa doğru el hareketi yapıldığında KADEME 1 LED'inin yandığı görülmüştür. KADEME 1 LED'i yanıkken soldan sağa doğru el hareketi yapıldığında KADEME 2 LED'inin yandığı görülmüştür. KADEME 3 LED'i yanıkken soldan sağa doğru el hareketi yapıldığında KADEME 3 LED'inin yandığı görülmüştür (Şekil 3.19).



Elin soldan sağa hareket ettirilmesi ve KADEME 1 LED'inin yanması

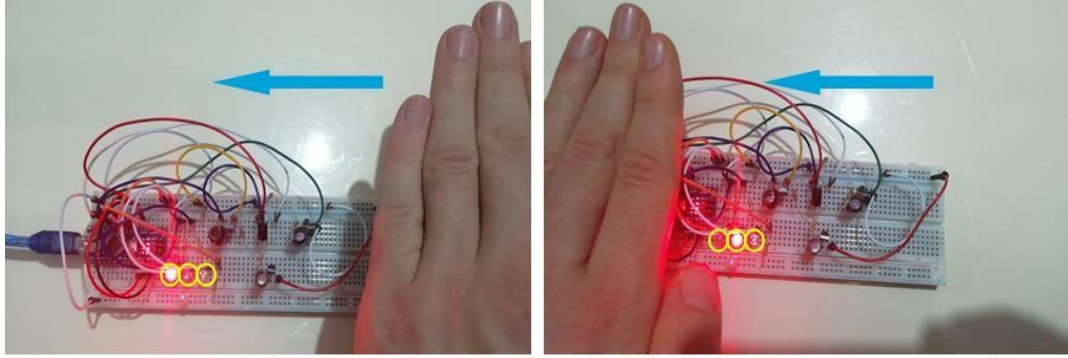


KADEME 1 LED'i yanıyorken elin SOLDAN SAĞA hareket ettirilmesi ve KADEME 2 LED'inin yanması.

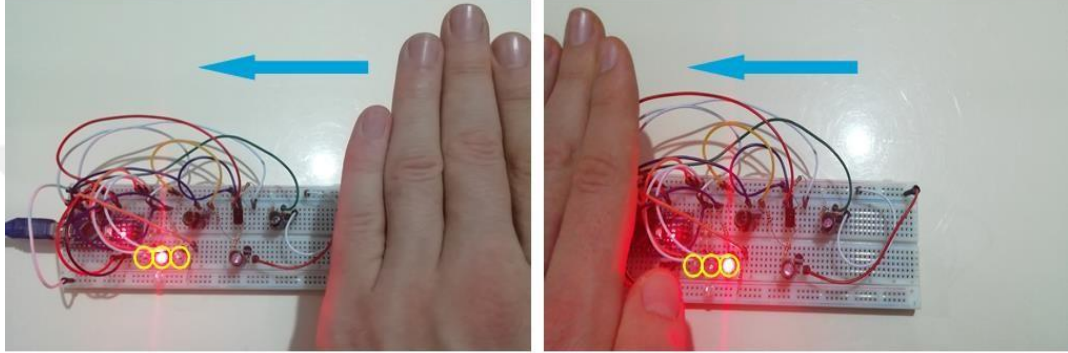


KADEME 2 LED'i yanıyorken elin SOLDAN SAĞA hareket ettirilmesi ve KADEME 3 LED'inin yanması.

Şekil 3.19. Soldan sağa doğru yapılan el hareketlerinin denenmesi



KADEME 3 LED'i yanıyorken elin SAĞDAN SOLA hareket ettirilmesi ve KADEME 2 LED'inin yanması.



KADEME 2 LED'i yanıyorken elin SAĞDAN SOLA hareket ettirilmesi ve KADEME 1 LED'inin yanması.



KADEME 1 LED'i yanıyorken elin SAĞDAN SOLA hareket ettirilmesi ve KADEME 1 LED'inin sönmesi.

Şekil 3.20. Sağdan sola doğru yapılan el hareketlerinin denenmesi

Devre tahtası üzerinde kurulan devrenin üzerindeki KADEME 3 LED'i yanıyorken, sağdan sola doğru el hareketi yapıldığında KADEME 2 LED'inin yandığı görülmüştür. KADEME 2 LED'i yanıkken sağdan sola doğru el hareketi yapıldığında KADEME 1 LED'inin yandığı görülmüştür. KADEME 1 LED'i yanıkken sağdan sola doğru el hareketi yapıldığında KADEME 1 LED'inin söndüğü görülmüştür (Şekil 3.20).

3.11. IR LED'lerin Aktiflik Durumlarının Düzenlenmesi

TSOP38238 IR sensörü uzaktan kumanda aletlerindeki tuşlara basılması ile yayılan kızılötesi ışıklara da duyarlıdır. Bu sebeple tasarlanan devredeki IR alıcının göreceği şekilde bir uzaktan kumanda aletinin tuşlarına basılıp deneme yapılmıştır. Bunun

sonucunda devre üzerindeki LED’lerin bazılarının yandığı görülmüştür. Sistemin böyle bir uzaktan kumanda aletinden etkilenmemesi için geliştirilen yazılımda TSOP alıcısının aktifliğinin tespit edildiği kısımda değişiklik yapılmıştır. 8 msn süren T1, T2, T3 zaman dilimlerinde sırasıyla SOL IR LED, SAĞ IR LED ve ALT IR LED’in her bir msn’de aktif olması veya aktif olmaması sağlanmıştır. Buna göre bu IR LED’lerin aktif olma durumları sırasıyla Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. T1, T2 ve T3 zamanlarında IR LED’lerin aktiflik durumu

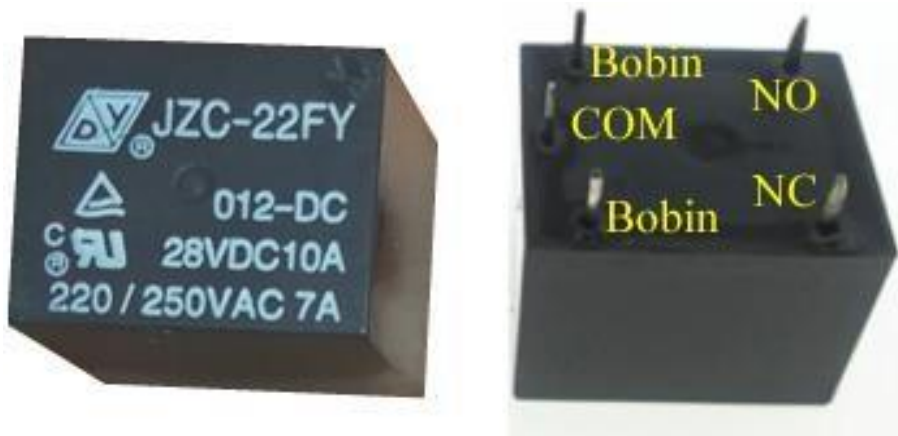
Zaman Dilimi	IR LED	Kaçıncı msn	Aktiflik Durumu
T1	SOL IR LED	1	1
		2	1
		3	1
		4	1
		5	0
		6	1
		7	1
		8	0
T2	SAĞ IR LED	9	1
		10	1
		11	1
		12	1
		13	0
		14	1
		15	1
		16	0
T3	ALT IR LED	17	1
		18	1
		19	1
		20	1
		21	0
		22	1
		23	1
		24	0

IR LED’lerin aktif olma durumları 1, aktif olmama durumları 0 ile gösterilmiştir. El hareketi tespitinde üç zaman diliminde de elden bir kızılötesi ışık yanması olduğunda

TSOP alıcısı aktif, yansıma olmadığında ise TSOP alıcısı pasif olacağından, 8 msn süresince el engeli olduğunda TSOP alıcısının aktiflik durumu da IR LED'lerin aktiflik durumları gibi olacaktır. TSOP'un bu aktiflik durumu kontrol edilmiştir ve ilgili zaman dilimindeki IR LED'in aktiflik durumuna eşit ise TSOP'un aktif olduğu yani ilgili IR LED'in üzerinde elin olduğu tespit edilmiştir. Uzaktan kumanda aleti ile tekrar denemeler yapılmıştır. Sistemin uzakta kumandadan etkilenmediği gözlemlenmiştir.

3.12. Devreye Rölelerin ve Gösterge Panelinin Eklenmesi

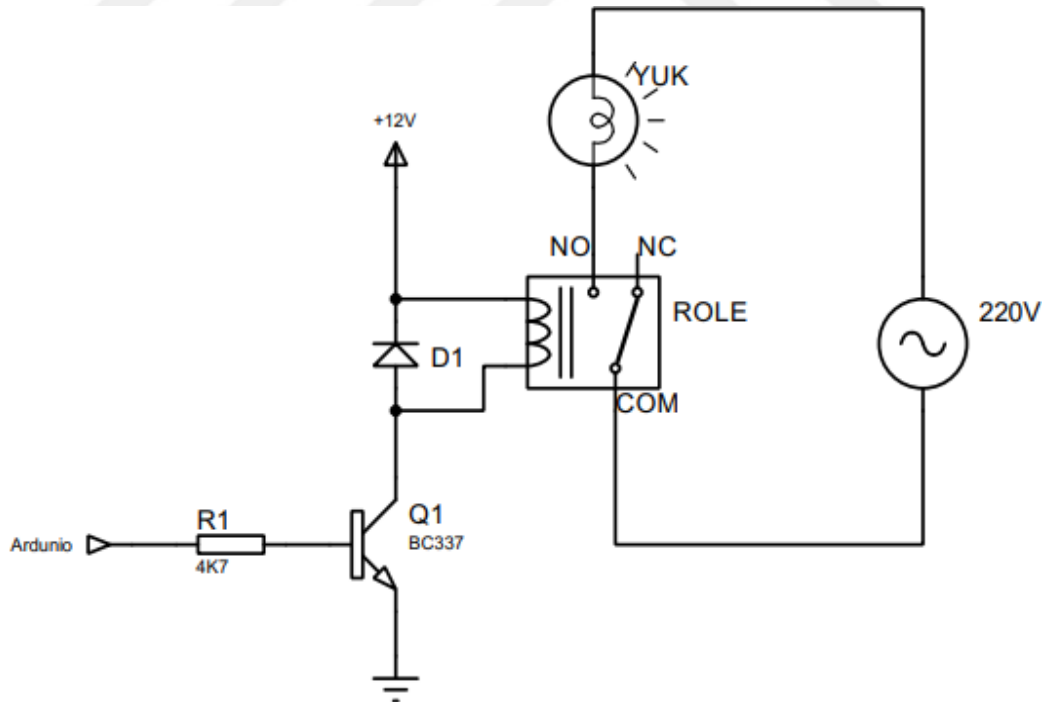
Devre tahtası üzerindeki denemeler yapıldıktan ve doğru sonuçlar alındıktan sonra, aspiratör motorunun ve lambasının el hareketleriyle kontrol edilebilmesi için devre tahtası üzerindeki geliştirme kartı Arduino Nano'nun D4, D5, D6, D7 dijital çıkışlarına bağlı olan mantar ledler yerine, bu dijital çıkışlara bağlanacak olan röle devresinin tasarımı yapılmıştır. Bu röle devresinde 4 adet JZC-22FY 12 V röle, 4 adet diyot, 4 adet BC337 transistor, 4 adet 4.7 K Ω direnç kullanılmıştır. Röle, düşük akım değerleri ile yüksek güçte çalışan cihazları kontrol etmek, bu cihazları anahtarlama yapmak için kullanılan bir devre elemanıdır. Tasarladığımız devrede el hareketlerinin tespit edilmesinden sonra Arduino'nun ilgili dijital çıkışlarını kullanarak devre tahtası üzerinde ledlerin kontrolü sağlandı. Ancak bu devre yüksek akım çeken bir elektrikli cihaz olan aspiratöre bağlanacağı için, düşük akım üreten Arduino çıkış sinyalleriyle aspiratörü kontrol etmemiz için röle kullanılmıştır. Kullandığımız röle ve bağlantı bacakları Şekil 3.21'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Aspiratörün anahtarlamasında kullanılan röle

Kullanılan rölenin 5 adet bacağı bulunmaktadır. Rölenin içyapısında bobin, anahtarlamaı sağlayan kontak ve 3 adet bağlantı noktası bulunmaktadır. Rölenin COM bacağına kontrol edilecek cihazın çalışma gerilimi uygulanmaktadır. NO bacağına da kontrol edilecek cihazın bir ucu bağlanmaktadır. Rölenin 2 bobin bağlantı noktasından gerekli enerji verildiğinde bobin elektromanyetik olarak mıknatıslanır ve kontağı çeker. Böylece COM bağlantı noktası ile NO bağlantı noktasının birbirine temas eder ve elektrik akımı sağlanarak kontrol edilen cihaz çalıştırılır. Bobinlere enerji verilmediğinde COM bağlantı noktası ile NC bağlantı noktası birebirine temas eder ve elektrik akımının kesilmesi sağlanarak kontrol edilen cihaz kapatılır.

Rölenin devreye bağlanması için gerekli olan elektronik malzemeler de tespit edilerek röle devresi tasarlanmıştır (Şekil 3.22). Arduino dijital çıkışlarından gelen sinyalin röleyi tetiklemesi için transistor kullanılmıştır. Transistor için gerekli akımın sınırlandırması için de direnç kullanılmıştır.

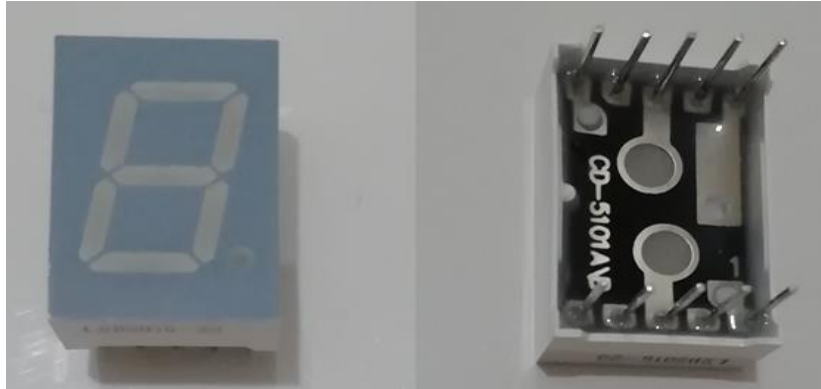


Şekil 3.22. Rölelerin devreye bağlantı şeması

Tasarlanan bu devreden 4 adet kullanılmıştır ve bu devreler sırasıyla Arduino'nun D4, D5, D6, D7 dijital çıkışlarına bağlanmıştır. Devre tasarımında YUK olarak gösterilen

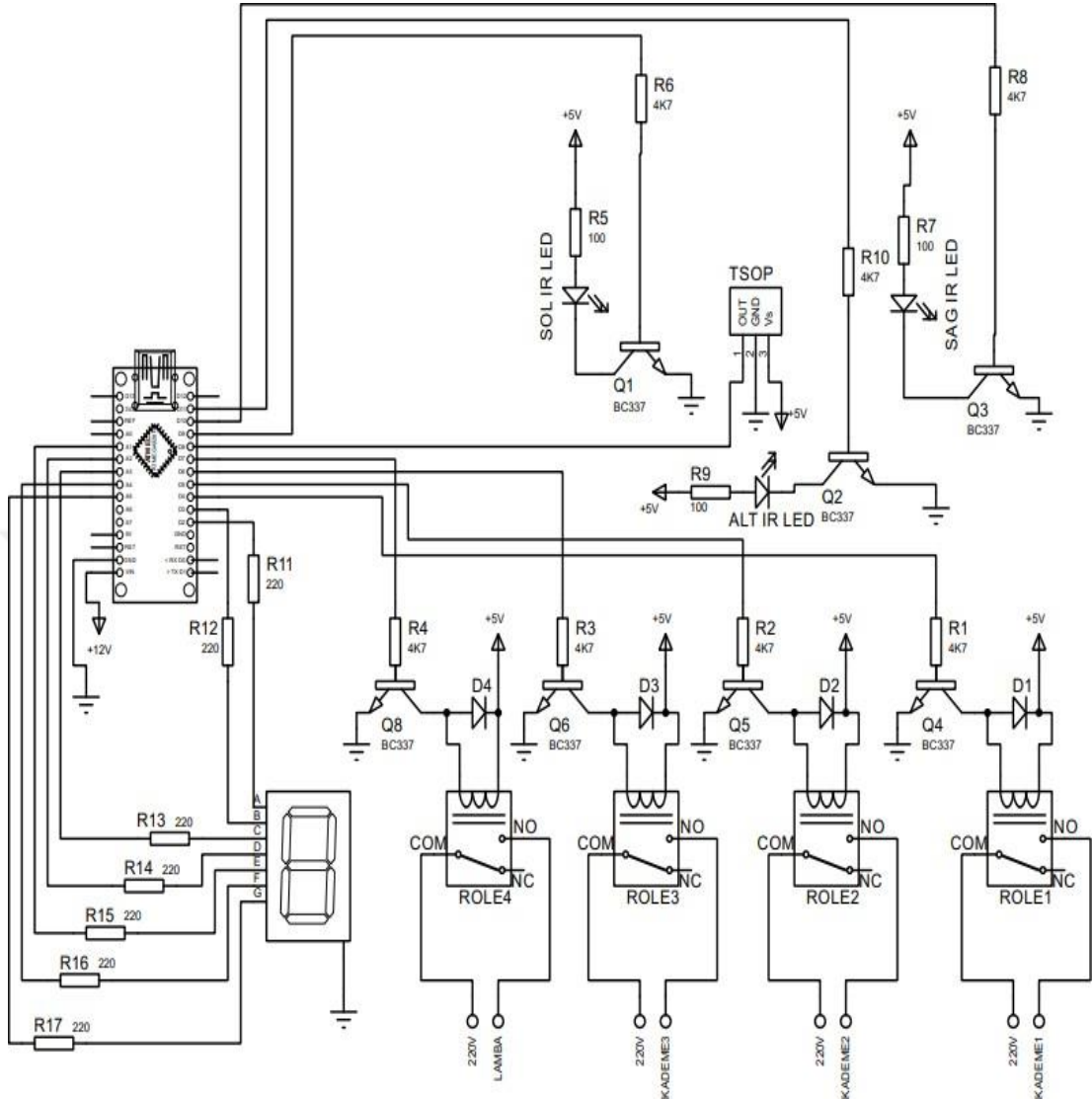
yere sırasıyla D4 çıkışının bağlandığı röle devresinde aspiratörün açılmasını ve birinci kademede çalışmasını sağlayan düğme bağlantısı yapılmıştır. D5 çıkışının bağlandığı röle devresinde aspiratörün ikinci kademede çalışmasını sağlayan düğme bağlantısı yapılmıştır. D6 çıkışının bağlandığı röle devresinde aspiratörün üçüncü kademede çalışmasını sağlayan düğme bağlantısı yapılmıştır. D7 çıkışının bağlandığı röle devresinde ise aspiratörün lamba bağlantısı yapılmıştır.

El hareketleri ile aspiratörün kademeleri kontrol edilirken, aspiratörün hangi kademede çalıştığını veya kapalı olduğunu kullanıcıya göstermek için dijital bir gösterge olan ortak katotlu kırmızı display kullanılmıştır (Şekil 3.23). Bu elektronik elemanın 10 adet bağlantı bacağı vardır. Bunlardan 2 tanesi GND bacağı, diğerleri göstergedeki 8 adet ledlerin bağlantısıdır. Bu bağlantılar sırasıyla A, B, C, D, E, F ve G harfleriyle temsil edilirler. Bu ledlerin hangilerinin yanması isteniyorsa ilgili bağlantılara enerji verilir. Devrede Arduino geliştirme kartının D3, D2, A3, A2, A1, A4, A5 çıkışlarına dijital göstergenin sırasıyla A, B, C, D, E, F ve G bacakları 220 Ω değerinde dirençlerle birlikte bağlanmıştır. Aspiratörün kademe durumuna göre bu çıkışlar yazılımda kullanılarak 0, 1, 2 veya 3 rakamı göstergede gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Ortak katotlu kırmızı display ön ve arka yüzü

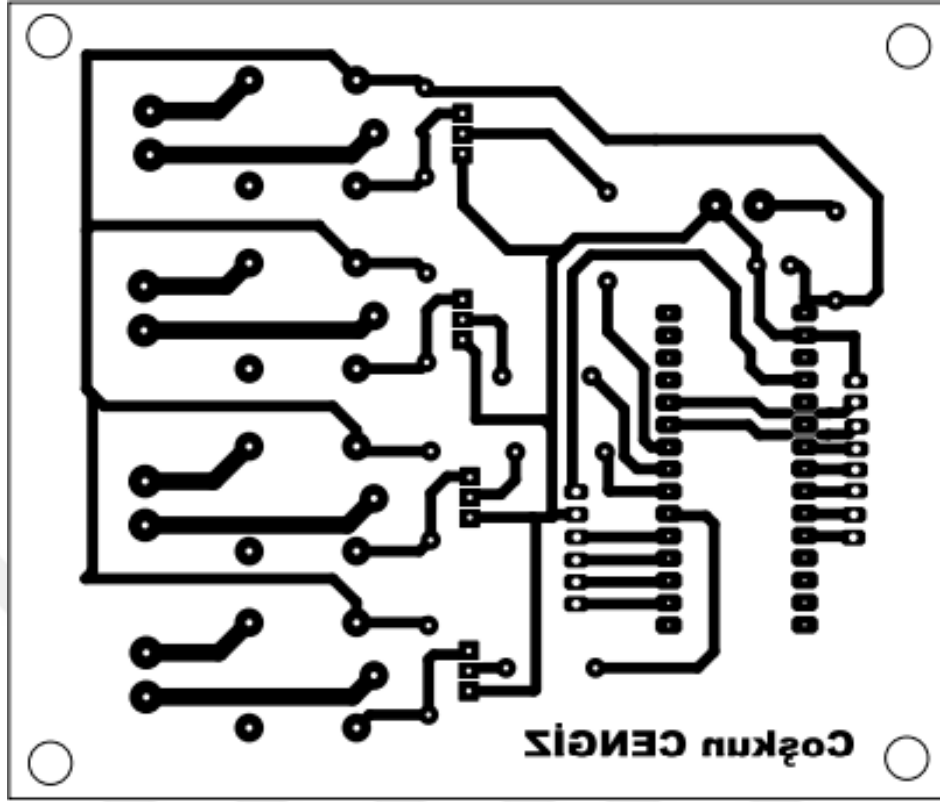
Devre tahtası üzerinde kurulan elektronik devrenin, mantar ledler yerine aspiratöre bağlanacak rölelerin ve dijital göstergenin bulunduğu şekli tasarlanmıştır ve bu devrenin şeması Şekil 3.24’de gösterilmiştir.



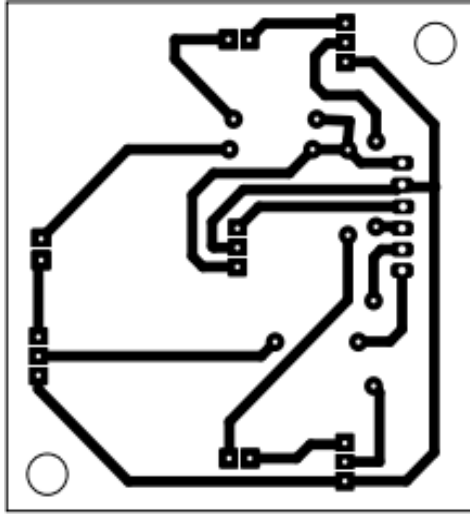
Şekil 3.24. Aspiratöre bağlanacak devrenin şeması

3.13. Baskı Devrenin Hazırlanması

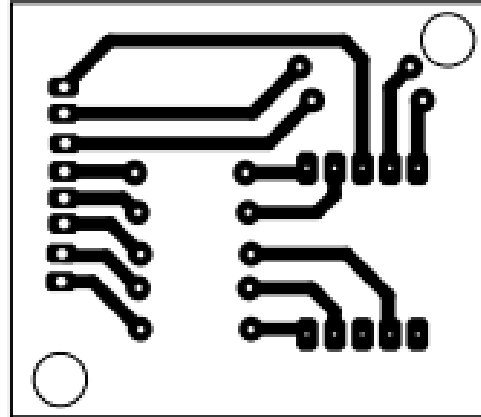
Bu aşamalardan sonra tasarlanan devre şemasının fiziksel uygulaması için bir baskı devre kartı (PCB) tasarlanmıştır. Bunun için devre tasarımı ve baskı devre kartları tasarımı için kullanılan bir elektronik tasarım otomasyon (EDA) programında, el hareketlerinin tespiti için şematik olarak tasarlanan devrenin baskı devresi üç ayrı baskı devre şeklinde tasarlanmıştır. Baskı devre kartlarının yolları ve devre elemanlarının yerleşim planları Şekil 3.24 ve Şekil 3.25 ‘de gösterilmiştir.



(a)



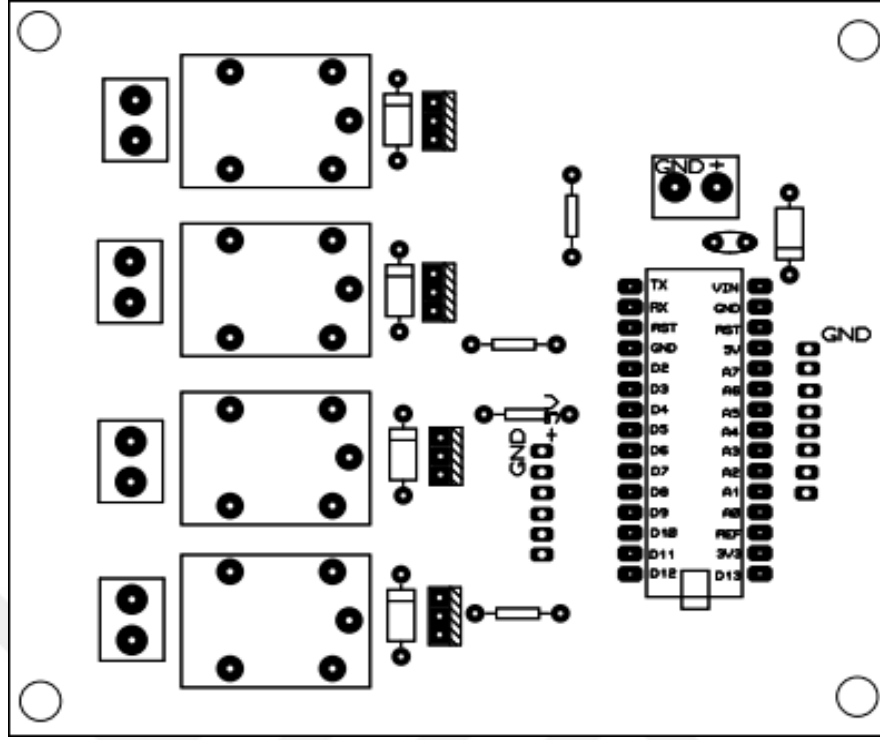
(b)



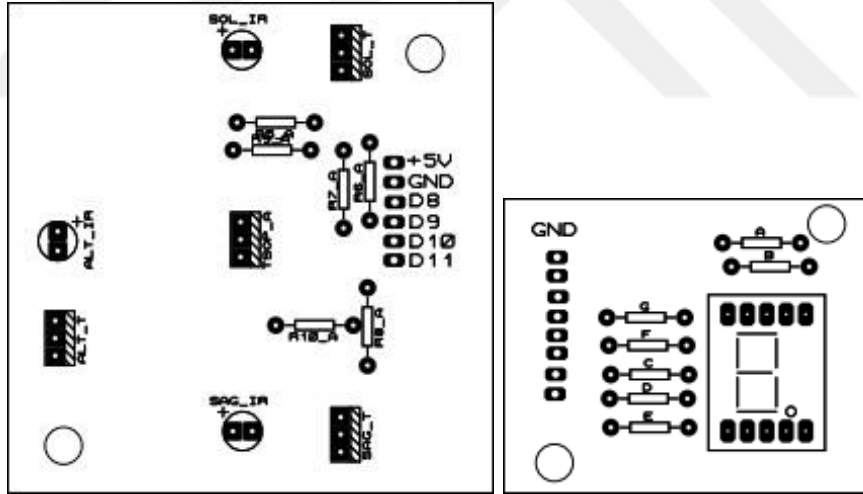
(c)

Şekil 3.25. Baskı devre kartının yolları:

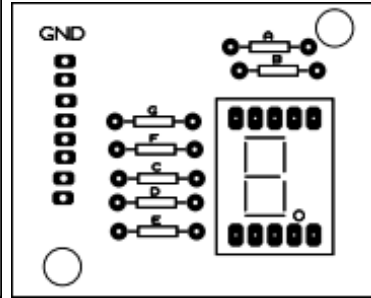
(a) Geliştirme kartı ve rölelerin bulunduğu devre, (b) TSOP alıcısı ve IR LED'lerin bulunduğu devre, (c) Kademe göstergesinin bulunduğu devre



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.26. Baskı devre kartı devre elemanlarının yerleşim planı:

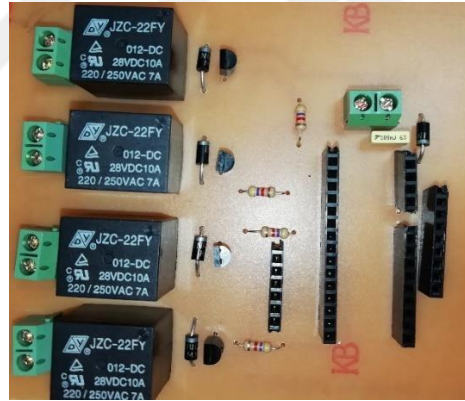
(a) Geliştirme kartı ve rölelerin bulunduğu devre, (b) TSOP alıcısı ve IR LED'lerin bulunduğu devre, (c) Kademe göstergesinin bulunduğu devre

TSOP alıcısı ve IR LED'lerin bulunduğu devre ile kademe göstergesinin bulunduğu devrenin baskı devreleri, ana devreden ayrı tasarlanarak sistemin esnek olması düşünülmüştür. Geliştirme kartı ve rölelerin bulunduğu devre belirli bir yere sabitlenerek, ayrı olan sensör ve gösterge devreleri de bu devreye ilgili bağlantı

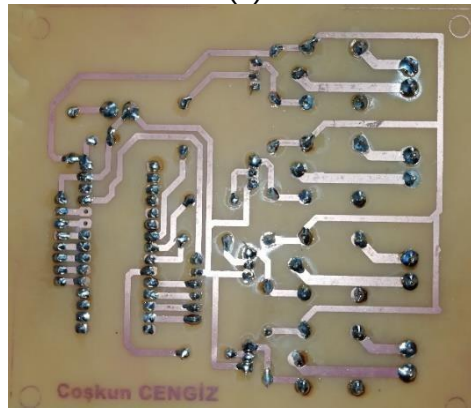
pinlerinden kablolarla bağlanarak, bu iki devrenin aspiratörün istenilen yerine yerleştirilmesi sağlanmıştır.

3.14. Devrenin Fiziksel Uygulaması

Baskı devre tasarımı tamamlandıktan sonra devrenin fiziksel uygulamasına geçilmiştir. Yağlı kuşe kâğıda baskı devrelerin çıktısı lazer yazıcıdan alınmıştır. Devrelerin ölçüsüne uygun şekilde bakır plaket kesilmiştir. Ütü yardımıyla yağlı kâğıttaki çizimler bakır plaketlerin üzerine aktarılmıştır. Bu bakır plaketler sırayla, plastik bir kapta perhidrol ve tuz ruhu karışımında $\frac{1}{4}$ oranında bekletilerek plakaların çizili olmayan kısımlarının erimesi sağlanmıştır. Erime işlemi gerçekleştikten sonra plakalar çıkarılıp erimeyen kısımlar tiner ile temizlenmiştir. Devrelerdeki elektronik elemanların yerleştirileceği bacak bağlantıları ince uçlu matkapla delinmiştir. Rölelerin ve geliştirme kartının bulunduğu ana devrenin baskı devre kartına belirlenen elektronik elemanlar dizilip lehimleme işlemi yapılarak bağlantıları sağlanmıştır (Şekil 3.26).



(a)



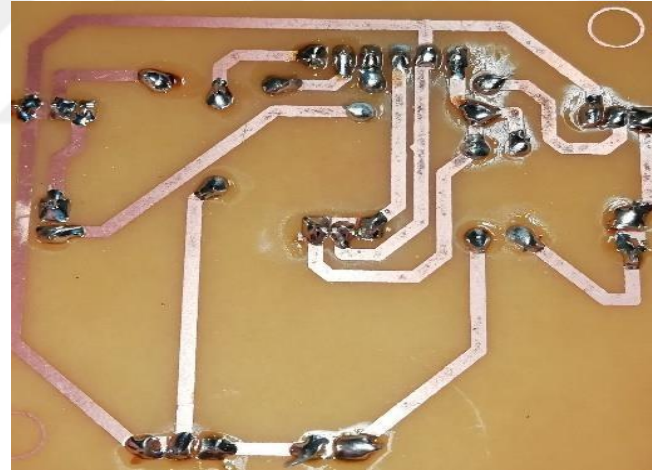
(b)

Şekil 3.27. Temel devrenin baskı devre kartı: (a) Elemanların yerleşimi, (b) Elemanların lehimlenmesi

TSOP alıcısı ve IR LED'lerin bulunduğu sensör devresinin baskı devre kartına belirlenen elektronik elemanlar dizilip lehimleme işlemi yapılarak bağlantıları sağlanmıştır (Şekil 3.27). Bu devre 6 adet ince kablo ile geliştirme kartının bulunduğu devreye bağlanmıştır.



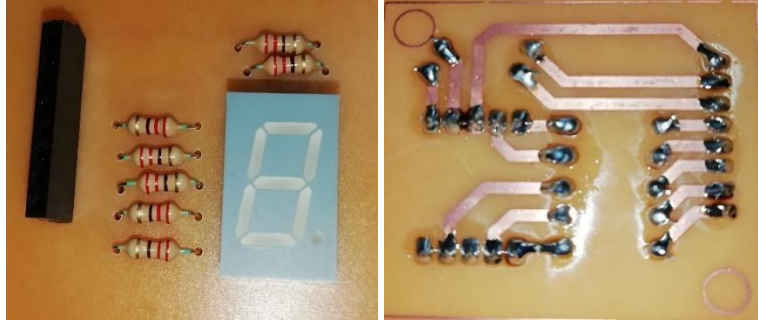
(a)



(b)

Şekil 3.28. Sensör devresinin baskı devre kartı: (a) Elemanların yerleşimi (b) Elemanların lehimlenmesi

Kademe durumunu gösteren devrenin baskı devre kartına belirlenen elektronik elemanlar dizilip lehimleme işlemi yapılarak bağlantıları sağlanmıştır (Şekil 3.28). Bu devre 8 adet ince kablo ile geliştirme kartının bulunduğu devreye bağlanmıştır.



Şekil 3.29. Gösterge devresinin elemanlarının baskı devre kartına yerleşimi

Sensör devresi rölelerin bulunduğu devreden ayrı bir devre olarak tasarlanmış ve bu devreye kablo ile bağlanmıştır. Böylece sensör devresinin aspiratörün istenilen yerine yerleştirilmesi sağlanmıştır.

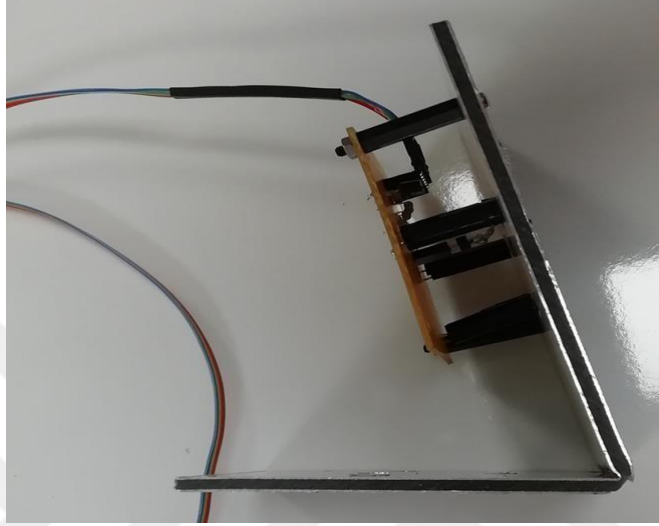
3.15. Sensör Devresinin Yerleşimi

Bu sensör devresi aspiratörün dış yüzeyinin uygun bir bölgesine yerleştirilebileceğini göstermek için prototip seviyesinde geliştirilen sistemde bir alüminyum kompozit levha kullanılmıştır. Bu kompozit levha sensör devresinin ölçülerine uygun bir şekilde kesilmiş ve levhanın sensörle beraber zeminde durması için levhaya eğriltme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.29).

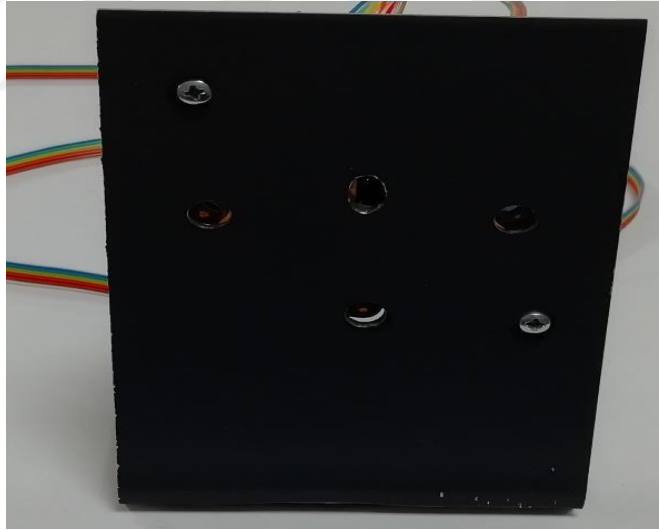


Şekil 3.30. Sensör devresinin monte edileceği levha

Sensördeki TSOP alıcısı ve IR LED'lerin konumuna göre levha belirlenen yerlerden delinmiştir. Sensör devresi bu işlemlere tabi tutulan kompozit levhanın üzerine monte edilmiştir. TSOP alıcının ve IR LED'lerin konumuna göre uygun yerlerden delinen levhaya monte edilmiş sensör devresi Şekil 3.30'da gösterilmiştir.



(a)



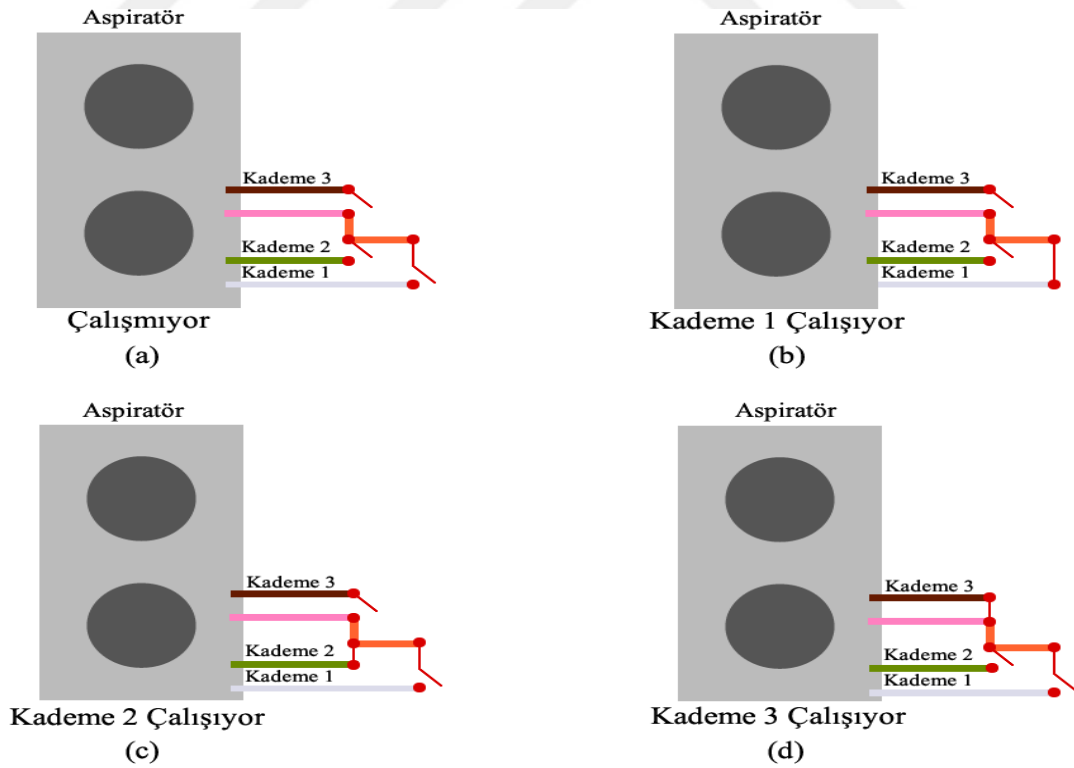
(a)

Şekil 3.31. Levhaya monte edilmiş sensör devresi: (a) Devrenin yandan görünüşü (b) Devrenin önden görünüşü

3.16. Sistemin Aspiratöre Bağlanması

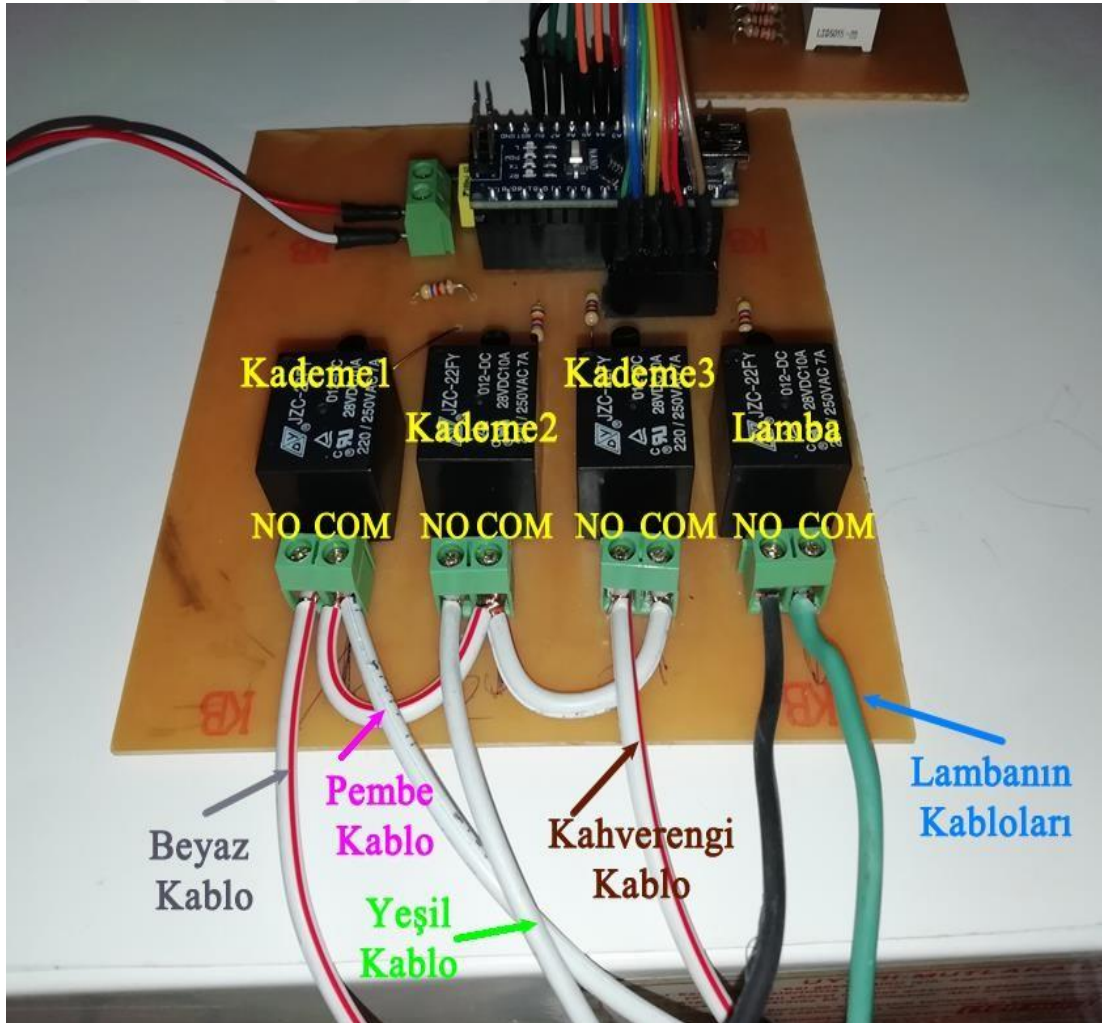
Sistemin sensör devresi modüler hale getirildikten sonra rölelerin bulunduğu temel devrenin aspiratöre bağlanma aşamasına geçilmiştir. Çift motorlu, üç ayrı hız seçenekli bir aspiratör kullanılmıştır. Devre üzerindeki dört adet röleden üçü aspiratörün

motorunun çalışmasını ve kademesinin arttırılmasını ve azaltılmasını sağlayan kablolarla bağlanmıştır. Bu rölelerden biri aspiratörün lambasının açılıp kapanmasını sağlayan kablolarla bağlanmıştır. Bunu için aspiratördeki bu kabloların aspiratörün hangi çalışma kademelerini kontrol ettiği tespit edilmiştir. Cihazın üzerindeki kademe anahtarları söküldüğünde kahverengi, pembe, açık kahverengi, beyaz, yeşil olmak üzere 5 adet kablo olduğu görülmüştür. Kablolardan rengi pembe olanın faz, kahverengi olanın üçüncü kademe, yeşil olanın ikinci kademe, beyaz olanın birinci kademe kablosu olduğu tespit edilmiştir. Açık kahverengi olan kablonun da üçüncü kademeyi çalıştıran anahtardaki pembe (faz) kablodan, birinci ve ikinci kademeleri çalıştıran anahtara fazı aktarmak için ek kablosu olduğu tespit edilmiştir. Aspiratörün kademe anahtarlarına bağlı kabloların renkleri ve hangi kademeyi aktif ettikleri Şekil 3.31’de gösterilmiştir. Kablolarda bağlantı yokken aspiratörün çalışmadığı, pembe kablo ile beyaz kablo bağlandığında aspiratörün birinci kademe çalıştığı, pembe kablo ile yeşil kablo bağlandığında ikinci kademe çalıştığı, pembe kablo ile kahverengi kablo bağlandığında üçüncü kademe çalıştığı görülmüştür.



Şekil 3.32. Aspiratörün kademe kablolarının bağlantısına göre çalışma durumu: (a) Kablolar bağlı değilken (b) Beyaz kablo ile pembe bağlandığında (c) Yeşil kablo ile pembe bağlandığında (d) Kahverengi kablo ile pembe bağlandığında

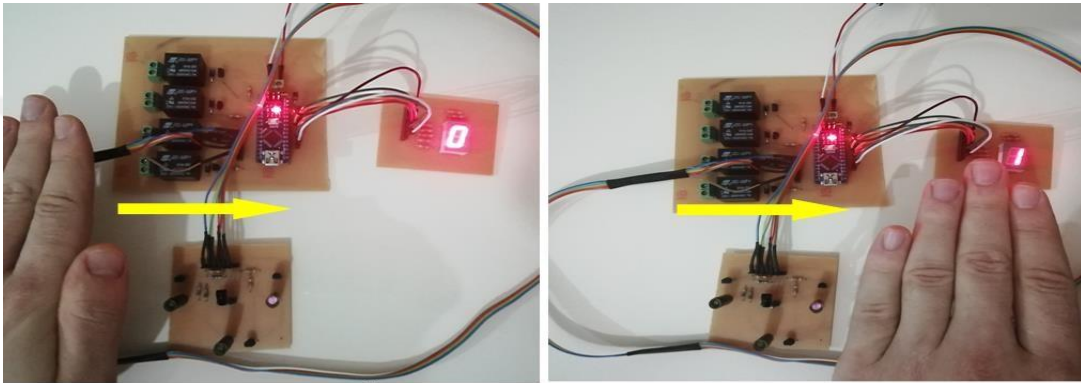
Lambanın açma kapama kontrolünü yapan anahtarda ise 2 adet kablo olduğu görülmüştür. Kabloların tespiti yapıldıktan sonra geliştirilen sistemin temel devresindeki röleler ile bu kabloların bağlantısı yapılmıştır. Devredeki lamba kontrolü için belirlen rölenin çıkışındaki iki pinli vidalı terminale, aspiratördeki lamba kontrolünü yapan kablolar bağlanmıştır. Devredeki üçüncü kademenin anahtarlamasını yapan rölenin çıkışındaki terminaldeki rölenin COM bağlantısına pembe kablo, NO bağlantısına da kahverengi kablo bağlanmıştır. İkinci kademenin anahtarlamasını yapan rölenin çıkışındaki terminaldeki rölenin COM bağlantısına pembe kablo, NO bağlantısına da yeşil kablo bağlanmıştır. Birinci kademenin anahtarlamasını yapan rölenin çıkışındaki terminaldeki rölenin COM bağlantısına pembe kablo, NO bağlantısına da beyaz kablo bağlanmıştır (Şekil 3.32).



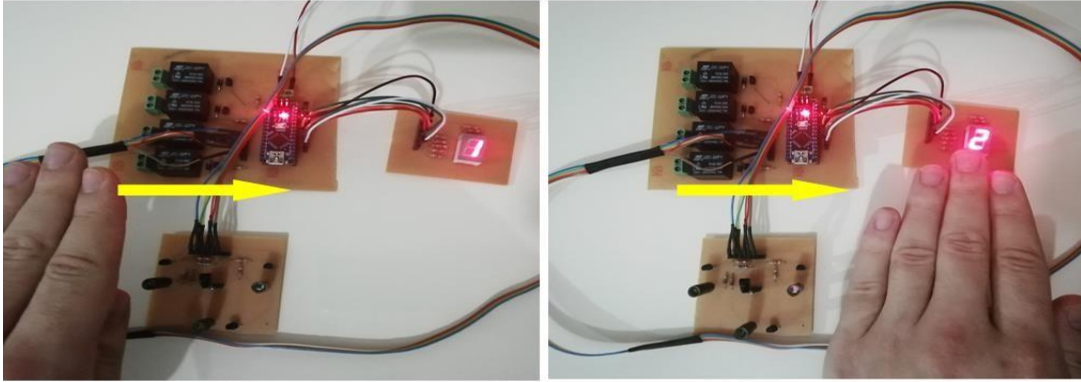
Şekil 3.33. Sistemin aspiratöre bağlantısı

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

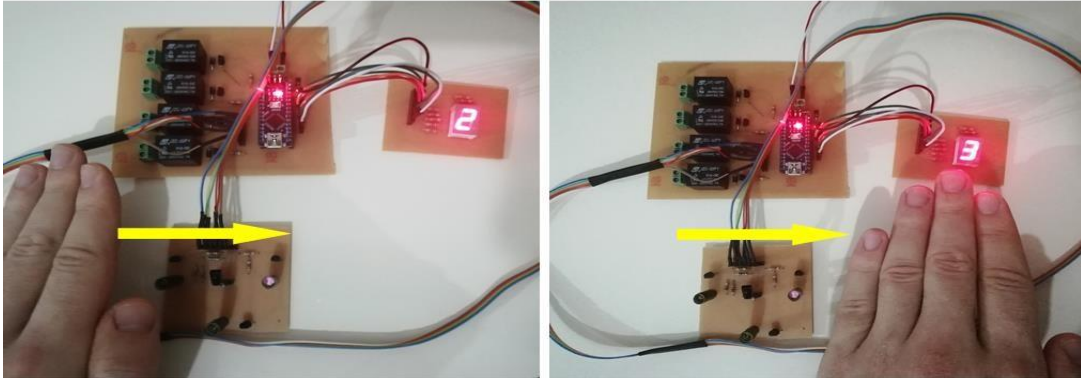
İlk olarak, geliştirilen sistem aspiratöre bağlanmadan önce sistem test edilmiştir. Temel devrenin, sensör devresinin ve gösterge devresinin elemanları baskı devre kartına dizilip lehimlenerek fiziksel bağlantıları sağlandıktan sonra sensör devresi ve gösterge devresi temel devreye bağlanmıştır. Bu testi gerçekleştirebilmek için 12 V DC gerilim sağlayan bir adaptör devreye alınarak ve sistem önceden belirlenen el hareketleriyle test edilmiştir. İlk olarak soldan sağa el hareketleriyle denemeler yapılmıştır (Şekil 4.1).



Sistem kapalı iken elin SOLDAN SAĞA hareket ettirilmesi ve KADEME 1 rölesinin aktif olması.



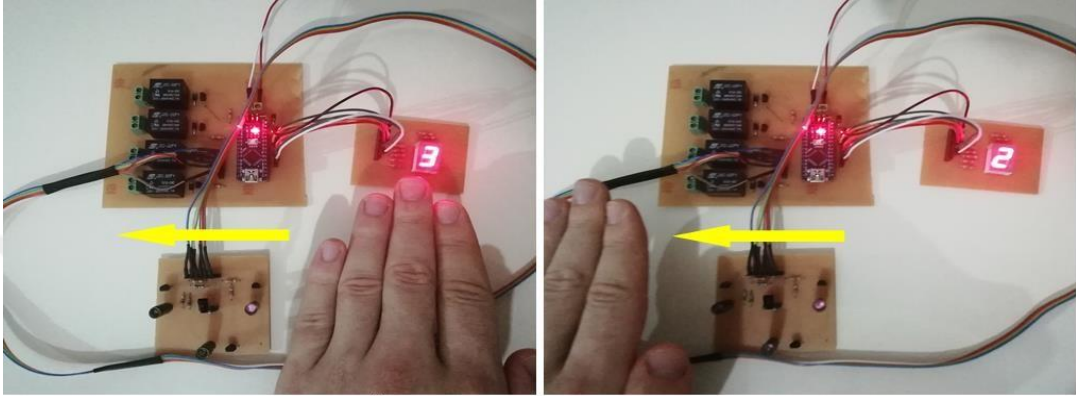
KADEME 1 rölesi aktif iken elin SOLDAN SAĞA hareket ettirilmesi ve KADEME 2 rölesinin aktif olması.



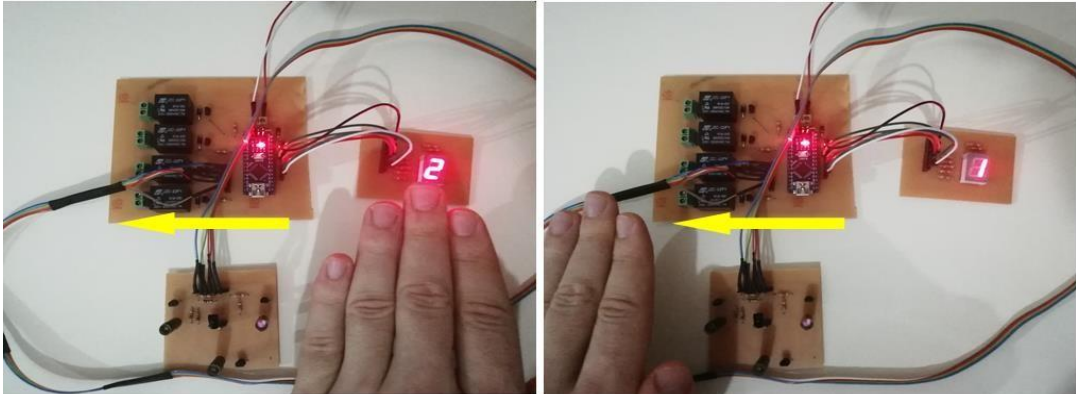
KADEME 2 rölesi aktif iken elin SOLDAN SAĞA hareket ettirilmesi ve KADEME 3 rölesinin aktif olması.

Şekil 4.1.Soldan sağa doğru yapılan el hareketleri ile elde edilen sonuçlar

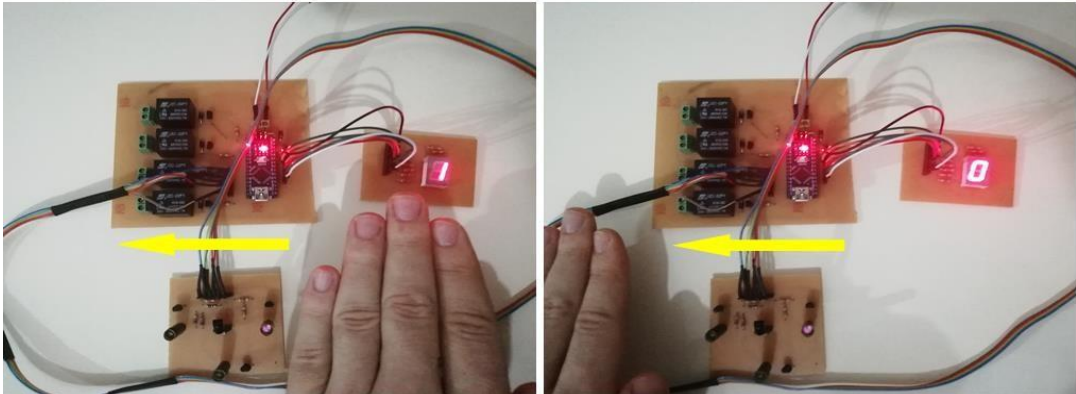
Sisteme enerji verildiğinde göstergede 0 değeri görünüyorken, soldan sağa doğru el hareketi yapıldığında göstergede 1 değeri görülmüştür. Göstergede 1 değeri varken soldan sağa doğru ikinci el hareketi yapıldığında göstergede 2 değeri görülmüştür. Göstergede 2 değeri varken soldan sağa doğru üçüncü el hareketi yapıldığında göstergede 3 değeri görülmüştür.



KADEME 3 rölesi aktif iken elin SAĞDAN SOLA hareket ettirilmesi ve KADEME 2 rölesinin aktif olması.



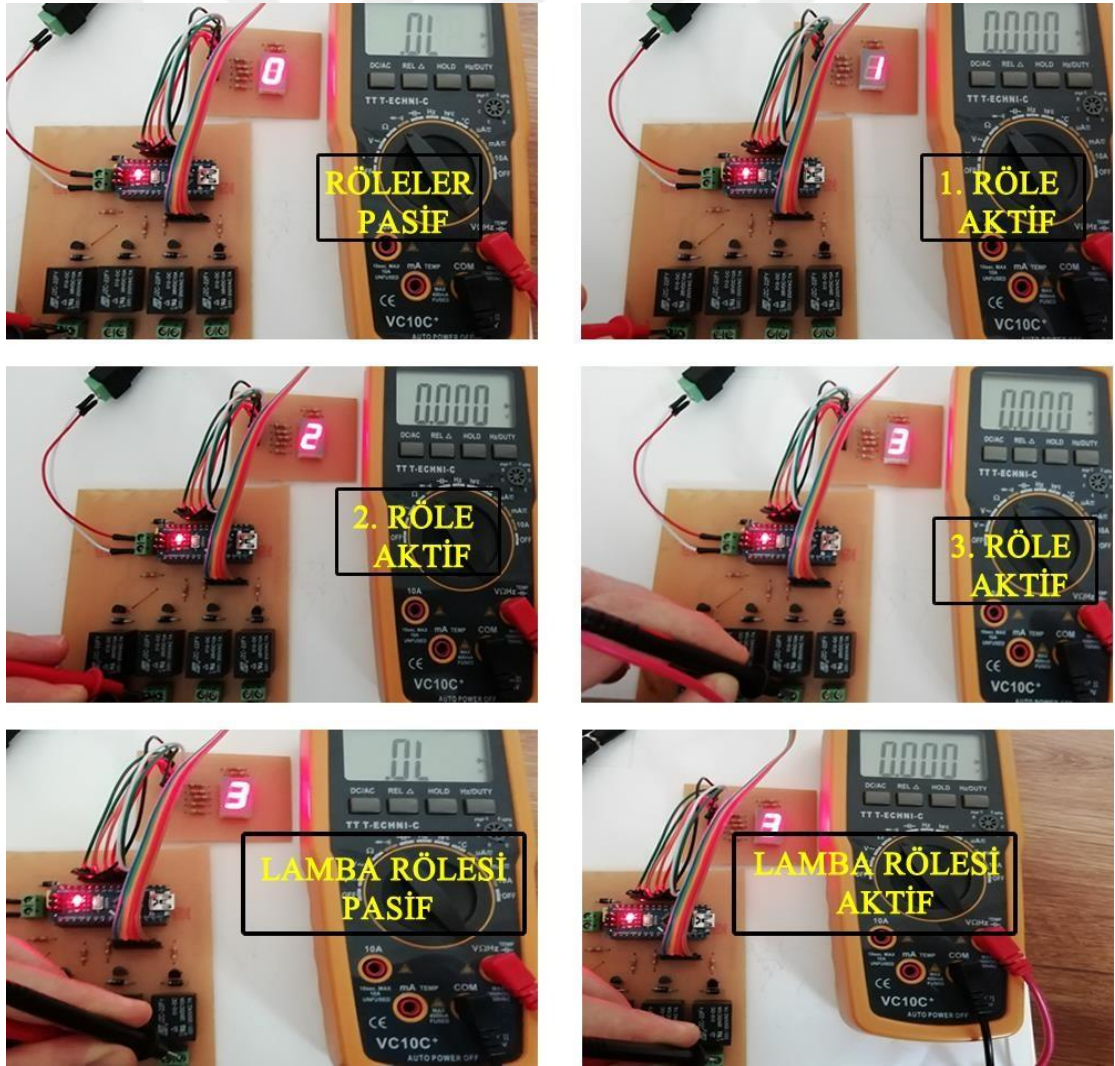
KADEME 2 rölesi aktif iken elin SAĞDAN SOLA hareket ettirilmesi ve KADEME 1 rölesinin aktif olması.



KADEME 1 rölesi aktif iken elin SAĞDAN SOLA hareket ettirilmesi ve sistemin kapanması.

Şekil 4.2. Sağdan sola doğru yapılan el hareketleri ile elde edilen sonuçlar

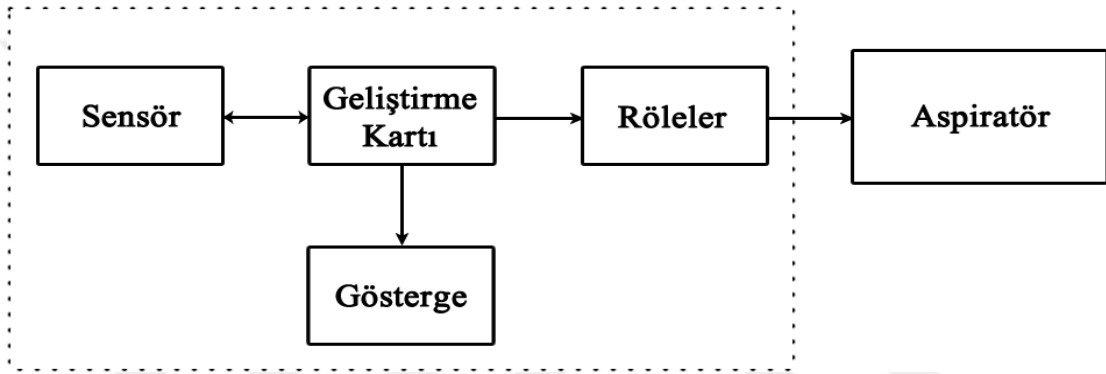
Soldan sağı doğru yapılan el hareketlerinden sonra sağıdan sola el hareketleriyle denemeler yapılmıştır (Şekil 4.2). Göstergede 3 değeri görünüyorken sağıdan sola doğru el hareketi yapıldığında göstergede 2 değeri görülmüştür. Göstergede 2 değeri varken sağıdan sola doğru ikinci el hareketi yapıldığında göstergede 1 değeri görülmüştür. Göstergede 1 değeri varken sağıdan sola doğru üçüncü el hareketi yapıldığında ise göstergede 0 değeri görülmüştür. Sistem aspiratöre bağlanmadan önce yapılan denemelerde soldan sağı doğru yapılan el hareketleriyle göstergede kademe artışı olduğu görülürken, sağıdan sola doğru yapılan el hareketleriyle de göstergede kademe azalması görülmüştür. Bu el hareketleriyle ilgili rölelerin aktif olup olmadıkları, göstergedeki kademe durumuna göre ilgili rölenin COM ve NO bağlantıları avometre ile süreklilik testi yapılarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



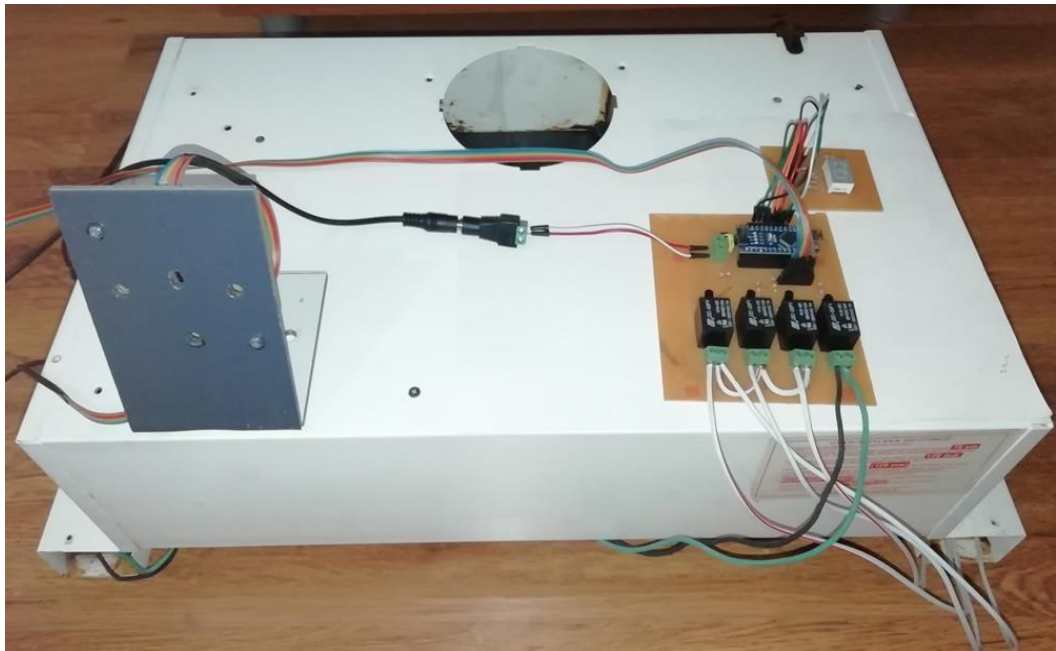
Şekil 4.3. Çalışma kademesine göre ilgili rölelerin aktiflik testinin sonuçları

Yapılan test sonucunda birinci kademedeki birinci rölenin, ikinci kademedeki ikinci rölenin ve üçüncü kademedeki üçüncü rölenin iletimde olduğu görülmüştür. Herhangi bir kademe durumunda aşağıdan yukarıya doğru el hareketi yapıldığında lamba kontrol eden rölenin aktif olduğu, tekrar aynı hareket yapıldığında bu rölenin pasif olduğu görülmüştür. Yapılan ölçümlerin sonuçları Şekil 4.3 de gösterilmiştir.

Geliştirilen sistemin blok diyagramı Şekil 4.4’de görülmektedir. Yapılan ölçümlerden sonra öngörülen sistemin prototipini oluşturmak için sistem aspiratöre bağlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Geliştirilen sistemin blok diyagramı



Şekil 4.5. Öngörülen temassız el hareketi ile çalışan aspiratörün prototip uygulaması

Aspiratöre 220 V AC gerilim ve devreye de 12 V DC gerilim uygulanarak sistem test edilmiştir. Sırasıyla soldan sağa, sağdan sola ve aşağıdan yukarıya doğru yapılan el hareketleri yapılmıştır. Her üç harekette de sistemin sensörünün öngörüldüğü şekilde hareket algılama mesafesi yaklaşık olarak 14 cm olduğu tespit edilmiştir. Sistemin ortam ışığından etkilenmediği görülmüştür. Sistemin karanlık ortamda da çalışıp el hareketlerinin tanındığı görülmüştür (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Sistemin karanlık ortamda çalışması

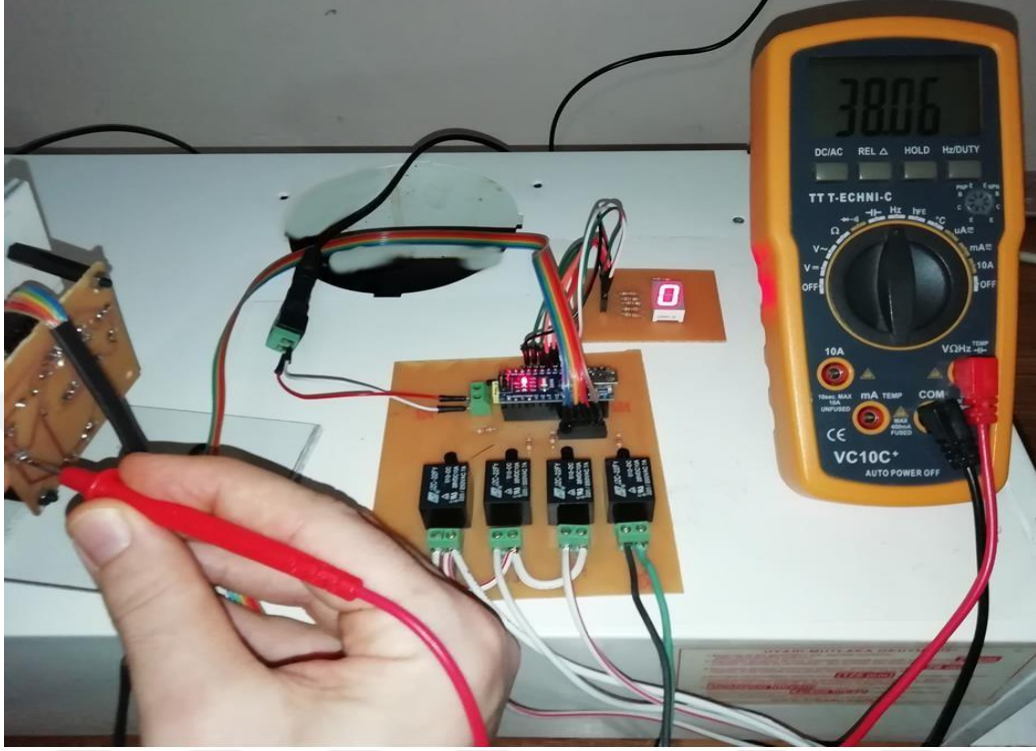
Denemeler sonucunda el hareketlerinin tanınma oranları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Sistemin el hareketlerini tanıma oranı

EL HAREKETİ	TANINMA ORANI	EL MESAFESİ
Soldan sağa	% 95	En fazla 14 cm
Sağdan sola	% 96	En fazla 14 cm
Aşağıdan yukarıya	% 98	En fazla 14 cm

TSOP alıcının aktif olması için IR LED’lerin 38 KHZ frekans değerinde modüle edilmesi gerekmektedir. Sistem çalışırken avometre frekans ölçme kademesi ile sensör

devresindeki IR LED'lerin modülasyon frekansları ölçülmüştür. Sol, sağ ve alt IR LED'lerin modülasyon frekanslarının 38 KHZ olduğu görülmüştür (Şekil 4.7).



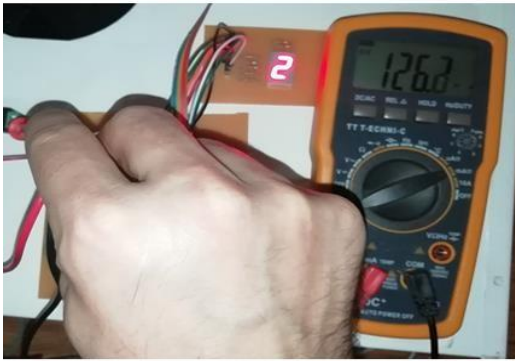
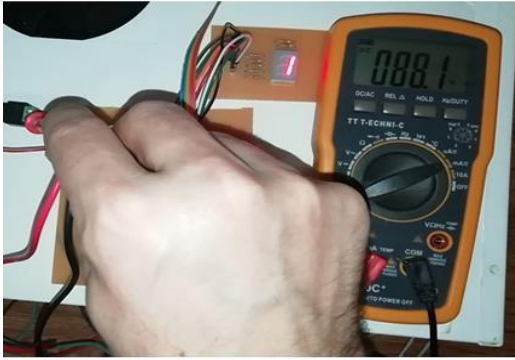
Şekil 4.7. Sağ IR LED'in modülasyon frekansı

Aspiratörün lambası açık veya kapalıyken aspiratörün çalışma kademesine göre devreden geçen akım avometrenin ampermetre kademesi ile ölçülmüştür. Aspiratörün motoru ve lambası kapalı durumdayken devreden geçen akım 0.111 A olarak ölçülmüştür. Lamba açıkken ve motor ikinci veya üçüncü kademedede çalışırken devreden geçen akım yaklaşık olarak 0.153 A olarak ölçülmüştür. Buna göre devreye uygulana DC gerilim 12 V olduğundan Eşitlik 4.1'e göre aspiratör tamamen kapalı iken geliştirilen sistemin harcadığı güç yaklaşık olarak 1.33 W, aspiratör motoru çalışırken ve aspiratör lambası yanıyorken geliştirilen sistemin harcadığı güç yaklaşık olarak 1.84 W olarak hesaplanmıştır.

$$P = U \times I \quad (4.1)$$

Devreden geçen akımın ölçüm sonuçları Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

**LAMBA KAPALIYKEN
DEVREDEN GEÇEN AKIM**



**LAMBA AÇIKKEN
DEVREDEN GEÇEN AKIM**



Şekil 4.8. Aspiratörün çalışma durumlarına göre devreden geçen akımın ölçülmesi

Geliştirilen sistemde kullanılan elektronik malzemelerin fiyatları ve toplam fiyat tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Kullanılan elektronik malzemelerin fiyatları

KULLANILAN MALZEME	ADET	ADET FİYATI	TOPLAM FİYAT
LTE-4208 IR LED	3	1,89 TL	5,67 TL
TSOP38238 IR ALICISI	1	7,92 TL	7,92 TL
ARDUNİO NANO V3.0	1	27,29 TL	27,29 TL
100 Ω DİRENÇ	3	0,03 TL	0,09 TL
220 Ω DİRENÇ	7	0,03 TL	0,21 TL
4,7 K Ω DİRENÇ	7	0,03 TL	0,21 TL
BC337 TRANSİSTÖR	7	0,26 TL	1,82 TL
JZC-22FY 12 V RÖLE	4	2,5 TL	10 TL
ORTAK KATOTLU DİSPLAY	1	2 TL	2 TL
		TOPLAM	55,21 TL

Kullanılan malzemelerin maliyet hesaplaması yapıldığında sistemin yaklaşık 55 TL maliyetinin olduğu tespit edilmiştir. Bu maliyetin aspiratör gibi maliyeti düşük cihazlar için ekonomik olduğunu göstermektedir.

Kullanılan IR Alıcısının 38 KHZ frekans değerine sahip kızılötesi ışınları ile aktif olması sebebiyle geliştirilen sistem farklı ışık seviyesine sahip ortamlarda da kararlı bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Ayrıca kızılötesi ışınlar göz ile görülmediği için ortam aydınlatması olumsuz olarak etkilenmemektedir.

Sistemdeki IR LED'lerin uygun frekansa modüle edilmesi geliştirme kartı ile sağlandığı için frekans modülasyonu için ayrı bir zamanlayıcı devre kullanılmamıştır.

Tasarım aşamalarında IR alıcının kızılötesi ışın yayan uzaktan kumanda aletlerinden etkilendiği görülmüştür. Geliştirilen yazılımda yapılan değişikle ilgili zaman dilimlerinde IR LED'lerin açık veya kapalı olma durumları belirlenen bir düzende gerçekleştirildiği için IR Alıcının bu düzendeki 38 KHZ kızılötesi ışınlara duyarlı olması sağlanmıştır. Böylece sistemin kızılötesi ışık yayan uzaktan kumandalardan etkilenmediği görülmüştür.

Sistem aspiratöre bağlanarak çalıştırıldığında aspiratörün farklı çalışma hızlarına ve lambanın açık veya kapalı olma durumlarına göre sistemin harcadığı gücün düşük seviyede olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, elektrikli mutfak aletlerinden olan aspiratörlerin temassız kontrol edilebilmeleri amacıyla, düşük maliyetli bir sistem geliştirilmiştir. Sistem aspiratörün aç/kapa kontrolünü, motor hız kontrolünü ve aydınlatma kontrolünü el hareketleri ile yapmaktadır. Motor hız kontrolü ve aç/kapa fonksiyonları, elin sağa ve sola hareketleri ile yapılırken ışık açma ve kapama elin yukarı aşağı hareketiyle sağlanmıştır. El hareketlerinin algılanması için faz bazlı hareket algılama algoritması kullanılmıştır. Geliştirilen sistem, üç adet led ışık kaynağı ve TSOP sensörü kullanılmasıyla özgündür. Elektronik devrenin tasarımında kullanılacak elemanlar ve bileşenlerin seçiminde ekonomik olmasına özen gösterilmiştir. Sistemde faz bazlı hareket algılama algoritması, Arduino Nano üzerinde çalışan yazılım yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Kontrol edilen aspiratör çift motorlu, üç ayrı hız seçeneekli, üzerinde bir adet 220 V ışık kaynağı olan bir yapıdadır.

Sistemin testleri aspiratör kullanılarak yapılmış ve soldan sağa harekette %95, sağdan sola harekette %96, aşağıdan yukarıya harekette ise %98 doğru tanıma görülmüştür. Tasarlanan el tanıma sisteminin aspiratör üreticilerine pazarlaması planlanmaktadır.

Aspiratörün motoru ve lambası kapalı durumdayken harcanan güç yaklaşık olarak 1.33 W, lamba açıkken ve motor çalışırken harcanan gücün yaklaşık olarak 1.84 W olduğu görülmüştür.

Geliştirilen sistem mutfaklarda en çok kullanılan ve kirlenmeye en çok maruz kalan elektrikli aletlerden biri olan aspiratörlerin kontrolünde temizlik ve hijyen sağlama açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca bu sistem esnek bir kullanıma sahip olduğu için farklı elektrikli cihazlarda da etkili bir şekilde kullanılabilir. Özellikle salgın hastalıkların bulaşıcılığı en çok temas yolu gerçekleştiğinden dolayı kararlı temassız bir etkileşim sunan bu sistem evlerde, kamu kurumlarında bireysel veya toplu kullanıma sahip cihazlarda da hijyen ve temizlik açısından fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Düşük güç tüketimi ve maliyetinin ekonomik olması ile de aspiratörlere veya farklı cihazlara uygulanması ve ticarileşmesi mümkün görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, 2004. IR Emitter and Detector Product Data Sheet LTE-4208. LITE-ON Technology Corp. / Optoelectronics, <https://optoelectronics.liteon.com/upload/download/DS-50-92-0015/LTE-4208.pdf>, (15.12.2020).
- Anonim, 2011. Infrared gesture sensing. Silicon Laboratories Inc., <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/AN580.pdf>, (15.12.2020).
- Bai, Y., Shen, L. ve Li, Z., 2010. Design and implementation of an embedded home surveillance system by use of multiple ultrasonic sensors. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 56 (1), 119-124.
- Batchuluun, G., Odgerel, B. ve Lee, C. H., 2015. Hand Gesture Recognition Using an Infrared Proximity Sensor Array. *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 15 (3), 186-191.
- Chakraborty, T., Nasim, M., Malek, S. M. B., Majumder, M. T. H., Saeef, M. S. ve Alim Al Islam, A. B. M., 2017. Devising a novel visible light based low-cost ultra-low-power gesture recognition system. *International Conference on Networking, Systems and Security (NSysS)*, Dhaka.
- Cheng, H., Chen, A. M., Razdan, A. ve Buller, E., 2011. Contactless gesture recognition system using proximity sensors. *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, Las Vegas.
- Czuszynski K., Ruminski J. ve Wtorek, J., 2017. Pose classification in the gesture recognition using the linear optical sensor. *10th International Conference on Human System Interactions (HSI)*, Ulsan.
- Deshmukh, R., Bange A., Nerkar A. ve Mane S., 2016. Automatic Hand Gesture Based Remote Control For Home Appliance. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3 (6), 548-550.
- Dobrzynski, M.K., Pericet-Camara, R., ve Floreano, D., 2012. Vision Tape—A Flexible Compound Vision Sensor for Motion Detection and Proximity Estimation. *IEEE Sensors Journal*, 12 (5), 1131–1139.
- Erden, F. ve Çetin, A. E., 2014. Hand gesture based remote control system using infrared sensors and a camera. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 60 (4), 675-680.
- Freeman, W.T. ve Weissman, C. D., 1997. Hand gesture machine control system. US Patent 5594469.
- Gammon, N., 2015. The bit positions and names for the three timers on the Atmega328P. GammonForum, <https://www.gammon.com.au/timers> (15.12.2020).
- Hemantha, M. ve Srikanth, M.V., 2013. Simulation of Real Time Hand Gesture recognition for Physically Impaired. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 2 (11), 4402–4407.

- Kang, S.P., Rodnay, G., Tordon, M. Ve Katupitiya, J., 2003. A hand gesture based virtual interface for wheelchair control. Proceedings 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2003), Kobe.
- Kim, J., He, J., Lyons, K. ve Starner, T., 2007. The Gesture Watch: A Wireless Contact-free Gesture based Wrist Interface. 11th IEEE International Symposium on Wearable Computers, Boston.
- Kim, J., Thang, N.D., ve Kim, T., 2009. 3-D hand motion tracking and gesture recognition using a data glove. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Seoul.
- Kim, J.S., Yun, S.J., Seol, D.J., Park, H.J. ve Kim, Y.S., 2015. An IR Proximity-Based 3D Motion Gesture Sensor for Low-Power Portable Applications. IEEE Sensors Journal, 15 (12), 7009-7016.
- Kim, Y.S. ve Baek, K., 2013. A motion gesture sensor using photodiodes with limited field-of-view. Optics Express, 21 (8), 9206-9214.
- Kong, K., Kim, Y.S., Kim, J.E., Kim, S. ve Baek, K., 2013. Single-Package Motion Gesture Sensor for Portable Applications. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 59 (4), 848-853.
- Lee, B., Lee, B. ve Chung, W., 2015. Wristband-Type Driver Vigilance Monitoring System Using Smartwatch. IEEE Sensors Journal, 15 (10), 5624-5633.
- Lee, H. ve Park, J., 2012. Touch play pool: touch gesture interaction for mobile multifunction devices. IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas.
- Liu, J., Zhong, L., Wickramasuriya J. ve Vasudevan, V., 2009. uWave: Accelerometer-based personalized gesture recognition and its applications. IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, Galveston Texas.
- Metzger, C., Anderson ve M., Starner, T., 2004. FreeDigiter: a contact-free device for gesture control. Eighth International Symposium on Wearable Computers, Arlington Virginia.
- Moise, M.V., Mazare, A.G. ve Svasta P.M., 2018. Implementation of 3D gesture control system for environmental control. 7th Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC), Dresden.
- Pavlovic, V. I., Sharma, R. ve Huang, T. S., 1997. Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: A review. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19 (7), 677–695.
- Popa, M., 2011. Hand gesture recognition based on accelerometer sensors. The 7th International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management, Gyeongju.
- Qin, Y., 2016. Color-Based Hand Gesture Recognition on Android. Eaglesky's Blog, <https://eaglesky.github.io/2015/12/26/HandGestureRecognition>, (15.12.2020).

- Rehg, J. M. ve Kanade, T., 1994. Digiteyes: Vision-based hand tracking for human-computer interaction. Proceedings of 1994 IEEE Workshop on Motion of Non-rigid and Articulated Objects, Austin Texas.
- Rekimoto, J., 2001. GestureWrist and GesturePad: unobtrusive wearable interaction devices. Proceedings Fifth International Symposium on Wearable Computers, Zurich.
- Solanki, U.V. ve Desai, N.H., 2011. Hand gesture based remote control for home appliances: Handmote. World Congress on Information and Communication Technologies, Mumbai.
- Tar, A. ve Cserey G., 2011. Object outline and surface-trace detection using infrared proximity array. IEEE Sensors Journal, 11 (10), 2486-2493.
- Um, D. ve Hung, W.N.P., 2006. Novel Infrared Proximity Array Sensor for 3D Visual Sensing: Modeling and Applications. IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Bangkok.
- Verdadero, M.S., Martinez-Ojeda, C.O. ve Cruz, J.C.D., 2018. Hand Gesture Recognition System as an Alternative Interface for Remote Controlled Home Appliances. IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), Baguio City.
- Wang, J., Zha, S., ve Canny, J., 2006. Camera phone based motion sensing: interaction techniques, applications and performance study. Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, Montreux.
- Westerman, W.C. ve Elias, J.G., 2006. System and method for packing multitouch gestures onto a hand. US Patent 7705830.
- Wilson, A. ve Shafer, S., 2003. XWand: UI for intelligent spaces. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Florida.
- Wobbrock, J. O., Wilson, A. D., ve Li, Y., 2007. Gestures without libraries, toolkits or training: a \$1 recognizer for user interface prototypes. Proceedings of the 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, Newport.
- Wojtczuk, P., Armitage A., Binnie, T.D. ve Chamberlain, T., 2012. Recognition of Simple Gestures Using a PIR Sensor Array. Sensors & Transducers Journal, 14 (1), 83-94.
- Wojtczuk, P., Armitage, A., Binnie, T.D. ve Chamberlain, T., 2011. PIR sensor array for hand motion recognition. The Second International Conference on Sensor Device Technologies and Applications, Cote d'Azur.
- Xu, R., Zhou, S. ve Li, W.J., 2012. MEMS Accelerometer Based Nonspecific- User Hand Gesture Recognition. IEEE Sensors Journal, 12 (5), 1166–1173.
- Yang, I. ve Kwon, O., 2011. A touch controller using differential sensing method for on-cell capacitive touch screen panel systems. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 57 (3), 1027–1032.

- Yang, M. H., Ahuja, N., ve Tabb, M., 2002. Extraction of 2D motion trajectories and its application to hand gesture recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24 (8), 1061-1074.
- You, X., Chen, J. Ve Yu, C., 2018. Efficient Indoor Data Transmission With Full Dimming Control in Hybrid Visible Light/Infrared Communication Systems. *IEEE Access*, 6, 77675-77684.



7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

