



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ENDÜSTRİYEL FIRININ KONTROL KARTI
TASARIMI

Hüseyin Turgay ADA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hüseyin Turgay ADA tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİYEL FIRININ KONTROL KARTI TASARIMI” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ercan YALDIZ

.....

Danışman

Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

.....

Üye

Doç. Dr. Hulusi KARACA

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hüseyin Turgay ADA

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİYEL FIRININ KONTROL KARTI TASARIMI

Hüseyin Turgay ADA

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

2024, 57 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ercan YALDIZ
Prof. Dr. Salih GÜNEŞ
Doç. Dr. Hulusi KARACA

Yürütülen tez çalışması, yenilikçi teknolojilerin endüstriyel fırın makineleri sektöründe uygulanabilirliği üzerine odaklanmıştır. Bu çalışmada fırınların nasıl kontrol edildiği ve fırın kontrol panelinin geliştirilme süreci üzerinde durulmuştur. Ayrıca, gerekli teknolojilerin fizibilitesini ve Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramının kullanıcı gereksinimlerini karşılamada uygulanabilirliğini araştırmak için bir literatür taraması yapılmıştır. Fırın kontrol panelinin ergonomik özelliklere sahip olması, gelişime açık olması, gelişen sistemlere entegre olabilmesi gibi tasarım gereksinimleri ele alınmıştır. Amaç, endüstriyel fırın sektöründe ileriye dönük yapılacak olan çalışmalar için bir altyapı oluşturmaktır. Kullanılan yapıda özelleştirmiş işletim sistemi için Yocto kullanıldı. Arayüz tasarımı sağlamak için QT programından yararlanıldı. Yapılan yazılım C++ ve QML kullanılarak oluşturuldu. Bu çalışma, endüstriyel fırın makineleri sektöründe yenilikçi teknolojilerin uygulanmasına yönelik önemli bir adım olmayı hedeflemektedir. Elde edilen bulgular, fırın kontrol paneli tasarımında iyileştirmeler yapmak ve etkin bir şekilde yararlanmak için değerli bir kaynak sunmaktadır. Yapılan tez çalışmasının sonuçları görsellerle ve ölçü aletlerinin çıktılarıyla bahsedildi. Yürütülen çalışma sonucunda yeni tasarımlarda olması gereken özelliklerden bahsedildi.

Anahtar Kelimeler: Dokunmatik panel, Endüstriyel fırın, Linux, Tasarım, Yocto

ABSTRACT

MS THESIS

CONTROL BOARD DESIGN OF INDUSTRIAL OVEN

Hüseyin Turgay ADA

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electric-Electronic Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

2024, 57 Pages

Jury

**Prof. Dr. Ercan YALDIZ
Prof. Dr. Salih GÜNEŞ
Doç. Dr. Hulusi KARACA**

The conducted thesis study has focused on the applicability of innovative technologies in the industrial oven machinery sector. In this study, emphasis has been placed on how ovens are controlled and the process of developing oven control panels. Additionally, a literature review was conducted to investigate the feasibility of required technologies and the applicability of the Internet of Things (IoT) concept in meeting user requirements. Design requirements such as the ergonomic features of the oven control panel, adaptability to development, and integration with evolving systems were addressed. The aim is to establish a foundation for future work in the industrial oven sector. Yocto was used for the customized operating system in the structure used. QT program was utilized to provide interface design. The software was developed using C++ and QML. This study aims to be a significant step towards the implementation of innovative technologies in the industrial oven machinery sector. The findings provide a valuable resource for making improvements in oven control panel design and effectively leveraging them. The results of the thesis study were discussed with visuals and outputs of measuring instruments. The features required in new designs were mentioned as a result of the conducted study.

Keywords: Design, Industrial oven, Linux, Touch panel, Yocto.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez sürecimde, literatür tarama aşamasından tasarım aşamasına kadar teorik ve teknik olarak destek veren, yardımlarına sürekli olarak başvurduğum danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Salih GÜNEŞ'e;

Yüksek lisans tez sürecimde, maddi ve manevi olarak destek veren, FİMAK Makina A.Ş firmasına ve bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Hüseyin Turgay ADA
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Nesnelerin İnterneti	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Materyaller	11
3.1.1. Ana İşlemci Kartı	12
3.1.1.1. Raspberry Pi 3 Model B	13
3.1.1.2. Olimex RK3328	14
3.1.2. LCD Panel	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Taşıyıcı Kart	17
3.2.1.1. Giriş Koruma Devresi	17
3.2.1.2. Güç Devresi	19
3.2.1.3. LCD Arka Işık Aydınlatma Devresi	20
3.2.1.4. Buzzer ve Kullanıcı Butonu Devresi	23
3.2.1.5. USB Arayüzü Devresi	24
3.2.1.6. SD Kart Devresi	25
3.2.1.7. Gerçek Zamanlı Saat Devresi	26
3.2.1.8. Dokunmatik Panel Arayüz Devresi	27
3.2.1.9. LCD Panel Kapı Voltajları Devresi	27
3.2.1.10. HDMI Dönüştürücü Devresi	29
3.2.1.11. HDMI Konnektörü Devresi	30
3.2.2. Yocto	31
3.2.3. QT	32
3.2.4. Bitbake	32
4. TEST ÇALIŞMALARI VE SONUÇLAR	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
5.1 Sonuçlar	45
5.2 Öneriler	46
KAYNAKLAR	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	Amper
F	Farad
H	Henry
V	Voltaj
Ω	Ohm
V_{GH}	LCD Yüksek Kapı Voltajı
V_{GL}	LCD Düşük Kapı Voltajı
V_{out}	Dönüştürücü Çıkış Voltajı
V_{com}	LCD Ortak Elektrod Voltajı
AV_{DD}	Analog Besleme Voltajı

Kısaltmalar

CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
EMI	Elektromagnetic Interference (Elektromanyetik Girişim)
HMI	Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
LCD	Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
MPU	Microprocessor Unit (Mikroişlemci ünitesi)
PCB	Printed Circuit Board (Baskılı Devre Kartı)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Kontrolcü)
PWM	Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)
RTU	Remote Terminal Unit (Uzak Terminal Birimi)
SOM	System on Module (Modül Üzerinde Sistem)
TFT	Thin Film Transistor (İnce Film Transistör)

1. GİRİŞ

Son yıllarda, teknolojinin hızlı gelişimi ve açık kaynak kullanımının artışıyla birlikte, teknolojiyle ilgili bilgilere erişim, uygulama ve uyarlama süreci oldukça kolaylaşmıştır. Kullanıcıların daha düşük maliyetli, hızlı ve internete erişebilir olmaları, kendini yenileyebilen sistemlere olan ilgilerini artırmıştır. Bu durumda, teknoloji kullanıcıları arasında, mevcut verilerin dijital ortamda herkes tarafından anlaşılabilir ve yeniden kullanılabilir olması gerekliliği fark edilmiştir.

Ancak, endüstriyel fırın makineleri teknolojileri, bu teknolojik gelişmelere ayak uydurmakta zorlanmaktadır. Bu makineler genellikle eski altyapılara dayanmaktadır. Yeni teknolojilerin gereksinimleri karşılamak için veri paylaşımı veya farklı cihazlar arası uyum gibi özelliklere sahip değildir. Bu durum, kullanıcıların eldeki verileri dijital ortamda anlaşılabilir ve yeniden kullanılabilir hale getirmek için ek adımlar atmalarını gerektirmektedir. Özellikle ülkemizde yapılan sektörel çalışmalarda bu konu üzerinde yeteri kadar durulmamaktadır. Bunun sonucu olarak yurtdışı piyasasında kazanılmış olan pazar payı hızla kaybedilmektedir. Yurtdışı tabanlı üreticiler daha büyük hacimli işler yapabilmek amacıyla endüstriyel fırının çıktısı olan mamullerin üretimi ile alakalı tüm süreci dijitalleştirmeyi başarmış durumdadır. Bu kazanımla birlikte zincir gıda işletmeleri ile önemli ölçüde iş birliği yapabilmektedirler. Fakat ülkemizde yapılan endüstriyel fırınlarda henüz bu teknoloji eklenmemiştir. Bu tez çalışması, temel motivasyon kaynağı olarak ülkemizde bu çalışmayı son ürün haline getirmek amacıyla gerçekleştirildi.

Endüstriyel fırınlar iki ana kategoride incelenir: unlu mamul fırınları ve gastronomi fırınları. Bu iki kategori, yakıt türüne bağlı olarak gazlı ve elektrikli fırınlar olarak alt bölümlere ayrılır. Ayrıca, kullanılan ısıtma yöntemlerine bağlı olarak farklı materyaller kullanılarak çeşitlilik gösterirler. Temel olarak dört farklı tür fırın vardır: taş tabanlı fırınlar, konveksiyonlu fırınlar, döner fırınlar ve kombi fırınlar. Fırınlar ayrıca kullanıcıların üretim miktarlarına uygun olarak çeşitli ebatlarda üretilebilirler. Ülkemizde genellikle unlu mamul fırınları üretimi daha yaygındır. Bu fırınlar hamur işleri, ekmek, pasta ve diğer unlu ürünlerin üretimi için tercih edilirler. Gastronomi fırınları ise daha çok restoranlar ve oteller gibi profesyonel mutfaklarda kullanılır, çeşitli yemeklerin pişirilmesi için idealdirler.

Endüstriyel fırın panelleri, ihtiyaçlara ve teknolojik gelişmelere uygun olarak farklı tasarımlarla ve üretim yöntemleriyle zaman içerisinde değişmiştir. Önceleri, mikrodenetleyici teknolojisinin yaygınlaşmadığı dönemlerde, fırın panelleri genellikle

şalt malzemeleri ve farklı tipte anahtarlarla kontrol edilirdi. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte mikrodnetleyici fiyatlarının daha ulaşılabilir hale gelmesi, endüstriyel fırın panellerindeki kontrol ve gösterim yöntemlerini de değiştirmiştir. Mikrodnetleyicilerin kullanımıyla birlikte 7 segment göstergeler kullanılarak sıcaklık değerleri ve hata durumlarında ortaya çıkan hata kodları görsel olarak kullanıcıya aktarılmıştır. Mikrodnetleyicilerin daha hassas sıcaklık okuma ve daha hassas kontrol yöntemleriyle, endüstriyel fırınlarda üretilen ürünlerin kalitesinin artmasına ve verimliliğinin yükselmesine katkı sağlamıştır. Yine teknolojinin en büyük getirilerinden biri olan dokunmatik ekranların hayatımıza girmesiyle birlikte Liquid Crystal Display olarak adlandırılan LCD ekranlar kullanılmaya başlanmıştır. LCD teknolojisi önce Monochrome olarak adlandırılan tek renkli ekranlarla başlamış günümüzde 24-Bit renk gösterebilen çok renkli yapılarına ulaşmıştır. LCD ekranlar üzerinden panel kontrolü sağlamak amacıyla rezistif ve kapasitif olmak üzere iki çeşit dokunmatik sensör kullanılmıştır. Gelişen ekran teknolojisiyle birlikte kullanıcıların daha iyi yönlendirilmesini sağlamak amacıyla hızlı veri işleyebilen güçlü işlemcilerle olan ihtiyaç artmıştır. Küçük boyutlu gerçek zamanlı işletim sistemleri olan FreeRTOS gibi mikrodnetleyici tabanlı sistemler, performansı artırmak için kullanılmıştır. Ancak, bu sistemler bile kullanıcı taleplerini karşılamada yeterli olmamıştır. Bu noktada günümüzde MPU (Microprocessor Unit) ve CPU (Central Processing Unit) gibi iki farklı teknoloji kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojiler, çeşitli işletim sistemlerini çalıştırabilme yeteneğine sahip olmalarıyla endüstriyel fırın makineleri sektörünü bilgisayar dünyasının açık kaynaklı profesyonel geliştiricilerin uygulamalarını fırın kontrol sistemlerine entegre edebilme imkânını sunmuştur. MPU ve CPU teknolojileriyle beraber bu cihazlar internete bağlanabilir hale gelmiştir. Bu sayede, endüstriyel fırın panellerinin gelişimi, internet dünyasının açık kaynaklı profesyonel geliştiricilerinin uygulamalarının entegrasyonuna da olanak sağlamıştır. Yeni teknolojilerin benimsenmesiyle birlikte endüstriyel fırın panelleri, daha önce mümkün olmayan işlemlere sahip olmuştur. Örneğin, uzaktan erişim imkânı, internet bağlantısı aracılığıyla fırın kontrolünün herhangi bir yerden yapılabilmesini sağlar. Bu, kullanıcılara uzaktan izleme, ayarlama ve hata giderme imkânı sunar, böylece fırınların etkin bir şekilde çalışması ve verimliliğin artması sağlanır. Kullanıcılar, dokunmatik ekranlar aracılığıyla fırın ayarlarını kolaylıkla yapabilir, programlar oluşturabilir ve pişirme süreçlerini izleyebilir. Bu da operasyonel verimliliği artırırken hataları azaltmaya yardımcı olur. Mikrodnetleyiciler, LCD ekranlar, dokunmatik kontroller ve entegre yazılımlar gibi özellikler, endüstriyel fırınların daha verimli, güvenli ve yüksek kaliteli

üretim yapabilmesini sağlamaktadır. Endüstriyel fırın makineleri sektörü, çağın gereksinimlerine uygun olarak sürekli gelişmekte ve yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Teknolojik gelişmeler, elbette birçok avantajı beraberinde getirmiştir; ancak aynı zamanda çeşitli dezavantajları da ortaya çıkarmıştır. Bu dezavantajlar genellikle elektriksel parazitler, sıcaklık dayanımı, titreşime karşı dayanıklılık ve darbeye karşı dayanıklılık gibi başlıklar altında toplanabilir. Özellikle endüstriyel fırınlar, fan motorları ve sürücüler, ısıtıcı elemanları anahtarlama için kullanılan röleler, kontaktörler ve katı hal röleleri gibi anahtarlama elemanları, valfler ve pompalar gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Bahsedilen tüm bu cihazlar elektriksel parazitler için birer kaynak olabilme potansiyeline sahiptir. Özellikle anahtarlama ortamına çıkan elektriksel parazitler, kullanıcı panellerinde sorunlara neden olabilir. Bu durumu önlemek için, sistemlerin Zero Cross Switching adı verilen bir teknikle tasarlanması gerekmektedir. Bu teknik, anahtarlama oluşabilecek arklardan kaynaklanan etkileri minimize etmek için kullanılır. Ayrıca, insanlarla yakın temas halinde çalışan makinelerin Safety Critical olarak adlandırılan süreçlerinin yönetimi de büyük önem taşır. Bu süreçler, insan sağlığına ve güvenliğine olumsuz etkileri olan durumları önlemek için dikkatlice izlenmelidir. Panellerin ekranlarının donması veya kapanması gibi hata durumlarının ortaya çıkmaması için, öncelikli olarak donanımsal önlemler alınmalıdır. Ancak donanım önlemlerinin yanı sıra, yazılım tarafında da gerekli tedbirler alınmalıdır. Böylece sistemlerde istenmeyen durumların önüne geçilebilir. Ayrıca, sistemlerde oluşabilecek elektriksel parazitlerin yanı sıra dışarıdan gelebilecek iletken veya elektromanyetik parazitler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörler hem yazılım hem de donanım tasarımı sürecinde dikkate alınmalıdır. Böylece sistemlerin daha güvenli ve istikrarlı bir şekilde çalışması sağlanabilir.

1.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti (IoT), Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza dahil olan bir kavramdır. Endüstri 4.0, bilişim teknolojileri ile endüstriyel cihazları bir araya getirmeyi hedefler. Bu amaç doğrultusunda, yeni teknolojiler geliştirilerek daha az enerji harcayan, düşük maliyetli, yüksek güvenilirlikte, birbirleriyle iletişim kurabilen ve ergonomik cihazların üretilmesi amaçlanır. Bu hedefler, insan hayatının kalitesini artırmayı ve sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlar.

Ancak cihazlar arasındaki iletişimde bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. Örneğin, birbirleriyle uyumsuz çalışan iletişim protokolleri ve hala gelişmekte olan kablosuz bağlantı teknolojileri gibi zorluklar mevcuttur. IoT protokolleri, genellikle heterojen yapıya sahiptir, yani bir sistemde farklı iletişim protokolleri bulunabilir. Bu durum, iletişimin yapılacağı katmana bağlıdır.

IoT yapısında, verilerin depolanması, işlenmesi ve yönetilmesi için bulut sistemleri kullanılır (Şekil 1.1). Bu sistemler sayesinde farklı iletişim protokollerine sahip olan cihazlar aynı buluta entegre edilebilir. Bu tür sistemlerin kullanılması, verilerin gizliliği ve güvenliği açısından daha uygun olabilir. Özellikle düşük güç tüketen ve düşük teknik özelliklere sahip cihazlarda, veri güvenliği ön planda tutulamamaktadır. Ancak, bu zorlukların üstesinden gelindiğinde, IoT'nin getirdiği faydaların önemi ortaya çıkar. Nesnelerin interneti, endüstriyel süreçleri optimize etme, enerji verimliliğini artırma ve yaşam kalitesini iyileştirme potansiyeline sahiptir.



Şekil 1.1. Nesnelerin İnterneti Kavramı

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gömülü sistemleri Wei Hu ve arkadaşları yaptığı çalışmada “Gömülü sistemler, uygulamanın ihtiyaçlarına dayalı olarak bilgisayar teknolojisi tarafından özelleştirilmiş yazılım ve donanıma dayanır ve özel bilgisayar sistemlerinin özel gereksinimlerini karşılamak için tasarlanır. Bu sistemler, genellikle daha spesifik ve belirli bir amaca hizmet etmek üzere tasarlanmıştır. Örneğin, endüstriyel otomasyon, tıbbi cihazlar, otomotiv elektroniği gibi farklı alanlarda kullanılırlar. Gömülü sistemler, genellikle sınırlı kaynaklara sahip olabilirler. Bu kaynaklar arasında işlemci gücü, bellek, enerji tüketimi ve boyut gibi faktörler bulunur. Bu nedenle, gömülü sistemlerde optimizasyon ve verimlilik büyük önem taşır. Özel gereksinimlere uygun olarak tasarlanan yazılım ve donanım, bu sistemlerin düşük güç tüketimi, hızlı yanıt süresi, yüksek güvenilirlik gibi özellikleri sağlamasını sağlar.” şeklinde tanımlamaktadır [1].

Liu ve diğ. (2020) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, bir akıllı ev kontrol sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemde, ARM firmasının Cortex-M3 çekirdeğine sahip bir işlemci kullanılmıştır. Araştırmada, GSM modülü, aydınlatma sensörü, duman sensörü, sıcaklık sensörü, nem sensörü, motor sürücü modülü ve bir dokunmatik ekran gibi çeşitli bileşenler kullanılmıştır. Araştırmada, çeşitli sensörler aracılığıyla toplanan veriler, işlemci yardımıyla işlenmiş ve gerekli durumlarda ev sahibine bildirim sağlanması amacıyla GSM modülü kullanılmıştır. Ayrıca, çalışmada 2,8 inç TFT LCD ekran da kullanılmıştır. Bu araştırma, akademik bir makale niteliğinde olup gömülü sistemlerin akıllı ev uygulamalarında kullanımını araştırmaktadır. Sistemde kullanılan bileşenlerin entegrasyonu ve verilerin işlenmesi, akıllı ev kontrolü için etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu çalışma, gömülü sistemlerle ilgili önemli bir örnek sunmaktadır.

Bir devre kartı tasarımı gerçekleştirilirken, ilk aşama olarak devrenin güç gereksinimleri ve çalışacağı ortam şartları hakkında ayrıntılı bilgi edinmek gerekmektedir. Bu bilgiler, devrenin kesintisiz bir şekilde güçlendirilmesini sağlayacak uygun bir devre tasarımının oluşturulmasını gerektirmektedir. Benzer örnekler incelendiğinde, SMPS (Switch-Mode Power Supply) entegre devrelerinin devre tasarımlarında sıkça kullanıldığı görülmektedir. Hans ve Bhagwat (2020) tarafından yapılan araştırmada temel SMPS yapısından bahsedilmiştir. Ayrıca bu araştırmada Bilgisayarların, elektronik cihazların ve mikrodenetleyicileri beslemedeki dalgalanmalar sebebiyle hasar görebileceği hakkında yorumları bulunmaktadır.

SMPS (Switch-Mode Power Supply) entegrelerinin yapısal özellikleri, belirli voltaj aralıklarını kabul edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu aralıkların üzerinde gerçekleşen voltaj dalgalanmaları, SMPS entegrelerinin hasar görmesine neden olabilir. Voltaj dalgalanmalarının temel nedenleri arasında, elektrik hatlarına yüksek güçlü cihazların bağlanması veya çıkarılması, ayrıca doğal olaylar (örneğin, yıldırım düşmesi) gibi faktörler bulunmaktadır. Reddy ve Verma (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, telekomünikasyon santrallerinde kullanılan elektronik cihazların elektrik şebekesi üzerinden gelebilecek yüksek voltajlara karşı nasıl korunabileceği üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışmada, elektronik cihazlar için etkili koruma önlemlerinin belirlenmesi ve uygulanması önemli bir konu olarak ele alınmıştır.

Yapılan projede, panelin çalışacağı ortamın normal şartların üzerinde sıcak olabileceği ihtimali göz önünde bulunduruldu. Bu durumda, sıcaklık artışının ekranlarda zamanla bozulmaya neden olabileceği tespit edilmiştir. Konuyla ilgili olarak Kim ve diğ. (2016) tarafından yapılan çalışmada, optik tepkilerin herhangi bir sıcaklıkta tahmin edilebilmesi için doğrusal bir ilişki ortaya konulmuştur. Ayrıca, farklı tipteki LCD'lerin sıcaklığa bağlı olarak farklı tepkiler gösterdiği gözlemlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, insan-makine arayüzü (HMI) sistemi tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bu sistem, kullanıcıların cihazlarla etkileşimde bulunabilmesini sağlamak amacıyla özel olarak oluşturuldu. Benzer bir araştırmada ise Minglei ve diğ. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Linux tabanlı bir cihaz için TFT-LCD ekran tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmada, TFT-LCD sisteminin performanslı bir şekilde sürülmesi için gerekli olan teknikler ve yöntemler incelenmiştir. Ekranın arka ışık ayarı ise darbe genişlik modülasyonu (PWM) tekniği kullanılarak kontrol edilmiştir. PWM, arka ışık parlaklığının istenen seviyede tutulmasını sağlayan bir yöntemdir. Darbe genişlik modülasyonu, arka ışık ayarının hızlı ve hassas bir şekilde yapılabilmesine olanak tanır.

Başka bir çalışmada Jeon ve diğ. (2011) tarafından 47 inç yüksek çözünürlüklü bir TFT-LCD panelin sürülmesi için empedans uyumluluğunu azaltan bir yöntem önerilmiştir. Bu makalede ekranların yenileme hızlarının artması, geniş renk skalası sunması ve çözünürlüğünün artması sebebiyle LCD sistemlerinde kullanılan haberleşme arayüzünün yetersiz kaldığından bahsedilmiştir.

Nesnelerin interneti (IoT) kavramı, günümüzde önemli bir konu haline gelmiştir. IoT, farklı nesnelerin internet üzerinden birbirleriyle iletişim kurabildiği bir ağ yapısıdır. Bu kavramın en önemli konularından biri ise uzaktan yazılım güncellemesidir. Uzaktan

yazılım güncelleme, IoT cihazlarındaki yazılımın uzaktan yöntemlerle güncellenmesini sağlar. Ghosal ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada, uzaktan yazılım güncellemenin neden gerekli olduğu üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, uzaktan yazılım güncellemenin, IoT cihazlarına yeni özellikler veya işlevler ekleyerek kullanıcıya daha fazla özgürlük ve kullanım kolaylığı sunmasının yanı sıra, yazılımdaki hataların ve kusurların düzeltilmesine olanak sağladığı vurgulanmıştır. Uzaktan yazılım güncellemenin önemi, IoT cihazlarının sürekli olarak gelişen ihtiyaçlara uyum sağlaması ve güvenlik açıklarının giderilmesi için de büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle, uzaktan yazılım güncellemenin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi, IoT sistemlerinin güvenliğini ve işlevselliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

Yazılım güncellemesi işlemleri, uygulama sürecinde ortaya çıkabilecek potansiyel problemleri ve bu problemlere yönelik çözümleri ele almak adına farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu bağlamda, Zandberg ve diğ. (2019) araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada, uzaktan yazılım güncellemelerinin dört temel konu üzerinde incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, bir uzaktan yazılım güncelleme işlemi sırasında dikkate alınması gereken başlıklar ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Bu başlıklar şunlardır: şifreleme algoritmaları, bir öğeyi tanımlayan meta verilerin kullanımı, veri aktarımı için kullanılan protokoller ve cihaz-sunucu arasındaki uygulama protokolü. Bu konular üzerinde yapılan detaylı analizler ve veri toplama süreci, çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Elde edilen veriler ve analiz sonuçları kullanılarak, üç farklı işlemci üzerinde bir performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, uzaktan yazılım güncellemelerinin farklı işlemciler üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, farklı işlemcilerin güncelleme işlemlerine farklı tepkiler verdiğini ve performans açısından farklı sonuçlar ortaya koyduğunu göstermektedir. Bu çalışma, yazılım güncellemeleri sırasında dikkate alınması gereken önemli konuları ve farklı işlemciler üzerindeki performans etkisini anlamak adına değerli bir kaynak sağlamaktadır. Uzaktan yazılım güncellemelerinin optimize edilmesi ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi, yazılım sistemlerinin verimliliğini artırmak ve güvenlik açıklarını en aza indirmek açısından büyük öneme sahiptir.

Nesnelerin interneti kavramının güvenliğiyle ilgili olarak Estivill-Castro ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada bir araba markasının 2 milyondan fazla aracında, yapılan teknoloji hatasından dolayı araç kapılarının yetkisiz kişiler tarafından açılabilirdiği konusuna dikkat çekilmiştir. Yazarlar, bu çalışmada, yazılım davranışlarının modellenmesinde formel yöntemlerin kullanılmasını ve sürekli entegrasyonun önemini

vurgulamaktadırlar. Ayrıca, bu yöntemlerin gömülü sistemlerdeki yazılım geliştirme sürecine nasıl entegre edilebileceğini ve yazılım davranışlarının doğrulama ve test süreçlerinin nasıl iyileştirilebileceğini tartışmaktadırlar.

Yapılan projenin yazılım tarafında temel çerçeveyi oluşturan benzer çalışmalar literatürde mevcuttur. Jinhui ve diğ. (2012) tarafından yılında yayınlanan bir makalede, gömülü Linux için QT tabanlı bir uygulama geliştirilmiştir. Bu makalede, grafiksel arayüz geliştirme sürecinde kullanılan sistemler ve yöntemler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırmada, gömülü Linux sistemlerindeki çapraz derleme yeteneklerinin ve QT/X11 grafik motorunun, diğer grafik motorlarına göre sistem özelinde avantajlı olduğu vurgulanmıştır.

Grafik tabanlı gömülü sistemler üzerine yapılan başka bir araştırmada, Jin ve diğ. (2008) tarafından SCADA sistemleri için dinamik bir arayüz tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu önemli çalışmada, gösterilen arayüzlerin dinamik yapısı ve kısıtlı işlemci gücünün verimli bir şekilde kullanılması için benimsenen yöntemler üzerinde durulmuştur. Çalışmada öncelikle, ekran üzerinde fazla sayıda nesne bulunması durumunda ekran yenileme hızının düşmesi riskine karşı, gösterilecek verinin bir arabellek içerisinde tutulması ve daha sonra tüm ekranın bir seferde güncellenmesi önerilmiştir. Bu yaklaşım, ekran performansını artırarak daha akıcı bir kullanıcı deneyimi sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca, programlama dili seçimi konusunda da değinilmektedir. Araştırmada, C++ yerine C programlama dilinin tercih edilmesinin performans artışına katkı sağladığı belirtilmektedir. Bu tercih, işlemci kaynaklarının daha etkin ve optimize edilmiş bir şekilde kullanılmasını desteklemektedir.

Gömülü Linux sistemlerinin önyükleme sürecini anlatan önemli bir çalışma, Guo ve diğ. (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, önyükleme sürecinin detaylı bir analizi yapılarak sisteme ilk enerji verildiği andan itibaren sürecin nasıl işlediği ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Makalede, sistemin BIOS gibi bir yazılıma sahip olmaması nedeniyle, bu sürecin Bootloader olarak adlandırılan bir kod parçası tarafından yönetildiğinden bahsedilmektedir. Buradaki dikkat edilmesi gereken husus önyükleme yapısının işlemciyi ayağa kaldıran yapıyla aynı olmadığıdır. Guo ve diğ. (2010)'nin, ön yükleyicinin "sistem başlatmayı ve hedef platformdaki sistem yazılımını yükleme işlemlerini tamamlamak için kullanıldığını" belirtmektedir. İşletim sistemi çekirdeği çalıştırılmadan önce, donanım cihazlarının başlatılması, bellek alanı haritalarının oluşturulması ve sistem donanımı ile yazılım ortamının uygun bir duruma getirilmesi gibi görevlerin önyükleyici tarafından gerçekleştirildiği ifade edilmektedir. Bu çalışma,

gömülü Linux sistemlerindeki önyükleme sürecinin detaylı analizini sunmakta ve önyükleyici kod parçasının önemini vurgulamaktadır. Araştırmanın sonuçları, gömülü sistemlerdeki önyükleme sürecinin anlaşılmasına ve sistem başlatma işlemlerinin etkin bir şekilde yönetilmesine katkı sağlamaktadır.

Endüstriyel fırınların kontrolü, sadece bir panel kullanılarak gerçekleştirilemez. Panelin yanı sıra bir röle kartına ihtiyaç duyulmaktadır. Röle kartları incelendiğinde benzer projelerde de haberleşme protokolü olarak Modbus aracılığıyla iletişim kurmaktadır. Bu protokolün tercih edilmesinin nedeni, aynı zamanda motor sürücülerinin genel olarak kullandığı bir haberleşme protokolü olmasıdır. Peng ve diğ. (2008) tarafından ele alınan makale, gömülü Linux sistemleri için bir Modbus protokolü tasarlamaktadır. Bu protokol, PLC, RTU, DCS gibi endüstriyel cihazlarla ortak bir şekilde iletişim kurabilmek için kullanılmıştır. Makalede Modbus protokolü için yapılan tanım şu şekildedir: Modbus protokolü donanımdan bağımsızdır, sadece denetleyicinin ayırt edebileceği ve kullanabileceği bilgi yapısını tanımlar. İletişim ağının türü tanımlanmaz. Modbus protokolü, bilgi ve veri yapısını, komut ve yanıtın şeklini belirler. Veri iletişimi için Master/Slave yöntemi kullanılır. Master, talep bilgisini gönderir ve Slave, doğru bilgiyi alarak yanıt bilgisini üretir ve Master'a yanıt vermek üzere geri döner. Master ayrıca, Slave'ın verilerini doğrudan değiştirmek için bilgi gönderebilir.

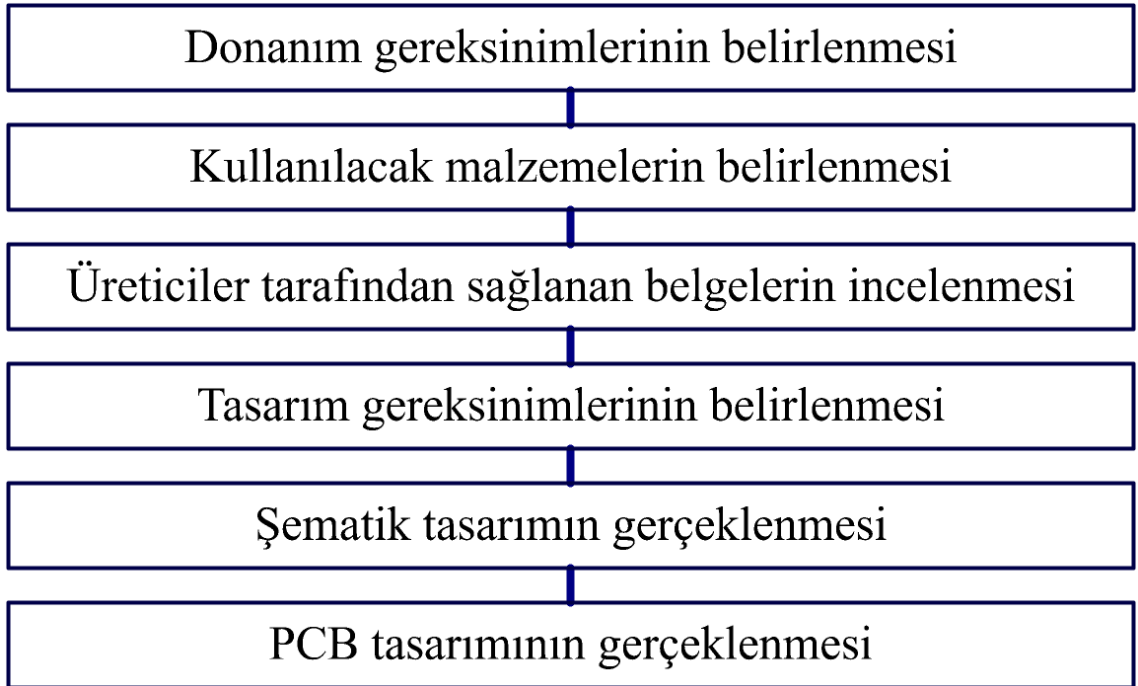
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışmalarda, kullanılacak ürünlerin maliyet açısından uygun, ulaşılabilir, ergonomik ve tasarım değişikliği durumunda sisteme entegre edilebilir yapıda olmasına büyük önem verilmiştir. Devre tasarımı sürecinde, şematik tasarım ve PCB tasarımı yapılırken üretim aşamaları göz önünde bulundurulmaktadır. Şematik tasarım, devrenin yapısal ve işlevsel özelliklerini tanımlayan bir temel adımdır. PCB tasarımı ise, devrenin bileşenlerinin yerleştirildiği ve sinyal iletimi için izlerin oluşturulduğu aşamadır. Bu tasarım adımlarında, üretim aşamalarının dikkate alınması, son ürünün hızlı ve verimli bir şekilde üretilmesini sağlamaktadır. Yüksek hızlı sinyallerin kullanılacağı bir devrede, çeşitli PCB tasarım kuralları uygulanmaktadır. Yüksek hızlı sinyallerin doğru iletimi ve sinyal bütünlüğünün korunması için iz genişlikleri, aralıkları ve katman düzenlemeleri gibi faktörlere dikkat edilmektedir. Bu kurallar, sinyal yansımalarını, zayıflamaları ve diğer sinyal bütünlüğü sorunlarını minimize etmeye yardımcı olmaktadır. Chunquan ve Xiaole (2010) tarafından yapılan çalışmalarda, programların sadece bir araç olduğu ve önemli olanın çizimi yapan teknik kişiyle ilgili olduğu belirtilmektedir. Yüksek hızlı baskılı devrelerde yol yoğunluğu arttıkça, frekans ve anahtarlama hızı yükseldikçe, sinyal bütünlüğü sorunları daha da ciddi bir hal almaktadır. Bu nedenle, sinyal iletiminin doğru ve güvenilir bir şekilde gerçekleşebilmesi için PCB tasarımında özel önlemler alınmalıdır. Sinyal hatlarının iz genişlikleri ve iz aralıkları, sinyallerin etkileşimlerini en aza indirerek parazitlerin etkisini azaltmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken konulardan biri ise üreticinin kabiliyetleridir. Bununla birlikte, sinyal iletiminin yanı sıra, güvenilirlik ve performans açısından da dikkate alınması gereken diğer bir faktör de SOM (System-on-Module) kartının kalitesidir. Güvenilir bir üretici tarafından sağlanan SOM kartları, arayüz devrelerinde çeşitli kurallara uyulması durumunda istenilen sonuçları verebilmektedir. Bu kurallar, güç yönetimi, sinyal bütünlüğü ve elektromanyetik uyumluluk gibi konuları içermektedir. SOM kartının kaliteli ve güvenilir olması, genel sistem performansını etkileyerek istikrarlı bir çalışma sağlamaktadır. Sonuç olarak, yapılan çalışmalarda, maliyet açısından uygun, ergonomik ve entegre edilebilir ürünlerin kullanılmasına önem verildi. Devre tasarımı aşamasında üretim adımları göz önünde bulunduruldu ve yüksek hızlı sinyaller için PCB tasarım kuralları uygulandı. Ayrıca, SOM kartının kaliteli ve güvenilir olması, arayüz devrelerinde uyulması gereken kurallarla sağlanmaktadır. Bu faktörlerin bir araya

gelmesi, projenin başarılı bir şekilde tamamlanmasına ve istenilen performansın elde edilmesine katkı sağlamaktadır.

3.1. Materyaller

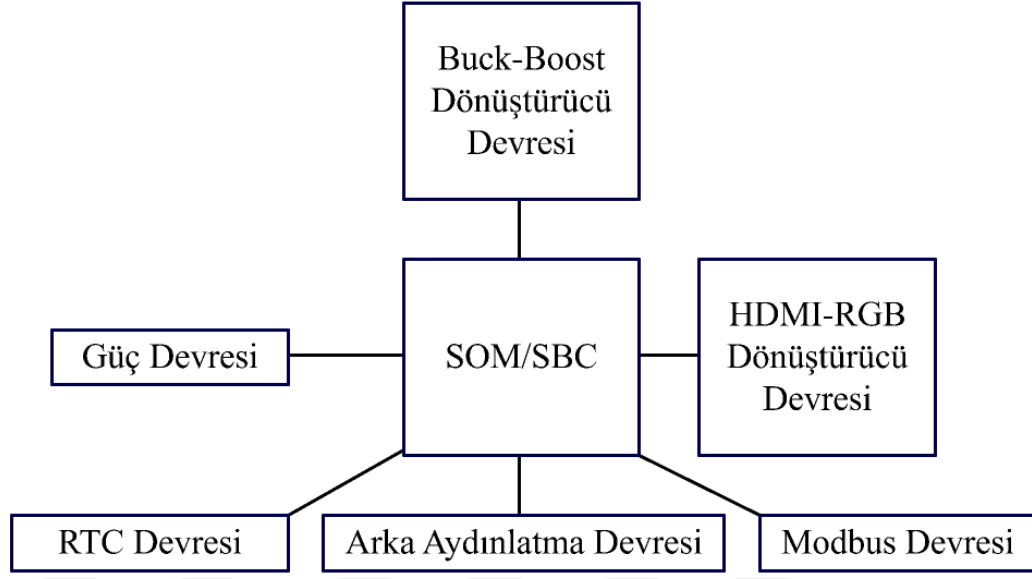
Kullanılan malzemeler belirli bir iş akış şemasına göre belirlendi. Bunun için Şekil 3.1’de görüldüğü üzere 6 adımlık iş akış şeması temel alındı. Burada öncelikle ihtiyaç olan donanımlar ve özellikler listelendi. Daha sonra bu özellikler ve ihtiyaçlar çerçevesinde kullanılacak donanımlar belirlendi. Kullanılacak donanımlar belirlenirken tekrar temin edilememe ihtimaline karşılık olarak alternatif donanımlarda belirlendi. Daha sonra kullanılacak donanımların üretici tarafından paylaşılan teknik dokümanları detaylı bir şekilde irdelendi. Burada üreticiler tarafından belirtilen bobin değerleri, kapasitör değerleri, PCB üzerindeki yol uzunlukları ve empedans eşlemesi gibi birçok önemli olan konu tasarım içerisinde kullanılmadan önce şematik çizime not edildi. Devre çizim programı olarak KiCAD programı kullanıldı.



Şekil 3.1. İş Akış Şeması

Şematik tasarımı yapılırken taslak olması amacıyla bir tüm devre çizimi yapıldı. Bu işlemin amacı tasarımlar sisteme eklendikçe hem karışıklığı önlemek hem de

yapılması gereken devre tasarımlarını belirli bir sıraya göre yapmaktır. Bu çizim Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Tüm Devre Tasarımı Şeması

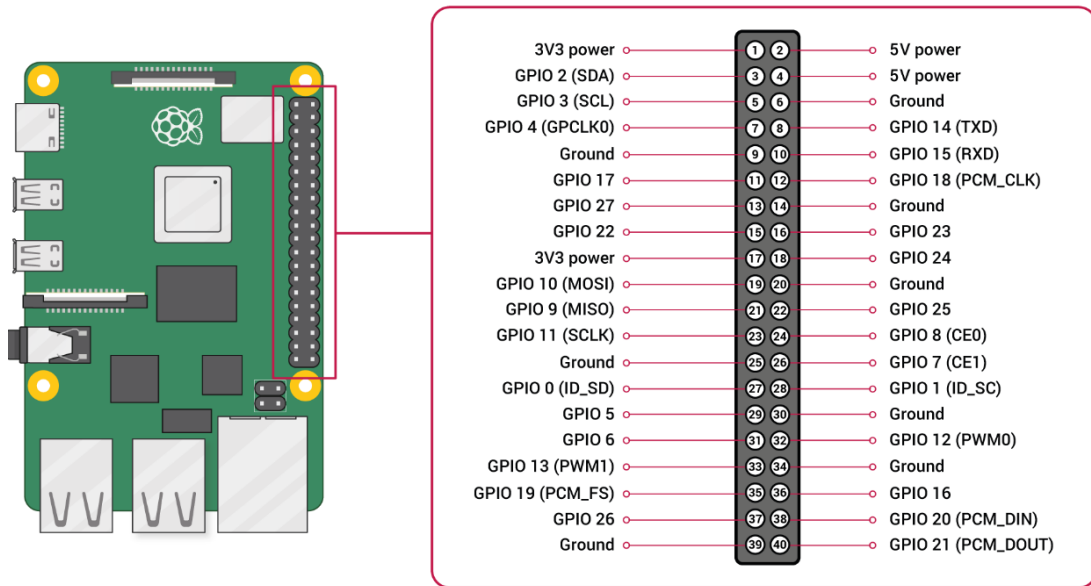
3.1.1. Ana İşlemci Kartı

System-on-Module (SOM), gömülü sistemlerin tasarımında yaygın olarak kullanılan ve entegre bir modül olarak işlev gören bir karttır. SOM kartları, karmaşık donanım ve yazılım bileşenlerini tek bir modülde birleştirerek elektronik cihazların hızlı prototipleme, üretim süreci ve sistem entegrasyonunu kolaylaştırmayı hedefler. Bu kartlar genellikle küçük boyutlarda tasarlanır ve düşük güç tüketimi ile birlikte yüksek performans sunar. SOM kartları, birçok temel bileşeni içinde barındırır. Bu bileşenler arasında güçlü bir işlemci, geniş bellek kapasitesi, grafik işlemcisi, depolama birimi, haberleşme arabirimleri ve çeşitli giriş/çıkış arayüzleri gibi unsurlar yer alır. Bu bileşenler, SOM kartının tek bir modül üzerinde entegre edilerek, birbiriyle uyumlu bir yapı oluştururlar. Gömülü sistemlerin geliştirme sürecinde SOM kartları önemli avantajlar sunar. Bu kartlar, üreticilere ve geliştiricilere zaman tasarrufu sağlar ve üretim sürecini hızlandırır. Ayrıca, SOM kartları modüler bir yaklaşım sunarak donanım ve yazılım entegrasyon sürecini kolaylaştırır. Bu sayede, farklı bileşenlerin bir arada uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamak daha basit hale gelir. Bununla birlikte, üretim sürecinde de tercih edilen bir karttır. SOM kartları ile Single Board Computer (SBC) gibi diğer varyantlar arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. SBC, tüm temel bileşenleri tek bir kart üzerinde birleştiren bir bilgisayar sistemini ifade ederken, SOM kartları daha

modüler bir yapıya sahiptir ve genellikle harici bir taşıyıcı kart üzerine yerleştirilir. SOM kartları ve SBC'ler, farklı kullanım senaryolarına yönelik olarak tercih edilir. SBC kartları, genellikle çeşitli giriş/çıkış arayüzlerine sahiptir. USB, Ethernet, HDMI, seri portlar gibi standart bağlantı noktalarıyla donatılmıştır. Böylece harici cihazlar ve bileşenlerle kolayca iletişim kurabilirler. Ayrıca, genellikle genişleme yuvalarına sahip olan SBC kartları, ek bileşenlerin veya modüllerin bağlanmasına olanak tanır. SOM kartları, entegrasyon esnekliği ve modülerlik açısından avantaj sağlarken, SBC'ler daha bağımsız ve tek bir kart üzerinde tüm bileşenleri birleştirme kolaylığı sunar.

3.1.1.1. Raspberry Pi 3 Model B

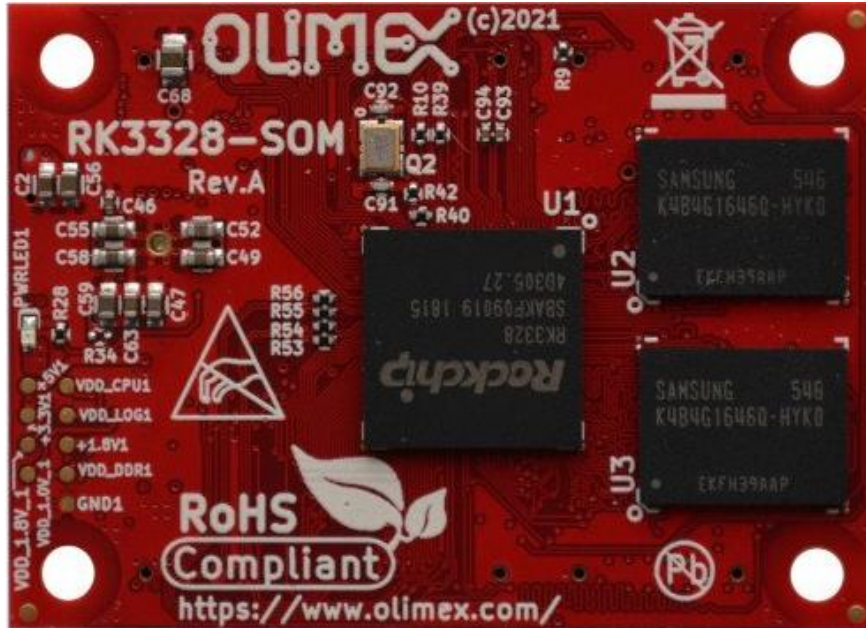
Raspberry Pi 3 Model B, tek bir kart üzerinde bir bilgisayar sistemini barındıran bir gömülü sistem platformudur. Bu model, Raspberry Pi serisinin üçüncü neslidir. Raspberry Pi 3 Model B, dört çekirdekli 64-bit ARM işlemciye, 1 GB LPDDR2 SDRAM belleğe ve MicroSD kart üzerinde depolama birimine sahiptir. Ayrıca, dahili Wi-Fi ve Bluetooth bağlantı özellikleriyle kablosuz iletişim imkânı sunar. Raspberry Pi 3 Model B, çeşitli giriş/çıkış arayüzleriyle donatılmıştır. Bunlar arasında USB portları, Ethernet bağlantı noktası, HDMI çıkışı, ses giriş/çıkışı ve GPIO (Genel Amaçlı Giriş/Çıkış) pinleri bulunur. Bu arayüzler, harici cihazlar, ekranlar, sensörler ve diğer bileşenlerle kolay entegrasyon sağlar. Şekil 3.3'te Raspberry Pi 3 Model B kartı için giriş ve çıkış pinleri temel olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.3. Raspberry Pi 3 Model B Kartı Giriş Çıkış Şeması

3.1.1.2. Olimex RK3328

Olimex RK3328-SOM-1G, bir Single Board Computer (Tek Kart Bilgisayar) olarak kullanılan bir entegre sistem modülüdür (Şekil 3.4). Bu modül, Rockchip RK3328 yonga setini temel alır ve gelişmiş özellikleriyle öne çıkar. RK3328-SOM-1G, gömülü sistemlerin tasarımında kullanılan birçok uygulama göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Bu sistem modülü, ARM Cortex-A53 dört çekirdekli işlemciye sahiptir ve 1 GB DDR4 RAM ile desteklenir. Dahili olarak 8 GB eMMC flash belleğe sahip olması, veri depolama ve hızlı veri aktarımı için yeterli alan sağlar. RK3328-SOM-1G, genişletilebilirlik için bir dizi arayüz sunar, örneğin USB, Ethernet, HDMI, SPI, I2C ve GPIO gibi çeşitli bağlantı noktalarına sahiptir. Olimex RK3328-SOM-1G, düşük güç tüketimi ve yüksek performans kombinasyonu ile dikkat çeker. Ayrıca, uzun ömürlü çalışma ve güvenilirlik için endüstriyel sınıf bileşenler kullanılarak üretilmiştir. Modül, kullanıcılara hızlı prototipleme ve ürün geliştirme süreçlerinde kolaylık sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. RK3328-SOM-1G'nin kullanım alanları oldukça geniştir. Özellikle endüstriyel otomasyon, IoT (Nesnelerin İnterneti) uygulamaları, medikal cihazlar ve akıllı ev sistemleri gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Modülün sağladığı performans ve işlevsellik, projelerin hızlı ve verimli bir şekilde geliştirilmesine olanak sağlar.

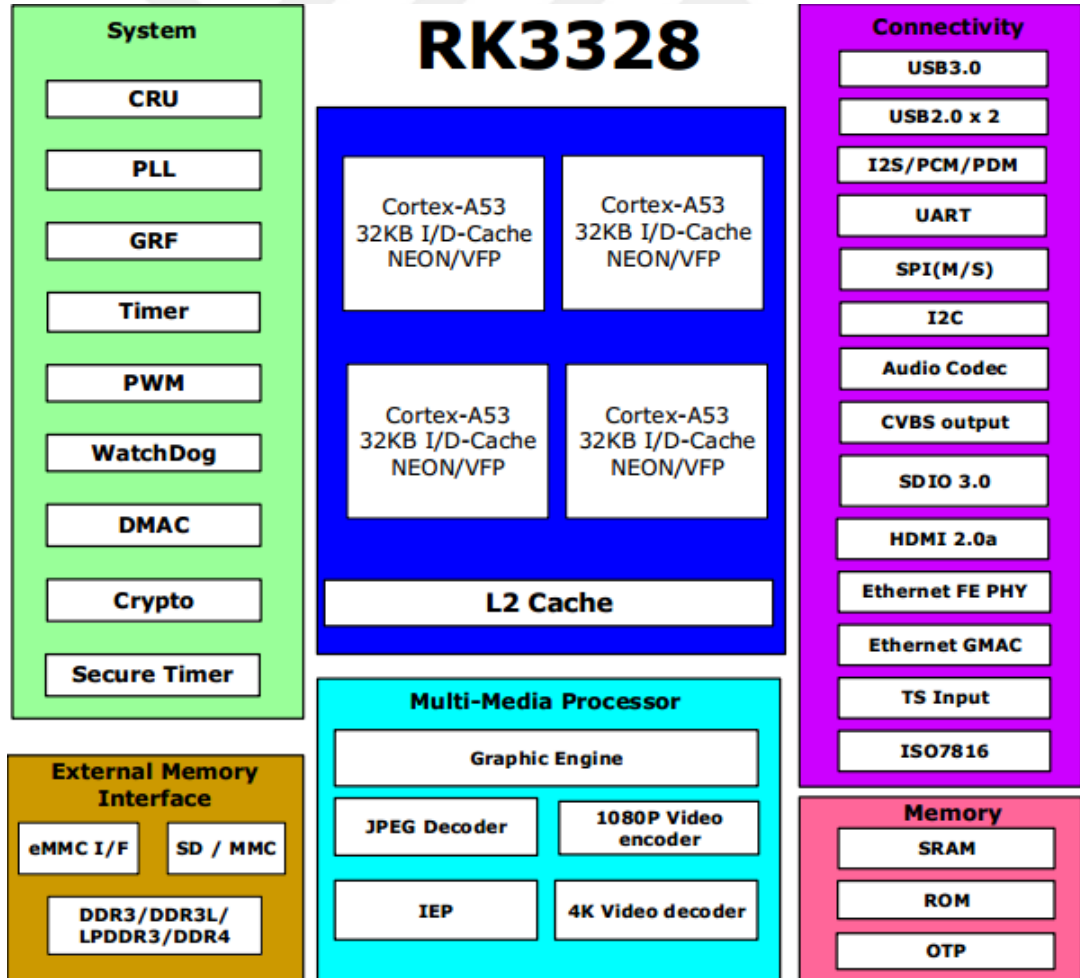


Şekil 3.4. Olimex RK3328-SOM-1G Modülü Görseli

RK3328-SOM-1G'nin grafik işlemcisi Mali-450MP2'dir. Bu grafik işlemci, görsel işleme ve grafik yoğun uygulamalar için yüksek performans sağlar. Özellikle medya oynatma, 2D/3D grafikler ve video işleme gibi görsel uygulamalar için optimize edilmiştir.

Bu sistem modülü, çeşitli bağlantı arayüzleri sunar (Şekil 3.5). Ethernet bağlantı noktası, ağ bağlantısı sağlar ve İnternet erişimi için kullanılabilir. HDMI arayüzü, yüksek çözünürlüklü görüntü ve ses iletimi için kullanılır. SPI ve I2C gibi diğer bağlantı noktaları, çeşitli harici cihazlar ve bileşenlerle iletişim kurmak için kullanılabilir. GPIO (Genel Amaçlı Giriş/Çıkış) bağlantı noktaları, genişletilebilirlik sağlar ve harici cihazlarla etkileşim için kullanılabilir.

Olimex RK3328-SOM-1G, 8 GB eMMC flash belleğe sahiptir. Bu flash bellek, veri depolama ve hızlı veri erişimi için kullanılır. Ayrıca, 1 GB DDR4 RAM ile desteklenir.



Şekil 3.5. Olimex RK3328-SOM-1G Modülü Mimarisi

3.1.2. LCD Panel

LCD ekranların tarihsel gelişimi, ilk olarak tek renkli yapılarla başlamış ve daha sonra TFT (Thin-Film Transistor) teknolojisinin dahil olmasıyla çok renkli yapılar elde edilmiştir. TFT teknolojisi, aktif matrisli düz panel ekranların temelini oluşturan bir transistör teknolojisidir. TFT paneller, her pikselin üzerindeki transistörler aracılığıyla pikselin rengini ve parlaklığını bağımsız olarak kontrol edebilme özelliğine sahiptir. Bu özellik, daha yüksek renk doğruluğu, hızlı tepki süreleri ve daha iyi görüntü kalitesi sağlamaktadır. LCD panellerde haberleşme arayüzü önemli bir faktördür. Yapılan projede 24 bit RGB paralel haberleşme yöntemi kullanıldı. Bu yöntemde, her renk kanalı için (kırmızı, yeşil, mavi) 8 bit kullanılmakta ve toplamda 24 bit renk verisi iletilmektedir. Bu 16.777.216 farklı renk tonu üretilebileceği anlamına gelmektedir. Bu projede kullanılan panel, IPS yapıya sahiptir. LCD panelleriyle çalışırken dikkate alınması gereken bir başka faktör, pin sayısıdır. Genellikle 24 bit RGB haberleşme yöntemine sahip panellerde, 50 ve 40 olmak üzere iki farklı pin sayısı bulunur. Bu farklılık, LCD panellerin iç yapısındaki kapı voltajları, analog voltajlar, panel görüntüsünün sağ-sol ve aşağı-yukarı aynalanması gibi pinlerden kaynaklanır. Eğer bu pinler, kullanıcı tarafından değiştirilebilir şekilde tasarlanmışsa, çeşitli LCD modellerini sisteme entegre etme imkânı ortaya çıkar. Yapılan projede, bu avantajlar göz önünde bulundurularak 50 pin yapıya sahip bir LCD panel tercih edildi (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kullanılan LCD Panelin Montajdan Önceki Görüntüsü

3.2. Yöntem

Tezin bu bölümünde Endüstriyel Fırının Kontrol Kartı Tasarımı projesinde kullanılan donanımlar ve bu donanımların devreleri ve açıklamaları, kullanılan işletim sistemi, bu işletim sistemine bağlı yazılım paketleri ve kullanılan diğer araçlar detaylı bir şekilde ifade edildi.

Devre tasarımı yapmak amacıyla açık kaynak kodlu ve kullanımı ücretsiz olan KiCAD programı kullanıldı. Bu program yardımıyla giriş koruma devresi, voltaj regülatörü devresi, LCD arka aydınlatma devresi, kullanıcı butonu devresi, USB devresi, gerçek zaman saati devresi, LCD kapı voltajları devresi ve HDMI dönüştürücü devresinin şematik ve 2 boyutlu tasarımları yapıldı. Bu tasarımlar yapılırken üreticiler tarafından verilen dokümanlar göz önünde bulunduruldu.

Yazılım yapılırken Linux işletim sisteminin bir dağıtımı olan Ubuntu 22.04 kullanıldı. Burada yapılan yazılım, kolay kullanım amacıyla Github üzerinde depo edildi.

3.2.1. Taşıyıcı Kart

Taşıyıcı kartlar, elektronik cihazların modüllerini veya bileşenlerini barındıran ve bunların işlevselliğini genişleten bir platform sağlayan önemli bir bileşendir. Bu taşıyıcı kart sistemleri, çeşitli harici cihazlar ve bileşenlerle etkileşim kurma imkânı sunarak elektronik projelerin geliştirilmesinde büyük bir rol oynar. Taşıyıcı kartların temel işlevi, modül veya bileşenlerin entegrasyonunu ve bağlantısını sağlamaktır. Bu sayede, kullanıcılar harici sensörler, ekranlar, depolama birimleri ve diğer bileşenleri kolaylıkla entegre edebilir. Taşıyıcı kartlar, bu bileşenlerin iletişimini sağlamak ve projenin işlevselliğini artırmak için genişleme ve bağlantı noktaları sunar. Ayrıca taşıyıcı kart sistemleri, prototiplemeyi ve test etmeyi kolaylaştırır. Geliştiricilere, tasarımlarını hızlı bir şekilde gerçekleştirmeleri ve donanım-yazılım etkileşimini doğrulamaları için bir platform sunar. Bu sayede, elektronik projelerin daha hızlı ve verimli bir şekilde geliştirilmesi sağlanır.

3.2.1.1. Giriş Koruma Devresi

Elektronik cihazlarda giriş koruma devresi, harici etkilere karşı cihazın girişinde bulunan bileşenleri ve devre elemanlarını korumak amacıyla kullanılan bir devre olarak

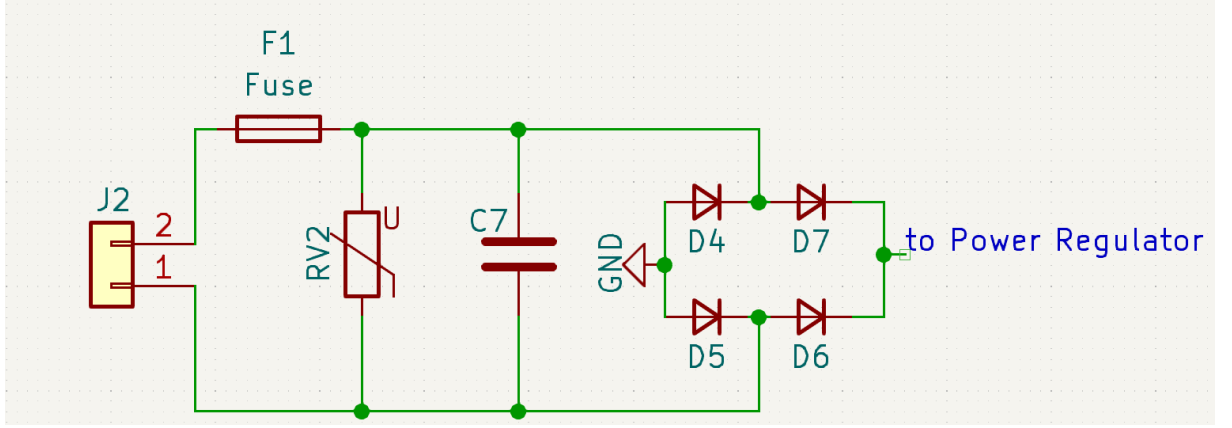
karşımıza çıkar. Bu devre, cihazın çalışma voltajını ve akımını kontrol ederek zararlı etkileri minimize etmeye yardımcı olur. Giriş koruma devresi, elektriksel dalgalanmalar, yüksek voltaj, ters polarite, elektrostatik deşarj gibi potansiyel tehlikelerden kaynaklanabilecek hasarları önlemek için tasarlanır. Bu devre, giriş voltajını izleyerek anormal durumları tespit eder ve gerektiğinde koruyucu önlemleri devreye alır. İşlevsel olarak, giriş koruma devresi aşağıdaki işlevlere sahiptir.

Gerilim Koruma: Giriş koruma devresi, anormal voltaj dalgalanmalarına karşı cihazın hassas bileşenlerini korur. Bu dalgalanmalar, ani güç kesintileri, yıldırımlar, elektrik hatası gibi durumlar sonucunda oluşabilir. Giriş koruma devresi, bu anormal voltajları algılar ve cihazın içine ulaşmadan önce önlem alarak bileşenlere zarar vermesini engeller. Bunun için Şekil 3.7’de gösterilen varistör elemanı kullanıldı. Varistörler seçilirken devrenin girişine uygulanabilecek azami voltaj değerlerini göz önünde tutulmalıdır.

Akım Koruma: Giriş koruma devresi, yüksek akım koşullarında bileşenlere zarar verilmesini önlemek için kullanılır. Anormal akım şartları, kısa devre veya aşırı yük durumunda ortaya çıkabilir. Giriş koruma devresi, anormal akımları algılar ve akımı sınırlayarak bileşenlerin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bunun için Şekil 3.7’de gösterilen sigorta elemanı kullanıldı.

Polarite Koruma: Giriş koruma devresi, ters polarite bağlantısı durumunda bileşenlere zarar verilmesini önler. Yanlışlıkla ters şekilde bağlanan güç kaynakları veya bataryalar, bileşenlerde kalıcı hasara neden olabilir. Giriş koruma devresi, ters polarite durumunda devreye girerek zararlı etkileri engeller. Bunun için Şekil 3.7’de gösterilen D4, D5, D6, D7 kare diyot yapısı kullanıldı. Bu sayede devre girişinden verilen DC voltajlarda polarite gözetmeye gerek kalmayacak. Ayrıca hassas devreler için tavsiye edilmese de Şekil 3.7’de gösterilen yapı 24V AC seviyesine kadar girişinden beslenebilir. DC voltaj için besleme sınırı 36V’tur. Bu sınırlamayı sebep olan ileride açıklanan voltaj regülatörü devresidir. Ayrıca bu sınır belirlenirken varistöründe kabul edebileceği voltaj değerleri dikkate alındı.

Giriş koruma devresi, elektronik cihazların güvenli ve sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlamak için önemlidir. Zararlı etkileri engelleyerek bileşenlerin ömrünü uzatır ve cihazın performansını optimize eder. Bu sayede, kullanıcılar elektronik cihazlarını güvenle kullanabilir ve beklenmedik arızaların önüne geçebilir.

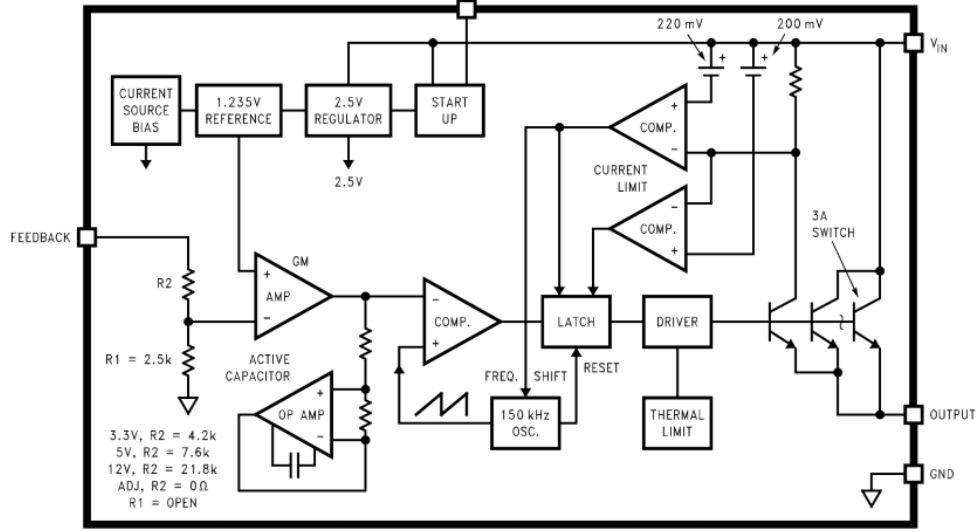


Şekil 3.7. Giriş Koruma Devresi Şeması

3.2.1.2. Güç Devresi

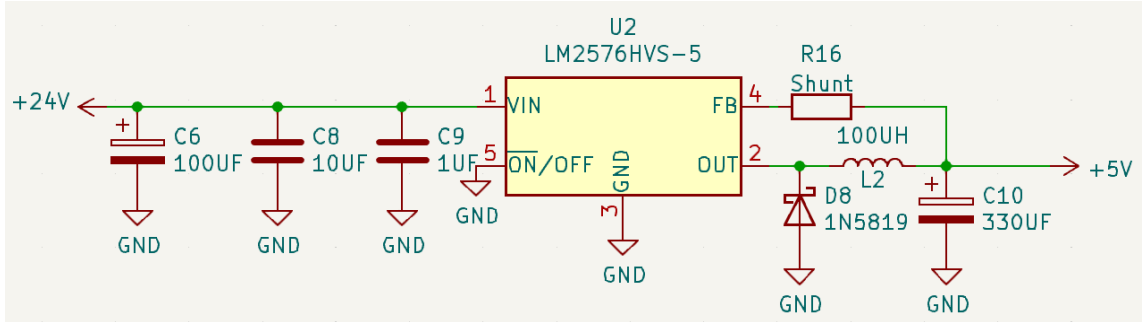
Voltaj regülatörü güç devresi, elektronik cihazlarda kullanılan bir devre yapısıdır. Temel işlevi, giriş voltajını belirli bir aralıkta sabit bir çıkış voltajına dönüştürmek. Bu sayede, elektronik cihazların güç kaynağındaki dalgalanmalara ve değişimlere karşı korunması sağlanır. LM2576, popüler bir voltaj regülatörü entegresidir. Genellikle DC-DC (doğru akım-doğru akım) dönüştürme uygulamalarında kullanılır. LM2576, giriş voltajını daha düşük bir sabit çıkış voltajına dönüştürmek için bir anahtarlama devresi kullanır. LM2576, geniş bir giriş gerilim aralığına (genellikle 4.5V ila 40V) uyum sağlayabilir ve çıkış gerilimini istenen değere (örneğin, 3.3V veya 5V gibi) düzenleyebilir. Ayrıca, çıkış gerilimini ayarlamak için potansiyometre veya dirençler kullanılabilir, bu da esneklik sağlar.

Voltaj regülatörü devresi, elektronik cihazlarda güç kaynağının kararlılığını sağlamak ve bileşenlerin doğru çalışmasını sağlamak için önemlidir. Dalgalanmalı veya yetersiz bir güç kaynağı, cihazların yanlış çalışmasına veya bileşenlerin zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle, voltaj regülatörü devreleri, elektronik cihazların güç yönetimi ve korunması için kritik bir rol oynar. LM2576 gibi entegre devreler, voltaj regülasyonu ve güç dönüştürme işlevlerini tek bir pakette birleştirerek tasarımcılara kolaylık sağlar.



Şekil 3.8. LM2576 Blok Diyagramı

Şekil 3.8’de gösterilen diyagramda aslında sabit voltaj çıkışlı voltaj regülatörlerinde voltaj düşürme seviyesinin feedback pinine bağlı olduğu görülmektedir. Bu diyagramdan yola çıkarak feedback pini için bir adet kısa devre direnci kullanılacaktır. Bu sayede tek voltaj regülatörü çeşidi kullanılarak farklı voltaj seviyeleri elde edilebilecektir. Voltaj regülatörünün üreticinin sayfasında verilen şartlar altında tasarımı yapıldı. Bu tasarımın şeması Şekil 3.9’da gösterilmektedir.

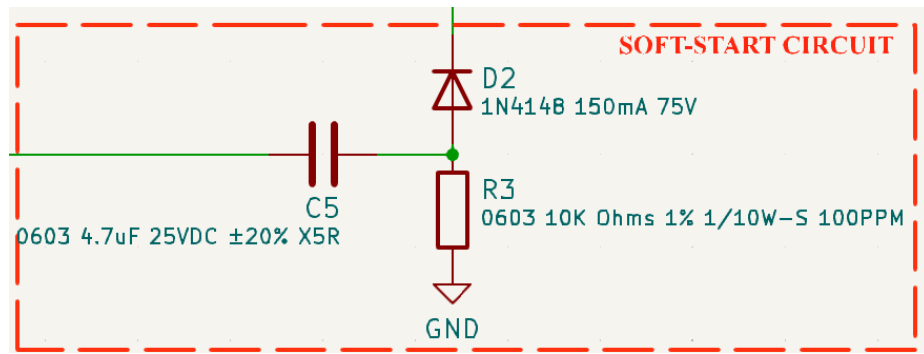


Şekil 3.9. LM2576 Voltaj Regülatörü Bağlantı Şeması

3.2.1.3. LCD Arka Işık Aydınlatma Devresi

LCD (Liquid Crystal Display) arka ışık aydınlatma devresi, bir LCD panelinin arka tarafında bulunan ve panelin görüntüsünü aydınlatmak için kullanılan bir bileşen veya devre yapısıdır. LCD'ler, kendiliğinden ışık üretme özelliği olmayan bir teknoloji olduğundan, görüntünün net ve görülebilir olması için bir arka ışık kaynağına ihtiyaç duyarlar. LCD arka ışık aydınlatma devresi, LCD panelinin arkasında bulunan ışık

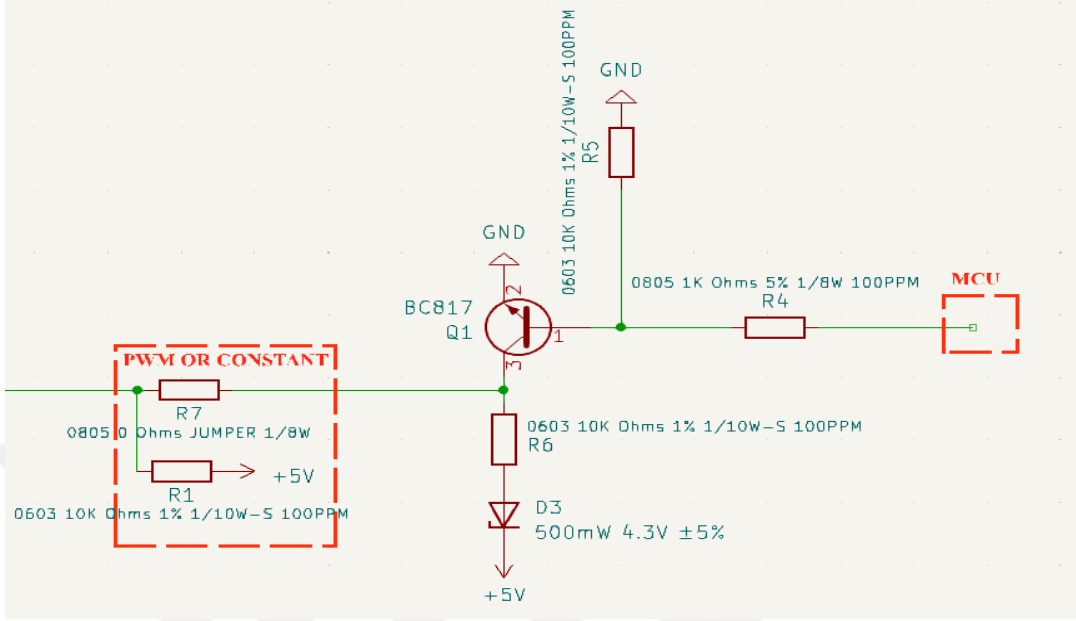
kaynağını kontrol ederek homojen ve yeterli bir aydınlatma sağlamakla görevlidir. Bu, ekranın parlaklığını ve görüntünün netliğini sağlamak için önemli bir bileşendir. Proje kapsamında, uygun fiyatı ve geniş kullanım alanı nedeniyle BIT3269 entegresi tercih edildi (Şekil 3.12). Üretici tarafından sağlanan bilgilere göre, BIT3269 entegresinin temelinde bir voltaj yükseltici dönüştürücüsü olduğu anlaşılmaktadır. BIT3269, yaygın olarak kullanılan bir arka ışık aydınlatma devresi entegresidir ve genellikle LED tabanlı arka ışık aydınlatma sistemlerinde kullanılır. Bu entegre devre, LED'leri akım kaynağı olarak kullanır ve doğru akımı kontrol ederek istenen parlaklık düzeyini sağlar. Ayrıca, entegre üzerinde bulunan koruma devreleri sayesinde aşırı akım, aşırı gerilim ve kısa devre gibi durumları önler, böylece LED'lerin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar (Şekil 3.10). Üreticinin sağladığı bilgilere bakarak öncelikle sistem çıkışının azami 36V ve 650mA seviyesine erişebileceği gözlemlendi. Ayrıca parlaklığın sabit veya ayarlanabilir olması içinse iki farklı opsiyonel devre sisteme entegre edildi. Burada bir transistör yapısıyla entegrenin Shutdown girişine kare dalga uygulayarak ekran aydınlatmasının parlaklık seviyesi değiştirilmesi amaçlandı (Şekil 3.11). Ayrıca ilk enerji verildiği anda herhangi bir problem yaşanmaması için bir zener diyotla sistem korundu. Bu sayede sistem nominal voltaj seviyesine geldikten sonra çalışmaya başlanması hedeflenmiştir. Öncelikle, sistemde kesintisiz bir akım kaynağı olması gerekmektedir. Kullanılacak olan indüktörün 10 μ H değerinde olması gerekmektedir. İndüktörün 1,3 MHz frekansında düşük çekirdek kaybına ve düşük bakır tel direncine sahip olması gerektiği üretici tarafından yayınlanan belgelerde belirtilmiştir.



Şekil 3.10. Soft-Start Devresi Bağlantı Şeması

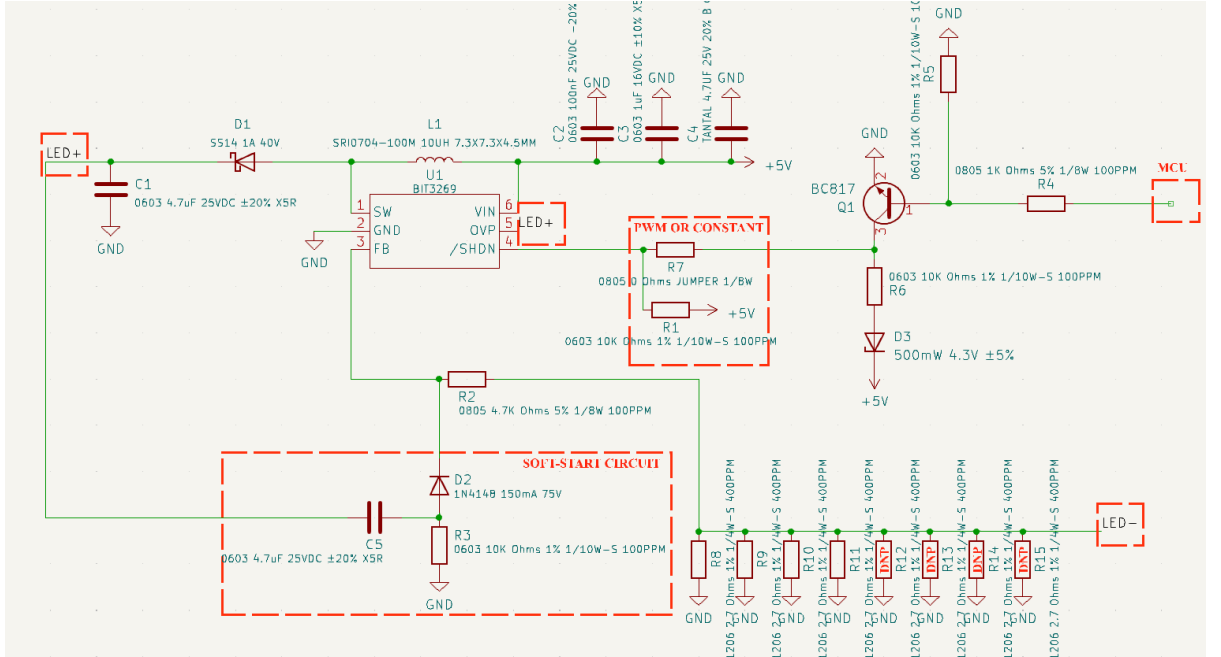
Kapasitör seçiminde, genellikle kullanılan X tipi kapasitörler yerine daha geniş voltaj ve sıcaklık dayanımına sahip olan Y tipi kapasitörler önerilmiştir. Giriş için ise 4.7 μ F değerinde bir kapasitörün yeterli olduğu ifade edilmiştir. Anahtarlama çıkışında

kullanılacak diyotun ise Schottky diyot olması önerilmiştir. Ayrıca, diyotun kapasitansının düşük olması ve en az 1000 mA toleransına sahip olması tavsiye edilmiştir.



Şekil 3.11. LCD Arka Işık Parlaklık Ayarlama Devresi Şeması

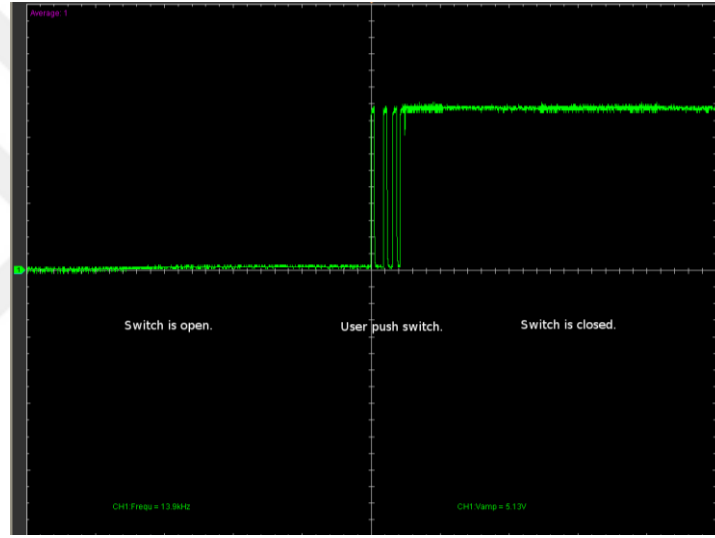
Üretici sayfasında belirtilen bir başka konu ise entegrenin anahtarlama yapacak olan çıkış pininin en kısa yol uzunluğuna sahip olması gerektiğidir. Bu uyarının amacı, elektromanyetik girişimleri engellemektir.



Şekil 3.12. BIT3269 Arka Işık Aydınlatma Devresi Şeması

3.2.1.4. Buzzer ve Kullanıcı Butonu Devresi

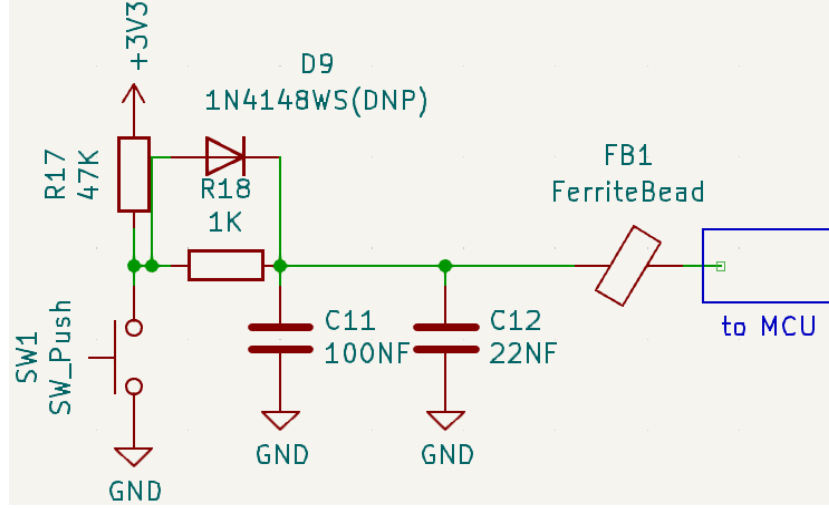
Üretim esnasında veya kullanıcı tarafından ekran dokunmatiğiyle ilgili sorunların ortaya çıkması durumunda, kalibrasyon işlemlerinin yapılabilmesi için panel tasarımında buton bulundurmanın önemi vardır. Benzer çalışmalar incelendiğinde, bu tür buton kullanımının sınırlı olduğu fark edildi. Elektronik devre tasarımında buton kullanımı için, en sık rastlanan hata olan Bounce (Sekme) sorunu dikkate alınmalıdır. Bounce olarak adlandırılan bu sorun, butona basma ve butondan elini çekme anında kararsızlıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle, donanımsal ve yazılımsal bazı önlemler alınması gerekmektedir.



Şekil 3.13. Bouncing Grafik Gösterimi

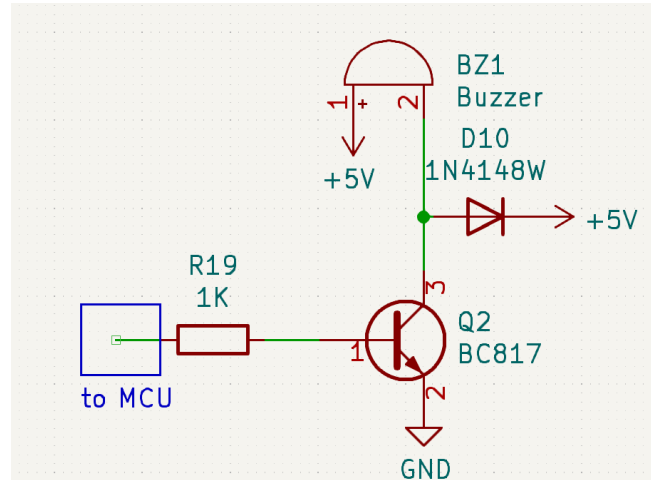
Buton kullanımında Bounce sorununu önlemek için, donanımsal bir çözüm olarak Debouncing devresi kullanılabilir. Bu devre, buton sinyalini kararlı hale getirerek istenmeyen kararsızlık durumlarını önler (Şekil 3.13). Yazılımsal olarak ise, Debouncing işlemi programlanarak gerçekleştirilebilir. Bu işlem, buton sinyalini süzerek istikrarlı bir çıkış elde etmeyi sağlar.

Ayrıca, butonun tasarımında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da ergonomidir. Butonun yerleştirildiği konum ve şekil, kullanıcıya rahat bir kullanım deneyimi sunmalıdır. Ergonomik bir tasarım, butonun kolayca bulunmasını ve kullanılmasını sağlar.



Şekil 3.14. Debouncing Devresi Bağlantı Şeması

Gerektiğinde kullanıcıyı uyarabilmek amacıyla, hata, pişirme bitimi, ön ısıtma bitimi gibi durumlarda ve ekrana dokunulduğunda ses çıkarmak için sisteme bir buzzer devresi eklendi (Şekil 3.14). Bu devre, ses üretmek için bir hoparlör veya piezoelektrik bir eleman kullanır. Sistem, belirli olaylar gerçekleştiğinde buzzer aracılığıyla kullanıcıya uygun ses sinyalleri gönderir. Böylece kullanıcı, farklı durumları veya dokunma etkileşimlerini ses yoluyla algılayabilir.



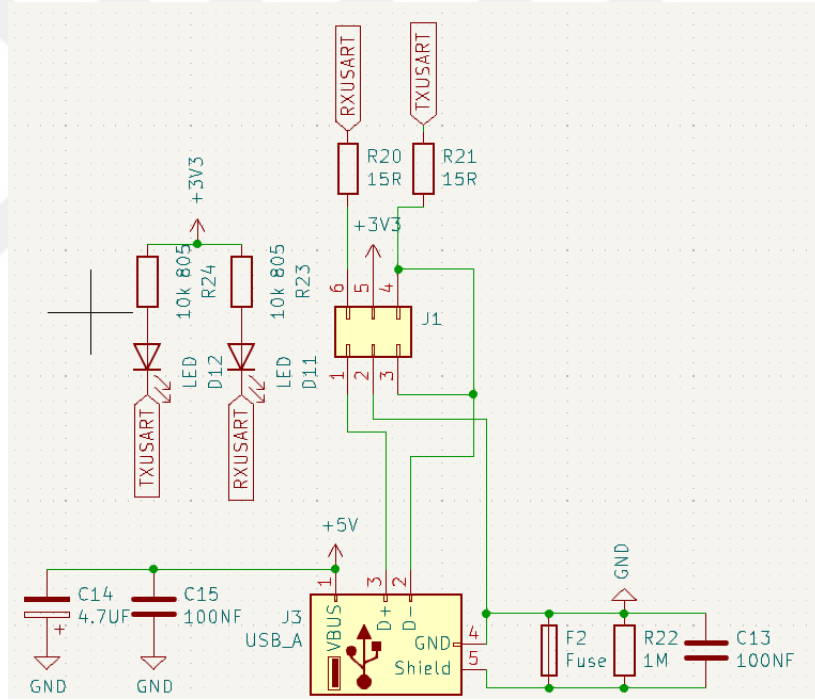
Şekil 3.15. Buzzer Devresi Bağlantı Şeması

3.2.1.5. USB Arayüzü Devresi

Yapılan projede, benzer örnekler incelendiğinde, USB bağlantı noktalarının sistemin işlevselliğini artırdığı tespit edildi. USB bağlantısı sayesinde internete ihtiyaç duymadan yazılım güncelleme, reçete aktarımı, reçete kopyalama ve cihaza ait kullanım

verilerine erişim sağlanabilir. Ayrıca, cihazlar arasında fiziksel bağlantı kurulması gerektiğinde de bu USB bağlantı noktası kullanılabilir.

USB devresi tasarlanırken dikkat edilmesi gereken bir husus, bu bağlantının Hot Plug olarak adlandırılan, insan elinin dokunabileceği sökülüp takılabilir bir bağlantı noktası olmasıdır. Bu durumda, insan elinden kaynaklanabilecek elektriksel parazitler veya dışarıdan gelebilecek fiziksel temaslar nedeniyle oluşabilecek parazitleri önlemek için filtre devrelerinin kullanılması önerilir. Bu amaçla, bağlantı noktası üzerinde TVS diyot olarak bilinen filtre diyot entegrasyonu kullanıldı. TVS diyotu, anma gerilimi üzerinde çalışan ve ani gerilim değişimlerine karşı koruma sağlayan bir bileşendir. Bu diyot, ani gerilim yükselmelerini ve elektriksel parazitleri önleyerek ederek sistemi korur. USB bağlantı noktasında kullanılan TVS diyotu, güvenli ve kararlı bir bağlantı sağlamak amacıyla filtreleme işlevini yerine getirir (Şekil 3.16).

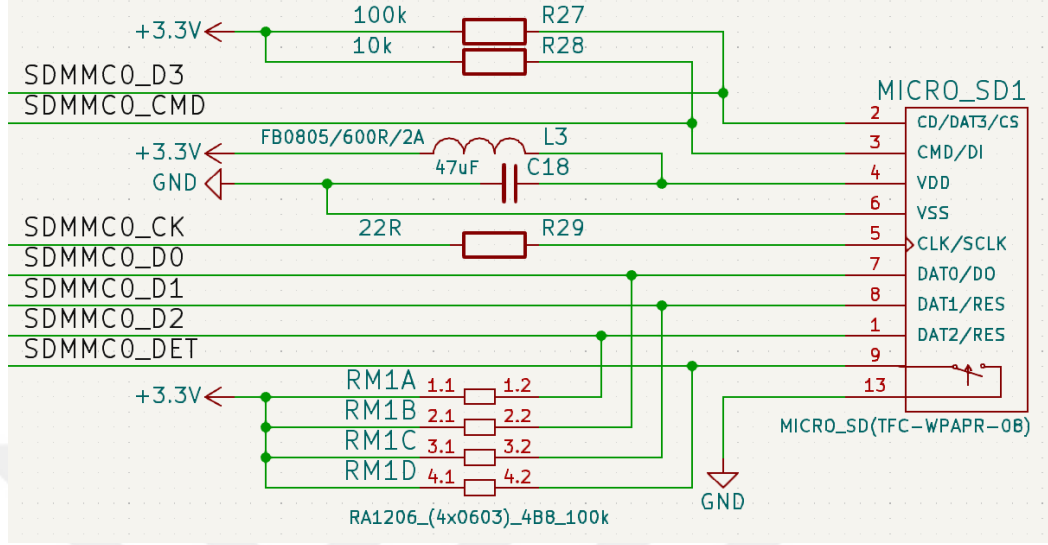


Şekil 3.16. USB Devresi Bağlantı Şeması

3.2.1.6. SD Kart Devresi

SD kart, genellikle işletim sisteminin önceden depolandığı ve işlemcinin işletim sistemini yürüttüğü bir noktadır. Bu nedenle, bağlantı şemasının doğru bir şekilde yapıldığından emin olmak önemlidir. Ayrıca, titreşimden etkilenmemesi gerekmektedir. SD kart bağlantı şeması oluşturulurken, SDMMC pinleri belirlenmelidir. Bu pinlerin

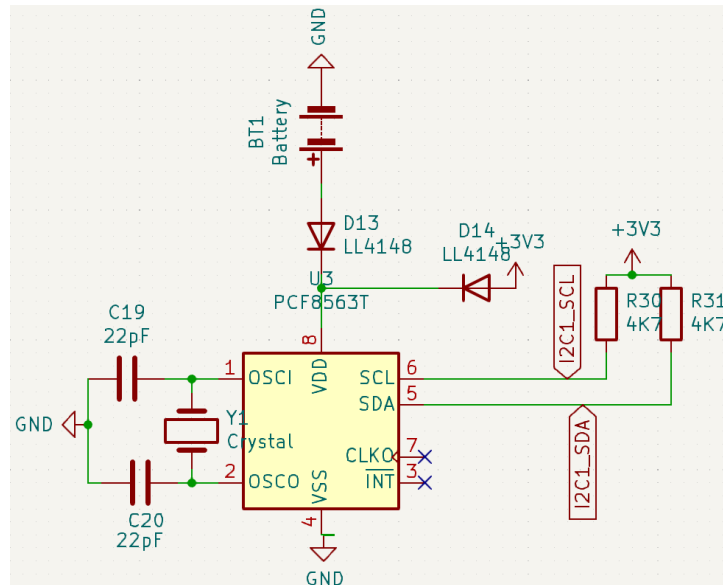
belirlenmesi için açık kaynaklı taşıyıcı kartların şemaları incelenmiş ve ardından bu pinler atandı (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. SD Kart Şeması

3.2.1.7. Gerçek Zamanlı Saat Devresi

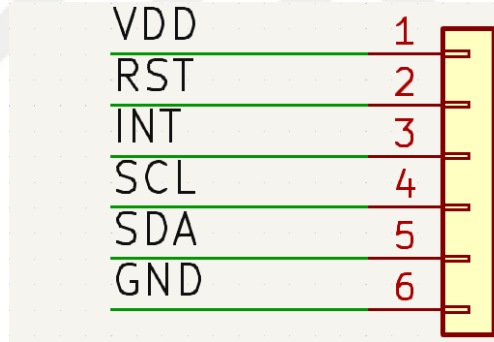
RTC devresi, genellikle entegre bir devre veya bir modül şeklinde gelir. Dahili bir pil veya harici bir güç kaynağı ile çalışır ve zaman bilgilerini sürekli olarak güncel tutar. RTC devresi, güç kaynağı kesildiğinde bile pil yedeği ile çalışmaya devam eder, bu nedenle cihaz yeniden başlatıldığında bile zaman bilgileri korunur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. RTC Devresi Şeması

3.2.1.8. Dokunmatik Panel Arayüz Devresi

Kapasitif dokunmatik ekranlar, kullanıcıların parmaklarını veya özel dokunmatik kalemleri kullanarak doğrudan ekran üzerindeki nesneleri seçmelerini sağlar. Dokunulan noktanın hassas konumunu belirlemek için kontrol devresi tarafından işlenir ve bu bilgi, cihazın işletim sistemine iletilir. Bu sayede, kullanıcılar hareketleriyle etkileşime geçebilir, menülerde gezinebilir, metin girebilir ve diğer dokunma tabanlı işlevleri kullanabilir. LCD panellerde dokunmatik arayüzünden genellikle I2C haberleşme yöntemi kullanılır. Yapılan projede dokunmatik sensörü için sadece bir konnektör eklendi. Bu konnektörün konumu esnek PCB tarafından ulaşılabilir olması önemlidir. Ayrıca titreşime maruz kalması durumunda yerinden çıkmayacak olması önemlidir. LCD panel üreticisi tarafından sağlanan verilerde pin çıkışları belirtilmiş ve pinler arasındaki mesafe 0.50 mm olarak belirtilmiştir. Bu tip bağlantılarda titreşim ya da darbe kaynaklı soketin yerinden oynamasını önleme amaçlı kilitli tip konnektörler kullanılmalıdır. Projede kullanılacak olan dokunmatik sensörü Goodix GT911'dir (Şekil 3.9).



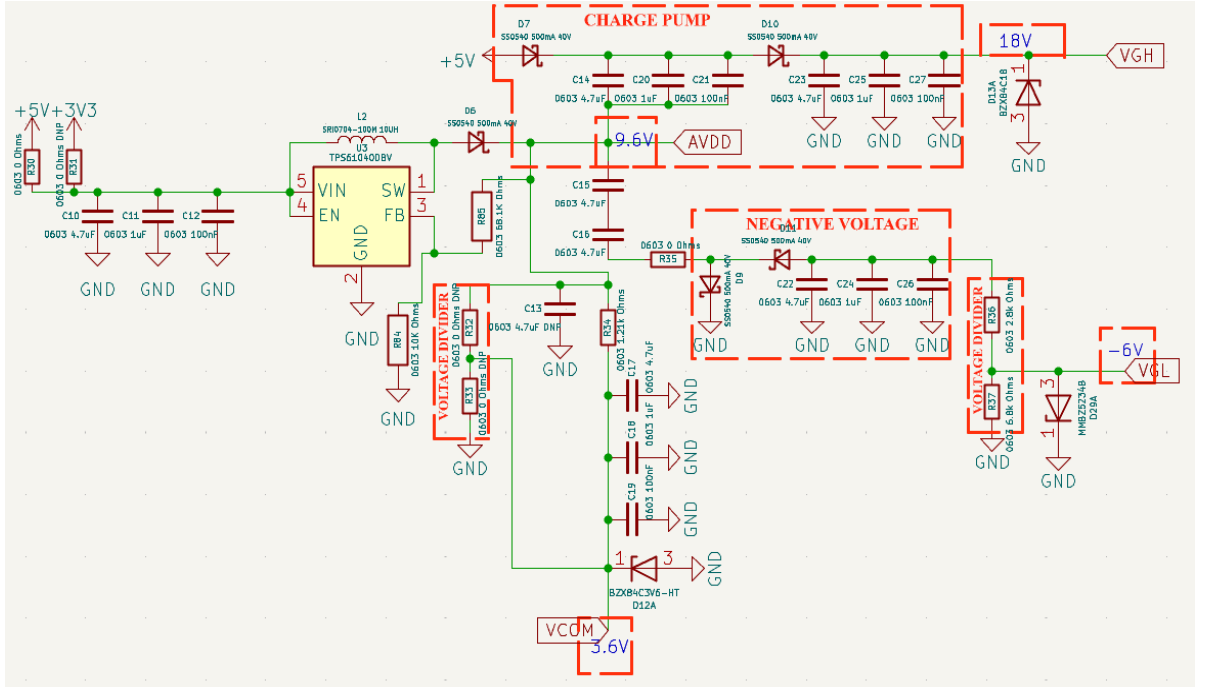
Şekil 3.19. Dokunmatik Arayüz Devresi Şeması

3.2.1.9. LCD Panel Kapı Voltajları Devresi

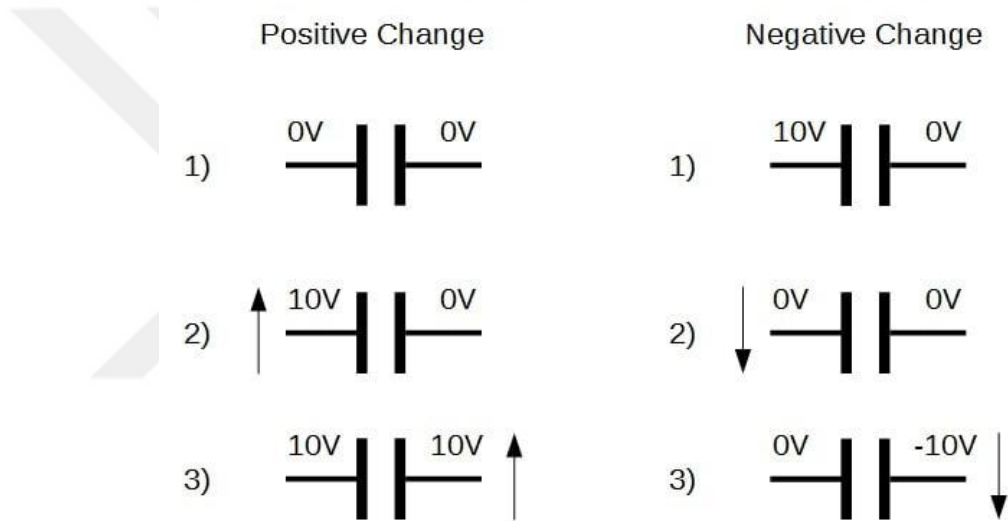
LCD paneller çalışmak için çeşitli voltajlara ihtiyaç duyarlar. Bu voltajlar kapı voltajı olarak adlandırılmaktadır. Bu voltajların amacı her biri kapasitör gibi çalışan piksellerin renk değişimini sağlamak amacıyla besleme voltajı olarak kullanmaktır. Kapı voltajları ile ilgili olarak yüksek hacimli üreticilerin tercih ettiği yöntem tek bir entegre üzerinden farklı voltajları tek seferde üretmektir. Bu işlem için kullanılan bir Buck-Boost entegresidir. Bu entegre sayesinde voltaj seviyesinde arttırma ve azaltma yapılabilmektedir. Şekil 3.20'de bulunan devre şemasında öncelikle entegrenin temel

bileşenleri olarak giriş beslemesinde parazitlerin giderilmesi adına bir kapasitör dizisi bulunmaktadır. Ayrıca devre beslemesinde 3.3V ve 5V arasında seçim yapılabilecek bir yapı bulunmaktadır. Kullanılan L2 bobini ve D6 diyotu DC voltaj formunu oluşturabilmek amacıyla kullanıldı. Ayrıca çıkış voltajının ayarlanabilmesi içinse Feedback pininde bir adet voltaj bölücü devresi kullanıldı. Kullanılan LCD panelde 18V, -6V, 9.6V ve 3.6V olmak üzere 4 farklı voltaj elde etmemiz gerekmektedir.

Feedback pini yardımıyla çıkış voltajı 9.6V seviyesine ayarlandı. Bu voltaj ayarlaması için üreticinin paylaştığı olduğu $V_{OUT} = 1,233 \times (1 + R1/R2)$ formülü kullanıldı. Bu formülde R1 yerine 68.1k Ω ve R2 yerine 10k Ω değerleri kullanıldığında sonuç olarak 9.629V değeri elde edilir. Burada daha sonra voltajı 2 katına yükseltmek amacıyla Charge Pump olarak adlandırılan bir devre kullanıldı. Bu devre yapısı gereği bir tarafında sürekli bir DC besleme ve diğer tarafında bir kapasitör ile elde etmek istenilen voltajın yarısı değeriyle beslenmelidir. Kare dalga yapısı sayesinde çevrim oranında düşük duruma geçtiğinde kapasitör levhasında biriken potansiyel enerji diğer tarafa aktarılmaktadır. Bu yapı sayesinde kapı voltajlarından $V_{GH} = V_{OUT} \times 2$ sonucu sağlanır. Daha sonra V_{GL} voltajı olarak adlandırılan düşük kapı voltajını elde etmek amacıyla zener diyotla sınırlandırma yapıldı. Burada bir zener diyot devre çıkışına paralel bağlanarak bir gerilim sınırlayıcı olarak çalışması sağlandı.



Son olarak negatif kapı voltajını elde etmek amacıyla iki kutupsuz kapasitör seri bağlanılır. Burada temel teori kapasitör levhalarından birinin aniden potansiyeli arttırılırsa diğer levhada aynı potansiyele ulaşmak isteyecektir. Bu mantık doğrultusunda eğer kapasitör levhalarından birinin potansiyeli ani şekilde düşürülürse diğer levhada aynı potansiyele düşmek isteyecektir. Bu konu Şekil 3.21’de bulunan bir görselle açıklandı. Burada elde edilen voltaj entegrenin çıkışındaki voltajla aynıdır. Bu yüzden voltaj istenilen seviyede tutmak için zener diyotla bir sınırlama yapıldı. Bu tümleşik yapı sayesinde LCD’nin kapı voltajlarının hepsi oluşturuldu. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus entegrenin anahtarlama hızıdır. Kullanılacak panele bağlı olarak bu seçim yapılmalıdır.

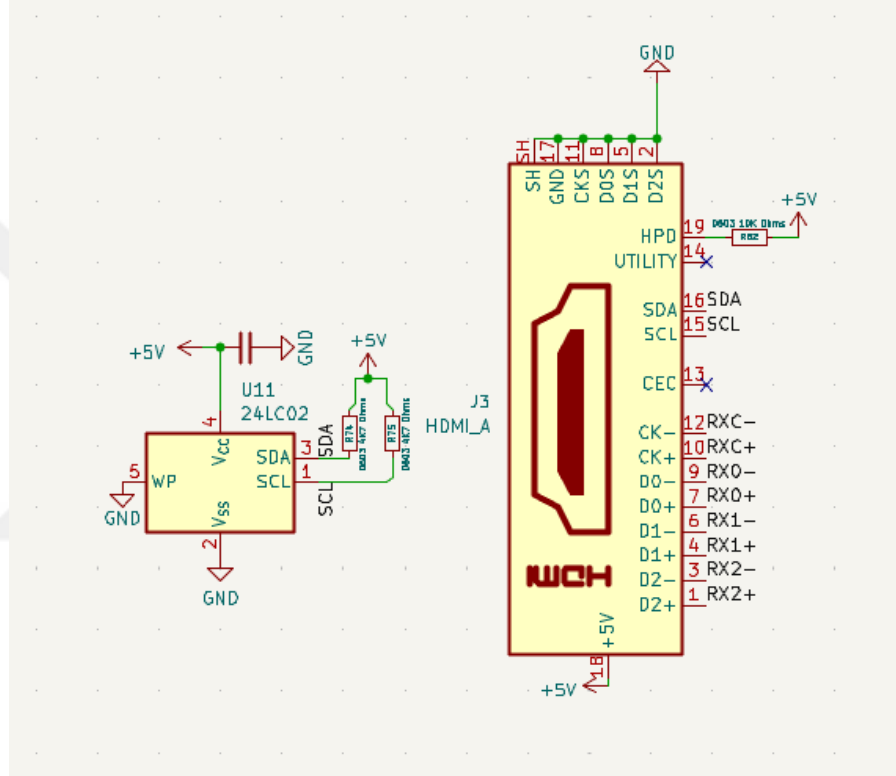


Şekil 3.21. Negatif Voltaj Üretim Teorisini Açıklayan Görsel

3.2.1.10. HDMI Dönüştürücü Devresi

HDMI (High Definition Multimedia Interface), görüntü ve ses verilerini sıkıştırıp dijital olarak aktaran bir arayüzdür. HDMI kullanımı öncesinde farklı analog yöntemler kullanılarak bu veriler aktarıldı. Analog yapılarda, gönderilen görüntü verilerinde ya da ses verilerinde bozulmalar ve kayıplar meydana gelebiliyordu. HDMI farklı sürümlere sahiptir. Tez projesinde kullanılan HDMI versiyonu 2.0’dır. Bu sayede yüksek çözünürlüğe sahip görüntüler kolaylıkla aktarılabilir. Fakat burada kullanılan LCD panelde haberleşme arayüzü olarak paralel RGB haberleşme kullanılmaktadır. Bu aradaki arayüz dönüşümünün sağlanması için TFP401 entegresi kullanıldı. Bu entegre temel olarak HDMI-DVI sinyallerini RGB verisine dönüştürmektedir. Ayrıca HDMI

pinleri, HDMI konektörünün takılıp çıkarıldığı anlaşılması için HOTPLUG pini ve 6 adet GND pini, Utility ve CEC pinleridir (Şekil 3.23). Burada kullanılan hafıza entegresinin amacı verilerin gideceği ekrana ait olan özellikleri içermesidir. Temelde ekran üreticileri bu hafıza entegresi içerisine çözünürlük, RGB renklilik oranı, ekranın tarama hızı, zamanlama gecikmesi gibi birçok özelliği işlemektedirler. Yapılan devrede yine Texas Instruments firmasının sağladığı olduğu bilgiler baz alınarak bu entegre harici bir mikroişlemci tarafından programlandı.



Şekil 3.23. HDMI Devresi Şeması

3.2.2. Yocto

Yocto, gömülü Linux işletim sistemi oluşturmak için kullanılan açık kaynaklı bir araçtır. Yocto, herhangi bir donanım platformu için özelleştirilebilir ve paket yönetimi ve önceden oluşturulmamış yapılandırma dosyaları gibi bir dizi araç ve özellik sunar. Gömülü Linux, genellikle küçük, yerel cihazlar için optimize edilmiş bir Linux dağıtımdır. Bu dağıtımlar, kaynak kodunu özelleştirme, modülleri açma veya kapatma ve sistem davranışını özelleştirmek gibi işlevler için Yocto kullanabilirler. Yocto, genellikle IoT (nesnelerin interneti), endüstriyel otomasyon ve gömülü sistemler gibi

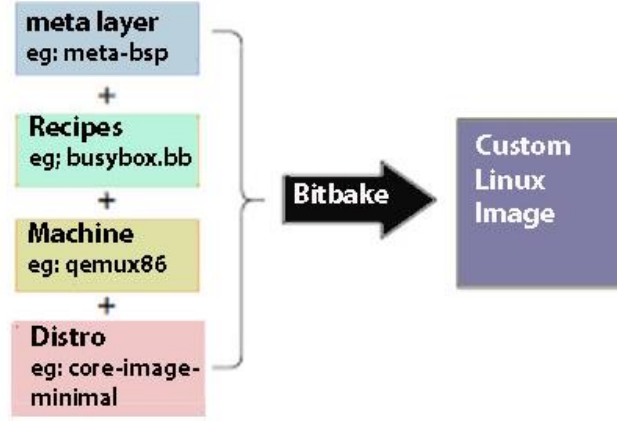
alanlarda yaygın olarak kullanılan ve özelleştirilmiş Linux tabanlı yazılımların geliştirilmesine yönelik bir çözüm sunar. Yocto temel amacı, yazılımın hedef platform üzerinde optimize edilmiş ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamaktır. Bunu yaparken, geliştiricilere geniş bir yazılım paketi koleksiyonu, otomatik yapılandırma araçları ve özelleştirilebilir derleme ortamı sunar. Ayrıca, Yocto'nun sunduğu araçlar ve yönergeler, yazılımın güncellenmesi ve sürdürülmesi süreçlerini de destekler.

3.2.3. QT

QT, C++ ile yazılmış bir uygulama geliştirme çerçevesidir. QT, özellikle gömülü cihazlarda kullanım için optimize edilmiştir ve çeşitli platformlarda çalışan özelleştirilebilir grafik kullanıcı arayüzleri (GUI) oluşturmak için kullanılır. QT, Linux çekirdeği üzerinde çalışabilen ve Yocto tarafından da desteklenen bir kütüphanedir. Bu araçlar, gömülü sistemlerin geliştirilmesi ve özelleştirilmesinde kritik öneme sahiptir. Yocto, donanım platformları için işletim sistemleri oluşturma sürecini kolaylaştırırken, gömülü Linux, bu sistemlerin donanım gereksinimlerine uygun bir şekilde özelleştirilmesini sağlar. QT ise, kullanıcıların bu sistemlerle etkileşime girmelerini sağlayan özelleştirilebilir grafik kullanıcı arayüzleri (GUI) oluşturmak için kullanılır.

3.2.4. Bitbake

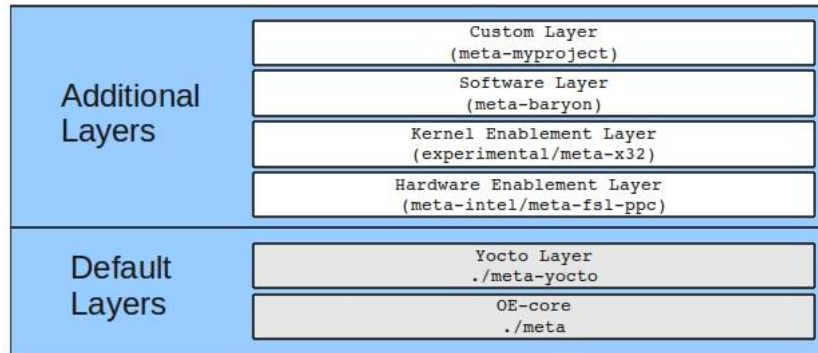
Yocto derleme işlemleri için BitBake olarak adlandırılan bir derleyiciyi kullanır. BitBake derleme sürecinde paketlerin derlenmesi, paketlerin bağımlılıklarının yönetilmesi ve hedef sistemde çalışabilir bir yazılım imajının oluşturulması için kullanılır. BitBake, reçete olarak adlandırılan yapılandırma dosyalarını kullanarak derleme işlemlerini yönetir. Reçeteler, derlenecek paketlerin kaynak kodu, bağımlılıkları, yapılandırma ayarları ve diğer gerekli bilgileri içerir. BitBake, bu reçeteleri temel alarak paketleri otomatik olarak derler ve hedef sisteme uygun bir yazılım imajı oluşturur (Şekil 3.24). BitBake'in özellikleri arasında dinamik bağımlılık yönetimi, çoklu mimari desteği, karmaşık iş akışları ve özelleştirilebilir yapılandırma seçenekleri bulunur.



Şekil 3.24. BitBake Yapısını Anlatan Görsel

BitBake reçeteleri, genellikle .bb uzantılı dosyalarda bulunan ve özelleştirilmiş Linux tabanlı sistemlerin derleme süreçlerini yönetmek amacıyla kullanılan talimatlar olarak tanımlanır. Bir BitBake reçetesi, derlemek istediğimiz paketin kaynak kodunun nasıl elde edileceği, derleme adımları, bağımlılıklar, yapılandırma ayarları ve diğer önemli bilgileri içermektedir. Reçeteler, değişkenler, fonksiyonlar ve görevlerden oluşan bir dizi talimatlar bütünüdür. Değişkenler, paketin kaynak kodunun yer aldığı depo adresi, sürüm numarası, yapılandırma seçenekleri gibi bilgileri içerir. Fonksiyonlar, derleme adımlarını belirler ve paketin derlenmesi, yapılandırılması, yüklenmesi ve kurulumu gibi işlemleri gerçekleştirir. Görevler ise derleme sırasında yapılması gereken özel işlemleri temsil eder.

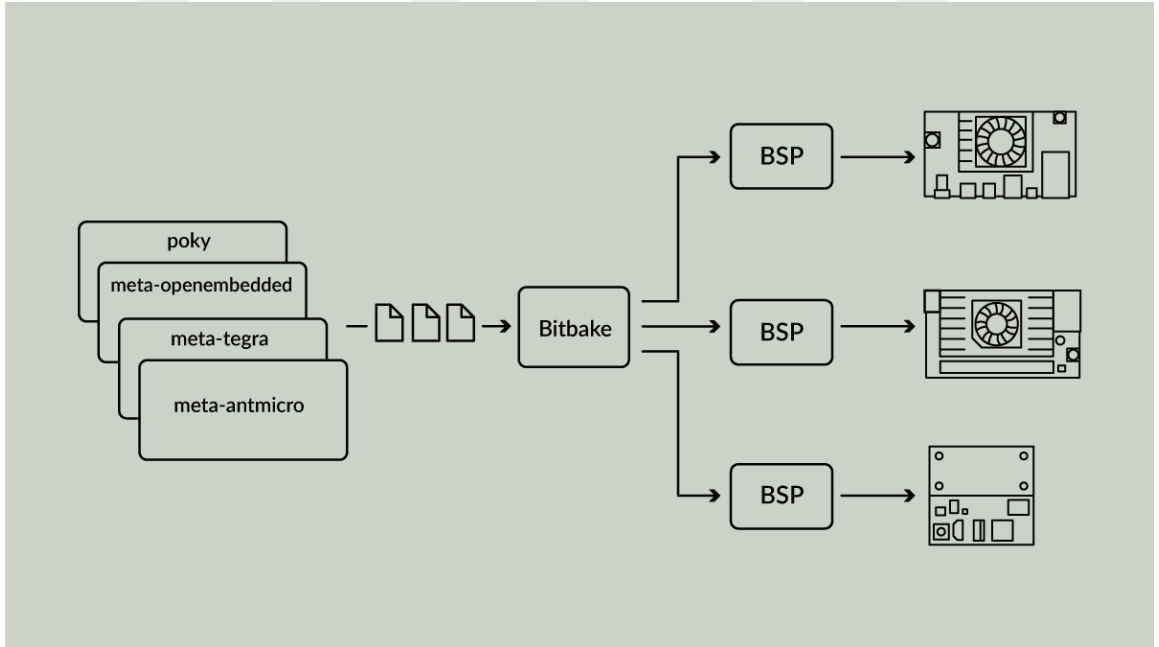
Yocto sisteminde, katman adı verilen yapılar, projenin modülerliğini ve özelleştirme yeteneğini artıran önemli bir bileşendir. Katmanlar, Yocto'nun özelleştirme ve bileşen ekleme yeteneklerini sağlayan yapılarıdır. Her katman, paketler, reçeteler, konfigürasyon dosyaları ve özelleştirme seçenekleri gibi öğeleri içeren bir hiyerarşiye sahiptir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Yocto Katman Yapısını Anlatan Görsel (Kaynak: <https://aosabook.org/static/yocto/aosa2.jpg>)

Yocto'da katmanlar, projenin modüler yapısını desteklemek için kullanılır. Bir katman, belirli bir işlevselliği veya bileşeni temsil edebilir. Örneğin, bir katman, bir cihaz sürücüsü, bir uygulama veya bir arayüz bileşeni gibi belirli bir yazılım parçasını içerebilir. Katmanlar, projenin özelleştirilmesine ve farklı bileşenlerin bir araya getirilmesine olanak tanır. Farklı katmanlar, farklı işlevleri yerine getirebilir ve projenin ihtiyaçlarına göre eklenebilir veya çıkarılabilir. Bu sayede, farklı projeler için farklı katmanlar kullanılarak istenilen özelliklere sahip özelleştirilmiş Linux dağıtımları oluşturulabilir.

Meta yapıları, paketler, reçeteler, konfigürasyon dosyaları ve özelleştirme seçenekleri gibi öğeleri içeren bir hiyerarşiye sahiptir (Şekil 3.26). Her meta yapı, projenin gereksinimlerine uygun olarak düzenlenmiş dosya ve klasör yapısını içerir. Yocto'nun meta yapıları, projenin modülerliğini ve özelleştirme yeteneğini artıran önemli bir yapısal bileşendir. Farklı meta yapıları, farklı işlevleri yerine getirebilir ve projenin ihtiyaçlarına göre eklenebilir veya çıkarılabilir. Meta yapıları, projenin bileşenlerini ve özelleştirme seçeneklerini bir araya getirerek özelleştirilmiş Linux dağıtımlarının oluşturulmasını sağlar. Her bir meta yapı, belirli bir yazılım parçasını temsil edebilir, örneğin bir cihaz sürücüsü, bir uygulama veya bir arayüz bileşeni.



Şekil 3.26. Meta Yapısını Anlatan Görsel

Çapraz derleme, yazılım geliştirme sürecinde farklı bir hedef platformda çalışacak bir yazılımın derlenmesini ifade eder. Bu süreçte, yazılım kaynak kodu, farklı bir donanım veya işletim sistemi üzerinde çalışabilecek şekilde uyumlu hale getirilir. Çapraz

derleme, geliştiricilere aynı yazılımı farklı platformlarda kullanma esnekliği sağlar. Yocto sistemiyle birlikte çapraz derleme için QT uygulaması kullanılacaktır. QT, açık kaynaklı bir C++ kütüphane ve geliştirme çerçevesidir. Çoklu platform desteği sağlayan QT, masaüstü uygulamaları, mobil uygulamalar ve gömülü sistemler gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir. QT, GUI (Graphical User Interface) tasarımı, veri tabanı işlemleri, ağ programlama, çoklu dil desteği gibi birçok özelliği içerir. QT temelinde GCC derleyicisini kullanır. Yapılan projede farklı QT modülleri ve paketleri kullanılmaktadır. Bunların listesi aşağıda verilmiş ve kısa tanımlamaları yapıldı.

- qtbases: Temel QT kütüphanelerini içeren paket.
- qtbases-dev: QT geliştirme dosyalarını içeren paket.
- qtbases-mkspecs: QT proje dosyası şablonlarını içeren paket.
- qtbases-plugins: QT için eklenti modüllerini içeren paket.
- qtbases-tools: QT geliştirme araçlarını içeren paket.
- qt3d: 3D grafik işlemleri için QT modülü.
- qt3d-dev: QT 3D geliştirme dosyalarını içeren paket.
- qt3d-mkspecs: QT 3D proje dosyası şablonlarını içeren paket.
- qtmultimedia: Ses ve video işleme özelliklerini içeren QT modülü.
- qtquickcontrols2: QT Quick tabanlı kullanıcı arabirimi kontrol öğelerini içeren modül.
- qtdeclarative: QML (QT Meta Language) kullanarak etkileşimli uygulama geliştirme için temel modül.
- qtsensors: Fiziksel sensörlerin okunması ve kullanılması için QT modülü.
- gstreamer: Çoklu ortam uygulamalarının oluşturulması için kullanılan bir açık kaynaklı uygulamadır. Bu çerçeve, ses, video ve diğer medyaya verilerinin yakalanması, kodlanması, iletilmesi, çözülmesi ve görüntülenmesi gibi işlemleri kolaylaştırmak için gelişmiş bir çoklu ortam işleme altyapısı sunar.
- tslib: Linux tabanlı sistemlerde kullanılan bir dokunmatik ekran arabirimi kütüphanesidir. Dokunmatik ekran cihazlarıyla etkileşim kurmayı sağlayan bir araçtır. Tslib, dokunmatik ekranın dokunma verilerini algılar, işler ve uygulamalara iletebilir. Dokunmatik ekranın basınç, konum ve hareket gibi özelliklerini takip ederek dokunma olaylarını işleyebilir.

Yocto için kurulum yönergeleri aşağıda verilmiştir. Kurulan dağıtım Poky olarak adlandırılan dağıtımdır. Öncelikle aşağıdaki komutu terminale yazılarak yeni bir klasör oluşturulur.

- cd \$HOME
- mkdir yoctoProject
- cd yoctoProject

Daha sonra Yocto için gerekli paketlerin indirilme işlemi yapılmalıdır. Terminale yazılması gereken komutlar aşağıda gösterilmiştir. Bu komutları kullanmak için git paketi kurulmuş olması gereklidir.

- git clone -b dunfell \

 git://git.yoctoproject.org/poky.git
- git clone -b dunfell \

 git://git.yoctoproject.org/meta-raspberrypi.git
- git clone -b dunfell \

 git://git.openembedded.org/meta-openembedded

Bu işlemlerden sonra oluşturulan ortam yapılandırılmalı ve kök dizini yürütülmelidir. Yapı ortamı çalışmaya başladıktan sonra, bitbake gibi diğer Yocto araçlarını kullanarak paketleri derlenebilir ve imajları oluşturabilir. Bu işlem için aşağıda bulunan komut terminale girilmelidir.

- source . /oe-init-build-env

Bir sonraki aşamada yukarıda açıklanan katman yapısı sisteme eklenecektir. Kurulumda en başta bazı temel katmanlar hali hazırda eklenmiş olarak gelecektir. Bu katmanlara ilave olarak aşağıdaki katmanlarda terminal üzerinden sisteme eklenmelidir.

- bitbake-layers add-layer ../meta-openembedded/meta-oe
- bitbake-layers add-layer ../meta-openembedded/meta-python
- bitbake-layers add-layer ../meta-openembedded/meta-multimedia
- bitbake-layers add-layer ../meta-openembedded/meta-networking

```
- bitbake-layers add-layer ../meta-raspberrypi
```

Daha sonra local.conf dosyası üzerinde kullanılacak olan makineye göre değişiklikler yapılmalıdır. Bu değişiklikler proje özelinde değişebilecek olup temel ayarlar için aşağıdaki kodların local.conf dosyasında yapılması yeterli olacaktır.

```
# target
MACHINE ?= "raspberrypi3-64"

# download folder
DL_DIR ?= "${HOME}/yocto-downloads"

# shared state folder
SSTATE_DIR ?= "${HOME}/yocto-sstate-cache"

# add a feature
EXTRA_IMAGE_FEATURES_append = " ssh-server-dropbear"

# add a recipe
CORE_IMAGE_EXTRA_INSTALL_append = " nano"
```

Buradaki Daha sonra local.conf dosyası üzerinde kullanılacak olan makineye göre değişiklikler yapılmalıdır. Bu değişiklikler proje özelinde değişebilecek olup temel ayarlar için aşağıdaki kodların local.conf dosyasında yapılması yeterli olacaktır.

Bu aşamalar tamamlandıktan sonra yapılan konfigürasyonların geçerli olup olmadığını kontrol etmek amaçlı aşağıdaki komut terminalde çalıştırılır.

```
- bitbake core-image-base --runonly=fetch
```

Bu aşamada şu ana kadar yapılan konfigürasyonlar ve çıktıları kontrol edilir. Son olarak imaj derlenerek SD karta yazdırılabilir wic.bz2 dosyası çıktısı elde edilir. Bu işlemler internet süresine bağlı olarak uzun sürebilir. Bu adımlarda anlatılan işlemler için gerekli hafıza boyutu en az 100 GB olması önerilir.

Bu işlemler tamamlandıktan sonra oluşturulan örnek .bb dosyasının içeriği aşağıdaki gibi olmalıdır.

```
require recipes-core/images/core-image-base.bb
IMAGE_FEATURES += " package-management"
```

```
IMAGE_LINGUAS = "en-us"
COMPATIBLE_MACHINE = "^rpi$"
IMAGE_INSTALL:append = " \
    packagegroup-core-full-cmdline \
"

IMAGE_INSTALL:append = " packagegroup-qt5"
IMAGE_INSTALL:append += " \
    qt5App \
"

IMAGE_INSTALL:append = " \
    nano \
    cpufrequtils \
    strace \
    perf \
    tree \
    htop \
    tcpdump \
    i2c-tools \
    can-utils \
    usbutils \
    spitools \
    iperf3 \
    stress \
    cmake \
    automake \
    autoconf \
    git \
    subversion \
    wget \
    rsync \
    e2fsprogs \
    e2fsprogs-resize2fs \
    tzdata \
    watchdog \
```

```

yavta \
logrotate \
"
IMAGE_INSTALL:append = " \
wpa-suplicant \
hostapd \
dnsmasq \
iptables \
ntp \
crda \
iw \
networkmanager \
raspi-gpio \
"
IMAGE_INSTALL:append = " \
lttng-tools \
lttng-modules \
lttng-ust \
babeltrace \
"
IMAGE_INSTALL:append += " \
qtdemostart \
"
export IMAGE_BASENAME = "IMAGE_NAME"

```

Bu reçete içeriğinde eklenen paketler kendi bölümüne göre gruplanmış bir şekilde yazıldı. Örneğin iperf3 ağ içerisindeki bant genişliğini test etmek için kullanılan bir pakettir. Haberleşme için usbutils ve spitools paketleri aktif edildi.

Bu işlemler tamamlandıktan sonra önyükleme sürecinde HDMI tarafında ayarlar yapılması gerekmektedir. Bu ayarlar için harici belleğe yazılmış disk içerisinde config.txt dosyası bulunmalıdır. Daha sonra hdmi_group seçeneği önündeki diyez etiketi kaldırılır. Burada açıklama bölümünde bulunan parametrelerden ilk parametre HDMI konektörü konusu içerisinde bahsedilen kalıcı hafıza entegresinden ekranın bilgilerini almak seçeneğidir. İkinci parametre genellikle televizyonlara ait olan parametredir. Burada

çözünürlük seviyeleri ve renk biçimleri farklılık göstermektedir. Son parametre ise bilgisayar monitörlerinde kullanılan parametredir. Burada da yine çözünürlük seviyeleri ve renk biçimleri farklılık göstermektedir.

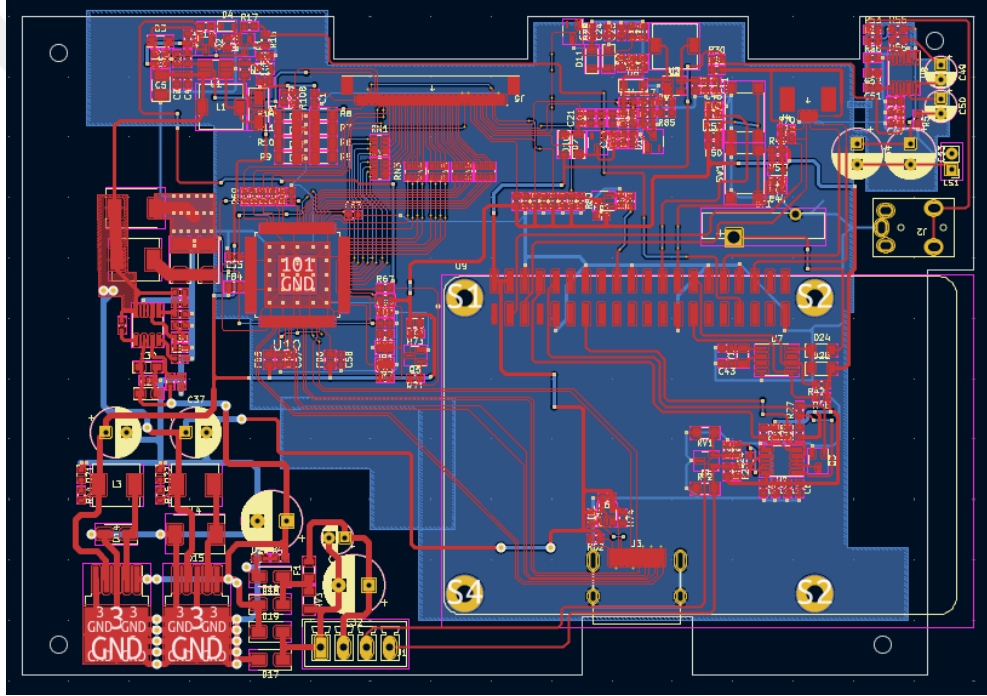
```
## hdmi_group
##   Defines the HDMI type
##
##   Value   Description
##   -----
##   0       Use the preferred group reported by the edid (Default)
##   1       CEA
##   2       DMT
##
hdmi_group=2
```

Yapılacak bir diğer parametre ayarı ise HDMI sinyalini EMI sinyallerine karşı güçlendirmek için yapılmaktadır. Parametreyi aktifleştirmek için başındaki diyez etiketi kaldırılarak config_hdmi_boost parametresi en güçlü sinyal olan 7 olarak ayarlanır.

```
## config_hdmi_boost
##   configure the signal strength of the HDMI interface.
##
##   Value   Description
##   -----
##   0       (Default)
##   1
##   2
##   3
##   4       Try if you have interference issues with HDMI
##   5
##   6
##   7       Maximum
##
config_hdmi_boost=7
```

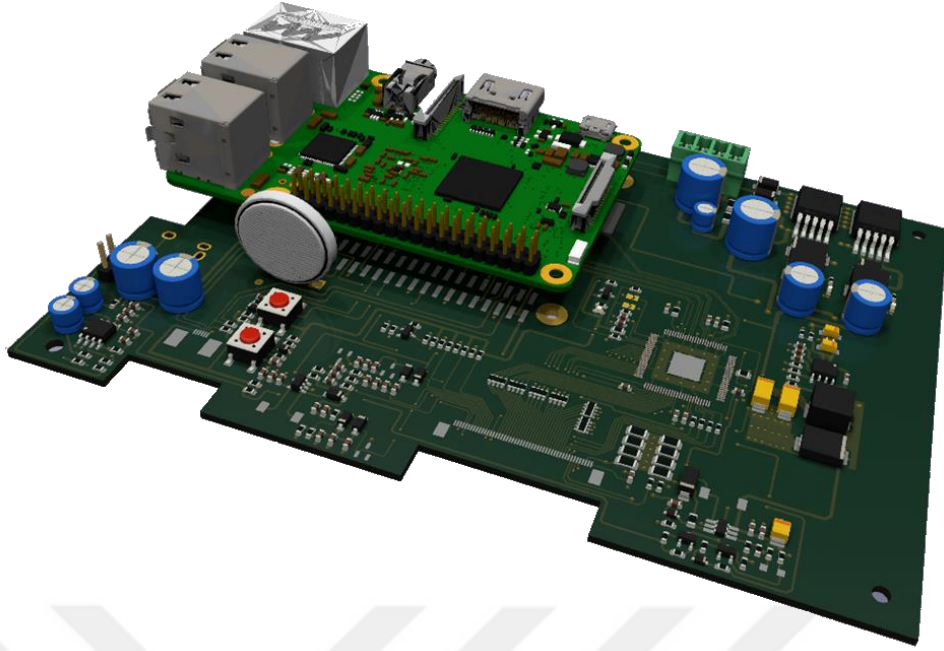
4. TEST ÇALIŞMALARI VE SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen çıktılar ve bununla ilgili olarak ölçüm sonuçlarına bu bölümde yer verilmiştir. Öncelikle 2 boyutlu PCB çizim görselinde kartın mekanik yapısı görülmektedir (Şekil 4.1). LCD panelden gelen RGB haberleşme ve dokunmatik sensörünün esnek kabloları geçmesi için Şekil 4.1’te görüleceği üzere üst tarafında iki adet girinti bulunmaktadır. Kartın dört köşesinde bulunan sabitleme delikleriyle muhafazaya montajı yapıldı. Ayrıca USB ve Ethernet gibi portlarında muhafaza dışından erişimine imkân olması amacıyla sağ alt bölümde büyük bir girinti bulunmaktadır.



Şekil 4.1. 2 Boyutlu Çizim Görseli

Devre kartı tasarımı tamamlandıktan sonra LCD panelin yapıştırıldığı ve devre kartı montajının yapıldığı bir muhafaza kutusu tasarlanmıştır. Bu muhafaza kutusu tasarlanırken devre kartının üzerinde bulunan donanımların 3 boyutlu çizimlerinden yararlanılmıştır (Şekil 4.2). Kullanılan KiCAD programı muhafaza kutusunun tasarlandığı SolidWorks programına 3 boyutlu verileri aktarabilmektedir. 3 boyutlu çizimlerde birbirine yakın malzemelerin montaj esnasında birbirine herhangi bir sorun oluşturup oluşturmadığı kontrol edildi.



Şekil 4.2. 3 Boyutlu Kart Görseli

Üretimi tamamlan devre kartının görseline Şekil 4.3'te yer verildi. LCD ekran plastik muhafazaya bir çift taraflı bant ile yapıştırıldı. Devre kartı sabitleme deliklerinden civatalar ile muhafazaya sabitlendi.



Şekil 4.3. Çalışan Kartın Ön ve Arka Görseli

Şekil 4.4'te bulunan görselde V_{GH} voltajını üretmek için gereken dönüştürücü devresinin osiloskop ile alınmış görüntüsü bulunmaktadır. Hesaplanan değer $18V$ fakat çıkan değer $18.5V$ 'tur. Burada kullanılan Charge Pump devresinde bulunan kapasitör ve diyotların gerçek şartlar altında hesaplamaların $0.5V$ üstünde bir değer çıkardığı gözlemlendi.



Şekil 4.4. V_{GH} Voltajı Osiloskop Görseli

Şekil 4.5'te bulunan görselde AV_{dd} voltajının osiloskop ile alınmış görseli bulunmaktadır. Bu devrede hesaplanan değer $9.6V$ 'tur. Osiloskop ile alınan sonuca göre ise $0.06V$ olarak bir farklılık görülmektedir. Seçilen gerilim bölücü dirençlerinin tolerans değerlerinin düşük seçilmesiyle hesaplamalara yakın bir değer elde edildiği gözlemlendi.



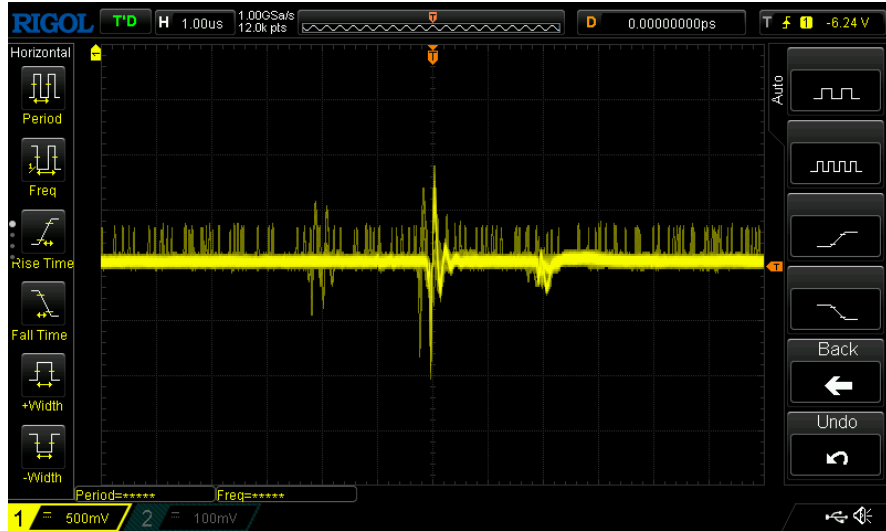
Şekil 4.5. AV_{dd} Voltajı Osiloskop Görseli

Şekil 4.6’da bulunan görselde V_{COM} voltajının osiloskop ile alınmış görüntüsü bulunmaktadır. Burada istenilen voltaj değerine tam olarak ulaşıldığı görülmektedir. Fakat sistem içerisinde bulunan komponentlerden kaynaklı olarak ve hızlı bir sinyal akışı olduğu için görselde görüleceği üzere bazı elektriksel gürültülerin oluştuğu görüldü.



Şekil 4.6. V_{COM} Voltajı Osiloskop Görseli

Şekil 4.7’de bulunan görselde V_{GL} voltajının osiloskop ile alınmış görüntüsü bulunmaktadır. Dönüştürücü devreleri içerisindeki yüzdesel olarak en büyük sapma bu değerde bulunmaktadır. Negatif voltaj üretim devresinde bulunan komponentlerin fazlalığı sebebiyle bu sapma gözlemlendi. Burada tolerans değerleri her seferinde bir çarpan olarak artarak ilerlediği gözlemlendi.



Şekil 4.7. V_{GL} Voltajı Osiloskop Görseli

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Endüstriyel fırın sektörü, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte farklı teknolojik alanlarda çalışma zorunluluğu doğmuştur. Bu zorunluluk, sektörde elektronik tabanlı dokunmatik panellerin farklı sistemlerle bir araya getirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda, geleneksel gömülü sistemlere olan bağımlılık azalmış ve yeni tasarlanan sistemlerin daha hassas olmasıyla birlikte farklı devre koruma yöntemleri geliştirilmiştir.

Son dönemde yaşanan pandemi süreci, elektronik malzeme temininde sıkıntılar yaşanmasına neden olmuştur. Bu durum, donanım ve yazılım tasarımlarında farklı yaklaşımların benimsenmesini gerektirmiştir. Özellikle donanım tarafında, PCB üzerinde farklı modele uygun devrelerin tasarım süreçlerine dahil edilmesi yaygınlaşmıştır.

Yazılımsal olarak da yalnızca belirli üreticilere yönelik olmayan, genel amaçlı yazılımların geliştirilmesine ağırlık verilmeye başlanmıştır. Bu dönemde özellikle kütüphane yapılarında farklılıklar gözlemlenmiştir. Yazılımlar, donanım katmanından tamamen soyutlanarak çok katmanlı bir yazılım mimarisi yapısı benimsenmiştir. Linux tabanlı cihazlar için üretici portföyüne daha fazla uyum sağlayan Yocto projeleri geliştirilmekte ve kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında endüstriyel fırın sektörünün ihtiyaçlarına yönelik çözüm olması amacıyla bir devre kartı ve yazılım tasarlandı. Devre kartı tasarımında 6 aşamalı bir tasarım süreci oluşturuldu. Bu süreç içerisinde ihtiyaçların belirlenmesi, donanımların belirlenmesi, üreticilerin teknik verileri ve genel devre tasarımı kuralları irdelendi. Yapılan devre tasarımı prototip olarak üretildi. Yazılım bölümünde daha önce yapılan çalışmalarda kullanılan Debian tabanlı bir işletim sistemi yerine Yocto tabanlı bir özelleştirilmiş Linux versiyonu oluşturuldu. Yazılım içerisinde LCD ekrana veri aktarma teknolojisinde EGLFS kullanıldı. Bunun sonucunda sistemde X11 ve Wayland olarak adlandırılan masaüstü ekran görüntüleme sistemleri kullanılmadığı için daha önceki çalışmalara göre daha hızlı bir sistem elde edildi.

5.2 Öneriler

Endüstriyel cihazların internete bağlanabilme özelliği, yönetim ve izleme süreçlerini kolaylaştırarak sürdürülebilir bir yapı oluşturmayı mümkün kılmaktadır. Bu sayede, cihazlar daha etkili bir şekilde yönetilebilir ve performansları daha iyi izlenebilir hale gelir. Bunun yanı sıra, hata giderme süreçleri de daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu durum, endüstriyel fırın sektöründe önemli bir gelişme sağlamaktadır.

Ayrıca, internete bağlı cihazlar aracılığıyla yazılım güncellemeleri de kolaylıkla yapılabilir. Bu durum, hataların giderilmesini sağlamanın yanı sıra, cihazların işlevselliğini ve performansını artırmak için yeni özelliklerin eklenmesini de mümkün kılar. Kullanıcılar, internet üzerinden kolayca güncellemeleri indirip yükleyebilir ve cihazlarını her zaman en güncel yazılım sürümüyle kullanabilirler.

Bir endüstriyel fırının kullanıcı tarafında çok sayıda parametreye sahip olması, bu parametrelerin etkin bir şekilde yönetilmesini gerektirir. Bu nedenle, konfigürasyon dosyaları kullanılarak parametrelerin yönetimi kolaylaştırılabilir. Bu dosyalar, bulut teknolojisi aracılığıyla diğer cihazlarla paylaşılabilir ve böylece kullanıcılar arasında ortak ayarlar ve reçeteler oluşturulabilir. Bu da endüstriyel fırınların daha verimli ve tutarlı sonuçlar elde etmesini sağlar.

Endüstriyel fırın sektöründe, mamullerin kalitesi büyük bir önem taşır. Kullanıcıların, sadece basit işlemlerle bu süreci yönetebilmesi, kullanım kolaylığı açısından büyük bir avantajdır. İşletim sistemi üzerinde çalışan uygulamaların sürekli olarak veri toplaması ve bu verileri bir sonraki pişirme işlemi için kullanabilmesi, kalite kontrolü açısından önemlidir. Bu verilerin analizi ve kullanımı, ortak reçetelerin oluşturulmasına ve mamul kalitesinin artırılmasına yardımcı olur.

Elektronik donanım tasarımı aşamasında, sistemin parazitlere karşı gürbüz olması büyük önem taşır. Tasarım standartları ve uygun üretim yöntemleri, sistemin istenmeyen etkilerden etkilenme olasılığını azaltır. Ayrıca, donanım değişikliklerine hızlı bir şekilde adapte olabilme yeteneği de önemlidir. Bu nedenle, üreticilerin sistemi kolayca güncelleyebilmeleri için esnek ve modüler bir yapı oluşturulmalıdır. Yazılım tarafında da benzer bir yaklaşım izlenmelidir. Yazılımların donanımdan bağımsız olması ve güncellemelerin kolaylıkla yapılabilmesi, sistemin esnekliğini ve kullanılabilirliğini artırır.

Sonuç olarak, endüstriyel fırın sektöründe internete bağlanabilir cihazlar ve gelişmiş yazılımlar, daha etkin yönetim ve izleme imkânı sağlamaktadır. Bu sayede, kalite kontrolü, kullanıcı kolaylığı ve sistem adaptasyonu gibi önemli faktörlerde iyileştirmeler elde edilmektedir. İleri teknoloji kullanımıyla endüstriyel fırınlar daha verimli, güvenilir ve tutarlı sonuçlar sunabilmektedir.

Bu konuda çalışma yapacak araştırmacılara sistem tasarımının genel yapı itibarıyla bir telefon sistemiyle benzermesi sebebiyle farklı LCD bağlantı yöntemleri denemesi yapıp sonuçların karşılaştırması tavsiye edilir. Yapılan sistemden bir veri toplama aracı ile verilerin toplanıp işlenmesi ve bunun sonuçlarının araştırılması tavsiye edilir. Ayrıca yapılan sistem ile uzaktan kontrol edilebilen bir yapının test edilmesi tavsiye edilir.



KAYNAKLAR

- Chunquan L., Xiaole K., 2010, Effects of ground vias on high-speed signal transmission in high-speed PCB design, *11th International Conference on Electronic Packaging Technology High Density Packaging, ICEPT-2010*, Xi'an, 88-91.
- Estivill-Castro V., Hexel R., Stover J., 2015, Modeling, Validation, and Continuous Integration of Software Behaviours for Embedded Systems, *European Modelling Symposium, EMS-2015*, Madrid, 89-95.
- Ghosal A., Halder S., Conti M., 2021, STRIDE: Scalable and Secure Over-The-Air Software Update Scheme for Autonomous Vehicles, *International Conference on Communications, ICC-2021*, Dublin, 1-6.
- Guo H., Wang Z., Wang X., 2010, Transplant of Linux and Embedded System of Boot Loader and LED Driver, *International Conference on Machine Vision and Human-machine Interface, MVHI-2010*, Kaifeng, 733-736.
- Hans M. R., Bhagwat N. B., 2020, Implementation of Switched Mode Power Supply with Power Quality Enhancement using Zeta Converter, *International Conference on Smart Electronics and Communication, ICOSEC-2020*, Trichy, 1078-1080.
- Hu W., Wu J., Liu F., Hong G., Jiang M., 2020, Integrated Curriculum Framework Design for Embedded Systems, *International Conference on Computer Science and Educational Informatization, CSEI-2020*, Xinxiang, 197-201.
- Jeon H. K., Moon Y. H., Kang J. K., Kim L. S., 2011, An Intra-Panel Interface With Clock-Embedded Differential Signaling for TFT-LCD Systems, *Journal of Display Technology*, 7 (10), 562-571.
- Jin M., Zhou X., Duan P., Tian Z., Zhou J., 2008, The Design and Implementation of Embedded Configuration Software Based on Embedded-Linux, *International Conference on Computer Science and Software Engineering, CSSE-2008*, Wuhan, 98-101.
- Jinhui Q., Hui L. D., Junchao Y., 2012, The Application of Qt/Embedded on Embedded Linux, *International Conference on Industrial Control and Electronics Engineering, ICOCEE-2012*, Xi'an, 1304-1307.
- Kim, J., Lee, D., & Lee, S., 2016, Temperature-Dependent Behavioral Model of Active-Matrix Liquid Crystal Displays for All Types of Liquid Crystals, *Journal of Display Technology*, 12 (9), 881-887.
- Liu W., Xu W., Mu X., Cheng J., 2020, Design of Smart Home Control System Based on Embedded System, *Chinese Automation Congress, CAC-2020*, Shanghai, 6576-6579.
- Minglei L., Guiying C., Xiaodong S., Huabin M., 2011, Design of LCD display system for handheld devices based on Linux, *International Conference on Electronics, Communications and Control, ICECC-2011*, Ningbo, 822-825.

- Peng D., Zhang H., Yang L., Li H., 2008, Design and Realization of Modbus Protocol Based on Embedded Linux System, *International Conference on Embedded Software and Systems Symposia, ICESS-2008*, Chengdu, 275-280.
- Reddy, B. S. ve Verma, A. R., 2015 Protection of Digital Telecom Exchanges Against Lightning Surges and Earth Faults. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 51 (6), 5305-5311.
- Zandberg K., Schleiser K., Acosta F., Tschofenig H., Baccelli E., 2019, Secure Firmware Updates for Constrained IoT Devices Using Open Standards: A Reality Check. *IEEE*, 7, 71907-71920.

