

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**TEKNOLOJİ EĞİTİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE DÜŞÜK
MALİYETLİ UZAKTAN ERİŞİMLİ BİR LABORATUVAR
GELİŞTİRİLMESİ**

SÜLEYMAN KAVAK

DOKTORA TEZİ

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Metin DEMİRTAŞ (Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Yusuf ALTUN
Doç. Dr. Serhat KÜÇÜKDERMENCİ
Doç. Dr. Serhat Berat EFE
Dr. Öğr. Üyesi. Erdem İLTEN

BALIKESİR, ŞUBAT - 2024

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Teknoloji Eğitiminde Kullanılmak Üzere Düşük Maliyetli Uzaktan Erişimli Bir Laboratuvar Geliştirilmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Süleyman KAVAK

ÖZET

**TEKNOLOJİ EĞİTİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE DÜŞÜK MALİYETLİ
UZAKTAN ERİŞİMLİ BİR LABORATUVAR GELİŞTİRİLMESİ
DOKTORA TEZİ
SÜLEYMAN KAVAK
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. METİN DEMİRTAŞ)

BALIKESİR, ŞUBAT - 2024

Bu çalışma, özellikle mesleki ve teknik eğitimde önemli bir yeri bulunan uygulamalı ve deneysel öğrenme yöntemlerini elektronik platforma taşıyarak uzaktan erişilebilir hale getirmeyi hedeflemektedir. Klasik laboratuvarlardaki deneysel düzeneklerin uzaktan erişimle kullanılması kullanıcıların zaman ve yer sınırlaması olmadan laboratuvar ortamından faydalanmasını sağlamaktadır. Bu maksatla teknoloji eğitiminde kullanılmak amacıyla düşük maliyetli uzaktan erişimli bir laboratuvar geliştirilmiştir.

Kullanıcılar, simülasyonlarla beraber gerçek zamanlı deney düzeneklerin üzerinde çalışabilmekte ve gerçek deney sonuçları ile simülasyon sonuçlarını karşılaştırarak eğitim deneyimlerini zenginleştirilebilmektedirler.

Bu çalışmada güç elektroniği konusu ve deneylerine yer verilmiştir. Güç elektroniği konusunda uzaktan erişilebilir deney düzenekleri hazırlanmış ve kullanıcıların istifadesine sunulmuştur. Uzaktan kontrol deneylerinin etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla bir web sitesi hazırlanmış ve kullanıcıların erişimine açılmıştır. Hazırlanan web sitesi, kullanıcılara deneylerin nasıl yapılacağına dair detaylı talimatlar içermekte ve ayrıca elektronik ve uzaktan erişim konuları ile ilgili genel bilgiler sunmaktadır.

Bu çalışmanın eğitimde teknolojiye dayalı çözümlerin yaygınlaşmasına olanak sağlayacağı ve teknolojik eğitimdeki değişen ihtiyaçlara cevap verme konusunda katkıda bulunacağı tahmin edilmektedir. Uzaktan erişimli laboratuvarlar, öğrencilere daha fazla esneklik ve erişim imkanı sunarak, eğitimde deneysel öğrenmenin sınırlarını genişletmektedir. Bu çalışmanın, gelecekte eğitim alanında benzer teknolojilerin daha fazla benimsenmesine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Sanal laboratuvar, E-öğrenme, Mühendislik, Eğitim, Uzaktan kontrol

Bilim Kod / Kodları : 90517-90522-90526

Sayfa Sayısı : 101

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A LOW-COST REMOTE ACCESS LABORATORY FOR USE IN TECHNOLOGY EDUCATION

PH.D THESIS

SÜLEYMAN KAVAK

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

(SUPERVISOR: PROF. DR. METİN DEMİRTAŞ)

BALIKESİR, FEBRUARY - 2024

This study aims to make practical and experimental learning methods, especially significant in vocational and technical education, accessible through electronic platforms. Enabling remote access to classical laboratory equipment allows users to benefit from laboratory environments without time and location constraints. For this purpose, a low-cost remote access laboratory has been developed to be used in technology education.

Users can work on real-time experimental setups in conjunction with simulations and enrich their educational experiences by comparing real experimental results with simulation outcomes.

This study focuses on the subject of power electronics and its experiments. Remote access experimental setups for power electronics have been prepared and made available to users. A website has been prepared and made accessible to users for the effective implementation of remote control experiments. The website provides users with detailed instructions on how to conduct experiments and also contains general information on electronic and remote access.

It is anticipated that this study will contribute to the proliferation of technology-based solutions in education and respond to the evolving needs of technology education. Remote laboratories provide students with increased flexibility and accessibility, thus expanding the boundaries of experimental learning in education. It is considered that this study may contribute to the adoption of similar technologies in the field of education in the future.

KEYWORDS: Virtual laboratory, E-learning, Engineering, Education, Remote control

Science Code / Codes : 90517-90522-90526

Page Number : 101

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ	1
3. UZAKTAN ERİŞİMLİ LABORATUVARLAR	6
3.1 Uzaktan Erişimli Laboratuvar Çeşitleri	7
3.1.1 Sanal Laboratuvarlar	8
3.1.2 Uzaktan Erişimli Laboratuvarlar	8
3.2 Uzaktan Erişimli Laboratuvarların Karşılaştırılması	8
3.3 Uzaktan Erişimli Laboratuvarların Faydaları ve Sakıncaları.....	9
4. UZAKTAN ERİŞİMLİ BİR LABORATUVAR TASARIMI	13
4.1 DAQ NI USB-6008 için Tasarlanan Test ve Deney Kartı.....	13
4.1.1 DAQ NI USB-6008	13
4.2 500 Watt'lık İnverter Tasarımı	15
4.3 İzolasyonu Ölçüm Kartı Tasarımı.....	21
4.4 Uzaktan Erişimli Güç Kontrol Devresi Tasarımı.....	25
4.5 LabVIEW Kontrol Yazılımı Hazırlanması	28
4.5.1 LabVIEW Sinyal Ölçüm Dönüşüm Tablosu Hazırlanması	29
4.6 DC-DC Konvertörler	31
4.6.1 Buck Konvertör	31
4.6.2 Buck Konvertör Deneyi	36
4.6.3 Boost Konvertör	38
4.6.4 Boost Konvertör Deneyi	44
4.7 Dörtlü 5V Röle Kontrol Modülü.....	45
4.8 LabVIEW Uygulamaları	45
4.8.1 Buck Konvertör LabVIEW Uygulaması	46
4.8.2 Boost Konvertör LabVIEW Uygulaması	47
4.8.3 Güç Kontrol Devresi LabVIEW Uygulaması	48
4.8.4 İnverter Devesi LabVIEW Uygulaması	49
4.9 Tasarlanan Deney Devresi	50
4.10 Deneysel Çalışma	51
4.11 LabVIEW ve Arduino'nun Seri Port (USB) Üzerinden Haberleştirilmesi	53
4.12 İPC Protokolü Kullanılarak Arduino ile LCD Bağlantısı.....	56
4.12.1 İPC Protokolü	57
4.13 Installer Paketi Oluşturma	61
4.14 LabVIEW Üzerinden Kamera ile Görüntü Aktarımı	64
4.15 Web Sitesi için Alan Adı (Domain) Alınması.....	65

4.16 WEB Sitesi Tasarımı	65
4.17 Web Sitesinin Web Ortamına Taşınması	67
4.18 Web Sitesi ile LabVIEW Programının Çakışması Sorunu.....	67
4.19 Deney Devresi için Yeni Bir LabVIEW Arayüz Tasarımı.....	67
4.20 Canlı Kamera Görüntüsü için Yeni Bir LabVIEW Arayüz Tasarımı	69
4.21 Statik IP Adresi Temini	70
4.22 Domain - Alan Adı «www.powerelectronix.com» Yönlendirme.....	72
4.23 Deney Devresinin Sadeleştirilmesi.....	73
4.24 Server Temin Edilmesi	73
4.25 Kullanıcı Girişi ve Kayıt Ekranlarının Güncellenmesi.....	74
4.26 Uzaktan Erişimli Deneyler için Boost Konvertör Modülü Tasarımı.....	75
4.27 LabVIEW Front Panel ve Blok Diyagramı Güncellenmesi	77
4.28 Deneysel Çalışma Ortamı	79
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
6. KAYNAKLAR	83
EKLER	91
EK A: Deney Devresi Arduino Kodu.....	92
EK B: Boost Konvertör Deney Devresi ISIS Çizimi	95
EK C: Boost Konvertör Deney Devresi ARES Çizimi	96
EK Ç: Boost Konvertör Deney Devresi LabVIEW Front Panel Görünümü.....	97
EK D: Boost Konvertör Deney Devresi LabVIEW Blok Diyagramı Görünümü	98
EK E: Boost Konvertör Deney Devresi Blok Diyagramı.....	99
EK F: Deney Devresinde Kullanılan Ekipmanların Yaklaşık Maliyetleri Tablosu	100
ÖZGEÇMİŞ	101

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: E-Laboratuvar platformunun donanım mimarisi [21].	7
Şekil 4.1: DAQ için tasarlanan test kartı baskılı devre ve üstten görünüşü.	15
Şekil 4.2: EC42 yüksek frekans transformatörü.	16
Şekil 4.3: (a) TLP 250 iç yapısı (b) TLP 250 pin bağlantıları.	16
Şekil 4.4: LED bağlantıları.	17
Şekil 4.5: Soğutucu düzeneği bağlantıları.	17
Şekil 4.6: Harici 12V besleme ünitesi girişi.	18
Şekil 4.7: Güç kaynağı olarak kullanılan 12V 42Ah'lik akü.	18
Şekil 4.8: İnverter devresine ait ISIS devre şeması.	19
Şekil 4.9: İnverter devresine ait ARES baskı devre çizimi.	19
Şekil 4.10: İnverter devresinin baskı devresi.	20
Şekil 4.11: İnverter devresinin yerleşim planı.	20
Şekil 4.12: İnverter devresinin üstten görünüşü.	21
Şekil 4.13: HCLP-7800A izolasyonlu ampifikatöre ait bacak yapısı.	22
Şekil 4.14: ACS711 entegresinin bacak bağlantısı.	23
Şekil 4.15: İzolasyonlu ölçüm kartına ait ISIS çizimi.	23
Şekil 4.16: İzolasyonlu ölçüm kartına ait ARES çizimi.	24
Şekil 4.17: İzolasyonlu ölçüm kartına ait tam devre resmi üst görünüşü.	24
Şekil 4.18: İzolasyonlu ölçüm kartına ait tam devre resmi alt görünüşü.	24
Şekil 4.19: Güç kontrol devresi.	25
Şekil 4.20: Güç kontrol devresi giriş çıkış sinyal şekilleri [73].	25
Şekil 4.21: Triyak akım-gerilim karakteristik eğrisi [74].	26
Şekil 4.22: Uzaktan erişimli güç kontrol deney devresi ISIS devre şeması.	26
Şekil 4.23: Uzaktan erişimli güç kontrol deney devresi ARES baskı devre şeması.	27
Şekil 4.24: Deney devresinin lehimleme işlemi.	27
Şekil 4.25: Deney devresinin çalışmasına ait osiloskop görüntüsü.	28
Şekil 4.26: Front panel ekran görüntüsü devrenin tam ve yarım yükte çalışması.	28
Şekil 4.27: Blok diyagram ekran görüntüsü devrenin tam ve yarım yükte çalışması.	29
Şekil 4.28: Deney düzeneğinin tamamlanmış hali.	30
Şekil 4.29: XL4015 Buck konvertör modülü.	31
Şekil 4.30: Buck konvertör devre şeması.	32
Şekil 4.31: Buck konvertör devresi anahtar durumları.	32
Şekil 4.32: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-1.	33
Şekil 4.33: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-2.	33
Şekil 4.34: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-3.	34
Şekil 4.35: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-4.	34
Şekil 4.36: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-5.	35
Şekil 4.37: Buck konvertör devre şeması [75].	35
Şekil 4.38: Alçak geçiren filtreye uygulanmış kare dalga sinyali [75].	36
Şekil 4.39: (a) Voltaj sensörü, (b) ACS712T akım sensörü.	37
Şekil 4.40: Buck konvertör deney devresi resmi.	37
Şekil 4.41: XL6009 Boost konvertör modülü.	38
Şekil 4.42: Boost konvertör devre şeması-1.	39
Şekil 4.43: Boost konvertör devre şeması-2 [69].	39
Şekil 4.44: Boost konvertör iletim ve kesim durumları [69].	40
Şekil 4.45: Boost konvertör devre şeması-3 [75].	40

Şekil 4.46: (a) Boost konvertör anahtar kapalı, (b) anahtar açık [75].	41
Şekil 4.47: Boost konvertör devre şeması-4 [81].	41
Şekil 4.48: Boost konvertör devre şeması sürekli mod [81].	42
Şekil 4.49: Boost konvertör deney devresi resmi.	44
Şekil 4.50: Dörtlü 5V röle kontrol modülü.	45
Şekil 4.51: Buck konvertör LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü.	46
Şekil 4.52: Buck konvertör LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.	46
Şekil 4.53: Boost konvertör LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü.	47
Şekil 4.54: Boost konvertör LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.	47
Şekil 4.55: Güç kontrol devresi LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü.	48
Şekil 4.56: Güç kontrol devresi LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.	48
Şekil 4.57: İnverter devresi LabVIEW uygulaması (çalışma) front panel görüntüsü.	49
Şekil 4.58: İnverter devresi LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.	49
Şekil 4.59: Deney setinin üstten görünüşü.	50
Şekil 4.60: Deney devresi blok diyagramı.	50
Şekil 4.61: Analog sinyal okuma ve yazma.	53
Şekil 4.62: Analog sinyal okuma ve dijital sinyal yazma.	54
Şekil 4.63: Seri port ile frekans kontrolü.	54
Şekil 4.64: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma ve frekans LabVIEW-1.	55
Şekil 4.65: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma ve frekans LabVIEW-2.	55
Şekil 4.66: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma, frekans ve grafik okuma-1.	56
Şekil 4.67: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma, frekans ve grafik okuma-2.	56
Şekil 4.68: I ² C modülü ve Arduino-LCD bağlantısı.	57
Şekil 4.69: I ² C sistemleri örnek bir veri yolu bağlantısı-1 [71].	58
Şekil 4.70: I ² C sistemleri örnek bir veri yolu bağlantısı-2 [71].	59
Şekil 4.71: Proje dosyası ekran görüntüsü.	61
Şekil 4.72: Exe dosyası ekran görüntüsü.	62
Şekil 4.73: Source file ekran görüntüsü.	62
Şekil 4.74: Installer ekran görüntüsü.	63
Şekil 4.75: Additional installers ekran görüntüsü.	63
Şekil 4.76: Deney devresi canlı kamera görüntüsü.	64
Şekil 4.77: Deney devresine ait blok diyagram ekran görüntüsü.	64
Şekil 4.78: Web sitesinin anasayfa ekran görüntüsü.	65
Şekil 4.79: Web sitesinin remote lab. sayfası ekran görüntüsü.	65
Şekil 4.80: Web sitesinin deney aşamaları sayfası ekran görüntüsü-1.	66
Şekil 4.81: Web sitesinin deney aşamaları sayfası ekran görüntüsü-2.	66
Şekil 4.82: Kullanılan Laragon programının ekran görüntüsü.	67
Şekil 4.83: Yeni bir LabVIEW arayüz tasarımı front panel ekran görüntüsü.	68
Şekil 4.84: Yeni Bir LabVIEW arayüz tasarımı blok diyagram ekran görüntüsü.	69
Şekil 4.85: Canlı kamera görüntüsüne ait LabVIEW front panel ekran görüntüsü.	69
Şekil 4.86: Canlı kamera görüntüsü için LabVIEW blok diyagram ekran görüntüsü.	70
Şekil 4.87: http://www.powerelectronix.com:8000/1.html yöntemi ile bağlantı linki.	71
Şekil 4.88: http://178.244.228.23:8000/1.html yöntemi ile bağlantı linki.	72
Şekil 4.89: Deney devresinin sadeleştirilmiş görüntüsü.	73
Şekil 4.90: Kullanılan serverin görüntüsü.	74
Şekil 4.91: Kullanıcı giriş sayfası ekran görüntüsü.	74
Şekil 4.92: Kullanıcı kayıt sayfası ekran görüntüsü.	75
Şekil 4.93: Deney devresi ISIS çizimi.	75
Şekil 4.94: Deney devresi ARES çizimi.	76
Şekil 4.95: Deney devresi 3-D modellemesi.	76

Şekil 4.96: Deney devresinin tamamlanmış hali üstten görünüşü.	77
Şekil 4.97: LabVIEW blok diyagram görünümü.	78
Şekil 4.98: LabVIEW front panel görünümü.	78
Şekil 4.99: Deneysel çalışma ortamı.	79
Şekil B.1: Boost konvertör deney devresi ISIS çizimi.	95
Şekil C.1: Boost konvertör deney devresi ARES çizimi.	96
Şekil Ç.1: Boost konvertör deney devresi LabVIEW front panel görünümü.	97
Şekil D.1: Boost konvertör deney devresi LabVIEW blok diyagram görünümü.	98
Şekil E.1: Boost konvertör deney devresi blok diyagramı.	99



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Laboratuvar çeşitleri [23].	7
Tablo 3.2: Geleneksel, sanal ve uzaktan erişimli laboratuvar karşılaştırılması[80].	9
Tablo 4.1: NI USB-6008 kartının teknik özellikleri.	14
Tablo 4.2: LabVIEW sinyal ölçüm dönüşüm tablosu.	29
Tablo 4.3: %25 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci 1 ohm).	51
Tablo 4.4: %50 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci 1 ohm).	51
Tablo 4.5: %70 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci 1 ohm).	51
Tablo 4.6: %25 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci yok).	52
Tablo 4.7: %50 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci yok).	52
Tablo 4.8: %75 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci yok).	53
Tablo 4.9: Arduino türlerine göre SDA ve SCL pinleri.	60
Tablo F.1: Deney devresinde kullanılan ekipmanların yaklaşık maliyetleri tablosu.	100



SEMBOL LİSTESİ

I	: Akım (Amper)
kV	: Kilovolt
kΩ	: Kiloohm
ms	: Milisaniye
mA	: Miliamper
nF	: Nanofarad
R	: Direnç (Ohm)
V	: Gerilim (Volt)
W	: Watt
μ	: Mikro
μA	: Mikroamper
μF	: Mikrofarad
Ω	: Ohm



KISALTMALAR LİSTESİ

AC	: Alternatif Akım (Alternatif Current)
ADC	: Analog Dijital Dönüştürücü (Analog to Digital Converter)
AO	: Analog Çıkış (Analog Output)
AI	: Analog Giriş (Analog Input)
DAQ	: Veri Toplama Kartı (Data Acquisition Card)
DC	: Doğru Akım (Direct Current)
IC	: Entegre Devre (Integrated Circuit)
IP	: İnternet Protokolü (Internet Protocol)
LabVIEW	: Laboratory Virtual Instruments for Engineering Workbench
LAN	: Yerel Alan Ağı (Local Area Network)
LED	: Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
NI	: National Instruments
PCB	: Baskılı Devre Kartı (Printed Circuit Board)
PLC	: Programlanabilir Lojik Denetleyici (Programmable Logic Controller)
PWM	: Darbe Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
RAM	: Rastgele Erişimli Bellek (Random Access Memory)
ROM	: Sadece Okunabilir Bellek (Read-Only Memory)
SCL	: Serial Clock
SDA	: Serial Data
USB	: Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus)
WTL	: Web Tabanlı Laboratuvar
WI-FI	: Kablosuz Bağlantı Alanı (Wireless Fidelity)
VL	: Sanal Laboratuvar (Virtual Laboratory)

ÖNSÖZ

Doktora eğitimi süresi boyunca her türlü yardımı ve desteği benden esirgemeyen başta danışman hocam Sayın Prof. Dr. Metin DEMİRTAŞ olmak üzere, Sayın Doç. Dr. Yusuf ALTUN ve Sayın Doç. Dr. Serhat KÜÇÜKDERMENCİ'ye en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Ailem başta olmak üzere, eşim Melike KAVAK ve çocuklarım Emin KAVAK, Metin Alp KAVAK ile birlikte bu süreci benimle paylaşan tüm dost ve arkadaşlarım için minnettarım.

Emeği geçen herkese sonsuz teşekkürler.

Bahkesir, 2024

Süleyman KAVAK



1. GİRİŞ

Bu çalışma, uzak laboratuvarların teknoloji ve mühendislik eğitiminde daha etkin bir şekilde kullanılmasını hedeflemektedir. Bu konuda geniş bir literatür araştırması yapılmış ve yapılan araştırmalar sonucunda, özellikle uzak laboratuvarların güç elektroniği eğitiminde kullanılması konusundaki akademik çalışmaların benzer diğer alanlara nazaran daha az olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışma, kullanılan yöntem ve tekniklerle bu alanda yapılacak yeni çalışmalara katkıda bulunmayı ve literatürdeki bu boşluğu gidermeyi amaçlamaktadır. Bu maksatla teknoloji eğitiminde kullanılmak üzere düşük maliyetli uzaktan erişimli bir laboratuvar geliştirilmiştir. Güç Elektroniği eğitimine yönelik çeşitli deneyler hazırlanmıştır. Güç Elektroniği konularından “Boost Konvertör” konusuna yönelik deney düzeneği uzaktan erişimle öğrencilerin istifadesine sunulmuştur.

Deney düzenekleri hazırlanırken güç elektroniği alanında uzaktan erişimle deney yapılmasına yönelik zorluklar gözlemlenmiş ve karşılaşılan zorluklara karşı değişik çözüm yöntemleri uygulanmıştır.

Deney devresi oldukça basit ve anlaşılır şekilde hazırlanmıştır. Baskı devrenin hazırlanmasında fabrikasyon teknikleri ile birlikte ev ortamında klasik yöntemler de kullanılarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında bir web sitesi hazırlanmıştır. Bu sitede elektronik ile ilgili konulara yer verilmiştir. Kullanıcılar siteye internet yoluyla erişim sağlayıp mail adresleri ile kaydolduktan sonra deneyleri kullanabilmektedirler. Site içerisinde deneyleri nasıl kullanabilecekleri içeren ve işlem basamaklarını gösteren detaylı bir web sayfası mevcuttur.

Bu çalışmanın, eğitimde teknolojiye dayalı çözümlerin yaygınlaşmasına olanak sağlayacağı ve eğitimdeki değişen ihtiyaçlara cevap verme konusunda katkıda bulunacağı tahmin edilmektedir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Bu tez çalışmasının literatür incelemesi yapılırken en kapsamlı veri tabanlarından biri olan Web of Science veri tabanı kullanılmıştır. Tez konusuyla ilgili olarak 1996-2023 yılları arasında ("remote lab" or "virtual lab" or "remote laboralory" or "virtual laboratory" or "remote labs" or "virtual labs" or "Remote Laboratories" or "Virtual Laboratories") and ("education" or "engineering educations") şeklinde filtreleme yapılarak yapılan çalışmaların konu bazlı incelemesi yapılmış ve “Sanal Labortuvarlar ve Eğitim” alanında yayımlanmış toplam 2.508 akademik çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan 1.102 akademik makale ve makale incelemesi olup, bunlar arasından en çok atıf alan makalelerden bazıları aşağıda ele alınmıştır.

J. Ma ve J. V. Nickerson (2006) yaptıkları çalışmada laboratuvar tabanlı derslerin bilimsel eğitimdeki kritik rolünü ve otomasyonun bu laboratuvarların doğasını nasıl değiştirdiğini ele almaktadırlar. Makale, el yordamıyla yapılan, simüle edilen ve uzaktan erişilebilen laboratuvarlar arasındaki değer tartışmasını ele alırken, bu laboratuvarların eğitimle ilgili literatürünün incelenmesi yoluyla mevcut araştırmanın durumuna dair çeşitli sonuçlara ulaşılmaktadır [1].

De Jong, T., Linn ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmada öğrencilerin bilim ve mühendislik eğitiminde hem fiziksel hem de sanal laboratuvarları nasıl kullanabileceğini inceleyerek, bu laboratuvarların, öğrencilere bilimsel olguları araştırma, veri toplama tekniklerini, modelleri ve teorileri kullanma fırsatı sunduğuna işaret etmektedirler [2].

V. Potkonjak ve arkadaşları (2016) bilim, teknoloji ve mühendislik alanlarında sanal laboratuvarların ve sanal dünyaların mevcut durumunu özetlemektedirler, Özellikle robotik alanına vurgu yapılırken, bu alanlardaki ana araştırma faaliyetlerini tartışmaktadırlar [3].

L. Gomes ve S. Bogosyan (2009) yaptıkları çalışmada uzaktan laboratuvarların mevcut trendlerini ve bu trendlerin endüstriyel elektronik üzerindeki etkilerini incelemektedirler. Bu çalışma, laboratuvarların endüstriyel elektronik alanındaki uygulamalarını ve bu uygulamaların gelecekteki potansiyelini incelemektedir [4].

R. Heradio, L. De La Torre ve arkadaşları (2016) yaptıkları çalışmada mühendislik ve bilim eğitiminde laboratuvar deneylerinin rolünü, sanal ve uzaktan laboratuvarların geleneksel laboratuvarlara kıyasla maliyetleri nasıl azalttığını araştırmaktadırlar. Çalışma, sanal ve uzaktan laboratuvarlar hakkındaki literatürü 2015 yılına kadar analiz ederken, en etkili yayınları, en çok araştırılan konuları ve bu konulara olan ilginin nasıl geliştiğini belirtmektedir [5].

J. Martín-Gutiérrez, C. E. Mora ve arkadaşları (2017) yaptıkları çalışmada eğitimde sanal teknolojilerin trendlerini ve bu trendlerin matematik, bilim ve teknoloji eğitimi üzerindeki etkilerini araştırmaktadırlar. Çalışma, bu teknolojilerin eğitimde nasıl kullanıldığını ve bu kullanımın öğrencilerin öğrenme deneyimlerini nasıl geliştirdiğini incelemektedir [6].

S. D. Bencomo (2004) yaptığı çalışmada bilgi teknolojisinin kontrol eğitiminde nasıl daha etkili ve verimli bir uygulamaya doğru ilerlediğini ve ayrıca, internetin olanaklarını kullanmanın gerekliliğinden bahsederek geleneksel laboratuvarların sanal veya uzaktan laboratuvarlarla nasıl değiştirildiğini ele almaktadır [7].

B. Balamuralithara ve P. C. Woods (2009) yaptıkları çalışmada bilgi ve iletişim teknolojisinin mühendislik eğitimi üzerindeki etkisini incelemekle birlikte, ayrıca mühendislik eğitiminin ayırt edici öğelerinden biri olan laboratuvar gereksinimine odaklanarak ve sanal laboratuvarların - simülasyon ortamı laboratuvarları ve internet üzerinden uzaktan laboratuvarların - mevcut eğilimlerini ele almaktadır [8].

J. Bourne, D. Harris, ve F. Mayadas (2005) yaptıkları çalışmada, dünya çapında iletişim ağlarının ve güçlü bilgisayar teknolojilerinin, uzaktan eğitim kavramını ve mühendislik eğitimi içeriğinin sunumunun nasıl yeniden tanımladığını incelemektedirler. Ayrıca, Sloan Konsorsiyumu'nun çevrimiçi öğrenmede kalite, ölçek ve genişlik arayışınının mühendislik öğrencilerine olan etkisini ve mühendislik fakültelerinin ve okullarının mühendislik eğitimi sağlayıcıları olarak geleceğini ele almaktadırlar [9].

J. E. Froyd, P. C. Wankat, ve K. A. Smith (2012) yaptıkları çalışmada mühendislik eğitimindeki beş büyük değişimi belirlemişlerdir. Bunlardan ilki uygulamaya dayalı eğitimden matematiksel modelleme ve bilimsel analizlere doğru bir geçişi içerirken, sonraki dört değişim ise mühendislik eğitiminin sürekli gelişimini ve öğrenci öğrenimini iyileştirmeyi ele almaktadır [10].

Mevcut makaleler incelendiğinde Uzak laboratuvar uygulamalarının sadece elektronik biliminde değil birçok farklı bilim dalında ele alındığı tespit edilmiştir.

Bu kısımda Literatürde yer alan ve Elektronik ve Elektronik Eğitimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yine aynı şekilde Web of Science veri tabanı kullanılmıştır. Tez konusuyla ilgili olarak 1998-2023 yılları arasında ("remote lab" or "virtual lab" or "remote laboralory" or "virtual laboratory" or "remote labs" or "virtual labs" or "Remote Laboratories" or "Virtual Laboratories") and ("education" or "engineering educations") ilave olarak “electronic” konusu içerecek şekilde filtreleme yapılmış ve “Sanal Labortuvarlar, Eğitim ve Elektronik” alanında yayımlanmış toplam 190 akademik çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalar 69 akademik makale ve makale incelemesi olup, bunlar arasından en çok atıf alan makalelerden bazıları aşağıda ele alınmıştır.

M. Tawfik ve arkadaşları(2013) yaptıkları çalışmada Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) adlı bir uzaktan laboratuvar projesi geliştirmişlerdir. VISIR, fiziksel devre elemanlarını taklit eden bir sanal tezgah üzerinde elektronik devrelerin uzaktan kablolama ve ölçümünü sağlamaktadır. Bu sistem, öğrenciler tarafından gönderilen giriş devre tasarımlarını uygulanmadan önce doğrulayarak ekipmanı tehlikeli bağlantılardan koruyan bir LabVIEW sunucu yazılımı ve ölçüm sunucu yazılımı tarafından kontrol edilir. Makale, VISIR’ın benzersizliğini vurgulamak için onu Data Acquisition Cards (DAQs), NetLab ve RemotElectLab gibi diğer yaklaşımlarla karşılaştırmaktadır. Ayrıca, çeşitli üniversitelerdeki öğrencilerden alınan geri bildirimler ve karşılaşılan sorunlar ile önerilen çözümler üzerinde durulmaktadır [11].

M. Huba ve M. Simunek (2007) yaptıkları çalışmada "Sınırlı Zaman Gecikmeli Oransal-Integral-Türev Kontrolü" öğretiminde kullanılan etkileşimli e-öğrenme araçlarını ve gerçek sistemlerle deney yapma imkânı sunan laboratuvarları içeren bir karma öğrenme yaklaşımını ele almaktadırlar. Bu yöntem, öğrencilere internet üzerinden 7/24 gerçek sistemlerde çalışma ve deney yapma fırsatı sunarak etkileşimli öğrenme ortamı oluşturmaktadır [12].

A. Mejías Borrero ve J. M. Andújar Márquez (2012) yaptıkları çalışmada, mühendislik laboratuvar uygulamalarının önemini vurgulayarak, geleneksel sınıf laboratuvarlarının e-öğrenme stratejilerine uyumlu hale getirilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Mevcut sanal ve uzaktan laboratuvar önerilerinin yeterli olmadığını ifade ederek, geliştirilen artırılmış

gerçeklik tabanlı laboratuvar sistemi (ARL) ile öğretmen ve öğrencilere gerçek ve sanal unsurları içeren uzaktan çalışma imkânı sunulmuştur. ARL'nin, geleneksel ve sanal laboratuvarlara kıyasla daha fazla olanak sağladığını gösteren bir eğitim deneyi yapmışlardır [13].

M. J. Callaghan ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmada, öğrencilere gelişmiş uzaktan öğrenme imkanları sunan etkileşimli ortamların, mühendislik materyalini öğretmek için nasıl kullanılabileceğini ele almaktadır. Geleneksel 2-D uzaktan laboratuvar sunumlarının, 3-D kullanılarak yeni uzaktan etkileşim ve veri görselleştirme yöntemlerini nasıl kolaylaştırabileceğini göstermektedirler [14].

C. Viegas ve arkadaşları (2018) yaptıkları çalışmada, Brezilya'daki bir Yükseköğretim Kurumu'nda üç dönem boyunca uygulanan VISIR uzaktan laboratuvarının elektrik ve elektronik konularındaki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, VISIR'in temel derslerde daha etkili olduğunu ve öğretmenlerin katılımının öğrenci performansı ve memnuniyet üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Ayrıca, öğrencilerin VISIR'in faydalılığı konusunda bilgilendirilmesinin, özellikle daha fazla öğrenme ihtiyacı olan öğrencilere daha fazla fayda sağladığını ortaya koymuşlardır [15].

S. Rapuano ve F. Zoino (2006) yaptıkları çalışmada elektrik ve elektronik ölçüm dersleri için uzaktan eğitimde geleneksel bir Öğrenme Yönetim Sistemi'ni (LMS) kullanarak farklı laboratuvarlardaki gerçek enstrümantasyona uzaktan erişimi entegre etmişlerdir. LabVIEW'de geliştirilen sanal enstrümanlara dayalı uzaktan laboratuvar sistemi ve bu sistemin hazır bir LMS ile entegrasyonu da ele almaktadırlar [16].

D. Grimaldi ve S. Rapuano (2008) yaptıkları çalışmada, ölçüm ve enstrümantasyon derslerinde çoklu ortam araçlarının önemine vurgu yapmaktadırlar. Sanal laboratuvarların (VL), öğrenme faaliyetlerinin gerçekleştirildiği ortamı temsil ettiğini ve VL tabanlı eğitimde yazılım ve donanım konularına odaklanarak artan VL yaygınlığından kaynaklanan yenilikçi kriterlere vurgu yapmaktadır. Bu unsurların pratikte nasıl ele alındığını göstermek için inovatif bir VL'nin genel mimarisini ve hizmetlerini açıklamaktadırlar [17].

I.E. Achumba ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmada, lisans mühendislik derslerinde laboratuvar çalışmalarının önemi vurgulamaktadırlar. Ancak geleneksel laboratuvar

maliyetleri, derslerle laboratuvar etkinliklerini senkronize etmeyi zorlaştırarak sanal laboratuvarların benimsenmesine yol açtığını vurgulayarak, sanal öğrenme ortamındaki değerlendirme prensipleri ile geleneksel ortamla aynı olduğu vurgusu yapılmaktadır. Bu kapsamda Sanal Elektronik Laboratuvar (VEL) ortamında öğrenci laboratuvar performansını değerlendirmek için Bayesian ağı tabanlı bir araç kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bu aracın tanımını, doğrulama, değerlendirme ve uygulama süreçlerini detaylandırmaktadırlar [18].

F.Garcia-Loro ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmada, sürekli öğrenme kültürü ve kendi kendine öğrenme ortamlarının etkisini ele almaktadırlar. Eğitim kurumları, bilim eğitiminde gerçek dünya deneyimleri sunmak için uzaktan laboratuvarları (RLs) kullanmaktadır. RL'lerin avantajları olduğu kadar bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu kısıtlamaları aşmak için geleneksel bir yaklaşım olan RL'nin iyileştirilmesi yerine, Virtual Instruments System in Reality (VISIR) gibi alternatif bir yaklaşım da benimsenmiştir. VISIR, elektrik/elektronik devreleri oluşturmak ve test etmek için tasarlanmış bir RL'dir [19].

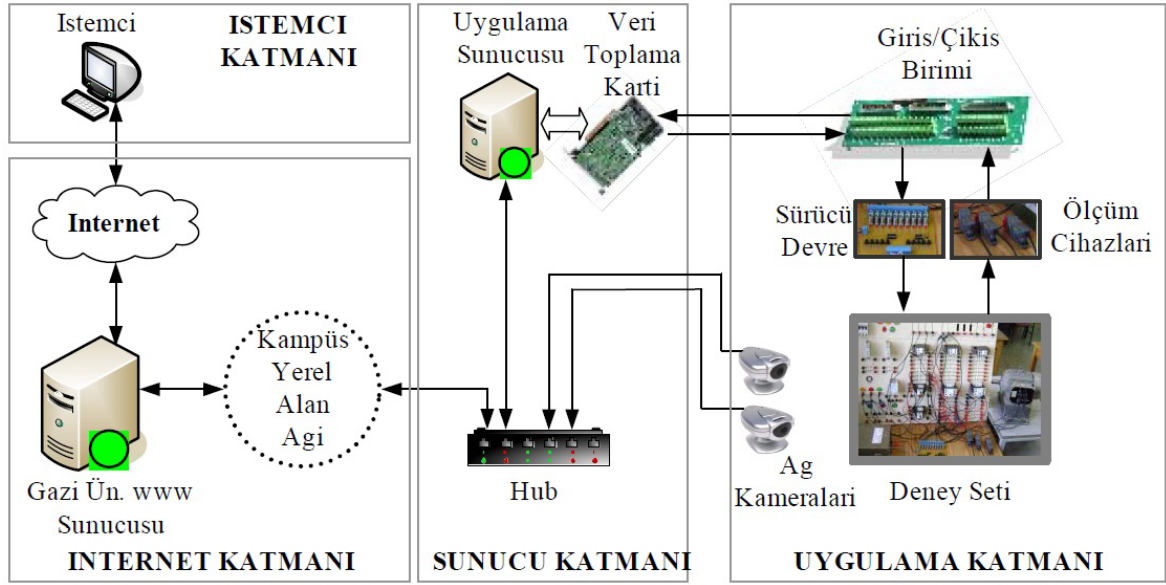
Y. Zhou, J. J. Jiang, ve S. C. Fan(2005) yaptıkları bu çalışmada, sanal laboratuvarları, web tabanlı bir ortamda öğretim ve öğrenme materyalleri ile donanım ve yazılım kaynaklarını paylaşma imkanı sunan bir entegre ortam olarak tanıtmışlardır. Elektronik Mühendislik Eğitimi için Etkileşimli Sanal Laboratuvar (VLE), LabVIEW ve diğer mühendislik eğitimi yazılımlarına dayandırılmaktadırlar. VLE nin, sanal simulasyon ve gerçek zamanlı ölçüm olmak üzere iki bölümden oluştuğu ve gelişmiş esneklik, genişletilebilirlik ve güvenlik avantajları sunduğu ele alınmaktadır [20].

3. UZAKTAN ERİŞİMLİ LABORATUVARLAR

Mesleki ve teknik eğitim ile mühendislik eğitiminin en önemli özelliklerinden birisi, sınıf içerisinde teorik olarak verilen bilginin çeşitli laboratuvar uygulamalarıyla deneysel olarak pekiştirilmesidir. Geleneksel eğitimde uygulamalar, laboratuvarlarda deney yapılması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu sistemler deney donanım düzenekleri ve laboratuvar ölçüm setleri gerektirmektedirler. Ancak, fiziki koşulların yetersizliğinden dolayı öğrenciler laboratuvarlardan sınırlı zaman aralığında faydalanmaktadırlar. Günümüz şartları ile bakıldığında, laboratuvarlar çoğunlukla kararlı durumda ölçüm yapabilecek cihazlarla donatılmıştır. Dolayısıyla dinamik değişimlerin izlenebileceği, eş zamanlı örnekleme yapılabilecek ve bu süreçte elde edilen verilerin kaydedilebileceği, her türlü koruma ve kontrol sinyallerinin oluşturulabileceği, bütün bu bilgilerin hızlı bir şekilde grafiksel olarak analiz edilebileceği bilgisayar destekli öğrenme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır [21].

Örgün eğitimin yetersiz olduğu durumlarda uzaktan eğitim alternatifinin ortaya çıkması gibi, geleneksel laboratuvarların maliyet fazlalığı, istenilen zamanda ve istenilen sayıda deney yapılmaması gibi durumları incelenmiş ve alternatif olarak web tabanlı laboratuvarlar ortaya çıkmıştır. Web tabanlı laboratuvarlarda öğrenciler, sisteme internet sayfasından ulaşarak daha önceden düzenlenmiş deney ortamında deneylerini istedikleri zaman istedikleri kadar tekrar ederek uygulayabilmektedir. Bu deney ortamları daha önceden hazırlanmış bilgisayar programlarından veya animasyonlarından oluşuyorsa sanal laboratuvar, gerçek zamanlı ve gerçek donanımlarda deney uygulamasına imkân veriliyorsa uzaktan erişimli laboratuvarlar olarak adlandırılmaktadır [22].

E.Irmak (2009) yaptığı çalışmada e-laboratuvar platformunun donanım altyapısının 3 temel katmandan oluştuğunu vurgulamaktadır. Bunlar; istemci katmanı, sunucu katmanı ve uygulama katmanıdır. Şekil 3.1’de, platformun genel mimari yapısı ile katmanlar ve bu katmanlar arasındaki veri/işlem trafiği verilmiştir İstemci katmanı, platformun kullanıcı alanını oluşturmaktadır. Sistemden yararlanmak isteyen kullanıcılar bu katman ile iletişim içerisinde bulunmaktadırlar. İstemci katmanının tasarlanmasında mümkün olduğunca sade ve işlevsel bir yapı kurulmasına dikkat edilmiştir. Herhangi bir kullanıcının platformdan yararlanabilmesi için bilgisayarında kurulu özel bir yazılım ya da donanım ünitesine gerek duyulmamaktadır [21].



Şekil 3.1: E-Laboratuvar platformunun donanım mimarisi [21].

Sunucu katmanı, e-laboratuvar platformunun yönetildiği alandır. Bu katmanda; web sunucu, deney seti ile sunucu arasındaki veri alışverişini sağlayan arabirim kartı ve gerekli diğer donanım ve yazılımlar bulunmaktadır. Uygulama katmanı, web üzerinden uzaktan erişimli olarak yapılan deneylere ilişkin ünitelerin bulunduğu ortamdır. Bu katman, veri toplama kartı, sürücü devre, kumanda devresi, ölçüm cihazları, deney seti ve görsel geri besleme amacıyla kullanılan ağ kameralarından oluşmaktadır [21].

3.1 Uzaktan Erişimli Laboratuvar Çeşitleri

H. Wuttke, K. Henke ve arkadaşları yaptıkları çalışmada uzak laboratuvarları sınıflandırmışlardır. Yapılan sınıflandırmaya göre laboratuvar çeşitleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir [23].

Tablo 3.1: Laboratuvar çeşitleri [23].

		Laboratuvara Erişim	
		Yerel	Uzaktan
Deney Araçları	Sanal	Yerel Simülasyon	Sanal
	Gerçek	Geleneksel	Uzaktan Erişimli

3.1.1 Sanal Laboratuvarlar

Sanal laboratuvarlarda, genellikle bir bilgisayar simülasyonu veya animasyonu aracılığıyla deneyler gerçekleştirilir. Kullanıcılar, gerçek dünya deneylerini taklit eden sanal bir ortamda etkileşimli deneyler yapabilirler.

“Sanal laboratuvar programları, belirli bir mantık sırası ve matematik kuralları içerisinde işleyen, multimedya, ses, görüntü, film içeren yüksek etkileşimli, eğitsel bilgisayar merkezli araçlardır” [76].

3.1.2 Uzaktan Erişimli Laboratuvarlar

Uzaktan erişimli laboratuvar, aynı anda sadece bir kişinin internet vasıtasıyla gerçek bir sisteme bağlanarak eş zamanlı deney yapabildiğini sağlayan, deneyin görüntüsünü kamera yardımıyla yararlanıcıya ileten ve deney sonuçlarının bir web sayfası üzerinde görüntülenmesini ya da kaydedilmesini sağlayan laboratuvar ortamıdır. Tasarımın yapısına göre bir kullanıcı sistemi yönetirken başka kullanıcılar da sadece deneyi izlemek için sisteme bağlanabilirler [77].

Uzaktan erişimli laboratuvarlar, gerçek dünya deneylerine internet üzerinden erişim sağlayan laboratuvarlardır. Bu tür laboratuvarlar, özellikle pandemi gibi durumlarda, yüz yüze yapılan laboratuvar derslerinin sorunlarına alternatif bir çözüm olmaktan çıkarak bir ihtiyaç haline gelmiştir. Örneğin, İstanbul Teknik Üniversitesi Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Bölümü, pandemi sırasında kontrol laboratuvarı dersi için uzaktan erişimli bir laboratuvar sistemi geliştirmiştir. Bu sistem, endüstriyel otomasyon, endüstriyel veri haberleşmesi ve nesnelerin interneti gibi çözümleri kullanarak, laboratuvar dersinde bulunan Çift Tank, Manyetik Askı, Fan-Plaka, Kağıt Sarma, Ters Sarkaç ve Top Çubuk deneylerini uzaktan erişilebilir ve evrensel olarak gerçekleştirilebilir hale getirmiştir. Bu tür bir sistem, öğrencilere deneyleri kendi hızlarında gerçekleştirme ve deney sonuçlarını anlama fırsatı sunar. Bu, öğrencilerin kendi öğrenme hızlarını belirlemelerine ve deneyler üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmalarına olanak sağlar [78].

3.2 Uzaktan Erişimli Laboratuvarların Karşılaştırılması

Auer sanal ve uzaktan erişimli laboratuvarları karşılaştırmış ve uzaktan erişimli laboratuvarlarda gerçek deney düzenine kullanıcıların gerçek laboratuvar deneyimi sağlanması bakımından sanal laboratuvarlardan üstün olduğunu savunmuştur [79].

Deniz araştırmasında geleneksel laboratuvarı, sanal laboratuvarı ve uzaktan erişimli laboratuvarı; elle tecrübe etme, gerçeklik hissi, his ve gerçek kontrol, deney ve biçim özgürlüğü, öğretmen desteği, teknik destek, erişim zamanları, erişim sınırları, denetleme, ilerleme kontrolü ve eğitimsel yükseltme özellikleri açısından karşılaştırmıştır (Tablo 3.2) [80].

Tablo 3.2: Geleneksel, sanal ve uzaktan erişimli laboratuvar karşılaştırılması[80].

Özellik	Geleneksel Laboratuvar Deneyi	Sanal Laboratuvar	Uzaktan Erişimli Laboratuvar Deneyi
Elle tecrübe etme	Gerçek bir deney gibi hiçbir şey yoktur	Tamamen sanal	Gerçekliğe çok yakın
Gerçeklik hissi	Yüksek	Düşük	Orta derecede yüksek (bir kamera kullanıldıysa)
His ve gerçek kontrol	Yüksek	Orta derecede yüksek	Orta derecede yüksek
Deney ve biçim özgürlüğü	Sonuca bağlanmamış (açık bırakılmış) deney mümkündür. Laboratuvar hizmetleriyle sınırlıdır	Programın imkânları ile sınırlıdır	Laboratuvarda önceden ayarlanan seçenekler ile sınırlıdır
Öğretmen desteği	Genellikle laboratuvar veya ofis saatleri esnasında mevcuttur	Öğrenciler, soruları e-postayla gönderebilir, Asistanlar veya uzmanlar destek verebilir	
Teknik destek	Teknisyen müsaitliği	Öğrenci isteklerini e-postayla gönderebilir	
Erişim zamanları	Sömestr zaman çizelgesiyle sınırlı	Kurulan konfigürasyon ile sınırlıdır	
Erişim sınırları	Öğrenciler bir laboratuvar periyodunda deneyleri tamamlar	Hiçbir sınır yoktur; diğer kullanıcılar deneylerde olduğu zaman kuyrukta beklenir	
Denetleme	Laboratuvar asistanları sorular için bulunabilir	Sohbet yazılımını ve e-posta kullanılarak tartışmalara katılabilir, sorular sorulabilir	
İlerleme kontrolü	Teslim edilen raporlar laboratuvar notu için sömestrde baştan sona kontrol edilebilir	Akademik personel, öğrencilerin ilerlemesini, erişimlerini performanslarını bir yazılım ile izleyebilir ve gözlemleyebilir	
Eğitimsel yükseltme	Geleneksel	Yerel/uzak mesafe öğrenimi için uygundur Eğitimsel ilerleme web linkleri, animasyonlar ve sanal gerçeklik yazılımlarıdır	

3.3 Uzaktan Erişimli Laboratuvarların Faydaları ve Sakıncaları

Mühendislik ve teknik eğitim, öğrencilere pratik deneyim sağlamanın geleneksel bir yolu olarak genellikle laboratuvar temelli sistemleri içerir. Ancak, günümüz bilişim teknolojisinin ilerlemesi sayesinde, öğrenciler artık internet aracılığıyla laboratuvar düzenekleri ve

cihazlarına uzaktan erişebilmektedirler. Bu teknolojik gelişme, özellikle teknik ve mühendislik eğitimi alanlarında önemli avantajlar sunmaktadır. Öğrenciler, mesleki derslerin teorik kısımlarını ve laboratuvar deneylerini uzaktan gerçekleştirebilmektedirler. Bu da, öğrencilerin kişisel olarak sahip olamayacakları cihazlara internet aracılığıyla erişebilmelerine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, geleneksel eğitime kıyasla, internet tabanlı mühendislik eğitimi ve Web Tabanlı Laboratuvar (WTL) modelleri kullanmanın önemli avantajları bulunmaktadır.

Mühendislik ve teknik eğitimde internet tabanlı sanal laboratuvarların kullanımı, bir dizi önemli avantajı beraberinde getirmektedir. Eğitimde internet tabanlı laboratuvar kullanmanın öne çıkan bazı faydaları şunlardır [24-26]:

- Geleneksel eğitimde, elektrik çarpması gibi risklere neden olabilecek deneylerle ilgili sorunlar yaşanabilmektedir, ancak Web Tabanlı Laboratuvar (WTL) modellerinde bu tür güvenlik riskleri ortadan kalkmaktadır.
- WTL modellerinde, öğrencilerin gerçekleştirdikleri deneylere ait ölçüm parametreleri, veri tabanında tutulmakta ve sürekli erişime açık tutulmaktadır. Öğrencilere deneyleri tekrar etme imkânı sunmaktadır.
- Farklı üniversiteler veya fakültelerde aynı dersi alan öğrenciler arasındaki eşitsizlik, sanal laboratuvar ortamlarında ortadan kalkar, çünkü bütün öğrenciler aynı şartlarda öğrenme fırsatına sahip olurlar.
- Öğretim elemanları, ders anlatırken ilgili konuyu sanal laboratuvar ortamında göstererek öğrencilere uygulamalı öğrenme imkânı sağlayabilirler.
- Öğrenciler, ders notlarına veya teorik bilgilere ihtiyaç duydukları her an internet aracılığıyla erişebilirler.
- Sanal laboratuvar ortamlarında yapılan uygulamalar, eğitim sürecini tamamladıktan sonra da kullanılabilir, bu da öğrenilen bilgilerin kalıcılığını artırır.
- Sanal laboratuvarlar, gerçek laboratuvar ortamlarında mümkün olmayan veya zorlayıcı olan deneyleri güvenli bir şekilde gerçekleştirme imkânı tanır.
- Öğrenciler, sanal laboratuvar ortamlarında kendi hızlarına ve zeka seviyelerine uygun olarak benzetimleri gerçekleştirir, bu da kendi kendine öğrenme bilincini geliştirir.

- Sanal laboratuvar ortamlarında yapılan uygulamaların sonuçları, öğrencilerin eğitiminin değerlendirilmesi ve gözlenmesi açısından merkezi olarak daha kolay bir şekilde elde edilebilir.
- Sanal ortamlarda yapılan uygulamalar, zaman ve mekan kısıtlamalarından bağımsız olarak öğrencilere erişim imkânı sağlar.
- Gerçek laboratuvar ortamlarında sınırlı bir zamanda yapılan deneylerin aksine, sanal laboratuvarlar öğrencilere zamana bağlı olmayan bir öğrenme ortamı sunar.
- Sanal laboratuvar ortamlarında yapılan benzetimler, gerçek laboratuvar uygulamalarında karşılaşılan sorunları daha etkili bir şekilde anlamalarını sağlar.
- Sanal laboratuvarlar, eğitim içeriğini teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli güncelleme ve değiştirme imkânı sunar.
- Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin gerçek laboratuvar ortamında deneye katılmadıkları durumlar için benzetim yapabilme imkânı sunar.
- Gerçek laboratuvar ortamında yapılan deneylerin grafiklerini çizmek için verileri aktarma ve işleme süreçleri, sanal laboratuvarlarda daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir.
- Sanal laboratuvar ortamları, dinamik değişimleri izleme ve etkileşimli benzetim modelleri oluşturma konusunda gerçek laboratuvarlardan daha fazla esneklik sağlar.
- Sanal laboratuvarlarda yapılan uygulamalar, eğitim süresi tamamlandıktan sonra da öğrencilerin bilgilerini taze tutmalarına yardımcı olur.
- Sanal laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilen deneyler, öğrencilere emniyetli bir öğrenme ortamı sunar ve muhtemel kazaların önlenmesine katkı sağlar.
- Gerçek laboratuvar ortamlarında bulunmayan araçlar, sanal laboratuvar ortamlarında uygulamalarla öğrencilere tanıtılabilir, bu da öğrencilerin teknolojik gelişmeleri takip etmelerine olanak sunar.

Bu avantajlara rağmen, sanal laboratuvarların tek başına kullanımının bazı sakıncaları vardır. Bu sakıncalar şunlardır:

- Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin ders içeriğini hızlı bir şekilde tamamlama isteğine karşı sıralamaya uyulmasını sağlamada zorluklar yaşayabilir, bu da konuların yeterince kavranmamasına neden olabilir.

- Sanal laboratuvar ortamlarında öğrencilerin birbirleriyle olan etkileşimi, yüz yüze eğitimdeki kadar yoğun olmayabilir, bu da öğrencilerin birbirlerinden daha az faydalanmalarına neden olabilir.
- Sanal laboratuvar ortamlarında, matematiksel kavramların öğrenilmesi geleneksel eğitime göre daha zor olabilir.
- Sanal laboratuvarlar, öğrencilere gerçek laboratuvar ortamında kazanacakları pratik becerilerden yoksun bırakabilir.

Bu nedenle, mühendislik ve teknik eğitimde sanal laboratuvarlar, geleneksel laboratuvarlarla bir arada kullanılarak öğrencilere daha kapsamlı bir eğitim sağlamak için entegre edilmelidir [26].



4. UZAKTAN ERİŞİMLİ BİR LABORATUVAR TASARIMI

Bu kısımda uzak laboratuvarların teknoloji ve mühendislik eğitiminde daha etkin bir şekilde kullanılmasını amaçlayan ve bu amaç çerçevesinde uzaktan erişilebilen deney düzeneklerinden oluşan bir laboratuvar ortamı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda Güç Elektroniği Eğitimine yönelik çeşitli deneyler hazırlanmıştır. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında yapılan deney ve test ekipmanlarından ayrıntılı olarak bahsedilmiştir.

Güç elektroniği konularından “Boost Konvertör” konusuna ağırlık verilmiş ve bu konuya yönelik olarak çeşitli deney düzenekleri tasarlanarak uzaktan erişime açılmıştır.

Deney düzenekleri hazırlanırken güç elektroniği alanının uzaktan erişimle deney yapılmasına yönelik bu konudaki zorluklar gözlemlenmiş ve karşılaşılan zorluklara karşı değişik çözüm yöntemleri uygulanmıştır.

Deney devresi oldukça basit ve anlaşılır şekilde hazırlanmıştır. Baskı devrenin hazırlanmasında herhangi bir fabrikasyon tekniği kullanılmayarak tamamen ev ortamındaki mevcut imkânlarla hazırlanmıştır. Böylece deneylerin tüm kullanıcıların istedikleri takdirde bu ve benzer yöntemlerle kendilerine özgü deney devrelerini de yapabilecekleri vurgulanmıştır.

4.1 DAQ NI USB-6008 için Tasarlanan Test ve Deney Kartı

Uzaktan erişim deneyleri için National Instruments (NI) firması tarafından geliştirilen LABVIEW yazılımı ve veri toplama kartı (Data Acquisition Card DAQ) olarak NI USB-6008 kullanılmıştır. Tasarlanacak deney düzeneklerine erişim ve kontrol için ilk etapta yazılım geliştirilmesi ve kartın denenmesi maksadıyla bir test kartı tasarlanmıştır. Bu kartın tasarlanmasındaki asıl maksat çalışma ve deney yapma kolaylığını arttırmasının yanı sıra DAQ kartının deneysel çalışmalar aşamasında herhangi bir hasara uğramamasıdır.

4.1.1 DAQ NI USB-6008

NI USB-6008 kartı 12 bit çok amaçlı DAQ kartıdır. PC tabanlı veri toplama sistemlerinde üzerlerinde bulunan dijital I/O, Counter/Timer, D/A ve A/D dönüştürücüler ile oldukça esneklik sağlamaktadır. NI USB-6008 Data Acquisition kartının teknik özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: NI USB-6008 kartının teknik özellikleri.

No	Özellikler
1	12bit'lik 8 analog giriş
2	12bit'lik 2 analog çıkış
3	8 adet dijital giriş/çıkış
4	32-bit, 5 MHz sayaç (counter)
5	Dijital tetikleme (Digital triggering)
6	Bilgisayarın USB girişiyle beslenir (Bus-powered)

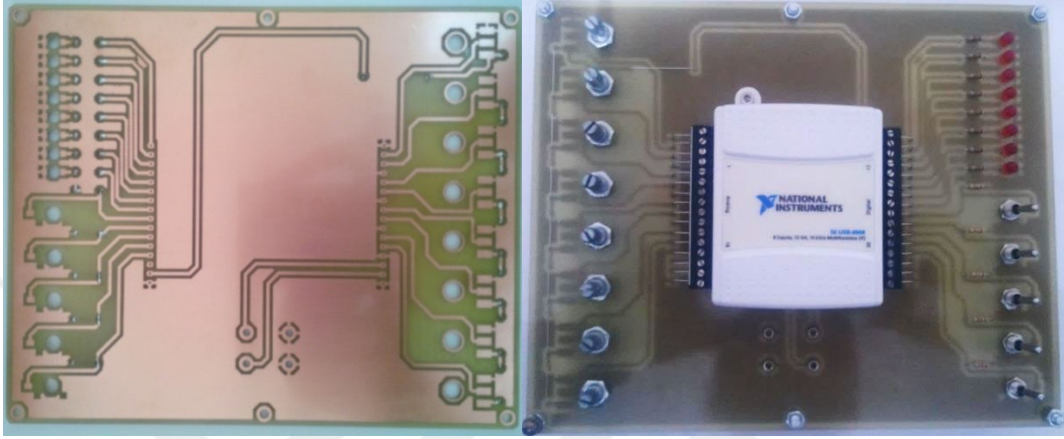
Tasarlanan düzenek bilgisayar USB girişlerinden +5V ile beslenmektedir. Dışarıdan harici bir besleme uygulanmamaktadır. Analog giriş olarak 8 adet 10K POT kullanılmıştır. +5V besleme gerilimi, gerilim bölücü mantığına göre P0..P7 portlarına 0-5V aralığında analog gerilim uygulamaktadır. Uygulanan gerilimler gerek tasarlanacak yazılım ile gerekse NI firmasının sunduğu NI Device Monitor toolkiti ile rahatlıkla test edilebilmektedir. Ayrıca analog çıkış olarak dışarıdan doğrudan 0-5V aralığında ölçüm yapılabilmesi amacıyla 2 adet ölçüm ucu eklenmiştir.

12 adet dijital giriş/çıkışa sahip P0/P1 portlarının P0 portu dijital çıkış olarak belirlenmiş ve P0.1..P0.7 arasındaki port çıkışlarına 8 adet kırmızı LED monte edilmiştir. Kullanıcı dilediği portu lojik 1 veya lojik 0 konumuna getirdiğinde LED'ler portun konumuna göre ışık verir veya söner. Her LED dışarıdan kontrol edilen bir deney seti gibi düşünülebilir. LED'in ışık vermesi deney düzeneğinin aktif edilmesi anlamına gelmektedir denilebilir. Bu sayede uzaktan erişimle deney düzeneğine erişim sağlanır ve deney düzeneği on-off kontrol edilmiş olur.

P1 portunda P1.0..P1.3 arasında 4 adet dijital giriş tanımlanmıştır. Bu girişlere 0V ile 5V'luk gerilim değerleri manuel olarak on-off anahtarlar vasıtasıyla devre üzerindeki besleme kullanılarak verilmektedir. Anahtarın konumuna göre dijital girişler lojik 1 ve lojik 0 olmaktadır.

Bu girişlere bağlı çalışan bir deney düzeneğinin çıkışını lojik 1 kabul edersek deney düzeneği kapandığı veya kapatıldığı anda girişe lojik 0 bilgisi ulaşacaktır. Böylelikle deney düzeneğinin kapandığı veya kapatıldığı bilgisine ulaşılmış olunur.

PFI 0 Event Counter (olay sayıcı) çıkışına yine manuel olarak on-off anahtar bağlanmış ve anahtarın her konum değiştirmesi esnasında girişe uygulanan pals şeklindeki lojik 1 ile Event Counter tetiklenmekte ve sayıcı özelliği bir artmaktadır. Bu değerler yine NI Device Monitor toolkiti ile rahatlıkla izlenebilmektedir. Bu sayede uzaktaki deney düzeneğinin ilgili çıkışından gelen sinyal değişimlerinin miktarı-sayısı öğrenilebilir.

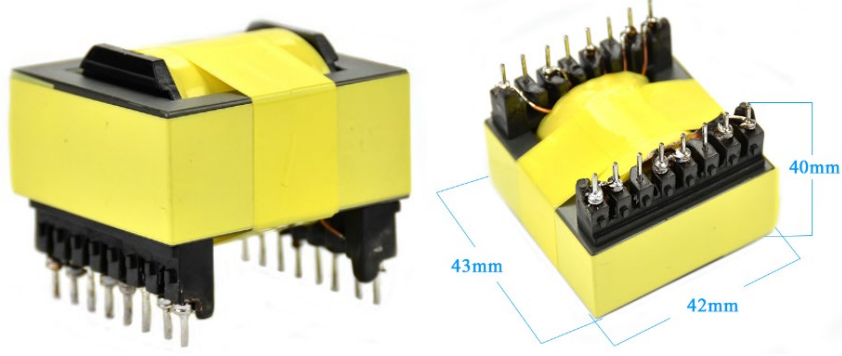


Şekil 4.1: DAQ için tasarlanan test kartı baskılı devre ve üstten görünüşü.

Bu kısımda uzaktan erişimli bir laboratuvar tasarımına yönelik deney düzeneklerine erişim ve kontrol için ilk etapta yazılım geliştirilmesi ve veri toplama kartı olan **NI USB-6008** için bir test ve deney düzenek kartı tasarlanmıştır. Uzaktan erişim deneyleri için harici besleme ve ekipman gerektirmediğinden test aşamasında çok büyük kolaylık sağlamıştır. NI USB-6008 DAQ için tasarlanan test kartı baskılı devre ve üstten görünüşü Şekil 4.1'de verilmiştir.

4.2 500 Watt'lık İnverter Tasarımı

Uzaktan erişimli Laboratuvar tasarımını oluşturacak olan deneylerden biri için 500 Watt'lık bir inverter tasarlanmıştır. Öncelikle devrenin en önemli parçası olan transformatör siparişe temin edilmiştir. Bunun için yüksek frekans transformatörü olan EC42 seçilmiştir. EC42 500 Watt çıkış gücüne sahip 15Khz-30Khz frekans aralığında çalışabilen 12 V giriş ve 0-220V-380-18V çıkışları verebilen bir transformatördür. EC42 Yüksek Frekans Transformatörü Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

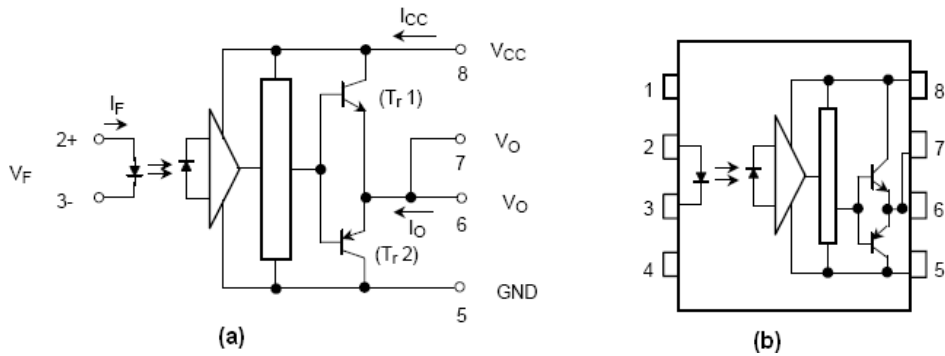


Şekil 4.2: EC42 yüksek frekans transformatörü.

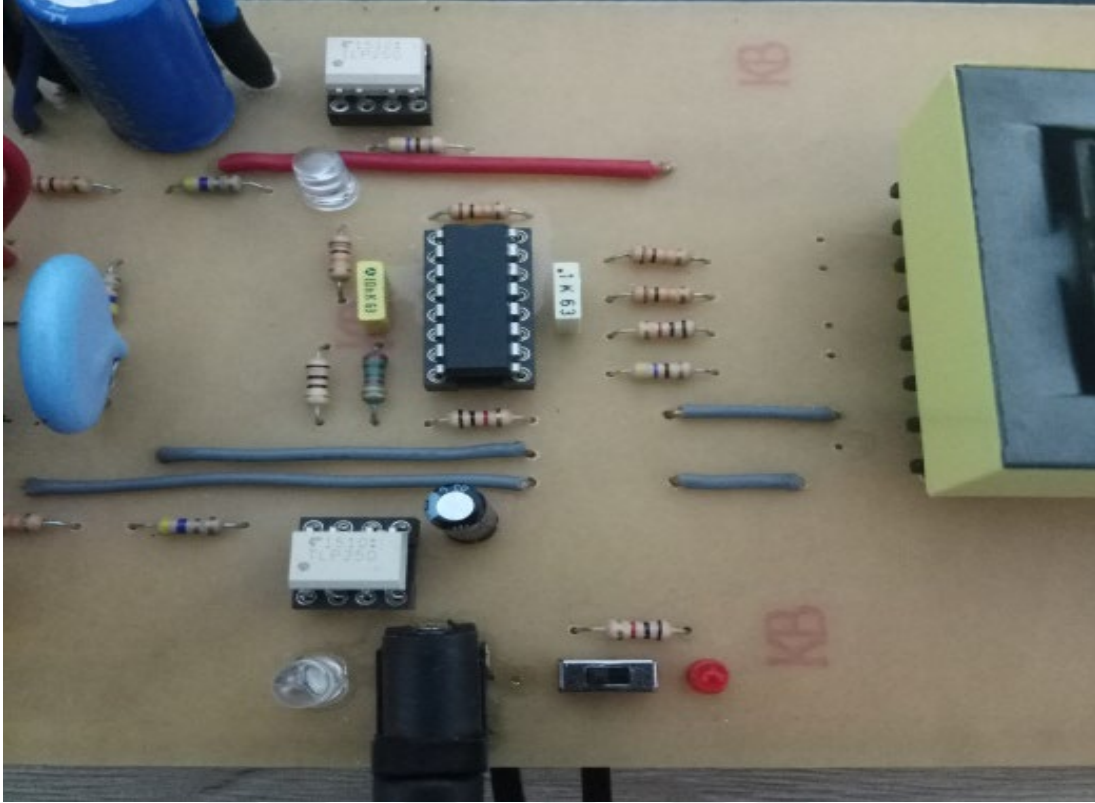
İnverter devresinde bir yenilik daha yapılmış ve MOSFET ler TLP250 optik mosfet sürücü entegresi ile sürülmüştür. TLP 250 GaAlAs (Galium-Aliminium-Arsenide) LED içeren bir foto dedektördür (Şekil 4.3). Bu sayede inverterin ana sinyal kaynağını üreten SG3525 inverter entegresi ve devre katı optik olarak güç biriminden yalıtılmıştır. Bu sayede hem daha verimli bir MOSFET iletimi sağlanmış hem de entegre kısmı olası hasarlara karşı yalıtılmıştır.

8 pin plastik kılıflı bir yapıya sahiptir. IGBT ve güç mosfetlerinin gate uçlarını sürmek için kullanılır. TLP 250' nin tanımlayıcı özellikleri şu şekilde sıralanabilir.

- Giriş tutma akımı I_F : 5mA (max.)
- Kaynak akımı (ICC): 11mA (max.)
- Kaynak gerilimi (VCC): 10–35Volt
- Çıkış akımı (IO): ± 1.5 Amper (max.)
- Anahtarlama süresi (t_{pLH}/t_{pHL}): 1.5 μ s(max.)
- Yalıtım gerilimi: 2500Vrms (min.)

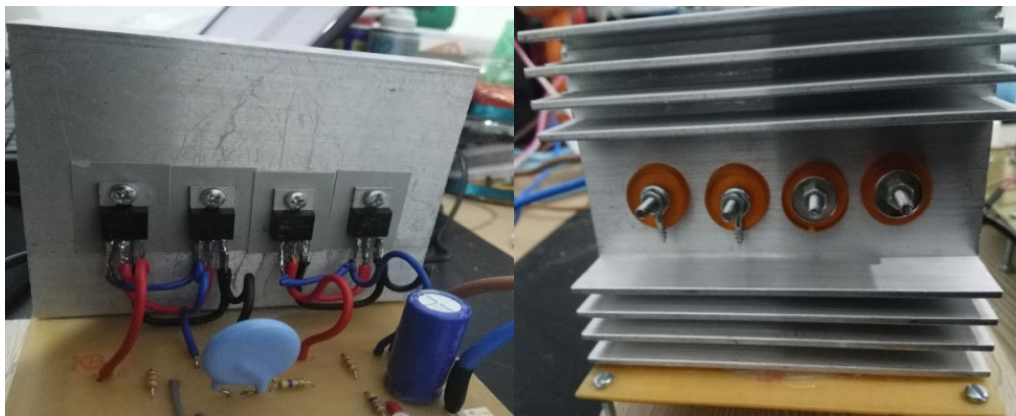


Şekil 4.3: (a) TLP 250 iç yapısı (b) TLP 250 pin bağlantıları.



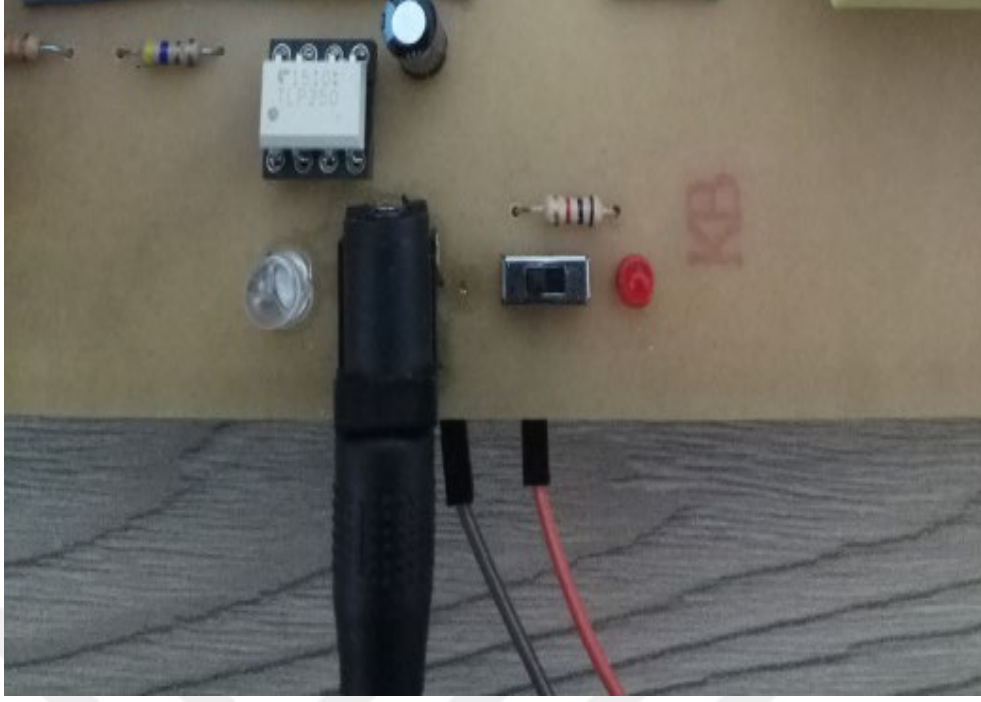
Şekil 4.4: LED bağlantıları.

İnverter devresinin çalıştığını gösteren bir adet kırmızı LED mevcuttur. Ayrıca her iki sinyal kanalının da çalışıp çalışmadığını gösteren iki adet beyaz LED eklenmiştir (Şekil 4.4). MOSFET'ler yüksek güçte çalıştırılacağından ısınacakları için soğutucu düzeneğine bağlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Soğutucu düzeneği bağlantıları.

Entegre kısmın beslemesi harici bir 12V'luk güç kaynağından verilmiştir. Bu sayede güç ünitesinde meydana gelebilecek hasarlara karşı entegre katı korunmuş olacaktır. Harici 12V besleme ünitesi girişi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

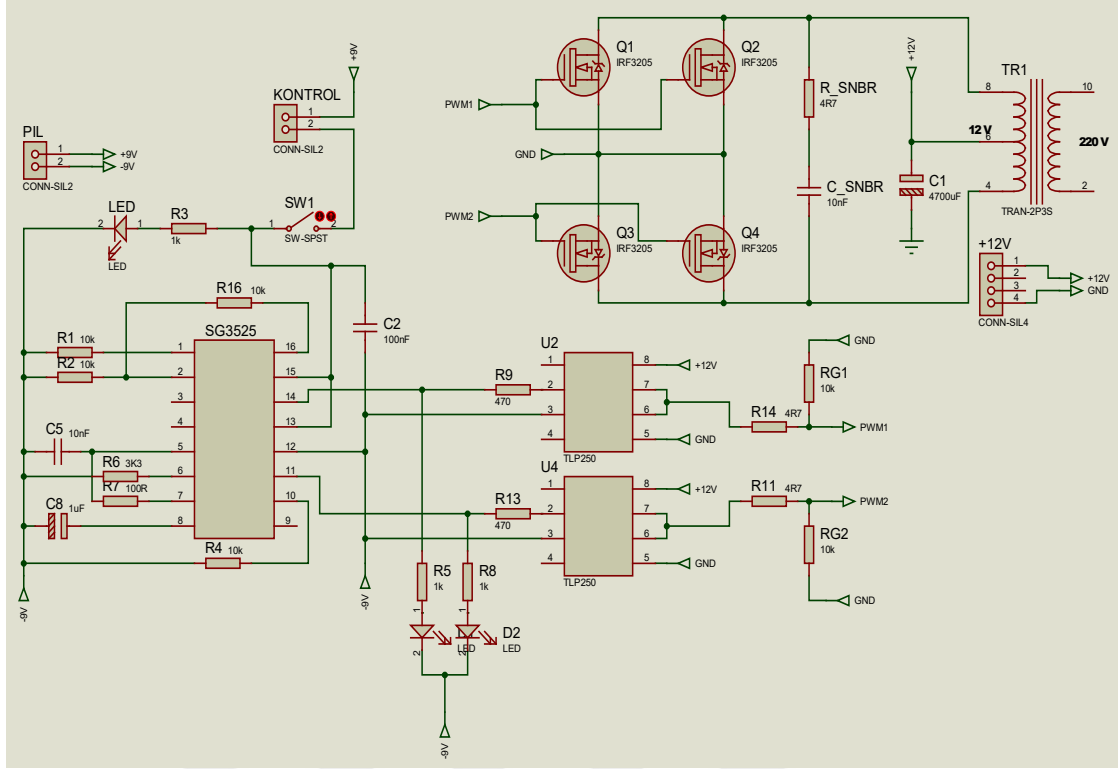


Şekil 4.6: Harici 12V besleme ünitesi girişi.

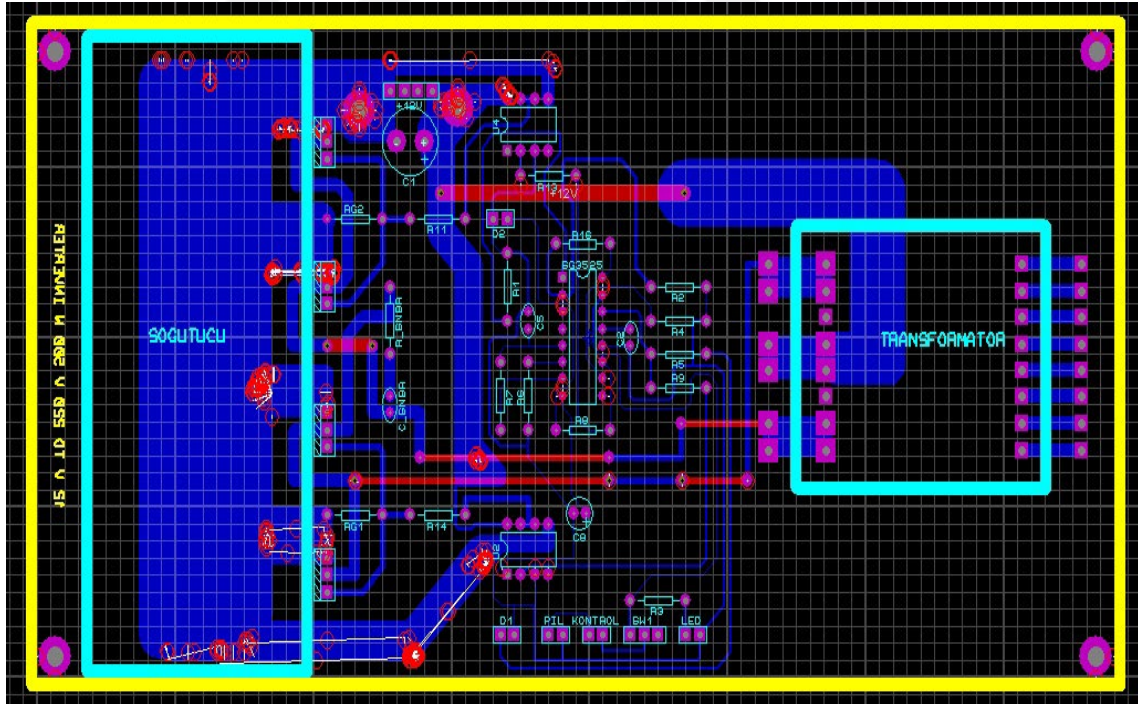
Bu devrede güç kaynağı olarak 12V 42Ah'lik akü kullanılmıştır (Şekil 4.7). 500W güçte yüksek akım değerlerine ulaşılacağından akım değerlerinin karşılanabilmesi için akü tercih edilmiştir. İmkanlar ölçüsünde yüksek akımları karşılayan 12V'luk bir güç kaynağı da tercih edilebilir.



Şekil 4.7: Güç kaynağı olarak kullanılan 12V 42Ah'lik akü.

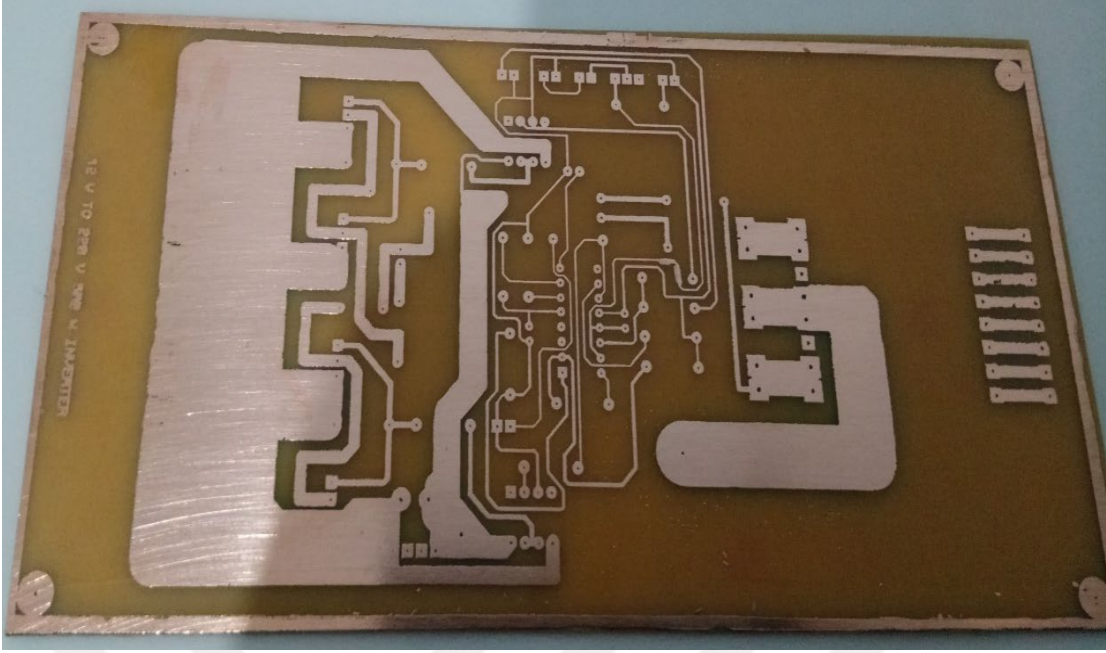


Şekil 4.8: İnverter devresine ait ISIS devre şeması.



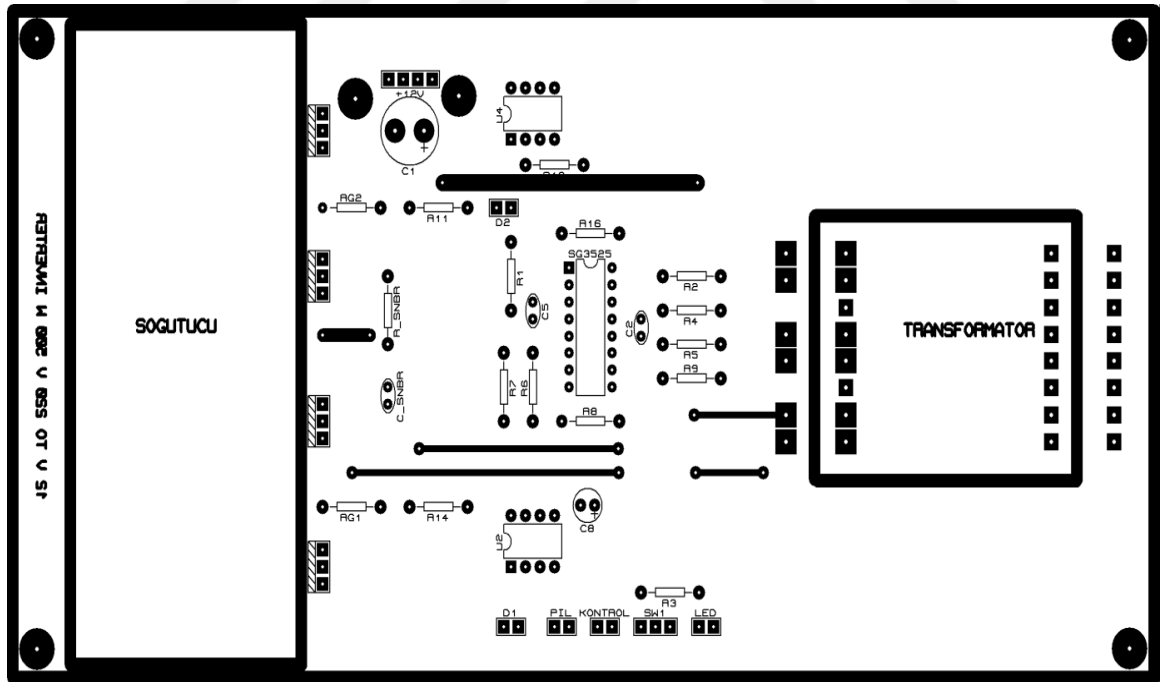
Şekil 4.9: İnverter devresine ait ARES baskı devre çizimi.

İnverter devresi için eletronik çizim ve tasarım programı olan Proteus V8.16 programı kullanılmıştır. İnverter devresine ait ISIS devre çizimi Şekil 4.8’de, ARES baskı devre çizimi Şekil 4.9’da verilmiştir.



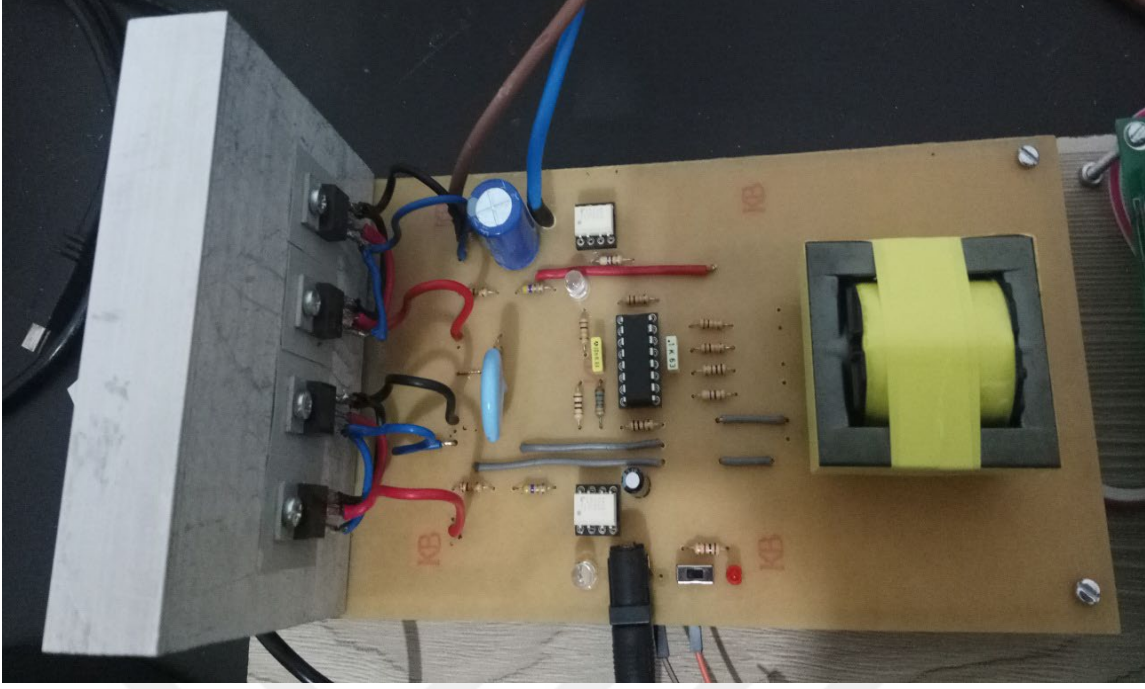
Şekil 4.10: İverter devresinin baskı devresi.

İverter devresinin baskılı devre resmi Şekil 4.10’da gösterilmiştir. İverter devresinin yerleşim planı Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: İverter devresinin yerleşim planı.

Malzemelerin yerleşimi tamamlandıktan sonra lehimleme işlemi yapılarak devrenin son şekli elde edilmiştir.



Şekil 4.12: İverter devresinin üstten görünüşü.

İverter devresinin tamamlanmış hali Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

4.3 İzolasyonlu Ölçüm Kartı Tasarımı

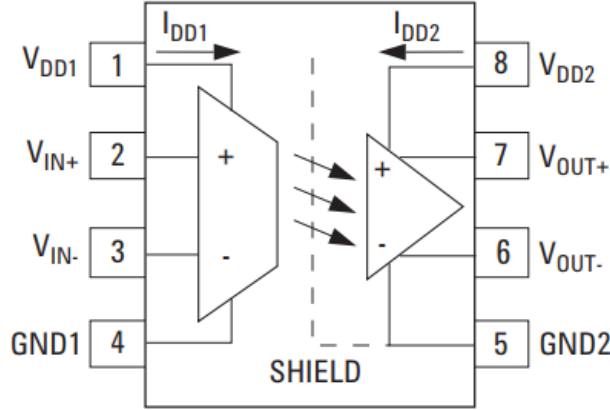
Bu kısımda yüksek gerilim ve akımları 0-5V aralığına getirerek ölçebilecek bir izolasyonlu ölçüm kartı tasarlanmıştır. Tasarlanan inverter devresi uzaktan on-off kontrol edilebilmektedir. DAQ ile gerilim ölçümü yapılabilmesi için 0-5V aralığında bir gerilime sahip olunmalıdır. İverter devresinin girişi DC 12V, çıkışı ise kare dalga şeklinde şekilde etkin değeri 220 V’tur. Dolayısıyla inverterin çıkış gerilimi DAQ ile doğrudan ölçülemez. Bunun için farklı yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan biri ise ölçülecek gerilimi 0-5V aralığına getiren Analog Dijital Çevirici’dir (Analog Digital Converter(ADC)).

İzolasyonlu ölçüm kartı tasarımında HCLP-7800A izolasyonlu ampifikatör kullanılmıştır. HCLP-7800A izolasyonlu ampifikatöre ait özellikler aşağıda verilmiştir.

- 15 kV/ μ s Common-Mode Rejection at VCM = 1000 V
- Compact, Auto-Insertable Standard 8-pin DIP Package
- 0.00025 V/V/ $^{\circ}$ C Gain Drift vs. Temperature
- 0.3 mV Input Offset Voltage

- 100 kHz Bandwidth
- 0.004% Nonlinearity

HCLP-7800A izolasyonlu ampifikatöre ait bacak yapısı Şekil 4.13'te verilmiştir.



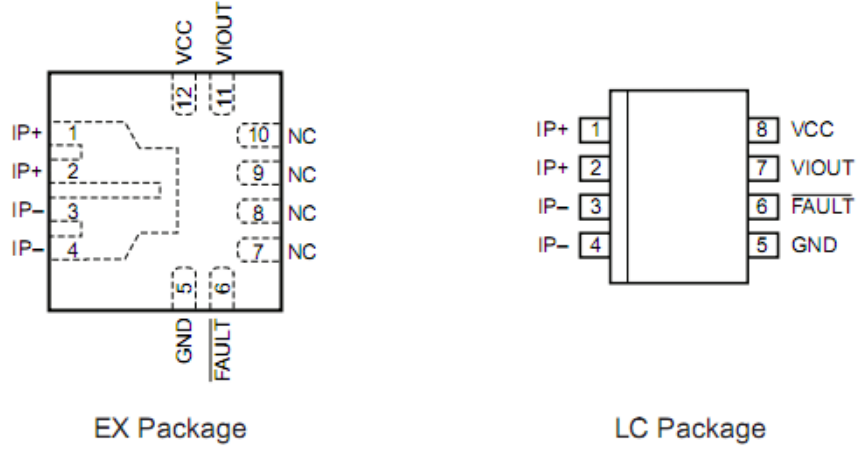
Şekil 4.13: HCLP-7800A izolasyonlu ampifikatöre ait bacak yapısı.

Akım Sensörü olarak ACS711 entegresi kullanılmıştır. ACS711 Hall etkili doğrusal bir akım sensörüdür ve entegreye ait özellikler aşağıdadır.

- No external sense resistor required; single package solution
- Reduced power loss:
- 0.6 mΩ internal conductor resistance on EX package
- 1.2 mΩ internal conductor resistance on LC package
- Economical low- and high-side current sensing
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- ±12.5 A and ±25 A full-scale sensing ranges on LC package
- ±15.5 A and ±31 A full-scale sensing ranges on EX package
- Low-noise analog signal path
- 100 kHz bandwidth
- Small footprint, low-profile SOIC8 and QFN packages
- 3 to 5.5 V single supply operation
- Integrated electrostatic shield for output stability
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage

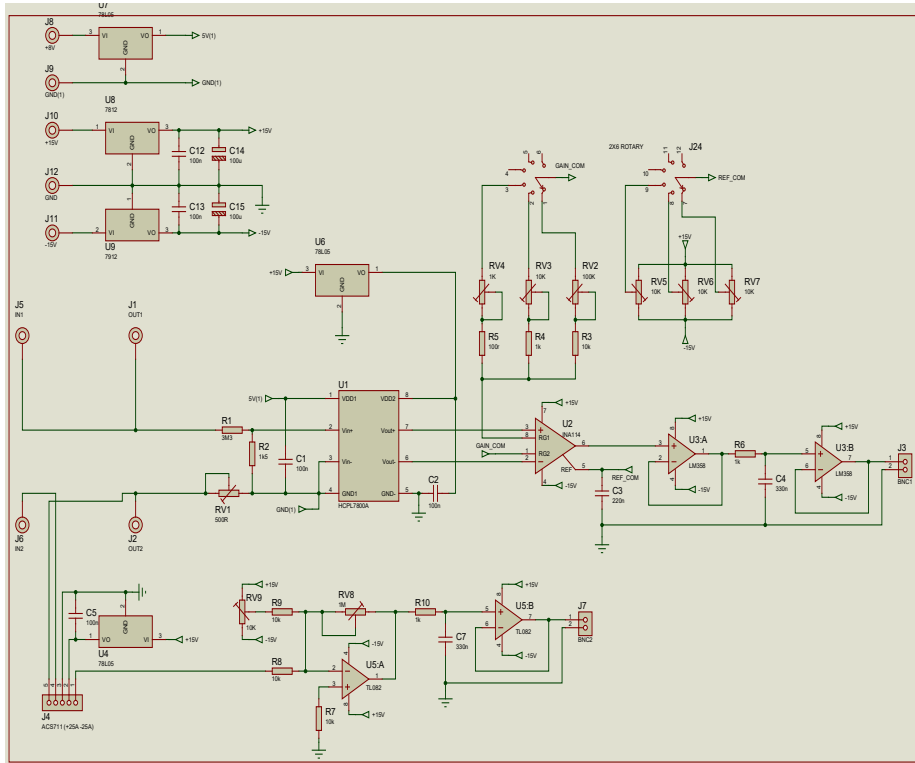
- Zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

ACS711 entegresinin bacak bağlantıları Şekil 4.14'te verilmiştir.

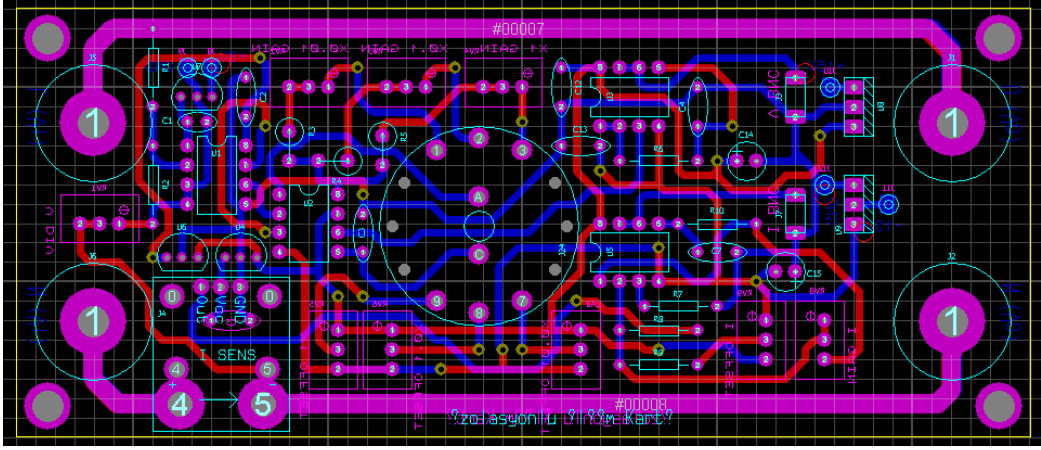


Şekil 4.14: ACS711 entegresinin bacak bağlantısı.

Devrede farklı gerilim değerleri için komütatör anahtar kullanılmıştır. 0-5V, 0-55V, 0-100 ve 0-300V luk gerilimler kademeye göre seçilebilmektedir.



Şekil 4.15: İzolasyonlu ölçüm kartına ait ISIS çizimi.



Şekil 4.16: İzolasyonlu ölçüm kartına ait ARES çizimi.

İzolasyonlu ölçüm kartına ait ISIS çizimi Şekil 4.15'te izolasyonlu ölçüm kartına ait ARES çizimi Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.17: İzolasyonlu ölçüm kartına ait tam devre resmi üst görünüşü.

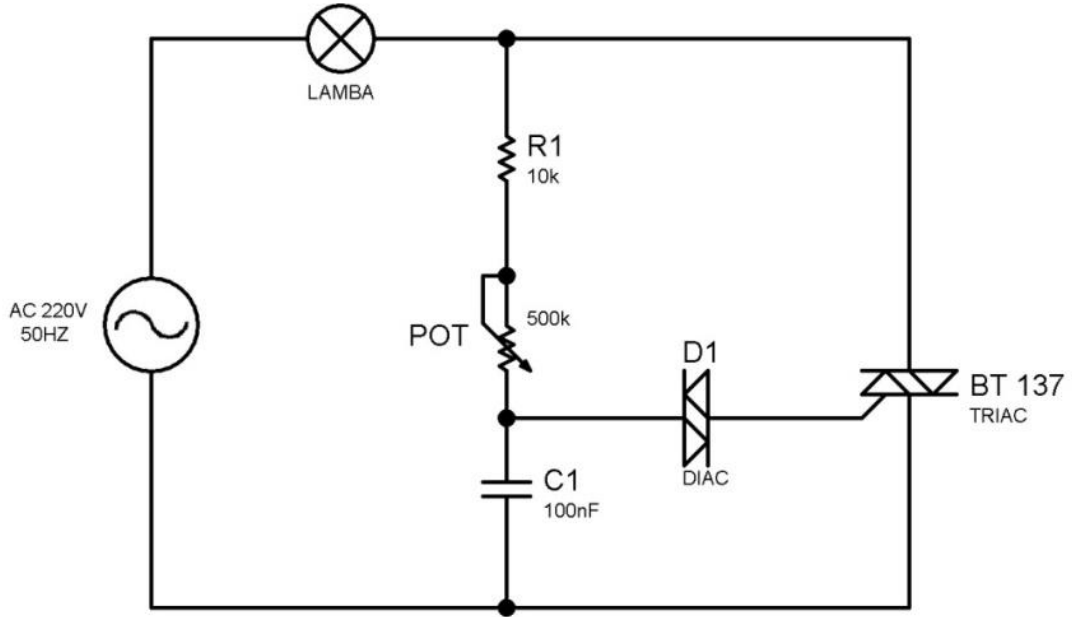


Şekil 4.18: İzolasyonlu ölçüm kartına ait tam devre resmi alt görünüşü.

İzolasyonlu ölçüm kartına ait tam devre resmi üst görünüşü Şekil 4.17'de ve izolasyonlu ölçüm kartına ait tam devre resmi alt görünüşü 4.18'de gösterilmiştir.

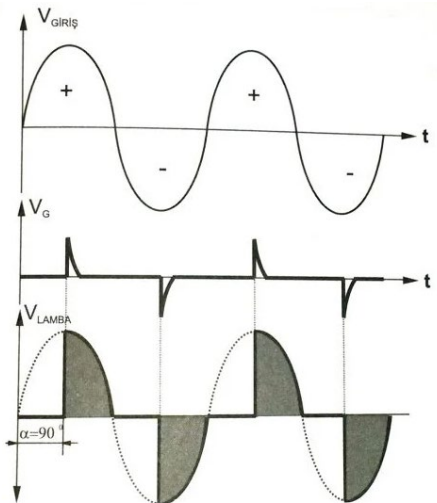
4.4 Uzaktan Erişimli Güç Kontrol Devresi Tasarımı

Bu kısımda uzaktan erişimli laboratuvar deneyleri için güç kontrol devresi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Güç kontrol devresi olarak diyak ve triak kontrollü basit bir dimmer devresi seçilmiştir. Uzaktan devrenin kontrolünü sağlayabilmek için ilave bir tasarım yapılmıştır. Yük olarak 100W'lık halojen bir lamba seçilmiştir. Güç kontrol devresi (dimmer) Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



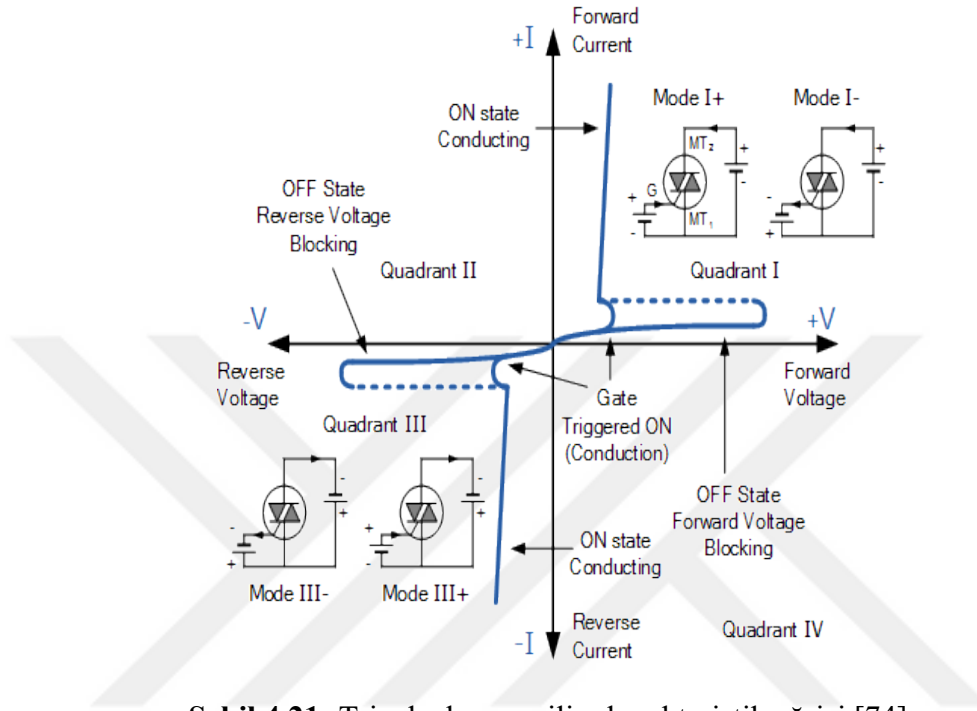
Şekil 4.19: Güç kontrol devresi.

DAQ kartının dijital çıkışlarını kullanarak devrenin on-off kontrolü sağlanmaktadır. Potansiyometre sayesinde yük üzerindeki güç kontrol edilmiş olur



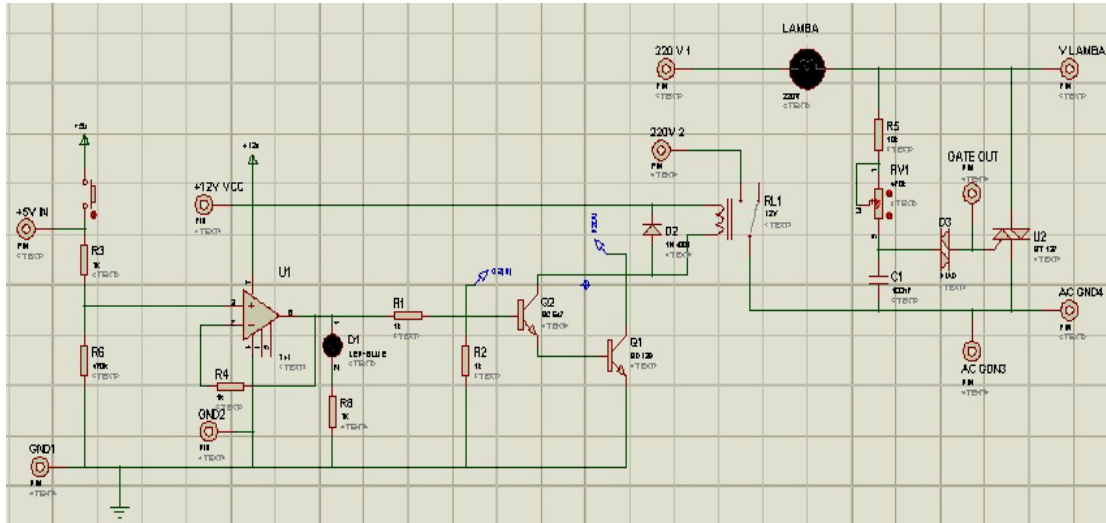
Şekil 4.20: Güç kontrol devresi giriş çıkış sinyal şekilleri [73].

Devreye enerji verildiğinde diyak tetikleme elemanı ile Triyak'ın Gate ucu tetiklenerek Triyak sürülmüş olur. Triyak sayesinde yük (lamba) üzerinde girişten uygulanan gerilimin bir kısmı aktarılmış olur. Böylelikle güç kontrolü sağlanmış olur. güç kontrol devresi (dimmer) giriş çıkış sinyal şekilleri Şekil 4.20'de gösterilmiştir [73].



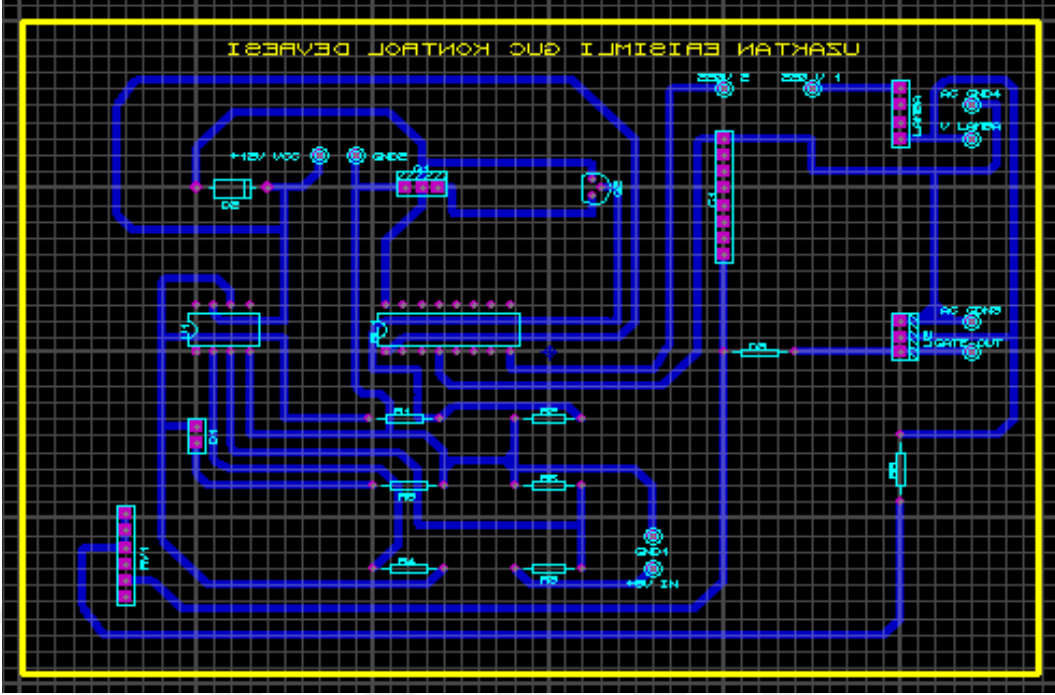
Şekil 4.21: Triyak akım-gerilim karakteristik eğrisi [74].

Triyak elemanın akım-gerilim karakteristik eğrisi Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.22: Uzaktan erişimli güç kontrol deney devresi ISIS devre şeması.

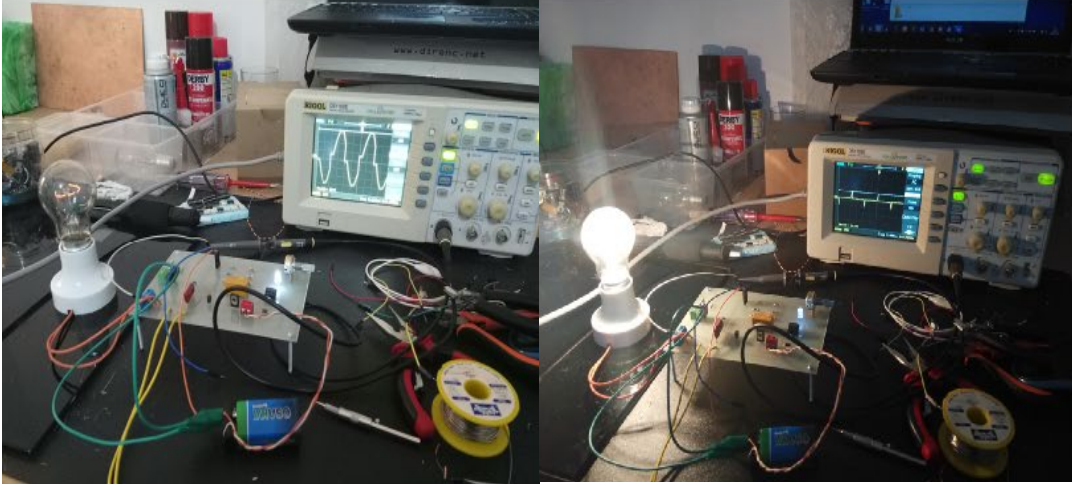
Deney devresi ISIS devre şeması Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.23: Uzaktan erişimli güç kontrol deney devresi ARES baskı devre şeması.
Deney devresi ARES baskı devre şeması Şekil 4.23'te gösterilmiştir.



Şekil 4.24: Deney devresinin lehimleme işlemi.
Deney devresinin üstten görüntüsü Şekil 4.24'te gösterilmiştir.

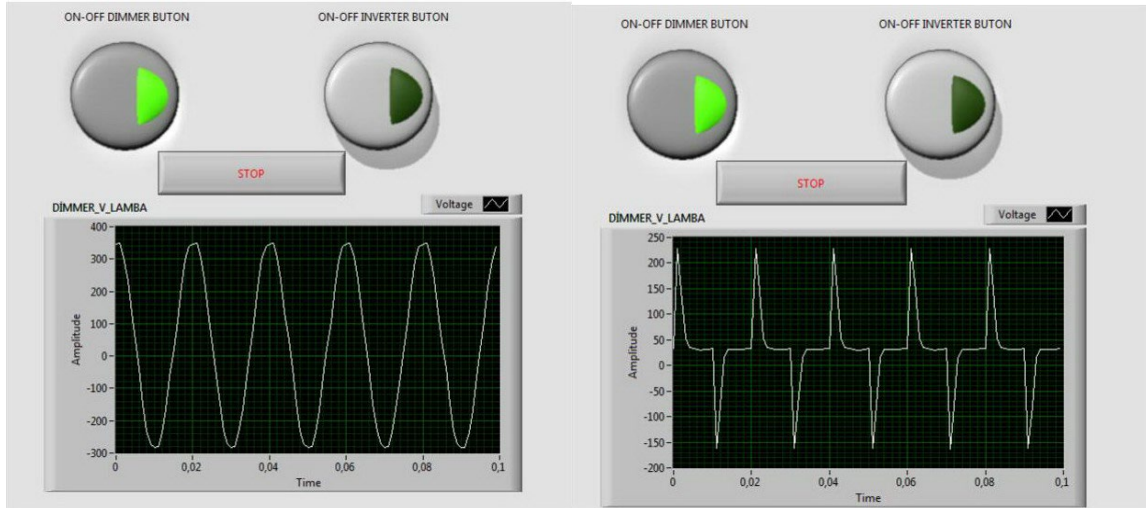


Şekil 4.25: Deney devresinin çalışmasına ait osiloskop görüntüsü.

Deney devresinin çalışmasına ait osiloskop görüntüsü ise Şekil 4.25'te gösterilmiştir.

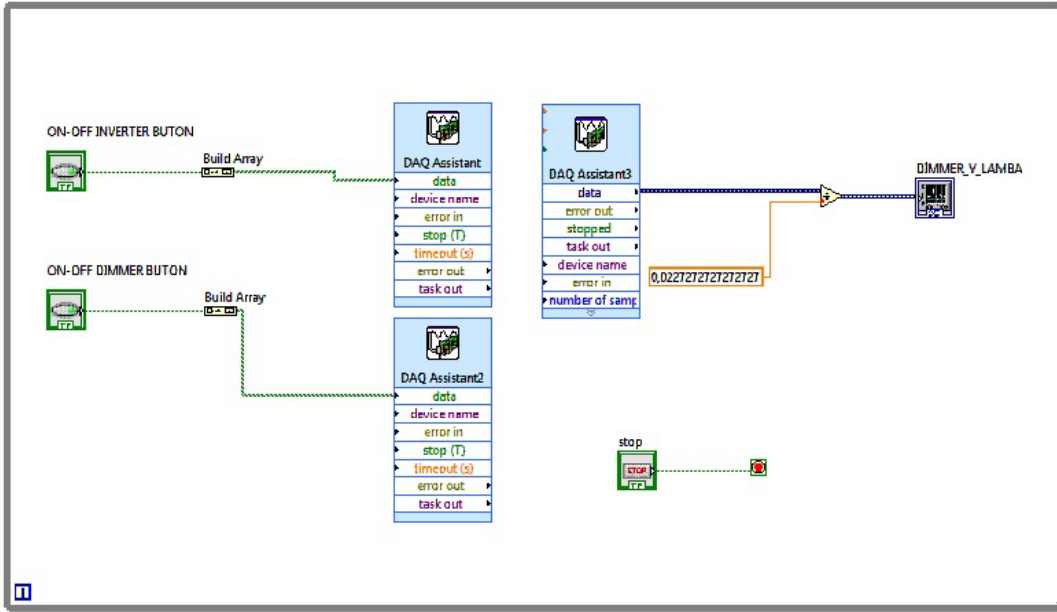
4.5 LabVIEW Kontrol Yazılımı Hazırlanması

Bu kısımda hazırlanan deney düzeneği bilgisayar ortamında simüle edilmiş ve gerçek zamanlı sinyal görüntüleri alınmıştır. Güç kontrol devresinin çalışması incelenmiştir. Yük üzerindeki sinyal şekilleri öncelikle osiloskop ekranında daha sonra LabVIEW ortamında gözlenmiştir



Şekil 4.26: Front panel ekran görüntüsü devrenin tam ve yarım yükte çalışması.

Hazırlanan LabVIEW yazılım Front Panel ekran görüntüsü tam yükte ve yarım yükte çalışması Şekil 4.26'da gösterilmiştir. LabVIEW yazılımı blok diagram ekran görüntüsü Şekil 4.27'de gösterilmiştir.



Şekil 4.27: Blok diyagram ekran görüntüsü devrenin tam ve yarım yükte çalışması.

4.5.1 LabVIEW Sinyal Ölçüm Dönüşüm Tablosu Hazırlanması

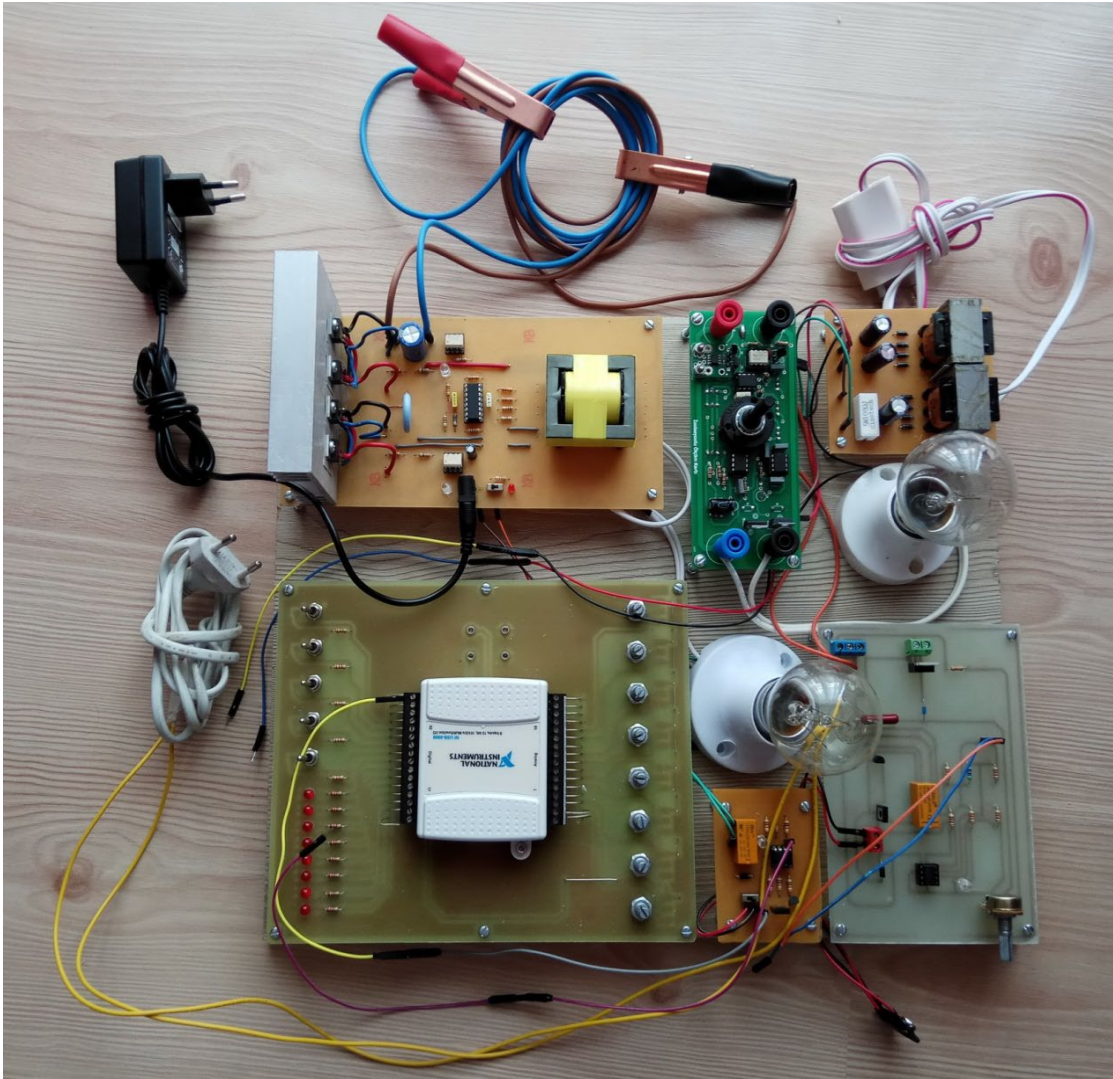
Gerçek zamanlı sinyalin DAQ ile işlenebilmesi için sinyal 0-5 V'luk aralığında tutulması gerekmektedir. Bunun için sinyal genliğinin sınır değerlerine göre kalibrasyon yapılır.

Tablo 4.2: LabVIEW sinyal ölçüm dönüşüm tablosu.

Ac çıkış v_lamba (V_eff)	Ac çıkış V_lamba (V_pp)	Olması İstenen Değer (Max 5v)	Çarpan	DAQ ile ölçülen değer	V_pp çarpanı
220	311	5,00	0,022727273	4,99	0,707
110	156	2,50	0,022727273	2,5	0,707
100	141	2,27	0,022727273	2,27	0,707
90	127	2,05	0,022727273	2,05	0,707
80	113	1,82	0,022727273	1,83	0,707
70	99	1,59	0,022727273	1,59	0,707
60	85	1,36	0,022727273	1,38	0,707
50	71	1,14	0,022727273	1,15	0,707
40	57	0,91	0,022727273	0,921	0,707
30	42	0,68	0,022727273	1,07	0,707
20	28	0,45	0,022727273	0,57	0,707
10	14	0,23	0,022727273	0,232	0,707
0	0	0,00	0,022727273	0,026	0,707

Deney düzeneği 0-220 V aralığında çalıştığından 0-220 V'luk gerilim değerlerini 0-5 V'luk gerilim değerlerine dönüştürmemiz gerekmektedir. LabVIEW sinyal ölçüm dönüşüm tablosu Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Ölçümler ölçü aleti ile yapıldığından efektif değer ölçülmüştür. Waveform da gösterilen değer P-P olduğundan bulunan sonucun 0,707 ye bölünmesi gereklidir. LabVIEW için hazırlanan dönüşüm tablosu yaklaşık sonuç vermektedir. Dolayısıyla ölçüm işlemleri de lineere yakın bir doğrulukta yapılmıştır.



Şekil 4.28: Deney düzeneğinin tamamlanmış hali.

Geliştirilen bütün devreler bir araya getirilerek deneysel bir düzenek hazırlanmıştır. Bütün devreler 39x32 cm ebadında bir sunta üzerine monte edilmiştir. Deney düzeneğinin tamamlanmış hali Şekil 4.28'de gösterilmiştir.

4.6 DC-DC Konvertörler

Bu kısımda DC-DC konvertörler ele alınmıştır.

DC-DC konvertörler 4 ana başlık altında sıralanabilir, bunlar:

- Step - Down (Buck) Konvertör
- Step - Up (Boost) Konvertör
- Buck - Boost Konvertör
- Cuk Konvertör'dür.

4.6.1 Buck Konvertör

Bu kısımda Buck ve Boost Konvertörler ele alınmıştır. DC-DC dönüştürücü adından anlaşılacağı üzere DC olan bir gerilimi yine DC bir gerilime düşüren, çıkış kısmındaki gerilim ayarlanabilir dönüştürücülerdir. Örneğin XL4015 dönüştürücüsü ile 4V DC-38V DC arası giriş gerilimlerini 1.25V DC - 36 VDC aralığında regüle edilebilmektedir. Burada önemli olan nokta girişte uyguladığınız gerilim çıkıştaki gerilimden yüksek olmasıdır. XL4015 Buck konvertör modülü Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

XL4015 Özellikleri:

Giriş voltajı: 4-38VDC (Not: giriş voltajı 38V Max)

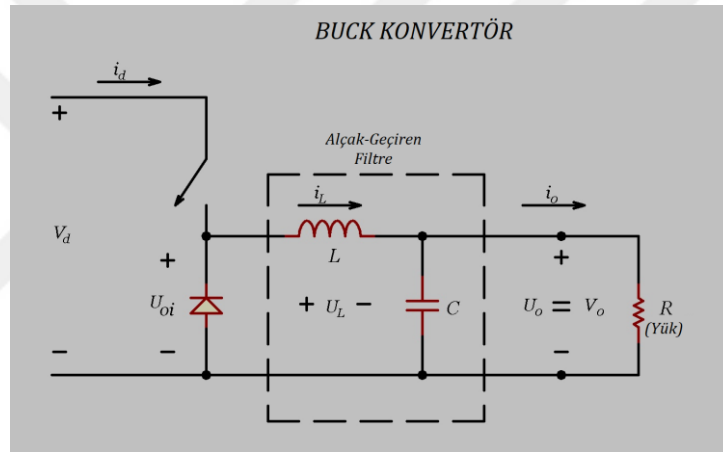
- Çıkış voltajı: 1.25-36V DC ayarlanabilir
- Çıkış akımı: 0-5A
- Çıkış gücü: 75W Max
- Çalışma sıcaklığı: -40 ~ +85 derece
- Çalışma frekansı: 180KHz
- % 96'ya kadar yüksek verimlilik oranına sahiptir.



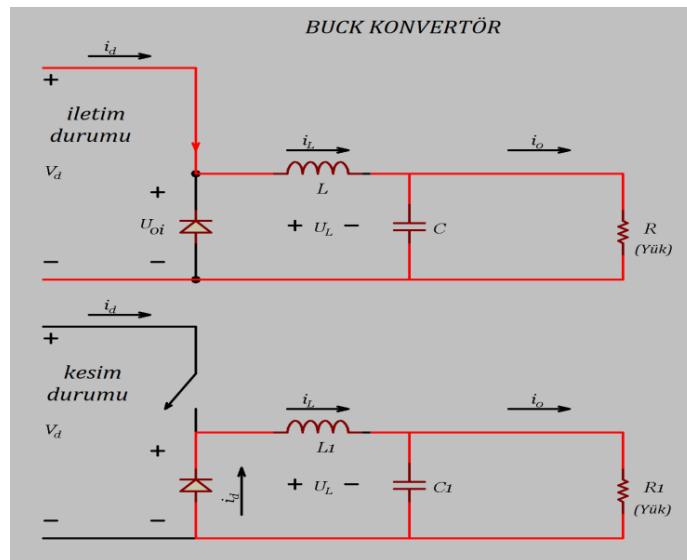
Şekil 4.29: XL4015 Buck konvertör modülü.

Buck konvertörü daha iyi anlayabilmek için şu soruya cevap vermek mantıklı olacaktır. Neden aynı işi devreye basit bir direnç ekleyerek yapamıyoruz. Neden Buck konvertöre ihtiyaç duyuyoruz? Cevap ise basittir, kayıpları azaltarak enerjiyi en verimli haliyle kullanmaktır.

Dirençler bilindiği gibi üzerine düşen akımın karesi x direnç değeri ($I^2 \times R$) formülü sonucunda çıkan güç miktarı kadar elektrik enerjisini ısıya dönüştürür. Bu kayıpların önüne geçebilmek ve verimli bir güç transferi sağlamak için direnç yerine kullanabileceğimiz bazı devre elemanlarına ihtiyacımız vardır. Devreyi daha iyi anlayabilmemiz için aşağıdaki durumlar incelenebilir. Şekil 4.30'da Buck konvertör devre şeması ve Şekil 4.31'de ise Buck konvertör devresi anahtar durumları görülmektedir.



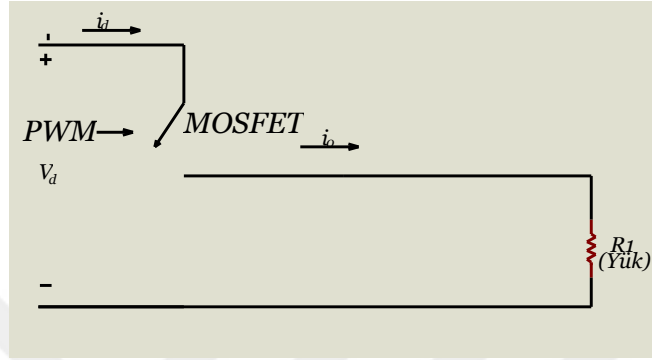
Şekil 4.30: Buck konvertör devre şeması.



Şekil 4.31: Buck konvertör devresi anahtar durumları.

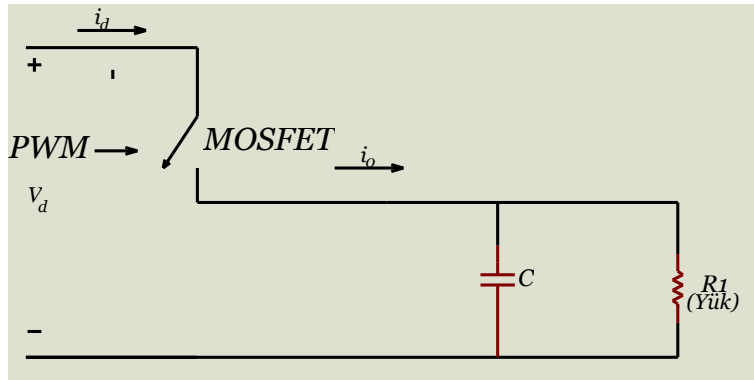
Burada anahtarın iletim ve kesim durumları söz konusudur. Anahtar olarak genellikle Mosfet kullanılır.

Öncelikle devre voltajını düşürmek için aslında yukarıdaki parçaların çoğuna ihtiyacımız olmadığını düşünürsek aşağıdaki gibi bir devre ile de ortalama voltajı düşürebiliriz;



Şekil 4.32: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-1.

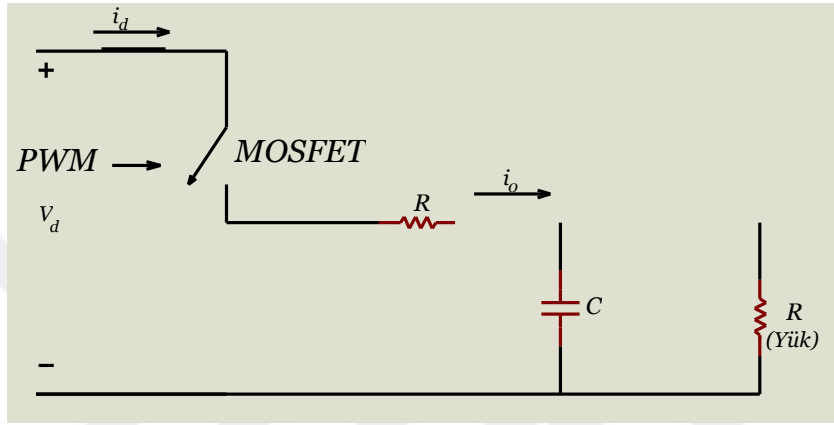
Şekil 4.32'deki gibi mosfeti PWM metodu ile saniyede yüzlerde kere açıp kapattığımız zaman bataryadaki gücün bir kısmı yüke aktarılacaktır. Daha iyi anlaşılabilmesi için mosfeti saniyenin yarısında açık yarısında kapalı ve kayıpsız olarak kabul edersek; yükün voltaj değeri mosfetin kapalı olan yarısında giriş gerilimine eşit, açık olan diğer yarısında ise 0V'tur. Yani ortalama voltajımız giriş geriliminin yarısıdır. Ancak voltaj 0'a düştüğünde yük işlevini yapamayacaktır. Bu durumun önüne geçebilmemiz için Şekil 4.33'te gösterildiği gibi, bir kapasiteyi yüke paralel bağlayabiliriz.



Şekil 4.33: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-2.

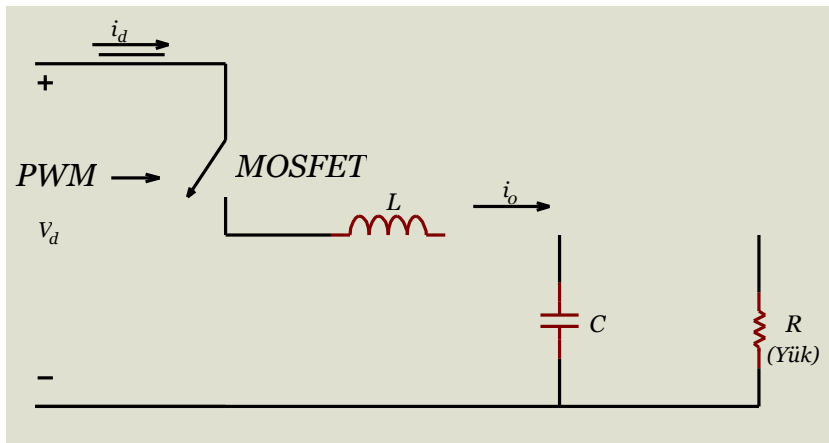
Görüldüğü gibi devreye yüke paralel olacak şekilde bir kondansatör eklendi. Yine aynı örnek üzerinden gidecek olursak saniyenin mosfetin kapalı olduğu yarısında hem yük hem

kondansatör şarj olacaktır. Ancak mosfet kapalıyken şarj edilen kondansatör mosfet açılınca yük üzerinden deşarj olacaktır. Dolayısı ile yük voltajı 0'a düşmeyecektir. Ancak Mosfet kapandığı anda kondansatör gerilimi anlık olarak değişmeye çalışılırsa bu imkansızdır. Kondansatörlerin gerilimini anlık değiştirmek fiziksel yapıları itibari ile imkansızdır ve denendiğinde devreden aşırı miktarda akım geçmesine yol açar. Bu da devre elemanlarına zarar verecektir. Dolayısı ile bir sonraki adımda yeni bir devre elemanına ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.



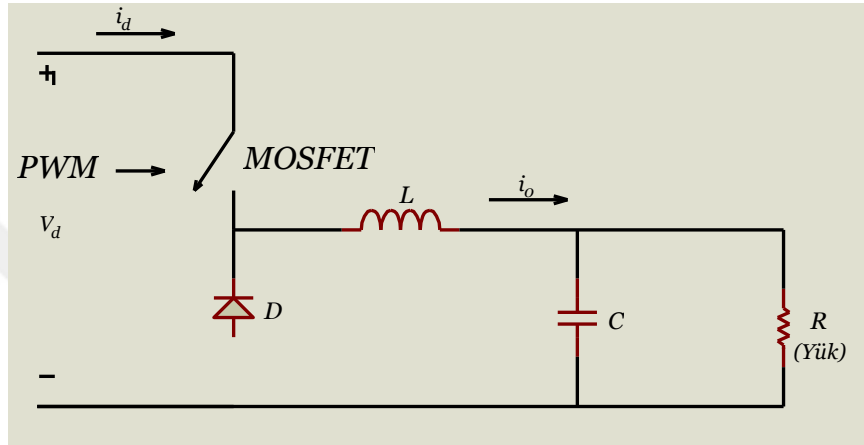
Şekil 4.34: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-3.

Şekil 4.34'te görüldüğü gibi ani voltaj yükselmesinin önüne geçmek için batarya ile kondansatör arasında bir direnç bağlanır. Ancak direnç demek büyük miktar enerji kaybı demektir. Bu yüzden direnç yerine şöyle bir alternatif çözüm bulunmuştur:



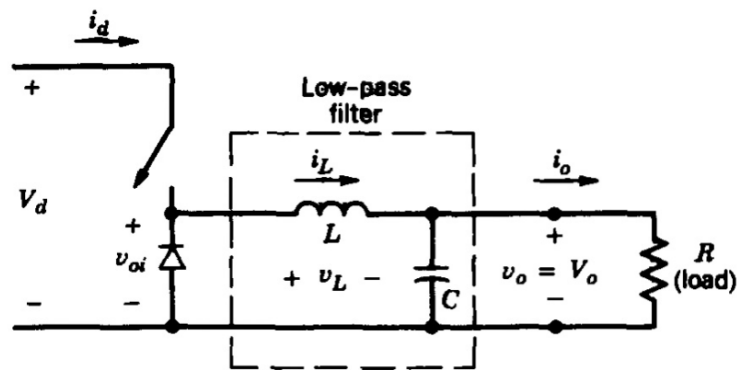
Şekil 4.35: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-4.

Şekil 4.35'te gösterildiği gibi, kondansatörün çekeceği akımı sınırlamak için direnç yerine bir indüktör kullanılmıştır. Ancak buda başka bir probleme yol açar. Nasıl kondansatörün gerilimi, yapısı gereği anlık olarak değiştirilemiyorsa, indüktörün yapısı gereği de indüktörden geçen akımın değeri de anlık olarak değiştirilemez. Yani mosfet açılırken indüktör mosfetin açılmasını engellemeye çalışacaktır. Çünkü mosfeti devreyi açarak, indüktörün akımını bir anda kesmeye çalışır. Bu durumda mosfet zarar görecektir. Bu problemin de önüne geçebilmek için son devre elemana ihtiyacımız vardır.

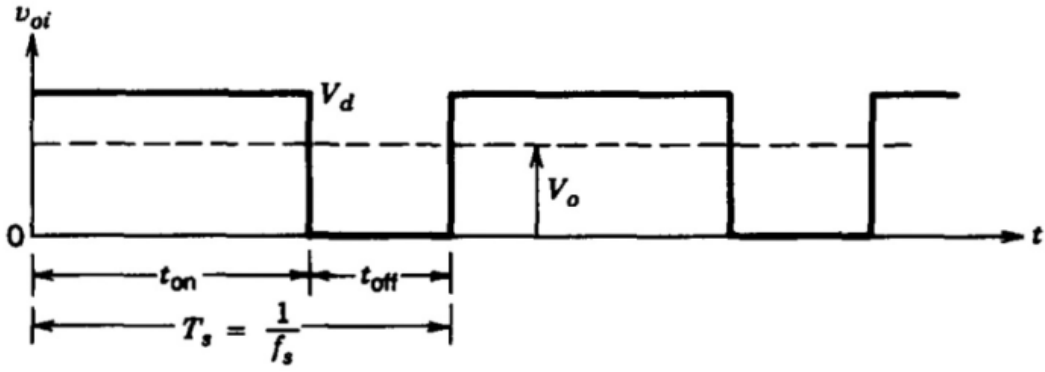


Şekil 4.36: Buck konvertör devresi şematik gösterimi-5.

Şekil 4.36'da diyot eklenerek devre tamamlanmış olur. Mosfet açıldığı anda, yükten ve indüktörden geçen akımın kesilmesi yerine, indüktörde birikmiş enerji diyot üzerinden yükü beslemeye devam eder. Yani devrenin mosfet açırken diyotun solundaki kısmı yok gibi davranıp indüktör ve kondansatörde biriken yükler devreyi besleyecektir. Buck konvertör devre şeması Şekil 4.37'de gösterilmiştir.



Şekil 4.37: Buck konvertör devre şeması [75].



Şekil 4.38: Alçak geçiren filtreye uygulanmış kare dalga sinyali [75].

Alçak geçiren filtreye uygulanmış kare dalga sinyali Şekil 4.38’de gösterilmiştir.

4.6.2 Buck Konvertör Deneyi

Bu kısımda XL4015 Buck konvertör modülü kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Modülün girişine 12V’luk DC bir gerilim uygulanmış, çıkış kısmına da 4R7 25W bir yük direnci bağlanmıştır. Modül çıkışı, üzerindeki potansiyometre ile ayarlanabilmektedir. Modülün çıkışı 5 V DC olacak şekilde ayarlanmıştır.

Devre çıkış ve giriş gerilimlerinin LabVIEW üzerinden okunabilmesi için ölçülmek istenen gerilim değerinin ± 5 olması gereklidir. Bu nedenle 0-25 V aralığındaki giriş gerilimlerine göre çalışabilen ve 0.00489V analog çözünürlüğüne sahip olan voltaj sensörleri kullanılmıştır. Gerilim bölücü prensibine göre çalışan modülde giriş voltajı 5 kat azaltılır. Giriş gerilimi olarak maksimum 25V uygulanabilmektedir. Giriş voltajı: DC0 ~ 25V, Test aralığı: DC0.02445V ~ 25V, Analog çözünürlük: 0.00489V’tur.

Devreye enerji verildiğinde 4R7 25W yük direnci üzerinde 5V’luk bir gerilim ölçülebilmektedir. Ayrıca deney modülünün çıkışından çekilen akımı ölçebilmek için ACS712T ELC-30A akım sensörü kullanılmıştır.

$\pm 30A$ ACS712T ELC-30A manyetik etkiye bağlı lineer bir akım sensörüdür. 30 ampere kadar iki yönlü akım girişine izin verir. Hata payı %5’in altında olmak üzere, analog voltaj (185 mV/A) çıkışı verir. Hall etkisi sensörü kullanmanın anlamı IC’nin akım hattını sensörün elektroniğinden elektriksel olarak izole edebilmesi (2.1 kV RMS’e kadar) ve böylece sensörün akım hattı üzerinde herhangi bir yere takılarak elektriksel izolasyon gerektiren uygulamalarda kullanılabilmesidir.

ACS712T modülüyle 4R7 25W yük direnci üzerinden yaklaşık 1A'lık akım ölçülmektedir. Devreye enerji verildiğinde yük direnci üzerinde 5W'lık bir güç harcanmaktadır.



(a)

(b)

Şekil 4.39: (a) Voltaj sensörü, (b) ACS712T akım sensörü.

Akım ve gerilim sensörleri Şekil 4.39'da, Buck konvertör deney devresi Şekil 4.40'ta gösterilmiştir.



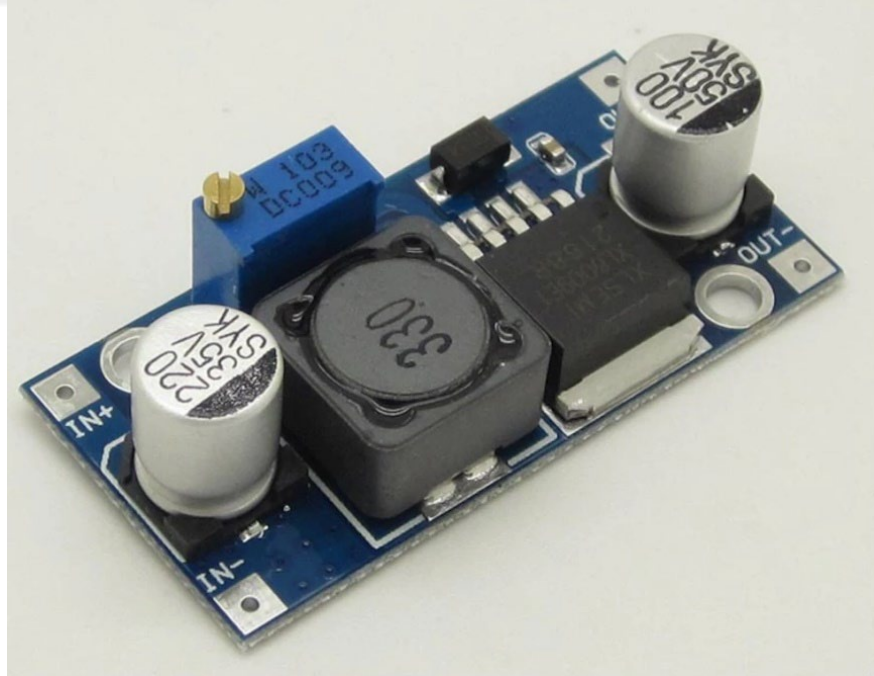
Şekil 4.40: Buck konvertör deney devresi resmi.

4.6.3 Boost Konvertör

Bir endüktansın magnetik alanında depo edilmiş enerjinin, bir anahtar elemanı yardımı ile kontrollü olarak yüke aktarılmasıyla, giriş gerilimine göre çıkışta daha yüksek gerilimler üretilebilir. DC-DC step-up voltaj regülatör kartı üzerinde anahtarlama gerilim regülatörü olan XL6009 entegresi bulunmaktadır. Regülatör üzerinden 4A'e kadar akım çekilebilmektedir. Giriş gerilimi 3-32V arasındadır. Bu aralıkta uygulanan voltaj değerine göre kart üzerindeki trimpot ile 5-35V arası çıkış gerilimi elde edilebilir.

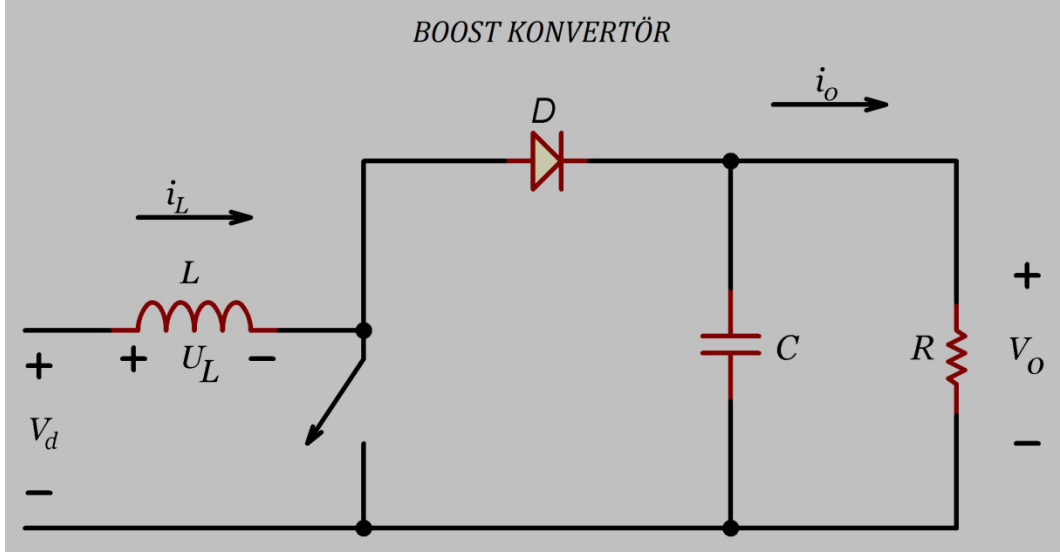
XL 6009 Özellikleri:

- Giriş Gerilimi: 3-32V
- Çıkış Gerilimi: 5-35V
- Çıkış Akımı: 4A
- Anahtarlama Frekansı: 400 KHz.
- Ripple: 50mV
- Çalışma Sıcaklığı: -40 °C ~ +85 °C
- Verim : % 94'e kadar yüksek verimlilik oranına sahiptir.



Şekil 4.41: XL6009 Boost konvertör modülü.

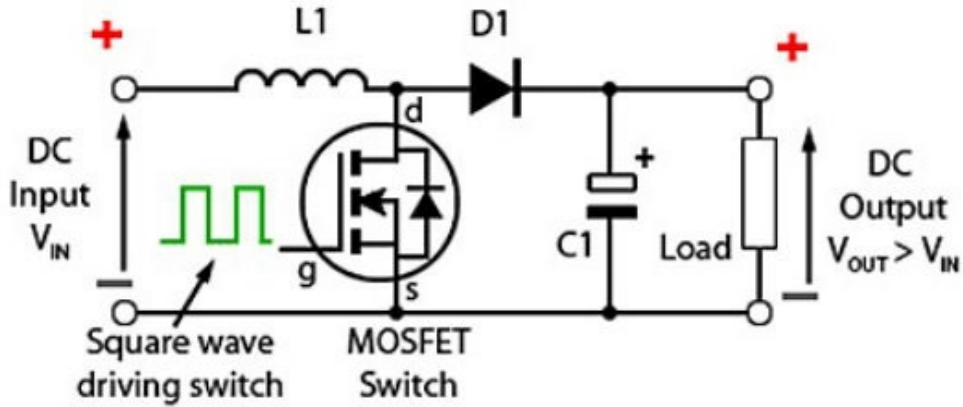
Şekil 4.41'de XL6009 Boost konvertör modülü gösterilmiştir. Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te Boost konvertöre ait devre şemaları görülmektedir.



Şekil 4.42: Boost konvertör devre şeması-1.

Boost konvertör iki farklı modda çalışır. Bunlar Şekil 4.5'te gösterildiği gibi
a Anahtarlama elemanının iletim durumu
b Anahtarlama elemanının kesim durumu
olarak tanımlanabilir.

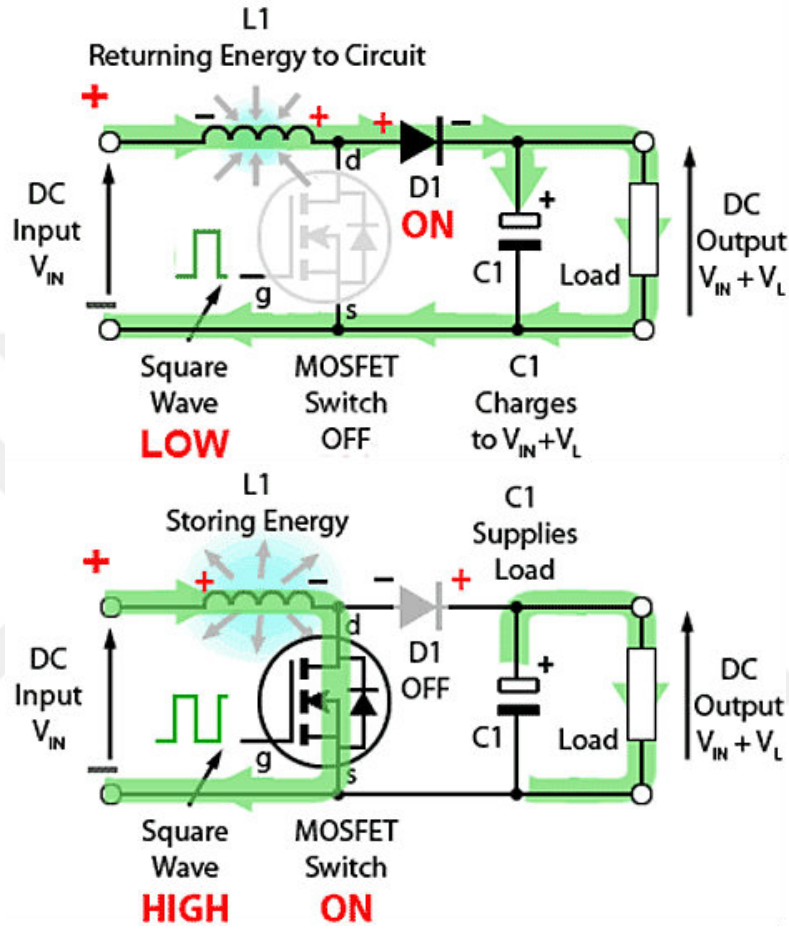
Bu iki durum yüksek frekanslarda sırayla gerçekleşerek konvertörden uygulanan giriş gerilimi yükseltmiş olur.



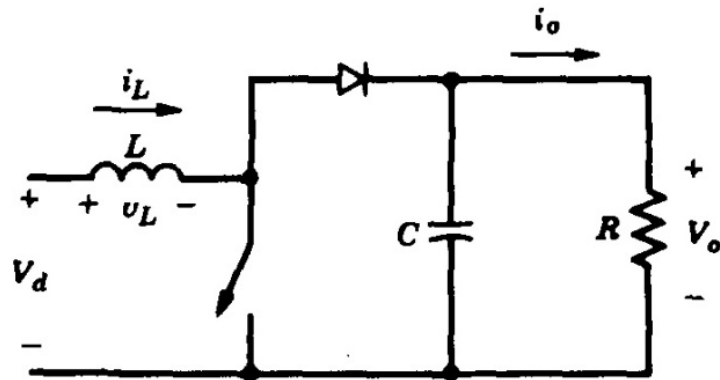
Şekil 4.43: Boost konvertör devre şeması-2 [69].

Anahtar iletimdeyken bobin üzerinden geçen akım manyetik enerji olarak depolanır ve kondansatör üzerinde ilk etapta depolanan enerji yüke aktarılır. Anahtarın kesimde olduğu aşamada ise bobin üzerinde depolanan manyetik enerji tekrar diyot üzerinden yüke ve kondansatöre aktarılır. Bu esnada kondansatör şarj olur. İki durumda da yüke enerji verilmiş

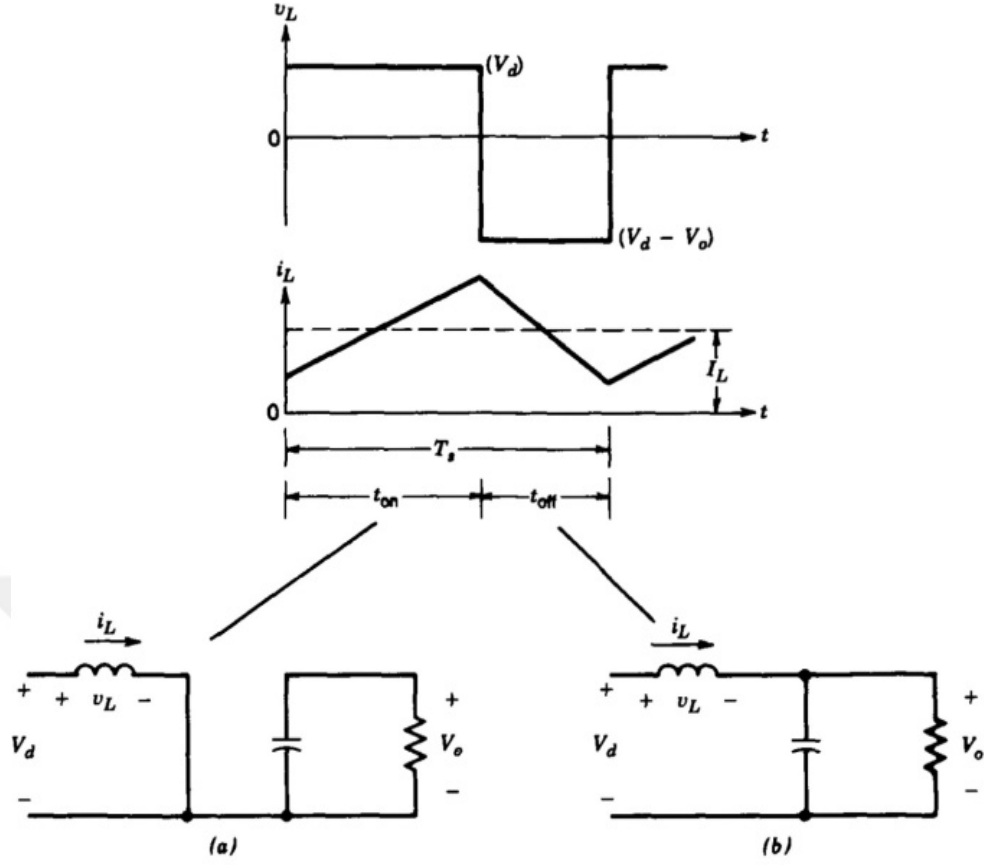
olur. Boost Konvertör devrelerinde bobin, bir filtre elemanı olarak değil bir manyetik depolama elemanı olarak kullanılır. Şekil 4.44'te Boost konvertör iletim ve kesim durumları gösterilmiştir. Şekil 4.45'te Boost konvertör devre şeması-3 gösterilmiştir. Şekil 4.46'da Boost konvertör anahtar kapalı ve açık durumu gösterilmiştir.



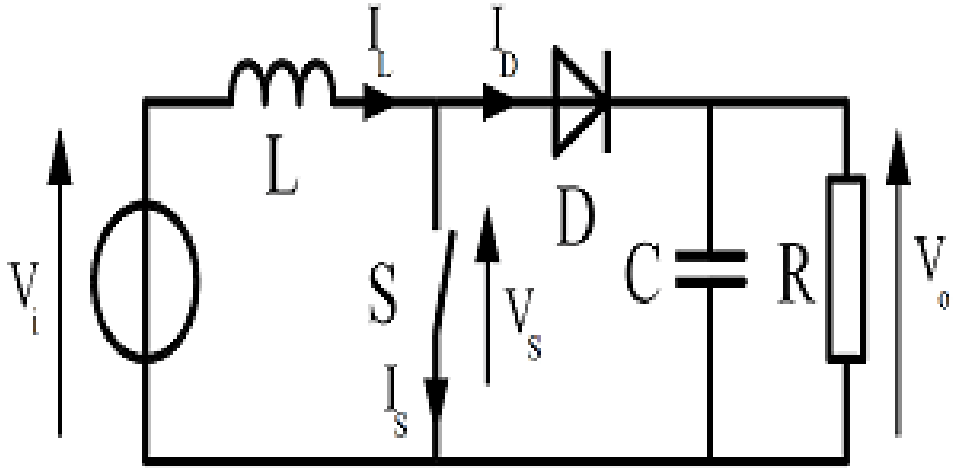
Şekil 4.44: Boost konvertör iletim ve kesim durumları [69].



Şekil 4.45: Boost konvertör devre şeması-3 [75].

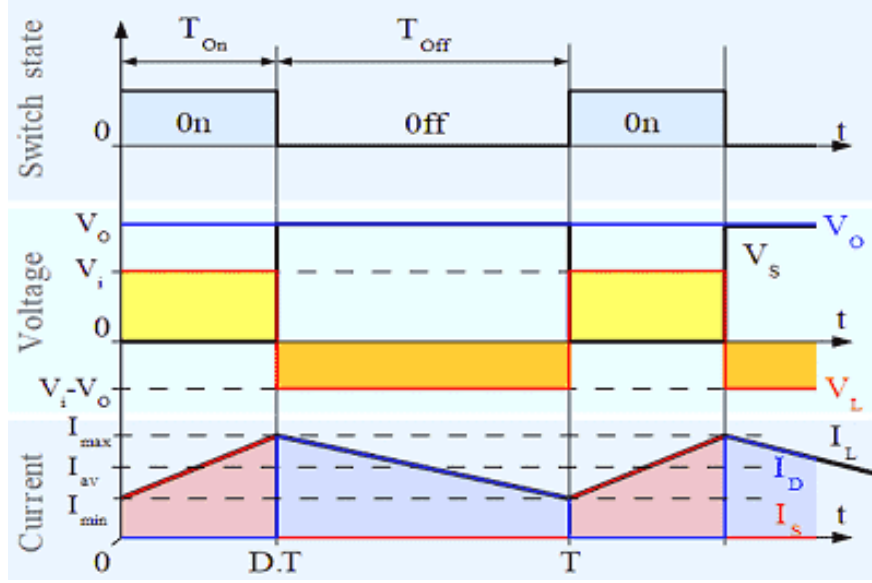


Şekil 4.46: (a) Boost konvertör anahtar kapalı, (b) anahtar açık [75].



Şekil 4.47: Boost konvertör devre şeması-4 [81].

Şekil 4.47’de Boost konvertör devre şeması gösterilmiştir. Boost dönüştürücü sürekli modda çalışırken, indüktörden geçen akım I_L asla sıfıra düşmez. Şekil 4.48’de bu modda çalışan bir dönüştürücüdeki akım ve voltajların tipik dalga formları gösterilmektedir. Çıkış voltajı, sabit koşullarda çalışan ideal bir dönüştürücü durumunda (yani ideal davranışa sahip bileşenleri kullanarak) aşağıdaki gibi hesaplanabilir [81].



Şekil 4.48: Boost konvertör devre şeması sürekli mod [81].

Şekil 4.47'deki devre s anahtarı iletimde olduğunda, giriş gerilimi indüktör üzerine düşer ve indüktörden geçen akım hızla yükselmeye başlar. 0-DT aralığında akımdaki değişim denklem (4.1)'deki gibi olur.

$$\frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{v_i}{L} \quad (4.1)$$

Anahtarın iletimde olduğu süre içerisinde indüktör akımındaki değişim denklem (4.2)'deki gibi yazılabilir.

$$\Delta I_{L\text{On}} = \frac{1}{L} \int_0^{\Delta T} v_i dt = \frac{DT}{L} v_i \quad (4.2)$$

Denklemden verilen D görev süresi (duty cycle)'dir. Bu nedenle, D sıfır ile bir arasında değişir.

S anahtarı kesimdeyken indüktör akımı kaynaktan yüke doğru akar. Diyotu ideal kabul edip, üzerindeki gerilim düşümü sıfır alınırsa, çıkış geriliminin sabit kalması için kapasitör değerinin yeterince büyük olduğu göz önüne alındığında, indüktör üzerindeki gerilim denklem (4.3)'teki gibi yazılabilir.

$$v_i - v_o = L \frac{dI_L}{dt} \quad (4.3)$$

Anahtarın kesimde olduğu süre içerisinde indüktör akımındaki değişim

$$\Delta I_{L_{off}} = \int_{\Delta T}^T \frac{(v_i - v_0) dt}{L} = \frac{(v_i - v_0)(1-D)T}{L} \quad (4.4)$$

olarak yazılabilir. Dönüştürücünün kararlı durumda çalıştığını düşündüğümüzde, bileşenlerinin her birinde depolanan enerji miktarı, bir komütasyon döngüsünün başında ve sonunda aynı olmalıdır. Özellikle indüktörde depolanan enerji:

$$E = \frac{1}{2} L I_L^2 \quad (4.5)$$

Bu nedenle indüktör akımı komütasyon çevriminin başında ve sonunda aynı olmalıdır. Bu, mevcut enerjideki toplam değişimin sıfır olduğu anlamına gelir.

$$\Delta I_{L_{on}} + \Delta I_{L_{off}} = 0 \quad (4.6)$$

Denklem (4.4), denklem (4.6)'da yerine yazılırsa, denklem (4.7) elde edilir.

$$\Delta I_{L_{on}} + \Delta I_{L_{off}} = \frac{v_i D T}{L} + \frac{(v_i - v_0)(1-D)T}{L} = 0 \quad (4.7)$$

Denklem (4.7) sadeleştirildiğinde, çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı,

$$\frac{v_0}{v_i} = \frac{1}{1-D} \quad (4.8)$$

olarak elde edilir. D katsayısı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$D = 1 - \frac{v_0}{v_i} \quad (4.9)$$

v_0 çıkış gerilimi ise:

$$v_0 = \frac{v_i}{1-D} \quad (4.10)$$

formülü ile hesaplanabilir.

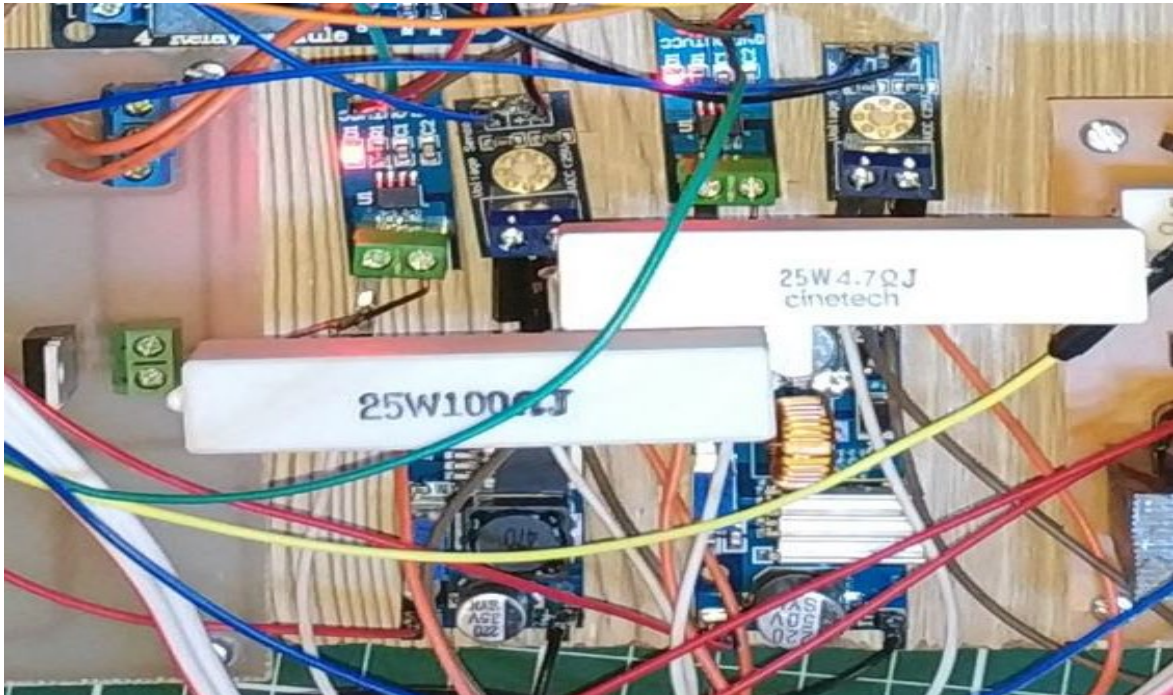
4.6.4 Boost Konvertör Deneyi

Bu kısımda XL 6009 Boost konvertör modülü kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Modülün girişine 12V'luk DC bir gerilim uygulanmış, çıkış kısmına da 100R 25W bir yük direnci bağlanmıştır. Modül çıkışı, üzerindeki potansiyometre ile ayarlanabilmektedir. Modülün çıkışı 24 V DC olacak şekilde ayarlanmıştır.

Devre çıkış ve giriş gerilimlerinin LabVIEW üzerinden okunabilmesi için voltaj sensörleri kullanılmıştır. Gerilim bölücü prensibine göre çalışan modülde giriş voltajı 5 kat azaltılır. Giriş gerilimi olarak maksimum 25V uygulanabilmektedir. Giriş voltajı: DC0 ~ 25V, Test aralığı: DC0.02445V ~ 25V, Analog çözünürlük: 0.00489V

Devreye enerji verildiğinde 100R 25W yük direnci üzerinde 24V'luk bir gerilim ölçülebilmektedir. Ayrıca deney modülünün çıkışından çekilen akımı ölçebilmek için ACS712T ELC-30A akım sensörü kullanılmıştır

ACS712T modülüyle 100R 25W yük direnci üzerinden yaklaşık 250mA'lık akım ölçülmektedir. Devreye enerji verildiğinde yük direnci üzerinde yaklaşık 5W'lık bir güç harcanmaktadır. Boost konvertör deney devresi resmi Şekil 4.49'da verilmiştir.



Şekil 4.49: Boost konvertör deney devresi resmi.

4.7 Dörtlü 5V Röle Kontrol Modülü

Bu çalışmada dörtlü röle kontrol kartı, 5V ile kontakların kontrol edildiği bir röle kartı kullanılmıştır. Mikrodenetleyeciden tetik sinyali sırasında 20mA'lık bir akım çekmektedir. Devrede LabVIEW DAQ 6008 rölelerin dördünü de tetiklemek için gerekli olan akım değerini tam olarak sağlayamadığı için harici olarak +5V luk bir DC gerilime ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için devreye Arduino denetleyici ilave edilmiş ve çıkışlarından +5V alınarak röle beslemesi sağlanmıştır.

30VDC veya 220VAC gerilimde 10A'e kadar akımı anahtarlayabilmektedir. Her bir röle için kontrol LED'leri bulunmaktadır. Röleler lojik 0 (0V) ile tetiklenmektedir.

Deney düzeneğinde yer alan deneyleri röle kartında bulunan;

- 1.röle Buck konvertörü
- 2.röle Boost konvertörü
- 3.röle güç kontrol devresini (dimmer)
- 4.röle inverter devresini kontrol etmektedir.

Dörtlü 5V röle kontrol modülü Şekil 4.50'de verilmiştir.



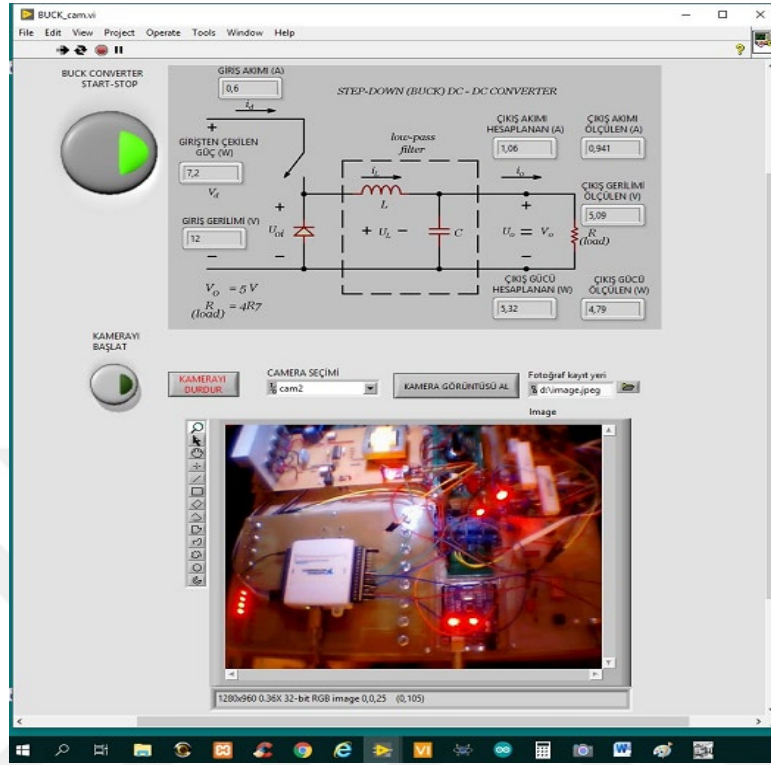
Şekil 4.50: Dörtlü 5V röle kontrol modülü.

4.8 LabVIEW Uygulamaları

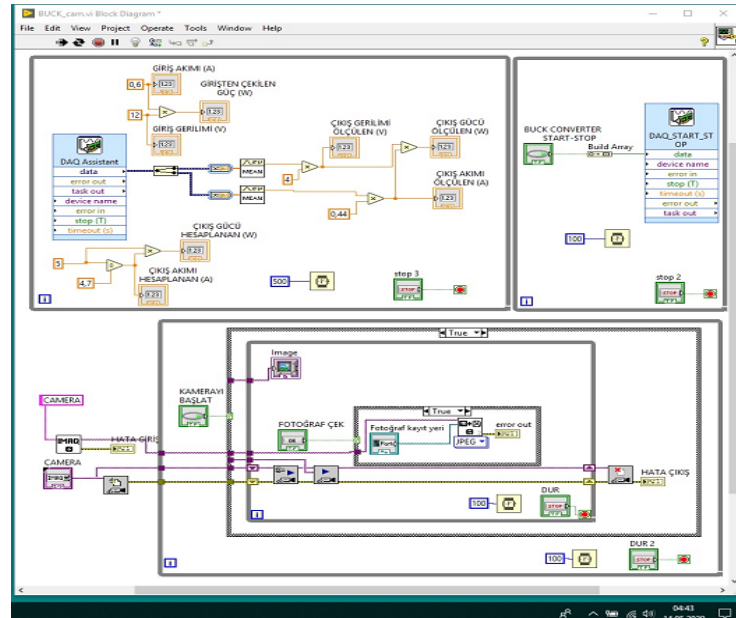
Bu kısımda Buck konvertör, Boost konvertör devreleri ile Dimmer ve İnverter devrelerine ait LabVIEW uygulamalarına yer verilmiştir.

4.8.1 Buck Konvertör LabVIEW Uygulaması

Bu kısımda Buck konvertör devresine ait LabVIEW uygulamalarına yer verilmiştir.



Şekil 4.51: Buck konvertör LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü.

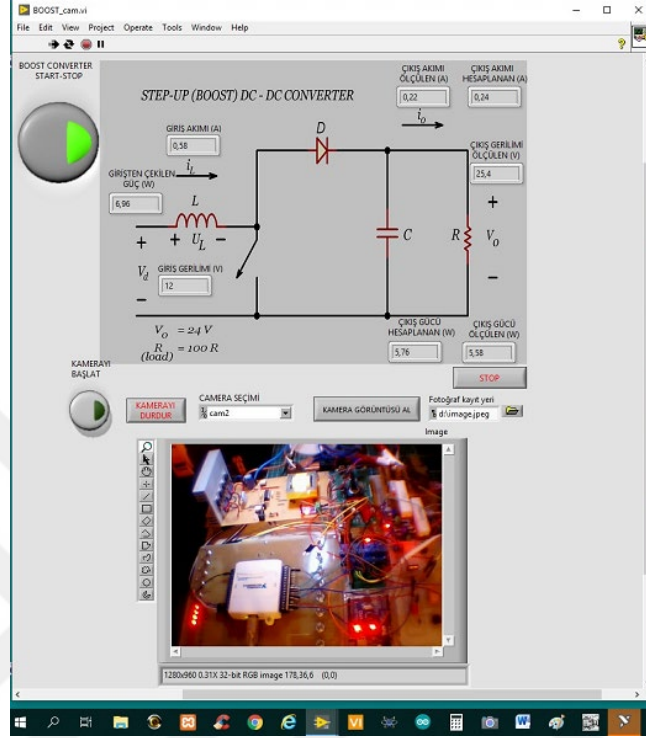


Şekil 4.52: Buck konvertör LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.

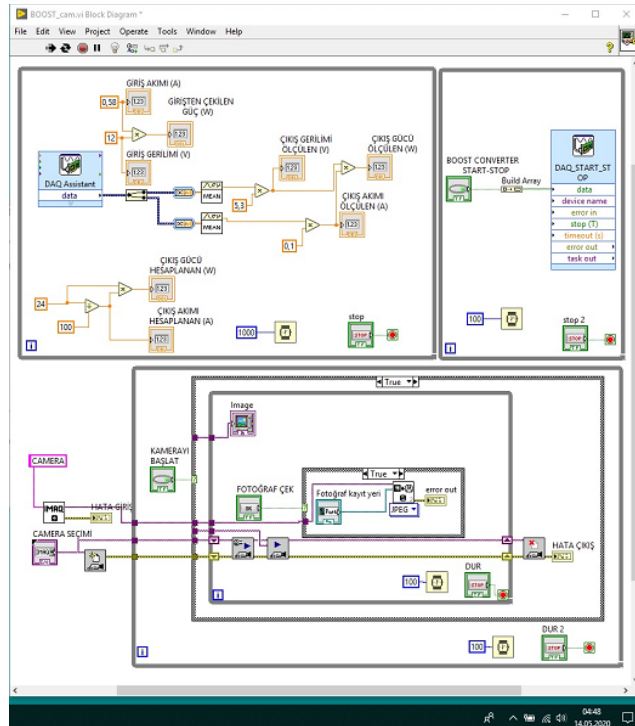
Buck konvertör devresine ait LabVIEW uygulaması Şekil 4.51’de, blok diyagramı Şekil 4.52’de verilmiştir.

4.8.2 Boost Konvertör LabVIEW Uygulaması

Boost konvertör devresine ait LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü 4.53'te blok diyagramı ise Şekil 4.54'te verilmiştir.



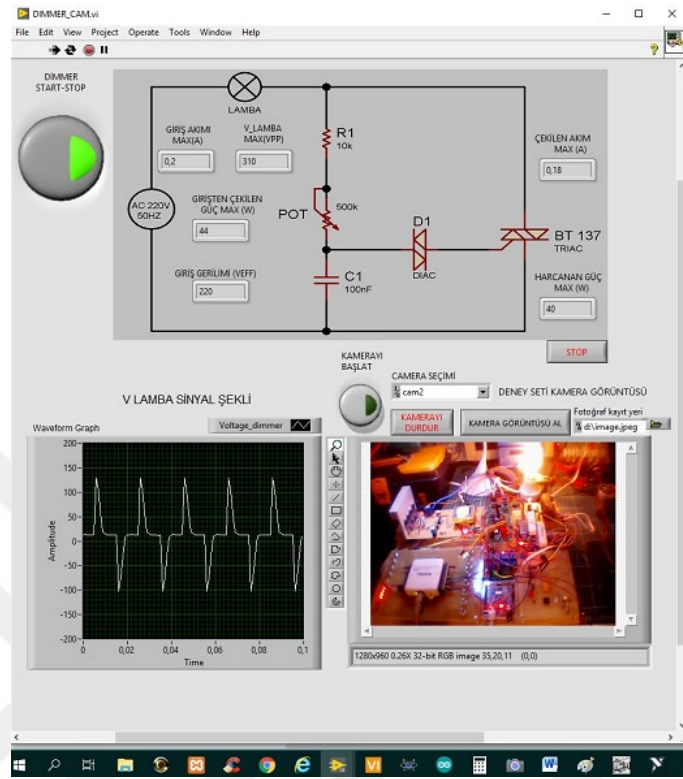
Şekil 4.53: Boost konvertör LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü.



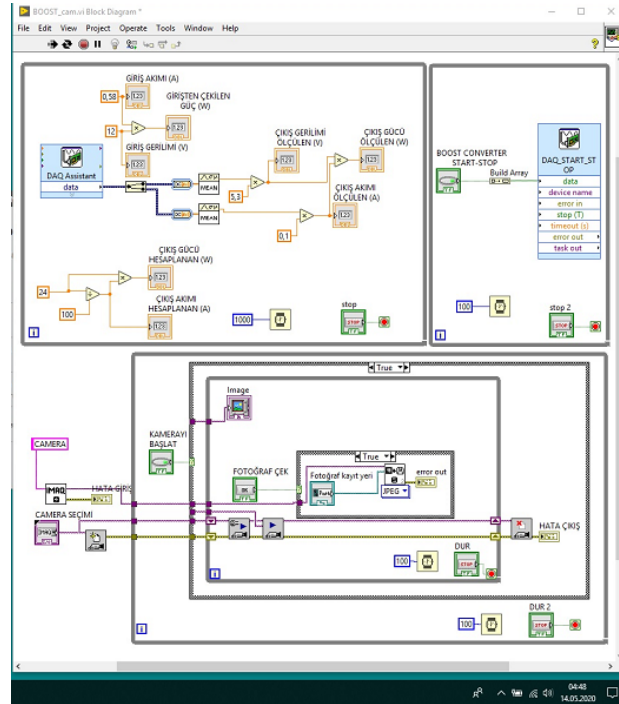
Şekil 4.54: Boost konvertör LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.

4.8.3 Güç Kontrol Devresi LabVIEW Uygulaması

Bu kısımda güç kontrol devresine ait LabVIEW uygulamalarına yer verilmiştir.



Şekil 4.55: Güç kontrol devresi LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü.

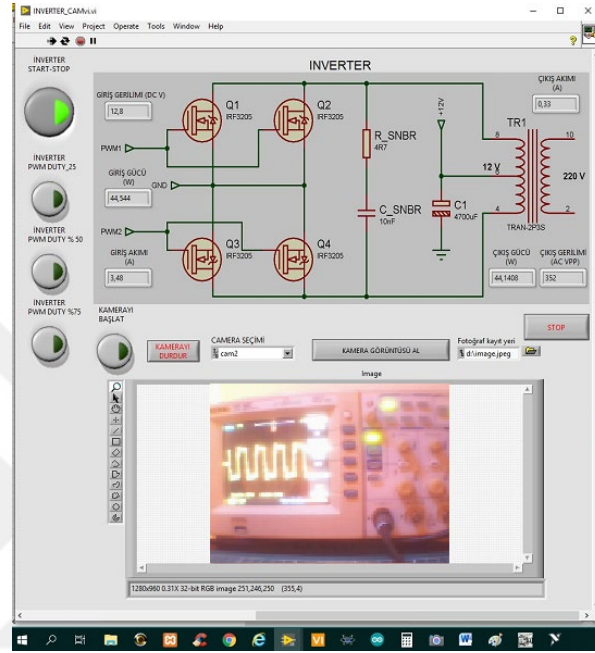


Şekil 4.56: Güç kontrol devresi LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.

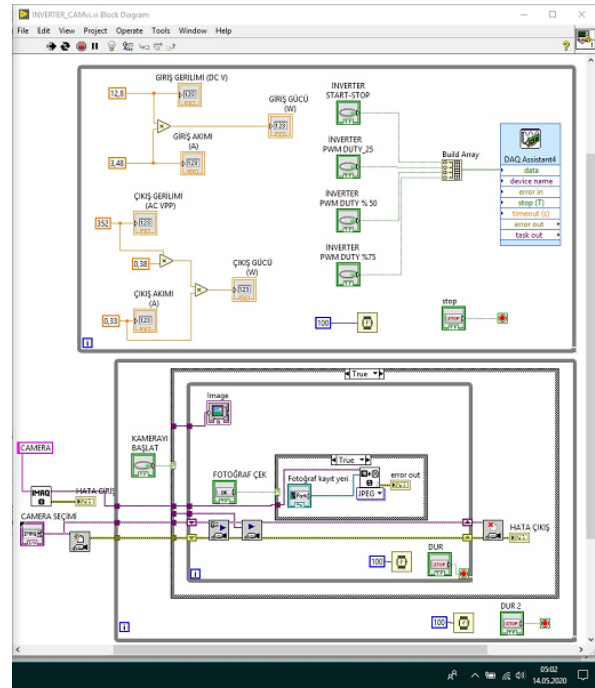
Güç kontrol devresine ait LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü 4.55'te, blok diyagramı ise Şekil 4.56'da verilmiştir.

4.8.4 İnverter Devesi LabVIEW Uygulaması

Bu kısımda inverter devresine ait LabVIEW uygulamalarına yer verilmiştir.



Şekil 4.57: İnverter devesi LabVIEW uygulaması (çalışma) front panel görüntüsü.

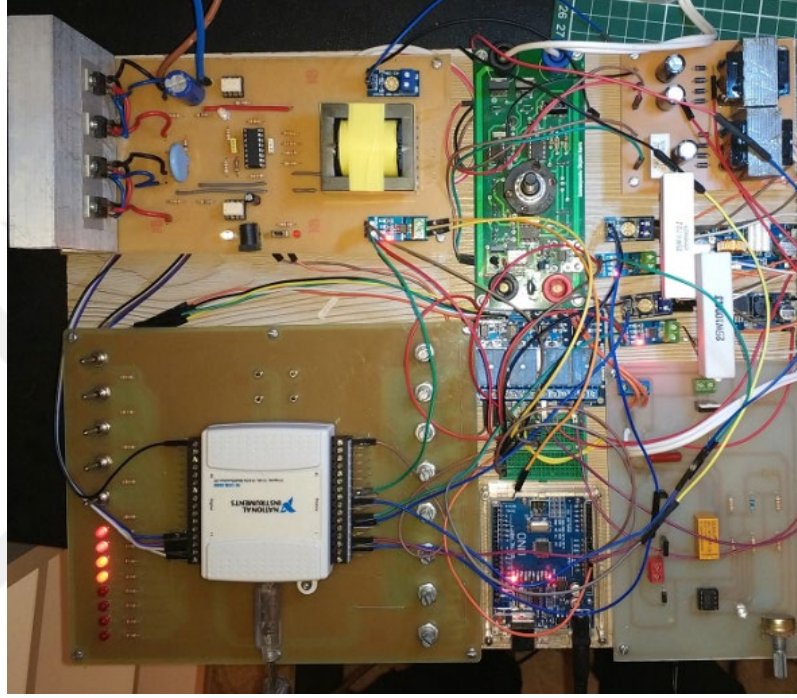


Şekil 4.58: İnverter devesi LabVIEW uygulaması blok diyagramı görüntüsü.

İnverter devresine ait LabVIEW uygulaması front panel görüntüsü 4.57’de, blok diyagramı ise Şekil 4.58’de verilmiştir.

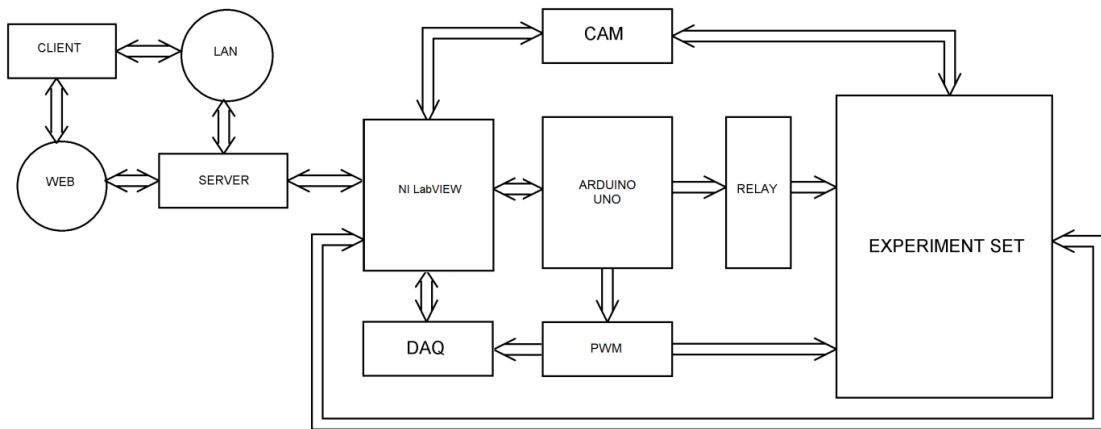
4.9 Tasarlanan Deney Devresi

Bu kısımda tasarlanan deney devresi diğer deney devreleri ile birleştirilerek tek bir yapıda toplanmıştır.



Şekil 4.59: Deney setinin üstten görünüşü.

Tasarlanan deney seti Şekil 4.59’da, deney devresi blok diyagramı Şekil 4.60’ta verilmiştir.



Şekil 4.60: Deney devresi blok diyagramı.

4.10 Deneysel Çalışma

Deney sırasında çeşitli frekans ve duty değerlerinde ölçümler yapılmış ve bunlar tabloya kaydedilmiştir. Çekilen akımla orantılı olarak çıkış gerilimlerinin değişimi gözlemlenmiştir. Düşük frekanslarda yüksek akım çekildiği için sınırlama direnci ilk aşamada 1 ohm olarak giriş eklenmiştir.

Tablo 4.3: %25 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci 1 ohm).

Giriş (V)	Sınırlama direnci (Ohm)	Frekans (KHz)	Duty (%)	Yük (Ohm)	Çıkış (V)	Çıkış (A)
4,7	1	1	25	100	5,8	1
4,7	1	2	25	100	7,8	0,96
4,7	1	3	25	100	9,4	0,93
4,7	1	4	25	100	10,7	0,9
4,7	1	5	25	100	11,8	0,85
4,7	1	6	25	100	13,1	0,81
4,7	1	7	25	100	13,9	0,76
4,7	1	8	25	100	14	0,72
4,7	1	9	25	100	14	0,68
4,7	1	10	25	100	14	0,64

Tablo 4.4: %50 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci 1 ohm).

Giriş (V)	Sınırlama direnci (Ohm)	Frekans (KHz)	Duty (%)	Yük (Ohm)	Çıkış (V)	Çıkış (A)
4,7	1	1	50	100	5,8	0,49
4,7	1	2	50	100	7,7	0,46
4,7	1	3	50	100	9,4	0,43
4,7	1	4	50	100	10,2	0,38
4,7	1	5	50	100	10,3	0,35
4,7	1	6	50	100	10,2	0,33
4,7	1	7	50	100	10,1	0,3
4,7	1	8	50	100	10	0,29
4,7	1	9	50	100	9,9	0,27
4,7	1	10	50	100	9,6	0,25

Sınırlama direnci 1 ohm için; %25 Duty için ölçüm sonuçları Tablo 4.3'te, %50 Duty için ölçüm sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.5: %70 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci 1 ohm).

Giriş (V)	Sınırlama direnci (Ohm)	Frekans (KHz)	Duty (%)	Yük (Ohm)	Çıkış (V)	Çıkış (A)
4,7	1	1	70	100	5,7	1,35
4,7	1	2	70	100	7,7	1,33
4,7	1	3	70	100	9,1	1,3
4,7	1	4	70	100	10,6	1,25
4,7	1	5	70	100	11,7	1,21
4,7	1	6	70	100	12,7	1,18
4,7	1	7	70	100	13,7	1,14
4,7	1	8	70	100	14,7	1,1
4,7	1	9	70	100	15,6	1,06
4,7	1	10	70	100	16,2	1,03

Tablo 4.6: %25 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci yok).

Giriş (V)	Sınırlama direnci (Ohm)	Frekans (KHz)	Duty (%)	Yük (Ohm)	Çıkış (V)	Çıkış (A)
4,7	0	1	25	100	17,9	1,24
4,7	0	2	25	100	16,5	0,77
4,7	0	3	25	100	15	0,58
4,7	0	4	25	100	14	0,48
4,7	0	5	25	100	13,3	0,42
4,7	0	6	25	100	12,8	0,37
4,7	0	7	25	100	12,2	0,34
4,7	0	8	25	100	9,9	0,31
4,7	0	9	25	100	11,5	0,29
4,7	0	10	25	100	11,3	0,28

Tablo 4.7: %50 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci yok).

Giriş (V)	Sınırlama direnci (Ohm)	Frekans (KHz)	Duty (%)	Yük (Ohm)	Çıkış (V)	Çıkış (A)
4,7	0	1	50	100	20,5	3,71
4,7	0	2	50	100	25,8	2,4
4,7	0	3	50	100	24,6	1,81
4,7	0	4	50	100	23,3	1,48
4,7	0	5	50	100	22,2	1,25
4,7	0	6	50	100	21,2	1,09
4,7	0	7	50	100	20,3	0,98
4,7	0	8	50	100	19,6	0,9
4,7	0	9	50	100	19	0,82
4,7	0	10	50	100	18,4	0,76

Sınırlama direnci 1 ohm; %70 Duty için ölçüm sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Sınırlama direnci 0 ohm; %25 Duty için ölçüm sonuçları Tablo 4.6’da, sınırlama direnci 0 ohm; %50 Duty için ölçüm sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir.

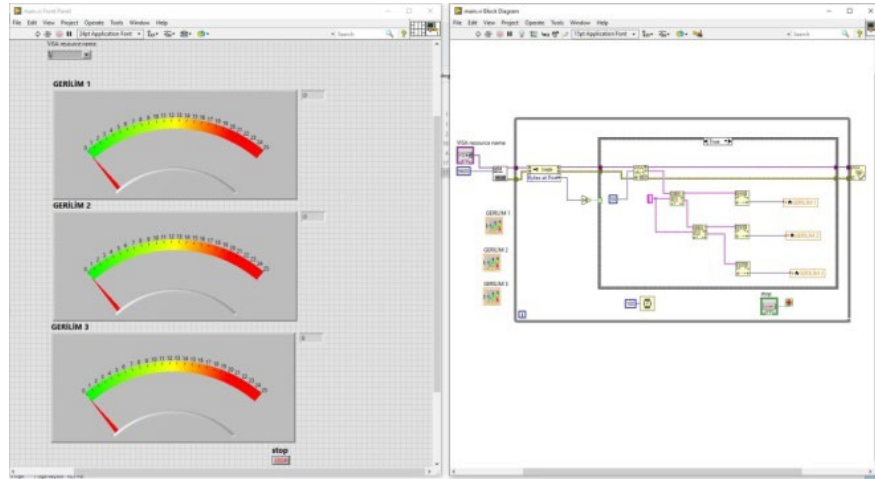
Tablo 4.8: %75 Duty için ölçüm sonuçları (sınırlama direnci yok).

Giriş (V)	Sınırlama direnci (Ohm)	Frekans (KHz)	Duty (%)	Yük (Ohm)	Çıkış (V)	Çıkış (A)
4,7	0	1	75	100	20,2	6,63
4,7	0	2	75	100	28,8	4,85
4,7	0	3	75	100	31,8	3,59
4,7	0	4	75	100	31	2,92
4,7	0	5	75	100	29,8	2,48
4,7	0	6	75	100	28,5	2,17
4,7	0	7	75	100	27,5	1,93
4,7	0	8	75	100	26,7	1,76
4,7	0	9	75	100	26	1,6
4,7	0	10	75	100	25	1,48

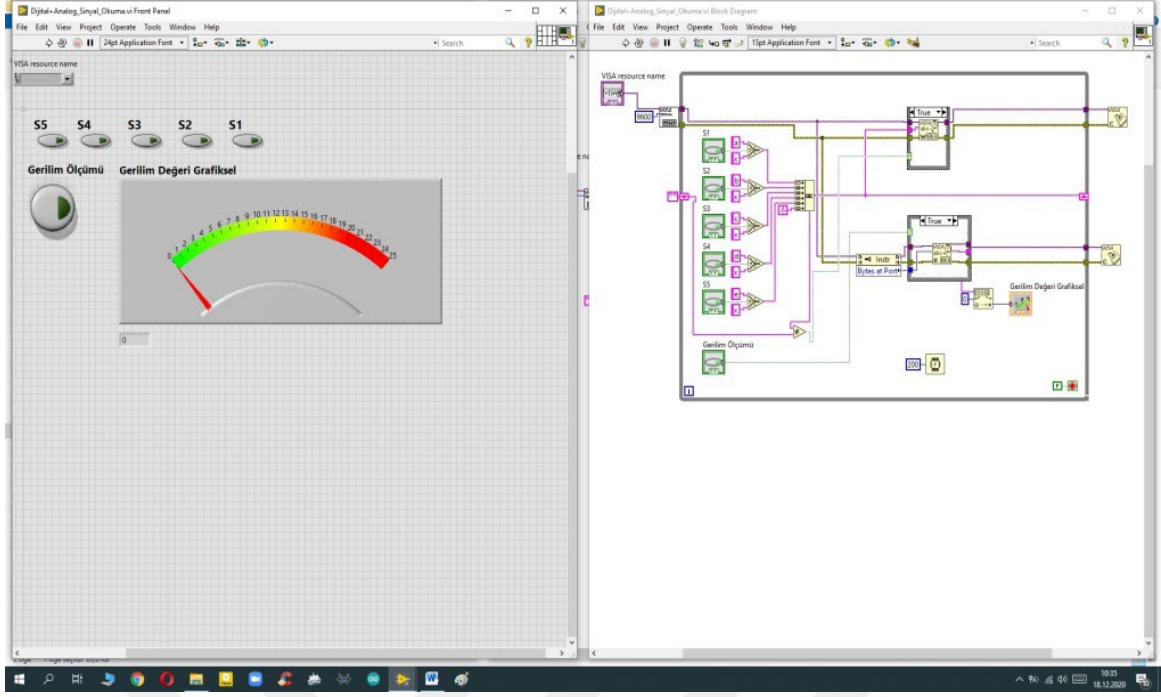
Sınırlama direnci 0 ohm; %75 Duty için ölçüm sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir.

4.11 LabVIEW ve Arduino’nun Seri Port (USB) Üzerinden Haberleştirilmesi

Bu kısımda LabVIEW ve Arduino’nun seri port üzerinden sorunsuz haberleştirilmesini sağlamak amacıyla bir çok araştırma ve deneyler yapılmıştır.

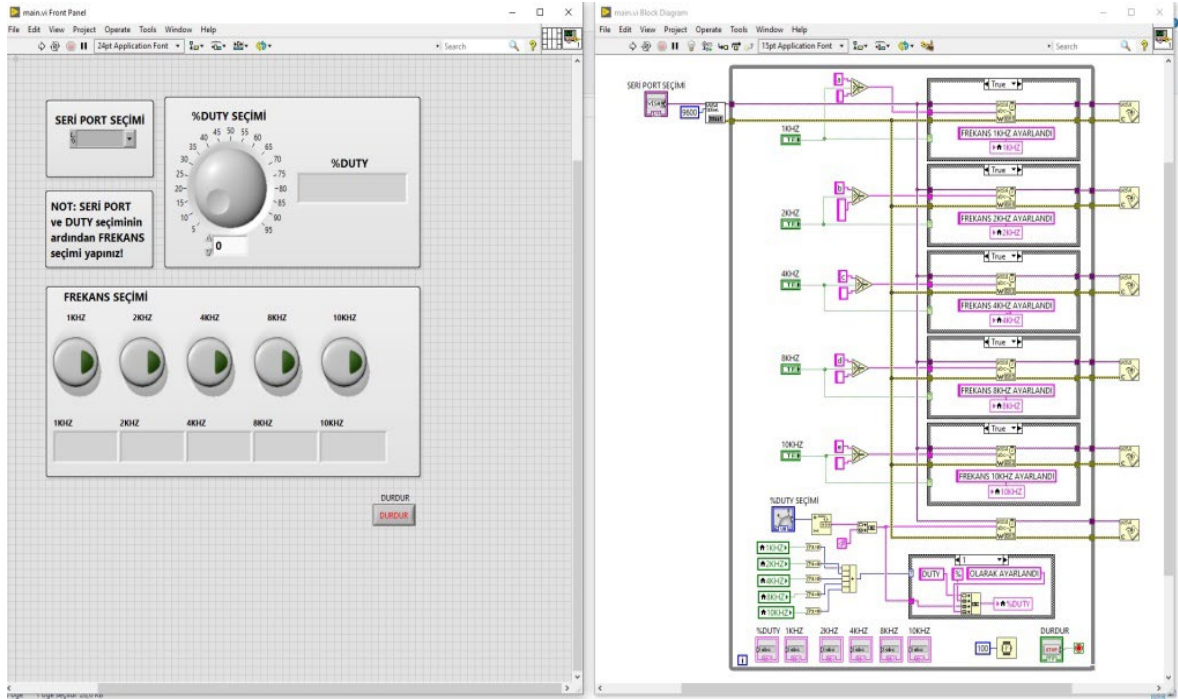


Şekil 4.61: Analog sinyal okuma ve yazma.

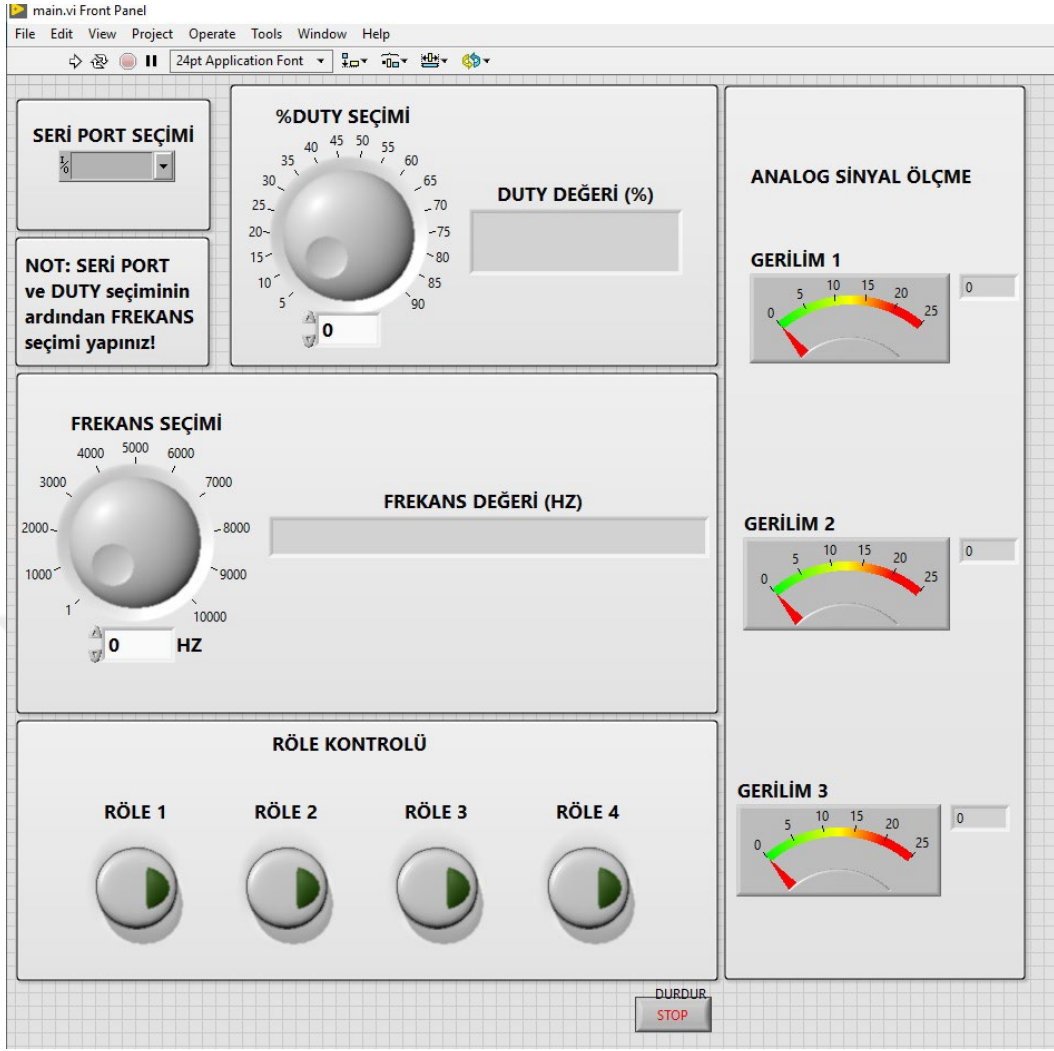


Şekil 4.62: Analog sinyal okuma ve dijital sinyal yazma.

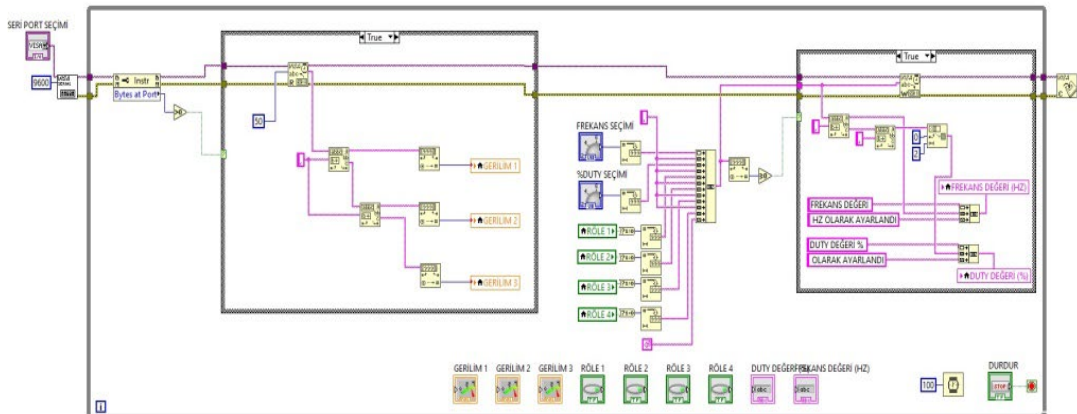
LabVIEW ve Arduino'nun Seri Port (USB) üzerinden haberleştirilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalara ait LabVIEW arayüzleri ve blok diyagramları Şekil 4.61, Şekil 4.62 ve Şekil 4.63'te verilmiştir.



Şekil 4.63: Seri port ile frekans kontrolü.

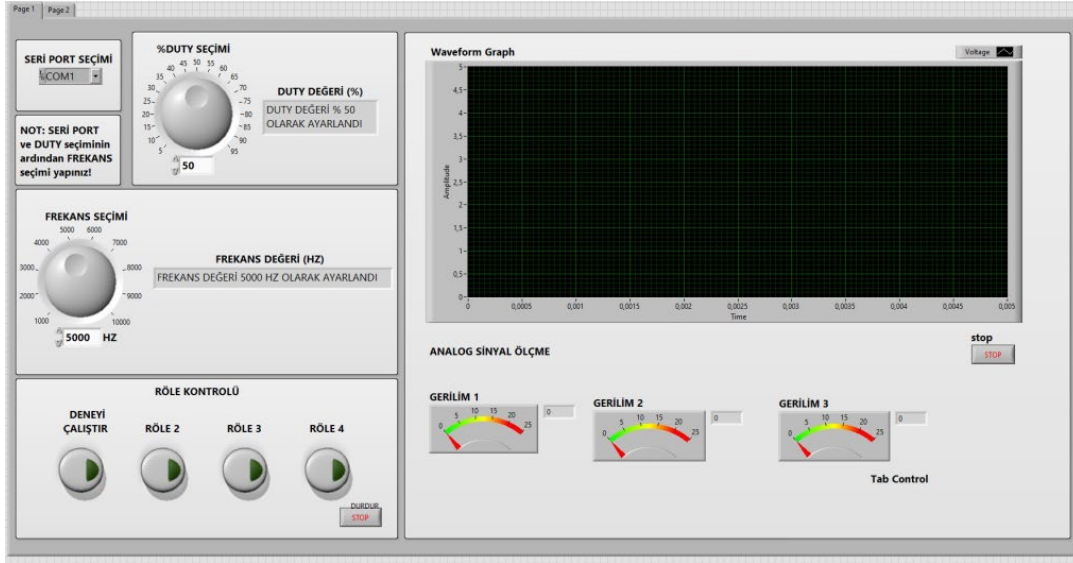


Şekil 4.64: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma ve frekans LabVIEW-1.

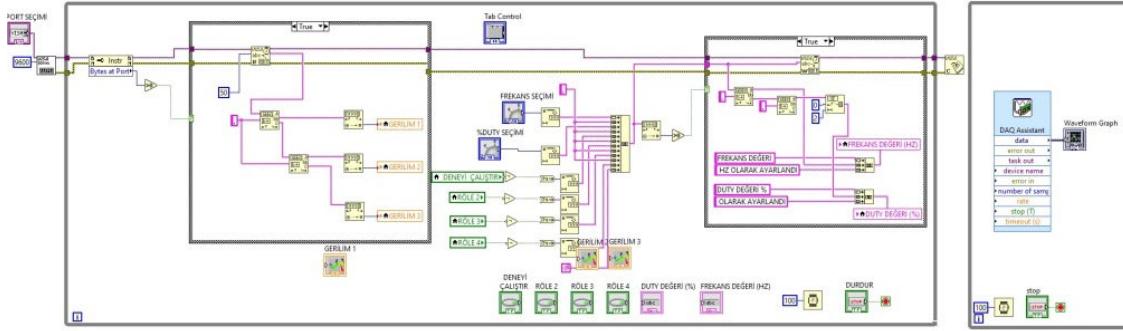


Şekil 4.65: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma ve frekans LabVIEW-2.

USB üzerinden haberleşme ilgili olarak yapılan çalışmalara ait LabVIEW arayüzleri ve blok diyagramları Şekil 4.64 ve Şekil 4.65'te verilmiştir.



Şekil 4.66: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma, frekans ve grafik okuma-1.



Şekil 4.67: Analog sinyal okuma, dijital sinyal yazma, frekans ve grafik okuma-2.

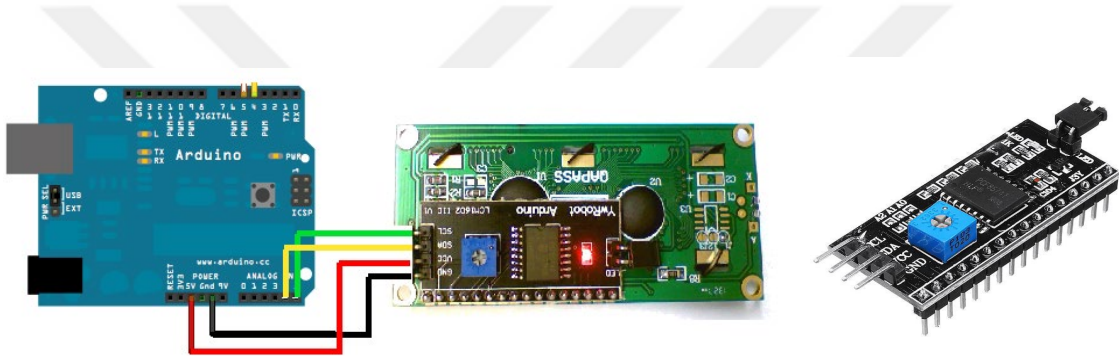
USB üzerinden haberleşme ilgili olarak yapılan çalışmalara ait LabVIEW arayüzleri ve blok diyagramları 4.66 ve Şekil 4.67’de verilmiştir.

4.12 I²C Protokolü Kullanılarak Arduino ile LCD Bağlantısı

Bu kısımda I²C protokolü kullanılarak Arduino ile LCD bağlantısı gerçekleştirilmiştir. LCD ekranına “BOOST KONVERTÖR DENEYİ” ibaresi yazılmış, giriş çıkış değişiklikleri, FREKANS, DUTY oranı ve rölelerin aktiflik durumu tanımlanmıştır. Bu çalışmada I²C protokolü kullanılarak yukarıda bahsedilen durumlar gerçek zamanlı olarak LCD ekranına yazdırılmıştır. Böylelikle kullanıcı, Web Browser (internet tarayıcısı) ekranında yapacağı değişiklikleri Web Cam vasıtasıyla deney düzeneği üzerinde bulunan LCD ekranında da canlı olarak görüp sonuçları karşılaştırabilmektedir.

İlk yapılan çalışmalarda Arduino ile LCD ekranına veri yazdırılabilmesi için VCC ve GND pinleri haricinde 6 pin daha kullanılmıştı. Kullanılacak pinlerin pek çoğu bu nedenle LCD ye ayrılmıştı. Bu kısımda ise sadece 2 pin (SDA ve SCL) kullanılmış ve gereksiz kablo bağlantısının ve karmaşıklığın önüne geçilerek tek Arduino ile bir çok veri iletişimi ve kontrolü mümkün hale getirilmiştir.

Ayrıca LCD'nin parlaklığını ayarlamak için kullanılan potansiyometrenin de bread bord gibi bir devre üzerine eklenmesi veya devre üzerinde farklı bir baskı devre şeklinde montaj ile bu sorunun giderilmesi gerekliydi. I²C modülünde arka tarafta bulunan yerleşik potansiyometre sayesinde bu sorun da giderilmiştir. I²C Modülü ve Arduino-LCD bağlantısı Şekil 4.68'de verilmiştir.



Şekil 4.68: I²C modülü ve Arduino-LCD bağlantısı.

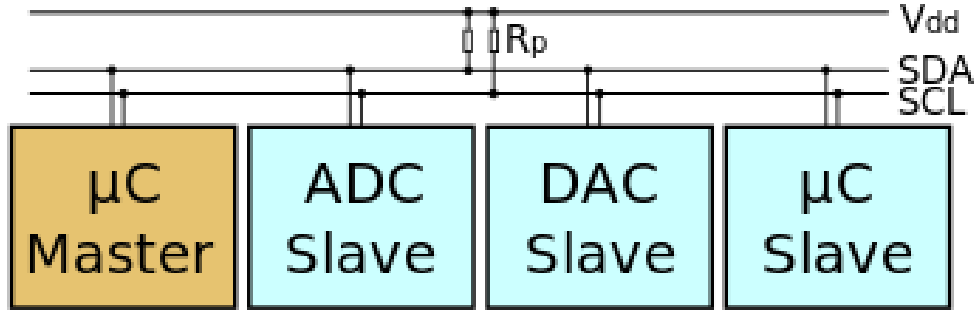
4.12.1 I²C Protokolü

I²C (Inter-Integrated Circuit) Philips tarafından geliştirilmiş, düşük hızlı çevre birimlerini anakart, gömülü sistem ya da cep telefonu'na bağlamak için kullanılan toprağa referanslı, çok denetleyicili bir seri veri yoludur [71].

1990'ların ortasından beri Siemens (sonrasında Infineon Technologies), NEC, STMicroelectronics (öncesinde SGS-Thomson), Motorola (sonrasında Freescale Semiconductor), Intersil gibi pek çok firma NXP (öncesinde Philips Semiconductor Division) I²C-sistem standartıyla tam uyumlu ürünler piyasaya sürmüşlerdir.

SMBus I²C'nin daha katı elektriksel ve protokol sınırlamaları tanımlayan bir alt kümesidir. SMBus'ın bir amacı dayanıklılık ve karşılıklı çalışabilirliği artırmaktır. Bu sebepten modern

I²C sistemleri SMBus kural ve prensiplerini içermektedirler ve pratikte bu iki standart arasındaki ayırım genellikle çok belirgin değildir.



Şekil 4.69: I²C sistemleri örnek bir veri yolu bağlantısı-1 [71].

Şekil 4.69’da bir denetleyici (mikroişlemci), üç adet bağımlı birim (bir ADC, bir DAC ve bir mikroişlemci) ile pull-up dirençlerinden (R_p) oluşan örnek bir I²C veriyolu gösterilmiştir [71].

I²C pull-up dirençleriyle pozitif beslemeye bağlanmış iki adet çift yönlü open-drain sinyal hattı kullanılmıştır. (Serial Data Line (SDA) ve Serial Clock (SCL)). Daha düşük ya da yüksek besleme gerilimlerine de izin verilmekle birlikte tipik olarak kullanılan besleme değerleri +5 V ya da +3.3 V’tur.

I²C referans tasarımında 16 adet özel amaçlı adres içeren 7-bit adres bölgesi mevcuttur, Dolayısıyla aynı veriyolu üzerinden en fazla 112 adet birim birbiriyle haberleşebilir. Sık kullanılan I²C veriyolu hızları 100 kbit/s standart mod ve 10 kbit/s low-speed modudur, ancak isteğe bağlı olarak daha düşük saat frekanslarına da izin verilmektedir.

Son I²C sürümleri daha fazla birime daha hızlı olarak hizmet verebilmektedir (400 kbit/s Fast mode, 1 Mbit/s Fast mode plus ya da Fm+, ve 3.4 Mbit/s Yüksek Hızlı Mod). Bu hızlar PC’lerden ziyade gömülü sistemlerde kullanılmaktadır. Ayrıca 10-bit adresleme modu gibi diğer özellikler de mevcuttur.

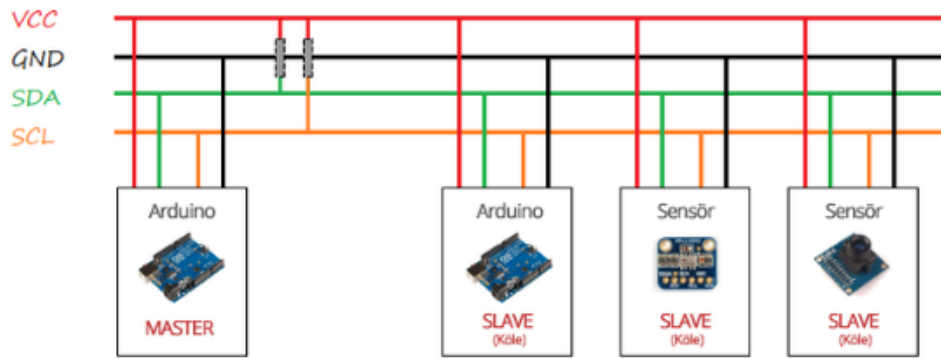
Belirtilen bit oranları denetleyici ile bağımlı birim arasında saat sıkıştırması ya da ilave donanım gecikmesi harici mesajlaşmalar için tanımlanmıştır. İlave protokol yükü bir bağımlı

birim adresi ve muhtemelen bir kütük adresi yanında her bir bayt için ACK/NACK bitleri ihtiva etmektedir. Sonuç olarak gerçek veri transfer hızları yukarıda belirtilen tepe değerlerinden düşük olmaktadır. Örneğin, eğer bir bağımlı birimle yapılan her mesajlaşmanın sadece 1 bayt transferi ile sınırlı olduğu etkin olmayan bir protokolda gerçek veri aktarım hızı bit oranı tepe değerinin yarısından az olacaktır.

Maksimum bağımlı birim sayısı adres bölgesi boyutu ve ayrıca pratik iletişim uzaklığını birkaç metre ile sınırlayan 400 pF 'lık toplam veriyolu kapasitansı ile sınırlıdır [71].

Arduino, diğer Arduino veya sensörlerle haberleşmek için bazı haberleşme protokolleri kullanır. Bu protokollerden birisi de I²C'dir. I²C (Inter-Integrated Circuit), seri haberleşme türlerinden senkron haberleşmeye bir örnektir. Haberleşme için toprak hattı dışında SDA ve SCL olmak üzere iki hatta ihtiyaç duyulmaktadır. Hat sayısının fazla olması nedeniyle, uzun mesafeli haberleşmelerde tercih edilmez. Genellikle kısa mesafeli ve düşük veri aktarım hızının yeterli olduğu yerlerde kullanılır.

I²C haberleşmesinde, haberleşmeyi kontrol eden master cihazı bulunur. Her haberleşmede bir tane master bulunmalıdır. Haberleşmenin sağlanabilmesi için haberleşme hattına en az bir adet slave (köle) cihaz bağlanmalıdır. Hatta bağlanan birden fazla slave cihazlardan hangisinin veri aktaracağına, master cihaz karar verir. Böylece hat sayısında bir değişiklik olmadan birden fazla cihazla haberleşme sağlanır.



Şekil 4.70: I²C sistemleri örnek bir veri yolu bağlantısı-2 [71].

Master ve slave cihazların aynı besleme hattına bağlanmasına gerek yoktur. Fakat iletişimin sağlanması için toprak hatlarının aynı olması gerekir. Bunun yanında veri aktarımı için SDA

(Serial Data Line) ve SCL (Serial Clock) olmak üzere iki adet haberleşme hattı bulunur. Bu hatlardan SDA, cihazlar arasındaki veri aktarımının sağlandığı hattır.

Bu hatta çift yönlü veri aktarımı olur. Hatta aktarılan verilerin senkronizasyonu, SCL hattı tarafından gerçekleştirilir. SCL hattında master cihaz tarafından üretilen saat sinyali bulunur. SDA hattındaki haberleşme, bu sinyale göre düzenlenir. I²C Sistemleri örnek bir veri yolu bağlantısı Şekil 4.70'de verilmiştir.

Haberleşmenin tüm hat boyunca hatasız bir şekilde sağlanabilmesi için SDA ve SCL hatları, pull-up dirençlerle VCC hattına bağlanmalıdır. SDA ve SCL pinleri, kullanılan Arduino türüne göre değişiklik göstermektedir. Arduino türlerine göre SDA ve SCL pinleri aşağıdaki Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Arduino türlerine göre SDA ve SCL pinleri.

Arduino türü	SDA pini	SCL pini
Arduino Uno	A4	A5
Arduino Mega	20	21
Arduino Leonardo	2	3
Arduino Due	20	21
Arduino Nano	A4	A5

I²C sadece mikro denetleyiciler arasında haberleşmeyi sağlamaz, aynı zamanda sensörlerle de haberleşmeyi sağlar. Bir hat üzerine bağlanmış birden fazla sensör, Arduino tarafından kolaylıkla okunabilir. Böylece sensör sayısı artmasına rağmen devredeki karmaşıklık ve kablo sayısı artmamış olur [72].

Kullanılan kartın varsayılan I²C adresi 0x27'dir. Üzerinde bulunan A0, A1 ve A2 lehim jumper'larını kullanarak bu adresin değiştirilmesi mümkündür. Bu çalışmada PCF8574T Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus entegresi modülü ile birlikte kullanılmıştır.

4.13 Installer Paketi Oluşturma

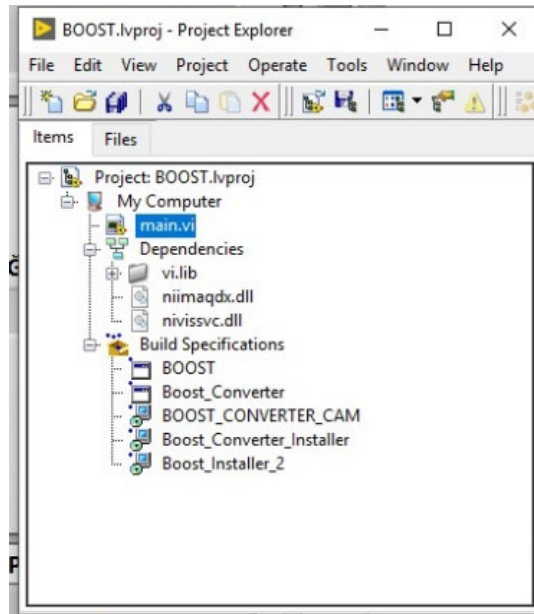
Bu kısımda deney dzenegine uzaktan erişim yapacak kullanıcıların deneyi yapabilmeleri için gerekli olan yazılımların kurulumu anlatılmıştır.

NI Firmasının LabVIEW yazılımı kontrol arayüzü olarak kullanılmaktadır. Bu program server de kurulu ve çalışır durumdadır. Kullanıcıların bilgisayarında ise bu programı destekleyecek sürücü ve yazılımlar olmayabilir. Bu nedenle her kullanıcının deneye uzaktan erişip rahatlıkla deneyi icra edebilmesi için yazılım gereksinimlerine ihtiyaç vardır.

Öncelikle kullanılan LabVIEW yazılımı ile geliştirilen vi modüllerinin düzgün kullanımı sadece “internet explorer” tarayıcılarını desteklemektedir. Chrome veya başka bir tarayıcı üzerinden erişildiğinde eklenti hataları ile karşılaşmaktadır. İstemcilerin deneyi sağlıklı bir şekilde yapabilmeleri için bilgisayarlarına “Runtime Modul” kurulu olmalıdır. Kullanıcıların bilgisayarlara yüklemeleri gereken yazılımlar ise “installer paketi” altında derlenebilmektedir. Bu aşamalar şu şekilde sıralanabilir. Proje dosyası ekran görüntüsü Şekil 4.71’de verilmiştir.

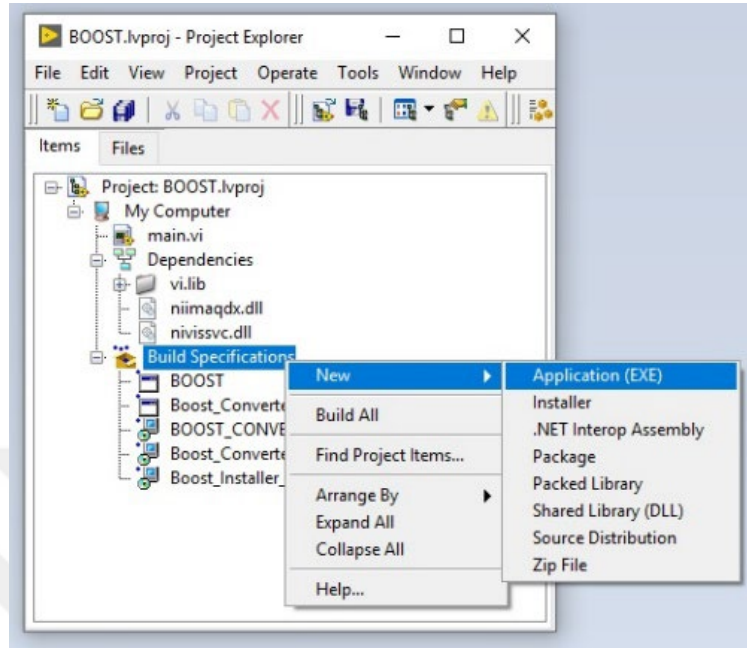
Öncelikle LabVIEW uygulaması açılır.

Paylaşılacak vi proje dosyası olarak kaydedilmelidir.



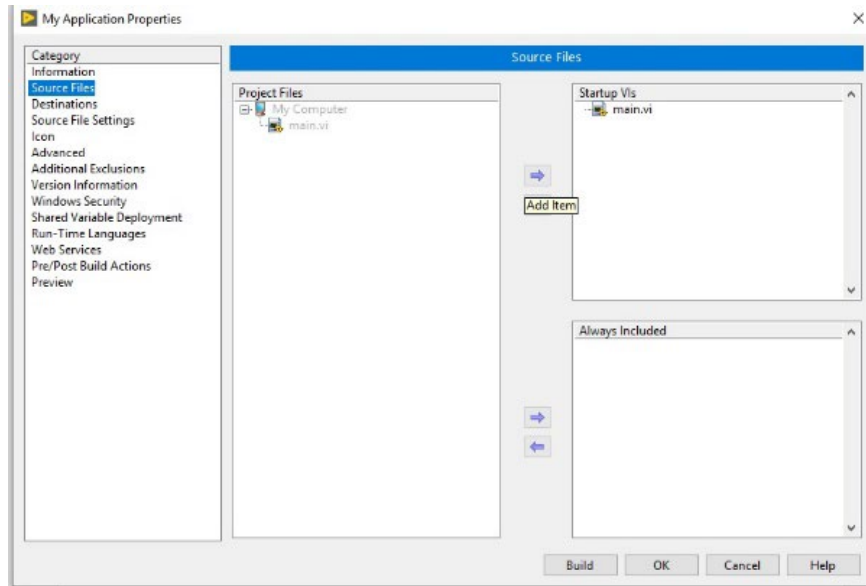
Şekil 4.71: Proje dosyası ekran görüntüsü.

Exe dosyası oluşturulacak ise şekildeki gibi “build specifications” sonra “new” daha sonra da “Application (exe)” tıklanır.



Şekil 4.72: Exe dosyası ekran görüntüsü.

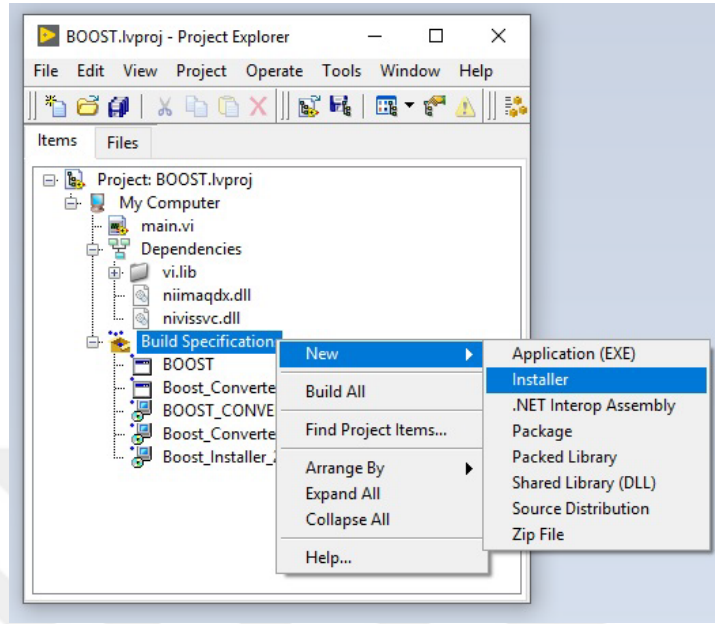
“Source File” sekmesinden vi dosyamız ilave edilir.



Şekil 4.73: Source file ekran görüntüsü.

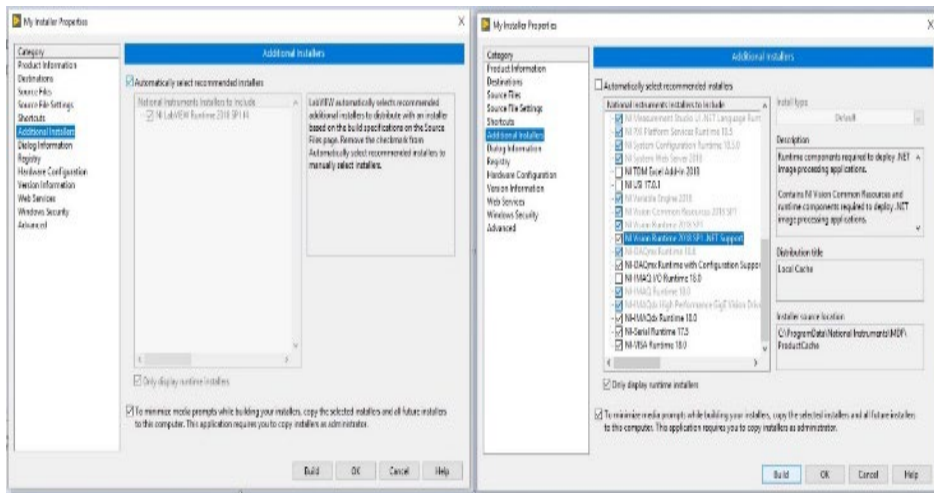
Diğer ayarlamalar isteğe göre yapılarak en sonda bulunan “Build” tuşuna basılarak “exe” oluşturma işlemi tamamlanır. Exe Dosyası ekran görüntüsü Şekil 4.72’de ve Source File ekran görüntüsü Şekil 4.73’te verilmiştir.

Daha sonra installer oluşturmak için “build specifications” sonra “new” daha sonra da ”Installer” seçilir.



Şekil 4.74: Installer ekran görüntüsü.

Açılan menüden isteğe göre dosya ismi, kaydedilme yeri, program files menüsü vb bir çok kullanıcı seçeneği mevcuttur. En önemli olan ise “Additional Installers” sekmesidir. Bu sekmede “Automatically select recommended installer” seçeneği iptal edilerek tüm “Runtime” sekmeleri manuel olarak seçilmelidir. Aksi halde deney için çalıştırılması gereken sürücüler yüklenemeyecektir. Installer ekran görüntüsü Şekil 4.74’te ve additional installers ekran görüntüsü Şekil 4.75’te verilmiştir.

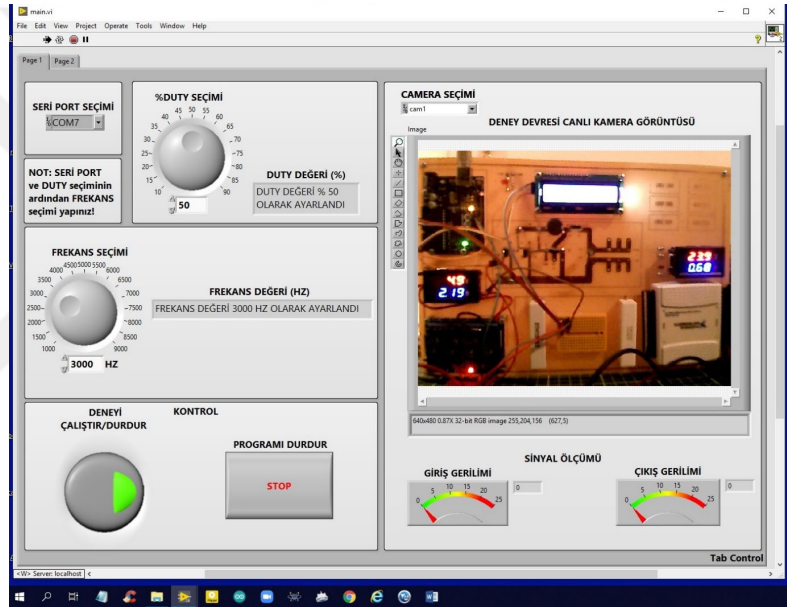


Şekil 4.75: Additional installers ekran görüntüsü.

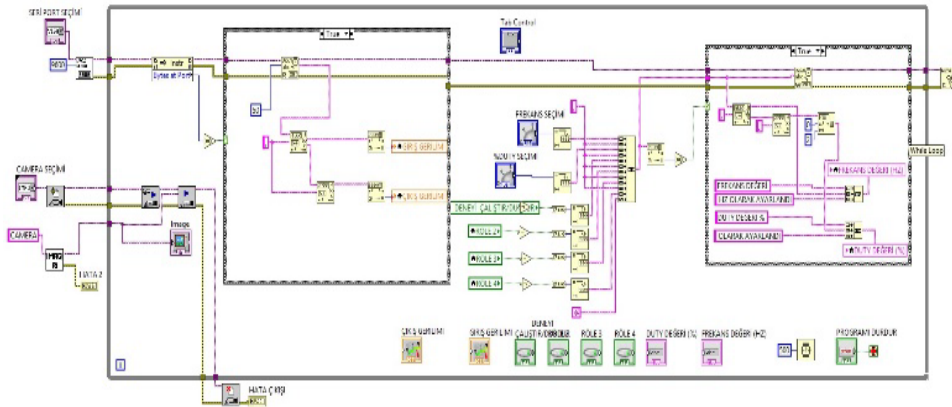
Yükleme tamamlandıktan sonra oluşturulan klasör dizini kontrol edilir. Rar/zip ile sıkıştırılarak kullanıcıların indirebilmesi için web üzerinde bir sunucuya kaydedilir. Son olarak dosya verilecek bir link üzerinden indirilerek kurulur. Deney yapabilmek için gereken tüm sürücüler bilgisayara kurulmuş olur.

4.14 LabVIEW Üzerinden Kamera ile Görüntü Aktarımı

Bu kısımda deney devresine Vision and Motion fonksiyon araçları kullanılarak görüntü işleme marifetiyle Kamera sekmesi ilave edilmiştir. Böylelikle kullanıcı deney esnasında deneye ait canlı kamera görüntüsü ile deney devresi üzerindeki değişimleri bilgisayar ekranından canlı olarak görebilmektedir.



Şekil 4.76: Deney devresi canlı kamera görüntüsü.



Şekil 4.77: Deney devresine ait blok diyagram ekran görüntüsü.

Görüntü işleme, veri transferi vb. nedenlerden Web üzerinden gelen canlı görüntüde 1-2 sn'lik bir gecikme yaşanmaktadır. Deney devresine ait LabVIEW front panel ekran görüntüsü Şekil 4.76'da, LabVIEW blok diyagramı ekran görüntüsü ise Şekil 4.77'de gösterilmiştir.

4.15 Web Sitesi için Alan Adı (Domain) Alınması

Bu kısımda hazırlanan web sitesinin local ortamdan web ortamına geçişi sağlanmıştır. Bu maksatla <http://www.powerelectronix.com/> alan adı satın alınmıştır.

4.16 WEB Sitesi Tasarımı

Bu kısımda daha önceden yapımına başlanan web sitesi yetersiz görülmüş ve kullanıcı dostu olmadığı gerekçesiyle vazgeçilmiş yeni bir WEB Sitesi tasarımı sağlanmıştır. WEB Sitesinin yapımı tamamlanmıştır. Web Sitesine ait ekran görüntüleri Şekil 4.79-81'de verilmiştir.



Şekil 4.78: Web sitesinin anasayfa ekran görüntüsü.



Remote Lab.

Remote Lab (Uzaktan Laboratuvarlar):
Bilime Yeni Bir Yaklaşım.

Giriş:

Şekil 4.79: Web sitesinin remote lab. sayfası ekran görüntüsü.

DENEY AŞAMALARI

ANA SAYFA / DENEYE BAŞLA / DENEYSEL ORTAMI GÖRÜNTÜLE

GEREKİNİMLER

Deney yapılabilmesi için aşağıdaki minimum gereksinimler karşılanmalıdır:

1. Öncelikle Deney yapılabilmesi için bir PC ye ihtiyaç vardır.
2. PC özellikleri : Min 2gb ram, intel pentium core2 ve yukarısi işlemci, min 1gb ekran kartı olmalıdır.
3. Deney modülü Labview sürümü internet explorer ve Microsoft Edge yi desteklemekte diğer tarayıcıları desteklememektedir.
4. Deneye başlamadan önce gerekli olan kurulum dosyaları olan Installer Paketi indirilmeli ve bilgisayara kurulmalıdır.



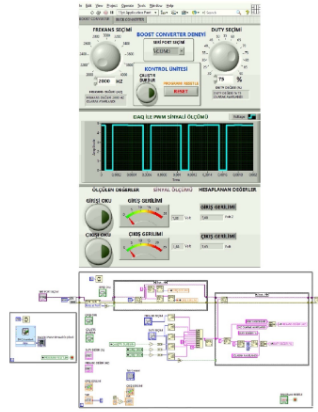
Şekil 4.80: Web sitesinin deney aşamaları sayfası ekran görüntüsü-1.

Olan Installer Paketi indirilmeli ve bilgisayara kurulmalıdır.

DENEYİN YAPILIŞI

Deney yapılırken aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

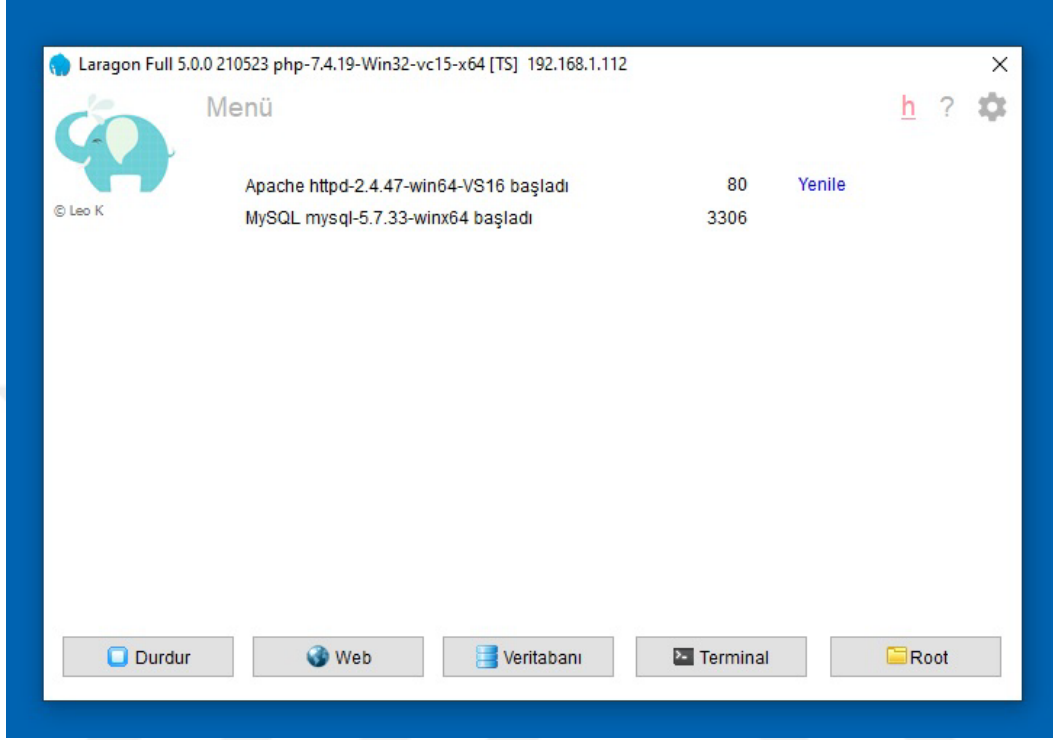
1. Deney yaparken deney ortamını da görmek isterseniz Linke sağ tıklayarak yeni segmeye açınız
2. Deney devresinde kırmızı ile belirtilen 1-5 arası adımlar belirtilmiştir. Bu adımlar takip edilmelidir.
3. Birinci adımda çalışma frekans değerini belirleyiniz. Default olarak 1000HZ ayarlıdır.
4. İkinci adımda Duty değerini 10-90 arasında seçiniz. Default olarak %10 ayarlıdır.
5. Üçüncü adımda RUN/STOP butonuna basarak deney devresini çalıştırınız. Ekrandaki PWM sinyalini gözlemleyiniz.
6. Dördüncü adımda Read butonuna basınız ve Giriş ve Çıkış değerlerini ekranda gözlemleyiniz.
7. Beşinci adımda Load Change butonuna basınız ve Devrenin yükünü değiştiriniz. Yükün değişimi neticesinde çıkış akım ve gerilim değişimlerini gözlemleyiniz.
8. Altıncı adımda mevcut değerlere göre çıkış gerilimini $[V_o = V_i / (1-D)]$ formülü ile hesaplayınız. Ölçülen değerler ile karşılaştırınız.



Şekil 4.81: Web sitesinin deney aşamaları sayfası ekran görüntüsü-2.

4.17 Web Sitesinin Web Ortamına Taşınması

Web sitesinin web ortamına taşınma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sitesinin yayınlanması için Laragon 5.0 programı kullanılmakta ve 80 portundan yayın yapmaktadır.



Şekil 4.82: Kullanılan Laragon programının ekran görüntüsü.

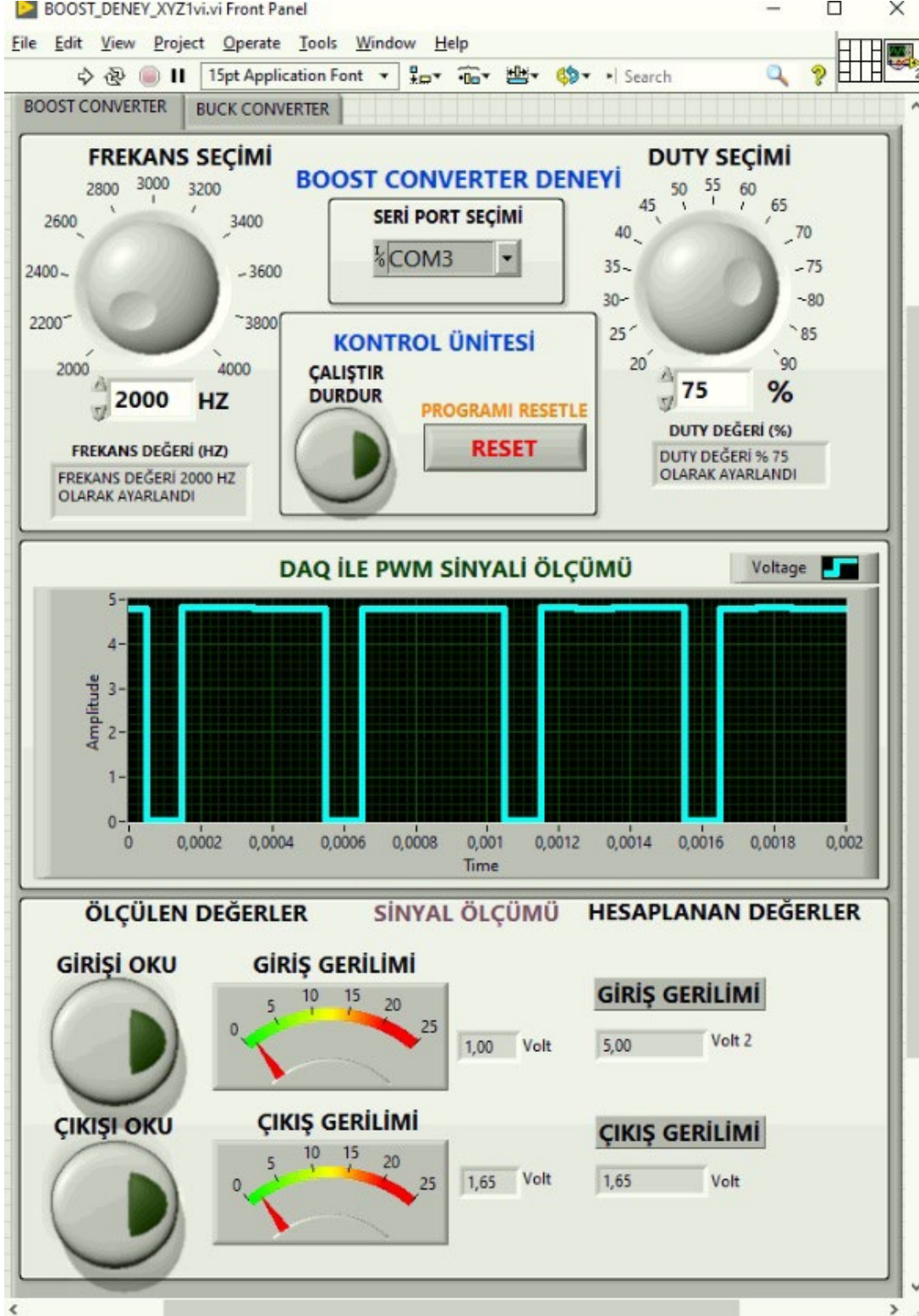
4.18 Web Sitesi ile LabVIEW Programının Çakışması Sorunu

Daha önceki çalışmalarda Web sitesi ile LabVIEW WEB Server aynı anda çalıştırıldığında çakışma sorunu yaşanmıştır. WEB sitesinin yayınlanması için Laragon 5.0 programı kullanılarak bu sorun çözülmüştür. Halihazırda Hem WEB sitesi Hem de Labvie Deneysel Modülü WEB üzerinden sorunsuz bir şekilde aynı anda yayın yapabilmektedirler. WEB sitesi 80 portundan deney devresi ise 8000 portundan yayın yapmaktadır. Kullanılan Laragon programının ekran görüntüsü Şekil 4.82’de gösterilmiştir.

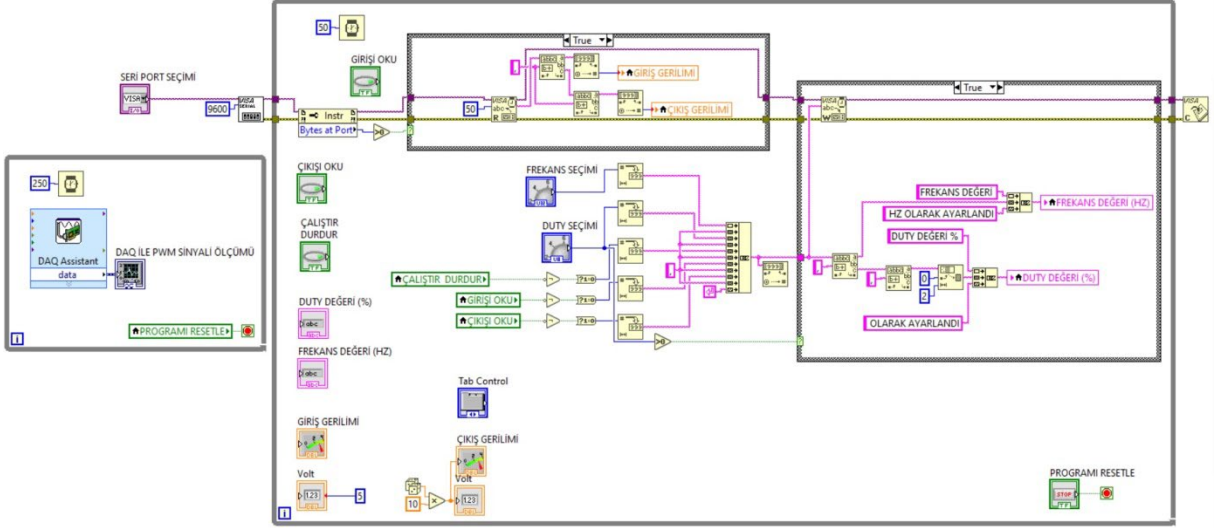
4.19 Deneysel Devresi için Yeni Bir LabVIEW Arayüz Tasarımı

Bu aşamada LabVIEW kontrol kısmı için yeni bir Front Panel arayüz tasarlanmıştır. Bu arayüzde Arduino ile üretilen sinyal şekli DAQ ile okunup front panelde sinyal şekli gösterilmektedir. Bu sayede kullanıcı Arduino çıkışındaki sinyalin frekans ve genliği ile sinyal şeklini osiloskop ekranından karşılaştırabilmektedir.

Şekil 4.83'te LabVIEW arayüz tasarımı front panel ekran görüntüsü gösterilmiştir. Şekil 4.84'te LabVIEW arayüz tasarımı blok diyagram ekran görüntüsü gösterilmiştir.



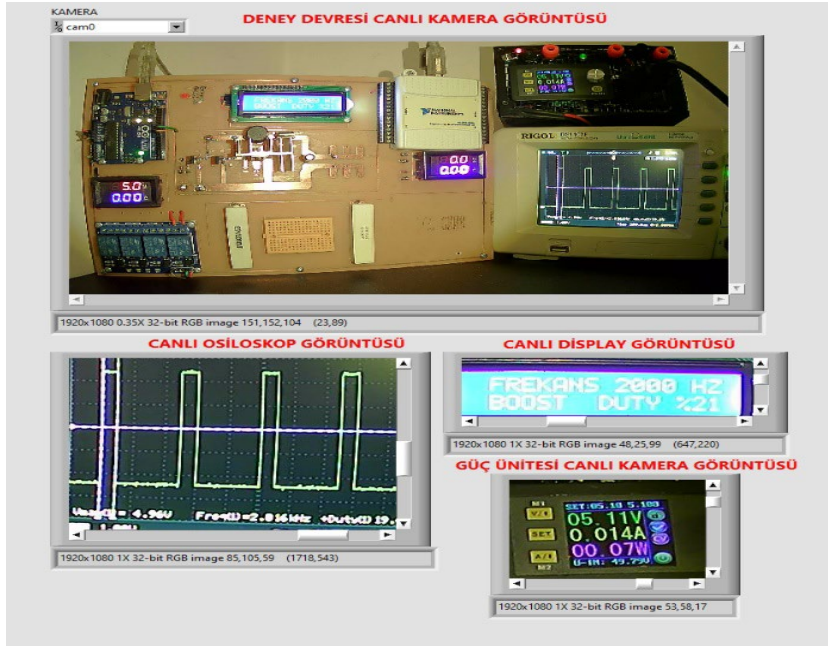
Şekil 4.83: Yeni bir LabVIEW arayüz tasarımı front panel ekran görüntüsü.



Şekil 4.84: Yeni Bir LabVIEW arayüz tasarımı blok diyagram ekran görüntüsü.

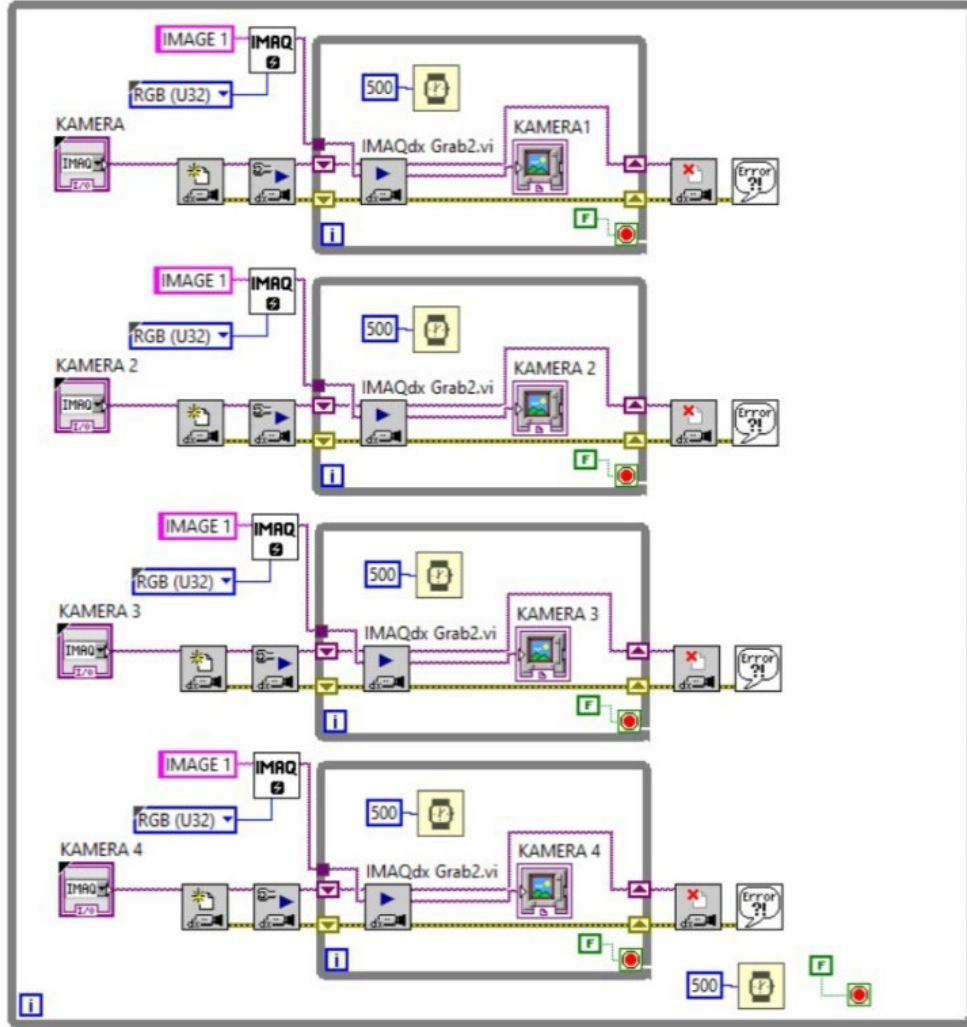
4.20 Canlı Kamera Görüntüsü için Yeni Bir LabVIEW Arayüz Tasarımı

Bu kısımda ilk çalışmalarda karşılaşılan kamera sorunu için bir çözüm üretilmiştir. Mevcut server kaynakları ve internet bant genişliği yetersizliği nedeniyle hem deney devresi hem de kamera görüntüsü aynı panel üzerinden çalıştırılmamaktadır. Bu sorunun çözümü için yeni bir Front Panel arayüz tasarlanmıştır. Şekil 4.85'te canlı kamera görüntüsü için yeni bir LabVIEW Front Panel arayüz tasarımı ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.85: Canlı kamera görüntüsüne ait LabVIEW front panel ekran görüntüsü.

Deney devresi canlı kamera görüntüsü bir WebCam ile sağlanmaktadır. Daha önceki tasarımlarda birden fazla WebCam kullanılmış ancak bant genişliği ve veri işleme sıkıntıları nedeniyle sorun aşılamamıştır. Bu sorunun aşılması için tek bir WebCam ile tüm görüntü alımı farklı açılardan front panel ekranlarına yansıtılarak sorun giderilmiş ve deney devresine ait verilerin görüntülenmesi sağlanmıştır.



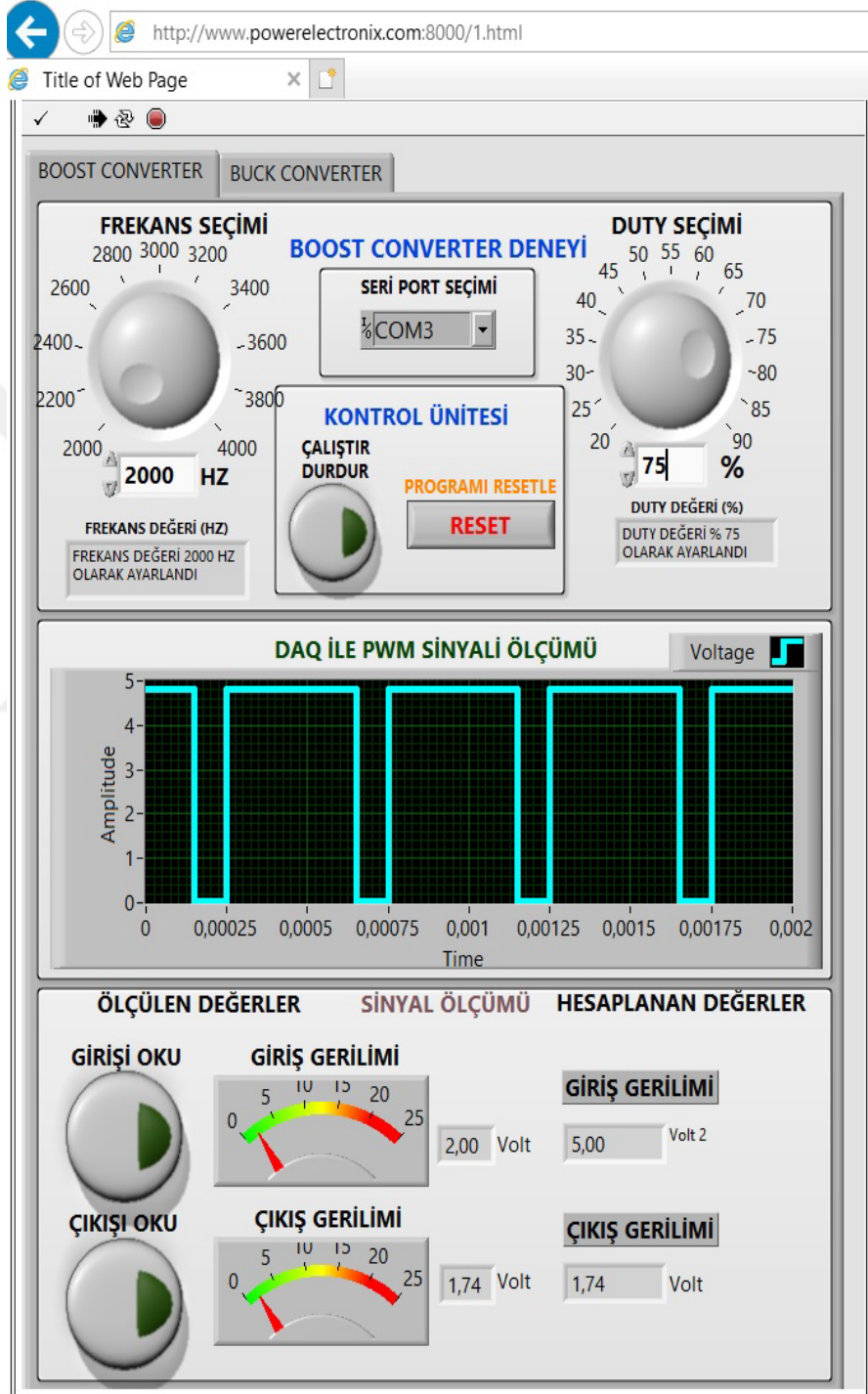
Şekil 4.86: Canlı kamera görüntüsü için LabVIEW blok diyagram ekran görüntüsü.

Şekil 4.86’da ise canlı kamera görüntüsü için yeni bir LabVIEW Blok diyagram ekran görüntüsü gösterilmiştir.

4.21 Statik IP Adresi Temini

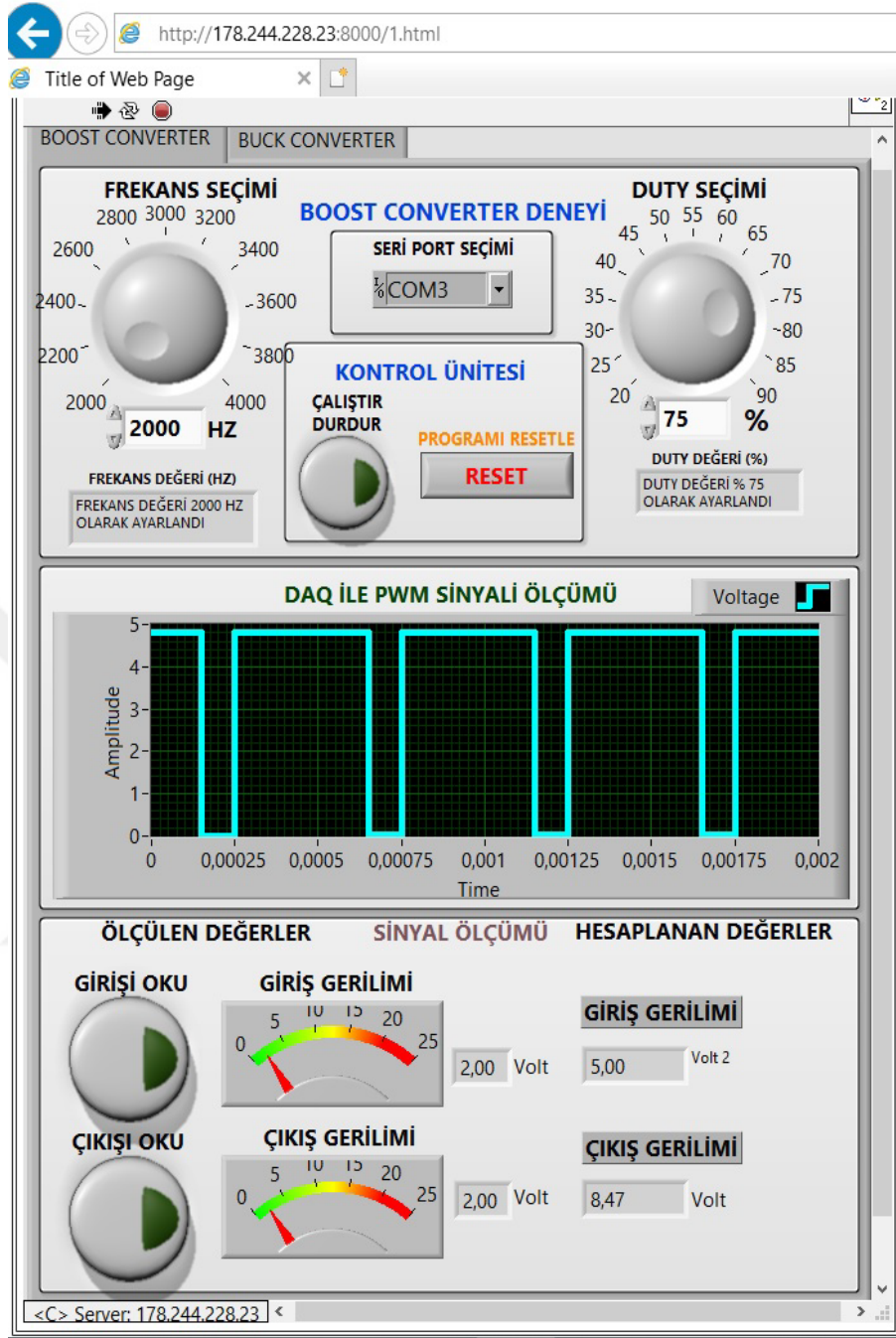
Daha önce 159.146.67.174 statik IP adresi temin edilmişti. Yapılan deneyler sonucunda temin edilen statik IP nin servis sağlayıcısı tarafından verilen bant genişliğinin (download ve upload) isteri karşılamadığı ve yeterli olmadığı anlaşıldı. Bu nedenle yeni bir Statik IP:

178.244.228.23 adresi temin edilmiştir. Bu servis sağlayıcısının band genişliği download ve upload zamanla değişmekle beraber 50 Mbit seviyelerindedir. Bu da ihtiyacı karşılar seviyededir.



Şekil 4.87: <http://www.powerelectronix.com:8000/1.html> yöntemi ile bağlantı linki.

Şekil 4.87 ve Şekil 4.88'de farklı yöntemlerle deney devresine erişim şekilleri verilmiştir.



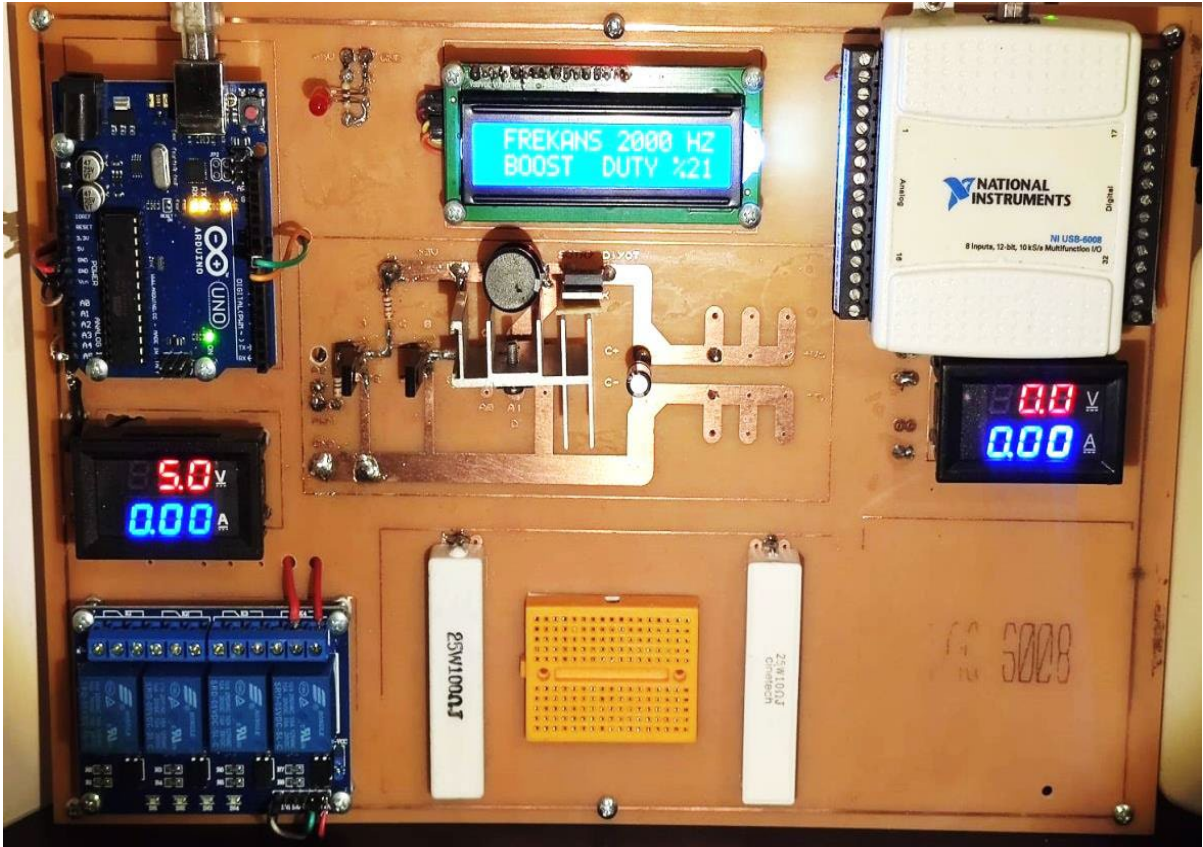
Şekil 4.88: <http://178.244.228.23:8000/1.html> yöntemi ile bağlantı linki.

4.22 Domain - Alan Adı «www.powerelectronix.com» Yönlendirme

Bu kısımda Domain-Alan adı www.powerelectronix.com alan adı alınmış ve alan adı sağlayıcısı tarafından www.powerelectronix.com adresinin 159.146.67.174 Statik İp Adresi yerine 178.244.228.23 adresine yönlendirmesi sağlanmıştır. Temin edilen yeni IP adresinin WEB adresine yönlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle internet üzerinden arama çubuğuna www.powerelectronix.com ibaresi yazılarak 178.244.228.23 statik IP adresine yönlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

4.23 Deney Devresinin Sadeleştirilmesi

Daha önceki çalışmalarda deney devresinde ön kısmında fazla kablo bulunmakta ve kullanıcı için anlaşılması zor bir görüntü ortaya çıkmaktaydı. Bunun önüne geçilmek için mevcut kablolar kartın altından geçirilerek deney devresine daha sade bir görüntü kazandırılmıştır. Deney devresinin sadeleştirilmiş hali Şekil 4.89’da verilmiştir.



Şekil 4.89: Deney devresinin sadeleştirilmiş görüntüsü.

4.24 Server Temin Edilmesi

İlk çalışmalarda masaüstü bilgisayar bir server olarak kullanılmıştı. Daha sonrasında ise daha hızlı, gelişmiş ve daha az yer kaplayan HP marka ve Intel(R) Core(TM) i5 CPU 650 @ 3.20GHz 8.00 GB RAM özelliklerine sahip mini bir PC temin edilerek server olarak kullanılmıştır. Yine bir önceki serverde olduğu gibi işletim sistemi olarak windows 10 tercih edilmiştir. Server görüntüsü Şekil 4.90’da verilmiştir.



Şekil 4.90: Kullanılan serverin görüntüsü.

4.25 Kullanıcı Girişi ve Kayıt Ekranlarının Güncellenmesi

Bu kısımda kullanıcı girişi ve kullanıcı kayıt ekranlarının yapımı tamamlanmıştır. Giriş ve kayıt ekranlarının veri tabanı bağlantıları yapılmış ve testler başarıyla sonuçlanmıştır. Ayrıca kayıtlı kullanıcılar dışında deney erişimi ve kullanımı kısıtlanmıştır. Deney devresinde kullanılan kullanıcı girişi sayfası ekran görüntüsü Şekil 4.91’de ve kullanıcı kayıt sayfası ekran görüntüsü Şekil 4.92’de verilmiştir.

www.powerelectronix.com

GİRİŞ YAP!

[Giriş Yap](#)

[BURADAN KAYIT OLL...](#)

Şekil 4.91: Kullanıcı giriş sayfası ekran görüntüsü.

www.powerelectronix.com

KAYIT OL!

Enter Name

Enter Your Email

Enter Password

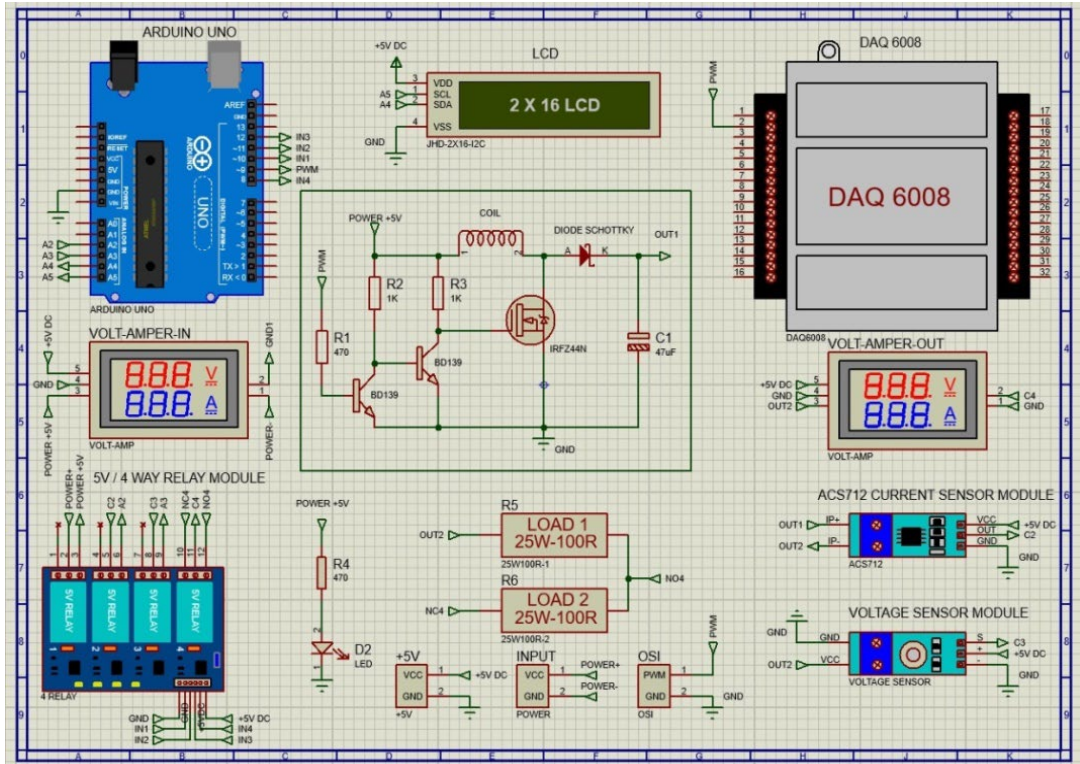
Kayıt Ol

ZATEN BİR HESABIM VAR. GİRİŞ YAP!

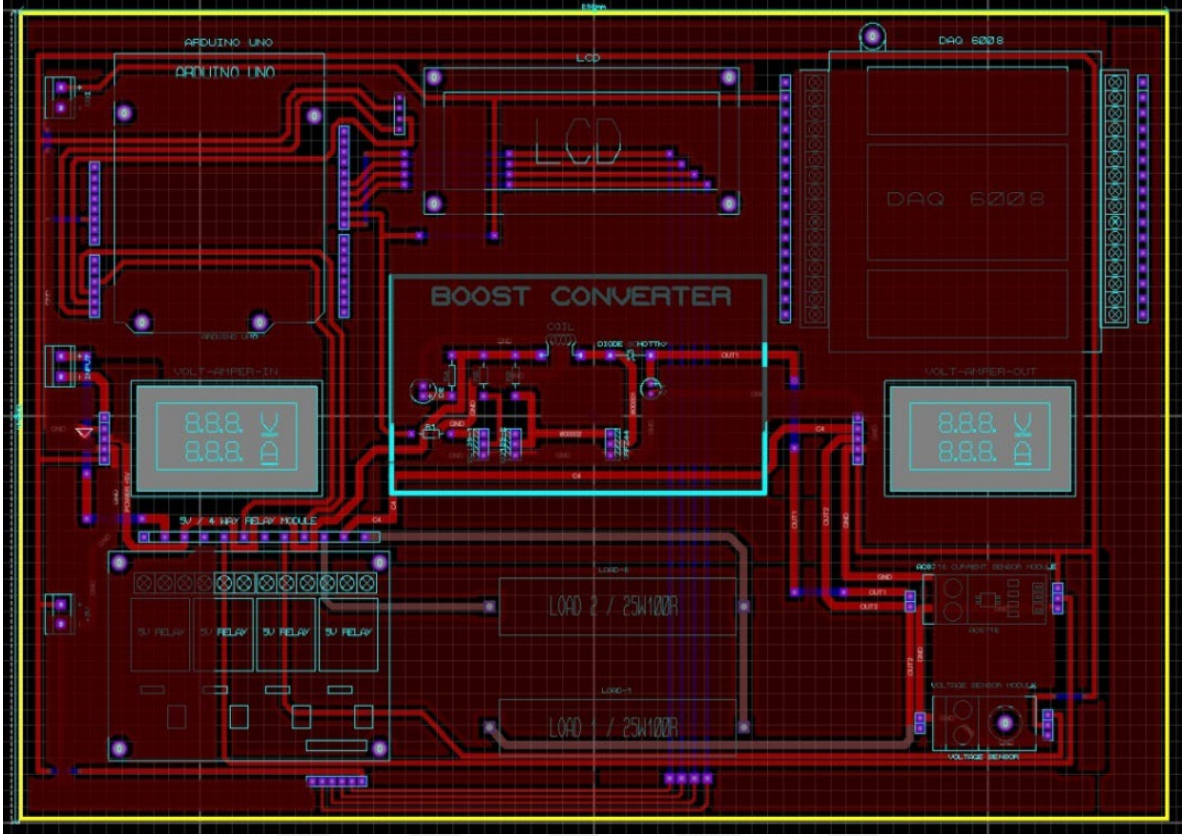
Şekil 4.92: Kullanıcı kayıt sayfası ekran görüntüsü.

4.26 Uzaktan Erişimli Deneyler için Boost Konvertör Modülü Tasarımı

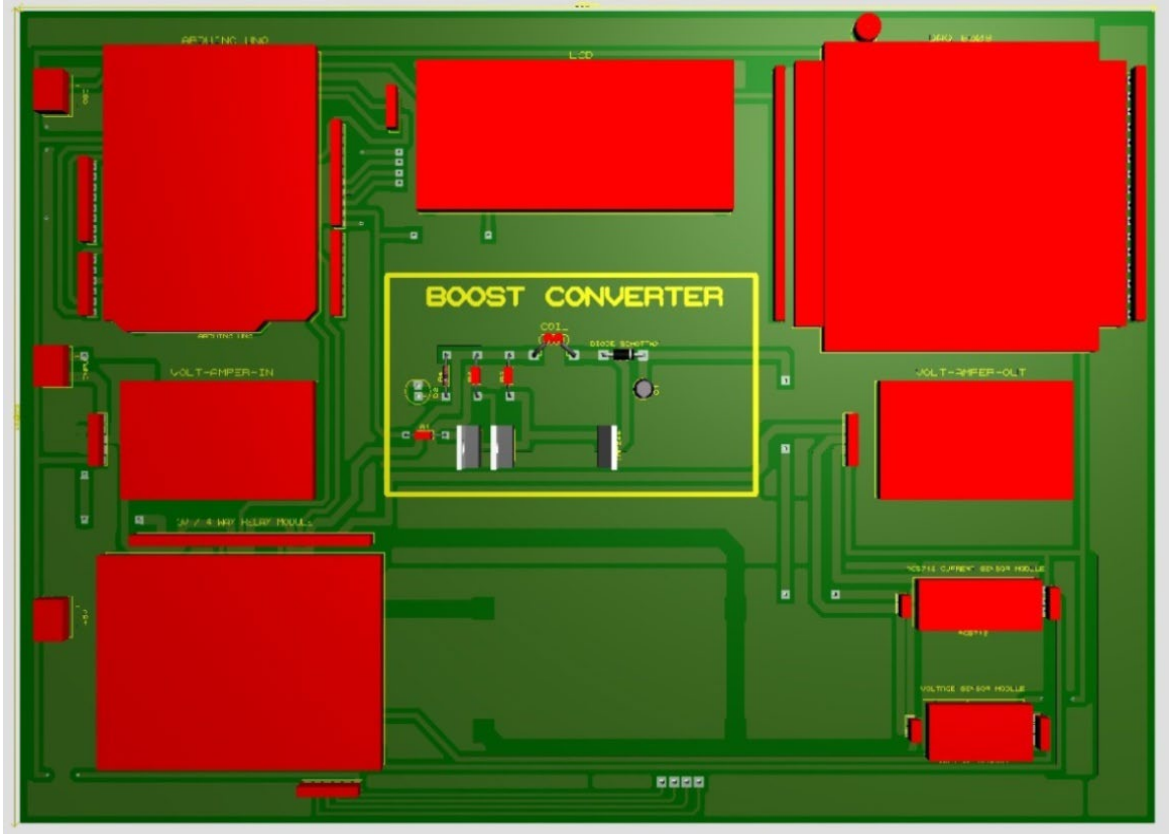
Bu kısımda yeni bir boost konvertör deney modülü tasarlanmıştır. Bu kapsamda ISIS ve ARES programları vasıtasıyla her bir devre elemanı için, hem devre şeması hem de baskı devre için tek tek modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan devrenin ISIS çizimi Şekil 4.93'te gösterilmiştir.



Şekil 4.93: Deney devresi ISIS çizimi.

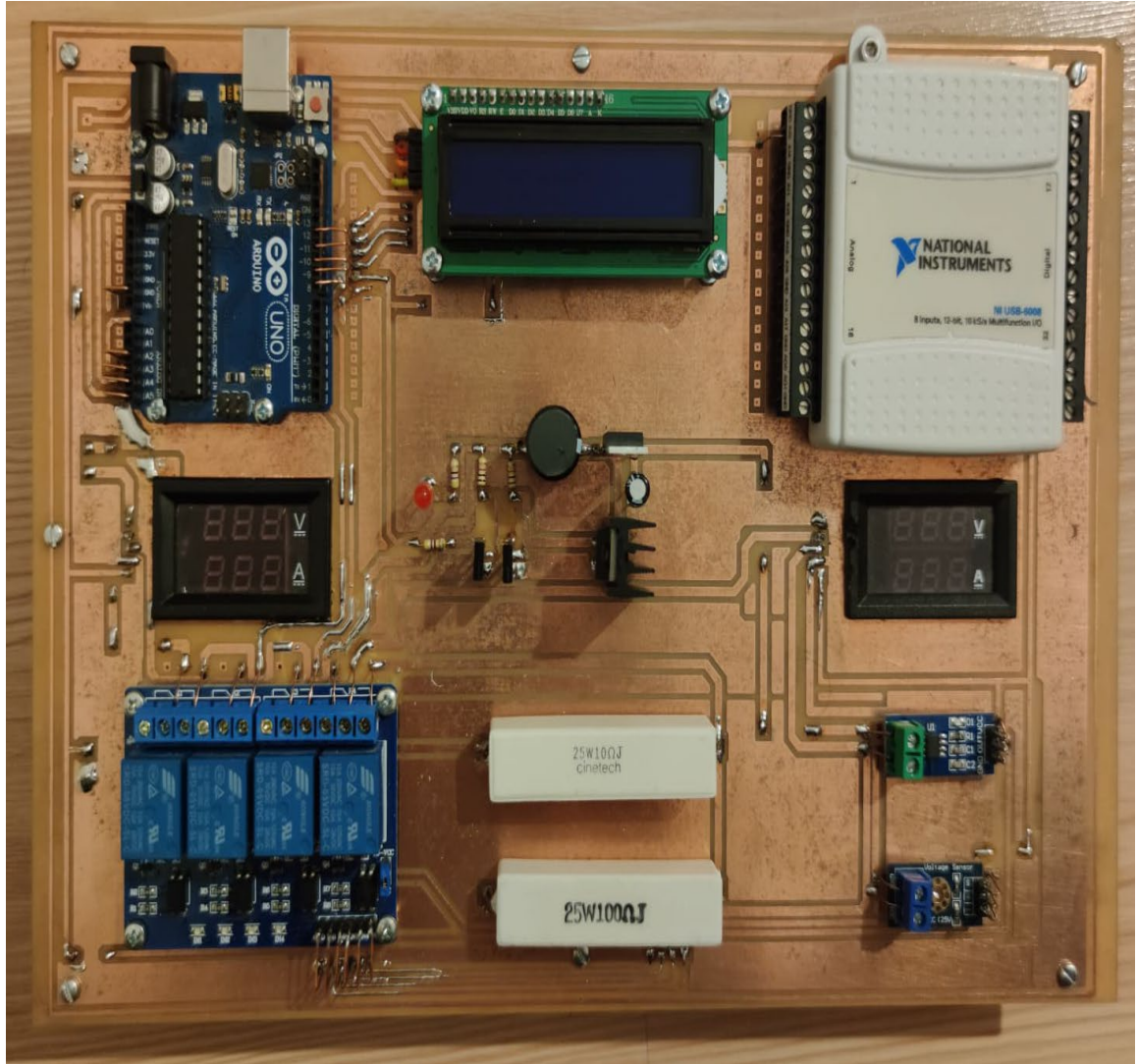


Şekil 4.94: Deney devresi ARES çizimi.



Şekil 4.95: Deney devresi 3-D modellemesi.

ARES programı ile çizimi yapılan baskı devre şeması Şekil 4.94’te, deney devresi 3-D modellemesi ise Şekil 4.95’te gösterilmiştir.

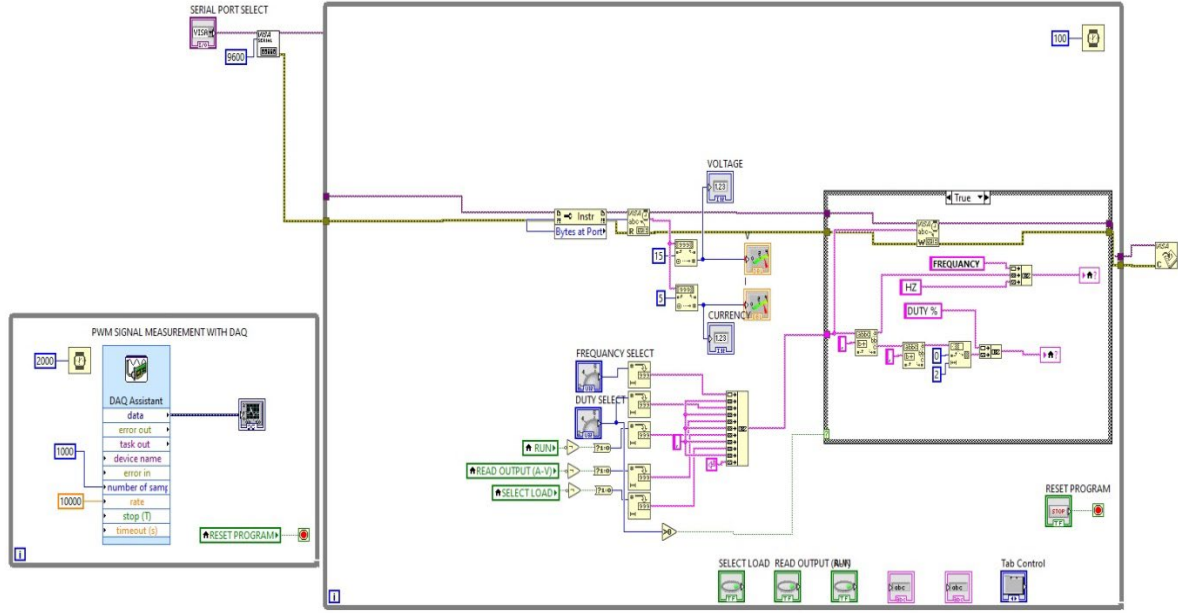


Şekil 4.96: Deney devresinin tamamlanmış hali üstten görünüşü.

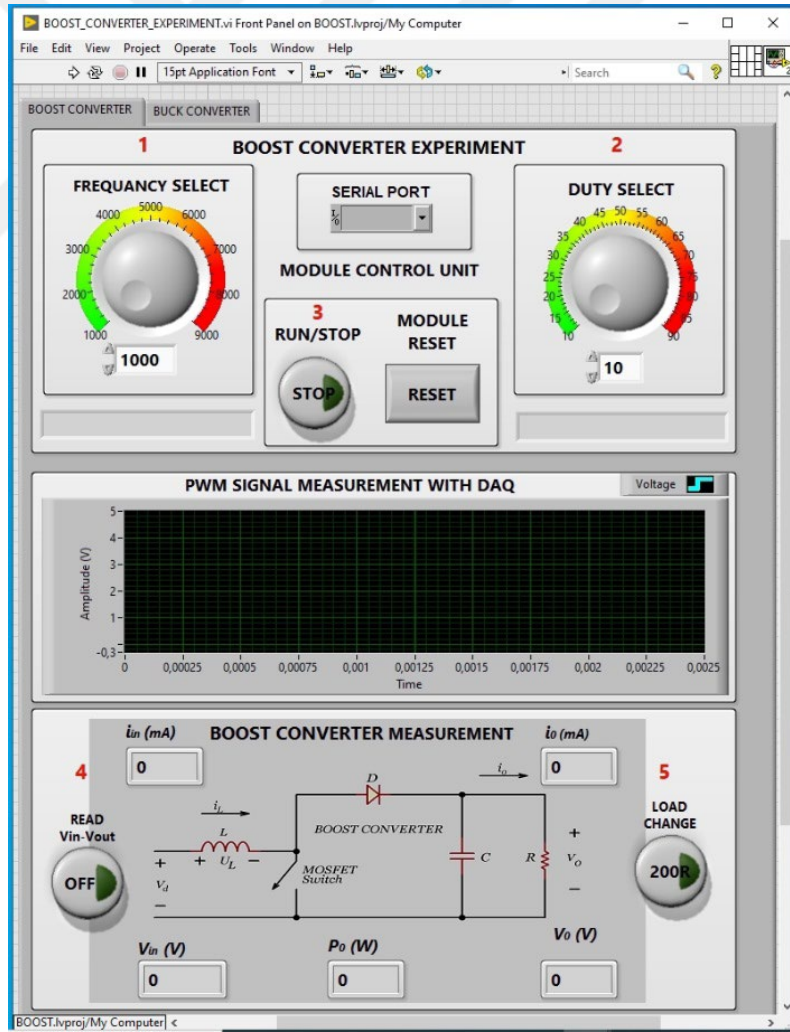
Deney devresinin tüm bileşenleri eklenmiş ve gerekli bağlantılar yapılmıştır. Deney devresinin tamamlanmış hali üstten görünüşü Şekil 4.96’da verilmiştir.

4.27 LabVIEW Front Panel ve Blok Diyagramı Güncellenmesi

Eski modüldeki eksikliklerin giderilmesi sağlanmış ve bu kapsamda uzaktan erişim için kullanıcı arayüzünü teşkil eden mevcut LabVIEW front panel ve blok diyagramı güncellenmiştir. Güncellenen front panel ve blok diyagram Şekil 4.97 ve Şekil 4.98’de gösterilmiştir.



Şekil 4.97: LabVIEW blok diyagram görünümü.



Şekil 4.98: LabVIEW front panel görünümü.

4.28 Deneysel Çalışma Ortamı

Boost konvertör deney modülünde 1 adet Arduino Uno Mikrodenetleyici modülü, 1 adet NI 6008 DAQ veri toplama kartı, 1 adet 16x2 LCD, 2 adet voltmetre-ampermetre, 1 adet dörtlü röre kartı (Arduino uyumlu), 1 adet gerilim sensörü, 1 adet ACS712T akım sensörü, 1 adet güç kaynağı ünitesi, 1 adet osilaskop, 1 adet FullHD 1080p webcam, 1 adet server ve 1 adet Boost konvertör deney seti bulunmaktadır.



Şekil 4.99: Deneysel çalışma ortamı.

Deney devresinde kullanılan server ile birlikte deneysel çalışma ortamı Şekil 4.99'da gösterilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Özellikle mühendislik eğitimindeki mesleki ve teknik eğitim, öğrencilere teorik bilgileri pratiğe dönüştürme becerisi kazandırarak gerçek dünya problemlerini çözmelerini sağlamaktadır. Ayrıca, mesleki ve teknik eğitim özel beceri ve bilgilerle sektör ile entegrasyonu destekleyerek öğrencileri daha donanımlı bir yapıya kavuşturmakta ancak bu sürecin etkinliğini artırmak için laboratuvar imkanlarının yetersizliği, maliyeti, yer sıkıntısı ve kaynak kısıtlamaları gibi önemli problemlerle başa çıkılması gerekmektedir.

Laboratuvar imkanlarının kısıtlılığı, öğrencilerin pratik deneyim kazanma süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir. Birçok eğitim kurumu, güncel cihazlar ve ekipmanlarla donatılmış geniş laboratuvar alanlarına sahip olmamakla birlikte bu durum, öğrencilerin gerçek dünyadaki mühendislik sorunlarına karşı hazırlıklarını sınırlayabilmekte ve teorik bilgilerin uygulamaya dönüşümünü engelleyebilmektedir.

Ayrıca, laboratuvar ekipmanlarının pahalı olması bu imkanlara erişimi zorlaştırarak öğrencilerin bu kaynaklardan tam olarak faydalanmalarını engelleyebilir. Eğitim kurumlarının sınırlı bütçeleri, modern mühendislik araçlarına yeterli yatırımı yapmalarını zorlaştırabilir, bu da öğrencilerin güncel teknolojilerle tanışma ve bunları kullanma şansını azaltabilir.

Laboratuvarın fiziksel sınırlamaları, öğrencilere yeterli uygulama alanı sağlanmasını güçleştirebilir. Sınırlı alan, öğrencilerin projelerini gerçekleştirme ve deneylerini yürütme konusunda kısıtlamalar getirebilir. Bu durum, öğrencilerin yaratıcılıklarını sınırlayarak mühendislikte inovasyonu teşvik etme potansiyelini azaltabilir.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için, uzak laboratuvar imkanlarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Uzaktan laboratuvarlar, öğrencilere sanal ortamlarda gerçek zamanlı deneyler yapma, simülasyonlar gerçekleştirme ve güncel teknolojileri kullanma fırsatı sunarak, laboratuvar olanaklarına erişimdeki kısıtlamalara bir çözüm sunabilir. Uzak laboratuvarlar, mühendislik eğitimindeki pratik deneyimi artırabilir ve öğrencilere gerçek dünya uygulamalarına daha etkili bir şekilde hazırlanma imkanı tanıyabilir. Bu şekilde, laboratuvar olanaklarındaki sınırlılıkların üstesinden gelmek ve öğrencilere daha kapsamlı bir eğitim sağlamak mümkün olabilir.

Bu çalışmada uzaktan erişilebilir laboratuvarlar konusuna yönelik geniş çaplı bir araştırma yapılmıştır. Ayrıca bu konuda örnek bir laboratuvarın tasarımı ve uygulaması konusu ele alınmıştır. Bu kapsamda güç elektroniği deneylerine yönelik düşük maliyetli uzaktan erişimli bir laboratuvar tasarlanmıştır. Mevcut çalışmalar içerisinde diğer elektronik alanlarına nispeten uzak laboratuvar alanında daha az çalışma yapıldığı gözlemlenen güç elektroniği konusu tercih edilmiş ve bu çalışmanın literatürdeki bu boşluğu gidermek için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmalarda çeşitli bileşenlerle birlikte NI firmasının DAQ 6008 kartı ile Arduino Uno denetleyici kartı kullanılmıştır. LabVIEW ile kontrol arayüzleri geliştirilmiş ve Arduino ile haberleştirilerek deney düzeneklerine erişim sağlanmıştır. Deneylerde aynı zamanda DAQ kartı kullanarak analog sinyallerin gerçek zamanlı grafikleriyle birlikte gösterilerek kullanıcı deneyiminin artırılması amaçlanmıştır.

Ayrıca, kullanıcıların uzaktan gerçek zamanlı ölçümleri bir web kamerası aracılığıyla izlemelerini sağlayarak deney düzenekleri üzerinde yapılan değişiklikleri canlı olarak gözleyebilmeleri sağlanmış ve böylelikle deney düzeneklerinin pratikliği artırılmıştır.

LabVIEW ve Arduino arasında seri port üzerinden iletişim kurulmuştur. Giriş- çıkış akımı ve gerilim değerleri deney devresi üzerinde gerçek zamanlı olarak ölçülerek gösterilmektedir. Kullanıcılar tarafından özelleştirilebilir frekans ve duty cycle değerleri ile gerçek zamanlı sinyal üretimi sağlanmaktadır. 0-25V aralığında hassas analog sinyal ölçümleri yapılabilmekte ve Arduino tarafından kontrol edilen 2x16 LCD ile deney devresinin durumu ve frekans ve duty cycle değişimleri gerçek zamanlı olarak görüntülenebilmektedir. Tüm bileşenlerin tek bir program içinde ve senkronize bir şekilde çalışması sağlanmıştır.

Uzaktan erişilen laboratuvarın Web tabanlı bir platforma geçişi için www.powerelectronix.com alan adı satın alınmış ve kullanıcı dostu bir web sitesi tasarlanmıştır.

LabVIEW içerisindeki mevcut sürücüler derlenerek tek bir kurulum paketi haline getirilmiş ve yürütülebilir tek bir dosya oluşturulmuştur. Bu sayede kullanıcılara yönelik uzaktan erişim için gerekli olan kurulum süreci basitleştirilmiştir.

Güç elektroniği ile ilgili bir çok deney düzeneği tasarlanmıştır. Bunlardan “Boost Konverter” deney devresi üzerinde detaylıca durulmuş ve tasarımı tamamlanmıştır. Tamamlanan Boost Konverter deney devresi modüler bir yapıya dönüştürülebilir. Yapılacak yeni bir tasarımla tek bir devre kartı ile ölçüm ekipmanlarını değiştirmeden sadece deney devresini modüler hale getirerek farklı deneyleri aynı deney devresi üzerinde kurma ve çalıştırmak mümkün olabilir. Bu da zamandan ve maliyetten kazanç sağlayabilir.

Uzaktan erişimli laboratuvar için yapılan deneysel çalışmalarda karşılaşılan sorunlara farklı çözüm yolları uygulanmıştır. Bu çalışmada uygulanan farklı çözüm yollarının benzer alanda yapılacak çalışmalar için bir kaynak teşkil edebileceği ve ayrıca bu çalışmanın gelecekte eğitim alanında benzer teknolojilerin daha fazla benimsenmesine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Ayrıca uzaktan erişimli laboratuvar kurulumu için gerekli olan deneysel ekipmanların pahalı olması göz önünde bulundurulduğunda tasarlanan bu tip bir laboratuvarın düşük maliyetli olması yönüyle de benzer çalışmalar için bir alternatif olabileceği düşünölmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1] J. Ma and J. V. Nickerson, “Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 38, no. 3, p. 1, 2006, doi: 10.1145/1132960.1132961.
- [2] de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340 (6130), 305–308
- [3] V. Potkonjak, “Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review,” *Comput. Educ.*, vol. 95, pp. 309–327, 2016, doi: 10.1016/j.compedu.2016.02.002.
- [4] L. Gomes and S. Bogosyan, “Current trends in remote laboratories,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 12, pp. 4744–4756, 2009, doi: 10.1109/TIE.2009.2033293.
- [5] R. Heradio, L. De La Torre, D. Galan, F. J. Cabrerizo, E. Herrera-Viedma, and S. Dormido, “Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis,” *Comput. Educ.*, vol. 98, pp. 14–38, 2016, doi: 10.1016/j.compedu.2016.03.010.
- [6] J. Martín-Gutiérrez, C. E. Mora, B. Añorbe-Díaz, and A. González-Marrero, “Virtual technologies trends in education,” *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 13, no. 2, pp. 469–486, 2017, doi: 10.12973/eurasia.2017.00626a.
- [7] S. D. Bencomo, “Control learning: Present and future,” *Annu. Rev. Control*, vol. 28, no. 1, pp. 115–136, 2004, doi: 10.1016/j.arcontrol.2003.12.002.
- [8] B. Balamuralithara and P. C. Woods, “Virtual laboratories in engineering education: the simulation lab and remote lab,” *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 17, no. 1, pp. 108–118, 2009, doi: 10.1002/cae.20186.
- [9] J. Bourne, D. Harris, and F. Mayadas, “Online engineering education: Learning anywhere, anytime,” *J. Eng. Educ.*, vol. 94, no. 1, pp. 131–146, 2005, doi: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00834.x.
- [10] J. E. Froyd, P. C. Wankat, and K. A. Smith, “Five major shifts in 100 years of engineering education,” *Proc. IEEE*, vol. 100, no. SPL CONTENT, pp. 1344–1360, 2012, doi: 10.1109/JPROC.2012.2190167.
- [11] M. Tawfik, “Virtual instrument systems in reality (VISIR) for remote wiring and measurement of electronic circuits on breadboard,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 60–72, 2013, doi: 10.1109/TLT.2012.20.

- [12] M. Huba and M. Simunek, "Modular approach to teaching PID control," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 54, no. 6, pp. 3112–3121, 2007, doi: 10.1109/TIE.2007.907024.
- [13] A. Mejías Borrero and J. M. Andújar Márquez, "A Pilot Study of the Effectiveness of Augmented Reality to Enhance the Use of Remote Labs in Electrical Engineering Education," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 21, no. 5, pp. 540–557, 2012, doi:10.1007/s10956-011-9345-9.
- [14] M. J. Callaghan, K. McCusker, J. L. Losada, J. Harkin, and S. Wilson, "Using game-based learning in virtual worlds to teach electronic and electrical engineering," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 9, no. 1, pp. 575–584, 2013, doi: 10.1109/TII.2012.2221133.
- [15] C. Viegas, "Impact of a remote lab on teaching practices and student learning," *Comput. Educ.*, vol. 126, no. July, pp. 201–216, 2018, doi:10.1016/j.compedu.2018.07.012.
- [16] S. Rapuano and F. Zoino, "A Learning Management System Including Laboratory Experiments on Measurement Instrumentation," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 55, no. 5, pp. 1757–1766, 2006.
- [17] D. Grimaldi and S. Rapuano, "Hardware and software to design virtual laboratory for education in instrumentation and measurement," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 42, no. 4, pp. 485–493, 2009, doi: 10.1016/j.measurement.2008.09.003.
- [18] I. E. Achumba, D. Azzi, V. L. Dunn, and G. A. Chukwudebe, "Intelligent performance assessment of students' laboratory work in a virtual electronic laboratory environment," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 103–116, 2013, doi: 10.1109/TLT.2013.1.
- [19] F. Garcia-Loro, "Spreading Remote Laboratory Scope through a Federation of Nodes: VISIR Case," *Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 14, no. 4, pp. 107–116, 2019, doi: 10.1109/RITA.2019.2950131.
- [20] Y. Zhou, J. J. Jiang, and S. C. Fan, "A LabVIEW-based, interactive virtual laboratory for electronic engineering education," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 21, no. 1 PART 1, pp. 94–102, 2005.
- [21] E. Irmak, "Uzaktan Erişimli Bir E-Laboratuvar Platformunun Tasarımı," *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.*, vol. 24, no. 2, pp. 311–322, 2009, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-67651125083&partnerID=40&md5=a93e463e527f2f26144570e8189a37df>
- [22] E. Y. İnce and A. Kutlu, "Web Tabanlı Laboratuvarlar," pp. 441–448, 2014.

- [23] Wuttke, H.D., Henke, K., Ludwig, N., 2005. Remote Labs versus Virtual Labs for Teaching Digital System Design. International Conference on Compute Systems and Technologies - CompSysTech' 2005.
- [24] E. Irmak, "Web Based Simulation of Direct Current Motor Response to Basic Input Signals," J. Polytech., no. 24, pp. 71–77, 2006, doi: 10.2339/2006.9.2.71-77.
- [25] Çolak, İ., Irmak, E., Demirbaş, Ş., Bayındır R., 2005, Teknik eğitimde internet teknolojisinin kullanımı, 1.Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi, İstanbul.
- [26] Akben, S. B., Subaşı, A., Kıymık, M.K., 2005, Mühendislikte E-egitim uygulamasının getireceği sonuçlar, EEB 2005 2. Ulusal Sempozyumu, Samsun, 92-96.
- [27] I2C-Vikipedi. Retrieved June 22, 2021, from <https://tr.wikipedia.org/wiki/I2C>
- [28] I2C Protokolü | Geleceği Yazarlar. Retrieved June 22, 2021, from <https://gelecegiyazarlar.turkcell.com.tr/konu/egitim/arduino-401/i2c-protokolu>
- [29] S. B. Santra, S. K. Behera, and C. K. Panigrahi, "Stability analysis and control of hybrid solar and wind system through NI c-RIO," India Int. Conf. Power Electron. IICPE, vol. 2016-Novem, 2016, doi: 10.1109/IICPE.2016.8079404.
- [30] M. Samy and A. M. Bassiuny, "Online bearing fault detection using linear prediction and nonlinear energy operator," Proc. IEEE Int. Conf. Electron. Circuits, Syst., vol. 2016-March, pp. 605–608, 2016, doi: 10.1109/ICECS.2015.7440389.
- [31] T. R. Nenov, B. I. Evstatiev, and S. Y. Kadirova, "Design and Implementation of a Remote Lab for Investigation of DC Motors," 2022 8th Int. Conf. Energy Effic. Agric. Eng. EE AE 2022, Proc., no. July, pp. 2–6, 2022, doi: 10.1109/EEAE53789.2022.9831406.
- [32] W. Kang, H. G. Jo, H. Ku, and Y. Kim, "Electronics & Telecommunications Remote Laboratory for RF transmitter and power amplifier test," Asia-Pacific Microw. Conf. Proceedings, APMC, pp. 1444–1447, 2010.
- [33] C. A. Petry, J. Moia, F. S. Pacheco, G. R. Alves, and M. C. Felgueiras, "Streamlining power electronics teaching," Proc. XI Technol. Apl. a la Ensen. la Electron. (Technologies Appl. to Electron. Teaching), TAEE 2014, 2014, doi: 10.1109/TAEE.2014.6900150.
- [34] A. Pisazo, V. M. Moreno, and E. J. Estébanez, "An experience on E-learning in renewable energy: Design and control of photovoltaic plants," Proc. - ICELIE 2009, 3rd IEEE Int. Conf. e-Learning Ind. Electron., pp. 135–140, 2009, doi: 10.1109/ICELIE.2009.5413195.

- [35] A. Cataliotti, V. Cosentino, D. Di Cara, S. Guaiana, N. Panzavecchia, and G. Tinè, “A New Solution for Low-Voltage Distributed Generation Interface Protection System,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 64, no. 8, pp. 2086–2095, 2015, doi: 10.1109/TIM.2015.2421691.
- [36] M. M. Elmesalawy, “AI-based Flexible Online Laboratory Learning System for Post-COVID-19 Era: Requirements and Design,” *2021 Int. Mobile, Intelligent, Ubiquitous Comput. Conf. MIUCC 2021*, pp. 96–102, 2021, doi: 10.1109/MIUCC52538.2021.9447601.
- [37] X. Wang, S. Lu, W. Huang, Q. Wang, S. Zhang, and M. Xia, “Efficient Data Reduction at the Edge of Industrial Internet of Things for PMSM Bearing Fault Diagnosis,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 70, 2021, doi: 10.1109/TIM.2021.3051668.
- [38] M. E. Auer, C. Klimbacher, and A. Pester, “Embedded Web server technology for remote online labs,” *IEEE Int. Symp. Ind. Electron.*, vol. IV, pp. 1673–1676, 2005, doi: 10.1109/ISIE.2005.1529183.
- [39] F. J. Muñoz-Rodríguez, G. Jiménez-Castillo, C. Rus-Casas, J. I. Fernández-Carrasco, and E. F. Fernández, “Web app for a remote electronics instrumentation lab,” *Proc. XI Technologies Appl. to Electron. Teaching, TAEE 2014*, 2014, doi: 10.1109/TAEE.2014.6900130.
- [40] N. S. Rajurikar, S. V. Kulkarni, and R. D. Patane, “Implementation of centralized lab of an embedded web server using CoAP protocol on cloud computing,” *RTEICT 2017 - 2nd IEEE Int. Conf. Recent Trends Electron. Inf. Commun. Technol. Proc.*, vol. 2018-Janua, pp. 2267–2272, 2017, doi: 10.1109/RTEICT.2017.8257004.
- [41] J. E. Rayas-Sanchez, F. E. Rangel-Patino, B. Mercado-Casillas, F. Leal-Romo, and J. L. Chavez-Hurtado, “Machine Learning Techniques and Space Mapping Approaches to Enhance Signal and Power Integrity in High-Speed Links and Power Delivery Networks,” *2020 IEEE 11th Lat. Am. Symp. Circuits Syst. LASCAS 2020*, pp. 2020–2023, 2020, doi: 10.1109/LASCAS45839.2020.9068994.
- [42] S. Tellez, “National Laboratory of Smart Grids (LAB+i) at the National University of Colombia-Bogotá Campus,” *2014 IEEE PES Transm. Distrib. Conf. Expo. PES T D-LA 2014 - Conf. Proc.*, vol. 2014-October, 2014, doi: 10.1109/TDC-LA.2014.6955185.
- [43] L. De Oro Arenas, G. D. A. E Melo, and C. A. Canesin, “A Methodology for Power Quantities Calculation Applied to an FPGA-Based Smart-Energy Meter,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 70, 2021, doi: 10.1109/TIM.2020.3034978.

- [44] P. R. Pradyumna, C. K. S. Tarun, and S. Bhanot, "Remote experimentation of 'no-load tests on a transformer' in electrical engineering," *AICERA 2012 - Annu. Int. Conf. Emerg. Res. Areas Innov. Pract. Futur. Trends*, no. 1, 2012, doi: 10.1109/AICERA.2012.6306740.
- [45] L. Rassudov and A. Korunets, "Virtual Labs: An Effective Engineering Education Tool for Remote Learning and not only," *Proc. - Int. Work. Electr. Drives, IWED*, vol. 2022-Janua, pp. 2020–2023, 2022, doi: 10.1109/IWED54598.2022.9722375.
- [46] A. S. Araújo and A. M. Cardoso, "Pedagogical effectiveness of a remote lab for experimentation in Industrial Electronics," *Proc. - ICELIE 2009, 3rd IEEE Int. Conf. e-Learning Ind. Electron.*, pp. 104–108, 2009, doi: 10.1109/ICELIE.2009.5413201.
- [47] C. S. Martis, H. C. Hedesiu, L. Szabo, B. Tataranu, F. Jurca, and C. Oprea, "Electrical Machines Virtual Laboratory: Grid Connection of a Synchronous Generator," vol. 00, no. i, pp. 1709–1714, 2009, doi: 10.1109/epepemc.2006.4778651.
- [48] L. Venkatesan, R. Arulmozhiyal, and A. D. Janarthanan, "Simulation approach on step speed control of Induction Motor using Lab View," *2013 Int. Conf. Comput. Commun. Informatics, ICCCI 2013*, pp. 0–5, 2013, doi: 10.1109/ICCCI.2013.6466283.
- [49] E. Haque, F. Ahmed, S. Das, and K. M. Salim, "Implementation of remote laboratory for engineering education in the field of Power electronics and Telecommunications," *Proc. 2015 3rd Int. Conf. Adv. Electr. Eng. ICAEE 2015*, pp. 213–216, 2016, doi: 10.1109/ICAEE.2015.7506834.
- [50] G. A. G. Carreon, P. C. Lugo, and S. A. C. Valencia, "Teaching online laboratory based on cloud services," *2018 IEEE Int. Autumn Meet. Power, Electron. Comput. ROPEC 2018*, no. Ropec, 2018, doi: 10.1109/ROPEC.2018.8661427.
- [51] G. A. G. Carreon, P. C. Lugo, and S. A. C. Valencia, "Teaching online laboratory based on cloud services," *2018 IEEE Int. Autumn Meet. Power, Electron. Comput. ROPEC 2018*, no. Ropec, 2018, doi: 10.1109/ROPEC.2018.8661427.
- [52] S. L. Q. D, "5Hdo ([Shulphqwv Lq D 022& 7Kurxjk 5Hprwh /De 9,6,5 &Kdoohqjlv 6Xffhvvhv Dqg /Lplwv," no. September, pp. 98–101, 2018.
- [53] S. Abushanab, M. Winzker, and R. Brück, "Teaching low-power design with an FPGA-based hands-on and remote lab," *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, vol. 2015-April, no. March, pp. 132–140, 2015, doi: 10.1109/EDUCON.2015.7095962.
- [54] B. Lipay, I. Stankevich, A. Berilov, D. Gruzkov, and V. Maslova, "Automated Laboratory Workshop with a Remote Access for Open Engineering Education," 2018

- 4th Int. Conf. Inf. Technol. Eng. Educ. Inforino 2018 - Proc., 2018, doi: 10.1109/INFORINO.2018.8581777.
- [55] P. A. Cotfas, D. T. Cotfas, and C. Gerigan, "Simulated, hands-on and remote laboratories for studying the solar cells," *Jt. Int. Conf. - ACEMP 2015 Aegean Conf. Electr. Mach. Power Electron. OPTIM 2015 Optim. Electr. Electron. Equip. ELECTROMOTION 2015 Int. Symp. Adv. Electromechanical Moti*, pp. 206–211, 2016, doi: 10.1109/OPTIM.2015.7426953.
- [56] L. Calligaris, "OpenIPMC: A Free and Open-Source Intelligent Platform Management Controller Software," *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 68, no. 8, pp. 2105–2112, 2021, doi: 10.1109/TNS.2021.3092689.
- [57] Z. Raud and V. Vodovozov, "Virtual lab to study power electronics in LabVIEW framework," *2019 Electr. Power Qual. Supply Reliab. Conf. 2019 Symp. Electr. Eng. Mechatronics, PQ SEEM 2019*, 2019, doi: 10.1109/PQ.2019.8818275.
- [58] T. Nenov, B. Evstatiev, and S. Kadirova, "Conceptual model of a remote laboratory for investigation of DC motors," *2021 17th Conf. Electr. Mach. Drives Power Syst. ELMA 2021 - Proc.*, no. July, pp. 1–4, 2021, doi: 10.1109/ELMA52514.2021.9503022.
- [59] A. Gontean and R. Szab6, "SIITME2009-15 th International Symposium for Design and Technology of Electronics Packages LabVIEW Powered Remote Lab," pp. 335–340, 2009.
- [60] B. Evstatiev, K. Gabrovska-Evstatieva, V. Voynohovska, and I. Beloev, "Web-based environment for virtual laboratories in the field of electrical engineering," *2019 16th Conf. Electr. Mach. Drives Power Syst. ELMA 2019 - Proc.*, no. June, pp. 6–8, 2019, doi: 10.1109/ELMA.2019.8771477.
- [61] V. V. Das, K. Achuthan, and B. Shankar, "Remote triggered flywheel energy storage with dynamic braking," *Int. Conf. Electr. Electron. Optim. Tech. ICEEOT 2016*, pp. 3664–3669, 2016, doi: 10.1109/ICEEOT.2016.7755392.
- [62] M. D. Steriu and F. Luthon, "Open architecture for signal processing lab distance learning," *2006 IEEE 12th Digit. Signal Process. Work. 4th IEEE Signal Process. Educ. Work.*, pp. 305–310, 2006, doi: 10.1109/DSPWS.2006.265396.
- [63] R. Viral, D. Asija, T. Bahar, M. Bansal, and H. P. Singh, "SPV System Monitoring with Wireless Data Acquisition System Employing LAB VIEW," *2021 4th Int. Conf. Recent Dev. Control. Autom. Power Eng. RDCAPE 2021*, pp. 458–462, 2021, doi: 10.1109/RDCAPE52977.2021.9633459.

- [64] W. M. Salamanca and J. A. R. García, “Computing Platform for Power Flow Models in Real Time,” IEEE PES Transm. Distrib. Conf. Expo. - Lat. Am., p. 8, 2016.
- [65] S. AbuShanab, M. Winzker, and R. Bruck, “Remote low-power digital design system,” 2015 IEEE Jordan Conf. Appl. Electr. Eng. Comput. Technol. AEECT 2015, 2015, doi: 10.1109/AEECT.2015.7360569.
- [66] R. J. Costa, G. R. Alves, M. Zenha-Rela, R. Poley, and C. Wishart, “FPGA-based Weblab infrastructures guidelines and a prototype implementation example,” Proc. - ICELIE 2009, 3rd IEEE Int. Conf. e-Learning Ind. Electron., pp. 57–63, 2009, doi: 10.1109/ICELIE.2009.5413209.
- [67] F. R. Shahrouy, L. Al-Tarawneh, and A. Al-Zoubi, “In-the-Online-Class Remote Lab in Post COVID-19 Pandemic,” IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON, vol. 2022-March, pp. 677–682, 2022, doi: 10.1109/EDUCON52537.2022.9766794.
- [68] H. C. Lin, “On line multi-location power system harmonics measurement via the internet,” Proc. IEEE Int. Conf. Electron. Circuits, Syst., pp. 10–13, 2005, doi: 10.1109/ICECS.2005.4633401.
- [69] <https://www.444teknik.com/dc-dc-converter-boost-converter/>
- [70] <https://www.muhendisbeyinler.net/buck-converter-nedir-nasil-calisir/>
- [71] <https://tr.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [72] <https://gelecegiyazanlar.turkcell.com.tr/konu/egitim/arduino-401/i2c-ile-iki-arduino-arasinda-veri-aktarimi>
- [73] <https://shoptr4.lapbandcookbook.com/content?c=triyak+ile+lamba+karartma+devresi&id=5>
- [74] <https://www.electronics-tutorials.ws/power/triac.html>
- [75] “Tutorial Compendium Power Electronics,” 2023.
- [76] Guzzi, R., Scarpanti, S., Ballista, G., Di Nicolantonio, W., 2005. An Educational Development Tool Based on Principles of Formal Ontology. Educational Technology&Society, 8(1), 80-89.
- [77] Fujita, J.S.T., Cassaniga, R.F., Fernandez, F.J.R., 2003. Remote Laboratory. International Symposium on Industrial Electronics IEEE-ISIE'2003, Emerging Technologies – Industrial Applications of Internet Technology, Rio de Janeiro, Brazil, June 9-12.
- [78] B. Ayvaz, H. E. Gültekin, and A. F. Ergenç, “Pandemi Sırasında Uzaktan Erişimli Kontrol Laboratuvarı Uygulaması A Remote Access Control Laboratory Application During the Pandemic,” vol. 1, no. 1, pp. 312–317, 2022.

- [79] Auer, M.E., 2001. Virtual Lab versus Remote Lab. 20 th World Conf. on Open Learning and Distance Education, Dusseldorf (Germany) April 2001.
- [80] Deniz, D. Z., Bulancak, A., Özcan, G., 2003. A Novel Approach To Remote Laboratories. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, T3E, 8.
- [81] <https://turkmuhendis.net/donanim/boost-converter/>





EKLER

EKLER

EK A: Deney Devresi Arduino Kodu

```
#include <PWM.h> // PWM kütüphanesini tanımlar.
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // I2C kütüphanesini tanımlar.
#include <Wire.h> // I2C karakter dönüşümleri için Wire kütüphanesini tanımlar.

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Kullanılan LCD ekranının I2C adresini (0x27) ve 16x2
karakterli olduğunu belirtir.

int CIKIS = 9; // Arduino Uno'nun 9 numaralı pini çıkış olarak ayarlanır.
int X = 0; // X isminde bir değişken tanımlanır.
int Y = 0; // Y isminde tam sayı bir değişken tanımlanır.
char var; // var (variable) isminde bir karakter tanımlanır.
float A = 0; // A isminde bir kayan noktalı sayı değişkeni tanımlanır.
int varA1; // varA1 isminde bir tam sayı değişkeni tanımlanır.
int varA2; // varA2 isminde bir tam sayı değişkeni tanımlanır.
int varA3; // varA3 isminde bir tam sayı değişkeni tanımlanır.

unsigned long msegı = 0; // msegı isminde uzun tamsayı tanımlanır.

int S1 = 10; // 10 numaralı pini S1 isminde bir tam sayı değişkenine atanır.
int S2 = 11; // 11 numaralı pini S2 isminde bir tam sayı değişkenine atanır.
int S3 = 12; // 12 numaralı pini S3 isminde bir tam sayı değişkenine atanır.
int S4 = 8; // 8 numaralı pini S4 isminde bir tam sayı değişkenine atanır.

int var1; // var1 (variable) isminde bir tam sayı değişkeni tanımlanır.
int var2; // var2 (variable) isminde bir tam sayı değişkeni tanımlanır.
int var3; // var3 (variable) isminde bir tam sayı değişkeni tanımlanır.
int var4; // var4 (variable) isminde bir tam sayı değişkeni tanımlanır.

void setup() {

    InitTimersSafe(); // Zaman tutma fonksiyonlarını kurar.
    Serial.begin(9600); // Seri portu 9600 baud hızında başlatır.
    pinMode(S1, OUTPUT); // S1 değişkenini çıkış olarak ayarlar.
    pinMode(S2, OUTPUT); // S2 değişkenini çıkış olarak ayarlar.
    pinMode(S3, OUTPUT); // S3 değişkenini çıkış olarak ayarlar.
    pinMode(S4, OUTPUT); // S4 değişkenini çıkış olarak ayarlar.

    digitalWrite(S1, HIGH); // S1 pini başlangıçta yüksek (mantıksal 1) olarak ayarlanır.
    digitalWrite(S2, HIGH); // S2 pini başlangıçta yüksek (mantıksal 1) olarak ayarlanır.
    digitalWrite(S3, HIGH); // S3 pini başlangıçta yüksek (mantıksal 1) olarak ayarlanır.
    digitalWrite(S4, HIGH); // S4 pini başlangıçta yüksek (mantıksal 1) olarak ayarlanır.

    pinMode(A1, INPUT); // A1 değişkenini giriş olarak ayarlar.
    pinMode(A2, INPUT); // A2 değişkenini giriş olarak ayarlar.
    pinMode(A3, INPUT); // A3 değişkenini giriş olarak ayarlar.
}
```

```

void loop() {
  varA1 = analogRead(A1);      // A1 pinine gelen analog değeri okur ve varA1 e atar.
  varA2 = analogRead(A2);      // A2 pinine gelen analog değeri okur ve varA2 ye atar.
  varA3 = analogRead(A3);      // A3 pinine gelen analog değeri okur ve varA3 e atar.

  unsigned long msegf = millis(); // Çalışma süresini milisaniye cinsinden msegf ye atar.

  if (msegf - msegi >= 20) {    // Her 20 milisaniyede bir bu blok çalıştırılır.

msegi = msegf;
  varA1 = map(varA1, 0, 1023, 0, 25); // A1'dan gelen analog değeri 0-25 volt aralığına çevirir.
  varA2 = map(varA2, 0, 1023, 0, 25); // A2'den gelen analog değeri 0-25 volt aralığına çevirir.
  varA3 = map(varA3, 0, 1023, 0, 25); // A3'den gelen analog değeri 0-25 volt aralığına çevirir.

  Serial.print(varA1);          // varA1 değerini seri porta yazar.
  Serial.print(",");            // Seri porta virgöl yazar.
  Serial.print(varA2);          // varA2 değerini seri porta yazar.
  Serial.print(",");            // Seri porta virgöl yazar.
  Serial.println(varA3);        // varA3 değerini seri porta yazar.
}

if (!Serial.available()) {
  lcd.init();                    // LCD başlatılır.
  lcd.backlight();               // LCD'nin arka ışığı açılır.
  lcd.clear();                   // LCD ekranı temizlenir.
  lcd.print("POWER ELECTRONIC");// "POWER ELECTRONIC" yazısını LCD ekranına yazar.
  lcd.setCursor(0, 1);          // İkinci satıra geçmek için cursor'u ayarlar.
  lcd.print(" EXPERIMENTS ");   // "EXPERIMENTS" yazısını LCD ekranına yazar.
  delay(2000);                  // Ekranı bir süre gösterir.
  lcd.clear();                   // LCD ekranını temizler.
  lcd.print("BOOST CONVERTER");// "BOOST CONVERTER" yazısını LCD ekranına yazar.
  lcd.setCursor(0, 1);          // İkinci satıra geçmek için cursor'u ayarlar.
  lcd.print(" MODULE CLOSED "); // " MODULE CLOSED " yazısını LCD ekranına yazar.
  delay(1000);                  // Ekranı bir süre gösterir.

  digitalWrite(S1, HIGH);       // Seri port ile iletişim kesildiğinde S1'i HIGH (5V) yapar.
  digitalWrite(S2, HIGH);       // Seri port ile iletişim kesildiğinde S2'i HIGH (5V) yapar.
  digitalWrite(S3, HIGH);       // Seri port ile iletişim kesildiğinde S3'ü HIGH (5V) yapar.
  digitalWrite(S4, HIGH);       // Seri port ile iletişim kesildiğinde S4'ü HIGH (5V) yapar.
}

}

void serialEvent() {            // seri porttan veri geldiğinde çalışan kesme fonksiyonu
  if (Serial.available()) {     // Seri port veri içeriyorsa çalışan kesme fonksiyonu.
    var = Serial.read();        // Seri porttan veriyi okur ve var adlı değişkene atar.

    if (var == char(13)) {      // Seri porttaki veride char(13) (Enter tuşu) işlemleri yapar.
      X = Serial.parseInt();     // İlk tamsayıyı X değişkenine atar.
      Y = Serial.parseInt();     // İkinci tamsayıyı Y değişkenine atar.
      var1 = Serial.parseInt();  // Üçüncü tamsayıyı var1 değişkenine atar.
      var2 = Serial.parseInt();  // Dördüncü tamsayıyı var2 değişkenine atar.
    }
  }
}

```

```

var3 = Serial.parseInt(); // Beşinci tamsayıyı var3 değişkenine atar.
var4 = Serial.parseInt(); // Altıncı tamsayıyı var4 değişkenine atar.

Y = round(Y * 255 / 100.0); // Y değişkenini 0-100 aralığına çevirir (0-255 arasından).
SetPinFrequencySafe(CIKIS, X); // CIKIS pinine X frekansını tanımlar.
pwmWrite(CIKIS, Y); // CIKIS pinine Y duty oranını tanımlar ve PWM'i yazar.

digitalWrite(S1, var1); // S1 pinine mantıksal 1 veya 0 yazar.
digitalWrite(S2, var2); // S2 pinine mantıksal 1 veya 0 yazar.
digitalWrite(S3, var3); // S3 pinine mantıksal 1 veya 0 yazar.
digitalWrite(S4, var4); // S4 pinine mantıksal 1 veya 0 yazar.

if (var1 == LOW) { // Eğer var1 değişkeni LOW ise bu bloktaki kod çalışır.

A = round(Y * 100.0 / 255.0); // DUTY değerini LCD'ye yazdırmak için gerekli dönüşüm yapar.

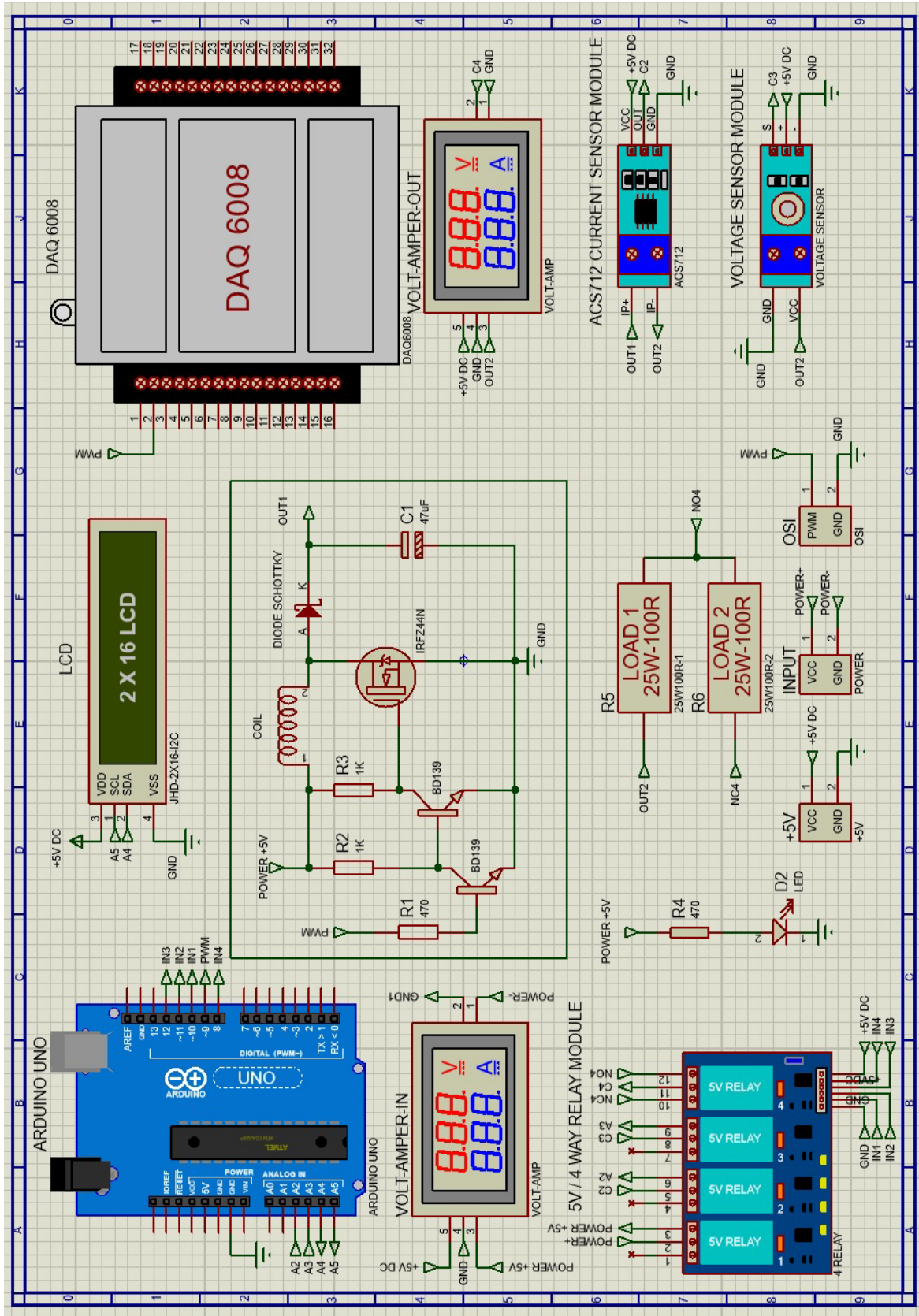
lcd.setCursor(0, 0); // LCD ekranının imleci (cursor) ilk satırın başına gelir.
lcd.println(" MODULE ACTIVE "); // İlk satıra " MODULE ACTIVE " yazdırır.
lcd.setCursor(0, 1); // İkinci satıra geçmek için cursor'u ayarlar.
lcd.println("FRQ "); // İkinci satıra "FRQ " yazdırır.
lcd.setCursor(4, 1); // İkinci satırda 4. karaktere geçer.
lcd.println(X); // İkinci satıra X değerini yazdırır.
lcd.setCursor(8, 1); // İkinci satırda 8. karaktere geçer.
lcd.println(" DUTY "); // İkinci satıra " DUTY " yazdırır.
lcd.setCursor(14, 1); // İkinci satırda 14. karaktere geçer.
lcd.println(round(A)); // İkinci satıra yuvarlanmış DUTY değerini yazdırır.
}
else { // if koşul doğru değilse yapılacak işlemleri içerir.
A = round(Y * 100.0 / 255.0); // DUTY değerini LCD'ye yazdırmak için gerekli dönüşüm yapar.

lcd.setCursor(0, 0); // LCD ekranının imleci ilk satırın başına gelir.
lcd.println("FREQUENCY "); // İlk satıra "FREQUENCY " yazdırır.
lcd.setCursor(10, 0); // İlk satırda 10. karaktere geçer.
lcd.println(X); // İlk satıra X değerini yazdırır.
lcd.setCursor(14, 0); // İlk satırda 14. karaktere geçer.
lcd.println("HZ"); // İlk satıra "HZ" yazdırır.
lcd.setCursor(0, 1); // İkinci satıra geçmek için cursor'u ayarlar.
lcd.println("DUTY "); // İkinci satıra "DUTY " yazdırır.
lcd.setCursor(11, 1); // İkinci satırda 11. karaktere geçer.
lcd.println(round(A)); // İkinci satıra yuvarlanmış DUTY değerini yazdırır.
lcd.setCursor(13, 1); // İkinci satırda 13. karaktere geçer.
lcd.println("% "); // İkinci satıra "%" ve boşluk karakterlerini yazdırır.

}
}
}
}

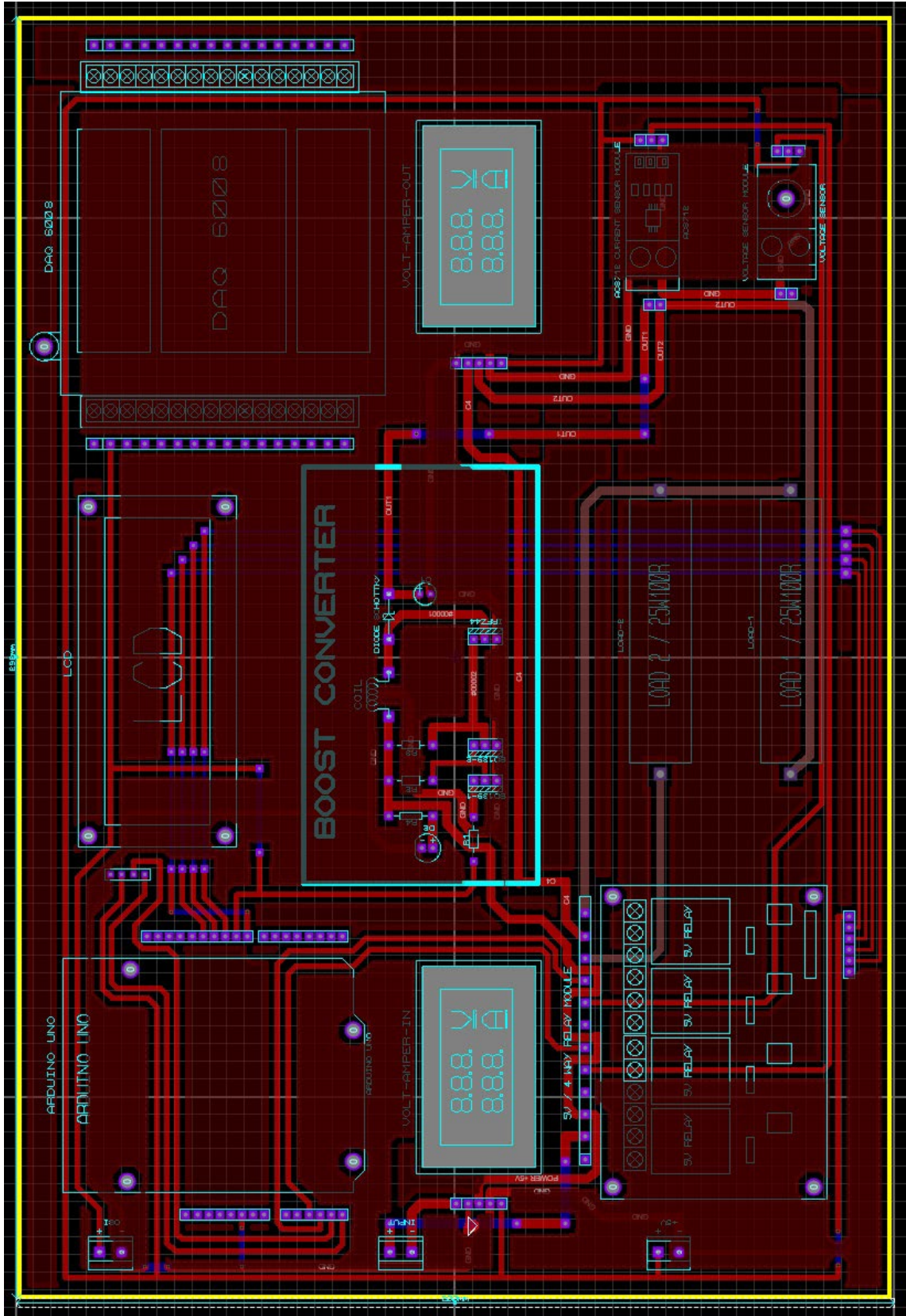
```

EK B: Boost Konvertör Deney Devresi ISIS Çizimi



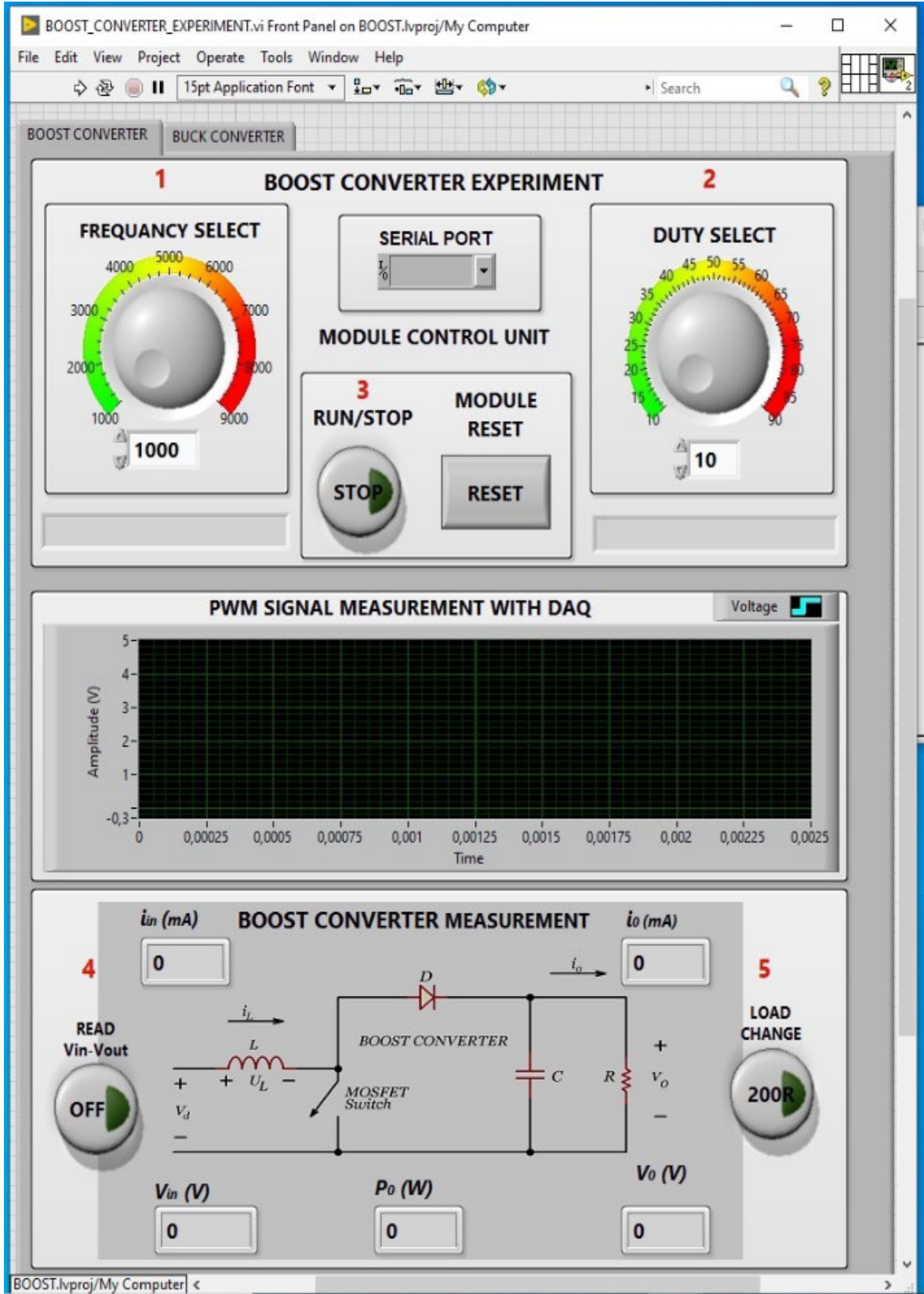
Şekil B.1: Boost konvertör deney devresi ISIS çizimi.

EK C: Boost Konvertör Deney Devresi ARES Çizimi



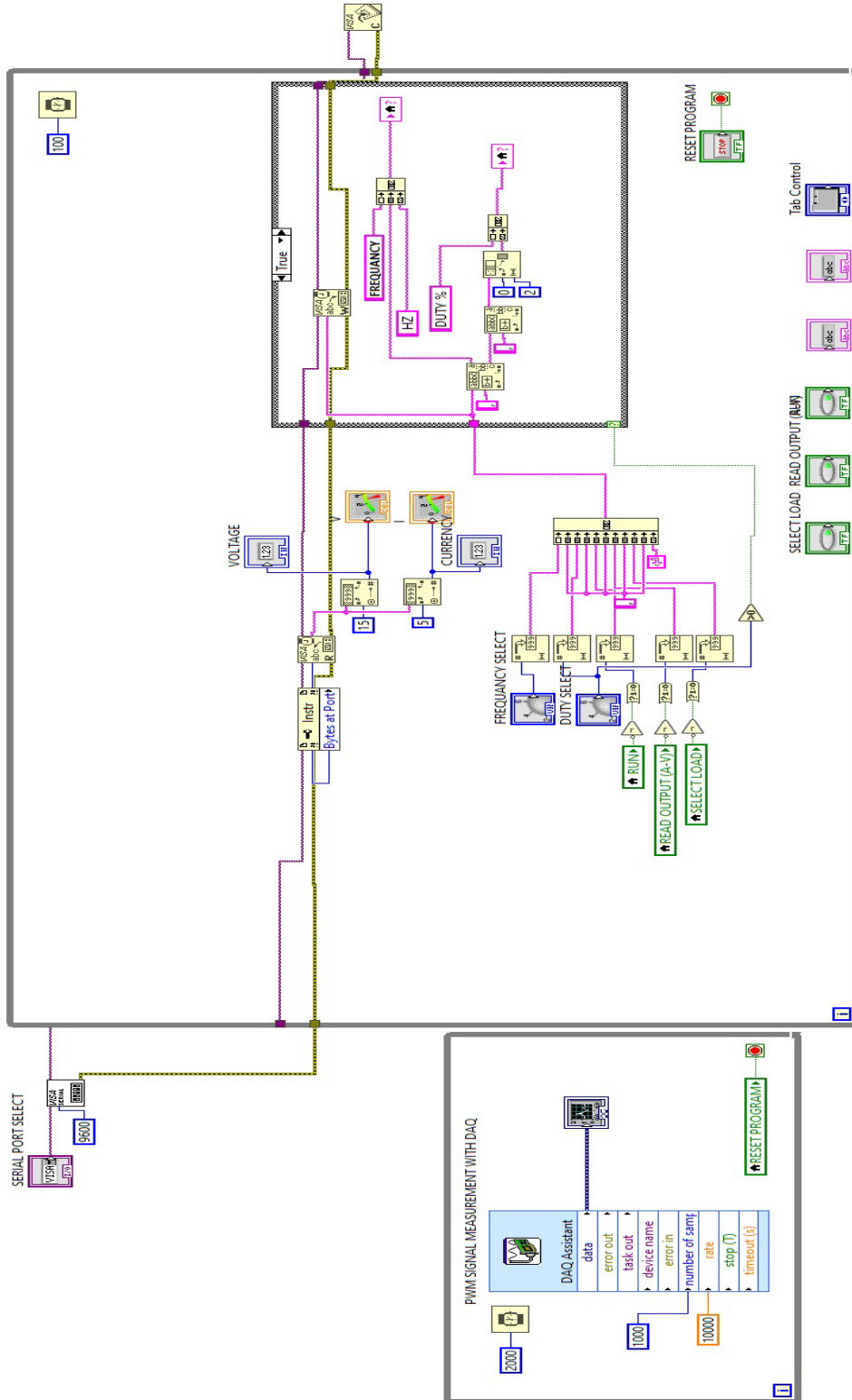
Şekil C.1: Boost konvertör deney devresi ARES çizimi.

EK Ç: Boost Konvertör Deney Devresi LabVIEW Front Panel Görünümü



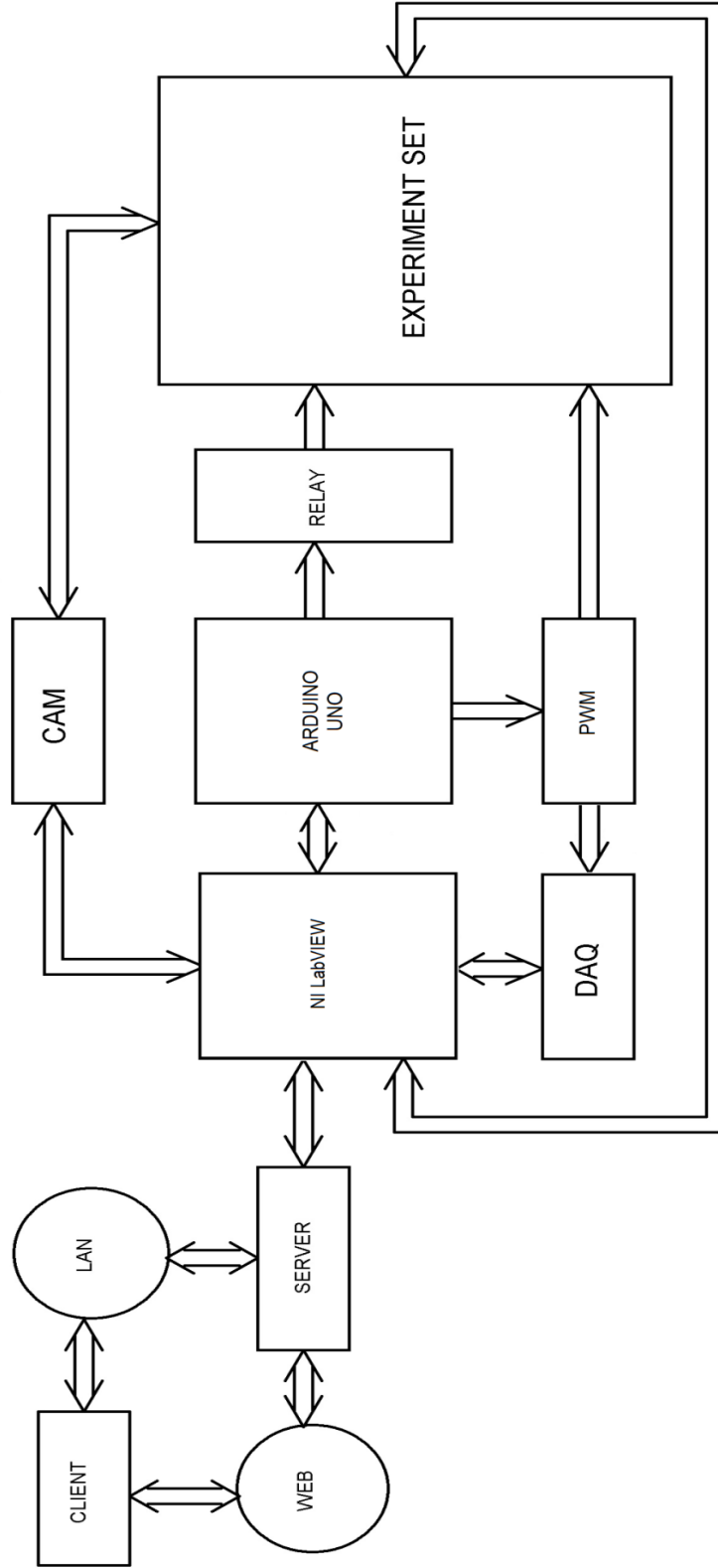
Şekil Ç.1: Boost konvertör deney devresi LabVIEW front panel görünümü.

EK D: Boost Konvertör Deney Devresi LabVIEW Blok Diyagramı Görünümü



Şekil D.1: Boost konvertör deney devresi LabVIEW blok diyagram görünümü.

EK E: Boost Konvertör Deney Devresi Blok Diyagramı



Şekil E.1: Boost konvertör deney devresi blok diyagramı.

EK F: Deney Devresinde Kullanılan Ekipmanların Yaklaşık Maliyetleri Tablosu

Tablo F.1: Deney devresinde kullanılan ekipmanların yaklaşık maliyetleri tablosu.

Ekipman Adı	Yaklaşık Maliyeti (\$)
Osiloskop	380
NI 6008 DAQ	300
Server	95
Güç Kaynağı Ünitesi	60
Arduino Uno R3	30
Web Kamera	20
Deney Devresi	14
Voltmetre-Ampermetre	5
Dörtlü 5V Röle Kartı	4
16x2 LCD	4
ACS712T Akım Sensörü	3
Voltaj Sensörü	2
Toplam Maliyet	917